

RICHARD HERTWIG
LEHRBUCH DER
ZOOLOGIE

Vierzehnte Auflage



Jena, Gustav Fischer

1.3.29, 6072, 18.-2

F.V. 2731

LEHRBUCH DER ZOOLOGIE

VON

DR. RICHARD HERTWIG

O. Ö. PROF. DER ZOOLOGIE UND VERGL. ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

VIERZEHNTE, VERBESSERTE AUFLAGE

MIT 588 ABBILDUNGEN IM TEXT

F 151
g. 257



JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1924

Od Bolesława Rybarckiego
29-V-1976 r.

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1924 by Gustav Fischer, Publisher, Jena.



19873

Vorrede.

Das vorliegende Lehrbuch soll in erster Linie den Anfänger in das Studium der wissenschaftlichen Zoologie einführen und denen, welche der Zoologie als Hilfswissenschaft bedürfen, die Grundzüge derselben in knapper Fassung bieten. Es würde aber den Verfasser freuen, wenn es dem Buche vergönnt sein sollte, noch weiteren Einfluß zu gewinnen und in den Kreisen gebildeter Laien, welche vielfach schon jetzt den Lebenserscheinungen der Tiere lebhafteste Teilnahme entgegenbringen, auch für die Gesetzmäßigkeit in der tierischen Organisation und Entwicklung regeres Interesse wachzurufen. Denn so sehr auch einige kardinale Fragen in der Zoologie, wie z. B. die Deszendenzlehre, in der Neuzeit in weitere Volksschichten eingedrungen sind, so wenig hat die Kenntnis vom Bau der Tierwelt größere Ausbreitung gefunden; und doch kann nur von einer Ausbreitung dieser Kenntnis erwartet werden, daß sich allmählich eine unbefangene Auffassung von der Stellung des Menschen im Naturganzen Bahn bricht.

Ein zur Einführung und ersten Orientierung dienendes Buch muß sich in der Auswahl des Stoffes Beschränkung auferlegen; es soll ein Gesamtbild entwerfen, in welchem die Grundzüge nicht durch allzuviel Einzelheiten verdeckt werden. Eine solche Beschränkung war schon in den Partien notwendig, welche die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Merkmale der größeren Abteilungen des Tierreiches, der Stämme, Klassen und Ordnungen, behandeln; noch mehr war sie in den systematischen Abschnitten geboten. Bei dem außerordentlichen Umfang der systematischen Zoologie muß es Spezialwerken über die einzelnen Klassen und Ordnungen vorbehalten bleiben, genauere Kenntnis auch nur der bekannteren einheimischen Arten und Familien zu vermitteln. Was in diesem Buche geboten wird, kann nur den Zweck haben, einige besonders auffällige und charakteristische Formen als Beispiele für die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Darstellungen aufzuführen.

Von dieser Regel wurde nur an wenigen Stellen eine Ausnahme gemacht, wo es sich um Tiere handelte, welche durch Eigentümlichkeiten des Baues oder der Entwicklung ein besonderes Interesse beanspruchen oder durch ihre Lebensweise, sei es schädlich, sei es förderlich, in die Existenzbedingungen des Menschen eingreifen. Wenn die wichtigsten Arten und Familien der Parasiten des Menschen und der Haustiere etwas ausführlicher berücksichtigt worden sind, so wird dies nicht nur dem Mediziner, sondern auch dem Landwirt, dem zukünftigen Lehrer der Naturwissenschaften, ja einem jeden Laien willkommen sein.

Ein weiterer Gesichtspunkt, auf welchen bei der Abfassung des Lehrbuchs großer Wert gelegt wurde, sei hier ebenfalls noch hervorgehoben. Noch mehr als in anderen Wissenschaften sind in den Naturwissenschaften alle Begriffe, mit denen der Leser keine klaren Vorstellungen verbinden kann, wertlos; dem Anfänger gegenüber kann nicht eindringlich genug betont werden, daß er nicht von dem Auswendiglernen der Namen, sondern von der lebendigen Kenntnis der Erscheinungen Förderung zu erwarten hat. Deshalb darf aber auch ein Lehrbuch keine Bezeichnungen, welche dem Lernenden notwendigerweise noch unbekannt sein müssen, anwenden, ohne sie zu erläutern. Es ist besser, weniger zu bieten, dieses Wenige aber vollkommen zu erklären, als im Aufbau der Kenntnisse Lücken und Unklarheiten zu lassen. Gerade in dieser Hinsicht ist die vom Einfachen zum Komplizierten aufsteigende genetische Methode, welche besonders durch die Deszendenztheorie zur herrschenden geworden ist, didaktisch von der größten Bedeutung geworden. Es braucht daher kaum hervorgehoben zu werden, daß dieses Lehrbuch ganz im Geiste der Entwicklungslehre geschrieben ist, auch da, wo keine spezielle Nutzenanwendung von derselben gemacht wurde.

Um den Text besser verständlich zu machen, sind dem Lehrbuch zahlreiche Figuren beigegeben, auf deren Auswahl dank dem liberalen Entgegenkommen des Herrn Verlegers besondere Sorgfalt verwandt werden konnte. Ein Teil derselben konnte aus anderen Lehrbüchern und wissenschaftlichen Werken entlehnt werden; ihre Herkunft findet der Leser angegeben, auch dann, wenn sie für die Zwecke des Lehrbuchs in geeigneter Weise weiter ausgeführt oder modifiziert worden sind. Zahlreiche Originalzeichnungen waren namentlich bei den anatomischen Darstellungen notwendig, zumeist aus didaktischen Rücksichten. Für ein Lehrbuch ist es von Wichtigkeit, daß bei den Abbildungen die Organe, soweit es möglich ist, vollständig und in ihren genauen Lagebeziehungen zueinander dargestellt werden. Von diesem Gesichtspunkt aus wird der Fachgenosse es begreiflich finden, wenn manche ältere verdienstvolle Zeichnungen, welche in alle Lehrbücher Eingang gefunden haben, den genannten Ansprüchen aber nicht entsprechen, wie z. B. die Anatomie von Ascidien, Salpen, Cephalopoden, Schnecken, Cladoceren usw., durch neue ersetzt worden sind.

Für die gute Ausführung der Zeichnungen bin ich Herrn Universitätszeichner Krapf, für ihre sorgfältige und rasche Vervielfältigung der Anstalt für Zinkotypie von Meisenbach & Co. zu großem Danke verpflichtet; ferner habe ich Herrn Dr. Hofer für seine Teilnahme am Lesen der Korrekturbogen an dieser Stelle besten Dank zu sagen.

München, im Oktober 1891.

Richard Hertwig.

Vorrede zur zehnten Auflage.

Seitdem das vorliegende Lehrbuch vor 21 Jahren zum erstenmal erschienen ist, hat das Forschungsgebiet der Zoologie eine gewaltige Umgestaltung erfahren. Neben der morphologischen Betrachtungsweise hat sich die physiologische, experimentelle Richtung immer fruchtbarer entwickelt und ist sogar im Laufe des letzten Dezenniums zur herrschenden geworden. Wie in früheren Auflagen, so bin ich auch in der vorliegenden bemüht gewesen, dieser Sachlage Rechnung zu tragen, indem ich physiologischen Betrachtungen breiteren Raum gewährte. Demgemäß habe ich die Variabilitäts- und Erblichkeitslehre einer völligen Umarbeitung unterworfen, neue Abschnitte über Geschlechtsbestimmung und die Physiologie des Blutes und der lymphoiden Organe eingeschaltet und auch in der Histologie und Organologie die physiologischen Gesichtspunkte noch mehr hervorgehoben, soweit als es mit dem Charakter des Buches als eines einleitenden Lehrbuchs vereinbar war. Letztere Rücksichtnahme hat mich verhindert, vielfach geäußerten Wünschen zu entsprechen und einige kleinere, für das Verständnis des Ganzen minder wichtige Gruppen, wie die Mesozoen, die Pterobranchier, Leptostraken und Anomotraken ausführlicher zu behandeln. Je mehr unsere Kenntnisse von Bau, Funktion und Entwicklung der Tiere ins Uferlose anwachsen, um so mehr ist der Verfasser eines Lehrbuchs genötigt, sich bei der Auswahl des Stoffes Beschränkung aufzuerlegen, wenn er nicht den Leser durch Überfülle des Materials verwirren will.

München, im Juni 1912.

Richard Hertwig.

Vorrede zur dreizehnten Auflage.

Bei Durcharbeitung der 13. Auflage des vorliegenden Lehrbuchs bin ich bemüht gewesen, den großen Fortschritten, welche trotz der Ungunst der Zeiten die zoologische Forschung auf fast allen Gebieten, besonders auf dem Gebiet der Erblichkeitslehre gemacht hat, Rechnung zu tragen. Dabei hatte ich mit zwei Schwierigkeiten zu kämpfen. Bei der Notlage, in der sich die studierenden Kreise Deutschlands befinden, war es geboten, den Umfang des Buches eher zu verringern, als zu steigern, so daß Erweiterungen an manchen Stellen nur durch Kürzungen an anderen ermöglicht werden konnten. Die zweite Schwierigkeit war in der Beschaffung der ausländischen Literatur gegeben. Die durch den Friedensvertrag von Versailles verursachte Verarmung Deutschlands lastet schwer auf unseren wissenschaftlichen Instituten und macht es ihnen unmöglich, sich die Literatur des Auslandes in dem Umfang, wie es früher der Fall war, zu verschaffen. Ich war daher im wesentlichen auf die Resultate deutscher

und auch amerikanischer Forschungen angewiesen. Die Berücksichtigung wenigstens eines Teiles der letzteren wurde mir durch das große Entgegenkommen amerikanischer Kollegen und Institute ermöglicht, vor allem des Wistar Institute, welches in hochherziger Weise dem Münchener zoologischen Institute alle in seinem Verlag erscheinenden Zeitschriften kostenlos gesendet hat. Für diese Schenkung, in der das leider vielen Kreisen verlorengegangene Gefühl der Interessengemeinschaft der Wissenschaften in schönster Weise zum Ausdruck kommt, möchte ich dem Wistar Institute an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen. Ich kann nur wünschen, daß das deutsche wirtschaftliche Leben in sich selbst so weit erstarkt, um auch der deutschen Wissenschaft wieder die kräftige Stütze zu bieten, die sie ihm vor dem Kriege gewesen ist. Freilich wird diese Hoffnung aller Voraussicht nach erst dann in Erfüllung gehen, wenn in immer weiteren Kreisen die große Lüge des Versailler „Friedens“ als solche erkannt wird und das sittliche Empfinden der Welt sich gegen den Versuch empört, eine Kulturnation durch Auflage unerfüllbarer Bedingungen allmählich zu erdrosseln.

Herr Kollege Döderlein, der, aus Straßburg vertrieben, in München einen neuen Wirkungskreis gefunden hat, ist mir bei der Durchsicht der Echinodermen und Wirbeltiere mit seinem wertvollen Rat und reichen Wissen beigestanden. Auch ihm schulde ich besten Dank.

München, im Januar 1922.

Richard Hertwig.

Vorrede zur vierzehnten Auflage.

Entsprechend den Gesichtspunkten, die ich schon in den Vorreden zur 10. und 13. Auflage entwickelt habe, bin ich auch bei der Bearbeitung der 14. Auflage bemüht gewesen, dem wachsenden Interesse für physiologische Fragen, besonders für die Vorgänge der Erbllichkeit Rechnung zu tragen. Dadurch wurden nicht wenige Umarbeitungen notwendig. Auch mußte eine größere Zahl schadhaft gewordener Abbildungen durch neue ersetzt werden.

München, im September 1924.

Richard Hertwig.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
Geschichte der Zoologie	5
Entwicklung der systematischen Zoologie	6
Entwicklung der Morphologie	9
Geschichte der Deszendenztheorie	15
Darwinsche Theorie	19
Allgemeine Zoologie	50
I. Allgemeine Anatomie	50
1. Die Formbestandteile des tierischen Körpers	51
2. Die Gewebe des tierischen Körpers	64
1. Epithelgewebe	65
Ei und Samenzelle	71
2. Bindesubstanzen	74
Blut und Lymphe	78
3. Muskelgewebe	81
4. Nervengewebe	84
Zusammenfassung	88
3. Umbildung der Gewebe zu Organen	89
Haut und Skelett	91
Vegetative Organe	92
A. Organe der Ernährung	92
I. Darmsystem	93
II. Respirationsorgane	97
III. Zirkulationsapparat	98
IV. Exkretionsorgane	103
B. Geschlechtsorgane	105
Animale Organe	109
I. Fortbewegungsorgane	109
II. Nervensystem	110
III. Sinnesorgane	113
Zusammenfassung	120
4. Promorphologie	121
II. Allgemeine Entwicklungsgeschichte	125
1. Generatio spontanea. Archigonie	126
2. Elternzeugung, Tokogonie	127
a) Geschlechtliche Fortpflanzung	127
b) Ungeschlechtliche Fortpflanzung	128
c) Kombinierte Fortpflanzungsweisen	130

	Seite
Allgemeine Erscheinungen der geschlechtlichen Fortpflanzung	132
1. Reifeteilungen der Geschlechtszellen	132
2. Befruchtung und Vererbung	133
3. Furchungsprozeß	145
4. Bildung der Keimblätter	148
5. Verschiedene Formen der geschlechtlichen Entwicklung	152
Zusammenfassung	154
III. Beziehungen der Tiere zueinander	155
1. Beziehungen zwischen Individuen derselben Art	156
2. Beziehungen zwischen Individuen verschiedener Arten	158
IV. Tier und Pflanze	161
V. Geographische Verbreitung der Tiere	163
VI. Zeitliche Verbreitung der Tiere	169
Spezielle Zoologie	170
I. Stamm. Protozoen	171
I. Klasse. Rhizopoden	176
I. Ordn. Amöbinen	178
II. Ordn. Heliozoen	179
III. Ordn. Radiolarien	181
IV. Ordn. Thalamophoren	184
V. Ordn. Mycetozoen	186
II. Klasse. Flagellaten	187
I. Ordn. Autoflagellaten	188
II. Ordn. Dinoflagellaten	191
III. Ordn. Cystoflagellaten	191
III. Klasse. Sporozoen	193
I. Unterklasse. Telosporidien	194
I. Ordn. Hämosporidien	194
II. Ordn. Coccidiarien	195
III. Ordn. Gregarinarien	196
II. Unterklasse. Neosporidien	198
IV. Ordn. Myxosporidien	198
V. Ordn. Sarcosporidien	199
IV. Klasse. Ciliaten	199
I. Ordn. Holotrichen	203
II. Ordn. Heterotrichen	204
III. Ordn. Peritrichen	204
IV. Ordn. Hypotrichen	205
V. Ordn. Suktorien	206
Zusammenfassung	206
Anhang	208
Metazoen	209
II. Stamm. Cölenteraten	209
I. Unterstamm. Spongien	211
I. Klasse. Poriferen	211
I. Ordn. Calcispongien	214
II. Ordn. Silicispongien	214
II. Unterstamm. Cnidarien	216
II. Klasse. Hydrozoen	217
I. Ordn. Hydrarien	225
II. Ordn. Hydrocorallinen	225

	Seite
III. Ordn. Tubulario-Anthomedusen	226
IV. Ordn. Campanulario-Leptomedusen	226
V. Ordn. Trachomedusen	226
VI. Ordn. Siphonophoren	226
III. Klasse. Scyphozoen	228
I. Ordn. Discomedusen	232
II. Ordn. Stauomedusen	232
III. Ordn. Cubomedusen	232
IV. Ordn. Peromedusen	232
IV. Klasse. Anthozoen	232
I. Ordn. Octocorallien, Alcyonarien	238
II. Ordn. Hexacorallien, Zoantharien	239
V. Klasse. Ctenophoren	240
Zusammenfassung	243
III. Stamm. Würmer	245
I. Unterstamm. Scoleciden	250
I. Klasse. Plathelminthen	250
I. Ordn. Turbellarien	252
II. Ordn. Trematoden	254
III. Ordn. Cestoden	261
IV. Ordn. Nemertinen	272
II. Klasse. Rotatorien	274
II. Unterstamm. Nematelminthen	275
III. Klasse. Nematoden	275
IV. Klasse. Acanthocephalen	282
III. Unterstamm. Cölhelminthen	283
V. Klasse. Chätognathen	283
VI. Klasse. Anneliden	285
I. Unterklasse. Chätopoden	285
I. Ordn. Polychäten	291
II. Ordn. Oligochäten	293
II. Unterklasse. Gephyreen	295
III. Unterklasse. Hirudineen	297
Anhang	300
VII. Klasse. Enteropneusten	300
VIII. Klasse. Bryozoen	302
I. Ordn. Entoprocten	302
II. Ordn. Ectoprocten	302
IX. Klasse. Brachiopoden	305
X. Klasse. Tunicaten	307
I. Ordn. Appendicularien	308
II. Ordn. Thethyodeen, Ascidiaeformes	309
III. Ordn. Thaliaceen, Salpaeformes	313
Zusammenfassung	314
IV. Stamm. Echinodermen	317
I. Klasse. Asteroideen	322
II. Klasse. Ophiuroideen	325
III. Klasse. Echinoideen	326
IV. Klasse. Holothurien	330
V. Klasse. Crinoideen	332
Anhang Blastoideen und Cystoideen	335
Zusammenfassung	335

	Seite
V. Stamm. Mollusken	337
I. Klasse. Amphineuren	342
II. Klasse. Lamellibranchier	343
I. Ordn. Protoconchen	350
II. Ordn. Heteroconchen	351
Scaphopoden	352
III. Klasse. Cephalophoren	353
I. Ordn. Opisthobranchier	361
II. Ordn. Pteropoden	362
III. Ordn. Prosobranchier	363
IV. Ordn. Heteropoden	364
V. Ordn. Pulmonaten	365
IV. Klasse. Cephalopoden	366
I. Ordn. Tetrabranchiaten	376
II. Ordn. Dibranchiaten	376
Zusammenfassung	377
VI. Stamm. Arthropoden	379
I. Unterstamm und I. Klasse. Crustaceen	390
I. Unterklasse. Entomostraken	395
I. Ordn. Copepoden	395
II. Ordn. Branchiopoden	398
III. Ordn. Ostracoden	402
IV. Ordn. Cirripedien	403
V. Ordn. Trilobiten	407
II. Unterklasse. Malacostraken	408
I. Legion. Edriophthalmen	410
I. Ordn. Amphipoden	411
II. Ordn. Isopoden	412
II. Legion. Thoracostraken	413
I. Ordn. Schizopoden	414
II. Ordn. Stomatopoden	414
III. Ordn. Decapoden	415
II. Unterstamm. Tracheaten	421
II. Klasse. Protracheaten	422
III. Klasse. Myriapoden	424
I. Ordn. Diplopoden	425
II. Ordn. Chilopoden	426
IV. Klasse. Insekten	427
I. Ordn. Apterygoten	444
II. Ordn. Archipteren	445
III. Ordn. Orthopteren	447
IV. Ordn. Neuropteren	449
V. Ordn. Coleopteren	450
VI. Ordn. Hymenopteren	453
VII. Ordn. Rhynchoten	457
VIII. Ordn. Dipteren	459
IX. Ordn. Siphonapteren	461
X. Ordn. Lepidopteren	462
III. Unterstamm und V. Klasse. Arachnoideen	463
I. Ordn. Arthrogastres	467
II. Ordn. Araneen	470
III. Ordn. Acarinen	472
Linguatuliden	474

	Seite
Anhang { Xiphosuren	475
{ Gigantostraken	475
{ Tardigraden	477
{ Pycnogoniden	477
Zusammenfassung	478
VII. Stamm. Wirbeltiere	481
I. Unterstamm. Anamnioten	527
I. Klasse. Acranier	527
II. Klasse. Cyclostomen	530
III. Klasse. Fische	532
I. Unterklasse und I. Ordn. Elasmobranchier	547
II. Unterklasse. Teleostomen	550
II. Ordn. Chondrostei	550
III. Ordn. Ganoiden	551
IV. Ordn. Teleostier	552
V. Ordn. Dipneusten	556
IV. Klasse. Amphibien	557
I. Ordn. Urodelen	564
II. Ordn. Anuren	566
III. Ordn. Gymnophionen	567
II. Unterstamm. Amnioten	567
V. Klasse. Reptilien	567
I. Ordn. Lepidosaurier	573
I. Unterordn. Prosaurier	573
II. Unterordn. Saurier	574
III. Unterordn. Ophidier	576
II. Ordn. Chelonier	578
III. Ordn. Crocodilier	580
Anhang	580
VI. Klasse. Vögel	582
I. Unterklasse. Ratiten, Cursores	592
II. Unterklasse. Carinaten	592
I. Ordn. Gallinacei	593
II. Ordn. Columbinen	594
III. Ordn. Natatores	594
IV. Ordn. Grallatores	595
V. Ordn. Scansores	595
VI. Ordn. Passeres	596
VII. Ordn. Raptatores	596
III. und IV. Unterklasse. Saururen und Odontornithes	597
VII. Klasse. Säugetiere	597
I. Unterklasse	613
I. Ordn. Monotremen	613
II. Unterklasse. Marsupialier	614
II. Ordn. Zoophagen	615
III. Ordn. Phytophagen	616
III. Unterklasse. Placentalier	616
IV. Ordn. Edentaten	618
V. Ordn. Insectivoren	619
VI. Ordn. Chiropteren	620
VII. Ordn. Carnivoren	620
VIII. Ordn. Cetaceen	622

	Seite
IX. Ordn. Rodentien	623
X. Ordn. Ungulaten	625
Paläontologie der Ungulaten.	629
XI. Ordn. Subungulaten	629
XII. Ordn. Prosimien	631
XIII. Ordn. Primaten	631
Zusammenfassung	634
Umfangreichere, zum Nachschlagen und näheren Literatur-Nachweis ge- eignete sowie historisch bedeutsame Werke	639
Register	660

Einleitung.

Der Mensch, welcher vorurteilsfrei die Natur zu beobachten gelernt hat, sieht sich inmitten einer bunten Mannigfaltigkeit von Organismen, welche ihm in ihrem Bau und mehr noch in ihren Lebenserscheinungen Ähnlichkeit mit dem eigenen Wesen verraten. Die Ähnlichkeit tritt ihm bei vielen Säugetieren, besonders den menschenähnlichen Affen, mit der Deutlichkeit einer Karrikatur entgegen, verwischt sich bei den wirbellosen Tieren, läßt sich aber selbst bei den niedrigsten Lebewesen, deren Kenntnis wir der Hilfe des Mikroskops verdanken, noch nachweisen, wenn auch hier die Lebensvorgänge, welche in unserem Körper eine staunenswerte Komplikation und Vollkommenheit erreicht haben, nur in ihren einfachsten Grundzügen erkannt werden können. Der Mensch ist Teil eines großen Ganzen, des Tierreichs, eine Gestalt unter den vielen Hunderttausenden von Gestalten, in denen die tierische Organisation zum Ausdruck gelangt.

Will man den Bau des Menschen daher vollkommen verstehen, so muß man ihn auf dem Hintergrund betrachten, welchen die Organisationsverhältnisse der übrigen Tiere bilden, und zu dem Zwecke diese Organisationsverhältnisse erforschen. Derartige Bestrebungen waren es, denen die wissenschaftliche Tierkunde oder die Zoologie ihre Entstehung und fortdauernde Förderung verdankte; sie sind auch heute noch vollkommen berechtigt und dürfen von den Zoologen nicht vernachlässigt werden. Allein inzwischen hat sich die Aufgabe der Zoologie erweitert; auch unabhängig von den Beziehungen zum Menschen hat der Zoologe die Gestalten der Tiere und ihr Verhältnis zueinander zu erklären. Es ist das ein reiches Feld wissenschaftlicher Tätigkeit, dessen ungeheure Ausdehnung bedingt wird einerseits von der fast unerschöpflichen Mannigfaltigkeit der tierischen Organisation, andererseits von der Verschiedenartigkeit der Gesichtspunkte, mit denen der Zoologe an die Lösung seiner Aufgaben herantritt.

In der ersten Hälfte des verflossenen Jahrhunderts überwog in wissenschaftlichen Kreisen die Auffassung, welche sich jetzt noch unter Laien als herrschende erhalten hat, daß die Zoologie die Aufgabe habe, die einzelnen Tiere mit Namen zu belegen, nach wenigen leicht erkennbaren Merkmalen zu charakterisieren und in einer die schnelle Bestimmung ermöglichenden, übersichtlichen Weise anzuordnen. Unter Tierkunde verstand man **Systematik der Tiere**, das heißt nur einen Teil der Zoologie, sogar einen Teil, der für sich allein von untergeordneter Bedeutung ist und auf wissenschaftlichen Wert nur dann Anspruch erheben kann, wenn er mit anderen Fragen (Tiergeographie, Variabilitäts- und Abstammungslehre) in Zusammenhang gebracht wird. Daher ist denn auch die ausschließlich systematische Betrachtungsweise der Tiere im Laufe der letzten

Systematische
Zoologie.

5 Dezennien mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt worden. Der Ehrgeiz, möglichst viele neue Formen beschrieben zu haben und durch ausgebreitete Artenkenntnis zu glänzen, gehört einer vergangenen Zeit an; vorübergehend hat man sogar die Systematik mehr als billig vernachlässigt. Um so mehr beherrschen Morphologie und Physiologie das Arbeitsgebiet des Zoologen.

Morphologie.

Die **Morphologie** oder die Formenlehre beginnt mit der Erscheinungsweise der Tiere und hat zunächst alles zu beschreiben, was äußerlich erkannt werden kann, wie Größe, Farbe, Proportion der Teile. Da aber die äußere Erscheinung eines Tieres sich nicht verstehen läßt ohne Kenntnis der inneren, die äußere Form bedingenden Organe, so muß der Morphologe sich diese mit Hilfe der Zergliederung, der **Anatomie (Zootomie)**, zugänglich machen und sie ebenfalls nach ihrer Form und Verbindungsweise schildern. Er macht mit dieser Untersuchung nicht eher Halt, als bis er an den morphologischen Elementen oder den kleinsten Formeinheiten des tierischen Körpers, den Zellen, angelangt ist. Überall hat es der Morphologe hierbei mit Formverhältnissen zu tun; nur die Hilfsmittel, mit denen er Einblick in dieselben gewinnt, sind verschieden, je nachdem er durch unmittelbare Beobachtung oder nach vorhergegangener Zergliederung mit Messer und Schere oder durch Anwendung des Mikroskops die Erfahrungen sammeln muß. Daher ist es nicht gerechtfertigt, Morphologie und Anatomie einander gegenüberzustellen und ersterer nur die Beschreibung der äußeren, letzterer die Schilderung der inneren Teile zuzuweisen. Diese Unterscheidung ist logisch nicht aufrecht zu erhalten, da die Art der Erkenntnis und die geistige Methode der Forschung in beiden Fällen die gleichen sind; die Unterscheidung ist außerdem unnatürlich, da Organe, welche gewöhnlich im Innern des Körpers liegen und zu ihrer Erkenntnis eine anatomische Präparation verlangen, in vielen Fällen der Körperoberfläche angehören und einer direkten Beschreibung zugänglich sind, da ferner manche Tiere vermöge ihrer Durchsichtigkeit auch in ihren inneren Teilen ohne Zergliederung durchforscht werden können.

Ver-
gleichende
Anatomie.

Wie nun für jede Wissenschaft, so gilt auch für die Morphologie der Satz, daß die Anhäufung von Beobachtungsmaterial nicht ausreicht, um ihr den Charakter einer Wissenschaft zu geben, daß es dazu vielmehr noch der geistigen Verarbeitung bedarf. Eine solche wird durch die Vergleichung der anatomischen Befunde erzielt. Der Morphologe vergleicht die Tiere untereinander nach ihrem Bau, um zu ermitteln, was von Organisation überall wiederkehrt, was nur auf enge Kreise, vielleicht nur auf die Repräsentanten einer Art beschränkt ist. Er erzielt dabei einen doppelten Gewinn; erstens erhält er Einblick in die Verwandtschaftsverhältnisse der Tiere und damit die Grundlagen für eine natürliche Systematik; zweitens weist er eine die Organismen beherrschende Gesetzmäßigkeit nach. Der einzelne Organismus ist nicht ein Gebilde, welches für sich entstanden und daher auch vollkommen aus seinen Lebenserscheinungen erklärbar ist; er steht vielmehr in einem gesetzmäßigen Abhängigkeitsverhältnis zu den übrigen Gliedern des Tierreichs. Man kann seinen Bau nur verstehen, wenn man ihn mit näher und weiter verwandten Tieren, z. B. den Menschen mit den übrigen Wirbeltieren und manchen niederen wirbellosen Formen vergleicht. Es handelt sich hier um eine der rätselhaftesten Erscheinungen in der Organismenwelt, deren Erklärung erst durch die Deszendenztheorie angebahnt worden ist, wie bei der Darstellung der letzteren gezeigt werden soll.

Zur Morphologie gehört als ein wichtiger integrierender Bestandteil die **Ontogenie** oder die **Entwicklungsgeschichte**. Nur wenige Tiere sind am Anfang ihrer individuellen Existenz in allen ihren Teilen fertig gebildet; meist entstehen sie aus dem Ei, einem verhältnismäßig einfachen Körper, und gewinnen erst allmählich auf dem Wege komplizierter Formwandlungen ihre bleibende Gestalt. Der Morphologe muß in möglichst lückenloser Reihe die einzelnen Formzustände durch Beobachtung feststellen, sie mit dem ausgebildeten Tiere und mit dem Bau und den Entwicklungsstadien anderer Tiere vergleichen. Hierbei offenbart sich ihm dieselbe Gesetzmäßigkeit, welche den Bau der ausgebildeten Tiere beherrscht, deren Erkenntnis sowohl für die Systematik als auch für die ursächliche Erklärung der Tierformen von fundamentaler Bedeutung ist. Die Entwicklungszustände des Menschen verraten gesetzmäßige Übereinstimmung nicht nur mit dem Bau des ausgebildeten Menschen, was an und für sich ja begreiflich wäre, sondern auch mit dem Bau niederer Wirbeltiere, wie der Fische, ja selbst vieler Tiere aus den Gruppen der Wirbellosen.

Onto-
genie.

Wie der Morphologe den Bau, so hat der **Physiologe** die Lebenserscheinungen der Tiere und die Funktionen ihrer Organe zu erforschen. Früher hielt man das Leben für die Äußerung einer besonderen, nur in den Organismen tätigen Lebenskraft und verzichtete damit auf eine endgültige Erklärung der Lebensvorgänge (Vitalisten). Die meisten modernen Physiologen haben die Theorie von der Lebenskraft verlassen; sie haben den Versuch unternommen, das Leben in eine Summe äußerst komplizierter chemisch-physikalischer Prozesse aufzulösen und somit die auf dem Gebiete des Anorganischen herrschenden Erklärungsprinzipien auch auf das Organismenreich zu übertragen (Mechanisten). Unzweifelhaft wurden auf diesem Wege große Erfolge erzielt; zugleich hat sich aber herausgestellt, daß die mechanistischen Methoden zunächst noch für ausgedehnte Forschungsgebiete vollkommen versagen. Das Gesagte gilt besonders für die Vorgänge der Regeneration, welche von einer Zweckmäßigkeit beherrscht werden, wie wir in der anorganischen Natur nichts Ähnliches kennen. So konnte sich die Schule der „Neovitalisten“ entwickeln, welche annehmen, daß bei allen Lebewesen der Ablauf der mechanistischen Vorgänge von einem zwecktätigen, in der anorganischen Natur nicht vorkommenden Prinzip beherrscht und modifiziert werde.

Physio-
logie.

Da jedes Lebewesen ein Produkt seiner Entwicklung ist, da ferner die Entwicklung sich uns als eine Kette aneinandergereihter Lebensvorgänge darstellt, so ist auch die Entstehung der organischen Körperformen in letzter Instanz ein physiologisches Problem. Es gilt zu erklären, wie es kommt, daß das so einfach erscheinende befruchtete Ei sich in einen komplizierten Organismus mit vielen gesetzmäßig angeordneten Organen umwandelt. Die Vielgestaltigkeit des ausgebildeten Tieres muß der Anlage nach schon im Ei enthalten sein. Strittig ist, wie wir uns diese Anlage vorzustellen haben, ob als ein Mosaik kleinster Teilchen, von denen ein jedes einer Eigenschaft des erwachsenen Organismus entspricht, oder als eine Substanz von einfacherem Bau, die erst im Laufe der Entwicklung die Vielgestaltigkeit entstehen läßt. Man kann hier experimentell vorgehen und Einblick in die Natur und den kausalen Zusammenhang der Entwicklungsvorgänge gewinnen, indem man durch planmäßige Eingriffe die Entwicklungsbedingungen künstlich verändert und das Resultat dieser Eingriffe mit den normalen Vorgängen vergleicht. Man kann aber auch die Modifikationen studieren, welche ein und der-

Entwick-
lungsphy-
siologie
(Entwick-
lungs-
mechanik).

selbe Entwicklungsvorgang bei verschiedenen Tierarten erfährt, Modifikationen, die durch die verschiedenen Lebensverhältnisse der Tiere und ihrer Jugendzustände bedingt sind. Dieselben sind gleichsam Experimente, welche von der Natur selbst angestellt werden und denselben erklärenden Wert besitzen wie künstlich angestellte Experimente. Auf beiden Forschungswegen ist schon viel im Lauf der letzten Jahrzehnte erreicht und ein tieferes Verständnis der Entwicklungsvorgänge erzielt worden.

Die Anlagen, welche im befruchteten Ei enthalten sind, bilden das von den Eltern auf das Kind übergehende und die Ähnlichkeit der Kinder mit den Eltern bedingende Erbteil. Das Studium dieser Anlagen und der Art, in welcher sie von den Eltern auf das Kind übertragen werden, mit anderen Worten das Studium der Vererbungsgesetze, hat in der Neuzeit eine gewaltige Förderung durch zwei Forschungsrichtungen erfahren: erstens durch die biometrischen oder variationsstatistischen Methoden, zweitens durch die als „Mendelismus“ bezeichnete Analyse der vererbten Anlagen mit Hilfe der Bastardierung. Beide Forschungsrichtungen, über welche an geeigneter Stelle das Nähere nachzusehen ist, haben in ganz unerwarteter Weise die Möglichkeit eröffnet, die für das Verständnis der Organismenwelt fundamental wichtigen Fragen der Variabilität und Erbllichkeit einer exakten Untersuchung zugänglich zu machen.

Biologie.

Insofern als die Beziehungen eines jeden Organismus zur Außenwelt durch seine Lebensäußerungen vermittelt werden, gehört zur Physiologie oder reiht sich ihr wenigstens an die Lehre von den Existenzbedingungen der Tiere, die **Ökologie**, vielfach auch die **Biologie** im engeren Sinne genannt, während man unter Biologie im weiteren Sinne die Lehre von sämtlichen Lebewesen, Tieren und Pflanzen, versteht. Die Ökologie hat besonders in der Neuzeit eine hervorragende Bedeutung gewonnen. Wie sich die Tiere über den Erdball verbreiten, wie Klima und Bodenbeschaffenheit ihre Verbreitung beeinflussen, wie durch die genannten Faktoren Bau und Lebensweise der Tiere verändert werden, das sind Fragen, welche jetzt mehr denn je erörtert werden.

Paläozoologie.

Schließlich gehört in das Gebiet der Zoologie auch die **Paläozoologie** oder die **Paläontologie**, die Lehre von den ausgestorbenen Tieren. Denn zwischen ausgestorbenen und lebenden Tieren besteht ein genetischer Zusammenhang; jene sind die Vorläufer von diesen und ihre Versteinerungen die sichersten Dokumente der Geschichte der Tierwelt, der Stammesgeschichte oder der **Phylogenie**. Wie in menschlichen Dingen der derzeitige Zustand sich nur historisch vollkommen begreifen läßt, so muß auch der Zoologe zur Erklärung der lebenden Tierwelt vielfach die Resultate der Paläontologie heranziehen.

In der hier erläuterten Weise würde die Zoologie zu umgrenzen sein, wenn man sich ausschließlich von wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus leiten lassen wollte. Praktische Rücksichtsnahmen haben jedoch manche Modifikationen nötig gemacht. Wegen ihrer hervorragenden Bedeutung für die Medizin haben sich menschliche Anatomie und Entwicklungsgeschichte zu selbständigen Wissenszweigen ausgebildet. Von einer Tierphysiologie sind nur die allgemeinsten Grundzüge entworfen; eine speziellere Physiologie existiert nur für den Menschen und die ihm nahestehenden Wirbeltiere; sie ist aus den genannten Gründen ebenfalls zu einer besonderen Disziplin geworden. Auch die Paläontologie besitzt neben ihren spezifisch zoologischen Aufgaben die Bedeutung einer Hilfswissenschaft für die Geologie, indem sie die Materialien zur Charakteristik und Abgrenzung der einzelnen Erdperioden und der den Perioden entsprechen-

den Erdschichten liefert. Wenn man daher jetzt von Zoologie spricht, so hat man vorwiegend Morphologie und Systematik der lebenden Tiere mit Berücksichtigung ihrer allgemeinen Lebenserscheinungen (allgemeine Physiologie) im Sinne.

Die Anschauungen, welche ich hier vom Wesen der Zoologie ausgesprochen habe, sind nicht zu allen Zeiten dieselben gewesen. Wie jede Wissenschaft, so hat auch die Zoologie sich allmählich entwickelt; es wechselten miteinander Zeiten und Strömungen, in denen die systematische oder die morphologische oder die physiologische Betrachtungsweise der Tiere vorherrschte. Es ist nun von hohem Interesse, einen kurzen Überblick von den wichtigsten Entwicklungsphasen der Zoologie zu gewinnen. Der Leser wird den Fragen, welche jetzt die zoologische Forschung beherrschen, ein erhöhtes Verständnis entgegenbringen, wenn er weiß, wie sie sich historisch herausgebildet haben.

Geschichte der Zoologie.

In der Geschichte der Zoologie kann man zwei große Strömungen unterscheiden, welche in einzelnen Männern sich berührt oder vereinigt, im großen und ganzen aber sich unabhängig, vielfach sogar in ausgesprochenem Gegensatz zueinander entwickelt haben; es sind dies einerseits die systematische, andererseits die morphologisch-physiologische Betrachtungsweise der Tiere. Wir werden sie in diesem kurzen geschichtlichen Überblick der Klarheit halber auseinanderhalten müssen, wenn auch der Gegensatz beider Richtungen in den Anfängen der zoologischen Forschung noch fehlte und auch später sich vielfach verwischt hat.

Mit dem Ehrennamen eines „Vaters der Naturgeschichte“ hat man den großen griechischen Philosophen Aristoteles geziert und damit zum Ausdruck gebracht, daß die Bruchstücke des zoologischen Wissens seiner Vorgänger nicht in Vergleich gesetzt werden können mit dem wohlgeordneten Bau, in welchem Aristoteles seine und seiner Vorgänger Kenntnisse vom Wesen der Tiere zusammengefaßt hat. In Aristoteles vereinigten sich günstige äußere Bedingungen mit günstiger geistiger Beanlagung. Ausgerüstet mit den literarischen Hilfsquellen einer umfangreichen Bibliothek und den für naturhistorische Untersuchungen damals noch mehr als jetzt unerläßlichen Geldmitteln, vertrat er die induktive Methode, welche allein imstande ist, auf dem Gebiete der Naturwissenschaften sichere Fundamente zu liefern. Seine zoologisch wichtigsten, leider nur zum Teil erhaltenen Werke sind die „*Historia animalium*“, „*De partibus*“ und „*De generatione*“, drei Werke, in welchen die Zoologie als eine universelle Wissenschaft begründet wurde, indem Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Physiologie und Systematik gleichmäßig Berücksichtigung fanden. Wie weit Aristoteles — selbstverständlich neben vielem Irrtümlichen — in der richtigen Erkenntnis des Baues und der Entwicklungsweise der Tiere gelangt ist, wird am schlagendsten der Hinweis erläutern, daß manche seiner Entdeckungen erst im vorigen Jahrhundert ihre Bestätigung gefunden haben. So wußte Aristoteles, was erst von Joh. Müller wieder neu entdeckt worden ist, daß manche *Haie* nicht nur lebendig gebären, sondern daß bei ihnen auch der Embryo im

Aristoteles.

Uterus der Mutter festwächst und eine an die Placenta der *Säugetiere* und des Menschen erinnernde Nährvorrichtung erzeugt; er kannte den Unterschied männlicher und weiblicher *Cephalopoden* und wußte, daß die jungen *Tintenfische* einen mundständigen Dottersack besitzen.

Von großem Interesse ist, wie sich Aristoteles zur Systematik der Tiere verhält. Er erwähnt in seinen Schriften die stattliche Zahl von etwa 500 Tierarten; da er sehr bekannte Formen, wie *Dachs*, *Libelle* usw. nicht nennt, kann man mit Sicherheit annehmen, daß ihm noch sehr viele mehr bekannt waren, daß es ihm aber nicht notwendig erschien, alle ihm bekannten Formen aufzuführen, daß er sie nur nannte, wenn es ihm darauf ankam, gewisse physiologische oder morphologische Verhältnisse an ihnen zu erläutern. Dieses Zurücktreten des systematischen Interesses kommt auch darin zum Ausdruck, daß der große Philosoph sich mit zwei systematischen Kategorien begnügte, mit *είδος*, Spezies oder Art, und *γένος* oder Gruppe. Seine acht *γένη μέγιστα* würden etwa den Klassen der modernen Zoologie entsprechen; sie sind Ausgangspunkte aller späteren Klassifikationsversuche geworden und mögen daher hier aufgeführt werden:

1. Säugetiere (*ζωοτοκοῦντα ἐν αὐτοῖς*),
2. Vögel (*ὄρνιθες*),
3. Eierlegende Vierfüßler (*τετράποδα ὄζοτοκοῦντα*),
4. Fische (*ἰχθύες*),
5. Weichtiere (*μαλάκια*),
6. Kruster (*μαλακόστρακα*),
7. Insekten (*ἔντομα*),
8. Schaltiere (*δοσρακοδέσματα*).

Auch die Zusammengehörigkeit der vier ersten Gruppen hat Aristoteles herausgeföhlt, indem er sie als Bluttiere, *ἔραιμα* (besser Tiere mit rotem Blut), den Blutlosen, *ἄραιμα* (richtiger Tiere mit meist farblosem oder gar keinem Blut), gegenüberstellte.

Plinius.

Entwicklung der systematischen Zoologie. Es ist eine höchst überraschende Erscheinung, daß sich im Anschluß an die Schriften des Aristoteles, in denen die Systematik zurücktritt und nur dazu dient, die anatomischen Verwandtschaftsverhältnisse der Tiere zum Ausdruck zu bringen, eine exklusiv systematische Richtung entwickelt hat. Die Erscheinung ist nur verständlich, wenn man berücksichtigt, daß es sich hier nur um ein äußerliches Anknüpfen handelt, daß dagegen die geistige Kontinuität der Forschung vollkommen unterbrochen war, einerseits durch den Verfall und schließlich gänzlichen Zusammenbruch der Bildung des klassischen Altertums, andererseits durch das siegreiche Vordringen der christlichen Weltanschauung. Den Verfall der kaum aufgeblühten zoologischen Forschung bekunden schon die Schriften des Plinius. Nachdem der römische Feldherr und Gelehrte lange Zeit als ein hervorragender Zoologe des Altertums gefeiert worden ist, räumt man ihm jetzt nur noch den Rang eines nicht einmal glücklichen Kompilators ein, der aus anderen Schriften kritiklos Richtiges und Fabulöses zusammengetragen und die naturgemäße Klassifikation der Tiere nach ihrem Bau durch die unnatürliche, rein äußerliche Einteilung nach ihrem Aufenthaltsort (Flugtiere, Landtiere, Wassertiere) ersetzt hat.

Zoologie
des Mittel-
alters.

Was weiter das Auftreten des Christentums anlangt, so führte der weltflüchtige Charakter, welcher anfänglich der christlichen Weltanschauung eigentümlich war, zu einer Abneigung gegen jede geistige Beschäftigung

mit Naturobjekten. Es kam eine Zeit, in der man Fragen, welche durch die einfachste Beobachtung gelöst werden konnten, durch mühsames gelehrtes Durchstöbern der Werke maßgebender Autoren zu entscheiden suchte. Bezeichnend für diese das ganze Mittelalter beherrschende Geistesrichtung ist der Physiologus oder Bestiarius, ein Buch, aus welchem die Verfasser mittelalterlicher zoologischer Schriften vielfach geschöpft haben. Das Buch nennt in seinen verschiedenen Auflagen und Ausgaben nur etwa 70 Tiere, darunter viele Fabelwesen: Drache, Einhorn, Phönix usw. Auch sind die über die einzelnen Tiere mitgeteilten Erzählungen sehr häufig Fabeln, zum Teil aus vorchristlicher Zeit stammend und erfunden, um religiöse oder ethische Lehren zu erläutern. Es gibt zwar Ausnahmen von dieser allgemeinen Charakteristik des Mittelalters, vor allem der Dominikaner Albertus Magnus und der Augustiner Thomas Cantimpratus. Von Albertus Magnus steht es fest, daß er in seinen zoologischen Schriften nicht nur die Angaben des Aristoteles wiederholte, sondern sich bemühte, wo es ihm nur möglich war, sich auf eigene Beobachtungen zu stützen. Aber daß diese Anfänge wissenschaftlicher Denkweise kaum Widerhall fanden, trägt nur dazu bei, die oben gegebene allgemeine Charakteristik zu stützen.

Als nach Ausgang des Mittelalters das Interesse an wissenschaftlicher Forschung von neuem erwachte, begann man auf die ausschließlich von naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitete Betrachtungsweise des Aristoteles zurückzugreifen. In diesem Sinne kann als ein Erneuerer des Aristoteles der Engländer Wotton bezeichnet werden, welcher 1552 sein Werk „de differentiis animalium“ schrieb, in welchem er das System des Aristoteles im wesentlichen wiedergab, nur daß er die Gruppe der *Pflanzentiere* oder *Zoophyten* neu aufnahm. Indessen schon der Titel „über die unterscheidenden Merkmale der Tiere“ läßt erkennen, daß von dem reichen Schatz des Aristotelischen Wissens vorwiegend die systematischen Resultate Aufnahme gefunden haben; und so inauguriert denn auch das Werk Wottons die Periode der systematischen Zoologie, welche in dem Engländer Ray, noch mehr aber in Linné ihre glänzendsten Vertreter gefunden hat.

Wotton

Linné, Sprößling einer schwedischen Pfarrersfamilie, welche ihren Namen „Ingemarsson“ nach einer Linde in ihrer Heimat in Lindelius verwandelt hatte, wurde im Jahre 1707 in Rashult geboren. Von seinen Lehrern für untauglich zum Studium erklärt, wurde er durch den Einfluß eines Arztes, der die glänzenden Gaben des Knaben richtig erkannte, vor dem Schicksal, das Schusterhandwerk zu erlernen, bewahrt und für das medizinische Studium gewonnen. Er studierte in Lund und Upsala, machte als junger Mann von 28 Jahren ausgedehnte Reisen nach dem Kontinent und gewann sich schon damals die Anerkennung der hervorragendsten Fachgenossen; 1741 wurde er Professor der Medizin in Upsala, wenige Jahre später Professor der Naturgeschichte; er starb 1778.

Linné.

Linnés wichtigstes Werk ist sein „Systema Naturae“, welches im Jahre 1735 in I., im Jahre 1766—68 in XII. Auflage erschien und sogar nach seinem Tode eine letzte (XIII.) von Gmelin besorgte Auflage erlebte. Dasselbe ist Grundlage geworden für die systematische Zoologie, indem es zum ersten Male 1. eine schärfere Gliederung des Systems, 2. eine bestimmte wissenschaftliche Terminologie, die binäre Nomenklatur, und 3. kurz gefaßte, klare Diagnosen einführte. Bei der Gliederung des Systems verwandte Linné vier Kategorien; er teilte das ganze Tierreich

Systema
Naturae.

in Klassen, die Klassen in Ordnungen, diese in Genera, die Genera endlich in Arten ein; der Begriff der Familie war dem *Systema Naturae* fremd. Noch wichtiger war die binäre Nomenklatur. Bis dahin waren in der wissenschaftlichen Welt die Vulgarnamen üblich, was zu vielen Mißständen geführt hatte; dieselben Tiere wurden mit verschiedenen, verschiedenartige Tiere mit gleichen Namen belegt; in der Benennung neu entdeckter Tiere herrschte kein allgemein gültiges Prinzip. Diese Übelstände wurden von Linné in der X. Auflage seines Systems vollkommen beseitigt durch Einführung einer besonderen wissenschaftlichen Benennung. Ein vorangestelltes Hauptwort bezeichnet die Gattung, zu welcher das Tier gehört, ein zugefügtes zweites Wort, meist ein Adjektiv, die jedesmalige Art innerhalb der Gattung. Die Namen *Canis familiaris*, *Canis lupus*, *Canis vulpes* sagen aus, daß Hund, Wolf und Fuchs einander nahe stehen, indem sie zu derselben Gattung, zur Gattung der hundeähnlichen Tiere, gehören, innerhalb deren sie besondere Arten bilden. Die Linnésche Benennungsweise war namentlich bei der Beschreibung neuer Arten von großer Bedeutung, insofern sie den Leser gleich von Anfang darüber orientierte, in welche verwandtschaftliche Beziehungen die neue Spezies zu bringen sei.

Bei der Charakteristik der einzelnen systematischen Gruppen brach Linné vollkommen mit dem bis dahin üblichen Brauch. Seine Vorgänger, wie Aldrovandi, Gessner, hatten in ihren Naturgeschichten von jedem Tier eine langatmige und ausführliche Schilderung gegeben, in welcher das, was besonders charakteristisch für das Tier ist und bei seiner Bestimmung vornehmlich Berücksichtigung verlangt, für den Anfänger kaum herauszufinden war. Dagegen führte Linné kurze Diagnosen ein, welche in wenigen, nicht einmal in Satzform gefaßten Worten nur das zum Erkennen Notwendige enthielten. Damit war der Weg gefunden, auf dem es möglich wurde, bei der enorm wachsenden Zahl bekannter Tiere die Übersichtlichkeit zu wahren.

In den hervorgehobenen großen Vorzügen der Linnéschen Systematik lagen nun aber auch gleichzeitig die Keime zu der einseitigen Entwicklung, welche die Zoologie unter dem Einfluß Linnés genommen hat. Die unzweifelhaft notwendig gewordene logische Durchbildung der Systematik machte diese zu einer glänzenden Erscheinung, welche darüber täuschte, daß sie nicht Endzweck der Forschung, sondern nur ein wichtiges und unentbehrliches Hilfsmittel derselben sei. In der Freude, die Tiere zu benennen und zu klassifizieren, ging das höhere Ziel der Forschung, das Wesen der Tiere zu erkennen, verloren, und es erlahmte das Interesse für Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte.

Man kann diese Vorwürfe dem Vater der Richtung, Linné selbst nicht ersparen. Indem er in seinem *Systema Naturae* eine außerordentlich viel größere Zahl von Tierarten bewältigte als irgendein früherer Zoologe, hat er keine Vertiefung unserer Kenntnisse herbeigeführt. Die Art, wie er das Tierreich in Hauptgruppen einteilte, ist im Vergleich zum Aristotelischen System eher ein Rückschritt als ein Fortschritt zu nennen. Linné teilte das Tierreich in sechs Klassen: *Mammalia*, *Aves*, *Amphibia*, *Pisces*, *Insecta*, *Vermes*. Die vier ersten Klassen entsprechen den vier Gruppen der Blutiere des Aristoteles. Mit der Einteilung der wirbellosen Tiere in *Vermes* und *Insecta* steht Linné unzweifelhaft hinter Aristoteles zurück, welcher, zum Teil sogar mit Glück, versucht hatte, eine größere Anzahl von Hauptgruppen aufzustellen.

Noch mehr aber als bei Linné treten uns die Schäden der systematischen Betrachtungsweise bei seinen Nachfolgern entgegen. Linnés Diagnosen waren ebensoviele Schablonen, welche mutatis mutandis mit leichter Mühe auf neue Arten angewandt werden konnten. Es bedurfte dazu nur des Austausches der die Unterschiede zum Ausdruck bringenden Eigenschaftsworte. Bei den Hunderttausenden verschiedener Tierarten, namentlich Insektenarten, fehlte es nicht an Material; und so war die Arena geebnet für die geistlose Spezieszoologie, welche in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts das Ansehen der Zoologie in den Kreisen der Gebildeten geschädigt hat. Es wäre Gefahr gewesen, daß die Zoologie sich zu einem babylonischen Turmbau von Artbeschreibungen ausgewachsen hätte, wenn nicht durch das Erstarken der physiologisch-anatomischen Betrachtungsweise ein Gegengewicht geschaffen worden wäre.

Linnés
Nachfolger.

Entwicklung der Morphologie. Die vergleichende Anatomie — denn um diese handelt es sich hier vornehmlich — hat ihre Ausbildung lange Zeit über vorwiegend den Vertretern der menschlichen Anatomie zu verdanken gehabt, was zur Folge hatte, daß auf den deutschen Universitäten bis in die Neuzeit die vergleichende Anatomie zu der medizinischen Fakultät gerechnet wurde, während die Zoologie, als ob sie eine ganz andere Disziplin wäre, der philosophischen Fakultät angehörte. — Schon die Schüler des Hippokrates trieben Tieranatomie, um sich nach dem Bau anderer Säugetiere ein Bild von der Organisation des Menschen zu machen und damit eine sichere Unterlage für die Diagnose der menschlichen Krankheiten zu gewinnen. Das in dieser Hinsicht hervorragendste Werk des klassischen Altertums, die berühmte menschliche Anatomie von Claudius Galenus (131—201 n. Chr.), stützte sich vorwiegend auf Beobachtungen, welche an Hunden, Affen usw. gesammelt worden waren. Denn im Altertum und später auch im Mittelalter hielt eine begreifliche Scheu die meisten Menschen zurück, den menschlichen Leichnam zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen zu machen.

Anatomen
des klassi-
schen Alter-
tums.

Auch für die Anatomie erwies sich das erste Jahrtausend, in welchem das Christentum die herrschende Macht im geistigen Leben der Völker bildete, als unfruchtbar; man hielt sich im großen und ganzen an die Schriften des Galen und die Werke seiner Kommentatoren und nahm nur selten Veranlassung, ihre Richtigkeit durch eigene Beobachtungen zu erproben. Erst mit dem Ausgang des Mittelalters brach sich das Interesse für selbständige wissenschaftliche Forschung Bahn. Vesal, der Begründer der modernen Anatomie (1514—1564), hatte den Mut, menschliche Leichen genau zu untersuchen und in den Schriften des Galen zahlreiche Irrtümer nachzuweisen, welche vielfach dadurch entstanden waren, daß unberechtigterweise Tierbefunde auf den menschlichen Körper übertragen worden waren. Durch seine Korrekturen des Galen geriet Vesal mit seinem Lehrer Silvius, einem energischen Vorkämpfer der Galenschen Autorität, und seinem berühmten Zeitgenossen Eustachius in einen heftigen Streit, der viel zur Entwicklung der vergleichenden Anatomie beigetragen hat. Zunächst wurden Tieranatomien nur gemacht, um die Ursachen der Galenschen Irrtümer aufzudecken, später aber auch aus Lust und Liebe zur Sache. Es ist begreiflich, daß in erster Linie die *Wirbeltiere* Berücksichtigung fanden, da sie dem Menschen im Bau am nächsten stehen und am meisten zum Vergleich herausfordern. So erschienen noch im gleichen Jahrhundert mit Vesals menschlicher Ana-

Mittelalter.

Vesal.

Anfänge
der
Zootomie.

tomie die Abbildungen von Wirbeltierskeletten durch den Nürnberger Arzt Coiter, die zootomischen Schriften von Fabricius ab Aquapendente usw. Später wandte sich aber auch das Interesse den *Insekten* und *Mollusken*, ja selbst den im Meere wohnenden *Echinodermen*, den *Cölenteraten* und *Protozoen* zu. Hier verdienen vor allem drei Männer genannt zu werden, welche am Ende des 17. Jahrhunderts lebten, der Italiener Marcello Malpighi und die Holländer Swammerdam und Leeuwenhoek. Des ersteren „*Dissertatio de bombyce*“ war bahnbrechend für die Insektenanatomie, indem sie durch die Entdeckung der Vasa Malpighi, des Herzens, des Nervensystems, der Tracheen usw. eine außerordentliche Bereicherung unseres Wissens herbeiführte. Von Swammerdams Schriften ist vor allem die „Bibel der Natur“ hervorzuheben, ein Werk, dem sich kein anderes der damaligen Zeit zur Seite setzen läßt, indem es Aufschlüsse von einer bewundernswerten Genauigkeit über den Bau der *Bienen*, *Eintagsfliegen*, *Schnecken* usw. enthält. Leeuwenhoek endlich ist der glücklichste Entdecker gewesen auf dem Gebiete der von ihm in die Wissenschaft eingeführten mikroskopischen Forschung; vor allem lehrte er neben vielerlei anderem auch die kleinen Bewohner des Süßwassers, die „*Infusionstierchen*“, kennen, deren genauere Untersuchung in der Neuzeit zu einem vollständigen Umschwung in unseren Auffassungen vom Wesen der tierischen Organisation geführt hat.

Das große Verdienst der genannten Männer besteht vornehmlich darin, daß sie gründlich mit dem Staub der Büchergelehrsamkeit aufräumten und indem sie sich nur auf ihre eigenen Augen und ihr eigenes Urteil verließen, den Menschen das verloren gegangene Gut selbständiger und unbefangener Beobachtung wiedergewannen. Sie trugen das Interesse für Naturbeobachtung in die weitesten Kreise, so daß im 18. Jahrhundert die Zahl selbständiger naturwissenschaftlicher Schriften eine ganz außerordentliche Vermehrung erfuhr. Mit Bau und Entwicklung der *Insekten* befaßte sich in Schweden de Geer, in Frankreich Réaumur, in Belgien Lyonet, in Deutschland Rösel von Rosenhof; letzterer schrieb zugleich eine noch jetzt lesenswerte Monographie der einheimischen *Batrachier*. Namentlich aber bildete die Untersuchung der *Infusorien* und anderer kleinerer Süßwasserbewohner eine Lieblingsbeschäftigung für Gelehrte und Laien, wie Wrisberg, v. Gleichen-Rußwurm, Schäffer, Eichhorn, O. F. Müller. In den meisten Schriften tritt der religiöse Charakter der Naturbetrachtung außerordentlich in den Vordergrund, wie denn zahlreiche Geistliche, Eichhorn in Danzig, Goeze in Quedlinburg, Schäffer in Regensburg, sich einen ehrenvollen Platz in der Reihe zoologischer Schriftsteller errungen haben, ein Zeichen, daß es zu einer Aussöhnung zwischen Christentum und Naturbeobachtung gekommen war. Um einen Maßstab für die im Verhältnis zu früheren Jahrhunderten gemachten Fortschritte zu gewinnen, bedarf es nur eines Vergleichs der Abbildungen. Jeder Laie wird den Unterschied zwischen den dürftigen Zeichnungen eines Aldrovandi und den ganz meisterhaften Bildern eines Lyonet oder Rösel von Rosenhof auf den ersten Blick erkennen.

Periode
der ver-
gleichenden
Anatomie.

So war durch den Fleiß vieler von Liebe zur Natur erfüllter Männer ein reiches anatomisches Material zusammengetragen worden, welches der geistigen Verarbeitung harpte; und diese geistige Verarbeitung wurde durch die großen vergleichenden Anatomen am Ende des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts begonnen. Unter denselben sind vor allem die

französischen Zoologen Lamarck, Geoffroy St. Hilaire, Cuvier und die Deutschen Meckel und Goethe zu nennen.

Indem man die einzelnen Tiere untereinander auf ihren Bau hin verglich, gelangte man schon damals zu einer Reihe wichtiger Grundgesetze, vor allem des Gesetzes der Korrelation der Teile — „balancement des organes“ — und des Gesetzes der Homologie der Organe. Ersteres stellt fest, daß ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Organen eines und desselben Tieres besteht, daß lokale Veränderungen an einem einzelnen Organ auch Veränderungen an entfernt liegenden Punkten des Körpers hervorrufen, daß man daher aus der Beschaffenheit gewisser Teile auf die Beschaffenheit anderer Körperabschnitte einen Rückschluß machen könne. Namentlich Cuvier benutzte dieses Prinzip, um aus den paläontologischen Resten das Aussehen ausgestorbener Tierformen zu rekonstruieren. — Noch wichtiger wurde die Lehre von der Homologie der Organe. Man lernte an den Organen der Tiere zwischen einem anatomischen und einem physiologischen Charakter unterscheiden: der anatomische Charakter ist die Summe der anatomischen Merkmale, wie sie in Gestalt, Struktur, Lagebeziehung und Verbindungsweise der Organe gegeben sind, der physiologische Charakter ist ihre Funktion. Anatomisch gleiche Organe werden bei nahe verwandten Tieren meist auch dieselbe Funktion haben, wie z. B. die Leber sämtlicher *Wirbeltiere* die Funktion hat, Galle zu bereiten; hier gehen anatomische und physiologische Charakteristik Hand in Hand. Indessen muß dies nicht der Fall sein; vielmehr kann es vorkommen, daß ein und dieselbe Funktion, wie z. B. die Atmung der *Wirbeltiere*, von anatomisch verschiedenartigen Organen besorgt wird, bei den *Fischen* durch die Kiemen, bei den *Säugetieren* durch die Lungen. Umgekehrt können anatomisch gleichwertige Organe wie Lunge der *Säugetiere* und Schwimmblase der *Fische*, verschiedene Funktionen besitzen. Gleiche Organe können somit von einer Tierabteilung zur anderen einen Funktionswechsel erfahren; der hydrostatische Apparat der *Fische* ist bei den *Säugetieren* zum Sitz der Atmung geworden. Organe gleicher Funktion, physiologisch gleichwertige Organe, nennt man analog; Organe von gleicher anatomischer Beschaffenheit, anatomisch gleichwertige Organe, nennt man dagegen homolog. Es ist nun Aufgabe der vergleichenden Anatomie, in den verschiedenen Tierabteilungen die homologen, die anatomisch gleichwertigen Organe festzustellen und sie auf ihren durch Funktionswechsel bedingten Gestalt- und Strukturveränderungen zu verfolgen.

Der hervorragendste Vertreter der vergleichend-anatomischen Richtung war Georges Dagobert Cuvier. Seine Untersuchungen erstreckten sich, abgesehen von den *Mollusken*, auf die *Cölenteraten*, *Arthropoden* und *Wirbeltiere*, lebende wie fossile; seine ausgedehnten Erfahrungen über den Bau der Tiere sammelte er in zwei Werken „Le règne animal distribué d'après son organisation“ und „Leçons d'anatomie comparée“. Von ganz epochemachender Bedeutung war die kleine Schrift „Sur un rapprochement à établir entre les différentes classes des animaux“, in welcher er im Jahre 1812 die berühmte Typentheorie begründete und mit derselben eine vollkommene Reform der Systematik herbeiführte. Diese Cuviersche Einteilung, welche Ausgangspunkt für alle weiteren Klassifikationen geworden ist, unterscheidet sich äußerlich von allen früheren Systemen darin, daß sie die Klassen der *Säugetiere*, *Vögel*, *Reptilien* und *Fische* unter dem von Lamarck eingeführten Namen „*Wirbeltiere*“ zu einer höheren Einheit zusammenfaßte, daß sie ferner die sogenannten

Korrelation
der Teile.Homologie
und
Analogie.

Cuvier.

Typen-
theorie.

„Wirbellosen“ in drei weitere, den *Wirbeltieren* gleichwertige Einheiten abteilte: *Mollusken*, *Articulaten* und *Radiaten*. Cuvier nannte diese über den Klassen stehenden Einheiten Provinzen oder Hauptzweige (*embranchements*), wofür dann später durch Blainville der Name „Typen“ eingeführt wurde. — Noch wichtiger aber sind die Unterschiede, welche sich in der inneren Begründung des Systems aussprechen. Anstatt wie frühere Systematiker einige wenige, vielfach äußerliche Merkmale bei der Einteilung zu benutzen, stützte sich Cuvier auf die Gesamtheit der inneren Organisation, wie sie in dem Lageverhältnis der wichtigsten Organe, besonders des Nervensystems, zum Ausdruck kommt. „Der Typus ist das Lageverhältnis der Teile (v. Baer).“ Hiermit wurde zum ersten Male die vergleichende Anatomie zur Bildung eines natürlichen Systems der Tiere herangezogen.

Schließlich begründete die Typentheorie eine ganz neue Auffassung von der Anordnung der Tiere. Cuvier fand als herrschende Ansicht die Lehre vor, daß alle Tiere eine einzige, vom niedersten Infusor bis zum Menschen aufsteigende Reihe bilden; innerhalb dieser Reihe werde die Stellung eines Tieres ausschließlich von seiner Organisationshöhe bestimmt. Dagegen lehrte Cuvier, daß das Tierreich aus mehreren koordinierten Einheiten, den Typen, bestehe, welche unabhängig nebeneinander existieren, innerhalb deren es wiederum höhere und niedere Formen gäbe. Die Stellung eines Tieres werde durch zwei Faktoren entschieden, erstens durch seine Zugehörigkeit zu einem Typus, durch den „Bauplan“, welchen es vertritt, zweitens durch seine Organisationshöhe, durch die Stufe, welche ihm innerhalb seines Typus zukommt.

Cuvier (1769—1832), geboren in dem damals noch württembergischen Städtchen Mömpelgardt (Montbéliard), genoß seine Ausbildung auf der Carlsschule bei Stuttgart. Die Gelegenheit, die sich ihm bot, als Hauslehrer des Grafen d'Héricy an das Meer zu kommen, benutzte er zu Beobachtungen über Seetiere, besonders zu seinen großes Aufsehen erregenden Untersuchungen über den Bau der *Mollusken*. Im Jahre 1794 siedelte er, besonders auf Veranlassung seines späteren großen Gegners Geoffroy St. Hilaire, nach Paris über, wo er Professor der Naturgeschichte an der Zentralschule und dem Collège de France, später Professor der vergleichenden Anatomie am Pflanzgarten wurde.

Ver-
gleichende
Entwick-
lungs-
geschichte.

Zu denselben Resultaten, welche Cuvier auf vergleichend-anatomischem Wege förderte, gelangte C. E. v. Baer zwei Dezennien später mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte. — Innerhalb der Zoologie ist die Entwicklungsgeschichte eine der jüngsten Disziplinen gewesen; sie entstammt dem 19. Jahrhundert, wenn auch die ersten Anfänge wissenschaftlicher Forschung auf Aristoteles, Fabricius ab Aquapendente, Malpighi u. a. zurückgehen. Die Beobachtung stieß hier auf viele durch die Zartheit und Kleinheit der Entwicklungszustände veranlaßte Schwierigkeiten, deren Bewältigung die Ausbildung des Mikroskops und der mikroskopischen Technik voraussetzte. Ferner traten die herrschenden theoretischen Anschauungen hinderlich in den Weg. Man glaubte überhaupt nicht an eine Entwicklungsgeschichte im heutigen Sinne des Wortes. Jeder Organismus sei gleich von Anfang an in allen seinen Teilen fertig angelegt und bedürfe nur des Wachstums, um seine Organe zu entfalten (*Evolutio*). Entweder das Spermatozoon sei das junge Wesen, welches im Nährboden des Eies die günstigen Wachstumsbedingungen vorfände; oder das Ei repräsen-

tiere das Individuum und werde durch das Spermatozoon zur „Evolutio“ angeregt. In ihren weiteren Konsequenzen führte die Theorie zur Lehre von der Einschachtelung, welche besagt, daß im Eierstock der Eva die Keime aller Menschen, welche bisher gelebt haben und noch leben werden, eingeschachtelt gewesen seien.

Dieser Lehre trat 1759 Caspar Friedrich Wolff mit seiner „Theoria generationis“ entgegen: er suchte an der Hand der Beobachtung zu beweisen, daß das Ei des Hühnchens anfänglich ohne jede Organisation sei, und daß in ihm erst allmählich die einzelnen Organe auftreten. Im Embryo soll eine Neubildung aller Teile, eine Epigenesis, stattfinden. Dieser erste Angriff gegen die Schule der Evolution verlief gänzlich resultatlos, zumal da A. von Haller, der berühmteste Physiologe des 18. Jahrhunderts, sich gegen die Lehre von der Epigenesis erklärte. Wolff selbst vermochte nicht, sich einen wissenschaftlichen Wirkungskreis in Deutschland zu erringen und mußte nach Rußland auswandern. Erst nach seinem Tode fanden seine Schriften durch Oken und Meckel die gebührende Anerkennung. So blieb es denn Carl Ernst von Baer vorbehalten, in seinem klassischen Werk: „Die Entwicklung des Hühnchens, Beobachtung und Reflexion“ (1832) die Entwicklungsgeschichte als eine selbständige Wissenschaft zu begründen. Baer bestätigte die Lehre Wolffs von dem Auftreten blattartiger Anlagen, von denen die Organe abstammen, und wurde durch die Genauigkeit, mit welcher er diesen Nachweis führte, der Begründer der Keimblättertheorie. Ferner kam er zum Resultat, daß jeder Tiertypus nicht nur seinen besonderen Bauplan, sondern auch seine besondere Entwicklungsweise besitze, daß für die *Wirbeltiere* die *Evolutio bigemina*, für die *Articulaten* die *E. gemina*, für die *Mollusken* die *E. contorta* und für die *Radiaten* die *E. radiata* charakteristisch sei. Wir begegnen hier zum erstenmal der Idee, daß für die richtige Beurteilung der verwandtschaftlichen Beziehungen der Tiere und somit für die natürliche Systematik die Resultate der vergleichenden Entwicklungsgeschichte unentbehrlich seien, eine Idee, die sich in der Neuzeit als außerordentlich fruchtbringend erwiesen hat.

Für die weitere Ausbildung der vergleichenden Anatomie und Ent-^{Zellentheorie.}wicklungsgeschichte war von fundamentaler Bedeutung der Nachweis, daß alle Organismen sowie alle ihre Entwicklungsformen sich aus denselben Elementen, den Zellen, zusammensetzen. Diese Erkenntnis ist die Quintessenz der Zellentheorie, welche in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts von Schwann und Schleiden vorgetragen und drei Jahrzehnte später durch die Protoplasmatheorie Max Schultzes vollkommen reformiert wurde. Durch die Zellenlehre wurde für alle Lebewesen, für hoch und niedrig organisierte Pflanzen und Tiere, ein einheitliches Organisationsprinzip gefunden und zugleich das umfangreiche Gebiet der von dem Franzosen Bichat begründeten Histologie oder Gewebelehre einer wissenschaftlichen Behandlung zugänglich gemacht. Von der allergrößten Bedeutung aber wurde die Zellentheorie für die Entwicklungsgeschichte. Denn erst durch den Nachweis, daß Ei, Spermatozoon und die Furchungskugeln kernhaltige Zellen seien, wurde eine sichere Basis gewonnen, um über die Probleme der Befruchtung, Vererbung und embryonalen Differenzierung theoretische Vorstellungen zu entwickeln und dieselben experimentell zu prüfen.

Mit der Begründung der systematischen Verwertung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte und mit der Entwicklung der Zellentheorie und der Gewebelehre wurden die Fundamente der

Forschungsrichtung gelegt, welche in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Zoologie beherrschte. Ungeheure Fortschritte wurden in dieser Zeit auf dem Gebiete der Wirbeltieranatomie durch die klassischen Untersuchungen von Owen, Joh. Müller, Rathke, Gegenbaur u. a. erzielt; unsere Vorstellungen von Organisation wurden vollkommen reformiert durch die Arbeiten Dujardins, Max Schultzes, Haeckels u. a., welche die Einzelligkeit der niedersten Tiere nachwiesen. Die Keimblättertheorie wurde weiter ausgebaut von Remak und Kölliker, und von Kowalewski, Haeckel, Huxley auch auf die wirbellosen Tiere übertragen. Es würde den Rahmen dieses kurzen historischen Abrisses überschreiten, wenn wir noch weiter hineinziehen wollten, was auf dem Gebiete der einzelnen Stämme des Tierreiches geleistet worden ist; wir müssen uns daher begnügen, die wichtigsten Reformen zu erwähnen, welche das Cuviersche System unter dem Einflusse wachsender Erkenntnis erfahren hat.

Reform des Systems.

Von den vier Typen Cuviers war der Stamm der *Radiaten* unzweifelhaft derjenige, dessen Vertreter dem französischen Gelehrten, mit Ausnahme der *Medusen*, am wenigsten bekannt waren; daher war er auch am wenigsten naturgemäß zusammengefaßt, indem er außer den radial-symmetrischen *Cölateraten* und *Echinodermen* Formen enthielt, welche, wie die *Würmer*, bilateral-symmetrisch oder, wie viele *Infusorien*, ganz asymmetrisch beschaffen sind. So kam es, daß die meisten Reformen hier ihre Angriffspunkte gefunden haben.

C. Th. v. Siebold.

C. Th. v. Siebold (1848) ist der Urheber der ersten wichtigen Reform gewesen. Er beschränkte den Typus der *Radiaten* oder, wie er ihn bezeichnete, der *Zoophyten*, auf die Tiere von tatsächlich radial-symmetrischem Bau (*Echinodermen* und *Pflanzentiere*), trennte dagegen alle übrigen ab, und zwar bildete er aus den niedriger stehenden einzelligen Organismen den Stamm der *Urtiere* oder *Protozoen*; die höher organisierten Tiere faßte er als „*Vermes*“ oder „*Würmer*“ zusammen. Gleichzeitig schloß er einen Teil der *Articulaten*, die *Anneliden*, dem Würmerstamme an und führte für die übrigen *Articulaten*, die *Krebse*, *Tausendfüßler*, *Spinnen* und *Insekten*, den Namen *Arthropoden* ein.

Leuckart.

Fast um dieselbe Zeit löste Leuckart den Rest der *Radiaten* in zwei Stämme von sehr verschiedener Organisationshöhe auf; die niederen Formen, bei denen noch keine besondere Leibeshöhle vorhanden ist und das Innere des Körpers nur von einem der Verdauung dienenden Hohlraumssysteme, dem Darne, eingenommen wird, nannte er *Cölateraten* (im wesentlichen die *Zoophyten* der älteren Zoologen); für den Rest, bei welchem Darm und Leibeshöhle als zwei getrennte Hohlräume nebeneinander vorkommen, behielt er den Namen *Echinodermen* bei. So würden sich im ganzen sieben Typen ergeben: *Protozoen*, *Cölateraten*, *Echinodermen*, *Würmer*, *Arthropoden*, *Mollusken*, *Vertebraten*, eine Einteilung, welche der Hauptsache nach in diesem Lehrbuch beibehalten wurde, wenn sie auch noch nicht vollkommen den Ansprüchen entspricht, welche man an ein natürliches System zu stellen berechtigt ist.

Physiologische Forschung.

In den letzten Dezennien des 19. und anfangs des 20. Jahrhunderts trat neben die morphologische die physiologische Erforschung der tierischen Formbildung, der ersteren immer mehr Boden abgewinnend. Die wichtigsten Untersuchungsmittel derselben sind das Experiment und die methodische Züchtung. Hatte man schon früher gelegentlich das Experiment zur Entscheidung biologischer Fragen herangezogen, so geschah es nunmehr in ausgedehntester und planmäßiger Weise. Man versuchte in die Gesetze

Experimentelle Zoologie.

der tierischen Formbildung einzudringen, indem man die einzelnen Stadien der embryonalen und postembryonalen Entwicklung modifizierenden Einflüssen (Entfernung oder Transplantation von Furchungskugeln oder Körperteilen, Anwendung verschiedener Temperaturen, chemischer, mechanischer, elektrischer Reize) unterwarf und das Resultat dieser Einflüsse mit dem normalen Geschehen verglich. Die methodische Züchtung lieferte wichtige Hilfsmittel, um das Wesen der Variabilität tiefer zu ergründen (Galton, Johannsen). Mit methodischer Züchtung kombinierte Bastardierung ermöglichte die Erkenntnis der grundlegenden Vererbungsgesetze (Mendel). Eine wichtige Unterstützung erfuhren die meisten dieser experimentellen Forschungen durch die streng mathematische Durchbildung der statistischen Methode, wodurch es ermöglicht wurde, das durch Beobachtung oder das Experiment gewonnene Material einer exakten Prüfung auf seine Beweiskraft zu unterwerfen. Alle diese Untersuchungen wurden von ganz außerordentlicher Bedeutung für die in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts zur Herrschaft gelangende Deszendenztheorie oder Abstammungslehre, auf deren Geschichte mit Rücksicht auf ihr außergewöhnliches Interesse in einem besonderen Kapitel eingegangen werden soll.

Geschichte der Deszendenztheorie.

Die Abstammungslehre hat sich im Anschluß an eine Frage entwickelt, welche bei oberflächlicher Betrachtung in ihrer Bedeutung leicht unterschätzt wird, welche aber aus kleinen Anfängen zu einem die zoologische Forschung vollkommen beherrschenden Problem herangewachsen ist und mit ihren Konsequenzen nicht nur die Zoologen, sondern alle Kreise von allgemeinerem wissenschaftlichem Interesse beschäftigt hat. Es ist die Frage nach dem logischen Werte der systematischen Begriffe Art, Gattung, Familie usw.

In der Natur finden wir nur Einzeltiere vor; wie kommt es nun, daß man dieselben in größere und kleinere Gruppen zusammenfaßt? Sind die einzelnen Arten, Gattungen und die übrigen Abteilungen, welche der Systematiker unterscheidet, unveränderliche Größen, gleichsam Grundideen der Natur oder, wenn man will, Schöpfungsgedanken, welche in den Einzelformen zum Ausdruck kommen? Oder sind es Abstraktionen, die der Mensch bei der Beobachtung bildet, um die Natur seinem Begriffsvermögen verständlich zu machen? Sind die Art- und Gattungsnamen nur durch das Wesen unseres Begriffsvermögens notwendig gewordene Ausdrücke für die Abstufungen der Verwandtschaftskreise in der Natur, welche an und für sich nichts Unabänderliches sind und daher auch einem allmählichen Wandel unterliegen können? In die Praxis übersetzt, lautet das Problem: sind die Arten konstant oder veränderlich? Was für die Arten gilt, muß notwendigerweise für alle übrigen Kategorien des Systems Geltung besitzen, da sie sämtlich in letzter Instanz auf dem Artbegriff beruhen.

In der Geschichte des Artbegriffs hat die Definition, welche der Begründer der systematischen Zoologie C. v. Linné aufgestellt hat, eine wichtige Rolle gespielt. Derselbe sagt: „Tot sunt species, quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens“; er stellte damit eine Definition auf, der man den Vorwurf machen muß, daß sie keine naturwissenschaftliche ist, deren Wert außerdem dadurch beeinträchtigt wurde, daß er selbst

Linné.

die Möglichkeit der Bildung neuer Arten durch Bastardierung annahm. Auch erwies sie sich sofort als unhaltbar, sowie die Paläontologie anfang, das umfangreiche, in Versteinerungen niedergelegte Material ausgestorbener Tiere der Forschung zugänglich zu machen. Mit abenteuerlichen Phantasien hatte man lange Zeit die unbequem werdenden Versteinerungen außerhalb des Bereichs wissenschaftlicher Forschung gehalten; es seien Spiele der Natur, hieß es, oder Reste der Sintflut, oder Einflüsse der Sterne auf die Erde, oder Produkte einer *Aura seminalis*, einer befruchtenden Luft, die, wenn sie organische Körper befallte, zur Bildung von Tieren und Pflanzen führe, wenn sie aber auf unorganisches Material sich verirre, Petrefakten erzeuge. Derartigen wüsten, schon von Lionardo da Vinci, Hooke, Buffon und anderen vorurteilsfreien Männern bekämpften Spekulationen wurde mit der Begründung der wissenschaftlichen Paläontologie durch Cuvier. Cuvier endgültig ein Ziel gesetzt. Cuvier wies in überzeugender Weise nach, daß die Versteinerungen Reste vorweltlicher Tiere seien. Wie der Aufbau der Erdkruste aus verschiedenen übereinander lagernden Schichten die Unterscheidung verschiedener Perioden der Erdgeschichte ermögliche, so lehre die Paläontologie verschiedene Perioden in der pflanzlichen und tierischen Lebewelt unseres Erdballs kennen. Jede Erdperiode sei durch eine besondere, ihr eigentümliche Tierwelt charakterisiert; diese Tierwelt sei um so mehr von der jetzt lebenden unterschieden, je älter die Erdperiode sei, der sie angehöre. Diese Verallgemeinerungen führten Cuvier zu seiner Lehre von den Erdrevolutionen: daß das Ende jeder Erdperiode durch eine gewaltige, die Lebewesen vernichtende Katastrophe herbeigeführt worden sei. In welcher Weise die Erde sich nach Ablauf einer Revolution neu bevölkert habe, darüber äußerte sich Cuvier sehr vorsichtig. Da er die Lehre vertrat, daß die Arten konstant und von einem höchsten Wesen geschaffen worden seien, lag die Erklärung nahe, daß nach jeder Erdrevolution eine neue Tierwelt von Gott geschaffen worden sei. Diese später von dem Paläontologen d'Orbigny bestimmt gefaßte Erklärung entsprach wahrscheinlich auch den Ansichten Cuviers; doch rechnete derselbe mit einer weiteren Möglichkeit, daß manche Teile der Erdoberfläche von den Katastrophen verschont geblieben seien und daß von ihnen aus ein erhalten gebliebener Rest von Organismen sich von neuem über die Erde verbreitet habe.

Da beide Auffassungen bei genauerem Durchdenken keine befriedigende naturwissenschaftliche Erklärung bieten, ist es begreiflich, daß schon zu Cuviers Zeiten hervorragende Männer die Lehre von der Artkonstanz aufgaben und sich für die Abstammungslehre entschieden. In England war es Erasmus Darwin, der Großvater des berühmten Charles Darwin, in Frankreich Lamarck. Ob auch Goethe und Geoffroy St. Hilaire als Vertreter der Abstammungslehre gelten dürfen, darüber wird viel gestritten, was den letzteren anlangt, wohl mit Unrecht, während die dichterische Ausdrucksweise Goethes verschiedene Deutungen zuläßt. Am klarsten durchdacht wurde die Abstammungslehre von Lamarck in seiner 1809 erschienenen „*Philosophie zoologique*“, an deren Ideengang wir uns im folgenden halten wollen.

Lamarck. Lamarck (Jean Baptiste de Monet, Ritter von Lamarck, 1744 in der Picardie geboren, 1829 als Professor am Pflanzengarten gestorben) lehrte, daß auf der Erde zunächst Organismen von einfachstem Bau auf natürlichem Wege aus unbelebten Stoffen durch Urzeugung entstanden seien. Von diesen einfachsten Lebewesen hätten sich im Laufe von unermesslich großen Zeiträumen die jetzt lebenden Arten der Tiere und

Pflanzen durch langsame Umbildung entwickelt, ohne daß die Kontinuität des Lebens auf unserem Erdball jemals eine Unterbrechung erfahren habe; Endpunkt dieser Reihe sei der Mensch; die übrigen Tiere seien die Deszendenten der Formen, aus denen der Mensch sich entwickelt habe. Unter den Ursachen, welche die Veränderung und Vervollkommnung der Organismen bewirken sollten, betonte Lamarck am meisten die Übung und die Nichtübung. Die Giraffen sollen lange Hälse bekommen haben, weil sie durch besondere Lebensbedingungen gezwungen wurden, sich zu strecken, um hochbelaubte Bäume abzuweiden; umgekehrt hätten sich die Augen der im Dunklen wohnenden Tiere aus mangelndem Gebrauch zu funktionslosen kleinen Körperchen rückgebildet. Unwichtiger sollen die direkten Einwirkungen der Außenwelt sein; die Veränderungen der Umgebung („le monde ambiant“ Geoffroy St. Hilaire) sollen auf Tiere zumeist indirekt wirken, indem sie die Bedingungen für die Übung der Organe verändern.

Lamarcks geistvolle Schrift blieb bei seinen Zeitgenossen fast unbeachtet. Dagegen kam es 1830 in der Pariser Akademie zu einem heftigen Streit zwischen Cuvier und Geoffroy St. Hilaire. Der über 2 Jahre sich erstreckende Streit betraf nicht die Abstammungslehre selbst, sondern die mit ihr im Zusammenhang stehende, in ihrem Kern berechnete, in ihrer Durchführung aber weit über das berechnete Maß hinausgehende Lehre Geoffroys von der Einheit des tierischen Bauplanes; er endigte mit einem völligen Sieg Cuviers. Da gleichzeitig sich eine scharfe Gegnerschaft gegen die naturphilosophische, den Deszendenzgedanken verbreitende Richtung entwickelte, gewann die Lehre von der Artkonstanz die Oberhand, obwohl auch in der Folgezeit hervorragende Biologen, wie Schleiden, Unger, Naegeli u. a. sich für die Veränderlichkeit der Arten aussprachen.

In demselben Jahr, in welchem Cuvier seinen für lange Zeit entscheidenden Sieg über Geoffroy St. Hilaire erfocht, wurde gegen die Lehre von der Aufeinanderfolge zahlreicher Tierwelten auf unserem Erdball der erste verderbliche Schlag geführt. Die extrem durchgeführte Kataklysmentheorie hatte eine doppelte Seite, eine geologische und eine biologische: sie leugnete die Kontinuität der einzelnen Erdperioden wie die Kontinuität der ihnen zukommenden Lebewelten. In den Jahren 1830—1832 erschienen nun die „principles of Geology“ von Lyell, ein epochemachendes Werk, welches endgültig auf dem Gebiet der Geologie die Lehre von den Erdrevolutionen beseitigte. Lyell wies nach, daß man der gewaltigen Erdrevolutionen nicht bedürfe, um die Umwandlung der Erdoberfläche und die Überlagerungen ihrer Schichten zu erklären, daß vielmehr die allezeit wirksamen Kräfte, die Hebungen und Senkungen, die nagende Wirkung des Wassers, möge es als Ebbe und Flut, als Regen, als Schnee oder Eis, als reißender, zum Meere strömender Fluß oder Bach wirken, zur Erklärung vollkommen ausreichen. Ganz allmählich im Laufe kollossaler Zeiträume sei die Oberfläche verändert und aus einer Periode in die andere übergeführt worden, und noch jetzt gehe dieser stetige Umwandlungsprozeß vor sich. Die Lehre von der Kontinuität in der geologischen Geschichte der Erde, welche hiermit zum ersten Male vorgetragen wurde, ist seitdem zu allgemeiner Anerkennung gelangt; dagegen wurde die Diskontinuität in der Geschichte der die Erde bevölkernden Lebewesen, obwohl ihre geologischen Voraussetzungen hinfällig geworden waren, noch lange Zeit über aufrecht erhalten.

Lyell.

Charles
Darwin.

Es ist das große Verdienst von Charles Darwin, nach jahrzehntelanger Ruhe durch sein Buch „Über den Ursprung der Arten“ die Deszendenztheorie von neuem vorgetragen und zur allgemeinen Geltung gebracht zu haben. Zugleich wurde damit die wichtigste Periode in der Geschichte der Zoologie eingeleitet, eine Periode, in welcher diese Wissenschaft nicht nur selbst einen unerwarteten Aufschwung nahm, sondern auch anfang, auf die allgemeinen Anschauungen der Menschen nachhaltigen Einfluß zu gewinnen.

Charles Darwin wurde 1809 zu Shrewsbury geboren. Nach Beendigung seiner Studien auf den Universitäten Edinburgh und Cambridge (1825—1831) schloß er sich als Naturforscher der Weltumsegelung des „Beagle“ an, eines englischen Kriegsschiffes, welches in den Jahren 1831—1836 nautische Untersuchungen auszuführen bestimmt war. Als Darwin die eigentümlichen Charaktere der Inselfaunen, besonders der Galapagos-Inseln, und die merkwürdige geologische Aufeinanderfolge der *Edentaten* in Südamerika kennen lernte, bildeten sich in ihm die Keime zu seiner epochemachenden Theorie. Eine weitere Ausbeute dieser Reise waren seine schöne Monographie der *Cirripeden* und die klassischen Untersuchungen über die Korallenriffe. Nach England zurückgekehrt, lebte Darwin, ausschließlich wissenschaftlichen Arbeiten gewidmet, vornehmlich auf seinem Gute Down in der Grafschaft Kent bis zu seinem Tode im Jahre 1882; vor allem war er unablässig bemüht, seine Anschauungen über den Ursprung der Arten auszubauen und für dieselben ein immer reicheres empirisches Material zu sammeln. Die erste schriftliche Aufzeichnung seiner Grundgedanken, die er Freunden, besonders dem Geologen Lyell und dem Botaniker Hooker, mitteilte, fällt in das Jahr 1844, ohne daß der Verfasser sich jedoch bereden ließ, dieselbe der Öffentlichkeit zu übergeben. Erst im Jahre 1858 entschloß sich Darwin zu einer Mitteilung im *Journal of the Linnean Society*, und zwar durch einen äußeren Anlaß bewogen. In diesem Jahre erhielt er von dem Reisenden Wallace einen Aufsatz zugesandt, welcher in den wichtigsten Punkten mit Darwins eigenen Anschauungen übereinstimmte. Darwin brachte einen Abriß seiner Lehre gleichzeitig mit Wallaces Manuskript zum Abdruck. Im Jahre darauf (1859) erschien dann die wichtigste seiner Schriften: „On the origin of species by means of natural selection“, und in kurzer Aufeinanderfolge eine stattliche Reihe von Werken, die Frucht jahrelanger vorbereitender Arbeit. Für die Geschichte der Deszendenztheorie sind aus dieser Reihe die wichtigsten; 1. Über das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustand der Domestikation, 2 Bände, welche vornehmlich eine Sammlung empirischen Beweismaterials enthalten; 2. Über den Ursprung des Menschen, ein Werk, welches die Anwendung der Deszendenztheorie auf den Menschen gibt.

Wohl kein wissenschaftliches Werk des 19. Jahrhunderts hat in der zoologischen, ja man kann sagen in der ganzen gebildeten Welt, ein so großartiges Aufsehen erregt, wie das Buch Darwins über den Ursprung der Arten. Vielfach wurden seine Lehren als etwas durchaus Neues aufgenommen; so sehr war die wissenschaftliche Tradition verloren gegangen. In Kreisen der Fachleute wurden sie von einem Teil heftig beföhdet, von einem anderen Teile fanden sie eine wohlwollende, aber zweifelnde Aufnahme. Nur wenige Männer traten von Anfang mit aller Entschiedenheit auf die Seite des großen britischen Forschers. Es entbrannte ein lebhafter wissenschaftlicher Kampf, welcher mit einem glän-

zenden Sieg der Deszendenztheorie endete. Zur Zeit ist unser wissenschaftliches Denken so sehr von den Ideen der Deszendenztheorie durchsetzt, daß man kaum noch von einer erheblichen Gegnerschaft gegen die Lehre reden kann. Unter den Männern, welche am meisten diesen raschen Umschwung herbeigeführt haben, ist neben dem Mitbegründer des Darwinismus A. R. Wallace vor allem E. Haeckel zu nennen, welcher sich in seiner „Generellen Morphologie“ und seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ um die Ausbildung der Theorie die allergrößten Verdienste erworben hat. Energische Vorkämpfer der Lehre in Deutschland waren ferner Fritz Müller, Carl Vogt, Weismann, Moritz Wagner und Naegeli, wenn auch letztere beiden rücksichtlich der Ursachen, welche die Umbildung der Formen bedingen, ihren besonderen Standpunkt einnahmen. Unter den englischen Naturforschern sind besonders Huxley, Hooker und Lyell zu nennen. Am spätesten hat der Darwinismus in Frankreich Eingang gefunden.

Im folgenden werde ich versuchen, die Darwinsche Lehre, so wie sie sich im Widerstreit der Meinungen im Laufe der letzten Jahrzehnte entwickelt hat, wiederzugeben, indem ich mich möglichst der Art, wie sie Darwin selbst vorgetragen hat, anschließe.

Darwins Theorie von der Abstammung der Arten.

Vor dem Erscheinen von Darwins Schriften herrschte bei den Systematikern das Dogma von der Konstanz der Arten. Man gab zwar zu, daß nicht alle Individuen einer Art gleich seien; es solle eine mehr oder minder erhebliche Variabilität herrschen, so daß es möglich sei, innerhalb einer Art Rassen und Varietäten zu unterscheiden; doch solle die Variabilität niemals solche Grade erreichen, daß gleichsam die Grenzen des Artbegriffs überschritten würden.

Darwin geht daher von der Kritik des Speziesbegriffs aus: Sind die Begriffe Spezies (Art) einerseits und Rasse und Varietät andererseits etwas vollkommen Verschiedenes? Gibt es besondere Kriterien, um in unzweifelhafter Weise festzustellen, ob wir in einem bestimmten Fall es mit Varietäten einer Art oder mit verschiedenen Arten zu tun haben? Oder gehen die Begriffe in der Natur ineinander über? Sind die Arten konstant gewordene Varietäten, die Varietäten in Bildung begriffene Arten?

Zur Entscheidung dieser fundamentalen Fragen können morphologische und physiologische Charaktere herangezogen werden. In der Praxis des Systematikers gelten gewöhnlich ausschließlich die morphologischen Merkmale, weshalb wir sie hier in erster Linie berücksichtigen. Wenn sich innerhalb einer größeren Zahl einander ähnlicher Formen zwei Gruppen aufstellen lassen, die sich erheblich voneinander unterscheiden, wenn die Unterschiede beider Gruppen durch keinerlei Mittelformen verwischt werden, und wenn sie sich in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen konstant erhalten, so spricht der Systematiker von guten Arten; er spricht dagegen von Varietäten derselben Art, wenn die Unterschiede geringfügig und inkonstant sind und durch die Existenz von Mittelformen noch weiter an Bedeutung verlieren. Eine genaue Prüfung der Art und Weise, wie diese Regel in der Praxis

Morphologische Unterschiede von Art und Varietät.

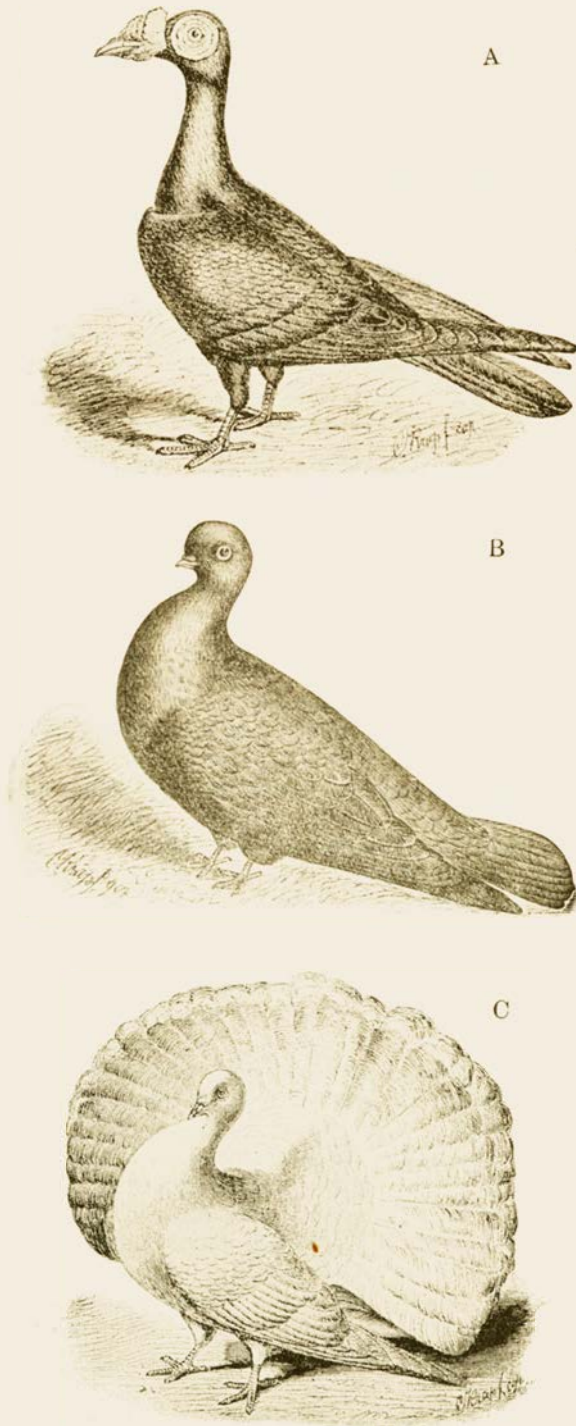


Fig. 1. Taubenrassen (nach Darwin); A englische Botentaube, B englische Burzeltaube, C englische Pfauentaube.

befolgt wird, lehrt nun die größten Inkonssequenzen kennen, womit es zusammenhängt, daß manche einander nahestehenden Tier- und Pflanzengruppen von einem Teil der Systematiker für gute Arten, von einem anderen Teil nur für „kleine Arten“ oder Spielarten oder sogar nur für Varietäten derselben Art gehalten werden. Die Unterschiede zwischen den Rassen unserer Haustiere sind vielfach so bedeutend, wie sie sonst als ausreichend für die Unterscheidung nicht nur guter Arten, sondern sogar von Gattungen und Familien angesehen werden. Bei den Pfauentauben ist die sonst nur 12—14 betragende Zahl der

Steuerfedern des Schwanzes auf 30—42 gesteigert (Fig. 1 C); bei anderen Taubenrassen unterliegt die relative Größe von Schnabel und Füßen im Vergleich zum übrigen Körper enormen Schwankungen (Fig. 1 A, B); selbst das Skelett ist bei den Variationen beteiligt, wie daraus hervorgeht, daß die Gesamtzahl der Wirbel zwischen 38 (Botentauben) und 43 (Kropftauben), die Zahl der Sacralwirbel zwischen 11 und 14 schwankt.

Was nun das Vorkommen von Zwischen-

formen und die Konstanz der Unterschiede anlangt, so verhalten sich die einzelnen sogenannten guten Arten ganz verschieden. Bei manchen stark variierenden Arten sind die äußersten Extreme durch vielerlei Übergänge verbunden. In anderen Fällen kann man innerhalb derselben Art scharf umschriebene Formengruppen, die Rassen, unterscheiden. Bei den Rassen vererben sich die charakteristischen Merkmale von Geschlecht zu Geschlecht mit derselben Konstanz wie bei guten Arten. Man kann das an den Menschenrassen und vielen reinkultivierten Haustierrassen beweisen.

Eine kritische Prüfung führt somit zu dem Satz, daß die Morphologie zwar benutzt wird, um die Tiere in Arten und Varietäten zu gruppieren, daß sie uns aber vollkommen im Stich läßt, wenn es gilt, prinzipielle Unterschiede aufzustellen zwischen dem, was man eine Art, und dem, was man eine Varietät zu nennen hat. Dem Systematiker steht daher nur der Ausweg offen, sein praktisches Verfahren zu ergänzen, indem er physiologische Gesichtspunkte zu Hilfe nimmt. Dies hat man denn auch getan und gewisse bei der Fortpflanzung auftretende Unterschiede herangezogen: es sollen die Individuen verschiedener Arten sich nicht untereinander fortpflanzen können, dagegen sollen unter normalen Verhältnissen die Individuen einer und derselben Art, mögen sie auch verschiedenen Varietäten und Rassen angehören, vollkommen fruchtbar sein. Bei der Prüfung dieser beiden Sätze muß man sich vor einem sehr naheliegenden Zirkelschluß hüten: ein solcher Zirkelschluß würde es sein, wenn ein Experimentator zwei Tiere, die er nach ihren sonstigen Verhältnissen verschiedenen Arten zurechnen würde, für Repräsentanten einer Art erklären wollte, nur weil sie sich bei der Kreuzung vollkommen fruchtbar erweisen. Vielmehr muß die Frage lauten: Führt das physiologische Experiment zu denselben systematischen Unterscheidungen, zu denen das gewöhnliche systematische Verfahren, die Abschätzung der Konstanz der unterscheidenden Merkmale und des Grades ihrer Divergenz führt?

Das Gebiet, welches wir hier betreten, ist noch lange nicht genügend experimentell durchgearbeitet; gleichwohl lassen sich schon jetzt einige allgemeine Sätze aufstellen: 1. daß nicht wenige sogenannte gute Arten miteinander gekreuzt werden können; 2. daß die Schwierigkeiten der Kreuzung im allgemeinen wachsen, je geringer die systematische Verwandtschaft der benutzten Arten ist; 3. daß aber diese Schwierigkeiten keineswegs der systematischen Divergenz der Arten vollkommen proportional sind.

Das günstigste Untersuchungsmaterial bilden Tiere, bei denen man die künstliche Befruchtung durchführen kann, denen man Eier und Spermatozoen entnehmen kann, um unabhängig vom Willen der Tiere und von störenden Besonderheiten im Bau des Geschlechtsapparates ihre Vereinigung zu bewirken. So gelingt es, Bastarde von Arten zu erzielen, welche ganz verschiedenen Gattungen angehören, während sehr häufig ganz nahe verwandte Arten sich nicht kreuzen lassen. Unter den Fischen kennt man Bastarde von *Abramis brama* und *Blicca Björkna* und zahlreichen anderen *Weißfischen*, ferner von *Perca fluviatilis* (Barsch) und *Acerina cernua* (Kaulbarsch), von *Trutta salar* (Lachs) und *Trutta fario* (Forelle); unter den Seeigeln befruchten die Spermatozoen von *Paracentrotus lividus* mit großer Leichtigkeit die Eier von *Echinus microtuberculatus*, dagegen nur äußerst selten die Eier des im System näher stehenden *Sphaerechinus granularis*. Auch kommt es vor, daß die Kreuzung in einer Richtung (Männchen von a und Weibchen von b) leicht gelingt, in

Physiologische
Unterschiede.
a) Kreuzung
von Arten
und Varietäten.

der anderen Richtung (Männchen von b und Weibchen von a) vollkommen fehlschlägt, wie z. B. der Samen von *Paracentrotus lividus* wohl die Eier von *Echinus microtuberculatus* befruchtet, nicht aber umgekehrt der Samen von *E. microtuberculatus* die Eier von *P. lividus*. Noch bekannter ist ein zweites, allerdings nicht ganz einwandfreies Beispiel: daß nämlich Lachseier von Forellensamen, dagegen nicht Forelleneier von Lachssamen befruchtet werden. Vorübergehend hat man sogar Bastardierungsmöglichkeit angenommen, wenn man Tiere, welche verschiedenen Familien, Ordnungen, vielleicht selbst Klassen des Tierreiches angehören, zum Experimente wählt. Eier der Schollen (*Pleuronectes platessa*) und Lippfische (*Labrus rupestris*) sollten von Dorschensamen (*Gadus morrhua*), Froscheier (*Rana arvalis*) von Salamandersamen (*Molge alpestris* und *M. taeniatus*), Eier von Seesternen (*Asterias Forbesi*) von Seeigelsamen (*Arbacia pustulosa*) befruchtet werden. Indessen kann man es wohl als sicher annehmen, daß in diesen Fällen keine echte Befruchtung (Verschmelzung von Ei- und Samenkern) eintritt, sondern die Eier durch das Eindringen des artfremden Spermas zu künstlicher Parthenogenese angeregt werden, ähnlich wie es durch manche chemische Stoffe möglich ist (vgl. Kapitel Befruchtung). Auch kommt in diesen extremen Fällen die Entwicklung bald zum Stillstand während der Furchung oder nach Abschluß derselben, ehe es zur Bildung einer Embryonalanlage kommt.

Bei Tieren, welche eine Begattung nötig haben, wachsen die Schwierigkeiten des Experimentierens, da hier häufig zwischen Männchen und Weibchen verschiedener Arten eine Abneigung besteht, welche jede Annäherung vereitelt. Immerhin kennen wir auch auf diesem Gebiete Kreuzungen verschiedener Arten; unter den Säugetieren lassen sich z. B. Pferd und Esel (Maultier, Maulesel), Rind und Zebu, Rind und Wisent, Steinbock und Ziege, Hund und Schakal, Hund und Wolf, Hase und Kaninchen (*Lepus Darvini*) usw., unter den Vögeln verschiedene Finkenarten, weiterhin Birk-, Hasel- und Schneehuhn, Wildente (*Anas boschas*) und Spießente (*Dafila acuta*) sowie viele andere Entenarten, die bei uns einheimische Gans, *Anser domesticus*, und *A. cygnoides* kreuzen, unter den Schmetterlingen *Smerinthus ocellata* und *Sm. populi*, *Zygaena trifolii* und *Z. filipendulae*, *Saturnia pavoniae* sowohl mit *S. pini*, wie *S. pyri*, *Pygaera curtula* sowohl mit *P. pigra* wie *P. anachoreta*. *Saturnia pavoniae* ließ sich sogar mit *Aglia tau*, *Actias luna* und *Actias isabellae* paaren; doch lieferte die Kreuzung Eier, aus denen nur bei Benutzung von *A. isabellae* Räumchen von geringer Lebensenergie ausschlüpfen. Auch bei Kreuzung verwandter Arten herrscht häufig große Unsicherheit der Ergebnisse, welche durch individuelle Unterschiede bedingt ist. Bei manchen Individuen mißlingt die Kreuzung vollständig; bei anderen schlüpfen alle Embryonen oder nur ein Teil aus. Von den ausschlüpfenden Bastarden können viele so schwächlich sein, daß sie nicht zu fressen vermögen und bald absterben. Ähnliche individuelle Unterschiede in der Befruchtungsfähigkeit können bei künstlicher Bastardbefruchtung für die Eier eines und desselben Tieres nachgewiesen werden.

b) Fruchtbarkeit von Bastarden und Blendlingen.

Da manche Kreuzungen, wie Maultier und Maulesel, schon seit Jahrtausenden bekannt sind, wurde das Kriterium gleichsam eine Stufe weiter zurückgeschoben. Wenn die Unfruchtbarkeit sich nicht unmittelbar bei der Kreuzung der Arten äußere, so solle sie sich doch an den Produkten der Kreuzung bemerkbar machen. Wir wollen im folgenden, abweichend von dem herrschenden Brauch, welcher beide Ausdrücke als synonym

behandelt, die Kreuzungsprodukte von Varietäten Blendlinge, die von Arten Bastarde nennen. Es sollen die Blendlinge stets eine normale, vielfach sogar eine gesteigerte Fruchtbarkeit besitzen, dagegen sollen die Bastarde stets unfruchtbar sein. Auch hier handelt es sich jedoch um eine Regel, nicht um ein Gesetz. Die meisten der oben genannten Schmetterlingsbastarde und viele andere Bastarde sind völlig unfruchtbar oder liefern, wie Maultier und Maulesel, nur ausnahmsweise und dann eine äußerst kurzlebige Nachkommenschaft, so daß es unmöglich ist, die Bastardart durch Fortpflanzung zu erhalten. Allein man kennt schon jetzt nicht wenige Ausnahmen, obwohl die Zahl der nach dieser Hinsicht unternommenen Experimente eine sehr geringe ist. Bastarde von Hasen und Kaninchen haben sich Generationen hindurch fruchtbar erhalten; fortpflanzungsfähige Bastarde wurden ferner bei der Kreuzung von *Capra ibex* und *C. hircus*, von *Anser cygnoides* und *Anser domesticus*, von *Salmo salvelinus* und *S. fontinalis*, *Cyprinus carpio* und *Carassius vulgaris*, *Perca fluviatilis* und *Acerina cernua*, *Equus caballus* und *E. przewalski* erzielt. In nicht wenigen Fällen lassen sich die Bastarde mit den Elternarten zurückkreuzen, wie z. B. die weiblichen Bastarde von *Bison americanus* mit *B. priscus* und die von *B. americanus* mit *Bos taurus* mit den Bullen der Stammeltern fortpflanzungsfähige Nachkommenschaft liefern. Unter den so erzielten $\frac{1}{4}$ -Bastarden sind auch die Männchen zeugungsfähig. Somit sehen wir, daß es zwischen Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit der Bastarde graduelle Unterschiede gibt, eine Erkenntnis, die durch die mikroskopische Untersuchung des Samens noch weitere Bestätigung erfahren hat. In sehr vielen Fällen hat sich die Unfruchtbarkeit der Bastarde darauf zurückführen lassen, daß in der Samenflüssigkeit keine Spermatozoen vorhanden sind. Mikroskopische Untersuchung des Hodens hat dann weiter ergeben, daß je nach den einzelnen Bastarden die Reifung des Hodens auf einem früheren oder späteren Stadium zum Stillstand kommt.

Auch der zweite, oben aufgestellte Satz, daß Individuen einer Art, sofern sie gesund sind, sich stets miteinander fortpflanzen können, bedarf der Einschränkung. Darwin hat aus der Pflanzenwelt nicht wenige Fälle zusammengestellt, in denen Angehörige derselben Art, so gewisse Formen von Primeln und anderer di- und trimorpher Arten, unter gewissen Bedingungen miteinander unfruchtbar sind. Auch Unfruchtbarkeit von Blendlingen wurde festgestellt (bei gewissen Varietäten von Mais und Königskerze). Eine wichtige Rolle für die Entscheidung der uns beschäftigenden Frage spielt die Inzuchtlehre, die Lehre der Tierzüchter, daß die Fortpflanzungsfähigkeit der Tiere sich bis zu völliger Unfruchtbarkeit vermindert, wenn man zur Zucht fortgesetzt Abkömmlinge desselben Elternpaares benutzt. Die methodischen Züchtungen von Tieren haben zu einander widersprechenden Resultaten geführt. Bei Mäusezuchten stellten sich sehr bald schädigende Wirkungen heraus; dagegen ließen sich Ratten in sehr großen Zahlen jahrelang ohne irgendwelche Nachteile züchten. Man muß daher mit der Möglichkeit rechnen, daß nicht die Inzucht als solche schädigend wirkt, sondern der Umstand, daß etwaige in einem engeren Verwandtschaftskreis vorhandene Krankheitsanlagen durch fortgesetzte Inzucht eine gefährliche Steigerung erfahren können. Immerhin ist es auffallend, welche verwickelten Einrichtungen im Tier- und Pflanzenreich von der Natur getroffen sind, um Selbstbefruchtung zu verhüten. So sind denn in der Neuzeit Theorien aufgestellt und Versuche eingeleitet worden zum Beweis, daß bei der Inzucht Serumeinflüsse zur

Geltung kommen, welche schädigend, vielleicht sogar geradezu vergiftend wirken.

Wenn wir das Bekannte überblicken, so scheint die dauernde Fruchtbarkeit bei der geschlechtlichen Fortpflanzung von einer nicht allzubedeutenden Differenz in den Geschlechtsprodukten garantiert zu werden; allzugroße Ähnlichkeit, wie sie bei Inzucht vorhanden sein muß, und allzugroße Unterschiede, wie bei der Bastardierung verschiedener Arten, sind schädlich und werden von der Natur vermieden. Die geschlechtliche Fortpflanzungsfähigkeit besitzt ein Optimum, von dem aus man nach zwei Seiten eine Abnahme verfolgen kann, eine Abnahme, welche bei Steigerung der Unterschiede der Eltern immer deutlicher wird und dahin führt, daß eine dauernd lebensfähige Nachkommenschaft nicht mehr erzielt wird. Damit wäre aber schon gesagt, daß hier graduelle und keine prinzipiellen Differenzen vorliegen, und daß demnach auch dieses Merkmal für eine prinzipielle Unterscheidung von Art und Varietät nicht benutzt werden kann.

In der Neuzeit hatte es den Anschein, als ob Arten und Varietäten sich in der Weise, in welcher die elterlichen Eigenschaften sich auf die Nachkommen vererben, voneinander unterscheiden, insofern die Mendelschen Vererbungsgesetze nur für Blendlinge, nicht für Bastarde gelten sollten. Indessen scheint es sich auch hier nur um graduelle Unterschiede zu handeln. Das Nähere hierüber ist in dem Kapitel über Vererbung nachzusehen.

Umbildung
der Varietäten zu
Arten.

Das Endresultat aller dieser Ausführungen läßt sich in den Satz zusammenfassen, daß es bis jetzt weder auf physiologischem, noch auf morphologischem Wege geglückt ist, in klarer und allgemein gültiger Weise die Kriterien festzustellen, welche bei der Entscheidung, ob gewisse Formenkreise für gute Arten oder für Varietäten einer Art zu halten sind, den Systematiker leiten müssen. Vielmehr werden die Zoologen in der Praxis von einem gewissen systematischen Takt bestimmt, welcher sie aber in schwierigen Fällen im Stiche läßt, so daß dann die Ansichten der einzelnen Forscher auseinandergehen.

Die erörterten Verhältnisse finden ihre natürliche Erklärung durch die Annahme, daß scharfe Unterschiede zwischen Art und Varietät überhaupt nicht existieren, daß die Arten konstant gewordene Varietäten und die Varietäten in Bildung begriffene Arten sind. Wir wollen das Gesagte durch Erläuterung an einem Beispiel klar machen. Individuen einer Art beginnen zu variieren, d. h. sie gewinnen, von einem zum anderen verglichen, eine größere oder geringere Verschiedenheit ihrer Charaktere. Solange die Unterschiede unauffällig sind oder wir den Eindruck gewinnen, daß erhebliche Unterschiede zwar vorhanden sind, aber durch Übergänge vermittelt werden, oder wenn wir sogar wissen oder guten Grund zu der Ansicht haben, daß die verschiedenen Formen Abkömmlinge derselben Vorfahren sind, sprechen wir von Varietäten einer Art. Treffen diese Voraussetzungen nicht zu, haben sich im Laufe langer Zeiträume die Unterschiede befestigt und so sehr verschärft, daß eine geschlechtliche Vermischung der extremen Formen entweder völlige Unfruchtbarkeit oder wenigstens eine Hinneigung zur Unfruchtbarkeit ergibt, so sprechen wir von verschiedenen Arten.

Für diese Annahme, daß Varietäten bei längerem Bestande zu Arten werden können, spricht auch die große Übereinstimmung, welche zwischen beiden in der Häufigkeit ihres Auftretens besteht. Bei Gattungen, welche auffallend viele Arten enthalten, zeigen die Arten auch meistens viele

Rassen und Varietäten; die Arten sind dann meist zu Untergattungen gruppiert, d. h. sie sind einander in ungleichem Maße verwandt. Das gleiche ist dann auch bei den Varietäten der Fall. Alles das wird durch die Annahme verständlich, daß in solchen Gattungen die Artbildung in lebhaftem Fluß ist, weil innerhalb der Arten ein hohes Maß von Variabilität herrscht.

In der Beurteilung des Verhältnisses, in welchem Varietät und Art zueinander stehen, stimmt Darwin mit seinen Vorgängern, besonders Lamarck überein; er unterscheidet sich von ihnen durch die streng empirische Methode, mit welcher er seine Auffassungen auf Grund eines enormen, teils selbst beobachteten, teils aus der Literatur gesammelten Materials entwickelt. Vor allem aber unterscheidet sich die Theorie von früheren ähnlichen Theorien durch ihre „kausale Begründung“, durch die Lehre von den die Umbildung der Arten veranlassenden Ursachen. Hierbei stellte Darwin seine epochemachende Theorie „von der natürlichen Zuchtwahl vermittelt des Kampfes ums Dasein“, die „Selektionstheorie“, auf, welche das Besondere des Darwinismus ausmacht und ihn vornehmlich vom Lamarckismus unterscheidet.

Bei der Entwicklung dieser Lehre ging Darwin von dem eng begrenzten und daher leichter übersehbaren Gebiet der Domestikation, der Züchtung unserer Haustierrassen aus. Unsere Haustierrassen, mögen sie Abkömmlinge einer Art sein oder durch Kreuzung von zwei oder mehr Arten entstanden sein, worüber die Forscher nicht immer derselben Ansicht sind, werden allgemein als Vertreter einer einheitlichen Art angesehen. Wie sind nun die zahlreichen Rassen und Unterrassen der Tauben, Pferde, Rinder, Hunde usw. entstanden? Darwin findet die Ursachen der hier herrschenden ungeheuren Verschiedenartigkeit in der „künstlichen Zuchtwahl“, welche seit Jahrtausenden vom Menschen, anfänglich vielleicht unbewußt, allmählich aber immer planmäßiger ausgeübt wurde, bis sie die Vollkommenheit erreichte, welche es jetzt geübten Züchtern ermöglicht, innerhalb relativ kurzer Zeit (oft nur weniger Jahre) Varietäten mit bestimmten gewünschten Merkmalen zu erzielen. Das Verfahren, welches der Züchter hierbei anwendet, ist nach Darwin folgendes: er wählt aus seinem Tierbestand geeignete Formen, d. h. Tiere, welche, wenn auch in geringfügiger Weise, dem angestrebten Ideal näher kommen als die übrigen, zur Nachzucht heraus und bringt sie untereinander zur Paarung. Durch häufige planmäßige Wiederholung dieser Auslese, indem er viele Generationen hindurch immer wieder Individuen von ungeeigneter Variationstendenz von der Nachzucht ausschließt, erreicht er eine langsame, aber stetige Annäherung an sein Ziel.

Bei der „künstlichen Züchtung“ kommen drei Momente in Betracht: 1. die Variabilität; die Nachkommenschaft eines Elternpaares hat die Fähigkeit, neue Charaktere zu entwickeln und sich dadurch vom Aussehen der Eltern zu entfernen; 2. die Erbllichkeit neu auftretender Charaktere; die neu entstandenen Charaktere können von der Tochtergeneration auf die Enkelgeneration übertragen werden; 3. die künstliche Zuchtwahl (Selektion); der Mensch sucht sich zur Züchtung geeignete Individuen aus und verhindert auf diese Weise, daß ein durch Variation entstandener neuer Charakter durch Kreuzung mit Tieren von entgegengesetzter Variationstendenz wieder verschwindet.

Vergleichen wir mit den Befunden der Domestikation die Verhältnisse der im Naturzustand lebenden Tiere, so finden sich als wirksame.

Kausale Begründung der Deszendenztheorie.

Künstliche Zuchtwahl.

Natürliche Zuchtwahl.

allen Organismen innewohnende Kräfte Variabilität und Erbllichkeit ebenfalls wieder, wenn auch erstere nicht überall in gleicher Intensität. Viele Arten gibt es, die gar nicht oder unbedeutend variieren und sich daher durch Jahrtausende unverändert erhalten haben. Diesen konservativen Arten stehen aber in jeder Gruppe progressive Arten gegenüber, lebensvolle Arten, welche in einem regen Umbildungsprozeß begriffen und daher allein für das Auftreten neuer Arten von Bedeutung sind. — Da auch die Vererbungsfähigkeit allen Organismen zukommt, so fehlt uns nur ein der künstlichen Zuchtwahl entsprechender Faktor, und diesen erblickt Darwin in der „natürlichen Zuchtwahl“ (natural selection).

Die natürliche Zuchtwahl findet ihre Angriffspunkte in der enormen Zahl von Keimen, welche ein jedes Tier hervorbringt. Es gibt Tiere, z. B. die meisten Fische, welche viele Tausende von junger Brut im Laufe ihres Lebens erzeugen, von Parasiten gar nicht zu reden, bei welchen die Eier nach vielen Millionen zählen. Für die Entwicklung dieser Menge von Keimen hat die Erde keinen Platz. Um das Gleichgewicht im Haushalt der Natur aufrecht zu erhalten, müssen große Mengen von unbefruchteten und befruchteten Eiern, ferner von jungen und erwachsenen, aber noch nicht zum physiologischen Lebensende gelangten Tieren zugrunde gehen. Viele Existenzen werden unzweifelhaft durch rein zufällige Einflüsse vernichtet werden. Im großen und ganzen werden jedoch am meisten den drohenden Gefahren diejenigen Individuen entgehen, welche am besten geschützt sind. Geringe Vorteile im Bau können bei diesem Ringen um die Existenz von Wichtigkeit werden und den Trägern derselben vor ihren Artgenossen einen Vorzug gewähren, ebenso wie bei der Domestikation jedes dem Menschen gefallende oder nützlich dünkende Merkmal einer Haustierart dieser zum Vorteil gereicht. Unter den vielerlei zufällig auftretenden Varietäten werden die passenden erhalten werden und im Laufe vieler Generationen durch Summation sich steigern, während die ungeeigneten Varietäten der Vernichtung anheimfallen. So werden sich neue Formen bilden, welche der „natürlichen Auslese im Kampf ums Dasein“ ihre Existenz verdanken.

Der Ausdruck „Kampf ums Dasein“ ist ein bildlicher; denn nur in seltenen Fällen wird ein aktiver bewußter Kampf über die Existenzansichten einer Tierart entscheiden, wie z. B. bei den Raubtieren, wo diejenigen, welche ihren Mitbewerbern vermöge ihrer Körperstärke die Beute streitig machen können, bei beschränkter Nahrung am besten gedeihen werden. Viel häufiger ist das unbewußte Kämpfen. Die Beutetiere, welche durch besondere List oder Schnelligkeit ihren Verfolgern entgehen, sind die Ursache, daß die Freßgier der Feinde sich auf ihre minder begünstigten Artgenossen konzentriert. Jeder einzelne Mensch, welcher sich durch besondere Intelligenz und Tatkraft eine günstigere Stellung erringt, beschränkt in gleichem Maße seinen Mitmenschen die Lebensbedingungen, mag er sich noch so sehr der Humanität befleißigen. Das gleiche gilt von den verschiedenen Gesellschaftsgruppen der Menschen, wie sie in Ständen, Staaten, Nationen und Rassen gegeben sind, bei denen neben dem gewalttätigen Kampf die friedliche Konkurrenz eine ebenfalls wichtige Rolle spielt. Hierbei kann die Auslese ganz verschieden, ja sogar in entgegengesetztem Sinne ausfallen, je nachdem wir die Wirkungsweise eines Faktors in bezug auf das Fortkommen des einzelnen Menschen, oder das Gedeihen der höheren oder niederen Gesellschaftseinheit ins Auge fassen. Häufig kann nicht einmal von einem Wettbewerb die Rede sein, z. B.

wenn bei einer schweren Epidemie gewisse Menschen der Krankheit nicht zum Opfer fallen, weil ihr Organismus der Infektion widersteht oder die Krankheit besser verträgt. Hier würde sich der Ausdruck „Überleben des Passendsten“, den Spencer für den Ausdruck „Kampf ums Dasein“ vorgeschlagen hat, viel besser eignen.

Obwohl schon die vorgetragenen allgemeinen Betrachtungen genügen, um zu beweisen, daß der Kampf ums Dasein in der organischen Welt eine ganz ungeheurere Rolle spielt, so wollen wir doch bei der Wichtigkeit des Gegenstandes seine Existenz noch an einigen konkreten Beispielen erläutern. Die im 18. Jahrhundert aus Asien eingedrungene Wanderratte (*Mus decumanus*) hat im Lauf der seitdem verflossenen Zeiten die in

Europa einheimische Hausratte (*Mus rattus*) fast vollkommen vernichtet und fährt fort, ihr in anderen Weltteilen ebenfalls die Existenz unmöglich zu machen. Einige europäische Distelarten haben sich in den La-Plata-Staaten so enorm vermehrt, daß sie stellenweise die einheimischen Pflanzen vollkommen verdrängt haben. Eine andere europäische Pflanze (*Hypochoeris radicata*) ist in Neu-Seeland zu einem alles überwuchernden Unkraut geworden. Gewisse Menschenrassen, wie *Dravidas* und *Indianer*, sterben in demselben Maße aus, als andere Menschenrassen, wie *Kaukasier*, *Mongolen* und *Neger*, sich ausbreiten. Je mehr man in der erläuterten Weise in das unendlich komplizierte, beständig wechselnde Gewebe der Beziehungen der Tiere zueinander, der Tiere zu den Pflanzen und den klimatischen Verhältnissen einzudringen versucht, wie es Darwin getan hat,

um so mehr wird man die Wirkungsweise des Kampfes ums Dasein würdigen lernen. Dann wird man auf viele äußerst interessante Erscheinungen aufmerksam, welche durch die Lehre vom Kampf ums Dasein ihre Erklärung finden, während sie sonst unverständlich sein würden, von denen hier nur einige wenige hervorgehoben werden mögen. — Inseln, welche mitten im Ozean gelegen sind, besitzen unverhältnismäßig viele ungeflügelte Insektenarten, weil geflügelte Formen vom Sturm leicht ins Meer verweht werden. Auf den vom Sturm besonders heimgesuchten Kerguelen z. B. sind sämtliche einheimische *Insekten* flügellos, darunter eine Schmetter-



Fig. 2. Blattschmetterlinge. A *Callima paralecta*, fliegend, a sitzend (nach Wallace). B *Siderone strigosa*, fliegend, b-sitzend (nach C. Sterne).

lingsart, mehrere *Fliegen*, zahlreiche *Käfer*. Am interessantesten aber sind die Fälle von sympathischer Färbung und von Mimicry und die Entwicklung der Geschlechtscharaktere unter dem Einfluß der sexuellen Zuchtwahl, Erscheinungen, über deren Beweiskraft die Ansichten allerdings, besonders in der Neuzeit, weit auseinandergehen.

Sym-
pathische
Färbung.

1. Sympathische Färbung nennt man die Erscheinung, daß sehr häufig in Gegenden, welche dauernd oder längere Zeit über eine einheitliche Färbung haben, das Kleid der Tiere durch die gleiche oder mindestens eine sehr ähnliche Färbung ausgezeichnet ist. Bewohner der Schneeregion sind weiß gefärbt; Wüstentiere haben die fahlgelbe Farbe der Wüste; Tiere, welche im oberflächlichen klaren Seewasser leben, sind kristallartig durch-

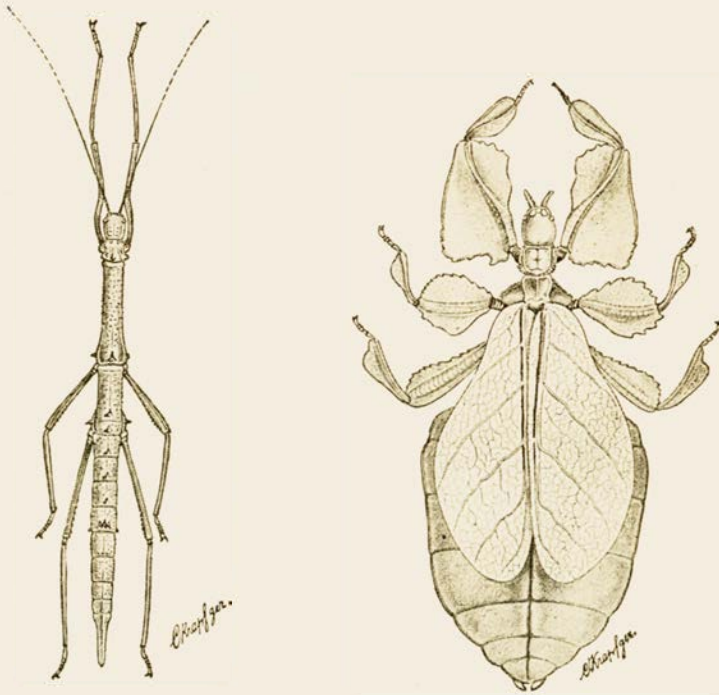


Fig. 3. Heuschrecken-Mimicry.

a) *Acanthoderus wallacei* ♂.

b) *Phyllium scythe* ♀.

sichtig. Angehörige der verschiedensten Tierstämme zeigen die gleiche Erscheinung. Die Vorteile, die damit verbunden sind, bedürfen kaum der Erläuterung; jedes Tier, mag es Ursache haben, sich vor seinen Verfolgern zu verbergen, oder darauf angewiesen sein, sich seiner Beute unbemerkt zu nähern, wird hierzu um so befähigter sein, je mehr es seiner Umgebung gleicht. Jeden derartigen Vorteil wird die natürliche Auslese festhalten und im Laufe vieler Generationen steigern.

Mimicry.

2. Auf dasselbe Prinzip ist die „Mimicry“ zurückzuführen, nur daß die Nachahmung sich hier nicht auf die Farbe beschränkt, sondern auch Gestalt und Zeichnung beeinflusst. Außerordentlich häufig werden Pflanzenteile nachgeahmt, seien es Blätter, seien es Stengel. Gewisse Tag-schmetterlinge mit prächtig gefärbten Flügeloberseiten (Fig. 2) entziehen

sich während des Fluges durch ihre Schnelligkeit ihren Verfolgern; wenn sie sich zur Ruhe niederlassen, werden sie durch ihre große Ähnlichkeit mit den Blättern der Pflanze, welche sie vornehmlich umschwärmen, geschützt. Indem die Flügel aufwärts geklappt werden, kommt die dunkle Färbung der Unterseiten zur Geltung und verdeckt die Farbenpracht der Oberseiten. Die Teile werden so aneinandergesetzt, daß das Ganze Blattform ergibt und gewisse Zeichnungen zur Nachahmung der Blattnervatur zusammenstimmen. Unter den zahlreichen Arten der Blattschmetterlinge gibt es verschiedene Grade der Vervollkommnung; bei manchen sind sogar die Schäden des Insektenfraßes nachgeahmt; bei anderen ist Form und Zeichnung der Flügel noch unvollkommen blattähnlich, die Zeichnung gleichsam erst im Werden. Auch unter den Heuschrecken gibt es Blattnachahmer, so die „wandlenden Blätter“, *Phyllium siccifolium*, *Ph. scythe*,

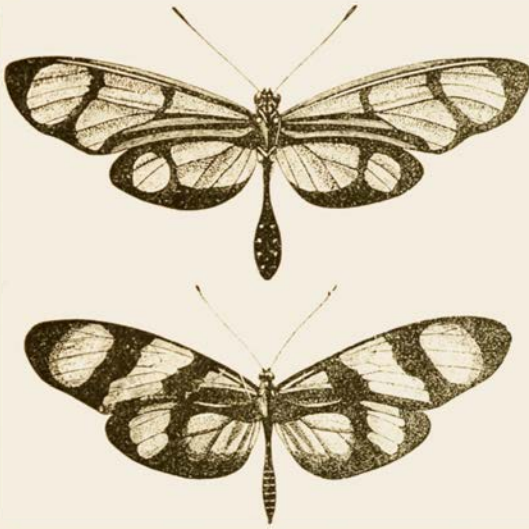


Fig. 4. *Methone psidii*, eine übel-schmeckende *Heliconide*, kopiert von der *Pieride* *Leptalis orise* (nach Wallace).

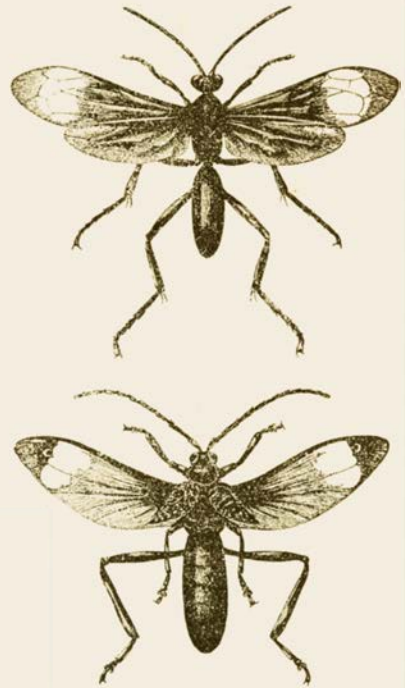


Fig. 5. *Mygimnia aviculus*, eine Wespe, nachgeahmt von einem Käfer *Coloborhombus fasciatus pennis* (nach Wallace). $\frac{3}{4}$ Gr.

Fig. 5.

während andere, derselben Familie angehörige Formen mehr oder minder vollkommen das Äußere dürrer, ab und zu auch dorniger Äste angenommen haben (Fig. 3a und b).

Sehr häufig werden Insekten von anderen Insekten kopiert. Gewisse Schmetterlinge, in Amerika die *Heliconier*, in der Alten Welt die *Danaiden*, fliegen in großen Schwärmen schwerfällig und trotzdem von Vögeln unbehelligt, weil sie einen übel schmeckenden Fettkörper enthalten. Zwischen sie mengen sich andere Schmetterlingsarten, *Pieriden*, welche nicht schlecht schmecken und doch nicht gefressen werden, weil sie im Fluge, im Schnitt und in der Zeichnung der Flügel die *Heliconier* so trefflich nachahmen, daß selbst ein Systematiker leicht über ihre systematische Stellung getäuscht werden kann (Fig. 4). Bei manchen Arten äußert sich die Mimicry nur

bei den Weibchen, weil diese an Zahl geringer und vermöge ihres schweren Baues der Verfolgung mehr ausgesetzt sind als die Männchen. So entsteht ein geschlechtlicher Dimorphismus. Nach der Mimicry-Lehre sollen auch die wegen ihres Stachels gefürchteten Bienen und Wespen von anderen Insekten nachgeahmt werden. In Borneo lebt eine große schwarze Wespe, deren Flügel einen breiten weißen Fleck in der Nähe der Spitze haben (*Mygnumia aviculus*); ihr Nachäffer ist ein heteromerer Käfer (*Coloborhombus fasciatipennis*), der ganz der Gewohnheit der Käfer entgegen seine Hinterflügel ausgebreitet hält und ihren weißen Fleck an der Spitze zeigt, während die Deckflügel zu kleinen ovalen Schuppen geworden sind (Fig. 5).

Die Mimicry-Lehre, sofern sie sich auf die Nachahmung anderer Tierarten bezieht, geht von der Voraussetzung aus, daß die als Vorbild dienenden Arten in der Tat durch gewisse Eigenschaften vor Verfolgung geschützt sind. Gegen diese Voraussetzung wenden sich in der Neuzeit Untersuchungen, welche den Beweis erbringen sollen, daß die nachgeahmten Formen nicht selten von den Verfolgern stärker dezimiert werden als die Nachahmer. Sollten sich diese Angaben durch ausgedehnte Untersuchungen bestätigen lassen, so wäre allerdings das Fundament der Mimicry-Lehre schwer erschüttert. Ein anderer neuerdings gegen die Darwinsche Lehre geltend gemachter Einwand gibt die schützende Wirkung der sympathischen Färbung und der Mimicry zu, stellt aber in Abrede, daß sie durch Selektion entstanden sei. Er geht davon aus, daß überraschende Ähnlichkeit zwischen Körpern ganz verschiedener Herkunft in der Natur eine sehr verbreitete Erscheinung sei, die uns nur da als etwas Besonderes auffalle, wo sie die Bedeutung einer Schutzwirkung gewänne. Das gelbliche Kolorit der Wüste, die weiße Farbe des Schnees z. B. kämen sehr häufig bei Tieren vor. Es sei begreiflich, daß derartige, durch zufällige, anderweitige Momente entstandene Färbungen und Zeichnungen von den betreffenden Tieren ausgenutzt würden. Bei Insekten sei das Eintreten gleichartiger Zeichnungen um so mehr begünstigt, als die Zeichnung sich hier ohnehin in bestimmten Bahnen entwickle. Es ist sehr zu bezweifeln, ob die zur Nachahmung verwendbaren Zeichnungen und Färbungen in der Natur häufig genug sind, um diese Erklärung zuzulassen.

Geschlechtliche
Zuchtwahl.

3. Unter geschlechtlicher Zuchtwahl verstehen wir einen besonderen Unterfall der natürlichen Zuchtwahl, welcher vorwiegend bei Vögeln und Huftieren beobachtet wird. Zur Befriedigung seiner Lust sucht hier das Männchen seine Konkurrenten aus dem Felde zu schlagen, entweder im Kampf oder indem es die Weibchen durch besondere Vorzüge an sich fesselt. Mit kräftigen Flügeln und Schnäbeln und den Sporen des Laufknochens suchen die Hähne sich den Besitz ihrer Herde zu sichern, die Hirsche mittels ihres Geweihes, die Stiere durch ihre Hörner. Durch prächtige Färbung gewinnen die Paradiesvögel, durch Gesang die meisten Singvögel, durch eigentümliche Liebestänze manche Hühnerarten die Geneigtheit des Weibchens. Da alle diese Merkmale vorwiegend dem Männchen zukommen und nur ausnahmsweise und dann minder ausgeprägt auch auf das Weibchen übertragen werden, liegt es nahe, anzunehmen, daß sie beim Männchen durch den Kampf um das Weibchen großgezogen wurden. Bei den Vögeln wird allerdings noch ein zweites Moment mitgewirkt haben, um den enormen Unterschied in der Befiederung, wie er z. B. bei den Paradiesvögeln besteht, auszuprägen. Für das nistende Weibchen werden unscheinbare Farbe und schlichtes anliegendes Federkleid notwendig sein, damit es ungestört von Feinden dem Brutgeschäft obliegen kann.

Seit ihrer Begründung durch Darwin ist die Selektionslehre ein Gegenstand lebhaftesten Streites gewesen; sie hat ebenso begeisterte Bewunderer, wie erbitterte Gegner gefunden. Von den gegen sie erhobenen Einwänden können hier nur einige wenige Berücksichtigung finden. Soll eine Eigenschaft ein Objekt natürlicher Auslese sein, so muß sie dem Organismus irgendwelche Vorteile vor anderen Organismen verleihen. Diese Nützlichkeit sei für viele Eigenschaften nicht nachgewiesen, namentlich nicht für die meisten Merkmale, welche zur systematischen Unterscheidung von Gattungen, Arten und Varietäten benutzt werden. Aber auch in den Fällen, in welchen sich die Nützlichkeit des Merkmals erweisen läßt, ergeben sich Schwierigkeiten. Um „Selektionswert“ zu besitzen, d. h. dem Träger des Merkmals Vorteile im Kampf ums Dasein zu verschaffen, müsse jede Eigenschaft schon einen hohen Grad der Vervollkommnung erreicht haben. Da nun die zufälligen Variationen, mit denen der Darwinismus operiere, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ganz geringfügiger Natur seien, müsse, bevor das Merkmal Selektionswert gewänne, ein längerer Zeitraum verstreichen, in welchem die natürliche Auslese keinen bestimmenden Einfluß ausüben könne. Das Gesagte gelte noch in erhöhtem Maße für die Fälle, in denen Abänderung eines Organs nicht genüge, um Nutzen zu stiften, sondern ein harmonisches Ineinandergreifen von Veränderungen mehrerer Organe, eine „Koadaptation der Teile“ (H. Spencer) vorausgehen müsse. Damit z. B. die Flügel der Vögel zum Flug verwandt werden können, müßten nicht nur die Federn eine bestimmte Größe und Anordnung erreicht haben; es müßten auch die stützenden Skelettstücke, die bewegenden Muskeln, die hinzutretenden Nerven usw. eine bestimmte Ausbildung und Anordnung besitzen. Schwierigkeiten erwachsen der Selektionstheorie auch daraus, daß die meisten Tiere bilateral oder radial symmetrisch, viele außerdem gegliedert sind. Damit hängt es zusammen, daß dieselben Organe in Zwei- oder Mehrzahl auftreten. Linke und rechte Organe eines Tieres haben meist denselben Bau. Häufig gilt dieser Satz auch von den sich segmental wiederholenden Organen. Man müsse daher annehmen, daß etwaige zufällige Abänderungen dieser Organe an zwei oder mehr Stellen gleichzeitig zustande gekommen seien. Schließlich sei noch des Einwandes gedacht, daß die Wirkungsweise der natürlichen Auslese unter gewöhnlichen Verhältnissen durch die unbehinderte Kreuzung mit Individuen entgegengesetzter Variationstendenz aufgehoben werden müsse. Um dies zu verhindern, pflegt ja der Züchter seine Rassen von Hühnern, Tauben und anderen Haustieren getrennt aufzuziehen.

Einwände
gegen die
Selektions-
lehre.

Die bedeutsamsten Fortschritte jedoch, welche rücksichtlich der Lehre von der Umbildung der Arten seit Darwin erzielt worden sind, verdanken wir weniger den vielen theoretischen Erörterungen, von denen hier einige erwähnt wurden, als vielmehr einer Reihe exakter Untersuchungen mittels des Experiments. Dieselben beziehen sich, abgesehen von einigen zunächst noch nicht entscheidenden Arbeiten, leider nicht auf die Wirkung der Zuchtwahl selbst. Dagegen hat die Lehre von der Variabilität viele Untersuchungen veranlaßt, welche wegen ihrer Bedeutsamkeit hier ausführliche Besprechung verlangen.

Darwin hat schon in seinem Hauptwerk, wenn auch in wenig methodischer Weise, den Versuch gemacht, verschiedene Formen der Variabilität zu unterscheiden; vor allem unterschied er erbliche und nicht erbliche Varietäten; letztere seien selbstverständlich für die Abstammungslehre von keinerlei Bedeutung; sie werden „definite Varia-

Formen der
Variabilität.

tions“ genannt, weil sie an allen Individuen einer Art auftreten, wenn diese unter besondere, im übrigen gleichartige Lebensbedingungen (veränderte Temperatur, Ernährung usw.) verbracht werden. Für sie wurde in der Neuzeit die Bezeichnung „Modifikation“ eingeführt; sie wurden am genauesten von Botanikern (Naegeli, Bonnier, Klebs, Baur) studiert. Das bekannteste Beispiel sind die Alpenpflanzen, welche, wenn sie in das Flachland versetzt werden, nicht nur in ihren Nachkommen, sondern sogar in den neu heranwachsenden Teilen der Mutterpflanze ihren Charakter verändern, ebenso rasch aber wieder zu ihrem ursprünglichen Habitus zurückkehren, wenn sie in das Hochgebirge zurückgebracht werden (Ernährungsmodifikationen Naegelis). Diesen nicht erblichen Variationen stellte Darwin die „individual Variations“ gegenüber, Veränderungen, welche ohne nachweisbare Ursache an einzelnen Individuen auftreten und auf die Nachkommenschaft vererbt werden. Unter ihnen hebt Darwin als eine besondere Gruppe die „single variations“ hervor (die sprungweisen Variationen neuerer Forscher), welche sich von den unverändert bleibenden Artgenossen durch sehr auffällige, plötzlich und unvermittelt auftretende Merkmale unterscheiden; als Beispiele nennt er unter anderen die hornlosen Rinder und die durch Krümmigkeit an Dachshunde erinnernden „Anconschafe“, beides Formen, welche in normalen Zuchten plötzlich aufgetreten waren und in Reinzucht ihre Beschaffenheit auf ihre Nachkommen vererbten. Darwin maß den „single variations“ gleichwohl für die Neubildung von Arten keine größere Bedeutung bei, weil sie zu selten seien; vielmehr werde das Material für die künstliche und natürliche Auslese durch die geringfügigen, individuellen Variationen gebildet, welche oft innerhalb der Nachkommenschaft eines und desselben Elternpaares auftreten. In der Neuzeit ist man in der exakten Charakteristik der Formen der Variabilität wesentlich über Darwin hinausgelangt und unterscheidet zwei Formen: 1. die fluktuierenden Varietäten, auch Modifikationen oder Paravariationen genannt; 2. die Mutationen oder Idiovariationen. Auf eine dritte Form der Variabilität, die durch Bastardierung hervorgerufen werden kann, kann erst im Anschluß an die Vererbungslehre eingegangen werden.

Quetelet,
Galton,
Pearson.

Das Verdienst, das Wesen der „**fluktuierenden Variabilität**“ klar gekennzeichnet und ihre Bedeutung für die Erbllichkeit kritisch geprüft zu haben, kommt den Begründern der variations-statistischen Methode Quetelet, Galton und Pearson zu. Sie fanden als wichtigstes Merkmal der fluktuierenden Variabilität, daß die Varianten sich zu einer kontinuierlichen Reihe anordnen lassen, welche extreme Formen untereinander verbindet, daß sich dabei in der Regel — auf die mancherlei Abweichungen kann ich hier nicht eingehen — ein mittlerer Artcharakter nachweisen läßt, welchem die größte Zahl der variablen Individuen angehört, daß von diesem Mittel aus gerechnet die Häufigkeitszahlen der Individuen um so kleiner werden, je mehr ihre Beschaffenheit vom mittleren Artcharakter nach der einen oder anderen Richtung abweicht; am seltensten sind die extremen Formen. Für die fluktuierende Variabilität kann man daher einen kurzen mathematischen Ausdruck durch die Quetelet-Galtonsche Kurve aufstellen, wie das an einem bestimmten Beispiel, der fluktuierenden Variabilität der Größe menschlicher Individuen auseinandergesetzt werden möge. Mißt man innerhalb einer unter gleichen Lebensbedingungen lebenden Bevölkerung, einer „Population“, die erwachsenen Individuen, so findet man, daß Individuen mittlerer Größe am häufigsten sind, daß die Individuen um so seltener werden, je größer oder je kleiner

sie sind (Plus- und Minusvarianten). Man kann nun eine Kurve konstruieren, indem man die verschiedenen Größen als Abszissen, die Häufigkeitszahlen derselben als Ordinaten benutzt. Der Höhepunkt der Kurve ist dann durch die Häufigkeitszahl der Individuen mittlerer Größe gegeben, während die absteigenden Schenkel aus den Häufigkeitszahlen der Plus- und Minusvarianten konstruiert werden. Bei dem Verfahren ist es natürlich notwendig, die Größen der Frauen auf die der Männer umzurechnen, um ein einheitliches Material zu gewinnen.

Galton, Pearson u. a. haben nun die durch die Queteletsche Kurve gegebene Charakteristik benutzt, um die Erblichkeit bei fluktuierender Variabilität genauer zu untersuchen und so festzustellen, ob es möglich ist, Abweichungen vom mittleren Artcharakter durch Auslese zu erzielen, wenn man einerseits Plus-, andererseits Minusvarianten zur Nachzucht verwendet. Für den Menschen, bei welchem ein methodisches Zuchtverfahren selbstverständlich ausgeschlossen ist, benutzte Galton ein riesiges Material, welches er sich für eine „Population“ durch statistische Erhebungen über Familienstambäume verschafft hatte. Es wurde die Variabilitätskurve der Population mit den Variabilitätskurven, welche die Nachkommenschaften ausgesprochener Plus- und Minusvarianten ergaben, verglichen. Dabei stellte sich ein teilweiser Rückschlag heraus, d. h. die Mittelwerte, welche sich für die Nachkommenschaften der Plus- und Minusvarianten ergaben, näherten sich dem Mittelwert der Population; ein großes Elternpaar hat zwar, wie das dem Laien selbstverständlich erscheint, größere Kinder als ein kleines Elternpaar; aber die mittlere Größe der Kinder bleibt erheblich hinter der Größe der Eltern zurück, während bei einem kleineren Elternpaar die Kinder im Durchschnitt größer sind als ihre Eltern. Da aber der Rückschlag zum Mittelwert der Population kein vollkommener war, hielt Galton es für erwiesen, daß durch methodisch fortgesetzte Auslese von Plus- und Minusvarianten man dauernde Abweichungen vom mittleren Artcharakter erzielen könne.

Erblichkeit
in Populationen.

Eine weitere Vertiefung erfuhren unsere Kenntnisse vom Wesen der fluktuierenden Variabilität durch Johannsen, welcher die „Kultur in reinen Linien“ einführte und dabei zu wesentlich anderen Resultaten gelangte als Galton. Johannsen benutzte zu seinen Untersuchungen vor allem Bohnen, d. h. hermaphrodite, sich selbst befruchtende Pflanzen. Er bestimmte für die Nachkommenschaft einer einzigen Mutterbohne die Variabilitätskurve rücksichtlich der Bohnengröße. Aus deren Nachkommenschaft wählte er wiederum einzelne Bohnen, Plus- und Minusvarianten, zur getrennten Aufzucht aus und bestimmte für jede einzelne Kultur die Queteletsche Kurve; er setzte dieses Verfahren mehrere Generationen lang fort. Das Resultat war immer das gleiche: die Nachkommen von Minusvarianten ergaben dieselbe Variabilitätskurve und dieselben Mittelwerte wie die Plusvarianten, nämlich die Kurve und den Mittelwert, welchen die Ausgangskultur geliefert hatte. Bei Benutzung reiner Linien ist somit der Rückschlag ein vollkommener, demgemäß auch die Selektion in solchen Fällen vollkommen machtlos. Die Plus- und Minusvarianten innerhalb einer reinen Linie „eines Klons“, sind nicht erbliche Abänderungen, sondern Abänderungen, welche offenbar durch Verschiedenheit der in der Mutterpflanze herrschenden Ernährungsbedingungen veranlaßt sind; es sind „Ernährungsmodifikationen“ (Paravariationen), welche nur in der äußeren Erscheinung zum Ausdruck kommen — daher der Name „Phänotypen“ für derartige Modifikationen —, die Träger der Erblichkeit dagegen nicht verändert haben. Erblich sind aber nur die Merk-

Erblichkeit
in reinen
Linien.

male, welche auf einer Veränderung der Erbllichkeitsträger, der Geschlechtszellen, beruhen, die „**Genotypen**“. Dieser Genotypus ist bei Plus- und Minusvarianten eines „Klons“ der gleiche, der Charakter, welcher von der Ausgangsbohne übermittelt wurde und im Mittelwert der ersten Kurve gegeben ist; er erhält sich allen Selektionsversuchen gegenüber unveränderlich.

Kann man nun, wie Johannsen und seine Nachfolger aus diesen vielfach bestätigten Resultaten geschlossen haben, behaupten, daß Darwin im Unrecht ist, wenn er in der fluktuierenden Variabilität die Angriffspunkte für die Zuchtwahl erblickt? Ich halte diesen Schluß für unberechtigt mit Rücksicht auf die auch von Johannsen bestätigten, von Galton an Populationen gewonnenen positiven Resultate. Diese werden nach dem Vorgang Johannsens allgemein durch die Annahme erklärt, daß eine Population ein buntes Gemisch von zweierlei Varianten ist, daß außer der phaenotypischen innerhalb einer reinen Linie herrschenden Variabilität auch genotypische, also erbliche Unterschiede (Idiovariationen) vorkommen, welche das in reinen Linien gewonnene Resultat modifizieren. Derselbe Charakter, in unseren Beispielen außergewöhnliche Größe oder Kleinheit der Individuen, kann somit in verschiedener Weise bedingt sein, einmal durch Verschiedenheit der die Individuen einer reinen Linie modifizierenden Einflüsse, zweitens durch Verschiedenheit der Erbanlagen. Daß manche genotypische Merkmale sich zu einer Queteletschen Kurve anordnen lassen, hat auch die Mendelsche Vererbungslehre bewiesen, indem sie uns mit den polymeren, d. h. durch mehrere Erbfaktoren bedingten Charakteren (z. B. Ohrenlänge des Kaninchens) bekannt machte. Demgemäß muß man phaenotypische, durch die in reinen Linien herrschende Variabilität bestimmte, und genotypische fluktuierende Varietäten unterscheiden. Es ist das große Verdienst der neueren Variabilitätsforschung, diese Unterschiede ermittelt und damit der Darwinschen Unterscheidung erblicher und nicht erblicher Varietäten eine schärfere Fassung gegeben zu haben.

Mutations-
theorie.

Zu den großen Fortschritten, welche auf dem Gebiete der Variabilitätslehre durch die variations-statistischen Methoden erzielt worden sind, gesellt sich der Fortschritt, welchen wir der von de Vries entwickelten **Mutationstheorie** verdanken. De Vries wurde zu derselben durch Massenkultur der Nachtkerze *Oenothera Lamarckiana* geführt, bei der er außer Pflanzen vom Lamarckiana-Typus eine nicht unbeträchtliche Minderheit von Formen erhielt, welche sich in ganz auffallender Weise von der Mutterpflanze unterschieden und sich zu mehreren scharf umschriebenen Formenkreisen gruppieren ließen, die er *Oe. gigas*, *Oe. nanella*, *Oe. rubrinervis* usw. nannte. Diese Formenkreise verhielten sich zum Teil, wie z. B. die drei genannten, ganz wie sogenannte kleine Arten, indem sie, in Reinkultur gezüchtet, fast stets Individuen gleicher Beschaffenheit erzeugten und durch keine Zwischenformen mit der Ausgangsform und untereinander verbunden waren. Derartige plötzlich auftretende und von Anfang an reinzüchtende Variationen nennt de Vries „**Mutationen**“, in ihnen erblickt er das einzige für die Bildung neuer Arten brauchbare Material. Seine Lehre fand zunächst nahezu allgemeine Zustimmung, hat aber inzwischen nicht unwesentliche Einschränkungen erfahren. Es hat sich herausgestellt, daß die neuen *Oenothera*-formen keine Mutanten im Sinne ihres Autors sind, sondern Produkte einer vorausgegangenen Bastardierung. Noch wichtiger wurde eine zweite Umgestaltung der Mutationstheorie. Unter ihrem Einfluß hatte man die de Vriesschen Mutanten mit den „sprungweisen Variationen“ oder „single variations“

Darwins identifiziert. Genaues Studium der Mutabilität bei einzelnen Tier- und Pflanzenarten, vor allem bei den Fruchtfliegen der Gattung *Drosophila* (Morgan) und den Löwenmäulchen der Gattung *Antirrhinum* (Baur) hat ergeben, daß es auch „kleine Mutanten“ gibt, die sich nur wenig voneinander sowie von der Ausgangsform unterscheiden und trotzdem völlig erblich sind, daß die Zahl dieser Mutanten, wenigstens bei den untersuchten Arten, wahrscheinlich aber auch bei anderen der Untersuchung noch harrenden Arten, eine sehr große ist (bei *Drosophila* weit über 100). Diese kleinen Mutanten würden somit den „individual variations“ entsprechen, in denen Darwin das Hauptmaterial der künstlichen und natürlichen Auslese erblickt; sie würden zugleich Ursache sein, weshalb die Selektion innerhalb Populationen zu anderen Resultaten führt als innerhalb reiner Linien.

Die moderne Variabilitätsforschung hat somit nicht, wie es vorübergehend der Fall zu sein schien, eine Widerlegung, sondern eine Bestätigung der Darwin'schen Anschauungen geliefert. Immerhin bedeutet sie einen gewaltigen Fortschritt, indem sie eine schärfere Charakteristik der verschiedenen Formen der Variabilität geliefert hat.

Dagegen verlangt noch ein weiterer Punkt dringend der Klärung. Nach de Vries sollen Mutanten, einmal gebildet, auf lange Zeiten unveränderlich sein. Er vergleicht die Selektion einem Sieb, welches das Brauchbare und Zweckmäßige von dem Unbrauchbaren und Unzweckmäßigen scheidet. Das Wichtige an Darwins Selektionstheorie besteht nun aber darin, daß die Auslese aufbauend wirkt, indem sie das neuauftretende Merkmal durch Fortsetzung der Zuchtwahl über viele Generationen steigert. Das setzt voraus, daß die einmal eingeleitete Mutabilität der Erbmasse in den nächsten Generationen fortwirkt. Das ist aber ein Punkt, über den noch keine Sicherheit erzielt ist.

Außer den nicht erblichen Modifikationen und den erblichen Mutationen unterscheidet die moderne Variabilitätslehre die durch Bastardierung hervorgerufenen Mixovariationen. Bei den Mutationen handelt es sich um Veränderungen der Erbmasse, des „Genotypus“, sei es, daß neue Erbanlagen gebildet oder vorhandene unterdrückt oder abgeändert werden. Durch Bastardierung dagegen entsteht nichts Neues, sondern nur eine Neukombination vorhandener Eigenschaften, die vorher auf die beiden Eltern verteilt waren. Die ungeheure Variabilität unserer Kulturpflanzen und Haustiere ist zum großen Teil auf die wilde Kreuzung zurückzuführen, welche bei ihnen seit Jahrtausenden stattgefunden hat. Die Erfahrung der Züchter hat gelehrt, daß derartige durch Kreuzung entstandene Varietäten zumeist sehr unbeständig sind. Durch den später zu besprechenden „Mendelismus“ wurde festgestellt, warum das so sein muß, zugleich aber auch bewiesen, daß auch rein züchtende Formen entstehen können, und zeigt, unter welchen Bedingungen sie entstehen müssen.

Die Darwin'sche Selektionslehre gibt eine „mechanistische“ Erklärung der den Organismen eigentümlichen zweckmäßigen Organisation; sie erklärt dieselbe nicht als das Produkt zwecktätiger, die Zweckmäßigkeit der Organe gleichsam vorauskonstruierender Ursachen, so wie es von den von Menschen konstruierten Maschinen gilt, sondern als das Produkt zufälliger, blind und ohne Vorbedacht wirkender Naturkräfte. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Selektionslehre vom Lamarckismus sowohl in seiner alten von Lamarck ihm gegebenen Fassung als auch in der Fassung der Neo-Lamarckisten. Der Lamarckismus nimmt einen planmäßigen Zusammenhang an zwischen der Beschaffenheit der Organe

und der Beschaffenheit der Umgebung, an welche die Organe angepaßt sind. Wie wir schon früher gesehen haben, kann dieses Wechselverhältnis in doppelter Weise gedacht werden. Entweder die Außenwelt wirkt unmittelbar abändernd auf den Organismus ein oder indirekt, indem sie ihn zwingt, beim Wechsel der Umgebung in anderer Weise als bisher seine Organe zu gebrauchen. Die Folge des Wechsels im Gebrauch ist, daß die in Tätigkeit gesetzten Teile an Masse zunehmen, die funktionslosen Teile dagegen einem allmählichen Schwund unterliegen; der Organismus erfährt so durch kombinierte Wirkung von Übung und Nichtübung eine Veränderung seines Baues.

Neo-Lamarckismus.

Dafür, daß beiderlei Veränderungen vorkommen, gibt es eine Unzahl von Beobachtungen. Zunächst einige Beispiele, welche den unmittelbaren Einfluß der Existenzbedingungen erläutern. Wenn man Schmetterlingspuppen — benutzt wurden *Vanessa urticae*, *V. io*, *V. antiops*, *Arctia caca* — längere Zeit bei niederen Temperaturen kultiviert (bis zu -8° C), so zeigen die ausschlüpfenden Schmetterlinge erhebliche Veränderungen in Färbung und Zeichnung (Kälteaberrationen). In ähnlicher Weise zeigt der *Coloradokäfer* intensive Veränderungen von Farbe und Zeichnung, wenn man ihn abnormer Temperatur und Luftbeschaffenheit aussetzt. Den Alpensalamander (*Salamandra atra*), welcher in der trockenen Luft des Hochgebirges seine Jungen im Uterus behält, bis sie ihre Verwandlung durchgemacht haben, und der immer nur zwei Vollsalamander gebiert, kann man durch Kultur im Tiefland und in feuchter Atmosphäre veranlassen, die Larven in größerer Zahl zu einer Zeit, wo sie noch Kiemen haben, also verfrüht abzusetzen. Umgekehrt kann man den an feuchte Atmosphäre und an das Tiefland angepaßten gelbgefleckten Feuersalamander (*S. maculosa*), welcher bis zu 70 kleine, kiementragende Larven in das Wasser absetzt, durch trockene Luft und Wasserentziehung zwingen, seine Jungen nach Art des Alpensalamanders bis zur Beendigung der Metamorphose bei sich zu behalten. Es werden dann nur 2—7 Larven abgesetzt, welche sich, wie es beim Alpensalamander die Regel ist, auf Kosten der übrigen Embryonen ernähren. Auch die Färbung der beiden Salamanderarten kann man durch Einführung besonderer Existenzbedingungen in reziproker Weise stark abändern.

Erblichkeit erworbener Eigenschaften.

Bei den besprochenen, durch äußere Einflüsse bedingten Veränderungen handelt es sich zunächst nur um Veränderungen der Individuen, die unter der Einwirkung dieser Einflüsse gestanden haben, also um eine zeitlich begrenzte Erscheinung. Soll es zu einer dauernden Umgestaltung der Art kommen, so ist es nötig, daß die erzielten Veränderungen die Individuen überdauern und auch in den Nachkommen dieser Individuen wieder erscheinen, auch wenn die umgestaltenden Einflüsse aufhören, daß sie von Generation zu Generation vererbt werden. Der Lamarckismus setzt somit die Erblichkeit der neu erworbenen Eigenschaften voraus; er setzt voraus, daß die Veränderungen des Körpers, die „somatogenen Veränderungen“ auf die Träger der Vererbung, die Geschlechtszellen, einen umgestaltenden Einfluß ausüben, daß sie „blastogene Veränderungen“ hervorrufen, und zwar nicht beliebige Veränderungen, sondern Veränderungen von ganz bestimmter Art: es müssen die in den Geschlechtszellen enthaltenen Anlagen der Tochtergeneration so verändert werden, daß die sich aus ihnen entwickelnden Nachkommen in gleicher Weise abgeändert sind wie ihre Eltern. Das ist ein Vorgang, den man „somatische Induktion“ nennt. Diese Vorstellung von der Erblichkeit erworbener Eigenschaften stößt auf so große Schwierigkeiten, daß

von vielen Seiten die Möglichkeit des Vorgangs in Abrede gestellt und der Satz vertreten wird, daß neu erworbene Eigenschaften nicht erblich sind.

Indessen haben wir es hier mit einer Frage zu tun, die nicht durch Spekulationen, sondern nur durch experimentelle Untersuchungen gelöst werden kann. Leider haben die Experimente keine entscheidenden Resultate erzielt. Es kommt ja vor, daß die Kälteaberrationen der Schmetterlinge bei der nächsten Generation wieder auftreten, auch wenn die Puppen unter normalen Bedingungen gehalten werden. Ähnliches wurde für die Veränderungen beobachtet, welche bei den Salamandern und den Colorado-käfern rücksichtlich der Fortpflanzungsweise und der Färbung experimentell hervorgerufen werden. Aber auch diese die Erblichkeit erworbener Eigenschaften scheinbar beweisenden Resultate haben von Gegnern des Lamarckismus eine andere Deutung erfahren. Man hat seine Zuflucht zur Hypothese der „Parallelinduktion“ genommen. Nach derselben werde durch die Kälte, resp. die anderen äußeren Einflüsse nicht nur der Körper, sondern auch der Geschlechtsapparat verändert, und zwar der letztere unmittelbar durch die äußeren Einflüsse selbst, nicht durch Einflüsse, welche von den veränderten Organen ausgehen. Wenn auch die Lehre von der Parallelinduktion durch Untersuchungen am Colorado-käfer eine festere Begründung gefunden hat, so läßt sich doch nicht in Abrede stellen, daß die vielen Experimente über Vererbung neu erworbener Instinkte, Färbungen, Entwicklungsweisen usw. der Lehre des Neo-Lamarckismus in bedeutsamer Weise Vorschub geleistet haben. —

Auch auf einem zweiten Wege ist über die Fundamentalfrage der Erblichkeit erworbener Eigenschaften keine Einigung erzielt worden. Man hat den Eierstock einer weißen Henne, resp. eines weißen Kaninchens in ein kastriertes schwarzes Tier der gleichen Art transplantiert und umgekehrt und hat abgewartet, wie die junge Brut ausfällt, ob dieselbe ihrer eigentlichen Mutter, von welcher der Eierstock stammte, oder der Ziehmutter, in welche er überpflanzt wurde, glich. Diese Versuche haben zu keinen sicheren Resultaten geführt. Erfolgreiche Transplantationen von Ovarien wurden bei Amphibien und Schmetterlingen durchgeführt; sie haben in übereinstimmender Weise gezeigt, daß die Ziehmutter auf die Beschaffenheit des Eies und der aus ihr hervorgehenden Nachkommenschaft keinen Einfluß ausübt.

Den gleichen Widersprüchen in der Deutung der Erscheinungen begegnen wir rücksichtlich der Frage, ob die durch Übung gewonnenen Veränderungen der Organe auf die Nachkommenschaft vererbt werden können. Lamarck hielt diese Form der Erblichkeit für bewiesen und maß ihr eine ganz besondere Bedeutung bei, um die zweckmäßige Anpassung der Organismen an ihre Umgebung zu erklären. Allein experimentelle Beweise sind auch hier noch nicht erbracht. Noch immer sind wir im Dunkeln über diese für unser ganzes soziales Leben so fundamental wichtigen Fragen, z. B. über die Frage, ob die Verbesserung, welche die Eltern durch Kräftigung ihres Körpers oder durch besondere Ausbildung einzelner Organe, z. B. des Großhirns, erzielen, auch dem Kinde durch Vererbung zugute kommt, oder ob das Kind mit der Übung von vorn beginnen muß, wenn es die gleiche Leistungsfähigkeit der Organe erzielen will. Im letzteren Falle wäre eine Kumulierung des Charakters und damit die Möglichkeit, daß derselbe zu einem dauernden werde, ausgeschlossen. Am meisten sprechen zugunsten des Lamarckschen Prinzips zur Zeit die rudimentären Organe. Wenn wir sehen, daß Höhlentiere, welche seit vielen Generationen im Dunkeln leben, blind sind, indem sie entweder gar keine

Rudimentäre
Organe.

Augen mehr besitzen oder funktionsuntaugliche Reste von solchen, so liegt allerdings die Deutung nahe, daß mangelnder Gebrauch diese Veränderung verschuldet habe, indem er eine von Generation zu Generation zunehmende funktionelle und anatomische Untüchtigkeit der Sehorgane herbeiführte. Man sollte nun meinen, was für die Nichtübung gilt, müßte auch für die Übung zutreffen.

Weitere Schwierigkeiten des Lamarckismus sind in der Annahme gegeben, daß nicht nur vorhandene Organe vervollkommenet, sondern auch da, wo das Bedürfnis vorliegt, neue Organe gebildet werden. Der Lamarckismus wird so zu dem Satz geführt, daß das Bedürfnis eines Organismus zugleich die Ursache seiner Befriedigung ist, ein Satz, der zunächst wenigstens weder einer naturwissenschaftlichen Fassung, noch einer exakten Prüfung zugänglich ist.

Während Lamarckismus und Selektionslehre für die Zweckmäßigkeit im Bau der Organismen und ihre Anpassung an ihre Umgebung eine Erklärung zu geben versuchen und aus diesem wie zahlreichen anderen Gründen im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses stehen, müssen wir zum Schluß noch zwei weitere Theorien besprechen, welche zwar für die Umbildung der Arten eine kausale Erklärung anstreben, das in der Zweckmäßigkeit der Umbildungen liegende Problem dagegen unberücksichtigt lassen. Es sind das die Migrationstheorie Moritz Wagners und das Prinzip der Progression Naegelis.

Migrations-
theorie.

M. Wagner hatte die Migrationstheorie oder die Lehre von der geographischen Isolierung zunächst als Ergänzung zur Selektionstheorie aufgestellt, um zu erklären, warum die durch Variation auftretenden neuen Charaktere Bestand haben und nicht durch Kreuzung mit Individuen entgegengesetzter Variationstendenz wieder verschwinden. Später erblickte er in der geographischen Isolierung den einzigen artumbildenden Faktor von Bedeutung. Die Theorie lehrt, daß neue Arten entstehen, wenn von dem Individuenbestand einer Art ein Teil nach einem neuen Aufenthaltsort gelangt, an welchem die Kreuzung mit den zurückgebliebenen Artgenossen nicht möglich ist, oder wenn ein von einer Art besiedeltes Gebiet durch geologische Ereignisse so vollständig in zwei Gebiete geschieden wird, daß ein Formenaustausch zwischen ihnen verhindert ist. Für die Berechtigung der Theorie sprechen mancherlei Beobachtungen. Zwar ist die häufig wiederholte Angabe, daß Kaninchen, welche von den Portugiesen 1519 auf der Insel Porto Santo bei Madeira ausgesetzt wurden und sich seitdem enorm vermehrt haben, die Charaktere einer vom europäischen Kaninchen abweichenden Art angenommen hätten, mehr als zweifelhaft geworden, da das Porto Santo-Kaninchen mit dem in Spanien einheimischen Kaninchen übereinstimmen soll. Dagegen ergeben interessante Beweise für die Theorie der geographischen Isolierung die eigenartigen faunistischen Charaktere von Territorien, welche von angrenzenden Ländern durch unüberwindliche Schranken, breite Flüsse oder Meeresarme, hohe Gebirgszüge (vgl. S. 48) getrennt sind. Besonders beweisend ist in dieser Hinsicht der eigenartige faunistische Charakter fast aller Inseln. Die Fauna einer Insel ähnelt im allgemeinen der Fauna des Festlandes, von welchem die Insel durch geologische Ereignisse abgelöst wurde; nur besitzt sie vielfach nicht dieselben, sondern sogenannte „vikariierende Arten“, d. h. Arten, welche bis auf gewisse Merkmale den Festlandsarten gleichen. Solche vikariierende Arten sind offenbar dadurch entstanden, daß abgelöste Individuengruppen auf die Insel versprengt wurden und eine von der Ausgangsform divergente Entwicklung genommen

haben. — Bei aller Anerkennung der großen Bedeutung der Migrations-theorie wird wohl kein Zoologe sie für ausreichend halten, allein die Vielgestaltigkeit der Organismenwelt zu erklären. Wir würden genötigt sein, eine ganz ungeheure Umbildungsfähigkeit der Erde anzunehmen, wofür unsere Kenntnisse von der Vergangenheit und Jetztzeit keine Anhaltspunkte geben.

Zum Schluß haben wir noch die Umbildung der Arten aus eigenen inneren Ursachen zu betrachten, das, was C. E. von Baer mit dem wenig geeigneten, weil leicht irreführenden Ausdruck „Zielstrebigkeit“, Naegeli als „Vervollkommnungsprinzip“ oder „Prinzip der Progression“ bezeichnet hat. Es kann wohl nicht geleugnet werden, daß eine jede Art aus eigenen inneren Ursachen genötigt ist, sich zu neuen Formen zu entwickeln, bis zu einem gewissen Grad unabhängig von äußeren Existenzbedingungen und unabhängig vom Kampf um das Dasein. In allen Tierstämmen sehen wir den Fortschritt vom Niederen zum Höheren sich vollziehen, vielfach in ganz ähnlicher Weise, trotzdem die Grundzüge der Organisation in den einzelnen Tierstämmen durchaus verschieden sind. Wir sehen, wie das bei niederen Formen oberflächlich gelagerte Nervensystem bei höheren in die Tiefe des Körpers verborgen wird, wie das Auge, zunächst ein einfacher Pigmentfleck, bei *Würmern*, *Arthropoden*, *Weichtieren* und *Wirbeltieren* mit Hilfseinrichtungen, wie Linse, Glaskörper, Iris, Chorioidea usw., ausgerüstet wird. Darin erblicken wir eine Tendenz zur Vervollkommnung, welche, da sie überall vorkommt, eine notwendige Konsequenz der in den Organismen gegebenen Entwicklungsbedingungen sein muß.

Es ist keineswegs richtig, eine Auffassung, wie sie hier ausgesprochen wurde, eine teleologische zu nennen und als unnaturwissenschaftlich zu verwerfen. Vielmehr erscheint in ihr der Organismus ebenso mechanisch bedingt wie eine Billardkugel, deren Lauf doch nicht nur von der Reibung an den Wandungen des Billards, sondern zum guten Teil von der ihr innewohnenden, durch den Stoß ihr übertragenen Kraft bestimmt wird. Auch ein Organismus ist ein Kräfte-reservoir, welches sich mit Notwendigkeit aus sich heraus weiter entwickeln muß, nur daß es von außerordentlicher Komplikation und in gleichem Maße von der Außenwelt unabhängiger ist. Eine vollkommene Unabhängigkeit wird natürlich niemals vorhanden sein. Nebenher wird vielmehr stets eine „Bewirkung“ (Naegeli) der Außenwelt einhergehen, ein modifizierender Einfluß, der von den äußeren Existenzbedingungen entweder direkt oder in der oben besprochenen Weise durch Vermittlung von Übung und Nichtübung ausgeübt wird.

Bisher haben sich unsere Ausführungen in engem Rahmen bewegt, insofern sie sich auf das Artproblem begrenzten. Wir haben uns die Frage vorgelegt: Können durch Konstantwerden von Varietäten neue Arten entstehen? welche Faktoren gibt es in der Natur, welche diesen Umbildungsprozeß bewirken? Es ist nun klar, daß alles, was hier über die Entstehung der Arten gesagt worden ist, auch für die übrigen Kategorien des Systems Geltung haben muß. Wie durch divergente Entwicklung Varietäten zu Arten werden, so müssen die Arten bei Fortdauer der Divergenz sich so sehr voneinander entfernen, daß wir ihnen den systematischen Wert von Gattungen einräumen. Es wird nur eine Frage der Zeit sein, daß diese Unterschiede noch höhere Grade erreichen und die Aufstellung von Ordnungen, Klassen und Stämmen ermöglichen, so wie auch die zarten Verzweigungen des jungen Pflänzchens beim kräftigen Baum zu Hauptästen erstarken, von denen weitere Seitenäste

und Zweige ausgehen. Wenn man diesen Gedankengang bis in seine letzten Konsequenzen verfolgt, kommt man zu der Vorstellung, daß alle Tiere und Pflanzen durch Umbildung von wenigen Uroorganismen entstanden sind. Da jedenfalls viele Tausende von Jahren dazu gehören, damit durch Variabilität einer Art mehrere neue Arten entstehen, so müssen zur Ermöglichung dieser historischen Entwicklung des Tier- und Pflanzenreichs Zeiträume von einer Länge angenommen werden, wie sie für unser Begriffsvermögen nicht mehr faßbar sind, ebenso wie die Astronomen mit Entfernungen rechnen, von welchen wir uns keine Vorstellung machen können. Wie man nun für die Lehre von der individuellen Entwicklung eines Tieres die besondere Bezeichnung „Ontogenie“ (Embryologie) gewählt hat, so hat es sich auch als zweckmäßig herausgestellt, für die Lehre von der allerdings nicht beobachteten, sondern nur erschlossenen historischen Entwicklung der Tiere den Namen „Stammesgeschichte“ oder „Phylogenie“ einzuführen.

Urzeugung.

Will man alle lebenden Tiere von gemeinsamen Urformen ableiten, so muß man notgedrungen annehmen, daß dieselben höchst einfach organisiert, daß sie einzellig waren. Denn je einfacher die Organisation um so weniger ist sie spezialisiert, um so größer ist ihre Umbildungsfähigkeit. Aus einfach gebauten Organismen lassen sich auch allein die niedersten, jetzt noch existierenden einzelligen Lebewesen, die *Protozoen*, ableiten. Endlich können wir uns nur für einfach gebaute Organismen eine erste natürliche Entstehung denken. Da es unzweifelhaft eine Zeit gegeben hat, zu welcher auf unserem Erdball Temperaturen herrschten, welche jedes Leben unmöglich machten, muß einmal das Leben auf ihm neu entstanden sein, entweder durch einen Schöpfungsakt oder auf natürlichem Wege durch Urzeugung. Nehmen wir dem Geiste der Naturwissenschaften entsprechend zur Erklärung natürlicher Dinge nur Naturkräfte zu Hilfe, so werden wir notgedrungen zur Hypothese der Urzeugung geführt: daß sich aus nicht belebten Stoffen durch eine geeignete Vereinigung derselben die komplizierte Substanz, welche Trägerin der Lebensfunktionen ist, entwickelt hat. Auch diese Hypothese setzt voraus, daß die ersten Organismen den denkbar einfachsten Bau besessen haben.

Vom Boden der Tatsachen ausgehend, sind wir durch Verallgemeinerung der Schlüsse zu einer einheitlichen Vorstellung von der Entstehung des Tierreichs gelangt, haben uns aber in gleichem Maße von den Ergebnissen der unmittelbaren Beobachtung entfernt. Die Beobachtung läßt nur erkennen, daß die Arten umbildungsfähig sind; daß diese Umbildungsfähigkeit ein Prinzip ist, welches uns ermöglicht, die allmähliche Entwicklung der gesamten Tierwelt zu erklären, dazu bedarf es weiterer Beweise.

Beweise der
Phylogenie.

Die Entwicklung der jetzt lebenden Tierwelt ist ein Prozeß, welcher sich in längst vergangenen Jahrtausenden abgespielt hat, welcher einer direkten Beobachtung nicht mehr zugänglich ist und daher auch niemals in dem Sinne bewiesen werden kann, wie wir die individuelle Entwicklung eines Organismus aufklären können. Man kann für die Annahme einer einheitlichen Abstammung der Tiere nur den Wahrscheinlichkeitsbeweis führen, indem man zeigt, daß die unserer Beobachtung zugänglichen Tatsachen nicht nur mit dieser Annahme harmonieren, sondern auch durch sie ihre einheitliche Erklärung finden. Solche Tatsachen liefern uns das System der Tiere, die Paläontologie, die Tiergeographie, die vergleichende Anatomie und die vergleichende Entwicklungsgeschichte.

a) Systematische
Beweise.

1. Es ist eine schon seit längerem anerkannte und in der Neuzeit immer mehr bestätigte Erscheinung, daß, wenn man die Verwandtschafts-

verhältnisse der Tiere, ihrer Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten graphisch ausdrücken will, die einfache Koordination und Subordination nicht ausreicht, sondern daß man eine baumförmige Anordnung wählen muß, eine Anordnung, in welcher die Hauptstämme von den einander näher oder entfernter verwandten Hauptabteilungen, den Stämmen, Phylen oder Typen dargestellt werden, während die Verästelungen den jetzmaligen Klassen, Ordnungen usw. entsprechen. Der „Stammbaum“ ist nun in der Tat die Anordnung, zu welcher die Deszendenztheorie mit Notwendigkeit führt.

2. Die paläontologische Beweisführung würde sich am meisten dem, was man direkte Beweisführung nennen könnte, nähern.

Denn die Paläontologie macht uns mit den Überresten bekannt, welche die Vorläufer der jetzigen Tierwelt hinterlassen haben. Indessen muß man berücksichtigen, daß sich auch hier ein hypothetisches Element in den Charakter der Beweisführung einschleicht. Wir können nur beobachten, daß in verschiedenen, aufeinanderfolgenden Erdschichten mancherlei Formzustände einer Tiergruppe enthalten sind; wenn wir diese Formzustände zu einer Entwicklungsreihe anordnen und uns die jüngeren aus den älteren durch Umbildung entstanden denken, so verbinden wir die Einzelbeobachtungen durch eine allerdings sehr wahrscheinliche Hypothese. — Viel mehr wird aber der Wert der paläontologischen

Urkunde durch ihre außerordentliche Unvollständigkeit herabgesetzt. Als Versteinerungen erhalten sich im allgemeinen nur die Hartgebilde der Tiere; die Weichteile dagegen, welche bei vielen Stämmen allein den Körper ausmachen oder doch den wichtigsten Teil der Organisation bilden, gehen zugrunde. Nur selten findet man Versteinerungen, bei denen auch die Weichteile (Muskeln der Fische und Cephalopoden, Gallertkörper der Medusen) in Stein nachgebildet sind. Auch die Hartgebilde erhalten sich nur unter ganz besonders günstigen Bedingungen in gutem Zusammenhang. Wenn man nun weiter berücksichtigt, daß diese Schätze im Schoß der Erde vergraben sind und meist nur zufällig bei Steinbrucharbeiten,

b) Paläontologische Beweise.



Fig. 6. *Archaeopteryx lithographica* (nach Steinmann-Döderlein). *cl* Clavicula, *co* Coracoid, *h* Humerus, *r* Radius, *u* Ulna, *c* Carpus, *I-IV* Zehen, *sc* Scapula.

Wegebauten usw. gewonnen, äußerst selten dagegen planmäßig und mit wissenschaftlicher Überlegung zutage gefördert werden, so erhellt daraus zur Genüge, wie wenig für die Stammesgeschichte aus dem derzeitigen und selbst dem in der Zukunft zu gewinnenden paläontologischen Material erwartet werden darf.

Immerhin hat die Paläontologie schon manche wichtige Beweise der Deszendenzlehre geliefert. Sie hat gezeigt, daß die niederen Formen zuerst und später erst die höher organisierten auftreten. Unter den Tieren im allgemeinen treten die Wirbeltiere, unter diesen wiederum die Säugetiere, unter den Säugetieren der Mensch am spätesten auf. Für kleinere Gruppen ist es sogar schon geglückt, das Material für Stammbäume zu sammeln; Übergangsformen leiten vom vierzehigen *Eohippus* des Eocän zum einzehigen Pferd der Neuzeit. Für sämtliche Huftiere wurden gemeinsame Ausgangsformen in den *Condylarthren* entdeckt. Ferner hat man auch zwischen größeren Abteilungen Übergangsformen gefunden, so z. B. zwischen Reptilien und Vögeln die merkwürdigen Zahnvögel und die *Archaeopteryx* (Fig. 6), einen Vogel mit einem befiederten, aber nach Art der Eidechsen langgestreckten Schwanz.

c) Morphologische Beweise.

3. Wenn man vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte zum Beweis der Deszendenztheorie verwerten will, so ergeben beide Disziplinen so viele Berührungspunkte, daß sie am besten in einem gemeinsamen Abschnitt abgehandelt werden.

Cuvier und Karl E. v. Baer hatten gelehrt, daß die einzelnen Typen des Tierreichs Einheiten seien, von denen eine jede einen besonderen, ihr eigentümlichen Bau- und Entwicklungsplan repräsentiere, daß keinerlei Ähnlichkeit im Bau und in der Entwicklung eine Brücke von Typus zu Typus schlage. Der erste dieser beiden Sätze ist nach wie vor berechtigt, der zweite dagegen, welcher bei der Beurteilung der Deszendenztheorie allein in Betracht kommt, ist gänzlich unhaltbar geworden. Alle Tiere haben in der Zelle ein gemeinsames Organisationsprinzip und sind dadurch einander nahe gerückt. Fast alle vielzelligen Tiere stimmen während der ersten Stadien ihrer Entwicklung, während der Befruchtung, der Eifurchung und der Bildung der zwei ersten Keimblätter, in allen prinzipiell wichtigen Punkten überein und unterscheiden sich um diese Zeit voneinander nur durch Differenzen, wie sie innerhalb eines und desselben Typus vorkommen. Auch das Besondere, welches jeden Typus im Bau und in der Entwicklungsweise auszeichnet, tritt in der Tierreihe nicht unvermittelt auf. Namentlich leiten vom Stamm der Würmer Übergangsformen zu den übrigen Stämmen: der *Balanoglossus* zu den *Echinodermen*, die *Ringelwürmer* und der *Peripatus* zu den *Arthropoden*, die *Tunicaten* und der *Amphioxus* zu den *Wirbeltieren*. In einem jeden Typus vereinfachen sich Bau und Entwicklungsweise der systematisch niedrigen Formen und erfahren dadurch eine Annäherung an die bei anderen Typen herrschenden Verhältnisse. Die Existenz solcher Übergänge ist einer der wichtigsten Beweise für die Deszendenzlehre und spricht gegen die Annahme eines starren unveränderlichen Typus im Sinne Cuviers.

Für die Berechtigung der Deszendenztheorie fällt weiterhin ganz außerordentlich in die Wagschale, daß Bau und Entwicklungsweise der Tiere von einer Gesetzmäßigkeit beherrscht werden, welche zur Zeit nur historisch, d. h. durch die Annahme einer gemeinsamen Abstammung erklärt werden kann. Jedes Tier durchläuft während seiner Entwicklungsgeschichte im wesentlichen die Stufen, welche dauernd bei den niedriger

oder, richtiger ausgedrückt, ursprünglicher organisierten Tieren desselben Stammes erhalten sind, was folgende drei Beispiele erläutern mögen. 1. Auf frühen Entwicklungsstadien besitzt der Embryo des Menschen (Fig. 7) überraschende Ähnlichkeiten mit den niedersten Wirbeltieren, den Fischen (Fig. 518); er hat, wie diese, Kiemenspalten, ein einfaches, aus Vorkammer und Kammer bestehendes Herz, anstatt der Sonderung in Aorta und Pulmonalis (Körper und Lungenarterien) einen einheitlichen Arterienstiel mit davon ausgehenden, die Verbindung mit der Aorta descendens vermittelnden Arterienbögen. Alles das sind Einrichtungen,

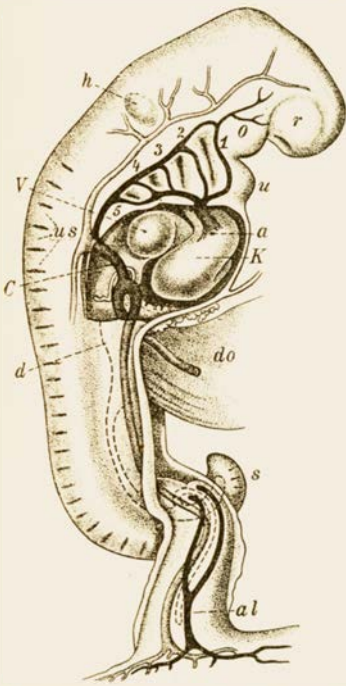


Fig. 7. Menschlicher Embryo von 4,2 mm Länge (nach His). Herzbeutel und seitliche Leibeswand geöffnet, Dottersack und Allantois abgeschnitten. Verlauf der Blutgefäße eingezeichnet. *r* Riechgrübchen, *o* Ober-, *u* Unterkiefer, 1—5 die fünf Arterienbögen, zwischen ihnen die vier Kiemenspalten, *h* Hörbläschen, *us* Ursegmente, *a* aufsteigende Herzarterie, *V* Vorkammer, *K* Kammer des Herzens, *C* Cava superior, vereinigt sich mit Dottervene und Nabelvene, *d* Darm, *do* Dottersack, *s* Schwanzhöcker, *al* Allantois mit Umbilicalarterie und Vene.

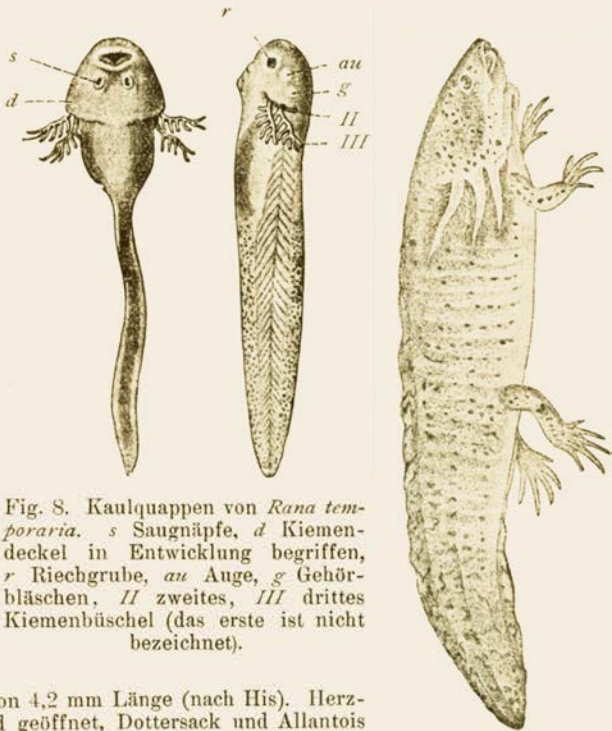


Fig. 8. Kaulquappen von *Rana temporaria*. *s* Saugnäpfe, *d* Kiemendeckel in Entwicklung begriffen, *r* Riechgrube, *au* Auge, *g* Gehörbläschen, *II* zweites, *III* drittes Kiemebüschel (das erste ist nicht bezeichnet).

Fig. 9. Axolotl-stadium von *Amblystoma tigrinum* (nach Duméril et Bibron).

welche auf Kiemenatmung berechnet und bei den Fischen funktionell verständlich sind, mit der Organisation eines lungenatmenden Säugetieres dagegen im Widerspruch stehen und daher auch tiefgreifende Umgestaltungen erfahren müssen, um brauchbar zu werden; sie sind, wie es auch von vielen Einrichtungen im menschlichen Staat gilt, nicht aus den zur Zeit bestehenden Funktionsbedingungen zu verstehen, sondern fordern eine historische Erklärung, wie die übrigen im folgenden mitzuteilenden Beispiele. 2. Die Frösche zeigen auf dem Kaulquappenstadium (Fig. 8) eine Organisation, ähnlich der, welche die niedriger stehenden Amphibien, die Perennibranchiaten, dauernd besitzen (Fig. 9); sie haben einen Ruder-

schwanz und büschelförmige Kiemen, welche dem ausgebildeten Frosche fehlen. 3. Es gibt gewisse parasitische Krebse, welche auf den Kiemen von Fischen leben und den übrigen Krebsen gar nicht ähnlich sehen. Sie

Fig. 10.

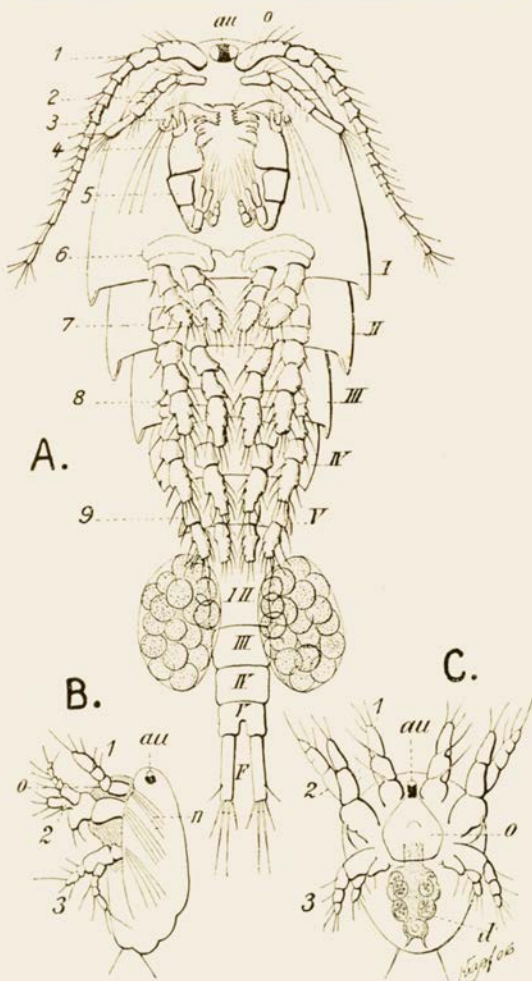


Fig. 11.

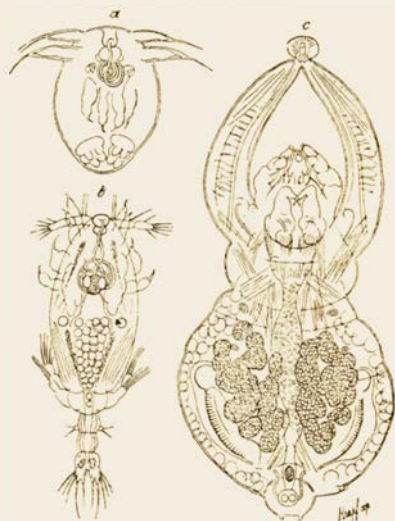


Fig. 12.

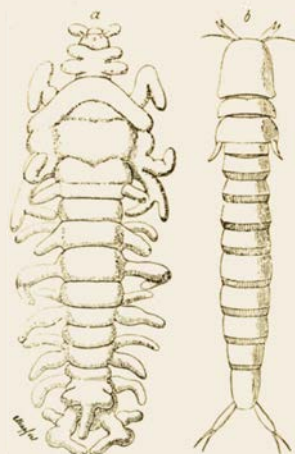


Fig. 10. Weibchen von *Cyclops coronatus* mit Eiersäckchen (A) nebst Nauplius in seitlicher (B) und ventraler (C) Ansicht. I—V die fünf Thoracal- und weiterhin die fünf Abdominalsegmente, F Furca, 1 erste, 2 zweite Antenne, 3 Mandibel, 4 Maxille, 5 Pedes maxillares, 6—9 die ersten vier Spaltfüße, während der rudimentäre fünfte Spaltfuß verdeckt ist. au Auge, o Oberlippe, d Darm, n Muskeln.

Fig. 11. *Achtheres Percarum*. a Nauplius-, b Cyclop stadium, c Weibchen, (nach Claus).

Fig. 12. *Philichthys Xiphiae*. a Weibchen (nach Claus), b Männchen (nach Bergsoe).

sind unförmliche Klumpen, die man früher für parasitische Würmer gehalten hat. Ihre systematische Stellung wurde erst mit Hilfe der Ent-

wicklungsgeschichte aufgeklärt (Fig. 11). Hier zeigt sich, daß sie das bei den Crustaceen weitverbreitete Naupliusstadium (Fig. 11a) durchlaufen und darauf eine Gestalt (Fig. 11b) annehmen, welche an gewisse kleine, im Süßwasser weitverbreitete Krebse der Gattung *Cyclops* (Fig. 10) erinnert. Häufig macht das Männchen auf dem „Cyclopsstadium“ Halt, und das Weibchen entwickelt sich allein zu dem unförmlichen Klumpen weiter, so daß ein ganz auffallender Dimorphismus der Geschlechter entsteht (Fig. 12). Alle diese Beispiele, die man leicht zu Hunderten vermehren könnte, lassen sich in derselben Weise erklären. Die entwickelteren Formen durchlaufen die Organisationsstufen der minder entwickelten, weil sie von Vorfahren stammen, welche den letzteren ähnlich gewesen sind. Der Mensch durchläuft in seiner

Entwicklungsgeschichte das Fischstadium, der Frosch das Perennibranchiatenstadium, der parasitische Krebs zuerst das Nauplius- und dann das Cyclopsstadium, weil ihre Vorfahren einmal Fisch-ähnlich, Perennibranchiaten-ähnlich, Cyclops-ähnlich gewesen sind. Es äußert sich hier eine allgemeine Erscheinung, welche Haeckel unter dem Namen „biogenetisches Grundgesetz“ in einen generalisierten Satz gefaßt hat: „Die Entwicklungsgeschichte eines Tieres (die Ontogenie) ist die kurze Rekapitulation seiner Stammesgeschichte (Phylogenie), d. h. die wichtigsten Organisationsstufen, welche seine Vorfahren durchlaufen haben, treten, wenn auch etwas modifiziert, in der Entwicklung des einzelnen Tieres auf.“

Der durch das biogenetische Grundgesetz zum Ausdruck gebrachte historische Charakter der tierischen Organisation läßt sich ebenso schön für einzelne Organe wie für ganze Tiere durchführen. Das Zentralnervensystem der niederen Tiere (der *Echinodermen*, *Cölienteraten*, vieler *Würmer*) bildet einen Teil der Haut; es gehört bei seinem ersten Auftreten der Körperoberfläche an, weil es die Beziehungen des

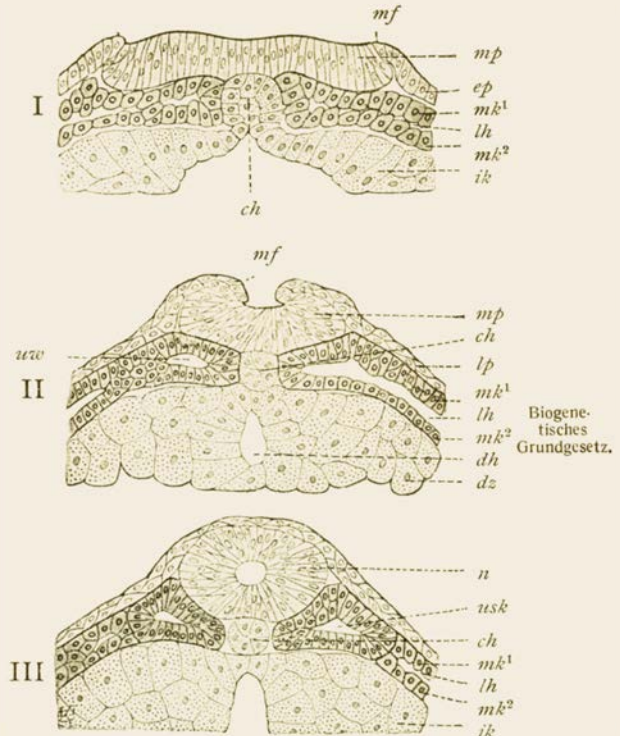


Fig. 13. Querschnitte durch die Rückengegend von drei verschiedenen alten Tritonembryonen (nach O. Hertwig).

I Die Medullarplatte (Anlage des Rückenmarks) *mp* grenzt sich gegen die Haut *ep* durch die Medullarfalten *mf* ab.

II Die Medullarplatte hat sich zu einer Rinne durch Zusammenneigen der Medullarfalten eingebogen.

III Die Medullarplatte hat sich zum Rückenmarksröhr geschlossen.

Bezeichnungen: *mf* Medullarfalten, *mp* Medullarplatte, *n* das aus letzterer hervorgegangene Nervenrohr, *ep* Haut (Epidermis), *ch* Chorda, *mk* mittleres Keimblatt (*mk*¹ parietales, *mk*² viscerales Blatt desselben), *lh* Leibeshöhle, *lp* Körperwand, *usk* Ursegmenthöhlen, *uw* Urwirbel, *ik* inneres Keimblatt, *dz* Dotterzellen desselben, *dh* Darmhöhle.

Organismus zur Außenwelt zu vermitteln hat. Bei höher organisierten Tieren dagegen, z. B. den Wirbeltieren, liegen Hirn und Rückenmark tief in das Innere des Körpers eingebettet; beim Embryo aber werden sie ebenfalls als ein Teil der Haut (als Medullarplatte) angelegt und erst allmählich durch Einfaltung und Abschnürung von der Haut aus in das Innere verlagert. Man kann diese Verlagerung auf Querschnitten durch

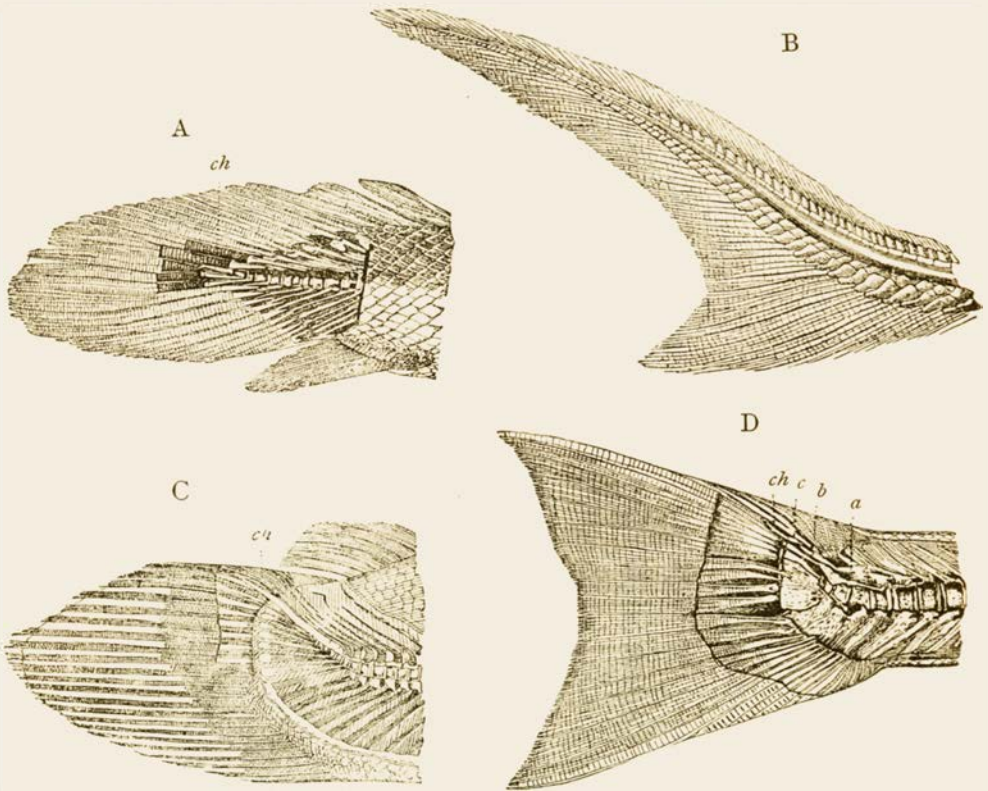


Fig. 14. Schwanzflossen verschiedener Fische (verkleinert; aus Zittel), *ch* Chorda, *a b c* Deckstücke der Chorda.

A diphycerke Flosse von *Polypterus bichir* (Wirbelsäule und Chorda teilen die Flosse in symmetrische dorsale und ventrale Abschnitte).

B heterocerke Flosse vom *Stör* (infolge einer Aufwärtskrümmung von Chorda und Wirbelsäule ist die Flosse asymmetrisch geworden, der ventrale Abschnitt viel größer als der dorsale).

C, D homocerke Flossen, C von *Amia calva*, D von *Trutta salar* (infolge noch stärkerer Aufwärtskrümmung der Chorda und Wirbelsäule ist der dorsale Abschnitt fast ganz geschwunden und bildet der ventrale Abschnitt fast allein die äußerlich symmetrisch erscheinende, im inneren Bau vollkommen asymmetrische Flosse).

die Rückengegend verschieden alter Embryonen für jedes Wirbeltier beweisen (Fig. 13).

Ein weiteres Beispiel sei das Skelett der Wirbeltiere. Bei den niedersten Wirbeltieren, dem *Amphioxus* und den *Cyclostomen*, fehlt die Wirbelsäule, und an ihrer Stelle findet sich ein zylindrischer Gewebsstrang, die Chorda dorsalis. Bei den *Fischen* und *Amphibien* existiert die Chorda dorsalis meist ebenfalls noch; sie ist aber teilweise verdrängt und

eingengt durch die Wirbelsäule, welche bei den niederen Formen aus Knorpel, bei den höheren aus Knochen oder einem Gemisch von Knochen und Knorpel besteht. Ausgebildete *Vögel* und *Säugetiere* endlich besitzen eine rein knöcherne Wirbelsäule; sie haben dagegen auf frühen Stadien nur die Chorda dorsalis (Amphioxusstadium); später wird die Chorda von der Wirbelsäule eingengt (Fisch-Amphibienstadium) und schließlich ganz ersetzt; dabei ist die Wirbelsäule anfangs knorpelig, um erst später zu verknöchern. Vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte ergeben somit dieselben Entwicklungsstufen des Achsenskeletts: 1. Chorda, 2. Chorda + Wirbelsäule, 3. Wirbelsäule, letztere zuerst aus Knorpel, dann aus Knochen gebildet.

Wir haben hier von einem Parallelismus zwischen den Erscheinungen der vergleichenden Anatomie und der Entwicklungsgeschichte gesprochen. Tatsächlich sollte man aber eine dreifache Parallele erwarten. Denn den Lehren der Deszendenztheorie zufolge ist die systematische Anordnung der lebenden Tiere und der Entwicklungsgang jedes Einzeltieres durch einen dritten Faktor, die historische Entwicklung der Tierwelt oder die Phylogenese, bedingt. Die Marksteine der Phylogenese, die Versteinerungen, müssen nun, so sollte man erwarten, in den aufeinanderfolgenden geologischen Schichten die gleiche aufsteigende Reihe ergeben wie die vergleichend-anatomisch und entwicklungsgeschichtlich gefundenen Formzustände. In der Tat kennt man auch Beispiele einer derartigen dreifachen Parallele. Die vergleichende Anatomie lehrt z. B., daß die niederste Entwicklungsform der Schwanzflosse der Fische die diphycerke ist (Fig. 14 A), daß sich aus ihr die heterocerke (B), aus dieser die homocerke Flossenform (C und D) ableiten läßt. Entwicklungsgeschichtlich sind weiterhin die höchstentwickelten homocerken Fische zuerst diphycerk, später heterocerk und werden zuletzt erst homocerk. Paläontologisch endlich sind die ältesten Fische diphycerk oder heterocerk, und erst später treten homocerke Formen auf.

Was wir hier kennen gelernt haben, ist nur ein geringer Bruchteil des gewaltigen Beweismaterials, welches die Morphologie zugunsten der Deszendenztheorie liefert; es sollte nur zur Erläuterung dienen, in welcher Weise die morphologischen Beobachtungen verwertet werden können. Für den reflektierenden Naturforscher sind die Tatsachen der Morphologie ein einziger großer Induktionsbeweis zugunsten der Abstammungslehre.

4. Was nun schließlich die Tiergeographie anlangt, so leuchtet ohne weiteres ein, daß die jetzige Verteilungsweise der Tiere ein Produkt vergangener Jahrtausende ist. Man wird daher aus ihr mancherlei von früheren Zuständen noch entziffern können, wenn auch mit der allergrößten Vorsicht und nach Überwindung der allergrößten Schwierigkeiten.

Nehmen wir an, alle Tierarten seien von Anfang an, so wie sie jetzt sind, geschaffen worden, so würden dieselben von dem zweckmäßig denkenden Schöpfer in die ihrer Organisation am meisten zusagenden Gebiete gesetzt worden sein. Ihre Verteilung über die Erdoberfläche würde daher ausschließlich von Gunst und Ungunst der in den einzelnen Regionen herrschenden Lebensbedingungen, wie Klima, Nahrungsverhältnisse usw., bestimmt sein. Nehmen wir dagegen an, daß die Tierarten durch Umbildung auseinander hervorgegangen sind, so müßte für ihre Verbreitungsweise außer den derzeitigen Existenzbedingungen noch ein zweites Moment, welches wir das geologische oder erdgeschichtliche nennen wollen, maßgebend gewesen sein. Wir wissen, daß die Reliefverhältnisse der Erde sich im Laufe der gewaltigen Zeiträume der geologischen

Tiergeographische Beweise.

Perioden vielfach geändert haben, daß Länderstrecken, welche früher zusammenhängen, durch das eindringende Meer getrennt wurden, daß durch die Erhebungen der Gebirge ebenfalls wichtige, früher nicht vorhandene Scheidewände für die Ausbreitung der Tiere gebildet wurden. Andererseits sind Gebiete, welche ursprünglich getrennt waren, miteinander in Verbindung getreten; Inseln wurden z. B. vereinigt, indem infolge von Hebungsvorgängen verbindendes Land aus dem Meere auftauchte. Für den Anhänger der Abstammungslehre ergibt sich aus dem Umstande, daß sich Hand in Hand zwei Umänderungen vollzogen haben, die Umänderung der Erdoberfläche und die Umänderung der auf ihr angesiedelten Tierwelt, mit Notwendigkeit die Konsequenz, daß die Unterschiede im faunistischen Charakter zweier Länder um so größer ausfallen müssen, je länger diese sich unabhängig voneinander ohne wechselseitigen Austausch ihrer Tierbevölkerung entwickelt haben, je länger ihre Bewohner durch eine unüberschreitbare Schranke voneinander geschieden waren. Für die einzelnen Tiergruppen wird der Charakter der Grenzen ein verschiedener sein; Landtiere, welche nicht fliegen können, werden durch Meeresarme, Meeresbewohner umgekehrt durch Länderstrecken in ihrer Verbreitung behindert; für *Landmollusken* genügen schon hohe Gebirgskämme, welche kahl und dürr oder mit Schnee bedeckt sind.

Seitdem man auf diese Verhältnisse aufmerksam geworden ist, sind viele der Deszendenztheorie günstige geographische Tatsachen ermittelt worden. 1. Unter den einzelnen Kontinenten hat Australien faunistisch den selbständigsten Charakter; als es entdeckt wurde, besaß es gar keine höheren (placentalen) Säugetiere, außer solchen, welche fliegen können (*Chiropteren*) oder das Meer bewohnen (*Cetaceen*), oder leicht durch schwimmendes Holz verschleppt werden (kleine *Nager*), oder durch den Menschen eingeführt sein können (*Dingo*, der australische Hund); dagegen besaß es die merkwürdigen *Kloakentiere* (*Schnabeltiere*) und die *Beuteltiere*, eine Säugetiergruppe, welche in der alten Welt und mit Ausnahme der *Beutelratten* und der Gattung *Caenolestes* auch in Amerika vollkommen ausgestorben ist. Die Erscheinung erklärt sich daraus, daß in der Erdgeschichte Australien mit seinen anschließenden Inseln frühzeitig dauernd aus jedem Zusammenhang mit den übrigen Kontinenten losgelöst wurde. Während in den vier übrigen Erdteilen die höheren *Säugetiere* sich auf Kosten der *Beuteltiere* entwickelten und ihre niederen Konkurrenten bei dem Zusammenhang der Länder überall ganz oder nahezu ganz verdrängen konnten, hat sich in dem isolierten Australien dieser Fortbildungsprozeß nicht vollzogen und sich ein altertümlicher faunistischer Charakter erhalten. 2. Wie Wallace gezeigt hat, zerfällt der Malaiische Archipel faunistisch in eine östliche und westliche Hälfte. Die Tierwelt der ersteren trägt durchaus einen australischen Charakter, die Tierwelt der letzteren erinnert dagegen an Hinterindien und die orientalische Tierprovinz. Unterschiede im Klima und der Vegetation sind nicht die Ursache der Erscheinung. Denn in beiden Hälften gibt es Inseln mit trockenem und feuchtem Klima, mit spärlicher und üppiger Vegetation. Die Ursache kann nur darin gesucht werden, daß die östlichen Malaiischen Inseln sich im Zusammenhang mit Australien, die westlichen sich im Zusammenhang mit Asien geologisch entwickelt haben. Wallace suchte zwischen beiden Gebieten eine scharfe, zwischen den Inseln Bali und Lombok durchschneidende Grenze zu ziehen. Die Untersuchung der Neuzeit haben zwar die Existenz einer scharfen Trennung, der sogenannten Wallace'schen Linie, nicht bestätigt, wohl aber ergeben, daß zwischen

beiden Faunengebieten sich eine Inselzone erstreckt, in welcher eine Vermengung beider Tierwelten stattgefunden hat. Zu derselben gehört vor allem Celebes. 3. Lange Zeit vor Darwin hat schon der berühmte Geologe Leopold von Buch aus der Verbreitung der Pflanzen auf den Kanarischen Inseln den Schluß auf eine Umbildung der Arten zu neuen Arten gezogen. Auf Inseln entwickeln sich in abgeschlossenen Tälern besondere Arten, weil hohe Gebirgskämme Pflanzen mehr scheiden als weite Meeresstrecken. Für Käfer und Schnecken hat Moritz Wagner viele Beispiele gesammelt, daß das Verbreitungsgebiet einer Art scharf mit einem breiten Fluß oder einem Gebirgskamm abschneidet, während im Nachbargebiet eine nahe verwandte, sogenannte vikariierende Art auftritt. Auch der eigenartige Charakter der Fauna und Flora isolierter Inselgruppen verdient hier Beachtung. Die Hawaiischen Inseln besitzen unter 116 Vogelarten nicht weniger als 70 endemische, d. h. nur dort vorkommende Arten, die Galapagos-Inseln sogar unter 108 Arten 84 endemische.

Wir sind hier ausführlicher bei der Darstellung der Deszendenztheorie verweilt, weil sie unzweifelhaft in der Geschichte der Zoologie die bedeutsamste Erscheinung ist. Keine Theorie hat so sehr in den Entwicklungsgang der zoologischen Forschung eingegriffen, keine ihr so viele neue Probleme gestellt und neue Forschungsgebiete eröffnet wie die Abstammungslehre. Keiner zoologischen Forschung kommt somit ein gleich hervorragender „heuristischer Wert“ zu. Auf die vielen Einwände, welche gemacht worden sind, die Theorie sei ungenügend begründet, läßt sich nur erwidern, daß sie bei dem derzeitigen Stande unseres Wissens die einzige Theorie ist, welche mit unseren Erfahrungen übereinstimmt und dieselben auf einheitliche Weise und auf naturwissenschaftlicher Basis erklärt. In diesem Satz ist zugleich das Lob der Deszendenztheorie, zugleich aber eine Einschränkung für ihre Gültigkeit gegeben. Denn einerseits leitet der Satz die Ansprüche der Theorie auf Gültigkeit aus dem Bedürfnis des menschlichen Geistes nach einer einheitlichen Erklärung der naturwissenschaftlichen Tatsachen ab; andererseits macht er den Grad der Berechtigung von dem jeweiligen Stand unserer Erfahrung abhängig. Das sind aber beides sehr variable Faktoren. Viele Naturforscher haben nicht das Bedürfnis, die Erfahrungen der Paläontologie, der Tier- und Pflanzenkunde in ursächlichen Zusammenhang zu bringen. Ihnen wird man daher die Darwinsche Theorie ebensowenig wie jede andere Gleiches anstrebende Theorie beweisen können. Indessen auch reflektierende Naturforscher werden immer im Auge behalten müssen, daß unsere Naturerkenntnis in beständigem Fortschreiten begriffen ist und zusehends eine Erweiterung und Vertiefung erfährt. Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß diese Fortschritte auch zu manchen Umgestaltungen der Theorie führen werden. Die Vorstellung von der Art, in welcher die Formen sich auseinander entwickelt haben, läßt sehr verschiedene Fassungen zu. Noch mehr wird die Lehre von den Ursachen, welche die Bildung neuer Arten veranlassen, vielfachem Wandel unterworfen sein. Dagegen kann man wohl mit großer Sicherheit behaupten, daß das Deszendenzprinzip, welches durch den Darwinismus zum ersten Male zur Herrschaft gelangt ist, einen dauernden Grundpfeiler der biologischen Forschung ausmachen wird.

Allgemeine Zoologie.

Durch das ganze Tierreich läßt sich ein gewisses Maß von Gleichartigkeit in den Lebenserscheinungen verfolgen: die Art, wie sich die Tiere ernähren und fortpflanzen, wie sie sich bewegen und wie sie empfinden, ist in großen Gruppen im wesentlichen die gleiche und kann sogar bei weit entfernten Formen mancherlei Übereinstimmung bieten. Demgemäß müssen auch die Einrichtungen, welche für die genannten Funktionen getroffen sind, die Organe der Ernährung und Fortpflanzung, der Bewegung und Empfindung, in ihrem gröberen und feineren Bau und in ihrer Entwicklungsweise einander ähnlich sein und einige stets oder häufig wiederkehrende Grundzüge erkennen lassen. Diese fundamentalen Erscheinungen der tierischen Organisation und des tierischen Lebens zu erläutern, ist Aufgabe der allgemeinen Zoologie.

Wir wollen bei dieser Betrachtung den Gedanken zugrunde legen, wie sich ein Organismus aus seinen Bestandteilen aufbaut, und dabei das entgegengesetzte Verfahren befolgen, welches Anatomie und Physiologie tatsächlich einschlagen, die erstere, indem sie den Körper in seine Bausteine, die Organe, Gewebe und Zellen auflöst, die letztere, indem sie das Leben als die Resultante vieler Einzelprozesse erkennt, welche sich an den Organen, Geweben und schließlich den einzelnen Zellen abspielen. Eine derartige Synthese des Organismus aus seinen Bestandteilen, wie wir sie in der allgemeinen Anatomie und Physiologie nur der Idee nach vornehmen können, vollzieht sich in der Natur während der Entwicklung, der Ontogenese jedes einzelnen Tieres. Entwicklungsgeschichtlich ist jeder Organismus am Anfang seines Daseins eine einzelne Zelle. Die Zelle teilt sich und bildet Zellhaufen, aus denen sich in gesetzmäßiger Weise kleinere Gruppen als Anlagen der Gewebe und Organe abgliedern, so das wohlgeordnete Ganze des tierischen Körpers erzeugend.

Von der Erkenntnis des Einzeltieres ausgehend, haben wir dann die Beziehungen der Tiere zu ihrer Umgebung zu studieren — Ökologie oder Biologie im engeren Sinne — zunächst die Wechselbeziehungen zwischen Tier- und Pflanzenreich und der Tiere untereinander, wie sie in Stock- und Staatenbildung, Symbiose und Parasitismus zu besonderem Ausdruck gelangen, weiterhin die zeitliche und die räumliche Verbreitung der Tiere über die Erde, die Paläozoologie und Tiergeographie.

I. Allgemeine Anatomie.

Den Ausdruck „Bestandteile des tierischen Körpers“ kann man in doppeltem Sinn anwenden. Man kann von Mischungsbestandteilen reden: das sind die chemischen Verbindungen, welche die Gewebe bilden;

sie sind Gegenstand der Tierchemie und können hier übergangen werden. Man kann aber auch von Formbestandteilen des tierischen Körpers reden: das sind in letzter Instanz die Zellen. Diese und ihre Umbildung zu Geweben, Organen und ganzen Tieren sind für uns von viel größerer Bedeutung.

1. Formbestandteile des tierischen Körpers.

Die Lehre von den Formbestandteilen der organischen Körper hat eine feste Grundlage erst durch die Zellentheorie gefunden. Jede wissenschaftliche Tier- und Pflanzenanatomie muß daher von der Zellenlehre ihren Ausgangspunkt nehmen.

Der Begriff der Zelle, wie er in der Morphologie der Tiere und Pflanzen eingebürgert ist, hat im Laufe der Zeit viele Wandlungen erfahren, welche man einigermaßen kennen muß, um Namen und Begriff vollkommen zu verstehen. Als Hooker, Marcello Malpighi und Nehemia Grew im 17. Jahrhundert den Namen in die Pflanzenanatomie einführten, verstanden sie darunter kleine Kämmerchen, umgeben von festen Wandungen und von Luft oder flüssigem Inhalt erfüllt. Diese Erkenntnis wurde am Anfang des 19. Jahrhunderts zu der Lehre erweitert, daß die Zellen die anatomischen und physiologischen Einheiten des Pflanzenkörpers seien, aus deren Umwandlung alle übrigen Teile sich bilden. Für die weitere Entwicklung der Zelltheorie wurde es von großer Bedeutung, daß der englische Botaniker Brown im Innern der Zelle ein bis dahin übersehenes Körperchen, den Nucleus oder Zellkern, auffand. Diese Entdeckung veranlaßte Schleiden, welcher im übrigen an dem überkommenen Zellbegriff festhielt, zu einer neuen, sachlich durchaus verfehlten Theorie der Zellentstehung, daß sich in einer Art Mutterlauge, dem Cytoblastem, zunächst ein Korn bilde, das Kernkörperchen, daß um dieses Korn eine Niederschlagsmembran entstehe, die Kernmembran, und um den damit fertiggestellten Kern eine weitere Niederschlagsmembran, die Zellmembran. So sei für die Entstehung der Zelle der Kern von der allergrößten Bedeutung.

Geschichte
der
Zelltheorie.

Da in dem Körper der Tiere die Kerne der Zellen am leichtesten gefunden werden und auch jetzt noch zur Orientierung über das Vorkommen von Zellen vornehmlich benutzt werden, so ist es verständlich, daß die Schleidensche Lehre, welche den Zellkern so sehr in den Vordergrund stellte, für Schwann Veranlassung werden konnte, die Zelltheorie auf das Tierreich zu übertragen und damit zu einem allgemeingültigen Prinzip zu erheben. Daraus erklärt es sich, daß man von einer Schwann-Schleidenschen Zellentheorie spricht. Dieser Theorie zufolge soll für die Funktion der Zelle ihre Wandung, die Zellmembran, das wichtigste sein; durch die Zellmembran hindurch sollen sich Diffusionsströme zwischen Umgebung und flüssigem Zellinhalt abspielen; der Charakter der Membran und des Zellsaftes solle nach allgemein physikalischen Gesetzen die Beschaffenheit der Diffusionsströme und damit auch den funktionellen Charakter der Zelle bestimmen; das verschiedene Aussehen der Gewebe sei vornehmlich dadurch bedingt, daß die anfangs kugeligen Zellen ihre Gestalt verändern, indem sie beim fibrillären Bindegewebe z. B. enorm in die Länge zu feinen Fibrillen auswachsen (Zellmetamorphose). Da das Leben des Organismus nun nichts anderes ist als das Zusammenwirken aller seiner Zellen, so schmeichelte man sich, durch die

Schwann-
Schleiden-
sche Zellen-
theorie.

Zellentheorie und die durch sie bewirkte Entdeckung der „physikalischen Einheiten“ des tierischen und pflanzlichen Körpers dem großen Problem der physikalischen Erklärung der Lebenserscheinungen um ein gutes Stück näher gerückt zu sein. — Auch die Zellgenese schien nach Schleidens Lehre, wie die Bildung eines Kristalls, ein physikalisch erklärbarer Prozeß zu sein. Im Cytoblastem sollen ja Kernkörperchen, Kernmembran und Zellmembran ähnlich den Vorgängen bei der Kristallisation durch Verdichtung gebildet werden.

Reformbewegungen

Inzwischen haben sich unsere Auffassungen vom Wesen der Zelle vollkommen verändert. Wir wissen, daß die Zelle nicht nach Art eines Kristalls als eine Neubildung in einer Mutterlauge entsteht, sondern die Existenz einer lebenden Mutterzelle voraussetzt, von welcher sie durch Teilung oder Knospung erzeugt wird. Ebenso ist auch die Zelle nicht eine physikalische Einheit, sondern selbst wieder ein Organismus, welcher uns alle Rätsel des Lebens erkennen läßt, deren physikalische Erklärung unserer Forschung immer als Ziel vorschweben muß, wenn auch als ein Ziel, das noch in weite, gar nicht absehbare Entfernung gerückt ist. Für das Wesen der Zellen sind ferner Membran und Zellsaft von untergeordneter Bedeutung; das wichtigste an der Zelle ist vielmehr eine lange Zeit über gar nicht berücksichtigte Substanz, das „Protoplasma“. Nach unserer neueren Auffassung ist die Zelle vornehmlich ein Plasmaplümchen, ausgerüstet mit einem oder mehreren Kernen. Diese neuere Auffassung vom Wesen der Zelle hat sich nun so allmählich entwickelt und die Schwann-Schleidenschen Ansichten so langsam verdrängt, daß der alte Name, obwohl er für die neue Auffassung gar nicht mehr paßte, beibehalten wurde. Man hatte sich schon so sehr an den Namen gewöhnt, daß man gar nicht mehr den Widerspruch empfand, der darin lag, daß man ein solides Klümchen ohne Membran eine „Zelle“ nannte.

Die Reform der Zellentheorie wurde durch Entdeckungen angebahnt, welche auf sehr verschiedenen Gebieten gemacht und erst später in einem Brennpunkt vereinigt worden sind.

1. Schon an der Grenze des 18. und 19. Jahrhunderts hatten Bonaventura Corti und Treviranus gesehen, daß die Chlorophyllkugeln, welche die grüne Farbe der Pflanzen bedingen, bei vielen Arten lebhaft im Innern der Zelle herumströmen; aber erst Mohl fand heraus, daß die Kugeln sich nicht aktiv bewegen, daß sie vielmehr von einer homogenen Substanz, in welcher sie eingebettet sind, bewegt werden. Diese Substanz, welche Mohl, um sie in den Vordergrund zu stellen, Protoplasma nannte, gewann durch eine zweite Beobachtung noch größere Bedeutung. Bei der Fortpflanzung der einfachsten Algen ergab sich, daß das Protoplasma mancher Zellen samt den Chlorophyllkörnern sich zu einem ovalen Körper zusammenballt, daß dieser Körper das Gehäuse der Zellmembran verläßt, um im Wasser frei herumzuschwimmen. Da das Zellgehäuse keine Lebenserscheinungen mehr zeigte, der Protoplasmakörper dagegen zur Ruhe kam und eine neue Pflanze bildete, so war unzweifelhaft bewiesen, daß dieser der wichtigste Bestandteil der Pflanze sei (vgl. Fig. 115).

2. In der tierischen Gewebelehre kam die Bedeutung der eigentlichen Zellsubstanz, des Protoplasmas, noch eindringlicher zur Geltung. Hier führte, trotz lange Zeit herrschender, vorgefaßter Meinungen, die vorurteilsfreie Untersuchung zum Resultat, daß die meisten tierischen Zellen überhaupt keine Membran besitzen.

3. Sehr wichtig war endlich das Studium der niedrigsten Organismen, der *Protozoen*. Dujardin suchte durch äußerst sorgfältige Beobachtungen den Beweis zu führen, daß diese Tiere keine Organe besäßen, sondern aus einer gleichförmigen, körnchenführenden Substanz beständen, der Sarcode. Die Sarcode solle alle sonst auf viele Organe verteilten Lebensäußerungen, Bewegung, Empfindung, Ernährung, allein vermitteln. Dujardins Lehre wurde durch Ehrenberg und seine Schule lebhaft bekämpft, gelangte aber schließlich durch die bahnbrechenden Arbeiten von Max Schultze und Haeckel zu allgemeiner Geltung.

Auf Grund obiger drei Beobachtungsreihen hat endlich Max Schultze die schon kurz skizzierte Reform der Zellentheorie durchgeführt, indem er durch ein genaues Studium des Aussehens und der Lebenserscheinungen und durch Experimente den Nachweis führte, daß Zellsubstanz der Tiere, Sarcode der *Protozoen* und Protoplasma der Pflanzen identisch seien. — Die zweite wichtige Reform betrifft die Lehre von der Umbildung der Zellen zu Geweben. Dieselbe erfolgt nur zum Teil durch Formveränderungen und Auswachsen der Zellen zu den Gewebeelementen, wie Schwann es dargestellt hatte; viel wichtiger sind die sie begleitenden stofflichen Umwandlungen. Vermöge seiner „formativen Tätigkeit“ erzeugt das Protoplasma Strukturteile, welche nicht mehr Protoplasma sind, wie die Bindegewebsfibrillen, Muskelfibrillen, Nervenfasern usw. Dieselben bedingen den spezifischen Charakter der einzelnen Gewebe und leisten die Funktionen derselben. Neben ihnen erhalten sich dann als Lebens- und Bildungsherde die nicht verbrauchten Reste der Zellen, die Bindegewebskörperchen, Muskelkörperchen usw. Diese Grundgedanken der Max Schultzeschen „Protoplasmatheorie“ wollen wir nun weiter ausführen und dabei die Grundzüge der modernen Gewebelehre kurz skizzieren.

Die Größe der tierischen Zellen schwankt in bedeutenden Breiten; die kleinsten Elemente sind wohl die männlichen Samenzellen, die Spermatozoen, deren Körper — nach Abzug des Schwanzfadens — namentlich bei Säugetieren oft nur 0,003 mm mißt; die größten Zellen dagegen sind, abgesehen von den Riesenplasmodien einiger *Mycetozoen*, die Eizellen. Das Gelbe des Vogeleies, welches allein das Ei im engeren Sinne, befreit von seinen Hüllen, darstellt, besitzt vor Beginn der Embryonalentwicklung den Formwert einer Zelle und kann bei Straußeneiern einen Durchmesser von mehreren Zentimetern erreichen.

Die Form der Zelle ist ebenfalls variabel. Freilebende, durch ihre Umgebung in ihrer Gestalt nicht bestimmte Zellen sind meist im Ruhezustand kugelig oder oval, wie die Eizellen lehren; zu Geweben vereint, können sich dagegen die Zellen zu polygonalen oder prismatischen Körpern zusammendrängen oder sich in spindelige oder sternförmig verästelte Ausläufer verlängern.

So bleibt für die Charakteristik der Zelle nur die Beschaffenheit ihrer Substanz übrig: die Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma mit einem oder mehreren Kernen (Nuclei). Von einer chemischen Charakteristik des Protoplasmas müssen wir Abstand nehmen. Wir wissen nicht einmal, ob das Protoplasma ein bestimmter chemischer Körper ist, der vermöge seiner Konstitution unendliche Variationen zuläßt, oder ob es ein wechselndes Gemisch verschiedener chemischer Körper darstellt. Ebenso wissen wir noch keineswegs sicher, ob diese Körper, wie man Grund hat anzunehmen, den an und für sich rätselhaften Protein-substanzen angehören. Wir können nur sagen: die Beschaffenheit des

Schultzes
Protoplasma-
theorie.

Charakteristik der
Zelle.

Beschaffenheit des
Protoplasmas.

Protoplasmas muß bei einer gewissen Gleichartigkeit zugleich auch eine ganz außerordentliche Verschiedenartigkeit gestatten, was neueren Untersuchungen zufolge in hohem Maße für die Proteinsubstanzen zutrifft. Denn wenn wir sehen, daß aus dem Ei eines Hundes stets nur ein Hund, und zwar ein Tier mit allen seinen individuellen Eigentümlichkeiten wird, daß das Ei eines Seeigels, unter die wechselndsten Bedingungen gebracht, stets einen Seeigel liefert, daß eine Amöbenart stets nur die für sie charakteristischen Bewegungen ausführt, so müssen wir annehmen, daß der funktionierende Bestandteil dieser Zellen, das Protoplasma, in jedem einzelnen Falle seine Besonderheiten hat. An dieser Auffassung wird nichts geändert durch den Nachweis, daß auch der später zu besprechende Kern einen hervorragenden Anteil an den hervorgehobenen Unterschieden hat.

Die bei aller Verschiedenheit doch unverkennbare Gleichartigkeit des Protoplasmas äußert sich in seinem Aussehen und in seinen Lebenserscheinungen. Bei schwachen Vergrößerungen erscheint das Protoplasma als eine mattgraue, seltener durch Imbibition mit Farbstoffen gelblich, rötlich oder anderweitig gefärbte Substanz, in welcher zahlreiche, stark lichtbrechende Körnchen, darunter öfters auch Pigmentkörnchen, eingebettet sind. Die Lebenseigenschaften dieser Substanz sind: Bewegungsfähigkeit, Reizbarkeit, Fähigkeit zur Ernährung und Fortpflanzung.

Mit Hilfe starker Vergrößerungen kann man in der Grundlage des Protoplasmas, dem „homogenen Protoplasma“ früherer Autoren, eine feinere Struktur erkennen; sie erscheint unter dem Bild eines feinmaschigen Gerüsts (Filarsubstanz, Hyaloplasma, Zellreticulum), dessen Zwischenräume von anderweitiger Substanz (Interfilarsubstanz, Enchylem) erfüllt sind. Ein Teil der Histologen deutet die Struktur in der Tat als ein Gerüst feiner Bälkchen und Fäden, ein anderer Teil nimmt dagegen eine Schaum- oder Wabenstruktur an, wie man sie erhält, wenn man verschiedenerlei sich nicht mischende, sondern ein feinstes Gemenge ergebende Flüssigkeiten miteinander schüttelt. Man hat Schaumstrukturen, welche in ihrem Aussehen dem Protoplasma täuschend ähnlich sehen, künstlich hergestellt, indem man eine mikroskopisch feine Verteilung von Pottaschelösung in Olivenöl erzielte. Die Vorstellung, daß das Protoplasma ein Gemenge zweier Flüssigkeiten ist und infolgedessen Schaumstruktur besitzt, hat den großen Vorzug, daß sie ermöglicht, zweierlei Forschungsergebnisse, die zunächst im Widerspruch zu stehen scheinen, in Übereinstimmung zu bringen. Mikroskopische Untersuchungen haben namentlich während der Befruchtung der Eier und der Zellteilung komplizierte Strukturen im Protoplasma nachgewiesen. Andererseits haben exakte Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Protoplasmas zum Resultat geführt, daß dasselbe den Aggregatzustand von Flüssigkeiten hat, während man früher von einer „festflüssigen Beschaffenheit“ sprach.

Bewegungs-
fähigkeit
des Proto-
plasmas.

Die **Bewegung** äußert sich in Gestaltsveränderungen des gesamten Protoplasmas — amöboide Bewegung —, ferner in Lageveränderungen der kleinen Körnchen im Innern — Körnchenströmung. Zur amöboiden Bewegung (Fig. 15) gehören namentlich die später zu beschreibenden Bewegungen der **Protozoen** und der farblosen Blutzellen vieler vielzelliger Tiere; die Protoplastkörper schicken hier gröbere und feinere Fortsätze aus, die wieder eingezogen werden, zur Ortsveränderung dienen und daher Pseudopodien oder Scheinfüßchen heißen. Die

Körnchenströmung kann sowohl im Inneren des Zellkörpers selbst als auch an den von diesem ausgehenden Pseudopodien wahrgenommen werden. Mögen die Pseudopodien noch so fein sein und an der Grenze der Sichtbarkeit mit unseren stärksten Vergrößerungen stehen (Fig. 16), so kann man an ihnen doch wahrnehmen, daß die Körnchen wie Spaziergänger auf einer Promenade hin und her wandern, manchmal gleichzeitig in zentripetaler und zentrifugaler Richtung, in beiden Richtungen einige mit größerer, andere mit geringerer Geschwindigkeit. Und doch bewegen sich die Körnchen nicht aktiv, sondern werden durch die Grundsubstanz des Protoplasmas, in welche sie eingebettet sind, bewegt. Denn wenn man willkürlich gewählte Farbkörnchen, z. B. fein verteilten Karmin, durch Fütterung den Pseudopodien einverleibt, so zeigen diese ebenfalls die merkwürdige Körnchenströmung.

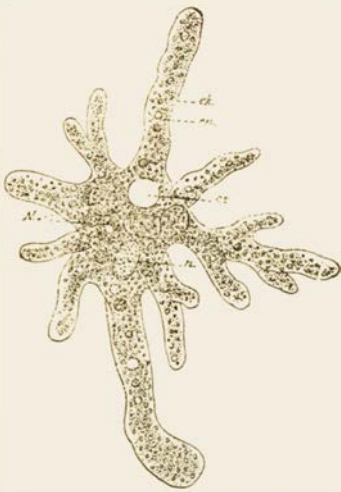


Fig. 15. *Amoeba proteus*, nach Leidy. *ek* Ectosark, *en* Entosark, *ev* kontraktile Vakuole, *n* Kern, *N* Nahrungskörper.

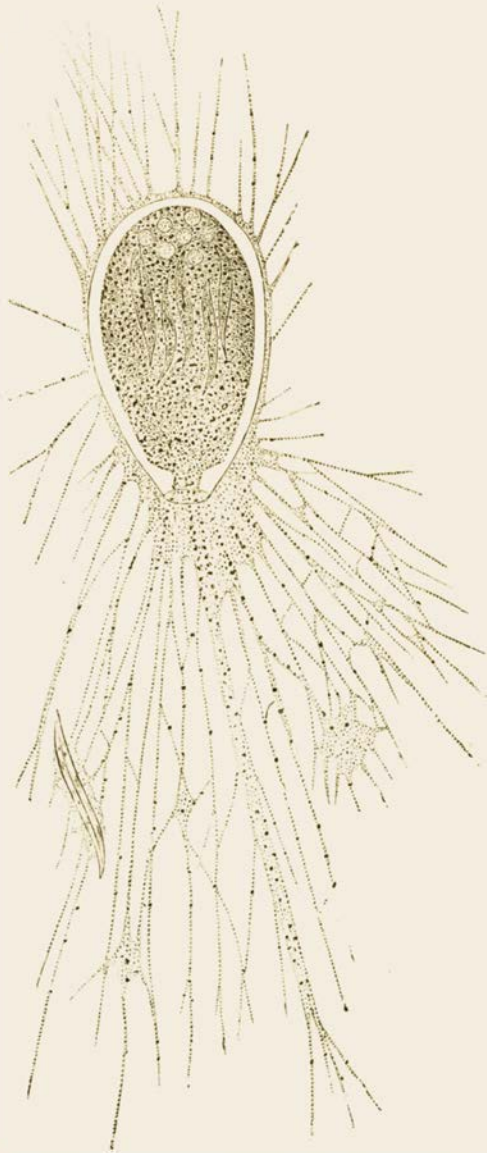


Fig. 16. *Gromia oviformis* (aus Lang nach M. Schultze).

Daß amöboide Bewegung und Körnchenströmung durch mechanische, chemische, elektrische und thermische Reize sowie durch Lichtreize ausgelöst, zum Stillstand gebracht und modifiziert werden können, ist ein sicherer Beweis für die **Reizbarkeit** des Protoplasmas. Man spricht

daher von Thigmo-, Chemo-, Elektro-, Thermo-, Photo-Taxis des Protoplasmas. Am wichtigsten sind die thermischen Reize. Steigert man die gewöhnliche Temperatur der Umgebung, so werden zunächst die Bewegungen beschleunigt bis zu einem Maximum; von da tritt eine Verlangsamung ein, endlich vollkommener Stillstand, die Wärmestarre. Hält die hohe Temperatur noch länger an, oder erfährt sie gar eine weitere Steigerung, so erfolgt der Tod. Die letale Temperatur ist für die meisten Organismen zwischen 30 und 50° C gegeben. Wie eine Wärmestarre, so gibt es auch eine Kältestarre, herbeigeführt durch ein starkes Sinken der Temperatur unter die normale. Eingeleitet wird dieselbe durch eine allmähliche Abnahme der Beweglichkeit; ihren Schluß findet sie im Kältetod, welcher aber nicht so leicht wie der Tod durch Erwärmen herbeigeführt wird.

Es ist bemerkenswert, daß viele Tiere und demgemäß auch ihre Zellen einfrieren und in diesem Zustand starke Kälte vertragen können, ohne zu sterben (z. B. *Goldfische* Temperaturen von -8 bis -15° , *Frösche* bis 28° , *Blindschleichen* bis -25° , *Rotatorien* bis -60° C). Die Tiere erwachen zu neuem Leben, wenn sie mit genügender Vorsicht aufgetaut werden.

Ernährung
und Fort-
pflanzung.

Erregbarkeit und Bewegungsfähigkeit sind wichtig für die **Ernährung**. Letztere ist bei den meisten tierischen Zellen, wie z. B. fast allen Gewebszellen, nicht gut zu verfolgen, weil sie von flüssiger Nahrung leben. Gewisse Zellen höherer Tiere, die farblosen Blutzellen und die meisten einzelligen Tiere können aber auch mit festen Substanzen gefüttert werden; sie nehmen die Nahrungskörper, indem sie sie mit Pseudopodien umfließen, in das Innere des Protoplasmas auf, entziehen ihnen alles Assimilierbare und stoßen das Unverdauliche wieder aus (Fig. 16). Bei der Ernährung kommt nicht nur in Betracht, daß die Zellen die aufgenommene Nahrung zum eigenen Wachstum und zum Ersatz des Verbrauchten benutzen; sie haben meist auch die Fähigkeit, anderweitige Stoffe als Protoplasma zu erzeugen; wie z. B. manche *Protozoen* organische, oft mit Kiesel oder Kalk erhärtete Gehäuse bilden. Diese bildnerische Tätigkeit, die Erzeugung von „Protoplasmaprodukten“, ist der Ausgangspunkt für die sogleich zu besprechende Gewebebildung.

Die *Fortpflanzung* der Protoplasmakörper ist gleichbedeutend mit der Teilung der Zelle; um diese aber zu verstehen, müssen wir zuvor noch den zweitwichtigen Bestandteil, den Kern, besprechen.

Zellkern.

Der *Zellkern* oder *Nucleus* ist ein im Protoplasma eingeschlossener Körper, dessen Gestalt zwar für jede Zellart feststeht, im übrigen aber sehr mannigfaltig ist. Meist ist er ein kugeliges oder ovales Bläschen; er kann aber auch zu einem Stab verlängert, hufeisenförmig gebogen, rosenkranzartig eingeschnürt oder sogar baumförmig verästelt sein (Fig. 17). In vielen lebenden Zellen ist der Kern durch sein Aussehen vom umgebenden Protoplasma nur wenig unterschieden und wurde daher häufig übersehen, so daß man von kernlosen Zellen, Cytoden, sprach. Auch jetzt noch gelingt sein Nachweis öfters nur mit großer Mühe und unter Anwendung einer besonderen Technik, welche sich auf das mikrochemische Verhalten der Kernsubstanz stützt. Letztere unterscheidet sich vom Protoplasma unter anderem durch ihre größere Gerinnungsfähigkeit in gewissen Säuren, z. B. Essig- und Chromsäure, welche daher vielfach zum Kernnachweis verwandt werden. Wenn in einer lebenden Zelle der

Kern wegen der Gleichartigkeit seiner Lichtbrechung vom Protoplasma nicht unterscheidbar ist, so genügt vielfach der Zusatz von 2proz. Essigsäure, um ihn scharf konturiert hervortreten zu lassen.

Noch wichtiger für den Kernnachweis sind geeignete Färbeverfahren, welche es zugleich ermöglichen, feinere Strukturen im Kern nachzuweisen. Nach ihrem Verhalten gegen Farbstoffe kann man vornehmlich zweierlei Kernsubstanzen unterscheiden: das Chromatin oder Nuclein (Fig. 19 *ch*), welches in gewissen (basischen) Farbstoffen, wie z. B. in Lösungen von Karmin, Hämatoxylin, Safranin, sehr leicht gefärbt wird, und das Achro-

Struktur
des Kerns.

Fig. 17.

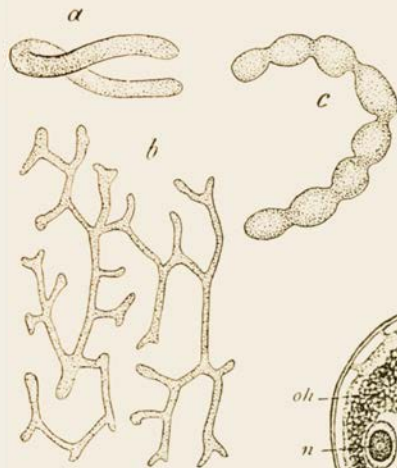


Fig. 18.

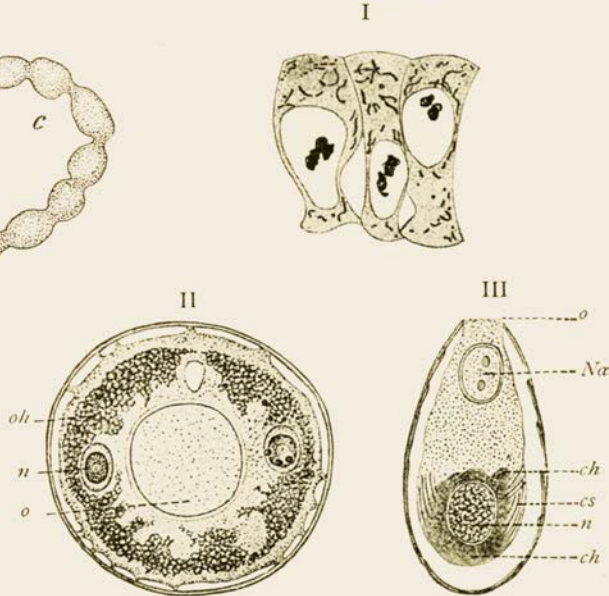


Fig. 17. Abweichende Kernformen. *a* hufeisenförmiger Kern einer *Acinete*, *b* verästelter Kern aus dem Malpighischen Gefäß einer *Sphingidenraupe*, *c* rosenkranzförmiger Kern eines Infusors (*Stentor coeruleus*).

Fig. 18. Zellen mit Mitochondrien und mit Chromidialapparat. I Embryonale Epidermiszellen mit Mitochondrien eines Hühnchens (nach Meves). II *Arcella vulgaris* mit zwei Kernen und aufgelockertem Chromidialnetz. III *Englypha* mit kompakter Chromidialhülle des Kerns. *o* Schalenmündung, *Na* Nahrungskörper, *ch* Chromidialmasse, *n* Kern, *cs* Reservestücke zur Bildung einer neuen Schale.

matin oder Linin, welches sich gar nicht oder nur unter besonderen Verhältnissen (sauren Farbstoffen) färbt.

Das Achromatin bildet ein von Flüssigkeit, dem Kernsaft, durchsetztes Gerüst, welches nach außen von einer bei großen Kernen leicht isolierbaren Kernmembran abgegrenzt wird. Ist wenig Kernsaft vorhanden und infolgedessen das Kerngerüst sehr engmaschig, so macht der Kern einen kompakten Eindruck. Ist dagegen der Kernsaft reichlich, so erhält man den Eindruck eines Bläschens. Letzteres ist besonders dann der Fall, wenn die Stränge des Kerngerüsts durch ansehnliche Flüssigkeitsansammlungen auseinander gedrängt werden (Fig. 19, 4).

Das Chromatin steht in enger Beziehung zu einer minder färbbaren, vom Achromatin gleichwohl scharf unterschiedenen Substanz, der Nucleolarsubstanz (Plastin oder Paranuclein) (*p*). In den Kernen

der Protozoen sind gewöhnlich Nucleolarsubstanz und Chromatin innig verbunden, indem die erstere das Substrat bildet, in welchem letzteres eingelagert (*chp*) ist. Die aus der Vereinigung beider Substanzen gebildete Masse ist am häufigsten auf dem Kerngerüst in Form feiner Körnchen dicht verteilt, so daß der gesamte Kern gleichförmig chromatisch erscheint (Fig. 17). Seltener ballt sich die Masse zu einem oder mehreren besonderen, neben dem Kerngerüst bestehenden Körpern, den chromatischen Nucleoli, Amphinucleoli oder Karyosomen, zusammen. Das Karyosom ist gewöhnlich ein rundlicher Brocken, seltener ist es verästelt (Fig. 19, 1). Auch bei den Kernen vielzelliger Tiere kann die beschriebene innige Vermengung von Nucleolarsubstanz und Chromatin vorkommen (6). Doch ist die Regel, daß die Nucleolarsubstanz — wahrscheinlich nicht die gesamte Masse, sondern ein Überschuß derselben — sich vom Chromatin sondert. So findet man in den Kernen vieler Eier Nucleoli, die aus zwei

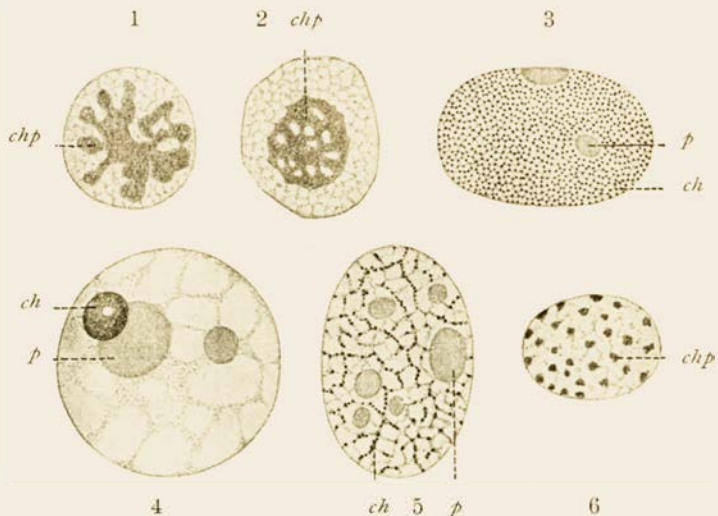


Fig. 19. Bläschenförmige Kerne mit achromatischem Kerngerüst und verschiedener Anordnung des Chromatins und der Nucleolarsubstanz: *p* Plastin (Nucleolarsubstanz), *ch* Chromatin, *chp* Chromatin + Plastin, 1 und 2 Kerne von *Actinosphaerium*, 3 Kern von *Ceratium hirundinella* nach Lauterborn, 4 Keimbläschen von *Unio* nach Flemming, 5 und 6 Kerne vielzelliger Organismen, 5 mit echten Nucleoli, 6 Kern mit vielen Chromatinnucleoli.

von einander unterscheidbaren Teilen bestehen, einer chromatinhaltigen und einer chromatinfreien Partie (4). In den Gewebszellen besitzt meist nur die Nucleolarsubstanz im engeren Sinne die Anordnung zu Nucleolen (echte, chromatinfreie Nucleolen [5]), während das Chromatin in feinen Körnchen auf dem Kernnetz ausgebreitet ist (chromatisches Reticulum). Etwas Ähnliches kann auch bei *Protozoen* vorkommen (Fig. 19, 3).

Chromidial-
apparat.

Neben und nach außen von den Kernen findet sich bei vielen einzelligen Organismen der „Chromidialapparat“, eine in ihrer Färbbarkeit mit der Kernsubstanz übereinstimmende Masse, deren Zugehörigkeit zum Kern auch dadurch bewiesen ist, daß sowohl ihre Entstehung aus dem Kerne (*Actinosphaerium*) als auch ihre Umbildung zu Kernen (*Radiolarien*, *Monothalamien*) wiederholt beobachtet wurde. Die Chromidialmasse kann den Kern wie eine Rindenschicht umgeben (*Euglypha*, Fig. 18 III, *Radio-*

larien), oder mit einem lockeren Netz das Protoplasma durchsetzen (II) oder einzelne Klumpen und gewundene Fäden, die Chromidien, bilden. — Ähnliche, wie Chromidien sich färbende Fäden und Körnchen hat man auch in Zellen vielzelliger Tiere, besonders in stark funktionierenden Zellen, gefunden (Drüsenzellen, Geschlechtszellen) und mit verschiedenen Namen, „Mitochondrien“, „Chondriokonten“, „Plasmosomen“, belegt (Fig. 18, I). Viele Histologen sind der Ansicht, daß sie allen Zellen zukommen, auch den Zellen der Pflanzen, daß sie somit ein besonderes Strukturelement der Zelle darstellen, welches genetisch mit dem Zellkern nichts zu tun hat und sich vom Chromatin desselben auch mikrochemisch unterscheidet.

Lange Zeit war die funktionelle Bedeutung des Kerns in völliges Dunkel gehüllt, so daß man schon anfangs, ihn als ein im Vergleich zum Protoplasma nebensächliches Ding zu betrachten. Der Nachweis, daß der Kern bei allen Befruchtungsprozessen eine ausschlaggebende Rolle spielt, hat eine Veränderung der Auffassungen zur Folge gehabt. Man kam zur Ansicht, daß der Kern den Charakter der Zelle bestimmt, daß die Tätigkeit des Protoplasmas in hohem Maße vom Kern beeinflußt wird. Wenn sich aus dem Ei ein bestimmt geartetes Tier entwickelt, wenn eine Zelle im Tierkörper einen bestimmten histologischen Charakter annimmt, so sind wir jetzt geneigt, dies in erster Linie dem Kern zuzuschreiben. Daraus folgt dann weiter, daß der Kern der Träger der Vererbung ist; denn die Übertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Kinder, welche uns die tägliche Erfahrung des Lebens lehrt, kann nur durch die Geschlechtszellen der Eltern, durch Ei- und Samenzellen bewirkt werden. Da nun der Charakter der Geschlechtszellen infolge der soeben vorgetragenen Auffassung wiederum vom Kern bestimmt wird, so wird die Übertragung in letzter Instanz vom Kern vermittelt. Eine weitere Stütze hat diese Auffassung durch Experimente an *Protozoen* gewonnen. Wenn man diese einzelligen und sehr häufig auch einkernigen Tiere durch einen Schnitt in eine kernhaltige und eine kernlose Hälfte zerlegt, lebt erstere weiter und regeneriert die verloren gegangenen Teile; die kernlose Partie dagegen ist zwar eine Zeitlang noch bewegungsfähig, offenbar solange die in ihr aufgespeicherten Spannkkräfte reichen; sie vermag dagegen auf die Dauer nicht zu assimilieren und demgemäß auch verloren Gegangenes nicht zu regenerieren; sie muß schließlich zugrunde gehen. — Von den Substanzen, welche wir oben am Kern unterschieden haben, scheint es das Chromatin zu sein, welches den bestimmenden Einfluß auf die Funktionen des Protoplasmas ausübt und demgemäß auch der Träger der Vererbung ist. Das achromatische Netz ist dagegen Sitz der Kontraktilität und spielt bei den zur Teilung führenden Bewegungen des Kerns die Hauptrolle.

Funktion
des Kerns.

Neben dem Kern findet sich bei vielzelligen Tieren im Protoplasma noch ein besonderes Körperchen, das Zentralkörperchen, welches wegen seiner Kleinheit, und da es sich Farbstoffen gegenüber wie Achromatin verhält, lange Zeit übersehen worden ist, und auch jetzt noch dem Nachweis Schwierigkeiten bereitet, so daß über seine Morphologie noch einige Unsicherheit herrscht; es ist ein feines Korn, die Centriole, oft umhüllt von einer kleinen Kugel homogener Substanz, dem Centrosoma (Fig. 21c). Seine Verbreitung bei *Protozoen* ist noch strittig. Bei manchen *Protozoen* (*Heliozoen*) dauernd vorhanden, tritt es bei anderen nur zu bestimmten Zeiten auf, um wieder zu verschwinden. Was man dann über seine Entwicklungsweise ermittelt hat, macht es wahrscheinlich, daß es ein Abkömmling des Kerns ist. Daher gelangten viele Forscher zur Ansicht,

Zentral-
körperchen.
Centrosoma.
Centriole.

daß das Zentralkörperchen bei allen Protozoen vorkomme, bei den meisten Arten aber als Nucleocentrosoma dauernd im Kern eingeschlossen sei und daher in seiner wahren Natur in der Regel nicht erkannt werde. Funktionell wird das Zentralkörperchen als ein besonderes Teilungsorgan der Zelle gedeutet, welches durch seine eigene Teilung den Anstoß zur Teilung

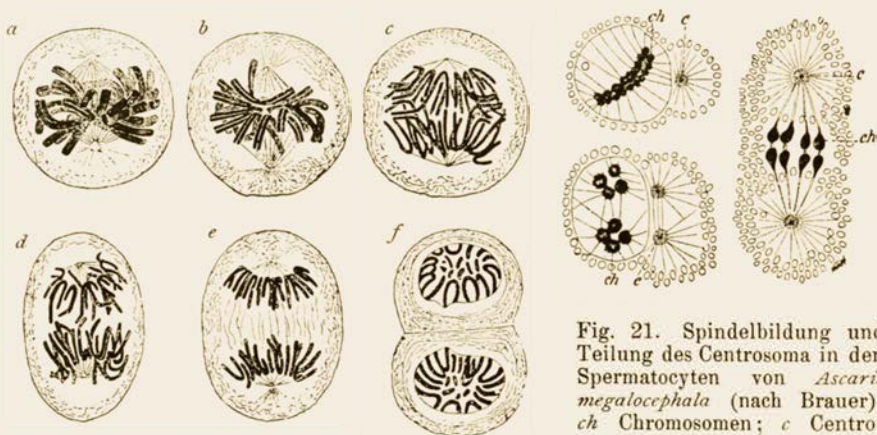


Fig. 20. Zellteilung in der Haut von *Salamandra maculosa* (nach Rabl). *a* Chromosomen zur Äquatorialplatte zusammengetreten (Mutterstern); *b* Teilung der Chromosomen in die Tochterchromosomen, Spaltung der Äquatorialplatte in die Seitenplatten; *c, d, e* Auseinanderweichen und Polwanderung der Tochterchromosomen (Tochtersterne, Seitenplatten); *f* Umbildung der Tochterchromosomen (Seitenplatten) zu den Tochterkernen.
a—b Metaphase, *c—e* Anaphase, *f* Telophase der Teilung.

Fig. 21. Spindelbildung und Teilung des Centrosoma in den Spermatocyten von *Ascaris megalocephala* (nach Brauer); *ch* Chromosomen; *c* Centrosomen.

des Kerns und weiterhin auch des Zellkörpers gibt, wie das im folgenden auseinandergesetzt werden soll.

Zellteilung.
Knospung.

Die Zellvermehrung findet ausschließlich durch Teilung (Division) oder Knospung (Gemmatio) statt. Die gewöhnlichste Form ist die Zweiteilung, bei welcher auf der Oberfläche des Zellkörpers eine ringförmige Furche entsteht, die, tiefer einschneidend, den Körper in zwei gleiche Stücke zerlegt. Seltener und nur bei vielkernigen Zellen möglich, ist die Vielteilung. Die Zelle zerfällt bei derselben simultan in viele (unter Umständen viele Hunderte) Tochterzellen, so viele Tochterzellen, als Kerne in der Mutterzelle vorhanden waren; es wird hierbei dasselbe erreicht, was in anderen Fällen das Resultat vieler aufeinanderfolgender Zweiteilungen ist. Für alle Formen der Teilung ist die gleichartige Beschaffenheit der Teilprodukte charakteristisch, während bei der Knospung die aus der Vermehrung resultierenden Stücke in Größe einander ungleich sind. Bei

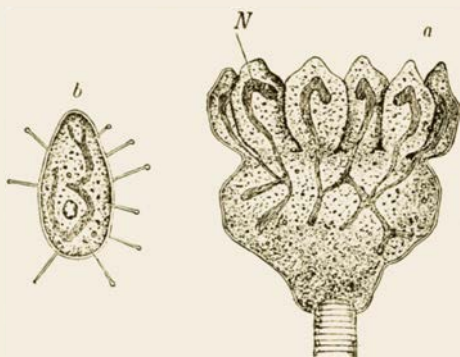


Fig. 22. Zellknospung. *Podophrya* (*Ephelota*) *gemmipara* mit Knospen *a*, die sich ablösen und zum Schwärmer *b* werden, *N* Kern.

der Knospung werden von einer größeren Mutterzelle eine oder mehrere kleine Tochterzellen (die Knospen) abgeschnürt. (Fig. 22.)

Jede Zellteilung wird von einer Kernteilung begleitet oder setzt voraus, daß eine solche vorher stattgefunden hat. Man unterscheidet direkte und indirekte Kernteilung. Direkte Kernteilung (Fig. 22, 148, 153) findet sich vornehmlich bei *Protozoen* und hier wieder besonders bei chromatinreichen Kernen. Der Kern streckt sich in einer Richtung und wird durch eine Furche, senkrecht zu der betreffenden Richtung, ähnlich dem gesamten Zellkörper durchschnürt. Da das Protoplasma keine bestimmte Anordnung zu dem in Teilung begriffenen Kern einnimmt, letzterer außerdem seine Membran bewahrt, muß man schließen, daß der Kern sich selbsttätig teilt, daß er nicht passiv geteilt wird. Sitz der die Teilung bewirkenden Kräfte ist sicherlich das achromatische Kerngerüst, welches demgemäß auch oft eine bestimmte Anordnung — eine faserige Struktur in der Richtung des sich streckenden Kerns — erkennen läßt.

Direkte
Kern-
teilung.

Die indirekte Kernteilung, Karyokinesis oder Mitosis, ist am schönsten ausgeprägt bei chromatinarmen Kernen, welche ein außerhalb des Kerns gelegenes Zentralkörperchen besitzen. Der Prozeß wird durch die Teilung der Zentralkörperchen eingeleitet (Fig. 21). Die Tochterzentren wandern nach zwei entgegengesetzten Punkten des Kerns, welcher nunmehr seine Membran verliert und zur Kernspindel wird. Das Charakteristische der Kernspindel besteht darin, daß ihr Körper nach zwei durch die Lage der Zentralkörperchen bezeichneten Punkten, den Polen, zu Spitzen ausgezogen ist, daß von diesen Polen nach den mittleren Partien des Kerns, dem Äquator, feine Fäden verlaufen, die Spindelfasern, die in manchen Fällen sicherlich nur dem achromatischen Kernnetz entstammen, während in anderen Fällen dem Protoplasma ein größerer oder geringerer Anteil an ihrem Aufbau zukommt (Fig. 20). Ein strittiger Punkt ist das Verhalten der Spindelfasern in der Äquatorialebene der Spindel, ob die Fasern in der Gegend des Äquators enden, so daß die Spindel aus zwei im Äquator getrennten Faserkegeln besteht, oder ob sie kontinuierlich von einem Pol zum anderen durchlaufen, oder ob in derselben Spindel beiderlei Fasern nebeneinander vorkommen. Es scheinen in dieser Hinsicht bei den einzelnen Objekten Verschiedenheiten obzuwalten.

Indirekte
Kernteilung
Mitose.
Karyokinese

Im Äquator der Spindel sammelt sich das gesamte Chromatin des Kerns zu der „Äquatorialplatte“, worunter man jedoch nicht eine zusammenhängende Masse versteht, sondern eine Lage voneinander getrennter Körperchen, der Chromosomen (Fig. 20, 21); diese entwickeln sich schon zu Beginn der Kernteilung, indem die im ruhenden Kern diffus über das Reticulum verbreiteten Chromatinkörperchen sich zu stark färbaren Körpern vereinen, die selten als Kugeln oder gerade Stäbchen erscheinen, meistens die Form U-förmiger Schleifen besitzen. Es ist eine Tatsache von der größten Tragweite, daß die Zahl dieser Chromosomen für alle Gewebszellen einer und derselben Spezies genau die gleiche ist; so betragen die Chromosomenzahlen sich teilender Zellen beim Menschen 24, bei Seeigeln 36, bei Feuerwanzen 24, bei der Crustacee *Artemia* 124.

Der erste auf die Bildung von Tochterzellen hinzielende Schritt der Karyokinese ist die Teilung der Chromosomen (b), welche sich meist in der Äquatorialplatte (Spaltung der Äquatorialplatte), seltener schon auf einem früheren Stadium vollzieht. Die Teilung ist eine genaue Halbierung. Die untereinander gleichen Spaltprodukte eines Mutterchromosoms, die

Tochterchromosomen, rücken unter dem richtenden Einfluß der Spindel-fasern nach entgegengesetzten Polen des Kerns (c, d, e). So bilden sich aus der Spaltung der Äquatorialplatte die beiden Seitenplatten, deren Elemente sich untereinander vereinigen und die Tochterkerne erzeugen (f). Die Zentralkörperchen erhalten sich gesondert als Teilorgane für die nächste Kernvermehrung.

Was nun die beschriebene indirekte Kernteilung noch weiter von der direkten unterscheidet, ist die lebhaftete Beteiligung des Protoplasmas. Das Zentralkörperchen ist Ausgangspunkt einer intensiven Protoplasmastrahlung, d. h. einer radialen Anordnung des Protoplasmastrahlensystems zu den den Mittelpunkt abgebenden Zentralkörperchen (Fig. 21). Wenn das Zentralkörperchen sich teilt, tritt eine Umordnung der zunächst einfachen Strahlung in ein doppeltes Strahlensystem ein. Von den Tochterzentren gehen somit nicht nur die Spindelfasern aus, sondern auch die Protoplasmastrahlen. Da die Anordnung und der Grad der Ausbildung der Protoplasmastrahlen zu den einzelnen Phasen der Zellteilung in ganz bestimmten Beziehungen stehen, müssen wir in den Strahlungen den Ausdruck der im Protoplasma tätigen, die Zellteilung bewirkenden Kräfte erblicken. Es liegt am nächsten, an Kontraktionen zu denken.

Zwischen den besprochenen beiden extremen Fällen der direkten und indirekten Kernteilung gibt es alle möglichen Übergänge, welche erkennen lassen, wie sich der Mechanismus der Kernteilung Schritt für Schritt vervollkommen hat: 1. durch die faserige Anordnung des Kernreticulums (Spindelstruktur), 2. durch Entwicklung der Zentralkörperchen, durch welche die Kernteilung Einfluß auf das Protoplasma gewinnt und ein harmonisches Ineinandergreifen beider Vorgänge bedingt wird, 3. durch die Organisation der Chromosomen. Was letztere anlangt, so ist die Halbierung der regellos verteilten Chromatinmasse bei der direkten Teilung eine relativ rohe Einrichtung im Vergleich zu den komplizierten Vorgängen, welche in der Bildung und Teilung der Chromosomen gegeben sind. Die Vorgänge werden verständlich, wenn wir das Chromatin als die das Zellenleben bestimmende und die Vererbung vermittelnde Substanz (vgl. Befruchtung) deuten. Je höher ein Tier organisiert ist, je mehr die Zellen zu vererben haben, um so wichtiger ist es, daß die „Vererbungssubstanz“ bei der Teilung möglichst genau, d. h. in gleichen Mengen und gleicher Konstitution auf die Tochterzellen verteilt wird, wie es durch die Mitose geschieht. — Mit dieser hohen funktionellen Bewertung der Chromosomen als „Eigenschaftsträger“ der Zelle stehen zwei viel umstrittene Probleme im Zusammenhang: 1. Die „Individualitätslehre der Chromosomen“. Dieselbe erblickt in den Chromosomen dauernde Organisationen des Kerns, welche in der Zeit zwischen zwei Teilungen erhalten bleiben und nur deswegen als solche nicht zu erkennen sind, weil ihre Substanz aufgelockert und auf einen größeren Raum verteilt ist. Diese Auffassung schließt selbstverständlich nicht aus, daß die Chromosomen wie alle lebende Substanz einer allmählichen Erneuerung unterliegen, indem verbrauchte Teilchen durch neue ersetzt werden, daß sie ferner ein Wachstum, eine Vermehrung ihrer Teilchen erfahren, ohne die ja eine Fortpflanzung der Chromosomen bei der Teilung nicht möglich wäre. 2. Die Lehre von der funktionellen Verschiedenheit der Chromosomen. Wenn die Chromosomen Eigenschaftsträger sind, so ist es von vornherein wahrscheinlich, daß nicht ein jedes Chromosom die Anlagen zu sämtlichen Eigenschaften des Organismus enthält, sondern daß eine Art Arbeitsteilung besteht, vermöge deren den verschiedenen Chromosomen ver-

schiedene Aufgaben zuerteilt sind. Zugunsten der funktionellen Verschiedenwertigkeit spricht der Umstand, daß man in vielen Fällen konstante morphologische Unterschiede der Chromosomen (Fig. 101) nachweisen kann (verschiedene Größe, verschiedene Gestalt und Färbbarkeit). Daß in letzteren Fällen von jeder Kategorie mindestens zwei Exemplare (ein väterliches und ein mütterliches) vorhanden sind, erklärt sich aus den später zu erörternden Erscheinungen bei der Befruchtung, deren Verlauf es bedingt, daß die eine Hälfte der Chromosomen von der Mutter, die andere vom Vater stammt. — Von der direkten Kernteilung ist sehr wohl die Kernzerstückelung zu unterscheiden, eine Zerlegung des Kerns in einige wenige oder zahlreiche Stücke. Solche Kernzerstückelungen sind nicht selten bei *Infusorien* (Fig. 149, V—VII), kommen aber auch gelegentlich bei vielzelligen Tieren vor (Riesenzellen des Knochenmarks (Fig. 23), Osteoklasten, gewissen Entwicklungsstadien der Genitalzellen); sie sind in folgender Weise zu erklären. Zwischen Kernmasse und Protoplasmamasse existiert normalerweise ein bestimmtes Größenverhältnis, die „Kern-Plasma-Relation“. Bei starker Zelltätigkeit, z. B. bei *Infusorien*, welche andauernd reichlich gefüttert werden, wächst der Kern auf Kosten des Protoplasmas, bis ein Grad erreicht wird, welcher weitere Assimilation und Vermehrung unmöglich macht („Depressionszustände der Infusorien“). Derartige Tiere resp. Zellen können dann zu normaler Lebenstätigkeit zurückkehren, wenn die Kernmasse verkleinert wird, was durch Kernzerstückelung eingeleitet und durch daran anschließende Resorption von Kernsubstanz erreicht wird. Viele früher mit Unrecht als „Amitosen“ gedeutete Kernzerstückelungen sind somit funktionell zu erklärende Zustände von Kernen stark funktionierender Zellen. Da sie in kritischen Zeiten des Zellenlebens auftreten, können sie dem Zellentod vorausgehen, woraus man mit Unrecht geschlossen hat, daß amitotisch sich teilende Zellen stets dem Untergang geweiht sind.



Fig. 23. Riesenzelle mit vielen Kernstücken.

Kernteilung und Zellteilung bilden gewöhnlich einen wohlgeordneten Mechanismus, dessen einzelne Phasen gesetzmäßig ineinandergreifen. Die Teilungsebene der Zelle steht senkrecht auf der die beiden Pole verbindenden Längsachse der Spindel; ferner entspricht gewöhnlich jeder Teilungsphase des Kerns auch eine bestimmte Teilungsphase des Protoplasmakörpers. Das Wechselverhältnis von Protoplasma und Kern ist nun aber keineswegs ein unabänderliches und unlösbares; vielmehr sind wohl Kernteilungen ohne Beteiligung des Protoplasmas möglich. Wenn dieser Prozeß sich häufig wiederholt, entstehen Protoplasmamassen mit vielen Kernen (Fig. 120, 122), die nun ihrerseits wieder zu vielen Zellen werden können, wenn nachträglich das Protoplasma nach der Zahl der Kerne sich zerklüftet. Vielkernige Protoplasmamassen sind somit Zwischenstufen zwischen der einfachen einkernigen Zelle (vielfach „Energide“ genannt) und dem Haufen vieler einkerniger Zellen und sind infolgedessen bald als Äquivalent einer Zelle, bald als Äquivalent vieler Zellen (Energiden) angesehen und bald vielkernige Zellen, bald Zellen- oder Energidenkomplexe, Syncytien, genannt worden. Im folgenden wollen wir eine vielkernige Protoplasmamasse stets als eine einzige Zelle auffassen, weil bei der Charakteristik der

Vielkernigkeit.

Zelle das Hauptgewicht darauf gelegt werden muß, daß sie einen Lebensherd für sich, eine physiologische Individualität bildet. Nach dieser Hinsicht aber verhält sich eine vielkernige Protoplasmamasse wie eine einkernige. Wie die Gewebszellen und die *Protozoen* lehren, wird durch Vielkernigkeit die Organisationsstufe nicht im geringsten gehoben. Eine Änderung tritt erst von dem Augenblick ein, wo viele gegeneinander abgegrenzte Protoplasmaklumpchen gebildet und damit viele Lebensherde geschaffen werden, d. h. wenn an Stelle der Vielkernigkeit die echte Vielzelligkeit tritt.

Außer der Zellvermehrung und der Bildung vielkerniger Protoplasmamassen gibt es noch eine dritte Art der Zunahme lebender Substanz: die außergewöhnliche Vergrößerung einkerniger Zellen, wie sie vornehmlich bei Eiern und manchen Protozoen vorkommt. In diesen Fällen wächst auch der Kern zu bedeutender Größe heran, ein Beweis für den oben schon erläuterten und auch durch Experimente bewiesenen Satz, daß normalerweise ein bestimmtes Massenverhältnis von Protoplasma und Kernsubstanz (Kernplasmarelation) besteht. Die Art, wie aus einem solchen Riesenkern wieder viele (oft Tausende) kleine Kerne entstehen, so daß die Riesenzelle sich dann in einen Haufen vieler kleiner Zellen verwandeln kann, ist namentlich bei *Protozoen* in mannigfacher Weise variiert.



Wesen der histologischen Differenzierung.

Fig. 24. Bildung der Muskelfibrillen beim Frosch (Schema).
 a Bildungszelle,
 b Bildungszelle mit zwei quergestreiften Muskelfibrillen,
 c Bildungszelle mit zahlreichen Muskelfibrillen.

2. Die Gewebe des tierischen Körpers.

Bei der Bildung von Geweben treten zwei Prozesse in Wirksamkeit: 1. die Vermehrung der Zellen durch Teilung zu Zellkomplexen, 2. die histologische Differenzierung der Zellen. Man kann ein Gewebe daher als einen Komplex histologisch gleichartig differenzierter Zellen definieren.

Die histologische Differenzierung äußert sich zunächst darin, daß die Zellen bestimmte Gestalt und bestimmte Lagebeziehung zu Nachbarzellen erhalten. Dazu kommt fast stets noch als zweites und wichtigeres Moment die histologische Umwandlung der Zelle. Wir haben schon oben hervorgehoben, daß die Zelle die Nährstoffe vielfach nicht nur zum eigenen Wachstum, zur Vermehrung des Protoplasmas benutzt, sondern auch anderweitige Stoffe, Protoplasmprodukte, bilden kann, entweder in ihrem Innern (innere Plasmprodukte) oder häufiger oberflächlich (äußere Plasmprodukte). Die histologische Umwandlung ist nun die Bildung spezifisch funktionierender Plasmprodukte, wobei es zunächst noch dahin gestellt bleiben mag, ob letztere direkt vom Protoplasma aus gebildet werden oder durch Umwandlung der oben genannten Mitochondrien entstehen (S. 59). Nehmen wir als Beispiel die Art, wie eine Zelle zur Muskelfaser wird (Fig. 24), so sehen wir, daß dieselbe auf ihrer Oberfläche immer neue Fäden von spezifischer Muskelsubstanz, bei den Wirbeltieren neue quergestreifte Muskelfibrillen, ausscheidet, bis schließlich die Bildungszelle nur noch in Resten als „Muskelkörperchen“ in einem Mantel von Muskelfibrillen erhalten ist. In analoger Weise zeigen sich die meisten Gewebe bei histologischer Untersuchung zusammengesetzt aus Zellen und Plasmprodukten. Erstere besorgen die

Bildung, Erneuerung und Ernährung des Gewebes, diese sind Träger seiner Funktion. Die Vorteile der Gewebebildung sind die Vorteile, wie sie mit jeder Arbeitsteilung verbunden sind. Solange die Zelle alle Lebensfunktionen in sich vereint, sind dieselben unvollkommen, weil sie sich gegenseitig in ihrer freien Entfaltung hemmen. Das Plasmaproduct dagegen dient nur einer einzigen, ihm eigentümlichen Funktion und kann dieser daher mit größerer Vollkommenheit Genüge leisten. Die von der Zelle gebildeten Muskelfibrillen, die charakteristischen Elemente der Muskulatur, haben von den Eigenschaften des Protoplasmas vornehmlich die Kontraktilität bewahrt; dieselbe ist aber viel energischer und rascher als die Protoplasmabewegung. Die Nervenfibrillen vermitteln nur die Leitung der Reize, aber außerordentlich viel schneller und geordneter als das Protoplasma.

Da uns an jedem Gewebe am meisten seine Funktion interessiert, Einteilung der Gewebe so ist es am naturgemähesten, bei der Einteilung der Gewebe die Funktion und den hiermit aufs innigste zusammenhängenden feineren Bau zugrunde zu legen. Man hat so schon seit längerer Zeit vier Gewebsgruppen aufgestellt: 1. Epithelgewebe, 2. Bindesubstanz, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe. Dabei finden gewisse Bestandteile des tierischen Körpers keine Unterkunft, es sind das die Geschlechtszellen, ferner Blut und Lymphe. Erstere sollen im Anschluß an das Epithel, letztere im Anschluß an die Stützsubstanzen besprochen werden.

1. Epithelgewebe.

Aus mehrfachen Gründen müssen die Epithelien an die Spitze der Gewebe gestellt werden. Sie sind die ältesten Gewebe; sie treten in der Tierreihe zuerst auf, so daß es Tiere gibt, welche nur aus Epithelien bestehen. Ferner besteht jeder einzelne Organismus während der ersten Stadien des embryonalen Lebens nur aus Epithelschichten, den beiden primären Keimblättern. Damit hängt dann weiter zusammen, daß im Epithelgewebe die Zellen den geringsten Grad von histologischer Umbildung erfahren, insofern es nur in untergeordnetem Maße zur Bildung von Plasma-
produkten kommt.

Die vornehmste Aufgabe der Epithelien ist es, über Oberflächen Funktion des Epithels. einen schützenden und abschließenden Überzug zu bilden, gleichgültig, ob die Oberflächen nach außen gewandt sind (Körperoberfläche) oder durch Hohlräume im Innern des Körpers bedingt werden (Darmlumen, Lumen der Blutgefäße, Leibeshöhle). Wie wichtig hierbei die „Deckepithelien“ sind, geht am besten daraus hervor, daß Entzündungen entstehen, wenn die schützenden Decken entfernt werden, und so lange anhalten, bis eine Regeneration des Epithels eingetreten ist. Nur ausnahmsweise kommen epithelfreie Strecken vor; die Zähne der Wirbeltiere, die Geweihe der Hirsche sind Teile des Körpers, welche vermöge ihrer Festigkeit wenigstens eine mehr oder minder beträchtliche Zeit ohne epithelialen Überzug bestehen können.

Durch die oberflächliche Lage sind die Epithelien geeignet, zwei weiteren Funktionen vorzustehen. Alle Stoffe, welche aus dem Körper entfernt werden sollen, teils weil sie infolge der Funktion der Gewebe unbrauchbar und infolgedessen schädlich geworden sind (Exkrete), teils weil sie, wie die Verdauungssäfte, noch weitere wichtige Funktionen zu leisten haben (Sekrete), müssen die Oberfläche passieren und werden daher von Epithelien ausgeschieden, das sind die **Drüsenepithelien**. Ferner dringen auf die Körperoberfläche zunächst alle Einwirkungen der Außenwelt ein,

welche die Sinnesempfindungen veranlassen; daher denn auch gewisse Epithelien für das Zustandekommen der sinnlichen Wahrnehmungen von der größten Bedeutung werden und zum Hören, Sehen, Riechen, Schmecken und Tasten dienen. Derartige Epithelstrecken nennt man Sinnesepithelien.

Deckepithel.

Das **Deckepithel** besteht aus Zellen, welche durch geringe Mengen einer für die Funktion des Gewebes gleichgültigen Kittsubstanz untereinander vereinigt werden. Man spricht von einschichtigen und vielschichtigen Epithelien, je nachdem man auf Schnitten, welche senkrecht zur Oberfläche geführt werden, eine oder zahlreiche Lagen von Zellen übereinander antrifft (Fig. 25, 26).

Einschichtiges Epithel.

Einschichtige Epithelien finden sich bei allen wirbellosen Tieren ausschließlich vor, werden dagegen bei den Wirbeltieren vielfach durch vielschichtiges Epithel ersetzt; sie erhalten sich bei letzteren nur selten im Bereich der Haut (*Amphioxus*), häufiger dagegen als Auskleidung der Hohlräume des Körpers. Nach der Form der Zellen unterscheidet

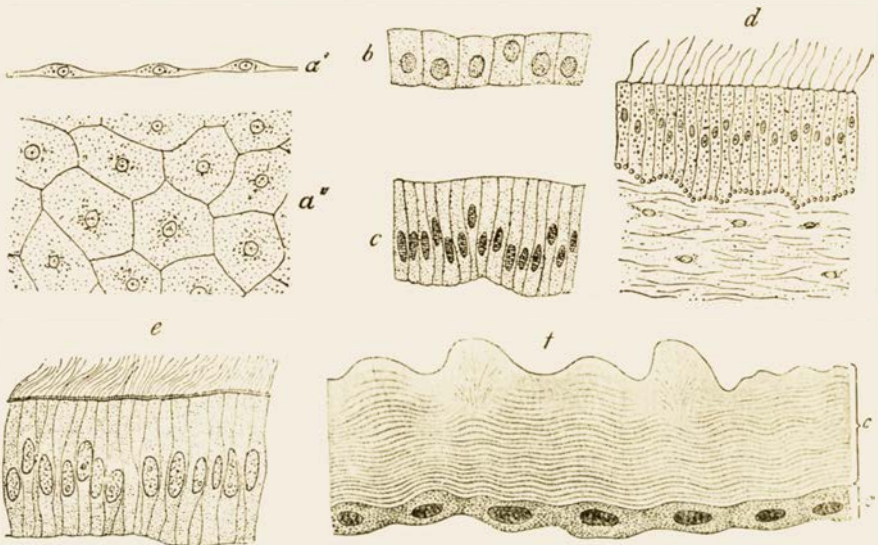


Fig. 25. Verschiedene Formen des einschichtigen Epithels. *a* Plattenepithel von *Sycaandra raphanus*, *a'* auf dem Querschnitt, *a''* von der Fläche gesehen, *b* und *c* Pflasterepithel und Zylinderepithel einer Schnecke (*Haliotis tuberculata*), *d* Geißelepithel einer Actinie (*Calliactis parasitica*), *e* Flimmerepithel aus dem Darm der Teichmuschel, *f* Epithel mit Cuticula einer Blattwespenlarve (*Cimbex coronatus*).

man kubisches oder Pflasterepithel, Plattenepithel und Zylinderepithel. Beim Pflasterepithel (Fig. 25b) sind die Zellen nach allen Richtungen des Raumes nahezu gleichmäßig entwickelt und sehen, weil sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet werden, wie würfelförmige Stücke oder Pflastersteine aus; beim Zylinderepithel ist die Längsachse, die Entfernung vom zentralen zum peripheren Ende der Zelle, besonders groß (Fig. 25c), der Zellkörper zylindrisch oder fadenförmig (Fadenepithel); beim Plattenepithel endlich ist die Längsachse stark verkürzt (Fig. 25a), die einzelne Zelle zu einem dünnen Schüppchen umgeformt.

Weitere Unterschiede, welche für die drei genannten Epithelformen gelten, werden durch den Mangel oder die Anwesenheit von Zellfortsätzen bedingt, von Geißeln oder Wimpern. Beides sind feine Fädchen, welche aus dem Zellkörper entspringen, über die Oberfläche hervorragen und hier

eine äußerst lebhafte Bewegung unterhalten. Beim Geißelepithel (Fig. 25d) besitzt jede Zelle nur einen besonders kräftig entwickelten schwingenden Fortsatz; bei dem Flimmerepithel (Fig. 25e) ist dagegen die Oberfläche der Zelle von einem dichten Wald kleiner, gemeinsam schwingender Fädchen bedeckt.

Die meisten einschichtigen Epithelien erfahren auf ihrer Oberfläche einen festen Abschluß durch die Cuticula, eine Membran, welche von den Epithelzellen gemeinsam ausgeschieden wird und daher nicht selten die Abdrücke der Zellen als eine polygonale Zeichnung erkennen läßt. In vielen Fällen dünn und unscheinbar, kann sie sich in anderen zu einer gewaltigen Lage verdicken, welche viel mächtiger ist als die mit der Ausscheidung der Cuticula betraute Matrixschicht, das Epithel selbst. Die Cuticula ist dann deutlich der Oberfläche parallel geschichtet und bildet einen wirksameren Schutz der Körperoberfläche als das Epithel; sie wird zu einem Panzer, wie uns die Kalkschalen der *Mollusken*, die aus Chitin bestehenden Körperbedeckungen der *Insekten* (Fig. 25f) und andere Beispiele lehren.

Cuticula.

Was beim einschichtigen Epithel die Cuticula zum Schutz beiträgt, kann beim vielschichtigen Epithel (Fig. 26) unmittelbar durch eine chemische Umwandlung eines Teils der Zellen erreicht werden. Beim vielschichtigen Epithel sind die Zellen der einzelnen Schichten in mehr oder minder ausgesprochener Weise durch ihre Formen unterschieden; die tiefste Zellenlage besteht aus Zylinderzellen, die oberflächlichste dagegen aus mehr oder minder abgeplatteten Elementen. Dazwischen liegen mehrere Lagen von Übergangsformen, so daß man, von den Zylinderzellen ausgehend, durch kubische Zellen hindurch allmählich zu den Zellplatten der Oberfläche geführt wird. Wie schon diese Anordnung erkennen läßt, besteht ein genetischer Zusammenhang zwischen den Zellenlagen; die unteren zylindrischen Zellen sind in beständiger Vermehrung begriffen, ihre Abkömmlinge rücken unter allmählicher Gestaltsveränderung in die oberflächlichen Lagen, um hier in gleichem Maße, als sich die Zellen abnutzen, einen Ersatz zu schaffen. Bei dieser Verlagerung können nun die Protoplasmakörper eine Umwandlung erfahren; bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren* (Fig. 26b) verhornen sie, d. h. zunächst wird die Zellrinde, dann die innere Partie der Zelle in die durch größere Widerstandsfähigkeit ausgezeichnete Hornsubstanz (Keratin) umgewandelt. Von der lebenden Zelle erhält sich einige Zeit noch der Kern, bis auch dieser schwindet und damit die Zelle vollkommen in ein totes Hornschüppchen verwandelt wird. In der Haut der höheren Wirbeltiere sind die Zonen der lebenden protoplasmatischen und der nicht mehr lebensfähigen verhornten Zellen scharf gegeneinander abgegrenzt; man unterscheidet sie auf dem Querschnitt leicht als das Stratum corneum (*s*) und das Stratum germinativum (Str. Malpighi) (*sM*) der Haut. Bei vielschichtigen Epithelien hat die Cuticula ihre Bedeutung verloren, sie ist entweder ein unansehnlicher Grenzsaum (Fig. 26a C.S) oder fehlt ganz.

Vielschichtiges Epithel.

Das **Drüsenepithel** unterscheidet sich physiologisch vom gewöhnlichen Deckepithel dadurch, daß es Sekrete oder Exkrete liefert. Anatomisch läßt sich das an der Anwesenheit von „Drüsenzellen“ erkennen, von Zellen, welche die Ausscheidung besorgen und oft schon durch ihre Struktur ihren Charakter verraten. Charakteristische Drüsenzellen sind z. B. die Becherzellen; hier ist das Sekret, wohl meist Schleim, im Innern der Zelle zu einer glasigen Masse angehäuft, das Protoplasma dadurch zu einer dünnen, an einen Becher erinnernden Wandschicht zusammengedrängt, in

Drüsenepithel.

welcher der Kern lagert (Fig. 26a *B*, Fig. 27 *d*). Andere Drüsenzellen sind die Körnchenzellen, bauchig aufgetriebene Körper, die in ihrem Innern von Sekretkörnchen ganz durchsetzt sind (Fig. 26a *Kö*). Zwischen Deck- und Drüsenepithel gibt es natürlich alle Übergänge. Den letzteren Namen wird man gewöhnlich nur dann anwenden, wenn die Drüsenzellen besonders häufig sind und damit der Epithelstrecke in erster Linie sekretorische Bedeutung verleihen. Das ist vornehmlich in den Apparaten der Fall, welche man mit einem besonderen Namen „Drüsen“ nennt, unter denen man einzellige und vielzellige Drüsen unterscheidet.

Einzellige
Drüsen.

Einzellige und vielzellige Drüsen führen zu einer Vergrößerung der sekretorischen Oberfläche durch Einstülpung. Einstülpung einer

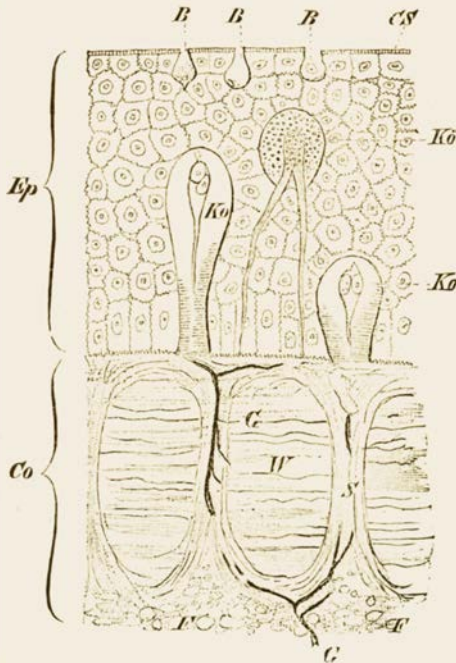


Fig. 26a. Schnitt durch die Haut von *Petromyzon Planeri*. *Ep* das vielschichtige Epithel der Epidermis, darinnen *B* Becherzellen, *Kö* Körnchenzellen, *Kö* Kolbenzellen, *CS* Cuticula, *Co* Lederhaut mit Blutgefäßen (*G*), bestehend aus horizontal geschichteten (*H*) und senkrecht aufsteigenden (*S*) Bündeln fibrillären Bindegewebes (aus Wiedersheim).

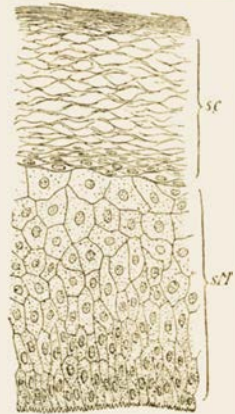


Fig. 26b. Vielschichtiges Epithel der menschlichen Haut. *sM* Stratum Malpighi, *sc* Stratum corneum.

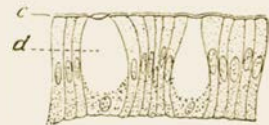


Fig. 27. Einschichtiges Epithel einer Schnecke. *c* Cuticula, *d* Becherzellen.

einzigsten Zelle liefert die einzellige Drüse, welche vornehmlich bei wirbellosen Tieren vorkommt (Fig. 28): eine Drüsenzelle wächst hier so enorm, daß sie im Epithel keinen Platz hat, sondern in die Tiefe, in die subepithelialen Schichten hineindringt; hier lagert der von Sekret geblähte Zellkörper mit Kern, reicht aber mit einem dünnen Fortsatz, einem Ausführgang, bis zur Oberfläche des Epithels empor.

Vielzellige
Drüsen.

Bei der Bildung der vielzelligen Drüsen wächst eine ausge dehnte Strecke Drüsenepithels als zylindrischer Strang oder Rohr von der Oberfläche aus in die tieferen Gewebsschichten; selten bleibt derselbe einfach, meist verästelt er sich und bildet die zusammengesetzte Drüse,

die aus Hunderten oder Tausenden von Drüsenschläuchen bestehen kann, welche in einen gemeinsamen Ausführgang münden. Man unterscheidet unter den vielzelligen Drüsen tubulöse und acinöse (alveoläre) Formen. Bei den tubulösen Drüsen (Fig. 29) besitzen die einfachen oder verästelten Drüsenschläuche dasselbe röhrlige Kaliber vom Anfang bis zum Ende; bei den acinösen (alveolären) Drüsen (Fig. 30) dagegen erweitert sich das blinde Ende des Drüsenschlauchs zu einer Anschwellung, welche die sekretorischen Zellen enthält und an dem vorderen Abschnitt des Drüsenschlauchs, dem Ausführgang ansitzt, wie eine Weinbeere an ihrem Stiel. Zu den tubulösen Drüsen gehören Leber, Niere und Schweißdrüsen des Menschen, zu den acinösen die Speicheldrüsen nicht nur der Wirbeltiere, sondern auch der *Arthropoden* und *Mollusken*.

Fig. 28.



Fig. 28. Einzellige Drüsen aus dem Mantelrande von *Helix pomatia*. e Epithel, d einzellige Drüsen, p Pigmentzellen.

Fig. 29.

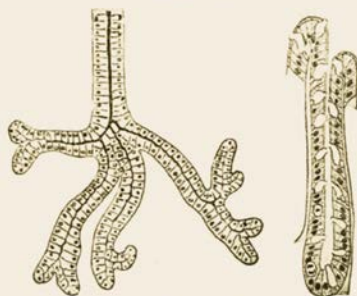


Fig. 30.



Fig. 29. Tubulöse Drüsen. Links Brunnersche Drüsen des Pferdes (nach Ellenberger), rechts Rectaldrüsen der Maus (nach Bizozzero).

Fig. 30. Acinöse Speicheldrüsen von *Orthezia cataphracta* (nach List); in den Acini sind die Kerne und Grenzen der Zellen eingetragen.

Außer echten Drüsen gibt es drüsenähnliche Apparate, welche entwicklungsgeschichtlich in den meisten Fällen vom Epithel abstammen, später aber sich von demselben völlig abschnüren und daher ihr Sekret nicht mehr nach außen entleeren können. Solche sind die Nebenniere, die Thymus, die Schilddrüse oder Glandula thyreoidea, die Hypophysis oder der Hirnanhang, die Epiphysis oder Zirbel der *Wirbeltiere*. Sie liefern für die normale Funktion und das Wachstum der verschiedensten Organe wichtige Substanzen, welche in das Blut- und Lymphgefäßsystem übertreten. So erzeugt die Nebenniere das Adrenalin, die Thyreoidea das Thyroxin. Offenbar handelt es sich von Haus aus um Drüsen, die nach außen mündeten, diese Mündung aber eingebüßt haben, wie es für Teile des Wirbeltierpankreas, die „Langerhansschen Inseln“ gilt. Auch münden Hypophysis und Thyreoidea bei *Tunicaten*, letztere auch beim *Amphioxus* dauernd in den Darm. Man spricht daher von **innerer Sekretion** und nennt die Produkte derselben **Hormone**. Innere

Innere
Sekretion.

Sekretion ist auch für die Geschlechtsdrüsen von *Wirbeltieren*, besonders von *Vögeln* und *Säugetieren* erwiesen, wobei es noch zweifelhaft ist, ob sie von den Geschlechtszellen selbst ausgeht oder von einem Zellmaterial, welches zwischen den Geschlechtszellen liegt (Pubertätsdrüse). Auf die „Geschlechtshormone“ sind viele der bei der Geschlechtsreife eintretenden auffälligen Veränderungen des Körpers zurückzuführen.

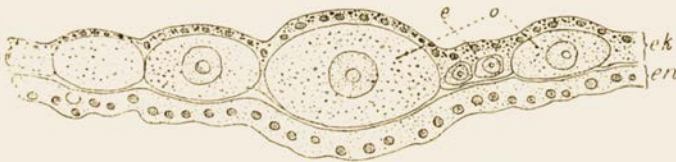


Fig. 31. Keimepithel einer Meduse. *ek* Ectoderm, *en* Entoderm, *o* Eier, *e* Epithel.

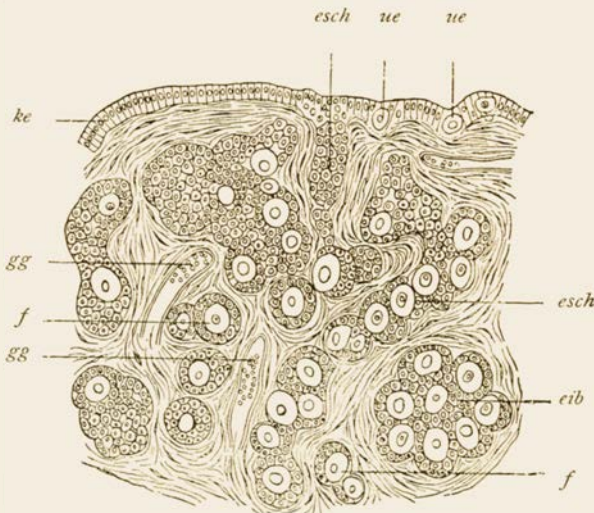


Fig. 32. Schnitt durch den Eierstock eines neugeborenen Kindes (nach Waldeyer). *ke* Keimepithel, *ue* Ureier im Keimepithel, *esch* Eischläuche, *eib* durch Abschnürung aus diesen hervorgegangene Eiballen, *f* einzelne Eifollikel, *gg* Gefäße.

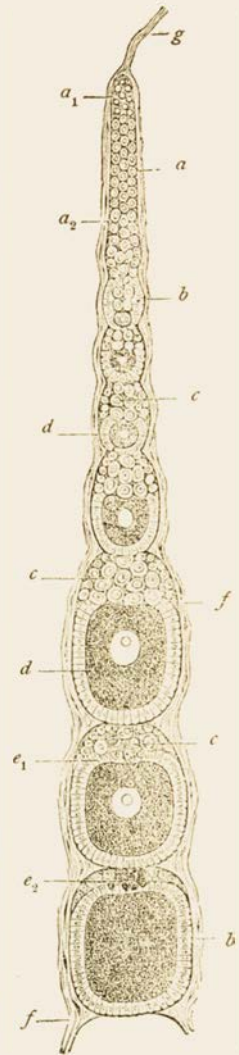


Fig. 33. Eieröhre eines Insekts, *Vanessa urticae*. *a* Bildungszellen, bei *a*₁ noch zusammenhängend, bei *a*₂ getrennt, *b* Follikel epithel, *c* Nährzellen, bei *e*₁ und *e*₂ in Auflösung, *d* Eizellen, *f* fibröse Umhüllung, in den Endfaden *g* auslaufend. (Nach Waldeyer.)

Fig. 33.

Geschlechts-
epithelien.

An das Drüsenepithel schließen wir zweckmäßigerweise die Besprechung der **Geschlechtszellen** an; denn diese bilden ein vollkommenes Seitenstück zu den Drüsenzellen. Wie das Sekret der letzteren aus dem Körper befördert werden muß, so bilden die Geschlechtszellen Elemente, die dem Organismus fremdartig gegenüberstehen und nach außen gelangen müssen, um in Funktion zu treten. Wie Drüsenzellen meist zwischen gewöhnlichen Epithelzellen eingestreut sind, so liegen auch die Geschlechts-

zellen fast ausnahmslos im Epithel eingebettet, sei es im Epithel der Haut (Fig. 31), des Darms, der Leibeshöhle oder abgeschnürter Teile derselben (Fig. 32). Geschlechtsepithelien oder, wie man sie auch häufig nennt, Keimepithelien, haben wie Drüsenepithelien die Tendenz, in das subepitheliale Gewebe in Form von isolierten oder verästelten Schläuchen hineinzuwachsen (Fig. 32), und so kommt es, daß in vielen Tiergruppen die Geschlechtsorgane den Charakter von Drüsen tragen, weshalb man auch von Geschlechtsdrüsen spricht (Fig. 33). Was nun die spezifischen Elemente der Geschlechtsepithelien und Geschlechtsdrüsen anlangt, so besteht ein großer Unterschied zwischen den weiblichen und den männlichen Elementen, der schon darin zum Ausdruck kommt, daß die ersteren, die Eier, zu den größten, die letzteren, die Spermatozoen oder Samenfäden, zu den kleinsten Zellen des tierischen Körpers gehören.

Die Eizelle oder Ovocyte (Fig. 34), wie sie im Ovarium gebildet wird, hat eine je nach der Tiergruppe wechselnde Größe; bei den mikroskopisch kleinen *Gastrotrichen* mißt sie 0,04 mm, beim Menschen fast 0,2 mm, bei den Fröschen mehrere Millimeter und bei den großen Vögeln mehrere Zentimeter, wobei zu beachten ist, daß als Eizelle der Vögel nur das sogenannte Gelbei angesehen werden kann, während das Eiweiß und die Schale Bildungen sind, die außerhalb des Eierstocks in dem Eileiter entstehen. Diese enormen Größenunterschiede sind weniger durch den Gehalt an eigentlicher Zellsubstanz, an Protoplasma (Bildungs- oder Hauptdotter) bedingt, als durch die Anhäufung von Deutoplasma (Nahrungs- oder Nebendotter, auch Dotter kurzweg genannt). Der Nebendotter hat die Aufgabe, den in Entwicklung begriffenen Embryo zu ernähren; er besteht daher aus fett- und eiweißreichen Stoffen, welche in feinen Körnchen oder polygonalen Körpern, den Dotterplättchen, oder in runden Ölkugeln abgelagert sind. Er ist in um so größeren Quantitäten vorhanden und bedingt daher auch um so bedeutendere Dimensionen des Eies, je länger die Zeit dauert, in welcher das Ei von jeder Nahrungszufuhr abgeschnitten ist. Die größten Eier finden wir im allgemeinen bei eierlegenden Tieren, welche eine hohe Organisation besitzen, bei denen zur Anlage der vielfältigen Organe ein lange dauernder Entwicklungsgang innerhalb der Eischalen nötig ist.

Außer Bildungsdotter, dem an Mitochondrien reichen Protoplasma, und Nahrungsdotter (Deutoplasma) findet sich im Ei stets noch der Zellkern oder das Keimbläschen (*Vesicula germinativa*) vor, ein auffallend großes Bläschen, welches bei großen Eiern schon mit unbewaffnetem Auge erkannt werden kann und von einer festen Membran umgeben ist. Sein Inhalt ist vorwiegend Kernsaft. In demselben breitet sich ein achromatisches Kernnetz aus und liegt ferner das Kernkörperchen, nach dem Entdecker auch Wagnerscher Fleck oder Keimfleck (*Macula germinativa*) genannt. Häufig sind multinukleoläre Keimbläschen, besonders bei Eiern, welche sehr viel Dotter enthalten.

Die Spermatozoen, die Formelemente des männlichen Samens, sind in der Regel so klein, daß sie nur mit den stärksten Vergrößerungen auf ihren feineren Bau hin untersucht werden können (Fig. 35 I und II). Am leichtesten ist an ihnen der Kopf (2) zu erkennen, welcher häufig

Eizelle.

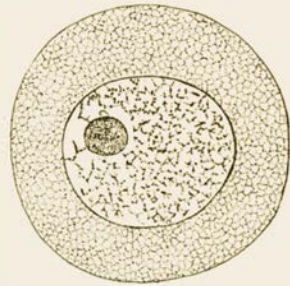


Fig. 34. Unreifes Ei von *Paracentrotus lividus*.

Spermatozoen.

durch seine sehr verschiedenartige Gestalt, indem er kugelig, oval, sichel-förmig usw. ist, die spezifische Bestimmung der Spermatozoen ermöglicht. Der Kopf ist der fest zusammengeballte chromatische Teil des Kerns und färbt sich daher in geeigneten Farbstoffen sehr stark. Nach vorn verlängert sich der Kopf oft in eine scharfe Spitze (1¹), das Perforatorium, welches, wie schon der Name sagt, als ein Apparat gedeutet wird, der das Eindringen des Samenfadens in das Ei bei der Befruchtung ermöglicht; nach rückwärts setzt sich an den Kopf das bald kurz gedrungene, bald lang ausgezogene, bei Kernfärbung farblos bleibende Mittelstück (4), an das letztere wiederum der Schwanzfaden (5), eine lange Geißel, welche die lebhafte Beweglichkeit der reifen Spermatozoen vermittelt. Protoplasma ist nur in äußerst geringen Spuren vorhanden, welche in dünner Schicht

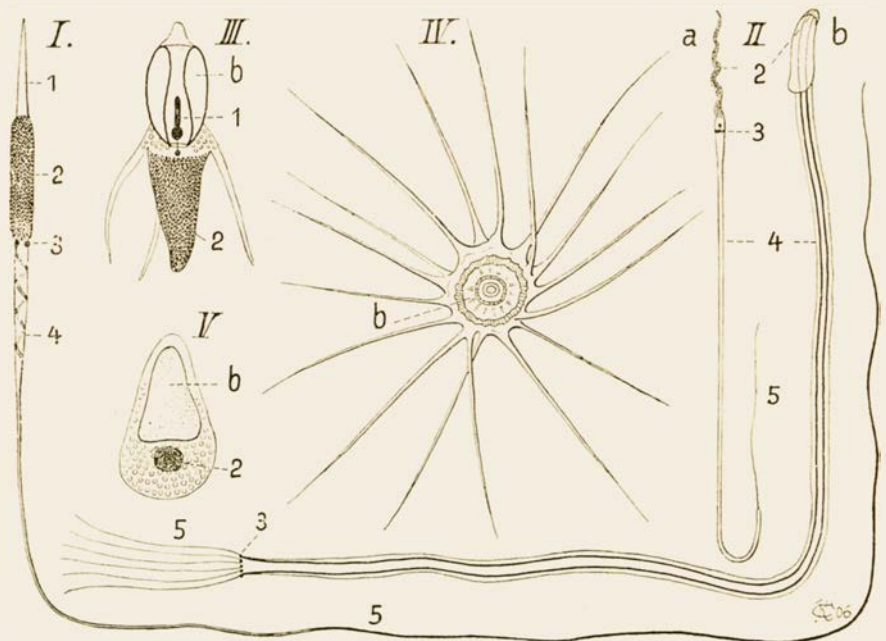


Fig. 35. Verschiedene Spermatozoenformen. I von *Chamaeleon* (nach Retzius), IIa eupyrene, b oligopyrene Spermatozoen von *Paludina* nach Meves, III von *Pagurus striatus* (nach Koltzoff), IV vom Flusskreb (nach Grobden), V vom Spulwurm, 1 Perforatorium, 2 Kern oder Kopf, 3 Centrosomen, 4 Mittelstück, 5 Schwanzfaden, b stark lichtbrechender Körper.

den Kern umgeben. Dagegen findet sich wohl stets ein achromatisches Centrosoma, welches seinen Sitz im Mittelstück hat (3), dazu Mitochondrien, welche im Mittelstück und Schwanz ein Fadengerüst erzeugen.

Nach dem beschriebenen Schema, welches aber meist eine außerordentlich komplizierte Ausgestaltung erfährt, sind die Spermatozoen fast bei sämtlichen Tieren gebaut, mit Ausnahme der *Nematoden*, der *Acarinen*, vieler *Crustaceen* (*Decapoden*, *Copepoden*, *Branchiopoden*) und vieler *Myriapoden*. Gewöhnlich sind hier die Spermatozoen auffallend groß und unbeweglich und umschließen oft einen sonst nicht vorkommenden homogenen, stark lichtbrechenden Körper, dessen Bedeutung ganz unklar ist, den Glanzkörper. Die Spermatozoen der Spulwürmer (Fig. 35 V) haben

die Gestalt eines Zuckerhutes mit abgerundetem, breitem, den Kern enthaltendem Ende. Die Spermatozoen der *decapoden Crustaceen* (III, IV) besitzen drei oder mehr starre, wie Pseudopodien einer *Heliozoë* aussehende Fortsätze, die vom Umkreis des schlüssel- oder walzenförmigen Körpers entspringen; sie enthalten einen stark lichtbrechenden Einschluß (β) und in diesem wieder ein dem Perforatorium wahrscheinlich zu vergleichendes Stäbchen (III γ). Bei anderen *Crustaceen* sind die Spermatozoen Fäden von bedeutender Länge (7 mm lang bei manchen *Ostracoden*). Am merkwürdigsten schließlich ist das bei einigen Tieren beobachtete Auftreten von zweierlei Spermatozoen. Bei *Paludina vivipara* (ähnlich auch bei manchen anderen *Prosobranchiern*) entstehen im Hoden eines und desselben Tieres nebeneinander haarförmige Spermatozoen mit korkzieherartig gewundenen Köpfen und wurmförmige Spermatozoen mit einem Wimperbüschel am hinteren Ende; erstere enthalten die normale Chromatinmasse (*eupyrene* Sp.), letztere enthalten sehr wenig Chromatin (*oligopyrene* Sp.). Bei vielen Spinnern, z. B. den *Pygaera*-Arten, wo ein ähnlicher

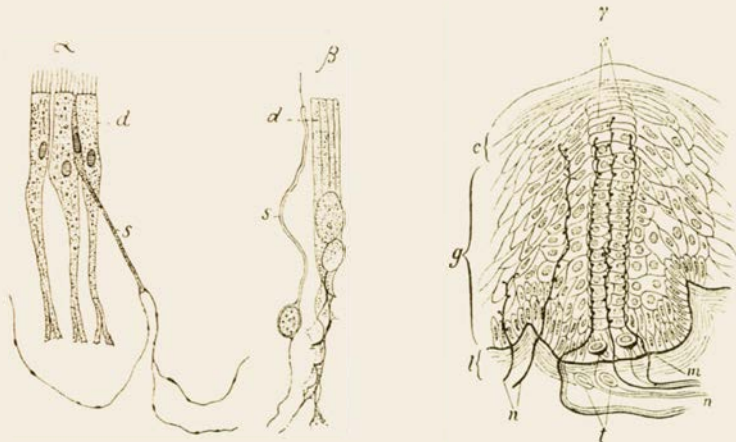


Fig. 36. Sinnesepithel, a einer Actinie, β aus der Geruchsschleimhaut des Menschen, d Stützzellen, s Sinneszellen, γ freie Nervenendigungen aus der Haut des Maulwurfs (nach Huß), c Stratum corneum, g Str. germinativum, l Lederhaut, n in das Epithel eindringende Nerven, t Tastkörperchen der Lederhaut, m Merkelsche Tastzellen, s Epithelzapfen.

Dimorphismus vorkommt, sind die zweiten Spermatozoen sogar völlig chromatinfrei (*apyren*). Es liegt nahe, diesen Dimorphismus der Spermatozoen mit der Geschlechtsbestimmung in Zusammenhang zu bringen; doch haben sich hierfür keine Beweise erbringen lassen. Dagegen ist eine zweite, in der Beschaffenheit der Chromosomen sich ausdrückende Form des Dimorphismus für die Geschlechtsbestimmung von Bedeutung; dieselbe kann jedoch erst später besprochen werden.

Die letzte Modifikation des Epithels, welche wir noch zu besprechen haben, ist endlich das **Sinnesepithel**. Seinen besonderen Charakter erhält dasselbe durch die Verbindung, welche einige seiner Zellen, die Sinneszellen, mit den feinsten Endästen verzweigter, vom Zentralnervensystem kommender Nerven eingehen. Diese Verbindung kann in zweierlei Weise bewerkstelligt werden. Im ersten Falle, der vornehmlich bei *Wirbellosen* vorkommt, bei *Wirbeltieren* nur im Geruchsorgan, verlängern sich die Sinneszellen — man nennt sie primäre Sinneszellen —

an ihrem zentralen Ende in feine Ausläufer, welche den Charakter von Nervenfibrillen annehmen und unmittelbar in den Sinnesnerven übergehen (Fig. 36 *a u. β*). Im zweiten Fall treten Nerven in das Epithel und verästeln sich in demselben mit feinsten Ausläufern. Diese können hier frei zwischen den Zellen enden oder sie legen sich an besondere Zellen an oder umgeben sie mit ihren Ausläufern, ohne jedoch mit ihnen zu verschmelzen. Man spricht dann von „sekundären Sinneszellen“, wenn sie im Aussehen den primären Sinneszellen gleichen und wie diese an ihrem peripheren Ende besondere, zur Sinnesempfindung in Beziehung stehende Anhänge tragen: Hörhaare, Tasthaare, stiftchenartige Aufsätze bei Geruchs- und Geschmacksorganen, ansehnliche Stäbchen bei den Sehzellen. Fast ausnahmslos gilt der Satz, daß die Sinnesepithelien Teile der Haut (Ectoderm) sind oder wenigstens entwicklungsgeschichtlich von ihr abstammen. Selbst für Sinnesorgane, die von der Haut abgelöst und durch reichliches Zwischengewebe von ihr getrennt sind, wie Auge und Gehörorgan der Wirbeltiere, läßt sich die ectodermale Abstammung ihrer Sinnesepithelien (Retina, Crista acustica) beweisen.

Im Bereich des Sinnesepithels und zwischen den Sinneszellen finden sich noch anderweitige Epithelzellen, welche nicht mit Nerven in Verbindung stehen und mannigfache Nebenfunktionen zu leisten haben; sie dienen zur Stütze der Sinneszellen, können beim Auge Pigment enthalten, bei Gleichgewichts-Sinnesorganen Statolithen erzeugen usw. Man kann sie mit dem allgemeinen Namen „Stützzellen“ belegen.

2. Bindsesubstanzen.

Histologisch genommen, gibt es keinen größeren Unterschied als zwischen Epithelien einerseits und Bindsesubstanzen andererseits; gehören jene der Oberfläche an, so finden sich diese im Innern des Körpers; spielen bei jenen die Zellen die Hauptrolle, so sind sie umgekehrt bei diesen von untergeordneter Bedeutung gegenüber den Plasmaprodukten, den „Interzellulärsesubstanzen“, welche den Charakter der verschiedenen Bindsesubstanzen vornehmlich bedingen. Trotz dieses Gegensatzes hängen die Bindsesubstanzen mit dem Epithel genetisch zusammen. Bei Tieren, deren Körper anfänglich nur aus Epithelien besteht, kann man durch direkte Beobachtung den Zusammenhang erweisen. Die Epithelien scheiden auf ihrer inneren Seite eine gallertartige Masse ab, in welche einzelne ihrer Zellen eindringen. So entsteht der Bindsesubstanzkeim oder das Mesenchym (Fig. 108).

Primäre Aufgabe der Bindsesubstanzen ist es, die Zwischenräume, welche sich im Innern des Körpers zwischen den Organen ergeben, auszufüllen und sowohl die Bestandteile des einzelnen Organs als auch die verschiedenen Organe untereinander zu verbinden. Die Bindsesubstanzen tragen dadurch zur Festigkeit des Körpergefüges bei und werden häufig zum Aufbau des Skeletts verwandt. Um das zu erreichen, bilden die Zellen auf ihrer Oberfläche Substanzen, welche meist eine größere Festigkeit haben als das Protoplasma und, da sie zwischen die Zellen eingeschlossen sind, Interzellulärsesubstanzen heißen. Je mehr die Interzellulärsesubstanzen an Masse zunehmen, um so mehr verbrauchen sich die Zellen und werden zu unscheinbaren Körperchen, den Bindsesubstanzkörperchen, oder verschwinden in manchen Fällen sogar ganz. Da die Interzellulärsesubstanzen das wichtigste an der Bindsesubstanz sind, ist es begrifflich, daß vornehmlich auf ihrer verschiedenen Beschaffenheit die Unterschiede der einzelnen Arten der Bindsesubstanz beruhen. Man unterscheidet fol-

gende Formen: 1. zellige Bindsesubstanz, 2. homogene Bindsesubstanz, 3. faserige Bindsesubstanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.

Die zellige Bindsesubstanz, welche, streng genommen, nicht hierher gehört, da sie nicht vom Mesenchym stammt, sondern direkt aus umgewandeltem Epithel entsteht, hat ihren Namen daher, daß die Zellen die Hauptmasse ausmachen, während die Interzellulärsubstanz nur in den ersten Anfängen vorhanden ist. Die Zellen sind große, blasige Körper, welche nach Analogie pflanzlicher Zellen fest gegeneinander gepreßt sind und sich polygonal abgeplattet haben; sie haben zwischen sich eine feste, wenn auch dünne Schicht von Interzellulärsubstanz ausgeschieden (Fig. 37).

Zellige
Binde-
substanz.

Bei der homogenen Bindsesubstanz ist die Interzellulärsubstanz meist reichlich vorhanden als eine glasartig durchsichtige und daher unter dem Mikroskop fast gar nicht wahrnehmbare, bald gallertartig weiche, bald derbere Masse (Fig. 38). Die in ihr liegenden Zellen sind entweder kugelig oder senden verästelte Fortsätze in die Grundsubstanz hinein. Solche Verästelungen können zu einem Netzwerk verschmelzen, welches wie ein Pseudopodiennetz Zelle mit Zelle verbindet. Nicht selten wird außerdem die homogene Bindsesubstanz von isolierten festen Fäden oder Strängen durchsetzt, welche vermöge ihrer physikalischen Eigenschaften elastische Fasern heißen und aus einer gegen die meisten Reagentien äußerst widerstandsfähigen Substanz, dem Elastin, bestehen. Endlich können sich in der Grundsubstanz die feineren Bindsesubstanzfibrillen entwickeln, welche das charakteristische Element der nächsten Gruppe bilden und zu dieser überleiten, je mehr sie durch Zunahme an Zahl in den Vordergrund treten und den Charakter des Gewebes bestimmen.

Homogene
Binde-
substanz.

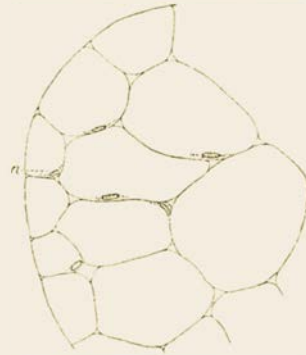


Fig. 37. Zellige Bindsesubstanz. Querschnitt durch die Chorda einer eben ausgeschlüpften Fovelle. n Kerne der Chordazellen.

Die faserige Bindsesubstanz ist ausgezeichnet durch die reichliche Anwesenheit der Bindegewebsfibrillen; dieselben sind Fädchen von außerordentlicher Feinheit und liegen in einer homogenen Grundsubstanz, die sie um so mehr verdecken, je reichlicher sie sind. In ihrem Verlaufe sind sie entweder wirt angeordnet und nach allen Richtungen gekreuzt, oder sie verlaufen im wesentlichen parallel und in bestimmten Richtungen. Zwischen ihnen finden sich die rundlichen, spindelförmigen oder verästelten Bindsesubstanzkörperchen (Fig. 39). Für die *Wirbeltiere* ist es charakteristisch, daß die Fibrillen zu Bündeln gruppiert sind.

Faserige
Binde-
substanz.



Fig. 38. Homogene Bindsesubstanz von *Sycandra raphanus* (nach F. E. Schulze).

Jedes Bündel wird gewöhnlich von den zu platten Zellen gewordenen Bindegewebskörperchen umschieden. Die Bündel verlaufen locker gekreuzt nach allen Richtungen (lockeres Bindegewebe, Zellgewebe der früheren Autoren, Fig. 40), oder sie sind selbst wieder genau parallel gestellt und

zu einer straffen Fasermasse zusammengefügt (straffes Bindegewebe der Bänder, Sehngewebe, Fig. 41). Da nun die Fibrillen der faserigen Bindesubstanz der Wirbeltiere noch eine weitere, sonst nicht vorkommende Eigentümlichkeit besitzen, daß sie aus Glutin bestehen und beim Kochen Leim liefern, ist es zweckmäßig, für diese Gewebsform den besonderen Namen „Bindegewebe“ zu reservieren. In den faserigen Bindesubstanzen können als weitere Formelemente die elastischen Fasern auf-



Fig. 39. Faserige Bindesubstanz einer *Actinie*.



Fig. 40. Lockeres faseriges Bindegewebe (nach Gegenbaur).



Fig. 41. Sehngewebe (nach Gegenbaur).

treten; sie können sogar die gewöhnlichen Bindegewebsfibrillen verdrängen und zum dominierenden Bestandteil der Bindesubstanz werden, weshalb man dann von elastischem Gewebe spricht.

Knorpel.

Knorpel und Knochen sind Gewebe, welche ihre charakteristische Ausbildung hauptsächlich bei Wirbeltieren finden. Der Knorpel hat in seinem Aussehen viel Ähnlichkeit mit der homogenen Bindesubstanz mancher wirbelloser Tiere; seine Grundsubstanz ist homogen und auf den ersten Blick ganz strukturlos (Fig. 42), nimmt aber unter dem Einfluß gewisser Reagentien eine faserige Beschaffenheit an. Letzteres Verhalten, sowie der Umstand, daß der Knorpel durch Umwandlung des Perichondriums, einer dünnen, faserigen, seine Oberfläche überziehenden Haut, wächst, läßt es sicher erscheinen, daß er ein homogenisiertes, faseriges Bindegewebe ist und sich somit wesentlich von der homogenen Bindesubstanz unterscheidet, da er nicht wie diese eine niedere, sondern eine höhere Stufe der Gewebekonstruktion bezeichnet. — Beachtenswert in dieser Hinsicht ist ferner, daß auch die Knorpelgrundsubstanz (Chondrin) beim Kochen Leim liefert, den Chondrinleim, der sich aber vom Glutinleim des Bindegewebes dadurch unterscheidet, daß er von Essigsäure ausgefällt wird. In der Grundsubstanz liegen die Knorpelzellen zu Gruppen und Nestern vereinigt, eine Gruppierungsweise,

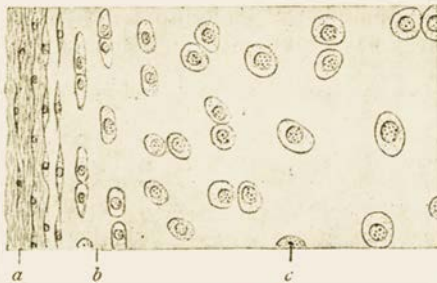


Fig. 42. Knorpel (nach Gegenbaur). *a* Perichondrium, *b* Übergang zum typischen Knorpel *c*.

— Beachtenswert in dieser Hinsicht ist ferner, daß auch die Knorpelgrundsubstanz (Chondrin) beim Kochen Leim liefert, den Chondrinleim, der sich aber vom Glutinleim des Bindegewebes dadurch unterscheidet, daß er von Essigsäure ausgefällt wird. In der Grundsubstanz liegen die Knorpelzellen zu Gruppen und Nestern vereinigt, eine Gruppierungsweise,

die auf ihre Entstehung hinweist, da jede Zellengruppe durch sukzessive Teilung aus einer Mutterzelle entstanden ist. — Auch im Knorpel können elastische Fasern auftreten; eine große Zahl derselben wandelt den bläulich schimmernden, hyalinen Knorpel in den gelblich gefärbten, elastischen Knorpel um. — Vom Wirbeltierknorpel unterscheidet sich der „Kopfkorpel“ der *Cephalopoden* dadurch, daß die Knorpelkörperchen reichlich verästelte Ausläufer besitzen.

Der Knochen ist die komplizierteste Bildung in der Bindesubstanzreihe. Er besteht aus einer dem Glutin sehr nahestehenden Grundsubstanz, dem Ossein, welche mit anorganischen Bestandteilen so innig verbunden ist, daß man unter dem Mikroskop nur eine homogene Masse sieht. Das Verhältnis von anorganischer und organischer Substanz wechselt nach Alter und Art des Tieres; beim Menschen z. B. kommen 65% anorganische Substanz auf 35% organische, bei der Schildkröte 63% auf 37%. Unter den anorganischen Bestandteilen ist am wichtigsten der phosphorsaure Kalk, 84% der Gesamtmasse der anorganischen Verbindungen; daneben finden sich noch in geringeren Quantitäten Verbindungen von Fluor, Chlor, Kohlensäure mit Calcium und Magnesia. Bei kompakten Knochen ist die Grundsubstanz zusammengesetzt aus den Knochenlamellen (Fig. 43), deren Anordnung von den in und an dem Knochen vorhandenen Oberflächen bestimmt wird. In einem Röhrenknochen (wie dem Oberarmbein oder einem Mittelhandknochen) ist eine Oberfläche durch die Begrenzung nach außen gegeben, wo eine faserige Haut, die Beinhaut oder das Periost, ihr dicht auflagert. Eine zweite Oberfläche ist nach dem Innern nötig geworden durch die Anwesenheit der Markhöhle. Endlich ist das Massiv des Knochens noch durchsetzt von den Haversischen Kanälen, welche vorwiegend in der Längsrichtung angeordnet, durch quere oder schräge Kanäle aber zu einem Netz untereinander verbunden sind und dem Verlauf von Blutgefäßen dienen. Indem nun die Knochenlamellen sich parallel den besprochenen Oberflächen anordnen, lassen sich auf dem Querschnitt zwei Systeme unterscheiden, die Grundlamellen und die Haversischen Lamellen. Jene sind den Oberflächen des Periosts und des Markraums parallel gestellt und bilden einen Mantel von konzentrischen Schichten um die Markhöhle herum. In diesen Grundstock des Knochens sind nun die Haversischen Kanäle mit ihren Lamellen eingefügt, indem sie die ihnen in den Weg tretenden Grundlamellen bis auf Reste, die

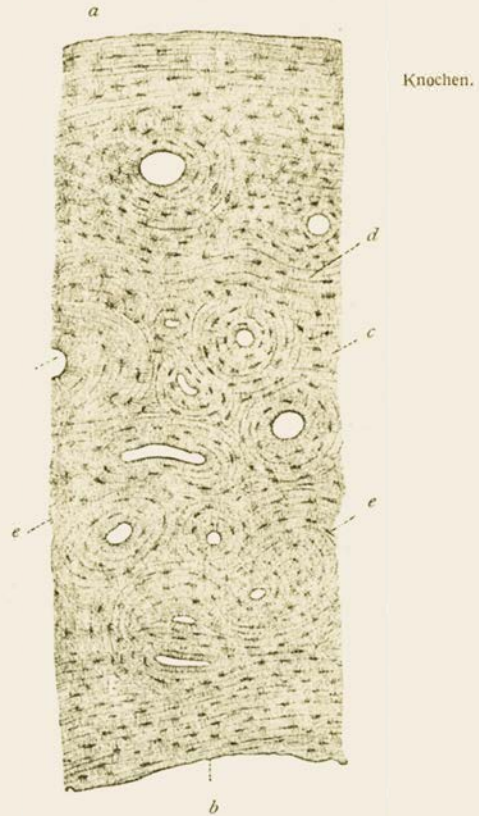


Fig. 43. Querschnitt durch einen Mittelhandknochen des Menschen. *a* Fläche des Periosts mit angrenzenden periostalen Grundlamellen, *b* Fläche des Markraumes mit angrenzenden Markraumgrundlamellen, *c* Querschnitte der Haversischen Kanäle und ihrer Lamellensysteme, *d* Schaltlamellen, *e* Knochenkörperchen resp. deren Hohlräume (nach Frey).

Schaltlamellen, ersetzt haben. Die Haversischen Lamellen sind um das Lumen der Haversischen Kanäle ebenso konzentrisch geschichtet wie die Grundlamellen um den Markraum.

Die Schichtung des Knochens ist durch die Entstehungsweise begründet. Wo die Knochengrundsubstanz an die Haversischen Kanäle, den Markraum oder das Periost angrenzt, findet sich vorübergehend oder dauernd eine epithelartige Lage von Zellen, den „Osteoblasten“, welche die Knochengrundsubstanz ausscheiden, was wie in allen derartigen Fällen, der ausgeschiedenen Substanz eine geschichtete Struktur verleiht. Bei dieser Ausscheidung geraten einige Zellen mit in die Grundsubstanz hinein und liefern hier die Knochenkörperchen, welche sich von den Knorpelzellen durch die reichlichen, die Grundsubstanz durchsetzenden Ausläufer unterscheiden. Die von einem Knochenkörperchen entspringenden Ausläufer verästeln sich und verschmelzen mit den ihnen entgegenkommenden Verzweigungen benachbarter Zellen; ihre Anordnung ist am schönsten am getrockneten Knochen zu erkennen, weil hier die Hohlräume und Kanäle der Grundsubstanz mit Luft gefüllt sind. — Bei spongiösen Knochen vereinfacht sich der Bau, indem hier die Haversischen Kanäle mit ihren Lamellensystemen, oft auch die Schichtung in Grundlamellen fehlen. — Als besondere Modifikationen des Knochengewebes sind noch zu nennen das Gewebe der Fischschuppen und das Zahnbein, auch Elfenbein oder Substantia eburnea genannt.

Blut und
Lymphe.

Blut und Lymphe, welche wir hier im Anschluß an die Binde-
substanzen abhandeln, sind, streng genommen, gar keine Gewebe, sondern nur ernährende Flüssigkeiten. Zweierlei ernährende Flüssigkeiten finden sich bei den *Wirbeltieren* vor, das rot gefärbte Blut und die farblose oder schwach opalisierende oder weißlich getrübte Lymphe. Am Blut des Menschen und der Wirbeltiere haben wir zunächst die flüssigen und die geformten Bestandteile auseinanderzuhalten. Die Blutflüssigkeit oder das Blutplasma ist, abgesehen von anorganischen Bestandteilen, besonders reich an Eiweißsubstanzen, von denen sich jedoch nach der Entleerung des Blutes aus den Blutgefäßen ein Teil durch Gerinnung ausscheidet und den aus Fibrin bestehenden Blutkuchen liefert, während eine an Eiweiß ärmere Flüssigkeit, das Blutserum, übrig bleibt. Die geformten Elemente, die Blutzellen, werden als rote und weiße Blutkörperchen unterschieden. Letztere (die Leukocyten) sind in geringerer Zahl vorhanden und haben große Ähnlichkeit mit den im Wasser vorkommenden *Amöben*; sie sind Protoplasmaklumpchen, welche einen Kern enthalten, Fremdkörper, wie z. B. in das Blut gespritzte Karminkörnchen, fressen und sich „amöboid“ durch Aussenden von Pseudopodien fortbewegen (Fig. 44).

Die roten Blutkörperchen der *Wirbeltiere* (Fig. 45) sind im ausgebildeten Zustand kreisrunde oder ovale Scheiben, welche durch Einwirkungen von außen, durch Druck und Zug, vorübergehend gebogen, eingeschnürt oder anderweitig in ihrer Form modifiziert werden, aktiv aber ihre Gestalt nicht verändern können, weil sie nicht mehr aus Protoplasma bestehen. Entwicklungsgeschichtlich entstehen sie zwar aus echten, kernhaltigen protoplasmatischen Zellen, den „Erythroblasten“; allmählich jedoch wird der protoplasmatische Zellenleib ganz in ein Plasmaprodukt, das Stroma des Blutkörperchens, verwandelt. Wenn sich bei dieser Metamorphose der Kern erhält, so bildet er im Zentrum der Scheibe beiderseits eine schwache Hervorwölbung; wird der Kern ebenfalls rückgebildet, dann

entstehen an Stelle der beiderseitigen Hervorwölbungen flache Dellen. Im letzteren Fall hat man, streng genommen, kein Recht mehr, von Zellen zu reden, da alle charakteristischen Bestandteile der Zelle, Kern und Protoplasma, geschwunden sind. — Systematisch sind die roten Blutkörperchen insofern von Interesse, als kernlose Formen bei den *Säugetieren* (Fig. 45 1, 2), kernhaltige bei allen übrigen Wirbeltieren (3—6) gefunden werden. Auch besitzen die *Säugetiere* kreisrunde, die übrigen *Wirbeltiere* ovale Scheiben. In letzterer Hinsicht kommen jedoch Ausnahmen vor, indem unter den Säugetieren die *Tylopoden* (*Kamel*, *Lama*) ovale, unter den Fischen die *Cyclostomen* kreisrunde Blutkörperchen haben.

Die roten Blutkörperchen sind sowohl Ursache der Farbe des Blutes, als auch Träger einer seiner wichtigsten Funktionen, der Vermittlung des Gasaustausches; beides hängt damit zusammen, daß das Stroma den Blutfarbstoff oder das Hämoglobin enthält. Das Hämoglobin gehört zu den wenigen kristallisierbaren Eiweißkörpern und ist ausgezeichnet durch einen geringen Gehalt an Eisen und durch seine Wahlverwandtschaft zu Sauer-

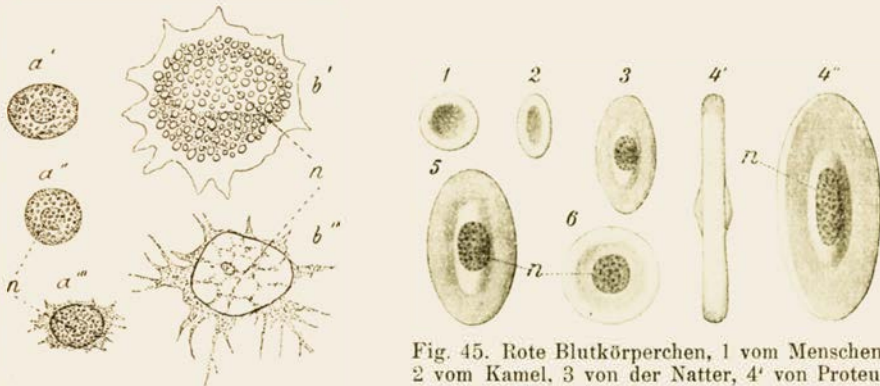


Fig. 44. Weiße Blutkörperchen. a'—a'''' vom Menschen, b vom Krebs (n der Kern).

Fig. 45. Rote Blutkörperchen, 1 vom Menschen, 2 vom Kamel, 3 von der Natter, 4' von Proteus (Kantenansicht), 4'' Flächenansicht. 5 eines Rochen, 6 von Petromyzon. n Kern. (Alle Blutkörperchen 700mal vergrößert, mit Ausnahme von 4, welche 350mal vergrößert sind.)

stoff, welche es dem Blut ermöglicht, mehr als das 60fache des Sauerstoffes aufzunehmen, als es durch einfache Absorption der Fall sein würde. Sauerstoffhaltiges Hämoglobin oder Oxyhämoglobin bedingt die karminrote Farbe des sogenannten arteriellen Blutes, welches von den Atmungsorganen abströmt und an die funktionierenden, Kohlensäure produzierenden Gewebe den Sauerstoff abgibt; sauerstofffreies, „reduziertes“ Hämoglobin bedingt die dunkelrote, ins Bläuliche schimmernde Farbe des venösen Blutes, welches zugleich in sein Plasma die bei der Funktion entstandene Kohlensäure von den Geweben aufnimmt.

Vom Blut unterscheidet sich die Lymphe durch den gänzlichen Mangel der roten Blutkörperchen und die geringere Gerinnungsfähigkeit ihres Plasmas. Lymphe ist somit eine eiweißhaltige Flüssigkeit mit weißen Blutzellen, welche deshalb auch Lymphkörperchen heißen.

Unter den wirbellosen Tieren besitzen die *Cölenteraten* und viele *Würmer*, die *Scoleciden* mit Ausnahme der *Nemertinen*, weder Blut noch Lymphe. Das andere Extrem wird durch die Mehrzahl der *Anneliden* gegeben, bei denen das Blut in besonderen Blutgefäßen, eine der Lymphe vergleichbare Flüssigkeit in der Leibeshöhle zirkuliert. Bei den

meisten wirbellosen Tieren, allen *Arthropoden* und *Mollusken*, vielen *Anneliden* (*Hirudineen*, *Glyceriden*), bei welchen Blutgefäßsystem und Leibeshöhle zusammenhängen (vgl. offenes Blutgefäßsystem S. 101) existiert nur eine Flüssigkeit, welche Blut genannt wird, obwohl sie in der Regel farblos ist. Wenn Färbung vorkommt, ist dieselbe am häufigsten eine gelblichrote oder intensiv rote; sie kann sogar, ähnlich wie bei den *Wirbeltieren* durch Hämoglobin bedingt sein (unter den *Mollusken* bei *Planorbis*, *Arca tetragona*, *A. noae*, *Solen legumen*, *Tellina planata*, *Pectunculus glycymeris* und anderen, unter den *Anneliden* bei *Capitelliden*, *Glycera*, *Polycirrus*, *Leprea*, *Blutegel*n, *Regenwürmern*, unter den *Insekten* bei *Chironomus*). Anstatt des Hämoglobins finden sich vielfach andere Farbstoffe; bei *Tintenfischen*, manchen *Schnecken* und *Muscheln*, bei *Hummer* und manchen *Krabben* das bei Sauerstoffzutritt sich bläuende, schwach kupferhaltige Hämocyanin, bei *Sipunculiden* Hämerythrin usw. Sitz der Färbung ist in der Regel das Blutplasma (*Chironomus*, *Hirudineen*, *Regenwürmer* und die meisten *Anneliden*); nur ausnahmsweise kommen gefärbte Blutkörperchen vor, wie bei *Arca*, *Solen* und den übrigen obengenannten *Muscheln*, ferner bei der Gattung *Phoronis*. Gefärbte, mit Blutkörperchen identische, Hämoglobin enthaltende Elemente finden sich außerdem in der Leibeshöhlenflüssigkeit mancher *Anneliden* (*Capitelliden*, *Glycera*, *Leprea*, *Polycirrus*) und in den Ambulacralgefäßen von *Echinodermen* (*Ophiactis virens*, einigen *Holothuriern*) vor. — Am verbreitetsten sind bei wirbellosen Tieren die Leukocyten; indessen können sie ebenfalls fehlen, so daß dann das Blut eine Flüssigkeit ohne geformte Körperchen ist.

Besondere Beachtung verdienen die weißen Blutkörperchen wegen ihrer amöboiden Beweglichkeit und der dadurch bedingten Fähigkeit, in die Gewebe auszuwandern, fremde Körper in sich aufzunehmen und zu verdauen (Phagocytose); sie gewinnen dadurch große Bedeutung für das Wohl des Organismus, indem sie schädliche Stoffe (zugrunde gegangene Gewebsbestandteile, Exkretstoffe, vor allem auch Krankheiten erregende Bakterien) unschädlich machen. Weiterhin haben die weißen Blutkörperchen die Aufgabe, Reservestoffe aufzunehmen und zu transportieren; sie gewinnen dann durch den Reichtum an feinsten, stark lichtbrechenden Körperchen ein ganz besonderes Aussehen, wie ein Vergleich von b^1 mit b^2 (Fig. 44) lehrt. Die Unterschiede im Aussehen können so bedeutend werden, daß von vielen Forschern für die Menschen und die Wirbeltiere verschiedene Arten auch durch die Beschaffenheit ihrer Kerne und den Grad ihrer amöboiden Beweglichkeit gekennzeichneter farbloser Blutzellen (Leukocyten und Lymphocyten) unterschieden werden.

Da in Ausübung ihrer Tätigkeit viele weiße Blutkörperchen zugrunde gehen, muß für einen beständigen Ersatz gesorgt werden. Dies geschieht durch Teilung der im Blut (?) und in der Lymphe zirkulierenden Elemente, vor allem aber in besonderen Vermehrungsstätten. Als solche sind bei den Wirbeltieren die sogenannten Lymphdrüsen zu nennen, scharf umschriebene Knötchen, deren Grundlage ein lockeres Bindegewebsgerüst ist, dessen Lücken von Lymphkörperchen dicht erfüllt sind, ferner lymphoides Gewebe in der Leber (besonders bei Fischen), der Milz und dem Knochenmark. Aber auch bei wirbellosen Tieren hat man „lymphoide Organe“ durch Tuscheinjektion nachgewiesen. Denn es werden die Tuschekörnchen in den lymphoiden Organen aufgestapelt, indem die die Körnchen fressenden (phagocytierenden) Zellen sich in diesen Organen sammeln. So findet man lymphoide Organe am Magen der höheren *Krebse*, zu beiden Seiten

des Herzschauchs der *Geradflügler*, nahe den Segmentalorganen der *Anneliden*. Zu den lymphoiden Organen gehören ferner der „weiße Körper“ am Ganglion opticum der *Cephalopoden* und das sogenannte „Herz“ der *Echinodermen*.

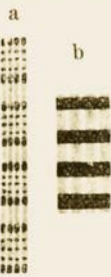
Blut und Lymphe sind in der Neuzeit Gegenstand wichtiger biologisch-chemischer Untersuchungen geworden, durch welche die alte Bezeichnung „Blutsverwandtschaft“ ein besonderes Interesse gewonnen hat, insofern es sich herausstellte, daß die Beschaffenheit des Blutes in der Tat einen Maßstab für die systematische Verwandtschaft der Tiere abgibt. Die ersten diesbezüglichen Erfahrungen wurden gemacht gelegentlich der Bluttransfusionen, bei denen man unter besonderen, die Blutgerinnung verhindernden Vorsichtsmaßregeln Blut aus den Arterien eines Tieres in die Venen eines zweiten Tieres überleitete. Während dieses Verfahren bei Benutzung von Individuen einer und derselben Art zu keinerlei Bedenken Veranlassung gibt, treten schwere Schädigungen ein, wenn Individuen, welche zwei verschiedenen Arten angehören, zum Experiment benutzt werden. Stehen die Arten im System weit auseinander, so kann die Einspritzung „artfremden Blutes“ selbst in kleineren Quantitäten schon den Tod des eingespritzten Tieres herbeiführen. In weiterem Verfolg dieser Erscheinung hat man gefunden, daß die Einspritzung artfremden Blutes oder Blutserums zu Abwehrmaßregeln des eingespritzten Organismus führt und die Bildung von „Hämolytinen“, „Präzipitinen“ und „Agglutininen“, sogenannten Antikörpern, veranlaßt, hypothetischen Substanzen, von denen die ersteren die Auflösung der artfremden Blutkörperchen, die zweiten die Ausfällung von Eiweißkörpern aus dem artfremden Blutserum, die dritten ein Verkleben der Blutkörperchen zu Haufen veranlassen. Man hat diese Eigenschaften des Blutes benutzt, um geradezu den Grad der systematischen Verwandtschaft zweier Arten zu bestimmen. Da der Sitz der betreffenden Antikörper im Blutserum gegeben ist, genügt es, bei den Experimenten dieses allein, also Blut nach Entfernung der Blutkörperchen und des Blutkuchens, zu verwenden. Ein Antiserum, welches man bei der Art A durch Einspritzen von Blut oder Serum der Art B gewonnen hat, erzeugt, selbst in ganz außerordentlich verdünntem Zustand, Niederschläge (Präzipitate) mit Serum der Art B; es wirkt aber auch auf die Serumflüssigkeiten anderer Tiere ein, und zwar nach Maßgabe der systematischen Verwandtschaft. Die Konzentration, in welcher man das betreffende Serum anwenden muß, um noch eine Reaktion zu erzielen, ist umgekehrt proportional der Verwandtschaft, in welcher die Tiere zu dem zur Herstellung des Antiserums benutzten Tiere B stehen. Bei Angehörigen einer anderen Tierklasse kommt es überhaupt zu keinem Niederschlag mehr. Man hat in dieser Weise z. B. festgestellt, daß die *anthropoiden Affen* dem Menschen näher stehen als die übrigen *Primates*. Das über Antikörper Gesagte gilt übrigens nicht nur von den Eiweißkörpern des Blutserums, sondern für alle übrigen Eiweißkörper eines Tieres, z. B. auch für Milch, Gewebsflüssigkeiten und die Eiweißlösungen, welche man durch Auspressen der Muskeln, der Leber usw., ja sogar der Eier der Vögel erzielen kann. Es stellt sich somit heraus, daß der Artcharakter nicht nur im Bau der Organismen, sondern auch in der chemischen Beschaffenheit ihrer Gewebe zum Ausdruck gelangt.

Blut-
reaktionen.

3. Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe ist funktionell dadurch charakterisiert, daß es Träger der aktiven Bewegungen im tierischen Körper ist. Da nun auch

dem Protoplasma aktive Beweglichkeit zukommt, ist es wichtig, die Unterschiede zwischen beiden Bewegungsweisen zu erörtern. Die Unterschiede sind gegeben in der Richtung und in der Intensität der Bewegung. Ein Protoplasmaklumpchen hat die Fähigkeit, nach allen Richtungen hin zu wandern, weil in seinem Innern eine hochgradige Verschiebbarkeit der kleinsten Teilchen gegeneinander besteht. Alle Muskeln, und dementsprechend auch ihre einzelnen Elemente, die Muskelfasern und die Muskelfibrillen, besitzen dagegen nur die Fähigkeit der Verkürzung unter gleichzeitiger Zunahme des Querschnitts (Fig. 46); sie können daher auch nur



Glatte
und quer-
gestreifte
Muskel-
fasern.

Fig. 46. Vier quergestreifte Muskelfibrillen, a im ruhenden, b im kontrahierten Zustand (nach Rollet).

Bewegungen in einer bestimmten Richtung, in der Richtung der Muskelachse, vollziehen. Ist die Muskelsubstanz somit in ihrer Bewegung beschränkter als das Protoplasma, so bietet sie auf der anderen Seite die Vorteile größerer Energie und größerer Schnelligkeit. Ein mit der Natur der verschiedenen Bewegungsarten vertrauter Beobachter wird schon aus der Intensität und Schnelligkeit mit ziemlicher Sicherheit entscheiden können, ob in einem gegebenen Fall eine Bewegung durch Protoplasma oder durch kontraktile Substanz im engeren Sinne (Muskelsubstanz) ausgeführt wird.

Diese physiologischen Betrachtungen weisen schon darauf hin, daß Protoplasma und kontraktile Substanz auch morphologisch verschiedenerlei Dinge sind, und daß man daher im Muskelgewebe scharf zwischen Bildungszelle oder Muskelkörperchen und Bildungsprodukt oder kontraktile Substanz unterscheiden muß, wie im Bindegewebe zwischen Bindegewebskörperchen und Bindegewebsfibrillen. Tatsächlich ist auch dieser Unterschied vorhanden, nur ist er optisch nicht immer gleich gut wahrnehmbar. Man kennt in der tierischen Histologie zwei Arten oder, man kann auch sagen, zwei Ausbildungsstufen der Muskelsubstanz, die homogene oder glatte und die quergestreifte. Da erstere dem körnchenfreien Protoplasma sehr ähnlich sieht, ist ihre Abgrenzung gegen das Muskelkörperchen schwieriger zu erkennen als bei der quergestreiften Muskelsubstanz, der durch ihre feinere Struktur ein ganz anderes Aussehen gegeben wird als dem Protoplasma. Bei der quergestreiften Muskulatur besteht die kontraktile Substanz aus zwei in der



Fig. 47. Epithelmuskelzellen, a einer Meduse (quergestreift), b einer Actinie (glatt).

Kontraktionsrichtung des Muskels regelmäßig, oft in sehr komplizierter Weise miteinander alternierenden und bei der Kontraktion ihre Anordnung verändernden Substanzen, von denen die eine doppelt (*anisotrop*), die andere einfach lichtbrechend (*isotrop*) ist (Fig. 24, 46, 49).

Beide Muskelarten unterscheiden sich auch in der Art ihrer Funktion, indem die quergestreiften Muskeln rasche Kontraktionen von relativ kurzer Dauer vermitteln, die glatten dagegen langsame Kontraktionen, die lange Zeit anhalten können. Erstere finden sich daher bei aktiveren höher organisierten Tierformen. Interessant ist in dieser Hinsicht die Erscheinung, daß von zwei Entwicklungszuständen einer und derselben Art der einfach gebaute und träge *Polyp* glatte, die in jeder Hinsicht vollkommener und beweglichere *Meduse* quergestreifte Muskeln hat. Der Unterschied in der Leistungsfähigkeit hat bei den Wirbeltieren zu der eigentümlichen Ver-

teilung der Muskelsubstanz geführt, daß die glatte Muskulatur vorwiegend den Eingeweiden, deren Bewegung nicht dem Willen unterworfen ist, angehört (organische unwillkürliche Muskulatur), während die dem Willen unterworfenen und zu schnellerer Handlung berufene Körpermuskulatur (willkürliche Muskulatur) quergestreift ist. Man muß sich hüten, daraus den Schluß zu ziehen, als ob der Unterschied von glatter und quergestreifter Muskulatur sich mit dem Unterschied von Eingeweide- und Körpermuskulatur decke. Das Irrtümliche einer derartigen Auffassung erhellt schon daraus, daß fast die gesamte Körpermuskulatur der *Mollusken* glatt, dagegen die Eingeweidemuskulatur vieler *Insekten* und *Krebse* sowie auch die Herzmuskulatur der *Wirbeltiere* ebenso quergestreift ist, wie ihre Körpermuskulatur.

Im ersten und zweiten Abschnitt der Gewebelehre haben wir im Epithel und in der Bindesubstanz zwei grundsätzlich verschiedene Gewebsformen kennen gelernt. Dieser Gegensatz hat auch für die Besprechung der Muskulatur seine Bedeutung; denn es zeigt sich, daß sowohl Epithelzellen wie Bindesubstanzzellen die Fähigkeit haben, kontraktile Substanz zu bilden, und daß sich genetisch daher zwei Muskelarten ergeben, die Epithelmuskeln und die Bindesubstanzmuskeln, für welche letztere wir den seit langem gebräuchlichen Namen „kontraktile Faserzellen“ beibehalten wollen. Beide Arten Muskelzellen können a priori sowohl glatte wie quergestreifte Muskelsubstanz bilden; nur hat die Anhäufung der Bindesubstanz um innere Organe es begünstigt, daß die kontraktilen Faserzellen meist glatt sind.

Epithelmuskelzellen sind Zellen, welche mit dem einen Ende an die Körperoberfläche oder die Begrenzung eines Innenraumes (Leibeshöhle, Darmlumen) herantreten und hier sogar eine Cuticula, Geißeln und Flimmern besitzen können, während sie am anderen Ende kontraktile Substanz in Form von Muskelfibrillen ausgeschieden haben (Fig. 47); auf einem senkrecht zum Fibrillenverlauf angefertigten Querschnitt sind die Fibrillen wie in Fig. 25d als kleine Körner zu sehen. Die Zellen vereinigen in sich die Doppelfunktion der Epithelzelle und der Muskelzelle. Kontraktile Faserzellen sind dagegen Bindesubstanzzellen, welche sich meist allseitig mit einem Mantel kontraktiler Substanz umhüllt haben; ihrer Entstehung entsprechend haben sie die Form von Bindesubstanzzellen und sind spindelförmig oder verästelt. Wo Verästelungen vorkommen, sind sie namentlich an den Enden angebracht (Fig. 48). Die Gleichartigkeit der Gestalt erschwert die Unterscheidung der Faserzellen von gewöhnlichen Bindesubstanzzellen, besonders wenn die kontraktile Schicht auf der Oberfläche schwach entwickelt ist. In anderen Fällen ist dagegen

Epithel-
und Binde-
substanz-
muskeln

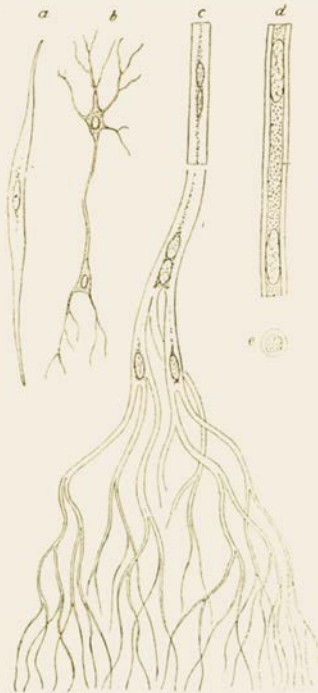


Fig. 48. Kontraktile Faserzellen, a vom Menschen, b—e von *Beroë* (*Ctenophore*), b junge Fasern, c verästeltes Ende, d Mittelteil, e Querschnitt einer ausgebildeten Faser.

die ein- oder vielkernige Protoplasmamasse, die „Achsensubstanz“, von der Muskelmasse, der „Rindenschicht“, durch eine scharfe Linie abgegrenzt (Fig. 48c, d, e). Die regelmäßige Nebeneinanderlagerung der Epithelzellen bringt es mit sich, daß die von ihnen gebildeten Muskelfibrillen ebenfalls regelmäßig und parallel nebeneinander lagern und so eine Schicht bilden, welche sich in Falten legt, wenn auf einem beschränkten Raum reichlich Muskelsubstanz erzeugt werden soll (vgl. Fig. 188, 205, 206 und ihre Erklärung).

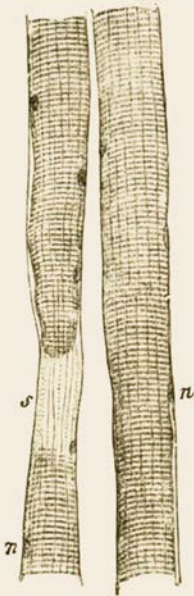


Fig. 49. Quergestreiftes Primitivbündel, z Kerne, s Stelle, an der durch Zerreißen der Fibrillen das Sarcolemm deutlich geworden ist (nach Gegenbaur).

Bei *Wirbeltieren* und *Arthropoden* besteht die Körpermuskulatur aus quergestreiften Muskelfasern, den Primitivbündeln (Fig. 49). Ein Primitivbündel ist ein zylindrischer Schlauch, der durch eine strukturlose Haut, das Sarcolemm, nach außen begrenzt und umhüllt wird. Sein Inhalt besteht aus feinen Fibrillen, welche streng parallel zueinander und dicht zusammengefügt von einem Ende des Schlauches zum anderen verlaufen. Jede Fibrille wird von einfach- und doppeltbrechenden Teilen gebildet, welche in mehr oder minder komplizierter Anordnung miteinander alternieren. Da nun die doppeltbrechenden Teile der Fibrillen innerhalb eines Bündels immer genau auf gleicher Höhe liegen, so fügen sie sich zu einer queren, das ganze Bündel durchsetzenden Streifung zusammen. Zwischen den Muskelfibrillen sind hier und da eingesprengt die Muskelkörperchen, spindelige Protoplasmakörper mit Kernen, die Reste der Zellen, welche die Muskulatur gebildet haben. Obwohl diese Primitivbündel in ihrer Struktur keinen epithelialen Charakter verraten, so läßt sich gleichwohl entwicklungsgeschichtlich ihre Abstammung vom Epithel der primitiven Leibeshöhle, und zwar von einem abgesonderten, als Urwirbel bezeichneten Abschnitt derselben erweisen.

4. Nervengewebe.

Wie das Muskelgewebe die Bewegungen vermittelt, so dient das Nervengewebe der Übertragung von Erregungszuständen; es pflanzt die in der Peripherie in den Sinnesorganen entstehenden Erregungen nach dem Zentralnervensystem (bei den *Wirbeltieren* Hirn- und Rückenmark) fort und ermöglicht hier ihre Wahrnehmung (zentripetale Nervenbahnen); es überträgt ferner Erregungszustände des Zentralorgans nach der Peripherie, vor allem auf Muskulatur und Drüsengewebe (zentrifugale N.). Wird die Erregung von den Sinnesorganen nach dem Zentralorgan und von diesem direkt wieder nach der Peripherie (den Muskeln und Drüsen) geleitet, so spricht man von reflektorischen Vorgängen und nennt die Gesamtheit der Leitung den „Reflexbogen“. Sind in diesen Reflexbogen zahlreiche Stellen des Zentralorgans, welche auch mit anderen sensiblen Partien in Verbindung stehen, eingeschaltet und wird der Ablauf des Reizes hierdurch modifiziert, so spricht man von komplizierten Reflexen. Gegen diese komplizierten Reflexe ist das Gebiet bewußter seelischer Tätigkeit schwierig abzugrenzen. Das Charakteristische der letzteren ist darin gegeben, daß die Erregungszustände nicht nur mit den an den verschiedensten anderen Stellen entstandenen Erregungszuständen kombiniert

werden, sondern auch mit den Nachwirkungen (den „Engrammen“) früherer, oft vor langer Zeit empfangener Erregungszustände, wodurch der Endeffekt des Reizverlaufs hochgradig modifiziert werden kann, sei es, daß die den Endeffekt bildende Handlung einen von dem unmittelbaren Reflex abweichenden Charakter trägt, oder daß es zunächst überhaupt nicht zu einer nach außen hervortretenden Wirkung kommt.

Der Träger der Reizleitung ist unzweifelhaft eine spezifische, vom Protoplasma verschiedene Substanz, die Nervensubstanz, über deren histologische Beschaffenheit wir nichts Sicheres wissen. Die herrschende Auffassung ist, daß sie aus feinsten Fibrillen, den Neurofibrillen, besteht, welche, ähnlich den Drähten eines Telegraphennetzes, die Reize fortleiten. Man unterscheidet nun zweierlei Elemente des Nervengewebes, die Ganglienzellen und die Nervenfasern; die ersteren sind besonders reichlich in den Zentralorganen (z. B. im Hirn und Rückenmark der Wirbeltiere) angehäuft und gelten daher als Sitz zentraler Tätigkeit; die letzteren sind, streng genommen, keine selbständigen Elemente, sondern nur die oft weithin verlängerten Ausläufer der Ganglienzellen; sie gehen daher zugrunde, wenn sie von den Ganglienzellen getrennt werden. Die in den Nervenfasern verlaufenden Neurofibrillen treten in die Ganglienzellen über, um hier einen Austausch zu erfahren (Fig. 51) oder sich untereinander zu einem Netzwerk zu verbinden.

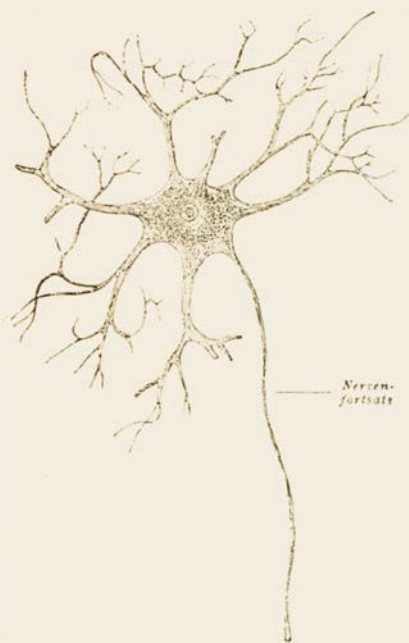


Fig. 50. Multipolare Ganglienzelle des Menschen (nach Gegenbaur).

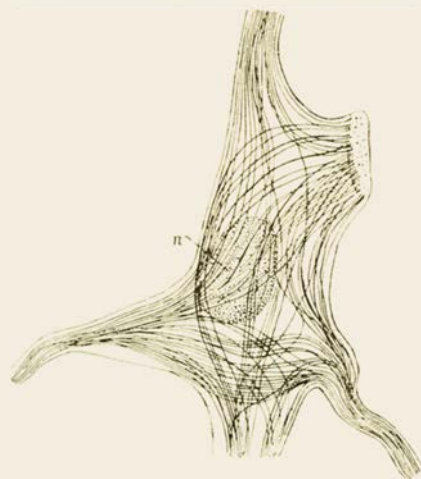


Fig. 51. Motorische Ganglienzelle vom Brust-Rückenmark des Hundes; n Kern (nach Bethe).

Im Wirbeltierkörper sind die Ganglienzellen von sehr verschiedener Größe und Form. Neben kleinen Elementen gibt es ansehnliche Kugeln, welche nur noch von den Eiern an Größe übertroffen werden und dementsprechend auch einen wie ein Keimbläschen aussehenden Kern besitzen. Nach der Form unterscheidet man unipolare, bipolare und multipolare Ganglienzellen, je nach der Zahl von Nervenfasern oder Fortsätzen, die von der Zelle ausgehen. Deren Zahl ist bei den multipolaren Ganglienzellen (Fig. 50) eine außerordentlich große. Sie sind von zweierlei

Ganglienzellen der Wirbeltiere.

Art: Dendriten (Protoplasmafortsätze) und Neuriten (Nerven- oder Achsenfortsätze). Die Dendriten verdanken ihren Namen dem Umstand, daß sie nicht weit von ihrem Ursprung aus der Ganglienzelle sich reichlich zu verästeln beginnen, sich in immer feinere Ausläufer verteilend.



Fig. 52. Ganglienzellen und Nervenfibrillen einer Actinie.

Die Neuriten dagegen, von denen in der Regel nur einer auf eine Ganglienzelle kommt, lassen sich weithin verfolgen, ohne daß sie sich verästeln, nur daß sie hier und da seitliche Fäden (Kollaterale) unter rechtem Winkel abgeben; sie gehen häufig in einen peripheren Nerven über. An ihren Enden sind sie sicherlich auch verästelt, so daß ihre Besonderheit im Vergleich zu den Dendriten nur in dem weiten Abstand ihres Verästelungsgebietes von der Ganglienzelle zu suchen ist.

Bei den bipolaren Ganglienzellen zeigen beide an gegenständlichen Enden der Zelle entspringenden Ausläufer die Beschaffenheit von Neuriten; will man gleichwohl

Fig. 53. Fig. 54.

Fig. 55.



Fig. 53. Nervenfibrillen (aus Hatschek).

Fig. 54 und 55. Einfach konturierte (A) und doppelt konturierte (B) Nervenfasern, in Fig. 54 ohne, in Fig. 55 mit Schwannscher Scheide und Kernen (nach Hatschek).

dann eine allmähliche Verteilung der Ganglienzelle eine Stätte, in welcher

einen derselben als einen Dendriten mit weit entferntem Verästelungsgebiet deuten, so muß man zur morphologischen Charakteristik des Neuriten noch die physiologische hinzufügen, daß er bestimmt ist, die Erregungszustände von der Ganglienzelle abzuleiten, während die Dendriten zuleitende Bahnen sind. — Die unipolaren Ganglienzellen der Wirbeltiere sind als bipolare Zellen zu deuten, deren Fortsätze an eine gemeinsame Ursprungsstelle zusammengerückt sind und eine Strecke weit vereinigt verlaufen, ehe sie nach entgegengesetzten Richtungen auseinandergehen, wodurch die Figur eines T entsteht. Diese Auffassung wird ohne weiteres verständlich, wenn man die Nervenfibrillen als Träger der Reizleitung betrachtet. Jeder Ausläufer einer Ganglienzelle (Fig. 51) besteht dann aus mehr oder minder zahlreichen Fibrillen, welche in den Körper der Ganglienzelle eintreten. Die Verästelung der Ausläufer ist in ihnen enthaltenen Fibrillen, die ein Fibrillenaustausch zwischen den

einzelnen Ausläufern vor sich geht. Bei dieser Auffassung muß es ganz gleichgültig sein, ob zwei Fibrillenbündel gleich an der Oberfläche der Ganglienzelle divergieren oder eine Strecke weit wie in einem Kabel vereint miteinander verlaufen.

Je nach der Zahl der in ihnen enthaltenen Fibrillen und der Struktur ihrer Umhüllung kann man verschiedenerlei Nervenfasern unterscheiden. Im Zentralnervensystem der Wirbeltiere findet man als feinste Elemente die Nervenfibrillen (Fig. 53). Viele Fibrillen, zu einem Bündel vereint, bilden eine Nervenfasern (Fig. 54A), die man die graue Nervenfasern nennt, im Gegensatz zur weißen oder markhaltigen. Bei letzterer (Fig. 54B) ist die Fasern, der „Achsenzylinder“, noch von einer dünnen Scheide von Nervenmark oder Myelin umhüllt, einer fettähnlichen Substanz, die stark lichtbrechend ist, in Osmiumsäure sich schwärzt und leicht zu mannigfaltigen Tropfen, „Myelintropfen“, auseinanderfließt. Die „Markscheide“ scheint wie ein Isolator zu wirken. Marklose (graue) und markhaltige (weiße) Nervenfasern können noch von der Schwannschen Scheide (Fig. 55A, B) umhüllt sein. Dieselbe ist eine Besonderheit der das periphere Nervensystem zusammensetzenden Fasern, fehlt somit im Hirn und Rückenmark; sie ist eine zarte Hülle, in die von Strecke zu Strecke Kerne eingelagert sind. Zeitweilig bildet sie Einschnürungen, welche die Markscheide durchsetzen und bis zum Achsenzylinder vordringen (Ranviersche Schnürringe).

Bei den wirbellosen Tieren kommen ebenfalls multi- und bipolare Ganglienzellen vor, am verbreitetsten bei *Cölenteraten* (Fig. 52), seltener bei *Würmern* (z. B. *Lumbricus*), *Arthropoden* und *Mollusken* und dann vornehmlich im Bereich des peripheren Nervensystems. In den Ganglienknoten, den Zentralorganen der letztgenannten drei Tierstämme, entsenden die Ganglienzellen meist nur einen starken Fortsatz, den Neuriten, der aber reichlich mit verästelten Seitenzweigen (Dendriten) besetzt ist (Fig. 73). — Was die Nervenfasern anlangt, so fehlt in der Regel die Markscheide und Schwannsche Scheide auch bei den peripheren Nerven. Nur selten wurde bei *Arthropoden* und *Anneliden* eine dünne Myelinscheide beobachtet.

Ganglienzellen der Wirbellosen.

Eine Ganglienzelle mit ihrem System von Ausläufern, ihren Dendriten und ihrem Neuriten — von denen der letztere, indem er sich vom Zentralorgan (Hirn- und Rückenmark) bis an seine periphere Endigung, den Muskel, ausdehnt, bei großen Tieren viele Meter lang werden kann — bildet eine physiologische Einheit und wird daher als ein „Neuron“ bezeichnet. Die Anhänger der „Neuronentheorie“ nehmen an, daß zwei Neuronen zwar mit ihren Ausläufern einander derart genähert sind, daß die Erregungszustände des einen auf den anderen wie die Funken einer elektrischen Bürste überspringen können, daß dagegen kein kontinuierlicher Zusammenhang besteht, daß die Ausläufer somit nicht untereinander anastomosieren. Von den Gegnern der Neuronentheorie wird dagegen ein derartiger Zusammenhang behauptet; er ist für die riesigen Ganglienzellen der *Nematoden* sicher erwiesen. — Ein zweiter strittiger Punkt der Neuronenlehre ist in der Annahme gegeben, daß jedes Neuron auch eine histologische Einheit sei, daß alle Ausläufer, selbst die riesigsten Neuriten von der Ganglienzelle aus hervorgehen und somit in ihrer ganzen Länge Bildungsprodukte derselben sind. Demgegenüber nehmen die Gegner der Theorie an, daß die Neuriten, welche die peripheren Nervenfasern zusammensetzen, von besonderen Nervenbildungszellen oder Neuroblasten erzeugt würden,

Neuronentheorie.

welche den aus der Ganglienzelle entspringenden Neuriten nach der Peripherie weiter verlängern. Für die Wirbeltiere kann wohl die erste Auffassung durch zahlreiche neuere experimentelle Untersuchungen als erwiesen gelten, welche zeigten, daß Ganglienzellen, die außerhalb des Körpers unter günstigen Bedingungen „in vitro“ gezüchtet wurden, ohne Unterstützung von Neuroblasten den Neuriten zu bilden vermögen.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte der Gewebelehre.

- a) Zelle.
1. Das wichtigste Formelement aller Gewebe ist die Zelle.
 2. Die Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, welches einen oder mehrere Kerne enthält (einkernige, vielkernige Zellen).
 3. Der Kern bestimmt wahrscheinlich den spezifischen Charakter der Zelle, indem er die Funktionen derselben beeinflusst; demgemäß ist er bei den Geschlechtszellen Träger der Vererbung.
 4. Zellen und Kerne vermehren sich ausschließlich durch Teilung oder Knospung, die Kerne vielzelliger Tiere wohl ausnahmslos mitotisch, die Kerne der Protozoen häufig mittels direkter Durchschnürung.
- b) Gewebe.
5. Gewebe sind Komplexe zahlreicher, histologisch gleichartig differenzierter Zellen.
 6. Die histologische Differenzierung beruht zum Teil darauf, daß die Zellen eine bestimmte Form und Anordnung annehmen, zum Teil auf der Bildung von Plasmaprodukten, welche den Charakter des Gewebes ausmachen (Muskel-, Nerven-, Bindegewebsfibrillen).
- c) Einteilung der Gewebe.
7. Nach der Funktion und der Struktur unterscheidet man 1. Epithelien, 2. Bindsbstanzen, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe.
 8. Der funktionelle Charakter der Epithelien ist darin gegeben, daß sie die Oberfläche des Körpers überziehen, ihr morphologischer Charakter darin, daß sie aus dichtgedrängten, nur durch Kittsubstanz verbundenen Zellen bestehen.
 9. Nach ihrem weiteren funktionellen Charakter teilt man die Epithelien in Drüsenepithelien (einzellige, vielzellige Drüsen), Sinnesepithelien, Keimepithelien, Deckepithelien ein.
 10. Nach der Struktur unterscheidet man einschichtige (kubische, zylindrische, Plattenepithelien) und vielschichtige Epithelien, Geißel- und Flimmerepithelien, Epithelien mit und ohne Cuticula.
 11. Der physiologische Charakter der Bindsbstanzen beruht darauf, daß sie im Innern des Körpers verbindend und stützend die Zwischenräume zwischen anderen Geweben ausfüllen.
 12. Der morphologische Charakter der Bindsbstanzen ist in der Anwesenheit der Interzellulärsubstanz gegeben.
 13. Nach der Masse und der Struktur der Interzellulärsubstanz teilt man die Bindsbstanzen ein: 1. in zellige (spärliche Interzellulärsubstanz), 2. homogene, 3. faserige Bindsbstanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.
 14. Der physiologische Charakter des Muskelgewebes ist in der gesteigerten Kontraktionsfähigkeit gegeben.
 15. Der morphologische Charakter beruht darauf, daß die Zellen Muskelsbstanz ausgeschieden haben.
 16. Nach der Beschaffenheit der Muskelsbstanz unterscheidet man glatte und quergestreifte Muskelfasern.

17. Nach dem Charakter und der Abstammung der Zellen (Muskelkörperchen) teilt man die Muskulatur in epitheliale (Epithelmuskelzellen, Primitivbündel) und bindegewebige (kontraktile Faserzellen) ein.

18. Der physiologische Charakter des Nervengewebes beruht auf der Fortleitung der sinnlichen Reize und Willensimpulse und auf der Kombination derselben zu einheitlicher seelischer Tätigkeit.

19. Die Leitung wird vermittelt durch Nervenfasern (marklose und markhaltige Fibrillenbündel und Fibrillen), die Kombination der Reize durch Ganglienzellen (unipolare, bi- und multipolare Ganglienzellen).

20. Blut und Lymphe sind eiweißhaltige Flüssigkeiten; selten zellenlos, enthalten sie entweder nur farblose amöboide Zellen (weiße Blutkörperchen, Leukocyten) oder neben diesen noch gefärbte (rote) Blutkörperchen.

21. Gefärbte Blutkörperchen finden sich vorwiegend bei Wirbeltieren und sind hier Ursache der Blutfarbe; sie fehlen den meisten wirbellosen Tieren.

22. Wenn wirbellose Tiere gefärbtes (rotes, gelbes, grünliches) Blut haben, so ist die Ursache davon meist im Blutplasma zu suchen.

23. Die roten Blutkörperchen sind kernlos bei Säugetieren, kernhaltig bei allen übrigen Wirbeltieren.

3. Umbildung der Gewebe zu Organen.

Aus den Geweben bauen sich die Organe auf. Ein Organ kann man einen Gewebekomplex nennen, welcher durch Abgrenzung gegen die Umgebung eine abgeschlossene Gestalt angenommen hat, um eine einheitliche Funktion zu vollziehen. So ist der einzelne Muskel ein Organ, welches aus einer gewissen Menge von Muskelgewebe besteht, mit Skalpell und Schere aus seiner Umgebung als ein zusammenhängendes Ganze herausgeschält werden kann und eine bestimmte Bewegung ausführt.

In jedem Organ ist ein Gewebe, welches die Funktion des Organs vermittelt und daher den physiologischen Charakter desselben ausschließlich bestimmt; wir wollen es das Hauptgewebe nennen. Neben ihm können noch weitere Gewebe vorhanden sein, welche nur den Zweck haben, die Funktion des Hauptgewebes zu unterstützen oder zu ermöglichen, die Nebengewebe. So findet man in den Muskeln der Wirbeltiere außer den Muskelfasern noch Bindsesubstanz, welche die Muskelbündel untereinander verkittet, ferner Blutgefäße, welche zur Ernährung dienen, endlich Nerven, durch welche die Muskeln erregt werden. In der Leber des Menschen sind ebenfalls außer den funktionell wichtigsten Teilen, den Leberzellen, noch Blutgefäße, Nerven- und Bindsesubstanz vorhanden. Derartige Nebengewebe pflegen im allgemeinen nur bei einer hohen Entwicklungsstufe des Organs vorzukommen; bei niederen Tieren können sie fehlen. So besitzt der Darm der *Cölenteraten* nur eine epitheliale Auskleidung; ihr Nervensystem besteht nur aus einem Plexus von Nervenfasern und Ganglienzellen.

Für den dauernden Bestand des Organs ist es von der größten Bedeutung, daß seine Gewebe in Funktion erhalten werden. Die lebende Substanz unterscheidet sich von der unbelebten dadurch, daß sie durch den Gebrauch zwar ebenfalls abgenutzt wird, daß sie aber einen Ersatz erfährt, welcher oft mehr als hinreichend ist, um den Verlust zu decken. Funktionierende Gewebe und Organe nehmen unter günstigen Bedingungen

infolge erhöhter Ernährung an Masse zu; funktionslos gewordene Teile erfahren dagegen einen allmählichen Schwund, welcher schließlich zu ihrem Untergang führt. Insofern funktionierende Gewebe auf Kosten nicht funktionierender wachsen, spricht man von einem „Kampf der Teile im Organismus“ (Roux). Dieser „Kampf der Teile“ gilt auch für die Strukturelemente innerhalb eines und desselben Gewebes, wie man es am schönsten für den Bau stark in Anspruch genommener Knochen, z. B. Femur, Tibia, nachweisen kann. Vom Knochengewebe erhalten sich hier nur die beim Tragen des Körpers in Anspruch genommenen Teile, die äußere Röhre und am oberen und unteren Ende diejenigen Bälkchen des schwammigen Gerüsts, welche den mathematisch berechenbaren Druck- und Zugkurven entsprechen, während alles übrige resorbiert und vom Knochenmark eingenommen wird. Ändern sich die Druckbedingungen, wie z. B. bei gebrochenen und in falscher Stellung geheilten Knochen, so ändert sich in einer dem Bedürfnis entsprechenden Weise auch die Anordnung der Knochenbälkchen.

Funktions-
wechsel der
Organe.

Die zwei erörterten Momente, daß der Fortbestand der Gewebe anhaltende Übung voraussetzt, und daß meist mehrere Gewebe in den Bau eines Organs eintreten, sind wichtig zum Verständnis des Prinzips des Funktionswechsels, welches bei der Umbildung der Tierformen eine hervorragende Rolle spielt. Es kann vorkommen, daß ein Organ unter veränderte Bedingungen gebracht wird und nicht mehr Gelegenheit hat, in der bisherigen Weise zu funktionieren. Dann geht zwar allmählich das funktionierende Gewebe aus Mangel an Gebrauch zugrunde, das Organ kann aber vermöge seiner Nebengewebe weiter existieren, wenn die neuen Bedingungen es ermöglichen, daß eines der Nebengewebe zur Funktion gelangt und dem Organ einen neuen physiologischen Charakter verleiht. Ein Muskel z. B. kann durch Veränderungen in benachbarten Gewebe an seiner Funktion verhindert werden. Wenn dann das Muskelgewebe schwindet, so bleibt zunächst noch die Summe der Hilfgewebe, vor allem das von Blutgefäßen durchsetzte Bindegewebe übrig und kann ein schützendes Band, eine Sehne oder Fascie liefern. Wir haben dann morphologisch dasselbe Organ, nur daß es seinen physiologischen Charakter geändert hat; der Muskel hat einen Funktionswechsel erfahren und ist ein ligamentöser Strang geworden. Ein anderes Beispiel sind die Visceralbögen der *Fische* und *Amphibien*; sie sind ihrer ersten Bedeutung nach Träger der Kiemen. Wenn nun die Kiemen beim Übergang zum Landleben verloren gehen, so werden die Visceralbögen zunächst funktionslos. Ein Teil bildet sich dementsprechend auch zurück; ein anderer Teil aber erhält sich, weil er neue Funktionen gewonnen hat; er liefert die Kiefer, das Zungenbein und die Gehörknöchelchen, welche trotz ihrer ganz anderen Funktionen dieselben morphologischen Gebilde sind wie die Kiemenbögen. In der Geschichte der Zoologie (S. 11) haben wir gesehen, wie die vergleichende Anatomie dazu geführt wurde, homologe oder morphologisch gleichwertige und analoge oder physiologisch gleichwertige Organe zu unterscheiden. Erstere sind Organe, welche in gleichen Lagebeziehungen und Verbindungsweisen auftreten, letztere Organe, welche dieselbe Funktion besitzen. Was wir über den Bau der Organe kennen gelernt haben, macht es verständlich, warum morphologischer und physiologischer Charakter sich nicht notwendig decken, warum morphologisch gleichartige Organe (Lunge der Säugetiere, Schwimmblase der Fische) verschiedene Funktion, morphologisch verschiedenartige Organe (Lunge der Säugetiere, Kiemen der Fische) gleiche Funktion haben können.

Homologie
und
Analogie.

Organe, welche gleichartig oder in gleichem Sinne funktionieren, können in demselben Körper in größerer Zahl vorkommen. Ein Mensch hat viele Muskeln, vielerlei Organe, welche die Verdauung unterhalten. Man faßt daher die Organe, die im Körper gleichartig oder ähnlich funktionieren, zu einer höheren Einheit zusammen und spricht von Organ-systemen. Man kennt im ganzen 10 solcher Systeme: 1. Skelettsystem, 2. Integument oder Haut, 3. Verdauungssystem, 4. Respirationssystem, 5. Blutgefäßsystem, 6. Exkretorisches System, 7. Genitalsystem, 8. Muskel-system, 9. Nervensystem, 10. System der Sinnesorgane. Sie müssen nicht alle vorhanden sein; das Skelett z. B. fehlt vielen Tieren. Verschiedenerlei Funktionen, welche beim Menschen auf mehrere komplizierte und spezialisierte Organe verteilt sind, können bei niederen Tieren durch einen und denselben Apparat vermittelt werden. Überall kann man aber nach den Grundfunktionen des Lebens folgende Organgruppen aufstellen: I. Organe der Ernährung (3—6), II. Organe der Fortpflanzung (7), III. Organe der Bewegung (8), IV. Organe der Empfindung (9 und 10).

Organ-systeme.

Die Organe der Ernährung und Fortpflanzung (I und II) faßt man als vegetative Organe, die übrigen (III und IV) als animale Organe zusammen. Die älteren Zoologen wollten damit sagen, daß Ernährung und Fortpflanzung Funktionen seien, welche in gleicher Weise Tieren und Pflanzen zukommen, daß dagegen Empfindung und Bewegung den Pflanzen fehlen und sich nur bei Tieren finden. Die in der Grundidee auf etwas Richtiges hinielende Lehre bedarf nach unserem jetzigen Wissen einer wesentlich veränderten Fassung. Wir haben gesehen, daß das Protoplasma bei Pflanzen und Tieren nicht nur die Fähigkeit, sich zu ernähren und fortzupflanzen besitzt, sondern auch Bewegungsfähigkeit und Reizbarkeit. Letztere Eigenschaften können somit auch der gesamten Pflanze nicht vollkommen abgehen. In der Tat zeigen auch manche Pflanzen, wie Mimosen, die Kompaßpflanzen, die insektenfressenden Pflanzen, große Reizbarkeit, und viele niedere Pflanzen, z. B. die Fortpflanzungszustände der Algen, bewegen sich ebenso lebhaft als manche niedere Tiere. Umgekehrt gibt es zahlreiche Tiere, welche wie Pflanzen festgewachsen sind. Viele *Protozoen* und *Würmer*, die meisten *Pflanzentiere*, einige *Stachelhäuter*, wie die *Scalilien*, ja sogar manche *Krebse*, die *Cirripeden*, besitzen nur während der frühesten Entwicklungsstadien freie Ortsbewegung, später sind sie auf die Bewegung einzelner Körperteile, der Arme, Tentakeln, Scheinfüßchen usw. beschränkt. Bei den meisten *Schwämmen* sind sogar die auf bestimmte Körperstellen lokalisierten Bewegungen so unbedeutend, daß sie mit unbewaffnetem Auge gar nicht und selbst mit Hilfe des Mikroskops nur schwierig nachgewiesen werden können. Gleichwohl müssen die beiden Bezeichnungen „animal“ und „vegetativ“ beibehalten werden. Denn wenn auch Bewegung und Empfindung den Pflanzen nicht fremd sind, so sind sie doch im Pflanzenreich zu keiner hohen Ausbildung gelangt. Man kann sagen, daß sie mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt werden, je höher sich die Pflanze entwickelt. Umgekehrt entfalten sie sich im Tierreich zu außerordentlicher Vervollkommnung und bedingen die charakteristische Erscheinungsweise desselben.

Vegetative und animale Organe.

Haut und Skelett.

Mit seltenen Ausnahmen, die noch nicht vollkommen aufgeklärt sind (*Cestoden*, *Trematoden*, *Nematoden*), finden wir die Oberfläche des Körpers von einem typischen Epithel überzogen, welches gewöhnlich Epi-

dermis, seiner Entstehung nach oft auch Ectoderm genannt wird. Bei Wirbellosen und *Amphioxus* stets einschichtig, ist es bei den übrigen *Wirbeltieren* vielschichtig. Diesem wichtigsten Teil der Haut kann sich vom Innern des Körpers aus Bindegewebe hinzugesellen, welches dann den mesodermalen Teil der Haut, die besonders bei Wirbeltieren stark entwickelte Lederhaut (Cutis oder Corium) erzeugt. Die Haut wird häufig zur Skelettbildung verwandt, sei es, daß die Epidermis auf ihrer Oberfläche starke als Panzer wirkende, oft verkalkende, cuticulare Ausscheidungen liefert (*Cöleleraten*, *Mollusken*, *Arthropoden*), sei es, daß in der Lederhaut Verkalkung (*Echinodermen*) oder Verknöcherung (Schuppen der *Fische*, Knochenplatten vieler *Reptilien* und *Säugetiere*) eintritt. Diesem Haut- oder Integumentalskelett stellt man das vornehmlich den Wirbeltieren zukommende Achsenskelett gegenüber, Verknorpelungen und Verknöcherungen im Innern des Körpers, welche diesem eine feste Stütze verleihen.

Vegetative Organe.

A. Organe der Ernährung.

Wenn wir den Begriff der Ernährung im weitesten Sinne fassen, so haben wir in diesem Abschnitte alle Einrichtungen zu besprechen, welche getroffen sind, um zur Zeit der aufsteigenden Entwicklung das Wachstum zu ermöglichen und auch später nach beendigtem Wachstum den mit jeder Arbeitsleistung verbundenen Verlust an Spannkraft auszugleichen und dem Körper seine Leistungsfähigkeit zu bewahren. Bei jeder Arbeitsleistung werden organische Verbindungen oxydiert oder, wie man sich bildlich ausdrückt, verbrannt. Kohlenstoffreiche Verbindungen, welche wie die Fette und Kohlehydrate Sauerstoff und Wasserstoff oder wie die Eiweißkörper außerdem noch Schwefel und Stickstoff enthalten, werden durch Zutritt von Sauerstoff zerlegt in Kohlensäure und Wasser, die Eiweißkörper unter gleichzeitiger Bildung stickstoffhaltiger Oxydationsprodukte, wie Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure usw. Ein Gleichgewicht im Stoffwechsel wird herbeigeführt werden, wenn nicht nur das unbrauchbar Gewordene entfernt, sondern auch den Geweben Ersatz für das verbrauchte Material von Sauerstoff und von kohlenstoffreichen Verbindungen geliefert wird.

Anaerobe
Tiere.

Eine scheinbare Ausnahme machen die sogenannten „anaeroben“ Organismen, welche sich an sauerstoffarmen oder sauerstofffreien Orten aufhalten und, wie das Experiment gelehrt hat, ohne Sauerstoff leben und sich bewegen, also Arbeit leisten können. Dies gilt, abgesehen von den hier nicht in Betracht kommenden Bakterien, wahrscheinlich für alle Entoparasiten. Am genauesten sind die Verhältnisse für die Spulwürmer aufgeklärt, von denen wir wissen, daß sie aus den im Speisebrei ihrer Wirte enthaltenen Kohlehydraten (Zucker) Glykogen bilden und dasselbe durch einen der Gärung analogen Vorgang in Kohlensäure und sauerstoffärmere Verbindungen (Valeriansäure) zersetzen.

Niedrig organisierte Tiere erledigen alle den Stoffaustausch vermittelnden Prozesse mit Hilfe eines und desselben Organs, des Darmes; bei höheren Tieren ist dagegen eine Spezialisierung eingetreten und sind für die vielerlei Einzelvorgänge, die in ihrer Gesamtheit das Bild der normalen Ernährung ausmachen, besondere Einrichtungen getroffen.

Zwischen höheren und niederen Tieren gibt es selbstverständlich Übergänge, bei denen die Spezialisierung früher oder später Halt gemacht hat.

Jeder Stoffwechsel beginnt mit der Zufuhr der geeigneten Nahrung; Verschiedene Organe der Ernährung. es müssen die festen und flüssigen Bestandteile dem Körper einverleibt und verdaut, d. h. in einen Zustand übergeführt werden, in welchem sie resorbiert und den Geweben zugeleitet werden können (Assimilation). Das alles geschieht durch den Darm, der hierbei oft durch Anhangsorgane, Verdauungssäfte liefernde Drüsen, unterstützt wird, dem außerdem die Aufgabe zufällt, die unverdaut gebliebenen Teile, die Fäkalien, zu entfernen. Das zum Lebensunterhalt nötige Gas, der Sauerstoff, wird dagegen gewöhnlich durch besondere Körperteile, die Respirationsorgane, durch Kiemen oder Lungen, aufgenommen. Der Sauerstoff und die verdauten organischen und anorganischen Verbindungen müssen weiter im Körper verteilt und nach Bedarf den funktionierenden Organen und Geweben zugeleitet werden. Dazu sind zumeist die Blutgefäße oder die Zirkulationsorgane da, welche den Körper nach allen Richtungen hin durchsetzen. Die Gewebe bedürfen nun aber nicht allein der Zufuhr neuen Materials, sondern auch der Entfernung der unbrauchbar gewordenen Stoffe. Die bei den Arbeitsleistungen entstehenden Oxydationsprodukte, die Stoffe der „regressiven Metamorphose“ (der Dissimilation), sind dem Organismus, wenn sie in ihm angehäuft werden, schädlich und zum Teil geradezu giftig. Damit sie entfernt werden können, werden sie ebenfalls vom Blutgefäßapparat oder ähnlich funktionierenden Einrichtungen gewöhnlich in gelöstem Zustande aufgenommen und an die zur Ausscheidung oder Exkretion bestimmten Stellen gebracht; solche exkretorische Stellen sind für die Flüssigkeiten die Nieren der *Wirbeltiere*, die Malpighischen Gefäße der *Insekten*, die Wassergefäße der *Würmer*, Einrichtungen, welche man samt ihren Hilfsapparaten unter dem gemeinsamen Namen „Exkretionsorgane“ zusammenfaßt. Exkrete sind sehr wohl von Fäkalien zu unterscheiden; sie sind Stoffe, welche die Gewebe des Körpers passiert haben und durch Oxydation unbrauchbar geworden sind, während die von Anfang an unbrauchbaren Teile, welche die Fäkalien bilden, streng genommen, niemals dem Körper angehört haben, sondern von den Geweben stets durch die Grenzschicht des Darmepithels getrennt geblieben sind. Das gasförmige Oxydationsprodukt des tierischen Körpers, die Kohlensäure, wird durch die Respirationsorgane entfernt, indem in den Respirationsorganen ein Austausch der unbrauchbaren Kohlensäure gegen den zum Leben nötigen Sauerstoff stattfindet, haben dieselben eine Doppelstellung, sie sind Exkretionsorgane und Organe der Nahrungsaufnahme zugleich.

Nach diesem allgemeinen Überblick müssen wir noch auf die einzelnen Organsysteme etwas genauer eingehen.

I. Darmsystem. Da die Nahrungsaufnahme und Assimilation Archenteron oder Urdarm. für die Erhaltung des Tieres wichtigsten Funktionen sind, ist es begreiflich, daß der Darm zuerst von allen Organen in der Tierreihe auftritt und auch entwicklungsgeschichtlich sich fast überall am frühesten anlegt. An diesem Satz wird dadurch nichts geändert, daß manche Würmer (*Cestoden*) und Krebse (*Rhizocephalen*) keinen Darm besitzen; denn wir haben Gründe zu der Auffassung, daß diese Tiere durch Anpassung an eine besondere Lebensweise, den Entoparasitismus, den Darm verloren haben. — Die niedrigst organisierten, vielzelligen, freilebenden Tiere sind einfache oder verzweigte Darmschläuche, welche nur eine einzige als Mund und After funktionierende Öffnung besitzen (Fig. 56). Ein derartiges Tier muß

mindestens zwei epitheliale Schichten haben, von denen die eine den Darm auskleidet, die andere die Körperoberfläche bedeckt. Diese beiden fundamentalen Zellschichten nennen wir Entoderm und Ectoderm. Sie sind bei vielen *Cölienteraten* die einzigen Körperschichten. Bei den meisten Tieren werden sie durch dazwischen gelagerte Gewebe, die man unter dem Namen Mesoderm zusammenfaßt, voneinander getrennt. Je höher organisiert ein Tier ist, um so mannigfaltiger ist diese mesodermale

Fig. 56.



Fig. 57.



Fig. 58.

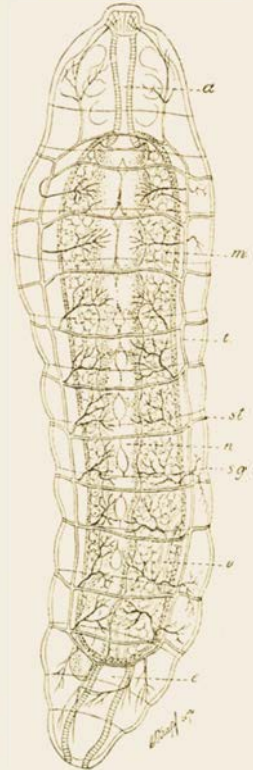


Fig. 56. Längsschnitt durch den Freßpolypen einer *Siphonophore*. o Mundöffnung, en Entoderm, ek Ectoderm (nach Haeckel).

Fig. 57. *Stenostoma leucops* in Teilung. a ectodermaler Anfangsdarm, bei a' für das hintere Tier neu gebildet, m blind geschlossener, entodermaler Mitteldarm, e ectodermales Flimmerepithel, g Ganglion mit Flimmergrube f, w Wassergefäßkanal, g' Ganglion des hinteren Tieres.

Fig. 58. Bienenlarve kurz nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei, von der Bauchseite gesehen; Darm aus drei Abschnitten, a Anfangsdarm, m Mitteldarm, e Enddarm (mit dem Mitteldarm noch nicht verbunden), sg Segmentgrenzen, st Stigmen, t Tracheen, n Bauchmark, v Vasa Malpighi (nach Bütschli).

Körperschicht. Der von Entoderm ausgekleidete primitive Darm heißt der Urdarm oder das Archenteron; er bildet bei *Medusen* und *Polyphen* den gesamten Darm; bei den meisten Tieren jedoch erfährt er eine Vergrößerung, indem Teile der Körperoberfläche, des Ectoderms, sich einstülpen.

Stomodaeum
und Procto-
daeum.

Schon bei vielen *Cölienteraten* und den niederen *Würmern* entsteht eine Einstülpung am vorderen Ende des Darmrohres und liefert den

ectodermalen Vorderdarm oder das Stomodaeum (Fig. 57). Von den höheren Würmern an gesellt sich dazu eine zweite Einstülpung am hinteren Ende, der ebenfalls ectodermale Enddarm oder das Proctodaeum (Fig. 58); dieses legt sich entwicklungsgeschichtlich als ein Blindsack an, dessen geschlossenes Ende an den ebenfalls geschlossenen Grund des Archenteron, nunmehr auch Mesenteron oder Mitteldarm genannt, angrenzt, bis die Scheidewand schwindet, so daß der Darm zu einem den ganzen Körper durchziehenden Kanal wird.

Der Anteil, welchen das Archenteron im Vergleich zu den ektodermalen Proctodaeum und Stomodaeum am Aufbau des Gesamtdarmes nimmt, ist nach den einzelnen Tierstämmen sehr verschieden. Den größten Kontrast bilden die *Insekten* einerseits, die *Wirbeltiere* andererseits. Die *Insekten* haben einen sehr kurzen Mitteldarm, dagegen lange ektodermale Darmstrecken. Bei den *Wirbeltieren* sind umgekehrt der ektodermale Vorder- und Hinterdarm äußerst kurz.

Die Weite des Lumens wechselt im Verlaufe des Darmkanals und ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Abteilungen, welche man soweit als möglich in der Tierreihe mit einer einheitlichen Nomenklatur versehen hat. Die sich auf das *Haushuhn* beziehende Abbildung (Fig. 59) möge zur Erläuterung der üblichen Bezeichnungen dienen. An die Mundöffnung schließt sich ein weiter Raum an, den man häufig in einen vorderen Abschnitt, die Mundhöhle, und einen hinteren, den Pharynx, abgeteilt findet. Eine nun folgende engere Röhre ist die Speiseröhre oder der Ösophagus (*a*); sie kann stellenweise erweitert sein oder eine beutelartige Ausstülpung zur provisorischen Aufnahme der Nahrung tragen, den Kropf oder Ingluvies (*b*). Vom Ösophagus gelangt die Nahrung in eine ansehnliche Erweiterung, den Magen. Die Vögel, wie viele andere Tiere, haben einen doppelten Magen, eine mit Drüsen ausgerüstete, dünnwandige Abteilung und eine zweite Abteilung, deren Wände durch dicke Muskelmassen ausgezeichnet sind; erstere ist der Drüsenmagen (*c*), letztere der zur weiteren Zerkleinerung der Nahrung dienende Kaumagen (*d*). Nach dem Magen verengt sich das Darmrohr zum Dünndarm (*h*), zu welchem als letzter Abschnitt der wiederum verbreiterte Dickdarm (*l*) kommt. An der Grenze von Dünndarm und Dickdarm finden sich zwei Blinddärme, die Coeca (*k*). Verbinden sich mit dem Afterdarm noch die Ausführgänge der Niere (*m*) und des Geschlechtsapparates (*n*),

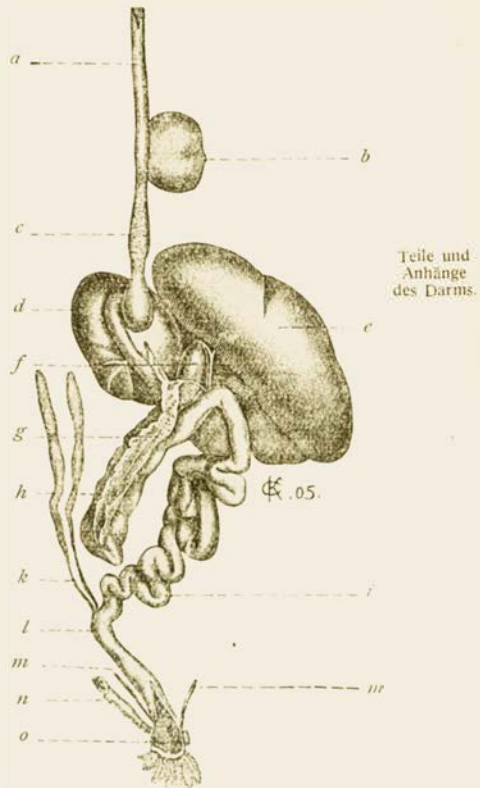


Fig. 59. Darm des Haushuhns. *a* Ösophagus, *b* Kropf, *c* Drüsenmagen, *d* Kaumagen, *e* Leber, *f* Gallenblase, *g* Pancreas, *h* und *i* Dünndarm, *k* Blindsäcke, *l* Dickdarm, *m* Ureteren, *n* Eileiter, *o* Kloake.

so nennt man den kurzen, sowohl zur Entfernung von Harn und Fäkalien, wie zur Ausleitung der Geschlechtsprodukte dienenden Endabschnitt Kloake (*o*). Zu dem Darmkanal gesellen sich bei höher organisierten Tieren noch Anhangsorgane. So münden in die Mundhöhle der meisten Wirbeltiere Speicheldrüsen (*Glandulae salivales*), in den an den Magen grenzenden Teil des Dünndarms die meist mit einer Gallenblase (*f*) versehene Leber (*e*) und das Pancreas (*h*) oder die Bauchspeicheldrüse. Am Enddarm finden sich ab und zu Analdrüsen, die ein stinkiges Sekret bereiten.

Funktion
des Darms.

Was nun die **Funktion** anlangt, so besitzt das Darmsystem (abgesehen von der etwa nötig werdenden Zerkleinerung der Speisen) die Aufgabe: 1. die Nahrung zu verdauen, d. h. in einen gelösten Zustand zu versetzen; 2. das Verdaute zu resorbieren, d. h. in die Gewebe resp. Blut- und Lymphgefäße überzuleiten. Die Verdauung erfolgt durch flüssige Fermente (Enzyme), Substanzen, welche die Fähigkeit haben, ohne, wie es scheint, selbst Veränderungen zu erfahren, in bestimmten anderen chemischen Substanzen Umsetzungen herbeizuführen. So verwandelt das Pepsin der Labdrüsen im Magen der Wirbeltiere bei Anwesenheit von Salzsäure das Eiweiß der Nahrung in lösliches Pepton, das Trypsin des Pancreas verdaut Eiweiß in alkalischer Lösung, das Ptyalin der Speicheldrüsen verwandelt Stärke in Zucker. Mit der Lösung Hand in Hand geht eine Aufspaltung der komplizierten Verbindungen in ihre einfacheren Bestandteile, der Eiweißkörper in Aminosäuren, der Fette in Glycerin und Fettsäure, der Polysaccharide in Monosaccharide. Diese einfacheren Verbindungen werden im Darm resorbiert und von hier aus an die funktionierenden Gewebe übertragen, wo aus ihnen durch erneute Synthese hochmolekulare Verbindungen hergestellt werden, welche geeignet sind, zum Wachstum der Gewebe und zum Ersatz des durch Funktion verbrauchten Materials zu dienen (Assimilation). So wird aus „artfremdem“ „arteigenes“ Material hergestellt und zugleich bewirkt, daß artfremdes Eiweiß, welches in das Blut gespritzt wie Gift wirkt, als Nahrung aufgenommen seine Schädlichkeit verliert (vgl. S. 81). — Bei den Wirbeltieren ist nun eine Arbeitsteilung in der Weise eingetreten, daß die Drüsen ausschließlich Verdauungsssekrete liefern, die Darmschleimhaut vorwiegend der Resorption dient. Bei den Wirbellosen ist diese Arbeitsteilung nicht in gleichem Maße fortgeschritten. Die Verwendung der aus der Wirbeltieranatomie stammenden Namen kann daher leicht über die Funktion der betreffenden Organe irre führen. Wenn wir von Leber und Leberschläuchen bei *Crustaceen*, *Spinnen* und *Mollusken* sprechen, so ist zu beachten, daß die betreffenden Organe nicht nur Fette, sondern auch Eiweiß und Zellulose verdauen (Hepatopancreas), daß sie ferner an der Resorption der Nahrung einen bedeutenden Anteil nehmen. — Bei *Protozoen* finden wir zelluläre Verdauung, bei welcher die Nahrungsbestandteile in das Protoplasma der Zelle aufgenommen und hier direkt verdaut werden. Ähnliches kommt auch bei den *Cölienteraten* und manchen *Würmern* vor, bei welchen die einzelnen Entodermzellen die Nahrung zum Zweck der Verdauung fressen. Doch findet sich daneben auch schon Verdauung im Lumen des Darms durch ausgeschiedene Verdauungssäfte.

Jeder nur einigermaßen reicher gegliederte Darm besteht nicht nur aus ektodermalem und entodermalem Epithel, sondern auch aus mesodermalem Gewebe, welches sich der Epithelauskleidung anschmiegt. In ihm kann man außer Binde substanz vor allem noch Muskelgewebe (meist

glatte, seltener quergestreifte kontraktile Faserzellen) nachweisen. Diese dem Darmepithel angeschlossene Mesodermschicht heißt Darmfaserblatt (Splanchnopleura); sie verleiht dem Darm eine für die Fortbewegung seines Inhalts wichtige, von den allgemeinen Körperbewegungen unabhängige Beweglichkeit (Peristaltik). Ist sie nicht vorhanden, so muß ihre Wirksamkeit durch die auch den Darm beeinflussenden Kontraktionen der Körpermuskulatur ersetzt werden, oder das Darmepithel trägt einen die Fortbewegung vermittelnden Wimperüberzug. — Die Länge des Darmrohrs wird vornehmlich von der Art der Nahrung beeinflusst. Bei Säugetieren findet man einen großen Unterschied zwischen Pflanzen- und Fleischfressern, indem erstere einen viel längeren und infolgedessen in viele Windungen gelegten Kanal haben. Der Darm eines Raubtieres mißt etwa das 4—5fache der Länge des Körpers, der Darm eines pflanzenfressenden Wiederkäuers das 20—28fache. Ähnlich, wenn auch nicht so groß, sind die Unterschiede zwischen Raubkäfern und pflanzenfressenden Käfern.

II. Respirationsorgane. Der Sauerstoff, welchen die meisten Tiere aufnehmen müssen, um ihn gegen die in den Geweben entstandene Kohlensäure einzutauschen, stammt entweder aus der Luft oder aus dem Wasser, je nachdem das Tier ein Land- oder Wasserbewohner ist. Seltener geschieht es, daß Wasserbewohner Luft atmen und dadurch gezwungen sind, zeitweilig an die Oberfläche des Wassers aufzusteigen, um Luft zu schöpfen; das gilt für die im Meere lebenden großen *Säugetiere* (*Wale*) und für viele im Süßwasser verbreitete *Insekten*, *Spinnen* und *Lungenschnecken*. Luft- und Wasseratmung wird ausschließlich durch die Haut besorgt, solange diese zart und leicht durchgängig ist und solange keine höhere Entfaltung der Organisation einen lebhafteren Stoffwechsel verursacht. Ist das Sauerstoffbedürfnis ein größeres, so finden sich besondere Atmungsorgane, die Kiemen für die Wasseratmung, die Lungen und Tracheen für die Luftatmung, neben denen dann die Haut noch immer als ein Hilfsorgan von größerer oder geringerer Bedeutung tätig ist.

Die Kiemen sind meist besonders dünnwandige, häufig mit Wimperepithel überzogene Partien der Haut, welche von Blutgefäßen reich versorgt werden und zu vielfach verästelten, buschartigen Anhängen oder breiten Blättern emporgewachsen sind, um für den Gasaustausch eine möglichst große Oberfläche zu bieten; sie liegen an solchen Stellen, welche mit frischem Wasser am meisten in Berührung kommen, bei den *Krebsen* z. B. an den in beständiger Bewegung begriffenen und neues Wasser herbeistrudelnden Beinen (Fig. 60), bei schwimmenden *Würmern* am Rücken, bei röhrenbewohnenden *Würmern* (Fig. 61) am vorderen, aus der Röhre hervorragenden Körperende. Bei den durch Kiemen atmenden *Wirbeltieren* sowie den *Tunicaten* und *Enteropneusten* ist auch der Darm, und zwar der vordere Abschnitt desselben, bei der Kiemenbildung beteiligt, in dem er links und rechts Ausstülpungen erzeugt, welche auf der Oberfläche der Haut münden, die Kiemenspalten. Durch die Kiemenspalten tritt sauerstoffhaltiges Wasser aus und ein und bespült die hier angebrachten, reichlich mit Blutgefäßen versorgten Kiemenblättchen (über deren Zugehörigkeit zur Haut vgl. die Wirbeltiere). Auch der Enddarm kann bei manchen *Fischen*, *Insekten* und *Würmern* als ein Hilfsapparat der Atmung verwandt werden, indem er sich von Zeit zu Zeit mit frischem Wasser füllt. — Bei den luftatmenden Tieren wird die Luft in Räume im Innern des Körpers aufgenommen. Wir begegnen hier abermals den beiden Möglichkeiten, daß die Atmungsapparate vom Darm oder

Kiemen und Lungen.

von der Haut aus entstehen. Bei den *Wirbeltieren* ist das erstere der Fall, indem die die Atemluft enthaltenden Lungen direkt oder durch Vermittlung von Trachea und Bronchien mit dem Darmrohr (Pharynx) in Verbindung stehen. Wendet man dagegen den Ausdruck „Lunge“ bei wirbellosen Tieren (*Schnecken* und *Spinnen*) an, so handelt es sich stets um Luftsäcke der Haut, und ebenso sind die Tracheen der *Insekten* Luftröhren, die an der Körperoberfläche mit Öffnungen oder Stigmen beginnen und sich im Innern verzweigen (Fig. 58st). Im allgemeinen läßt sich somit ein Gegensatz zwischen den *Wirbeltieren* und den *Wirbellosen* feststellen, insofern bei letzteren die Haut die Atemwerkzeuge liefert, bei ersteren der Darm an ihrer Bildung zum mindesten stark beteiligt ist. — Von der Atmung im engeren Sinne muß die Gewebsatmung unterschieden

Fig. 60.

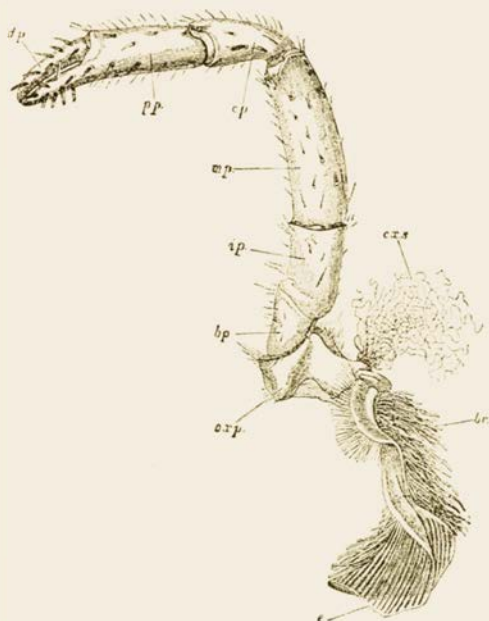


Fig. 60. Zweiter linker Fuß eines Flußkrebse mit anhängender Kieme *br* (nach Huxley). *cxp* Coxopodit, *bp* Basipodit, *ip* Ischiopodit, *mp* Meropodit, *cp* Carpodit, *pp* Propodit, *dp* Dactylopodit, *cxs* Coxopoditborsten, *e* Lamina der Kieme.

Fig. 61.

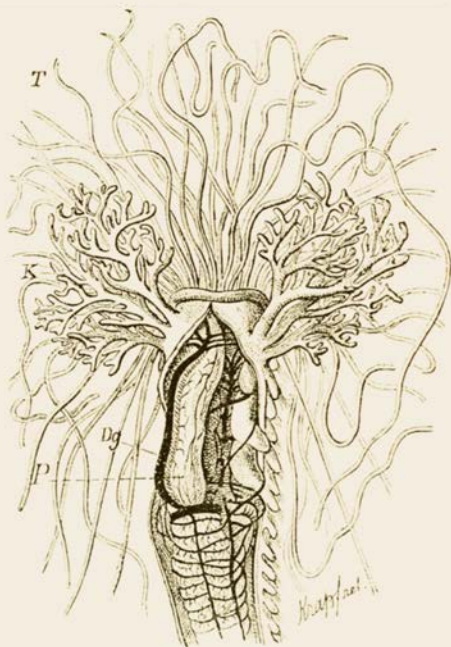


Fig. 61. Vorderes Ende von *Terebella nebulosa* (nach Milne Edwards). *P* Pharynx, *Dg* dorsales Blutgefäß, *K* Kiemen, *T* Tentakeln.

werden, die den entgegengesetzten Prozeß vermittelt, Abgabe des Sauerstoffs an die funktionierenden Gewebe, Aufnahme der Kohlensäure, welche bei den Oxydationsprozessen entsteht, vermöge deren die Arbeitsleistung der Gewebe und die Wärmeentwicklung ermöglicht werden.

III. Zirkulationsapparat. Damit der durch die Atmungsorgane aufgenommene Sauerstoff und die im Darm verdauten Nahrungsbestandteile ihr Endziel, die Gewebe, erreichen, bedarf es keiner besonderen Organe, solange als der Körper nur aus zwei dünnen Epithellagen, dem Ectoderm und Entoderm, besteht. Wenn sich dagegen zwischen dieselben das Mesoderm einschleibt und der Körper voluminöser wird, werden meist Einrichtungen für die Nahrungsverteilung getroffen. Am unmittelbarsten wird

letztere erreicht, wenn der Darm die Beschaffenheit eines einfachen Rohres aufgibt und entweder einige wenige weite Aussackungen, Gastralaschen, treibt oder sich verästelt, um mit seinen Verzweigungen die einzelnen Körperprovinzen aufzusuchen. Im letzteren Falle spricht man von einem Gastrovascularsystem, weil der Darm die den Gefäßen, den „Vascula“, eigentümliche Funktion und verzweigte Anordnung gewinnt (Fig. 62).

Auf zwei vom Darm vollkommen abgeschnürte Gastralaschen, eine ^{Leibeshöhle.} linke und rechte, ist wahrscheinlich die echte Leibeshöhle oder das

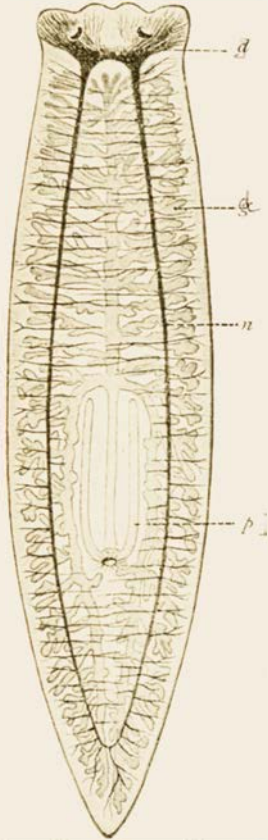


Fig. 62. Anatomie von *Dendrocoelum lacteum* (nach Ijima). *g* oberes Schlundganglion mit Augen, *n* seitliche Nervenstränge mit peripheren Nerven, *d* verästelte Darmblindsäcke, *p* Pharynx mit Scheide und Mundöffnung.

Cöloin, nach ihrer Entstehung vom Darm auch Enterocölin genannt, zurückzuführen (vgl. auch S. 150). Das Cöloin ist ein zwischen Darm und Körperwand eingeschobener linker und rechter Hohlraum, der von einer besonderen epithelbedeckten Membran, dem Bauchfell oder Peritoneum, ausgekleidet ist und die meisten vegetativen Organe beherbergt. Die beiden Hälften der Leibeshöhle, der linke und rechte „Cöloin-sack“, können dorsal und ventral vom Darm zusammenfließen, oder sie bleiben dorsal, selten auch ventral durch eine Scheidewand getrennt, welche nach ihrer Funktion das Aufhängeband des Darms („Mesenterium“) heißt (Fig. 206). Für die Nahrungsverteilung spielt das Cöloin bei wirbellosen Tieren eine ganz hervorragende Rolle, indem es von einer Art Lymphe, einer zellhaltigen, eiweißreichen

Flüssigkeit erfüllt wird; auch für die Exkretion ist es von Wichtigkeit, da es häufig durch Wimpertrichter mit den Nephridien oder Nierenkanälchen (vgl. S. 104)

kommuniziert. Es verliert an Bedeutung, je mehr das Blutgefäßsystem zur Ausbildung gelangt, und ist bei Wirbeltieren bezüglich der Nahrungsverteilung nur noch ein rudimentäres Organ.

Die vollkommenste Art der Nahrungsverteilung wird endlich durch die Blut- und Lymphgefäße vermittelt, welche

daher auch den höheren Tierstämmen allgemein zukommen, gleichgültig, ob daneben noch eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht (Fig. 63). Blutgefäße sind Röhren mit flüssigem Inhalt, welche von den Atmungsorganen aus den Sauerstoff, vom Darm aus die verdaute Nahrung aufnehmen und sie an die Gewebe wieder abgeben. Da ein solcher Stoffaustausch voraussetzt, daß die Blutflüssigkeit in den Gefäßen zirkuliert, so sind bestimmte Teile der

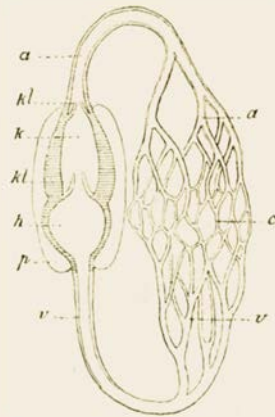


Fig. 63. Schema der Blutzirkulation. *a* Arterie, *c* Capillaren, *h* Vorhof oder Vor-kammer, *k* Kammer, *kl* Klappen, *p* Pericard, *v* Venen.

Blutgefäßsystem.

Blutbahn kontraktile; sie sind mit Muskeln bedeckt, welche durch ihre Kontraktionen die Röhren verengern und die Flüssigkeit vorwärtstreiben. Bei niederen Formen sind weite Strecken der Blutbahn kontraktile; bei höheren wird größere Regelmäßigkeit der Zirkulation erreicht, indem nur ein bestimmter, besonders muskulöser Teil der Blutbahn, das Herz, die Fortbewegung der Blutmasse übernimmt, unterstützt durch die Elastizität der Gefäßwände, welche bei den an das Herz anschließenden Arterien besonders hochgradig ist. Eine freie Bewegung des Herzens ist nur dann möglich, wenn dasselbe von den angrenzenden Geweben losgelöst ist und in einem besonderen Hohlraum liegt (Fig. 63). Daher sehen wir, daß das Herz entweder frei in der Leibeshöhle lagert oder in einen eigenen Beutel, in das Pericard oder den Herzbeutel (wohl überall einen selbständig gewordenen Teil der allgemeinen Leibeshöhle), eingebettet ist (ϕ). Bei Wirbeltieren und Mollusken ist das Herz gesondert in einen das Blut aufnehmenden Teil, den Vorhof (h), und einen das Blut austreibenden Teil, die Kammer (k). Besondere Einrichtungen des Herzens sind noch die Klappen (kl), welche an den Grenzen der Herzabschnitte angebracht sind und durch ihren Verschluß verhindern, daß das Blut in die Kammer oder den Vorhof zurückströmt, wenn die Wandungen derselben nach beendeter Kontraktion erschlaffen.

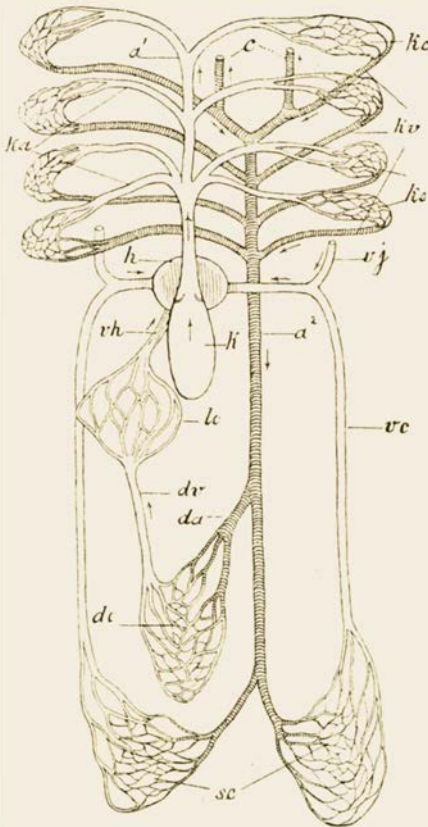


Fig. 64. Schema für den Blutkreislauf der Fische, a^1 aufsteigender Arterienstamm mit den Kiemenarterien (ka), a^2 die aus den Kiemenvenen (kv) sich sammelnde absteigende Aorta, c Carotiden, kc Kiemencapillaren, h Herzvorkammer, k Herzkammer, vj Vena jugularis, vc Vena cardinalis, vh Vena hepatica (cava inferior), da Darmarterien, dv Darmvenen, dc Darmcapillaren, sc Körpercapillaren, lc Lebercapillaren (Pfortaderkreislauf).

Diesen Anforderungen genügen die Haargefäße oder die Capillaren (c), äußerst feine Gefäße, welche in enormer Zahl alle Organe umspinnen und durchsetzen, deren Wand nur von einer zarten, leicht durchgängigen Epithellage gebildet wird. Zwischen dem Herzen und den Capillaren besteht somit entsprechend ihrer verschiedenen Funktion der denkbar größte Unterschied im Bau; sie müssen daher durch besondere, einen Übergang vermittelnde Gefäße verbunden werden, 1. Gefäße, welche

besonders hochgradig ist. Eine freie Bewegung des Herzens ist nur dann möglich, wenn dasselbe von den angrenzenden Geweben losgelöst ist und in einem besonderen Hohlraum liegt (Fig. 63). Daher sehen wir, daß das Herz entweder frei in der Leibeshöhle lagert oder in einen eigenen Beutel, in das Pericard oder den Herzbeutel (wohl überall einen selbständig gewordenen Teil der allgemeinen Leibeshöhle), eingebettet ist (ϕ). Bei Wirbeltieren und Mollusken ist das Herz gesondert in einen das Blut aufnehmenden Teil, den Vorhof (h), und einen das Blut austreibenden Teil, die Kammer (k). Besondere Einrichtungen des Herzens sind noch die Klappen (kl), welche an den Grenzen der Herzabschnitte angebracht sind und durch ihren Verschluß verhindern, daß das Blut in die Kammer oder den Vorhof zurückströmt, wenn die Wandungen derselben nach beendeter Kontraktion erschlaffen.

Für ein gutes Funktionieren der Blutgefäße ist außer der Zirkulation noch notwendig, daß die ernährenden Stoffe leicht aufgenommen und an die Gewebe wieder abgegeben werden können. Der betreffende Abschnitt der Blutbahn muß leicht durchgängige Wandungen haben, im Körper sich weit verbreiten und eine für sein Lumen große Oberfläche be-

dickwandig und groß am Herzen beginnen und durch Verästelung und Verdünnung ihrer Wand allmählich in die Capillaren übergehen, Arterien (a); 2. Gefäße, die aus dem Capillarbezirk nach dem Herzen zurückleiten und sich dabei immer mehr zu stärkeren Röhren vereinen, die Venen (v).

Für alle Tiere gilt der Satz, daß das Blutgefäßsystem in Anordnung und Bau mehr von der Respiration beeinflusst wird, als von der Nahrungsaufnahme im engeren Sinne. Es besteht eine Korrelation zwischen Respirations- und Zirkulationsorganen. Diese Korrelation drückt sich zunächst darin aus, daß man einen doppelten Capillarbezirk unterscheiden muß, außer dem Körpercapillarbezirk den respiratorischen Capillarbezirk, dessen ausschließliche Aufgabe es ist, die Kohlensäure aus dem Blut zu entfernen und den Sauerstoff ihm zuzuführen (Kiemen- und Lungencapillaren). Zweierlei Capillarbezirke machen auch zweierlei Arterien und Venen nötig. Körperarterien und Körpervenen, respiratorische Arterien und respiratorische Venen. Dies erläutert bestehendes Schema vom Blutkreislauf der *Fische* (Fig. 64). Aus dem Capillarbezirk der funktionierenden Gewebe des Körpers führen Venen nach dem Vorhof des Herzens. Die Kontraktion oder Systole des Vorhofs treibt das Blut in die Herzkammer. Während die Vorkammer erschlafft (Diastole) und von den Venen aus sich neu mit Blut füllt, befördert die Systole der Kammer das Blut durch die Kiemenarterien in die Kiemencapillaren. Indem Diastole und Systole eines Herzabschnitts miteinander wechseln, wirkt das Herz wie eine Saug- und Druckpumpe; dabei müssen Systole der Vorkammer und Systole der Kammer in ihrem zeitlichen Verlauf alternieren. Aus den Kiemencapillaren wird das Blut durch die Kiemenvenen abgeleitet, die sich zu einem starken Stamm vereinigen, welcher seinerseits sich wiederum verästelt, um in den Capillarbezirk des Körpers überzuführen. Da die Verästelungen des durch Vereinigung der Kiemenvenen entstandenen Hauptstammes wieder in einen Capillarbezirk einleiten, muß man sie, wie den Hauptstamm selbst, Arterien nennen.

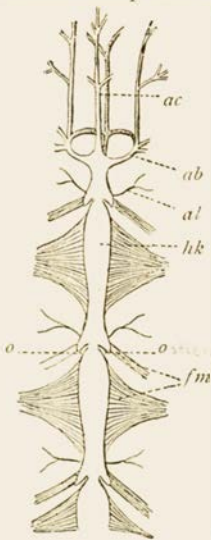
Während das Blut seinen Kreislauf durch den Körper beschreibt, ändert es zweimal seine chemische Beschaffenheit und demgemäß auch seine Farbe. Das Blut, welches aus dem Körpercapillarbezirk abfließt, hat einen großen Teil seines Sauerstoffs an die Gewebe abgegeben, Kohlensäure dafür eingetauscht und eine dunkelrote Farbe angenommen. Diesen Charakter behält es bis in die Kiemencapillaren bei, wo es wieder unter Abgabe der Kohlensäure sauerstoffhaltig wird und sich hellrot färbt. Die verschiedene Beschaffenheit des Blutes kannte man zuerst von den Arterien und Venen des Körperkreislaufes und nannte das dunklere, kohlen-säurereiche Blut *venös*, das hellrote, sauerstoffreiche dagegen *arteriell*, da ersteres in den Venen, letzteres in den Arterien fließt. Beide Ausdrücke sind, wie aus dem oben gegebenen Schema ersehen werden kann, durchaus ungeeignet, weil sie zu der falschen Auffassung führen können, als ob Venen immer kohlen-säurereiches Blut und Arterien immer sauerstoffreiches Blut führen müßten. Demgegenüber lehrt das Schema, daß im respiratorischen oder kleinen Kreislauf die Verhältnisse umgekehrt sein müssen wie im Körperkreislauf, indem hier die Arterien „venöses“, die Venen dagegen „arterielles“ Blut enthalten.

Ein Blutgefäßsystem, wie wir es bisher besprochen haben, nennen wir ein *geschlossenes*, weil das Blut stets in besonderen, mit eigenen Wandungen ausgerüsteten Röhren fließt. Dem geschlossenen steht das *offene Blutgefäßsystem* gegenüber. Hier verlieren die Blutgefäße

Korrelation
von
Atemungs-
organen und
Blutgefäßen.

Geschlossenes und
offenes Blut-
gefäßsystem.

nach einiger Zeit den Charakter von Röhren und werden zu weiten Hohlräumen, welche sich ohne besondere Wandungen zwischen die Eingeweide einschieben. Die besten Beispiele für ein offenes Blutgefäßsystem liefern viele *Crustaceen*, die *Insekten* und *Tausendfüßler*, welche vielfach nur das Herz und ganz kurze Arterienstämme besitzen. Aus den Enden der Arterienstümpfe tritt das Blut in einen Raum, den man Leibeshöhle nennt, obwohl man es als sicher betrachten kann, daß er durch Ausweitung der Blutbahn entstanden und mit dem echten „Cölo“ (Enterocöl) nicht identisch ist. Man spricht, um dies Verhältnis zum Ausdruck zu bringen, von einem Schizocöl. Aus der Leibeshöhle gelangt das Blut durch seitliche Spalten (Ostien) wieder in das Herz zurück (Fig. 65). Innerhalb des Stammes der *Arthropoden* und der *Mollusken* sind zwischen einem so extremen



Lymph-
gefäße.

Fig. 65. Vorderes Ende des Herzens von *Scolopendra* (aus Lang nach Newport). *hk* Herzkammer mit Flügelmuskeln (*fm*) und seitlichen Spaltöffnungen (*o*); *ab*, *ac* *al* vom Herzen ausgehende Arterien, die das Blut in die Leibeshöhle ergießen.

Fall von offenem Blutgefäßsystem und einem nahezu geschlossenen alle Übergänge vorhanden. Hier offenbart sich aufs neue die engste Korrelation der Zirkulations- und Respirationsorgane, und zwar kommt den letzteren abermals der bestimmende Einfluß zu. Wenn die Atmung über oder durch den Körper diffus verbreitet ist und die Verteilung des Sauerstoffs ohne besondere Gefäße sich von selbst regelt, ist der Zirkulationsapparat sehr einfach; er wird dagegen differenziert in Herz, Arterien, Venen und Capillaren, wenn die Atmung an bestimmte, beschränkte Stellen geknüpft ist und dadurch eine regelmäßige Verteilung des Sauerstoffs nötig macht. (Man vergleiche hierüber das Genauere bei *Crustaceen*, *Spinnen* und *Insekten*.)

Ein besonderer Abschnitt des Gefäßapparates ist endlich das nur bei *Wirbeltieren* vorkommende Lymphgefäßsystem. Im Capillarbezirk des Körpers können gelöste Eiweißstoffe wohl in die Gewebe übertreten, ein etwaiger Überschuß kann aber wegen des in den Capillaren herrschenden Druckes nicht auf dem gleichen Wege wieder in die Blutgefäße zurückgelangen. Dieser Überschuß wird durch die Lymphgefäße dem Blutgefäßsystem wieder zugeführt. Sie beginnen mit den Gewebslücken, aus denen sich erst allmählich Gefäße mit deutlichen Wandungen herausbilden. Ein Hauptstamm mündet schließlich in das Venensystem. Besonders wichtig werden die Lymphgefäße des Darms, indem sie während der Verdauung sich mit den Eiweiß- und Fettbestandteilen der ver-

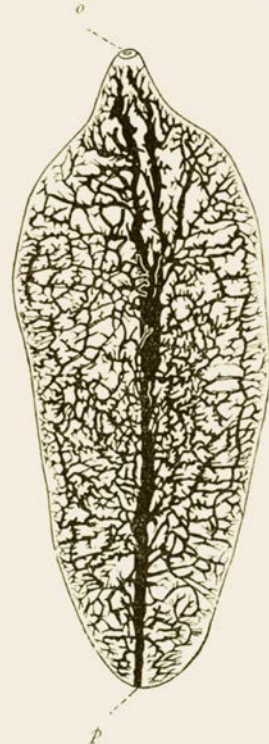
dauten Nahrung beladen; man nennt sie Chylusgefäße, weil ihr Inhalt, der Chylus, zur Zeit der Verdauung sich durch seine milchige Färbung von gewöhnlicher Lymphe unterscheidet.

Kalt- und
Warmblüter.

Im Anschluß an das Blutgefäßsystem mögen noch zwei Ausdrücke Erläuterung finden, welche auch in Laienkreisen viel angewandt, meist aber mißverstanden werden: *Kaltblüter* und *Warmblüter* oder, wie es richtiger heißen sollte, *wechseltarme* und *eigenwarme* Tiere. Unter wechselwarmen (*poikilothermen*) oder kaltblütigen Tieren verstehen wir Tiere, deren Temperatur vollkommen von der Temperatur der Umgebung abhängig ist und mit derselben steigt und fällt. In unserem Klima, wo die Temperatur wesentlich niedriger ist als unsere eigene Blut-

wärme, werden solche Tiere, wie z. B. die *Frösche*, sich kalt anfühlen, da sie namentlich in der kühlen Jahreszeit eine viel geringere Körpertemperatur besitzen als wir. Als Warmblüter oder eigenwarme (idiotherme, homoiotherme) Tiere bezeichnet man dagegen Tiere, welche unter allen Verhältnissen nahezu dieselbe Temperatur beibehalten. Der *Mensch* hat im Sommer und Winter, unter dem Äquator und am Nordpol, stets annähernd eine Temperatur von 36—37° C und zeigt nur im Fieber höhere Temperaturen. Um eine konstante Temperatur gegenüber wechselnden äußeren Wärmeverhältnissen aufrecht zu erhalten, muß ein Tier die Wärmesteuerung besitzen, es muß die Fähigkeit haben, die Wärme seines Körpers zu regulieren, durch Regulieren einerseits der Wärmeabgabe, andererseits der Wärmeproduktion, Vorgänge, welche unter dem Einfluß des Zentralnervensystems ablaufen. Ist die Umgebung höher erwärmt, als die Körpertemperatur normalerweise betragen soll, so muß zunächst die Wärmeproduktion auf das mit den Lebensprozessen vereinbare geringste Maß beschränkt werden. Da dies aber oft nicht genügt, so muß außerdem durch Verdunstung in der Lunge und auf der Körperoberfläche, wo sie namentlich durch starkes Schwitzen herbeigeführt wird, die Wärmeabgabe gesteigert werden. Ist die Umgebung dagegen kühl, so muß umgekehrt jede unnötige Wärmeabgabe vermieden, die Wärmeproduktion dagegen gesteigert werden. Es ist begreiflich, daß die Idiothermie, da sie komplizierte Einrichtungen voraussetzt, nur bei höheren Tieren, Vögeln und Säugetieren vorkommt, welche in ihrem Haar- und Federkleid, bei wasserbewohnenden haarlosen Säugetieren in ihren dicken subcutanen Fettschichten einen vortrefflichen Wärmeschutz besitzen.

IV. Exkretionsorgane. Die Exkretionsorgane sind Röhren oder Drüsenkanäle, welche direkt oder durch Vermittlung des Enddarms (Kloake) auf der Körperoberfläche münden und unbrauchbar gewordene Stoffe (Guanin, Harnsäure, Harnstoff usw.) nach außen befördern. Für ihren Bau ist es von Wichtigkeit, ob ein Blutgefäßsystem oder eine Leibeshöhle oder beide gleichzeitig vorhanden sind, oder ob dieselben fehlen. Wenn Leibeshöhle und Blutgefäße noch nicht entwickelt sind, so müssen die Exkretionsröhren, um die Exkrete aus den Geweben ableiten zu können, sich verästeln und den Körper nach allen Richtungen (nach Art einer Drainage) durchsetzen, wobei sie sich häufig zu einem an Blutcapillaren erinnernden Netzwerk verbinden (Protonephridien oder Wassergefäßsystem der parenchymatösen Würmer, Fig. 66). Die Anfänge des Kanalsystems sind blindgeschlossene Röhrenchen, deren Grund eine Zelle mit lebhaft schlagendem Wimperbüschel, dem Flimmerläppchen, einnimmt (Fig. 67a). Die Zelle wird in manchen Protonephridien (Kopfnieren der Annelidenlarven) durch *Solenocyten* ersetzt, Zellen mit einer Geißel, welche in eine Röhre eingeschlossen ist (Fig. 67). Aus dem Kanalsystem führen Hauptstämme



Proto-
nephridien.

Fig. 66. *Distomum hepaticum* mit Protonephridien (Wassergefäßsystem).
o Mundöffnung, p Porus excretorius (aus Hatschek).

nach außen. Kurz vor der Ausmündung (Porus excretorius) findet sich oft eine kontraktile Ausweitung, die Harnblase.

Nephridien.

Mit der Entwicklung der Leibeshöhle wird eine Zentralstätte, wie für die Ernährung, so auch für die Aufsammlung der Exkretstoffe geschaffen. Aus ihr leiten die Nephridien, Schleifen- oder Segmentkanäle, nach außen, einfache oder verästelte, an beiden



Fig. 67. Blindes Ende eines Anneliden-Protonephridiums mit zwei aufsitzenden, verbundenen Solenocyten, die mit ihren Geißelröhren in den Nierenkanal münden (nach Goodrich).

verästelte, an beiden Endengeöffnete Röhren. Die eine Öffnung (Fig. 68) führt nach außen, die andere kommuniziert mit der Leibeshöhle mittels eines Flimmertrichters oder Nephrostoms, einer weiten Mündung, deren lebhaftes Flimmern in den Kanal einleitet und die Exkretstoffe nach außen befördert, welche ihnen durch amöboide, vom Peritonealepithel abstammende Zellen (Chloragogenzellen) zu-

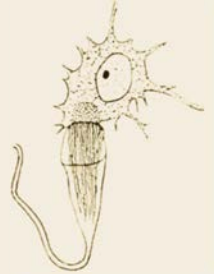


Fig. 67 a. Blindes Ende eines feinsten Wassergefäßkanals einer Trematode.

geführt werden. Beobachtungen an Anneliden machen es wahrscheinlich, daß die Nephridien Protonephridien sind, welche durch Neubildung des Wimpertrichters mit der Leibeshöhle in Verbindung getreten sind.

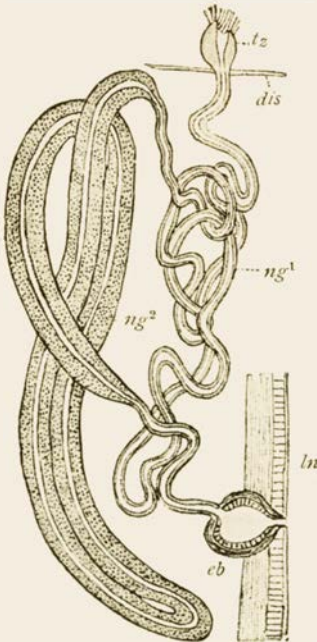


Fig. 68. Segmentalorgan einer Oligochäte, Schema (aus Lang). *tz* Flimmertrichter, *dis* Dissepiment, *ng¹* nicht drüsiger, *ng²* drüsiger Teil des Kanals, *eb* Endblase, *ln* Leibeswand.

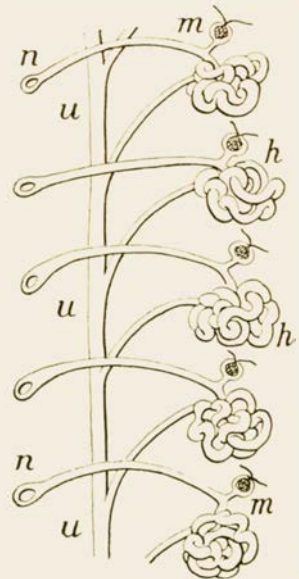


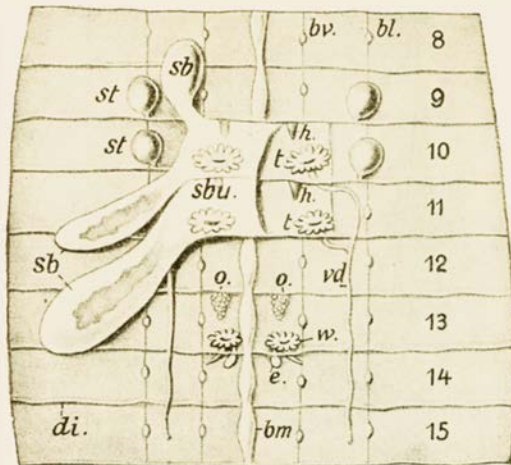
Fig. 69. Schema der linksseitigen Urniere eines Wirbeltieres. *h* Harnkanälchen, *m* Malpighische Knäuel mit zu- und abführenden Blutgefäßen, *n* Nephrostome, *u* Urnierengang.

Auf derartige Nephridien ist auch die Niere der Wirbeltiere zurückzuführen (Fig. 69). Der Umstand, daß bei Embryonen die Nierenkanälchen vielfach noch mit Nephrostomen in die Leibeshöhle münden, macht es wahrscheinlich, daß auch bei Wirbeltieren die Leibeshöhle früher einmal für die Exkretion von Wichtigkeit gewesen ist. Die zunehmende Bedeutung der Blutgefäße, welche die Nierenkanälchen umspinnen und ihnen die aus den Geweben aufgenommenen Exkretstoffe zuführen, ist wohl Ursache geworden, daß die Niere unter Rückbildung der Nephrostome ihre Verbindung mit der Leibeshöhle verloren hat. Besonders innig werden die Beziehungen der Blutgefäße zu der Niere durch die Glomeruli (Malpighischen Körperchen der Niere), Gefäßverzweigungen, welche die Wand der Nierenkanälchen vorbuchten und so in das Lumen derselben hineinragen. Da die Nephridialkanäle der Wirbeltiere in einen gemeinsamen, nach außen leitenden Kanal (Harnleiter) münden, treten sie meist enger zu einem kompakten Körper, der Niere, zusammen. — Die mit Exkretstoffen beladenen Zellen können sich an bestimmten Stellen des Körpers ansammeln, so daß hier Anhäufungen entstehen, die aus dem Stoffwechsel ausgeschieden und daher unschädlich gemacht sind. Solche „Speichernieren“ finden sich bei *Insekten* und *Tunicaten*.

B. Geschlechtsorgane.

Am Geschlechtsapparat der Tiere muß man die keimbereitenden Stätten oder die Geschlechtsdrüsen und die Ausführwege unterscheiden. Jene sind bei allen vielzelligen Tieren vorübergehend oder dauernd vorhanden, diese können dagegen gänzlich fehlen. Wenn die Geschlechtsprodukte, wie bei den *Cölenteraten*, im Epithel der Haut oder des Darms entstehen, werden die gereiften Elemente durch Platzen des umhüllenden Gewebes direkt nach außen oder in den Darm entleert.

Männliche und weibliche Geschlechtszellen nehmen, wie wir gesehen haben, ihre Entstehung aus einer indifferenten Anlage, welche man das Keimepithel nennt. Sehr häufig bildet dasselbe einen Teil der epithelialen Auskleidung der Leibeshöhle, bei vielen Tieren dauernd, bei anderen nur vorübergehend; im letzteren Falle trennt es sich von ihr durch Abschnürung und bildet drüsenartige Körper, die Geschlechtsdrüsen. Bei den meisten Tieren erzeugt das Keimepithel entweder nur weibliche oder nur männliche Geschlechtszellen. Solche Tiere nennt man getrennt ge-



Keimepithel
und Keim-
drüsen.

Fig. 70. Geschlechtssegmente des Regenwurms nach Entfernung des Darms. *bm* Bauchmark, *bl* laterale, *bv* ventrale Borstenreihen, *st* Samentaschen (Receptacula seminis), *sb* Samenblasen (Vesiculae seminales) auf der rechten Seite abpräpariert, *sbu* Samenkapsel, auf der rechten Seite geöffnet, um zu zeigen: *h* Hoden, *t* Flimmertrichter des Vas deferens *vd*, *o* Ovarien, *w* Wimpertrichter der Ovidukte mit *e* Eikapsel, *di* Dissepimente, 8—15 acht bis fünfzehntes Körpersegment.

Hermaphroditismus
und Gono-
chorismus.

schlechtlich oder gonochoristisch im Gegensatz zu den hermaphroditen oder zwitterigen Formen, bei denen in einem und demselben Individuum beiderlei Geschlechtsorgane enthalten sind. Man kann



Fig. 71. Hermaphroditismus lateralis eines Schmetterlings (*Lymantria dispar*). Links weiblich, rechts männlich (nach Taschenberg).

verschiedene Grade des Hermaphroditismus unterscheiden. Gewöhnlich sind Hoden und Ovar zwar in demselben Tier vereinigt, innerhalb des Körpers jedoch räumlich getrennt, z. B. bei unserem Regenwurm, bei welchem zwei Segmente nur männliche, ein drittes Segment nur weibliche Drüsen enthält (Fig. 70). Es können aber auch Hoden und Eierstöcke zu einem einzigen Drüsenkörper, einer Zwitterdrüse, so innig vereinigt sein, daß in denselben Follikeln Samen und Eier produziert werden, wie bei den *Lungenschnecken*.

Dotterstöcke.

Eine sehr merkwürdige Erscheinung findet sich nicht selten im Tierreich, daß ein Teil der produzierten Eier zugrunde geht, um andere Eier besser zu ernähren. Diese Degenerationsvorgänge können sich an Eiern vollziehen, die schon in den Uterus (*Salamandra*) oder den Eicocon (*Anneliden*) übergetreten sind, oder sie spielen sich im Ovar ab (viele *Arthropoden*). Die degenerierenden, zur Ernährung dienenden Eier nennt man im letzteren Fall Dotterzellen. Es kann sogar ein bestimmter Teil des Ovars nur „Dotterzellen“ produzieren, woraus es sich erklärt, daß bei manchen Tieren (*Plathelminthen*), getrennt vom Ovar (dem Keimstock), Drüsen auftreten, welche die Dotterzellen bereiten (Dotterstöcke) (Fig. 72).

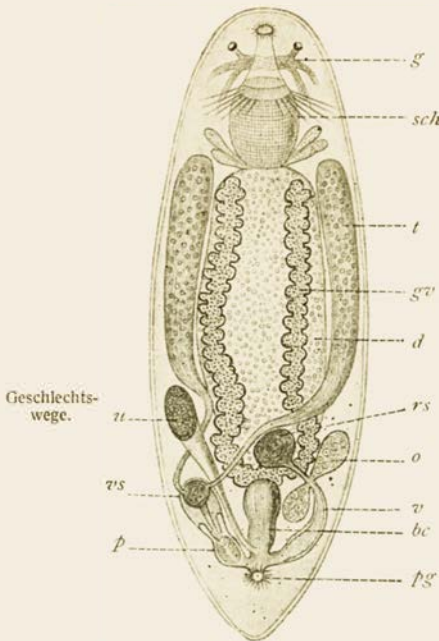


Fig. 72. Anatomie von *Vortex vividis* (nach M. Schultze und L. v. Graff). *g* obere Schlundganglien mit Augen, *sch* Schlundkopf, *t* Hoden mit Vasa deferentia, *gv* Dottersack, *d* Darm, *rs* Receptaculum seminis, *o* Ovarien mit Ovidukten, *v* Vagina, *bc* Bursa copulatrix, *pg* Porus genitalis, *u* Uterus, *vs* Vesicula seminalis, *p* Penis.

Die Ausführwege der Geschlechtsprodukte sind im Tierreich sehr häufig den exkretorischen Apparaten entnommen. Bei den *Anneliden* dienen manche Segmentalorgane, bei den *Wirbeltieren* Teile des Nierensystems ausschließlich oder neben ihrer exkretorischen Funktion der Geschlechtstätigkeit. Man spricht dann von einem Urogenitalsystem. Diese merkwürdige Vereinigung von Genitalorganen und Exkretionsorganen hat eine doppelte Ursache, eine physiologische und eine anatomische. Physiologisch ist wichtig, daß sich Eier und Spermatozoen wie Exkrete verhalten; sie sind Stoffe, die nicht mehr für den Nutzen des Individuums bestimmt sind, sondern nach außen gelangen müssen, um in Wirksamkeit zu treten. Die morphologische Ursache ist im Verhalten zu

der Leibeshöhle gegeben. Ein Urogenitalsystem entwickelt sich nur bei Tieren, bei denen das Keimepithel von dem Epithel der Leibeshöhle abstammt, und bei denen die Niere dauernd oder ihrer Anlage nach mit der Leibeshöhle in Verbindung steht und so die natürliche Ableitung für die Produkte derselben bildet. — Unabhängig davon, ob die Geschlechtswege Teile der Exkretionsorgane oder selbständige Bildungen sind, gewinnen sie in der Tierreihe eine bestimmte, durch ihre Funktion bedingte Einrichtung (Fig. 70 und 72). Von der Geschlechtsdrüse leiten Kanäle nach außen, die Eileiter, Ovidukte, des Weibchens, die Samenleiter, Vasa deferentia, des Männchens, bei der Zwitterdrüse der Zwittergang. Der Endabschnitt des Samenleiters ist häufig sehr muskulös und heißt Ductus ejaculatorius; er kann als Penis oder Cirrus ausgestülpt werden oder ragt dauernd über die Körperoberfläche hervor. Der Endabschnitt des Eileiters ist oft erweitert und läßt zwei Abschnitte erkennen, den Uterus (Gebärmutter), welcher die Eier während ihrer Entwicklung beherbergt, und die zur Begattung dienende Scheide, Vagina. Dazu können dann in beiden Geschlechtern noch akzessorische Drüsen der verschiedensten Art hinzutreten. Weibliche und männliche Geschlechtswege können ferner mit Ausstülpungen oder Erweiterungen versehen sein, welche zur Aufnahme von Samen dienen. Man nennt sie beim Weibchen *Receptacula seminis*, beim Männchen *Vesiculae seminales*; erstere beherbergen Samen, welcher durch die Begattung in die weiblichen Geschlechtswege gelangte, letztere Samen, welcher im Hoden des gleichen Tieres entstanden ist.

Männliche und weibliche getrenntgeschlechtliche Organismen sind vielfach voneinander in einer für unser Beobachtungsvermögen erkennbaren Weise nur an der Beschaffenheit der Geschlechtsprodukte zu unterscheiden (*Medusen, Polypen, Schwämme*). In anderen Fällen kann auch die verschiedene Beschaffenheit der Ausführwege zur Unterscheidung herangezogen werden. Bei allen höher organisierten Tieren gesellen sich zu diesen primären Geschlechtscharakteren mehr oder minder zahlreiche sekundäre Geschlechtscharaktere hinzu, so daß es auf den ersten Blick möglich ist, Männchen und Weibchen zu erkennen. Derartige sekundäre Geschlechtscharaktere äußern sich bei vielen Vögeln und Säugetieren in Stimme und Behaarung resp. Befiederung, Stärke der Muskeln und des Skeletts, Bewaffnung mit Angriffs- und Schutz Waffen, bei Insekten in Bau und Zeichnung der Flügel, Ausbildung der Fühler usw. Der hierin zum Ausdruck kommende „Dimorphismus der Geschlechter“ kann ein so hochgradiger werden, daß die systematische Zusammengehörigkeit von Männchen und Weibchen bei manchen Arten nur durch ein sehr eingehendes Studium, vor allem der Entwicklungsgeschichte, ermittelt werden konnte (Zwergmännchen von *Bonellia*, der *Cirripeden*, *Copepoden*). Es hat sich nun herausgestellt, daß diese „sekundären Geschlechtscharaktere“ in den einzelnen Klassen des Tierreichs rücksichtlich ihrer Abhängigkeit von den Geschlechtsdrüsen ein verschiedenes Verhalten zeigen. Bei den Wirbeltieren z. B. steht ein großer Teil der „sekundären“ Geschlechtscharaktere in Korrelation, in einem Abhängigkeitsverhältnis zu den Geschlechtsdrüsen; sie entwickeln sich unter dem Einfluß der heranreifenden Drüsen. Als verursachendes Moment nimmt man „innere Sekretion“ an: daß in den Geschlechtsdrüsen Stoffe („Hormone“) gebildet werden, welche in den Blutkreislauf geraten und an entfernten Organen, wie Kehlkopf, Brustdrüse, Behaarung, Befiederung usw., die charakteristischen für,

Sekundäre
Geschlechts-
charaktere.

das Geschlecht spezifischen Veränderungen bewirken. Werden die Geschlechtsdrüsen beiderseitig operativ frühzeitig entfernt (Kastration) oder gehen sie infolge von Erkrankung zugrunde, so unterbleiben die Veränderungen; es können sogar die Merkmale des anderen Geschlechts auftreten, was besonders der Fall ist, wenn man das Drüsenmaterial des letzteren einimpft. Wenn man jungen kastrierten männlichen Ratten an irgendeiner Stelle das lebende Ovar einer anderen Ratte einheilt, entwickelt sich der Penis nur in rudimentärer Weise; es bilden sich die Milchdrüsen wie beim Weibchen aus; auch das Wachstum des Körpers, besonders der Knochen, das Haar und die Instinkte nehmen weibliche Beschaffenheit an. Die Tiere werden „feminisiert“. In entsprechender Weise kann man Weibchen durch Kastration und darauffolgende Transplantation von Hoden „maskularisieren“. Bei den Transplantationen der Geschlechtsdrüsen von Säugetieren sollen die Geschlechtszellen selbst zugrunde gehen; erhalten bleibt das Zwischengewebe, die „Leydigischen Zellen“. Das war Veranlassung zu der Streitfrage, ob die Hormone, welche den Einfluß auf die Umgestaltung der sekundären Geschlechtscharaktere ausüben, von den zugrunde gehenden Geschlechtszellen oder von dem in Wucherung geratenden Zwischengewebe, der „Pubertätsdrüse“, geliefert werden. — Ganz anders verhalten sich andere Tiergruppen. Hier entwickeln sich die „sekundären Geschlechtscharaktere“ zwar in Harmonie mit den Geschlechtsdrüsen, aber unabhängig von ihnen, offenbar weil sie beide durch einen dritten gemeinsamen Faktor, die Beschaffenheit des Eies, aus welchem das Tier hervorgeht, bestimmt werden. Diese ist es, welche nicht nur den Geschlechtsdrüsen, sondern auch dem gesamten übrigen Organismus eine bestimmte Entwicklungsrichtung vorschreibt. Man würde daher besser von „konkordanten Geschlechtscharakteren“ sprechen. Die eigentümliche Entwicklungsrichtung, welche die Zwergmännchen von *Dinophilus*, der *Rotatorien*, *Cirripeden* usw. einschlagen, ist schon vor der Reife der Hoden festgelegt und würde sicherlich auch eintreten, wenn die erste Anlage des Hodens aus dem Embryo entfernt werden könnte. Bei den *Schmetterlingen* ist es durch viele Experimente sicher bewiesen, daß ihre Geschlechtscharaktere sich unverändert entfalten, auch wenn man schon die jungen Raupen kastriert. Ja, die eingeschlagene Entwicklungsrichtung wird sogar beibehalten, wenn man die herausgeschnittenen Hoden durch die Ovarien einer anderen Raupe ersetzt oder umgekehrt die Ovarien durch die Hoden. Die transplantierten Geschlechtsdrüsen reifen heran, während der gesamte übrige Geschlechtsapparat, die Ausführwege und die sekundären Geschlechtsmerkmale die dem ursprünglichen Geschlecht zukommende Beschaffenheit zeigen. *Säugetiere* einerseits und *Insekten* andererseits bilden somit rücksichtlich der Korrelation von Geschlechtsdrüsen und sekundären Geschlechtscharakteren zwei Extreme, zwischen denen es vermittelnde Übergänge gibt. Solche sind die *Amphibien*. Bei ihnen wird die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale von den Geschlechtsdrüsen beeinflusst. Indessen hat die Erfahrung, daß bei kastrierten Froschmännchen die Transplantation eines Stückes Eierstock die Bildung der Daumenschwiele, eines spezifisch männlichen Geschlechtscharakters hervorruft, zur Auffassung geführt, daß auch hier die sekundären Geschlechtscharaktere „konkordante“ Charaktere seien, welche nur latent bleiben, solange sie nicht durch einen geeigneten trophischen Reiz aktiviert werden.

Der Hermaphroditismus hat in der Neuzeit im Anschluß an die Frage nach der Geschlechtsbestimmung zu wichtigen experimentellen und theore-

tischen Untersuchungen Veranlassung gegeben. Von echtem Hermaphroditismus kann man nur reden, wenn beiderlei Geschlechtsprodukte in funktionsfähigem Zustand in demselben Tier vereinigt sind. Das ist am häufigsten bei niederen Tierstämmen der Fall, kommt aber auch bei *Mollusken* (*Opisthobranchier* und *Pulmonaten*) und *Arthropoden* (*Cirripeden*, vielen *Isopoden*) vor, ausnahmsweise auch bei *Wirbeltieren*. Unter den Fischen sind *Chrysophrys aurata* und manche *Serranus*-Arten stets hermaphrodit. Bei anderen Arten der Gattung *Serranus*, sowie von *Mormyrus* und *Pagellus* ist ein mehr oder minder großer Prozentsatz der Individuen hermaphrodit. Bei *Myxine* sind Hoden und Ovar nebeneinander vorhanden; doch ist es fraglich, ob beide Drüsen funktionieren. Öfters wird Hermaphroditismus als Abnormität beobachtet. Eine auffällige Form desselben ist der Hermaphroditismus *lateralis*, bei dem die eine Hälfte des Tieres weiblich, die andere männlich ist. Sind Männchen und Weibchen an ihren sekundären Geschlechtscharakteren zu erkennen, z. B. *Insekten* an der Beschaffenheit der Flügel, Fühler und Augen (*Schmetterlinge* und *Bienen*), so ist der Hermaphroditismus schon äußerlich zu erkennen, indem die eine Hälfte die Merkmale des Männchens, die andere die des Weibchens trägt (Fig. 71). — Ganz besonderes Interesse haben in der Neuzeit die Fälle erregt, welche man als „Intersexualität“ bezeichnet. Ausgedehnte Untersuchungen haben es wahrscheinlich gemacht, daß bei allen Tieren ein latenter Hermaphroditismus besteht, indem die Faktoren, die für Männlichkeit und Weiblichkeit bestimmend sind, nebeneinander vorkommen, daß Getrenntgeschlechtlichkeit dadurch bedingt ist, daß der eine Faktor den anderen nicht zur Geltung kommen läßt. Ist das Überwiegen des einen Faktors über den anderen, seine Dominanz, nicht genügend ausgeprägt, so können Charaktere des anderen Geschlechts zum Vorschein kommen; und so entstehen je nach den verschiedenen Graden der Dominanz verschiedene Grade von Übergängen von einem Geschlecht zum anderen, die man „Intersexe“ nennt. Es ist begreiflich, daß diese Intersexualität sich zunächst an den sekundären Geschlechtsmerkmalen bemerkbar macht und erst bei höheren Graden auf die Ausführwege und schließlich auf die Geschlechtsdrüsen übergreift. So können Pseudohermaphroditen entstehen, die innerlich entweder nur männlich oder weiblich sind, in ihrer äußeren Erscheinung aber Merkmale des anderen Geschlechts besitzen.

Animale Organe.

I. Fortbewegungsorgane. Die Fähigkeit, den Ort nach freier Wahl zu verändern, ist eine so sehr in den Vordergrund tretende Eigentümlichkeit der Tiere, daß der Laie geneigt ist, hiernach zu entscheiden, ob ein Organismus dem Tier- oder Pflanzenreich zugehört. Deshalb ist es nötig, hervorzuheben, daß zahlreiche Tiere (die meisten *Cölienteraten*, viele *Würmer*, *Echinodermen*, ja sogar manche *Arthropoden* und *Mollusken*) die im Larvenzustand vorhandene freie Ortsbewegung aufgeben, indem sie sich auf dem Boden, auf Pflanzen oder auf anderen Tieren fest ansiedeln und nur die Bewegungsfähigkeit einzelner Teile behalten, wie z. B. die *Corallen* ihre Tentakelkronen und die *Cirripeden* ihre federbuschartigen Füße einschlagen, festgewachsene *Muscheln* ihre Schalen aktiv öffnen und schließen können.

Zur Bewegung dienen bei den niederen Formen, den *Protozoen*, fast ausschließlich Zellfortsätze, seien es Cilien, Geißeln oder Pseudo-

podien. Bei den vielzelligen Tieren ist dies äußerst selten der Fall. Amöboide Beweglichkeit der Epithelzellen kommt zwar noch bei *Cöloenteraten* und auch bei manchen *Würmern* vor, genügt aber nicht zur Ortsbewegung des ganzen Tieres. Wirksamer ist das Geißel- oder Wimperepithel, welches bei *Ctenophoren*, *Turbellarien* und *Rotatorien* die Schwimmbewegung vermittelt; außerdem findet sich dasselbe noch bei vielen Larven auch von Tieren, welche, ausgebildet, entweder gar nicht oder nur mit Hilfe von Muskeln ihren Ort verändern können. In der Form von Planulae, d. h. als bewegliche, mittels Flimmern schwimmende Larven, verlassen fast alle *Cöloenteraten* und *Echinodermen*, viele *Würmer* und *Mollusken*, unter den Wirbeltieren *Amphioxus* die Eihüllen.

Muskulatur. Zu energischerer Tätigkeit ist nur die Muskulatur befähigt. Die Anordnung derselben wechselt und hängt von der Beschaffenheit des **Skeletts** ab. Skelettlose Formen haben gewöhnlich den „Hautmuskelschlauch“, einen Sack von zirkulären und longitudinalen Fasern, welcher mit der Haut fest vereinigt ist. Wird von der Haut aus ein Skelett erzeugt, indem das Epithel der Körperoberfläche, wie bei den *Arthropoden*, eine feste dicke Cuticula (Cuticularskelett) ausscheidet, so löst sich der Schlauch in Muskelgruppen auf, die am Hautskelett ihre Angriffspunkte finden; bildet sich dagegen, wie bei den *Wirbeltieren*, ein aus Knorpel oder Knochen bestehendes Achsenskelett aus, so sind an diesem die Angriffspunkte der Muskelwirkung gegeben, so daß die Muskulatur einen ganz neuen Charakter gewinnt und namentlich tiefer zu liegen kommt. — Ein Lokomotionsapparat ganz eigener Art ist das *Ambulacralsystem* der *Echinodermen*, ein System von feinen, zum Teil als Füßchen ausstülpbaren Schläuchen, über deren Verwendung das Nähere bei den *Echinodermen* nachzulesen ist. — Die Muskulatur wird in Erregung versetzt, indem die Nervenfasern an die Muskelfasern herantreten und hier mehr oder minder komplizierte Nervenendigungen erzeugen.

Elektrische Organe. Bei nicht wenigen Fischen werden an bestimmten Stellen des Körpers die Muskeln in **elektrische Organe** umgewandelt, welche bei *Torpedo*, *Malapterurus*, *Gymnotus* sehr energische Schläge austeilen können, bei *Raja* und *Mormyrus* (pseudoelektrische Organe) schwache, dem Menschen nicht fühlbare Ströme erzeugen. Jedes Organ baut sich aus vielen Säulchen auf, die aus vielen übereinander geschichteten, durch Bindegewebe getrennten elektrischen Platten bestehen. Jede Platte ist eine umgewandelte Muskelfaser, welcher die Nervenendigung angefügt ist, den negativen Pol der Platte bezeichnend.

Nervensystem.

II. Nervensystem. Kaum ein Organsystem zeigt in der Tierreihe eine so gesetzmäßige Fortbildung wie das Nervensystem. Die verschiedenen Stufen, welche man dabei aufstellen kann, wollen wir als die diffuse Form, die Strangform, die gangliöse Form und die Röhrenform bezeichnen.

Diffuses Nervensystem.

1. Die diffuse Form des Nervensystems ist jedenfalls die ursprünglichste; sie zeigt die Elemente, Nervenzellen mit verästelten Ausläufern, durch den ganzen Körper oder wenigstens durch gewisse Schichten des Körpers verbreitet. Als eine von den ersten Anfängen an bevorzugte Schicht ist die Oberhaut des Körpers, das Ectoderm, anzusehen, da dieses den Verkehr mit der Außenwelt vermittelt und daher die für die Ausbildung des Nervengewebes wichtigen Sinneseindrücke empfängt. Beispiele hierfür sind die *Corallen* und *Hydroidpolypen*, da bei ihnen das Ectoderm nach allen Richtungen hin von einem subepithelialen zarten,

spinnwebartigen Netz von Nervenzellen, welches auch auf das Entoderm übergreift, durchsetzt wird (Fig. 52).

2. Aus der diffusen Form lassen sich die übrigen Hauptformen durch Lokalisation ableiten, welche wohl hauptsächlich dadurch bedingt ist, daß manche Stellen zur Aufnahme von Sinneseindrücken und daher auch zur Entwicklung nervöser Teile geeigneter gelagert sind als ihre Nachbarschaft. Bei den *Medusen* ist der Rand der Glocke eine solche Stelle, weshalb hier ein kräftiger, an Ganglienzellen auffallend reicher Nervenstrang verläuft. Man kann denselben, ebenso wie den Ringnerven und die fünf Ambulacrarnerven der *Echinodermen*, ein strangförmiges Zentralorgan nennen und davon den Rest des Nervennetzes als peripheres Nervensystem unterscheiden.

Strangförmiges Nervensystem

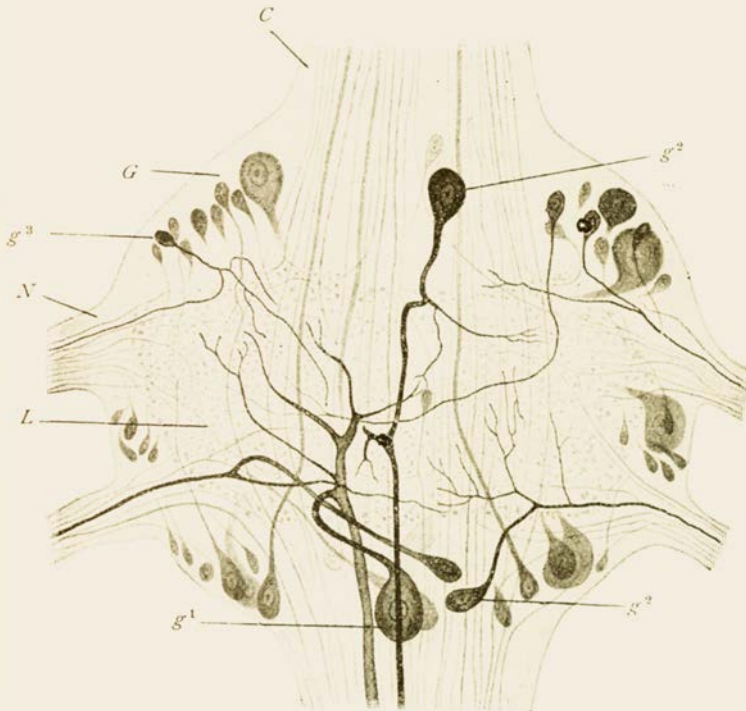


Fig. 73. Drittes abdominales Bauchganglion des Flußkrebse (nach Retzius). Nur ein Teil der Nervenzellen und ihrer Ausläufer durch Färbung deutlich gemacht. *C* Konnektive oder Längskommissuren, *G* Ganglienzellschicht, *g¹* Ganglienzellen, deren Neuriten in die Längskommissuren treten, *g²* und *g³* Ganglienzellen, deren Neuriten in die peripheren Nerven eintreten, *L* Leydig'sche Punktsubstanz, *N* periphere Nerven.

3. Vielerlei Übergangsformen leiten zu dem gangliösen Zentralnervensystem der *Würmer*, *Mollusken* und *Arthropoden* über (Fig. 73). Das Zentralnervensystem besteht hier aus zwei oder mehreren Ganglien; jedes Ganglion ist ein rundes Knötchen gesetzmäßig angeordneter Nervenfasern und Ganglienzellen. Jene bilden den Kern des Knötchens und verursachen, indem sie sich nach allen Richtungen durchkreuzen und reich verästelte Dendriten abgeben, das Bild einer feinen Körnelung, was den ungeeigneten, weil leicht irreführenden Namen „Leydig'sche Punktsubstanz“ veranlaßt hat. Die Ganglienzellen dagegen häufen sich zu einer dicken Rindenschicht um die Leydig'sche Punktsubstanz an. Aus der

Ganglienknoten.

zentralen Nervenmasse hervor treten die peripheren Nerven und die Kommissuren, wie man die zu anderen ähnlichen Ganglienknötchen verlaufenden Verbindungsstränge nennt. Da nun die meisten Tiere symmetrisch gebaut sind, findet man die Ganglien paarig gruppiert. Ein linkes und ein rechtes Ganglion entsprechen einander und sind durch einen Strang von Nervenfasern, die Querkommissur, einheitlich verbunden. Am konstantesten sind zwei Ganglien, welche dorsal über dem Anfangsdarm liegen und daher die oberen Schlundganglien oder auch Hirnganglien heißen. Wenn noch weitere Ganglien vorkommen, so liegen dieselben ventral und unter dem Darm (Bauchmark).

Strickleiter-
nerven-
system.

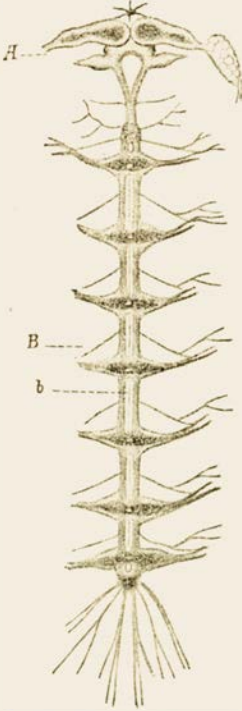


Fig. 74. Strickleiternervensystem von *Porcellio scaber* (Assel). *A* Hirn, *B* Bauchmark, durch die Schlundkommissuren mit dem Hirn verbunden, *b* ein früher als Sympathicus gedeuteter Strang (nach Leydig).

Eine weit verbreitete Einrichtung ist die als Strickleiternervensystem (Fig. 74) bezeichnete Form (*Anneliden* und *Arthropoden*). Zahlreiche Ganglienpaare (im vorliegenden Beispiel neun) liegen auf der Bauchseite des Tieres hintereinander und sind durch Längskommissuren (Konnektive) verbunden, und zwar entsprechen den linken und rechten Ganglien auch linke und rechte Kommissuren. Das erste Paar der Reihe wird von den unteren Schlundganglien gebildet, welche nach vorn zwei links und rechts den Darm umgreifende Kommissuren zu den oberen Schlundganglien entsenden. Obere und untere Schlundganglien nebst den Schlundkommissuren bilden den Schlundring, einen Nervenring, welcher den Anfangsteil des Darms umfaßt.

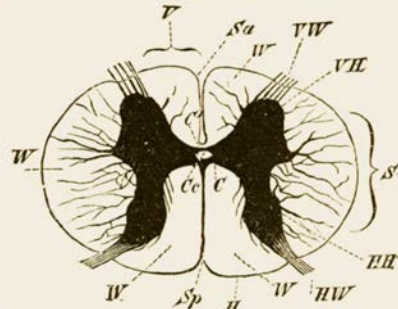


Fig. 75. Querschnitt durch das Rückenmark des Menschen (aus Wiedersheim), schwarz die graue, weiß die weiße Substanz; *Cc* Zentralkanal, umgeben von der vorderen und hinteren Kommissur (*CC*), *Sa*, *Sp* Sulcus anterior und posterior, letzterer übergehend in die Fissura posterior, *VW*, *HW* vordere und hintere Nervenwurzel, *VII*, *III* Vorder- und Hinterhorn der grauen Substanz, *V*, *S*, *H* Vorder-, Seiten- und Hinterstränge der weißen Substanz (*W*).

Rückenmark
und Hirn.

4. Die röhriige Form des Nervensystems findet sich nur bei den *Wirbeltieren* (Fig. 75) und den den *Wirbeltieren* sehr nahestehenden Larven der *Tunicaten*. Hirn- und Rückenmark der *Wirbeltiere* kann man als die in verschiedener Weise entwickelten Abschnitte einer Röhre mit stark verdickten Wandungen auffassen. Im Zentrum liegt der äußerst enge Zentralkanal, welcher sich nach vorn in die einzelnen Hirnventrikel erweitert. Auf einem Querschnitt sieht man um den Zentralkanal herum

die Nervelemente genau im entgegengesetzten Sinne gruppiert wie bei den Ganglienknoten. Zu äußerst liegt eine Schicht Nervenfasern (die weiße Substanz der menschlichen Anatomie); nach innen davon folgt ein aus Ganglienzellen und Nervenfasern gebildeter Kern (die graue Substanz), welcher durch ein besonderes Epithel (Ependym) gegen den Zentralkanal abgegrenzt wird. Umgewandelte Stützzellen liefern den nervösen Teilen das unter dem Namen Glia (Neuroglia) bekannte Gerüst.

Fast für alle Tierabteilungen hat sich nachweisen lassen, daß das Zentralnervensystem aus dem Ectoderm entsteht. Bei vielen Tieren liegen die Nervenstränge und Ganglienknoten dauernd in der Haut, bei anderen nur während der Entwicklung, um später durch Abspaltung oder Einfaltung losgelöst und in tiefere Körperschichten verlagert zu werden (Fig. 13, S. 45). — Bei *Wirbeltieren* und anderen höheren Tiergruppen kennt man außer dem Körpervernersystem ein besonderes Nervensystem für die der Beeinflussung durch den Willen entzogenen vegetativen Organe, den Sympathicus.

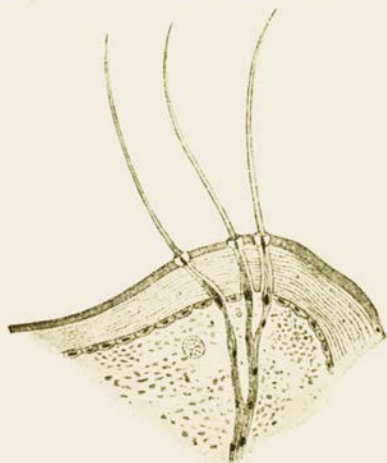


Fig. 76. Tastaare einer Krabbe (*Cyrtomaja Suhmi*) (nach Doflein).

III. Sinnesorgane. Im Anschluß an althergebrachte, schon seit längerer Zeit aber stark modifizierte Vorstellungen der Physiologie unterschied auch die Zoologie früher nur fünf Sinne, Tastsinn, Geruchs- und Geschmackssinn, Gesichtssinn und Gehör. Gegen die Allgemeingültigkeit dieser Unterscheidung wurden Zweifel laut, als in der Haut von Fischen und Amphibienlarven, also Wirbeltieren, die im Wasser leben, Sinnesapparate entdeckt wurden, welche mit keinem Sinnesapparat des Menschen vergleichbar waren, die man daher als Organe eines sechsten, den Landbewohnern fehlenden Sinnes deutete. Indessen, auch diese Erweiterung der Sinneslehre erwies sich als unzureichend. Es stellte sich heraus, daß die Hautsinnesorgane, die man als Tastapparate in Anspruch nahm, sehr verschiedenen Empfindungen dienten, nicht nur dem Tasten, sondern auch der Unterscheidung von Warm und Kalt, der Schmerzempfindung, woraus sich ihre Vielgestaltigkeit erklärt. Schmerz und Druckempfindlichkeit finden sich auch im Inneren des Körpers, weil sensible Nervenendigungen an Muskeln und Sehnen (Muskel- und Sehnenkörperchen), Vater-Pacinische Körperchen im Peritoneum beobachtet werden. Schließlich hat sich auch herausgestellt, daß das lange Zeit über ausschließlich als Hörorgan gedeutete Labyrinth

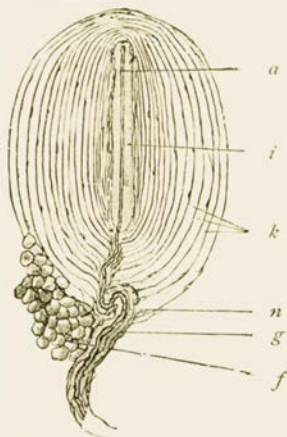


Fig. 77. Vater-Pacinisches Körperchen aus dem Mesenterium der Katze; *a* Achsenzylinder, *i* Innenkolben, *k* Kapseln mit Kernen, *n* markhaltige Nervenfasern, *s* Blutgefäß, *f* Fettgewebe (aus Stöhr).

der Wirbeltiere nicht nur zum Hören, sondern auch der Orientierung im Raum dient. Wichtig für die Beurteilung aller Sinnesorgane ist schließlich noch die Lehre von ihrer spezifischen Energie. Die Lehre besagt, daß jedes Sinnesorgan immer nur die ihm adäquaten Empfindungen liefert, auch wenn es nicht von einem adäquaten Reiz in Erregung versetzt wird. Es ist allgemein bekannt, daß Lichtempfindung im Auge nicht nur durch optische, sondern auch durch mechanische und elektrische Reize hervorgerufen wird.

Tastorgane.

Als **Tastorgan** funktioniert die Haut der Tiere meist wohl in ganzer Ausdehnung, wenn auch nicht überall mit gleicher Intensität. Hervorragende Partien, wie die Tentakelkronen der *Polypen* und vieler *Würmer*, die Fühler der *Arthropoden* und *Schnecken*, werden auf die Benennung immerhin besonderen Anspruch machen können. Für die meisten vielzelligen Tiere ist die weite Verbreitung der freien Nervenendigungen erwiesen, die schon auf S. 73, Fig. 36 γ , besprochen wurden. Im übrigen herrscht ein Gegensatz zwischen den Wirbellosen und Wirbeltieren. Bei ersteren finden sich primäre Sinneszellen mit starren, über die Oberfläche hervorragenden Tasthaaren und Tastborsten; sie fehlen dagegen, wenn wir vom *Amphioxus* absehen, den Wirbeltieren vermöge der Vielschichtigkeit ihrer Epidermis. Bei ihnen endigen die Hautnerven fast stets unter dem Epithel in der Lederhaut mit kompliziert gebauten „Kolbenkörperchen“, unter denen vor allem die Grandry'schen, Krause'schen, Meißner'schen Endkolben, die Vater-Pacinischen Körperchen (Fig. 77), zu nennen sind. Wie sich auf diese Endigungen die durch die Haut vermittelten Sinnesempfindungen verteilen, bedarf noch weiterer Untersuchung.

Geruchs-
organe,
Geschmacks-
organe.

Geruchs- und Geschmacksorgane werden auch als Organe des chemischen Sinnes bezeichnet, indem sie uns, die einen über die Qualität von Gasen, die anderen über die Beschaffenheit von Flüssigkeiten orientieren. Diese scharfe Unterscheidung ist nur bei Landbewohnern möglich, da im Wasser auch die Gase gelöst sind. Immerhin müssen auch im Wasser Unterschiede vorhanden sein, da zweierlei chemische Sinnesorgane bei *Fischen* nachweisbar sind. Das Geruchsorgan der *Fische* besteht aus zwei Grübchen der Haut dorsalwärts von der Mundspalte. Bei den luftatmenden *Wirbeltieren* werden die bei ihrer Anlage ebenfalls der Haut angehörenden Geruchsgrübchen in die dorsale Wand der Nasengaumgänge aufgenommen, zweier zur Atmung dienender, von der Körperoberfläche zur Mundhöhle oder in den Rachen führender Kanäle. Da nun die im Epithel der Grübchen verteilten Riechzellen häufig durch Büschel von Riechhaaren ausgezeichnet sind, da ferner auch das Epithel der Umgebung öfters bewimpert ist, so ist man geneigt, bei wirbellosen Tieren (z. B. *Medusen*, *Cephalopoden*) flimmernde, von Nerven versorgte Hautgruben oder Sinnesapparate in der Nachbarschaft von Atmungsorganen (Osphradium der *Mollusken*) für Riechorgane zu erklären. Indessen gibt es Ausnahmen. Bei den *Arthropoden* hat das Experiment nachgewiesen, daß die Antennen zum Riechen dienen. Hier kann die Sinnesempfindung nur an gewisse modifizierte Haare, die Riechröhrchen der *Crustaceen* und die mannigfach modifizierten Riechkegel der *Insekten*, geknüpft sein. — Was nun die Geschmacksorgane anlangt, so wird man Nervenendigungen im Bereiche der Mundhöhle als solche deuten, da die Geschmacksorgane der *Wirbeltiere*, die sogenannten Geschmacksknospen, in der Mundhöhle, besonders reichlich auf der Zunge, liegen.

Gehörorgan und Auge nennt man die höheren Sinnesorgane, weil sie für das Erkennen der Umwelt von viel größerer Bedeutung sind

als die übrigen Sinnesorgane, indem sie Empfindungen vermitteln, welche qualitativ und quantitativ eine viel genauere Bestimmung zulassen. Gehör und Auge haben daher einen komplizierteren und charakteristischeren Bau, welcher ein leichtes Wiedererkennen ermöglicht, zumal da zu den Sinneszellen fast stets leicht kenntliche Hilfsapparate hinzutreten.

Mit den **Gehörorganen** sind bei den *Wirbeltieren* die **statischen** Gehörorgane.

Organe innig verbunden, Organe, welche in ganz besonderer Weise der Orientierung im Raum dienen und somit eine Funktion erfüllen, an welcher auch Tast- und Gesichtssinn beteiligt sind. Der so zustande kommende Apparat hat wegen seiner komplizierten Beschaffenheit den Namen „Labyrinth“ erhalten. Eingeschlossen in der Wand des Schädels entwickelt er sich aus einer grubenförmigen Einstülpung der Haut, die sich zu einem Bläschen abschnürt und in die Tiefe rückt. Bei den *Säugetieren*, bei denen die Komplikation ihren höchsten Grad erreicht (Fig. 79), wird das Bläschen durch eine Einschnürung in zwei Abschnitte zerlegt, den größeren Utriculus und den kleineren Sacculus. Der Sacculus verlängert sich in einen spiral eingewundenen Blindsack, die Schnecke (ductus cochlearis), der Utriculus in die drei Bogengänge, von denen ein jeder an seinem Ende eine Anschwellung, eine Ampulle besitzt. Der heranretrende Nervus acusticus versorgt zahlreiche Nervenendigungen: in der Schnecke das kompliziert gebaute Cortische Organ, in den Ampullen die Cristae, im Sacculus und Utriculus die ansehnlichen Maculae, die von einem Haufen Kalkkonkremente, den Statolithen, bedeckt sind. Bei den übrigen Wirbeltieren vereinfacht sich der Bau. Bei *Amphibien*, *Reptilien* und *Vögeln* ist die Schnecke zu einem Blindsack reduziert, die Lagena, welche bei *Fischen* kaum noch angedeutet ist. Bei *Cyclostomen* erfährt das Labyrinth noch eine weitere Vereinfachung, beim *Amphioxus* fehlt es ganz. Es ist sicher erwiesen, daß zum Hören nur die Schnecke oder ihr Äquivalent, die Lagena, dient; ihre rudimentäre Beschaffenheit bei *Fischen* läßt es

zweifelhaft erscheinen, ob dieselben überhaupt ein Hörvermögen besitzen. Ihnen fehlen auch die zum Labyrinth führenden, den übrigen Wirbeltieren zukommenden schalleitenden Apparate; sie würden freilich auch nicht nötig sein, da Schallwellen aus dem Wasser leicht in die Gewebe übertreten und so zum Labyrinth fortgeleitet werden können. Der nach Ausschluß

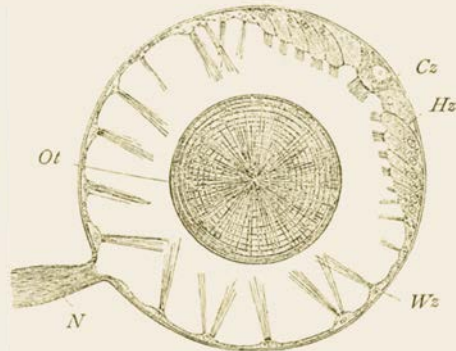


Fig. 78. Statocyste (Hörbläschen) eines Mollusks (*Pterotrachea*). *N* Hörnerv, *H_z* Hörzellen mit der Zentralzelle *C_z*, *W_z* Wimperzellen, *O_t* Otolith, besser Statolith (nach Claus).

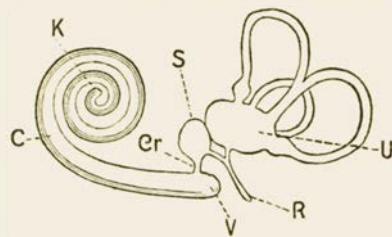


Fig. 79. Schema des menschlichen Labyrinths. *U* Utriculus mit den halbkreisförmigen Kanälen, *S* Sacculus, durch den Canalis reuniens (*Cr*) mit der Schnecke (*C*) verbunden, *R* Recessus labyrinthi, *V* Schneckenblindsack, *K* Kuppelblindsack (aus O. Hertwig).

von Schnecke und Lagna übrig bleibende Hauptteil des Labyrinths dient der Orientierung im Raum. Die von Statolithen belasteten Maculae in Sacculus und Utriculus reagieren auf die Schwerkraft; je nach der Art, in der ihre Sinneszellen von den Statolithen belastet und gereizt werden, orientieren sie das Tier darüber, wo oben und unten ist, und ob sein Körper aus der Gleichgewichtslage abgewichen ist; sie sind somit Balance-Sinnesorgane. Schwieriger zu verstehen ist die Wirkungsweise der Bogengänge. Die Cristae ihrer Ampullen werden erregt werden, wenn die Endolymphe an ihnen vorbeiströmt, genauer ausgedrückt, wenn sie sich in einem anderen Bewegungszustand befindet als die Wand des Bogengangs. Eine derartige gegenseitige Verschiebung von Wand und Inhalt wird eintreten müssen, wenn ein Tier aus der Ruhe in die Bewegung übergeht oder umgekehrt, oder wenn es seine Bewegungsrichtung verändert, da die Wand der Bogengänge als Teil des Körpers an diesen Veränderungen sofort Teil nimmt, die eingeschlossene Flüssigkeit erst allmählig von ihnen betroffen wird. Aus diesen Verhältnissen erklärt es sich auch, warum die drei Bogengänge entsprechend den drei Dimensionen des Raumes senkrecht aufeinander stehen.

Ähnliche Organe wie wir sie im Labyrinth der Wirbeltiere kennen gelernt haben, finden sich auch bei Wirbellosen, und zwar vorwiegend bei wasserbewohnenden Formen. In typischer Ausbildung sind es geschlossene, vom Epithel ausgekleidete Bläschen, die eine Flüssigkeit enthalten, die Endolymphe. Im Inneren des Bläschens liegt eine konzentrisch geschichtete Konkretion aus kohlen- oder phosphorsaurem Kalk (nur in der kleinen Gruppe der *Schizopoden* Fluorcalcium), der an der Wand aufgehängt ist oder durch Flimmerepithel getragen wird. Er kann auch durch einen Haufen kleinerer Konkretionen ersetzt sein. Im Epithel liegen Sinneszellen, meist an einer Stelle zu einer Crista vereinigt. Früher nannte man die Bläschen Otocysten oder Hörbläschen, die eingeschlossenen Kalkkonkretionen Hörsteine oder Otolithen und sprach von einer Crista acustica. Die an Wirbeltieren gewonnenen Ergebnisse, noch mehr aber zahlreiche an Wirbellosen selbst angestellte Experimente haben das Irrtümliche dieser Bezeichnungen dargetan und mit Sicherheit festgestellt, daß wir es mit Schwerkraftssinnesorganen zu tun haben. Daher die neueren Bezeichnungen „Statocysten“, „Statolithen“, „Cristae staticae“. Es wäre ja denkbar, daß daneben Anfänge von Hörfunktion vorhanden sind; aber erwiesen ist es nicht. Da sich auch bei den Wirbellosen die Statocysten durch eine grubenförmige Einsenkung des Hautepithels entwickeln, ist es verständlich, daß sie bei manchen Tieren, wie dem Flußkrebis und seinen Verwandten, dauernd auf der Stufe eines nach außen geöffneten Grübchens verharren.

Sehorgane.

Erregbarkeit durch Licht ist eine bei Tieren und Pflanzen weit verbreitete Erscheinung; in ihren einfachsten Formen äußert sie sich darin, daß Organismen belichtete Stellen aufsuchen oder vermeiden (positive und negative Phototaxis). Phototaxis findet sich auch da, wo keine besonderen lichtempfindlichen Strukturen vorhanden sind (*Infusorien*, *Hydra*, viele *Würmer*); sie erfährt eine Steigerung, wenn Sehzellen, d. h. lichtempfindliche mit Nerven verbundene Elemente, in das Epithel der Körperoberfläche oder auch in tiefer liegende, dem Licht aber noch zugängliche Gewebe eingelagert sind (*Plattwürmer*, *Amphioxus*). Wenn zahlreiche Sehzellen zu einer zusammenhängenden Schicht sich zusammenfügen, nennt man dieselbe Retina oder Netzhaut. Schon auf den niedersten Entwicklungsstadien bekunden die Sehzellen nahe Beziehungen zu Pigmentanhäufungen, welche in den Zellen selbst oder in ihrer Umgebung ihren Sitz haben;

dieselben sind für die Lichtperzeption nicht nötig, wie die Sehfähigkeit albinotischer, pigmentfreier Augen zeigt; sie müssen aber offenbar die Lichtempfindlichkeit in hohem Maße steigern; denn die Pigmentierung ist eine so weit verbreitete Eigentümlichkeit, daß man die einfachsten Augen geradezu als scharf umgrenzte Pigmentflecke definieren kann, denen nicht selten eine das Licht konzentrierende bikonvexe Linse vorgelagert ist (Fig. 83). Auch hat das Pigment noch weitere wichtige Aufgaben zu erfüllen. Wo viele Sehzellen nebeneinander liegen, können sie durch dazwischen gelagertes Pigment optisch isoliert werden. Ist die Sehzelle nur von einer Seite von Pigment umscheidet, so kann die Sehzelle nur von der pigmentfreien Seite vom Licht erreicht und damit „Richtungssehen“, Beurteilung, aus welcher Richtung die Lichtstrahlen einfallen, ermöglicht werden.

Fig. 80.

Fig. 82.

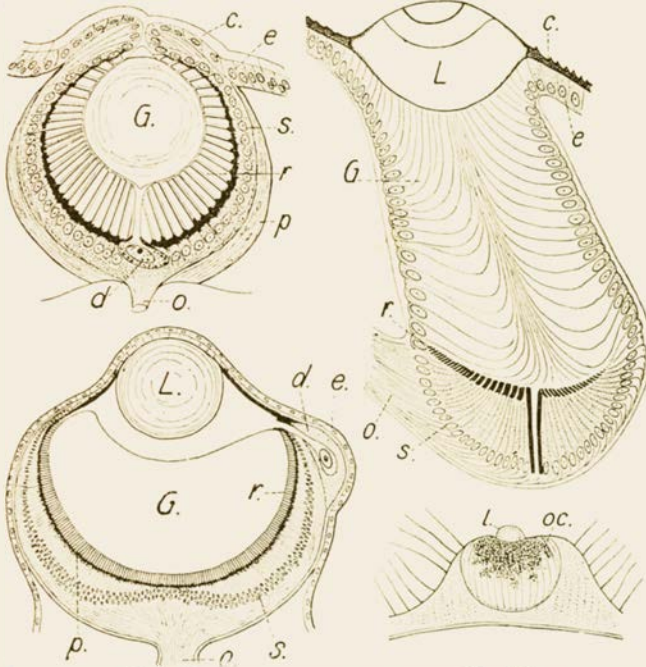


Fig. 81.

Fig. 83.

Fig. 80 und 81. Augen von Anneliden. Fig. 80. *Phyllodoce laminosa* (nach Hesse). Fig. 81. *Nauphanta colex* (nach Greef und Hesse). Fig. 82. Larve von *Acilius sulcatus* (nach Grenacher). Fig. 83. *Lizzia köllikeri*. c Cuticula, e Epidermis, G Glaskörper, L Linse, r Rhabdome der Retina, d Drüsenzelle, die den Glaskörper ausscheidet, s Sehzellen, o Sehnerv, p Pigment (Führungslinie in Fig. 80 nicht weit genug ausgezogen), oc Ocellus.

Von derartigen Anfängen, welche nur zur Unterscheidung von Hell und Dunkel geeignet sind, findet man in der Tierreihe alle Stufen der Vervollkommnung bis zu den scharfen Bildern der Umgebung entwerfenden Augen, wie wir sie bei *Wirbeltieren* und offenbar auch bei *Cephalopoden*, manchen *Anneliden* und *Arthropoden* vorfinden. Es vervollkommt sich die Retina, indem die Sehzellen an ihrem peripheren Ende Rhabdome entwickeln, stäbchenförmige Aufsätze, die die Lichtperzeption vermitteln und bei den *Wirbeltieren* zumeist in „Stäbchen“ und „Zapfen“ differenziert

sind, von denen ein jedes wieder aus Innen- und Außenglied besteht (Fig. 84, 7, 9).

Bei Wirbeltieren und vielen Wirbellosen findet man die Retina von einem roten Farbstoff durchtränkt, dem Sehpurpur, der sich unter dem Einfluß des Lichtes rasch zersetzt, aber ebenso rasch sich wieder regeneriert und offenbar eine für den Sehakt wichtige Rolle spielt. In den Verlauf des Sehnerven schalten sich zahlreiche Ganglienzellen ein und bilden das Ganglion opticum (Fig. 84, 342 und 347), bei Wirbellosen einen außerhalb des Auges liegenden kompakten Körper, während es bei den Wirbeltieren mit der Schicht der Sehzellen zur Retina im weiteren Sinne verwachsen ist. Von den zahlreichen Schichten der Wirbeltier-Retina bilden die Stäbchen und Zapfen nebst ihren „Fasern“, den Körpern der Sehzellen, und den „äußeren Körnern“, den Kernen der Sehzellen, die Retina im engeren Sinne, während die äußeren Schichten, die Nervenfaserschicht, die Schicht der Ganglienzellen, die innere retikulierende Schicht, die inneren Körner (bipolare Ganglienzellen), die äußere retikulierende Schicht das von Stützgewebe durchsetzte Ganglion opticum darstellen.

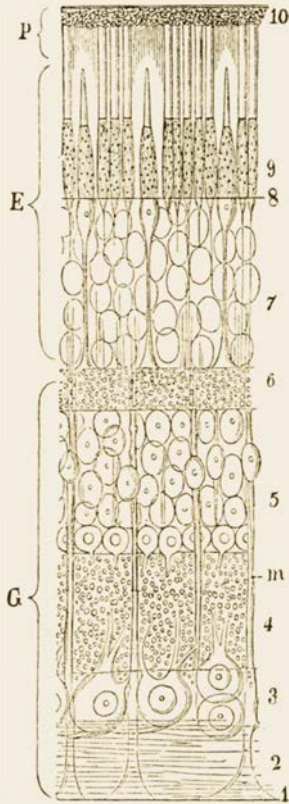


Fig. 84. Retina des Menschen (nach Gegenbaur). *P* Pigmentschicht, *E* Schicht der Sehzellen, *G* Ganglion opticum. 1 Limitans interna, 2 Nervenfaserschicht, 3 Ganglienzellen, 4 innere retikulierende Schicht, 5 innere Körnerschicht, 6 äußere retikulierende Schicht, 7 äußere Körnerschicht, 8 Limitans externa, 9 Stäbchen und Zapfenschicht, 10 Tapetum nigrum, *m* Müllersche Fasern.

Soll auf der Retina ein scharfes Bild entworfen werden, so müssen die von einem Punkt außerhalb des Auges ausgehenden Lichtstrahlen durch besondere lichtbrechende Körper (Linse, Cornea) auf ihr vereinigt werden; dazu bedarf es eines Zwischenraumes zwischen dem dioptrischen Apparat und der Retina. Die Retina wird daher zu einer Art Camera obscura eingefaltet, der dabei entstandene Zwischenraum mit durchsichtigem Material, dem Glaskörper (durchsichtige Zellen oder Gallerte), ausgefüllt (Fig. 80—82). Zur Regulierung des Lichteinfalls entsteht die Iris, eine Pigmentmembran mit zentraler Öffnung, der Pupille, deren Weite durch die verschiedenen Kontraktionszustände der Iris der Lichtstärke entsprechend reguliert werden kann. Zur besseren Ernährung entwickelt sich die blutgefäßreiche Chorioidea, zum Schutz eine feste, Sclera benannte Hülle. In der Art, wie sich diese verschiedenen Vervollkommnungen entwickeln und kombinieren, herrscht in den einzelnen Tierklassen eine wunderbare Mannigfaltigkeit.

Selbst Augen, die im Bau einander sehr ähnlich sind, wie die der *Wirbeltiere* und *Cephalopoden*, zeigen ontogenetisch und phylogenetisch betrachtet, einen ganz verschiedenen Entwicklungsgang.

Bau des
Wirbeltier-
auges.

Das Auge der *Wirbeltiere* (Fig. 85) ist gewöhnlich ein nahezu kugeliges Körper, dessen Oberfläche von einer festen Membran gebildet

wird. Im größten Teil der Circumferenz ist diese Membran undurchsichtig, fibrös oder knorpelig und heißt Sclera oder Sclerotica; nur im vorderen Abschnitt ist sie glashell durchsichtig und bildet hier vermöge ihrer stärkeren Krümmung einen uhrglasförmigen Aufsatz, die Cornea. Nach innen von der Sclera liegt die Chorioidea, eine bindegewebige, pigment- und blutgefäßreiche Hülle, welche an der Grenze von Sclera und Cornea in die Iris übergeht. Die Iris, der Sitz der Augenfärbung, ist in ihrer Mitte von der Pupille durchbohrt, einer Öffnung, deren wechselnde Größe den Lichteinfall reguliert. Nach innen von der Chorioidea folgt zunächst eine Lage schwarzer Zellen, das Tapetum nigrum, und endlich die Netzhaut oder Retina selbst, die Ausbreitung des am hinteren Ende in das Auge eintretenden Sehnerven. Tapetum nigrum und Retina gehören entwicklungsgeschichtlich zusammen und endigen daher auch beide gemeinsam am Rand der Pupille, nachdem die Retina schon vorher in einiger Entfernung vom äußeren Rand der Iris an der Ora serrata ihren nervösen Charakter verloren hat. Der Binnenraum des Auges wird von kristallklaren Massen, dem Corpus vitreum, dem Humor aqueus und der Linse vollkommen ausgefüllt. Unter ihnen ist die Linse für den Sehakt am wichtigsten, da sie nächst der Cornea den Gang der Lichtstrahlen am meisten beeinflusst. Sie liegt hinter der Iris befestigt an dem vorderen Rand der Chorioidea, welche hier zu dem Corpus ciliare umgewandelt ist. Vor ihr befindet sich die seröse Flüssigkeit des Humor aqueus in der sogenannten hinteren Augenkammer, zwischen Linse und Iris, und in der vorderen Augenkammer, zwischen Iris und Cornea. Den viel ansehnlicheren einheitlichen Raum hinter der Linse füllt eine Gallertmasse, der Glaskörper oder das Corpus vitreum, aus. Durch den optischen Effekt von Cornea, Linse und Glaskörper wird im Augenhintergrund auf der Retina ein umgekehrtes Bild

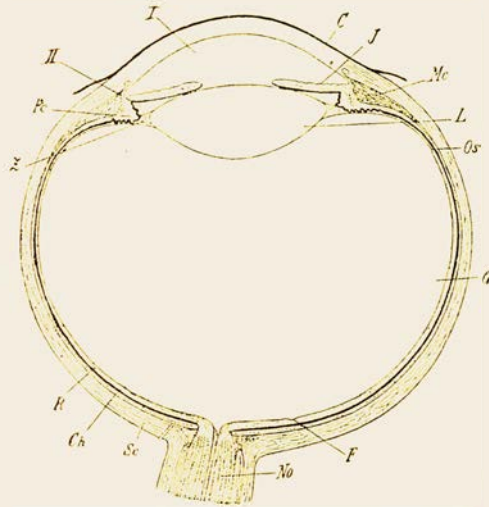


Fig. 85. Horizontalschnitt durch das menschliche Auge (nach Toldt und Grobben). *C* Cornea, *I* vordere, *II* hintere Augenkammer, *L* Linse, *G* Glaskörper, *J* Iris, *Mc* Musculus ciliaris, *Pc* Processus ciliaris, *Z* Zonula Zinnii, *Ch* Chorioidea, *Os* Ora serrata, *F* Fovea centralis (Stelle des schärfsten Sehens), *R* Retina, *No* Nervus opticus, *Sc* Sclera.

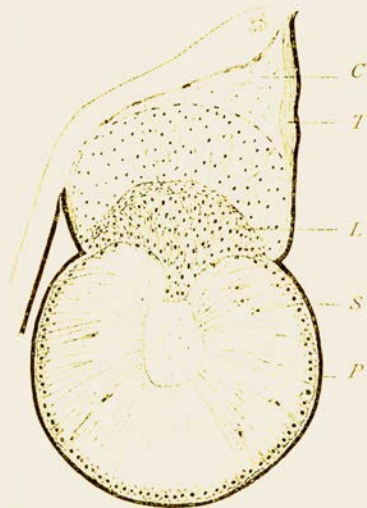


Fig. 86. Leuchtorgan von *Chaetodon* (nach Brauer). *C* Cutis, *T* reflektierendes Tapetum, *L* Linse, aus dunkleren und helleren Zellenlagen bestehend, *S* leuchtende Sekretzellen, *P* Pigmentschicht.

der Umgebung entworfen. — Bei vielen Wirbeltieren findet sich innerhalb der Chorioidea das Tapetum lucidum, welches das sogenannte Leuchten der Augen veranlaßt (Katzen); es ist eine bald zellige, bald aus Faserzügen aufgebaute Schicht, welche das Licht so stark reflektiert, daß wenige von außen eindringende Lichtstrahlen schon genügen, um den Augenhintergrund zum Leuchten zu bringen. Dieser erzeugt das Licht somit nicht selbst. Damit das reflektierte Licht zur Geltung gelangen kann, muß das davor gelegene Tapetum nigrum pigmentfrei sein. Auch das Augenleuchten vieler Insekten und Spinnen wird durch Licht reflektierende Strukturen im Augenhintergrund verursacht.

Leuchtorgane.

Als augenähnliche Bildungen wurden lange Zeit eigentümliche Organe gedeutet, die besonders bei Organismen der Tiefsee (*Fischen, Crustaceen, Cephalopoden*) eine weite Verbreitung besitzen, sie haben sich als **Leuchtorgane** herausgestellt. Es sind kugelige, in der Haut zu einer regelmäßigen Zeichnung angeordnete, oft auch dem Auge angelagerte Körper von sehr mannigfachem Bau. Viele haben histologisch eine große Ähnlichkeit mit Drüsen (Fig. 86). Die Zellen des Drüsensäckchens enthalten eine leuchtende Substanz, deren Glanz wirksamer gemacht wird einerseits durch vorgelagerte, aus durchsichtigen Zellen bestehende, linsenförmige Körper (daher die frühere Deutung als Augen), andererseits durch Reflektoren, die aus stark irisierenden Zellen bestehen, aber nicht immer vorhanden sind. Das Ganze ist von einer nach der Körperoberfläche zu fehlenden Pigmentschicht umscheidet. Wir haben es hier mit einer Verbesserung von Einrichtungen zu tun, wie sie bei außerordentlich zahlreichen marinen Organismen der verschiedensten Abteilungen vorkommen und dem Phänomen des Meerleuchtens zugrunde liegen, nur daß gewöhnlich die phosphoreszierenden Substanzen bei meerleuchtenden Tieren (*Noctiluca miliaris, Pyrosomen, Quallen, Corallen* usw.) im Körper weit verbreitet sind. Vielleicht dient die Konzentration des Leuchtstoffes in bestimmten Organen zur Erhellung der Umgebung behufs Erlangung der Nahrung, vielleicht auch nur als Erkennungszeichen zum Auffinden der Geschlechter. Im letzteren Falle würden sich Analogien mit den bei Insekten vorkommenden Leuchtorganen ergeben, die allerdings einen ganz anderen Bau besitzen. Das Merkwürdigste bei diesen zum Teil äußerst komplizierten Einrichtungen ist, daß in einer Reihe von Fällen sich hat feststellen lassen, daß die leuchtende Substanz aus Bakterien besteht, welche mit den Tieren in Symbiose leben. Ob dieses Ergebnis verallgemeinert werden kann ist noch unentschieden.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte der Organologie.

1. Organe sind Gewebekomplexe, welche gegen ihre Umgebung zur Bildung eines Körpers von bestimmter Gestalt abgegrenzt sind und eine einheitliche Funktion verrichten; jedes Organ kann somit morphologisch (nach seinem Bau und seinen Lagebeziehungen) und physiologisch (nach seiner Funktion) charakterisiert werden.

2. Organe verschiedener Tierarten können physiologisch gleichwertig sein: analoge (gleichartig funktionierende) Organe.

3. Organe verschiedener Tierarten können morphologisch gleichwertig sein: homologe (in gleichen Lagebeziehungen und gleicher Verbindungsweise auftretende) Organe.

4. Bei der Vergleichung der Organe zweier Tiere ergeben sich daher drei Möglichkeiten:

- a) sie sind homolog und analog zugleich,
- b) sie sind homolog, aber nicht analog (Schwimmlase der Fische, Lunge der Säugetiere),
- c) sie sind analog, aber nicht homolog (Kiemen der Fische, Lungen der Säugetiere).

5. Die Organe teilt man ein in animale und vegetative.

6. **Animale** Funktionen sind Funktionen, welche zwar dem Pflanzenreich nicht vollkommen fremd, aber in ihm rudimentär entwickelt sind, welche dagegen im Tierreich ihre Fortbildung erfahren und das Charakteristische des Tieres ausmachen.

7. **Vegetative** Funktionen sind in gleicher Vollkommenheit, wenn auch in verschiedener Weise, bei Pflanze und Tier ausgebildet.

8. Zu den animalen Organen gehören die Organe der Bewegung und Empfindung, das sind die Muskeln, die Sinnesorgane, das Nervensystem.

9. Zu den vegetativen Organen gehören die Organe der Ernährung und Fortpflanzung.

10. Unter Ernährung im weitesten Sinne verstehen wir nicht nur die Aufnahme und Verdauung von Speise und Trank, sondern auch die Aufnahme von Sauerstoff (Atmung), die Verteilung der Nahrung an die Körperprovinzen, die Entfernung des unbrauchbar Gewordenen.

11. Zu den Organen der Ernährung gehören daher nicht nur der Darm und seine Anhangsdrüsen, sondern auch die Atmungsorgane, das Blutgefäßsystem und die Exkretionsorgane (Niere).

12. Zur Fortpflanzung dienen die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane.

13. Beiderlei Geschlechtsorgane können auf zwei Tiere verteilt (Gonochorismus) oder in einem und demselben vereinigt sein (Hermaphroditismus).

14. Der höchste Grad von Hermaphroditismus wird erreicht, wenn ein und dieselbe Drüse (Zwitterdrüse) sowohl Eier wie Samenfäden erzeugt.

15. Häufig sind Geschlechtsorgane und Harnwege innig vereint; dann spricht man von einem Urogenitalsystem.

4. Promorphologie oder Grundformenlehre der Tiere.

Auf gesetzmäßiger Vereinigung verschieden funktionierender Organe beruht der Bau der Einzeltiere. Die Organe nehmen dabei ein Lageverhältnis zueinander ein, welches für jeden einzelnen Tierstamm ein bestimmtes ist oder doch nur in untergeordneter Weise variiert. Vergleicht man die einzelnen Tierstämme mit Rücksicht auf das Anordnungsprinzip der Teile, so kommt man zur Aufstellung einiger weniger Grundformen, welche für den Morphologen eine ähnliche Rolle spielen wie die Grundformen der Kristalle für den Mineralogen. Nur darf man in Verfolgung dieses Vergleiches die Lehre von den Grundformen oder die Promorphologie der Tiere nicht als eine ebenbürtige Wissenschaft der Kristallographie zur Seite stellen wollen. Ein Kristall ist eine aus gleichartigen Teilen bestehende Masse; seine Form ist die notwendige und unmittelbare Folge der chemisch-physikalischen Beschaffenheit seiner Moleküle. Ein derartiger direkter Zusammenhang zwischen Molekularstruktur und Grundform ist bei den Organismen nicht vorhanden und kann nicht vorhanden sein, da schon jedes Organ sich aus vielerlei chemischen Verbindungen zu-

sammensetzt. Daher fehlt auch den Organismen die den Kristallen zukommende mathematische Regelmäßigkeit. Selbst bei Tieren, welche die größte Regelmäßigkeit in der Anordnung der Teile besitzen, fügen sich dieselben nicht sämtlich den Anforderungen der Grundform, so daß wir

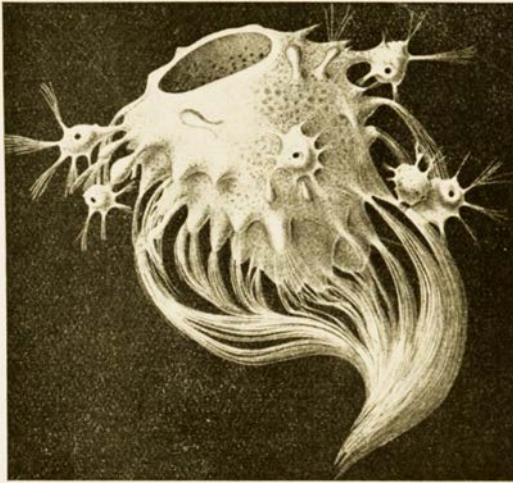


Fig. 87. *Lophocalyx (Polylophus) philippinensis* mit Knospen (nach F. E. Schulze).

genötigt sind, größere oder kleinere Abweichungen unberücksichtigt zu lassen. Wenn wir z. B. den Menschen bilateral symmetrisch nennen, so müssen wir selbst erhebliche Asymmetrien unberücksichtigt lassen: daß die Leber auf die rechte, das Herz auf die linke Seite verschoben ist, daß der Darm in vollkommen asymmetrischer Weise verläuft usw.

Man kann sich nun durch den Körper eines Tieres nach den drei Dimensionen des Raumes drei aufeinander senkrechte, in einem Punkte sich schneidende Richtungslinien gezogen denken und nach deren Beschaffenheit den Körper charakterisieren; man nennt dieselben Körperachsen, obwohl sie keine Achsen im Sinne der Mathematik sind. Ferner kann man den Körper auch charakterisieren nach den Ebenen, in denen man ihn symmetrisch halbieren kann, den Symmetrieebenen. So kommt man zur Aufstellung folgender Grundformen:

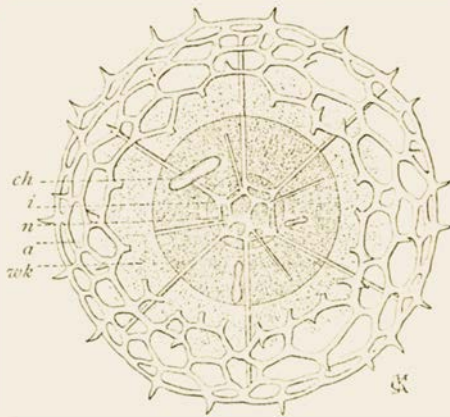


Fig. 88. *Haliomma erinaceus*. *a* äußere, *i* innere Gitterkugel, *ch* Zentralkapsel, *wk* extrakapsulärer Weichkörper, *n* Binnenbläschen (Kern).

1. asymmetrische, anaxone, irreguläre oder amorphe Grundform (Fig. 87),
2. allseitig symmetrische, homaxone, sphärische Grundform (Fig. 88),
3. radial-symmetrische, monaxone Grundform (Fig. 90),
4. zweistrahlig-symmetrische, einfach heteraxone Grundform (Fig. 89 und 91),
5. bilateral-symmetrische, doppelt heteraxone Grundform (Fig. 92).

1. Asymmetrisch oder anaxon nennen wir Tiere, bei denen die Anordnung der Teile in keiner Richtung des Raumes gesetzmäßig

bestimmt ist, welche daher in jeder Richtung unregelmäßig weiter wachsen können. Bei ihnen ist kein in bestimmten Beziehungen zur Organisation stehender Mittelpunkt gegeben; es ist ferner unmöglich, den Körper in

symmetrische Stücke zu teilen oder Achsen durch den Körper zu legen, welche in einem konstanten Verhältnis zu den Organen stehen (viele *Schwämme* und viele *Protozoen*) (Fig. 87).

2. Sphärische oder hom-axone Tiere haben die Grundform der Kugel; die Teile des Körpers sind konzentrisch um einen feststehenden Mittelpunkt angeordnet. Alle Ebenen, die man durch den Mittelpunkt legt, sind Symmetrieebenen; alle durch den Mittelpunkt verlaufenden geraden Linien sind gleichwertig und gleich groß und können als

Fig. 89.



Fig. 91.

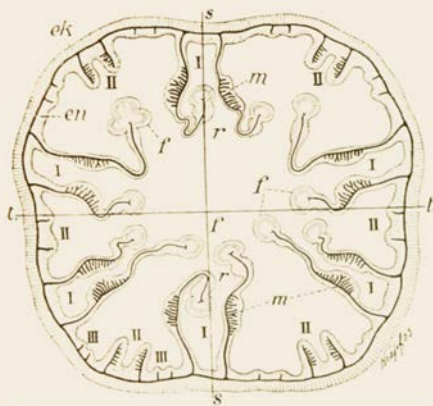


Fig. 89. *Anthecomorphe elegans*. *SS* Sagittalachse.

Fig. 90. Junge *Chrysaora hyoscella* (nach Claus). *I—I* Perradien, *II—II* Interradien, *gf* Gastralfilamente, *sk* Sinneskörper.

Fig. 91. Querschnitt durch eine junge *Actinie* (nach Boveri). *ss* Sagittalachse, *tt* Transversalachse: *I, II, III* Septen erster, zweiter und dritter Ordnung, *f* Mesenterialfilamente, *r* Richtungssepten, *m* Muskelfahnen, *en* Entoderm, *ek* Ectoderm.

Fig. 92. Querschnitt durch einen Fisch in der Höhe der vorderen Extremität. *DV* Sagittalachse, *RL* Transversalachse: *a* Aorta descendens, *c* Leibeshöhle, *d* Darm, *Ch* Chorda, *g* Schultergürtel, *h* Herz, *m* Muskeln, *n* vorderes Ende der Niere, *p* Pericard, *ob* obere Bogen, *ub* untere Bogen, *r* Rückenmark.

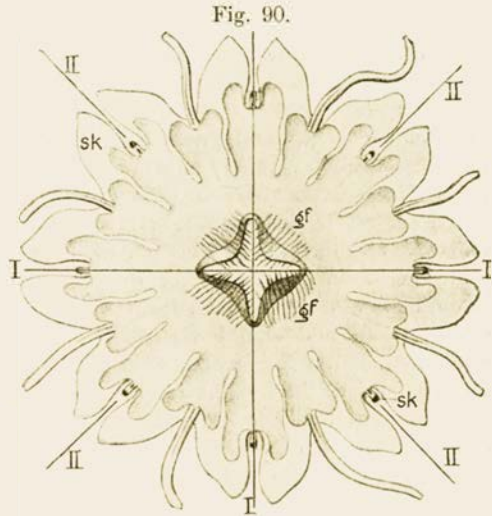
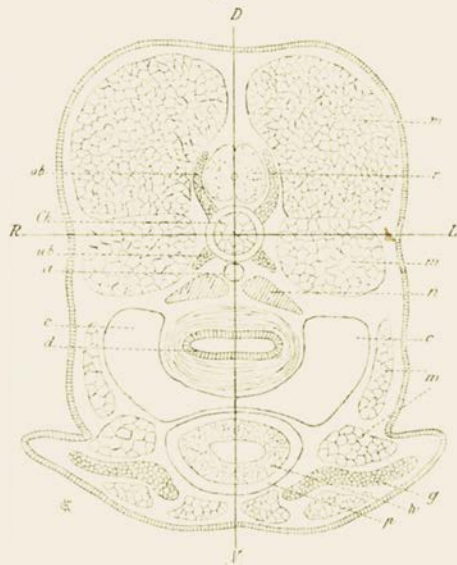


Fig. 92.



Achsen benutzt werden (wenige kugelige *Protozoen*, namentlich *Radiolarien*) (Fig. 88).

3. Monaxonie oder Radialsymmetrie (Fig. 90) wird herbeigeführt, wenn in einer bestimmten Richtung das Wachstum und demgemäß auch die Bildung der Organe in anderer Weise sich vollzieht als in den senkrecht dazu gestellten Richtungen. Wir nennen die Linie, welche diese Richtung bezeichnet, Hauptachse im Gegensatz zu den noch untereinander gleichen Nebenachsen oder Radien. Die Hauptachse kann als solche bestimmbar sein, weil sie länger oder kürzer ist als die Nebenachsen; sie kann aber auch gleich lang wie diese und dennoch genau bestimmt sein, indem in ihr gewisse Organe (z. B. die Mundöffnung) liegen, welche in den anderen Richtungen fehlen. Bei radial-symmetrischen Tieren sind die meisten Organe in größerer Anzahl vorhanden und gleichmäßig um die Hauptachse in der Richtung der Radien verteilt. Durch ein solches Tier kann man eine größere Anzahl Schnitte führen, welche durch die Längsachse gehen und den Körper symmetrisch halbieren. Gewisse Tierstämme, wie die meisten *Echinodermen* und *Cölenteraten*, sind mehr oder minder vollkommen radial-symmetrisch.

4. und 5. Die nächsten zwei Grundformen haben das Gemeinsame, daß drei ungleichwertige, aufeinander senkrecht stehende Achsen unterscheidbar sind, die man als Hauptachse, Quer- oder Transversalachse und Pfeil- oder Sagittalachse bezeichnet. Dies ist der Fall, wenn, abgesehen von der Hauptachse, auch in der Sagittalrichtung eine andere Organverteilung herrscht als in der Transversalrichtung, wenn in der einen Organe liegen, die in der anderen fehlen. Dann sind zunächst, solange es sich nur um Ungleichwertigkeit der Achsen handelt, zwei Symmetrieebenen möglich; man kann das Tier symmetrisch teilen, 1. wenn man den Schnitt durch Haupt- und Transversalachse, 2. wenn man ihn durch Haupt- und Sagittalachse legt. Derartige zweistrahlig symmetrische Tiere sind die *Ctenophoren*, *Actinien* (Fig. 89, 91) und *Corallen*.

Nehmen wir nun weiter an, daß die Enden der Sagittalachse ungleichwertig werden, daß nach dem einen Ende zu ganz andere Organe liegen als nach dem entgegengesetzten, dann erhalten wir die verbreitetste Grundform, die bilaterale Symmetrie. Die ungleichwertigen Enden der Sagittalachse nennt man „dorsal“ und „ventral“, womit dann ferner die Bezeichnungen „rechts“ und „links“ für die Enden der Transversalachse gegeben sind. Ein bilateral symmetrisches Tier kann man nur in eine linke und rechte Hälfte symmetrisch teilen durch einen in der Richtung von Längs- und Sagittalachse geführten Schnitt, den Median- oder Sagittalschnitt; ein Frontalschnitt (Schnitt durch Längs- und Querachse) ergibt stets ungleichwertige Teile, Rücken- und Bauchseite (Fig. 92).

Die symmetrischen Stücke eines Tieres nennt man Antimeren; jedes Antimer besitzt Organe, welche in seinem Nebenantimer ebenfalls vorkommen. Dem rechten Arm des Menschen entspricht der linke, dem rechten Auge das linke usw. Dieselben Organe wiederholen sich somit in der Richtung der Querachse. Nun kommt es aber im Tierreich sehr häufig vor, daß eine Wiederholung der Organe auch in der Richtung der Längsachse stattfindet, daß der Körper nicht nur aus symmetrischen Stücken, den Antimeren, sondern auch aus gleichartig aufeinander folgenden Teilen, den Metameren, zusammengesetzt ist. Dies führt uns auf den Begriff der Gliederung oder Segmentierung.

Von Gliederung oder Segmentierung spricht man, wenn der Körper eines Tieres aus zahlreichen Segmenten oder Metameren besteht

Antimeren
und Meta-
meren.

Innere und
äußere
Gliederung.

(Fig. 58). Vielfach ist das äußerlich schon zu erkennen, wenn nämlich die Segmentgrenzen auf der Oberfläche durch Einkerbungen markiert sind (*Arthropoden* und *Anneliden*). Die „äußere Gliederung“ kann aber gänzlich fehlen und die Gliederung nur innerlich in der reihenweisen Aufeinanderfolge, in der metameren oder segmentalen Anordnung der Organe, zum Ausdruck kommen. Der *Mensch* ist z. B. innerlich gegliedert, weil unter anderem sein Skelett aus zahlreichen gleichwertigen Stücken, den Wirbeln, besteht, die in der Längsachse aufeinanderfolgen. Beim *Fisch* besteht auch die Muskulatur, wovon man sich an jedem gekochten Fisch leicht überzeugen kann, aus zahlreichen Muskelsegmenten. Bei dem auch äußerlich gegliederten *Regenwurm* kehren in jedem Segment die Ganglienknötchen, die Gefäßschlingen, die Nierenkanälchen oder Segmentalorgane, die Borstenbüschel und die Scheidewände der Leibeshöhle wieder.

Die genannten Beispiele sind zugleich geeignet, um das Wesen der verschiedenen Formen der Gliederung, der homonomen und heteronomen Gliederung zu erläutern. Der *Regenwurm* ist homonom gegliedert, weil die einzelnen Segmente im Bau einander außerordentlich gleichen und nur geringfügige Unterschiede zwischen dem Kopf, dem Hinterende und den Genitalsegmenten vorhanden sind. Die Menschen und die Wirbeltiere sind dagegen heteronom gegliedert, weil die aufeinanderfolgenden Segmente trotz mancher Übereinstimmung einander unähnlich geworden sind. Die Segmente des Kopfes haben eine ganz andere Bedeutung für den Organismus wie die des Halses, der Brust oder gar der Schwanzregion. Zwischen den Segmenten eines heteronomen Tieres ist Arbeitsteilung eingetreten.

Die Unterschiede zwischen Heteronomie und Homonomie sind von hervorragendem physiologischen Interesse. Je verschiedenartiger die Segmente eines Tieres geworden sind, um so mehr sind sie, um normal funktionieren zu können, aufeinander angewiesen, um so einheitlicher zusammengefügt ist das Ganze, so daß die einzelnen Teile nur im Zusammenhang zu leben vermögen. Umgekehrt ist der Zusammenhalt der Teile um so lockerer, je gleichartiger sie sind, je mehr sie im Falle der Trennung für einander eintreten können. Dies äußert sich am schönsten in dem später zu besprechenden Regenerationsvermögen (S. 128), welches im allgemeinen der Organisationshöhe umgekehrt proportional ist. Bei der Gliederung wiederholt sich somit eine Erscheinung, welche im Tierreich eine weite Verbreitung besitzt und zu der höheren Entwicklung desselben beiträgt; zunächst tritt eine Vervielfältigung der Teile (hier der Segmente) ein, dann wieder eine Arbeitsteilung, so daß das Endresultat ein vielgestaltiges, trotzdem aber wieder einheitlich organisiertes Ganze ist.

II. Allgemeine Entwicklungsgeschichte.

Da jede Entwicklung mit einem Akt der Zeugung beginnt, so haben wir zunächst in diesem Kapitel zu erörtern, in welcher Weise Organismen neu entstehen können. Wenn wir hierbei allein das Gebiet des Beobachteten berücksichtigen wollten, müßten wir uns an den alten Satz des berühmten Engländers Harvey halten: *Omne vivum ex ovo*, und, denselben modifizierend, sagen: *Omne vivum ex vivo*, daß jeder lebende

Organismus von einem anderen lebenden Organismus abstammt. Wir müßten uns auf die Entstehungsweisen beschränken, welche man als Tokogonie oder Elternzeugung bezeichnet hat. Die große Bedeutung, welche jedoch die Lehre von der elternlosen Zeugung oder der Urzeugung durch die Abstammungslehre gewonnen hat, macht ein Eingehen auf sie an dieser Stelle nötig.

1. Generatio spontanea. Archigonie.

Die alten Zoologen, selbst Aristoteles, gaben an, daß zahlreiche Tiere, darunter auch höher organisierte Formen, wie die *Frösche* und die meisten *Insekten*, aus dem Schlamm durch Urzeugung entstehen. Erst im 17. und 18. Jahrhundert fand diese Lehre ihre energischen Gegner in Spallanzani, Francesco Redi, Rösel v. Rosenhof, Swammerdam u. a., welche den experimentellen Beweis beizubringen suchten, daß alle Tiere Eier legen, welche durch Samen befruchtet werden müssen, um sich weiter zu entwickeln. Gegenüber diesen überzeugenden Untersuchungen flüchtete sich die Lehre von der Urzeugung auf das Gebiet der Naturgeschichte der niederen Tiere. Sie fand hier neue Stützpunkte in dem Auftreten der Parasiten im Innern anderer Tiere, welche bei Beginn ihres Lebens zweifellos frei von Inwohnern gewesen sein mußten. Die Parasitologen nahmen an, daß die Parasiten aus dem überschüssigen plastischen Material ihrer Wirte vollkommen neu entstanden, bis durch eine Reihe epochemachender Arbeiten die Wege festgestellt wurden, auf denen die sich aus Eiern entwickelnden Jugendformen der Parasiten in den Körper ihres Wirtes hineingelangen. — Als Beweis für die Lehre von der Urzeugung galt endlich bis in die Neuzeit die Tatsache, daß sich in gänzlich unbelebten Gläsern mit Wasser nach einiger Zeit tierisches und pflanzliches Leben bemerkbar macht, daß namentlich einzellige Organismen, *Infusionstierchen* usw., in solchen Gläsern auftreten, daß ferner organische Flüssigkeiten infolge der Entwicklung niederster Pflanzen, der *Bakterien*, in Fäulnis übergehen. Jetzt wissen wir, daß in allen diesen Fällen Keime von Organismen, welche in irgend welcher Weise verschleppt worden waren, Veranlassung zu der Neuentwicklung von Leben gewesen sind. Tötet man durch Erhitzen der Gläser und Kochen der Flüssigkeiten die Keime ab, und verhindert man durch geeignete Verschlusmittel den Zutritt neuer Lebensträger, so bleibt eine derartige „sterilisierte“ Flüssigkeit dauernd unverändert. Freilich hat sich dabei herausgestellt, daß die Keime, namentlich von *Bakterien*, eine ganz außergewöhnliche Widerstandskraft entwickeln können und nicht selten mehr als 10 Minuten gekocht werden müssen, ehe sie zugrunde gehen. Als Endresultat aller neueren Versuche und Beobachtungen kann nur das eine gelten, daß die derzeitige Existenz einer Urzeugung nicht bewiesen ist. Nun fragt es sich: mit welchem Rechte kann man daraus folgern, daß Urzeugung weder existiert, noch je existiert hat?

Wer entsprechend den Lehren der Astronomie die Ansicht vertritt, daß unser Erdball sich einmal in einem feurig-flüssigen Zustand befunden hat und erst allmählich erkaltete, muß annehmen, daß das Leben auf der Erde nicht von Urewigkeit existierte, sondern einmal einen Anfang gehabt hat. Will er ferner nicht einen übernatürlichen Schöpfungsakt oder willkürlich aufgestellte Hypothesen, wie die von der Verschleppung lebender Keime von anderen Weltkörpern mittels der Meteore, zur Erklärung heranziehen, so bleibt ihm nur die Hypothese übrig, daß nach den Gesetzen der Affinität oder chemischen Wahlverwandtschaft Verbindungen von Kohlen-

stoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel und Stickstoff sich zusammengefügt haben, um lebende Substanz zu erzeugen. Diesen Prozeß nennt man Urzeugung. Da große Mengen von Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff usw., welche jetzt in Organismen festgelegt sind, damals noch disponibel waren, mögen die Bedingungen für die Entstehung organischer Verbindungen, durch deren weiteres Zusammentreten das Leben möglich wurde, günstiger gewesen sein. So gestaltet sich die Hypothese von der ersten Entstehung des Lebens durch Urzeugung zu einem logischen Postulat. Die Lehre kann aber nicht dahin ausgedehnt werden, daß auch jetzt noch Urzeugung existiert. Da hierfür weder Beobachtungen noch zwingende theoretische Erwägungen geltend gemacht werden können, liegt kein Grund vor, den Gegenstand hier weiter zu erörtern.

2. Elternzeugung oder Tokogonie.

Nach den vorausgeschickten Erörterungen haben wir uns hier nur mit den Fortpflanzungsarten, welche tatsächlich beobachtet worden sind, zu befassen, mit den Elternzeugungen. Seit langer Zeit unterscheidet man zwei Arten von Fortpflanzung, die geschlechtliche und die ungeschlechtliche, Amphigonie und Monogonie, denen sich dann weiterhin die kombinierten Fortpflanzungsweisen, Generationswechsel, Metagenesis, Heterogonie, anschließen.

a) Geschlechtliche Fortpflanzung. Amphigonie.

Die bei weitem verbreitetste Art der Fortpflanzung im Tierreich ist die geschlechtliche. Wenn wir zunächst von den *Protozoen* absehen, bei denen das Verhältnis von Befruchtung und Fortpflanzung von besonderer Art ist, ist die geschlechtliche Fortpflanzung ein Merkmal aller Tiere. Bei jeder vielzelligen Tierart tritt ein Zeitpunkt ein, in welchem ein neues Individuum sich aus einer weiblichen Geschlechtszelle, dem Ei, entwickelt, welche von einer männlichen Geschlechtszelle, dem Samenfaden oder Spermatozoon, befruchtet worden ist. Meistenteils werden die beiden Geschlechtszellen von verschiedenen Individuen, männlichen und weiblichen, geliefert; aber auch in den Fällen, in denen ein und dasselbe Tier beiderlei Geschlechtszellen zu liefern vermag (*Hermaphroditismus*), findet in der Regel eine gekreuzte Befruchtung statt. Wie im Pflanzenreiche, so ist auch im Tierreich Selbstbefruchtung eine Ausnahme.

Dagegen gehört es nicht zu den Seltenheiten, daß die Eizellen die Fähigkeit gewinnen, sich ohne Zutritt von Spermatozoen zu entwickeln. Man spricht dann von Jungfernzeugung oder Parthenogenesis. Dieselbe ist eine bei *Arthropoden*, speziell bei niederen *Crustaceen* und *Insekten*, weitverbreitete Erscheinung, kommt aber auch hier und da bei *Würmern* vor. In seltenen Fällen nimmt die Parthenogenesis die besondere Form der Pädogenesis an. Pädogenesis ist die parthenogenetische Fortpflanzung eines jugendlichen Organismus, einer Larve; sie wurde zuerst bei der Larve der Gallmücke *Miastor* entdeckt, deren Eier heranreifen und Nachkommenschaft liefern, ehe die Larven die Metamorphose erfahren haben und zu einem ausgebildeten Tier herangewachsen sind. Ähnliches kommt auch bei parasitischen Würmern, den *Trematoden*, vor.

Rein begrifflich würden Parthenogenesis und Pädogenesis nicht zu den amphigonen Fortpflanzungsweisen zu rechnen sein, zu den Fortpflanzungsweisen, bei denen zweierlei Zeugungsstoffe zusammenwirken. Sachlich schließen sie sich aber ihnen aufs engste an. Denn die parthenogenetischen Entwicklungsvorgänge stimmen mit den Entwicklungsvorgängen

überein, wie sie durch Befruchtung ausgelöst werden. Auch kann die Gleichwertigkeit der Eier, die sich parthenogenetisch entwickeln, und derer, die befruchtet werden, keinem Zweifel unterliegen. Am schönsten wird dies bewiesen durch die Bienen; bei ihnen wird der Entscheid, ob die Eizellen von der Königin mit Samenfäden versehen werden oder nicht, erst im Moment der Ablage getroffen, wovon es weiter abhängt, ob sie weibliche Tiere, Arbeiterinnen und Königinnen (befruchtete Eier), oder männliche Tiere, Drohnen (unbefruchtete Eier) liefern werden. Ein weiterer Beweis ist durch die „künstliche Parthenogenesis“ gegeben, die Erscheinung, daß Eier, die unter gewöhnlichen Verhältnissen der Befruchtung bedürfen, durch die verschiedensten chemischen Stoffe (Magnesiumchlorid, Fettsäuren, Kohlensäure), sogar mechanisch durch Einstich mit einer Nadel zu einer normalen Entwicklung angeregt werden können. Die mitgeteilten Erscheinungen stellen es außer Zweifel, daß Parthenogenesis und Pädogenesis geschlechtliche Fortpflanzungsweisen sind, bei denen die Befruchtung rückgebildet ist.

b) Ungeschlechtliche oder vegetative Fortpflanzung. Monogonie.

Unter ungeschlechtlicher Fortpflanzung versteht man Teilung und Knospung. Bei den einzelligen Protozoen verlaufen diese Vorgänge in der Weise, wie es schon früher für die betreffenden Vermehrungsprozesse der Zelle geschildert worden ist, so daß auf das daselbst Gesagte verwiesen werden kann. Teilung und Knospung kommen aber auch bei den vielzelligen Formen, den Metazoen, vor, freilich nicht bei den höher organisierten Tierstämmen, den *Wirbeltieren*, *Arthropoden* und *Mollusken*, wohl aber bei *Cölateraten*, *Würmern* und gelegentlich, wenn auch selten, bei *Echinodermen*. Bei den *Cölateraten* sind Teilung und Knospung sogar die herrschende Art der Fortpflanzung, hinter der die geschlechtliche Fortpflanzung zurücktritt.

Um die Vorgänge richtig zu verstehen, müssen wir etwas weiter ausholen. Ein aus dem Ei sich entwickelndes Tier wächst infolge der Teilung und Vermehrung seiner Zellen heran, bis es seine definitive Größe erreicht hat; das Maß derselben wird bestimmt durch die Wachstumsenergie, welche in erster Linie vom Artcharakter, außerdem aber von individuellen Verhältnissen abhängt. Das Aufhören des Wachstums wird bedingt durch das Aufhören der Zellteilungen, welche nur an solchen Stellen weitergehen, an denen durch den physiologischen Verbrauch des alten Materials neue Zellen benötigt werden (Haut). Aus diesem Zustand der Teilungsruhe kann der Organismus zu neuer Tätigkeit durch lokale Reize erweckt werden. Unter ihnen sind am wirksamsten Substanzverluste, welche Regenerationsvorgänge auslösen. Werden Teile durch Verletzungen entfernt, so sucht der Organismus das Verlorengegangene zu ersetzen, indem die Zellen des benachbarten Gewebes aufs neue anfangen, sich zu teilen und zu vermehren. Diese Regenerationsfähigkeit ist bei niederen Tieren, den *Cölateraten*, *Würmern* und vielen *Echinodermen* eine ganz enorme. Wie Trembley durch seine berühmten Untersuchungen am *Süßwasserpolyphen* zuerst zeigte, kann man dieses Tier in Stücke zerschneiden, welche sich bei guter Pflege dann ein jedes Stück wieder zu einem ganzen Tier ergänzen. Durchschneidet man einen Regenwurm oder einen Strudelwurm des Süßwassers in ein vorderes und hinteres Stück, so regeneriert jedes Stück den verloren gegangenen Teil und wird wieder zu einem ganzen Wurm. Dieses, bei den meisten niederen Tieren fast unbegrenzte Regenerationsvermögen nimmt mit wachsender Organi-

sationshöhe ab; es reicht bei *Arthropoden*, *Amphibien* und *Reptilien* noch zur Ergänzung verloren gegangener Körperanhänge, wie Beine und Schwanz, bei *Menschen* und *Säugetieren* dagegen nur noch zur Wundheilung aus.

Bei Tieren mit großem Regenerationsvermögen kommt es nun als eine weitverbreitete Erscheinung vor, daß auch nach erlangter Normalgröße ohne äußeren Reiz aus inneren uns unbekanntem Gründen sich Zonen erneuten gesteigerten Wachstums entwickeln, von welchen die Bildung neuer Tiere ausgeht. Entsteht eine solche Wachstumszone in einem Wurm im Verlauf seiner Länge und liefert wie bei einem durchschnittlichen Regenwurm dem vorderen Stück das nötige hintere Ende, dem hinteren Stücke das vordere Ende, und wird dadurch die Durchschnürung des Tieres in zwei Tiere ermöglicht, so spricht man von Teilung, und zwar von Querteilung. In entsprechender Weise spricht man von Längsteilung, wenn die Lage der Wachstumszone eine Teilung in der Länge zur Folge hat, wie es bei *Korallen* und *See-rosen* beobachtet wird. Zur Knospung kommt es, wenn eine Wachstumszone in der Seitenwand des Körpers auftritt und zu einer Ausstülpung derselben führt, welche allmählich, wie bei dem Süßwasserpolyphen (Fig. 93) sich zu einem neuen Tier, der Knospe, ausgestaltet. Von einem Knospungszapfen oder Stolo prolifer spricht man, wenn an einer bestimmten Stelle ein Auswuchs indifferenten Gewebes besteht, welcher an seinem Ende eine Tieranlage nach der anderen in fast unbegrenzter Zahl abschnürt (Fig. 271, 272).

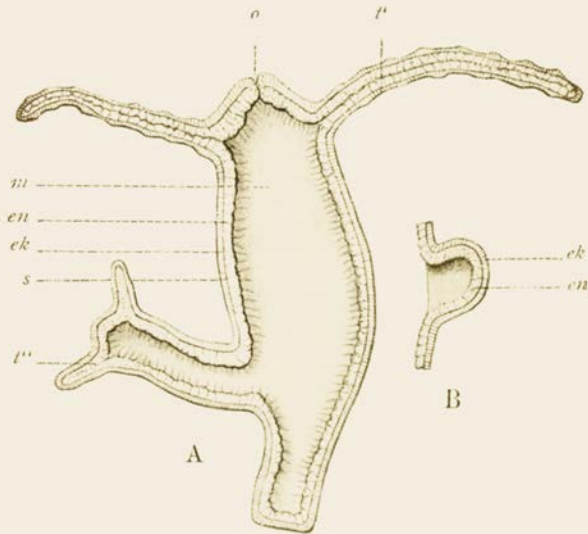


Fig. 93. A *Hydra* in Knospung auf dem optischen Längsschnitt, daneben B erste Anlage einer Knospe; *en* Entoderm, *ek* Ectoderm, *s* Stützlamelle, *t'* Tentakeln des Muttertieres, *t''* Tentakeln der Knospe, *m* Magen, *o* Mundöffnung.

In früheren Zeiten hat man vielfach die ungeschlechtliche Fortpflanzung als ein „Wachstum über das individuelle Maß“ bezeichnet. Ganz abgesehen davon, daß der Ausdruck „individuelles Maß“ keine scharfe Fassung zuläßt, steht die Definition mit der Tatsache im Widerspruch, daß Knospungs- und Teilungsvorgänge sich an Embryonen vollziehen können, also an Organismen, welche weit davon entfernt sind, ihr „individuelles Maß“ erreicht zu haben. Spontane Teilungen von Embryonen (Polyembryonie) kommen als eine normale Erscheinung bei Verwandten unseres Regenwurms, manchen *Insekten* (einigen Schlupfwespen), ja sogar bei Säugetieren (*Tatusia*, einem *Gürteltier*) vor. Embryonale Knospungen finden sich ferner bei *Bryozoen*, *Tunicaten* u. a.

Immerhin enthält die alte Definition den richtigen Gesichtspunkt, daß die ungeschlechtlichen Fortpflanzungen auf Wachstumsvorgängen be-

ruhen, und zwar auf Wachstumsvorgängen des „Somas“, des Inbegriffs der Zellen und Gewebe, welche die Lebensfunktionen des tierischen Körpers unterhalten. Das Material der Knospungs- und Teilungszonen hatte, bevor die ungeschlechtliche Vermehrung einsetzte, an den allgemeinen Lebensprozessen des Tieres wie jeder andere Körperabschnitt teilgenommen. Dies trifft für die geschlechtliche Fortpflanzung einschließlich der Parthenogenese und Pädogenese nicht zu. Die Geschlechtszellen eines Tieres sondern sich meistens frühzeitig, in vielen Fällen schon während der ersten Furchungsstadien von dem „somatischen“ Keimmaterial. Aber auch in den Fällen, in denen diese Sonderung später erfolgt, sind die Geschlechtszellen lange Zeit über von den Lebensvorgängen ausgeschlossen und verharren in einem Zustand funktioneller Ruhe, während deren ihre Lebensenergie geschont ist. Sie ermöglichen daher eine völlige Erneuerung der tierischen Organisation, wie es bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung nicht zutrifft. In dieser Hinsicht hat es eine gewisse Berechtigung, die gesamte Aufeinanderfolge ungeschlechtlich erzeugter Individuen, die von einem geschlechtlich erzeugten Tier abstammen, als ein einziges Individuum aufzufassen, das von einer geschlechtlichen Fortpflanzung bis zur anderen reicht. Zugleich erblicken wir hierin die Ursache, daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung bei *Wirbeltieren*, *Arthropoden* und *Mollusken* vollkommen fehlt. Je höher die Organisation eines Tieres ist, je mehr sich die Leistungsfähigkeit seiner Zellen verbraucht, um so notwendiger wird die völlige Erneuerung des Körpers, wie sie durch die geschlechtliche Fortpflanzung gegeben ist. Wahrscheinlich hängt hiermit auch zusammen, daß Teilung und Knospung bei festgewachsenen und daher wenig beweglichen Formen, wie den *Coelenteraten*, *Bryozoen*, *Tunicaten* besonders häufig ist. — Aus all dem Gesagten geht hervor, daß die fundamentalen Unterschiede der Fortpflanzungsweisen nicht, wie die Ausdrücke Amphigonie und Monogonie es besagen, durch den Mangel oder das Vorkommen der Befruchtung gegeben sind, daß es viel wichtiger ist, ob die Fortpflanzung auf Wachstumsvorgängen beruht oder mit einer besonderen Fortpflanzungszelle beginnt. Es empfiehlt sich daher, vegetative Fortpflanzung und Fortpflanzung durch Geschlechtszellen einander gegenüberzustellen.

c) Kombinierte Fortpflanzungsweisen.

Sehr häufig kommen bei einer und derselben Tierspezies zweierlei Fortpflanzungsweisen nebeneinander vor. Viele *Korallen* und *Würmer* haben die Fähigkeit, sich sowohl durch Teilung oder Knospung zu vermehren, als auch Eier und Spermatozoen zu bilden; andere Tiere wiederum besitzen zwar keine vegetative Fortpflanzung, ihre Eier aber entwickeln sich je nach Umständen entweder parthenogenetisch oder nach vorausgegangener Befruchtung. Das Auftreten von zweierlei Fortpflanzungsarten ist nun vielfach in der Weise geregelt, daß Individuen mit verschiedener Fortpflanzung in einem ganz bestimmten Rhythmus miteinander alternieren. Man nennt eine solche Entwicklung Generationswechsel im weiteren Sinne und unterscheidet zwei besondere Formen desselben, die Metagenese oder den Generationswechsel im engeren Sinne (progressiven Generationswechsel) und die Heterogonie (regressiven Generationswechsel).

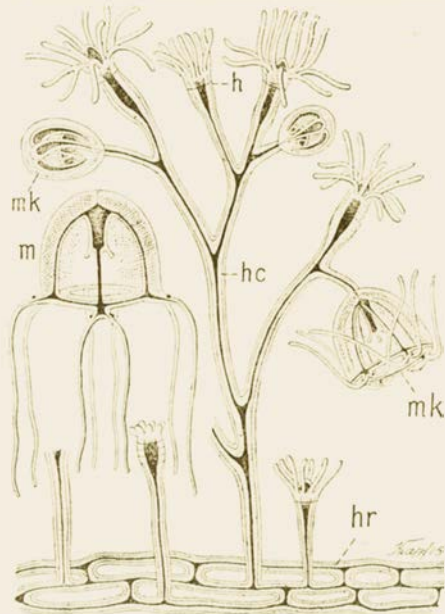
Progressiver
Generations-
wechsel.
Metagenesis.

Generationswechsel im engeren Sinne oder Metagenese ist der Wechsel von mindestens zwei Generationen, von denen die eine sich nur ungeschlechtlich durch Teilung oder Knospung vermehrt, die andere ausschließlich oder doch vorwiegend geschlechtlich. Die erste Generation heißt die Amme, die zweite das Geschlechtstier. Das beste Beispiel

liefert die Fortpflanzung der *Hydromedusen* (Fig. 94). Die Ammen sind hier die *Polypen*, welche meist zahlreich untereinander zu einer Kolonie vereint sind, mit Ausnahme der Süßwasserpolyphen selbst keine Geschlechtsorgane erzeugen, wohl aber durch Knospung besondere Geschlechtstiere, die *Medusen*. Die *Medusen* sind den *Polypen* vollkommen unähnlich, viel höher organisiert, freibeweglich; sie haben nur ausnahmsweise die ungeschlechtliche Fortpflanzung bewahrt; dagegen entwickeln sie Spermatozoen und Eier, aus denen wiederum die festsitzenden Ammen, die Polypen, entstehen. Das Beispiel lehrt zugleich, daß beim Generationswechsel nicht nur ein Unterschied in der Fortpflanzungsweise vorhanden ist, sondern daß meistens noch dazu Unterschiede in der Gestalt und Organisation kommen. Zwischen *Polyph* und *Meduse* ist der Unterschied so groß, daß man beide, obwohl Repräsentanten derselben Art, lange Zeit

in ganz verschiedenen Klassen des Tierreichs unterbrachte. — In manchen Fällen kann sich der Generationswechsel noch dadurch komplizieren, daß zwei ungeschlechtliche Generationen aufeinander folgen, ehe die Rückkehr zur geschlechtlichen Fortpflanzung eintritt; dann spricht man von Großamme, Amme und Geschlechtstier.

Die Heterogonie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Generationswechsel oder der Metagenesis dadurch, daß die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Parthenogenesis ersetzt ist. Es alternieren somit Tiere, von denen die einen von befruchteten, die anderen von unbefruchteten Eiern abstammen. Gewisse *Krebse*, die *Daphniden*, zeigen die Heterogonie in typischer Weise. Lange Zeit im Jahre findet man nur Weibchen, die sich parthenogenetisch durch „Sommereier“ vermehren; vorübergehend treten dann Männchen auf; es werden die befruchteten „Winter Eier“ gebildet, aus denen wiederum parthenogenetische Weibchen hervorgehen.



Heterogonie

Fig. 94. *Bougainvillea ramosa* (aus Lang).
h Hydranthen, welche Medusenknospen (mk)
erzeugen (Ammen), m losgelöste Meduse: *Margelias ramosa* (Geschlechtstier), hr Hydrocaulus,
hc Hydrocaulus.

Die Heterogonie hat man vielfach von der Metagenesis nicht genügend unterschieden, meistens deswegen, weil man die parthenogenetische Fortpflanzung für eine ungeschlechtliche hielt; so bei den *Trematoden*. Die geschlechtsreifen *Distomen* erzeugen die ganz abweichend gestalteten Sporocysten, diese liefern parthenogenetisch wieder die Larven der *Distomen*, die Cercarien. Lange Zeit huldigte man der Ansicht, daß die Zellen, aus denen die Cercarien abstammen, keine Eier, sondern „innere Knospen“, „Keimkörner“ seien (Fig. 214). — Unter die Heterogonie hat man andererseits auch Fortpflanzungsweisen aufgenommen, bei denen gar

keine Parthenogenesis vorkommt. Man nennt Heterogonie auch die Fälle, wo zwei Generationen alternieren, welche verschiedene Gestalt und Organisation haben, beide aber sich aus befruchteten Eiern entwickeln. In der Froschlunge lebt das hermaphrodite *Rhabdonema nigrovosum*; es erzeugt eine getrennt-geschlechtliche, im Schlamm lebende Generation, aus deren Eiern wieder die Froschparasiten entstehen.

Allgemeine Erscheinungen der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung kommt eine Reihe von Entwicklungsvorgängen zur Beobachtung, welche in prinzipiell gleicher Weise bei allen vielzelligen Tieren wiederkehren und daher im Zusammenhang besprochen werden sollen; das sind 1. die Reifeteilungen der Geschlechtszellen, 2. der Befruchtungsprozeß, 3. der Furchungsprozeß, 4. die Bildung der drei Keimblätter.

1. Reifeteilungen der Geschlechtszellen.

In der Entwicklung der Geschlechtszellen unterscheidet man drei Perioden: 1. die Periode der Vermehrung, 2. die Periode des Wachstums, 3. die Periode der Reifung. In der Zeit der Vermehrung sind die „Urgeschlechtszellen“ kleine Elemente, die sich nur wenig von Körperzellen unterscheiden und namentlich in der Zahl der Chromosomen mit ihnen übereinstimmen. Man nennt sie je nach dem Geschlecht Spermatogonien und Ovogonien, hat aber bisher nur in einer allerdings nicht unbeträchtlichen Anzahl von Fällen (*Insekten, Würmer*), die später noch besprochen werden sollen, Geschlechtsunterschiede nachweisen können, die im Chromosomenbestand zum Ausdruck kommen. Die gewaltigen Unterschiede, die später zwischen männlichen und weiblichen Geschlechtszellen vorhanden sind, entwickeln sich erst während der Wachstums- und Reifungsperiode.

In der Wachstumsperiode vergrößern sich die männlichen Geschlechtszellen, die Spermatocyten, nur geringfügig, während die weiblichen, die Oozyten, durch Bildung des Dottermaterials die bedeutende Größe erreichen und den ansehnlichen, Keimbläschen genannten Kern entwickeln, wovon schon früher die Rede war (S. 71). Und diese Verschiedenheiten werden weiterhin gesteigert durch den Verlauf der Reifung. Die letztere besteht in zwei ohne ein dazwischengeschobenes Ruhestadium des Kerns verlaufenden Teilungen, durch welche vier Zellen gebildet werden. Im männlichen Geschlecht sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die vier Zellen, die Spermatiden, von gleicher Größe (Fig. 100) und wandeln sich sämtlich zu Spermatozoen um. Im weiblichen Geschlecht sind die Teilprodukte ganz verschieden; ein großes Teilprodukt ist das Reifei, die drei anderen, sehr kleinen, werden Richtungskörper genannt. Sie sind rudimentäre Bildungen, welche zugrunde gehen, damit dem Ei nicht das nötige Nährmaterial geschmälert wird. Ihre Entwicklung vollzieht sich in folgender Weise.

Das Keimbläschen macht mit den Umwandlungen den Anfang, indem seine Wandung aufgelöst, sein Inhalt zum Teil dem Protoplasma des Eies beigemischt, zum Teil zur Bildung einer Kernspindel verbraucht wird. Die letztere, auch die Richtungsspindel genannt, stellt sich mit ihrer Achse in einen Eiradius ein, so daß ihr einer Pol dem Zentrum zugewandt, der andere in der oberflächlichen Schicht des Eies befestigt ist (Fig. 95 I). Nunmehr beginnt ein regelmäßiger Zellteilungsprozeß, nur daß die Teilprodukte sehr ungleich groß sind; das größere Teilstück

ist das Ei, das kleinere, ganz unansehnliche Teilstück ist der Richtungskörper (Fig. 95 II, III). Letzterer erhebt sich über die Eioberfläche als ein Hügel empor, in den die Richtungsspindel mit ihrer einen Hälfte hineinragt; bei der Abschnürung wird diese Hälfte in den Richtungskörper hinübergenommen. Der im Ei verbleibende Teil der Richtungsspindel ergänzt sich sofort zu einer neuen Spindel; die Zellknospung wiederholt sich und führt zur Bildung des zweiten Richtungskörpers (Fig. 95 IV, V). Infolgedessen liegen an dem einen Ende des Eies zwei kleine Zellen, in vielen Fällen sogar drei, da während der Bildung des zweiten Richtungskörpers der erste sich ebenfalls noch einmal geteilt haben kann. Der nach der zweiten Teilung noch übrige Rest der Richtungsspindel wird zu dem kleinen bläschenförmigen Eikern, dem Merkmal des reifen befruchtungsfähigen Eies.



Fig. 95. Richtungkörperbildung von *Ascaris megalocephala* (nach Boveri, etwas schematisiert). I erste Richtungsspindel, II Abschnürung des ersten Richtungskörpers, III und IV verschiedene Stadien der zweiten Richtungsspindel, V Abschnürung des zweiten Richtungskörpers.

Ihren Namen haben die Richtungkörperchen dem Umstand zu verdanken, daß ihre Lage in sehr vielen Fällen eine bestimmte Orientierung im Ei ermöglicht; man kann durch das Ei einen Durchmesser, die Hauptachse, legen, deren eines Ende durch die Richtungkörperchen bezeichnet wird. Mit Rücksicht auf spätere Entwicklungsprozesse nennt man dieses Ende den animalen Pol des Eies, das entgegengesetzte Ende den vegetativen Pol. — In vielen Fällen verläuft die Eireife vor der Besamung des Eies entweder im Eierstock oder im Anfang der Ausführwege. Bei manchen Tieren tritt dagegen eine Ruhepause ein, wenn die erste Richtungsspindel gebildet worden ist, oder das Ei verharrt sogar auf dem Stadium des Keimbläschens; das Ei bedarf dann des Zusatzes von Samen oder anderweitiger Reize, damit die Reifevorgänge eingeleitet und bis zur Bildung des Eikerns zu Ende geführt werden.

Die Reifeteilungen der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen haben einen gemeinsamen Grundzug in der „Chromosomen-Reduktion“, in der Erscheinung, daß in den Reifungsspindeln nur die Hälfte der für die jedesmalige Art charakteristischen Zahl von Chromosomen vorhanden ist. Diese Chromosomen zeigen häufig die Eigentümlichkeit, daß sie schon in den Vorstadien der ersten Teilung in die vier Stücke zerlegt sind (Viererkugeln), welche später auf die vier Teilungsprodukte verteilt werden (Fig. 95). Die Bedeutung des Vorganges kann erst im Zusammenhang mit den Befruchtungserscheinungen erörtert werden (S. 138).

Reifeteilungen und Chromosomen-Reduktion.

2. Befruchtung.

Wenn man den Ausdruck „Befruchtung“ im wissenschaftlichen Sinne anwenden will, so muß man ihn auf die intimen Vorgänge beschränken, welche sich nach dem Zusammentreffen der Eier und Spermatozoen im

Innern des Eies abspielen und mit der Verschmelzung der beiden Geschlechtskerne endigen; dagegen muß man besondere Ausdrücke für die vorbereitenden Vorgänge wählen, welche den Zweck haben, die Befruchtung zu ermöglichen. Sehr häufig ist zu diesem Zweck die aktive Übertragung des Samens von dem Männchen auf das Weibchen nötig, die

Begattung.

Begattung; indessen nicht immer. Bei vielen wasserbewohnenden Tieren, namentlich bei den meisten *Fischen*, *Echinodermen*, *Cöloenteraten*, werden

Besamung.

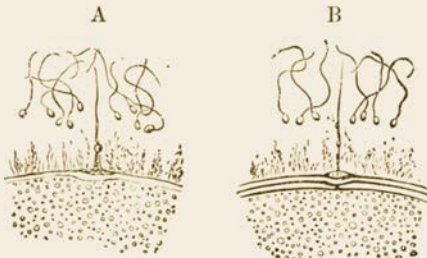


Fig. 96. Ei von *Asterias glacialis* während der Befruchtung. A Eindringen des Spermatozoons, B das Spermatozoon ist eingedrungen, die Dottermembran gebildet (nach Fol).

ihre Vereinigung, die Besamung der Eier. Man kann dann, was sich in der Natur vollzieht, künstlich erzielen; man kann z. B. aus dem Uterus eines *Froschweibchens* die Eier entnehmen und mit Sperma des Männchens besamen oder durch geeigneten Druck auf den Leib laichreifer *Fische* die Eier in einer Schüssel sammeln und einige Tropfen des ebenfalls durch Druck entleerten Samens mit einer Federfahne über dieselben ausbreiten und das ganze mit Wasser übergießen (künstliche Befruchtung, besser künst-

liche Besamung). Man kann so eine vollkommen normale Entwicklung erzielen.

Befruchtung.

Die Befruchtungsvorgänge im engeren Sinne beginnen mit dem Eindringen der Spermatozoen in die Eier. Letztere sind zumeist mit einer Hülle umgeben, welche durch Zellen des Eierstocks, die Follikelzellen, dem Ei geliefert wird und Chorion heißt. Wenn das Chorion weich und gallertig ist, können die Spermatozoen an jedem Punkt in dasselbe eindringen und es durchbohren, bis sie die Dotteroberfläche erreichen (Fig. 96). Ist das Chorion dagegen hart, wie es besonders bei Eiern der Fall zu sein pflegt, welche an der Luft abgelegt werden, so muß es mit einer Einrichtung versehen sein, welche den Spermatozoen den Eingang zum Ei ermöglicht, dem Mikropylapparat. Derselbe ist entweder ein einziger, das Chorion durchsetzender Kanal, wie bei den *Fischen*, oder ein Bündel solcher Kanäle, wie bei den Insekten.

Mono-spermie, Polyspermie.

Durch die Gallertthülle oder den Mikropylkanal können viele Samenfäden eindringen: in das Innere des Eies selbst gelangt — von einigen unten namhaft zu machenden Fällen abgesehen — unter normalen Verhältnissen nur ein einziger. Die normale Befruchtung ist monosperm. Di- und Polyspermie, das Eindringen von zwei oder mehr Spermatozoen, ist eine krankhafte Erscheinung, dadurch hervorgerufen, daß die Eier — sei es durch zu langes Liegen oder durch anderweitige Einflüsse, z. B. lähmende Reagentien, wie Morphium, Chloroform usw. — eine Schädigung erfahren haben. Um Polyspermie zu verhindern, besitzt das Ei Schutzvorrichtungen; zumeist scheidet es, sowie ein Samenfaden eingedrungen ist, blitzschnell eine für weitere Spermatozoen undurchdringliche Hülle, die Dottermembran, aus (Fig. 96). Innerhalb derselben zieht es sich unter Entleerung flüssiger Bestandteile auf ein kleineres Volumen zusammen, so daß zwischen Eioberfläche und Dottermembran ein Zwischenraum entsteht, an welchem sich befruchtete Eier meistens von unbefruchteten Eiern unterscheiden lassen. Vom Spermato-

zoon gelangen konstant nur der Kopf und das Mittelstück in den Eidotter; der Schwanzfaden bleibt draußen oder, wenn er mit eindringt, wird er bald vom Ei aufgelöst. Das Mittelstück, speziell das in ihm enthaltene Zentralkörperchen, löst im Ei-plasma eine rasch an Intensität zunehmende Strahlung aus (Fig. 97). Diese Strahlung voran, wandert der Samenkopf, „der Samenkern“, auf den Eikern zu, um mit ihm zu verschmelzen und so einen kombinierten Kern, den „Furchungskern“, zu erzeugen. Jetzt

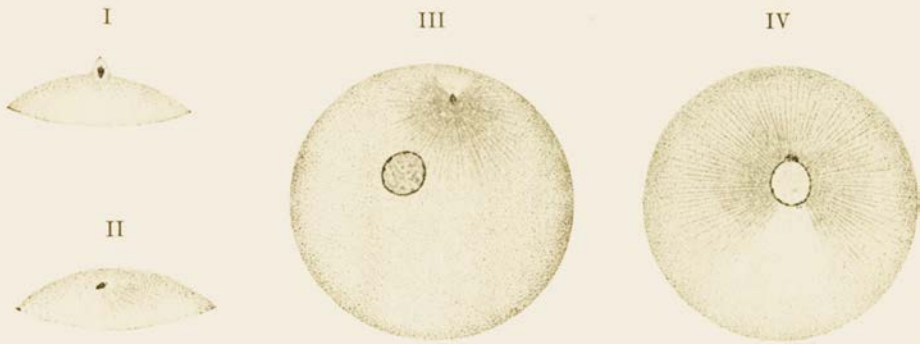


Fig. 97. Vier Befruchtungsstadien von *Paracentrotus lividus* (nach Kostanecki). I Eindringen des Spermatozoons, II Drehung des Spermakerns, III Spermakern auf der Wanderung zum Eikern, IV Vereinigung von Ei- und Spermakern. (In I und II sind nur kleine Teile des Eies dargestellt).

teilt sich das Zentralkörperchen samt der von ihm verursachten Strahlung in zwei Tochterzentren, welche sich an entgegengesetzte Enden des Furchungskerns begeben und die Teilung desselben veranlassen (Fig. 98). Hand in Hand mit der Teilung des Furchungskerns geht die Teilung des Eies, und so wird die erste Periode der Embryonalentwicklung, der Furchungsprozeß, eingeleitet.



Fig. 98. Befruchtung von *Ascaris megalocephala* (nach Boveri). I Ei und Samenkern in Bildung der Chromosomen, Centrosoma in Teilung. II In Ei- und Samenkern je zwei Chromosomen fertiggestellt, Centrosoma geteilt. III Spindel fertiggestellt mit Centrosomen an den Polen, vier Chromosomen in der Äquatorialplatte. In Fig. II ist auch das erste Richtungskörperchen zu sehen.

In die großen dotterreichen Eier vieler *Wirbeltiere* und *Insekten* dringen auch unter normalen Verhältnissen mehrere Spermatozoen ein (physiologische Polyspermie). Von denselben verschmilzt aber nur ein Samenkern mit dem Eikern, während die übrigen Samenkernfrüher oder später zugrunde gehen, so daß auch hier die eigentliche Befruchtung monosperm ist.

Bei seiner Teilung bildet der Furchungskern wie jeder mitotisch sich teilende Kern eine Spindel mit Chromosomen, deren Zahl genau die für die betreffende Art charakteristische ist. Gewisse günstige Objekte (*Ascaris megalocephala*) lassen mit Leichtigkeit erkennen, was mit größerem Aufwand von Mühe für alle Tiere bewiesen werden kann, daß die Hälfte der Furchungschromosomen vom Eikern, die andere Hälfte vom Samenkern stammt. Dieser Beweis ist zu führen, wenn die Eier zur Zeit der Besamung noch das Keimbläschen haben und daher erst noch die Reifeteilungen durchmachen müssen, ehe eine Vereinigung von Ei- und Samenkern möglich ist. Da hierdurch der Samenkern genötigt ist, längere Zeit im Ei zu verweilen, hat er Gelegenheit, aus ihm Flüssigkeit aufzunehmen und bis zur Größe des Eikerns heranzuwachsen. Die beiden Geschlechtskerne bilden dann, ein jeder für sich, ihre Chromosomen aus und liefern, ohne sich vorher zum Furchungskern zu vereinigen, gemeinsam die Furchungsspindel. Jeder Geschlechtskern hat dann die halbe Chromosomenzahl der Furchungsspindel; er ist „haploid“, die Furchungsspindel „diploid“, wie es die Botaniker ausdrücken.

Die Tatsache, daß die Befruchtung zu einer Addition väterlicher und mütterlicher Chromosomen führt, eröffnet uns das Verständnis für die Notwendigkeit der bei den Reifeteilungen erfolgenden Reduktion der Chromosomenzahl. Würden die reifen Geschlechtszellen die durch den Befruchtungsprozeß entstandene diploide Chromosomenzahl ($2n$) ebenso wie die übrigen Körperzellen und Urgeschlechtszellen (Spermatogonien und Ovogonien) beibehalten, so würde bei der nächsten Generation infolge der Befruchtung eine abermalige Verdoppelung der Chromosomenzahl eintreten, diese somit auf $4n$ steigen; und so würde mit jeder Generation die Zahl der Chromosomen und die Masse des Chromatins auf das Doppelte anwachsen. Das wäre ein Unding und wird durch die Chromosomenreduktion vermieden.

Vererbung.

Die mitgeteilten Beobachtungen liefern uns eine sichere Basis für eine Theorie der Vererbung. Unter Vererbung verstehen wir die Übertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Nachkommenschaft. Diese Übertragung erfolgt im großen und ganzen mit gleicher Energie von seiten des Vaters wie der Mutter. Denn wenn wir aus zahlreichen Fällen das Mittel ziehen, so sind die Eigenschaften des Kindes eine Resultante, welche zwischen den Eigenschaften von Vater und Mutter die Mitte hält; oder mit anderen Worten, Vater und Mutter, im Durchschnitt betrachtet, haben gleiche Vererbungsenergie. Da bei allen Tieren mit äußerer Befruchtung ein materieller Zusammenhang zwischen Eltern und Nachkommenschaft nur durch die Geschlechtszellen vermittelt wird, so müssen diese die Substanzen enthalten, welche die Vererbung bewirken. Ferner müssen bei der gleichen Vererbungsenergie beider Eltern die Vererbungssubstanzen im Ei und Spermatozoon in gleicher Menge vorhanden sein. Auf diesem Wege der Überlegung kommen wir dahin, die chromatische Kernsubstanz, welche die Chromosomen liefert, als den Träger der Vererbung zu bezeichnen. Denn da wir wissen, daß das Ei große Mengen von Protoplasma, das Spermatozoon aber nur die allergeringsten Spuren davon enthält, daß dagegen Eikern und Spermakern gleichviel Substanz und namentlich gleichviel Chromosomen für die Furchungsspindel liefern, so genügt nur das Chromatin des Kernes den Ansprüchen, welche wir an eine Vererbungssubstanz (Idioplasm) stellen müssen. Hiermit gewinnt eine früher schon geäußerte Ansicht weitere Stützen, daß der Kern der Träger der Ver-

erbung ist und den spezifischen Charakter der Zelle bestimmt (vgl. S. 59).

Die Ansicht, daß Vater und Mutter, im Durchschnitt betrachtet, gleiche vererbende Kraft besitzen, und daß die Nachkommenschaft zwischen beiden daher ungefähr die Mitte hält, gründet sich auf Erfahrungen, welche bei Kreuzung von Individuen derselben Art gewonnen wurden. Derartige Individuen unterscheiden sich voneinander durch Merkmale, welche geringfügig sind im Vergleich zu den unterscheidenden Merkmalen von Gattungen und Arten oder gar im Vergleich zu den Charakteren, welche über die Zugehörigkeit zu Klassen und Stämmen des Tierreichs entscheiden. Mit Recht hat man in der Neuzeit hierauf hingewiesen und gefolgert, daß die moderne Vererbungstheorie, welche im Kern den Träger der Vererbung erblickt, als gesichert nur für die individuellen Unterschiede gelten kann, durch welche sich Vater und Mutter unterscheiden, nicht dagegen für die Merkmale, in denen beide Eltern übereinstimmen. Wir müssen daher mit der Möglichkeit rechnen, daß alles, was uns veranlaßt, einen gegebenen Organismus, z. B. den Menschen den Wirbeltieren, weiterhin den Säugtieren und unter diesen wieder den Primaten, der Gattung *Homo*, einer bestimmten Rasse einzureihen, nicht ausschließlich vom Kern abhängt, daß vielmehr auf die betreffenden grundlegenden Entwicklungsprozesse die Qualität und Architektonik des Protoplasmas ebenfalls einen bestimmenden Einfluß ausüben. — In der Neuzeit hat es nicht an Versuchen gefehlt, den Chromosomen ihre Bedeutung als Vererbungsträger abzuspüren, dafür die Substanz der Mitochondrien als das eigentliche Idioplasma zu deuten. Die Versuche gründen sich auf den Nachweis, daß Ei- und Samenzelle reich an Mitochondrien sind, vernachlässigen dagegen die Tatsache, daß der Reichtum an Mitochondrien in Ei- und Samenzelle ein ganz verschiedener ist.

Die hier entwickelte Theorie der Vererbung hat eine weitere Ausarbeitung durch die Determinantenlehre Weismanns erfahren, deren Grundzüge ich hier mitteile, weil sie die einfachste Form ist, sich den ursächlichen Zusammenhang zwischen den im Ei enthaltenen Anlagen und der aus ihnen sich entwickelnden Organisation vorzustellen. Wir wollen uns zu dem Zweck jeden Organismus als einen Komplex zahlloser Eigenschaften vorstellen, als eine Art Mosaik, und in gleicher Weise die in dem Idioplasma oder den Chromosomen enthaltene Anlagesubstanz des seine Entwicklung beginnenden Eies als ein entsprechendes Mosaik kleinster, den einzelnen Eigenschaften entsprechender Anlageteilchen, der „Erbeinheiten“, „Erbfaktoren“ oder „Determinanten“, neuerdings mit Vorliebe „Gene“ genannt. Jeder auf das Kind sich vererbenden väterlichen oder mütterlichen Eigenschaft würde eine Determinante (ein Gen) im Keim entsprechen. Die Struktur der Chromosomen würde demnach auf der gesetzmäßigen Gruppierung zahlreicher Determinanten beruhen.

Determinantenlehre.

Wie wir in den einzelnen Teilchen eines Chromosoms, den Chromomeren, verschiedene Bedeutung für die Vererbung zuschreiben, so gilt dies auch für die gesamten Chromosomen; auch für sie wird angenommen, daß sie sich durch den in ihnen enthaltenen Komplex von „Genen“ unterscheiden, eine Annahme, für deren Berechtigung Experimente und Beobachtungen vorliegen. In letzterer Hinsicht wäre darauf hinzuweisen, daß nicht selten zwischen den Chromosomen derselben Zelle erhebliche Unterschiede in Größe und Gestalt vorhanden sind (Fig. 100, 101).

Das Vorkommen der Parthenogenesis zeigt nun, daß ein Ei ohne Hinzutreten des Samenkerns einen vollkommenen Organismus zu bilden vermag, daß die mütterlichen Chromosomen somit ausreichen, um

Merogonie, künstliche Parthenogenesis.

mit Hilfe des Eiplasmas alle zum Leben nötigen Eigenschaften zu liefern. Da in den meisten Fällen von Parthenogenese der zweite Richtungskörper mit dem Eikern verschmilzt, oder, was im Endeffekt auf dasselbe hinauskommt, seine Bildung ganz unterbleibt, so ist noch beweisender die „künstliche Parthenogenese“, die Erscheinung, daß ein völlig ausgereiftes Ei, welches die Richtungskörperchen und den Eikern gebildet hat und unter gewöhnlichen Verhältnissen zu seiner Weiterentwicklung der Befruchtung bedürfen würde, durch eine Reihe chemischer Agentien zu einer normalen Entwicklung angeregt werden kann. Es ist ferner in hohem Maß wahrscheinlich, wenn auch nicht, wie man längere Zeit annahm, mit Sicherheit bewiesen, daß ein Ei sich auch entwickeln kann, wenn es nur die väterlichen Chromosomen enthält (*Merogonie*). Ein derartiges „merogenes“ Ei wäre zu erzielen, wenn man es seines Eikerns beraubte und dann unter Anwendung von Vorsichtsmaßregeln Monosperm befruchtete. Künstlich parthenogenetische und merogone Eier sind zunächst wenigstens haploid, d. h. sie entwickeln sich mit der halben Chromosomenzahl. Ein befruchtetes Ei ist dagegen diploid. Da nun ein haploides Ei alle zur Entwicklung nötigen Determinanten enthält, muß ein diploides Ei für jede Elementareigenschaft zweierlei Determinanten besitzen, eine väterliche und eine mütterliche, oder, wenn wir diese Vorstellung auf die gesamte Vererbungs- masse übertragen, ein doppeltes „Sortiment von Chromosomen“, ein doppeltes „Genom“. Ob eine bestimmte Eigenschaft in rein väterlicher oder rein mütterlicher Weise oder in einer verschieden abgestuften Kompromißform zwischen beiden erscheinen wird, würde von der Energie der beiden konkurrierenden Determinanten abhängen. Ist eine Determinante so übermächtig, daß die andere neben ihr nicht zur Geltung kommt, so wollen wir sie „dominant“, die unterdrückte „rezessiv“ nennen.

Wir kommen jetzt noch einmal auf die oben schon besprochene Reduktion der Chromosomenzahl zurück. Dieselbe erfolgt, wie durch Beobachtung im höchsten Grad wahrscheinlich geworden ist, auf dem Weg der Chromosomen-Konjugation, d. h. dadurch, daß „homologe“, einander entsprechende väterliche und mütterliche Chromosomen sich miteinander verbinden. Es geschieht das in folgender Weise. Die bei der Befruchtung zusammengekommenen, aber nicht verschmolzenen beiderlei Chromosomen bleiben, wie es in einer Reihe von Fällen durch Beobachtung festgestellt ist, bei allen Zellteilungen voneinander getrennt und gelangen getrennt nicht nur in die somatischen Zellen, sondern auch in die Spermatogonien und Ovogonien, die demnach noch diploide Kerne besitzen (*Gonomerie*). Viele Beobachtungen sprechen nun dafür, daß in der Zeit, in der die Ovocyten und Spermatocyten sich zu den Reifeteilungen vorbereiten, homologe väterliche und mütterliche Chromosomen sich aneinander legen, ohne jedoch zu verschmelzen (Fig. 100). Bei der nun erfolgenden Reifeteilung kommt es nicht zu einer gewöhnlichen Teilung, sondern väterliche und mütterliche Elemente weichen nach verschiedenen Polen auseinander. Die durch die Konjugation vorbereitete Reduktion der Chromosomenzahl wird dadurch aktuell; man spricht daher von einer Reduktionsteilung. Erst bei der nächsten Teilung kommt es zu einer gewöhnlichen Teilung (Aequationsteilung). Es ist klar, daß bei der Reduktionsteilung die bis dahin im Rahmen einer Zelle vereinten väterlichen und mütterlichen Eigenschaftsträger auf verschiedene Geschlechtszellen verteilt werden, derart, daß jede Geschlechtszelle (Gamete) entweder nur den väterlichen oder nur den mütterlichen Eigenschaftsträger enthält („Reinheit der Gameten“).

Noch ehe auf Grund der mitgeteilten Beobachtungen, Experimente und theoretischen Betrachtungen die hier entwickelte Auffassung vom Wesen der Vererbung ausgebildet worden war, hatten planmäßige Züchtungen von Pflanzen es dem Brünner Augustinerpater Gregor Mendel ermöglicht, überraschende Gesetzmäßigkeiten im Verlauf der Vererbung nachzuweisen, welche mit den besprochenen Theorien in bester Übereinstimmung stehen. Die betreffenden, schon im Jahre 1864 erschienenen Untersuchungen hatten lange Zeit keine Beachtung gefunden, so daß sie am Anfang unseres Jahrhunderts neu entdeckt werden mußten; sie haben sowohl auf botanischem wie zoologischem Gebiete glänzende Bestätigung erfahren und eine neue Periode der Erblchkeitsforschung eingeleitet.

Bei der Darstellung des „Mendelismus“ wollen wir von einem sehr einfachen Fall ausgehen, wie er durch die in einer weiß und rot blühenden Varietät vorkommende Wunderblume, *Mirabilis jalappa*, gegeben ist. Kreuzt man diese beiden Varietäten, so erhält man eine Nachkommenschaft (die F¹-Generation) von rosa blühenden Bastardpflanzen (Fig. 99). Vermehrt man weiter die rosa blühende F¹-Generation in strenger Inzucht, so besteht die nächste Generation, die F²-Generation, aus

$\frac{2}{4}$ rosa blühenden Bastardpflanzen, $\frac{1}{4}$ weiß und $\frac{1}{4}$ rot blühenden Pflanzen, welche letztere Rückschläge auf die beiden Eltern darstellen. Diese Rückschläge erzeugen, in Inzucht weiter kultiviert, durch alle folgenden Generationen immer nur ihresgleichen, die weißen Wunderblumen weiße, die roten rote Nachkommenschaft; mit anderen Worten „sie züchten rein“. Die $\frac{2}{4}$ rosa blühenden Pflanzen dagegen ergeben bei ihrer Fortpflanzung dieselben Verhältnisse wie die F¹-Generation; sie „spalten“, insofern ihre Nachkommenschaft abermals aus $\frac{2}{4}$ rosa blühenden, in den folgenden Generationen immer aufs neue spaltenden Pflanzen, $\frac{1}{4}$ rein züchtenden weißen und $\frac{1}{4}$ rein züchtenden roten Pflanzen besteht. Mit jeder neuen Generation muß somit die Zahl der rosa blühenden Pflanzen zugunsten der weißen und roten Stammformen kleiner werden.

Rein züchtende Organismen sind solche, welche nur einerlei Determinanten oder, wie es in der Sprache des Mendelismus heißt, einerlei Erbfaktoren oder Gene enthalten, in unserem Fall entweder die Erbfaktoren für weiß oder die Erbfaktoren für rot, welche somit von beiden Eltern den gleichen Erbfaktor ererbt haben. Man nennt sie daher „homozygot“, Bastarde dagegen, die zweierlei Erbfaktoren enthalten, nennt man „heterozygot“. Daß ein Bastard (F¹-Generation) in der F²-Generation sowohl homozygote wie heterozygote Formen erzeugen kann, setzt mit Notwendigkeit voraus, daß seine Geschlechtszellen nur einerlei Erbfaktoren enthalten, in unserem Fall den Erbfaktor entweder für weiße oder für rote Blüte. Diese schon von Mendel aufgestellte Lehre von der „Reinheit der Gameten“ ist ein Fundamentalsatz des Mendelismus.

Es gilt nun, die Resultate der Mendelschen Experimente mit den morphologischen Ergebnissen der neueren Reifungs- und Befruchtungslehre in Übereinstimmung zu bringen. Wir müssen zu dem Zweck die über die

Mendelismus.

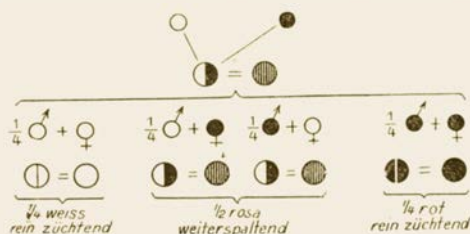


Fig. 99. Erläuterung der Mendelschen Vererbungslehre. Schwarz entspricht den rot-, weiß den weißblühenden Pflanzen; gestreift = rosa (♂ männlich, ♀ weiblich).

Chromosomenreduktion.

Rolle der Chromosomen gemachten Erfahrungen auf ihre hypothetischen Einheiten, die Determinanten, übertragen. Demgemäß müssen wir annehmen, daß väterliche und mütterliche Erbfaktoren, in unserem Beispiel die Faktoren für weiße und rote Blüte, bei der Befruchtung getrennt erhalten bleiben. Bei der Reife der Geschlechtszellen würden sie paarweis zusammentreten, weshalb man auch von „Paarlingen“ oder „Allelomorphen“ redet, und bei der Reduktionsteilung, so wie wir es schon für die ganzen Chromosomen durchgeführt haben, nach verschiedenen Polen auseinander weichen, so daß das eine Teilprodukt den mütterlichen, das andere den väterlichen Erbfaktor erhält (Fig. 100). Damit wäre in der Tat die Reinheit der Gameten gegeben; wir würden gleichviel Gameten mit dem Erbfaktor für Rotblühen und dem Erbfaktor für Weißblühen erhalten, und zwar sowohl bei männlichen wie bei weiblichen Gameten. Wenn man nun ein derartiges Gametenmaterial zur Befruchtung benutzt, so ergeben sich vier Möglichkeiten, welche nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen in gleichen Zahlen vertreten sein werden, solange kein Grund vorliegt, eine Begünstigung der einen oder anderen Kombination anzunehmen: a) $\frac{1}{4}$ rot

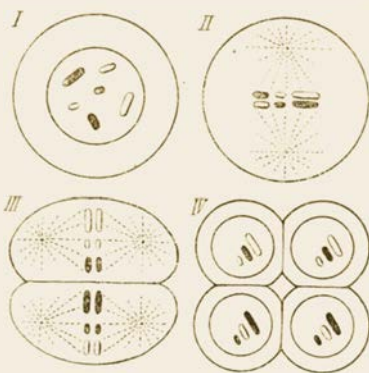


Fig. 100. Schema des Verhaltens der väterlichen (schwarz) und mütterlichen (weiß) Chromosomen bei den Reifeteilungen, um zu zeigen, wie homologe Chromosomen konjugieren und sich auf die Geschlechtszellen unabhängig voneinander verteilen. Dem Schema ist das gewöhnliche Verhalten im männlichen Geschlecht zugrunde gelegt, bei dem alle vier Teilprodukte Samenzellen liefern, während im weiblichen Geschlecht ein Ei und drei Richtungskörper entstehen. Vorausgesetzt ist ferner, daß die erste Reifeteilung die Reduktions-, die zweite die Äquationsteilung ist. I ruhende Spermatocyte mit drei verschiedenen väterlichen und mütterlichen Chromosomen. II Väterliche und mütterliche Chromosomen sind in die Äquatorialplatte eingestellt und werden bei der

Teilung auf verschiedene Pole verteilt. III Teilung der Chromosomen bei der zweiten Reifeteilung. IV Verteilung der Chromosomen auf die vier Spermatoziden; jede Zelle enthält von jedem Paarling entweder das mütterliche oder das väterliche Chromosom (Reinheit der Gameten).

$\sigma + \text{rot} \varphi = \text{rotblühende}$, auf die rote Ausgangsform zurückschlagende, reinzüchtende homozygote Formen; b) $\frac{1}{4}$ weiß $\sigma + \text{weiß} \varphi = \text{weißblühende}$, ebenfalls reinzüchtende, aber auf die weiße Ausgangsform zurückschlagende Formen; c) $\frac{1}{4}$ rot $\sigma + \text{weiß} \varphi$; d) $\frac{1}{4}$ weiß $\sigma + \text{rot} \varphi$. Die letzten $\frac{2}{4}$ würden rosa blühen und somit heterozygot sein wie ihre Eltern und müssen daher wie diese und mit der gleichen Gesetzmäßigkeit weiter spalten (Fig. 99).

Dominante
und
rezessive
Charaktere.

Der Verlauf der Vererbung bei Kreuzung zweier Varietäten kann nun dadurch kompliziert werden, daß von den „Paarlingen“ („Allelomorphen“) der eine dominant ist, der andere rezessiv, d. h. daß bei gleichzeitiger Anwesenheit zweier homologer Determinanten der eine den anderen nicht zur Geltung kommen läßt. Das ist bei zwei Rassen von *Helix hortensis* der Fall; die Schalen der einen Rasse besitzen fünf parallel verlaufende Längsbänder, die Schalen der anderen sind einfarbig und bänderlos. Da letzteres Merkmal dominant ist, erhält man bei der Kreuzung Bastarde mit bänderlosen Schalen (F^1 -Generation). Die F^2 -Generation spaltet in $\frac{1}{4}$ homozygote gebänderte Formen, $\frac{1}{4}$ homozygote bänderlose, $\frac{2}{4}$ heterozygote Bastarde, welche gleichwohl bänderlos erscheinen,

da die gebänderte Zeichnung zwar der Anlage nach „genotypisch“ vorhanden ist, aber als rezessives Merkmal von dem dominanten Merkmal unterdrückt wird und „phänotypisch“, d. h. in der äußeren Erscheinung nicht zum Ausdruck kommt. Die homozygoten und heterozygoten bänderlosen Formen lassen sich durch fortgesetzte Kultur unterscheiden, indem die ersteren, wie die homozygoten gebänderten Formen reinzüchten, die letzteren dagegen weiterhin spalten.

In den bisher betrachteten Fällen unterschieden sich die zur Kreuzung benutzten Varietäten nur in einem Merkmale. Derartige Kreuzungsprodukte nennt man „Monohybride“ und unterscheidet von ihnen „Di- und Polyhybride“, wenn zwei oder noch mehr „Paarlinge“ oder „Allelomorphe“ in Frage kommen. Letzteres, daß zwei zur Kreuzung gelangende Varietäten sich in Bezug auf mehrere Merkmale voneinander unterscheiden, wird in der Natur sogar die Regel sein. Würden die Einzelmerkmale immer nur miteinander gemeinsam vererbt werden und sich auch rückichtlich der Dominanz gleichartig verhalten, so würde man sie in ihrer Gesamtheit als eine Einheit betrachten können. Vererbt sich dagegen jedes Merkmal unabhängig von dem anderen, so entstehen im Laufe fortgesetzter Kreuzung die verschiedensten Merkmalskombinationen, eine Kombinationsmöglichkeit, welche entsprechend der Zahl der Merkmale zunehmen muß. Schon bei drei und vier Merkmalspaaren entsteht eine ganz erstaunliche Mannigfaltigkeit. Ich beschränke mich daher (nur um das Prinzip klarzumachen) auf die Darstellung eines Dihybriden und wähle dazu die Kreuzung zweier Seidenspinner, von denen die eine Varietät gestreifte Raupen und weiße Kokons, die andere einfarbige Raupen und gelbe Kokons besitzt. Die F^1 -Generation besteht hier ausschließlich aus gestreiften Raupen mit gelben Kokons, woraus sich ergibt, daß im vorliegenden Fall streifige Zeichnung über Einfarbigkeit dominiert und gelbe Kokonfarbe über weiße. Der Praxis der „Mendelforscher“ folgend wollen wir das dominante Merkmal mit dem großgeschriebenen Anfangsbuchstaben der betreffenden Eigenschaft, das entsprechende rezessive mit dem gleichen, nur klein geschriebenen Buchstaben bezeichnen und hätten daher in unserem Beispiel folgende Zeichen einzuführen: streifige Raupen S, einfarbige Raupen s, gelbe Kokons G, weiße Kokons g. Nach dem Prinzip der Reinheit der Gameten besitzen die Geschlechtszellen der F^1 -Generation von einem zusammengehörigen Paar nur immer den einen Faktor, also entweder S oder s, entweder G oder g, wobei die Faktoren verschiedener Paare, da sie unabhängig voneinander vererbt werden, sich in jeder beliebigen Weise kombinieren können. Demgemäß müssen sich viererlei Geschlechtszellen ergeben: GS, Gs, gS, gs. Das gilt sowohl von den Eiern wie den Spermatozoen. Führen wir mit diesen Geschlechtszellen die Befruchtung durch, so erhalten wir in der F^2 -Generation 16 verschiedene Kombinationen, über welche folgende Tabelle Aufschluß gibt.

	GS	Gs	gS	gs
GS	1. GS GS	2. Gs GS	3. gS GS	4. gs GS
Gs	5. GS Gs	6. Gs Gs	7. gS Gs	8. gs Gs
gS	9. GS gS	10. Gs gS	11. gS gS	12. gs gS
gs	13. GS gs	14. Gs gs	15. gS gs	16. gs gs

Unter den in vorstehender Tabelle aufgeführten 16 Kombinationen würden vier (Nr. 1, 6, 11, 16) in beiden Charakteren homozygot sein und in Reinkultur reinzüchten; zwei derselben wären Rückschläge auf die Aus-

gangsformen (6 und 11), zwei weitere wären dagegen neue, durch die Kreuzung ins Leben gerufene Formen (1 und 16), ein Zeichen, daß durch Bastardierung dihybrider Organismen neue Formen, welche Bestand haben, geschaffen werden können, was bei Monohybriden nicht möglich ist. Freilich würde es sich nicht um etwas völlig Neues, um die Entstehung neuer Eigenschaften handeln, sondern nur um eine neue Kombination vorhandener Merkmale. — Die Prüfung der Tabelle führt aber noch zu weiteren interessanten Ergebnissen. Unter den 16 verschiedenen Kombinationen besitzen neun die gleiche Erscheinungsweise: 1—4, 5, 7, 9, 10, 13 gelbe Kokons und streifige Raupen, beides dominante Merkmale; in ihrer inneren Beschaffenheit würden sie freilich voneinander differieren, nur eine Kombination (1) würde sowohl rücksichtlich der Beschaffenheit der Kokons als auch der Raupenfarbe homozygot sein und rein weiterzüchten, zwei weitere würden homozygot rücksichtlich der Kokons, heterozygot rücksichtlich der Raupen sein (2 und 5), zwei weitere (3 und 9) umgekehrt heterozygot bezüglich der Kokons, homozygot rücksichtlich der Raupen, die vier letzten schließlich (4, 7, 10, 13) heterozygot in beiden Charakteren. Die sieben übrigen Kombinationen haben das Gemeinsame, daß auch die rezessiven Eigenschaften zum Vorschein kommen, bei 6, 8, 14 die Einfarbigkeit der Raupe, bei 11, 12, 15 die weiße Farbe der Kokons; Nr. 16 würde eine Vereinigung beider rezessiver Merkmale sein. Das hier erläuterte Verhältnis 9:7 beansprucht ein besonderes Interesse, weil es häufig vorkommt und dann einen Rückschluß auf den dihybriden Charakter der Kreuzung gestattet, auch wenn der Anschein zunächst für eine monohybride Kreuzung spricht. Als Beispiel führe ich die Kreuzung zweier weißer Hühnerrassen an. Dieselbe ergibt in der F¹-Generation merkwürdigerweise nur braun gefärbte Tiere, in der F²-Generation neun braun gefärbte und sieben weiß gefärbte. Wir können aus diesem Ergebnis schließen, daß die braune Farbe auf dem Zusammenwirken zweier Farbfaktoren beruht, welche auf die beim Experiment benutzten Rassen verteilt sind und bei der Bastardierung zusammenkommen. Wir wollen sie A und B nennen. Um die dihybride Beschaffenheit zu erklären, müssen A und B die dominanten Faktoren zweier Merkmalspaare sein, denen die rezessiven Faktoren a und b entsprechen. Solange nicht beide Faktoren im dominanten Zustand vertreten sind, z. B. AA BB oder Aa Bb, entsteht keine Braunfärbung. Die weiß gefärbten Ausgangsformen wären demnach AA bb und aa BB.

Die besprochenen Beispiele haben das Gemeinsame, daß die beiden zur Untersuchung gelangenden Eigenschaften sich unabhängig voneinander vererben. Lange Zeit glaubte man, daß dies Verhalten allgemein gültig oder doch mindestens die Regel sei. Erst allmählich überzeugte man sich, daß viele Merkmale „verkoppelt“ sind, d. h. daß sie gemeinsam von den Eltern auf die Kinder übertragen werden. Am meisten Interesse erregten die Fälle von „geschlechtsbegrenzter Vererbung“, für die es charakteristisch ist, daß gewisse Merkmale stets mit dem „Geschlechtsbestimmenden Erbfaktor“ vereinigt sind. Später stellte es sich heraus, daß Verkoppelung der Erbfaktoren eine weit verbreitete Erscheinung ist. Dieselbe wird verständlich, wenn wir von der früher schon auseinandergesetzten Lehre ausgehen, daß die Erbfaktoren in kleinsten Teilchen der Chromosomen, den Chromomeren, lokalisiert sind. Denn dann werden Faktoren die in denselben Chromosomen ihren Sitz haben, bei der Reife der Gameten auf diese gemeinsam verteilt werden, während Faktoren, die verschiedenen Chromosomen angehören, wie das Schema der

Fig. 100 erkennen läßt, ihre verschiedenen Wege gehen können, ganz wie es der Zufall mit sich bringt. Die Zahl der Verkoppelungsverbände müßte dann der Zahl der Chromosomen entsprechen, was sich in genau analysierten Fällen auch bewahrheitet hat (*Drosophila*). Derartig genaue Erblichkeitsanalysen haben uns aber auch mit Ausnahmen bekannt gemacht, daß Eigenschaften, die in der Regel verkoppelt vererbt werden, in einem mehr oder minder großen Prozentsatz der Fälle voneinander unabhängig sind. Man hat das durch Austausch von Chromomeren zwischen konjugierten Chromosomen (*Crossing over*) erklärt und die dabei zutage tretenden Gesetzmäßigkeiten benutzt, einen Einblick in den Aufbau der Chromosomen zu gewinnen.

Die Berechtigung der Mendelschen Lehre kann nun weiter geprüft werden, indem man die heterozygoten Bastarde nicht untereinander, sondern anderweitig kreuzt, z. B. mit den homozygoten Ausgangsformen. Ein heterozygoter Organismus erzeugt zweierlei Gameten, ein homozygoter Gameten von nur einer Art. Es müssen daher bei der Kreuzung zweierlei Formen entstehen, und zwar im Verhältnis 50%:50%. Ein solcher Fall ist bei der sogleich zu besprechenden Geschlechtsbestimmung gegeben, worauf schon Mendel hingewiesen hat. Andererseits ist die Mendelsche Lehre durch zahlreiche neuere Erfahrungen außerordentlich kompliziert worden. Das zu erwartende normale Zahlenverhältnis kann verdunkelt werden, indem gewisse Erbfaktoren die Entfaltung anderer Erbfaktoren unterdrücken (Epistase) oder zu ihrer Entwicklung nötig sind, indem ferner die Kombinationen mancher Erbfaktoren nicht lebensfähig sind und daher absterben (Letalfaktoren). Auch kann ein und dieselbe Eigenschaft durch eine größere Zahl von Erbfaktoren, die in verschiedenen Chromosomen lokalisiert sind, bestimmt werden (Polymerie). Je nach der Zahl derselben und der Art ihrer Kombination wird in der F²-Generation anstatt des normalen Zahlenverhältnisses (alternative Vererbung) eine Mannigfaltigkeit von Zwischenformen entstehen (intermediäre Vererbung). So sind im Lauf der Jahre zahlreiche gegenseitige Wirkungen der Erbfaktoren bekannt geworden, deren Besprechung den Lehrbüchern der Vererbungslehre überlassen bleiben muß.

Die Mendelschen Regeln wurden bei Kreuzung von Varietäten gefunden. Ob sie auch für die Kreuzung von Arten gelten, ist in Zweifel gezogen worden. Die Prüfung stößt hier auf Schwierigkeiten, weil Artbastarde sehr häufig unfruchtbar sind und dann die für den Mendelismus so wichtige F²-Generation nicht ergeben. Von verschiedenen Seiten wird der Satz vertreten, daß zwischen Arten und Varietäten bei der Kreuzung prinzipielle Unterschiede existieren, indem die für Varietäten so charakteristische alternative Vererbung bei Artkreuzung nicht vorkommt, sondern verschiedengestaltige intermediäre Formen nicht nur in der F²-Generation entstehen, sondern auch in den späteren Generationen herrschen. Demgegenüber ist festzustellen, daß in einer Reihe von Fällen auch bei Artkreuzung typische alternative Vererbung nachgewiesen werden konnte. Daß intermediäre Vererbung häufiger ist als bei Varietäten, ist angesichts der größeren Unterschiede von Arten begreiflich, aber für den Nachweis prinzipieller Unterschiede nicht verwendbar.

Im Anschluß an den Mendelismus sei schließlich noch der Frage der **Geschlechtsdifferenzierung** gedacht, welche von vielen Seiten als ein Fall von Mendel-Vererbung gedeutet wird. Sicher ist, daß die Geschlechtsdifferenzierung in sehr vielen Fällen mit den Reifeteilungen der Geschlechtszellen zusammenhängt, mit denen wir ja auch den Mendelismus in Be-

Geschlechtsdifferenzierung.

ziehung gebracht haben. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß bei vielen Insekten und anderen Tieren während der Reifeteilungen zweierlei Spermatozoen gebildet werden, von denen die einen bei der Befruchtung das männliche, die anderen das weibliche Geschlecht liefern. In den meisten der untersuchten Fälle unterscheiden sich die Kernteilungen im weiblichen und männlichen Geschlecht durch die Zahl der Chromosomen, indem das Männchen ein Chromosom weniger hat als das Weibchen, und zwar gilt das Gesagte von den diploiden Kernen, bei welchen das väterliche und mütterliche Genom (Chromosomensortiment) noch nebeneinander bestehen. Diesen Charakter des diploiden Kernes besitzen auch die Geschlechtszellen, die Spermatogonien und Ovogonien in der Zeit, in welcher sie sich vermehren, bevor sie sich zu den Reifeteilungen vorbereiten und zu Spermatozyten und Oocyten werden. Fig. 101 stellt die Äquatorialplatten von Spermatogonien (I) und Ovogonien (II) einer Wanze dar, daneben die Chromosomen, nach ihrer verschiedenen Größe sortiert und in zwei Reihen angeordnet, von denen die eine dem mütterlichen, die andere dem väterlichen

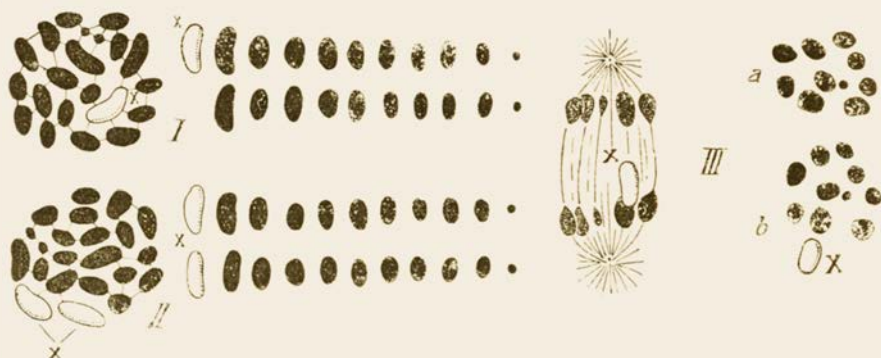


Fig. 101. *Anasa tristis*. I Chromosomen der Äquatorialplatte einer in Teilung begriffenen Spermatogonie, links die Äquatorialplatte von der Fläche gesehen, rechts die Chromosomen in das mütterliche und väterliche Sortiment verteilt, letzteres durch Mangel des x-Chromosoms ausgezeichnet. II Das gleiche von einer Ovogonie, beide Sortimente enthalten das x-Chromosom. III Reduktionsteilung einer Spermatozyte, nicht alle Chromosomen eingezeichnet, a und b die beiden Seitenplatten mit sämtlichen Chromosomen: die eine enthält das x-Chromosom, die andere nicht (nach Wilson).

Genom entspricht. Die für die Geschlechtsbestimmung in Frage kommenden Chromosomen sind dadurch kenntlich gemacht, daß sie nicht schwarz gedruckt sind; sie werden x-Chromosomen genannt. Im weiblichen Geschlecht sind zwei x-Chromosomen vorhanden; im männlichen nur eines. Die geringere Chromosomenzahl des Männchens ist somit durch den Mangel eines x-Chromosoms bedingt. (Bei manchen Insektenarten fehlt das zweite x-Chromosom nicht vollständig, sondern wird durch ein kleineres Chromosom [y-Chromosom] vertreten; auch kommen vielerlei anderweitige Differenzen der Geschlechtschromosomen vor.) Wenn es nun zu den Reifeteilungen kommt, bei welchen der bis dahin diploide Kern durch Konjugation der Chromosomen zum haploiden wird, weichen bei der Spermatogenese die Chromosomen des väterlichen und mütterlichen Genoms (Fig. 101 III) nach den beiden Spindelpolen auseinander mit Ausnahme des x-Chromosoms, welches keinen Partner hat und daher nur nach einem Spindelpol gelangen kann. Die beiden Seitenplatten sind daher untereinander ungleich (a und b). Demgemäß müssen auch die beiden aus ihnen hervorgehenden

Samenzellen durch verschiedenen Chromosomenbestand ausgezeichnet sein, solche mit einem x-Chromosom und solche ohne dasselbe, erstere die Weibchen, letztere die Männchen erzeugenden. Der in Fig. 101 I und II dargestellte verschiedene Chromosomenbestand des Männchens und des Weibchens erklärt sich somit daraus, daß alle reifen Eier das x-Chromosom besitzen, aber von verschiedenerelei Spermatozoen befruchtet werden. — In den erläuterten Beispielen ist das weibliche Geschlecht homozygot (homogamet), das männliche dagegen heterozygot (digamet). Die Geschlechtsbestimmung geht daher von letzterem aus. Bei den Schmetterlingen scheint das Gegenteil zuzutreffen und die Geschlechtsbestimmung vom Weibchen auszugehen. Wenigstens ist bei einigen Arten Digametrie des Weibchens sicher erwiesen. Für den Menschen und einige Säugetiere wird Heterozygotie im männlichen Geschlecht behauptet.

3. Furchungsprozeß.

Nach Ablauf der Befruchtung teilt sich die Eizelle in rascher Aufeinanderfolge in 2, 4, 8, 16 usw. Zellen, die naturgemäß immer kleiner werden, da die Masse des Eies gar keine oder wenigstens keine entsprechende Zunahme erfährt. Man nennt die Zellen Furchungskugeln, den ganzen Vorgang den Furchungsprozeß, weil bei jeder Teilung auf der Oberfläche Furchen entstehen, die immer tiefer durchschnüren (Fig. 102). Im großen und ganzen herrscht die Regel, daß jede neue Furchungsebene sich möglichst senkrecht auf die vorhergehende stellt.

Anordnung
der Teil-
furchen.

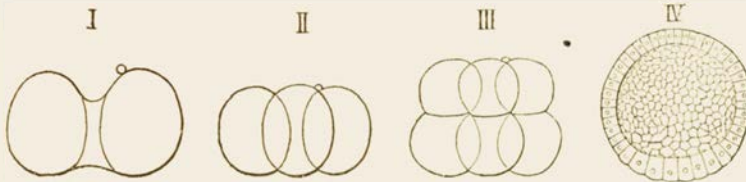


Fig. 102. Äquale Furchung von *Amphioxus lanceolatus* (nach Hatschek). I Zweiteilung (Bildung der ersten Meridionalfurche), II Vierteilung (zweite Meridionalfurche gebildet, Furchungskugel 4 ist verdeckt), III Achtteilung (Äquatorialfurche, Furchungskugel 7 und 8 sind verdeckt), IV Blastula auf dem optischen Durchschnitt: eine einschichtige Zellenblase umgibt die Furchungshöhle. In I, II, III bezeichnet ein kleines Körperchen (Richtungskörperchen) den animalen Pol.

Daher die Erscheinung, daß die drei ersten Furchungsebenen, welche die Zwei-, Vier- und Achtteilung veranlassen, fast bei allen Tieren gleich angeordnet sind. Den Vergleich mit der Erdkugel zugrunde legend, spricht man von einer ersten und zweiten Meridionalfurche (I, II) und nennt die dritte Furche die Äquatorialfurche (III). Die Kreuzungspunkte der beiden Meridionalfurchen liefern uns die Pole des Eies, den animalen und vegetativen, so genannt, weil das Material des einen vorwiegend für animale Organe (Nervensystem), das Material des anderen für vegetative Organe (Darm) verwandt wird.

In der Entwicklungsgeschichte unterscheidet man verschiedene Arten des Furchungsprozesses, deren Besonderheiten von zwei Momenten bestimmt werden: 1. von der Masse des zur Ernährung des Eies dienenden Materials, des Nahrungsdotters, 2. von der Anordnung desselben. Der Nahrungsdotter wirkt hemmend auf die Teilung ein, da er ein Material darstellt, welches keiner aktiven Bewegung fähig ist und nur durch die

Einfluß des
Dotters auf
den Furchungs-
prozeß.

Tätigkeit des Protoplasmas auf die Furchungszellen verteilt wird. Je mehr die Masse dieses Ballastes im Verhältnis zum aktiven Protoplasma zunimmt, um so langsamer werden die Teilungsvorgänge verlaufen. Schließlich tritt ein Moment ein, wo der Widerstand des Dotters so groß wird, daß das Protoplasma der Arbeit nicht mehr vollkommen gewachsen ist; dann werden nur die protoplasmareichen Partien des Eies geteilt, die dotterreicheren bleiben eine ungeteilte Masse. Man spricht in diesem Falle von einer partiellen Furchung im Gegensatz zu dem gewöhnlichen und ursprünglicheren Verhalten, der totalen Furchung; man nennt die Eier, welche die partielle Furchung zeigen, meroblastische, weil nur der abgefurchte Teil des Eies direkt zum Aufbau des Embryo oder des Sprosses (Blastos) verbraucht wird, während die ungeteilte Hauptmasse als Nährmaterial beim Wachstum dient. Die Eier mit totaler Furchung sind dagegen die holoblastischen.

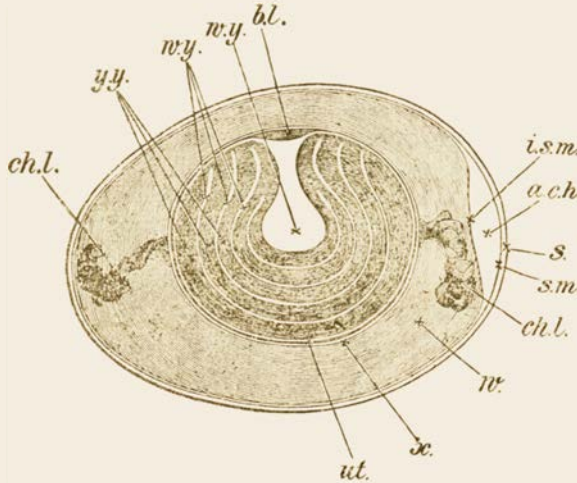


Fig. 103. Schematischer Längsschnitt durch ein Vogelei (aus Balfour). 1. das Ei; *b. l.* Keimscheibe, *w. y.* weißer Dotter, *y. y.* gelber Dotter. 2. Hüllen des Eies; *ut.* Chorion, *x.* und *w.* innere und äußere Eiweißlage, *ch. l.* Chalazien, *i. s. m.* und *s. m.* innere und äußere Schalenhaut, dazwischen am rechten Ende *a. c. h.* Luftkammer, *s.* Schale.

zum Aufbau des Embryo oder des Sprosses (Blastos) verbraucht wird, während die ungeteilte Hauptmasse als Nährmaterial beim Wachstum dient. Die Eier mit totaler Furchung sind dagegen die holoblastischen.

zum Aufbau des Embryo oder des Sprosses (Blastos) verbraucht wird, während die ungeteilte Hauptmasse als Nährmaterial beim Wachstum dient. Die Eier mit totaler Furchung sind dagegen die holoblastischen.

Fig. 104a.

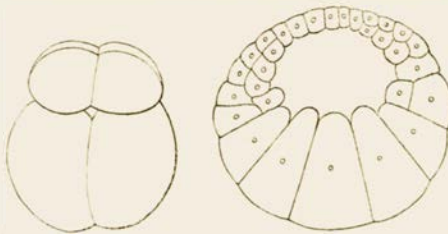


Fig. 104a. Inäquale Furchung des Eies von *Petromyzon* (nach Shipley aus Hatschek). Links Stadium der acht Furchungskugeln. Rechts Blastula, in meridionaler Richtung durchschnitten. Die Ungleichheit der Furchungskugeln tritt hier erst mit der Äquatorialfurchung ein.

Fig. 104b.

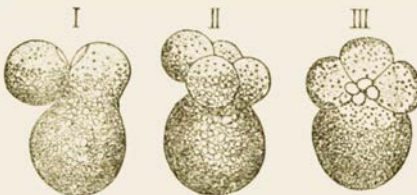


Fig. 104b. Inäquale Furchung des Eies einer Schnecke, *Nassa mutabilis* (nach Bobretzky). I Schon die erste Meridionalfurchung hat das Ei in ungleiche Stücke geteilt. II Die zweite Meridionalfurchung hat drei kleinere und eine größere Furchungskugel gebildet (beides seitliche Ansichten). III Die „äquatoriale“ Furchung hat vier kleinere animale und vier größere, unter sich ungleiche vegetative Zellen erzeugt (Ansicht vom animalen Pol).

Verteilung des Dotters.

Was nun zweitens die Anordnung des Dotters anlangt, so kann sich derselbe konzentrisch um den Mittelpunkt des Eies ansammeln (centrolecithale Eier); oder er häuft sich besonders reichlich an einem Pol

an und verdrängt Kern und Protoplasma nach dem anderen (telolecithale Eier). Da der kernhaltige Pol im Laufe der Entwicklung stets zum animalen wird, so kann man im Ei eine animale protoplasmareichere und eine vegetative dotterreichere „Partie unterscheiden. Bei vielen telolecithalen Eiern gehen beide Parteien allmählich ineinander über; bei anderen wieder ist der Unterschied scharf ausgeprägt, so daß eine deutliche Grenze die fast rein protoplasmatische animale Partie von der dotterhaltigen vegetativen Partie trennt. Am schönsten zeigt dies Verhalten das Vogelei (Fig. 103). Als Ei im Sinne der Embryologie ist hier nur das Gelbe anzusehen, während das Eiweiß, die faserige Eihaut und die Kalkschale erst nach der Befruchtung im Eileiter und Uterus entstehen und Ablagerungen auf der Oberfläche des Eies sind. Die Hauptmasse des Gelbeies ist Nahrungsdotter, auf welchem eine bei jeder Lage nach oben gewandte dünne Schicht von Protoplasma ruht, die Keimscheibe. Letztere enthält den Eikern und grenzt sich nach der Befruchtung und mit fortschreitender Entwicklung immer scharfer von dem darunter gelegenen Dotter ab.

Nach den vorausgeschickten Bemerkungen werden wenige kurze Erläuterungen genügen, folgende Tabelle der verschiedenen Furchungsarten verständlich zu machen.

Verschiedene Arten des Furchungsprozesses.

a) Holoblastische Eier mit totaler Furchung.

1. Äquale Furchung: Der Dotter ist in geringen Mengen gleichmäßig im Ei verteilt; bei der Furchung zerfällt das Ei in Teilstücke von annähernd gleicher Größe und gleichem Dotterreichtum (alecithale holoblastische Eier) (Fig. 102).
2. Inäquale Furchung: Der Dotter ist reichlich, aber nicht reichlich genug, um die vollkommene Furchung zu verhindern; er liegt besonders am vegetativen Pole des Eies und ist Ursache, daß hier die Furchung langsamer verläuft und daß hier größere, weil dotterreichere Furchungskugeln entstehen. Man findet daher den Keim gebildet von kleinen animalen dotterarmen und großen vegetativen dotterreichen Zellen (telolecithale holoblastische Eier) (Fig. 104a und b).

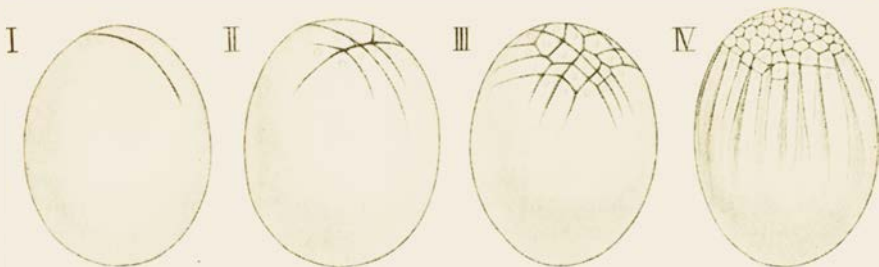


Fig. 105. Discoidale Furchung des Cephalopodeneies (*Loligo Pealii*, nach Watase).

b) Meroblastische Eier mit partieller Furchung.

3. Discoidale Furchung: Der Dotter ist in der vegetativen Partie des Eies so stark angehäuft, daß er ihre Abfurchung verhindert. Die Furchung bleibt daher auf die Umgebung des animalen Poles beschränkt und zerlegt dieselbe in eine Scheibe kleiner Zellen, die Embryonalanlage oder Keimscheibe (telolecithale meroblastische Eier) (Fig. 105).

4. Superficielle Furchung: Der Dotter ist in den centralen Partien des Eies angehäuft und verhindert deren Abfurchung; daher zerfällt nur die Rinde des Eies in Furchungszellen, welche in Form einer zusammenhängenden oberflächlichen Schicht die ungefurchte zentrale Masse umhüllen (centrolecithale Eier) (Fig. 106).

Von den genannten vier Arten der Furchung hat die superficielle Furchung ein systematisches Interesse, indem sie ausschließlich bei den *Arthropoden* vorkommt. Die übrigen Furchungsarten verteilen sich in der Weise, daß die discoidale bei der Mehrzahl der *Wirbeltiere* und bei den höchstorganisierten *Mollusken*, den *Tintenfischen*, einigen *Arthropoden* und *Tunicaten* beobachtet wird, während äquale und inäquale Furchung bei allen Stämmen der vielzelligen Tiere auftreten können.

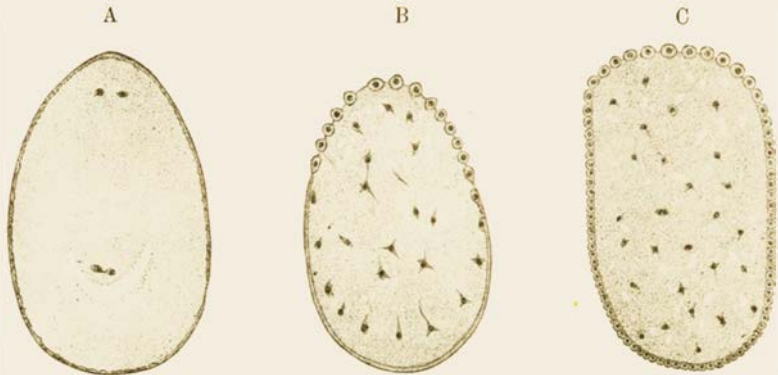


Fig. 106. Superficielle Furchung des Insekteneies (*Pieris crataegi*). A Teilung des Furchungskerns, B Heraufrücken der Kerne zur Bildung des Blastoderms, C Bildung des Blastoderms (nach Bobretzky).

Blastula.

Während der Furchung bildet sich früher oder später im Innern des Eies zwischen den Zellen ein Hohlraum aus, welcher mit dem Fortschreiten der Entwicklung immer größer wird und die Furchungshöhle heißt. Um dieselbe herum liegen die Zellen in Form eines ein- oder vielschichtigen Epithels und bilden das Blastoderm. Daher der Name *Vesicula blastodermica* oder kurz *Blastula* für das vorliegende Stadium (Fig. 102). Je mehr Dotter vorhanden ist, um so kleiner ist die Furchungshöhle; sie fehlt bei centrolecithalen Eiern mit superficieller Furchung.

4. Bildung der Keimblätter.

Gastrula.

Außer der *Blastula* gibt es noch ein zweites Entwicklungsstadium, welches allen vielzelligen Tieren gemeinsam ist, die *Gastrula* oder der zweischichtige Keim. Bei den äqual sich furchenden Eiern ist das Stadium am leichtesten zu verstehen (Fig. 107 B); es hat hier die Gestalt eines doppelwandigen Bechers mit weiterer oder engerer Mündung. Der Hohlraum des Bechers ist die Anlage des wichtigsten Abschnitts des Darms, des Urdarms oder *Archenteron*; die Mündung ist der Urmund oder das *Prostoma*; von den beiden die Becherwand bildenden und am *Prostoma* zusammenhängenden Zellschichten heißt die äußere *Ectoblast* oder äußeres Keimblatt, die innere *Entoblast* oder inneres Keimblatt. Mit dem *Gastrulastadium* beginnt die Keimblattbildung, d. h. die Bildung von bestimmten, gegeneinander abgegrenzten Lagen embryonaler

noch nicht differenzierter Zellen, aus denen durch organologische und histologische Sonderung die Organe hervorgehen. — Die Gastrula entsteht aus der Blastula meistens durch Einstülpung oder Invagination (Fig. 107 A). Wie wenn man bei einem hohlen Gummiball durch den Fingerdruck die eine Seite gegen die andere einpreßt, so sinkt die Schicht der vegetativen Zellen allmählich ein und wird von den Zellen des animalen Poles umschlossen. Dabei entsteht im Ei neben der Furchungshöhle ein neuer Hohlraum, die Anlage des Darmlumens; derselbe vergrößert sich und verdrängt gewöhnlich die Furchungshöhle ganz, so daß dann der eingestülpte Teil des Blastoderms, der Entoblast, gegen den außen verbleibenden Teil, den Ectoblast, angepreßt wird.

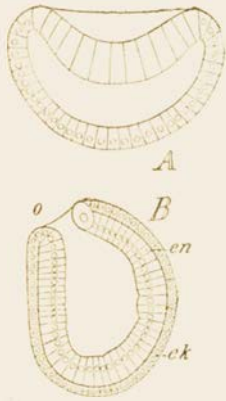


Fig. 107. Gastrulation des *Amphioxus* (nach Hatschek). Im Unterschied zu Fig. 101 ist der animale Pol abwärts, der vegetative aufwärts gerichtet. In Fig. A beginnen die Zellen des vegetativen Poles einzusinken. B Einstülpung beendet. Furchungshöhle auf einen Spalt zwischen Entoblast *en* und Ektoblast *ek* reduziert, *o* Gastrulamund.



Fig. 108. Larven von *Paracentrotus lividus* (nach Boveri), links Blastula in Mesenchymbildung, rechts Gastrula mit differenziertem Mesenchym.

Bei dotterreichen Eiern wird das Verständnis des Baues und der Bildungsweise der Gastrula wesentlich erschwert. Es genügt hier die Bemerkung, daß es geglückt ist, für alle auch noch so dotterreichen Eier das Gastrulastadium nachzuweisen, wobei das Dottermaterial vorwiegend in den entoblastischen Zellen oder einem Teil derselben seine Unterkunft findet. — Bei *Cöleleraten* gibt es andere Bildungsmodi der Gastrula, welche offenbar primitiverer Natur sind und sich wahrscheinlich auf das Schema zurückführen lassen, daß isolierte Zellen aus dem Blastoderm in die Furchungshöhle übertreten und hier einen Haufen bilden. Indem im Inneren dieses Zellhaufens ein Hohlraum (Anlage des Darmes) auftritt, welcher nach außen durchbricht, entsteht die Gastrula. — Für äußeres und inneres Keimblatt hat man vielfach die Bezeichnungen Epiblast und Hypoblast, oberes und unteres Keimblatt, benutzt. Die Namen passen, streng genommen, nur auf die Eier mit discoidaler Furchung. Beim Vogelei z. B. bilden die beiden Keimblätter über dem ungefurchten Dotter, von dem sie durch die Gastrulahöhle getrennt werden, einen uhrglasförmigen Aufsatz; dabei liegt dann das äußere Keimblatt tatsächlich oben, das innere unten. Weitere Bezeichnungen für die beiden Keimblätter sind Ectoderm und Entoderm. Diese Namen wurden ursprünglich für die Körperschichten ausgebildeter Tiere, der *Cöleleraten*, gebraucht und sind erst später auf die Entwicklungsgeschichte übertragen worden. In diesem

Lehrbuch sollen sie in ihrer ursprünglichen Bedeutung für Zellschichten, welche schon die organologische und histologische Sonderung erfahren haben, angewandt werden.

Viele niedere Tiere, die meisten *Cölenteraten*, besitzen überhaupt nur zwei Keimblätter. Nachdem dieselben angelegt sind, beginnt hier sofort die Bildung von Muskel- und Nervenfasern und die übrigen Prozesse der histologischen Differenzierung sowie eine Reihe von Gestaltsveränderungen, durch welche die Gastrula zum ausgebildeten Tier wird. Bei höherer Organisation dagegen entsteht, bevor es zur organologischen und histologischen Sonderung kommt, noch ein drittes Keimblatt, welches seiner Lage zwischen den beiden ersten den Namen Mesoblast oder mittleres Keimblatt verdankt. Dasselbe kann natürlich nur von dem Zellmaterial der vorhandenen Keimblätter abstammen, und zwar scheint dabei allein der Entoblast beteiligt zu sein. Man kann zwei Arten in der Bildung des mittleren Keimblattes unterscheiden. In einem

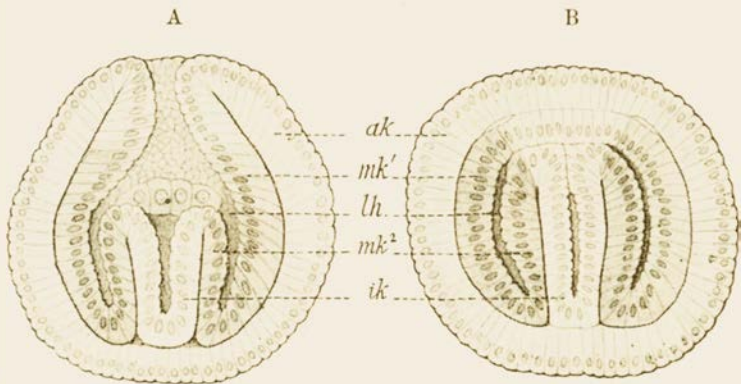


Fig. 109. Bildung des Mesepithels und des Cöloms von *Sagitta*. A Vom Grund der Gastrula erheben sich zwei Falten, welche den Urdarm in den bleibenden Darm und die Cölomdivertikel abteilen. B Die Sonderung durch Vordringen der Falten fast beendet, *ak* äußeres, *mk* mittleres, *ik* inneres Keimblatt, *mk*¹ Hautfaserblatt, *mk*² Darmfaserblatt, *lh* Leibeshöhle.

Fall füllt sich der Zwischenraum zwischen Ectoblast und Entoblast durch Ausscheidung von Gallerte, und in die Gallerte dringen isolierte Zellen aus dem Entoblast ein; so entsteht eine an gallertige Bindesubstanz erinnernde Zwischenschicht, das Mesenchym, aus welchem ein Teil der Organe seine Entstehung nimmt. Das Mesenchym kann schon ausgebildet werden, ehe die Gastrulation begonnen hat oder zu Ende geführt ist (Fig. 108, vgl. auch S. 74). Zweitens aber kann das mittlere Keimblatt den epithelialen Charakter der beiden primären Keimblätter beibehalten, so daß wir es Mesepithel nennen. Das Mesepithel ist ein durch Faltung abgeschnürter Teil des Entoblastes, über dessen Entwicklungsweise die Embryologie eines Wurms, der *Sagitta*, uns Aufschluß geben mag.

Wenn sich die Gastrula der *Sagitta* entwickelt hat, erheben sich am Grund des Urdarms zwei entoblastische Falten symmetrisch zur Mittellinie des Körpers (Fig. 109 A) und teilen den Urdarm in drei zunächst noch zusammenhängende Räume, den bleibenden Darm und die beiden Anlagen der Leibeshöhle, die Cölomdivertikel. Jetzt schließt sich der Urmund und wachsen die Entoblastfalten bis an das vordere Ende der Gastrula, um hier mit

deren Wandungen zu verkleben. Dadurch wird zweierlei bewirkt: die beiden Cölofluidivertikel werden vom Darm vollkommen getrennt; ferner wird der bis dahin einheitliche Entoblast in drei Epithelsäckchen zerlegt. Das mittlere ist die Auskleidung des Darms oder der sekundäre Entoblast (Darmdrüsenblatt), die beiden seitlichen sind die Auskleidungen der Cölofluidsäcke oder die paarigen Anlagen des mittleren Keimblatts. Jede Mesoblastanlage besteht aus zwei Schichten, welche durch die Leibeshöhle getrennt werden; die eine Schicht liegt dem Darm an und heißt daher das Darmfaserblatt, die andere Schicht folgt dicht unter dem Ektoblast oder der embryonalen Haut und heißt Hautfaserblatt. Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß der epitheliale Mesoblast streng genommen keine einheitliche Schicht ist, sondern aus zwei allerdings ineinander übergehenden Lagen besteht, und daß seine Entstehung mit der Bildung der Leibeshöhle eng verknüpft ist. Ob das Mesepithel stets in der geschilderten Weise vom Entoblast gebildet wird, ist jedoch fraglich.

Was nun die Verbreitungsweise des Mesenchyms und des Mesepithels anlangt, so sind drei Fälle möglich und tatsächlich auch vorhanden. Es gibt rein mesenchymatöse Tiere, wie die *Plattwürmer*, und rein mesepitheliale, wie die *Sagitten*, viele *Anneliden* und der *Amphioxus*; es gibt endlich aber auch Tiere, bei denen der Mesoblast aus Mesenchym und Mesepithel besteht. Entweder entsteht zuerst das Mesenchym und später das Mesepithel, wie bei den *Echinodermen*, oder es wird, wie bei den meisten *Wirbeltieren*, die umgekehrte Reihenfolge eingehalten.

Aus den drei Keimblättern entstehen alle Organe eines Tieres dadurch, daß sich embryonales Zellenmaterial, meist durch Einfaltung, zu gesonderten Komplexen abgrenzt (organologische Differenzierung), und daß diese Zellkomplexe dann später in Gewebe verwandelt werden (histologische Differenzierung). Wie das geschieht, ist bei den einzelnen Tierstämmen verschieden. Immerhin lassen sich folgende allgemeine Sätze aufstellen: daß aus dem Ektoblast die Epidermis mit ihren Drüsen und Anhängen, das Nervensystem und die Sinnesepithelien hervorgehen, daß der Entoblast den wichtigsten Teil des Darmes mit seinen wesentlichsten Drüsen erzeugt, daß endlich Muskeln, Binde substanz, exkretorische Organe ganz oder zum Teil im Mesoblast entstehen; mesoblastisch sind meist auch die Geschlechtsorgane.

In der Neuzeit ist die Frage viel erörtert worden, inwieweit die Keimblättertheorie auch für die Vorgänge bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung Geltung besitzt. Zunächst würde man erwarten, daß bei der Knospung und noch mehr bei der Teilung jedes Organ des Tochtertieres sich von dem entsprechenden Organ des Muttertieres abspalte, oder, wenn das durch räumliche Verhältnisse unmöglich gemacht wird, von einer dem gleichen Keimblatt angehörigen Gewebsmasse. Eine derartige durch die Keimblätter bestimmte Gesetzmäßigkeit existiert nicht. Selbst für die *Hydroiden* (Fig. 93), bei deren Knospen es von vornherein in hohem Maße wahrscheinlich ist, daß ihre beiden Körperschichten sich von den entsprechenden Körperschichten der Mutter ableiten, liegen Angaben vor, daß das gesamte Zellmaterial der Knospe von indifferenten, im Ektoderm liegenden Zellen geliefert wird. Auch bei *Bryozoen*, *Tunicaten* und *Würmern* sind die bei der Knospung zur Verwendung kommenden Zellen offenbar indifferente, noch nicht mit den Merkmalen einer bestimmten Körperschicht ausgestattete Elemente, welche demgemäß auch unabhängig von der Lage, welche sie im Muttertier einnehmen, je nach Bedürfnis zum Aufbau der

Verhalten
der Keim-
blätter
bei der
Knospung.

Organe benutzt werden können. Ähnliches hat sich in vielen Fällen bei der Regeneration verloren gegangener Teile ergeben, daß die betreffenden Organe nicht immer aus derselben Körperschicht wie im Embryonalleben entstehen. Die Linse des *Wassersalamanders* z. B. entsteht embryonal aus dem Epithel der Haut, nach ihrer Exstirpation dagegen wird sie vom Pigmentepithel der Iris regeneriert.

5. Die verschiedenen Formen der geschlechtlichen Entwicklung.

Embryonale
und post-
embryonale
Entwicklung.

Zur Zeit, in welcher sich die beschriebenen Vorgänge (Befruchtung und Teilung des Eies, Bildung der Keimblätter) abspielen, sind die jungen Tiere gewöhnlich noch in schützenden Eihüllen oder gar in dem mütterlichen Geschlechtsapparat (Uterus) eingeschlossen und werden deshalb Embryonen genannt. Auch die auf späteren Stadien vor sich gehende Bildung der wichtigsten Organe kann noch in die Zeit des Embryonallebens fallen, wie uns die *Säugetiere, Vögel, Reptilien, viele Fische, Würmer* und *Krebse* lehren, welche, am Ende ihres embryonalen Daseins angelangt, in allen Teilen fertiggestellt sind und nur noch der Reife der Geschlechtsorgane und des Wachstums des gesamten Körpers bedürfen, um den Höhepunkt ihrer Ausbildung zu erreichen. Auf der anderen Seite gibt es Tiere, namentlich Wasserbewohner, welche nach dem Verlassen der Eihüllen noch wichtige Umgestaltungen erfahren (*Cölenteraten, Ringelwürmer, Echinodermen, Insekten, Amphibien* usw.) Die *Cölenteraten, Echinodermen* und viele *Würmer* pflegen sogar vor der Entstehung der Keimblätter die Hüllen zu durchbrechen und, mittels eines die Körperfläche bedeckenden Wimperkleides frei herumschwimmend, als „Planulae“ die Keimblätter und Organe zu bilden. Da hier zur embryonalen Entwicklung eine mehr oder minder ausgedehnte postembryonale Entwicklung kommt, hat man den Namen „Embryologie“ auf die Entwicklungsvorgänge in den Eihüllen beschränkt und spricht generell von Entwicklungsgeschichte oder Ontogenie. Wie man das in den Eihüllen eingeschlossene Tier einen Embryo nennt, so ist der Name „Larve“ für das freilebende, aber noch unfertige Tier üblich.

Direkte und
indirekte
Entwicklung.

Die Larvenentwicklung kann nun entweder eine direkte oder eine indirekte sein. Bei der direkten Entwicklung bewegt sich die Larve, wie der Name sagt, gleichsam geraden Weges auf ihr Endziel, das geschlechtsreife Tier, zu, indem sie allmählich die ihr fehlenden Organe anlegt und stetig somit dem geschlechtsreifen Tiere ähnlicher wird. Die indirekte Entwicklung macht dagegen Umwege; es werden Organe angelegt, die später wieder zugrunde gehen und nur auf das Larvenleben berechnet sind, die man demgemäß auch Larvenorgane nennt. Bei der Definition der indirekten Entwicklung, oder, wie sie gewöhnlich genannt wird, der Metamorphose, ist daher besonderes Gewicht auf die Anwesenheit der „Larvenorgane“ zu legen. So unterscheiden sich die *Raupen* von den *Schmetterlingen* nicht nur durch den Mangel der zusammengesetzten Augen und der Flügel, sondern auch durch die Anwesenheit der dem *Schmetterling* fehlenden Afterfüße und Spinndrüsen, ferner durch die abweichende Gestalt von Kiefern, Antennen und Beinen, die verschiedene Beschaffenheit des Darmes, des Tracheen- und Nervensystems usw. Die *Kaulquappen* unterscheiden sich vom Frosch nicht nur durch den Mangel der Lungen und Extremitäten, sondern auch durch die Anwesenheit der Kiemen und des Ruderschwanzes. Je mehr besondere „Larvenorgane“ vorhanden sind, um so deutlicher wird daher auch der Charakter der Metamorphose sein.

Meta-
morphose.

Es kommt vor, daß die Geschlechtsorgane eines sich indirekt entwickelnden Tieres schon reifen, ehe die Metamorphose beendet ist, und daß infolgedessen die letztere zum Stillstand kommt (Geschlechtsreife der durch Kiemen atmenden *Triton*-Larven, der Larven von *Miastor* usw.). Man hat diese eigentümliche, durch den Geschlechtsapparat ausgelöste Entwicklungshemmung „Neotenie“ genannt und hat versucht, nicht wenige Tierformen als neotene, d. h. auf dem Larvenstadium geschlechtsreif gewordene Arten aufzufassen.

Unabhängig von der Zeit, in welcher der Embryo die Eihüllen verläßt, ist der Zeitpunkt, auf welchem das Ei aus dem mütterlichen Organismus entfernt wird. Wir kennen hier zwei Extreme, die oviparen oder eierlegenden und die viviparen oder lebendig gebärenden Tiere. Zu den oviparen Tieren können, streng genommen, nur solche gerechnet werden, bei denen das Ei zur Zeit der Geburt noch den Charakter einer einzigen Zelle hat, bei denen es entweder, wie bei den meisten *Fischen*, *Secigeln* usw., erst nach der Ablage oder, wie bei *Batrachiern* und *Insekten*, während der Ablage befruchtet wird. Bei viviparen Tieren dagegen treffen Geburt und Zerreißen der Eihüllen zeitlich vollkommen oder nahezu zusammen, und aus den mütterlichen Geschlechtswegen tritt ein Tier hervor, welches seine Entwicklung abgeschlossen oder doch so weit fortgeführt hat, daß es ohne schützende Hüllen zu leben vermag. Zwischen beiden Extremen vermitteln die wechselnden Formen der ovoviviparen Entwicklung. Was hier bei der Geburt zum Vorschein kommt, macht zunächst vermöge seiner Hüllen den Eindruck eines Eies; allein die ersten Entwicklungsstadien sind schon in ihm abgelaufen, so daß man beim künstlichen Sprengen der Eihüllen einen mehr oder minder weit entwickelten Embryo herauschält. In die Kategorie der ovoviviparen Tiere sind auch die Vögel zu rechnen; denn ihre Eier sind längere Zeit, bevor sie gelegt wurden, befruchtet worden und haben die Bildung der Keimscheibe schon vollendet. Bei vielen *Schlangen* kann sogar bei der Ablage schon ein zum Ausschlüpfen bereites Tier in der Eischale enthalten sein.

Ovipare,
vivipare,
ovovivipare
Tiere.

Derartige Übergangsformen lehren, daß zwischen „Eier legen“ und „lebendig gebären“ keine scharfe Grenze gezogen werden kann, und daß man sich hüten muß, dem hier zutage tretenden Unterschiede größere Bedeutung beizumessen. Es war gänzlich verfehlt, daß Linné nach dem Vorgang von Aristoteles den Zeitpunkt der Geburt systematisch verwerten wollte. In vielen Tierabteilungen finden sich sowohl eierlegende wie lebendig gebärende Formen. Die meisten *Haifische* sind lebendig gebärend, einige Arten aber „legen Eier“. Umgekehrt gilt für die *Knochenfische* als Regel, daß die Eier vor der Befruchtung entleert werden. Ausnahmen hiervon sind der lebendig gebärende *Zoarces viviparus*, die *Cyprinodonten* u. a. Von *Amphibien*, *Reptilien* und *Insekten* sind die meisten eierlegend, nicht wenige Formen aber lebendig gebärend. Hier gibt es in ein und derselben Gattung (z. B. *Lacerta* und *Chamäleon*) vivipare und ovovivipare Arten. Selbst bei den *Säugetieren*, bei welchen das „Lebendiggebären“ lange Zeit für typisch galt, kennt man einige „Eier legende“ (ovovivipare) Formen, *Echidna* und *Ornithorhynchus*.

Zusammenfassung der Resultate der Entwicklungsgeschichte.

1. Die Entwicklung jedes Tieres beginnt mit einem Akt der Zeugung; man unterscheidet Urzeugung und Elternzeugung.

2. **Urzeugung** (Generatio aequivoca, G. spontanea, Abiogenesis) ist die Entstehung lebender Wesen aus unbelebter Materie (ohne präexistierende Mutterorganismen).

3. Die derzeitige Existenz der Urzeugung ist weder durch Beobachtung erwiesen, noch überhaupt wahrscheinlich; dagegen ist die Urzeugung ein logisches Postulat, um die erste Entstehung der Organismen auf unserem Erdball zu erklären.

4. **Elternzeugung** (Tokogonie), Abstammung eines Tieres von einem Tiere gleichen oder ähnlichen Baues, kann entweder auf geschlechtlichem oder ungeschlechtlichem Wege erfolgen.

5. Die **ungeschlechtliche Fortpflanzung** kann sein: Teilung oder Knospung.

6. Bei der Teilung wächst ein Organismus gleichmäßig in allen seinen Teilen und zerfällt durch Einschnürung in zwei oder mehr gleichwertige neue Stücke.

7. Nach der Richtung der Teilungsebene zur Längsachse des Tieres spricht man von Längs-, Quer- und Schrägteilung.

8. Bei der Knospung findet ein lokales gesteigertes Wachstum statt; der lokale Auswuchs, die Knospe, löst sich als ein kleineres, meist auch unvollkommener gebautes Individuum vom Muttertiere ab.

9. Nach der Lage und der Zahl der Knospen unterscheidet man laterale, terminale, multiple Knospung.

10. Die **geschlechtliche Fortpflanzung** ist eine Fortpflanzung mittels besonderer, längere Zeit oder dauernd vom Anteil an den Körperfunktionen ausgeschlossener Zellen, der Geschlechtszellen.

11. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung vereinigen sich zweierlei Geschlechtszellen, das weibliche Ei und der männliche Samenfaden (Befruchtung).

12. Selten kann sich das Ei ohne Befruchtung entwickeln: Parthenogenesis; diese ist eine geschlechtliche Fortpflanzung mit rückgebildeter Befruchtung.

13. Pädogenesis ist die parthenogenetische Fortpflanzung eines jugendlichen, d. h. unvollkommen entwickelten Tieres.

14. Verschiedene Arten der Fortpflanzung (ungeschlechtliche, geschlechtliche, Parthenogenesis, Pädogenesis) können bei derselben Spezies vorkommen; häufig wird dann die Verteilung derselben gesetzmäßig geregelt, derart, daß Individuen mit verschiedener Fortpflanzung miteinander alternieren: **Generationswechsel** im weiteren Sinne.

15. Generationswechsel im engeren Sinne (progressiver G., Metagenesis) ist der Wechsel zweier Generationen, von denen sich die eine durch Teilung oder Knospung, die andere geschlechtlich fortpflanzt. Erstere heißt die Amme, letztere das Geschlechtstier.

16. Das Alternieren von Parthenogenesis oder Pädogenesis mit streng geschlechtlicher Fortpflanzung nennt man regressiven Generationswechsel oder Heterogonie.

17. Die durch die geschlechtliche Fortpflanzung eingeleitete Entwicklung zeigt fast bei allen vielzelligen Tieren prinzipielle Übereinstimmung in den Anfangsstadien: Befruchtung, Furchung, Keimblattbildung.

18. Das Wesen der Befruchtung beruht auf der Verschmelzung von Ei und Spermatozoon, vor allem auf der Vereinigung der Kerne, Ei- und Spermakern, zum Furchungskern Syncarion (resp. Furchungsspindel).

19. Die Eifurchung ist eine Zellteilung, eine Teilung des befruchteten Eies in die Furchungskugeln. Die Furchung kann sein eine totale (holoblastische Eier) oder eine partielle (meroblastische Eier); die totale Furchung ist entweder äqual oder inäqual, die partielle entweder discoidal oder superficiell.

20. Durch fortgesetzte Teilung der Furchungskugeln und durch Ausbildung der Furchungshöhle entsteht der einschichtige Keim, die Blastula (Vesicula blastodermica).

21. Durch Einstülpung der Blastula entsteht die Gastrula oder der zweischichtige Keim.

22. Die Gastrula umschließt einen durch den Gastrulamund nach außen sich öffnenden Hohlraum, den Urdarm oder das Archenteron; sie besteht aus zwei Epithellagen, dem den Urdarm auskleidenden Entoblast (Hypoblast) oder inneren Keimblatt und dem die Körperoberfläche bildenden Ectoblast (Epiblast) oder äußeren Keimblatt.

23. Zwischen äußerem und innerem Keimblatt kann noch ein drittes, mittleres Keimblatt, Mesoblast, entstehen.

24. Das mittlere Keimblatt entsteht entweder durch Einfaltung und Abschnürung eines Teiles des Entoblastepithels: epithelialer Mesoblast, Mesepithel, oder durch Auswandern einzelner Zellen zur Bildung eines Gallertgewebes: Mesenchym.

25. Viele Tiere legen die Eier vor oder gleich nach der Befruchtung ab (ovipare Tiere); andere legen Eier ab, welche schon im Mutterleib befruchtet waren und bei der Geburt einen Teil der Entwicklungsstadien durchlaufen haben (ovovivipar). Eine dritte Reihe von Tieren gebiert lebendige Junge (vivipar).

26. Die Entwicklung eines Tieres ist entweder eine direkte oder eine indirekte (Metamorphose).

27. Von indirekter Entwicklung oder Metamorphose spricht man, wenn das aus dem Ei hervortretende junge Tier von dem geschlechtsreifen Tier sich in zwei Punkten unterscheidet:

1. durch den Mangel gewisser, dem geschlechtsreifen Tier zukommender Organe,
2. durch das Auftreten von Organen, die umgekehrt dem geschlechtsreifen Tier fehlen, von Larvenorganen.

III. Beziehungen der Tiere zueinander.

Wie zwischen den Organen desselben Tieres ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht, welcher als Korrelation der Teile bezeichnet wird, so stehen auch die verschiedenen Individuen derselben Tierbevölkerung in vielfacher und inniger Wechselwirkung zueinander. An einer Fülle von Beispielen hat Darwin durchgeführt, wie die Existenzbedingungen mancher Tierarten verändert werden, wenn andere Formen neu auftreten oder verschwinden oder eine außergewöhnliche Reduktion oder Vermehrung der Individuenzahl erfahren. Derartige Wechselwirkungen sind meist spezieller

Natur und können nur durch besondere Studien klargestellt werden. Nur wenige Verhältnisse haben allgemeinere Verbreitung und sind einer gemeinsamen Besprechung zugänglich. Solche sind Stock- und Staatenbildung, Parasitismus und Symbiose.

Stockbildung
durch
Konkreszenz.

1. Beziehungen zwischen Individuen derselben Art. Stock- und Staatenbildung sind Beziehungen, welche sich zwischen Individuen derselben Art ergeben. Unter einem Tierstock verstehen wir eine Vereinigung von Tierindividuen, welche auf einem festen organischen Zusammenhang der Körper beruht; derselbe kann zustande kommen, indem Tiere, welche von Anfang an getrennt waren, sich einander nähern und teilweise miteinander verschmelzen, oder indem Tiere, welche durch Teilung oder Knospung entstehen, sich nicht vollkommen ablösen, sondern untereinander resp. mit dem Muttertier vereint bleiben. Der erstere Fall der Stockbildung ist äußerst selten und spielt im Tierreich keine größere Rolle. Manche *Protozoen* verschmelzen miteinander und bilden größere Körper, in denen man die Einzeltiere noch erkennen kann. Unter den vielzelligen Tieren nenne ich das *Diplozoon paradoxum*, bei welchem normalerweise zwei aus verschiedenen Eiern stammende Tiere (die *Diporpen*) sich zu einem an gewisse Doppelmißbildungen erinnernden Doppeltiere vereinigen (Fig. 110).

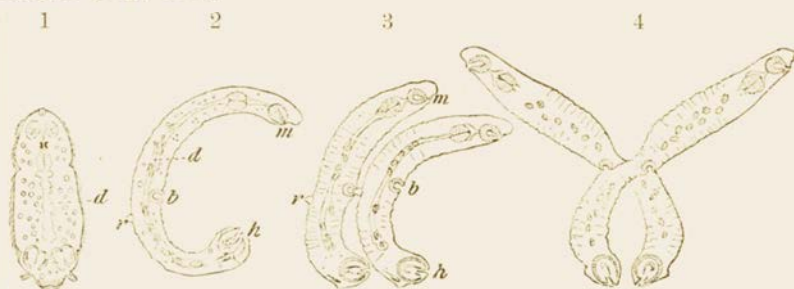


Fig. 110. Entwicklung von *Diplozoon paradoxum* (aus Boas). 1 Larve, 2 daraus hervorgegangene „Diporpa“, 3 zwei Diporpen vereinigen sich, 4 die Diporpen sind zum Diplozoon vereinigt. *m* Mund, *d* Darm, *h* hinterer Haftapparat, *b* Bauchsaugnäpf, der zum Fassen des Rückenzapfens *r* dient.

Stockbildung
durch unvoll-
kommene
Teilung und
Knospung.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die in der Natur vorkommenden Fälle von Stockbildung auf unvollkommener Teilung und Knospung beruhen; diese gelangen nicht zum Abschluß, indem zwar die Ausgestaltung von zwei oder mehr Individuen, nicht aber ihre völlige Trennung herbeigeführt wird. Mehr oder minder breite Gewebsbrücken bleiben erhalten, welche die Teilstücke untereinander oder die Knospen mit ihrem Muttertier vereinigen. Die marinen Stöcke der *Corallen* und *Hydroiden* (Fig. 94) können so aus Tausenden von Individuen bestehen, welche durch fortgesetzte und unvollkommene Knospung oder Teilung von einem einzigen geschlechtlich erzeugten Muttertier abstammen.

Der Zusammenhang der Gewebe bedingt in der Mehrzahl der Fälle einen hohen Grad von Gemeinsamkeit der Funktionen. Reize, welche ein Individuum treffen, werden durch verbindende Nerven den übrigen Tieren des Stockes mitgeteilt und so einheitliche Bewegungen ermöglicht. Die von einem Tier erbeutete und verdaute Nahrung kommt dem gesamten Stock zugute. Vermöge der Gemeinsamkeit seiner Funktionen erscheint ein Stock wie ein Individuum höherer Ordnung; es wiederholt sich ein analoger Prozeß, wie er zur Bildung vielzelliger Organismen führt. Wie

dort die Elementarorganismen, die Zellen (Individuen I. Ordnung) zum vielzelligen Tier (Individuum II. Ordnung) verbunden bleiben, so hier die vielzelligen Tiere zum Stock (Individuum III. Ordnung).

Wo ein Ganzes aus zahlreichen gleichwertigen Teilen besteht, sind die Bedingungen zur Arbeitsteilung gegeben. Anstatt daß die Funktionen der Gesamtheit sich gleichmäßig auf die Einzelstücke verteilen, werden manche der letzteren mehr für diese, andere wiederum mehr für jene Funktion geeignet und erhalten eine dementsprechende Organisation.

Bei solchen Tierstöcken spricht man dann von Vielgestaltigkeit oder *Polymorphismus*. Der *Polymorphismus* äußert sich am häufigsten auf dem Gebiet der vegetativen Funktionen, indem er zu einem Gegensatz von Geschlechtstieren und Nährtieren führt, wie bei den meisten *Hydrozoen*, bei denen nicht selten die Ernährung durch Tiere ohne Geschlechtsorgane und die Fortpflanzung durch Tiere ohne Mund besorgt wird. Aber auch die übrigen Funktionen, wie Fortbewegung, Empfindung, Schutz und Trutz, können spezialisiert werden. Das klassische Beispiel für *Polymorphismus* sind die *Siphonophoren* (Fig. 111). Zu einem einzigen Körper vereint sind hier lokomotorische Tiere, die Schwimglocken, welche nur der Bewegung dienen, Deckstücke, welche nur die übrigen beschützen, Freßpolypen, welche nur Nahrung aufnehmen und verdauen, Geschlechtstiere und Tastpolypen, welche nur die geschlechtliche Fortpflanzung bzw. die Empfindung vermitteln. Rücksichtlich der übrigen Funktionen ist jedes Tier auf seine Geschwister angewiesen; seine Existenz ist daher von diesen abhängig geworden; das einzelne Individuum kann nur als Teil eines Ganzen dauernd leben.

So führt auch hier die Arbeitsteilung zu größerer Zentralisation; je polymorpher ein Tierstock ist, um so mehr macht er den Eindruck eines einzigen Tieres.

Viel geringer ist die wechselseitige Abhängigkeit der Tiere bei der Staatenbildung, da es sich hier um keinen organischen Zusammenhang, sondern nur um ein durch die Lebensverhältnisse notwendig gewordenenes Zusammenleben handelt. War bei der Stockbildung die ungeschlechtliche Fortpflanzung von Wichtigkeit, so spielt hier die geschlechtliche eine große Rolle. Unter dem Einfluß des Geschlechtstriebes drängen sich viele Tiere, selbst solche von niedriger Organisation, dauernd oder zeitweilig zu Haufen zusammen; die *Seeigel*, *Seewalzen*, viele *Fische* sammeln sich zur Zeit der Eiablage an der Küste; der Geschlechtstrieb vereinigt die Herden der *Hirsche*, *Elefanten* usw. Zu einer festen



Fig. 111. *Praya diphyes* (nach Gegenbaur). B das ganze Tier, A eine einzelne Individuengruppe, stärker vergrößert (Eudoxie). 1 Deckstück, 2 Freßpolyp, 3 Senkfaden, 4 Geschlechtsglocke.

Polymorphismus.

Staatenbildung.

Organisation, zu einer Staatenbildung im engeren Sinne, führt dann weiter die Sorge um die junge Brut; alle *Insektenstaaten* sind auf dieser Basis aufgebaut. Da somit das Geschlechtsleben der Ausgangspunkt für die Staatenbildung ist, so ist es weiter begreiflich, daß bei den verschiedenen Individuengruppen, den „Ständen“ des Staates, die Geschlechtsorgane in ihrer Ausbildung beeinflußt werden. Außer Männchen und Weibchen (Königen und Königinnen) gibt es noch Tiere mit rückgebildetem, funktionsunfähig gewordenem Geschlechtsapparat, die Arbeiter; entweder sind die letzteren nur rudimentäre Weibchen (*Bienen, Ameisen*) oder rudimentäre Weibchen und Männchen (*Termiten*). Während die Könige und Königinnen den Nachwuchs liefern, haben die Arbeiter die Pflege der jungen Brut übernommen; sie sorgen ferner für die Bauten, für die Nahrung und auch für die Verteidigung, eine Vielgestaltigkeit der Funktionen, welche oft zu einer Vielgestaltigkeit der Arbeiter führt.

2. Beziehungen zwischen Individuen verschiedener Arten. Wenn Individuen verschiedener Arten zueinander in ein engeres Wechselverhältnis treten, so ist die Ursache dazu der Nutzen, welchen entweder einseitig die eine Art von der anderen zieht, oder den beide sich gegenseitig bieten; im ersteren Fall sprechen wir von Parasitismus, im letzteren von Symbiose.

Parasitismus.

Unter Parasiten verstehen wir Tiere, welche auf oder in anderen Tieren, den Wohntieren oder Wirten, resp. Pflanzen, Wohnung und Nahrung finden, welche dadurch in ein Abhängigkeitsverhältnis zu ihnen getreten sind und mehr oder minder eingreifende Veränderungen ihrer Organisation erfahren haben. Das Maß, in welchem ein Parasit von seinem Wirt abhängig geworden ist, hängt davon ab, inwieweit der Parasit sich in seiner Organisation seinem Wirt angepaßt hat. Diese parasitischen Umgestaltungen des Baues spielen daher eine große Rolle; sie betreffen am unmittelbarsten die Organe der Fortbewegung und Ernährung. Da ein Parasit sich auf seinem Wohntier möglichst fest anzusiedeln sucht, so gehen die den Ortswechsel vermittelnden Einrichtungen mehr oder minder verloren. Dafür treten Apparate zum Festhalten am Wirt auf. Parasiten der verschiedensten Abteilungen besitzen Haken, Klammern, Saugnapfe usw. Zur Ernährung dient den Parasiten das Blut oder der Gewebssaft oder der Speisebrei des Wirtes; das sind gelöste Substanzen, welche leicht assimiliert werden können. Daher ist gewöhnlich der Darmkanal vereinfacht, oder er geht gänzlich verloren; es gibt unter den Parasiten sowohl darmlose *Würmer* als darmlose *Crustaceen* und *Mollusken*. Sehr häufig leben Darmparasiten ohne Sauerstoff, sie sind anaërob (S. 92). Auch sonst vereinfacht sich die Lebensweise des Parasiten, da er nicht gezwungen ist, nach Nahrung zu suchen. Daher erfahren Nervensystem und Sinnesorgane eine hochgradige Rückbildung; letztere können mit Ausnahme der Tastapparate ganz verloren gehen.

Parasitische Rückbildung.

Eine starke Ausbildung erleidet dagegen der Geschlechtsapparat. Während es dem Parasiten erleichtert wird, sich selbst zu erhalten, ist die Existenz der Art um so mehr gefährdet. Wenn ein Mensch stirbt, so gehen meist auch seine Parasiten mit ihm zugrunde, namentlich diejenigen, welche im Innern des Körpers existieren. Soll eine bestimmte parasitische Art nicht in kurzer Zeit aussterben, so ist es nötig, daß ihre Entwicklungszustände, am häufigsten ihre Eier, immer wieder in neue Wirte hineingeraten. Da diese Übertragung mit Schwierigkeiten verknüpft ist, müssen die Parasiten einen enormen Überfluß an Eiern produzieren. Die Eier ihrerseits wiederum zeichnen sich durch

große Widerstandsfähigkeit und gut entwickelte Schutzorgane, wie starke Schalen aus; es ist z. B. bekannt, daß die Eier von *Ascariden* sich längere Zeit sogar in Spiritus weiter entwickeln, da sie durch ihre schwer durchgängigen Schalen geschützt sind. Auch kann die Entwicklungsweise im Interesse der Übertragung von Wirt zu Wirt einen äußerst verwickelten Verlauf nehmen.

Alle die hervorgehobenen Einrichtungen werden mehr bei Schmarotzern, welche im Inneren von anderen Tieren leben, den Entoparasiten, Geltung gewinnen als bei Bewohnern der Haut oder anderer oberflächlicher Organe, den Ektoparasiten. Bei den Entoparasiten sind die umgestaltenden Einflüsse des Parasitismus so bedeutend, daß Vertreter der verschiedensten Tierabteilungen eine auffallende Ähnlichkeit des Aussehens und des Baues gewinnen. *Pentastomum taenioides* z. B. gehört mit den *Spinnen* in die Klasse der *Arachnoideen* (Fig. 113), gleicht aber in der äußeren Erscheinung den gar nicht verwandten, aber unter ähnlichen Bedingungen lebenden *Bandwürmern* (Fig. 112). Man hat daher lange Zeit über alle Entoparasiten (*Crustaceen*, *Würmer* und *Arachnoideen*) wegen ihrer Gleichartigkeit in eine einzige systematische Gruppe unter dem Namen „*Helminthes*“ zusammengefaßt. Der Entoparasitismus ist somit eines der schönsten Beispiele, um das Wesen der konvergenten Züchtung zu erläutern: daß Tiere von ganz verschiedener systematischer Stellung unter gleichen Lebensbedingungen eine große Gleichartigkeit des Baues und der Erscheinung gewinnen.

Viel seltener als Parasitismus ist die Symbiose oder das Zusammenleben der Tiere zu gegenseitigem Nutzen. Bei staatenbildenden Tieren beobachtet man zwar nicht selten, daß sie gewisse Tierarten nicht nur in ihren Verbänden dulden, sondern sogar hegen und pflegen, wie man in Gesellschaft der *Ameisen* andere Insekten (*Myrmecophilen*), z. B. den blinden *Claviger*, oder manche *Blattläuse* oder sogar *Ameisen* aus anderen Arten und Gattungen findet. Solche Fälle des Zusammenlebens entsprechen zum Teil der Haustierzucht und Sklaverei, wie sie vom Menschen betrieben werden. Die *Ameisen* halten die *Blattläuse*, um die süßen Säfte zu lecken, welche in ihren Fäkalien enthalten sind; sie rauben die Puppen anderer *Ameisen* und ziehen sie auf, um sie später als Sklaven zu ihrem Vorteil zu benutzen. Das Verhältnis beruht somit nicht auf Gleichberechtigung, indem das eine Tier, in den beiden vorliegenden Beispielen die *Ameise*, das Zusammenleben veranlaßt, das andere Tier passiv in dasselbe hineingerät. Dagegen nähert sich der echten Symbiose die *Symphilie*. Außer dem oben genannten *Claviger* sind viele andere *Insekten*, meist

Ecto-
parasiten
und Ento-
parasiten

Fig. 112.



Fig. 113.

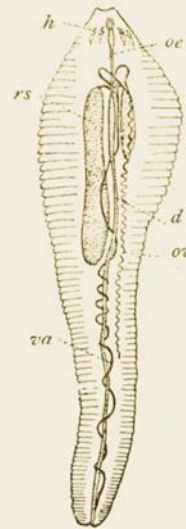


Fig. 112. *Taenia nana* (nach Symbiose. Leuckart).

Fig. 113. *Pentastomum taenioides*. Weibchen (nach Leuckart). *h* Haken links und rechts vom Mund; *ov* unpaares Ovar, gabelt sich in zwei Ovidukte, die sich zur unpaaren Vagina (*va*) vereinigen; letztere empfängt die Ausführwege zweier Receptacula seminis *rs* und windet sich um den Darm *d*, *oe* Ösophagus.

Käfer, in *Ameisen-* und *Termiten*-Staaten gefunden worden, welche von den *Ameisen* gepflegt und gefüttert werden, weil sie an besonderen Haarbüscheln wohlschmeckende Sekrete bereiten, die die Ameisen ablecken. Häufig fressen die Käfer die junge Brut der Ameisen. — Einen Fall vollkommenster Gleichberechtigung und echter Symbiose liefern uns ein Krebs und eine Actinie, der *Pagurus Pridcauxi* und die *Adamsia palliata*. Wie jede *Pagurus*-Art, bewohnt auch dieser Einsiedlerkrebs die Schale einer Schnecke, aus deren Mündung er nur mit seinem vorderen Ende hervorragt. Auf dem Schneckenhaus siedelt sich eine kleine Actinie an, welche mit ihrem Körper den Eingang des Schneckenhauses umgibt. Wenn der Krebs im Laufe seines Wachstums gezwungen wird, ein neues größeres Schneckenhaus zu beziehen, nimmt er stets seine Begleiterin mit. Die Vorteile, welche die Actinie aus dieser Symbiose zieht, sind klar; sie bekommt ihren Anteil an der Beute, welche der schnellfüßige Krebs erjagt. Weniger klar ist es, warum der Krebs auf das Zusammenleben so großen Wert legt. Vielleicht ist die Actinie ihm von Vorteil, indem sie mit ihren Nesselbatterien den Eingang in die Schale verteidigt und somit Eindringlinge abhält, welche sich in das Innere der Schale hineinschleichen und dem weichen Hinterleib des Krebses gefährlich werden könnten.

Daß Tiere selten in Symbiose leben, hat vornehmlich seinen Grund wohl darin, daß die Lebensbedingungen aller Tiere bis zu einem gewissen Grade ähnlich oder gleich sind. Sie alle nehmen kohlenstoff- und stickstoffreiche Verbindungen auf und zersetzen sie, indem sie dieselben unter Zutritt von Sauerstoff in Kohlensäure, Wasser und stickstoffhaltige Oxydationsprodukte zerlegen. Alle Tiere sind somit Konkurrenten im Wettbewerb um die Nahrung. Derselbe Grund macht es auf der anderen Seite begreiflich, weshalb umgekehrt echte Symbiose zwischen Pflanzen und Tieren gar nicht selten ist. Besonders sind es niedere Algen, die *Zooxanthellen*, welche oft in Tieren leben. Gewisse *Rhizopoden*, vor allem die *Radiolarien*, enthalten in ihrem Weichkörper grün oder gelb gefärbte Zellen mit solcher Konstanz, daß man sie lange für Bestandteile ihres Körpers gehalten hat. Ganz ähnliche gelbe und grüne Zellen bevölkern das Magenepithel vieler *Actinien*, *Corallen* und sogar mancher *Würmer*. Die *Zooxanthellen* ernähren sich von der Kohlensäure, welche in den tierischen Geweben gebildet wird, und atmen Sauerstoff aus, welcher wiederum für das Tier von großer Bedeutung ist; sie bilden ferner Stärke und andere Kohlehydrate. Auch ist es nicht ausgeschlossen, daß ein hierbei entstehender Stärkeüberschuß als Nährmaterial dem Tiere zugute kommt. So spielt sich hier im kleinen Raum der Kreislauf der Stoffe ab, wie er in der Natur im großen zwischen Tier- und Pflanzenreich vorhanden ist. Mit Hilfe des Blattgrüns und der chemischen Einwirkung des Sonnenlichts zerlegen die Pflanzen Wasser und Kohlensäure und bilden aus ihnen Sauerstoff, den sie ausatmen, und kohlenstoffreiche Verbindungen, welche sie in ihren Geweben ablagern; sie sind Reduktionsorganismen. Umgekehrt atmen die Tiere Kohlensäure und Wasser aus, nehmen dagegen Sauerstoff aus der Luft und kohlenstoffreiche Verbindungen durch ihre Nahrung auf; den Sauerstoff benutzen sie, um behufs Leistung von Arbeit die chemischen Verbindungen zu zerlegen, zu oxydieren; sie sind Oxydationsorganismen. Daher erklärt es sich, weshalb die günstigen Einwirkungen der Pflanzen auf das Tierreich meistens aufhören, wenn sie den Charakter ihres Stoffwechsels verändern. *Pilze* und *Bakterien* haben mit dem Verlust des Chlorophylls die Fähigkeit, Kohlensäure zu reduzieren, verloren; sie beziehen die Nahrung von anderen Organismen und zerlegen

dieselbe in Kohlensäure, Wasser usw.; sie sind Oxydationsorganismen wie die Tiere und somit gefährliche Konkurrenten der Tiere geworden. Viele von ihnen bringen, wenn sie sich im tierischen Körper niederlassen, als Erreger vieler dem Tier gefährlicher Krankheiten mehr oder minder großen Schaden. Von dieser allgemeinen Regel gibt es jedoch auch Ausnahmen. Die Erfahrungen der Neuzeit haben uns mit Spaltpilzen bekannt gemacht, welche bei der Verdauung der Wiederkäuer eine große Rolle spielen, indem sie im Pansen derselben die Zellulose erschließen. Ferner erzeugen viele Insekten besondere Organe zur Aufnahme von Pilzen und Bakterien, die Mycetome; es werden komplizierte Einrichtungen getroffen, um den Transport der Symbionten von einer Generation zur anderen sicher zu stellen. Obwohl es noch nicht erwiesen ist, welchen Nutzen die *Insekten* aus diesen Einrichtungen ziehen, so ist es wohl kaum zweifelhaft, daß es sich um Fälle von Symbiose handelt. Ein anderes Beispiel von Symbiose sind die Tierarten, die dem Zusammenleben mit Leuchtbakterien ihr Leuchtvermögen verdanken.

IV. Tier und Pflanze.

Die Betrachtungen über Symbiose haben uns darauf geführt, daß zwischen Pflanzen und Tieren ein Gegensatz in der Art des Stoffwechsels existiert, der sich darin ausdrückt, daß Pflanzen zumeist Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff ausatmen, während die Tiere Sauerstoff einatmen und Kohlensäure abgeben. Hieraus könnte man schließen, daß es leicht sein müsse, allgemeingültige Unterschiede zwischen Pflanzen und Tieren ausfindig zu machen, wie denn in der Tat der Laie nie im Zweifel ist, bei den ihm allein bekannten höher organisierten Tieren und Pflanzen zu unterscheiden, welchem Naturreich er dieselben zurechnen muß. Je mehr man sich aber mit dieser Frage beschäftigt hat, um so schwieriger hat sich ihre Lösung herausgestellt. Schon die alten Zoologen kamen zur Auffassung, daß es Organismen gäbe, welche auf der Grenze von Tier- und Pflanzenreich ständen, und der Engländer Wotton nannte dieselben direkt Pflanzentiere oder Zoophyten. Jetzt wissen wir, daß die Pflanzentiere des Wotton echte Tiere sind mit einer oberflächlichen Pflanzenähnlichkeit; dafür sind wir durch das Mikroskop mit zahlreichen niederen Organismen bekannt geworden, deren Zugehörigkeit zu einem der beiden Naturreiche noch umstritten ist. Als solche sind zu nennen die *Myxomyceten* und viele *Flagellaten*.

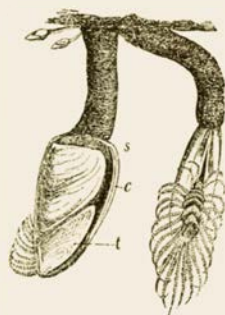


Fig. 114. *Lepas anatifera* (nach Schmarda). *c* Carina, *t* Tergum, *s* Scutum.

Will man Unterschiede zwischen Tieren und Pflanzen ausfindig machen, so kann man einerseits physiologische, andererseits morphologische Merkmale heranziehen. Von physiologischen Gesichtspunkten ausgehend, schrieb Linné den Pflanzen nur die Fähigkeit der Fortpflanzung und Ernährung, den Tieren dagegen außer diesen noch die Fähigkeit der Bewegung und Empfindung zu. Seitdem wir wissen, daß das pflanzliche Protoplasma so gut wie das tierische reizbar und kontraktile ist, seitdem

Unter-
scheidung
von Tier
und Pflanze.

wir die lebhaften Bewegungen niederer *Algen*, die große Empfindsamkeit der *Mimosen* und anderer Pflanzen kennen gelernt haben, seitdem wir ferner wissen, daß zahlreiche, selbst höher organisierte Tiere, wie *Krebse* (Fig. 114), die Ortsbewegung verlieren und festwachsen und manche fest-sitzende Formen, wie viele *Spongien* (Fig. 87, 155) auch bei der genauesten Untersuchung unbeweglich und gegen Reize fast unempfindlich erscheinen, hat es sich als unmöglich herausgestellt, die sogenannten animalen Funktionen als sichere Unterschiede zu betrachten.

Auch der Gegensatz im Stoffwechsel ist keineswegs durchgreifend. Jede Pflanze hat einen doppelten Stoffumsatz. Bei seinen Bewegungen und anderweitigen Arbeitsleistungen liefert das pflanzliche Protoplasma Kohlensäure und verbraucht Sauerstoff. Daneben geht unter dem Einfluß des Sonnenlichts und des Chlorophylls die Reduktion der Kohlensäure und die Abgabe von Sauerstoff einher. Am Tage überwiegen bei chlorophyllhaltigen Pflanzen die Reduktionsvorgänge so bedeutend, daß sich als Endresultat die Abgabe großer Mengen von Sauerstoff herausstellt, und nur nachts, wenn die Reduktionsvorgänge wegen des Mangels an Sonnenlicht eingestellt werden, kommt die Kohlensäureproduktion zur Wahrnehmung. Die Reduktionsvorgänge kommen aber sofort dauernd in Wegfall, wenn das Chlorophyll fehlt; chlorophyllose *Pilze* und *Bakterien* haben daher einen ähnlichen Stoffwechsel wie Tiere, insofern sie Kohlensäure produzieren. Ebenso ist es auch nicht richtig, daß nur die Pflanzen die Fähigkeit haben, Zellulose zu bilden. Denn Zellulose findet sich in den Cysten mancher *Rhizopoden* und bei den relativ hoch organisierten *Tunicaten*; sie soll auch bei *Arthropoden* verbreitet sein.

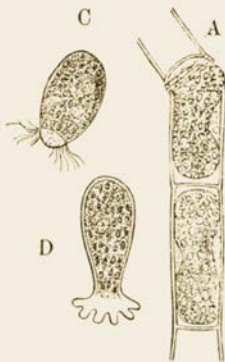


Fig. 115. *Oedogonium* in Zoosporenbildung. A ein Stück des Algenfadens mit ausschließendem Zelleninhalt. C aus dem Inhalt hervorgegangene Zoospore. D Zoospore feststehend, in Keimung (nach Sachs).

So kämen denn die morphologischen Merkmale in Betracht. Vielzellige Tiere und vielzellige Pflanzen sind leicht zu unterscheiden, da erstere in der Keimblattbildung der Zellen haben. Mit dem Auftreten des Gastrulastadiums ist jeder Organismus als unzweifelhaftes Tier charakterisiert. Indessen bei einzelligen Organismen kommt die Anordnungsweise der Zellen in Wegfall und kann nur die Beschaffenheit der einzelnen Zelle uns leiten. Gibt es nun zweifelhafte morphologische Unterschiede zwischen der tierischen und pflanzlichen Zelle?

Im Bau der Pflanzen- und Tierzelle ist ein wichtiger Unterschied dadurch bedingt, daß erstere eine Zellulosemembran besitzt, letztere dagegen zumeist membranlos ist. Auf diesen Unterschied muß in letzter Instanz das so verschiedene Aussehen der beiden Reiche zurückgeführt werden. Indem die Pflanzenzelle sich frühzeitig mit einem festen Panzer umhüllt, verliert sie ein gut Teil von der Fähigkeit zu weiterer Umgestaltung. Daher sind pflanzliche Gewebe und Organe trotz mannigfaltiger intrazellulärer Differenzierungen, wie z. B. der Chlorophyllkörner, einförmig gegenüber der ungeheuren Vielgestaltigkeit, welche die tierische Histologie und Organologie erkennen lassen. Die so außerordentlich viel höhere Stufe der Organisation, welche das Tierreich erreicht, ist zum großen Teil wohl eine Folge davon, daß die tierischen Zellen sich nicht eingekapselt und daher sich die Fähigkeit zu mannigfacher und höherer Entwicklung bewahrt haben.

Allein auch hier ergeben sich bei niederen Pflanzen und Tieren Übergänge. Bei niederen *Algen* haben die Zellkörper die Fähigkeit, aus der Zellulosemembran herauszutreten und herumzuschwimmen (Fig. 115), ehe sie sich aufs neue einkapseln. Andererseits besitzen die meisten einzelligen Tiere die Enzystierung; sie hören auf zu fressen und sich zu bewegen, kugeln sich zusammen und umhüllen sich mit einer festen, manchmal sogar aus Zellulose bestehenden Membran. Da in beiden Fällen ein Wechsel zwischen eingekapselten und freibeweglichen Zuständen vorhanden ist, kann nur die längere Dauer des einen oder des anderen bei der Unterscheidung leiten. Da hierbei sich alle nur denkbaren Abstufungen ergeben, erklärt es sich, warum wir bei manchen *Protozoen* (*Mycetozoen* und *Flagellaten*) auch jetzt noch keine scharfe Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich ziehen können.

V. Geographische Verbreitung der Tiere.

Schon eine oberflächliche Kenntnis von der Verbreitungsweise der Tiere läßt erkennen, daß die Tierfauna an verschiedenen Punkten der Erde wesentlich andere Charaktere hat. Zum Teil ist diese Verschiedenartigkeit der Faunen eine Folge der klimatischen Unterschiede. *Eisbär*, *Polarfuchs*, *Eiderenten* und viele andere *Schwimmvögel* sind auf die Polarzone angewiesen, weil sie ein bestimmtes Maß von Wärme nicht gut ertragen können; umgekehrt sind die meisten großen *Katzenarten*, *Affen* und *Kolibris* usw. nur in tropischen oder subtropischen Gegenden vertreten, weil sie gegen niedere Temperaturen empfindlich sind. Auch anderweitige Lebensbedingungen, die einer kurzen allgemeinen Besprechung Schwierigkeiten bereiten, wie Beschaffenheit des Untergrunds, Zusammensetzung der Pflanzenwelt, atmosphärische Einflüsse usw. üben auf die Zusammensetzung der Fauna an verschiedenen Örtlichkeiten einen großen Einfluß.

Wären Klima und Lebensbedingungen die einzigen, die Verbreitung bestimmenden Faktoren, so müßte der faunistische Charakter von zwei Ländern, welche gleiche klimatische Verhältnisse besitzen, im wesentlichen derselbe sein. Umgekehrt müßten innerhalb eines zusammenhängenden, sich durch mehrere Klimazonen hindurch erstreckenden Territoriums die einzelnen Regionen gänzlich verschiedene Tierfaunen besitzen, je nachdem sie dem Äquator oder den Polen benachbart sind. Beides trifft nicht zu; zwei tropische Länder können im Charakter ihrer Tierwelt einander ferner stehen als die heißen und kalten Gegenden eines und desselben Kontinents.

Die moderne Zoologie ist bemüht, diese eigentümlichen Verhältnisse zu erklären, indem sie die jetzige Verbreitung der Tiere als das Produkt von zwei Faktoren auffaßt: der allmählichen Umgestaltung der Tierwelt und ferner der allmählichen Umgestaltung der den Tieren zur Ausbreitung dienenden Erdoberfläche (vgl. S. 47). Die in der Geologie niedergelegte Erdgeschichte lehrt zweierlei: 1. daß die Zusammenhänge der Erdteile vielfach gewechselt haben, daß z. B. zu einer Zeit, wo das Mittelmeer noch nicht seine heutige Ausdehnung gewonnen hatte, Marokko, Algier, Tunis und Ägypten mit dem europäischen Nordrand des Mittelmeeres inniger verknüpft waren als mit dem südlichen, durch die Sahara getrennten Teil des afrikanischen Kontinents, 2. daß erhebliche Klimaschwankungen stattgefunden haben. In Europa herrschte in der Tertiärzeit ein

subtropisches Klima, welches Tieren, wie sie jetzt in Afrika (*Affen* und *Halbaffen*) vorkommen, die Existenz ermöglichte. Gegen Ende der Tertiärzeit trat eine Kälteperiode ein, welche in weiten Strecken des europäischen Kontinents polare Lebensbedingungen und damit eine Fauna nördlicher Tiere (*Renntier*, *Moschusochse*) einführte, von welcher sich wenige Relikten in der Gletscherregion des Hochgebirges bis in die Neuzeit erhalten haben (*Alpenhase*). Hand in Hand mit den geologischen Veränderungen gingen Veränderungen in der Tierwelt vor sich, indem unter dem Wechsel der Existenzbedingungen vorhandene Arten ausstarben, auswanderten oder vielleicht auch durch allmähliche Umbildung neue Arten lieferten. So gestaltet sich die Tiergeographie zu einem äußerst verwickelten Problem, dessen Lösung eine umfassende Reihe von Vorarbeiten voraussetzt. Wir müssen genau wissen, wie sich die Zusammenhänge des Festlandes und die Klimaverteilung besonders in den letzten Erdperioden verändert haben; wir müssen ferner erforscht haben, nicht nur wie sich jetzt die Tiere über die Erdoberfläche verteilen, sondern auch wie sie in früheren Zeiten verteilt gewesen sind. Endlich müssen zuvor Anatomie und Entwicklungsgeschichte in ganz detaillierter Weise uns die Verwandtschaftsbeziehungen der Tiere klargelegt haben.

Bis zur Lösung der hier kurz skizzierten Aufgabe ist es ein außerordentlich weiter Weg; was bisher erforscht wurde, kann nur die Bedeutung einer vorläufigen Prüfung haben, daß die Zoologie mit ihren herrschenden Anschauungen über die Umformung der Tiere und der Erde auf dem richtigen Wege ist. Ein Prüfstein für die Richtigkeit dieser Anschauungen würde es sein, wenn sich feststellen ließe, daß die faunistische Ähnlichkeit zweier Länderstrecken in erster Linie davon abhängt, wie lange sie miteinander in enger Verbindung und infolgedessen auch in Austausch der sie bewohnenden Tiere gestanden haben. Zwei Länder, welche in frühen Perioden der Erdgeschichte voneinander getrennt wurden, müssen rücksichtlich ihrer Tiere einander fremder sein, als Länder, welche jetzt noch zusammenhängen oder sich erst jüngst voneinander getrennt haben. In dieser Hinsicht ist es sehr bezeichnend, daß, wenn man sich auf der nördlichen Hemisphäre in gleicher Klimazone um die Erde bewegt, man selbst in sehr weit entfernten Ländern eine außerordentlich ähnliche Fauna findet, daß man dagegen unter dem Äquator und auf der südlichen Hemisphäre unter gleichen Lebensbedingungen ganz gewaltigen Unterschieden begegnet. Man erklärt dies aus der verschiedenen geologischen Entwicklung der nördlichen und südlichen Hemisphäre. Nach Annahme der Geologen erstreckte sich in der paläozoischen Zeit ein einheitlicher Kontinent (Südatlantis und Godwanaland) in der Gegend des Äquators und südlich von demselben. Derselbe erfuhr gegen Ende der mesozoischen Zeit eine Aufteilung in Stücke, welche die Anlagen für Südamerika, Afrika und Australien wurden, so daß vom Anfang der Tertiärzeit, in welcher sich allmählich die jetzt vorhandene Tierverteilung entwickelte, diese drei Kontinente voneinander ungefähr so getrennt waren wie jetzt. Umgekehrt schlossen sich die in den alten Perioden der Erdgeschichte getrennten Ländermassen der nördlichen Hemisphäre (Nearktis, Paläarktis und der Angarakontinent) im Tertiär allmählich zu der jetzt vorhandenen einheitlichen Ländermasse zusammen.

Bei der näheren Durchführung der erörterten Gesichtspunkte haben die Tiergeographen versucht, große Faunengebiete der Erde, Tierprovinzen oder Regionen zu unterscheiden und innerhalb dieser wieder Abteilungen von geringerer Bedeutung, die Subregionen. Man hat diese Provinzen vor-

wiegend auf die Verbreitungsweise der *Säugetiere*, weniger auf die der *Vögel* und übrigen Tiere begründet. Denn die Verbreitungsweise der Säugetiere wird hauptsächlich von denjenigen Veränderungen der Erdoberfläche bestimmt, welche sich geologisch am besten kontrollieren lassen und am meisten Interesse besitzen. Der Mehrzahl der Säugetiere setzen bedeutende Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche unüberwindliche Schranken entgegen, Hebungen, wenn sie zur Bildung gewaltiger vergletschter Gebirgskämme führen, Senkungen, wenn in ihrem Gefolge Meeresarme entstehen, welche, wenn auch vielleicht nur schmale, so doch für die meisten Säugetiere unüberschreitbare Wasserstrecken zwischen zwei bisher zusammenhängende Länder einschieben. Vögel und gut fliegende Insekten werden von allen solchen Veränderungen der Erdoberfläche zwar auch betroffen, aber nicht in gleichem Maße wie die Säugetiere; sie können ihrer Mehrzahl nach Meeresarme und Gebirgsketten überfliegen, wie es denn Vögel gibt, die weite Meere, wie den Atlantischen Ozean überqueren.

Von den bisher aufgestellten tiergeographischen Systemen hat am meisten Anklang die von Schläter und Wallace vorgeschlagene Einteilung gefunden. Die englischen Gelehrten unterscheiden folgende sechs Hauptregionen: 1. die paläarktische, welche ganz Europa, den Norden Afrikas bis zur Sahara und das nördliche Asien bis zum Himalaja umfaßt; 2. die äthiopische, das gesamte, südlich der Sahara gelegene Afrika; 3. die orientalische, zu der Vorder- und Hinterindien, das südliche China und die westlichen malaiischen Inseln gehören; 4. und 5. die nearktische und neotropische Region, welche den amerikanischen Kontinent ausmachen und durch eine Linie, welche ungefähr in der Gegend des Nordrandes von Mexiko zu ziehen ist, getrennt werden; 6. die australische, zu der man außer Australien die großen und kleinen Inseln des Stillen Ozeans und die malaiischen Inseln östlich von Celebes und Lombok rechnet.

1. Die australische Region ist von den übrigen Regionen am schärfsten unterschieden und wird daher von vielen Tiergeographen als ein Hauptreich mit dem Namen „*Notogaea*“ bezeichnet. Ihre geographisch isolierte Lage, vereint mit dem Umstand, daß die jetzt noch vorhandene Trennung von den übrigen Ländermassen schon seit langem (wahrscheinlich seit Anfang der Tertiärzeit) besteht, ist Ursache gewesen, daß zwar die älteren Säugetiere, die *Beuteltiere* und *Monotremen*, in ihr Gebiet haben eindringen, die später und höher entwickelten *placentalen Säugetiere* dagegen ihnen nicht haben folgen können. Während die *Beuteltiere*, welche in der Sekundärzeit auch die nördliche Hemisphäre bewohnten, in dieser während der Tertiärzeit von den *placentalen Säugetieren* verdrängt wurden, konnten sie in Australien sich weiter entwickeln. Australien mit den angrenzenden Inseln ist somit das Land der *Beuteltiere*, welche sich außerdem nur noch in Südamerika (*Caenolestes*, *Didelphiden*, letztere durch das *Opossum* auch in Nordamerika vertreten) erhalten haben. Dagegen fehlten in Australien, als es von Europäern entdeckt wurde, die *Placentaler* mit Ausnahme der durch Wasser in ihrer Verbreitung nicht gehemmten *Cetomorphen*, *Pinnipedier* und *Fledermäuse* und der durch schwimmendes Holz leicht verschleppt werdenden *Muriden*. Zwei größere Säugetiere, *Sus papuensis* Neu-Guineas und der wilde Hund Australiens, *Canis dingo*, sind wohl in Begleitung des Menschen eingedrungen, was für den *Dingo* noch immer das Wahrscheinlichste ist, trotzdem man seine Reste schon im Pleistocän Australiens gemeinsam mit den Riesenbeutlern dieser Zeit gefunden hat. Weitere Eigentümlichkeiten der australischen Region sind die Eier legenden Säugetiere *Echidna*, *Proechidna* und *Orni-*

thorhynchus (*Monotremen*), die besonders auf Neu-Guinea entwickelten *Paradiesvögel*, die *Casuare* und der *neuholländische Strauß*, die Kakadus, Großfußhühner (*Megapodidae*) und Leierschwänze (*Menuriden*).

Daß auf den der australischen Region angehörigen, isolierten Inselgruppen der Südsee (Polynesien) sich viele faunistische Besonderheiten entwickelt haben, ist begreiflich; ebenso ist es begreiflich, daß zwischen den der orientalischen Provinz angehörigen und den Australien faunistisch nahestehenden Inseln des malaiischen Archipels nicht die scharfe Grenze besteht, die man früher als Wallace'sche Linie bezeichnet hat, daß sich vielmehr hier eine Inselzone erstreckt, innerhalb deren ein Austausch der Faunengebiete sich vollzogen hat (Eindringen von *Beuteltieren* in Celebes, von *Placentaliern* nach den Molukken). Dagegen verdient besondere Beachtung die Sonderstellung Neu-Seelands und der anschließenden Inseln. Dieses Gebiet unterscheidet sich von Australien durch eine große Zahl eigentümlicher Vögel (*Apteryx*, die ausgestorbenen *Dinornithiden*), *Reptilien* (die altertümliche *Hatteria*) und *Mollusken*. Wenn wir die tiergeographisch unwichtigen *Fledermäuse* und *Muriden* und den Menschen außer acht lassen, fehlten in Neu-Seeland altansässige Säugetiere, auch die Beuteltiere.

2. Nächst Australien ist die neotropische Provinz (Südamerika + Zentralamerika) am schärfsten charakterisiert. Auch ihr wird der Rang eines besonderen Hauptreiches „*Neogaea*“ angewiesen, namentlich mit Rücksicht auf ihre geologische Vergangenheit, welche erkennen läßt, daß die *Neogaea* in der Kreideperiode und der ersten Hälfte der Tertiärzeit von Nordamerika durchs Meer getrennt war und eine besondere Tierfauna (z. B. riesige *Edentaten*, keine *Huftiere* und *Raubtiere*) entwickelt hatte. Wenn sich auch die unterscheidenden Merkmale gegen Ende der Tertiärzeit durch Eindringen von Norden kommender *Raubtiere* und *Huftiere*, andererseits durch Vorrücken von *Edentaten* (*Gürteltiere*), *Didelphiden* (Beutelratten), *Kolibris* usw. nach Norden etwas verwischt haben, so ist doch der eigenartige faunistische Charakter auch jetzt noch unverkennbar. Die *Neogaea* beherbergt die *breitnasigen Affen*, während die *schmalnasigen Affen* der alten Welt angehören; sie ist auch jetzt noch arm an Huftieren, abgesehen von den durch den Menschen eingeführten Formen, besitzt dagegen charakteristische *Edentaten* in den *Gürteltieren*, *Faultieren*, *Ameisenbären*, ferner eigentümliche Beuteltiere, die *Didelphiden*, und die den *Diprotodontien* Australiens nahestehende Gattung *Caenolestes*, von Vögeln die *Kolibris*, *Tukane*, *Aras*, *Hokkos*, die merkwürdigen *Cotingiden*, *Tanageriden*, *Tinamiden* und *Palamedeiden*, die *Rhea americana* usw. Auffallend ist das fast gänzliche Fehlen der *Insektivoren* und die ansehnliche Entwicklung mancher Nager (*Caviiden*, *Dasyproctiden*, *Chinchilliden*).

Die vier übrigen Regionen hängen geographisch eng zusammen und sind auch in ihrer Tierwelt einander ähnlich, so daß man sie zu einem dritten Hauptreich „*Arctogaea*“ vereinigen kann. Gemeinsame Charaktere sind gänzlicher Mangel der *Beuteltiere* (mit Ausnahme des in Nordamerika eingewanderten *Opossums*) und *Monotremen*, der *Platyrrhinen*, starke Entwicklung der *Insektivoren* usw. Besonders sind die nördlichen Teile dieser Ländermassen während der Tertiärzeit in engeren Verband und Austausch der Tierwelten getreten, was durch die Ausdehnung warmen Klimas bis in den hohen Norden noch erleichtert wurde. Daher werden von vielen Tiergeographen die nearktische und paläarktische Provinz zur holarktischen vereinigt.

3. Die nearktische Region hat besonders drei Säugetierfamilien eigentümlich, die *Gabelgamsen*, die *Taschenratten* und die *Haplodonten*,

aus der Klasse der *Amphibien* die *Sireniden* und *Amphiumiden*. Bemerkenswert ist das Fehlen von Reh, Dachs, Wildschwein, aller echten Mäuse. Von der am nächsten verwandten paläarktischen Region ist sie außerdem noch unterschieden durch das Vorkommen eingewanderter neotropischer Formen, wie der *Beutelratten*, *Kolibris* usw.

4. Die paläarktische Region ist ein Gebiet, welches sich über den größten Teil der Erde erstreckt und dabei an viele andere Tierprovinzen angrenzt. Daher ergeben sich einerseits wichtige, durch Klima und weite Entfernung bedingte Unterschiede innerhalb des Gebietes, andererseits erklärt sich daraus, daß die paläarktische Region keine Familien ausschließlich für sich besitzt. Familien, welche wenigstens vorwiegend hier ihre Entwicklung gefunden haben, sind die *Hirsche*, *Rinder*, *Ziegen*, *Schaf*-Arten und *Kamele*, besonders hervorragende Gattungen die *Gemsen*, *Moschustiere*, die *Siebenschläfer*, *Dachse* und *Pfeifhasen*.

5. Die äthiopische Region hat viele Familien für sich allein, unter denen die *Flußpferde* und *Giraffen*, die *Kapschweine* und, wenn wir Madagaskar zur Region hinzuziehen, die *Fingertiere* die charakteristischsten sind. Dazu kommt der große Reichtum an *Antilopen* und *Zebra*-Arten, die Anwesenheit von *Schimpanse* und *Gorilla* und der neu entdeckten *Ocapia*. Ebenso bemerkenswert ist das gänzliche Fehlen auffallender Familien und Gattungen, wie der *Bären*, *Maulwürfe*, *Hirsche*, *Tapiere*, der echten *Schweine* (*Sus*), soweit sie nicht domestiziert und eingeführt sind. Innerhalb der Region nimmt die Insel Madagaskar eine höchst merkwürdige Stellung ein. Die Insel ist das Land der *Halbaffen* und *Insektenfresser*; namentlich ist kein Land so reich an *Halbaffen*, von denen die Mehrzahl der Gattungen ausschließlich in Madagaskar lebt. Dagegen fehlen die großen *Raubtiere*, die *Katzen*, *Hyänen*, *Hunde* und die allerdings auch in Afrika nicht vertretenen *Bären*, sämtliche *Antilopen*, *Elefanten* und *Rhinoceros*-Arten, *echten Affen*. Da sich somit Madagaskar ganz erheblich von Afrika unterscheidet, trennen viele Zoologen die Insel von der äthiopischen Region; manche wollen ihr sogar den Rang einer selbständigen Hauptregion geben.

6. Die orientalische Region enthält nächst Madagaskar die meisten *Halbaffen*, unter denen die *Tarsiden* ausschließlich orientalisches sind. Auffällige Vertreter der Provinz sind außerdem die *Galeopitheciden*, die *Gibbons* und *Orang Utangs*, das *Zwergmoschustier* (*Tragulus javanicus*), zahlreiche Familien und Gattungen von Vögeln.

Von manchen Forschern wird die Anschauung vertreten, daß man außer den besprochenen sechs Tierprovinzen noch zwei weitere zirkumpolare aufstellen müsse, die arktische und antarktische. Beide besitzen eine aus wenigen Arten, aber zahlreichen Individuen bestehende Tierwelt, aus welcher für die nördliche oder arktische Region die *Alken*, *Eisbären*, *Renntiere*, *Eisfüchse*, für die antarktische die *Pinguine* sowie der gänzliche Mangel landbewohnender Säugetiere besonders charakteristisch sind.

Zur Tiergeographie gehört ferner die **Verbreitung der Tiere im Meer und im süßen Wasser**. Da die meisten Meere im Zusammenhang stehen, so sind faunistische Regionen in der Schärfe wie bei der Landfauna nicht zu erkennen. Erhebliche Unterschiede sind nur da vorhanden, wo zwei Ozeane durch Kontinente getrennt werden, welche weit nach Norden und Süden vorragen; solche Unterschiede bestehen z. B. zwischen dem roten Meer und dem geographisch benachbarten Mittelmeer, etwas geringere zwischen Ost- und Westküste von Nordamerika, selbst da, wo sie nur durch die schmale Landenge von Panama getrennt werden.

Ferner werden große Unterschiede wahrnehmbar, wenn zwei Meeresströmungen von ganz verschiedener Temperatur aneinander grenzen.

Viel auffälliger sind bei der Meeresfauna gewisse Unterschiede, welche durch die Abänderung der Lebensbedingungen in den einzelnen Meerestiefen herbeigeführt werden. Man kann eine Tiefseefauna, eine Küstenfauna und eine pelagische Fauna aufstellen. Die Küstenfauna (litorales Benthon) umfaßt die Tiere, welche teils festsitzend, teils frei beweglich die pflanzenbewachsenen felsigen oder sandigen Ufer bis einige hundert Meter tief besiedeln. Die Tiefseefauna (Bathybenthon) schwimmt, kriecht oder ist festgewachsen auf dem Boden der 1000 bis 9000 m tiefen Abgründe der Ozeane (die größte bisher gemessene Tiefe beträgt 9430 m): sie unterscheidet sich von der Küstenfauna durch ihre Armut an Formen, zum Teil auch durch ihren altertümlichen Charakter, indem hier vielfach Tiere fortleben, welche man lange Zeit vorwiegend aus früheren Erdperioden kannte, wie die *Hexactinelliden*, *Crinoideen*, gewisse *Seesterne* und *Seeigel* usw.

Unter pelagischer Tierwelt (Pelagial) versteht man das, was frei im Wasser schwebt, das „Plankton“; viele *Cölenteraten* (*Medusen* und *Ctenophoren*), ganze Abteilungen der *Protozoen*, wie die *Radiolarien*, mancherlei *Krebse* und *Krebslarven*, von den *Mollusken* die *Heteropoden* und *Pteropoden* gehören hierher. Diese Tiere leben entweder an der Oberfläche des Meeres oder frei schwebend in geringeren und größeren Tiefen bis zu 8000 m und darunter. Zumeist sind sie gallertartig weich und von glasartiger Durchsichtigkeit, was wohl als sympathische Färbung und Anpassung an die durchsichtige Klarheit des Meerwassers betrachtet werden muß. Das Plankton der großen Meerestiefen (Bathypelagial), etwa bis 800 m hinaufreichend, bildet im allgemeinen eine Fauna für sich, ausgezeichnet durch die rotbraunen Farbentöne, welche auch unter der Bodenfauna weit verbreitet sind. Von dem „Plankton“ des Pelagials, dessen Eigenbewegung geringfügig ist im Vergleich zu den durch Meeresströmungen bedingten Ortsveränderungen, unterscheidet man als „Nekton“ die Tiere, welche aktiv schwimmend weite Wanderungen unternehmen, wie z. B. *Fische* und *Walische*.

Im Süßwasser muß man zwei Gruppen von Tieren auseinanderhalten, von denen die eine mehr die höher organisierten Formen, die *Fische*, *Mollusken* und höheren *Krebse*, die andere mehr die niedere Lebewelt umfaßt. Die Verbreitungsweise der ersteren wird vorwiegend von den Momenten bestimmt, welche auch bei der Scheidung der Landbewohner wirksam sind; sie ist daher für alle tiergeographischen Fragen von großer Bedeutung; doch ist hierbei zu beachten, daß noch jetzt manche Fische zur Zeit des Laichens aus dem Meer in die Flüsse (*Lachs*, *Maisfisch*) oder umgekehrt aus den Flüssen ins Meer (*Aal*) übertreten, daß also das Meer für Süßwasserfische nicht die scharfe Scheidung bildet wie für Landbewohner. Die Verbreitungsweise der zweiten Gruppe von Süßwassertieren ist dagegen eine im großen und ganzen kosmopolitische. Die meisten einheimischen *Infusorien* und *Rhizopoden*, *Brachiopoden* und *Copepoden*, *Süßwasserpolyphen* und *Süßwasserschwämme* scheinen nahezu über die ganze Erde verbreitet zu sein. Das hängt damit zusammen, daß diese Tiere Ruhezustände besitzen, hartschalige Eier oder ganze eingekapselte Tiere, welche das Eintrocknen vertragen und mit Schlamm von Wasservögeln verschleppt, in geringerem Maße auch vom Wind als Staub verweht werden können, um, von neuem in das Wasser gelangt, ihre volle Entwicklungsfähigkeit zu betätigen.

VI. Zeitliche Verbreitung der Tiere.

Die Beschaffenheit und Verbreitungsweise der Tiere in früheren Perioden der Erdgeschichte zu schildern, ist die Aufgabe einer besonderen Wissenschaft, der Paläontologie oder Paläozoologie. Da es aber besonders bei Wirbeltieren zum Verständnis der lebenden Formen nötig ist, paläontologische Ergebnisse heranzuziehen, so möge hier eine Übersicht über den geologischen Aufbau der Erde mit einer kurzen zoologischen Charakteristik der einzelnen Perioden Platz finden. Ich übergehe hierbei die ältesten überaus mächtigen Schichten der Urgebirge (Azoicum) von meist krystallinischer Beschaffenheit; da aus ihnen keine Reste von Lebewesen bekannt sind. Die ihnen angehörigen laurentischen Schichten enthalten zwar das längere Zeit für ein *Foraminifer* gehaltene *Eozoon canadense*; dasselbe wird aber jetzt allgemein als eine mineralische Ausscheidung gedeutet.

I. Eozoische (archäozoische, präcambrische) Zeit.

Aus dieser Periode sind lediglich gut erhaltene Radiolarienskelette beschrieben worden, außerdem Fossilien, die mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit auf *Spongien*, *Hydrozoen*, *Pelmatozoen* und *Merosomen* (*Arthropoden*) bezogen werden.

II. Paläozoische Zeit. 1. Cambrium. 3. Devon. 5. Perm. 2. Silur. 4. Carbon.

Die ältesten paläozoischen Schichten, die cambrischen, enthalten nur Reste von Wirbellosen: *Kieselschwämme*, die rätselhaften *Graptolithen*, *Trilobiten*, *Brachiopoden*, *Cystoideen*, *Nautiloideen*, *Schnecken*, vielleicht einige *Muscheln* und *Gigantostraken*. *Trilobiten*, *Cystoideen*, *Gigantostraken* und die im Silur auftretenden *Blastoideen* und *Tetracoralien* erreichen in der paläozoischen Zeit ihren Höhepunkt und sterben aus oder verschwinden. Im Silur beginnen die Fische und erreichen schon im Devon eine große Mannigfaltigkeit. Im Carbon beginnen die *Amphibien* und *Reptilien*.

III. Mesozoische Zeit. 1. Trias. 2. Jura. 3. Kreide.

Das mesozoische Zeitalter bezeichnet die Blüte der *Reptilien*, die durch viele abenteuerliche und riesige, zumeist schon in der Kreide aussterbende Formen vertreten sind. Ferner treten in der Trias die ersten *Säugetiere*, im Jura die *Vögel* auf. Unter den Wirbellosen erreichen die im Devon zuerst auftretenden *Ammoniten* ihren Höhepunkt und ihr Ende.

IV. Känozoische Zeit. a) Tertiär. 1. Eocän. 3. Miocän. 2. Oligocän. 4. Pliocän. b) Quartär. 5. Pleistocän (Periode der Eiszeiten, Diluvium). 6. Neuzeit (Alluvium).

Im Laufe des Tertiärs haben sich die jetzt lebenden Ordnungen der *Säugetiere* und *Vögel* entwickelt, unter ihnen wahrscheinlich auch der *Mensch*, dessen Spuren mit Sicherheit bis in das Pleistocän haben verfolgt werden können.

Spezielle Zoologie.

Seitdem die Anschauungen der vergleichenden Anatomie und der Deszendenztheorie Einfluß auf die systematische Zoologie gewonnen haben, erblickt man im System der Tiere nicht nur ein Mittel, das Bestimmen der Arten zu ermöglichen, sondern stellt ihm weiter die Aufgabe, die verwandtschaftlichen Beziehungen, in denen die größeren und kleineren Gruppen zueinander stehen, zum Ausdruck zu bringen. Die Lösung dieser Aufgabe setzt eine genaue vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Kenntnis und ein hierauf sich gründendes volles Verständnis der Tierformen voraus. Wir sind von letzterem noch weit entfernt, auf einigen Gebieten der Zoologie weniger weit als auf anderen, und demgemäß sind auch die systematischen Bemühungen nicht überall gleichweit gediehen. Als naturgemäß gebildete Stämme des Tierreichs werden allgemein anerkannt: 1. die *Wirbeltiere*, 2. die *Weichtiere* (nach Ausschluß der *Brachiopoden*), 3. die *Gliederfüßler*, 4. die *Stachelhäuter*, 5. die *Cölateraten* (nach Ausschluß der *Schwämme*), 6. die *Urtiere*. Dagegen ist strittig, wie man sich dem von v. Siebold aufgestellten und von Leuckart enger begrenzten Stamm der *Würmer* und einigen kleineren *Gruppen* (*Brachiopoden*, *Bryozoen*, *Tunicaten*) gegenüber verhalten soll. Im allgemeinen besteht die Neigung, die *Würmer* mindestens in drei Stämme aufzulösen (*Platt-*, *Rund-* und *Ringelwürmer*) und auch aus den *Brachiopoden*, *Bryozoen* und *Tunicaten* besondere Stämme zu bilden. Bei einem solchen Verfahren werden formenarme und für die Betrachtung des Tierreichs minder wichtige Gruppen mit den großen, unendlich mannigfaltiger gebauten Stämmen der *Wirbeltiere*, *Gliederfüßler* und *Weichtiere* auf gleiche Stufe gestellt und gewinnen so, namentlich im Auge des Anfängers, eine ihnen in keiner Weise zukommende Bedeutung. Daher soll in diesem Lehrbuch der Stamm der *Würmer* beibehalten werden, um so mehr, als es wahrscheinlich ist, daß die im Namen schon ausgedrückte Formenähnlichkeit der verschiedenen Wurmklassen auf einer engeren Blutsverwandtschaft beruht. *Brachiopoden*, *Bryozoen* und *Tunicaten* werde ich im Anhang an die Würmer besprechen, wenn auch die nahe Verwandtschaft der *Tunicaten* mit den *Wirbeltieren* außer Zweifel steht. Von den sieben Stämmen, welche sich ergeben, wenn man den Würmerstamm beibehält, haben weiterhin die *Cölateraten*, *Würmer*, *Stachelhäuter*, *Weichtiere*, *Gliederfüßler* und *Wirbeltiere* viel Gemeinsames, wodurch sie sich vom Stamm der *Urtiere* unterscheiden; sie sollen daher unter dem Namen **Metazoen** zusammengefaßt werden.

I. Stamm.

Protozoen oder Urtiere.

Die *Protozoen* oder *Urtiere* sind durchschnittlich von geringer Körpergröße; die meisten von ihnen können eben noch von einem scharf beobachtenden Auge als kleine Punkte wahrgenommen werden; viele sind sogar so klein, daß zu ihrer Auffindung das unbewaffnete Auge nicht ausreicht und die Benutzung des Mikroskops notwendig wird. Seltener sind Formen, welche einen Durchmesser von mehreren Millimetern oder gar Zentimetern erreichen, was namentlich dann zutrifft, wenn Hunderte von Individuen zu einer Kolonie vereinigt sind.

Größe der
Protozoen.

Die geringere Körpergröße der *Protozoen* ist eine notwendige Folge davon, daß sie nur aus einer einzigen Zelle bestehen. Sie sind Klümpchen jener eigentümlichen Substanz, welche man früher *Sarcode* genannt hat, der man aber jetzt den Namen *Protoplasma* gibt, weil sie in ihren Lebenserscheinungen mit dem Protoplasma der tierischen und pflanzlichen Zellen übereinstimmt. Zum Protoplasma kommt als ein weiteres Zellattribut ein oder mehrere Kerne hinzu. Mit der Einzelligkeit hängt es ferner zusammen, daß den *Protozoen* echte Gewebe und echte Organe fehlen; sie haben keinen Darm, kein Nervensystem, keine Geschlechtsorgane usw.; die fundamentalen Funktionen der Ernährung, Empfindung, Bewegung und Fortpflanzung werden vom Protoplasma geleistet.

Bau.

Bei der Ernährung, sofern sie nicht durch gelöste Stoffe erfolgt, gelangen Fremdkörper in das Protoplasma hinein und werden von demselben verdaut; sie werden dabei häufig in besondere Flüssigkeitsansammlungen (Fig. 148, 120 u. f. *Na*), die Nahrungsvakuolen, eingeschlossen, welche zunächst behufs Abtötung lebender Beute sauer, später während der eigentlichen Verdauung alkalisch reagieren. Alles Unverdauliche wird nach einiger Zeit wieder ausgestoßen. Die Aufnahme und Entleerung der Fremdkörper kann bei den nackten *Protozoen* an jedem Punkt der Körperoberfläche erfolgen. Wenn aber die Oberfläche undurchgängig wird, indem sie zu einer „*Pellicula*“ erhärtet oder eine feine Hülle „*Cuticula*“ ausscheidet, entwickeln sich besondere Öffnungen, welche man nach Analogie mit den vielzelligen Tieren Mund und After, prägnanter Zellenmund, „*Cytostom*“, und Zellenafter, „*Cytopyge*“, nennt. Der Zellenmund kann sogar in einen frei in das Protoplasma mündenden Kanal führen, den *Cytopharynx*. Die Erscheinung, daß die einzelnen Arten der *Protozoen* sich voneinander in bezug auf die Nahrung unterscheiden, *Actinosphaerien* sich z. B. mit Vorliebe von Trompetentierchen, *Paramaccien* von Bakterien ernähren, hat zu der interessanten Frage geführt, ob die Protozoen schon willkürliche Nahrungsauswahl besitzen. Die in dieser Richtung unternommenen Experimente haben es wahrscheinlich gemacht, ohne jedoch die Erklärung auszuschließen, daß die vorhandenen Unterschiede der Nahrung durch Besonderheiten in der Lebensweise und Verbreitung des Nahrungsaufnehmers und seiner Beute und anderweitige äußerliche Bedingungen bestimmt sind.

Ernährung.

Auch sonst können innerhalb der Protozoenzelle Einrichtungen entstehen, welche an die Organe höherer Tiere erinnern und daher Zellorgane oder Organellen heißen. Wenn auch gewöhnlich das Protoplasma mit seinen Anhängen, den Pseudopodien, Geißeln und Flimmern, zur Fortbewegung ausreicht, so gibt es doch *Protozoen*, welche echte

Bewegung.

Muskelfibrillen erzeugen, wie die *Vorticellinen*, *Stentoren* und viele andere *Ciliaten*, die *Acanthometren* unter den *Radiolarien*, die *Gregarinen* usw. Die Reizbarkeit der Protozoen gegen Licht wird in manchen Fällen gesteigert, indem sich ein Augenfleck entwickelt, eine umschriebene Pigmentanhäufung, in welcher sogar eine Linse vorhanden sein kann; sie finden sich besonders bei pflanzenähnlichen Flagellaten, die durch den Besitz von Chlorophyllkörnern oder analogen Farbstoffkörpern auf das Licht angewiesen sind. Zu den verbreitetsten Zellorganen gehören endlich die kontraktile Vakuolen (Fig. 116 u. f. *cv.*), Gebilde, welche bei den Süßwasserprotozoen nur selten fehlen, bei den Meeresbewohnern dagegen meistens vermißt werden und sich von den schon erwähnten Nahrungsvakuolen in dreifacher Weise unterscheiden. Erstens nehmen sie zumeist im Körper des Tieres eine bestimmte Lagerung ein, zweitens ist ihre Zahl für die meisten Arten annähernd konstant, drittens besitzen sie äußerst charakteristische Lebenserscheinungen. Ihre Wandungen kontrahieren sich und entleeren den flüssigen Inhalt (manchmal durch einen besonderen Ausführgang) nach außen. Ist infolge der Entleerung die Vakuole vollkommen verschwunden, so entsteht sie nach einiger Zeit von neuem, indem sie sich mit Flüssigkeit aus dem umgebenden Protoplasma füllt. Durch diese Funktionsweise erinnern die kontraktile Vakuolen an die Nieren der *Würmer*, die später zu besprechenden Wassergefäße; wahrscheinlich entleeren sie auch schädliche, im Körper durch die Lebensprozesse entstandene gelöste Stoffe, vielleicht auch Kohlensäure.

Das Vorkommen so mannigfacher an Organe und Gewebe erinnernder Differenzierungen kann dem Körper der *Protozoen* ein kompliziertes Aussehen und ein so hohes Maß von Leistungsfähigkeit verleihen, daß man lange Zeit Bedenken trug, das alles einer einzigen Zelle zuzutrauen. Doch wäre es falsch, deswegen Zweifel an der Einzelligkeit der *Protozoen* zu erheben. Denn mit dem Begriff der Zelle ist es sehr wohl vereinbar, daß sie ihre bildnerische Tätigkeit nach vielen Richtungen hin entfaltet, daß sie gleichzeitig eine Art Darm, Muskelfasern, Sinnesapparate, Skelettstücke usw. erzeugt, wenn sie auch im Organismus der vielzelligen Tiere meist nur ein bestimmtes Bildungsprodukt (die Muskelzellen kontraktile Substanz, die Drüsenzelle Sekrete) liefert.

Kern. Die Lebenserscheinungen der Protozoen gehen vom Protoplasma aus, stehen aber auch zum Kern in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis. Zerschneidet man ein *Infusor* oder eine *Amöbe* in ein kernhaltiges und ein kernloses Stück, so ist nur das erstere dauernd lebensfähig. Das kernlose Stück verliert sofort oder nach einiger Zeit die Fähigkeit, zu assimilieren, zu wachsen und die bei der Operation verloren gegangenen Teile zu regenerieren; es kann dagegen sich noch eine Zeitlang bewegen und vermag auch auf Reize zu reagieren. Reizbarkeit und Kontraktilität dauern offenbar so lange an, als die unter dem Einfluß des Kernes gebildete nötige Organisation vorhanden ist. Ist dieselbe verbraucht, so hören auch die letzten Lebensäußerungen auf und tritt der Tod ein. Man kann somit sagen, daß der Chemismus der Zelle der Mitwirkung des Kernes bedarf.

Fortpflanzung. Auch bei der Fortpflanzung ist der Kern beteiligt. Die primitivste Art der Fortpflanzung ist die Zweiteilung (Fig. 119, 153, 154); seltener ist Knospung, deren Charakter am deutlichsten ist, wenn von einem Muttertier gleichzeitig viele Knospen gebildet werden (Fig. 22). Die Teilung des Kernes erfolgt auf sehr verschiedene Weise; er kann wie

der Zellkörper durch eine Furche durchschnürt werden, ohne erhebliche Strukturveränderungen zu erfahren (Amitose); er kann aber auch die komplizierten Vorgänge der Mitose (Bildung von Spindelfasern und Chromosomen) erkennen lassen. In nicht wenigen Fällen treten sogar besondere Teilungsorgane, Zentralkörperchen, auf, so daß man bei Protozoen alle Übergänge zwischen direkter und äußerst komplizierter indirekter Kernteilung beobachten kann. Eine besondere Form der Teilung zeigen die namentlich bei *Amöbinen* und *Flagellaten* weit verbreiteten Karyosomkerne. Bei ihnen liefert das Karyosom eine faserige Spindel oder einen homogenen spindelartigen, die Teilung bewirkenden Körper, in dessen Umkreis sich das Chromatin zu einer meist ringförmig geschlossenen Äquatorialplatte sammelt. Außerdem hat man im Innern von Kernen an Zentralkörperchen erinnernde Strukturen, Nucleocentrosomen, aufgefunden; nach manchen Forschern sollen sie sogar allen Protozoenkernen zukommen. Sehr häufig vermehren sich die Kerne, ohne daß es zur Teilung des Protoplasmas kommt; es können so große Protoplastkörper mit Hunderten oder Tausenden von Kernen (Fig. 120, 123) entstehen (vielkernige Zellen, Syncytien); oder es wachsen Kern und Protoplasma beide ohne Teilung zu außergewöhnlicher Größe heran. In beiden Fällen tritt nach einiger Zeit simultane Teilung in Hunderte oder Tausende von Fortpflanzungskörpern ein, im ersten Fall, indem ohne weiteres das Protoplasma nach der Zahl der vorhandenen Kerne abgeteilt wird, im zweiten Fall, nachdem zuvor aus dem großen Mutterkern sich eine Generation Tochterkerne entwickelt hat. — Viele Protozoen teilen sich im freien Zustand, während sie herumkriechen oder schwimmen, andere encystieren sich zuvor, d. h. sie nehmen Kugelgestalt an und scheiden eine schützende Membran aus (Fig. 122).

Bei den Protozoen begegnet man außerdem Verschmelzungen, Plasmogamie und Karyogamie. welche an die Befruchtungsprozesse der vielzelligen Tiere und Pflanzen, die Verschmelzungen der Geschlechtszellen erinnern. Zum Teil gestatten dieselben keine nähere Vergleichung mit der Befruchtung der Metazoen, indem nur die Plasmaleiber sich vereinigen (Plasmogamie vieler *Rhizopoden*), während die zum Wesen der Befruchtung unerläßliche Kernverschmelzung (Karyogamie) unterbleibt. In der Regel kommt es jedoch auch zu einer Kernverschmelzung (Bildung eines „Synkaryon“). In den genauer untersuchten derartigen Fällen echter Befruchtung hat man sogar wie bei den Geschlechtszellen der *Metazoen* die merkwürdigen, die Chromatin-Reduktion bewirkenden zwei Reifeteilungen nachweisen können. Dieselben besitzen zumeist den Charakter der für die Eireifung charakteristischen „Richtungskörperbildung“ (S. 133): in jedem der beiden konjugierenden Individuen teilt sich der Kern zweimal, von den Teilprodukten bleibt jedoch nur eines, der für die Karyogamie bestimmte Kern, erhalten, während die anderen Kerne (Richtungskörper) zugrunde gehen. Die Fälle typischer Befruchtung lassen wiederum eine große Mannigfaltigkeit zu. Die sich vereinigenden Tiere können untereinander gleich groß (Isogameten) sein (die meisten *Infusorien*, manche *Rhizopoden*), oder es hat sich ein Größenunterschied (sexueller Dimorphismus) entwickelt, indem kleine und infolgedessen lebhafter bewegliche „männliche“ Tiere (Mikrogameten, Zoosporen) die größeren unbeweglichen oder schwach beweglichen Tiere (Makrogameten, Oosporen) befruchten (*Vorticellinen*, die meisten *Sporozoen* und *Flagellaten*), d. h. mit ihnen zu einer „Zygote“ dauernd verschmelzen (Kopulation). Zwischen Isogamie und Anisogamie ist keine scharfe Grenze zu ziehen.

Es gibt Fälle (*Actinophrys*, *Gregarinen*), in denen die Gameten wie bei vielen niederen Pflanzen gleiches Aussehen besitzen, in ihrem physiologischen Verhalten aber Unterschiede erkennen lassen. In den Fällen, in denen Isogameten vorliegen, braucht es nicht zu einer dauernden Verschmelzung zu kommen. Die Vereinigung ist hier oft nur eine vorübergehende (Konjugation) und dauert nur so lange, als notwendig ist, um eine gekreuzte Befruchtung der beiden Konjuganten zu ermöglichen. Bei der Konjugation befruchtet der Gamet a den Gameten b und wird seinerseits von letzterem befruchtet, worauf beide auseinandergehen. Eine höchst auffallende Erscheinung ist schließlich die gar nicht seltene „Autogamie“. Bei derselben teilt sich ein Muttertier, manchmal sogar nur sein Kern, in zwei Stücke; diese bilden Richtungskörper und verschmelzen, nachdem sie so herangereift sind, wieder untereinander zu einer Zygote; es ist das der denkbar höchste Grad von „Inzucht“ (Fig. 122).

Befruchtung
und Fort-
pflanzung.

Noch vor 40 Jahren konnte man den allgemeinen Satz aufstellen, daß die *Protozoen* im Gegensatz zu den *Metazoen* keine „geschlechtliche Fortpflanzung“ besäßen. Inzwischen haben sich die Beobachtungen über Befruchtungsvorgänge, bei *Protozoen* der verschiedensten Klassen, selbst bei den niedersten Formen, den *Rhizopoden*, so außerordentlich vermehrt, daß man Ursache hat, anzunehmen, daß die Befruchtung allen *Protozoen* zukommt und nur die Seltenheit ihres Auftretens bei vielen Arten den Nachweis erschwert. Vielleicht ist auch bei manchen Gruppen die Befruchtung (ähnlich der Apogamie der Pflanzen) durch Rückbildung geschwunden. Immerhin bleiben noch gewisse interessante Unterschiede zur Befruchtung der *Metazoen* bestehen. Die *Protozoen* haben keine besonderen Sexualzellen, keine Eier oder Spermatozoen; vielmehr funktioniert ihr ganzer Körper als Sexualzelle. Ferner sind die Beziehungen der Befruchtung zur Fortpflanzung noch nicht in der für die *Metazoen* charakteristischen Weise geregelt. 1. Es kommt vor, daß sich *Protozoen* vor und nach der Befruchtung in derselben Weise durch Teilung vermehren, nachher sogar langsamer als vorher (manche *Infusorien*). 2. Es kommt vor, daß die Befruchtung die Ernährung und Fortpflanzung zum Stillstand bringt, indem Encystierung eintritt (viele *Rhizopoden* und *Flagellaten*). 3. Ein dritter Fall ist, daß nach der Befruchtung Teilungen erfolgen, welche lebhafter vor sich gehen und einen anderen Charakter tragen (geschlechtliche Vermehrung, besser „metagame Teilungen“, „Sporogonie“) als die vorhergehenden Teilungen (ungeschlechtliche Vermehrung „Schizogonie“, besser „progame Teilungen“). Man hat dieses Alternieren progame und metagamer Teilungen „Generationswechsel“ genannt (die meisten *Sporozoen*, viele *Rhizopoden*). — Überblicken wir die Gesamtheit der besprochenen Erscheinungen, so kann man bei den *Protozoen* zwar von Befruchtung, aber nicht von geschlechtlicher Fortpflanzung reden. Diese Tatsachen sind von großer Bedeutung für die Beurteilung des Wesens der Befruchtung, da sie zeigen, daß die Befruchtung nicht immer den Zweck hat, Entwicklungsprozesse anzuregen und so die Bildung eines neuen Individuums einzuleiten, sondern daß sie dem Organismus noch weitere Aufgaben zu leisten hat, daß diese zunächst freilich uns noch unklaren Aufgaben die wichtigeren, weil ursprünglicheren und allgemein verbreiteten sind. — In einigen Fällen hat man Reorganisationen des Kernapparates, wie sie nach der Befruchtung vorkommen, auch ohne diese sich vollziehen sehen. Man hat daher Ursache, bei *Protozoen* Parthenogenese anzunehmen. Ob freilich alle als Parthenogenese beschriebenen Fälle diese

Deutung verdienen, kann nur durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

Als kleine und weiche protoplasmatische Körper sind die *Protozoen* gegen Eintrocknen durch Verdunstung wenig oder gar nicht geschützt und daher vorwiegend auf den Aufenthalt im Wasser angewiesen. Manche Formen, wie *Amoeba terricola*, leben auf dem festen Lande, aber auch diese nur an feuchten Orten. Meer- und Süßwasser, von letzterem vorwiegend pflanzenreiche stehende Gewässer, wie Teiche und Tümpel, sind die Lieblingsorte der *Protozoen*. Die Süßwasserbewohner sind kosmopolitisch, so daß die Protozoenfaunen der verschiedensten Länder einander äußerst ähnlich sind. Das hängt mit ihren besonderen Lebenseinrichtungen zusammen. Die Süßwasserprotozoen besitzen auch unabhängig von der Fortpflanzung die Fähigkeit, sich einzukapseln; im encystierten Zustand überdauern sie die Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen, wenn Nahrungsmangel eintritt, wenn das Wasser gefriert oder gar vollkommen verdunstet, so daß sie auf das Trockene geraten. Im encystierten Zustand können *Protozoen* von anderweitigen Tieren, namentlich von Wasservögeln, weithin vertragen oder durch Winde verstreut werden. Doch scheint letztere Verbreitungsweise, wie sich durch Experimente ergeben hat, lange nicht die ihr früher zugeschriebene Bedeutung zu besitzen. Daher die eigentümliche Erscheinung, welche einem Teil der *Protozoen* den Namen *Infusorien* oder *Aufgußtierchen* verschafft hat. Wenn man trockene Erde oder trockene Pflanzen, z. B. Heu, mit Wasser übergießt und diese „Infusion“ oder auch nur ein Glas mit reinem Wasser längere Zeit stehen läßt, so entwickelt sich eine mehr oder minder reiche Protozoenfauna in der Flüssigkeit, weil in sie encystierte Tiere hineingeraten waren, welche durch die Benetzung zu neuem Leben erwachten und die Cystenhülle verließen. Eine Urzeugung, wie man früher annahm, findet hierbei sicherlich nicht statt. Denn wenn man die zur Infusion verwandten Materialien „sterilisiert“ und durch einen Luftzutritt ermöglichenden Verschuß der ebenfalls sterilisierten Gläser (Wattepfropf) das Eindringen neuer Keime verhindert, bleiben die Infusionen unbelebt. Man sterilisiert Gläser, Wasser, Heu, Erde usw., indem man sie längere Zeit Temperaturen von 100° C aussetzt. — Eine große Bedeutung besitzen die Protozoen für die Krankheitslehre. In jeder der vier Klassen findet man zahlreiche Parasiten; die Klasse der *Sporozoen* besteht sogar ausschließlich aus Parasiten. Viele derselben erzeugen schwere Infektionskrankheiten (Wechselfieber, Rückfalltyphus, Schlafkrankheit usw.), und zwar besonders in wärmeren Klimaten, während im Norden, soweit es sich wenigstens um den Menschen handelt, die Bakterienkrankheiten überwiegen. Manche Protozoenerkrankungen täuschen Erblichkeit vor, indem auch die Eizellen vom Parasiten infiziert werden, so die durch *Nosema bombycis* erzeugte Pebrinekrankheit des Seidenspinners und das Texasfieber der Rinder (Erreger die in der Zecke *Boophilus bovis* schmarotzende *Babesia bigemina*).

Ency-
stierung.

Geschichtliches. Da die meisten Protozoen mit unbewaffnetem Auge gar nicht oder nur eben als kleine Punkte wahrgenommen werden können, blieben sie jahrhundertlang unbekannt. Im Jahre 1675 wurden sie zum ersten Male in Infusionen durch den Holländer van Leeuwenhoek, den Erfinder des Mikroskops, entdeckt; durch Wrisberg erhielten sie im 18. Jahrhundert den Namen Aufgußtierchen, „*Animalcula infusoria*“. Erst im vorigen Jahrhundert wurde der zuerst von Goldfuß, aber in viel

weiterem Sinne gebrauchte Name „*Protozoen*“ durch von Siebold eingeführt. Der Vorschlag, einen Teil der Protozoen zu einem Zwischenreich zwischen den Tieren und Pflanzen, dem Reich der *Protisten*, zu vereinigen, wurde von Haeckel gemacht. — Bei der Beurteilung des Baues standen sich lange Zeit die Ansichten Dujardins und Ehrenbergs gegenüber. Ehrenberg behauptete mit aller Bestimmtheit, daß die *Protozoen* wie alle übrigen Tiere die wichtigsten Organe, Darm, Nervensystem, Muskulatur, Exkretionsorgane, Geschlechtsorgane besäßen. Dujardin stellte dies alles in Abrede und schrieb den *Protozoen* nur eine einzige homogene Substanz, die „*Sarcode*“ zu, welche schon genüge, alle Lebenstätigkeiten zu ermöglichen. Dujardins Lehre fand später eine sehr wichtige Ergänzung durch den Satz v. Siebolds, daß die *Protozoen* einzellige Organismen seien. Lange Zeit über war die Ansicht Ehrenbergs in ihrer ursprünglichen Form oder in mehr oder minder wichtigen Modifikationen die herrschende; für die *Rhizopoden* wurde sie endgültig erst in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts durch Max Schultze und Haeckel beseitigt, für die *Infusorien* noch später durch die Arbeiten Haeckels, Bütschlis, Hertwigs u. a. Die Erkenntnis, daß es einzellige Tiere ohne echte Organe gibt, welche vollkommen lebensfähig sind, ist eine der wichtigsten Errungenschaften der Wissenschaft, erstens weil sich dadurch unsere Auffassungen von tierischen Leben vertieft haben; zweitens weil mit dieser Erkenntnis das für die Lehre von der Abstammung der Organismen aus einfachen Urformen wichtigste Glied der Kette, ihr Anfang, gefunden wurde.

Systematik. Das verschiedene Aussehen der *Protozoen* hängt von dem Grad der organologischen und histologischen Differenzierung ab. Da diese vorwiegend in den zur Fortbewegung und Ernährung dienenden Einrichtungen zutage tritt, verdienen dieselben bei der Einteilung besondere Berücksichtigung. Je nachdem die Fortbewegung und Nahrungsaufnahme durch Pseudopodien, Geißeln oder Wimpern vermittelt wird, erhalten wir die drei Klassen der *Rhizopoden*, *Flagellaten* und *Ciliaten* (*Infusorien* s. str.); dazu kommt die durch Parasitismus in ihrer Ernährung, Fortbewegung und Fortpflanzung beeinflusste Klasse der *Sporozoen*. Unzweifelhaft stehen *Rhizopoden*, *Flagellaten* und *Sporozoen* einander viel näher als den *Ciliaten*; sie werden daher vielfach mit Recht als *Plasmodroma* oder *Cytomorpha* den *Ciliophora* oder *Cytoidea* gegenübergestellt. Im Gegensatz zu der in diesem Lehrbuch beibehaltenen älteren Auffassung, daß die *Rhizopoden* die primitivsten Protozoen seien, werden von neueren Forschern chlorophyllhaltige *Flagellaten* als die Ausgangsformen betrachtet, weil nur sie die Fähigkeit haben, durch Assimilation von Kohlensäure und Wasser Nahrung zu erzeugen.

I. Klasse.

Rhizopoden, Wurzelfüßler.

An die Spitze der *Protozoen* stellen wir Organismen, bei denen noch keinerlei konstante Einrichtungen zur Fortbewegung und Ernährung getroffen sind, sondern das Körperplasma oder die *Sarcode* selbst diese Funktionen verrichtet. Mit Rücksicht auf die unmittelbare Verwendung von *Sarcode* können wir die Tiere *Sarcodeorganismen* oder *Sarcodina* nennen. Verbreiteter ist der Ausdruck „*Wurzelfüßler*“ oder „*Rhizopoden*“, welcher sich darauf bezieht, daß das Protoplasma wurzelartige Fortsätze aussendet, welche Nahrungsaufnahme und Bewegung vermitteln. Die

Fortsätze heißen Scheinfüßchen oder Pseudopodien, da sie zwar wie Füße zur Ortsveränderung dienen, aber von echten Extremitäten sich dadurch unterscheiden, daß sie keine konstanten Zellorgane sind, sondern nach Bedürfnis gebildet und wieder eingezogen werden. Ein Pseudopodium entsteht, wenn das Protoplasma nach einer Stelle des Körpers zusammenströmt und über die Oberfläche als ein Fortsatz hervorfließt. Indem der Fortsatz sich anheftet und den Körper nachzieht oder indem das Protoplasma des Körpers nachströmt, findet eine langsame Ortsbewegung statt. Dabei schwindet der Fortsatz, indem er wieder in den Körper aufgenommen wird, und es bilden sich an anderen Stellen des Körpers neue Fortsätze, welche nach einiger Zeit abermals in den Körper zurückfließen. Man nennt diese Form der Bewegung amöboid nach den *Amöben*, bei welchen die Bewegungsweise am frühesten genauer studiert wurde. Wenn nun *Rhizopoden* bei ihren Wanderungen auf Nahrungskörper stoßen, umschließen sie dieselben mit ihren Protoplasmafortsätzen und verdauen sie innerhalb der Pseudopodien oder nehmen sie in ihren Körper auf (Fig. 116 *N*).

Fig. 116.

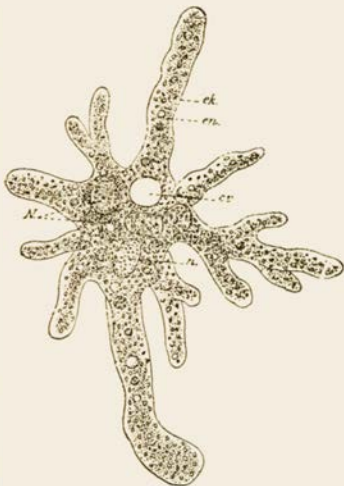


Fig. 116. *Amoeba proteus* (nach Leidy). *ek* Ectosark, *en* Entosark, *cv* kontraktile Vakuole, *n* Kern, *N* Nahrungskörper.

Fig. 117.

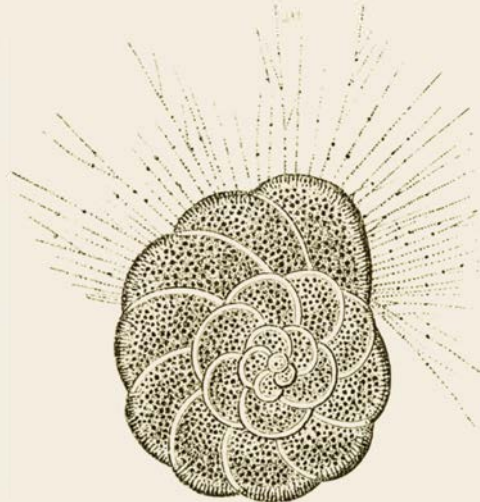


Fig. 117. *Rotalia Freyeri* (aus Lang nach M. Schultze).

Die Form der Pseudopodien ist für jede Art annähernd konstant, im übrigen aber sehr mannigfaltig, so daß sie zur Unterscheidung nicht nur verschiedener Arten, sondern sogar von Gattungen, Familien und größeren Gruppen benutzt werden kann. Es gibt einerseits lappen- und fingerförmige Pseudopodien (Fig. 116), andererseits Pseudopodien von so großer Zartheit, daß sie selbst mit starken Vergrößerungen nur wie dünne Fäden aussehen (Fig. 117); zwischen diesen Extremen existieren die mannigfachsten Übergänge. Fadenförmige Pseudopodien sind meist verästelt; wenn sich die feinen Ästchen begegnen, können sie miteinander zu Netzen verschmelzen und Anastomosen bilden, woraus hervorgeht, daß die Oberfläche der Pseudopodien nicht, wie man früher annahm, von einer Membran bedeckt ist. Die feinen Körnchen

des Protoplasmas treten gewöhnlich auf die Pseudopodien über und erzeugen hier, indem sie in zentrifugaler und zentripetaler Richtung zirkulieren, das Phänomen der Körnchenströmung.

Wenn *Rhizopoden* sich im freien oder encystierten Zustande durch Teilung vermehrt haben, vertauschen die Teilprodukte häufig die amöboide Bewegung mit der für die Klasse der *Flagellaten* charakteristischen Bewegungsweise und werden zu Geißelschwärmern oder Zoosporen. Der Körper rundet sich zu einem Oval oder zu bohnenförmiger Gestalt ab und entwickelt an seinem vorderen Ende eine oder mehrere Geißeln, welche energischer als Pseudopodien schwingen und konstant bleiben, solange als das Stadium des Geißelschwärmers anhält (Fig. 121). Da ferner manche *Urtiere* (*Rhizomastiginen*) dauernd neben den Pseudopodien Geißeln besitzen, verwischt sich die Grenze zwischen *Rhizopoden* und *Flagellaten* (Fig. 118).

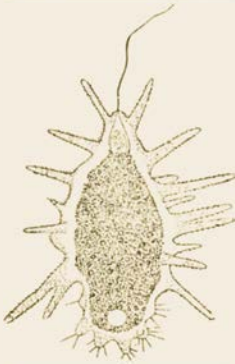


Fig. 118. *Mastigamoeba aspera* (nach F. E. Schulze).

und *Heliozoen*, sei es, daß ein Skelett von gesetzmäßiger Form auftritt, wie bei den *Thalamophoren*, sei es endlich, daß die Fortpflanzungsweise der Gruppe ein bestimmtes Gepräge verleiht (*Mycetozoen*). Am niedrigsten stehen die *Amöbinen*, deren Charakteristik vornehmlich eine negative ist,

insofern weder Skelett, noch Körpergestalt, noch Fortpflanzungsweise bestimmte systematische Merkmale liefern.

I. Ordnung. Amöbinen.

Amöbinen sind primitive Rhizopoden mit einem oder mehreren Kernen. Als charakteristische Repräsentanten können die verschiedenen Arten der Gattung *Amoeba* gelten, Tiere, welche dem beständigen Wechsel, den ihre Körperform bei der Bewegung infolge der Bildung fingerförmiger Pseudopodien erleidet, ihren Namen verdanken (Fig. 116 und 119). Der Körper und die von ihm ausfließenden Pseudopodien bestehen aus zwei Schichten, einer körnchenreicheren Innenschicht, dem Entosark (*en*), und einer körnchenarmen Außenschicht, dem Ectosark (*ek*). Im Entosark liegen stets Kerne, gewöhnlich nur ein einziger, seltener eine große Anzahl. Der Kern (*n*) ist ein Bläschen mit großem Nucleolus (Karyosom) oder

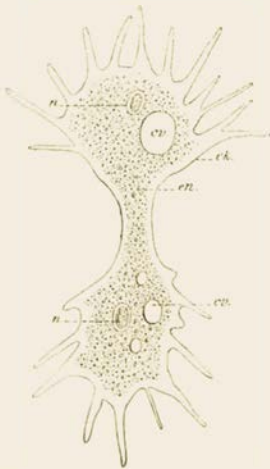


Fig. 119. *Amoeba polypodia* in Teilung (nach F. E. Schulze). *n* Kern, *cv* kontraktile Vakuole, *ek* Ectosark, *en* Entosark.

zahlreichen kleinen Kernkörperchen. Eine kontraktile Vakuole ist meistens vorhanden. Die Fortpflanzung erfolgt durch Zwei- oder Vielteilung (Fig. 119). Teilung in viele, oft Hunderte von Fortpflanzungskörpern, welche wohl immer durch Befruchtungsvorgänge eingeleitet wird, wurde während der Encystierung beobachtet.

Die meisten Amöben sind aus dem Süßwasser bekannt; die größeren Formen, wie die 2 bis 10 mm große *Pelomyxa palustris* Greef., leben im Schlamm von Tümpeln, kleinere, wie *A. proteus* und *A. princeps* Ehrbg., an Wasserpflanzen oder frei im Wasser schwebend; in feuchter Erde existiert die sehr kleine *Amoeba terricola* Greef. Auch gibt es unter den Amöben einige menschliche Parasiten, wie die 0,02 bis 0,035 mm große, bei uns selten, in heißen Klimaten dagegen häufig beobachtete *Amoeba coli* Loesch. Unter diesem Namen sind früher zwei verschiedene Formen zusammengefaßt worden, eine unschädliche, *Entamoeba coli*, und eine oder vielleicht sogar mehrere pathogene Formen, *E. histolytica* Schaudinn, welche in den Darmgeschwüren und Leberabszessen von Menschen, die an der Tropicdysenterie erkrankt sind, in enormen Mengen auftritt. Die Infektion erfolgt durch sehr kleine Cysten, welche mit den Fäkalien abgehen; sie sind bei *E. coli* meist achtkernig, bei *E. histolytica* meist vierkernig.

II. Ordnung. Heliozoen, Sontentierchen.

Die *Heliozoen* verdanken ihren Namen „Sontentierchen“ der Kugelgestalt ihres Körpers und den wie Strahlen radienartig angeordneten

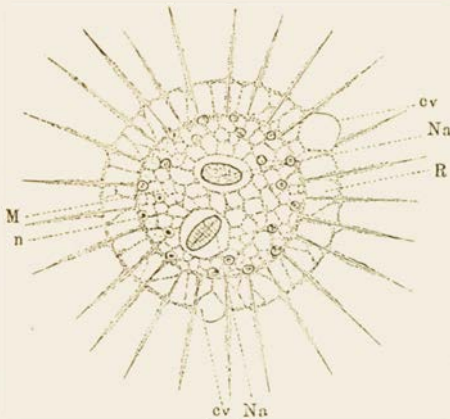


Fig. 120. *Actinosphaerium Eichhorni*.
M Marksubstanz mit Kernen (n), R Rindensubstanz mit kontraktiven Vakuolen cv, Na Nahrungskörper.

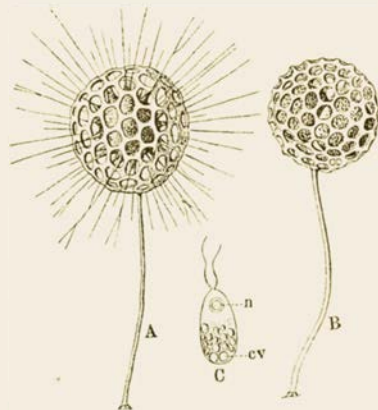


Fig. 121. *Clathrulina elegans*. A Tier mit ausgestreckten Pseudopodien, B Tier in zwei Cysten geteilt. C Zoospore, n Kern, cv kontraktive Vakuole.

Pseudopodien. An letzteren — den Axopodien — unterscheidet man einen feinen, eine Art Skelett bildenden organischen Achsenfaden und einen dünnen Überzug körnigen Protoplasmas. Verästelungen und Anastomosen der Pseudopodien sind selten und treten gewöhnlich nur auf, wenn die radiale Anordnung der Pseudopodien gestört wird. Bei den meisten Arten konvergieren die Achsenfäden nach dem Zentrum des Körpers. Hier liegt ein Korn, welches nichts anderes als das vom Kern abgelöste Zentralkörperchen (vgl. S. 59) ist und als solches auch die Teilung von Kern und Protoplasma beherrscht. Der Körper besteht aus einer Rinden- und einer Marksubstanz (Fig. 120); in der Rinde liegen die kontraktiven Vakuolen (cv), in der Marksubstanz der meist einfache Kern. Zu den wenigen vielkernigen Formen gehört das schönste und größte Sontentierchen des süßen Wassers, das *Actinosphaerium Eichhorni*. Die Fortpflanzung erfolgt durch Teilung, wobei es vorkommen kann,

daß eines oder beide Teilstücke zu Schwärmsporen werden (Fig. 121). Mit den Geißeln verbreiten sich die Heliozoenschwärmer weithin, ehe sie wiederum zur Kugelform zurückkehren und unter Verlust der Geißeln Pseudopodien aussenden. Häufig kommt es vor, daß mehrere *Heliozoen* gleicher Art mittels Protoplasmabrücken verschmelzen und so Verbände von 2—10 oder mehr Tieren bilden (Plasmogamie). Echte Befruchtung (Karyogamie) wurde jedoch bisher nur bei *Actinophrys sol* und *Actinosphaerium Eichhorni* mit Sicherheit festgestellt.

Wir unterscheiden skelettlose und skelettbildende Formen. Ein aus Kieselsäure bestehendes Skelett besitzt: *Clathrulina elegans* Cienk., Skelett

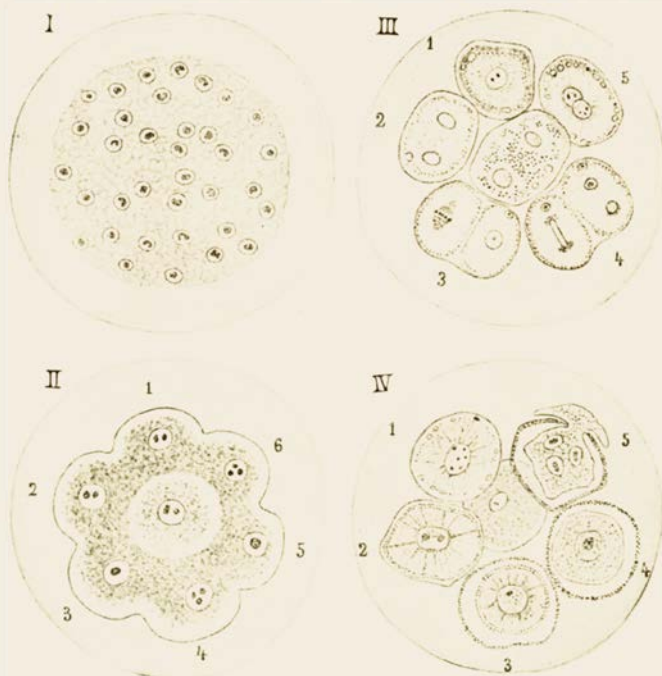


Fig. 122. Encystierung von *Actinosphaerium*, insofern schematisiert, als in III und IV zeitlich auseinanderliegende Entwicklungszustände durch Kombination mehrerer Zeichnungen in einem Bild vereinigt wurden. I frisch encystiertes Tier. II Bildung der Primärcysten nach Resorption der meisten Kerne. III 1 und 2 Teilung der Primärcyste in zwei Sekundärcysten, 3 und 4 Reifung der Sekundärcysten, 3 Bildung des ersten, 4 Bildung des zweiten Richtungkörpers, 5 Verschmelzung der Sekundärcysten (Autogamie). IV 1—4 verschiedene Entwicklungsstufen der Konjugationcyste, 5 Ausschlüpfen eines jungen *Actinosphaerium*s aus der Cyste.

eine Gitterkugel, von einem Stiel getragen (Fig. 121), *Acanthocystis turfacca* Cart., Kieselskelett besteht aus zahlreichen radial gestellten Stacheln. Zu den skelettlosen Formen gehört vor allem das schon im vorigen Jahrhundert von O. F. Müller entdeckte und von Pfarrer Eichhorn wieder neu aufgefundene *Actinosphaerium Eichhorni* Ehrbg. (Fig. 120); Körper milchweiß, stecknadelkopfgroß, Protoplasma nach Art von Seifenschäum durchsetzt von Flüssigkeitsvakuolen, deren verschiedene Gestalt und Größe den Unterschied von Rinden- und Marksubstanz bedingen. In der Rinde mehrere kontraktile Vakuolen, im Mark zahlreiche Kerne. Bei der Encystierung verschwindet die schaumige Beschaffenheit des Protoplasmas

(Fig. 122 I), und der größte Teil der Kerne wird aufgelöst. Innerhalb der gallertigen Cystenhülle wird der Inhalt nach der Anzahl der erhalten bleibenden Kerne in Primärcysten abgeteilt, welche sich mit Kieselhüllen umgeben (II). Jede Primärcyste teilt sich karyokinetisch in zwei Tochtercysten (III_{1,2}), welche unter Bildung von zwei Richtungskörpern heranreifen (III_{3,4}) und dann wieder vollkommen untereinander verschmelzen (III₅). Die in dieser Weise durch Autogamie (Pädogamie) entstandenen Keimkugeln umgeben sich noch mit einer undurchlässigen Hülle (IV₁₋₄), aus der nach längerer Ruhe junge mehrkernige *Actinosphärien* ausschlüpfen (IV₅).

III. Ordnung. Radiolarien.

Die *Radiolarien*, die formenschönsten und höchstorganisierten *Rhizopoden*, gleichen den *Heliozoen* durch ihren kugeligen Körper, welcher freilich in manchen Gruppen durch Abplattung in die Scheibenform oder durch ungleichmäßiges Wachstum in kegelförmige oder lappige Gestalten übergeführt wird. An die *Heliozoen* erinnern ferner die feinen, oft von Achsenfäden gestützten Pseudopodien. Bei einigen Gattungen wurde auch ein Zentralkörperchen beobachtet. Das unterscheidende Merkmal ist in der Zentralkapsel gegeben. Unter diesem Namen versteht man einen von einer Membran umschlossenen zentralen Teil des Körpers, während man die nach außen davon gelegenen Teile als extrakapsulären Weichkörper zusammenfaßt. Die Zentralkapsel ist der wichtigste Abschnitt des Tieres; aus dem extrakapsulären Weichkörper herausgeschält, lebt sie nicht nur weiter, sondern regeneriert sogar die verloren gegangenen Partien, während der extrakapsuläre Weichkörper ohne Zentralkapsel zugrunde geht. Dieser Unterschied im Regenerationsvermögen kann nur durch die auf die Zentralkapsel beschränkten Kerne veranlaßt sein. Die die Zentralkapsel umschließende Kapselmembran ist entweder allseitig von vielen Porenkanälen durchbohrt oder besitzt nur an beschränkten Stellen Öffnungen. Durch die Poren und Öffnungen tritt die intrakapsuläre Sarcode hervor und breitet sich im extrakapsulären Weichkörper aus. Dieser besteht der Hauptmasse nach aus einem Gallertmantel, welchen das Protoplasma mit einem feinen Netzwerk durchzieht, ehe es an der Oberfläche die Pseudopodien bildet. Bei größeren *Radiolarien* kann der Gallertmantel eine beträchtliche Ausdehnung erfahren, indem sich Vakuolen (extrakapsuläre Alveolen) in dem protoplasmatischen Netz entwickeln.

Die Zentralkapsel kann ein- oder vielkernig sein. Im ersteren Falle liegt der Kern als ein Bläschen von ansehnlicher Größe (Binnenbläschen) im Zentrum (Fig. 88); im zweiten Falle ist der Kapselinhalt ganz durchsetzt von Hunderten oder Tausenden kleiner homogener Kerne. Jedes *Radiolar* ist in der Jugend einkernig und später zur Zeit der Zoosporenbildung vielkernig. Der Umstand, daß man bestimmte Arten fast stets vielkernig, die anderen fast stets einkernig antrifft, hängt damit zusammen, daß im ersteren Falle der anfangs vorhandene einheitliche Kern frühzeitig durch Teilung viele kleine Kerne liefert, während er im letzteren Falle zu bedeutender Größe heranwächst und in seinem Inneren das Material für eine Generation von Sekundärkernen erzeugt, während er selbst zugrunde geht (vgl. S. 64). — In der Zentralkapsel werden mannigfache Einschlüsse gebildet, wie Ölkugeln, Konkretionen usw., welche während der Fortpflanzung verbraucht werden.

Mit wenigen Ausnahmen besitzen die Radiolarien Skelette von wunderbarer Schönheit; man findet gegitterte Kugeln, einzeln oder mehrere ineinander geschachtelt und durch radiale Stäbe verbunden (vgl. Fig. 88), auf ihrer Oberfläche häufig mit stachelartigen Aufsätzen verziert. Oder es sind gegitterte Scheiben, helm- oder käfigartige Gehäuse (Fig. 124), schwammige Gerüste. In anderen Fällen endlich begegnet man Ringen, Röhren, Stacheln, welche letztere im Zentrum der Zentralkapsel zusammenstoßen (Fig. 123) usw. Da die Skelette meist aus Kieselsäure bestehen und sehr widerstandsfähig sind, finden sie sich in vielen geologischen Schichten; die berühmtesten Fundstätten sind die Berge von Caltanissetta in Sizilien (Tertiär) und die ebenfalls der Tertiärzeit angehörigen, an

Radiolarien noch reicheren Gebirge der Nicobareninseln und der Insel Barbados. Die in den präcambrischen Kiesel-schiefern der Bretagne vorkommenden *Spumellarien* gehören zu den ältesten Fossilien.

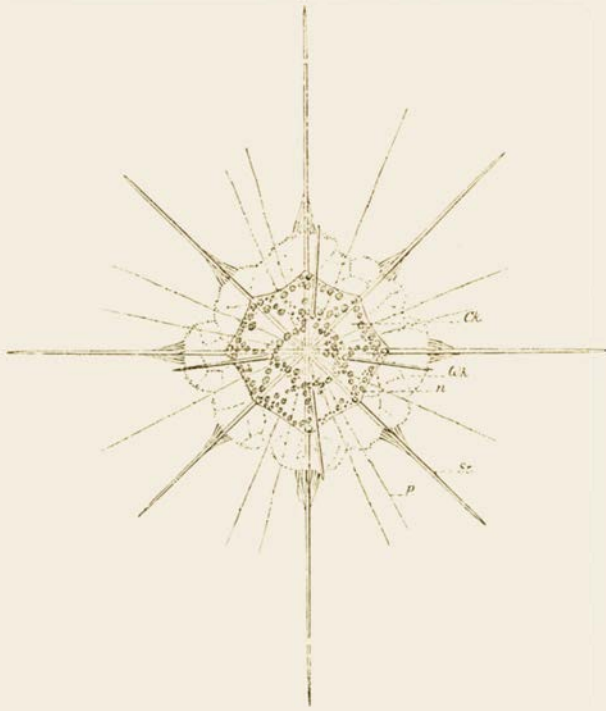


Fig. 123. *Acanthometra elastica*. *Ck* Zentralkapsel, *Wk* extrakapsulärer Weichkörper; *n* Kerne, *St* Stacheln, von einem Kegel muskulöser Fäden umscheidet; *p* Pseudopodien.

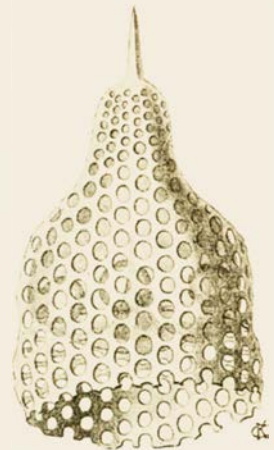


Fig. 124. *Eucyrtidium cranioides* (nach Haeckel).

Was die Fortpflanzung anlangt, so kennt man bei manchen Arten, bei denen das Skelett es gestattet, Teilungen, welche mit der Teilung der Zentralkapsel (bei einkernigen Formen mit der Teilung des Kerns) beginnen. Unterbleibt die Teilung des extrakapsulären Weichkörpers, so kommt es zur Koloniebildung. In einer gemeinsamen, allmählich wachsenden Gallerte liegen dann zahlreiche Zentralkapseln, untereinander durch Protoplasmanetze verbunden, welche an der Oberfläche der Kolonie die Pseudopodien bilden (Fig. 126). Eine zweite Art der Fortpflanzung ist die Fortpflanzung durch Schwärmer oder Zoosporen, welche immer erst eintritt, wenn der Kern der Zentralkapsel sich in Hunderte oder Tausende von Tochterkernen umgewandelt hat. Der Zentralkapselinhalt zerfällt dabei in so viele Stücke, als Kerne vorhanden waren; die kern-

haltigen Stücke werden oval oder nierenförmig, entwickeln zwei Geißeln, welche bald lebhaft zu schlagen beginnen, so daß der Inhalt der Zentralkapsel in tumultuarische Bewegung gerät. Indem die Kapselmembran platzt, schwärmen die Fortpflanzungskörper aus, womit unsere Kenntnisse von dieser Form der Fortpflanzung abschließen (Fig. 125). Außer gewöhnlichen Schwärmsporen gibt es Makro- und Mikrogameten, von denen es nicht zweifelhaft sein kann, daß sie untereinander kopulieren müssen, um sich weiter zu entwickeln.

Sehr verbreitet, wenn auch nicht konstant, sind im Körper der Radiolarien die gelben Zellen, welche früher irrtümlich für Teile des *Radiolarien* gehalten wurden; sie sind einzellige Algen (*Zooxanthellen*), wie sie auch bei anderen Tieren (*Thalamophoren*, *Actinien*, *Schwämmen* usw.) vorkommen; sie liefern uns ein Beispiel für Symbiose, das Zusammenleben verschiedenartiger Organismen zu gegenseitigem Nutzen. Diese Auffassung gründet sich darauf, daß die gelben Zellen eine Membran besitzen, stärkeartige Substanzen erzeugen, unabhängig vom *Radiolarium* sich teilen und nach dessen Tode fortleben. — Die *Radiolarien* sind ausschließlich Meerestiere; sie schwimmen bei gutem Wetter vielfach an der Oberfläche des Meeres, steigen aber bei Regen oder Sturm in die Tiefe hinab. Bestimmte Arten, ja ganze große Gruppen, wie die *Phäodarien*, findet man fast ausschließlich in größeren Meerestiefen bis zu 5000 m abwärts.

I. Unterordnung. Peripyleen oder Spumellarien. Die Kapselmembran ist allseitig von Porenkanälen durchsetzt, Skelett fehlt oder besteht aus lockeren Nadeln oder kieseligen Gitterkugeln, welche öfters zu einem spongiosen Netzwerk aufgelöst oder zu Scheiben abgeplattet sind; die Gitterkugeln können mit Stacheln und Verbindungsstäben ausgerüstet sein. Hierher gehören die koloniebildenden *Sphärozoen* (Fig. 126), die großen *Thalassicolen*, die gitterschaligen *Haliommen* (Fig. 88), die scheibenförmigen *Disciden*. *Collozoum inerme* H., *Thalassicolla pelagica* H.

II. Unterordnung. Acantharien. Die Kapselmembran ist ebenfalls allseitig durchbohrt; 20 Stacheln, welche aus einer leicht löslichen Substanz, schwefelsaurem Strontium, bestehen, vom Zentrum des Tieres ausstrahlen und meist äußerst gesetzmäßig (Müllersches Gesetz) angeordnet sind, bilden das Skelett; sie sind von Gallertscheiden, die von besonderen Muskelchen bewegt werden, umhüllt: *Acanthometren*; oder die Stacheln sind untereinander durch Gitterkugeln, die aus 20 Einzelplatten bestehen, verbunden: *Acanthophracten*, *Acanthometra elastica* H. (Fig. 123).



Fig. 125. Zoosporen von *Collozoum inerme*. a Mikrospore, b Zoospore mit einem kristallinen Einschlus, dem wetzsteinförmigen Körper, c Makrospore.

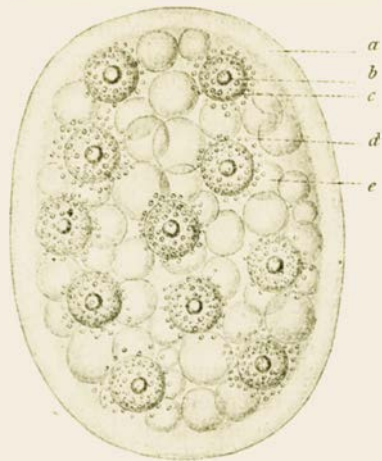


Fig. 126. *Collozoum inerme*. a Gallerte, b Ölkugeln, c Zentralkapseln, d gelbe Zellen, e Vakuolen.

III. Unterordnung. Monopyleen oder Nassellarien. Die Zentralkapsel besitzt nur an einem Ende feine Poren, welche zu einem Porenfeld vereinigt sind. Die bekanntesten Monopyleen sind die *Cyrtiden*, Radiolarien mit helm- oder käfigartigen Gehäusen, und die *Stephoideen* mit einem sagittalen Ring. *Eucyrtidium cranioides* H. (Fig. 124).

IV. Unterordnung. Tripyleen oder Phäodarien. Die Zentralkapsel hat eine häufig röhrig ausgezogene, von dunklem Pigment (Phaeodium) umhüllte Hauptöffnung, zu der noch kleinere Nebenöffnungen hinzutreten können. Skelett kieselig, aus hohlen Einzelstücken gebildet. Die Phäodarien sind meist Tiefseebewohner und daher zum größten Teil erst neuerdings bekannt geworden; oberflächlich leben die *Aulacanthen*, *Aulosphären*, *Cölodendren*, Tiere, welche meist die Größe von 0,5—1,0 mm erreichen.

IV. Ordnung. Thalamophoren oder Foraminiferen.

Die *Thalomophoren*, früher und vielfach auch jetzt noch *Foraminiferen* genannt, sind zwar den *Radiolarien* an Mannigfaltigkeit und Schönheit der Erscheinung nicht ebenbürtig, sind ihnen dagegen an Individuenzahl bedeutend überlegen und besitzen daher für die Umgestaltung der Erdoberfläche eine viel größere Bedeutung. Keine Tierabteilung hat an der Ablagerung neuer Gesteinschichten in Gegenwart und Vergangenheit einen so großen Anteil wie sie.

Das wichtigste Merkmal der Gruppe ist in der Schale gegeben; diese ist ein Gehäuse, welches an einem Ende geschlossen ist, am anderen Ende gewöhnlich eine zum Durchtritt der Pseudopodien dienende Öffnung besitzt (Fig. 128). Je nachdem die durch diese beiden Pole gezogene Achse verkürzt oder verlängert ist, ist die Schale scheiben- oder sack- oder flaschenförmig oder auch infolge spiraler Einrollung schneckenhausartig. Meist kommt hierzu noch das weitere Merkmal, daß der Binnenraum der Schale durch quere Scheidewände in zahlreiche Kammern abgeteilt ist (Fig. 127). Solche vielkammerige Schalen (*Polythalamien*) sind anfangs klein, einkammerig oder nur aus wenigen Kammern gebildet, vergrößern sich aber, solange das Wachstum der Tiere andauert, indem an der Schalenmündung neue, an Größe zunehmende Kammern entstehen. Öffnungen in den Scheidewänden (Foramina) verbinden dabei die Binnenräume der aufeinanderfolgenden Kammern. Die spiral eingerollten, vielkammerigen Gehäuse haben eine überraschende Ähnlichkeit mit den außerordentlich viel größeren Schalen der *Nautiliden* (Fig. 345), was lange Zeit Ursache war, die *Foraminiferen* für kleine *Cephalopoden* zu halten. Die Wand der Schale ist bei den Süßwasserformen von einer organischen chitinösen Substanz gebildet, welche an Festigkeit gewinnen kann, indem sie verkieselt oder Fremdkörper in sich aufnimmt. Auch bei den marinen Arten sind derartige mit Sandkörnchen inkrustierte Schalen häufig. In der Regel jedoch bestehen die Gehäuse aus kohlen saurem Kalk, nach dessen Lösung durch Säuren geringe Spuren einer organischen Grundsubstanz zurückbleiben. Die Oberfläche der Schalen kann mit Dornen, Höckern und langen Stacheln besetzt sein. Systematisch wichtig ist es, ob die Schalenwand solid (*Imperforata*) oder von feinen Porenkanälen durchsetzt ist (*Perforata*) (Fig. 117).

Der Weichkörper bildet einen mehr oder minder vollkommenen Ausguß der Schale und besteht daher bei vielkammerigen Arten aus vielen der Zahl der Kammern entsprechenden Stücken, die untereinander zusammenhängen durch Plasmabrücken, welche die „Foramina“ der Scheide-

wände durchsetzen (Fig. 129). Im Protoplasma findet sich ein großer Kern (Fig. 128, 129 *n*), welcher aber häufig frühzeitig durch eine Tochtergeneration kleiner Kerne ersetzt werden kann. Kontraktile Vakuolen kommen im allgemeinen nur den Süßwasserbewohnern zu. Die Pseudopodien verlassen die Schale durch die am Ende der Schalenachse befindliche Hauptöffnung, bei den Perforaten auch durch die Poren der Schalenwand; sie sind selten lappig oder fingerförmig (Fig. 128), meist fadenförmig, verästelt, reich an Körnchen und Anastomosen, ein treffliches Objekt zum Studium der Körnchenströmung (Fig. 16, 117).

Bei der Fortpflanzung der Süßwassermonothalamien kann sich das Tier samt seiner Schale teilen. Häufiger dringt das Protoplasma aus der Schalenmündung heraus und bildet einen Auswuchs, um den sich eine zweite Schale anlegt, worauf bei der Teilung das eine Tier die neue, das andere die alte Schale bekommt. Für die marinen *Polythalamien* scheint allgemeine Entwicklungsweise zu gelten. Der vielkernige Schaleninhalt zerfällt in zahlreiche einkernige Stücke („Embryonen“), welche sich häufig schon innerhalb der mütterlichen Schale mit kleinen, aus einer



Fig. 127. Junge *Miliola* mit vielen Kernen (aus Lang).

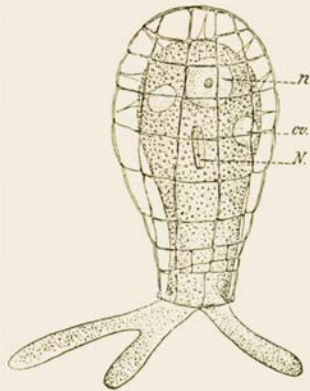


Fig. 128. *Quadrula symmetrica* (nach F. E. Schulze). *n* Kern, *cv* kontraktile Vakuole, *N* Nahrungskörper.



Fig. 129. Weichkörper einer *Globigerina*, durch Auflösen der Schale erhalten. *n* Kern.

oder wenigen Kammern bestehenden Schalen umgeben. Außerdem existiert noch eine zweite Art der Fortpflanzung, bei der es zu Befruchtungsprozessen kommt. Bei *Polythalamien* entwickeln sich dann in der Schale viele Schwärmsporen (Gameten), welche paarweise miteinander verschmelzen. Beiderlei Fortpflanzungsweisen alternieren miteinander und verbinden sich oft mit Dimorphismus der Individuen. Die progame, zur Bildung von Gameten führende Generation unterscheidet sich in der Kernbeschaffenheit (lange Persistenz eines Hauptkerns) und oft auch in der Schalenstruktur (große Zentralkammer, megalosphärische Generation) von der metagamen, aus der Befruchtung hervorgehenden vielkernigen, mikrosphärischen Generation. Auch bei *Monothalamien* wurde ein entsprechender Generationswechsel beobachtet.

I. Unterordnung. Monothalamien. Die einkammerigen *Thalamophoren* bewohnen vorwiegend das Süßwasser. Die Süßwasserformen haben niemals eine Kalkschale; die Schale ist entweder chitinös oder verkieselt oder durch eingeklebte Fremdkörper erhärtet. Kontraktile Vakuolen

werden nur ausnahmsweise vermißt; die Pseudopodien sind sehr verschiedenartig; lappig, fingerförmig, fadenartig, verästelt oder unverästelt, körnchenfrei oder körnchenreich. a) Arten mit fingerförmigen Pseudopodien: *Arcella vulgaris* Ehrbg., bräunliche, scheibenförmige Schale, zwei oder viele Kerne (Fig. 18 II). *Quadrula symmetrica* F. E. Schulze (Fig. 128), Schale aus vielen quadratischen Plättchen zusammengefügt. *Diffugia proteiformis* Ehrbg., Schale durch eingekittete Fremdkörper erhärtet. b) Arten mit verästelten, fadenförmigen Pseudopodien: *Euglypha alveolata* Duj., Schale aus ovalen Plättchen (Fig. 18 III). *Gromia oviformis* Duj. (Fig. 16), Schale ein häutiger Sack, marin.

II. Unterordnung. Polythalamien. Die vielkammerigen *Thalamophoren* sind ausschließlich Meeresbewohner; entweder sitzen sie an Küstenpflanzen, oder sie leben am Meeresgrund, oder sie schwimmen pelagisch. Die Schalen der abgestorbenen Tiere kommen, sofern sie nicht durch die Kohlensäure des Meeres ganz gelöst oder zerbröckelt werden, am Meeresgrund in so enormen Mengen vor, daß 1 g feingesiebten Sandes an günstigen Punkten etwa 50 000 Schalen enthalten kann. Da die Schalen vorwiegend aus kohlensaurem Kalk mit nur geringen Beimengungen organischer Grundsubstanz bestehen, so haben sie zu allen Zeiten einen ganz hervorragenden Anteil am Aufbau der Erdrinde besessen. Gewaltige Erdschichten, wie die Kreide, der Grünsandstein, die Nummulitenkalke, bestehen vorwiegend aus Foraminiferenschalen. — Die lebenden Arten haben zumeist eine Größe von etwa 1 mm und darunter; selten sind mehrere Zentimeter große Tiere (*Psammonyx vulcanicus* Dödl. 5—6 cm); unter den fossilen erreichten die *Nummuliten* Durchmesser bis zu 10 cm. — Die frühere, in der Neuzeit vielfach nicht mehr beibehaltene Einteilung gründet sich auf die Struktur der Kammerwand: 1. *Imperforaten*. Schalenwand massiv, die terminale Pseudopodienöffnung ist die einzige Kommunikation des Schaleninnern nach außen. *Miliola cyclostoma* M. Schultze (Fig. 127). 2. *Perforaten*. Schalenwand von zahlreichen feinen Poren durchsetzt, Pseudopodienöffnung kann fehlen. *Polystomella strigillata* M. Schultze, *Rotalia Freyeri* M. Schultze (Fig. 117); *Globigerina bulloides* d'Orb., pelagisch (Fig. 129). Von fossilen Formen sind besonders die *Nummuliten* zu nennen, während das den uralten Laurentischen Schichten Kanadas und Böhmens entstammende *Eozoon canadense* Dawson jetzt als eine anorganische Bildung gedeutet wird.

Den *Foraminiferen* verwandt sind vielleicht die **Xenophyophoren**, aus der Tiefsee stammende, 2—7 cm große, bikonkave scheiben- oder fächerartige Platten, gebildet aus zartwandigen, teils netzig verbundenen, teils geweihartig verästelten, mikroskopisch feinen Röhren, zwischen denen ein Gerüst verklebter Fremdkörper, die *Xenophya*, lagert. Die feineren Röhren, die *Granellare*, sind von vielkerniger Sarcode erfüllt, die größeren, die *Stercomare*, von rundlichen, als Kotballen gedeuteten Klumpen. Leider wurden die früher zu den *Spongien* gestellten Gebilde bisher nicht lebend untersucht.

V. Ordnung. Mycetozoen.

Die *Mycetozoen* oder *Schleimtiere* werden von einem Teil der Forscher zu den Tieren, von einem anderen Teil dagegen unter dem älteren Namen *Myxomyceten* (*Schleimpilze*) zu den Pflanzen gestellt. Erstere Auffassung gründet sich auf den Bau der beweglichen Zustände, der Plasmodien, letztere auf den Bau der an die Pilze erinnernden Fortpflanzungskörper. — Die Plasmodien erscheinen bei nassem Wetter auf faulendem

Holz als rahmartige, intensiv rot, orange oder gelb gefärbte Überzüge; sie sind riesige, mehrere Zentimeter große Amöben mit netzförmig angeordneten Protoplasmasträngen, in welche zahlreiche Kerne und vielerlei gefressene Fremdkörper eingebettet sind; sie kriechen langsam vorwärts, indem vorhandene Plasmastränge eingezogen, neue gebildet werden (Fig. 130). Bei eintretender Trockenheit können sich die Plasmodien in eigentümlicher Weise encystieren (Sklerotien); haben sie eine bestimmte Reife erreicht, so bilden sie die mannigfach gestalteten Fortpflanzungskörper, die Sporenblasen (Fig. 131) und die Carpome. Jene sind festwandige Blasen, welche häufig auf einem Stiel sitzen, der sich in die Achse der Blase als Columella verlängern kann. Der Zwischenraum zwischen Blasenwand und Columella ist von einem feinen Sporenpulver und einer quellfähigen, bei vielen Arten jedoch fehlenden Masse ausgefüllt, welche entweder ein Netz von feinen Fäden (Capillitium) ist oder aus vielen spiral aufgerollten Strängen (Elateren) besteht. Wenn bei eintretendem Regen das Capillitium

Fig. 130.



Fig. 131.



Fig. 130. *Chondrioderma difforme*. *a* trockene Spore, *b* dieselbe im Wasser quellend, *c* Spore mit austretendem Inhalt, *d* Zoospore, *e* aus Umwandlung der Zoosporen hervorgegangene Amöben, die anfangen, zum Plasmodium sich zu vereinen (bei *d* und *e* Kern und kontraktile Vakuole zu sehen), *f* Teil eines Plasmodium (nach Strasburger).
Fig. 131. Sporenblasen von *Arcyria incarnata*, die linke ist durch den Druck des hervorquellenden Capillitium geplatzt und hat die Sporen entleert (nach de Bary).

oder die Elateren befeuchtet werden, dehnen sie sich aus, bringen die Cystenwand zum Platzen und schleudern die Sporen aus. Im Wasser oder in feuchter Umgebung keimen die Sporen; aus den Hüllen treten kleine Amöben mit haploiden Kernen hervor, die bei manchen Arten vorübergehend Geißeln entwickeln und mittels derselben herumschwärmen (Fig. 130); sie vermehren sich durch Teilung, später konjugieren sie paarweise, wodurch der diploide Kern wieder hergestellt wird, und liefern so kleine Plasmodien. — *Fuligo varians* (*Aethalium septicum* Fr.), Lohblüte: Plasmodium gelb, auf Gerberlöhe; parasitisch im Kohl, eine Geschwulst erzeugend: *Plasmodiophora brassicae* Woronin.

II. Klasse.

Flagellaten oder Mastigophoren, Geißelinfusorien.

Bei vielen *Rhizopoden* sahen wir zur Zeit der Fortpflanzung die Pseudopodien schwinden und durch 1—2 Geißeln ersetzt werden; andere

Rhizopoden haben neben den Pseudopodien dauernd oder periodisch eine Geißel zum Zweck der Fortbewegung und der Nahrungsaufnahme. Solche Geißelschwärmer und Geißelrhizopoden leiten zu den Geißelinfusorien, den *Flagellaten* oder *Mastigophoren* über, welche dauernd eine oder mehrere die Fortbewegung und Nahrungsaufnahme vermittelnde Geißeln



Fig. 132. *Euglena viridis* (nach Doflein und Cl. Hamburger).

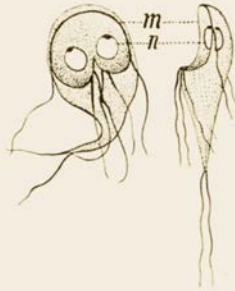


Fig. 133. *Lamblia intestinalis* (nach Grassi u. Metzner) von vorn und in seitlicher Ansicht; *n* Kern, *m* Haftscheibe.

besitzen oder sie nur auf kurze Zeit gegen Pseudopodien eintauschen. Hierher gehören drei Ordnungen, welche wir getrennt besprechen wollen: 1. die *Autoflagellaten*, 2. die *Dinoflagellaten*, 3. die *Cystoflagellaten*.

I. Ordnung. Autoflagellaten.

Die *Autoflagellaten* bilden eine ungemein vielgestaltige Gruppe. Die freilebenden Formen haben meist einen ovalen Körper, dessen eines Ende gewöhnlich den bläschenförmigen Kern, dessen anderes Ende die bei Parasiten und den meisten Meeresformen fehlende kontraktile Vakuole beherbergt. Am vorderen Ende liegt oft noch ein roter oder brauner Augenfleck, der die in der Gruppe besonders verbreitete Empfindlichkeit für Licht unterstützt (Fig. 132). Die Geißeln sitzen zumeist zu 1–2 am vorderen Ende, bei größeren Zahlen (acht und mehr) über den Körper verteilt; oft sind sie mit undulierenden Membranen, dünnen protoplasmatischen Säumen kombiniert (Fig. 139), sehr oft von verschiedener Funktion und Beschaffenheit, so daß man Haupt- Neben- und Schleppegeißeln

unterscheidet. Sie beginnen im Innern des Körpers mit dem Basalkorn (Fig. 139), welches durch ein feines Fädchen, den „Rhizoplasten“, manchmal auch mittels einer sehr komplizierten Einrichtung mit dem Kern zusammenhängt. Anstatt des Kerns kann auch der Blepharoplast diese Verbindung mit dem Basalkorn unterhalten; derselbe hat in seinem Bau



Fig. 134. *Chilomonas paramecium* (nach Bütschli).



Fig. 135. *Codonostadium umbellatum* (nach Stein).



Fig. 136. *Dinobryon sertularia* (nach Stein).

unterscheidet. Sie beginnen im Innern des Körpers mit dem Basalkorn (Fig. 139), welches durch ein feines Fädchen, den „Rhizoplasten“, manchmal auch mittels einer sehr komplizierten Einrichtung mit dem Kern zusammenhängt. Anstatt des Kerns kann auch der Blepharoplast diese Verbindung mit dem Basalkorn unterhalten; derselbe hat in seinem Bau

und seiner Vermehrung durch Teilung Ähnlichkeit mit einem Zellkern und wird daher vielfach als ein zweiter, die Bewegung der Geißeln regulierender Kern (Kinetonucleus der *Binucleaten*) gedeutet (Fig. 137). Die Körperoberfläche ist häufig nackt und dann vielfach noch amöboider Bewegungen fähig, oder sie ist von einer mehr oder minder deutlichen Pellicula überzogen. Weit verbreitet sind Gallerthüllen und becherförmige Gehäuse (Fig. 136). Auch finden sich einfache und verästelte Stiele, auf denen die Tiere in kleinen Gruppen festsitzen (Fig. 135). — Große Unterschiede ergeben sich in der Art der Ernährung und in den mit ihr zusammenhängenden Einrichtungen. Viele *Flagellaten* fressen wie Tiere, indem sie ähnlich den *Rhizopoden* mit Pseudopodien oder wie *Infusorien* mittels eines Cytostoms geformte Nahrung aufnehmen. Eine merkwürdige Einrichtung besitzen die *Choanoflagellaten* (Fig. 135); bei ihnen erhebt sich im Umkreis der Geißel das Körperprotoplasma zu einem trichter- oder kragenartigen Aufsatz, dem Collare, an dessen Außenseite die von der Geißel herbeigestrudelten Nahrungskörper kleben bleiben; von hier nach abwärts gleitend, werden sie an einer bestimmten, etwas hervorgewölbten Stelle in den Körper aufgenommen. Außer tierähnlichen *Flagellaten* gibt es pflanzenähnliche, welche Chlorophyll (*Volvocineen* und *Euglenideen*) oder braun gefärbte Chromatophoren (*Chromomonadinen*) enthalten, mit Hilfe derselben assimilieren und so befähigt sind, Paramylum oder sogar echte Stärke zu erzeugen. Merkwürdigerweise treten pflanzliche und tierische Ernährungsweise bei anatomisch einander nahe verwandten Formen auf. Auch kommt es vor, daß manche Arten ein Cytostom besitzen, ohne geformte Nahrung aufzunehmen, sei es, daß sie mittels Chlorophylls assimilieren, sei es, daß sie von flüssiger Nahrung leben (Fig. 134, 139). Alles dies läßt erkennen, daß die *Flagellaten* nach den verschiedensten Richtungen hin zu den *Rhizopoden* und niederen *Pflanzen* (Bakterien und Algen) Anknüpfungspunkte bieten.

Die Fortpflanzung erfolgt in der Regel durch longitudinale Zweiteilung; doch kommt es auch vor, daß durch fortgesetzte Kernteilung vielkernige Plasmodien entstehen, welche erst später nach der Zahl der Kerne in Teilstücke zerlegt werden. Befruchtung wurde mit Sicherheit bei Chlorophyll führenden Arten beobachtet; über ihren Verlauf sind wir am besten bei *Volvocineen* unterrichtet, bei denen man alle Übergänge von Isogamie zu Anisogamie verfolgen kann. Bei dem koloniebildenden *Volvox globator* sind die kopulierenden Individuen ungleich groß, indem einige Tiere der Kolonie zu großen, unbeweglichen Oosporen oder Makrogameten heranwachsen, während andere durch fortgesetzte Teilung Gruppen von kleinen, äußerst beweglichen Zoosporen, Mikrogameten oder Spermatozoen liefern. Wenn die Oosporen von den Spermatozoiden befruchtet worden sind, fallen sie zu Boden, umgeben sich mit einer Hülle, verfärben sich bräunlich und gehen in einen Ruhezustand über, ehe sie durch Teilung eine neue Kolonie erzeugen. Junge *Volvox*-Kolonien pflanzen sich ungeschlechtlich fort; während die meisten Individuen einer Kolonie zur Ernährung und Fortbewegung dienen, wachsen andere heran (Parthenogonidien) und liefern durch rasche Teilung neue Kolonien.

Über die Befruchtung bei parasitischen Flagellaten herrscht noch Unsicherheit. Für Darmparasiten wird mit Encystierung kombinierte Autogamie beschrieben. Für die im Blut schmarotzenden *Trypanosomen* sollen ähnliche Verhältnisse wie bei *Hämosporeidien* bestehen. Die Übertragung

der Parasiten erfolgt hier durch blutsaugende Tiere, für Mensch und Säugetiere durch Insekten (*Stechmücken* und *Stechfliegen*, *Läuse*, *Zecken* usw.), für Wasserbewohner, wie z. B. Fische, durch Blutegel (*Piscicola*). Mancherlei spricht dafür, daß die Befruchtung sich hier in dem blutsaugenden Zwischenwirt vollzieht, so die Erscheinung, daß die blutsaugenden Tiere erst längere Zeit nach der Blutaufnahme infektiös werden.

I. Gruppe: Pflanzenähnliche, chlorophyllführende Flagellaten, meist mit einem Augenfleck. *Volvocineen*: *Volvox globator* L., eine grüne, 0,2—0,7 mm große Kugel, welche aus vielen tausend Einzeltieren besteht, die mit ihren Geißeln das Schwimmen vermitteln. *Euglenideen*: *Euglena viridis* Ehrb. (Fig. 132), einzellebend, färbt durch massenhaftes Auftreten kleine Wasserpflützen intensiv grün oder in einer roten Varietät purpurn. Durch den Besitz bräunlich-gelblicher Farbstoffplatten sind die *Chromomonadinen* ausgezeichnet, die sich ganz wie Pflanzen ernähren, selten aber daneben auch geförnte Nahrung aufnehmen. *Dinobryon sertularia* Ehrbg. (Fig. 136).

Fig. 137.

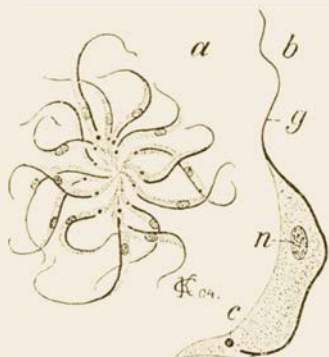


Fig. 138.



Fig. 139.

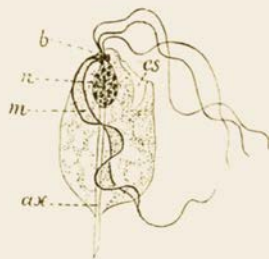


Fig. 137. *Trypanosoma lewisi* (nach Laveran et Mesnil). a agglomerierende Formen, b Einzeltier stärker vergrößert, g Geißel, n Kern, c Blepharoplast.

Fig. 138. *Spirochaete* (*Treponema pallida*) (nach Hartmann und Schaudinn), 1 Blutkörperchen und Spirochäten, 2 eine Spirochäte stärker vergrößert.

Fig. 139. *Trichomonas batrachorum* (nach Dobell). b Basalkorn der Geißeln, n Kern, cs Cytostom, m undulierende Membran, ax Achsenstab.

II. Gruppe. Tierähnliche Flagellaten, welche durch die Körperoberfläche oder mit Hilfe von Pseudopodien oder einer bestimmten, zu einem Cytostom differenzierten Stelle oder mit Hilfe eines Collare (*Choanoflagellaten*) Nahrung aufnehmen. Hierher gehören außer zahlreichen freilebenden Formen viele wichtige Parasiten des Menschen: *Lambia intestinalis* Lambl (*Cercomonas intestinalis*, *Megastoma entericum* Grassi), auch bei anderen Säugetieren, wie Ratten und Mäusen (Fig. 133); *Trichomonas hominis* Dav. (*Tr. intestinalis* Leuck.), beide im Darm, auch in der Mundhöhle; *Trichomonas vaginalis* Donné im katarrhalischen Sekret der Scheide, besonders bei Schwangeren, seltener in der Urethra des Mannes; den genannten Arten ähnlich ist *Tr. batrachorum* (Fig. 139). Auf der Haut von Süßwasserfischen: *Costia necatrix*. Zahlreiche Flagellaten sind Blutparasiten, so das *Trypanosoma brucei*, welches durch den Stich der Tsetsefliege (*Glossina morsitans*) übertragen wird und die Naganaseuche verursacht, durch welche in Südafrika Huftiere, besonders Rinder und Pferde, furchtbar dezimiert werden. (*Tr. evansi* verursacht die Surrakrankheit, *Tr. equiperdum* die Beschälkrankheit der Pferde.) *Tr. gambiense* (*castellanii*) im Blut und der Cerebrospinalflüssigkeit des

Menschen, Ursache der im tropischen Afrika verbreiteten, meist tödlichen Schlafkrankheit, besonders bei Negern; Zwischenwirt *Glossina palpalis*. Im Rattenblut *Tr. lewisi* (Fig. 137), im Froschblut *Tr. sanguinis*, in Fischen das durch Blutegel (*Piscicola*) übertragbare *Trypanoplasma cyprini*. Tropische Parasiten sind die *Leishmannien*, *L. donovani* Ursache der an Malaria erinnernden Splenomegalie, *L. tropica* Ursache der Aleppobeulen. — An *Lambliä* schließen sich an die im Darm von Insekten, besonders Termiten schmarotzenden, sehr kompliziert gebauten *Polymastiginen* und *Hypermastiginen*. — Längere Zeit hat man den Flagellaten die *Spirochäten* angeschlossen, korkzieherartig gewundene, lebhaft bewegliche Stäbchen oder Fäden; sie scheinen sich aber wie Bakterien, mit denen sie offenbar näher verwandt sind, ausschließlich durch Querteilung zu vermehren: *Spirochäte* (*Spirosoma*) *recurrentis* Ursache des Rückfallfiebers, durch Läuse übertragen; *Spirochäte* (*Treponema*) *pallida* Ursache der Syphilis (Fig. 138).

II. Ordnung. Dinoflagellaten, Cilioflagellaten.

Die im Süßwasser und im Meer gleichmäßig verbreiteten *Dinoflagellaten* werden in der Neuzeit mehr in die Nähe der Pflanzen gestellt, weil sie, ausgerüstet mit braunen Chromatophoren, sich wie Pflanzen ernähren. Indessen wurde auch die Aufnahme geformter Nahrung mittels einer Mundöffnung beobachtet. Pflanzenähnlich ist ferner der aus Cellulose bestehende, von festgefügtten Platten gebildete, den *Gymnodiniden* fehlende Panzer; derselbe wird durch eine quere Furche in zwei Stücke abgeteilt, welche zueinander liegen wie etwa der Kelch und der Deckel eines Pokals. Außerdem ist eine zu einem Ausschnitt verbreiterte Längsfurche vorhanden, welche die Querfurche kreuzt. Am Kreuzungspunkt entspringen zwei Geißeln, von denen die eine in der Querfurche lagert und den ungeeigneten Namen „Cilioflagellaten“ veranlaßt hat, weil sie wegen ihrer undulierenden Bewegungen lange Zeit für einen Wimperring gehalten wurde. Im Süßwasser sind verbreitet *Peridinium tabulatum* Ehrb. und *Ceratium cornutum* Ehrb. (Fig. 140), im Meer *Ceratium tripos* Ehrb. und die mit einem auffallend großen Auge versehene *Erythroopsis agilis*.



Fig. 140. *Ceratium cornutum*. apo vorderes Horn mit Öffnung, rsh rechtes, lsh linkes hinteres Horn, l Längsfurche, g Geißel, gs Geißelplatte, v Vakuole, r Rautenplatte (aus Bütschli nach Stein).

III. Ordnung. Cystoflagellaten.

Die Cystoflagellaten besitzen einen von einer Membran ungeschlossenen Gallertkörper. Zu ihnen gehören drei oder vier äußerst interessante, in der Gestalt voneinander sehr verschiedene Tiere, *Noctiluca miliaris* (Fig. 141), *Leptodiscus medusoides* (Fig. 142), *Craspedotella pileolus* und vielleicht auch *Radiozoum lobatum*, alle vier ausschließlich Meeresbewohner.

Die *Noctiluca miliaris* (Fig. 141) zeigt am schönsten unter den Seetieren das Phänomen des Meerleuchtens. Die kugelig, etwa 1 mm großen Körperchen kommen in so enormen Mengen in manchen Nächten

an die Oberfläche des Meeres, daß dieses bei geringem Wellenschlag lebhaft zu funkeln anfängt. Die Hauptmasse des Körpers ist eine Gallertkugel, welche von einer Membran überzogen ist. Die Membran ist an einer nabelförmig vertieften Stelle des Körpers vom Cystostom unterbrochen. An dieser Stelle liegt der Kern, umgeben von einer reichlichen Menge von Protoplasma, welches verästelte Stränge durch die gallertige Grundlage aussendet. Am Eingang des Cystostoms liegt ferner das wahrscheinlich nur zur Nahrungsaufnahme dienende Flagellum und der Tentakel. Letzterer

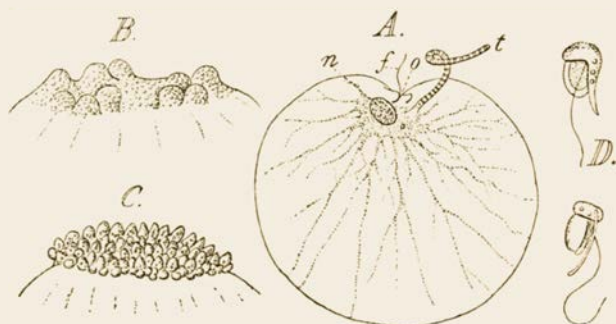


Fig. 141. *Noctiluca miliaris*. A ganzes Tier, *n* Kern, *t* Tentakel, *o* Mundöffnung, daneben „Zahn“ und „Lippe“, letztere mit *f* Geißel; B, C oberes Ende der Körperblase, beginnende und weiter fortgeschrittene Teilung in Zoosporen; D Zoosporen (zum Teil nach Cienkowski).

ist eine bandförmige Ausstülpung der Körpermembran mit quergestreifter Oberfläche; er bewegt sich langsam schwingend hin und her. Die *Noctiluken* vermehren sich durch Teilung und außerdem durch Bildung von Schwärmen, welche nach Angabe mancher Autoren durch Verschmelzung zweier Individuen vorbereitet werden soll. Bei ihr sammelt sich das Protoplasma zu einer Scheibe, welche durch sukzessive Teilungen in zahlreiche einkernige, ovale Keimlinge zerfällt. Diese sitzen zunächst noch der Gallertkugel auf, später lösen sie sich ab und ergeben kleine Geißelschwärmer, über deren weiteren Verbleib bisher keine Sicherheit erzielt worden ist (Fig. 141 B—D).

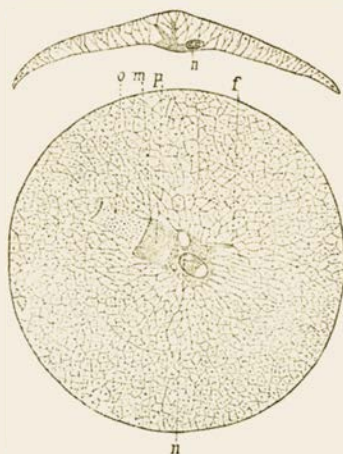


Fig. 142. *Leptodiscus medusoides* auf dem optischen Durchschnitt und von der Fläche gesehen. *f* Geißel, *m* Mundöffnung, *n* Kern, *o* Zuleitung zum Mund, *p* Protoplasmastrang.

Leptodiscus medusoides (Fig. 142) hat vollkommen die Gestalt zarter, 1 bis 1,5 mm großer Medusen. Die Gallertscheibe seines Körpers ist auf der Oberfläche von einer Membran bedeckt. Am höchsten Punkt der Glockenwölbung liegt eine Protoplasmaanhäufung mit einem einzigen Kern; von derselben geht einerseits ein zur Mundöffnung ziehender Strang aus, andererseits ein Kanal, welcher an seinem Ende ein feines Flagellum trägt.

Die Tiere schwimmen äußerst schnell wie Medusen durch Zusammenklappen ihres Schirms, was durch zarte, auf der konkaven Seite verlaufende Muskelfäden bedingt wird. Durch den Besitz einer Art Velum ist den Medusen noch ähnlicher *Craspedotella pileolus* Kofoid.

III. Klasse.

Sporozoen.

Als Sporozoen bezeichnet man Protozoen, welche ausschließlich parasitisch leben und durch diese Lebensweise in ihrer Ernährung, Fortbewegung und Fortpflanzung in hohem Maße und in sehr ähnlicher Art beeinflusst sind. Die meisten Sporozoen schmarotzen, solange es ihre Größe ihnen gestattet, in Zellen („*Cytosporidien*“); da sie, auch nachdem sie die Wirtszelle verlassen haben, nicht von geformter, sondern nur von flüssiger Nahrung leben, fehlen alle Einrichtungen zur Nahrungsaufnahme (kein Cytostom, meist auch keine Pseudopodien), sogar in den nicht seltenen Fällen, in denen der Körper von einer Cuticula überzogen ist. Desgleichen fehlen in der Regel besondere Einrichtungen zur Fortbewegung. Das gelegentliche Auftreten von amöboider Beweglichkeit (*Amöbosporidien*) oder von Geißeln spricht für eine nahe Verwandtschaft mit *Rhizopoden* und *Flagellaten*, so daß es schwer fällt, scharfe Grenzen gegen beide ihrerseits wieder untereinander nahe verwandte Klassen zu ziehen. Sehr enge Beziehungen ergeben sich besonders zwischen *Hämosporidien* und parasitischen *Flagellaten* (*Trypanosomen*). *Sporozoen* sind somit parasitisch umgewandelte *Rhizopoden* oder *Flagellaten*. Für die Fortpflanzung ist besonders charakteristisch die ganz verschiedene Beschaffenheit der vor und nach der Befruchtung eintretenden, der pro- und metagamen Entwicklungsstadien. Die progame Entwicklung (Schizogonie) führt in der Regel zur Autoinfektion, zu einer enormen Vermehrung der Parasiten in den Geweben des Wirts, welche erst zum Stillstand gelangt, wenn eine Art Geschlechtsreife erzielt ist. Die nunmehr eintretende Befruchtung ist selten isogam, meist ist sie eine Verschmelzung von Makrogameten und äußerst beweglichen Mikrogameten. Nach der Befruchtung encystiert sich die Zygote oder wird vom Parasiten-träger abgekapselt. Dann beginnt die metagame Vermehrung (Sporogonie), die Teilung in Sporoblasten, die sich häufig mit festen Hüllen umgeben, so zu Sporen werden und durch erneute Teilung Sporozoite liefern. Bei den *Gregarinarien* ist dieser Entwicklungsgang insofern modifiziert, als die Schizogonie durch ein enormes Wachstum ersetzt ist. Erst nachdem die herangewachsene Gregarine sich encystiert hat, erfolgt die progame Vermehrung und im weiteren Verlauf die Befruchtung, worauf es zur Bildung von Sporen und Sporozoiten kommt. Bei allen Vermehrungen der *Sporozoen* bleiben Teile des Körpers, welche sogar Kerne enthalten können, unbenutzt und liefern den degenerierenden „Restkörper“. Die Sporozoite bedürfen, um sich weiter entwickeln zu können, der Übertragung in einen neuen Wirt. Bei *Hämosporidien* und *Aggregaten* führt der Wirtswechsel zur Einrichtung eines Zwischenwirtes; es verläuft dann die metagame Entwicklung in einer anderen Tierpezies als die progame Entwicklung. Von der hier geschilderten, im einzelnen mannigfach variierten Fortpflanzungsweise ist am konstantesten die Entwicklung von Sporen und Sporozoiten. Dieselbe tritt bei den *Telosporidien*, auf welche vielfach die Bezeichnung *Sporozoen* beschränkt wird, als Abschluß der progamen Entwicklung ein; bei den *Neosporidien* oder, wie sie neuerdings wegen der weiten Verbreitung amöboider Zustände genannt werden, den *Amöbosporidien* dagegen entwickeln sich die Sporen sehr frühzeitig im Innern der Muttertiere, welche nach Beginn der Sporenbildung häufig noch weiter wachsen.

I. Unterklasse. Telosporidien. Sporozoen s. str.

I. Ordnung. Hämosporidien. Die *Hämosporidien* sind die primitivsten Sporozoen; sie leben parasitisch im Blut und werden deshalb sowie auf Grund einiger noch nicht genügend sichergestellter Analogien für Verwandte der *Trypanosomen* erklärt. Die im Menschen vorkommenden Formen (Hämamöben) veranlassen das Wechselfieber (Malaria). Sehr deutlich ist bei ihnen die Scheidung in Schizogonie und Sporogonie, d. h. in eine progame, mit Autoinfektion gepaarte, und eine metagame, die Übertragung auf andere Tiere vermittelnde Entwicklung. Die in die Blutkörperchen eingedrungenen Parasiten (Fig. 143, 1—3) wachsen zum „Schizonten“ heran und teilen sich, wobei ein aus zersetztem Blutrot entstandener Pigmenthaufen ausgeschieden wird. Die Teilprodukte („Merozoiten“) werden durch Zerfall des Blutkörperchens frei (Fieberanfall) und infizieren andere Blutzellen. So kann die Autoinfektion einige Zeit fortgehen, bis die in die Blutkörperchen eingewanderten Hämamöben, ohne

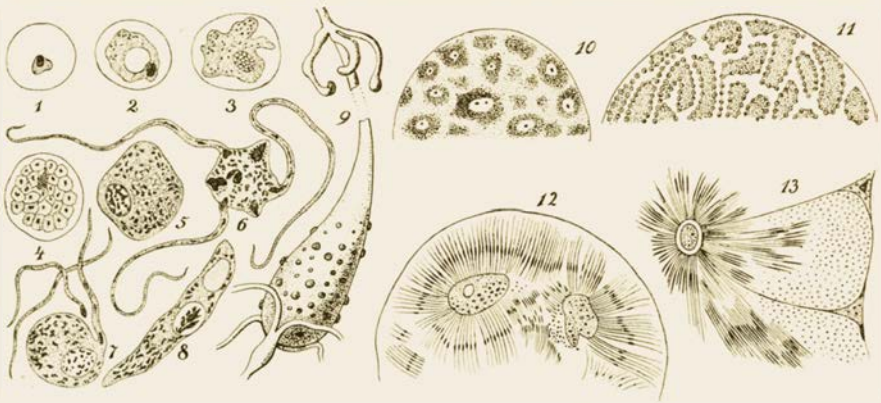


Fig. 143. Entwicklung des *Plasmodium praecox* (nach Grassi). 1 Blutkörperchen mit frisch eingedrungenen Hämamöbe („Schizonten“), 2 und 3 Wachstum der Hämamöbe, 4 junge Tiere („Merozoiten“) kurz vor dem Zerfall des Blutkörperchens, 5 Makrogamete, 6 Entstehung der Makrogameten aus dem Mikrogametocyten, 7 Befruchtungsstadium, 8 befruchteter, beweglicher Makrogamete (Ookinete), 9 Darm von *Anopheles*; vorderes Ende mit linker Speicheldrüse. Mitteldarm bedeckt mit Hämamöbencysten, 10—13 Teile von Cysten (Sporonten), 10 Bildung der Sporoblasten, 11 und 12 Entwicklung von Sporozoiten aus den Sporoblasten mit Hinterlassung eines Restkörpers, 13 Stückchen einer Speicheldrüse von *Anopheles* mit Sporozoiten infiziert. Alle Figuren mit Ausnahme von Fig. 9 sehr stark vergrößert.

sich zu teilen, zu den Geschlechtsformen „Gametocyten“ heranwachsen, diese runden sich entweder zu Makrogameten (5) ab oder liefern acht Mikrogameten (6). Die Kopulation derselben tritt ein, wenn sie in den Darm blutsaugender Mücken geraten (7). Der befruchtete Makrogamete, der „Ookinete“ (8), wandert in die Darmwand der Mücke, vergrößert sich enorm zu einer von der Darmwand umhüllten Kugel, dem „Sporonten“, und liefert viele hüllenlose Sporoblasten (10, 11). Aus jedem Sporoblasten entwickeln sich zahlreiche Sporozoite (12), welche auswandern, in die Speicheldrüsen der Mücken gelangen (13) und durch den Mückenstich in das Blut des Menschen wieder eingimpft werden. Für die Malaria-Parasiten des Menschen scheinen vorwiegend Arten der Gattung *Anopheles* (nicht *Culex pipiens*) als Zwischenwirt zu dienen. Da Mückenlarven in Sümpfen am besten gedeihen, da ferner die Entwicklung der Parasiten in

der Mücke eine Temperatur über 17° C verlangt, erklärt sich die Verbreitung der Malaria in sumpfigen Gegenden wärmerer Länder. Die verschiedenen Arten der Malaria scheinen durch verschiedene Parasiten bedingt zu sein. *Plasmodium* (*Haemamoeba*) *malariae* Lav., *Pl. vivax* Gr. et Fel., erstes Ursache der Quartana, letzteres der Tertiana. *Pl. immaculatum* s. *praecox* (*Laverania malariae*, Tropicaparasit), ausgezeichnet durch die halbmondförmige Gestalt der Makrogameten und den unregelmäßigen Verlauf der Schizogonie, die nur ausnahmsweise im zirkulierenden Blut vor sich geht, verursacht die Perniciosa. — Zu den *Hämosporidien*, vielleicht aber auch zu den *Trypanosomen*, gehört *Babesia* (*Piroplasma*) *bigemina*, Ursache des Texasfiebers der Rinder, welches durch eine Zecke *Boophilus bovis* übertragen und durch die Eier von einer Zeckengeneration auf die nächste „vererbt“ wird. *Babesia bovis*, durch *Ixodes reduvius* übertragen, erzeugt die Hämoglobinurie der Rinder.

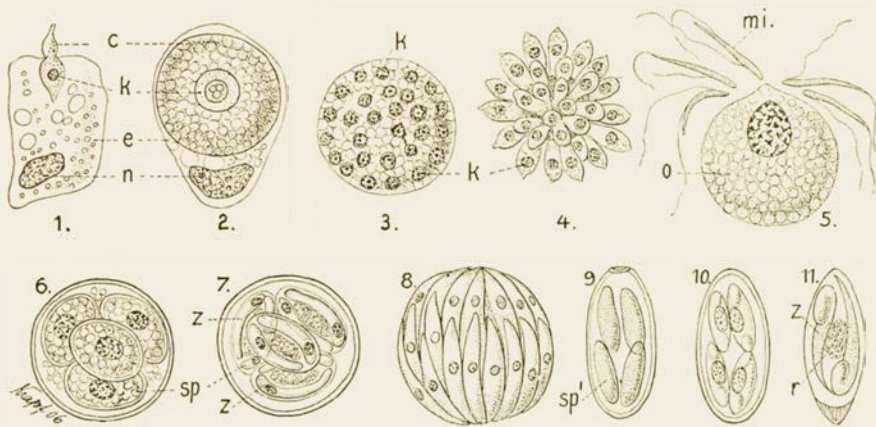


Fig. 144. 1—2 Entwicklung von *Coccidium schubergi* (nach Schaudinn). 1 Eindringen des Sporozoiten in eine Epithelzelle, 2 Wachstum des Sporozoiten, 3 Kernvermehrung, 4 Teilung in Merozoite, 5 Makrogamet von Mikrogameten umschwärmt, 6 Zygote in vier Sporen geteilt, 7 Umbildung der Sporen in zwei Sporozoite, 8—11 *Eimeria stiedae* (nach Wasielewsky und Metzner), 8 Autoinfektion (progame Vermehrung), 9—11 Keimung der Zygote, 9 Bildung der Sporoblasten, 10 Umbildung der Sporen in Sporozoiten, 11 eine Spore mit zwei Sporozoiten, stärker vergrößert. c Sporozoit, k Kern desselben, e Epithelzelle, n Kern derselben, m Mikrogamet, o Makrogamet, sp Sporen, sp' Sporoblasten, z eingeschlossene Sporozoiten, r Restkörper.

II. Ordnung. Coccidiarien. Den *Hämosporidien* stehen von allen Sporozoen die *Coccidien* am nächsten, Zellparasiten, welche in Geweben, besonders Epithelien, schmarotzen. Bei der progamen Entwicklung teilt sich der herangewachsene Parasit (Fig. 144, 3) innerhalb der infizierten Zelle in viele Stücke; diese gehen auseinander, infizieren andere Zellen und beginnen in ihnen das Wachstum und die Teilung von neuem (1—4) (Autoinfektion). Nach mehrfacher Wiederholung dieses Vorganges kommt es zur Befruchtung (5); einige Tiere wachsen zu Makrogameten heran, andere liefern durch Teilung Mikrogameten, kleine lebhaft, mit ein bis zwei Geißeln sich fortbewegende Körper. Der befruchtete Makrogamet, die Zygote (6, 7, ferner 9, 10), encystiert sich, gelangt nach außen und dient zur Infektion neuer Tiere. Bei ihrer früher oder später beginnenden, zum Abschluß aber nur in einem neuen Wirt gelangenden Keimung teilt sich der Cysteninhalt (6) in mehrere (bei *Eimeria* vier) sich zu Sporen

abkapselnde Sporoblasten. Jede Spore (7, 11) liefert ein bis mehrere Sporozoite (bei *Eimeria stiedae* zwei), wobei Restsubstanz zurückbleibt (7). *Eimeria stiedae*, früher *Coccidium cuniculi* Rivolta (*oviforme* Leuck.) genannt, erzeugt in der Leber und im Epithel des Darms von Säugetieren, selten beim Menschen, häufig beim Kaninchen, käsige Knötchen. *Ei. zürni* ist bei Rindern Ursache der roten Ruhr.

III. Ordnung. Gregarinarien. Die typischen Vertreter der *Sporozoen*, zugleich die am längsten bekannten, sind die *Gregarinarien*, Parasiten von ovoider oder fadenförmiger, an Rundwürmer erinnernder, meist etwas abgeplatteter Gestalt; sie wurden bisher nur bei wirbellosen Tieren gefunden, wo sie den Darm, die Nieren oder Geschlechtsdrüsen, seltener die Leibeshöhle bewohnen. Sie erreichen eine bedeutende Größe, *Porospora gigantea* im Darm des Hummers bis 1 cm Länge, weil die

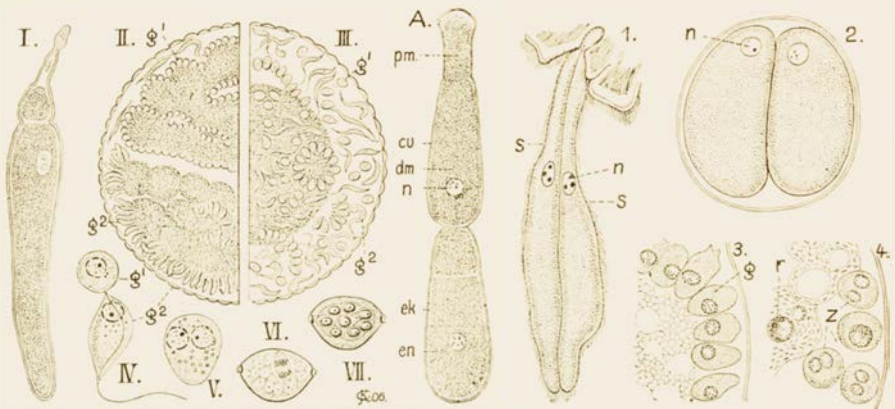


Fig. 145. Verschiedene Gregarinen; I.—VII. Entwicklung von *Stylothyrochus*, I. *Stylothyrochus longicollis* (nach Ai. Schneider), II. zwei encystierte Tiere von *St. oblongatus* in beginnender Gametenbildung zur Hälfte dargestellt, III. Hälfte einer in der Entwicklung weiter vorgerückten Cyste; geschlechtlich differenzierte Gameten in Kopulation, IV.—VII. Bildung und Keimung der Zygote von *St. longicollis*, stärker vergrößert, IV. Gameten in Copula, V. verschmolzen, VI. beginnende Teilung, VII. acht Sporozoiten gebildet. — A *Clepsidrina blattarum*. — 1.—4. *Monocystis magna* (nach Cuénot). 1. zwei von Spermatozoen des Regenwurms umhüllte Tiere, in Copula, an den Samentrichtern des Regenwurms, 2. die Tiere encystiert; 3. und 4. ein kleiner Teil der Cyste stärker vergrößert; Bildung und Konjugation der Gameten (letztere sollen nach Brasil schwach sexuell differenziert sein). g Gameten, g¹ Oosporen, g² Zoo-sporen, pm Protomerit, cu Cuticula, dm Deutomerit, n Kern, ek Ectosark, en Entosark, s Samenfäden des Regenwurms, r Restkörper, z Zygote.

progame Vermehrung — abgesehen von den *Schizogregarinen* und *Aggregaten* — durch ein starkes Körperwachstum ersetzt ist. Das Protoplasma (Fig. 145 I, A, 1) ist schärfer als bei anderen *Protozoen* in ein helles Ectosark (*ek*) und ein trübkörniges Entosark (*en*) gesondert. Letzteres enthält zahlreiche Körner von Paraglykogen. Ersteres wird nach außen von einer nicht überall deutlich erkennbaren, zumeist aber doppelt konturierten Cuticula (*cu*) überzogen, welche für flüssige Nahrung passierbar sein muß, da ein Cytostom fehlt. Bei vielen *Gregarinen* (vielleicht bei allen) gewahrt man eine doppelte Streifung, eine Längsstreifung, die durch Furchen der Oberfläche bedingt ist und somit ihren Sitz in der Cuticula hat, und eine dem Ectosark angehörende Querstreifung, die durch zirkuläre Muskelfibrillen hervorgerufen wird. Die Anwesenheit der

Muskelschicht macht die lebhaften, wellenförmig von einem Ende zum anderen verlaufenden Kontraktionen und die dann und wann auftretenden plötzlichen winkligen Knickungen des Körpers verständlich, nicht aber eigentümliche, an Diatomeen erinnernde, gleitende Bewegungen, welche gewöhnlich die Ortsveränderung der *Gregarinen* verursachen und sich ohne irgendwelche Gestaltsveränderung vollziehen. Dieselben werden durch die Annahme erklärt, daß die *Gregarinen* am hinteren Ende einen Strang starrer Gallertfäden ausscheiden, deren Verlängerung die Tiere vorwärts treibt.

Bei einem großen Teil der *Gregarinen* („*Polycystideen*“) zerfällt der Körper durch eine ringförmige Einschnürung in ein kleineres vorderes und größeres hinteres Stück, Protomerit und Deutomerit (Fig. 145 A). Innerlich wird die Abgrenzung beider Stücke dadurch bewirkt, daß das Entosark von einer Ectosarkbrücke quer durchsetzt wird. Im Deutomerit liegt der bläschenförmige Kern, welcher in Einzahl vorhanden ist. Man spricht bei vielen *Gregarinen* noch von einem „Epimerit“ (I), einer Einrichtung, welche mit der eigentümlichen Art ihres Parasitismus zusammenhängt. Die *Gregarinen* sind in der Jugend ganz oder wenigstens mit ihrem vorderen Ende in das Innere einer Wirtszelle eingeschlossen, welche sie auf vorgerückten Stadien verlassen. Viele von ihnen bleiben dann noch eine Zeitlang mit einem Fortsatz am vorderen Ende des Protomerits im Zellkörper befestigt. Dieser Fortsatz, das „Epimerit“, kann mit cuticularen Anhängen, Fäden oder Widerhaken, welche zur festeren Verankerung dienen, versehen sein; er geht häufig verloren, wenn die *Gregarine* endgültig den Zusammenhang mit der Wirtszelle aufgibt. — Bei den im Darm lebenden *Gregarinen* findet man vielfach „Assoziationen“: zwei, ab und zu auch eine größere Anzahl von Tieren reihen sich derart hintereinander, daß das vordere Ende des einen Tieres an das hintere des anderen anschließt (A). Vielleicht sind die „Assoziationen“ Vorbereitungen zu den Konjugationen, welche im Verlauf der Fortpflanzung auftreten.

Die Vermehrung erfolgt bei den typischen Formen im encystierten Zustande (Fig. 145, 2). Gewöhnlich findet man in einer Cyste zwei Tiere, seltener nur eines, ausnahmsweise mehr als zwei. Nachdem jedes Tier für sich durch Vermehrung seines Kernes vielkernig geworden ist, zerfällt es zunächst oberflächlich, später auch in den inneren Partien in kleine einkernige Kugeln, die Gameten (II, 3). Die Gameten verschmelzen paarweise zu einem Körper, welcher spindelförmige Gestalt annimmt und sich mit einer festen Hülle umgibt, der Spore oder „Pseudonavicelle“ (IV—VI). Daß die konjugierenden Gameten von verschiedenen Tieren abstammen, geht daraus hervor, daß bei *Stylorhynchus* die Gameten des einen Tieres mit Geißeln versehen, die des anderen Tieres unbeweglich sind. Der hiermit angebaute, wahrscheinlich allgemein verbreitete Geschlechtsdimorphismus ist bei den *Aggregaten* so gesteigert, daß fadenförmige Spermatozoiden gebildet werden, wie bei *Coccidien*. Der bei der Bildung der Gameten zurückbleibende Restkörper (Protoplasma mit degenerierenden Kernen) scheint durch sein großes Quellungsvermögen unter günstigen Verhältnissen die Cyste zum Platzen zu bringen und so die Entleerung der Pseudonavicellen zu bewirken. Zu letzterem Zweck finden sich bei manchen *Gregarinen* besondere Ausführgänge, die Sporoducte. Unter abermaliger Hinterlassung eines Restkörpers teilt sich der Sporenhalt in die sichelförmigen Keime oder Sporozoite (meist acht). Die Sporozoite müssen aus den Sporen auswandern und von neuem in Gewebszellen eindringen, um zu *Gregarinen* zu werden. Die Aus-

wanderung der Sporozoite setzt voraus, daß die Sporen in einen neuen, geeigneten Wirt gelangen. Vielfach tritt auch die Umbildung des Cysteninhalts in Pseudonavicellen erst ein, wenn die Cysten aus dem ursprünglichen Wirt herausgelangt sind. — Die bekanntesten Gregarinen sind die inmitten der Samenbildungszellen des Regenwurms schmarotzende und im reifen Zustand daher mit Spermatozoen gespickte Monocystidee *Monocystis tenax* Duj. und die zuerst in Epithelzellen, dann im Lumen des Darms von *Periplaneta orientalis* (Bäcker- und Küchenschabe) lebende Polycystidee *Gregarina (Clepsidrina) blattarum* Sieb. Mit Epimerit versehen *Stylorhynchus longicollis* F. St.

II. Unterklasse. Neosporidien. Amöbosporidien.

IV. Ordnung. Myxosporidien oder Cnidosporidien. Die *Myxosporidien* sind meist große oft mit bloßem Auge wahrnehmbare Körper,

Fig. 146.

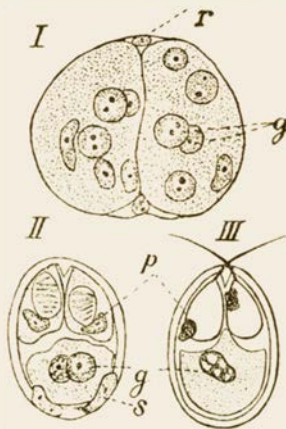


Fig. 147.



Fig. 146. Entwicklung von *Myxobolus pfeifferi*. I Pansporoblast mit Hülle und Restkernen (*r*), geteilt in zwei Sporoblasten, II Sporoblast in Umbildung zur Spore, *s* Hüllzellen, *p* Polzellen mit Polkapseln, *g* Amöboideum mit zwei Kernen, III fertige Spore mit ausgeschleuderten Fäden der Polkapseln, die beiden Kerne des Amöboideums verschmolzen (schematisiert nach Keisselitz).

Fig. 147. *Sarcocystis miescheriana* mit austretenden Sporen aus dem Zwerchfell eines Schweines (nach Bütschli).

welche besonders in *Fischen* und *Arthropoden* gefunden werden. Wo sie in Hohlorganen auftreten, sind sie nackt und mit Pseudopodien versehen. Im Innern parenchymatöser Organe, wie Herz, Niere, Leber, Hirn, Muskeln usw., sind sie gewöhnlich von einer vom Wirt gelieferten Hülle umgeben; hier erzeugen sie gewaltige Zerstörungen, indem sie, anfangs einkernig, zu vielkernigen Körpern heranwachsen, welche sich durch Teilung vermehren. Noch ehe das Körperwachstum beendet ist, beginnt die Sporulation, daher der Name „*Neosporidien*“. Im Innern des Protoplasmas sondern sich Fortpflanzungskörper mit ein oder zwei Kernen ab, die Anlagen der Pansporoblasten. Bei den bekannteren Formen liefert der Pansporoblast zwei Sporen in folgender Weise (Fig. 146). Durch Teilung entwickeln sich im ganzen 14 Kerne, von denen zwei mit ihrem zugehörigen Protoplasma (*r*) die Hülle des Pansporoblasten erzeugen.

Die übrigen Kerne bilden zwei Gruppen von sechs Kernen. Je zwei Kerne mit der Hauptmasse des Protoplasma liefern den „Amöboidkeim“; sie scheinen sich frühzeitig von den anderen durch Reifeteilungen zu unterscheiden; sie erhalten sich lange getrennt, verschmelzen aber schließlich wahrscheinlich doch noch (Karyogamie) (Fig. 146 II, III). Zwei weitere Kerne (σ) mit ihrem Protoplasma liefern die zweiklappige Sporenschale, die übrigen zwei (ρ) endlich die Polkapseln; letztere gleichen im Bau den Nesselkapseln der Cölenteraten, sind wie diese ovale Kapseln und enthalten Fäden, die unter bestimmten Verhältnissen ausgeschleudert werden (III) und die Aufgabe haben, die „Psorospermien“ — so nannte man früher die Sporen — zu befestigen, damit die kleinen in ihnen enthaltenen amöboiden Keime beim Auskriechen in die Gewebe des Wirts gelangen können. Experimentell ist festgestellt, daß die Entladung der Polkapseln durch die Darmsäfte der Fische verursacht wird, was es wahrscheinlich macht, daß die Infektion der Fische vom Darm aus erfolgt. — Zu bemerken ist noch, daß die Zahl der Sporen, welche aus einem Pansporoblasten entstehen, und ebenso die Zahl der Polkapseln bei den einzelnen Gattungen eine sehr verschiedene ist.

Die *Myxosporidien* erzeugen häufig heftige Fischepidemien, so *Myxobolus pfeifferi* Thél. die Beulenkrankheit der Barben, *Lentospora cerebralis* Hofer die Drehkrankheit der Salmoniden; *Myxidium lieberkühni* Bütschli lebt in der Harnblase von Hechten. Den *Myxosporidien* reihen sich die **Mikrosporidien** an, kleine, ovale, einen einzigen Faden ausschleudernde Sporen, die vorwiegend in den Geweben wirbelloser Tiere, besonders von *Arthropoden*, schmarotzen. *Nosema (Glugea) bombycis* Naegeli, Ursache der berüchtigten Pebrinekrankheit des Seidenspinners, infiziert auch die Eier und wird so auf die Nachkommenschaft übertragen. Ähnlich sind die *Haplosporidien*, bei denen aber kein Faden ausgeschleudert wird. *Rhinosporidium seeberi* Wern. in der Nasenschleimhaut des Menschen.

V. Ordnung. Sarcosporidien. Die *Sarcosporidien* (Fig. 147), auch Rainey-Mieschersche Schläuche genannt, finden sich in den quergestreiften Muskeln der Wirbeltiere, besonders der Säugetiere; es sind ovale, zwischen die Fibrillen der Sarkolemmschläuche eingelagerte Cysten, deren Kapseln radialstreifig sind, als wären sie von Porenkanälchen durchbohrt oder aus Stäbchen zusammengesetzt; sie sollen ein Produkt des umgebenden Muskelgewebes sein (?). Der Inhalt reifer Cysten besteht aus Sporen, die in ein Stroma eingebettet sind und zahlreiche nieren- oder sichelförmige Sporozoiten umschließen. *Sarcocystis miescheriana* Kühn in Muskeln des Schweins, *S. muris* Blanch. in Muskeln der Maus, *S. lindemanni* Rivolta selten in Muskeln des Menschen.

Im Anschluß an die *Sporozoen* seien schließlich noch vielumstrittene Körperchen von außerordentlicher Kleinheit erwähnt, welche man bei vielen infektiösen Krankheiten (Variola, Trachom, Hundswut usw.) gefunden hat und für Erreger der betreffenden Krankheiten hält. Prowazek hat dieselben unter dem Namen *Chlamydozoa* zusammengefaßt.

IV. Klasse.

Ciliaten, Wimperinfusorien.

Mit den *Rhizopoden* rivalisieren an Mannigfaltigkeit der Arten und Zahl der Individuen die *Wimperinfusorien* oder *Ciliaten*, Tiere von so

kompliziertem Bau, daß derselbe lange Zeit als ein sicherer Beweis der Vielzelligkeit galt. Alle *Infusorien* haben eine für die jeweilige Art bestimmte Körpergestalt; dieselbe ist bei den „ametabolen“ Formen vollkommen unveränderlich, während die „metabolen“ Infusorien unter Einschnürung der Körperoberfläche sich durch enge Passagen hindurchwinden können; nach Überwindung des Hindernisses kehren jedoch auch sie zur normalen Gestalt zurück. Die Konstanz der Körpergestalt hängt mit der Erhärtung der Oberfläche zu einer gegen die Sarcode mehr oder minder deutlich abgesetzten Pellicula (Cuticula) zusammen, welche bei den ametabolen Formen panzerartige Festigkeit gewinnt. Auch kommen gallertige oder festere Gehäuse vor. Die Pellicula wird von den Wimpern oder Cilien bedeckt, kleinen, schwingenden Fortsätzen, welche wie die Geißeln mit einem Basalkorn beginnen, aber nicht wie diese einzeln, sondern in größeren Mengen gleichzeitig bewegt werden; sie dienen sowohl zur Fortbewegung als auch zum Herbeistrudeln der Nahrung und bilden das systematisch wichtigste Merkmal der Klasse (Fig. 148 und f.).

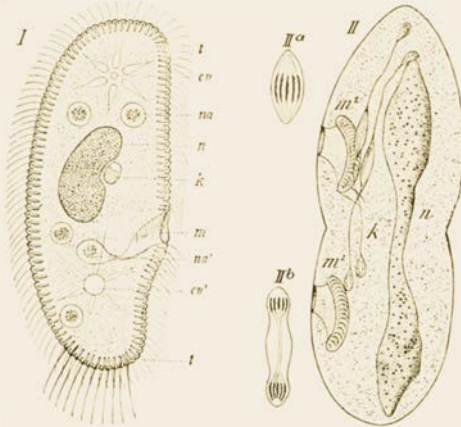


Fig. 148. *Paramecium*. I gepreßtes *P. caudatum* schematisiert. II *P. aurelia* in Teilung, IIa u. b Teilungsstadien der Nebenkern. *k* Kern, *nk* Nebenkern, *o* Cytostom, *k'*, *nk'*, *o'* die betreffenden Teile des hinteren Tiers, *cv* kontraktile Vakuole im kontrahierten, *cv'* im ausgedehnten Zustand, *t* Trichocysten, *t'* dieselben ausgeschleudert, *na* Nahrungsvakuole, *na'* in Bildung begriffen.

Die Anwesenheit einer Pellicula macht die Einrichtung eines nur bei manchen parasitischen Arten fehlenden Cytostoms (*o*) nötig, da die Nahrungskörper durch die Pellicula nicht hindurchgepreßt und daher nicht mehr an jeder Stelle in den Körper aufgenommen werden können. Das Cytostom ist bei manchen Arten eine einfache Öffnung. Meistens senkt sich aber die Pellicula samt ihrer Bewimperung trichterartig in das Körperinnere hinein und bildet eine Art Speiseröhre (Cytopharynx); am Grund derselben ist sie unterbrochen, so daß hier Wasser und Körperprotoplasma miteinander in Berührung kommen. Durch das Schlagen der Wimpern wird Wasser und darin

suspendierte Nahrung durch den Mund aufgenommen und gegen das Protoplasma gepreßt, welches dem Druck nachgibt. Indem sich die so entstandene Aussackung (*na*) allmählich abschnürt, entsteht eine Flüssigkeitsansammlung im Protoplasma, eine Nahrungsvakuole (*na*), welche von der Strömung im Körperinnern erfaßt und herumgetragen wird. Das Unverdauliche wird an einer bestimmten, für gewöhnlich in keiner Weise ausgezeichneten Stelle, der Cytopyge (Zellenafter) ausgestoßen. Kontraktile Vakuolen (*ca*) fehlen nur selten (bei Meeresbewohnern und Parasiten); sie sind konstant in Zahl und Lagerung und besitzen oft zuführende Kanäle, die ihren Inhalt in die Vakuole entleeren, welche ihn weiter nach außen befördert.

Inkonstante Vorkommnisse sind Trichocysten, Nesselkapseln und Muskelfibrillen. Trichocysten sind kleine Stäbchen in der Rindenschicht des

Körpers, welche senkrecht zur Oberfläche gestellt sind und bei Behandlung mit Reagentien sich in einen die Pellicula durchbohrenden Faden verlängern. Auf Grund dieser Erscheinungen haben manche Forscher sie für Verteidigungs- und Angriffswaffen, ähnlich den Nesselkapseln der *Cöelenteraten*, erklärt; mit den Cilien stehen sie in keiner Verbindung. Häufig findet man Muskelfibrillen, welche zwischen Pellicula und Ectosark verlaufen und ihre Anwesenheit durch rasche zuckende Bewegungen des Tieres zu erkennen geben.

Äußerst interessant sind die Kernverhältnisse, insofern eine Sonderung in zweierlei physiologisch ungleichwertige Kerne, Haupt- und Nebenkern, eingetreten ist. Der Hauptkern (Nucleus der älteren, Makronucleus der neueren Autoren) ist ein großer ovaler, stäbchen- oder rosenkranzförmiger, von einer Membran umschlossener Körper; unter seinem Einfluß scheinen sich alle gewöhnlichen Lebensverrichtungen (Bewegung, Ernährung usw.) zu vollziehen. Neben ihm oder in einer Nische seines Körpers eingebettet liegt der sehr viel kleinere, je nach den Arten in Ein- oder Mehrzahl vorhandene Nebenkern (Mikronucleus, früher Nucleolus genannt), der nur bei den Fortpflanzungserscheinungen eine Rolle spielt. Da er bei allen geschlechtlichen Vorgängen besonders in den Vordergrund tritt, kann man ihn geradezu Geschlechtskern nennen.

Haupt- und Nebenkern.

Die Vermehrung der *Infusorien* erfolgt durch Zweiteilung (Fig. 148, 153, 154), seltener, und dann nur im encystierten Zustand, durch Teilung in zahlreiche Stücke; bei *Peritrichen* und *Suctorien* kommt auch Knospung vor. Zuerst teilt sich der Nebenkern unter Spindelbildung, später der Hauptkern durch Streckung und biskuitförmige Einschnürung. Die alte Mundöffnung (*o*) verbleibt im vorderen Teilsprößling, doch schnürt sich öfters von ihr eine Ausstülpung ab, welche im hinteren Sprößling sich zu einer neuen Mundöffnung entwickelt, sofern diese nicht vollkommen neu entsteht.

Teilung.

Die Perioden der Teilung werden von Zeit zu Zeit durch die geschlechtlichen Vorgänge der Konjugation unterbrochen, welche wir im folgenden für die *Paramäcien* schildern wollen (Fig. 149). Zwei *Paramäcien* legen sich zunächst mit den vorderen Enden, später fast mit ihren ganzen ventralen Seiten aneinander, so daß Mundöffnung gegen Mundöffnung steht. In der Nachbarschaft der letzteren bildet sich auf vorgerückteren Stadien der Konjugation eine Verwachungsbrücke; schließlich gehen die Tiere auseinander und regenerieren ihre verloren gegangenen Mundöffnungen. Während dieser äußerlich leicht erkennbaren Vorgänge hat sich im Innern eine vollkommene Umgestaltung des Kernapparats angebahnt und zum Teil vollzogen. Der Hauptkern wächst in Fortsätze aus, welche in kleine Stücke zerfallen; diese verschwinden in den ersten Wochen nach aufgehobener Konjugation (wahrscheinlich meist durch Resorption) und werden von einem neuen Kern ersetzt, einem Abkömmling des Nebenkerns. Die Nebekerne machen am Anfang der Konjugation die „Reifeteilungen“ durch (S. 132); zu dem Zweck wachsen sie bedeutend heran und werden zu Spindeln, welche in jedem Tier durch zweimalige Teilung vier Spindeln liefern. Von den vier Spindeln gehen drei, die Nebenspindeln, zugrunde und erinnern so an das Schicksal der Richtungskörper bei der Eireife; die vierte, die Hauptspindel, stellt sich in der Gegend der Mundöffnung senkrecht zur Körperoberfläche ein und teilt sich aufs neue in zwei Kerne, den oberflächlichen Kern, den

Konjugation.

Wanderkern oder männlichen Kern, und den tiefer gelegenen, den stationären oder weiblichen Kern. Die männlichen Kerne der beiden kopulierten Tiere werden ausgetauscht, indem sie sich auf der zu diesem Zweck gebildeten Protoplasmabrücke aneinander vorbeischieben. Nach dem Austausch verschmilzt der übergetretene männliche Kern mit dem zurückgebliebenen weiblichen Kern des anderen Tieres zum Teilungs-



Fig. 149. Konjugation von *Paramacium*, *nk* Nebenkern, *k* Hauptkern, *o* Cytostom der konjugierenden Tiere.

I. Der Nebenkern wandelt sich zur Spindel um, im linken Tier Sichelstadium, rechts Spindelstadium.

II. Zweite Teilung des Nebenkerns in die Hauptspindel (links mit 1, rechts mit 5 bezeichnet) und die Nebenspindeln (links 2, 3, 4, rechts 6, 7, 8).

III. Die Nebenspindeln in Rückbildung (links 2, 3, 4, rechts 6, 7, 8), die Hauptspindeln teilen sich in die männliche und weibliche Spindel, links 1 in *1m* und *1w*, rechts 5 in *5m* und *5w*.

IV. Austausch der männlichen Spindeln nahezu vollendet (Befruchtung); dieselben stecken noch mit einem Ende in ihrem Muttertier, mit dem anderen Ende haben sie sich mit der weiblichen Spindel des anderen Paarlings vereint, *1m* mit *5w* und *1w* mit *5m*. Hauptkern in Teilstücke ausgewachsen.

V. Die aus Vereinigung von männlichem und weiblichem Kern entstandene primäre Teilungsspindel teilt sich in die sekundären Teilungsspindeln *t'* und *t''*.

VI. und VII. Nach Aufhebung der Konjugation. Die sekundären Teilungsspindeln teilen sich in die Anlagen der neuen Nebenkerns (*nk'*) und die Anlagen des neuen Hauptkerns *pt* („Placenten“). Der zerstückelte alte Hauptkern fängt an zu zerfallen. (Da *Paramacium caudatum* für die Anfangsstadien, *P. aurelia* für die Endstadien leichter verständliche Verhältnisse bietet, wurde für I—III *P. caudatum*, IV—VII *P. aurelia* gewählt. Der Unterschied beider Arten beruht darauf, daß *P. caudatum* einen Nebenkern, *P. aurelia* deren zwei hat, daß bei letzterem der Kernzerfall schon auf Stadium I beginnt.)

kern. Gewöhnlich bewahren die Kerne während dieser Vorgänge die Spindelstruktur bei. Zum Schluß einer Reihe komplizierter, bei den einzelnen Infusorienarten verschieden verlaufender Vorgänge entstehen aus den zwei zunächst gleichartig aussehenden Teilprodukten des Teilungskernes Kerne, von denen der eine zum Hauptkern, der andere zum Nebenkern wird.

Ziehen wir den Vergleich mit den Befruchtungsvorgängen der Metazoen, so entspricht der weibliche Kern dem Eikern, der männliche Kern dem Spermakern. Wie durch Vereinigung von Ei- und Spermakern der Furchungskern gebildet wird, so hier durch Vereinigung von weiblichem und männlichem Kern der Teilungskern; wie eine Eizelle durch Befruchtung die Fähigkeit gewinnt, nicht nur wieder Geschlechtszellen zu liefern, sondern auch somatische Zellen, Zellen, welche den gewöhnlichen Lebensprozessen des Organismus vorstehen, so bildet der befruchtete Nebenkern nicht nur den Nebenkern, sondern auch den Hauptkern, den funktionierenden oder somatischen Kern. Mit anderen Worten, die Befruchtung führt bei den Infusorien zu einer vollkommenen Neugestaltung des Kernapparats und damit auch zu einer Neuorganisation des Infusors.

Bei den meisten Infusorien sind die konjugierenden Tiere gleichwertig (Isogameten) oder nur wenig voneinander unterschieden; die Befruchtung ist eine wechselseitige, und es trennen sich die Tiere nach der Befruchtung voneinander. Bei den *Peritrichen* dagegen (Fig. 150), meistens festsitzenden Formen, wird die Ähnlichkeit mit den geschlechtlichen Vorgängen der Metazoen noch weiter dadurch gesteigert, daß es zu einer geschlechtlichen Differenzierung und einer dauernden Verschmelzung (Kopulation) der Paarlinge kommt. Einige Tiere, die Makrogameten, behalten ihre Größe und sitzende Lebensweise bei; andere wiederum liefern durch lebhaft Teilung Gruppen von wesentlich kleineren Individuen, Mikrogameten; letztere lösen sich ab und suchen die Makrogameten auf, um mit ihnen dauernd zu verschmelzen bis auf einen kleinen abfallenden Rest, der hauptsächlich aus dem zusammengefallenen Pellicularsack besteht. Die Kernveränderungen sind prinzipiell dieselben wie bei *Paramäcien*, mit Ausnahme einiger durch die totale Verschmelzung bedingter Modifikationen.

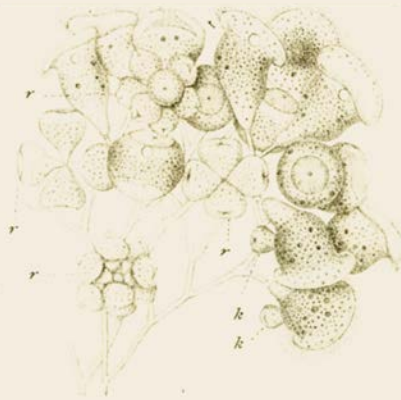


Fig. 150. *Epistylis umbellaria* (nach Greeff). Teil einer in „knospentformiger Konjugation“ begriffenen Kolonie, *r* die durch Teilung entstandenen Mikrogameten, *k* Mikrogamet in Konjugation mit einem Makrogameten.

I. Ordnung. Holotrichen. Die *Holotrichen* sind unzweifelhaft die ursprünglichsten *Infusorien*, insofern alle Stellen der Körperoberfläche sich in der Bewimperung noch ziemlich gleichartig verhalten. Von bekannteren Formen gehören hierher die in fauligem Wasser lebenden, mit Trichocysten versehenen *Paramäcien* (Fig. 148): *Paramaecium aurelia* Müll. (II) mit zwei Nebenkernen, *P. caudatum* (I) mit einem Nebenkern. Im Darm des Frosches lebt *Opalina ranarum* Ehrbg., ohne Mundöffnung, mit zahlreichen gleichartigen Kernen. Die kleinen encystierten *Opalinen* werden mit den

Fäkalien entleert und von den Froschlärven verzehrt, welche sich so infizieren. *Ichthyophthirius multifiliis*, auf der Haut von Fischen, erzeugt durch seine rapide Vermehrung schwere Epidemien.

II. Ordnung. Heterotrichen. Die *Heterotrichen* (Fig. 151) haben noch die totale Bewimperung der *Holotrichen*, haben aber außerdem einen besonders stark entwickelten Wimperapparat, die adorale Wimperspirale. Diese ist ein flimmerndes Band, dessen eines Ende in größerer oder geringerer Entfernung von der Mundöffnung beginnt, dessen anderes Ende in spiralem Verlauf in die Mundöffnung hineinleitet. Die Wimperspirale besteht aus quergestellten, zu „Membranellen“ verklebten Wimperreihen, welche wie die Reihen eines Bataillons in der Längsrichtung des Bandes aufeinanderfolgen. Bei den bekanntesten *Heterotrichen*, den *Stentoren*, bildet das von der adoralen Wimperspirale umgrenzte „Peristomfeld“

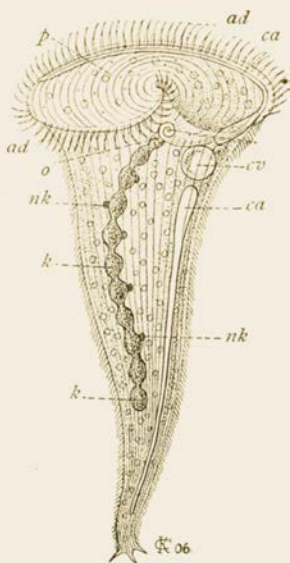


Fig. 151. *Stentor coeruleus* (nach Schuberg). *p* Peristom, *ad* adorale Wimperspirale, *o* Cytostom, *cv* kontraktile Vakuole, *ca* zuführende Kanäle, *k* Kern, *nk* Nebenkerne.

das trompetenartig verbreiterte vordere Ende des Tieres, während sich nach rückwärts der Körper in eine Spitze verjüngt, welche vermöge hier entspringender Plasmafäden zum Anheften benutzt werden kann. Muskelfibrillen, welche vom hinteren zum vorderen Ende dicht unter der Pellicula verlaufen, ermöglichen den *Stentoren* energische zuckende Bewegungen. *Stentor coeruleus* Ehrbg., *St. polymorphus* Ehrbg., beide bauen sich während des Festsetzens gern Gallerthüllen. Als Parasit des Menschen verdient das *Balantidium coli* Mahnst., welches bei Diarrhöen im Dickdarm auftritt, genannt zu werden; noch häufiger findet sich dasselbe, ohne Erkrankung hervorzurufen, im Dickdarm des Schweines (Fig. 152). Anderweitige Parasiten des menschlichen Darms: *Bal. minutum* Schaud., *Nyctotherus faba* Schaud.

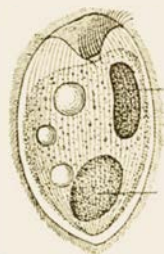


Fig. 152. *Balantidium coli* (nach Leuckart).

III. Ordnung. Peritrichen. Der Körper der *Peritrichen* besitzt stets am vorderen Ende ein breites Peristomfeld, welches die Mundöffnung trägt; am hinteren Ende hat er entweder eine korrespondierende Fußscheibe, oder er ist nach Art eines Kelchglases verjüngt und endigt in einen festsitzenden Stiel (Fig. 153). Stets findet sich die adorale Wimperspirale, welche von den wulstigen Rändern der Peristommulde ausgeht, außerdem sich aber auch auf die Wimperscheibe fortsetzt, einen Deckel, welcher für gewöhnlich aus der Peristommulde hervorragt, bei der Kontraktion aber fest auf sie gedrückt wird, während sich über ihm die Peristomlippen zusammenziehen. Außer der Wimperspirale kann noch ein Wimperkranz nahe dem hinteren Ende dauernd oder vorübergehend vorhanden sein. — Der Kern der *Peritrichen* ist meist wurstförmig und mehrfach gebogen und beschreibt dann mit seinem hinteren Ende einen Haken, in dessen Winkel der kleine Neben Kern lagert. Die bekanntesten Repräsentanten der Ordnung sind die *Vorticellinen* (Fig. 150, 153), festsitzende Tiere mit einem Stiel, welcher

teren Ende hat er entweder eine korrespondierende Fußscheibe, oder er ist nach Art eines Kelchglases verjüngt und endigt in einen festsitzenden Stiel (Fig. 153). Stets findet sich die adorale Wimperspirale, welche von den wulstigen Rändern der Peristommulde ausgeht, außerdem sich aber auch auf die Wimperscheibe fortsetzt, einen Deckel, welcher für gewöhnlich aus der Peristommulde hervorragt, bei der Kontraktion aber fest auf sie gedrückt wird, während sich über ihm die Peristomlippen zusammenziehen. Außer der Wimperspirale kann noch ein Wimperkranz nahe dem hinteren Ende dauernd oder vorübergehend vorhanden sein. — Der Kern der *Peritrichen* ist meist wurstförmig und mehrfach gebogen und beschreibt dann mit seinem hinteren Ende einen Haken, in dessen Winkel der kleine Neben Kern lagert. Die bekanntesten Repräsentanten der Ordnung sind die *Vorticellinen* (Fig. 150, 153), festsitzende Tiere mit einem Stiel, welcher

meist hohl ist und dann einen schwach spiraligen Muskel enthält. Der Muskel dringt in die Basis der *Vorticelle* ein und löst sich in ein Bündel feiner Fibrillen auf, welche unter der Cuticula bis zum Peristom hinziehen; wenn der Stielmuskel sich kontrahiert, legt er sich und die umhüllende

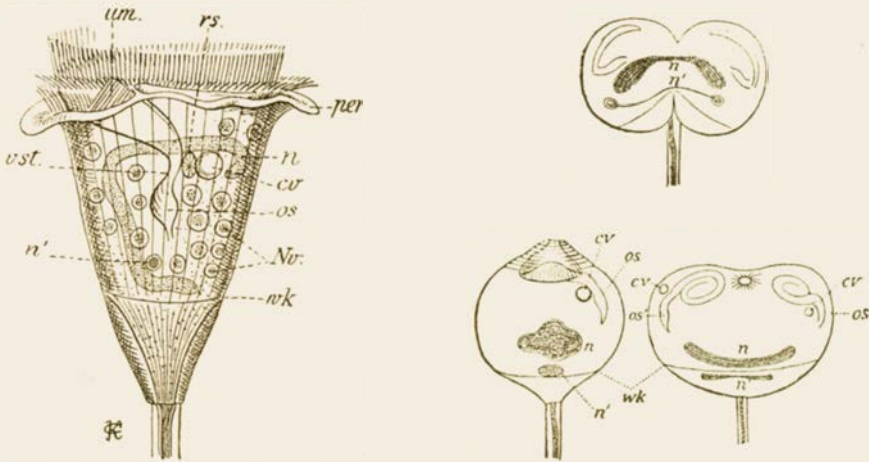


Fig. 153. *Carchesium polypinum* (nach Bütschli). Links Einzeltier, rechts drei Teilungsstadien. *n* Kern, *n'* Nebenkerne, *cv* kontraktile Vakuole mit ihrem Reservoir *rs*; *wk* Ring, an dem sich ein hinterer Wimperkranz bilden kann, *Nv* Nahrungsvakuolen, *per* Peristom, *vst* Vestibulum, *um* undulierende Membran, *os* Ösophagus.

Stielscheide in korkzieherartige Windungen; so wird das Tier zurückgezogen, dabei sein vorderes Ende zugleich geschlossen. Die echten *Vorticellen* sind einzellebend, die *Carchesien* koloniebildend mit dichotom verästelttem Stiel, *Epistylis* desgleichen, nur daß der Muskel fehlt und der Stiel solid und starr ist. *Vorticella nebulifera* Ehrbg., *Carchesium polypinum* L., *Epistylis plicatilis* Ehrbg. Hierher gehören auch die in enormen Massen auftretenden, abenteuerlich gestalteten Parasiten des Wiederkäuermagens (Pansen); *Ophryoscolex caudatus*, *Cycloposthium bipalmatum* usw.

IV. Ordnung. Hypotrichen.

Bei den *Hypotrichen* ist die Körpergestalt mehr oder minder stark abgeplattet und dadurch eine schärfere Sonderung zwischen Bauchseite und schwach gewölbter Rückenseite herbeigeführt (Fig. 154). Der Rücken ist frei von Wimpern, dagegen öfters mit Stacheln und feinen Tastborsten ausgerüstet; die Bauchseite trägt mehrere Längsreihen von Wimpern, außerdem mehrere aus verklebten Wimpern bestehende, gerade gestreckte Griffel und hakenförmig gekrümmte Cirren; letztere werden wie Beine der *Insekten* mit großer Behendigkeit zum

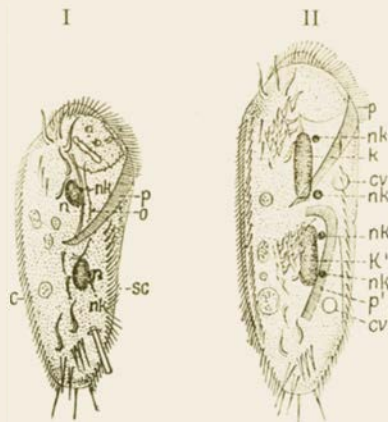


Fig. 154. *Stylonychia mytilus* (nach Stein). I gewöhnliches Tier, II Teilung. *k* Kern, *nk* Nebenkerne, *p* Peristom mit adoraler Wimperspirale, *cv* kontraktile Vakuole, *c* Cirren, *sc* Seitencirren, *k'*, *nk'*, *p'*, *cv'* die betreffenden Teile des hinteren Tieres.

Laufen auf Unterlagen verwandt. Zum Herbeistrudeln der Nahrung und zum Schwimmen dient eine ebenfalls ventral gelagerte mächtige adorale Wimperspirale. Der Hauptkern ist oft in zwei ovale, durch einen Faden verbundene Körper abgeteilt. Die Zahl der Nebenkern schwankt zwischen zwei und vier bei derselben Art; *Stylonychia mytilus* Müll.

V. Ordnung. Suctorien oder Acinetinen. Von den typischen *Infusorien* weichen die *Sauginfusorien* oder *Suctorien* (Fig. 22, S. 60) dadurch ab, daß sie als ausgebildete Tiere keine Wimpern und damit auch keine freie Ortsbewegung besitzen; sie sind entweder direkt mit ihrer Basis auf einer Unterlage aufgewachsen oder mittels eines Stiels befestigt. Der gewöhnlich kugelige Körper ist von einer Pellicula bedeckt und bei manchen Gattungen, z. B. der Gattung *Acineta* in becherartige Gehäuse eingeschlossen. Eine Mundöffnung fehlt, dafür sind die *Suctorien* mit Tentakeln oder Saugfüßchen versehen, feinsten Röhrchen mit kontraktilem Wandungen, die im Protoplasma des Körpers beginnen und durch die Pellicula hindurchtreten. Die *Acineten* töten mittels ihrer Tentakeln andere Tiere, namentlich *Infusorien*, legen die saugnapfartigen Enden der Tentakeln an und saugen sie aus. Im Innern des Protoplasmas liegt außer den nur selten fehlenden kontraktilem Vakuolen der große kompakte Kern; auch Nebenkern scheinen allgemein verbreitet zu sein. Im Gegensatz zu den wenig oder gar nicht beweglichen ausgebildeten Tieren schwimmen die Jugendformen behend im Wasser herum; sie bilden sich als knospenförmige Auswüchse auf der Oberfläche eines Muttertieres oder auch als „Embryonen“ im Innern; letzteres ist so zu erklären, daß die Stelle der Körperoberfläche, welche die Knospe erzeugt, vorher ins Innere des Körpers zur Bildung einer Bruthöhle eingestülpt worden war. Nach längerem Herumschwimmen kommen die Tiere zur Ruhe, indem sie sich festsetzen, die Wimpern einziehen und Saugröhren bilden. Im Süßwasser sind einige *Podophryen* (*P. quadripartita* Clap. und Lachm.) weit verbreitet, außerdem die in Infusorien schwarzhende *Sphaerophrya*; im Meer lebt auf *Hydrozoen* und *Bryozoen* neben zahlreichen Arten der Gattung *Acineta* die *Podophrya* (*Ephelota*) *gemmipara* R. Hertw. (Fig. 22).

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate über Protozoen.

1. Die **Protozoen** sind einzellige Organismen ohne echte Gewebe und ohne echte Organe.
2. Alle Lebensprozesse werden durch das Protoplasma (Sarcode) vermittelt, die Verdauung stets unmittelbar vom Protoplasma, die Fortbewegung und Nahrungsaufnahme durch Fortsätze des Protoplasmas (Pseudopodien) oder durch Anhänge (Wimpern und Geißeln).
3. Die Exkretion erfolgt häufig durch besondere Flüssigkeitsansammlungen, die kontraktilem Vakuolen.
4. Die Vermehrung erfolgt durch Knospung oder Teilung. Zeitweilig treten echte Befruchtungen auf, die von den Plasmogamien scharf zu unterscheidenden Karyogamien. Die Befruchtung kann durch dauernde Verschmelzung (Kopulation) oder vorübergehende Vereinigung (Konjugation) der Tiere ermöglicht werden; sie kann isogam, anisogam oder autogam sein.
5. Die *Protozoen* sind Bewohner des Wassers, einige leben auch in feuchter Luft; in trockener Luft vermögen sie nur im encystierten

Zustand auszuharren, innerhalb einer Kapsel, welche das Vertrocknen verhindert.

6. Da im encystierten Zustand die *Protozoen* leicht verschleppt werden, erklärt sich ihr Auftreten in Infusionen und in Wasser, welches anfänglich keine Tiere enthielt.

7. Die Einteilung der *Protozoen* in die Klassen der Rhizopoden, Flagellaten, Sporozoen und Ciliaten gründet sich auf die Fortbewegungsweise.

8. Die **Rhizopoden** besitzen wechselnde protoplasmatische Ausläufer, die Pseudopodien.

9. Die *Rhizopoden* werden eingeteilt in Amöbinen, Heliozoen, Radiolarien, Thalamophoren und Mycetozoen.

10. *Amöbinen* haben eine veränderliche Körpergestalt.

11. *Heliozoen* und *Radiolarien* haben eine kugelige Körpergestalt, feine, radial ausstrahlende Pseudopodien und häufig Kieselskelette; sie unterscheiden sich voneinander, indem die *Radiolarien* eine Zentralkapsel besitzen, die den *Heliozoen* fehlt.

12. *Thalamophoren* (*Foraminiferen*) haben eine Schale, welche an einem Ende blind geschlossen, am anderen Ende zum Durchtritt der Pseudopodien geöffnet ist; im übrigen ist die Schale rein chitinös oder mit kohlensaurem Kalk imprägniert, einkammerig oder vielkammerig, gerade gestreckt oder spiral eingewunden, fest gedichtet oder von kleinen Öffnungen durchbohrt; die Pseudopodien sind manchmal lappig, häufiger fadenförmig, verästelt, anastomosierend.

13. Durch ihre Schalen und ihr massenhaftes Auftreten haben die *Thalamophoren* große geologische Bedeutung, indem sie mächtige Ablagerungen gebildet haben (Kreide, Nummulitenkalke) und noch bilden. Von geringerer Bedeutung sind die Kieselskelette der *Radiolarien*.

14. *Mycetozoen* (*Myxomyceten* der Botaniker) sind meist riesige Amöben mit netzförmig verästeltem Protoplasma (Plasmodien); sie bilden komplizierte, an die Pilze erinnernde Fortpflanzungskörper (Sporenblasen und Carpome).

15. Die **Flagellaten** besitzen einen oder wenige lange, schwingende Fortsätze, welche zur Fortbewegung und zum Herbeistrudeln der Nahrung dienen, die Geißeln.

16. Die *Autoflagellaten* haben eine oder mehrere Geißeln, sie ernähren sich wie Pflanzen mittels Chlorophylls (*Volvocineen*) oder leben von flüssiger Nahrung (die parasitischen Formen) oder nehmen geformte Nahrung auf, sei es mittels Pseudopodien, oder mittels eines Cytostoms oder eines Collare.

17. Parasiten des Menschen sind *Trichomonas vaginalis*, *Lambliä intestinalis*, *Trypanosoma gambiense* (Ursache der Schlafkrankheit) und viele andere. Früher wurde mit Unrecht hierher gerechnet *Spirochacte* (*Treponema pallida*) (Ursache der Syphilis).

18. *Dinoflagellaten* haben zweierlei Geißeln und meist einen aus Zellulose bestehenden Panzer.

19. *Cystoflagellaten* sind Flagellaten mit einem von einer festen Membran umschlossenen Gallertkörper (*Noctiluca*, Meerleuchte).

20. **Sporozoen** sind parasitische Protozoen, meist ohne Fortbewegungsorgane und ohne Mund; sie nehmen keine geformte Nahrung auf, sondern leben vom Gewebssaft. Bei ihrer wahrscheinlich stets mit Befruchtung und Wirtswechsel verbundenen Fortpflanzung erzeugt das encystierte Tier Sporen, die sich wiederum in Sporozoite teilen. Außer-

dem kommt noch eine zweite im Anfangswirt ablaufende Vermehrung vor (Autoinfektion).

21. Vorübergehend oder dauernd in Zellen schmarotzen die *Gregarinarinen* (Sporen=Pseudonavicellen, Sporozoite=sichelförmige Keime), *Coccidarien*, *Hämosporidien* (Ursache der Malaria, Schmarotzer der Blutkörperchen).

22. Im Gewebe oder auch in Hohlorganen leben *Sarcosporidien* (Rainey-Mieschersche Schläuche der Säugetiermuskeln) und *Myxosporidien* (Psorospermenschläuche der Fische, Psorospermien = Sporen).

23. Die **Ciliaten** oder **Infusorien** im engeren Sinne haben zahlreiche feine, schwingende Fortsätze, die Cilien, eine feste Oberflächenschicht (Pellicula), infolgedessen besondere Öffnungen zur Aufnahme und Abgabe von Stoffen, Zellenmund (Cytostom) und Zellenafter (Cytopyge).

24. Am interessantesten ist das Auftreten von zweierlei Kernen, eines Geschlechtskerns (Neben Kern, Mikronucleus) und eines funktionierenden Kerns (Hauptkern, Makronucleus).

25. Bei der Konjugation werden Teilprodukte der Nebenkerne ausgetauscht und bewirken die Befruchtung. Der Hauptkern geht dabei meist zugrunde und wird durch ein Teilstück des befruchteten Nebenkerne ersetzt.

26. Die Systematik der *Infusorien* gründet sich auf die Ausbildungsweise und Verteilung der Wimpern.

27. Die *Holotrichen* haben eine totale, gleichmäßige Bewimperung. Die *Heterotrichen* haben außer der totalen Bewimperung besonders kräftige Wimpern im Umkreis des Mundes (adorale Wimperspirale). Die *Peritrichen* haben nur die adorale Bewimperung. Die *Hypotrichen* haben auf der Bauchseite außer der Wimperspirale noch weitere, in Reihen gestellte Wimpern und Wimperbüschel. Die *Suctorien* besitzen gewöhnlich nur während der Jugendstadien Wimpern, später sitzen sie fest und ernähren sich durch Saugtentakeln.

Anhang.

Der Deszendenztheorie zufolge sollte man erwarten, daß Übergangsformen zwischen *Protozoen* und *Metazoen* existieren. Als solche sind beschrieben worden: *Salinella salve* Frenzel, *Lohmanella catenata* Neresheimer, *Buddenbrockia plumatellae* Schröd., die *Orthonectiden* und die *Dicyemiden*. Früher rechnete man hierher auch den *Trichoplax adhaerens* F. E. Schulze, eine Scheibe, welche nur aus zwei epithelartigen, durch Gallertgewebe getrennten Zellenlagen besteht; doch ist es wahrscheinlicher, daß es sich bei ihm um Larven einer Meduse (*Eleutheria*) handelt, welche durch flächenhafte Ausbreitung das merkwürdige Aussehen gewinnen. Die *Dicyemiden* und *Orthonectiden* haben ein vielzelliges Ectoderm, welches bei ersteren nur eine große Zelle, bei letzteren einen soliden Haufen von Zellen umschließt. Bei *Salinella* und *Lohmanella* endlich ist überhaupt nur eine, einen Hohlraum umschließende Zellschicht vorhanden. Da die *Dicyemiden* in der Niere der *Cephalopoden*, die *Orthonectiden* in *Würmern* und *Echinodermen*, die *Buddenbrockien* in Süßwasserbryozoen parasitisch leben, ist es möglich, daß ihre niedere Organisation durch Rückbildung zu erklären ist.

Metazoen, vielzellige Tiere.

Nach Ausschluß der Protozoen kann man alle Stämme des Tierreichs unter dem Begriff „Metazoen“, d. h. „höhere Tiere“, zusammenfassen. Das Gemeinsame derselben besteht darin, daß sie aus zahlreichen gegeneinander abgegrenzten einzelnen Zellen bestehen, und daß diese Zellen in mehreren Lagen angeordnet sind. Mindestens sind zwei Lagen vorhanden, eine Zellschicht, welche die Abgrenzung des Tierkörpers nach außen bewirkt, die Hautepithelschicht oder das Ectoderm, und eine den Darm auskleidende Zellenlage, das Entoderm oder die Darmepithelschicht; dazwischen kann noch eine dritte Gewebslage vorkommen, welche häufig durch die Leibeshöhle in eine äußere Hautfaser-schicht und eine innere Darmfaserschicht gespalten wird. Man nennt die mittlere Körperschicht, unbekümmert darum, ob eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht, Mesoderm. Die Vielzelligkeit ermöglicht eine höhere Entfaltung der Organisation; es treten in verschiedenen Graden der Spezialisierung Gewebe und Organe auf. — Bei keinem Metazoon wird ferner eine echte geschlechtliche Fortpflanzung, d. h. eine Fortpflanzung durch Geschlechtszellen vermißt; doch müssen wir mit der Möglichkeit rechnen, daß manche Arten die Befruchtung verloren haben und sich nur noch parthenogenetisch fortpflanzen. Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung kommen namentlich bei den niederen *Würmern* und den *Cölenteraten* Teilung und Knospung vor.

Für sämtliche Metazoen ist die Erscheinung der Eifurchung in hohem Grade charakteristisch; das befruchtete Ei teilt sich in zahlreiche Zellen, welche als „Furchungskugeln“ zur Bildung des Keims vereinigt bleiben. Kein einziges Protozoon besitzt einen Furchungsprozeß; etwaige Teilungen führen hier zu neuen Individuen, die sich vollkommen voneinander trennen oder ausnahmsweise in einem lockeren Verbands (Stock, Kolonie) verbleiben.

II. Stamm.

Cölenteraten, Pflanzentiere.

Die zum Stamme der *Cölenteraten* gehörigen Tiere wurden früher wie auch jetzt noch von manchen Zoologen *Zoophyten* oder *Pflanzentiere* genannt; von Cuvier wurden sie mit den *Echinodermen* zum Typus der *Radiaten* vereint, eine Vereinigung, welche Leuckart, der Vater des Namens „Cölenteraten“, wieder rückgängig machte, weil bei den *Echinodermen* ein besonderer Darm und eine besondere Leibeshöhle vorhanden sind, bei den *Cölenteraten* dagegen nur ein einziges Hohlraumssystem. Jeder der drei Namen bezieht sich auf bestimmte wichtige Merkmale des Stammes.

1. Der Name „*Pflanzentiere*“ wurde mit Rücksicht auf den allgemeinen Habitus gewählt. Die meisten *Cölenteraten* sind wie Pflanzen auf dem Boden festgewachsen und bilden vermöge unvollständiger Knospung busch- und rasenartige Kolonien. Die Ähnlichkeit ist jedoch nur eine äußerliche, da bei einer einigermaßen genauen Untersuchung die tierische Natur keines einzigen *Cölenteraten* auch nur im geringsten zweifelhaft

sein kann. Der Name darf daher nicht so verstanden werden, als ob es Organismen seien, welche auf der Grenze zwischen Tier- und Pflanzenreich stehen. Auch gibt es neben den festsitzenden freibewegliche, lebhaft im Wasser schwimmende Formen.

2. Die meisten *Cölenteraten* sind radialsymmetrisch; in ihrem Körper ist stets eine Achse feststehend, die Hauptachse, deren eines Ende durch die Mundöffnung, deren anderes Ende durch das blinde Darmende charakterisiert ist. Im Umkreis der Hauptachse sind im großen und ganzen die Organe des Körpers gleichmäßig verteilt, so daß zahlreiche, den Körper symmetrisch halbierende Teilebenen möglich sind. Bei den *Schwämmen* allerdings ist die Verteilung der Organe so regellos, daß man eher von Asymmetrie oder Anaxonie reden könnte; andererseits gibt es hochorganisierte *Cölenteraten*, welche sich zur zweistrahligem Symmetrie oder gar zur Bilateralität höher entwickelt haben (*Ctenophoren* und *Anthozoen*).

3. *Cölenteraten* endlich heißen die Tiere, weil in ihrem Körperinnern nur ein einziges zusammenhängendes Hohlraumsystem, das Cölenteron oder das Gastrovascularsystem, vorhanden ist. Im einfachsten Fall ist dasselbe ein weitmündiger Sack, in welchen die Nahrung zur Verdauung aufgenommen wird; die einzige Öffnung des Sacks dient dann als Mund und After zugleich; der Sack selbst ist als Darm oder Magen zu bezeichnen. Häufig gehen von dem zentral gelegenen Sack seitliche Divertikel oder verästelte Kanäle aus, welche die Nahrung nach der Peripherie des Körpers verteilen und somit funktionell die Gefäße ersetzen. Daher der Name „Gastrovascularsystem“. Da das besprochene Hohlraumsystem in erster Linie der Ernährung dient, ist es mißbräuchlich, dasselbe Leibeshöhle zu nennen und die *Cölenteraten* für darmlos zu erklären. Dagegen ist der Name „Coelenteron“ oder „Darmleibeshöhle“ — d. h. ein Hohlraum, der Darm- und Leibeshöhle zugleich ist — vollkommen zu verteidigen. Denn bei vielen höheren Tieren, welche eine echte Leibeshöhle besitzen, sehen wir dieselbe als eine sich abschnürende Ausstülpung des Darms entstehen. Da solche Darmdivertikel auch bei den *Cölenteraten* vorkommen, ohne jedoch selbständig zu werden, so kann man in der Tat sagen, daß hier im Gastrovascularsystem nicht nur der Darm, sondern *potentia* auch die Leibeshöhle enthalten ist.

Bei den *Cölenteraten* kommt neben der geschlechtlichen auch die ungeschlechtliche Fortpflanzung vor, in weitester Verbreitung die Knospung, seltener die Teilung. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung können sich kombinieren und durch gesetzmäßiges Alternieren den Generationswechsel hervorrufen.

Zum Zweck der weiteren Besprechung müssen wir gleich von Anfang an zwei Unterstämme auseinanderhalten, die *Spongien* mit der einzigen Klasse der *Periferen*, und die *Cnidarien* oder *Nematophoren*, zu welchen die vier Klassen der *Hydrozoen*, *Scyphozoen*, *Anthozoen* und *Ctenophoren* gehören. Beide Unterstämme haben so wenig miteinander gemein, daß viele Zoologen den Namen „*Cölenteraten*“ auf die *Cnidarien* beschränken und aus den *Spongien* einen völlig selbständigen Stamm des Tierreichs bilden.

I. Unterstamm.

Spongien.

I. Klasse.

Poriferen, Schwämme.

Die *Spongien* oder *Poriferen*, zu denen als bekanntester Repräsentant der Badeschwamm, *Euspongia officinalis*, gehört, sind fast ausschließlich Meeresbewohner; aus dem Süßwasser kennt man nur die verschiedenen Arten der *Spongilliden*. Die ausgebildeten Tiere haben keine Ortsbewegung, sondern sind an Wasserpflanzen und Steinen festgewachsen, entweder an den Küsten oder auf dem Grund des Meeres bis zu Tiefen von 6000 m. Hier bilden sie kugelige Klumpen oder dünne Krusten, kleine Zylinder oder aufsteigende, verästelte Körper; häufig ist die Gestalt so wechselnd, daß man überhaupt von einer bestimmten Grundform nicht reden kann. — Außerordentlich schwierig ist es, sich von der tierischen Natur der Schwämme zu überzeugen. Auffällige Bewegungen und Kontraktionen des ganzen Körpers kommen selten vor; gewöhnlich kann man nur mit Hilfe des Mikroskops aktive Bewegungen, das Öffnen und Schließen der Poren und die Strömungen im Gastrovascularsystem, erkennen.

Gestalt.

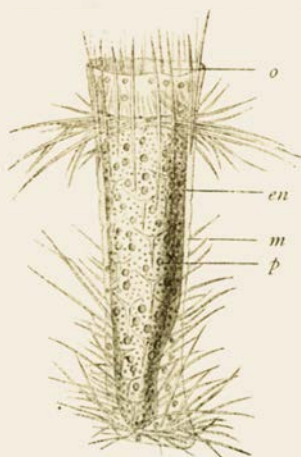


Fig. 155. Asconostadium von *Sycandra raphanus* (nach Maas).
o Osculum, en Entoderm, m Mesectoderm, p Poren.

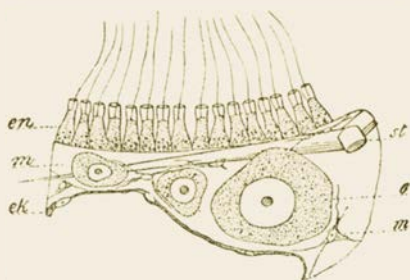


Fig. 156. Stück eines Querschnittes durch *Sycandra raphanus* (nach F. E. Schulze). en entodermale Geißelzellen mit Collare, ek ectodermales Plattenepithel, m Mesoderm mit Bindesubstanzzellen, o Eier, st Kalknadeln.

Die einfachsten Schwammformen, die *Asconen*, haben die Gestalt eines dünnwandigen Schlauchs (Fig. 155), welcher mit dem einen Ende festgewachsen ist und am anderen Ende eine Öffnung, das als After funktionierende Osculum, besitzt. Das Lumen des Schlauchs ist der Kamin oder Magen, in welchen das die Nahrung enthaltende Wasser durch zahlreiche, die Dicke der Magenwand durchsetzende Poren gelangt (daher der Name „*Poriferen*“). Die Grundlage des Körpers ist eine Lage homogener, von verästelten Zellen durchsetzter Bindesubstanz (Fig. 156), welche nach außen von einem Plattenepithel überzogen ist. Das Plattenepithel — früher Ectoderm genannt — und die Bindesubstanz — Mesoderm — werden jetzt als eine zusammengehörige Schicht „Mesectoderm“ aufgefaßt, da die Epithelzellen sich von demselben Keimmaterial ableiten wie die Bindesubstanzzellen und als auf der Oberfläche ausgebreitete Bindesubstanzzellen zu deuten sind. Dagegen findet sich ein

Anatomie.

deutlich differenziertes Entoderm in Form eines den Magen auskleidenden einschichtigen Geißelepithels, dessen einzelne Zellen außerordentlich an die Körper der *Choanoflagellaten* erinnern (Fig. 135), indem das periphere Ende jeder Zelle sich zu einem die Geißelbasis umfassenden Kragen (Collare) erhebt. Man hat daher versucht, jede Geißelzelle als ein Einzel-

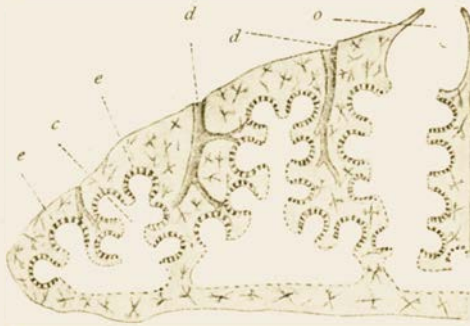


Fig. 157. Querschnitt durch *Plakina* (schematisiert nach F. E. Schulze). *o* Osculum, *c* Kanäle, die aus den Geißelkammern in die Kloakenröhre führen, *e* Geißelkammern, *d* zuführende, kanalartige Räume.

den übrigen Metazoen, daß manches dafür geltend gemacht werden kann, die *Spongien* als *Parazoen* allen übrigen *Metazoen* gegenüberzustellen. Die Aufnahme der Nahrung wird durch die Geißelzellen bewirkt, ihre weitere Verteilung durch Wanderzellen (Amöbocyten). Die Verdauung erfolgt wahrscheinlich im Innern von beiderlei Zellen und ist intrazellulär.

Fig. 158.



Fig. 158. Querschnitt durch die Rinde von *Chondrilla nucula* (nach F. E. Schulze), etwas schematisiert durch Weglassen des Skeletts). *p* Poren, welche in die zuführenden Kanäle (*c'*) leiten, diese verzweigen sich in die Geißelkammern *g*; aus den Geißelkammern strömt das Wasser durch die rückführenden Kanäle (*c''*) in den Zentralmagen (*m*) und durch das Osculum (*o*) nach außen.

Fig. 159. Dermalporen von *Aplysina aërophoba*, von der Oberfläche betrachtet (nach F. E. Schulze).

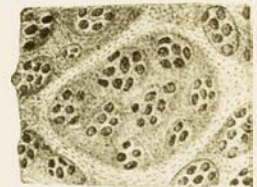


Fig. 159.

Schwämme, welche im ausgebildeten Zustand nach dem Typus der dünnwandigen *Asconen* gebaut sind, sind nicht häufig. In der Regel treten uns die Schwämme als massige Körper mit einem äußerst verwickelten Kanalsystem entgegen (Fig. 157—159). Den ersten Schritt zur

Komplikation zeigen die nach dem „*Sycon*-Typus“ gebauten Formen, bei denen vom Magen aus viele radiale Ausstülpungen entstehen, Radialtuben, auch Geißelkammern genannt, weil nur in ihnen sich das Geißelepithel erhält, während der Magen selbst nunmehr von Plattenepithel ausgekleidet ist. Zunahme des Mesoderms und entsprechende Verdickung der Magenwand sind bei den meisten Schwämmen Ursache, daß die Geißelkammern sowohl von der Körperoberfläche, als auch von der Magenwand durch zwischengelagertes Gewebe abgedrängt werden (*Leucon*-Typus). Mit beiden Oberflächen bleiben jedoch die Geißelkammern mittels eines Hohlraumsystems in Verbindung. Dasselbe muß ein doppeltes sein, ein zuführendes, welches von den Dermalporen in die Geißelkammern leitet, und ein abführendes, das zwischen Magen (Kamin) und Geißelkammern eingeschaltet ist; beide hängen durch Vermittlung der Geißelkammern zusammen. Das Hohlraumssystem kann aus lakunären Räumen bestehen (Fig. 157) oder die Anordnung regelmäßiger Kanäle gewinnen, wie z. B. Fig. 158 zeigt. Hier sehen wir, daß die von den Dermalporen ausgehenden Kanäle sich zu Hauptstämmen vereinen, welche sich aufs neue nach den Geißelkammern verästeln, während ein ähnliches baumförmiges Kanalsystem von den Geißelkammern nach dem Magen führt. Das Verständnis kann noch weiter

Fig. 160.

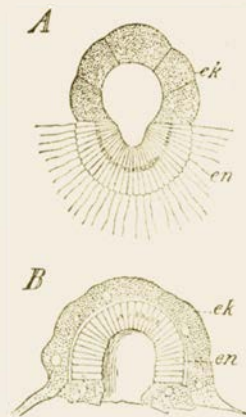
Fig. 160. *Ascyssa acufer* (nach Haeckel).

Fig. 161.

Fig. 161. *Leucetta sagittata* (nach Haeckel).

Fig. 162. Entwicklung von *Sycandra raphanus* (nach F. E. Schulze). A Blastula, B Gastrula im Moment des Festsetzens. ek Ectomesoderm, en Entoderm.

Fig. 162.



erschwert werden, indem sich einerseits in einem Schwamm mehrere Mägen entwickeln, andererseits ihre Bildung ganz unterbleiben kann (Lipogastrie), indem ferner der gesamte Schwammkörper sich verästelt (Fig. 160) und die Äste sich zu einem Netzwerk vereinen (Fig. 161), wodurch ein neues System von Hohlräumen, das Interkanalsystem, entsteht.

Die Entwicklung kann eine ungeschlechtliche sein, indem sich Schwammstücke als Knospen ablösen und neue Tiere liefern (Fig. 87). Die gewöhnliche Fortpflanzung ist jedoch eine geschlechtliche. Die Eier, welche, wie die Spermatozoen, aus Mesodermzellen entstehen (Fig. 156), entwickeln sich noch im mütterlichen Körper zu Flimmerlarven, welche in Bau und Aussehen große Unterschiede zeigen. Sie schwärmen aus und erfahren beim Festsitzen eine Art Gastrulation. Bei *Sycandra raphanus* z. B. kommen die großen dotterreichen Zellen der einen Larvenhälfte nach außen, die Schicht der Geißelzellen nach innen zu liegen. Dann schließt sich der Gastrulamund, und es bildet sich am entgegengesetzten freien Ende eine neue Öffnung, das Osculum (Fig. 155).

Systematik.

Die meisten *Schwämme* besitzen ein Skelett, welches von besonderen Zellen des Mesoderms ausgeschieden wird, dessen Struktur und chemische Beschaffenheit bei der Systematik in erster Linie Berücksichtigung verdient. Je nachdem kohlensaurer Kalk oder Kieselsäure als Skelettmaterial verwandt ist, unterscheidet man *Calcispongien* und *Silicispongien*. Dagegen hat man die beiden Gruppen der *Ceraospongien* — Skelett aus Spongin oder Hornsubstanz — und *Myxospongien* — Skelett fehlt — fallen lassen, da ihre Vertreter aus *Silicispongien* entstanden sind, indem das Kieselskelett entweder allmählich durch Spongin ersetzt oder gänzlich rückgebildet wurde.

I. Ordnung. Calcispongien.

Die Kalkschwämme finden sich ausschließlich im Meer, wo sie mit Vorliebe felsige Küsten mit geringer Tiefe besiedeln; sie sind von unscheinbarer grauer Farbe und geringer Körpergröße, ein oder wenige Zentimeter lang. Die im Mesectoderm entstandenen Skelettnadeln ragen meist über die Körperoberfläche heraus und bilden häufig im Umkreis des Osculum einen seidenglänzenden Kranz. Man unterscheidet Vier-, Drei- und Einstrahler. Innerhalb der drei genannten Grundformen kommen durch ungleiche Entwicklung und Krümmung der Strahlen mannigfache Modifikationen zustande. Der Weichkörper ist verschiedenartiger gebaut als bei den übrigen Spongien; nach ihm unterscheidet man drei Gruppen: I. *Asconen*, Schwämme mit dünner, von Poren durchsetzter Magenwand (Fig. 160). *Ascyssa acufera* H. II. *Syconen*. Magen mit zahlreichen radial angeordneten Geißelkammern, den Radialtuben. *Sycandra raphanus* O. Schm. III. *Leuconen*. In der verdickten Wand des Magens zwischen den Poren der Oberfläche und den Poren der Magenwand findet sich ein mehr oder

minder kompliziertes Hohlraumssystem mit Geißelkammern vor. *Leucetta sagittata* H.

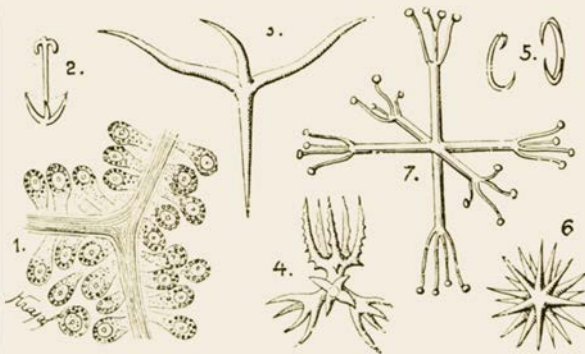


Fig. 163. Skelettstücke von Schwämmen (nach F. E. Schulze und O. Maas). 1 Hornfasern eines Badeschwammes mit Spongioblasten, 2—7 Kieselnadeln, 2 *Esperia lorenzi*, 3, 4 *Corticium candelabrum*, 5 *Myxilla rosacea*, 6 *Tethya lyncurium*, 7 *Farrea vosmaeri*.

II. Ordnung. Silicispongien.

Die *Kieselchwämme* bilden die artenreichste Gruppe unter den *Schwämmen*; sie sind in allen Meeren und Meerestiefen weit verbreitet und häufig durch bedeutende Größe und prächtige Farben ausgezeichnet.

Sie werden in *Triaxonier* und *Tetragonier* eingeteilt. Bei den *Triaxoniern* (Fig. 163, 7) zeigen die ausnehmend zierlichen, wie aus Glas gesponnenen Skelettstücke — *Hyalospongien* oder *Glasschwämme* — drei gekreuzte Achsen (sechs von einem Mittelpunkt ausstrahlende Kieselfäden: *Hexactinelliden*). Das Mesoderm ist spärlich, infolgedessen das zu- und ableitende Kanalsystem durch weite lakunäre Hohlräume ersetzt, zwischen die eine Schicht großer tonnenförmiger Geißelkammern eingeschaltet ist. —

Bei den *Tetraxoniern* (Fig. 158, 159, 163, 2—6) ist dagegen das Mesoderm reichlich, manchmal aus faseriger Bindesubstanz gebildet, und die zu- und abführenden Kanäle sind gut entwickelt. Als Grundform des Skeletts sind die vierachsigen Nadeln der *Tetractinelliden* zu betrachten; aus ihnen leiten sich die derben, zu massiven Gerüsten verklebten Skelettstücke der *Lithistiden* und die Stabnadeln der *Monactinelliden* ab. Letztere können durch eine organische Masse (Spongine) zu einem Gerüst verklebt werden. Werden die Kieselnadeln nicht mehr angelegt, so bleibt das Spongengerüst allein zurück (*Ceraospongien* oder *Hornschwämme*). Endlich kann das Skelett ganz zurückgebildet sein (*Oscarella*, *Halisarca*, zwei anatomisch ganz verschiedene, früher unter dem Namen „*Myxospongien*“ zusammengefaßte Gattungen).

I. Unterordnung. *Triaxonier*. Die hierher gehörigen *Hexactinelliden* leben vorwiegend in großen Meerestiefen und waren daher lange Zeit nur durch wenige Arten bekannt: *Euplectella aspergillum* Owen, Venuskörbchen genannt, wegen seines eleganten Skeletts, einer durchbrochenen, aus feinen Kieselfäden gesponnenen Röhre. *Hyalonema Sieboldi* Gray. Schwammkörper von einem Schopf Kieselnadeln getragen.

II. Unterordnung. *Tetraxonier*. Typische Vertreter sind die *Lithistiden*, zum größten Teil ausgestorbene, zum kleineren Teil vorwiegend in größerer Tiefe fortlebende Schwämme. (*Discodermia polydiscus* Boc.), und die *Tetractinelliden* (*Geodia gigas* Lam., *Plakina monolopha* F. E. Schulze). An *Plakina* (Fig. 157) schließt sich die skelettlose *Oscarella lobularis* O. Schm. an. Bei den *Monactinelliden* werden die Kieselnadeln vielfach durch Spongine zu einem Gerüst verklebt (*Cornacuspongien*) und können sogar vom Spongine vollkommen ersetzt werden. Zu den *Cornacuspongien* gehören außer zahlreichen Meeresschwämmen die Süßwasserschwämme, *Spongilliden*: *Ephydatia fluviatilis* Lk. und *Spongilla lacustris* Lk., welche als Überzüge von Steinen und von Wurzeln, die in das Wasser ragen, in Flüssen, Wassergräben, Tümpeln und Teichen weit verbreitet sind. Die natürliche Farbe ist ein liches Grau, welches aber durch eingestete Algen in Grün verwandelt werden kann. Zeitweilig kommt es bei den *Spongilliden* zur Bildung von *Gemmulae*, kugeligen Haufen dotterreicher Zellen (Archaeocyten), welche den Durchmesser eines dicken Stecknadelkopfes besitzen und sich mit einer festen doppelten Membran umgeben, die bei manchen Arten noch von Kieselstückchen, den Amphidiskiden, verstärkt werden kann. Derartige „*Gemmulae*“ liegen auf dem von Kieselnadeln gebildeten Schwammgerüst und überdauern die Zeit, in welcher das Wasser des Aufenthaltsorts gefroren oder verdunstet ist; unter günstigen Verhältnissen kriechen die Inhaltsportionen wieder aus und erzeugen kleine Spongillen. Die *Gemmulae*-bildung ist eine der namentlich bei Süßwassertieren so verbreiteten, der Encystierung der Protozoen vergleichbaren Schutzvorrichtungen. Doch kommen auch an *Gemmulae* erinnernde Einrichtungen (von festen Membranen umhüllte Archaeocytenhaufen) bei manchen marinen Schwämmen vor.

Wenn die Kieselnadeln gar nicht mehr angelegt werden und nur noch das Spongengerüst übrig bleibt, erhalten wir die *Ceraospongien* oder *Hornschwämme*. Das Skelett der *Hornschwämme* besteht aus einer organischen Substanz, welche man Horn nennt, obwohl sie chemisch nicht mit dem Keratin identisch ist. Die Substanz ist in Fäden abgelagert, welche durch Apposition wachsen und daher einen konzentrisch geschichteten Bau besitzen. Die Anbildung neuer Massen erfolgt durch eine besondere, die Fasern bedeckende Zellschicht von Spongoblasten (Fig. 163, 1). Die

Hornfäden sind stets nach allen Richtungen des Raumes verästelt, die Äste meist zu einem Gerüstwerk verwachsen. Die bekanntesten *Hornschwämme* sind die *Badeschwämme*: *Euspongia officinalis* L., welche in verschiedenen Varietäten das Mittelmeer und andere Meere bevölkern. Am gesuchtesten sind die Levantenschwämme (var. *mollissima*), nächst dem die Schwämme der Adria. Zur Verwendung kommt im Handel nur das Skelett, ein Gerüstwerk, dessen Balken wiederum aus Netzen feinsten Fasern bestehen. Den Weichkörper entfernt man, indem man ihn durch Quetschen abtötet, ausfaulen läßt und die Reste mit Süßwasser auswäscht. Technisch verwertbar, wenn auch weniger gut, sind *Euspongia zimocca* O. Schm. und *Hippospongia equina* O. Schm., Pferdeschwamm, unbrauchbar dagegen die *Cacospongien* und andere *Ceraospongien* (die *Aplysinen* und die mit großen Geißelkammern ausgerüsteten *Aplysillen*).

II. Unterstamm.

Cnidarien oder Nesseltiere.

Die vier höheren Klassen der *Cölenteraten* unterscheiden sich von den *Spongien* schon bei oberflächlicher Betrachtung, indem sie viel mehr

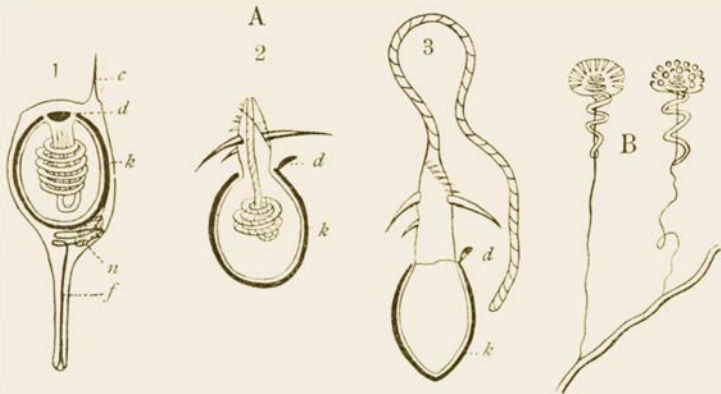


Fig. 164. A Nesselzellen der *Cnidarien*. 1 Zelle mit Cnidocil und einem in der Kapsel aufgerollten Nesselfaden. 2 Nesselfaden aus der Nesselkapsel zum Teil, 3 ganz hervorgeschleudert, an der Basis mit Widerhaken bewaffnet. *c* Cnidocil, *d* Deckelchen der Kapsel, welches bei der Entladung aufspringt, *k* Kapselmembran, *n* Kern der Zelle, *f* muskulöser (?) Stützfaden der Zelle (im Anschluß an Kühn und Schulze). B Klebzellen einer *Ctenophore*, Sekretkörnchen, das eine Mal auf dem optischen Durchschnitt, das andere Mal von der Oberfläche gesehen.

den Eindruck tierisch belebter Körper machen. Dies hängt damit zusammen, daß die einzelnen Tiere, obwohl sie meist untereinander zu Kolonien verbunden und auf dem Boden festgewachsen sind, auf Reize hin sich rasch und energisch zusammenziehen können. Am auffälligsten sind die Bewegungen an den Tentakeln, langen Fühlfäden, welche im Umkreis der Mundöffnung stehen und die Aufgabe haben, nach Beute zu tasten, dieselbe zu fassen und der Mundöffnung zuzuführen. Zum Abtöten der Beute und zur Verteidigung bedienen sich die *Cnidarien* der *Cnidae* oder Nesselkapseln (Fig. 164 A u. B). Diese systematisch sehr wichtigen, kompliziert gebauten Apparate sind ovale oder wurstförmige Bläschen

mit einem gallertigen Inhalt und einer festen Membran. Jedes Bläschen ist an einem Ende in einen langen Schlauch verlängert, welcher meist so dünn ist, daß er wie ein Faden aussieht und daher auch Nesselfaden heißt. Der Nesselfaden kann in ganzer Ausdehnung mit Widerhaken bewaffnet sein, oder er trägt nur wenige starke Widerhaken an seinem unteren, an die Nesselkapseln anschließenden Ende. Der bis zu den Widerhaken reichende basale Abschnitt des Nesselfadens ist dann dicker als der übrige Teil. Im Ruhezustand (A) liegt der Nesselfaden im Innern der Kapsel in Spiralwindungen aufgerollt; sein basales Stück kann dabei eine Achse bilden, um welche der Rest aufgewickelt ist. Bei Reizung des Tieres wird der Faden ausgeschnellt und erzeugt dem Angreifer eine Wunde, in welche der stark nesselnde Inhalt eindringt. Es gibt *Cölanteraten*, welche auf diese Weise auch dem Menschen intensive Verbrennungen verursachen können. Die Nesselkapsel entsteht als Plasma-produkt im Innern einer Zelle neben dem Kern. Die ausgebildete Nesselzelle reicht bis an die Körperoberfläche und trägt hier das Cnidocil, ein kompliziert gebautes Haar, das bei Berührung das Ausschießen des Nesselfadens veranlaßt. Der Vorgang wird wahrscheinlich durch Quellung des Kapselinhalts bewirkt, welche den hohlen Faden zwingt, sich wie ein Handschuhfinger umzustülpen. Nicht selten findet man bei einer und derselben Art mehrere Formen von Nesselkapseln, außer den zum Angriff dienenden giftigen Penetrantes noch die Glutinantes, die das Festkleben bewirken und daher auch bei der Fortbewegung von Vorteil sind.

Im Vergleich zu den *Schwämmen* sind die *Cnidarien* epitheliale Organismen. Ein bindegewebiges Mesoderm fehlt ganz oder besitzt, wenn wir von den Ctenophoren absehen, keine größere Bedeutung für die Organbildung; dagegen liefert das Epithel der Körperoberfläche (Ectoderm) und das den Magen auskleidende Epithel (Entoderm) die wichtigsten Gewebe, wie Muskeln, Nerven, Sinnesorgane, Geschlechtsorgane, Nesselkapseln usw., weshalb die *Cnidarien* auch zweiblättrige Tiere, *Diblasterien*, heißen.

II. Klasse.

Hydrozoen (Hydromedusen).

In der Klasse der Hydrozoen begegnen wir zwei auf den ersten Blick durchaus verschiedenartig aussehenden Gestalten, dem festsitzenden Hydroidpolypen und der frei herumschwimmenden Meduse. In der Regel stehen beide Formen miteinander in Generationswechsel, derart, daß der Polyp (die „Amme“) auf ungeschlechtlichem Wege die Meduse, die Meduse (das „Geschlechtstier“) auf geschlechtlichem Wege den Polypen erzeugt. Der Hydroidpolyp bildet im Stamm der *Cnidarien* eine wichtige Grundform, aus welcher sich alle übrigen Gestalten, die *Medusen*, *Scyphopolyphen* und *Corallenpolyphen* ableiten lassen; das beste Beispiel für ihn liefern uns die bei uns in Bächen und Tümpeln so weit verbreiteten, an Wasserpflanzen festsitzenden *Süßwasserpolypen* der Gattung *Hydra*. — Der Körper einer *Hydra* (Fig. 93, 165) ist ein Schlauch, der mit dem hinteren, blind geschlossenen Ende, der Fußscheibe, sich festkleben kann, am vorderen Ende dagegen die Mundöffnung trägt, welche in einen Hohlraum im Innern des Tieres, den Magen, führt. Der Mund ist umstellt von einem Kranz langer Tentakeln, Ausstülpungen der Körperwand, welche zum Ergreifen der Beute (besonders kleiner *Crustaceen* und *Würmer*) dienen. Durch den Tentakelkranz wird die innerhalb

Bau des
Hydroid-
polypen

gelegene Mundscheibe gegen das die Seitenwand bildende Mauerblatt abgegrenzt.

Hydra hat nur zwei durch eine strukturlose Membran, die Stützlammelle, getrennte Körperschichten, das den Magen auskleidende, mit Geißeln versehene Entoderm und das die Körperoberfläche bedeckende Ektoderm (Fig. 166). Jede der beiden Körperschichten besteht aus einer Lage Epithelmuskelzellen (vergl. S. 82), welche an ihrer Basis im Ektoderm longitudinale, im Entoderm zirkuläre, glatte Muskelfasern gebildet haben. Im Ektoderm lagern ferner zwischen den basalen Enden der Epithelzellen die interstitiellen Zellen, teils indifferentes Material, teils Ganglien- und Nesselzellen. Die Nesselzellen drängen sich in größerer Menge an den Tentakeln zu kleinen, mit Cnidocils bedeckten Wülsten zusammen. Aus den indifferenten Zellen entwickeln sich zeitweilig Ge-

Fig. 165.

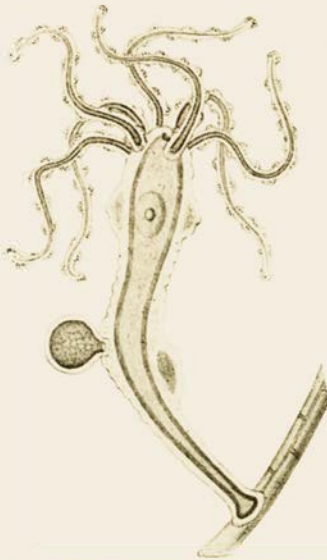


Fig. 166.

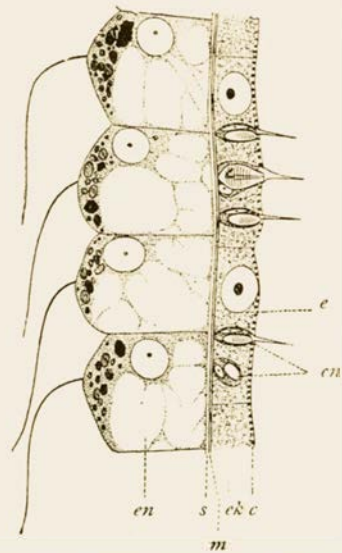


Fig. 165. *Hydra viridis*, oben mit einem Kranz von Hoden, tiefer mit einer Ovarialanschwellung und einem austretenden Ei.

Fig. 166. Körperschichten von *Hydra* (nach F. E. Schulze aus Hatschek). *en* Entoderm, *s* Stützlammelle, *m* ectodermale Muskelschicht, *ek* Ektoderm mit Cuticula *c*, *en* Nesselkapselzellen, *e* Epithelzellen.

schlechtszellen und erzeugen im Ektoderm umschriebene Höcker: dicht unter den Tentakeln einen Kranz von Hoden, etwas tiefer die Eier (Fig. 165), beide bei manchen Arten in demselben Tier. Häufiger als in Geschlechtsreife findet man die Süßwasserpolyphen in ungeschlechtlicher Vermehrung durch Knospung (Fig. 93, S. 129). Am Mauerblatt entstehen seitliche Auswüchse, welche sich vergrößern, eigene Tentakeln und eigene Mundöffnung erhalten und sich dann abschnüren.

Im Meere gibt es nun zahlreiche *Hydroidpolyphen*, welche der Hauptsache nach mit unserer *Hydra* übereinstimmen, in zwei wichtigen Punkten sich aber von ihr unterscheiden: 1. sie erzeugen selbst keine Geschlechtsorgane; 2. sie vermehren sich ungeschlechtlich und bilden in der Regel auf dem Wege unvollständiger Knospung Kolonien oder Stöcke (Fig. 167). Durch die Stockbildung wird eine

Reihe von Einrichtungen veranlaßt, die besondere Bezeichnungen nötig gemacht haben. Die einzelnen Tiere einer Kolonie nennt man Hydranthen; sie verlängern sich an ihrem unteren Ende in die Cönosarkröhren, welche wie die Hydranthen aus Entoderm, Stützlamelle und Ektoderm bestehen, die Individuen der Kolonie untereinander verbinden und, da sich der Hohlraum des Magens in sie hinein fortsetzt, die Verteilung der Nahrung in der Kolonie bewirken. Die Cönosarkröhren können auf der Unterlage (Fels, Pflanzen, Schnecken-
schalen, Krebspanzern hinkriechen und ein Geflecht, die Hydorrhiza, erzeugen, oder sie steigen baumartig verästelt auf (Hydrocaulus); meist hat dieselbe Kolonie sowohl Hydorrhiza wie Hydrocaulus. Der Kolonie wird die nötige Festigkeit durch das Periderm geliefert, eine cuticulare Ausscheidung des Ectoderms, welche zu einer festen Röhre erstarrt. Bei einem Teil der *Hydroiden* (Fig. 168) hört die Peridermbekleidung an der Basis des

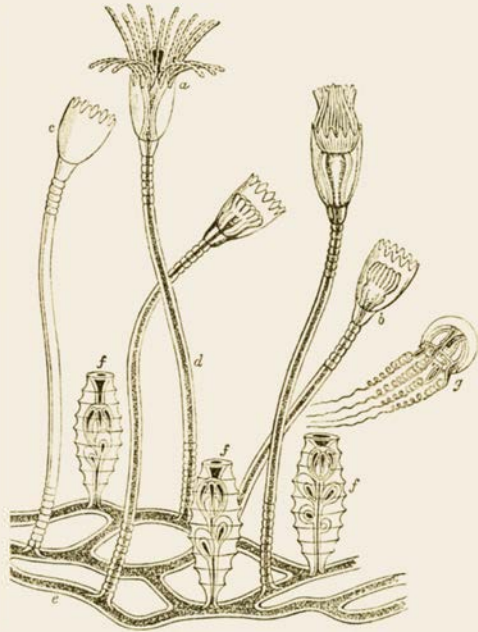


Fig. 167. *Campanularia johnstoni*. a Hydranthen mit Hydrotheca, b im zurückgezogenen Zustand, d Hydrocaulus, f Gonotheca mit Blastostyl und Medusenknospen, g abgelöste Meduse (nach Allman).

Hydranthen auf, bei einem anderen Teil

Hydranthen auf, bei einem anderen Teil

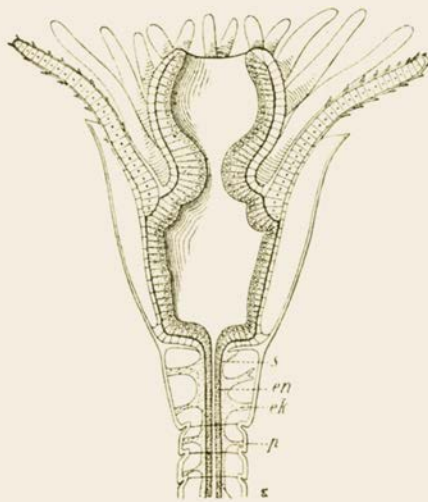
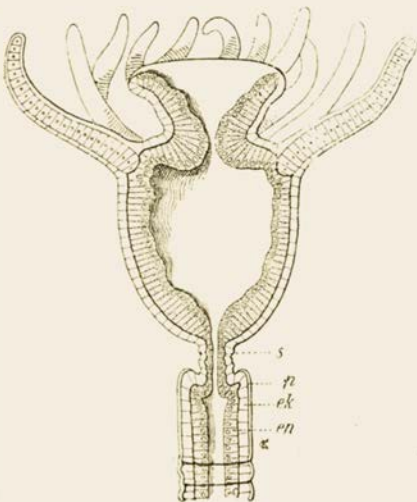


Fig. 168. *Eudendrium ramosum*.

Fig. 169. *Obelia geniculata*.

Für beide Figuren gelten: en Entoderm, ek Ectoderm, p Periderm, s Stützlamelle.

erweitert sie sich zu einer weitmündigen Glocke, in welche sich der Hydranth bei drohender Gefahr zurückziehen kann, die Hydrotheca (Fig. 169). Selten ist das Periderm in dicken Schichten abgelagert, welche die Zwischenräume zwischen den Cönosarkröhren vollkommen ausfüllen, verkalken und dadurch an die Skelette der echten *Korallen* erinnern; es entstehen dann massige oder zierlich verästelte Kalkstöcke mit Öffnungen, aus denen die Polypen hervortreten (Fig. 170).

Bau der
Meduse.

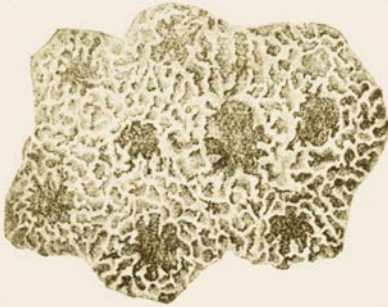


Fig. 170. *Millepora alcicornis*, ein Stück des Skeletts schwach vergrößert (nach Agassiz).

Daß die marinen Hydroiden keine Geschlechtsorgane erzeugen, erklärt sich daraus, daß von der Kolonie aus besonders gestaltete Geschlechtstiere durch Knospung erzeugt werden, welche sich frühzeitig ablösen können und frei herumschwimmen, die *craspedoten* Medusen (Fig. 171, 172). Dieselben haben die Gestalt von hochgewölbten oder scheibenartig flachen Glocken und bestehen vorwiegend aus

einer außerordentlich wasserreichen Gallerte. Die Gallertglocke, der Schirm der Meduse, ist allseitig von Ectodermepithel bedeckt, sowohl

Fig. 171.

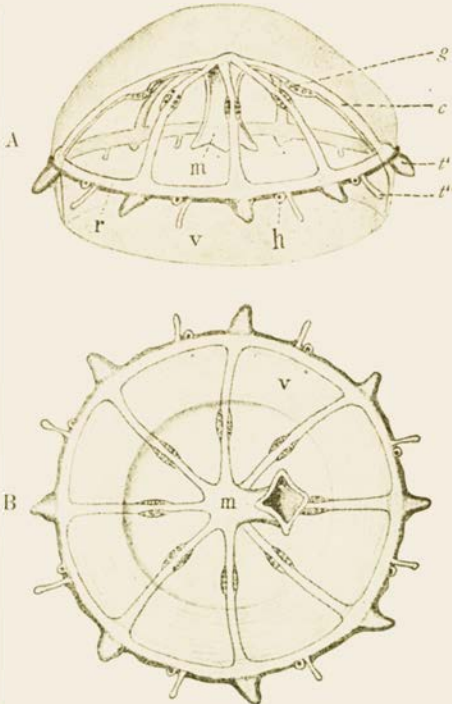


Fig. 171. *Rhopalonema velatum* (etwas schematisiert). A seitlich, B von unten gesehen, m Magen, c Radialkanäle, r Ringkanal mit begleitendem Nervenring, t Tentakeln, t' erster, t'' zweiter Ordnung, g Geschlechtsorgane, h Statocyste (Hörbläschen), v Velum.

Fig. 172.

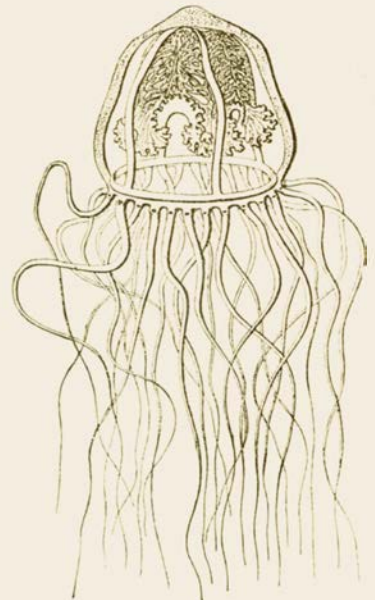


Fig. 172. *Tiara pileata* (aus Hatscheck nach Haeckel).

auf der konkaven Seite, Subumbrella, wie auf der konvexen Wölbung. Exumbrella. Beide Epithelschichten verlängern sich über den Schirmrand hinaus, sind hier nur von einer Stützlamelle gestützt und erzeugen so einen den Schirmrand umfassenden Saum, das systematisch bedeutungsvolle Velum oder Craspedon. Am Schirmrand oberhalb des Velums entspringen die Tentakeln, gewöhnlich vier, acht oder Vielfache dieser Zahlen.

Vergleichbar dem Glockenklöppel hängt in den Glockenraum vom höchsten Punkt der Wölbung aus der Magen herab; an seinem unteren Ende trägt er die Mundöffnung; von seinem oberen Ende sendet er die Radialkanäle aus, welche auf der subumbrellaren Seite der Glocke verlaufen und am Glockenrand mittels des Ringkanals zusammenhängen; ihre Zahl beträgt bei jungen Medusen vier, nimmt aber bei manchen Arten im Laufe der Entwicklung zu auf mehr als 100. Magen und sämtliche bisher genannten Kanäle sind von Entoderm ausgekleidet, welches sich auch in die Tentakeln hinein fortsetzt und außerdem die dünne, die Kanäle untereinander verbindende Entoderm lamelle liefert.

Alle wichtigeren Organe entwickeln sich aus dem Ectoderm. Hoden oder Eierstöcke entstehen bei manchen Arten im Magenectoderm (Fig. 172), bei anderen im ectodermalen Überzug der Radialkanäle (Fig. 171) als ansehnliche, häufig schön rot oder orange gefärbte Verdickungen dieser Organe. — Ectodermale Längsmuskeln verleihen häufig den Tentakeln die schlangenartige Beweglichkeit, welche den an das Medusenhaupt erinnernden Namen veranlaßt hat. Zirkuläre, quergestreifte Muskeln, welche auf der subumbrellaren Seite von Glocke und Velum verlaufen, bedingen die charakteristischen Bewegungen der Meduse. Durch ihre Kontraktion wird die Glocke stärker gewölbt und verengt; das Velum, sonst schlaff herabhängend (Fig. 171 A), springt dann diaphragmaartig in die Glockenmündung vor (Fig. 171 B). Indem dabei das Wasser ausgepreßt wird, schwimmt die Meduse durch Rückstoß mit der Glockenwölbung voran.

Die Ringmuskelschichten des Velums und der Subumbrella werden voneinander durch einen Zwischenraum getrennt, in welchem das Zentralnervensystem lagert, ein subumbrellarer und exumbrellarer Nervenring (Fig. 173 n^1 , n^2). Von ersterem geht ein die Muskeln versorgender Plexus aus, von letzterem werden die meisten Sinnesorgane (Randkörper) versorgt, einfachste Augen, rote Pigmentflecke mit oder ohne Linse (Fig. 83) und offene oder geschlossene Statocysten (Fig. 173). Tastborsten stehen besonders reich auf den Tentakeln.

Die Statocysten zeigen zweierlei Typen, welche beide als offene Organe beginnen und sich zu geschlossenen Bläschen vervollkommen. Der eine Typus findet sich bei den *Trachomedusen*, der andere bei den *Leptomedusen*. Die Statocysten der *Trachomedusen* entstehen aus umgewandelten Tentakeln; die entodermale Tentakelachse erzeugt die Statolithen, der ectodermale Überzug die Sinneszellen. Diese „Hörkölbchen“ oder Rhopalien ragen bei den *Aeginiden* (Fig. 173, 1, 3) frei ins Wasser; sie werden bei den *Trachynemiden* (2) von Epithel umwachsen und so in unvollkommen geschlossene Bläschen gehüllt; bei den *Geryoniden* (4) werden die Bläschen vollkommen geschlossen und sogar in die Schirmgallerte verlagert. — Die velaren Statocysten der *Leptomedusen* sind bei manchen Arten noch kleine, weitmündige Gruben auf der subumbrellaren Seite des Velums (Fig. 173, 6), bei den meisten Arten jedoch abgeschnürte Bläschen,

indem die Mündung der Grube sich geschlossen hat (5). Hier sind Sinneszellen und Statolithenzellen beide ectodermaler Herkunft.

Vergleich
zwischen
Meduse und
Polyp.

So sehr sich auch die Meduse in ihrem Bau von dem Hydroidpolypen unterscheidet, so führt doch eine genaue Untersuchung zu dem Resultat, daß sie nur ein höher entfaltetes, an die schwimmende Lebensweise angepaßter Polyp ist. Um die Meduse auf den Polypen zurückzuführen, muß man sich vorstellen, daß die Längsachse des Polypen sich verkürzt hat, und daß dadurch sein zylindrischer Körper zur Scheibenform abgeplattet wurde (Fig. 174, 175), daß ferner die Stützlamelle der Fußscheibe und des Mauerblattes zu einer ansehnlichen Gallertschicht verdickt worden ist. Dann erklärt sich leicht die Anordnung des Gastrovascularsystems; Magen,

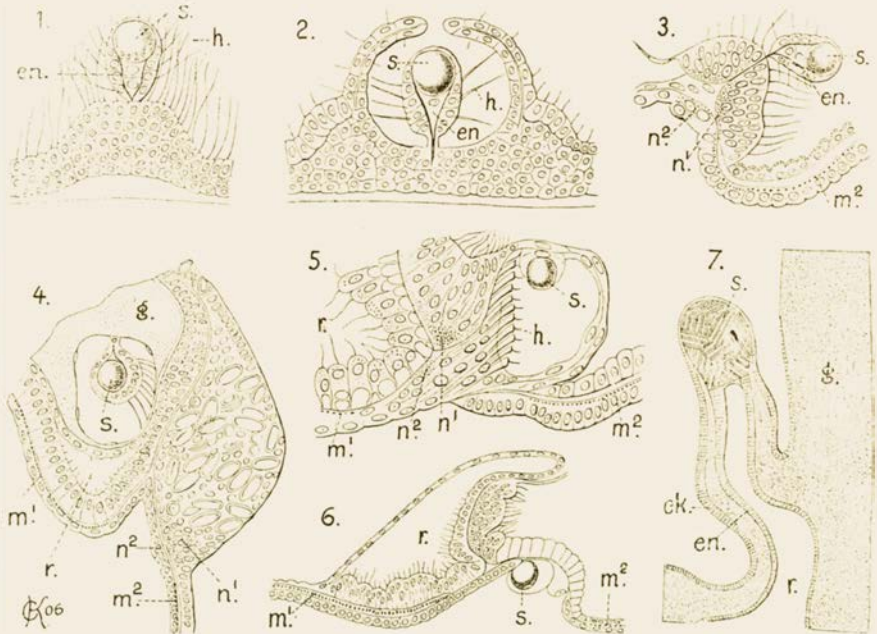


Fig. 173. Statocysten (Hörbläschen) der Medusen, 1—4 tentaculare St. der *Trachomedusen*, 5 und 6 velare St. der *Leptomedusen*, 7 Randkörper einer *Acraspede*. 1—2 Flächenansichten, 3—7 Radialschnitte durch den Schirmrand, 1 und 3 Hörkölbchen von *Aeginopsis*, 2 Hörkölbchen von *Rhopalonema* in Umwachsung zum Hörbläschen, 4 Hörbläschen von *Geryonia*, 5 Hörbläschen von *Aquorea*, 6 Hörgrüben von *Mitrocoma Annae*, 7 Randkörper von *Aurelia*. — *en* Entoderm, *h* Hörhaare, *s* Statolith, *n*¹ *n*² oberer und unterer Nervenring, *m*¹ umbrellare, *m*² velare Ringmuskulatur (auf dem Radialschnitt als Körner zu erkennen), *r* Ringkanal, *g* Gallerte, *ck* Ectoderm. ■

Ringkanal und Radialkanäle sind die Reste des Hydroidenmagens, dessen Hohlraum durch den Druck der Gallerte in den dazwischen gelegenen Partien verödetete, die Entoderm lamelle hinterlassend. Zu diesen Umgestaltungen treten dann als Neubildungen noch die Sinnesorgane und das Velum hinzu.

Entwicklung.

Die Rückführung der Meduse auf den Bau des Polypen ist für das Verständnis der Entwicklungsgeschichte von Bedeutung. Dieselbe hat gewöhnlich den Charakter eines Generationswechsels. Aus dem Ei einer Meduse entsteht eine Flimmerlarve, welche sich festsetzt, Mundöffnung und Tentakeln entwickelt und durch fortgesetzte

Knospung ein Hydroidenstöckchen liefert. Das Hydroidenstöckchen erzeugt ungeschlechtlich die Geschlechtstiere, die sich ablösenden Medusen. Da Polyp und Meduse dem obigen zufolge morphologisch einander gleichwertig sind, hat das Hydroidenstöckchen zur Zeit, wo die Medusenknospen

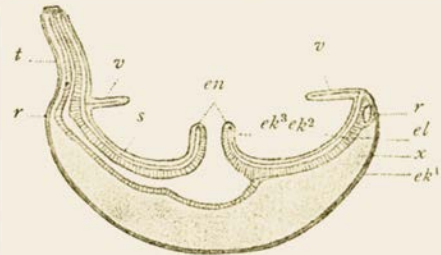
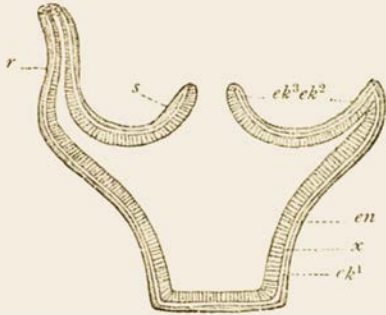


Fig. 174. Schematischer Längsschnitt durch einen Polypen.

Fig. 175. Schematischer Längsschnitt durch eine Meduse.

en Entoderm, el Entoderm lamelle durch Zusammenpressen der Magenwand entstanden, ek Ectoderm, ek¹ der Exumbrella, ek² der Subumbrella, ek³ des Magens, r Ringkanal, s Subumbrella, t Tentakeln, v Velum, x Gallerte, resp. die korrespondierende Stützlammelle.

sich noch nicht abgelöst haben, den Charakter einer polymorphen Kolonie, bestehend aus Individuen, welche nur ungeschlechtlich sich fortpflanzen (Hydranthen), und aus solchen, welche die geschlechtliche Fortpflanzung übernommen haben (Medusen). So gelangen wir zur Vorstellung, daß der

Generationswechsel der Hydroiden durch Arbeitsteilung oder Polymorphismus ursprünglich gleichwertiger Individuen entstanden ist, indem die Geschlechtstiere sich ablösten und einen eigenartigen Bau gewannen. — Wie der Generationswechsel aus dem Polymorphismus hervorgegangen ist, so kann er sich auch wieder in denselben zurückverwandeln. Dies geschieht, wenn die Medusen, anstatt sich loszulösen, in der Kolonie verbleiben. Sie werden dabei zu den „Sporosacs“ rückgebildet, indem sie stets Mundöffnung, Velum, Tentakeln (Fig. 176 I) einbüßen, oft auch die Radialkanäle und den Ringkanal (II), so daß nur der Magen (Spadix) und die Geschlechtsorgane übrigbleiben, letztere umhüllt von

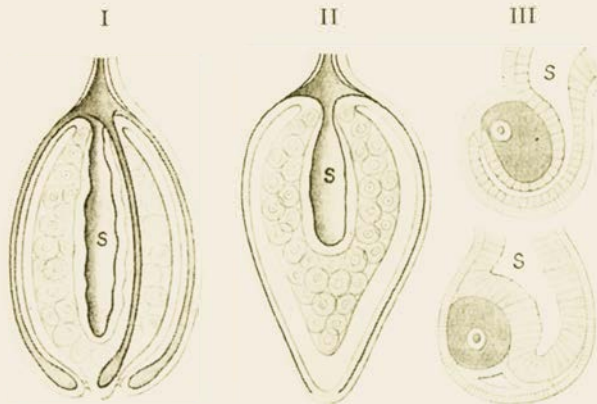


Fig. 176. Sporosacs in verschiedenem Grade Medusen ähnlich. I *Pennaria Cavolini*, Schwimglocke und Radialkanäle noch erhalten; II *Coryne pusilla*, nur noch die Schwimglocke; III unten *Clava squamata*, noch ein Rest der Schwimglockenanlage; oben *Eudendrium racemosum*, Schwimglocke nicht mehr angelegt. S Spadix, Magen der Meduse (schematisiert nach Weismann).

Die werden dabei zu den „Sporosacs“ rückgebildet, indem sie stets Mundöffnung, Velum, Tentakeln (Fig. 176 I) einbüßen, oft auch die Radialkanäle und den Ringkanal (II), so daß nur der Magen (Spadix) und die Geschlechtsorgane übrigbleiben, letztere umhüllt von

den Rudimenten des Medusenschirms. Die Figuren III lassen erkennen, daß schließlich sogar das Rudiment der Medusenglocke ganz oder fast ganz verschwinden kann. Da Medusen und Sporosacs bei nahe verwandten Arten vikariieren können, vielleicht sogar bei derselben Art (*Pennaria tiarella*), werden sie mit einem gemeinsamen Namen „Gonophore“ bezeichnet.

Die Entwicklungsweise der Hydrozoen kann nach zwei weiteren Richtungen abändern, indem entweder die Bildung der Medusengeneration oder die der Hydroidengeneration unterbleibt. Im ersteren Falle haben wir Polypen, welche sich sowohl geschlechtlich als ungeschlechtlich fortpflanzen können, im anderen Falle Medusen, aus deren Eiern direkt wieder Medusen entstehen. Im ganzen ergeben sich somit vier Fälle: 1. Polypen erzeugen, zeitweilig geschlechtlich, zeitweilig ungeschlechtlich, stets nur Polypen; 2. Medusen erzeugen stets nur Medusen; 3. Polypen und Medusen stehen miteinander im Generationswechsel; 4. Polypen und sessile Medusen, d. h. Sporosacs, bleiben zu einem polymorphen Tierstock vereint.

Verbreitung
und
Systematik.

Im allgemeinen sind die *Hydromedusen* marine Tiere. Die Hydroidenstöckchen sind zumeist Küstenbewohner, finden sich aber auch in großer Meerestiefe (bis zu 7800 m); die Medusen dagegen gehören der pelagischen Tierwelt an. Als Ausnahmen von der Regel und als ausschließliche Süßwasserbewohner kannte man lange Zeit über nur die zum großen Teil auch bei uns einheimischen Arten der kosmopolitischen Gattung *Hydra*. In der Neuzeit sind weitere Süßwasserbewohner entdeckt worden, von Hydroiden das auf Sterleteiern schmarotzende *Polypodium hydriforme* Ussow, von Medusen *Limnocodium (Craspedacusta) Sowerbyi* Lank. und *Limnocyda Tanganjicae* Gthr., beide gehören den *Trachomedusen* an. Letztere findet sich im Viktoria-Njansa und im Tanganjica See, ferner im Niger. Erstere steht im Generationswechsel mit einem tentakellosen Polypen (*Microhydra Ryderi* Potts) und wurde zuerst in Warmbassins botanischer Gärten und im Yantsekiang beobachtet, später auch in Tümpeln und Gräben Nordamerikas und Deutschlands. Ein Brackwasserorganismus, aber in das Süßwasser vordringend, ist *Cordylophora lacustris* Allm. — Bei der Systematik kann man sowohl die Hydroidenform wie die Medusenform zugrunde legen. Bei ausschließlicher Berücksichtigung der Hydroiden kommt man zu vier Gruppen:

1. *Hydrarien*. Polypen mit ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Fortpflanzung; ohne dauernde Koloniebildung, ohne Periderm, ohne Gonophore (Fig. 165, 93).
2. *Tubularien* oder *Athecaten*. Meist koloniebildende Polypen mit Periderm, aber ohne Hydrotheca, Fortpflanzung durch Gonophore (Medusen oder Sporosacs) (Fig. 168 und 94).
3. *Campanularien* oder *Thecaten*. Koloniebildende Polypen mit Periderm und mit Hydrotheca; Fortpflanzung durch Gonophore, welche in besonderen Peridermkapseln, den Gonothecken, eingeschlossen sind (Fig. 169 und 167).
4. *Hydrocorallinen*. Koloniebildende Polypen mit massigem, verkalktem, an Korallen erinnerndem Periderm (Fig. 170); Fortpflanzung durch Sporosacs oder rudimentäre kurzlebige Medusen.

Geht man von den Medusen aus, so erhält man ebenfalls vier Gruppen:

1. *Anthomedusen*. Geschlechtsorgane in den Wandungen des Magens; keine Statocysten, meist Augenflecke; Hydroidengeneration vorhanden.

2. *Leptomedusen*. Geschlechtsorgane an den Radialkanälen; meist velare Statocysten; Hydroidengeneration vorhanden.
3. *Trachomedusen*. Geschlechtsorgane an den Radialkanälen; tentakulare Statocysten; Entwicklung meist direkt, Hydroidengeneration fehlt oder ist rudimentär.
4. *Siphonophoren*. Polymorphe, freischwimmende Stöcke von *Anthomedusen*; Entwicklung ohne Hydroidengeneration.

Da aus obigen beiden Tabellen ersichtlich ist, daß es Medusen ohne Hydroiden und Hydroiden ohne Medusen gibt, so kann ein einheitliches und erschöpfendes System nur durch gleichmäßige Berücksichtigung beider Formen gewonnen werden. Hierbei ergibt sich, daß die *Anthomedusen* im allgemeinen mit den *Tubularien*, die *Leptomedusen* mit den *Campanularien* zusammenfallen, indem sie mit ihnen im Generationswechsel stehen. Im einzelnen ergeben sich freilich noch mancherlei Unstimmigkeiten. So soll die *Leptomeduse Eutima campanulata* von einer Hydroidengeneration abstammen, die weder Hydrotheken noch Gonotheken besitzt. Zu den genannten kommen zwei Gruppen ohne Hydroiden, die *Trachomedusen* und *Siphonophoren*, und zwei Gruppen, bei denen die Polypen die Hauptrolle spielen, die *Hydrocorallinen* mit rudimentären Medusen und die *Hydrarien*, bei denen die Medusengeneration ganz fehlt. — Die einzelnen Hydroidpolypen pflegen wenige Millimeter oder Bruchteile von Millimetern groß zu sein; eine Ausnahme bildet der in großer Tiefe lebende, bis zu 2 m große *Monocaulus imperator* und einige verwandte Formen. Die Hydroidenkolonien messen nach Zentimetern; selten werden sie 1 m und darüber hoch. Die Größe der Medusen variiert zwischen wenigen Millimetern und einigen Zentimetern (bei *Aequorea forskalea* bis zu 40 cm).

I. Ordnung. Hydrarien. Typische *Hydrarien* sind die Süßwasserpolyphen, die verschiedenen meist kosmopolitischen Arten der Gattung *Hydra*. Den größten Teil des Jahres über pflanzen sich die Tiere ungeschlechtlich durch Knospung fort (Fig. 93), nur zeitweilig erzeugen sie Geschlechtsorgane (Fig. 165). Die Eier bleiben während der Furchung und der Keimblattbildung mit dem Muttertier in Verbindung, bilden dann eine feste Embryonalschale und fallen ab, um so, vor Unbilden geschützt, während Trockenheit oder Frost die Existenz der Art zu sichern; in diesem „Cysten-zustand“ können sie auch durch Wasservögel verschleppt werden. *Hydra fusca* L., größere bräunliche Form; *H. viridis* L., durch Symbiose mit Algen grün gefärbt. Die Süßwasserpolyphen wurden von Trembley zu seinen berühmten Regenerationsversuchen verwandt. Es hat sich bei denselben herausgestellt, daß kleine, abgeschnittene Stücke sich zu ganzen Tieren ergänzen, wenn sie beide Körperschichten enthalten. In seltenen Fällen kann sogar ein einzelner Tentakel sich zu einem Tier regenerieren. Dagegen hat sich nicht bestätigt, daß umgestülpte Tiere am Leben bleiben, sofern nicht eine Rückverlagerung der Körperschichten eintritt. Hierher gehört ferner wahrscheinlich das oben genannte *Polypodium hydriforme*.

II. Ordnung. Hydrocorallinen. Die ausschließlich im Meer lebenden Hydrocorallinen bilden Stöcke von vielen Tausenden von Individuen, deren massives Kalkskelett so sehr an echte Korallen erinnert, daß man die hierher gehörigen Familien der weißlichen *Milleporiden* und der rosenfarbenen *Stylasteriden* für echte Korallen erklärte, bis man mit den lebenden Einzeltieren bekannt wurde. *Stylaster roseus* Gray. *Millepora alcornis* L. (Fig. 170).

III. Ordnung. Tubulario-Anthomedusen. Als Regel gilt, daß die mit Periderm versehenen, aber der Hydrotheca entbehrenden, meist koloniebildenden Polypen (Fig. 94, 168) freibewegliche *Anthomedusen* erzeugen. Letztere sind, abgesehen von ihren magenständigen Geschlechtsorganen und dem Mangel der Statocysten, meist schon an ihrer hochgewölbten Glocke zu erkennen (Fig. 172); auch sind sie häufig mit Ocellen ausgestattet (*Ocellaten*). Daneben kommt es vor, daß die Medusen als Sporosacs in der Kolonie verbleiben (*Eudendrium ramosum* Johnst.). So erzeugt in derselben Familie der *Tubulariden* die *Corymorpha nutans* Sars Medusen, die *Tubularia larynx* L. Sporosacs. — Da die Medusengeneration bei manchen Arten so sehr rückgebildet ist, daß die Geschlechtsprodukte ähnlich wie bei Hydra in dem Ectoderm des Polypen entstehen, da ferner Periderm und Koloniebildung fehlen können, ist es nicht möglich, eine scharfe Grenze zwischen *Hydrarien* und *Tubularien* zu ziehen.

IV. Ordnung. Campanulario-Leptomedusen. Die stets ansehnliche Kolonien bildenden Hydroiden sind an ihrer Hydrotheca zu erkennen (Fig. 167, 169), die Medusen an ihrem flach gewölbten Schirm, den velaren Statocysten und der Lage der Geschlechtsorgane an den Radialkanälen. Eine Eigentümlichkeit der Gruppe sind die Gonotheken, geschlossene Peridermhüllen, innerhalb deren die Gonophoren an einem besonderen mund- und tentakellosen Polypen, dem Blastostyl (Fig. 167f), entstehen. Die typischen *Campanulariden* erzeugen Medusen, so die *Campanularia Johnstoni* Johnst. das *Phialidium variabile* Claus. Bei den *Sertulariden* und *Plumulariden* finden sich dagegen Sporosacs. *Sertularia abietina* L., *Plumularia pinnata* Lam. Sehr verbreitete Medusen sind: *Aequorea forskalea* Pér. et Less., *Irene pellucida* H.

V. Ordnung. Trachomedusen. Die *Trachomedusen* gleichen den *Leptomedusen* nicht nur in ihrer Gestalt, sondern auch im Besitz von Statocysten und in der Lagerung der Geschlechtsorgane an den Radialkanälen. Indessen entstehen ihre Statocysten nicht aus dem Velum, sondern sind umgewandelte Tentakeln; ferner fehlt meist die Polypengeneration. Infolgedessen findet sich direkte Entwicklung bei *Trachynemiden* und *Geryoniden*: *Rhopalonema velatum* Gegenb. und *Carmarina hastata* H. Bei den auch sonst abweichend gebauten *Aeginiden* (*Narcomedusen*) kommt es von neuem zu einer Art Generationswechsel. Die Larven dieser Tiere leben sehr häufig in anderen Medusen und bilden sich zu Schläuchen um, welche durch Knospung Medusen erzeugen (Knospenähren der *Cuninen*).

IV. Ordnung. Siphonophoren. Die *Siphonophoren* sind Kolonien, welche zu den herrlichsten Repräsentanten der pelagischen Tierwelt gehören und ihrem Aussehen nach sich am besten mit Blumengirlanden vergleichen lassen. Wie eine Girlande aus Blumen und Blättern besteht, die an einem Faden aufgereiht sind, so besteht eine *Siphonophore* aus zahllosen, teils glasartig durchsichtigen, teils farbigen Einzeltieren, die von einem gemeinsamen Strang entspringen (Fig. 177). Der Strang, die Cönosarkkröhre oder der Stamm, ist äußerst muskulös und enthält im Innern einen von Entoderm ausgekleideten Zentralkanal, ein Nahrungsreservoir, von dem aus die Einzeltiere der Kolonie gespeist werden. Sein vorderes Ende umschließt bei den meisten Arten ein durch Einstülpung des Ectoderms entstandenes, mit Luft gefülltes Säckchen, den Pneumatophor oder die Luftkammer, welche als hydrostatischer Apparat funktioniert und die senkrechte Stellung der Kolonie im Meere bedingt.

Die von der Cönosarkachse entspringenden Einzeltiere dienen verschiedenen Funktionen und sind infolgedessen auch verschieden gebaut. Unmittelbar auf die Luftkammer (*l*) folgen gewöhnlich mehrere Reihen von Schwimmglocken, Tiere, welche von der Organisation der Meduse nur das zur Fortbewegung Nötige, Glocke und Velum (Fig. 177s), außerdem die zur Ernährung dienenden, vom Cönosarkrohr aus versorgten Radialkanäle nebst Ringkanal bewahrt haben. Die zumeist anschließenden, zum Schutz dienenden, ebenfalls medusenartigen Tiere, die Deckstücke (*d*), sind feste Gallertplatten und haben auch den Ringkanal, die Muskulatur und die Glockengestalt der Meduse eingebüßt. Zur Ernährung des Ganzen

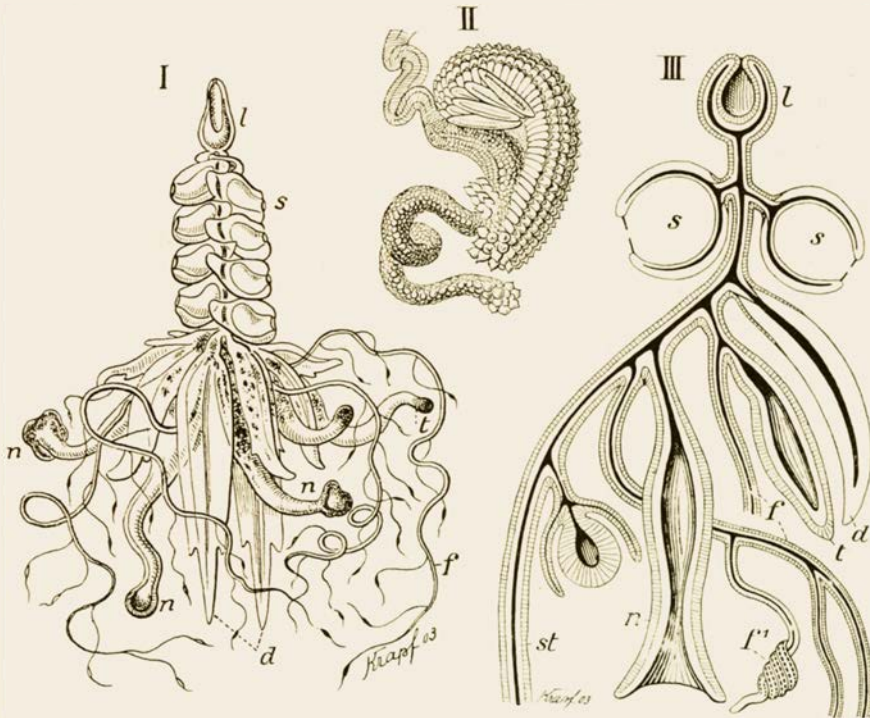


Fig. 177. Anatomie der Siphonophoren. I *Natalia loligo* (nach Haeckel). II Nesselknopf von *Sphenoides obeliscus* (nach Haeckel), stärker vergrößert. III Schema einer *Physophoree*, Ectoderm schraffiert, Entoderm (in *s* und *d* samt Gallerte) hell, Gastrovascularsystem schwarz. Bezeichnungen in I und III: *l* Luftflasche, *st* Stamm, *s* Schwimmglocke, *d* Deckstück, *t* Taster, *f* Fangfaden mit Nesselknöpfen *f'*, *n* Freßpolyp, Gonophore ohne Bezeichnung. Entoderm nicht eingezeichnet.

dienen besondere Polypen mit trompetenartig erweiterter Mundöffnung, die Freßpolypen (*n*), welche die Nahrung mittels reichlich entwickelter Drüsenzellen verdauen (Leberstreifen, S. 94 Fig. 56) und durch Vermittlung des Cönosarkrohres allen übrigen Individuen des Stockes zuführen. Sie besitzen an ihrer Basis den Fangfaden (*f*), einen langen, muskelreichen Strang, von welchem feine seitliche Fäden, die Senkfäden, herunterhängen. Die Senkfäden enden mit bunt gefärbten Anschwellungen, den Nesselknöpfen, welche aus dicht gedrängten, auffallend großen Nesselkapseln bestehen (III *f'*, II); sie sind der Grund, weshalb alle *Siphonophoren* nesseln, manche in so empfindlicher Weise, daß sie wegen der ausgedehnten Ver-

brennungen, die sie erzeugen, selbst von den Menschen gefürchtet werden. Ebenfalls an Polypen erinnern die Taster (*t*), mundlose, geschlossene Schläuche, welche durch große Reizbarkeit und Beweglichkeit ausgezeichnet sind. Von allen Tieren der Kolonie entwickeln sich am spätesten die meist intensiv gefärbten Geschlechtstiere. Sie gleichen den Gonophoren der *Tubularien*, verbleiben meist als mehr oder minder rückgebildete Sporosacs in der Kolonie und lösen sich nur äußerst selten als kleine, tentakellose *Anthomedusen* (*Chrysomitren*) ab. Dem Gesagten zufolge sind die *Siphonophoren* ein ausgezeichnetes Beispiel für Arbeitsteilung und den dadurch bedingten Polymorphismus der Individuen; letzterer kann innerhalb der Ordnung einen so hohen Grad erreichen, daß manche Siphonophoren (*Disconantheen*, *Physaliden*) durchaus den Eindruck einheitlicher Individuen mit einer Vielheit von Organen machen und von manchen Forschern auch so gedeutet werden.

1. *Calycophoren* (*Calyconecten*). Am vorderen Ende keine Luftflasche, sondern ein bis zwei große Schwimmglocken (Fig. 111); die übrigen Individuen sitzen in Abständen voneinander zu kleinen Gruppen vereint, welche häufig vor Eintritt der Geschlechtsreife sich ablösen und daher früher unter dem Namen *Eudoxien* als selbständige Tiere beschrieben wurden. *Praya maxima* Gegenb. — 2. *Physophoren* (*Physonecten*) (Fig. 177). Luftflasche vorhanden, aber klein; auf die Luftflasche folgt eine Säule von Schwimmglocken, dann die übrigen Individuen der Kolonie. *Physophora hydrostatica* Forsk., *Apolemia uvaria* Less., äußerst schmerzhaft nesselnd. — 3. *Physaleen* (*Cystonecten*). Luftflasche stark vergrößert, füllt den gesamten Cönosarkkanal aus, auf dessen untere Seite der Ursprung der Einzeltiere beschränkt bleibt. Die Tiere schwimmen stets an der Oberfläche des Wassers und treiben, zum Teil über den Wasserspiegel hervorragend, wie Segel vor dem Wind. *Physalia arethusa* Til.

Den bisher genannten Formen werden vielfach unter dem Namen *Disconanthen* als eine vollkommen abweichende Gruppe gegenübergestellt: *Verella spirans* Eschz. und *Porpita mediterranea* Eschz., Luftflasche eine chitinöse Scheibe mit konzentrischen Luftkanälen.

III. Klasse.

Scyphozoen (Scyphomedusen).

Anatomic.

Die *Scyphozoen* bilden eine Parallelgruppe zu den Hydrozoen, insofern sie sich häufig mittels eines ganz analogen Generationswechsels entwickeln. Die Amme ist der Scyphopolyp oder das Scyphostoma, das Geschlechtstier die acraspede Meduse. Im Gegensatz zu den Hydromedusen spielt jedoch die Amme, der Scyphopolyp, eine untergeordnete Rolle; er ist bei den verschiedensten Arten sehr gleichförmig gebaut und kann ganz in Wegfall kommen (*Pelagia*), während die Medusengeneration sehr mannigfaltig und stets wohlentwickelt ist.

Das Scyphostoma (Fig. 178, 179) hat einige Ähnlichkeit mit dem Süßwasserpolypen, unterscheidet sich aber von ihm äußerlich durch einen kleinen Peridermnapf, in welchem das hintere Ende fest sitzt, innerlich hauptsächlich durch vier Längsfalten, welche in den Magen hineinragen und von dem hinteren Ende bis zum Rand der Mundöffnung reichen. Diese „Gastralfalten“ oder „Septen“ (Täniolen) erscheinen auf Querschnitten als kleine, von einem Fortsatz der Stützlamelle gestützte Entodermfalten, in welche von der Mundscheibe aus ein Muskelstrang eintritt; sie sind mor-

phologisch wichtig, indem sie bei der Strobilation die Gastral tentakelchen der Medusen abschnüren, ferner als erste Anfänge des bei den *Anthozoen* so hoch entwickelten Septensystems.

Die acraspeden Medusen, meist große, 0,1—1 m messende Tiere, besitzen einen flach gewölbten Schirm von oft knorpelartiger Konsistenz; sie unterscheiden sich von den Craspedoten äußerlich sofort durch die Einkerbungen des Schirmrandes, welche die Peripherie in Lappen abteilen. Wenn wir uns zunächst an die gewöhnlichen Formen, die *Discomedusen*, halten, so sind mindestens acht Lappen vorhanden (Fig. 180, 181), welche am Ende tief eingekerbt sind, in dieser Kerbe einen Sinneskörper tragen und daher Sinneskörperlappen heißen. Die acht Sinneskörperlappen schließen bei manchen Medusen dicht aneinander, bei anderen werden sie durch eine „intermediäre“, ebenfalls gekerbte und gelappte Strecke voneinander getrennt, sind dann unansehnlich und oft nur durch genaue Untersuchung herauszufinden (Fig. 182). In den Kerben zwischen den Sinneskörperlappen oder in den Kerben der intermediären Strecke entspringen die Tentakeln, sofern sie nicht rückgebildet sind. Durch die Sinneskörper

Fig. 178.

Fig. 179.

Fig. 180.

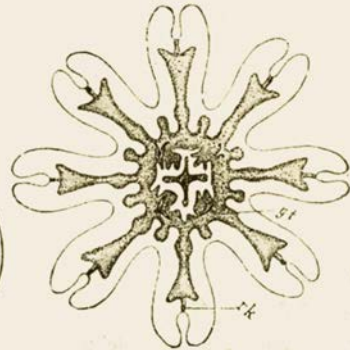
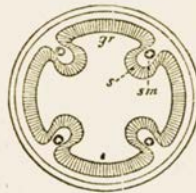
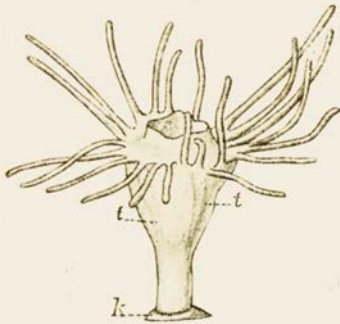


Fig. 178. Scyphostoma von *Aurelia aurita* (aus Korschelt-Heider). *t* durchscheinende Gastralfalten, *k* Peridermnapf.

Fig. 179. Querschnitt durch ein Scyphostoma (aus Hatschek). *gr* Magentaschen, *s* Gastralfalten, *sm* Muskeln in denselben.

Fig. 180. Ephyra von *Cotylorhiza tuberculata*. *gt* Gastral tentakelchen, *rk* Randkörper (nach Claus).

werden in der Meduse acht Haupttradien gekennzeichnet, von denen vier die Perradien (Fig. 181 *I*), vier mit ihnen alternierende die Interradien heißen (*II*). Adradien endlich nennt man radiale Linien, welche zwischen den Haupttradien liegen.

Die Lappung des Schirmrandes übt einen bestimmenden Einfluß auf alle übrigen Organe aus; zunächst bedingt sie den Mangel des Velum, welches funktionell durch eine dicke zirkuläre Muskelmasse auf der Subumbrella des Schirmes ersetzt wird; daher der Name „*Acraspeden*“. Anstatt eines Nervenrings finden sich acht getrennte Nervenzentren, die oben schon genannten Sinneskörper, welche den Bau von Tentakeln (Fig. 173, 7) besitzen und somit aus einer entodermalen Achse und einem ectodermalen Überzug bestehen. Die Entodermachse schwillt an ihrem Ende stets zu einem Statolithensäckchen an; im Ectoderm liegt ein dickes Polster von Nervenfasern und Ganglienzellen, ab und zu auch ein Pigmentfleck, ein einfachstes Auge. Dazu kann noch auf der Exumbrella eine flimmernde Grube kommen.

Das Gastrovascularsystem beginnt mit der kreuzförmigen Mundöffnung. Die Ecken des perradial gestellten Kreuzes sind meist in lange, wie Fahnen aus dem Schirm herabhängende Mundarme

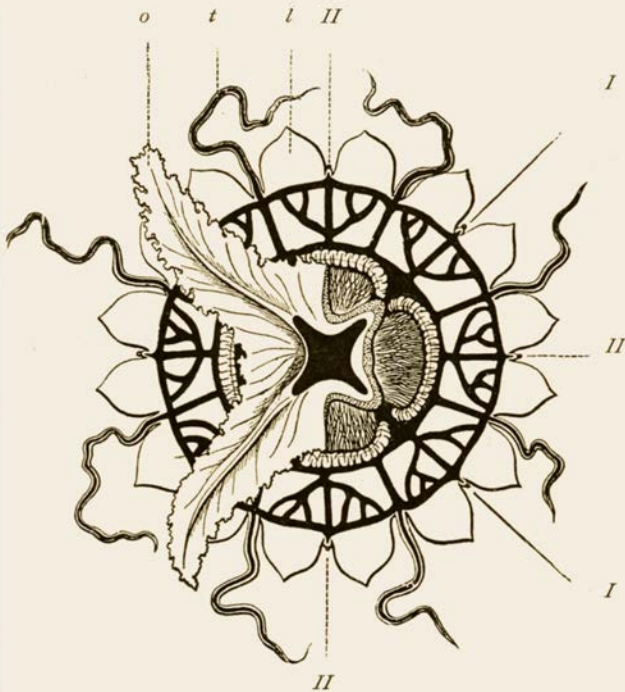


Fig. 181. *Ulmaris prototypus* (aus Hatschek). *I* Radien erster Ordnung (Perradien) mit den Mundarmen (*o*), welche rechts entfernt sind, *II* Radien zweiter Ordnung (Interradien); in ihnen liegen die Geschlechtsorgane und Gastralentakelchen, *t* Tentakeln, sie bezeichnen die Adradien, *l* Randlappen.

(Fig. 181) ausgezogen, welche für das Ergreifen der Nahrung viel wichtiger sind als die häufig verkümmerten Randtentakeln. Interradial, mit dem Mundkreuz alternierend, entwickeln sich im Innern des geräumigen Magens vier Geschlechtsorgane und vier Gruppen von Gastralentakelchen. Letztere sind in das Magenlumen vorragende Fäden mit Gallertachsen und entodermalem, die Verdauung besorgendem Epithel. Erstere entstehen ebenfalls ebenfalls aus dem Entoderm und sind krausenartig gefaltete Blätter.

Vom Magen entspringt der periphere Teil des Gefäßsystems. Bei allen Medusenlarven, den Ephyren (Fig. 180), vielfach auch bei erwachsenen Tieren, verlaufen acht radiale Taschen zu den acht Randkörpern, dazwischen acht adradiale Taschen zu den Tentakeln, falls letztere vorhanden sind (Fig. 90). In-

dessen wird diese primitive Anordnung häufig durch ein kompliziertes Gefäßnetz ersetzt (Fig. 181).

Bei der Schilderung der Fortpflanzung gehen wir von Formen mit Generationswechsel aus (Fig. 183). Die aus dem Ei der Meduse entstandenen Flimmerlarven setzen sich fest und werden zu Scyphostomen, welche zu terminaler und lateraler Knospung befähigt sind. Durch

Entwicklungs-
geschichte.



Fig. 182. *Polyclonia frondosa* in seitlicher Ansicht (nach Agassiz).

laterale Knospung bilden sich immer nur neue Scyphostomen, durch terminale dagegen Medusen. Im letzteren Falle entwickelt sich eine „Strobila“: durch mehrere hintereinander gelegene ringförmige Einschnürungen zerfällt das vordere Ende des Scyphostomas in scheibenförmige Stücke, die Medusenanlagen, welche zunächst noch nach Art eines Tassensatzes ineinander stecken. Nacheinander reifen nun die einzelnen Stücke, lösen sich ab und schwimmen als „Ephyren“ davon. Die Ephyren haben anfänglich nur vier Gastraltentakeln, die abgelösten oberen Enden der Gastral-falten des Scyphostomas und nur acht die Sinneskörper tragende Rand-lappen. Indem sich die Ephyren somit wesentlich von den Medusen unter-scheiden und erst ganz allmählich zu geschlechtsreifen Medusen umgewandelt werden, kombiniert sich der Generationswechsel der *Scyphomedusen* mit

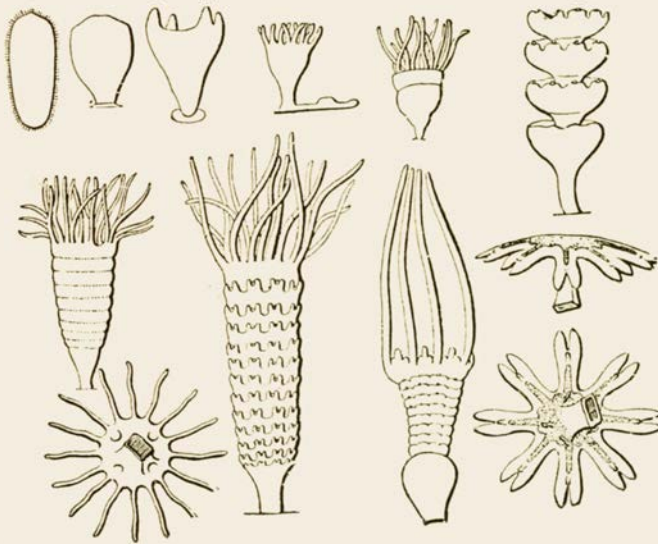


Fig. 183. Entwicklung von *Aurelia aurita* aus dem Ei. Umbildung der Planula zum Scyphostoma; darunter Scyphostomen in Strobilation (Abschnürung von Ephyren), links ein Scyphostoma, vom oralen Pol gesehen, rechts zwei Ephyren in verschiedener Lage (Hatschek).

Metamorphose. Letztere bleibt erhalten, wenn der Generationswechsel, wie bei *Pelagia noctiluca*, unterdrückt wird, und aus dem Ei der Meduse direkt eine Ephyra entsteht.

Die soeben gegebene Schilderung paßt nur auf einen Teil der Scyphomedusen, nämlich die **Discomedusen**, welche wegen des Reichtums an Arten und ihrer weiten Verbreitung lange Zeit allein als die Repräsentanten der *Acraspeden* galten; sie zerfallen in zwei Unterordnungen: 1. Die **Semaeostomen** zeigen die Ecken des Mundkreuzes in vier lange, äußerst bewegliche Mundarme ausgezogen, welche wie Fahnen aus der Glockenhöhle heraushängen. *Aurelia aurita* L., Ohrenqualle der Nord- und Ostsee; *Pelagia noctiluca* Pér. et Less., stark meerleuchtend, *Ulmaris prototypus* H. (Fig. 181). 2. Die **Rhizostomen** haben lange, fast unbewegliche, reich verästelte Mundarme; Mundöffnung und Armfurchen sind durch Verwachsung der Lippenränder bis auf viele kleine, zum Aufsaugen der Nahrung dienende Öffnungen geschlossen. *Rhizostoma pulmo* Less., *Polyclonia frondosa* L. Ag. (Fig. 182).

Von den *Discomedusen* unterscheiden sich in mehr oder minder auffallender Weise gewisse *Scyphomedusen*, welche teils als Tiefseebewohner spät entdeckt worden sind, teils wegen ihres abweichenden Äußeren lange Zeit überhaupt nicht für Scyphomedusen gehalten wurden. Es sind die *Stauromedusen*, *Cubomedusen* und *Peromedusen*; sie haben das Gemeinsame, daß der periphere Abschnitt des dem Magen der *Discomedusen* entsprechenden Hohlraums durch vier Scheidewände oder gedrungene Verwachungsstellen (Kathammen), welche den Taniolen des Scyphostomas homolog sind und die Gastraltentakelchen tragen, in vier die Geschlechtsorgane beherbergende Gastralaschen abgeteilt wird. Die Geschlechtsorgane werden durch die Septen halbiert und sind daher in Achtzahl vorhanden. Auch zeigen die Randkörper ein abweichendes Verhalten, jedoch in jeder der drei Unterordnungen in verschiedener Weise. Die *Stauromedusen* haben keine Randkörper, wohl aber an den korrespondierenden Stellen meist acht kurze Tentakelchen; die interradianalen Strecken sind zu Armen ausgezogen, welche mit Büscheln kleiner geknöpfter Tentakeln bedeckt sind. Vor allem sind die Tiere wie Scyphopolypen mittels eines Stiels festgewachsen. *Lucernaria pyramidalis* H. (Fig. 184). Die *Cubomedusen* (*Charybdea marsupialis* Pér. et Les. [Fig. 185] und *Peromedusen* (*Periphylla mirabilis* H.) sind freischwimmende typische Medusen und besitzen vier Randkörper, die bei den *Cubomedusen* perradial, bei den *Peromedusen* interradianal gestellt sind. Letztere werden vielfach mit den längere Zeit zu den *Discomedusen* gestellten *Cannostomen* zu einer Gruppe vereinigt, die wegen einer Kranzfurche auf der Exumbrella den Namen *Coronaten* erhalten hat. In der Tat weichen alle *Cannostomen* durch die Achtzahl der Geschlechtsorgane und die Anwesenheit der Kathammen von den *Discomedusen* ab und stimmen hierin mit den *Peromedusen* überein. Andererseits leiten manche „*Cannostomen*“ zu den *Discomedusen* durch den Besitz



Fig. 184. *Lucernaria pyramidalis* (aus Hatschek).

einem parasitisch in Spongien lebenden Scyphostoma („*Stephanoscyphus mirabilis*“) erzeugt wird. Für andere *Cannostomen*, bei denen die Zahl der Randkörper zwischen 4 und 16 schwanken kann (*Atolla*), ist eine nähere Verwandtschaft mit *Discomedusen* nicht nachgewiesen.

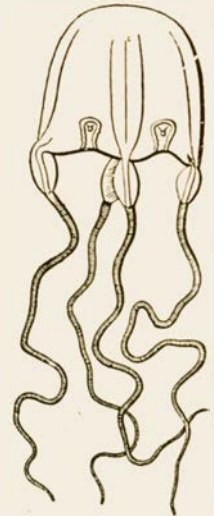


Fig. 185. *Charybdea marsupialis* (aus Hatschek).

IV. Klasse.

Anthozoen, Korallentiere.

Die ausschließlich im Meere lebenden und hier hauptsächlich durch die *Corallen* und *Seerosen* vertretenen *Anthozoen* sitzen mit wenigen Ausnahmen auf dem Boden fest und bilden zumeist individuenreiche Kolonien von oft kolossaler Größe. Äußerlich ähnelt der einzelne

Corallenpolyp dem Hydroidpolypen; er besteht wie dieser aus Fußscheibe, Mauerblatt, Mundscheibe und einem Kranz von Tentakeln, welche an dem Übergang von Mauerblatt und Mundscheibe entspringen; er unterscheidet sich von ihm durch die größere Vervollkommnung in der organologischen und histologischen Sonderung. Die meisten Corallenpolypen besitzen ein gut entwickeltes Mesoderm (Mesogloea), bei den *Actiniari* eine zellenreiche, den fleischigen Habitus der Tiere bedingende Binde-substanz, während es bei den durch Kalkskelett gestützten *Madreporari* meist keine Zellen enthält und keine größere Mächtigkeit besitzt. Vor allem aber sind die Corallenpolypen durch Einrichtungen ausgezeichnet, welche den Hydroidpolypen fehlen und beim Scyphopolypen nur eben angedeutet sind: das Schlundrohr und die die Geschlechtsorgane und Mesenterialfilamente tragenden Septen.

Wir betrachten zunächst das Schlundrohr und seine Beziehungen zu Mundscheibe und Mundöffnung. Der Mund liegt im Zentrum der Mundscheibe, ist aber meist in einer Richtung ausgezogen. Man kann daher — ein Symmetrie der Tiere — durch ihn zwei Corallenpolypen wichtige, aufeinander senkrechte Richtungslinien ziehen, eine in der Längsrichtung der Spalte verlaufende sagittale (Fig. 186 *S—S*) und eine dazu senkrechte transversale. Von den Mundrändern hängt in das Innere des Tieres das Schlundrohr hinab, ein in transversaler Richtung zusammengepreßter Schlauch, der am unteren Ende mit weiter Mündung in den Zentralmagen führt (Fig. 187 *s*). Entwicklungsgeschichtlich ist das Schlundrohr ein eingestülpter Teil der Mundscheibe; es ist daher auf der Innenseite mit Ectoderm ausgekleidet; seine untere Mündung ist dem Mund der Hydroidpolypen zu vergleichen.

Das Schlundrohr wird in seiner Lage befestigt durch radiale Scheidewände, die Septen, welche von Mauerblatt, Fuß- und Mundscheibe ausgehen und an das Schlundrohr herantreten (Fig. 187 *r*¹). Die Septen springen wie Kulissen in den Zentralmagen vor und teilen den peripheren Abschnitt desselben in zahlreiche Nischen, die Radialkammern, welche unterhalb des Schlundrohres mit dem Zentralmagen zusammenhängen, nach oben dagegen sich in das Innere der Tentakeln fortsetzen. Die Tentakeln sind Ausstülpungen der Radialkammern und meist in gleicher Zahl mit ihnen

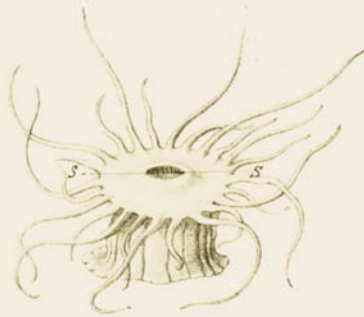


Fig. 186. *Antheomorpha elegans*.
S—S Sagittalachse.

Schlundrohr

zu einem Oval oder einer Spalte
Zeichen für die zweistrahliges
für die Architektonik des ganzen

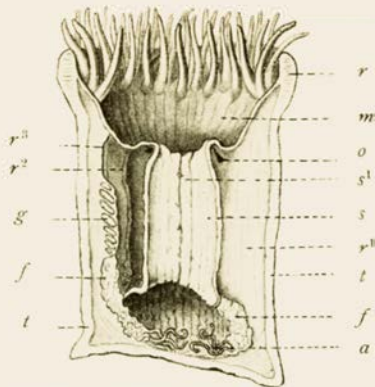


Fig. 187. *Sagartia parasitica* der Länge nach halbiert. *r* Ringmuskel, *m* Mundscheibe, *o* Öffnungen in den vollkommenen Septen, *s*¹ Schlundrinne, *s* Schlundrohr, *r*¹ Septum I. Ordnung (vollständig), *r*² und *r*³ Septen II. und III. Ordnung (unvollständig), *t* Mauerblatt, *f* Mesenterialfilamente, *g* Geschlechtsorgane, *a* Acontien.

Septen.

vorhanden. Außer den vollständigen „Septen“, welche das Schlundrohr erreichen, gibt es häufig noch „unvollständige“, welche halbwegs mit freiem Rande aufhören.

Mesenterial-
filamente.

Die Septen sind Träger der Mesenterialfilamente, der Geschlechtsorgane und der Muskelfahnen. Die Mesenterialfilamente (*f*) sind dicke Streifen eines an Drüsen- und Nesselzellen reichen Epithels, welche die Ränder der Septen erfassen. Da sie viel länger sind als die Septen, zwingen sie die Ränder derselben, sich krausenartig zu falten und gewinnen dadurch einige Ähnlichkeit mit dem vielfach gewundenen, an einem krausenartig gefalteten Mesenterium befestigten Säugetierdarm.

Ausgezeichnet durch große Kontraktilität, dringen sie in das Gefressene ein und umhüllen es allseitig und leiten so die Verdauung ein, die wie bei den übrigen Cölenteraten intracellular beendet wird. Unterhalb der Mesenterialfilamente entspringen bei gewissen Arten noch die Acontien, Fäden, die mit Nesselkapseln dicht besetzt sind und zur Verteidigung, sei es durch die Mundöffnung, sei es durch Poren des Mauerblatts (Cincliden), herausgeschleudert werden. — Die Geschlechtsorgane — nur ausnahmsweise hermaphrodit — liegen nach außen von den Mesenterialfilamenten als bandartige, vielfach gefaltete Verdickungen (Fig. 187 *g*). Ihre Elemente entstehen wie bei den *Scyphomedusen* aus dem Entoderm, werden aber frühzeitig in die mesodermale Stützschicht des Septums verlagert (Fig. 188 *o*), von wo sie bei der Reife durch Platzen der Hüllen in den Magen entleert werden. Die Brut verläßt den Magen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung, sei es als Planulae (Fig. 181 *A*), sei es als kleine, mit Tentakeln versehene Tiere.

Geschlechts-
organe.

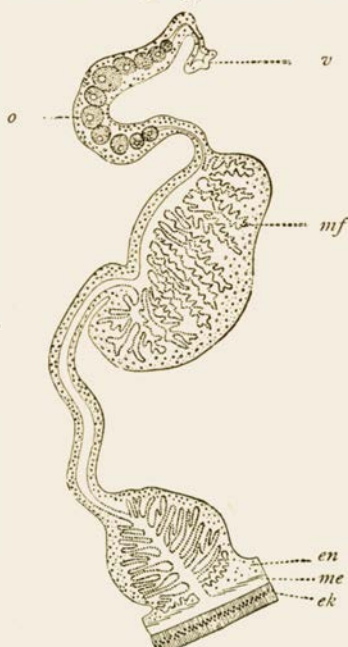


Fig. 188. Querschnitt durch ein Septum von *Edwardsia tuberculata*, *en* Entoderm, *ek* Ectoderm, *me* Mesoderm, *mf* Muskelfahne, *o* Ovar, *v* Mesenterialfilament.

Muskel- und
Nerven-
system.

Muskeln und Nerven finden sich sowohl im Entoderm als auch im Ectoderm.

Während aber das Nervensystem sich vorwiegend im Ectoderm entwickelt und besonders auf der Mundscheibe eine subepitheliale, dicke Schicht von Nervenfaser und Ganglienzellen erzeugt (Fig. 52 S. 86), ist die Muskulatur im Ectoderm im allgemeinen schwach ausgebildet und zumeist auf Mundscheibe und Tentakeln beschränkt. Um so mächtiger ist die entodermale Muskulatur. Am oberen Ende des Mauerblatts findet sich häufig ein kräftiger Ringmuskel, der das Mauerblatt über der nervenreichen Mundscheibe zusammenziehen kann. Die Septen endlich sind beiderseits mit Muskelfasern bedeckt, auf der einen Seite mit transversalen, auf der anderen mit longitudinalen. Nur letztere sind kräftig entwickelt und erzeugen eine vielfach gefaltete Muskellamelle, die wegen ihres Querschnittbildes die „Muskelfahne“ heißt (Fig. 188 *mf*).

Septen-
stellung.
a) Hexa-
corallien.

Bei den *Hexacorallien* (Fig. 189, 194) sind die Septen paarweise gruppiert, indem zwei benachbarte Septen einander nicht nur genähert sind, sondern ihre Zusammengehörigkeit auch darin bekunden, daß sie sich gleichwertige, d. h. mit gleichgerichteter Muskulatur ausgerüstete Seiten

zukehren. Die Regel ist, daß die Septen eines Paares die „Muskelfahnen“ auf zugewandten Seiten tragen. Von dieser Regel machen nur zwei Septenpaare eine Ausnahme, welche sich an den Enden der Sagittalachse am Schlundrohr befestigen, die Muskelfahnen auf abgewandten Seiten tragen und Richtungssepten heißen, da sie eine bestimmte Richtung im Körper, nämlich die Sagittalebene, anzeigen. Vermöge der paarigen Gruppierung der Septen kann man zweierlei Radialkammern unterscheiden, die innerhalb eines Septenpaares gelegenen Binnenfächer und die zwischen zwei Septenpaaren gelegenen Zwischenfächer. Zum verschiedenen morphologischen Charakter der Radialkammern kommen Unterschiede in der Rolle, welche sie beim Wachstum der Polypen spielen, indem eine beträchtliche Vergrößerung des Mauerblattes und eine Vermehrung der Septenpaare sich in der Regel nur in den Zwischenfächern vollzieht. So haben fast alle *Actinien* auf einem bestimmten

Stadium der Entwicklung sechs Septenpaare (zwei Paare Richtungssepten und gleichmäßig dazwischen links und rechts verteilt vier weitere Septenpaare); sie sind die Septen erster Ordnung oder die Haupt-

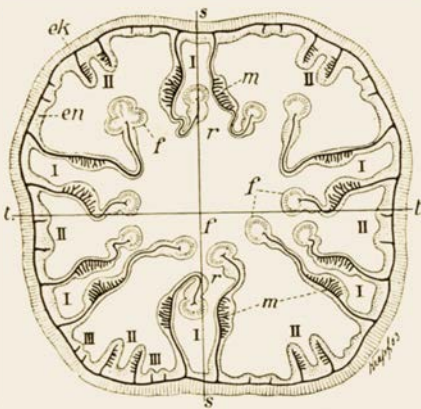


Fig. 189. Querschnitt einer Actinienlarve (nach Boveri). *ss* Sagittalachse, *tt* Transversalachse, *ek* Ectoderm, *en* Entoderm, *f* Mesenterialfilament, *m* Muskelfahnen, *r* Richtungssepten, *I* Septen erster, *II* zweiter, *III* dritter Ordnung.

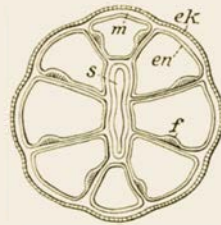


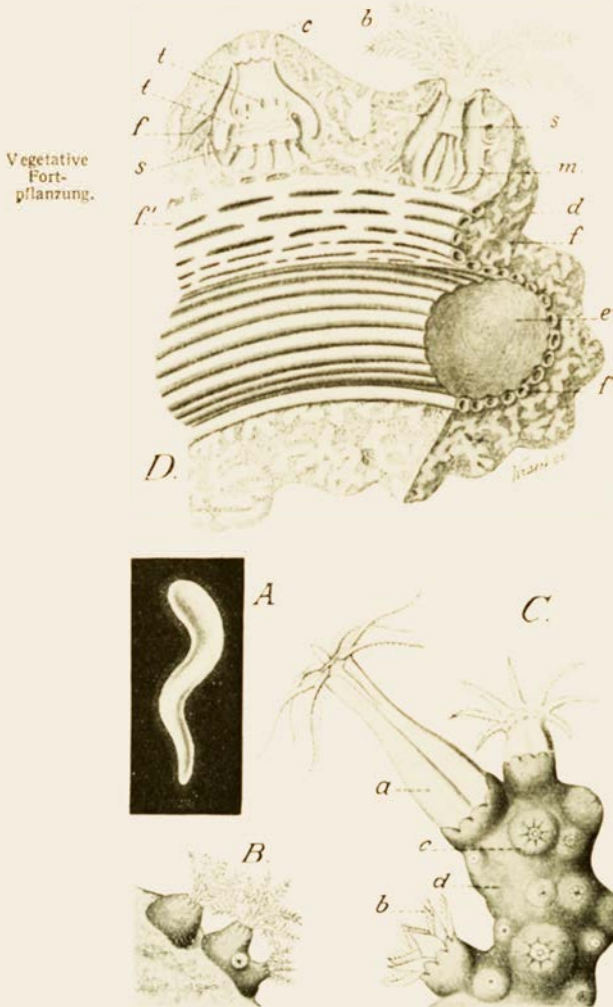
Fig. 190. Querschnitt einer Octocorallie (*Alcyonium*); die Septen der einen Seite sind genau symmetrisch mit denen der anderen Seite angeordnet und tragen sämtlich die Muskelfahnen auf der gleichen Seite, *ek* Ectoderm, *en* Entoderm, *m* Mesoderm, *s* Schlundrohr, *f* Muskelfahne.

septen (*I*). Wenn die Septenzahl weiter zunimmt, so treten neue Septen, Septen zweiter Ordnung, nur in den Zwischenfächern paarweise auf; zu den sechs Paaren erster Ordnung treten somit sechs weitere Paare zweiter Ordnung (*II*). Da das hier kurz angedeutete Prinzip des Wachstums dauernd beibehalten wird, so muß sich die Vermehrung der Septen und demgemäß auch der Tentakeln notgedrungen in Multiplen von sechs bewegen; es entwickeln sich weitere 12 Paare dritter Ordnung (*III*), später 24 Paare vierter Ordnung usw. Unregelmäßigkeiten im Wachstum sind Ursache, daß bei manchen Hexacorallien vier- oder auch zehnzählige Anordnungen zustande kommen; auch kann der anfänglich erkennbare sechszählige Typus sich durch Teilungsvorgänge verwischen. Abweichende Typen der Septenstellung finden sich ferner bei den *Edwardsien*, *Ceriantheen* und *Zoantheen*.

Sehr viel einfacher verhalten sich die *achtzähligen Anthozoen*, bei denen nie mehr als acht einzelne Septen vorkommen (Fig. 190). Dieselben verteilen sich gleichmäßig zu beiden Seiten des Schlundrohres derart, daß vier auf der linken, vier auf der rechten Seite der Sagittalebene stehen.

b) Octocorallien.

Auch hier sind die transversalen und longitudinalen Muskelfasern vollkommen gesetzmäßig angeordnet, so daß man, je nachdem man von dem einen oder dem anderen Ende der Sagittalachse ausgeht, nur zugewandte oder nur abgewandte Muskelfasern vor sich hat.



Außer der geschlechtlichen Fortpflanzung besitzt die überwiegende Mehrzahl der *Anthozoen* die Fähigkeit, sich durch Knospung und Teilung zu vermehren. Die Knospen lösen sich in manchen Fällen ab; gewöhnlich bleiben sie aber mit der Mutter verbunden (Fig. 191 B, C). Auf diesem Wege oder durch unvollkommene Teilung entstehen Kolonien, welche aus vielen Hunderten und Tausenden von Individuen bestehen können. An ihrer Basis hängen die Einzeltiere untereinander zusammen, meist durch Cönosark, welches besonders reich bei *Octocorallien* entwickelt ist und aus Mesoderm besteht, das von verästelten und anastomosierenden Entodermkanälchen durchzogen wird. Bei Beunruhigung ziehen sich die Polypen in das Cönosark zurück.

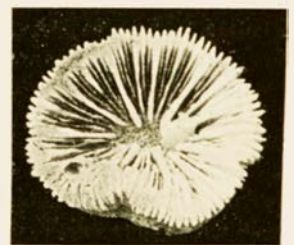


Fig. 192. *Sclerophyllia margariticola* (nach Klunzinger).

Fig. 191. *Corallium rubrum* (nach Lacaze-Duthiers). A Flimmerlarve. B junge Tiere in beginnender Stockbildung. C Stück eines Stockchens mit ganz und halb (*b*, *c*) zurückgezogenen und vollkommen entfaltenen (*a*) Polypen; *d* Cönosark. D Stück eines Astes; der Weichkörper gespalten und teilweise zurückgeklappt; Skelettachse mit ihren Kanellierungen (*c*) freigelegt; *f'* größere Cönosarkröhren, welche die Kanellierung veranlassen; *f* das Netz feinerer Cönosarkröhren; *b* ein zum Teil zurückgezogener Polyp; *c* vollkommen zurückgezogener Polyp; *t* eingestülpte Tentakeln; *s* Schlundrohr; *m* Mesenterialfilamente; *d* Cönosark. A stark, B, C, D schwach vergrößert.

Die stockbildenden *Anthozoen* haben fast stets ein vom Ectoderm aus entstehendes Skelett von kohlensaurem Kalk oder von einer orga-

nischen Substanz, welche man Hornsubstanz nennt, obwohl sie nicht mit dem Keratin der Wirbeltiere identisch ist. Auch kommt es vor, daß sich das Skelett aus alternierenden Kalk- und Hornstücken aufbaut. Der Anordnung nach unterscheidet man Achsen- und Rindenskelette. Die Achsen-skelette beschränken sich auf die innersten Partien des Cönosarks, lassen dagegen die weiche Rinde, in welcher die Polypen wurzeln, wie auch die Polypen selbst, unverkalkt. Die Rindenskelette dagegen gehen von den Polypen aus und wiederholen bis zu einem gewissen Grade die Struktur derselben (Fig. 193, 195). Stets ist eine Theca vorhanden, ein Kalkzylinder, welcher an das Mauerblatt der Einzelpolypen erinnert; meist kommen dazu radiale Scheidewände, welche man als Sclerosepten von den Scheidewänden des Weichkörpers, den Sarkosepten unterscheidet.

Fig. 193.

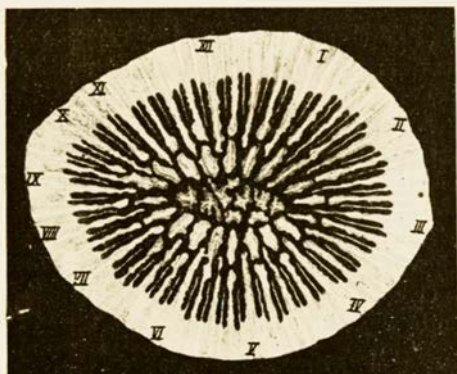


Fig. 194.

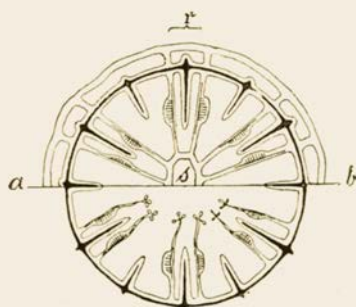


Fig. 193. Schliff durch das Skelett von *Caryophyllia cyathus* (nach Koch). Nach außen Theca, nach innen Septen (I—XII, 1. und 2. Cyclus), Pali und im Zentrum die Columella.

Fig. 194. Schema eines Querschnittes durch den Weichkörper und das Skelett einer Hexacorallie, oberhalb der Linie *ab* ist der Schnitt durch das Schlundrohr, unterhalb der Linie *ab* nahe der Fußscheibe geführt. Das Skelett schwarz, *r* Richtungssepten, *s* Schlundrohr.

Die Theca entsteht durch Verschmelzung der Sclerosepten. Tritt dieser Verschmelzungsprozeß in einiger Entfernung von den peripheren Enden der Septen ein, so ragen letztere über die Theca hinaus; sie laufen dann auf ihrer Außenseite als „Costae“ herab. Nach außen von der Theca resp. den Costae findet sich öfters ein zylindrisches Kalkblatt, die Epitheca. In der Achse des Kelches kann eine größere Kalksäule oder ein Haufen kleinerer Säulchen, die Columella, aufsteigen (Fig. 193). Wenn zwischen dem freien inneren Rand der Septen und der Columella besondere Kalkpfeiler stehen, nennt man dieselben Pali. Feinste Kalkstäbchen, Synaptikeln, können die Septen quer untereinander verbinden. Besondere Skelettstücke, die Tabulae, endlich sind durch die Wachstumsverhältnisse des Polypen bedingt. Dieser baut am oberen Rande der Theca das Skelett fort und verläßt in gleichem Maße die tieferen Partien. Gegen den verlassenen Teil grenzt er sich durch horizontale Scheidewände ab; diese sind die Tabulae. Finden sich viele kleine und dünne Kalkblättchen, so spricht man von Dissepimenten.

Früher glaubte man, daß die Corallenskelette nichts anderes seien, als die mit Kalk imprägnierten entsprechenden Teile des Weichkörpers,

und hat von ersteren ohne weiteres einen Rückschluß auf die Anordnung der letzteren gemacht. Dies hat sich als ein Irrtum herausgestellt; die Sclerosepten entstehen zwischen den Sarcosepten in den Radialkammern und ebenso die Theca innerhalb und in einiger Entfernung vom Mauerblatt (Fig. 194, 195). Als eine Ausscheidung des Mauerblatts selbst kann nur die keineswegs häufige Epitheca angesehen werden. Von vornherein ist es daher zwar wahrscheinlich, aber nicht durchaus notwendig, daß der Numerus der Sclerosepten dem der Sarcosepten entspricht; bei manchen Corallen fehlt sogar diese Übereinstimmung, wie z. B. bei den *Helioporiden*, welche man nach ihrem Skelett früher für *Hexacorallien* hielt, während ihr Weichkörper sie unzweifelhaft unter die *Octocorallien* verweist.

Corallenriffe.

Vermöge ihrer Skelettbildung legen die *Anthozoen* große Mengen von kohlensaurem Kalk in gewaltigen, aus dem Grund des Meeres aufsteigenden Bauten, den Corallenriffen, fest. Dieselben bestehen aus verschiedenen Arten, unter denen aber die *Madreporarien* vorherrschen. Wenn die Riffe die Meeresoberfläche erreichen, können sie zur Bildung von kleinen Inseln Veranlassung geben, die durch eigentümliche Gestalt ausgezeichnet sind; am merkwürdigsten sind die Atolle, ringförmige Inseln, in deren Innerem sich ein Becken von Meerwasser befindet. Die Entstehung der Strand- und Barriereriffe ist Gegenstand vieler Theorien geworden, unter denen Darwins Theorie vom Corallenwachstum lange Zeit die herrschende war.



Fig. 195. Verhältnis vom Skelett zum Weichkörper bei den Corallen (Schema, nach Pfuerscheller).

kleiner werden (Fig. 191). Die Tiere ziehen im allgemeinen die großen Meerestiefen dem Aufenthalt an der Küste vor.

I. Unterordnung. *Alcyonaceen*. Das meist ansehnliche, fleischige, festgewachsene Polypar ist durchsetzt von zahlreichen Kalkstücken, den Sclerodermiten, welche aber nicht zu einem zusammenhängenden Skelett verkleben. *Alcyonium palmatum* Pall.

II. Unterordnung. *Gorgoniaceen*. Eine fest aufgewachsene reich verästelte Skelettachse wird von einem Weichkörper überzogen, in den sich die zarten Polypen zurückziehen können. Bei den *Gorgoniaceen* ist die Skelettachse rein hornig: *Gorgonia verrucosa* Pall.; bei den *Isidinen* besteht sie aus alternierenden Horn- und Kalkstücken: *Isis elongata* Esp.; bei den *Corallinen* ist sie rein kalkig: *Corallium rubrum* Lam., Edelcoralle in Tiefen von ca. 100 m an den Küsten von Algier, Korsika, Sardinien und den Kap-Verdischen Inseln.

III. Unterordnung. *Pennatulaceen*. Die rein hornige Skelettachse bleibt unverästelt; ihr Cönosarküberzug besteht aus einem unteren und oberen Abschnitt; ersterer kann zu einer Blase aufgebläht werden und

gräbt sich locker in den Meeresboden ein, letzterer trägt allein die häufig zu Fiederblättchen angeordneten Polypen. *Pennatula phosphorea* Ellis hat wie viele andere *Alcyonarien* ein intensives Leuchtvermögen.

IV. Unterordnung. *Tubiporaceen*. Das Skelett besteht aus zahlreichen Kalkröhren, die wie Orgelpfeifen nebeneinander stehen und durch quere Wände verbunden sind. *Tubipora Hemprichi* Ehrbg., Orgelcoralle.

V. Unterordnung. *Helioporaceen*. Das Skelett ist wie bei vielen Hexacorallien eine massive Kalkmasse, mit Aushöhlungen für die zahlreichen Polypen. Die Anwesenheit von sechs Sclerosepten war lange Zeit Ursache, die Tiere für Hexacorallien zu halten. *Heliopora caerulea* Blainv.

II. Ordnung. Hexacorallien, Zoantharien. Für die *Hexacorallien* sind in erster Linie die schlauchförmigen, nicht gefiederten Tentakeln charakteristisch; erst in zweiter Linie kann die oben erläuterte sechszählige und paarige Gruppierung der Septen zur Charakteristik benutzt werden. Denn wenn dieselbe auch für die überwiegende Mehrzahl der Formen gilt, so gibt es doch Ausnahmen von der Regel. Einerseits kennen wir die achtzähligen, mit gewissen Larvenstadien der *Actinien* übereinstimmenden *Edwardsien*, bei denen die typische Hexacorallienstruktur noch nicht erreicht ist, andererseits die *Zoantheen*, *Ceriantheen*, *Perforaten* und *Antipatharien*, bei denen die sechszählige Anordnung eine wesentliche Abänderung erfahren hat.

I. Unterordnung. *Malacodermen*, *Actiniarien*, *Seerosen*. Die hierher gehörigen *Anthozoen* sind skelettlose, meist einzellebende Tiere mit zahlreichen Cyklen von Septen und Tentakeln; sie finden sich in allen Klimaten und in allen Meeresschichten, von der Flutgrenze bis zu den größten Meerestiefen, selten frei schwimmend, meist an Steinen fest-sitzend. Mit Ausnahme der gänzlich unbeweglichen, kolonialen *Zoantheen* vermögen die *Actinien* auf ihrer zum Ansaugen dienenden muskulösen Fußscheibe zu kriechen. Den deutschen Namen „Seerosen“ verdanken sie teils ihren lebhaften bunten Farben, teils der großen Zahl der Tentakeln, welche wie Blumenblätter einer gefüllten Rose in vielen konzentrischen Reihen vom Rand der Mundscheibe entspringen. Bei Beunruhigung werden die Tentakeln verkürzt und meist auch der obere Rand des Mauerblatts durch einen ringförmigen Schließmuskel über ihnen und der nervenreichen Mundscheibe zusammengezogen. *Anemonia equina* L., *Adamsia palliata* Forb., bekannt durch die Symbiose mit dem Einsiedlerkrebs *Pagurus Prideauxi*.

II. Unterordnung. *Antipatharien*. Die Tiere haben wie die Gorgonien eine schwarze, hornige, verästelte Achse, überzogen von Cönenchym, in welchem kleine Polypen mit rudimentären Septen sitzen; durch ihre Tentakeln sind sie als *Hexacorallien* charakterisiert, *Antipathes larynx* Ellis.

III. Unterordnung. *Sclerodermen*. Diese umfangreiche Gruppe der *Anthozoen* zeichnet sich durch die massige Entwicklung des Kalkskelettes aus. Stets sind Theca und Septen vorhanden, meist Columella, Pali und Dissepimente, sehr häufig Synapticulae und Costae. Selten sind einzellebende Formen, wie die *Sclerophyllien* (Fig. 192), *Fungien*, *Caryophyllien* und *Flabellen*; meist sind zahlreiche (nicht selten Tausende) Einzeltiere dicht aneinander gefügt durch Cönenchym zu Kolonien verbunden, welche entweder rasenartige Überzüge oder verästelte Bäumchen bilden. Zwischen Kolonien und einzellebenden Formen gibt es alle Übergänge (Fig. 195—198). Eine Kolonie entsteht von einem Einzeltier aus

durch fortgesetzte Teilung oder Knospung; wenn die Teilungen nicht zum Abschluß kommen, können sich mäandrisch verschlungene Reihen unvollkommen gegeneinander abgesetzter Individuen bilden, wie das bei den *Mäandrinen* der Fall ist, bei denen es gar nicht möglich ist, die Zahl der in einer Kolonie enthaltenen Tiere zu bestimmen (Fig. 197). Die *Eporosen* (*Cyclocnemarien*) haben ein kompaktes Skelett, weil die die

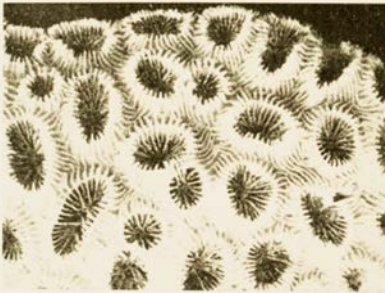


Fig. 196. *Favia cavernosa* (nach Klunzinger).

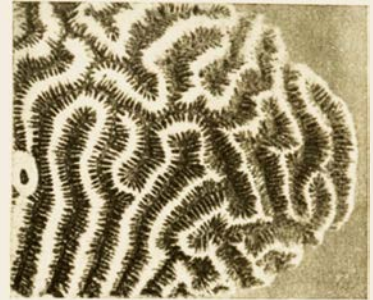


Fig. 197. *Coeloria arabica* (nach Klunzinger).

Einzelindividuen verbindenden Gastralkanäle oberflächlich und außerhalb des Skeletts verlaufen. Die Vermehrung der Sarcosepten erfolgt in typischer Weise, indem neue Septen paarweise in den Zwischenfächern zwischen den vorhandenen Hauptseptenpaaren entstehen. Einzellebend: *Caryophyllia cyathus* Lmx. (Fig. 193), *Sclerophyllia margariticola* Klzgr. (Fig. 192); Stockbildend: *Amphihelia oculata* L., die weiße Koralle; *Cladocora caespitosa* E. E., *Mussa corymbosa* Dana, *Coeloria arabica* Klzgr. (Fig. 197); *Favia cavernosa* Klzgr. (Fig. 196), *Astraea radians* Ok. — Bei den



Fig. 198. *Madrepora erythraea* (nach Klunzinger).

Perforaten (*Entocnemarien*) ist das Skelett porös, weil es von Gastralkanälen durchsetzt ist. Die Nebensepten entstehen symmetrisch zur Sagittalebene nur in den Richtungsfächern, in einem oder in beiden. *Madrepora erythraea* Klzgr. (Fig. 198). *Porites astracoides* Lam.

— Gewisse fossile, vorwiegend auf die paläozoischen Formationen beschränkte Korallen unterscheiden sich von den rezenten Formen durch die vierzählige Anordnung der Septen. Früher faßte man sie als *Tetracorallien* und *Rugosen* zusammen, hält sie dagegen jetzt nur für modifizierte *Hexacorallien*.

V. Klasse.

Ctenophoren, Rippenquallen.

Gestalt.

Die *Ctenophoren* übertreffen alle pelagischen Organismen, selbst die Medusen, an Durchsichtigkeit und Zartheit der Gewebe. Ihr Körper ist

(Fig. 200) zweistrahlig-symmetrisch, d. h. er kann nach der Richtung der Transversal- und Sagittalebene in symmetrische Hälften zerlegt werden. Gewöhnlich ist der Körper in der Richtung der Hauptachse oval- oder birnförmig gestreckt; nur der Venusgürtel (*Cestum Veneris*) ist durch starkes Wachstum in der Richtung der Sagittalebene bandförmig verlängert. Grundlage des Körpers bildet eine weiche Gallerte mit Binde-substanzzellen; sie wird nach allen Richtungen durchsetzt von glatten, an den Enden verästelten, vielkernigen Muskelzellen (Fig. 48), deren Verlauf von sehr viel feineren Fäden, wahrscheinlich Nervenfasern, gekreuzt wird. Auf der Oberfläche wird dieses gallertige Substrat (Mesenchym) von dem Ectoderm bedeckt, im Innern von den verästelten Entodermkanälen durchzogen.

Im Ectoderm befindet sich am aboralen Pole (Fig. 200s) am Grunde einer Vertiefung eine verdickte Stelle, der Sinneskörper, eine typische Statocyste. Das hohe Sinnesepithel bildet eine flache Grube (Fig. 202); starre Haare, welche vom Rand der Grube sich erheben, fügen sich zu einem glockenartigen Aufsatz zusammen, welcher die Grube, wenn auch unvollkommen, zu einem Bläschen schließt. Im Innenraum liegt ein kugeliges Haufen von kleinen Statolithen, balanciert auf vier in zitternder Bewegung begriffenen, S-förmig gekrümmten Büscheln von Wimpern, die untereinander verklebt, einen federnden Trageapparat darstellen. Von den Wimperbüscheln gehen, anfangs paarweise vereint, später divergierend, nach dem oralen Ende zu acht Streifen verdickten Epithels aus, welche wir in Anbetracht ihres meridionalen Verlaufes Meridianstreifen nennen (Fig. 203w); sie bestehen zum Teil aus Wimperepithel, zum Teil aus den charakteristischen Ruderplättchen, welche die Fortbewegung der *Ctenophoren* vermitteln und als quere Reihen langer, verklebter Wimpern aufgefaßt werden müssen. Die Ruderplättchen (Fig. 199, 200) entspringen von dicken Epithelwülsten, welche quer zur Richtung der Meridianstreifen gestellt und meist so weit voneinander entfernt sind, daß die freien Ränder der oberen Plättchen die Basen der unteren dachziegelartig decken. Infolge ihrer faserigen Struktur irisieren die Ruderplättchen im Sonnenlicht in den lebhaftesten Regenbogenfarben. Da die Ruderreihen erst in einiger Entfernung vom aboralen Pole beginnen, sind sie mit dem Sinneskörper durch Streifen Wimperepithels, die Flimmerrinnen (Fig. 203w), in Verbindung gebracht. Seinem Bau nach gehört der Sinneskörper in die Reihe der „Statocysten“; wie Experimente lehren, dient er dazu, die Tätigkeit der einzelnen Ruderreihen zu regulieren.

Aus dem Ectodermepithel entstehen noch zwei weitere Organe, die zwei Polplatten (Fig. 203pp) und die zwei Tentakeln (Fig. 200f). Erstere sind Epithelzungen, welche in sagittaler Richtung vom Sinneskörper aus eine kurze Strecke weit reichen und vielleicht Riech- oder Geschmacksorgane darstellen, letztere liegen in der Transversalebene und können in tief eingestülpte Säcke zurückgezogen werden. Am Grunde des Tentakelsackes befindet sich die Tentakelwurzel; von ihr erhebt sich der Tentakelstamm, von dem wiederum die seitlichen Senkfäden herabhängen. Tentakelstamm und Senkfäden haben eine Achse von Längsmuskeln; ihr epithelialer Überzug besteht, abgesehen von wenigen Sinneszellen, ausschließlich aus Klebzellen, kugeligen Körperchen, welche ein äußerst klebriges, in Körnchen abgelagertes Sekret enthalten und ähnlich dem Körper einer *Vorticelle* mit ihrem basalen Ende auf einem spiralen Stielmuskul sitzen (Fig. 164B). Die Funktion der eigentümlichen Zellen ist so zu verstehen, daß Beutetiere, welche von dem klebrigen Sekret fest-

gehalten werden, zunächst die Stielmuskeln ausdehnen können, dann aber durch die spirale Zusammenziehung derselben wieder in das Niveau der Epitheloberfläche zurückgebracht werden.

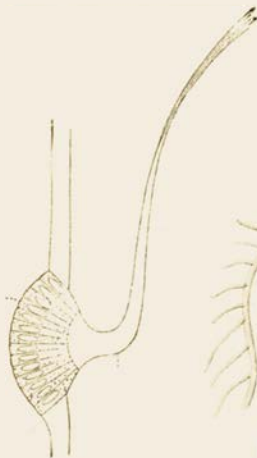


Fig. 199.



Fig. 202.

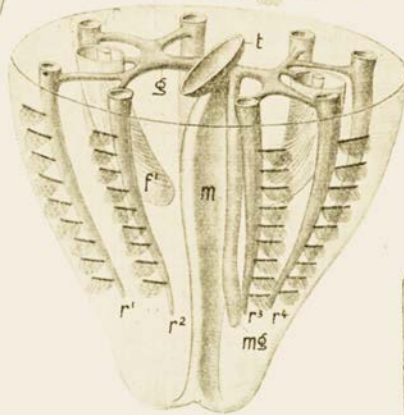
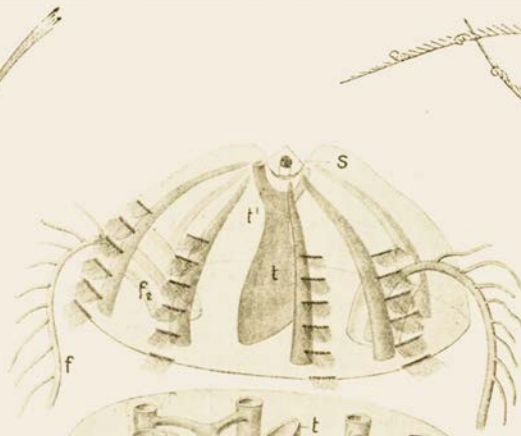


Fig. 200.

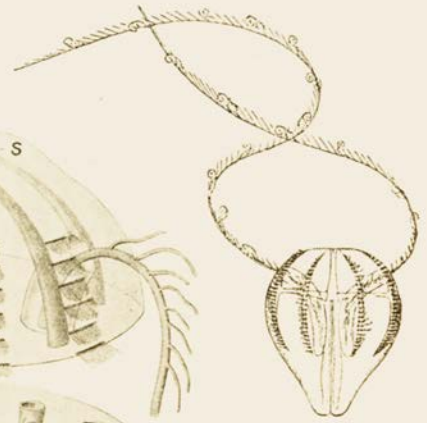


Fig. 201.

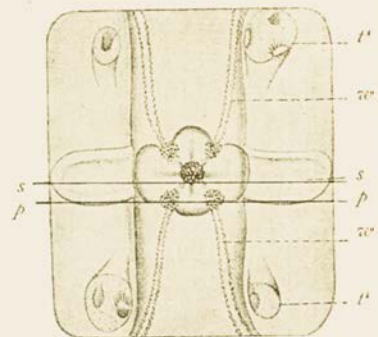


Fig. 203.

Fig. 199. Ruderplättchen mit Epithelpolster. Fig. 200. *Hormiphora plumosa* (im Anschluß an Kennel) schematisiert, als wäre das eine Ende durch einen horizontalen Schnitt abgehoben, um die Verästelung des Kanalsystems besser zu zeigen. Fig. 201 *Hormiphora plumosa* (Habitusbild nach Chun). Fig. 202. Hälfte eines Schnittes durch den Sinneskörper von *Callianira bialata*. Fig. 203. Sinneskörperpol von *Callianira bialata*, von oben gesehen. Bezeichnungen: *s* Sinneskörper, *t'* Trichtergefäße, *t* Trichter, *p* Polplatten, *f* Tentakeln mit Senkfäden, *f'* Tentakelwurzel, *f₂* Tentakelscheide, *w* Wimperrinnen, die zu den Ruderplättchen verlaufen, *r¹—r⁴* Ruderplättchenreihen einer Seite, darunter die zugehörigen Rippengefäße, *g* linksseitiges Hauptgefäß, welches sich zweimal dichotom in die Rippengefäße gabelt und außerdem das Tentakelgefäß abgibt, *m* Magen, *mg* Magengefäß, *ss* Sagittalachse.

normaler Haltung des Tieres das untere Ende der Hauptachse bezeichnet, schlägt es sich in das Innere ein und kleidet einen ansehnlichen Hohlraum aus, der dem Schlundrohr der *Actinien* verglichen werden muß, aber allgemein noch Magen genannt wird. Erst am hinteren Ende des Hohlraumes beginnt der eigentliche entodermale Magen, der sogenannte Trichter, von dem aus zahlreiche, meist blind geschlossene Kanäle sich in der Gallerte verbreiten, um die einzelnen Organe zu versorgen. Zwei (selten vier) Kanäle, die Trichtergefäße, verlaufen nach dem aboralen Pole und münden hier in gekreuzter Stellung neben dem Sinneskörper; ein zweites Paar Kanäle tritt an die Tentakelwurzel heran, ohne jedoch in sie einzudringen; ein drittes Paar begleitet den Magen. Die wichtigsten Kanäle aber sind die Rippengefäße, welche aus dem Trichter mittels eines linken und rechten zweimal dichotom verästelten Hauptkanals entspringen; acht an der Zahl, verlaufen sie unter den Meridianstreifen und dienen nicht nur diesen, sondern auch den Geschlechtsorganen zur Ernährung. Jedes Rippengefäß enthält nämlich in seinem den Ruderplättchen zugewandten Epithel zwei Längsstreifen von Geschlechtszellen, einen männlichen und einen weiblichen; ihre Verteilung ist sehr gesetzmäßig, indem zwei benachbarte Rippengefäße auf den einander zugewandten Seiten stets gleichartige Geschlechtsorgane tragen. Die Entleerung der Geschlechtsprodukte erfolgt durch die Gastrovascularkanäle.

Die artenarme Gruppe wird nach dem Vorhandensein oder dem Fehlen der Tentakeln eingeteilt. Mit Tentakeln versehen (*Tentaculata*) sind die teils kugelig, teils birnförmig gestalteten *Cydippiden*: *Pleurobrachia rhododactyla* Ag., *Hormiphora plumosa* Ag. (Fig. 201), und die bandförmigen *Cestiden*: *Cestus Veneris* Les., Venusgürtel. Tentakellos (*Nuda*), mit weitem Magen ausgerüstet sind die kosmopolitischen *Beroiden*: *Beroë Forskali* M. E. — Kleine auf Unterlagen kriechende Ctenophoren: *Coeloplana Metschnikowi* Kow. und *Ctenoplana Kowalewskii* Kort. werden in der Neuzeit von manchen Zoologen als Übergangsformen zu den *Turbellarien* gedeutet. Eine festsitzende, infolgedessen den Sinneskörper und die Ruderreihen rückbildende Form ist *Tialfiella tristoma* Mortensen; sie gebiert mit Ruderreihen versehene Larven.

Zusammenfassung der Resultate über Cölenteraten.

1. Die **Cölenteraten** wurden früher **Radiaten** genannt, weil sie meist eine radiale Grundform haben; dieselbe ist bei niederen Formen noch nicht gut ausgeprägt; bei den höheren kann sie in die zweistrahlig, manchmal sogar in die bilateral-symmetrische Grundform übergeführt werden.

2. Die Cölenteraten heißen vielfach auch **Pflanzen-tiere**, weil die meisten unter ihnen festgewachsen und dadurch äußerlich pflanzenähnlich geworden sind; die Pflanzenähnlichkeit wird gesteigert, indem unvollständige Teilung oder Knospung zur Koloniebildung führt, was den meisten Cölenteraten ein buschartiges Aussehen verleiht.

3. Der Name **Cölenteraten** wurde gewählt, weil die Tiere nur ein Hohlraumssystem haben, einen einfachen oder mit Verästelungen ausgerüsteten Magen, der gleichzeitig den Darm und die morphologisch vom Darm noch nicht gesonderte Leibeshöhle vertritt.

4. Der cölenterische Apparat heißt auch Gastrovascularsystem, weil meist verästelte Ausläufer des Magens die Nahrung überallhin verteilen und so die Funktion der Blutgefäße erfüllen.

5. Die Fortpflanzung ist entweder geschlechtlich oder ungeschlechtlich, sehr häufig zyklisch (Generationswechsel).

6. Die Cölenteraten werden in **Spongien** und **Cnidarien** eingeteilt.

7. Der Körper der **Spongien** ist eine Bindesubstanzmasse, durchsetzt von Kanälen, welche von einem auch die Körperoberfläche überziehenden Plattenepithel ausgekleidet sind (Bindesubstanz + Plattenepithel = Meso-Ectoderm). Ein aus Geißelzellen (Kragenzellen) bestehendes Entoderm findet sich nur im Bereich der Geißelkammern, welche in den Verlauf der Kanäle eingeschaltet sind (bei den Asconen auch im Bereich des Zentralmagens).

8. Die Tiere nehmen die Nahrung durch feine Poren der Körperoberfläche, Dermalporen, auf und geben das unverdauliche durch ein oder mehrere Oscula ab.

9. Da Nerven, Muskeln und Sinnesorgane fehlen, zeigen die Tiere so gut wie keine Bewegungen.

10. Nach dem Skelett zerfallen die Spongien in Calcispongien und Silicispongien.

11. Die **Cnidarien** sind höher organisiert und tierähnlicher, da sie mit Nerven, Muskeln, Sinnesorganen ausgerüstet sind und daher eine größere Reizbarkeit und Bewegungsfähigkeit besitzen.

12. Besonders charakteristisch für die Cnidarien ist die Anwesenheit von Tentakeln und von kleinen, in besonderen Zellen sich bildenden Nesselorganen, den Nesselkapseln.

13. Fast alle histologischen Differenzierungen gehen vom Ectoderm und Entoderm aus; ein Mesoderm fehlt entweder vollkommen oder besitzt untergeordnete Bedeutung, insofern es meist nur Stützgewebe liefert (Diblasterien, zweiblättrige Tiere).

14. Man unterscheidet vier Klassen: **Hydrozoen**, **Scyphozoen**, **Anthozoen**, **Ctenophoren**.

15. Bei den **Hydrozoen** und **Scyphozoen** findet man in der Regel zwei in Generationswechsel stehende Formen, die sessilen Polypen (Ammen) und die frei beweglichen Medusen Geschlechtstiere).

16. Für die **Hydrozoen** ist der Hydroidpolyp und die craspedote Meduse charakteristisch.

17. Der Hydroidpolyp ist ein aus Ectoderm, Entoderm und Stützlamelle bestehender Schlauch mit einem Tentakelkranz; bei koloniebildenden Formen kommt noch ein cuticulares Ausscheidungsprodukt des Ectoderms, das Periderm, hinzu.

18. Die craspedote Meduse hat einen glockenförmigen Körper mit glattem Schirmrand, von welchem der Schwimmsaum oder das Velum entspringt. Die Geschlechtsorgane sind ectodermal.

19. Die Meduse entsteht am Polypen oder am Polypenstock durch laterale Knospung.

20. Der Generationswechsel kann in Polymorphismus übergehen, wenn die Meduse als Sporosac im Stock verbleibt; er kann fehlen, indem entweder die Hydroidengeneration oder die Medusengeneration ganz ausfällt.

21. Für die **Scyphozoen** ist das Scyphostoma und die acraspede Meduse charakteristisch.

22. Das *Scyphostoma* unterscheidet sich von dem Hydroidpolypen vornehmlich durch vier longitudinale Gastral falten oder Septen (Täniolen).

23. Die *acraspede* Meduse unterscheidet sich von der *craspedoten* durch den Mangel des Velum, die gelappte Beschaffenheit des Schirmrandes, die Anwesenheit der Gastral tentakelchen, die entodermalen Geschlechtsorgane.

24. Die Meduse entsteht am Polypen durch terminale Knospung.

25. Selten wird der Generationswechsel unterdrückt, und zwar nur in der Weise, daß das *Scyphostomastadium* ausfällt.

26. Bei den **Anthozoen** findet sich als einzige Grundform der Korallenpolyp; derselbe unterscheidet sich vom Hydroidpolypen durch das Schlundrohr, die radialen, an das Schlundrohr tretenden Septen, durch die Anwesenheit eines Mesoderms, durch entodermale, früh ins Mesoderm übertretende Geschlechtsorgane.

27. Die meisten Anthozoen sind koloniebildend und erzeugen ein Skelett, das gewöhnlich aus kohlensaurem Kalk, seltener aus „Hornsubstanz“ besteht.

28. Das Skelett kann entweder ein Achsenskelett sein oder kann sich auf die einzelnen Polypen erstrecken (Rindenskelett).

29. Nach der Zahl der Septen teilt man die lebenden Anthozoen in **Octocorallien** und **Hexacorallien** ein; letzteren schließen sich die fossilen **Tetracorallien** an.

30. Die **Hexacorallien** haben sechs Septenpaare oder Multipla davon; sie haben ferner zahlreiche schlauchförmige Tentakeln.

31. Die **Octocorallien** haben acht Einzelsepten (nie mehr) und acht gefiederte Tentakeln.

32. Die **Ctenophoren** sind freischwimmend und haben einen aus einem muskelreichen Mesoderm bestehenden Gallertkörper.

33. Nesselzellen fehlen und sind durch Klebzellen ersetzt.

34. Am meisten charakteristisch sind acht meridional verlaufende Ruderreihen, deren Bewegungen von einem gemeinsamen Zentralorgan, dem nach Art einer Statocyste („Hörbläschen“) gebauten Sinneskörper, reguliert werden.

35. Der Darm besteht aus einem durch Ectodermeinstülpungen entstandenen „Magen“ und reich verästelten entodermalen Gefäßen.

III. Stamm.

Vermes, Würmer.

Von den *Cöleleraten* unterscheiden sich die *Würmer* durch den bilateralen Bau ihres Körpers und den hohen Grad ihrer organologischen Differenzierung (Entwicklung eines gangliösen Nervensystems, besonderer Exkretionsorgane, häufig von Blutgefäßen, komplizierten Geschlechtsorganen). Diese organologische Differenzierung bringt es mit sich, daß sich frühzeitig im Embryonalleben der Mesoblast entwickelt, als ein Material, aus dem mit Ausnahme des Nervensystems, die genannten Organe, sowie fast die gesamte Muskulatur hervorgehen. Von Unterscheidungsmerkmalen gegen die übrigen bilateral-symmetrischen Formen möge als wichtigstes der Hautmuskelschlauch vorangestellt werden, von dessen

Unter-
scheidende
Merkmale
der Würmer.

Hautmuskelschlauch.

Anwesenheit namentlich die eigentümliche Bewegungsweise, welche man die wurmförmige nennt, bestimmt wird. Man versteht unter Hautmuskelschlauch die innige Vereinigung der Haut des Körpers mit der darunter gelegenen Muskulatur (Fig. 204, 205, 206). Die Haut ist ein einschichtiges Epithel, welches Flimmern tragen oder eine dicke Cuticula als Schutzorgan ausscheiden kann. Das Epithel sitzt auf einer strukturlosen Stützlamelle oder einer zellenhaltigen Bindegewebsschicht, mit welcher die nach innen zu folgenden Muskelfasern so innig verbunden sind, daß sie ihre Angriffspunkte an ihr finden. In der Muskelschicht sind stets longitudinale, meistens auch zirkuläre Fasern vorhanden; bei parenchymatösen Würmern kommen dazu diagonal und gekreuzt verlaufende und isolierte dorsoventrale verästelte Muskelfasern.

Darm.

Unter den Organen des Wurmkörpers ist das ansehnlichste der Darm. Zwar gibt es *Würmer*, welche entweder gänzlich darmlos sind, wie die *Bandwürmer*, oder wie manche *Nematoden*, nur einen blind geschlossenen, offenbar funktionsunfähigen Kanal besitzen; das sind aber dann stets Parasiten, welche, wie Übergangsformen lehren, den Darm in Anpassung an die vereinfachten Ernährungsbedingungen des Parasitismus verloren haben. Im Bau des Darms schließen sich die niedersten Würmer noch vollkommen an die höheren *Cölenteraten* (*Anthozoen*, *Ctenophoren*) an.

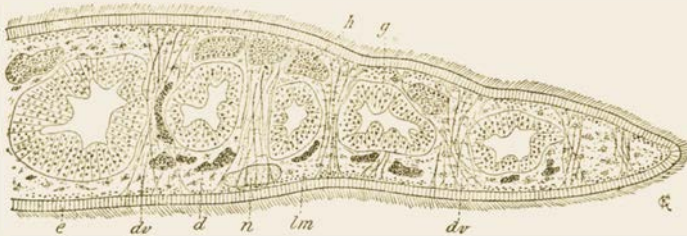


Fig. 204. Querschnitt durch eine *Planarie* (nur die rechte Hälfte dargestellt). *e* Ectodermepithel mit Flimmern, die Körnchen darunter (*lm*) sind die Querschnitte von Längsmuskeln, *dv* dorsoventrale Muskelfasern, *g* Blindsäcke des Darms, *d* Dotterstock, *h* Hodenfollikel, *n* Nervensystem (Seitenstränge).

indem sie außer dem entodermalen Urdarm (Mesenteron, Gastrulasäckchen) nur den durch Ectodermeinstülpung entstandenen Vorderdarm (Stomodaeum) besitzen, während der Enddarm (Proctodaeum) und damit eine Afteröffnung noch fehlt (Fig. 57). Bei den meisten Würmern ist jedoch der Darm durch eine Ectodermeinstülpung am hinteren Ende (Proctodaeum) zu einem durch Mund und After geöffneten Rohr geworden.

Der Darm ist entweder direkt in das von Muskeln durchsetzte Körperparenchym eingelassen und kann dann nur schwer oder überhaupt nicht herauspräpariert werden (Fig. 204); oder er liegt in einem Hohlraum, dem Cölom oder der Leibeshöhle, welche ihn vom Hautmuskelschlauch trennt, und in welcher man ihn leicht durch Durchschneiden des Muskelschlauches freilegen kann (Fig. 205, 206). Das Mesoderm besteht dann aus Hautfaserblatt und Darmfaserblatt. Wir kennen daher parenchymatöse und Leibeshöhlen-Würmer, *Scoleciden* und *Cölhelminthen*, zwei Typen der Wurmorganisation, die in ihrem gesamten Aussehen, im Bau ihrer Körpermuskulatur und der meisten vegetativen Organe ganz erhebliche Unterschiede zeigen. Die *Cölhelminthen* sind im allgemeinen rundlich; ihr Körperquerschnitt ist sogar nicht selten genau kreisförmig. Die

Körpermuskeln werden vom äußeren (parietalen) Epithel der Leibeshöhle geliefert (Fig. 206), und bestehen somit aus „Epithelmuskelzellen“. Die parenchymatösen Würmer sind dagegen meist in dorsoventraler Richtung abgeplattet (Fig. 204); ihre Körpermuskeln sind modifizierte Mesenchym-

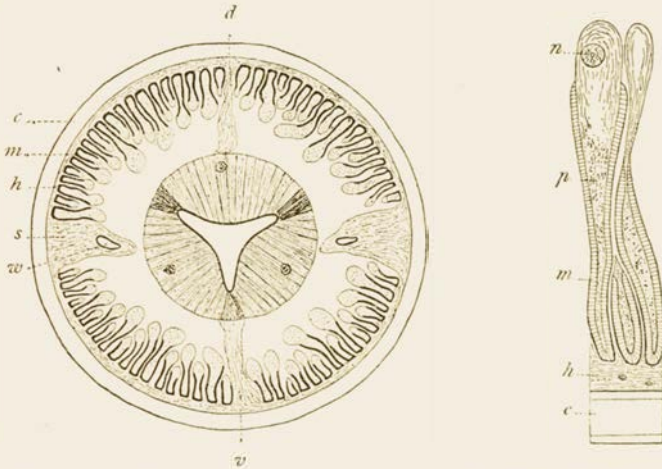
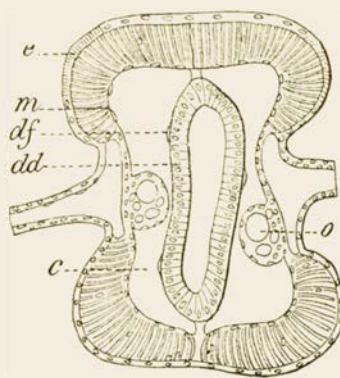


Fig. 205. Querschnitt durch *Ascaris lumbricoides* auf der Höhe des Pharyngealbulbus; an demselben sieht man die drei riesigen Zellen, welche die radiale Muskulatur gebildet haben, zwischen ihnen die drei Kantenzellen; daneben ein Stück Hautmuskelschlauch, stärker vergrößert. *c* Cuticula, *h* Hypodermis; Verdickungen derselben sind *d* dorsale, *a* ventrale, *s* seitliche Längslinien, in letzteren *w* die Exkretionskanäle, *m* Längsmuskeln, *p* Muskelzellen, *n* deren Kerne.

zellen, „kontraktile Faserzellen“. Einen intermediären Typus bilden die *Nemathelminthen*, welche in der drehrunden Körpergestalt und im Bau des Hautmuskelschlauchs den *Cölhelminthen* gleichen, aber kein echtes Cöloin besitzen (Fig. 205), da ihnen ein geschlossenes Darmfaserblatt fehlt.

Bei den *Scoleciden* funktionieren als Nieren die Protonephridien oder Wassergefäße (Fig. 66, 67), Kanäle, welche häufig mittels einer kontraktilen Harnblase ihren wasserklaren Inhalt entleeren. Von ihnen gehen einzelne Seitengefäße oder ein kapillares Netzwerk von Kanälen aus, welche mit den charakteristischen, bei der Tätigkeit wie eine

Kerze im Wind flackernden Wimperflämmchen beginnen. Auch bei manchen *Cölhelminthen* können, namentlich während des Larvenlebens, Protonephridien vorkommen, welche mit Solenocyten besetzt sind (vgl. S. 104). Gewöhnlich aber sind die Nierenkanälchen echte Nephridien (Fig. 68)



Nephridien und Protonephridien.

Fig. 206. Querschnitt durch *Sagitta bipunctata* auf der Höhe des Ovars, daneben ein Stück Hautmuskelschlauch stärker vergrößert. *e* ectodermales Epithel, *m* Hautfaserblatt (Längsmuskeln und zugehörige Epithelzellen), *df* Darmfaserblatt, *dd* Darmdrüsenblatt, *o* Ovar, *c* Cöloin (nach O. Hertwig).

und münden in die Leibeshöhle mit Flimmertrichtern oder Nephrostomen (Schleifenkanäle, Segmentalorgane).

Geschlechts-
organe.

Bei den *Cölhelminthen* ist der Geschlechtsapparat einfach gebaut; die Geschlechtszellen (Fig. 206 o) entstehen aus dem Epithel der Leibeshöhle und gelangen durch die Nephridien, seltener durch besondere Ausführwege nach außen, so daß gewöhnlich eine an das Urogenitalsystem der Wirbeltiere erinnernde Vereinigung von Geschlechtsorganen und Nieren vorhanden ist. Bei den *Scoleciden* fehlen analoge Einrichtungen; die Geschlechtsorgane haben hier meist ihre eigenen, sehr komplizierten Ausführwege.

Blutgefäße.

Ein geschlossenes Blutgefäßsystem kann in beiden Gruppen der Würmer vorkommen oder fehlen. Wo es fehlt, dient bei den *Cölhelminthen* als Ersatz die Leibeshöhle; bei den *Scoleciden* dagegen können Einrichtungen getroffen sein, welche vollkommen an das Gastrovascularsystem der *Cölenteraten* erinnern (Fig. 209, 212); der Darm verästelt sich und verteilt die Nahrung mittels seiner Endzweige an die entferntesten Gegenden des Körperparenchyms.

Da bei den Würmern Blutgefäße und Exkretionsorgane zum ersten Male auftreten, liegt es nahe, in ihrem Bau und ihrer Entwicklungsweise nach Merkmalen zu suchen, welche ihre phyletische Entstehung morphologisch und physiologisch aufklären könnten. Für die Blutgefäße ergeben sich vornehmlich zwei Erklärungsmöglichkeiten: 1. Sie sind vom Darm abgelöste und selbständig weiter entwickelte Gastrovascularkanäle; dann müßten sie von entodermalem Epithel ausgekleidet sein. 2. Sie sind Räume, welche entstanden, indem eiweißreiche Flüssigkeiten in den Spalt-raum zwischen Darmepithel und Mesoderm ausgeschieden wurden; diese Räume müßten dann zunächst ohne besondere Wandungen gewesen und erst sekundär vom Mesoderm aus mit solchen versehen worden sein. Zur Zeit hat letztere Auffassung mehr Wahrscheinlichkeit für sich, da die meisten Angaben die Existenz einer Endothelauskleidung der Blutgefäße bei Würmern und anderen Wirbellosen bestreiten. Auch findet sich bei vielen Würmern als Teil des Blutapparats ein perigastrischer Sinus, der durch Auseinanderweichen der Darmschichten entstehen soll.

Nerven-
system.

Im Grundplan des Nervensystems stimmen *Scoleciden* und *Cölhelminthen* überein; ein Ganglienpaar liegt dorsal vom Schlund (obere Schlund- oder Hirnganglien) und entsendet nach rückwärts zwei kräftige Stränge, die zum Zentralnervensystem gerechnet werden müssen, da sie einen Belag von Ganglienzellen haben. Diese Hauptstränge, zu denen sich bei *Trematoden*, *Cestoden* und manchen *Turbellarien* noch weitere Längsstränge hinzugesellen, verlaufen bei allen *Plattwürmern* ventro-lateral; bei den *gegliederten Würmern* dagegen sind sie ventral zur Bildung des Bauchmarks verlagert; hier kommen sie in der Mittellinie zur Vereinigung und nehmen die Form des Strickleiternnervensystems an (Fig. 74), welches mit den ihre dorsale Lage beibehaltenden Hirnganglien durch die Schlundkommissuren verbunden ist. Vielfach liegt das Nervensystem noch im Ectoderm, d. h. im Epithel der Haut; bei manchen Würmern ist es aus der Haut ausgeschieden und auf der Grenze von Ectoderm und Mesoderm nach außen von dem Muskelschlauch angelangt. Am häufigsten findet man jedoch die Zentralorgane entweder inmitten der Muskulatur oder sogar einwärts von ihr in der Leibeshöhle. Man kann somit bei den *Würmern* die Verlagerung des Nervensystems aus seiner Bildungsstätte, der Haut, in die Tiefe vergleichend-anatomisch

Schritt für Schritt verfolgen. — Die Sinnesorgane sind sehr variabel; am verbreitesten sind Augen und Tastorgane, seltener Statocysten, Geruchs- und Geschmacksorgane.

Unter den Fortpflanzungsweisen überwiegt die geschlechtliche, doch kommt auch noch Pädogenese (S. 127) und ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung und Knospung vor. Damit sind die Bedingungen zu Generationswechsel und Heterogonie gegeben, welche beide tatsächlich auch in einigen Klassen beobachtet werden. Die aus den Eiern schlüpfenden jungen Tiere entwickeln sich entweder direkt oder auf dem Weg der Metamorphose. Bei letzterer treten sehr charakteristische Larven auf, welche hier gleich ihre Besprechung finden mögen, da sie bei verschiedenen Klassen der *Würmer* in ähnlicher Weise vorkommen. Man führt die mannigfachen Gestalten auf eine gemeinsame Urform, die Trochophora, zurück (Fig. 207). Dieselbe ist von großer morphologischer Bedeutung, da sie in ihrem Bau den

Rädertierchen gleicht, da ferner ähnliche Larvenformen bei den *Mollusken* vorkommen; sie ist ein Gallertklümpchen mit einem aus Vorder-, Mittel- und Enddarm bestehenden Darmkanal. Anfänglich ist die Haut gleichmäßig bewimpert; bei vorgeschrittener Entwicklung findet jedoch eine Beschränkung der Wimpern auf bestimmte verdickte Partien des Epithels, die Wimperschnüre, statt. Eine Wimperschnur ist besonders konstant; sie verläuft ringförmig vor der Mundöffnung und umgibt ein einheitliches Feld, das Stirnfeld; inmitten desselben liegt eine oft mit einem Wimperschopf ausgerüstete Epithelverdickung, die Scheitelplatte, die Anlage der oberen Schlundganglien. Von Organen können dazu außer mesenchymatösen Muskeln noch ein linkes und rechtes verästeltes Protonephridium kommen. Bei der *Scoleciden*-Larve fehlen noch der Enddarm und die Protonephridien; man spricht hier von einer Protrochula (Fig. 210 und 230).

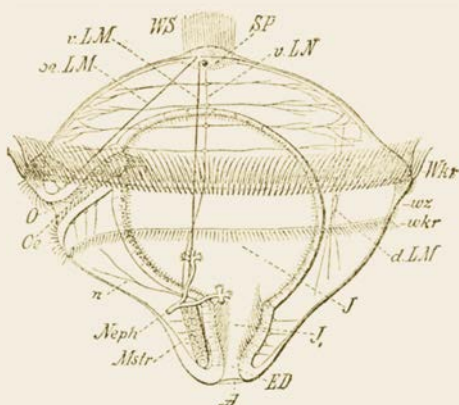


Fig. 207. Trochophora-Larve (Lovense Larve) von *Polygordius* (aus Hatschek). *Wkr* präoraler, *wkr* postoraler Wimperkranz, *wz* adorale Wimperzone, *WS* Wimperschopf der Scheitelplatte *SP*, *O* Mund, *Oe* Ösophagus, *J* Magen, *J₁* Darm, *ED* Enddarm, *A* After, *Neph* Kopfnieren, *Mstr* Mesodermstreifen, *v.LM*, *oe.LM*, *d.LM* Muskeln, *v.LN*, *n* Nerven.

Entwicklung.
Trochophora.

Daß ich hier den Stamm der Würmer beibehalten habe, steht in Widerspruch mit den Auffassungen zahlreicher Zoologen, welche für seine völlige Beseitigung eintreten. Ein Teil derselben löst den Stamm in eine größere oder geringere Zahl kleinerer Gruppen auf, welchen sie den Wert selbständiger Stämme beimessen, ein Verfahren, gegen welches der Vorwurf zu erheben ist, daß sich dadurch das System des Tierreichs, namentlich für den Anfänger, unübersichtlich gestaltet. Ein anderer Teil unterscheidet nach der Bildungsweise des mittleren Keimblattes und dem Schicksal des Urmunds zwei Entwicklungsreihen, *Ekterocölier* oder *Protostomier* und *Enterocölier* oder *Deuterostomier*. Bei ersteren soll wenigstens ein Teil des mittleren Keimblattes, der larvale Mesoblast, aus dem Ectoderm

entstehen und der Gastrulamund zum bleibenden Mund werden, bei letzteren soll das mittlere Keimblatt entodermaler Herkunft sein und der Urmund den After liefern. Ersteres Verhalten soll außerdem noch bei den *Arthropoden* und *Mollusken*, letzteres bei den *Echinodermen* und *Wirbeltieren* vorkommen, so daß die ersten beiden Stämme ebenfalls zu den *Protostomiern*, die letzten zwei zu den *Deuterostomiern* gezogen werden müßten. Auch soll für die beiden auf diese Weise geschaffenen Hauptgruppen der *Triblasterien* der verschiedene Verlauf des Furchungsprozesses charakteristisch sein, die Spiralfurchung für die *Protostomier*, die frühzeitig radiale oder bilaterale Anordnung der Furchungskugeln für die *Deuterostomier*. Ich habe gegen eine derartige, rein entwicklungsgeschichtlich begründete Einteilung die größten Bedenken, einmal weil die entwicklungsgeschichtlichen Verallgemeinerungen, auf welche sie sich stützt, namentlich soweit die Mesoblastbildung in Frage kommt, nicht einwandfrei sind, zweitens, weil wir überhaupt noch zu wenig wissen, inwieweit man berechtigt ist, den ersten Vorgängen im Ei eine so bedeutende Rolle für die Aufstellung des Systems einzuräumen.

Zur Verteidigung des in diesem Buche eingeschlagenen Verfahrens sei hervorgehoben, daß ich die Zusammengehörigkeit von *Plattwürmern* und *Ringelwürmern* für unanfechtbar halte, was ja auch gerade in der Neuzeit immer wieder mehr anerkannt wird, desgleichen die Zugehörigkeit der *Rotatorien* und *Chätognathen*, der ersteren wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Larvenformen vom Trochophora-Typus, der letzteren wegen ihrer weitgehenden anatomischen Übereinstimmung mit segmentarmen *Anneliden*. Eine aberrante Stelle nehmen nur die so ganz eigenartig gestalteten *Nematoden* ein. Merkwürdigerweise werden gerade sie fast allgemein in nähere Beziehung bald zu den *Plathelminthen*, bald zu den *Anneliden* gebracht. — Im Anschluß an die Würmer und anhangsweise bespreche ich noch die *Bryozoen*, *Brachiopoden*, *Enteropneusten* und *Tunicaten*. Die nahe Verwandtschaft der *lophopoden Bryozoen* und *Brachiopoden* scheint mir durch die Entwicklungsstadien der letzteren genügend bewiesen, und ebenso ihre Verwandtschaft mit primitiven *Cölhelminthen*. Was *Enteropneusten* und *Tunicaten* anlangt, so bin ich auch der Auffassung, daß erstere den Urformen der *Echinodermen*, letztere den Urformen der *Wirbeltiere* sehr nahe stehen. Wenn ich trotzdem Bedenken trage, sie den beiden Stämmen ein- oder anzugliedern, so ist für mich bestimmend, daß dieses Verfahren geeignet ist, die großen bestehenden Unterschiede speziell zwischen *Tunicaten* und *Wirbeltieren* zu verwischen.

I. Unterstamm.

Scoleciden, parenchymatöse Würmer.

I. Klasse.

Plathelminthen, Plattwürmer.

Die Klasse ist schon zur Genüge durch den Namen gekennzeichnet. Mit wenigen Ausnahmen (viele *rhabdocöle Turbellarien*, manche *Trematoden*) sind die nahezu plane Bauchseite und der schwach konvexe Rücken einander stark genähert und gehen an den Seitenrändern mit mehr oder minder scharfen Kanten ineinander über (Fig. 204); außerdem ist der

Unterschied von Rücken und Bauch meist schon durch die lichtere Färbung des letzteren ausgedrückt. Da die *Plattwürmer* die charakteristischen Vertreter der *Scoleciden* sind, gelten für sie alle oben schon hervorgehobenen Merkmale dieser Gruppe: eine Leibeshöhle fehlt; die Grundlage des Körpers ist ein Muskelparenchym, eine bindegewebige, von zirkulären, longitudinalen, diagonalen und dorsoventralen Muskelfasern durchsetzte Masse, in welcher die einzelnen Organe: Darm, Nervensystem, Niere, Geschlechtsapparat wie in einem Kitt eingebettet sind. Während die Beschaffenheit des Darmes äußerst wechselnd ist, besteht das Nervensystem stets aus einem Paar oberer Schlundganglien und davon ausgehenden Längsnerven. Die Niere (Protonephridium) ist ein verästeltes Wassergefäßsystem mit Flimmerläppchen und mit einem oder mehreren Ausführgängen. Den meisten Raum im Körper nehmen die in der Regel zwitterigen Geschlechtsorgane für sich in Anspruch. Namentlich ist der weibliche Apparat sehr voluminös und gewöhnlich dadurch ausgezeichnet, daß zur Bildung der Eier zweierlei Drüsen zusammenwirken, der kleine, meist unpaare Eierstock, auch Keimstock genannt, und die meist paarigen, reich verzweigten Dotterstöcke. Im Keimstock entwickeln sich die kleinen, dotterarmen Eier, in den Dotterstöcken die trübkörnigen Dotterzellen. Da, wo die Keimgänge und Dottergänge sich vereinigen, treffen Eier und Dotterzellen zusammen und werden zu Cocons oder auch zu zusammengesetzten Eiern verbunden. Ein Cocon ist eine Kapsel, in welcher eine größere Zahl Eier und viele Hunderte von Dotterzellen von einer festen Hülle umschlossen werden. Von einem zusammengesetzten Ei sprechen wir, wenn ein einzelnes Ei mit einer kleineren oder größeren Zahl Dotterzellen vereint wird (Fig. 208). Der so entstandene Zellkomplex wird im Anfangsteil des Uterus, dem „Ootyp“, von einer häufig mit einem Deckelchen versehenen Schale umhüllt. Innerhalb des zusammengesetzten Eies entwickelt sich nur die Eizelle zum Embryo. Die Dotterzellen dagegen gehen im Laufe der Entwicklung zugrunde und werden zur Ernährung des Embryo benutzt; daher ihr Name. Zuvor fällt ihnen aber noch die weitere Aufgabe zu, die Schalen zu erzeugen, sowohl die Schale des Cocons als auch die des zusammengesetzten Eies. Letztere hat man lange Zeit mit Unrecht für das Produkt einzelliger Drüsen erklärt, welche im Ootyp münden („Schalendrüse“).

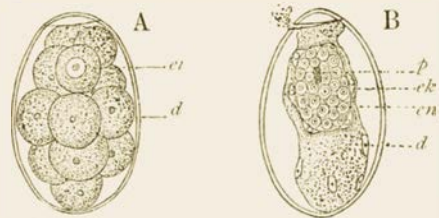


Fig. 208. Eier von *Distomum nodulosum* (nach Schauinsland). A vor der Embryonalentwicklung, B Embryonalentwicklung im Gang, Dotterzellen zerfallen. *ei* Eizelle, *d* Dotterzellen, *en* Entodermzellen, *ek* Ectoderm, *p* Pigmentfleck.

Gewöhnlich werden die *Plattwürmer* in vier Ordnungen eingeteilt: 1. *Turbellarien*, 2. *Trematoden*, 3. *Cestoden*, 4. *Nemertinen*. Von ihnen sind unzweifelhaft die *Turbellarien* die Ausgangsformen für die drei übrigen Ordnungen. Aus den *Turbellarien* sind durch höhere Entwicklung die *Nemertinen* hervorgegangen, die *Trematoden* und *Cestoden* dagegen durch mehr und mehr zunehmende Rückbildung infolge parasitischer Lebensweise.

I. Ordnung. Turbellarien oder Strudelwürmer.

Die *Turbellarien* sind im allgemeinen Tiere von geringer Körpergröße; nicht wenige Arten sind sogar mikroskopisch klein; doch gibt es auch, namentlich unter den *Dendrocoelen*, Formen von mehreren, selten vielen Zentimetern Länge (manche *Landplanarien* 3—6, ja sogar 35 cm). Der Name „Strudelwürmer“ bezieht sich auf das wichtigste systematische

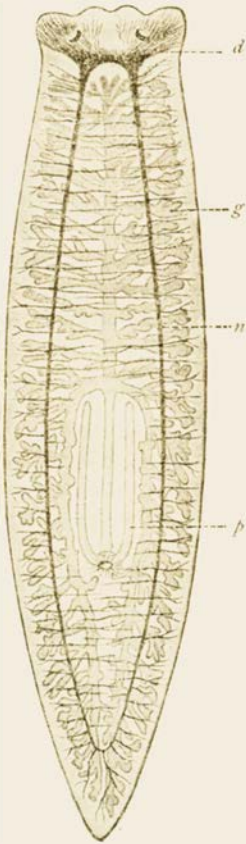


Fig. 209. *Dendrocoelum laceteum*, etwas schematisiert (nach Ijima): *g* oberes Schlundganglion mit Augen, *n* seitliche Nervenstränge mit peripheren Nerven, *d* verästelte Darmblindsäcke, *p* Pharynxscheide, in welche der Pharynx eingeschlossen ist.

Merkmal der Gruppe, das dichte Wimperkleid, welches meist die gesamte Oberfläche des Körpers überzieht und von einem einschichtigen Epithel seinen Ursprung nimmt (Fig. 57, 204). Dasselbe dient zur Atmung, indem es neuen Sauerstoff der Körperoberfläche zuführt, außerdem aber auch vielfach zur Fortbewegung. Die meisten *Turbellarien* leben im Wasser (im Meer-, wie im Süßwasser), zahlreiche Arten aber auch auf dem Lande in feuchter Erde (*Landplanarien*). Im Wasser kriechen sie entweder wie Nacktschnecken auf ihrer Bauchseite an Steinen und Pflanzen, oder sie schwimmen frei herum. Im letzteren Falle machen die größeren Formen undulierende Bewegungen des Körpers; den kleineren dagegen genügt der Ruderschlag ihrer Wimpern. Außer freilebenden Formen gibt es eine nicht geringe Zahl zum Parasitismus neigender oder vollkommen parasitisch, teils ento-, teils ectoparasitisch lebender Arten. Nicht selten macht sich sogar parasitische Anpassung bemerkbar (Rückbildung des Vorderdarms bei *Fecampia*, Haftapparate bei *Byrso-phlebs*, *Genostoma*).

Aufenthaltort, Wimperkleid und allgemeiner Habitus verleihen den kleinen *Turbellarien* eine überraschende Ähnlichkeit mit Infusorien, von denen man sie leicht durch den Nachweis eines mit eigenen Wandungen versehenen Darmkanals unterscheidet. Derselbe besteht nur aus Anfangsdarm und Mitteldarm und ist am hinteren Ende blind geschlossen. Die Mundöffnung liegt in einiger Entfernung vom vorderen Ende auf der ventralen Seite, ist aber nicht selten bis in die Mitte des Körpers oder sogar bis in das hintere Drittel verschoben (Fig. 209); sie führt in einen nur selten fehlenden muskulösen Schlundkopf, welcher meistens in einer besonderen Scheide eingeschlossen ist und dann wie ein Rüssel nach außen hervorgestoßen werden kann. Der auf den Schlundkopf folgende entodermale Darm ist

bei den *Rhabdocölen* (Fig. 57, 72) ein einfacher, stabförmiger Schlauch, bei den *Dendrocoelen* dagegen bildet er einen Zentralmagen, von dem verästelte Blindschläuche ausgehen. Die Zahl derselben ist bei den *Polycladen* eine sehr ansehnliche, bei den *Tricladen* (Fig. 209) sind drei Hauptzweige vorhanden, ein unpaarer medianer nach vorn, zwei laterale nach rückwärts gerichtet. Von jedem der drei Hauptzweige gehen weiterhin zahlreiche verästelte Blindsäcke aus. Unabhängig von der verschiedenen Stellung

des Mundes bewahren die oberen Schlundganglien ihre Lage am vorderen Körperende. Letzteres dient zum Tasten und kann in fühlartige Spitzen oder Tentakeln ausgezogen werden; fast stets trägt es zwei oder mehr einfach gebaute Augen, während eine unpaare Statocyste nur bei wenigen Arten beobachtet wurde.

Sehr charakteristisch für die überwiegende Mehrzahl der *Turbellarien* sind die Rhabditen und Rhamniten, stäbchenartige Gebilde von verschiedener Form und Struktur, welche teils in der Oberhaut, teils in mächtigen, in das Mesenchym eingelagerten drüsigen Zellen gebildet werden. Sie werden durch die Haut ausgestoßen und finden sich in der schleimigen Spur, welche kriechende Strudelwürmer hinterlassen. Nesselkapseln, welche bei manchen Arten (*Microstomiden*) ebenfalls der Haut eingelagert sind, gehören, streng genommen, dem Tiere nicht an, sondern stammen von gefressenen *Hydroidpolyphen* her, werden aber zur Verteidigung benutzt.

Der meist hermaphrodite Geschlechtsapparat (Fig. 72) und das Wassergefäßsystem zeigen in den einzelnen Unterordnungen und

Familien eine sehr verschiedenartige Ausbildung. Die Eier der Turbellarien werden häufig mittels kleiner Stielchen an Wasserpflanzen befestigt. Öfters unterscheidet man kleine Sommer- oder Subitaneier und auffallend große Wintereier, welche im Gegensatz zu dem, was wir von *Rotatorien*, *Crustaceen* und *Insekten* wissen, beide befruchtet werden. Manche Arten bilden auch Cocons, deren Inhalt aus zahlreichen Dotterzellen und wenigen Eiern besteht. Selten sind vivipare Formen (Sommergeneration von *Mesostomiden*). Bei marinen *Turbellarien* kann aus dem Ei eine freischwimmende Larve mit lappigen Anhängen, die Protrochula, hervorgehen, welche durch Metamorphose zur kriechenden Turbellarie wird (Fig. 210). Nur selten findet sich neben der geschlechtlichen auch die ungeschlechtliche Fortpflanzung. Die *Microstomeen* und einige *Planarien* besitzen die Fähigkeit der Querteilung; erstere können bei guter Ernährung durch rasche Wiederholung der Teilung Ketten hintereinander gereihter Individuen bilden, welche sich erst allmählich voneinander lösen. Für jedes hintere Tier werden Schlundkopf und Ganglien neu gebildet (Fig. 57, S. 94).

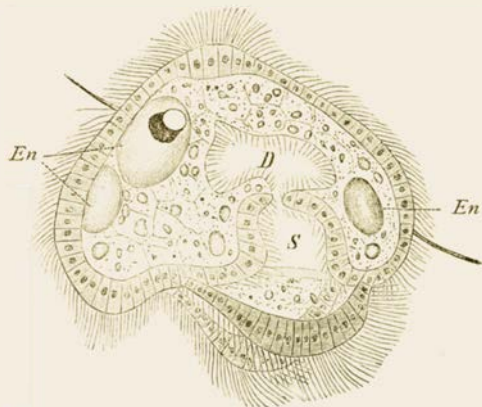


Fig. 210. Larve von *Stylochus pilidium* (aus Korschelt-Heider nach Goette). S Schlund, D Darm, En Reste von Entodermzellen.

Bei einigen als *Acölen* zu einer besonderen Unterordnung zusammengefaßten Arten (*Convoluta saliens* Graff, *Proporus venenosus* O. Sch. u. a.) ist der Darm ein entodermales Syncytium, eine vielkernige Protoplasma-masse ohne Lumen, in deren Innerem die Speisen wie in der Sarcode eines *Protozoen* verdaut werden. Auch ist das syncytiale Entoderm gegen das umgebende Mesoderm gar nicht oder sehr unvollkommen abgesetzt. Es ist unsicher, ob die „*Acölen*“ primitive oder rückgebildete Formen sind; letzteres ist wahrscheinlicher.

I. Unterordnung. *Rhabdocölen*. Die meist mikroskopisch kleinen, im Aussehen und in der Lebensweise den *Infusorien* ähnlichen Tiere haben einen einfachen, stabförmigen Darmblindsack. *Vortex viridis* Max Schultze (Fig. 72); *Mesostomum Ehrenbergi* O. Schm. Im Süßwasser sind am verbreitetsten die *Microstomeen*, bei denen die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung so sehr überwiegt, daß man selten Geschlechts-tiere trifft. *Microstomum lineare* Oerst.; *Stenostomum leucops* O. Schm. (Fig. 57).

II. Unterordnung. *Dendrocölen*. Die Tiere sind meist ein oder mehrere Zentimeter groß, haben einen deutlich dorsoventral abgeplatteten Körper und einen reich verästelten Darm. Bei den ausschließlich marinen *Polycladen* entspringen unmittelbar vom Zentralmagen zahlreiche Blindsäcke: *Thysanozoon Diesingi* Gr., *Leptoplana laevigata* Qf. Bei den auch im Süßwasser und in feuchter Erde vorkommenden *Tricladen* sendet der Zentralmagen drei mit seitlichen Blindsäcken bedeckte Hauptäste aus. Zu den „Süßwasserplanarien“ gehört das milchweiße *Dendrocoelum lacteum* Oerst. (Fig. 209) und die schwärzlichen *Polycelis nigra* O. Schm. und *Planaria polychroa* O. Schm., zu den meist tropischen „Landplanarien“ das vielfach in Gewächshäusern beobachtete, 35 cm lange *Bipalium (Placocephalus) Kewense* Moseley. Europäische Landplanarien: *Rhynchodemus terrestris* O. F. Müll., *Microplana humicola* Vejd. Marin ist *Gunda lobata* O. Schm. Entoparasitisch in marinen *Crustaceen* *Fecampia erythrocephala*.

II. Ordnung. Trematoden, Saugwürmer.

Die schon bei den *Turbellarien* angebahnte parasitische Lebensweise hat bei den *Trematoden* weitere Fortschritte gemacht. Die *Saugwürmer* sind ausschließlich Parasiten, welche entweder auf der Haut und den Kiemen (Ectoparasiten) oder in den inneren Organen (Entoparasiten) anderer Tiere leben; von den *Turbellarien* sind sie vornehmlich durch Merkmale unterschieden, welche sich unmittelbar auf ihre parasitische Lebensweise zurückführen lassen. Das Wimperkleid fehlt oder tritt nur bei den im Wasser frei lebenden Larven auf. Dafür ist die Haut mit einer dicken, öfters mit Stacheln bedeckten Cuticula überzogen und mit Apparaten zur Befestigung am Wirt bewaffnet, mit Saugnäpfen und Haken. Die Saugnäpfe sind flache, von Cuticula ausgekleidete Gruben der Körperoberfläche, ausgerüstet mit einer dicken Schicht radialer und zirkulärer Muskeln, welche durch ihre Kontraktion die Grube vertiefen und ihr Lumen erweitern, während Meridionalfasern eine antagonistische Wirkung ausüben. Eine Erweiterung des Lumens muß, wenn die Ränder des Saugnapfes festschließend auf die Haut des Wirts gepreßt werden, ansaugend wirken und eine Befestigung des Parasiten herbeiführen. Ein solcher Saugnapf (bei *Polystomeen* in der Regel durch zwei kleinere vertreten) findet sich meistens am vorderen Ende des Tieres; er ist dann an seinem Grund von der Mundöffnung durchbohrt und dadurch für die Nahrungsaufnahme von Wichtigkeit. Dazu kommt gewöhnlich noch ein zweiter, bauchständiger Saugnapf (Fig. 211) oder eine größere Zahl von Saugnäpfen und Haken, welche am hinteren Körperende zu einer großen Haftscheibe vereint sein können (Fig. 213). Ob zahlreiche Haftapparate vorhanden sind (*Polystomeen* oder *Heterocotyleen*) oder nur ein bis zwei Saugnäpfe (*Distomeen* oder *Malacocotyleen*), hängt von der Lebensweise ab.

Unter der Cuticula, zwischen ihr und der Basalmembran vermißt man das Epithel. Man erklärt diese Erscheinung durch die Annahme, daß die

Epithelzellen nach Art einzelliger Drüsen in die Tiefe des Mesoderms eingesenkt sind und durch feine Fortsätze noch mit der Cuticula zusammenhängen. Ein derartig „eingesenktes Epithel“ soll auch den Cestoden zukommen. Diese Auffassung hat eine weitere Stütze durch die Beobachtung bekommen, daß auch bei vielen *Turbellarien* ein größerer oder geringerer Teil der Epithelzellen mit einem, den Kern umschließenden Abschnitt in das Mesoderm eingesenkt wird.

Weitere Folgen des Parasitismus sind die rudimentäre Beschaffenheit der Sinnesorgane und infolge davon die schwache Ausbildung der Hirnganglien, womit sich die Tendenz verbindet, akzessorische Ganglien besonders im Anschluß an die Haftorgane zu entwickeln. Augenflecke (zwei bis vier) finden sich nur noch

bei Ectoparasiten und öfters auch bei den im Freien lebenden Larven von Entoparasiten, äußerst selten bei ausgebildeten entoparasitischen Arten. Auch der Darm ist meist zu einem Gabeldarm vereinfacht und

Fig. 211.

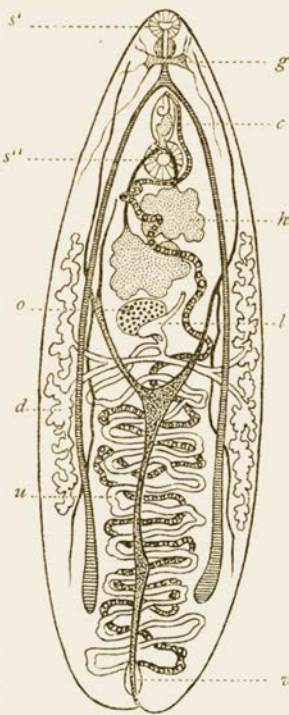


Fig. 212.

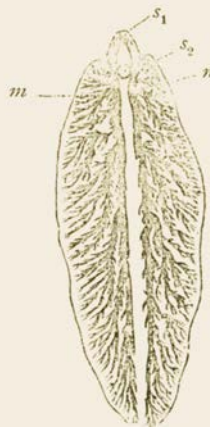


Fig. 213.

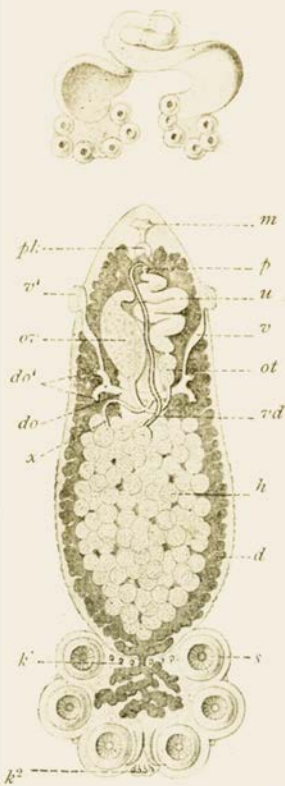


Fig. 211. *Distomum lanceatum*. *s'* vorderer, *s''* hinterer Saugnapf, an *s'* schließt der Pharynx mit dem Gabeldarm an, *h* die beiden Hoden mit den zwei Vasa deferentia, die sich zum Cirrus (*c*) vereinigen; daneben mündet der stark gewundene Uterus (*u*), *o* Ovar, dahinter Samenbehälter mit Laurerschem Gang (*l*), *d* die paarigen Dotterstöcke mit den zum Keimgang ziehenden Ausführgängen, *w* Wassergefäße, *g* Ganglien.

Fig. 212. *Distomum hepaticum* (aus Boas) *s*₁ vorderer, *s*₂ hinterer Saugnapf, *n* Darm-schenkel mit verästelten Blindsäcken (*m*).

Fig. 213. *Polystomum integerrimum* (nach Zeller). Zwei Tiere in wechselseitiger Be-gattung, darunter ein Tier stärker vergrößert. *m* Mundöffnung, *ph* Pharynx, *d* ver-ästelter, voll Blut gesaugter Darm, *p* Porus genitilis, Mündung für das Vas deferens (*vd*) und Uterus (*u*), *v'* die Mündungen der paarigen Scheiden (*v*), *h* Hodenbläschen, *ot* Ootyp, *ov* Ovar, *do* Dottergänge, *do'* Stellen, an denen der Übergang in den nicht dargestellten Dotterstock erfolgt, *x* Canalis vitello-intestinalis, *s* Saugnäpfe, *k*¹, *k*² vordere und hintere Haken. Das Vas deferens wurde der Deutlichkeit halber über den weiblichen Ge-schlechtsapparat gezeichnet.

nur selten noch, wie bei *Distomum hepaticum* (Fig. 212), mit dendritischen Blindsäcken bedeckt. Mit dem Parasitismus hängt endlich die starke Entwicklung des meist hermaphroditen Geschlechtsapparates zusammen, welcher zur Zeit der Geschlechtsreife den Körper des Tieres zum größten Teil ausfüllt. Von seiner mannigfachen Modifikationen unterliegenden Beschaffenheit gibt vorstehende Zeichnung von *Distomum (Dicrocoelium) lanceatum* eine Vorstellung (Fig. 211). Aus zwei Hoden (*h*) führen zwei Vasa deferentia nach vorn, um sich zu vereinigen und eine Samenblase zu erzeugen; der Endabschnitt des vereinigten Gangs kann als Penis oder Cirrus (*c*) ausgestülpt werden, ist aber für gewöhnlich in einem besonderen Behälter, den Cirrusbeutel eingeschlossen. Im weiblichen Apparat ist das unpaare Ovar (*o*) oder der Keimstock unansehnlich, da er nur kleine, dotterarme Eier liefert. Dafür sind die paarigen Dotterstöcke (*d*) stark entwickelt. Der vereinigte Ausführungsgang derselben verbindet sich mit dem Keimgang, und so entsteht der Uterus, ein die Eier beherbergender und daher in viele Windungen gelegter Kanal, der neben der männlichen Geschlechtsöffnung (bei *D. hepaticum* und anderen Arten mit derselben gemeinsam in einem Antrum genitale) mündet. Der Anfangsteil des Uterus heißt Ootyp, weil hier die vom Eierstock kommenden Keimzellen mit Dotterzellen zu zusammengesetzten Eiern vereinigt und durch das Sekret der Dotterzellen mit festen, meist gedeckelten Schalen umgeben werden. Vom Ootyp geht ein zweiter, auf dem Rücken des Tieres mündender, durch ein Receptaculum seminis ausgezeichneter Kanal ab, der Laurersche Kanal. Der Laurersche Kanal scheint ein rudimentäres, bei manchen *Distomeen* fehlendes Organ zu sein; er entspricht wahrscheinlich der bei *Polystomeen* zur Begattung dienenden, bei *P. integrinum* paarigen Vagina (Fig. 213); von manchen Forschern wird er dagegen dem Ductus vitello-intestinalis verglichen, welcher bei *Polystomeen* Darm- und Dottergang verbindet. Die Begattung der *Distomeen* erfolgt in der Regel mittels des Uterus, wodurch Selbstbefruchtung ermöglicht wird.

Die Trematoden zerfallen in zwei große Gruppen, die *Polystomeen* und die *Distomeen*; die ersteren sind vorwiegend Ectoparasiten, die letzteren ausschließlich Entoparasiten, ein Unterschied in der Lebensweise, welcher weitere Unterschiede im Bau und in der Entwicklung bedingt. Auf letztere beziehen sich die Bezeichnungen *Monogenea* und *Digenea*, die sich jedoch nicht völlig mit den Bezeichnungen *Polystomeen* und *Distomeen* decken.

I. Unterordnung. Polystomeen, Monogenea, Heterocotyleen. Die meisten *Polystomeen* (Fig. 213) leben auf wasserbewohnenden Tieren, meist *Fischen*, seltener *Crustaceen*, wo sie die zarthäutigen, blutreichen Kiemen bevorzugen. Da sie bei ihrer oberflächlichen Anheftung in höherem Maße als die Entoparasiten Gefahr laufen, abgestreift zu werden, besitzen sie kräftige Klammerorgane (*Heterocotylea*). Links und rechts von der Mundöffnung liegen gewöhnlich zwei kleine Saugnäpfe; außerdem findet man, zu einer großen Haftscheibe vereint, eine reichliche Anhäufung von Saugnäpfen und Haken am hinteren Körperende, selten nur einen einfachen, dann um so kräftigeren Saugnapf. Die Verbreitung der *Polystomeen* von einem Wohntier auf das andere bietet keine Schwierigkeiten; daher ist auch die Entwicklungsgeschichte nicht kompliziert. Die gestielten Eier werden auf der Haut des Wirts abgesetzt und liefern Larven, welche schon bald nach dem Auskriechen dem fertigen Tiere ähnlich werden und sich ohne Generationswechsel entwickeln (daher der Name „*Monogenea*“).

Zu den interessanteren *Polystomeen* gehört der auf Kiemen und Haut von *Karpfen* schmarotzende *Gyrodactylus elegans* Nordm. Er gebiert lebendige Junge, welche schon vor ihrer Geburt in ihrem Uterus eine zweite und in dieser wieder eingeschachtelt eine dritte Generation enthalten, hervorgegangen aus frühzeitig gesonderten, wie parthenogenetische Eier sich entwickelnden Furchungskugeln. — Noch auffallender ist das ebenfalls auf *Cyprinoiden*-Kiemen lebende *Diplozoon paradoxum* Nordm., welches seinen Namen dem Umstande verdankt, daß man stets zur Zeit der Geschlechtsreife die Tiere über Kreuz, ähnlich den siamesischen Zwillingen, verwachsen findet (Fig. 110). Aus den Eiern kriechen die früher unter dem Namen *Diporpa* beschriebenen Einzeltiere aus, welche erst nachträglich untereinander verwachsen. Jede *Diporpa* hat zu diesem Zweck einen Rückenzapfen und eine ventrale Sauggrube. Eine paarweise Vereinigung findet statt, indem jeder Paarling mit seiner Sauggrube den Rückenzapfen des anderen packt. Dabei verwächst zum Zweck der gekreuzten Befruchtung die Scheide des einen Paarlings mit dem Samenleiter des anderen. — Den Übergang zum Entoparasitismus vermittelt das *Poly-stomum integerrimum* Rud. aus der Harnblase des *Frosches*; es lebt anfänglich auf den Kiemen der Kaulquappe; wenn bei der Metamorphose des Frosches die Kiemen verloren gehen, sucht der Parasit notgedrungen in der Harnblase einen neuen weichhäutigen Nährboden (Fig. 213). Reine Entoparasiten, aber noch monogen, sind die in *Schildkröten*, *Fischen* und *Muscheln* schmarotzenden *Aspidocotyleen*.

II. Unterordnung. Distomeen, Digenea, Malacocotyleen. Für die entoparasitischen *Trematoden*, die *Distomeen*, welche als geschlechtsreife Tiere fast ausnahmslos im Darm, Lunge, Leber, seltener in den Blutgefäßen, Urogenitalorganen oder auch der Leibeshöhle von Wirbeltieren leben, sind zunächst gewisse anatomische Merkmale charakteristisch. Als Dunkelbewohner haben sie mit wenigen Ausnahmen die Augenflecke verloren, welche nur noch während des Larvenlebens und auch da nicht immer auftreten. Da sie nicht so sehr Gefahr laufen, aus den von ihnen bewohnten Organen abgestreift zu werden, besitzen sie entweder nur den zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundsaugnapf (Gattung *Monostomum*) oder noch einen zweiten Bauchsaugnapf (Gattung *Distomum*, *Holostomum*, *Amphistomum*), selten noch weitere akzessorische Haftapparate. Am meisten aber unterscheiden sich die *Distomeen* von ihren Verwandten durch ihre Entwicklungsweise: der durch den Entoparasitismus notwendig gewordene Wirtswechsel hat bei der überwiegenden Mehrzahl zu einem durch Metamorphose komplizierten, Generationswechsel, richtiger gesagt Heterogonie, geführt, daher der Name „*Digenea*“. Wir wollen unserer Schilderung den Entwicklungsgang des *Distomum hepaticum* zugrunde legen (Fig. 214).

Die Eier werden vor Beginn der Embryonalentwicklung abgelegt, gelangen aus der Leber des „Wirts“ (meist des Schafes) in den Darm, von da mit den Fäkalien nach außen und bedürfen zu ihrer Weiterentwicklung des Wassers; hier schlüpft unter Aufspringen des Deckels eine über und über bewimperte Larve, das „*Miracidium*“, aus, welches schwimmend eine kleine Schnecke, *Limnaea truncatula (minuta)* aufsucht, in dieselbe eindringt und zum Keimschlauch (*Sporocyste*) heranwächst. Die Sporocyste, ein muskulöser Sack, erzeugt im Innern Eier, die sich zu einer zweiten Form von Keimschläuchen, den *Redien*, entwickeln. Die Redien unterscheiden sich von den Sporocysten durch einen aus Pharynx und Magenblindsack bestehenden Darm und eine Geburtsöffnung für die in ihrem

Entwick-
lung.

Innern erzeugte Brut. Diese kann je nach der Jahreszeit aus Cercarien bestehen, oder es folgt erst noch eine weitere Generation von Redien, ehe Cercarien erzeugt werden. Die Cercarien sind in ihrer Organisation für das Wasserleben berechnet, indem ihr Körper, der im übrigen den Bau eines *Distomum* ohne Geschlechtsorgane besitzt (zwei Saugnäpfe, Pharynx, Gabeldarm, Nervensystem), in ein lebhaft bewegliches Ruderschwänzchen ausgeht. So wandern sie denn auch aus der Schnecke aus, schwimmen im Wasser herum, bis sie sich unter Verlust des Runderschwänzchens an Wasserpflanzen encystieren. Durch Fressen der mit eingekapselten *Distomen* bedeckten Pflanzen infizieren sich die Schafe von neuem.

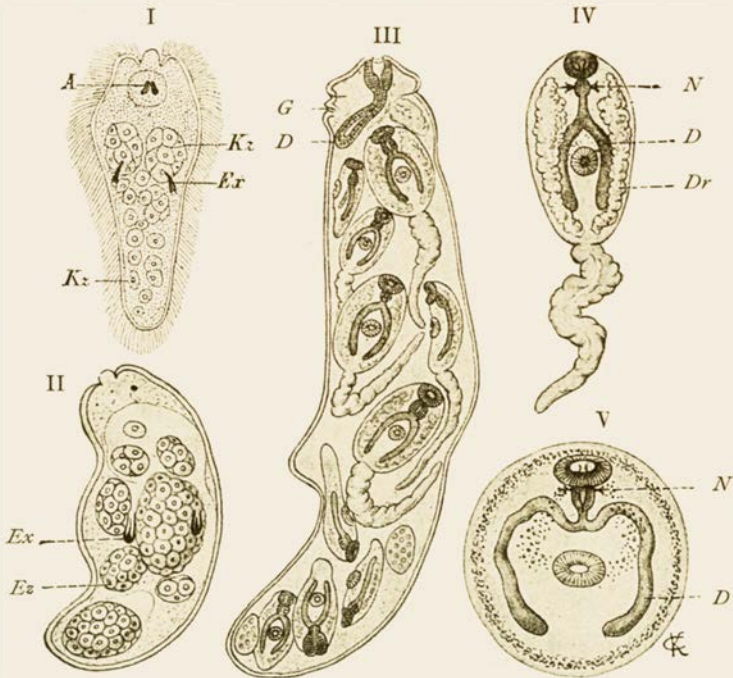


Fig. 214. Entwicklung von *Distomum hepaticum* (nach Leuckart). I Larve, II junge Sporocyste aus der Atemhöhle von *Limnaea*, III Redie in der Bildung von Cercarien, IV freischwimmende Cercarie, V eingekapseltes Distomum, D Darm, Dr Drüsen, A Auge, Ex Wimperflämmchen der Exkretionsorgane, G Geburtsöffnung, Kz Keimzellen, Ez Embryonen.

Was den Entwicklungsgang anderer digener *Trematoden* anlangt, so kann als allgemein gültig angesehen werden, daß die Miracidien in ein Weichtier geraten müssen; im übrigen ergeben sich je nach den einzelnen Arten mancherlei Modifikationen: 1. Gewöhnlich beginnt die Embryonalentwicklung schon im mütterlichen Uterus. 2. Viele Miracidien sind nur partiell oder gar nicht bewimpert. 3. Die Miracidien mancher Arten (*D. macrostomum*) schlüpfen nur aus, wenn die Eier durch Verfütterung in den Darm einer *Schnecke* geraten. 4. Sehr häufig kommt es vor, daß die Cercarien vom Wasser aus in ein neues Wohntier eindringen (abermals ein *Mollusk* oder ein *Arthropod* oder ein Wirbeltier), um sich einzukapseln. Damit wird die Zahl der Wohntiere auf drei erhöht. 5. Andererseits kann aber auch der Entwicklungsgang vereinfacht werden, wenn nämlich die Sporocyste im Körper der *Schnecke* direkt „Cercarien ohne Schwanz“, d. h.

kleine *Distomen* erzeugt, welche vom definitiven Wirt nur gefressen zu werden brauchen, um Geschlechtsreife zu erreichen. (*D. macrostomum* der Singvögel, Sporocyste: *Leucochloridium paradoxum* der Bernsteinschnecke.) 6. Zweifelhaft ist es, ob die Miracidien unter Ausfall der Sporocyste sich direkt in Redien umzuwandeln vermögen. 7. Bei *Collyrichum faba* (Singvögel) kommt der Zwischenwirt, bei *Schistosomen* vielleicht sogar der Generationswechsel in Wegfall. — Zu erwähnen ist noch, daß es auch monogene *Distomeen* gibt, die zumeist im Darm von Wasservögeln schmarotzenden *Holostomiden*, deren Larven in wasserbewohnende *Evertebraten*, *Fische* und *Amphibien* eindringen und sich encystieren.

Wie nachstehendes Schema b) lehrt, verteilt sich der typische Entwicklungsgang eines *Distomum* auf drei Wohntiere mit Einschaltung eines doppelten Wasseraufenthaltes; er setzt sich ferner aus zwei Generationen zusammen, von denen die eine vom befruchteten Ei des *Distomum* bis zur Sporocyste reicht, die zweite mit dem unbefruchteten Ei der letzteren beginnt und sich durch Cercarie und eingekapseltes *Distomum* zum geschlechtsreifen *Distomum* entwickelt. Es wechselt somit eine befruchtete und eine parthenogenetische Generation. Die Schemata a) und c) lassen erkennen, wie sich die Entwicklung vereinfachen und komplizieren kann.

Entwicklungsweise der Distomeen.

a) vereinfachte			b) gewöhnliche			c) kompliziertere		
I. Generation	Larve	Wasser	I. Generation	Larve	Wasser	I. Generation	Larve	Wasser
	Sporocyste	Wohntier I (Mollusk)		Sporocyste	Wohntier I (Mollusk)		Sporocyste	Wohntier I (Mollusk)
						II. Generation	Redie	Wohntier I (Mollusk)
II. Generation			II. Generation	Cercarie	Wasser	III. Generation	Cercarie	Wasser
	eingekapseltes <i>Distomum</i>	Wohntier I		eingekapseltes <i>Distomum</i>	Wohntier II		eingekapseltes <i>Distomum</i>	Wohntier II oder Pflanzen
	geschlechtsreifes <i>Distomum</i>	Wohntier II		geschlechtsreifes <i>Distomum</i>	Wohntier III		geschlechtsreifes <i>Distomum</i>	Wohntier III

Am bekanntesten sind: *Distomum (Fasciola) hepaticum* L. (Fig. 212), der Leberegel, ein 2–3 cm großes Tier von der Gestalt eines Kürbiskerns. Der Wurm lebt in den Gallengängen der Schafe, Rinder, Schweine, Ziegen, Pferde usw., äußerst selten in denen des Menschen (etwa 30 Fälle bekannt), verstopft dieselben und bedingt durch die Verhinderung des Gallenabflusses und die damit zusammenhängende Entzündung eine unter dem Namen „Leberfäule“ bekannte, heftige, nicht selten zum Tode führende Krankheit. Der oben geschilderte Entwicklungsgang erklärt, warum die Schafe von der Krankheit nur da zu leiden haben, wo sie zur Fütterung aus dem Stall auf feuchte Wiesen getrieben werden, warum ferner regenreiche Jahre zur Ausbreitung der Erkrankung wesentlich beitragen. So sind z. B. in England im regenreichen Jahre 1830 ca. 1½ Millionen, 1812 nur in der Umgegend von Arles 300 000 Schafe dem Übel erlegen. Ein häufiger Begleiter des

D. hepaticum ist das *D. (Dicrocoelium) lanceatum* Rud., nur 1 cm lang und wenige Millimeter breit, infolge seiner geringen Körpergröße nicht so gefährlich wie das vorige (Fig. 211). — *Schistosomum (Bilharzia) haematobium* (Fig. 215) ist ein Parasit des Menschen, welcher in heißen Klimaten, besonders häufig bei den Fellahs Ägyptens beobachtet wird. Das Tier ist getrenntgeschlechtlich; das ca. 1 cm lange Männchen bildet durch Einrollen seiner Seitenränder einen unvollkommen geschlossenen ventralen Kanal, den Canalis gynaeophorus, in welchem meist das schlankere, 2 cm lange Weibchen eingebettet liegt. So findet man die Tiere paarweise vereint im Blute der Pfortader und der mit ihr anastomosierenden Venen. Sie steigen dem Blutstrom entgegen in den Capillarbezirk, um in der Schleimhaut des Nierenbeckens, der Ureteren und der Blase, auch des Darms, ihre Eier abzusetzen. Infolge der dadurch bedingten Entzündung kann Hämaturie entstehen. Im Harn finden sich die durch einen spitzen Fortsatz charakterisierten Eier. — In Japan *Sch. japonicum* in der Leber. — Auf *Schistosomen* werden neuerdings ihrem Bau nach gewisse Cercarien bezogen, was im Widerspruch steht mit Experimenten, die es wahrscheinlich machen, daß die im Wasser ausschlüpfenden Miracidien direkt in die menschliche Haut eindringen.



Fig. 215. *Schistosomum haematobium*. Weibchen im Canalis gynaeophorus (c) des Männchens; s' vorderer, s'' hinterer Saugnapf.

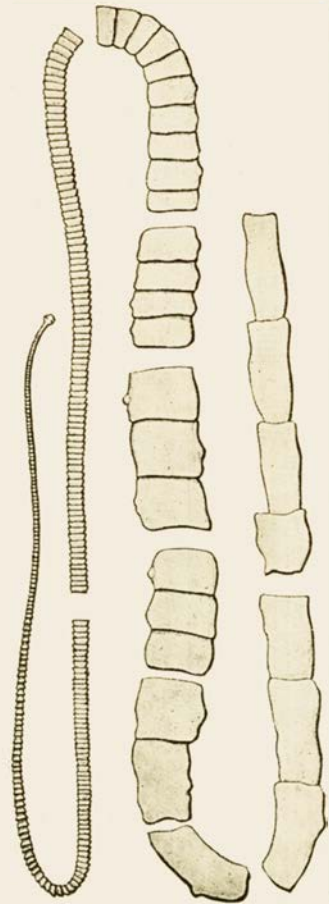


Fig. 216. *Taenia saginata* (nach Leuckart). Kopf mit Reihen von Proglottiden, welche verschiedenen Gegenden der Strobila entnommen sind.

Hier seien noch einige weitere menschliche Parasiten aufgeführt. Das in der Katze lebende *D. (Opisthorchis) felineum* wurde in Sibirien (*D. sibiricum* Winogradoff) und Ostpreußen wiederholt in der Menschenleber gefunden; als Zwischenwirte dienen nach Askanazy und Braun Weißfische. In Ägypten wurde *D. (Heterophyes) heterophyes* Sieb. im Darm

des Menschen beobachtet. Aus Asien (Japan, China) kennt man aus der Lunge des Menschen *D. (Paragonimus) Westermanni* Kerbert (*D. pulmonale* Balz), aus Darm und Leber *D. (Fasciolopsis) Buski* R. Lk. (*D. crassum* Busk.), *D. (Clonorchis) sinense* Cobb. (*D. spathulatum* Leuck.). Als eingekapselte Jugendzustände treten gelegentlich im Menschen auf: *D. ophthalmobium* Dies., wahrscheinlich zu *D. hepaticum* gehörig, in der Linsenkapsel, *Monostomum lentis* Nordm. in der Linse. Die besonders bei Ungulaten verbreitete Gattung *Amphistomum* ist im menschlichen Darm (Indien) durch *A. hominis* vertreten.

III. Ordnung. Cestoden, Bandwürmer.

An die entoparasitischen *Trematoden* schließen sich aufs engste die *Cestoden* an. Den Übergang vermitteln die in niederen Wirbeltieren und Wirbellosen schmarotzenden *Cestodarien* (Fig. 227), die in ihrer Körpergestalt noch an *Trematoden* erinnern und daher früher auch vielfach zu ihnen gerechnet wurden; sie unterscheiden sich aber von ihnen durch den für alle *Cestoden* charakteristischen Mangel des Darms. Die Bandwürmer ernähren sich durch die Haut, was ihnen dadurch ermöglicht ist, daß sie Darmparasiten sind und so die Möglichkeit haben, das vom Wirt verdaute, d. h. durch dessen Verdauungssäfte gelöste und in seine Bausteine aufgespaltene Nährmaterial durch die dicke Cuticula der Körperoberfläche zu resorbieren.

Erst innerhalb der Ordnung kommen zwei weitere Merkmale zur Ausbildung, welche allerdings so auffällig sind, daß man an sie zunächst denkt, wenn von *Bandwürmern* die Rede ist: 1. die Differenzierung von zweierlei Entwicklungszuständen: der vorwiegend im Bindegewebe parenchymatöser Organe (Muskel, Leber, Hirn usw.) lebenden Finnen (Blasenwürmer oder Cysticerken) und der im Darm schmarotzenden geschlechtsreifen Tiere, 2. die Sonderung der letzteren in verschiedenartige, aufeinanderfolgende Stücke, den Kopf oder Scolex und die Glieder oder Proglottiden. Da letzteres Merkmal für alle im menschlichen Darm lebenden Formen gilt, wollen wir von gegliederten Formen ausgehen.

Der geschlechtsreife Bandwurm, die Kette oder „Strobila“ (Fig. 216), beginnt vorn mit dem normalerweise in Einzahl vorhandenen Scolex, an den sich in einreihiger Anordnung die Proglottiden anschließen. Die Zahl der letzteren beträgt bei kleineren Bandwürmern (*T. echinococcus*) drei bis vier, bei großen Arten mehrere Hundert, selbst mehrere Tausend, woraus sich die enorme Größe mancher Formen erklärt. Die Proglottiden sind Abkömmlinge des Scolex, von dessen hinterem Ende sie sich nach Art von Knospen abgrenzen. Hieraus erklärt sich die allbekannte Tatsache, daß ein Bandwurmliden nicht behoben ist, solange der Kopf noch im Darm des Wirts verbleibt; sie erklärt ferner die eigentümliche Gestalt des Bandwurms, welcher am vorderen Ende dünn wie ein Faden ist, nach rückwärts dagegen immer mehr zu einem breiten Band wird. Denn bei ihrer ersten Bildung sind die Proglottiden klein, sie wachsen erst allmählich zu ansehnlicher Größe heran, lösen sich am hinteren Ende ab und leben selbständig weiter. Bei der im Menschendarm schmarotzenden *Taenia solium* sind z. B. die neugebildeten Proglottiden in der Nähe des Kopfes queroblong, 0,5 mm breit und 0,01 mm lang, die gereiften Proglottiden des hinteren Endes sind dagegen längsoblong, 6 mm breit und 12 mm lang.

Kopf und Proglottiden haben eine Summe gemeinsamer Merkmale. Ihr bindegewebiges, von dorsoventralen Muskelfasern durch-

Bau des
Bandwurms.

setztes Parenchym enthält zahlreiche, rundliche Kalkkonkretionen und besteht aus zwei Schichten, einer Rinden- und einer Marksubstanz. Erstere enthält vorwiegend die aus mehreren Schichten von Quer- und Längsfasern bestehende Muskulatur, letztere die meisten übrigen Organe. Durch die ganze Länge des Bandwurms erstrecken sich das Nerven- und das Wassergefäßsystem. Im Kopf lassen sich noch die paarigen Hirnganglien der Plattwürmer erkennen, wenn sie auch durch starke Entwicklung der Kommissur zu einer nahezu unpaaren Masse verschmolzen (Fig. 218) sind. Dazu treten akzessorische, durch die Innervation der Haftorgane bedingte Nervenringe. Nach rückwärts entsenden sie zwei Hauptstränge, welche durch sämtliche Proglottiden meist nahe den Seitenkanten verlaufen (Fig. 221) und zu denen sich noch weitere schwächere Längsstränge (bis zu acht) hinzugesellen. Nach innen von den Seitennerven verlaufen die Hauptstämme des Wassergefäßsystems, welche am hinteren Rand einer jeden Proglottis durch einen Querkanal leiterartig untereinander verbunden sind und in der letzten Proglottis, ab und zu auch in anderen Gliedern, durch akzessorische Öffnungen nach außen münden. Im Kopf biegen die Hauptstämme in zwei schwächere Gefäße über, welche sich durch alle Proglottiden hindurch nach rückwärts verfolgen lassen und auf der Innenseite der Hauptstämme lagern (in der Fig. 221 nicht eingezeichnet). Zu diesen vier Längsstämmen kommen ferner noch die mit Wimperläppchen ausgerüsteten Exkret-Capillaren.

Fig. 217.

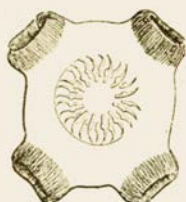


Fig. 218.



Fig. 219.



Fig. 217. Kopf von *Taenia solium*, von oben gesehen (nach Hatschek).

Fig. 218. Kopf von *Tetrarhynchus viridis*, geöffnet, um die im Innern verlaufenden Teile der Rüssel (o') und das Ganglion (g) zu zeigen (nach Wagner).

Fig. 219. Schema der Rostellumwirkung. Rechts von der Linie ist das Rostellum vorgestoßen, der Hakenkranz umgelegt, links ist das Rostellum zurückgezogen, der Hakenkranz aufgerichtet, r Rostellum, s Scheide, l longitudinale Muskeln.

Scolex.

In allem übrigen unterscheiden sich Scolex und Proglottiden; die Proglottiden enthalten die Geschlechtsorgane, der Scolex dagegen ist mit Haftorganen ausgerüstet, weil er außer der Aufgabe, Proglottiden zu erzeugen, noch die Funktion hat, den Wurm im Darm zu befestigen. Die wichtigsten Haftorgane sind die Saugnäpfe; weniger kräftig wirken die Haken, welche in größerer Zahl zu einem Hakenkranz vereinigt oder von besonderen aus- und einstülpbaren Rüsseln getragen werden (Fig. 217—219).

Wo ein Hakenkranz vorhanden ist, liegt derselbe um das vordere Ende herum auf dem Stirnfeld und wird von einem besonderen Apparat, dem Rostellum, bewegt. Das letztere ist ein Zapfen mehr oder minder kompliziert angeordneter Muskeln, welche das Stirnfeld hervorwölben und abflachen können. Bei manchen Arten wird die Hervorwölbung durch eine muskulöse Scheide, die Abflachung durch Retraktoren verstärkt. Jeder Haken ist mit seiner Spitze nach auswärts gekrümmt und geht an seiner

Basis meist in zwei Wurzeln aus, von denen die eine auf dem Rostellum ruht. Wird dieses hervorgepreßt, so muß es auf die nach innen gewandte Hakenwurzel wirken; der bis dahin aufrecht stehende Haken wird umgelegt und in die Darmschleimhaut des Wirtes eingeschlagen (Fig. 219). Bei manchen Tänien ohne Hakenkranz (*T. saginata*) findet man das Rostellum durch eine saugnapfartige Vertiefung ersetzt. Da das Rostellum sich entwicklungsgeschichtlich aus einem solchen Napf entwickelt, ist es wahrscheinlich auf einen modifizierten Stirnsaugnapf oder eine Art Rüssel zurückzuführen. Ob man daraus Beziehungen zum Mundsaugnapf oder gar zum Darm der *Trematoden* ableiten kann, ist zweifelhaft.

Die Geschlechtsorgane sind fast ausnahmslos hermaphrodit (getrenntgeschlechtlich *Dioecocestus acotylus* Fuhrm.) und in ebenso großer Anzahl vorhanden wie die Proglottiden, so daß diese früher als besondere Geschlechtsindividuen eines Tierstocks angesehen wurden. In der sehr mannigfaltigen Ausbildung der Organe muß man zwei Grundformen unterscheiden, von denen die eine durch die Anwesenheit echter Dotterstöcke

Proglottiden.

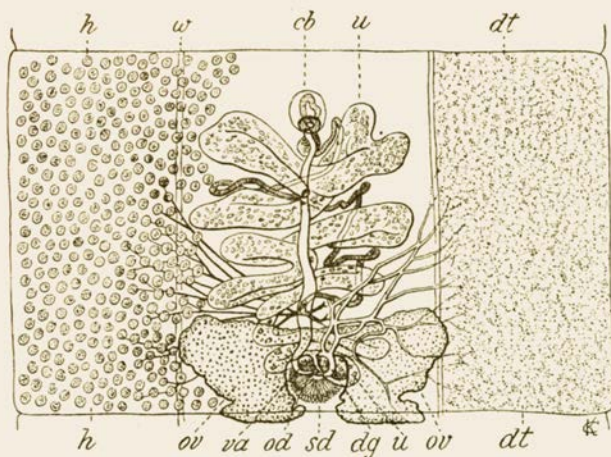


Fig. 220. Proglottis von *Dibothriocephalus latus* (nach Sommer), rechts ist nur der Dotterstock, links nur der Hoden dargestellt. dt Dotterstock, dg Dottergang, ov Eierstock, od Oviduct, sd Schalendrüse, va Vagina, u Uterus, h Hodenbläschen, cb Cirrusbeutel, gemeinsam mit der Vagina mündend; w Wassergefäßkanäle; dunkel schraffiert; Vas deferens.

und getrennter Mündung von Uterus und Scheide an den Geschlechtsapparat der *Trematoden* erinnert, während bei der zweiten Form der Uterus blind endet und die Dotterstöcke in eine kleine, Eiweiß ausscheidende Drüse (Eiweißdrüse) umgewandelt sind. Da Vagina und Samenleiter fast stets gemeinsam münden, ist außer gekreuzter Begattung abgelöster Proglottiden eine Selbstbegattung der Proglottiden ermöglicht.

Ein Beispiel der ersten Form ist der Geschlechtsapparat der *Bothriocephaliden* und *Caryophylläiden* (Fig. 220, 227). Bei demselben liegen zahlreiche Hodenbläschen im Parenchym zerstreut. Die kleinen Vasa deferentia vereinigen sich nach und nach zu einem Hauptkanal, welcher nahe dem vorderen Rand in der Mittellinie der Proglottis mündet. Der Endabschnitt des Kanals, der Cirrus, funktioniert als Penis und kann aus seiner besonderen Umhüllung, der Penistasche oder dem Cirrusbeutel, aus-

Bothriocephalus.

gestülpt werden. Im weiblichen Geschlechtsapparat haben wir zunächst Keimstock und Dotterstock auseinanderzuhalten. Der Keimstock ist eine zweilappige Drüse am hinteren Rand der Proglottis und produziert kleine, dotterarme Eier; der Dotterstock dagegen besteht aus zahlreichen Läppchen, welche ähnlich den Hodenbläschen, im Parenchym zerstreut liegen. Der unpaare Ausführweg des Keimstocks vereinigt sich mit dem Sammelkanal der Dotterstöcke in einer drüsenreichen Ausweitung, dem von der „Schalendrüse“ umgebenen Ootyp, in welcher je eine Keimzelle mit einer größeren Zahl „Dotterzellen“ zu einem zusammengesetzten Ei vereinigt und mit einer gedeckelten Schale versehen wird (vgl. S. 256). Vom Ootyp führt nach außen der Uterus, in dem auf der Höhe der Geschlechtstätigkeit die Eier sich so massenhaft ansammeln, daß er sich in viele Windungen legen muß, dadurch das Bild einer Rosette erzeugend. Vom Keimgang führt noch ein zweiter Kanal, die Vagina, nach außen; dieselbe mündet im Gegensatz zu den Trematoden gemeinsam mit dem männlichen Apparat, der Uterus dagegen getrennt.

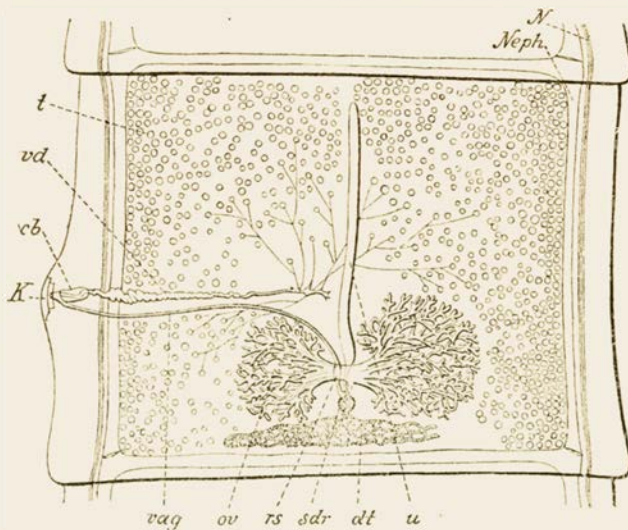


Fig. 221. Proglottis von *Taenia saginata*, in Reifung der Geschlechtsorgane begriffen (aus Hatschek nach Sommer). *N* Nervenstrang, *Neph* Wassergefäß, *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *cb* Cirrusbeutel, *K* Porus genitalis, *vag* Vagina, *ov* Ovar, *rs* Receptaculum seminis, *sdr* Schalendrüse, *dt* Eiweißdrüse, *u* Uterus.

Taenia.

Bei der zweiten Form des Geschlechtsapparats, welche vornehmlich den *Tänien* zukommt (Fig. 221), ist der männliche Apparat im wesentlichen so wie bei *Bothriocephalus* gebaut, nur ist die Ausmündung gewöhnlich seitenständig, bald auf der rechten, bald auf der linken Kante des Körpers. Auch kann die Zahl der Hodenbläschen bei manchen Cestoden auf 1—5 beschränkt sein. Von den weiblichen Organen besteht der Keimstock wie bei *Bothriocephalus* aus zwei Lappen, zwischen welche die kleine, den Dotterstock repräsentierende Eiweißdrüse eingeschoben ist. Die Ausführungsgänge von Eiweißdrüse und Keimstock treffen in der Schalendrüse zusammen. Der nun folgende Uterus besitzt keine Öffnung nach außen; er ist somit ein Blindsack, der bei den großen *Tänien* des Menschen longitudinal in der Mittellinie der Proglottis verläuft und, in dem Maß als er sich mit Embryonen füllt, seitliche Blindsäcke treibt, anstatt sich wie

bei *Bothriocephalus* in Windungen zu legen. Bei anderen *Tänien* (*T. echinococcus*) ist der Uterus nicht verästelt, bei dritten Formen kann er in zahlreiche, durch das Parenchym zerstreute Follikel umgewandelt werden. Die mit einem Receptaculum seminis ausgerüstete Scheide geht vom Keimgang aus und mündet neben dem Cirrus am Grund des Atrium genitale.

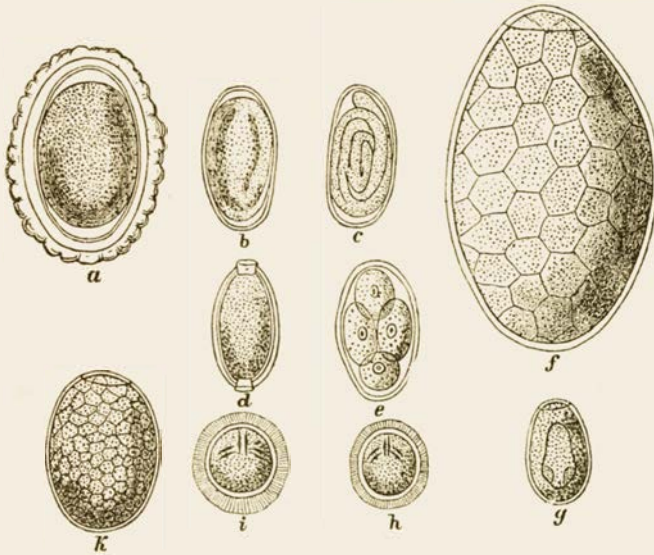


Fig. 222. Eier von Helminthen des menschlichen Darms bei 400facher Vergrößerung (nach Leuckart). a *Ascaris lumbricoides*, b und c von *Oxyuris vermicularis*, d *Trichocephalus trichiurus*, e *Ankylostomum (Dochmius) duodenale*, f *Distomum hepaticum*, g *Distomum lanceatum*, h *Taenia solium*, i *Taenia saginata*, k *Dibothriocephalus latus*.

Der Unterschied im Geschlechtsapparat hat auch Einfluß auf die Beschaffenheit der Eier (Fig. 222). Bei *Bothriocephalus* sind dieselben groß (k), haben eine derbe Schale mit Deckel und enthalten eine kleine Keimzelle nebst zahlreichen Dotterzellen; die *Tänien*-Eier (h, i) sind kleiner, von einer Eiweißhülle und einer feinen Schale umgeben, welche letztere frühzeitig verloren geht. Statt ihrer bildet sich eine Embryonalhülle, ein radial gestreifter Saum, welcher vom Embryo auf einem ziemlich vorgerückten Stadium der Entwicklung ausgeschieden wird. In diesem Zustand werden die „Tänieneneier“ frei.

Mit der verschiedenen Beschaffenheit des Geschlechtsapparates geht Hand in Hand eine verschiedene Entwicklungsweise. Auch hier erinnern die *Bothriocephalen* an die *Trematoden*; ihre Eier müssen bei den meisten Arten zur weiteren Ausbildung in das Wasser gelangen. Im Wasser tritt aus ihnen eine Flimmerlarve (*Oncosphaera*) hervor, welche einen Körper mit sechs Haken, den „sechshakigen Embryo“, enthält (Fig. 223, 1). Die Flimmerhülle ist vergänglicher

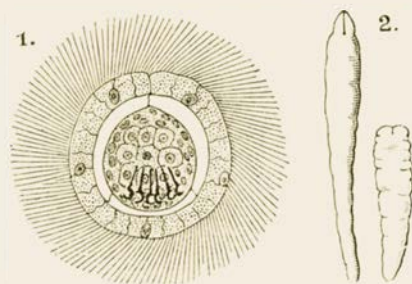


Fig. 223. *Dibothriocephalus latus*. 1. Flimmerlarve mit eingeschlossenem, sechshakigem Embryo, 2. Pleroceroide aus dem Hecht in gestrecktem und zurückgezogenem Zustand. Entwicklung.

Natur und wird wie das Flimmerkleid der Trematodenlarven abgestreift; die „sechshakige“ Larve gelangt bei dem im Menschen schmarotzenden *Dibothriocephalus latus* in kleine *Crustaceen* (der Gattungen *Cyclops* und *Diaptomus*), von hier aus auf dem Weg der Nahrungsaufnahme in *Fische*, um sich in den Muskeln und Eingeweiden derselben mit einer dünnen Cyste zu umgeben (Plerocercoid) und sich direkt in den Kopf eines *Bothriocephalus* zu verwandeln, welcher im Darm des Menschen zum geschlechtsreifen Tier heranwächst.

Wesentlich davon verschieden ist der Entwicklungsgang der *Tänien*. Der Unterschied ist schon früh erkennbar, indem der auch hier vorhandene sechshakige Embryo von der oben schon erwähnten, dem Flimmerkleid von *Bothriocephalus* entsprechenden Embryonschale umhüllt wird. Aus diesem selbstgefertigten Behälter muß das junge Tier durch die Verdauungssäfte im Magen eines geeigneten

Fig. 225.

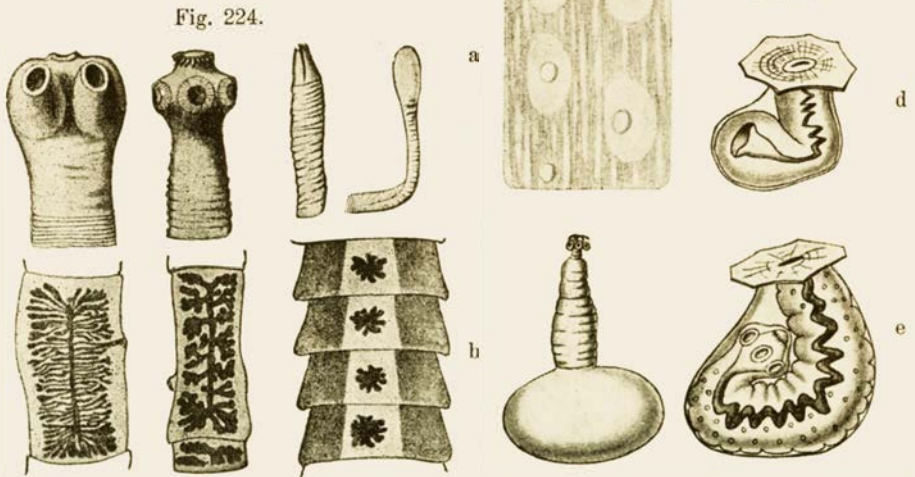


Fig. 224.

Fig. 224. Köpfe und Proglottiden der drei großen Bandwürmer des Menschen, links *Taenia saginata*, in der Mitte *Taenia solium*, rechts *Dibothriocephalus latus* (von diesem Kanten- und Flächenansicht des Kopfes). Die Köpfe 6mal, die Proglottiden ungefähr $1\frac{1}{2}$ mal vergrößert (nach Leuckart, Braun und Schauinsland).

Fig. 225. Bau und Entwicklung der Finne von *Taenia solium* (*Cysticercus cellulosae*). a finniges Fleisch in natürlicher Größe, links unten eine geplatze Finne, b Finne mit ausgestülptem Scolex, vergrößert, c—e Entwicklung des Scolex, noch stärker vergrößert, c junge Finne mit Scolexanlage und Wassergefäßnetz, d und e verschiedene Stadien der Scolexanlage im Receptaculum, Finnenwand nur zum Teil dargestellt.

Zwischenwirts befreit werden. So müssen die Eier von *Taenia solium* in den Magen des Schweines gelangen, indem das Schwein durch Verunreinigung seiner Nahrung die mit Embryonen gefüllten, mit den Fäkalien abegangenen reifen Proglottiden oder auch die durch Plätzen der Uterusblindsäcke frei gewordenen Eier verzehrt. Aus ihrer Schale befreit, bohren sich die mikroskopisch kleinen Larven mit ihren sechs Haken durch die Darmschleimhaut, wandern, die Blutgefäße benutzend, vornehmlich in die Muskeln oder auch in andere Organe ein und setzen sich hier fest, um zu Finnen (*Cysticerken*) zu werden (Fig. 225). Sie

Finne,
Cysticercus.

lassen dabei die eigentliche Muskelsubstanz, die Sarkolemmschläuche unberührt und bleiben im Bindegewebe des Muskels. Bei der Umwandlung zur Finne nehmen sie eine ovale Gestalt an und scheiden eine Cyste aus, zu welcher das Schwein noch eine den Fremdkörper abkapselnde, bindegewebige Hülle liefert. Die Finnenanlage wächst durch Zunahme der Zellen, mehr aber noch durch Infiltration mit einer serösen Flüssigkeit, welche das Finnengewebe nach der Peripherie zu einer zarten, durchscheinenden Membran zusammendrängt und so reichlich sein kann, daß bei *Taenia solium* im Laufe von 3—4 Monaten das anfangs mikroskopisch kleine Tier zu einem Bläschen von Erbsen- oder Bohnengröße, bei anderen *Tänien* sogar von der Größe eines Hühnereies wird. Die Wandung des Bläschens bildet durch Einstülpung die Anlage des Scolex (Fig. 225c); letzterer hat anfangs die Gestalt eines Säckchens, wächst aber bald zu einem Schlauch aus, welcher, an seiner Ausdehnung durch eine Hülle, das Receptaculum scolecis, behindert, sich winkelig einknickt (d, e). In der Finnenwand erscheint deswegen der Scolex als eine weißliche Anschwellung. Am Grund des eingestülpten Blindsacks entsteht die charakteristische Bewaffnung des Scolex, welche es ermöglicht, mit Sicherheit vorauszusagen, welcher Bandwurm aus der Finne hervorgehen wird; speziell bei *T. solium* bilden sich vier Saugnäpfe und ein Hakenkranz; sie sind zunächst einwärts geschlagen und kommen erst in die richtige Lage auf die Außenseite des Scolex, wenn die Anlage desselben wie ein Handschuhfinger umgestülpt wird. Die Umstülpung (Fig. 225 b) tritt jedoch in der Cyste gewöhnlich nicht ein, so wie auch die Bildung der Proglottiden in der Regel unterbleibt. Die Weiterentwicklung setzt vielmehr voraus, daß die Finne in den Magen eines geeigneten neuen Wirtes gelangt. Wenn der Mensch finniges Schweinefleisch genießt, werden die Finnen durch die Magensäfte befreit, so daß sich die Scoleces ausstülpfen können. Den letzteren hängt eine Zeitlang noch die Finne als sogenannte Schwanzblase an, bis auch diese nebst angrenzenden Teilen des Scolex, dem Zwischenstück, den Verdauungssäften erliegt, worauf der Scolex anfängt, durch terminale Knospung Proglottiden zu erzeugen. Innerhalb 11—12 Wochen ist *Taenia solium* so weit herangewachsen, daß die Loslösung der Proglottiden beginnt. Selten kommt es vor (*Cysticercus fasciolaris* der Mäuseleber), daß der Scolex sich auf dem Finnenstadium ausstülpft und Proglottiden bildet. Aber auch hier tritt Geschlechtsreife erst im Darm der Katze ein (*T. crassicollis*).



Fig. 226. Cysticercoid im eingestülpten und ausgestülpten Zustand aus *Arion ater* (nach Hatschek).

Wenn die Finnen eine bedeutende Größe erreichen, so erhalten sie damit zugleich die Fähigkeit, mehr als einen Scolex zu erzeugen. Die im Hirn der Schafe lebenden Finnen von *Coenurus cerebralis* sind auf ihrer Innenwand mit Hunderten von Scoleces bedeckt. Noch größer ist die Zahl bei *Taenia echinococcus*, bei welcher die Finne sich längere Zeit durch Knospung vermehrt und durch Abschnürung zahlreicher Tochterblasen eine bedeutende Geschwulst, besonders in Lunge und Leber von Haustieren und Menschen erzeugt, ehe die Bildung der Scoleces beginnt. Letztere wird dadurch eingeleitet, daß auf der Innenseite einer Tochterblase viele

Modifikationen und Deutung der Entwicklung der Bandwürmer.

Brutblasen entstehen, von welchen eine jede wiederum viele Scoleces produziert, so daß aus einem sechshakigen Embryo Tausende von Scoleces hervorgehen können (Fig. 228). Diesen extremen Fällen zunehmender Komplikation des Finnenstadiums stehen Zustände gegenüber, welche zu dem Entwicklungsgang von *Bothriocephalus* überleiten, indem das Finnenstadium durch das Cysticercoid ersetzt wird. Da hier die Infiltration mit Flüssigkeit unterbleibt, wird der Scolex von einer der Finnenwand entsprechenden Hülle eng umfaßt. Was man eine Finne nennt, gewinnt den Charakter des hinteren vergrößerten Scolexendes, in welche das vordere Ende zurückgezogen worden ist (Fig. 226). Ein bei manchen Cysticercoiden vorkommender Schwanzanhang wird von manchen Forschern mit dem Schwanz der *Cercarien* verglichen.

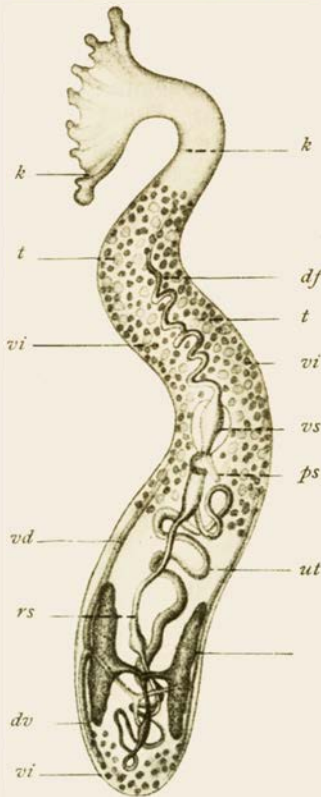


Fig. 227. *Caryophyllaeus mutabilis* (kombiniert nach M. Schultze und Will). *k* Scolex, *t* Hoden, *df* Vas deferens, *vs* Vesicula seminalis, *ps* Penis, *vi* Dotterstock, *dv* Dottergänge, *ov* Ovarien, *ut* Uterus, *rs* Vagina mit Receptaculum seminis.

Das Gesagte ist für die richtige Beurteilung der Entwicklung der Bandwürmer von Wichtigkeit. Früher deutete man die Entwicklung als einen komplizierten Generationswechsel; die Finne sei die Großamme, welche durch endogene Knospung den Scolex erzeuge; der Scolex wiederum sei eine Amme, von welcher durch terminale Knospung die Geschlechtstiere, die Proglottiden, gebildet würden; der Bandwurmkörper selbst sei eine Kette von Individuen, eine Kolonie. Diese Vorstellung stößt auf zwei Schwierigkeiten. Erstens ist die Finne, wie oben gezeigt wurde, keine selbständige Generation, sondern nur das in der Entwicklung voraus-eilende Ende des Scolex. Zweitens ist der Bandwurmkörper keine Kolonie, sondern ein einheitliches Tier; die Proglottiden sind nicht Individuen, sondern individualisierte Stücke dieses einheitlichen Tieres. Man kann diese Auffassung durch Vergleich dreier Bandwurmfamilien beweisen. Die *Caryophyllaeiden* sind einheitliche Körper, deren vorderes Ende sich verlängert und die Stelle des Scolex vertritt, während das hintere verbreiterte Ende einen einzigen hermaphroditen Geschlechtsapparat enthält (Fig. 227). Ihnen schließen sich die *Liguliden* an, bei denen der Geschlechtsabschnitt des Körpers noch ungegliedert ist, an Größe aber zugenommen hat, weil zahlreiche Geschlechtsapparate in ihm entstanden sind.

In dieser Vervielfältigung des Geschlechtsapparates, welche ihrerseits wieder mit der entoparasitischen Lebensweise und der dadurch benötigten Steigerung der Fruchtbarkeit zusammenhängt, ist der Grund zu suchen, daß das hintere Ende des Bandwurms sich in viele Stücke, die Proglottiden, abgeteilt hat. So ist es nicht wunderbar, daß bei manchen gegliederten Bandwürmern die Hoden und die Dotterstöcke sich als zusammenhängende Organe durch sämtliche Proglottiden hindurch erstrecken.

Über die besprochenen Entwicklungserscheinungen der Bandwürmer hat vornehmlich das Experiment Klarheit verschafft. Nachdem v. Siebold und andere bewiesen hatten, daß die Scoleces mancher Finnen den Scoleces gewisser geschlechtsreifer Bandwürmer entsprächen, z. B. der Scolex von *Cysticercus cellulosae* des Schweins dem Scolex von *Taenia solium* des Menschen, haben Küchenmeister und Leuckart die Frage experimentell entschieden, der erstere, indem er zum Tode verurteilte Verbrecher, welche frei von Bandwürmern waren, durch Verabreichung finnigen Schweinefleisches mit *T. solium* infizierte. Ferner wurden Schweine finnig gemacht, indem man sie Proglottiden von *Taenia solium* verzehren ließ. Nachdem die Ungefährlichkeit des zuerst genannten Experiments festgestellt war, haben viele Experimentatoren an sich selbst die Versuche weiter fortgesetzt. Durch ähnliche Experimente wurde von Braun bewiesen, daß *Hechte*, welche das Plerocercoid von *Dibothriocephalus latus* enthalten, den Menschen mit dem breiten Bandwurm infizieren können.

1. Fam. *Caryophylläiden* (Cestodarien). Bandwürmer ohne Saugnapfe, mit einfachem Geschlechtsapparat, bei welchen Scolex und Proglottis noch nicht gegeneinander abgesetzt sind; ihre Jugendformen leben in wirbellosen Tieren, die Geschlechtsformen fast stets in Fischen. *Caryophyllaeus mutabilis* Rud. (Fig. 227) im Darm der *Cyprinoiden*. Jugendstadium in limicolen *Oligochäten*; der in *Tubifex* vorkommende *Archigetes Sieboldi* Leuck. ist vielleicht eine solche geschlechtsreif gewordene Jugendform. *Amphitina foliacea* Wagen. in der Leibeshöhle des Sterlets.

2. Fam. *Liguliden*. Ungegliederte Bandwürmer ohne Saugnapfe mit multiplem Geschlechtsapparat. Die geschlechtlich unreifen Tiere leben in der Bauchhöhle von *Fischen*, die geschlechtsreifen Formen im Darm von Wasservögeln. Beiderlei Zustände sind breite, riemenartige Bänder, in deren Innerem die multiplen Geschlechtsorgane den Zerfall in Proglottiden vorbereiten, ohne daß derselbe äußerlich zum Ausdruck kommt. *Ligula simplicissima* Rud.

3. Fam. *Tetrarhynchiden*. Bandwürmer mit Scolex und Proglottiden, Kopf mit vier aus- und einstülpbaren, hakenbewaffneten Rüsseln (Fig. 218). Die Bandwürmer leben sowohl im geschlechtsreifen wie im geschlechtslosen Zustand in Fischen. *Tetrarhynchus gigas* Bened.

4. Fam. *Bothriocephaliden*. Bandwürmer mit Scolex und Proglottiden, Kopf spatelartig mit zwei Sauggruben auf den Kanten.

Aus der Familie interessiert uns besonders der *Dibothriocephalus latus* Brems. (Fig. 224), nächst *T. saginata* der größte Bandwurm, welcher sich im Darm von Menschen (auch Hund und Katze) findet, wo er bis zu 9 m lang werden und 4000 und mehr Proglottiden erzeugen kann. Die queroblongen, etwa 1 cm breiten und etwas weniger langen, reifen Proglottiden sind, gequetscht oder eingetrocknet, leicht an der durch die Windungen des Uterus veranlaßten rosettenförmigen Figur zu erkennen. Der spatelartige Kopf ist senkrecht zur Abplattung des Rumpfes abgeplattet. Aus den Eiern schlüpft im Wasser eine bewimperte Larve aus, welche einen sechshakigen Embryo umschließt; dieser dringt in *Cyclopiden* ein und wandelt sich in Fischen zum Scolex (Plerocercoid) um. Der Mensch erhält den Parasiten durch den Genuß von ungekochtem, ungenügend gesalzenem, infiziertem Hechtfleisch; außerdem können noch *Barsch*, *Quappe* und einige *Salmoniden* (*Asche*, *Forelle*, *Seeforelle*) Zwischenwirte sein. Daher die Erscheinung, daß der *Bothriocephalus* seinen Verbreitungsbezirk vorwiegend in wasserreichen und infolgedessen auch fischreichen Gegenden besitzt, wie in den Ostseeprovinzen und in der Schweiz. In

Grönland findet sich *D. cordatus* Leuck., 1 m lang. In Japan wurden im Menschen auch Plerocercoiden von anderen *Bothriocephalen* beobachtet, so der sich durch Knospung und Teilung vermehrende *Plerocercoides prolifer* Ijima und das Plerocercoid von *B. mansoni* Cobb.

5. Fam. *Täniaden*. Bandwürmer mit Scolex und ablösbaren Proglottiden; am Scolex stets vier Saugnäpfe, bei einem Teil außerdem noch ein Rostellum mit Hakenkranz; in den Proglottiden ist der Dotterstock durch die kleine Eiweißdrüse ersetzt, der Uterus blind geschlossen; der Porus genitalis liegt gewöhnlich seitlich auf der Kante der Proglottiden, alternierend rechts und links, selten nur einseitig (*Hymenolepis*, *Anoplocephala*), selten ist er wie der gesamte Geschlechtsapparat in jeder Proglottis beiderseits (*Dipylidium*, *Moniezia*). Zwischenstadien sind Cysticerken oder Cysticercoide.

a) *Tänien* geschlechtsreif im Darm des Menschen.

Am bekanntesten sind *Taenia solium* Rud. und *T. saginata* Goeze (*T. mediocanellata* Küchenm.), deren Unterscheidung mit Hilfe der in Fig. 224 gegebenen Abbildungen und der folgenden Tabelle leicht zu bewerkstelligen ist. Für die Praxis ist es nicht unwichtig, daß *Taenia saginata* trotz des mangelnden Hakenkranzes wegen ihrer derberen Saugnäpfe schwieriger abzutreiben ist. *Taenia solium* ist gar nicht selten im Menschen auch als Finne beobachtet worden, und zwar öfters an Stellen wie Hirn und Auge, wo sie schwere Schädigungen veranlaßte. Dieses Vorkommen erklärt sich hauptsächlich wohl aus Verunreinigung der Nahrung mit Eiern, möglicherweise aber auch durch eine innere Selbstinfektion von Menschen, welche an Bandwurm leiden: daß bei starken Brechbewegungen Bandwurmstücke in den Magen gelangen und verdaut werden, wodurch die Embryonen befreit und zum Auswandern veranlaßt werden.

	Kopf	Zahl der Proglottiden	Uterus	Länge		Beschaffenheit der Finne	Vorkommen der Finne
				a) des Wurms	b) der reifen Proglottiden		
<i>Taenia solium</i>	mit Rostellum und Hakenkranz (26—28 Haken in zwei Reihen), vier schwache Saugnäpfe	8—900	mit jederseits 7—9 plumpen verästelten Aussackungen	a) 3—3½ m, b) 9—11 mm lang, 6—7 mm breit		6—20 mm, reich an Flüssigkeit	im Schwein, ab und zu auch in den Muskeln, dem Hirn, Augapfel des Menschen, selten in anderen Säugetieren
<i>Taenia saginata</i>	kein Hakenkranz, vier starke Saugnäpfe	1200—1300	mit jederseits 20—30 zierlichen, wenig verästelten Aussackungen	a) 10 m und mehr, b) 18—20 mm lang, 5—7 mm breit		7—9 mm, derb, mit wenig Flüssigkeit, daher kleiner	im Rind meist in den musculi pterygoidei

Manche *Tänien* sind anderen Säugetieren eigentümlich, kommen aber auch im Darm des Menschen vor. Bei Mäusen und Ratten finden sich die *Taenia (Hymenolepis) murina* Duj. und die *T. (Hymenolepis) diminuta* Rud. (*leptocephala* Creplin). Mit ersterer ist vielleicht identisch oder steht ihr sehr nahe die *T. nana* v. Siebold, welche in der Neuzeit namentlich in Italien häufig im menschlichen Darm nachgewiesen wurde (Fig. 112). Der 2—4 cm lange Wurm kann zu Tausenden auftreten und nicht unbedenkliche Beschwerden verursachen; *T. murina*, dem Gesagten gemäß

wahrscheinlich auch *T. nana*, entwickelt sich ohne Zwischenwirt, indem aus Eiern, welche durch Verunreinigung der Nahrung in den Magen der Mäuse resp. des Menschen gelangt sind, Larven ausschlüpfen, welche in die Darmwand eindringen, hier zu Cysticeroiden werden, dann in das Darm-lumen zurückgelangen und sich zu Bandwürmern entwickeln. *T. diminuta* ist als *T. flavopunctata* Weinl. aus dem Menschen beschrieben worden. Den Zwischenwirt stellen hier Insekten in analoger Weise wie bei *T. (Dipylidium) canina* L. (*cucumerina* Bloch.), die sehr häufig Hunde und Katzen, ab und zu auch den Menschen befällt (vgl. S. 272). Eine tropische Form ist *T. (Davainea) madagascariensis* Dav.

b) *Tänien* als Cysticerken im Menschen.

Außer dem *Cysticercus cellulosae* und dessen Abart *C. acanthotriax* Weinl. ist ein häufiger und für die praktische Medizin äußerst wichtiger Parasit der Cysticercus der *Taenia echinococcus* Sieb. (Fig. 228). Der ausgebildete Bandwurm lebt im Darm des Hundes und ist wegen seiner Kleinheit leicht zu übersehen. Er ist höchstens 5 mm lang und besteht aus einem Scolex und 3—4 Proglottiden. Der Scolex hat außer den vier Saugnäpfen ein Rostellum mit Hakenkranz. Werden die Eier in den menschlichen Darm verschleppt, wozu das Streicheln und Küssen infizierter Hunde die günstigsten Vorbedingungen liefert, so wandern die ausschlüpfenden Embryonen in Leber, Lunge, Hirn und andere Organe und erzeugen hier Geschwülste, welche in der Leber bis zu Kindskopfgröße heranwachsen können. Diese außergewöhnliche Größe wird durch verschiedene Momente veranlaßt. Die Einzelfinne wächst stark heran und erzeugt auf ihrer Innenseite zahlreiche Brutblasen, an denen viele Köpfe gebildet werden (Fig. 228). Ferner können von einer Mutterblase durch Knospung viele Tochterblasen entstehen. Brechen die Tochterblasen nach außen durch, so entsteht der *exogene Echinococcus*; erfolgt der Durchbruch nach innen oder, was noch häufiger ist, verwandeln sich Scoleces sekundär zu Tochterblasen, so erhalten wir den *endogenen Echinococcus*. Unterbleibt die Bildung von Scoleces, so entstehen die bei Rindern sehr häufigen Acephalocysten. Außer beim Menschen (*E. hominis*) finden sich die Echinokokken noch im Rind, Schaf, Schwein (*E. veterinorum*), bei Affen, Nagern, ja selbst Raub- und Beuteltieren. Strittig ist es, ob *E. multilocularis*, welcher eine aus vielen Bläschen bestehende Geschwulst erzeugt, als eine besondere Art anzusehen ist.

Häufige Tänien der Haustiere sind noch 1. im **Pferd** *T. (Anoplocephala) plicata* Zeter, 9—25 cm, *T. (A.) perfoliata* Goeze, 3—5 cm, *T. (A.) mamillana* Mehlis, 1—3 cm; 2. in **Wiederkäuern** *T. (Moniezia) expansa* Rud., meist 2½ m, öfters aber über 5 m, Ursache der tödlich verlaufenden Bandwurmseuche der Lämmer, auch in Rind und Ziege, *T. (M.) denticulata* Rud., 0,2—0,5 m, der gewöhnlichste Bandwurm des Rindes; 3. im **Hund** *T. marginata* Batsch., 1,5—3 m, entwickelt sich aus Cysti-

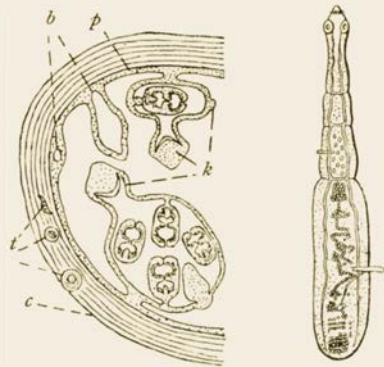


Fig. 228. *Taenia echinococcus* (aus Hatchesek und Leuckart). Geschlechtsreifes Tier, daneben ein Stück einer Finne schematisiert; *c* Cuticula, *p* Finnenwand, *b* Anlagen von Brutblasen, *k* Anlage der Scoleces an Brutblasen, *t* abgelöste Teile der Finnenwand, welche die Anlagen von Tochterblasen bilden.

cercus tenuicollis (Schaf, Rind, Schwein), *T. serrata* Goeze, 0,5—1 m, aus *C. pisiformis* (Hase und Kaninchen), *T. echinococcus* (vgl. oben), *T. coenurus* Küchenm., 40—60 cm (Finne *Coenurus cerebralis* verursacht die Drehkrankheit der Schafe), *T. (Dipylidium) canina*, 10—40 cm lang, der häufigste Bandwurm des Hundes (Larve in *Pulex serraticeps* Hundefloh, und *Trichodectes canis* Hundelaus), *T. serialis* Baillet, ca. 1 m, 4. in der Katze *T. crassicollis* Rud., 15—16 cm (Finne *C. fasciolaris* in Mäusen).

In Vögeln kommen vor *T. (Drepanidotaenia) infundibuliformis* Goeze, 2—23 cm lang, erzeugt Seuchen bei Hühnern und Fasanen; *T. (Davainea) cesticillus* Molin, 1—11 cm, im Huhn; *T. (Dr.) lanceolata* Bloch, 3—13 cm in der Gans; *T. (Dr.) anatina* Krabbe, 30 cm, in der Ente.

IV. Ordnung. Nemertinen. Schnurwürmer.

Die letzte Ordnung der *Plattwürmer* bilden die *Schnurwürmer* oder *Nemertinen*, Tiere, welche meist ansehnlich groß sind, öfters die Länge von 1 m (*Lineus longissimus* sogar bis 27 m) erreichen. Sie leben selten im Süßwasser oder in feuchter Erde, sind dagegen häufig im Meere, wo sie unter Steinen und Tangwurzeln zusammengerollt liegen. Von den *rhabdocölen Turbellarien* unterscheiden sie sich vornehmlich durch drei Charaktere:

1. Durch die Bildung eines Enddarms hat der Darm eine Aftermündung erhalten und ist zu einem durchleitenden Rohr geworden (Fig. 229). Mit Ausnahme des Vorderdarmes ist er beiderseits mit Blindsäcken bedeckt, welche nur bei *Malacobdella* und *Carinella* fehlen.

2. Ein Pharynx fehlt, dafür ist ein besonderer Rüssel vorhanden, welcher dorsal über dem Darm liegt und meist getrennt von demselben mündet; derselbe ist ein blind geschlossener, weit nach rückwärts reichender muskulöser Schlauch, welcher von einer ebenfalls muskulösen Rüsselscheide (Rhynchocölon) umschlossen und an die Wand derselben durch einen Rückziehmuskel befestigt ist. Durch Kontraktion der Scheide wird der Rüssel wie ein Handschuhfinger umgestülpt und zum Angriff oder zur Verteidigung über die Körperoberfläche hervorgestoßen, während der Rückziehmuskel die Aufgabe hat, die Waffe nach dem Gebrauch wieder in die Ruhelage zurückzuführen. Bei vielen *Nemertinen* wird die Gefährlichkeit dieser Waffe noch durch zwei Einrichtungen wesentlich gesteigert: Erstens findet sich am Grund des Sackes ein Stilet, welches die Spitze des ausgestülpten Rüssels krönt und neben dem noch einige Reservestiletts liegen, zweitens mündet an der Basis des Stiletts ein bei stiletlosen *Nemertinen* fehlender Giftsack.

Fig. 229. Anatomie von *Amphiporus pulcher* (nach Bürger) *r* Rüssel, *g* Ganglion, *w* Wimpergrube, *d* Darm, *p* Protonephridien, *lb* laterales Blutgefäß, *o* Ovar, *r*¹ vorderer Rüsselsack, *db* dorsales Blutgefäß, *n* Seitennerv, *s* Stilet des Rüssels, *r*² Giftsack des Rüssels, *m* Retractor des Rüssels, *e* Enddarm.

3. Ein drittes Merkmal höherer Organisation ist das Blutgefäßsystem, welches stets aus zwei vorn und hinten durch Schlingen ver-

bundenen Seitengefäßen besteht, zu denen sich meistens noch ein Rücken- gefäß gesellt. Das farblose Blutplasma enthält bei *Amphiporiden* und *Euborlasia* rot (Hämoglobin), selten grün gefärbte Blutkörperchen.

Das Zentralnervensystem liegt bei manchen Arten (*Protonemertinen*) noch im Ectoderm oder zwischen ihm und dem Hautmuskelschlauch; häufiger findet es sich inmitten der Muskelschicht (*Mesonemertinen* und *Heteronemertinen*) oder einwärts von ihr (*Metanemertinen*); es gleicht dem der *Turbellarien*. Zwei obere Schlundganglien sind durch eine dorsale Kommissur verbunden, welche von dem durchtretenden Rüssel in einen oberen und unteren Strang getrennt wird; sie verlängern sich nach hinten in zwei Seitennerven, welche auf der Bauchseite durch zahlreiche Querkommissuren zusammenhängen. An die Cerebralganglien legen sich direkt an oder sind durch einen kurzen Nerven angeschlossen die „Cerebralorgane“ oder „Flimmergruben“, flimmernde Kanäle, die seitlich auf der Haut, manchmal in tiefen Längsfurchen derselben münden. Früher für Respirationsorgane des durch Hämoglobin öfters rot gefärbten Nervensystems gehalten, gelten sie jetzt als chemische Sinnesorgane, wie sie unter den *Turbellarien* bei den *Microstomeen* vorkommen. Von anderweitigen Sinnesorganen sind Tastapparate und einfache Augen weit verbreitet, Statocysten dagegen selten. Während die Wassergefäße (zwei getrennt mündende, bei *Stichostemma* in mehrere Stücke zerfallende Längsstämme) durch ihre verästelte Beschaffenheit und die Wimperläppchen in ihren blinden Enden an die *Turbellarien* erinnern, haben die Geschlechtsorgane einen ganz anderen Bau; sie bilden jederseits eine Reihe hintereinander gelagerter Säckchen, welche seitlich auf dem Rücken nach außen münden und mit den Blindsäcken des Darmes alternieren. In der Regel herrscht Gonochorismus. Die Entwicklung ist selten eine direkte, häufiger eine Metamorphose, bei welcher die Fächerhutlarve, das Pilidium (Fig. 230) oder die aus dem Pilidium durch

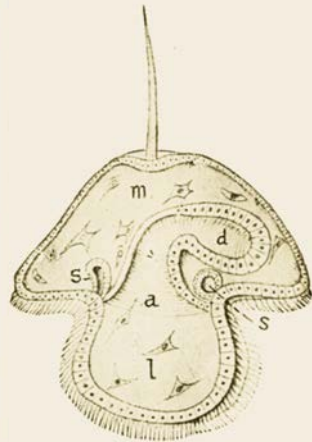


Fig. 230. Pilidiumlarve einer Nemertine (nach Metschnikoff). a Munddarm, d Magendarm, s Einstülpungen, welche später die Haut der Nemertine liefern, l Mundlappen, m Mesenchym.

Rückbildung entstandene Desorsche Larve auftritt. Das Pilidium ist ein Gallertkörper von der Gestalt eines Schiffhutes, von dessen unterem Rand links und rechts zwei Mundlappen herunterhängen, welche an die Schutzklappen eines Fächerhutes erinnern. Der Rand der Lappen und des übrigen Hutes ist von einem Wimperreif eingefasst, einer verdickten Epithelpartie, welche Flimmern trägt. Ein Flimmerbusch auf der Spitze des Hutes geht von einer Epithelverdickung (Scheitelplatte) aus, welche wahrscheinlich als Zentralnervensystem funktioniert. Im Innern findet sich ein am hinteren Ende geschlossener zweiteiliger Darm, welcher zwischen den Mundlappen nach außen mündet. Bei der Metamorphose wird er allein in den fertigen Wurm mit hinübergenommen und durch einen komplizierten Faltungsprozeß aus dem sich rückbildenden Gallertkörper der Larve herausgeschält. Systematisch unterscheidet man zwei Unterordnungen: 1. *Anopla* (die *Proto-, Meso-, Heteronemertinen* enthaltend), Tiere mit Metamorphose und unbewaffnetem Rüssel, Mund und Rüsselöffnung getrennt; hierher *Lineus*

longissimus Gunn. und *Cerebratulus marginatus* Ren. 2. *Enopla* (*Hoplonemertinen*, *Metanemertinen*), Nemertinen, deren Rüssel ein Stilet besitzt und oft mit dem Mund gemeinsam mündet, deren Entwicklung eine direkte ist. *Nemertes gracilis* Johnst., *Amphiporus pulcher* Johnst. (Fig. 229), im Süßwasser *Testrastemma lacustre* du Ples., auf dem Lande *Geonemertes chalicophora* Graff., parasitisch die mit einem Saugnapf ausgerüstete *Malacobdella grossa* Mü.

II. Klasse.

Rotatorien, Rädertierchen.

Die im Wasser lebenden *Rädertierchen* gehören zu den kleinsten vielzelligen Tieren und ähneln in ihrem Aussehen und ihrer Lebensweise *Infusorien*. Der Körper zerfällt zumeist in drei Abschnitte: Kopf, Rumpf und Schwanz;

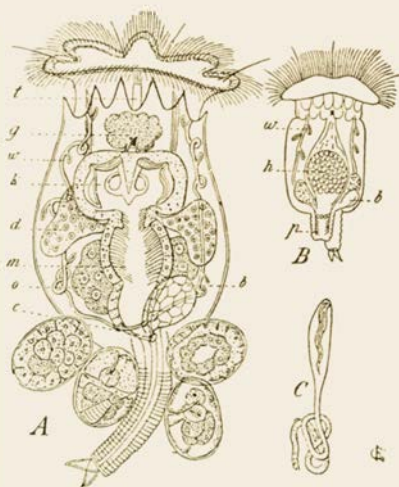


Fig. 231. *Brachionus urceolaris*, A Weibchen mit vier Eiern auf verschiedenen Stufen der Entwicklung, B Männchen, C ein Flimmerläppchen des Wassergefäßes, stärker vergrößert, *t* Tentakel, *g* Ganglion mit Auge, *w* Wassergefäßsystem, *k* Kaumagen, *d* Magen, *m* Magen, *o* Ovar, *c* Kloakenöffnung, *b* Harnblase, *h* Hoden, *p* Penis.

Der Rumpf ist von einer derben Cuticula fest gepanzert und dient ähnlich der Schale einer Schildkröte den beiden anderen Abschnitten zur Zuflucht (Fig. 231 A). Der Schwanz ist oft aus mehreren Ringen zusammengesetzt, welche wie Teile eines Fernrohres ineinander geschoben werden können. Der letzte Schwanzring trägt eine Zange, mit deren Hilfe, sowie mit Hilfe von Klebdrüsen die Tiere sich festsetzen können. Das Kopfende ist zart-häutig und verbreitert sich nach vorn zur Radscheibe, einem Apparat von sehr wechselndem Aussehen, dessen kräftige Bewimperung sowohl zum Schwimmen dient, als auch die Nahrung zum ventral gelegenen Mund herbeistrudelt. Der Darm besteht aus Ösophagus, Kaumagen, Drüsenmagen und Enddarm und ist mit Ausnahme des Kaumagens von Wimpern ausgekleidet; der Kaumagen dagegen trägt zwei mit Kauleisten bedeckte Chitinplatten, welche

beim lebenden Tier zum Zerkleinern der Nahrung beständig gegeneinander klappen. Oberhalb des Ösophagus liegt das Hirnganglion, mit welchem häufig einfachste Ocellen und eigentümliche Sinnesorgane, die Nackententakeln usw., zusammenhängen. Mit dem Enddarm mündet das meist unpaare, sackförmige Ovar und die paarigen Wassergefäßkanäle, deren Seitenäste am blindgeschlossenen Ende kleine Flimmerläppchen tragen (Protonephridien). Zum Wassergefäßsystem gehört ferner noch eine große kontraktile Blase. Lange kannte man nur weibliche Tiere, da die zugehörigen Männchen sehr viel seltener und kleiner sind, sogenannte Zwergmännchen, und eine stark rückgebildete Organisation besitzen. Meist ist ihr Darm zu einem Gewebsstrang reduziert, in welchem der Hoden eingebettet liegt (Fig. 231 B).

Die *Rädertiere* haben zweierlei Eier, große dotterreiche „Winter-eier“, welche von einer festen Schale umgeben sind, und kleine dünn-

schalige „Sommereier“. Letztere entwickeln sich parthenogenetisch und dienen durch ihre große Zahl und rasche Entwicklung (Subitaneier) der Verbreitung der Art. Jene sind seltener, bedürfen der Befruchtung und haben eine lange Ruheperiode; sie erhalten die Art während ungünstiger Zeiten, wenn das Wasser einfriert oder eintrocknet (Dauereier). Ein gewisses Maß von Eintrocknen vertragen auch die ausgebildeten Tiere; in feuchtem Moos, in den Rückständen von Dachrinnen findet man sie zusammengesogen in einer Art Schlafzustand, aus dem sie erst bei Wasserzusatz erwachen.

Die Schilderung vom Bau der *Rotatorien* läßt erkennen, daß die Tiere außerordentlich den Wurmlarven vom Trochophora-Typus gleichen. Wir müssen sie daher für äußerst primitive Formen erklären, welche den Urformen des Würmerstammes am nächsten stehen. Damit gewinnen sie trotz ihres abweichenden Äußeren nahe Verwandtschaft mit den Würmern, unter denen sie sich im Bau ihres Nerven- und Exkretionssystems am nächsten den Plattwürmern anschließen. — Die meisten Rädertiere leben im Süßwasser: *Brachionus urccolaris* Ehrbg. (Fig. 231), *Conochilus volvox* Ehrbg., letzterer eine kugelige Kolonie radial angeordneter Einzeltiere. Radscheibe bei der festsitzenden Gattung *Stephanoceros* zu tentakelartigen Fortsätzen ausgezogen. Ectoparasitisch auf *Crustaceen* (*Nebalia*) die Gattungen *Seison* und *Paraseison*.

II. Unterstamm.

Nemathelminthes, Rundwürmer.

Die Rundwürmer verdanken ihren Namen der drehrunden Gestalt ihres Körpers; hierin sowie in der Beschaffenheit ihrer Muskeln, welche den Charakter von Epithelmuskelzellen haben, gleichen sie den *Cölhelminthen*, sie unterscheiden sich von ihnen durch den gänzlichen Mangel der Gliederung, den Bau der Geschlechtsorgane, des Nervensystems und der Exkretionsorgane. Vor allem aber besitzt der Raum, welcher früher eine echte Leibeshöhle bezeichnet wurde, eine ganz andere morphologische Bedeutung als das Cölon der *Cölhelminthen*, wie das ganz besonders für die typischen Vertreter, die *Nematoden*, gilt. Gestalt.

III. Klasse.

Nematoden, Fadenwürmer.

Die *Nematoden* sind eine artenreiche Gruppe fadenförmiger, 0,001 bis 1,0 m langer Würmer, die durch die große Zahl bei Pflanzen, Tieren und Menschen weit verbreiteter, zum Teil äußerst gefährlicher Parasiten ein ganz hervorragendes Interesse besitzen. Die Oberfläche ihres Körpers wird von einer derben Cuticula gebildet, welche von der „Subcuticula“ ausgeschieden wird, einem bei manchen Arten dauernd, sonst nur in der Jugend großzelligen Epithel, das sich gewöhnlich in ein von Fasern durchsetztes Syncytium verwandelt (Fig. 205). Auf dem Querschnitt gesehen, bildet die Subcuticula vier Verdickungen, an denen unzweifelhaft auch das Mesoderm einen großen Anteil hat, zwei laterale (links und rechts) und zwei mediale (dorsal und ventral). Erstere schimmern deutlich durch die

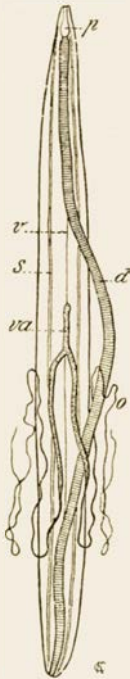
Cuticula als zwei Längsleisten, die Seitenlinien, hindurch; letztere sind schwach ausgeprägt und veranlassen die minder deutlichen Rücken- und Bauchlinien. In den Seitenlinien verlaufen die selten fehlenden, öfters asymmetrisch entwickelten Exkretionsgefäße, gewöhnlich zwei aus einer einzigen Zelle bestehende Längskanäle, welche unweit des vorderen Endes durch einen von einer zweiten Zelle gebildeten Querkanal verbunden sind, der in der Bauchlinie durch einen unpaaren Porus excretorius nach außen leitet. Auf den Seitenlinien liegen zwei oder mehr Paar Riesenzellen, welche mit verästelten Ausläufern in die Leibeshöhle vorspringen und wohl phagozytäre Funktion (S. 80) besitzen. Durch Seitenlinien, Rücken-

und Bauchlinien wird die Muskulatur, welche nur aus Längsfasern besteht, in vier Felder abgeteilt, ein dorsales und ventrales linkes und ein dorsales und ventrales rechtes. Die Bildung der Längsmuskelfasern geht von einer Schicht großer, oft blasiger Zellen aus, welche den früher als Leibeshöhle gedeuteten Raum so sehr einengen, daß Darm und Geschlechtsorgane dicht gedrängt liegen. Die Muskelzellen senden nach der dorsalen und ventralen Mittellinie Fortsätze aus, welche mit den Fasern der hier verlaufenden Längsnerven zusammenhängen. Einige Muskelzellen finden sich stellenweise auch am Darm; doch kommt es nicht zur Bildung eines geschlossenen Darmfaserblattes, so daß das „Cölom“ nicht inmitten des Mesoblasts, sondern zwischen Hautfaserblatt und Entoderm lagert. Vom Cölom der *Anneliden* unterscheidet sich der betreffende Raum auch dadurch, daß er durch ein merkwürdiges, aus wenigen riesigen Zellen bestehendes Gewebe erfüllt ist.

Der Darm beginnt mit der genau endständigen Mundöffnung und endet mit dem After, welcher vom hinteren Ende etwas auf die Bauchseite verschoben ist. Die Lagerung ist besonders auffällig, da sonst bei den *Würmern* umgekehrt der After terminal angebracht, die Mundöffnung dagegen durch den Kopfplatten überwölbt und auf die Bauchseite verdrängt zu sein pflegt. Der an den Mund anschließende muskulöse, zum Saugen dienende und daher mit radialen Muskeln ausgerüstete Ösophagus schwillt an seinem Ende zu dem Pharyngealbulbus an und ist in ganzer Ausdehnung von einer Cuticula ausgekleidet. Von

Fig. 232. Anatomie einer jungen weiblichen *Ascaris* (zugrunde gelegt eine Zeichnung von Leuckart). *p* Pharynx, *d* Darm, *v* ventrale Linie, *s* Seitenlinien, *va* Vagina, *o* Ovar.

da bleibt sich gewöhnlich die Beschaffenheit des Darmes bis in die Nähe des Afters gleich (Fig. 232). Umfaßt wird der Anfang des Ösophagus von einem Nervenring, welcher nach vorn und rückwärts eine größere Zahl Längsnerven (besonders starke in Bauch- und Rückenlinie) abgibt. An verschiedenen Stellen des Nervenrings und im Verlauf des Bauchnerven, sowie im Umkreis des Enddarms liegen in Gruppen einige wenige riesige Ganglienzellen, ohne daß es jedoch wie sonst bei den *Würmern* zur Bildung typischer Ganglienknoten käme. Als Sinnesorgane sind bekannt: a) Tastpapillen besonders im Umkreis von Mund- und Genitalöffnung, b) Augenflecke bei wenigen freilebenden Formen.



Darm.

Nerven-
system.

Sehr einfach ist der Bau der Geschlechtsorgane der getrenntgeschlechtlichen, nur ausnahmsweise hermaphroditen Tiere. Männchen und Weibchen sind, abgesehen von den Kopulationsorganen, daran leicht zu unterscheiden, daß die Geschlechtsorgane der ersteren von vorn und unten in den Enddarm münden, welcher hierdurch zur Kloake wird (Fig. 236 c), während die Weibchen (Fig. 232) eine besondere Geschlechtsöffnung haben, die ventral zwischen Mund und After je nach den Arten bald mehr nach vorn, bald mehr nach hinten liegt. Im übrigen ähneln sich beide Geschlechter im Bau der Fortpflanzungsorgane. Beidesmal handelt es sich um lange, bei großer Fruchtbarkeit in vielen Windungen auf- und absteigende Röhren, deren blindes, in einen feinen Faden ausgezogenes Ende die Keimzellen liefert (Hoden, Ovar), während der Rest als Samenblase resp. Receptaculum seminis und Ausführweg dient. Beim Männchen ist die Genitalröhre in der Regel einfach; beim Weibchen kann sie ebenfalls einfach sein, ist aber häufiger doppelt, wobei dann linke und rechte Röhre erst kurz vor der Mündung sich vereinigen (Fig. 232 va). Als Kopulationsorgane funktionieren beim Männchen am häufigsten Spicula, meist paarige, gekrümmte Stacheln, welche hinter dem Darm in einer Scheide eingeschlossen sind und durch die Kloakenspalte hervorgestoßen werden können; Retractoren, welche sich an das hintere Ende der Spicula befestigen, ziehen sie in die Ruhelage zurück. Dazu kommen ab und zu linke und rechte Klappen zum Festhalten des Weibchens, oder die Kloake ist, wie bei den *Trichinen*, vorstülplbar.

Geschlechtsorgane.

Da eine Begattung stattfindet, werden die Eier stets im Uterus des Weibchens befruchtet; sie werden bald danach oder nach Ausbildung von Embryonen abgelegt. Manche *Nematoden*, wie die *Trichine*, sind sogar vivipar. Die Entwicklung erfolgt unter periodischen Häutungen, bei freilebenden Arten meist ohne erhebliche Formveränderungen; bei Parasiten dagegen kann sie einen sehr verwickelten Verlauf annehmen; sie ist hier von besonderem Interesse, weil sie lehrt, auf welchem Weg Parasiten aus freilebenden Formen entstanden sein mögen. Wir gehen dabei von den *Anguilluliden* aus. Bei *Rhabdonema nigrovenosum* und *Strongyloides stercoralis* besteht ein Generationswechsel (Heterogonie) zwischen einer freilebenden, getrenntgeschlechtlichen Rhabditiform und einem hermaphroditen Parasiten. Bei *Strongyloides* kommt es nun vor, daß unter ungünstigen Existenzbedingungen die Rhabditiform im Freien nicht geschlechtsreif wird, sondern als Larve in den Wirt zurückkehrt und sich hier in die parasitische Form verwandelt. Was hier ausnahmsweise eintritt, ist bei *Ankylostomum duodenale* die Norm. Die damit eingeleitete Abkürzung der freien Lebenszeit hat bei den *Ascariden* weitere Fortschritte gemacht, insofern die Eier zwar auch noch ins Freie geraten und je nach den Arten längere oder kürzere Zeit hier verweilen müssen, aber erst ausschlüpfen, wenn sie durch Verunreinigung der Nahrung in den Wirt zurückgebracht werden. Dabei hat sich eine merkwürdige Erscheinung herausgestellt. Die Rhabditislarven von *Strongyloides* und *Ankylostomum* sollen in den Menschen zurückgelangen, indem sie sich durch die Haut einbohren und den Umweg durch die Lunge einschlagen, ehe sie zu Darmparasiten werden. Dieser Umweg über die Lunge soll auch bei den Larven der *Ascariden* beibehalten werden, obwohl hier die Eier durch den Mund aufgenommen werden. — Schließlich gibt es Formen, welche, wie die *Trichine*, niemals mehr ins Freie geraten, deren Transport von Wohntier zu Wohntier durch Cystenzustände vermittelt wird, welche durch Verfütterung verschleppt werden. Angebahnt wird diese

Entwicklung.

rein parasitische Lebensweise durch Arten, deren im Wasser sich entwickelnde rhabditisartige Larven in Zwischenwirte eindringen, um sich zu encystieren, wie z. B. die Larven von *Filaria medinensis* in *Cyclopiden*.

1. Familie. *Anguilluliden*. Kleine, fadenförmige *Nematoden*, meist mit doppelter Pharyngealanschwellung, welche im Schlamm oder in organischen Flüssigkeiten oder in Pflanzen, seltener in Tieren leben; Männchen mit zwei Spicula. *Anguillula aceti* O. Fr. M., Essigälchen, im Kleister und Essig als ein weißlicher, geschickt schwimmender, 2 mm langer Wurm. *Angiostomum* (*Rhabdonema*) *nigrovenosum*, noch nicht 1 mm lang, im Schlamm lebend, steht in Heterogonie mit einem zweiten Tier, welches in der Lunge des Frosches wohnt und wegen der Mundpapillen früher zu den *Ascariden* gestellt wurde. Das *Angiostomum* ist getrenntgeschlechtlich, die *Ascaris*form hermaphrodit. Sehr ähnlich ist der Entwicklungsgang des 1 mm großen *Strongyloides stercoralis* Bavay (*Rhabdonema strongyloides* Leuck.), welcher ebenfalls in feuchter Erde, aber, wie es scheint, nur in wärmerem Klima (25—30° C) lebt; seine Nachkommenschaft entwickelt sich im menschlichen Darm zu der 2 mm langen wahrscheinlich hermaphroditen, früher „*Anguillula intestinalis*“ genannten Form, deren Tochterlarven mit den Faeces den Darm verlassen und als *Stercoralis*form im Freien geschlechtsreif werden.

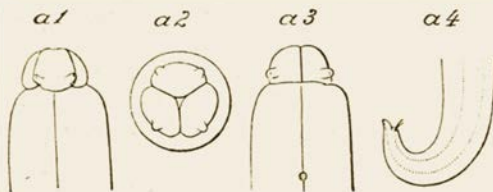


Fig. 233. *Ascaris lumbricoides* (sus Hatschek). a¹ dorsale, a² ventrale Ansicht des Kopfes, a³ Kopfende von oben betrachtet, a⁴ Hinterende des Männchens; in Fig. a³ ist noch die Mündung der Niere, in Fig. a⁴ der Spicularapparat zu sehen.

In vielen Fällen scheint nun die freilebende Generation insofern ausfallen zu können, als die nach außen gelangten Larven hier nicht geschlechtsreif werden, sondern sich in die Haut des Menschen einbohren, in den Darm überwandern und sich in die *Intestinalis*form verwandeln. Der Parasit, früher nur aus den Tropen bekannt, ist in der letzten Zeit häufig in Norditalien und auch in Deutschland beobachtet worden; es scheint, als ob in den Tropen die Heterogonie, in gemäßigtem Klima die direkte Entwicklung (Ausfallen der freilebenden Generation) überwiege.

Zu den *Anguilluliden* gehören endlich zahlreiche Pflanzenparasiten, die vielen, kleinen Schädlinge der Landwirtschaft. *Tylenchus tritici* Neidh. befällt den Weizen, *T. devastatrix* Kühne den Roggen und viele andere Pflanzen, *Heterodera Schachtii* Neidh. die Rüben. Besonders Roggen und Rüben erleiden durch die rapide Vermehrung der Parasiten großen Schaden; es tritt die „Müdigkeit“ des Bodens ein, die Erscheinung, daß Boden, welcher jahrelang hindurch ausschließlich mit einer dieser Pflanzen bestellt wurde, immer schlechtere Ernten liefert, weil immer mehr Pflanzen den Parasiten erliegen.

2. Familie. *Ascariden*. Mundöffnung meist von drei Lippen (einer dorsalen, zwei ventralen) umstellt; Männchen meist mit zwei Spicula. Außer den zahlreichen *Ascariden*, welche man eingekapselt oder frei beweglich und geschlechtsreif in *Fischen* und anderen *Wirbeltieren* findet, gehören hierher die zwei verbreitetsten Parasiten des Menschen, der Spulwurm oder *Ascaris lumbricoides* und der *Spring-* oder *Madenwurm*, die *Oxyuris vermicularis*. Die auch bei Schweinen vorkommende *Ascaris lumbricoides*

L. (Fig. 233) bewohnt den Dünndarm, öfters in enormen Mengen (Wurmknoten); ihren Namen hat sie der Ähnlichkeit mit dem Regenwurm zu verdanken, von dem sie sich jedoch durch den Mangel der Gliederung sofort unterscheidet. Auch ist der Spulwurm größer und schlanker, das Weibchen 20—25, selten sogar 40 cm, das Männchen nur 15—17, selten 25 cm lang. Die Tiere sind von enormer Fruchtbarkeit, indem das Weibchen ca. 64 Millionen Eier enthält. Die Eier sind leicht an ihrer Gestalt zu erkennen (Fig. 222 a); sie werden kurze Zeit nach der Befruchtung mit den Fäkalien aus dem Darm entleert, entwickeln sich aber ohne Zwischenwirt, wenn sie nach Verlauf von 1—2 Monaten, in welcher Zeit sich Embryonen gebildet haben, in den menschlichen Darm zurückgelangen. Eine ähnliche Entwicklungsweise gilt für *Oxyuris vermicularis* L., nur mit dem Unterschiede, daß die Eier schon bei der Geburt einen Embryo enthalten, weshalb sie nach kurzem Aufenthalt außerhalb des menschlichen Körpers schon infektiös sind (Fig. 222 c). Das weibliche Tier besonders häufig bei Kindern, lebt im unteren Abschnitt des Dünndarms, im Blinddarm und Dickdarm, wandert in den Mastdarm über und erzeugt beim Auswandern aus dem After heftiges Jucken; das 1 cm lange Weibchen verlängert sich rückwärts in einen pfriemenförmigen Schwanz, der den Namen veranlaßt hat. Das Männchen ist etwa halb so groß. — Bekannte Tierparasiten sind ferner die *A. megaloccephala* Cloquet, *Oxyuris equi* Schrank, beide im Pferd, *A. mystax* Zed. in Hund und Katze, selten auch im Menschen, *Heterakis maculosa*, welche bei Tauben ganze Zuchten vernichtet (Infektion direkt).

3. Familie. *Strongyliden* sind im männlichen Geschlecht leicht an der

mit zwei Spicula ausgerüsteten Bursa zu erkennen, einer aus zwei flügelartigen Fortsätzen bestehenden Verbreiterung des hinteren Körperendes; häufig, aber nicht konstant, ist die Erweiterung des Anfangsdarmes zu einer von Papillen umstellten Mundkapsel.

Strongylus gigas Rud., 1 m lang, lebt im Nierenbecken des Wolfes, Hundes usw., äußerst selten des Menschen. — In der Lunge leben *Str. filaria* Rud. bei Schaf, Ziege, Gemse und anderen Wiederkäuern, 5—10 cm lang, *Str. micrurus* Mehl. bei Kälbern, *Str. apri* Gmd. bei Schweinen, *Str. retortaeformis* Zd. und *Str. commutatus* Dies bei Hasen, ersterer auch im Darm. Im Pferdedarm *Strongylus tetracanthus*, 1—1½ cm, bei massenhafter Infektion tödlich. — *Syngamus trachealis* Sieb., 1—2 cm, in der Trachea der Hühner und anderer Vögel, Männchen und Weibchen stets in Copula. — *Sclerostomum equinum* Duj., 2—5 cm, in Aorta und Darm des Pferdes. *Ankylostomum (Dochmius) duodenale* Dub. (Fig. 234), Weibchen etwas größer, Männchen etwas kleiner als 1 cm, lebt im Dünndarm des Menschen und erzeugt durch sein Saugen im Gewebe der Schleimhaut starke Blutverluste, was eine hochgradige Bleichsucht verursacht

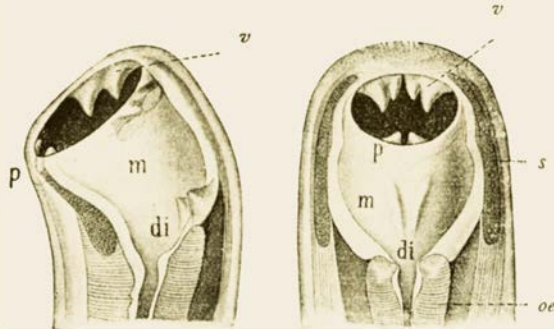


Fig. 234. Vorderes Ende von *Ankylostomum duodenale* in Seiten- und Rückenansicht. *m* Mundkapsel, *oc* Ösophagus, *v* ventrale Zähne, *p* dorsale Zähne des Mundrandes, *di* untere Zähne, *s* seitliche Drüsen (im Anschluß an Looss).

(*Chlorosis aegyptiaca*). Es besitzt eine geräumige Mundkapsel, deren Rand mit Zähnen zum Festhalten an der Darmschleimhaut, deren Grund mit zwei zahnartig zugespitzten Längsfalten bewaffnet ist. Die Eier entwickeln sich im Schlamm und feuchter Erde zu kleinen, rhabditisartigen Larven, welche zwei Häutungen durchmachen und auf zwei Wegen in den menschlichen Darm gelangen können, wo sie geschlechtsreif werden. Die Regel

Fig. 236.



Fig. 235. *Trichocephalus trichiurus (dispar)*. Männchen, mit dem vorderen Ende in die Darmschleimhaut eingelassen (aus Leuckart).

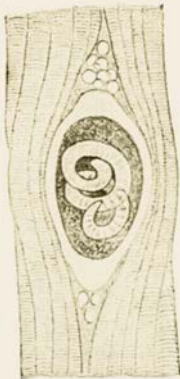


Fig. 237. Muskeltrichine (nach Leuckart).



Fig. 236. Männchen von *Trichinella spiralis* (aus Hatscheck). *c* Kloake, *h* Hoden, *z* Zellkörper, *n* Gegend des Nervenrings.

ist, daß sich die im Wasser lebenden Larven aktiv in die Haut einbohren. Ferner ist es möglich, daß die durch ihre zweite Larvenhaut wie von einer Cyste vor dem Vertrocknen geschützten Tiere durch Verunreinigung der Nahrung in den Darm gelangen. Die Krankheit tritt besonders bei Leuten auf, die gezwungen sind, in schlammigem Wasser zu arbeiten (Fellahs von Ägypten), oder die viel mit feuchter Erde zu tun haben (Ziegel- und Erdarbeiter). Nachdem sie schon lange aus Italien, Ägypten und den Tropen bekannt war, trat sie bei den Arbeitern des Gotthardtunnels endemisch auf und hat sich auch in Deutschland in Bergwerken, wo die höhere Temperatur das Fortkommen der Larven außerhalb des Menschen ermöglicht, enorm verbreitet. Nahe verwandt in Bau und Entwicklungsweise der viel gefährlichere, in Amerika weit verbreitete *Necator americanus* Stiles. — Beim Hund erzeugen perniciose Anämie *A. trigonocephalum*, 9–20 mm, und *A. stenocephalum*, 6–10 mm.

4. Familie. Trichotracheliden.

Die *Trichotracheliden* verdanken ihren Namen „Haarhalse“ dem Umstande, daß ihr vorderes Körperende haarartig verlängert ist. Dasselbe umschließt eine Reihe großer Zellen, die wie Stücke einer Geldrolle hintereinander gereiht sind. In eine Rinne dieses Zellstranges ist der zu einem dünnen Faden ausgezogene Ösophagus eingebettet. Am längsten bekannt ist der Peitschenwurm, *Trichocephalus trichiurus* L. (*dispar* Rud.) des Menschen (Fig. 235). Das Weibchen 3 bis 5 cm groß, das Männchen nur wenig kleiner. Hinterer Körperabschnitt sehr viel dicker als das peitschenschnurartige Vorderende. Letzteres wird korkzieherartig in die Darmschleimhaut eingebohrt

oder zwischen die Schleimhautfalten eingelagert, hauptsächlich im Bereiche des Blinddarms. Da der Wurm keine Beschwerden macht, ist seine Anwesenheit nur an den ovalen, mit den Fäkalien abgehenden Eiern zu erkennen (Fig. 222 d). Die Infektion wird direkt durch Import entwicklungs-

fähiger Eier herbeigeführt. Im Blinddarm von Wiederkäuern: *Trichocephalus affinis* Rud.

Die zweite Trichotrachelide, die *Trichinella (Trichina) spiralis* Owen (Fig. 236, 237), ist viel kleiner als der *Trichocephalus*, zugleich aber viel gefährlicher. Man unterscheidet zwei Zustände, die eingekapselte *Muskeltrichine* und die geschlechtsreife *Darmtrichine*. Erstere wurde, nachdem sie schon zweimal vorher (1828 und 1833) beobachtet worden war, auf Grund eines Materials, welches der Student der Medizin Paget auf dem Präpariersaal entdeckt hatte, 1835 von Owen beschrieben. Die *Darmtrichine* wurde sehr viel später durch Leuckart und Virchow aufgefunden, ihr Entwicklungsgang durch diese beiden Forscher und Zenker festgestellt; das Verdienst, ihre große Bedeutung für die Krankheitslehre aufgeklärt zu haben, gebührt dem letztgenannten Forscher und Virchow. Die *Muskeltrichine* findet sich in den Muskeln von Schwein, Ratte, Maus, Mensch, Kaninchen, Meerschweinchen, Hund, seltener von Fuchs, Katze u. a. (nie bei Vögeln), eingeschlossen in einer ovalen, zitronenförmigen Kapsel, welche 0,4—0,6 mm lang ist und daher eben noch von einem geübten Beobachter mit bloßem Auge erkannt werden kann; etwas leichter zu sehen sind die Kapseln, wenn sie verkreiden und, mit kohlsaurem Kalk imprägniert, eine weißliche Farbe annehmen. Zum sicheren Nachweis bedarf es der Untersuchung zerzupfter Fleischstücke mittels des Mikroskopes, wenn auch nur mit schwachen Vergrößerungen. In der Kapsel liegt der ca. 1 mm lange Wurm in spiralen Windungen aufgerollt; zur Erlangung der Geschlechtsreife muß er in den Darm eines neuen Wirts transportiert werden. Wenn z. B. ein Mensch trichinöses Schweinefleisch verzehrt, werden die Trichinen durch die Einwirkung des das Schweinefleisch und die Kapsel lösenden Magensaftes befreit; sie gelangen in den Dünndarm und werden innerhalb weniger Tage geschlechtsreif; das Weibchen (3—4 mm lang, das Männchen 1,5 mm) dringt in die oberflächlichste Schicht der Darmzotten ein und gebiert im Laufe von ca. 5 Wochen an 1500 lebendige Junge. Nach Ablage der jungen Brut sterben die Muttertrichinen ca. 6—7 Wochen nach der Infektion ab. Die jungen 0,1 mm großen Larven dringen dagegen in die Lymphgefäße des Darms ein, gelangen durch den Ductus thoracicus in die Blutgefäße und wandern von den Capillaren in die Muskeln, besonders in solche, die viel benutzt werden und daher stark von Blut durchströmt sind: Zwerchfell, Augenmuskeln, Halsmuskulatur. Am Orte der Bestimmung angelangt, bohren sich die Tiere in die Sarcolemmschläuche ein, bedingen den Zerfall der Muskelsubstanz und nähren sich vom Detritus, bis sie eine gewisse Größe erreicht haben und vom Wirt abgekapselt werden. Die Wanderungen der jungen Trichinen fallen hauptsächlich in die 2.—6. Woche, dauern aber mit abnehmender Intensität bis in die 6. Woche nach der Infektion; die Encystierung erfolgt im Verlaufe des 3. Monats. Die Krankheitssymptome gehen zunächst von dem stark gereizten Darm aus; später tritt die Entzündung der Muskeln in den Vordergrund.

5. Familie. Die *Filariden* sind *Nematoden* von sehr langgestreckter fadenartiger Gestalt; ihr bekanntester Vertreter ist *Filaria (Dracunculus) medinensis* L., ein im weiblichen Geschlecht fast 1 m langer Wurm, welcher die Dicke einer starken Baßsaite besitzt und eine schon den Griechen als Dracontiasis bekannte Krankheit verursacht. Das Männchen soll nur 4 cm groß sein. In der Haut bilden sich Beulen, welche aufplatzen und zu Geschwüren werden, an deren Grund der Wurm zum Vorschein kommt. Die Embryonen werden durch Platzen des Muttertieres frei, müssen ins

Wasser gelangen und dringen hier in kleine *Crustaceen* der Gattung *Cyclops* ein. Der Mensch erkrankt wahrscheinlich, indem er mit dem Trinkwasser die Parasitenträger verschluckt. Der Medinawurm ist am längsten aus dem Orient bekannt; er findet sich weit verbreitet in den Tropen (Asien, Afrika), wurde in der Neuzeit auch nach Amerika verschleppt.

Eine zweite tropische Filaride ist die in Lymphdrüsen wohnende, 7—8 cm lange *Filaria Bankrofti* Cobbold, die ihre Brut in die Blutgefäße des Menschen absetzt, so daß das Blut dann von vielen Tausend 0,3 mm großer Würmer wimmelt. Diese wandern öfters durch die Nieren aus, heftige Beschwerden (Milch- und Blutharn) veranlassend. Die Verbreitung der Krankheit erfolgt wie bei der *F. immitis* des Hundes durch Moskitos. In ähnlicher Weise setzen auch andere *Filarien* des Menschen ihre Larven ins Blut ab und werden durch Moskitos übertragen, so *Filaria loa* Gujot aus der Conjunctiva und anderen Stellen des Bindegewebes, *F. labialis* Pane aus der Mundschleimhaut, *F. perstans* Manson aus dem Mesenterium usw. Daher der Sammelname *F. sanguinis hominis*. Von Tierparasiten seien genannt *F. equina* Gmd. im Peritoneum des Pferdes, *F. haemorrhagica* Raill. (ähnlich dem *Dracunculus*) in der Haut des Pferdes, *F. immitis* Leidy im Herz des Hundes, Larven im Blut.

Anhang. *Mermithiden* und *Gordiiden* sind langgestreckte Würmer, die in ihrer Gestalt an *Filariden* erinnern. Erstere zeigen den Bau der *Nematoden*, letztere (*Gordius aquaticus* L.) weichen von ihnen ganz erheblich ab. In der Entwicklung zeigen beide Familien große Ähnlichkeit, ihre Larven dringen in die Leibeshöhle von *Insekten* ein und entwickeln sich hier zur Geschlechtsreife. Bei Regenwetter wandern die Tiere aus, um ihre Eier im Wasser abzusetzen. Das so sich erklärende zeitweilige massenhafte plötzliche Auftreten von *Mermis nigrescens* Dey. war Veranlassung zur Sage vom Wurmregen.

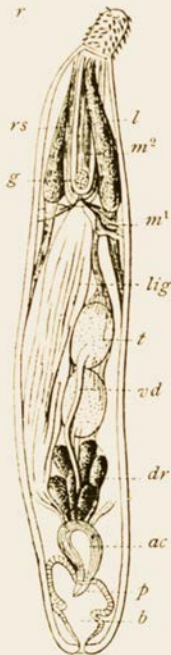


Fig. 238. *Echinorhynchus angustatus*. Männchen (aus Hatschek). *r* Rüssel mit Haken, *rs* Rüsselscheide, *m¹*, *m²* Retractoren des Rüssels und der Rüsselscheide, *g* Ganglion, *lig* Ligament, *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *dr* Drüsen, *ac* Samenblase, *p* Penis, *b* Beutel des Penis, *l* Lemnisk.

IV. Klasse.

Acanthocephalen, Kratzer.

Die Arten der *Acanthocephalen*, lange Zeit der einzigen Gattung *Echinorhynchus* eingeordnet (Fig. 238), leben im Darm von Wirbeltieren, so z. B. *E. (Gigantorhynchus) gigas* Goeze im Darm des Schweins, *E. proteus* Westr. in Fischen, äußerst selten *E. hominis* Lambl. im Darm des Menschen. Sie gleichen den *Ascariden* in ihrer Erscheinung, unterscheiden sich aber leicht von ihnen durch die Anwesenheit des Rüssels, eines Zapfens, welcher durch Retractoren eingestülpt und zurückgezogen und durch Kontraktion einer muskulösen Scheide ausgestülpt werden kann. Der Rüssel bohrt sich in die Darmwand ein und ist zum Festhalten mit Widerhaken besetzt, die in Quer- und Längsreihen stehen. In der inneren Anatomie sind wichtige Unter-

schiede zu den *Nematoden* der gänzliche Mangel des Darms, der eigenartige Bau der Geschlechtsorgane und ein im Hautmuskelschlauch liegendes geschlossenes, wahrscheinlich zur Ernährung dienendes Gefäßnetz, welches sich auf zwei neben der Rüsselscheide gelegene Anschwellungen, die Lemniskcn, ausdehnt; zwischen den Lemniskcn und mitten auf dem Rüssel liegt das unpaare Ganglion. Zu ihrer Entwicklung bedürfen die *Echinorhynchen* eines Zwischenwirts; man findet ihre mit einem vorderen Hakenkranz versehenen Larven in *Arthropoden*, die des *E. proteus* in *Crustaceen* (Wasserasseln, Flohkrebseu), die des *E. gigas* in *Insekten* (Maikäfern).

Über die Bildung des Geschlechtsapparats sei folgendes bemerkt: Die Tiere sind getrenntgeschlechtlich. Die Männchen (Fig. 238) besitzen paarige Hoden und paarige Samenleiter, die in einen unpaaren Abschnitt des Geschlechtsapparates münden; letzterer kann als ein glockenförmig gestalteter Penis bei der Begattung ausgestülpt werden. Beim Weibchen lösen sich die Ovarien frühzeitig in zahlreiche Gruppen von Eizellen auf, welche meist frei in der Leibeshöhle herumflottieren. Die reifen Eier werden auf höchst merkwürdige Weise nach außen befördert: es existiert ein muskulöser Uterus, der mittels zweier enger Kanäle mit der nach außen mündenden Scheide zusammenhängt; der Uterus nimmt ohne Wahl reife befruchtete und unreife Eier mit Hilfe einer weiten Mündung am oberen Ende (Uterusglocke) auf. Nur die langgestreckten, mit einer Schale versehenen, Embryonen enthaltenden Eier vermögen die engen Kanäle zu passieren und so in die Scheide und weiterhin nach außen zu gelangen; die unreifen rundlichen Eier werden durch eine untere Öffnung in die Leibeshöhle zurückbefördert. Neben dem Geschlechtsapparat münden bei *E. gigas* Exkretionsorgane vom Baue der Wassergefäße der *Plattwürmer*.

III. Unterstamm.

Cölhelminthen.

V. Klasse.

Chätognathen, Pfeilwürmer.

Um in das Studium der Leibeshöhlenwürmer einzuführen, sind am meisten geeignet die *Chätognathen*, glashelle, 1—5 cm lange Würmer, welche an der Oberfläche des Meeres Jagd auf andere pelagische Tiere machen und ihren blitzschnellen Bewegungen und zum Teil auch ihrer Körpergestalt den Namen *Sagitten* oder *Pfeilwürmer* verdanken. Die Tiere schwimmen mit horizontal gestellten, von besonderen Strahlen gestützten Flossen, deren eine das Schwanzende umgreift, während ein oder zwei weitere Paare seitlich am Rumpfe sitzen (Fig. 239). Zum Ergreifen der Beute dienen ihnen zwei Lappen, welche vorn links und rechts von der Mundöffnung gelegen und mit kräftigen hakenartigen Borsten (daher *Chätognathen*, *Borstenkiefer*) bewaffnet sind. Innerlich ist der Körper deutlich in drei Segmente geschieden, Kopf, Rumpf und Schwanz, weil die Leibeshöhle durch quere Scheidewände in drei Kammern zerfällt; Kopf-, Rumpf- und Schwanzleibeshöhle. Jede Kammer wiederum besteht aus einer linken und rechten Hälfte, da ein Mesenterium in sagittaler Richtung ausgespannt ist, in welchem der geradegestreckte Darm verläuft.

Letzterer mündet am Ende des Rumpfabschnitts, ohne in den Schwanzabschnitt einzutreten.

Das Nervensystem ist noch vollkommen ectodermal; im Kopfabschnitt (Fig. 240) bildet es ein dorsales verschmolzenes Paar Hirnganglien, wie wir sie schon von den *Plattwürmern* her kennen, im Rumpfabschnitt außerdem noch ein großes ventrales Ganglion, die erste Anlage des bei den *Anneliden* höher entwickelten Bauchmarks, Kopf- und Bauchganglien sind durch lange Schlundkommissuren untereinander verbunden (Fig. 239). Sehr interessant, weil auch für *Nematoden* und die meisten *Anneliden* charakteristisch, ist die histologische Beschaffenheit der Muskulatur, welche nur aus longitudinalen Fasern besteht. Die Leibeshöhle wird von einem Epithel ausgekleidet,

Fig. 239.



welches parietales Mesoderm heißen mag, soweit es an das Ectoderm grenzt, viscerales Mesoderm, soweit es das Darmrohr überzieht (Fig. 206). Das parietale Mesodermepithel hat die Muskelfasern ausgeschieden, deren Masse in vier Felder abgeteilt ist, ein rechtes dorsales und ein rechtes und ein linkes ventrales.

Fig. 240.

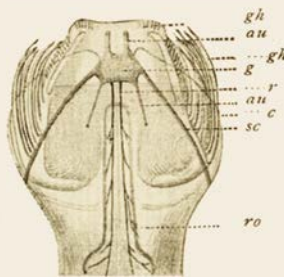


Fig. 240. Kopf von *Sagitta bipunctata* in dorsaler Ansicht (nach O. Hertwig aus Lang). *g* Hirnganglion, *gh* Borsten, *sc* Schlundkommissur, *ro* Riechorgan, *au* Auge mit Nerv, *c* Borstenträger, *r* Riechnerv.

Fig. 239. *Sagitta hexaptera* (nach O. Hertwig) von der Bauchseite gesehen. *m* Mund, *d* Darm, *sc* Schlundkommissur, *bg* Bauchganglion, *fl*, *sfl* Flossen, *ov* Ovar, *ovd* „Oviduct“ (wird neuerdings als Receptaculum seminis gedeutet), *h* Hoden, *sl* Samenleiter, *s* Spermatozoen, *sb* Samenblase, *a* After, *dis* Scheidewand zwischen Rumpf- und Schwanzhöhle, *w* Längsscheidewand in letzterer.

Die Entwicklungsgeschichte der *Sagitten* ist nach zwei Richtungen hin von Bedeutung: 1. Der Urdarm wird durch zwei seitliche Falten in

Die *Chätognathen* wie auch die *Nematoden* und *Anneliden* führen somit die uns von den *Cöelenteraten* her bekannte Einrichtung der Epithelmuskulzellen fort. Im Epithel der Leibeshöhle entstehen auch die Geschlechtszellen: im Rumpfabschnitt die Eier, im Schwanzabschnitt dagegen die Anlagen der Hoden. Frühzeitig lösen sich die Samenbildungszellen ab, fallen in die Leibeshöhle und reifen hier zu Spermatozoen, die durch Kanäle ausgeleitet werden, welche durch ihre Verbindung mit der Leibes-

einen unpaaren mittleren und zwei paarige seitliche Räume zerlegt; ersterer ist der bleibende Darm, letztere sind die Anlagen der Leibeshöhle oder die Cölomdivertikel; die Leibeshöhle ist somit eine Ausstülpung der Darmhöhle (S. 150, Fig. 109). Wegen dieser Bildungsweise der Leibeshöhle und dem Verhalten des Urmunds werden die *Chätognathen* von vielen Zoologen zu den *Deuterostomiern* gerechnet und demgemäß mit *Tunicaten*, *Wirbeltieren* und *Echinodermen* vereinigt. 2. Die Geschlechtsorgane lassen sich auf ein Paar Zellen im primitiven Entoblast zurückführen, die später in die Epithelaukleidung der Leibeshöhle gelangen. Jede Zelle teilt sich in eine vordere und hintere; da die vordere das Ovar, die hintere den Hoden liefert, so sind bei *Sagitta* die männlichen und weiblichen Geschlechtszellen unzweifelhaft Abkömmlinge einer gemeinsamen Mutterzelle. Man kennt nur wenige Arten und Gattungen. *Sagitta hexaptera* d'Orb.

VI. Klasse.

Anneliden, Ringelwürmer.

Im Stamm der Würmer nehmen die *Anneliden* oder *Ringelwürmer* die höchste Stufe ein; sie führen die bei den *Chätognathen* angebahnte Organisation zu höherer Vollendung. Die dort nur durch die Dreiteilung der Leibeshöhle ausgedrückte Gliederung des Körpers gewinnt bei ihnen Einfluß auf die äußere Erscheinung — Ringelung oder äußere Gliederung des Körpers — und auf die Anordnung der wichtigsten Organe — metamere Anordnung der Exkretionsorgane, des Nervensystems, des Blutgefäßsystems: innere Gliederung. Dazu kommt die außerordentliche Vermehrung der Zahl der Segmente, welche weit über hundert betragen kann. Zur epithelialen Längsmuskulatur gesellt sich eine äußere Schicht mesenchymatöser Ringmuskeln. Wir können somit die Anneliden definieren als Würmer mit Leibeshöhle und mit äußerer und innerer Gliederung. Voll und ganz paßt diese Definition jedoch nur auf einen Teil der hier zu besprechenden Formen, auf die *Chätopoden* und die denselben nahestehenden *Archianneliden* oder *Uranneliden*. Bei anderen Formen fehlt eines der beiden wichtigsten Merkmale, bei den *Gephyrean* fehlt die Gliederung, bei den *Hirudineen* meistens die Leibeshöhle. Wenn wir trotzdem beide Unterklassen zu den *Anneliden* rechnen, so geschieht es, weil wichtige anatomische und entwicklungsgeschichtliche Merkmale es mindestens in hohem Grade wahrscheinlich machen, daß *Hirudineen* und *Gephyrean* von typischen *Anneliden* abstammen und die fehlenden Merkmale — die *Hirudineen* die geräumige Leibeshöhle, die *Gephyrean* die Gliederung — früher besessen und durch Rückbildung verloren haben.

I. Unterklasse.

Chätopoden, Borstenwürmer.

Als Leibeshöhlenwürmer teilen die *Chätopoden* mit den *Nematoden* die rundliche, auf dem Querschnitt annähernd einen Kreis ergebende Körporgestalt; sie unterscheiden sich von ihnen sofort durch ihre Gliederung. Tiefe, ringförmige Kerben markieren äußerlich die Grenzen der Segmente (Fig. 241); innerlich zerfällt die Leibeshöhle meistens durch die Septen, zarte, schleierartige Membranen, die vom Hautmuskelschlauch an den Darm treten, in ebensoviel Kammern, als Metameren vorhanden sind (Fig. 242 *d*). Auch der Darm kann zur äußeren Unterscheidung

Gestalt.

dienen; derselbe ist zwar je nach der Ernährungsweise bei den einzelnen Tieren sehr verschieden, zeigt aber das konstante Merkmal, daß der After genau terminal am hinteren Ende liegt, während die Mundöffnung ventral verschoben und von einem ansehnlichen Kopflappen (Prostomium) überdacht ist.

Nerven-
system und
Sinnes-
organe.

Unter dem Einfluß der Gliederung stehen fast sämtliche übrigen Organsysteme: Das Nervensystem, die Blutgefäße und die Exkretionsorgane.

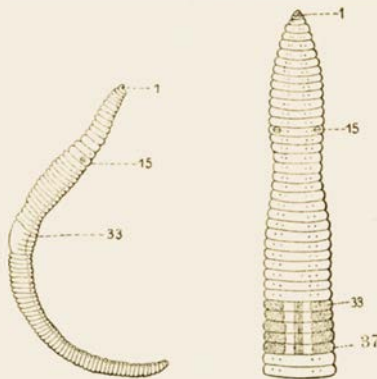


Fig. 241. Seitliche Ansicht des Regenwurms und vorderes Ende desselben, stärker vergrößert und von unten betrachtet. 1 erstes Segment mit Mund und Kopflappen, 15 fünfzehntes Segment mit männlicher Geschlechtsöffnung, 33—37 Clitellum (nach Vogt und Yung).

Das Nervensystem ist ein typisches Strickleiternnervensystem; es beginnt mit den im Kopflappen liegenden oberen Schlundganglien; dann lenken die Schlundkommissuren auf die Bauchseite über, um das Bauchmark zu bilden, welches fast aus ebenso vielen, durch Längskommissuren verbundenen Ganglienpaaren besteht, als Segmente vorhanden sind. Diese gleichförmige Anordnung des Nervensystems ist von besonderem Interesse, indem in ihr am deutlichsten ein Grundzug der Annelidengliederung zutage tritt, durch den sich die *Ringelwürmer* wesentlich von den ebenfalls gegliederten *Wirbeltieren* und den meisten *Arthropoden* unterscheiden. Die Segmentierung ist eine homonome, indem es nur in untergeordnetem Maße zu einer verschiedenartigen Entwicklung, einer Arbeitsteilung der Metameren gekommen ist.

Im Kopflappen liegen stets Tastapparate (Sinneszellen mit Tasthaaren), außerdem über den ganzen Körper verbreitet freie Nervenendigungen. Meistens finden sich auch Augen (Fig. 80, 81), die jedoch nur bei einigen marinen Formen eine höhere Ausbildung (Linse,

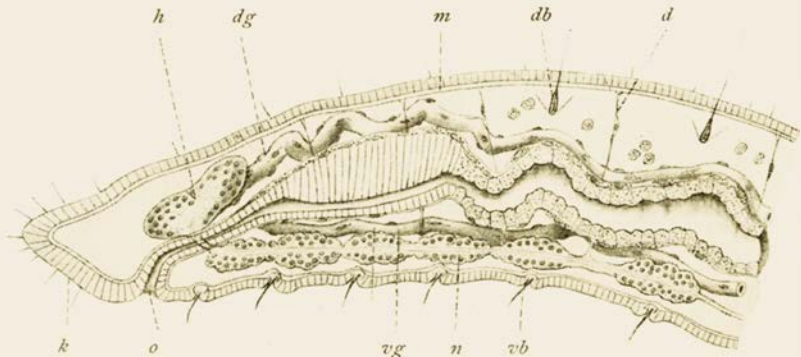


Fig. 242. Vorderes Ende von *Nais elinguis*. *h* Hirn (oberes Schlundganglion), durch die Schlundkommissur mit dem Bauchmark (*n* Strickleiternnervensystem) verbunden, *dg* kontraktile dorsaler, *vg* ventraler Blutgefäßstamm, *m* Muskelschicht der Haut, *db* dorsale, *vb* ventrale Borsten, *d* Dissepimente oder Septen, *k* Kopflappen, *o* Mundöffnung.

Glaskörper, Retina) erfahren; Statocysten sind selten (bei den festsitzenden *Serpuliden* und *Terebelliden* und den im Sande grabenden *Arenicolen*), weit verbreitet dagegen, wenn auch nicht in allen Abteilungen beobachtet,

sind die Nackenorgane, wimpernde Stellen am Kopf (Geruchsorgane?), ferner Sinnesknospen, die nach ihrer Lage und auf Grund von Experimenten als Geschmacksorgane gedeutet werden; sie sind besonders zahlreich am Kopf und in der Mundhöhle, finden sich aber auch in ringförmiger Anordnung an den Rumpfsegmenten der *Oligochäten*.

Von Blutgefäßen (Fig. 242—244) sind am verbreitetsten zwei Hauptstämme, die häufig, wie z. B. bei den *Regenwürmern*, von Hämoglobin rotgefärbtes Blut führen. Der eine Stamm, der dorsale, liegt auf dem Darm, der andere, der ventrale, in einiger Entfernung unter demselben. Beide hängen durch linke und rechte segmentweise sich wiederholende Anastomosen zusammen, oft auch durch einen in der Darmwand gelegenen Sinus. Das Blut strömt im dorsalen Stamm von hinten nach vorn, im ventralen in umgekehrter Richtung; es wird von kontraktilem Abschnitten der Blutbahn getrieben, und zwar pulsiert gewöhnlich der dorsale Gefäßstamm, seltener, wie bei den *Regenwürmern*, einige besonders kräftige Anastomosen im vorderen Rumpf, die „Herzen“ (Fig. 243 c). Von den Hauptstämmen gehen reichliche Verästelungen aus. Ausnahmsweise fehlen Blutgefäße, und zirkuliert das Blut in der Leibeshöhle (*Capitelliden*).

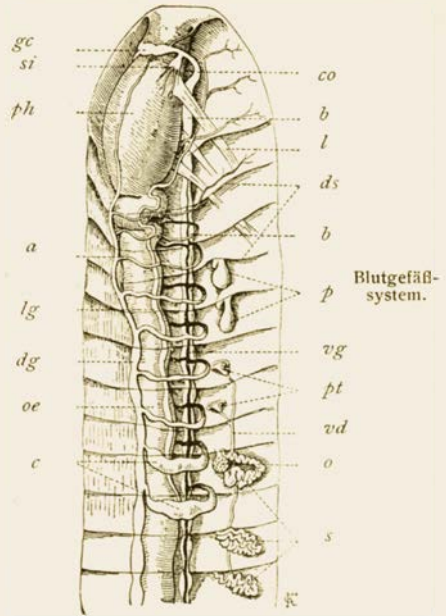


Fig. 243. *Pontodrilus Marionis*, vorderes Körperende, vom Rücken geöffnet (nach Perrier). *ph* Pharynx mit Rückziehmuskeln (*l*), *oe* Ösophagus, *gc* Hirnganglion, *si* Pharynxganglion, *co* Schlundring, *b* Bauchmark, *dg*, *lg*, *vg* dorsale, laterale, ventrale Gefäßstämme, *a* Anastomosen derselben, *c* Herzen, *ds* Dissepimente, *vd* Vas deferens mit Flimmertrichtern (*pt*), *o* Ovarien, *p* Receptacula seminis, *s* Segmentalorgane.

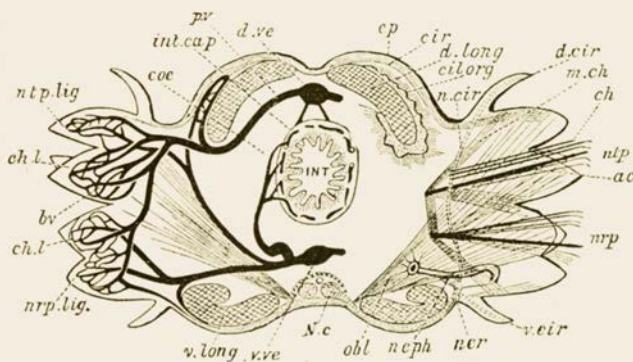


Fig. 244. Schematischer Querschnitt durch eine *Nereis* (nach Beddard), auf der linken Seite ist das Blutgefäßsystem, rechts die Borsten, Nerven und Segmentalorgane dargestellt. *ac* Aciculum, *bv* Gefäßnetz, *ch* Borsten, *ch.l* Lappen der Borstenfollikel, *cil.org* Wimperorgan, *cir* Ringmuskeln, *coe* Cölon, *d.cir* dorsaler Cirrus, *d.long* dorsale Längsmuskeln, *d.ve* dorsales Blutgefäß, *ep* Epidermis, *int* Darm, *int.cap* Darmgefäße, *m.ch* Borstenmuskeln, *N.c* Bauchmark, *ner*, *n.cir* Nerven, *neph* Nephridium, *nrp* ventrales, *ntp* dorsales Parapodium, *nrp.lig*, *nlp.lig* die zugehörigen Lappen, *obl* schräge Muskeln, *pv* periphere Blutgefäße, *v.cir* ventraler Cirrus, *v.long* ventrale Längsmuskeln, *v.ve* ventrales Blutgefäß.

Urogenital-
system.

Die Exkretionsorgane (Fig. 245) oder Nephridien der *Chätopoden* haben von ihrer segmentalen Anordnung den Namen „Segmentalorgane“ erhalten, da sie paarweise in jedem Segment auftreten. Jedes Organ gehört zwei Segmenten an; es beginnt gewöhnlich in einem vorderen Segment mit dem Wimpertrichter, durchbohrt das Dissepiment und mündet nach komplizierten Windungen in dem folgenden nach außen (Fig. 68). Die in der Regel von Flimmerepithel ausgekleideten Kanäle dienen meist auch zum Ausleiten der Geschlechtsprodukte, welche bei allen *Chätopoden* im Epithel der Leibeshöhle entstehen. Teilweise Rückbildung kann es mit sich bringen, daß die Segmentalorgane auf wenige Segmente beschränkt sind.

Die Segmentalorgane der *Anneliden* scheinen aus Protonephridien (Fig. 245 I, II) dadurch hervorgegangen zu sein, daß sie durch Ausbildung von Nephrostomen mit der Leibeshöhle in Verbindung traten (III, IV). Bei vielen Formen sind sie noch einfache oder verästelte, gegen die Leibeshöhle geschlossene Kanäle, bedeckt mit „*Solenocyten*“, großen Zellen, welche in feine Röhren ausgezogen sind und mit denselben in das blinde Ende

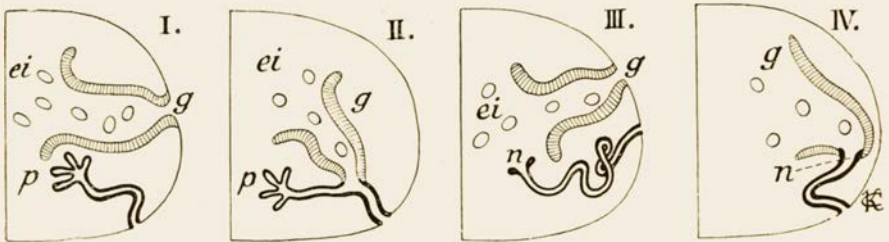


Fig. 245. Verschiedenes Verhalten der Nieren und Geschlechtswege bei *Chätopoden* (nach Goodrich). I und III Geschlechtssäcke (*g*), zu Gonoducten umgewandelte Wimperorgane leiten die Geschlechtsprodukte (*ei*) direkt nach außen, II und IV Geschlechtssäcke, münden in die Nierenkanäle. Die Nierenkanäle haben den Charakter von verästelten, mit *Solenocyten* bedeckten Protonephridien (I und II), oder sie sind Nephridien (III und IV), d. h. sie sind mittels eines Nephrostoms mit der Leibeshöhle in Verbindung getreten. I hypothetische Ausgangsform, II *Phyllodociden* und *Goniaden*, III *Dasybranchus*, IV *Sylliden*, *Spioniden* usw.

der Nierenkanälchen münden. Im Röhren schwingt eine lange Geißel (Fig. 67, S. 104). Mit Entwicklung der Nephrostome schwinden in der Regel die *Solenocyten* und die verästelte Beschaffenheit der Nierenkanäle. Die Beziehungen der Nieren zu den Geschlechtsprodukten scheinen sekundärer Natur zu sein und werden durch mächtige Wimperorgane (wimpernde Gruben des Peritonealepithels) vermittelt. Es ergeben sich hierbei drei Möglichkeiten: 1. Die Geschlechtsprodukte werden durch Platzen der Körperwand nach außen entleert; die Wimperorgane sind ausschließlich „phagocytäre“ Organe. 2. Die Wimperorgane öffnen sich zur Zeit der Geschlechtsreife direkt nach außen und entleeren die Geschlechtsprodukte (I und III). 3. Sie verbinden sich mit den Nierenkanälchen, gleichgültig, ob dieselben den Bau von Nephridien (IV) oder Protonephridien (II) besitzen, wodurch die Segmentalorgane zu Geschlechtswegen werden. Das zweite Verhalten erklärt, wie es kommt, daß in den Genitalsegmenten vieler *Oligochäten* Geschlechtstrichter (Gonoducte) und Segmentalorgane nebeneinander vorkommen. — Bei *Oligochäten* findet man weitere Modifikationen der Nephridien: Einmündung in Anfangs- und Enddarm, Umbildung der Kanäle

zu einem Netz, welches in jedem Segment viele Ausmündungen nach außen besitzt (*Megascoleciden*). — An der Exkretion beteiligen sich auch die Chloragogenzellen, modifizierte, mit Körnchen beladene Peritonealzellen, welche besonders reich auf dem Darm und den Blutgefäßen (Bothryoidalgewebe der *Hirudineen*) angehäuft sind; sie geraten in die Leibeshöhle und zerfallen hier; ihre Zerfallsprodukte werden durch die Nephridien nach außen geleitet. — Die Eier entwickeln sich meistens außerhalb des Muttertiers; selten (einige *Polychäten*) sind die *Anneliden* lebendig gebärend oder behalten die junge Brut in besonderen Brutsäcken zurück.

Die Entwicklung ist bei den marinen Anneliden eine Metamorphose, bei welcher pelagische Larven auftreten, die sich trotz Mannigfaltigkeit ihres Aussehens auf die Lovensche Larve, die schon früher besprochene „Trochophora“ (vgl. Fig. 207), zurückführen lassen. Die Unterschiede

Meta-
morphose.

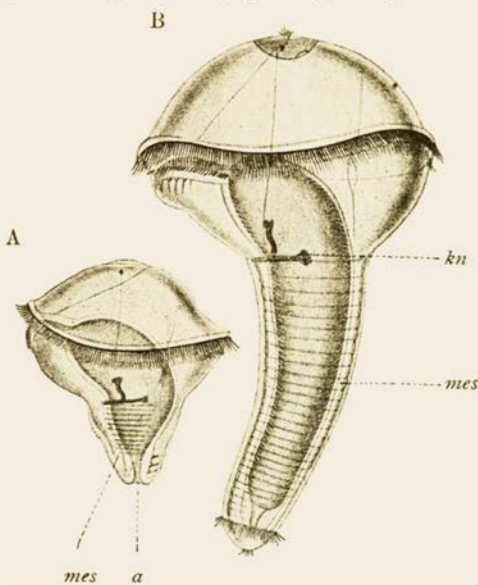


Fig. 246. A Larve des *Polygordius*, B beginnende Umwandlung in den gegliederten Wurm (nach Hatschek). a After, mes gegliedertes Mesoderm, kn Kopfniere.

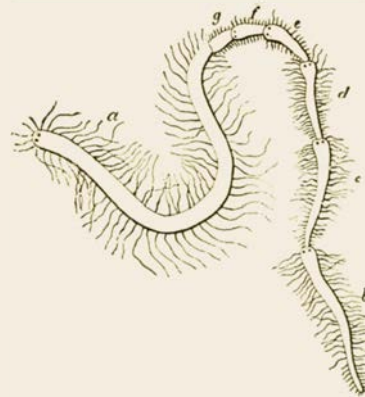


Fig. 247. Knospung von *Myrianida* (nach Milne-Edwards aus Hatschek). Die Aufeinanderfolge der Buchstaben bezeichnet das Alter der Tiere.

einer Verlagerung derselben in die Mitte oder an die Enden des Körpers (mesotroche und telotroche Larven). Bei der Umbildung der Larve wächst ihr hinteres Ende (Fig. 246) zu dem wie eine Knospe aussehenden gegliederten Wurm aus. In demselben entwickelt sich ein neues Mesoderm in der Form von linken und rechten Mesodermstreifen, welche sich von vorn nach hinten in die Ursegmente gliedern. Jedes Ursegment höhlt sich zu einer Cölokammer aus. Indem linke und rechte Cölokammern den Darm umwachsen, liefern sie ihm das Darmfaserblatt, der Haut das Hautfaserblatt und stoßen dorsal und ventral zu Mesenterien zusammen, welche aber häufig nicht erhalten bleiben. Öfters schwinden auch die die einzelnen Cölokammern voneinander trennenden Septen. Wie die Mesoblaststreifen, entstehen auch die Segmentalorgane (Nephridien) neu, unabhängig von den Protonephridien der Larve, welche Kopfnieren heißen, da ein Teil der Larve zur Bildung des Kopflappens des Wurmes verwandt

wird. Der betreffende Teil besteht vornehmlich nur aus der Scheitelplatte, während der Hauptteil der Larve (Wimperkranz und angrenzende Zone, ja ein großer Teil des Larvenmagens) rückgebildet oder abgeworfen wird.

Die *Land-* und *Süßwasseranneliden* entwickeln sich zwar direkt, besitzen aber als Embryonen noch Hinweise auf ein früheres Larvenleben, indem der Kopfappen sehr ansehnlich ist und auch vorübergehend eine Kopfniere enthält. Das macht es wahrscheinlich, daß die Tiere früher ebenfalls eine Metamorphose besessen haben. Aus der Ähnlichkeit der Trochophora mit *Rotatorien* schließt man ferner, daß die *Anneliden* aus rotatorienartigen Urformen entstanden sind, indem das hintere Ende des *Rotators* unter Neubildung der Leibeshöhle, der Nephridien, des Bauchmarks und der Blutgefäße zum gegliederten Wurme heranwuchs.

Unge-
schlecht-
liche Ver-
mehrung.

Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht bei manchen Süßwasser- und Meeresformen noch die Fähigkeit zur ungeschlechtlichen Vermehrung, welche durch die Homonomie der Körpergliederung begünstigt wird. Durch lebhaftes Wachstum am hinteren Ende sowie im Bereiche einer vor dem hinteren Ende gelegenen Knospungszone werden zahlreiche Segmente gebildet, welche sich gruppenweise als junge Tiere von der Mutter abschnüren (Fig. 247). Bei lebhafter Knospung können die Neubildungen rascher verlaufen, als es zur Ablösung kommt, wodurch dann vorübergehend Stöcke hintereinander gereihter Individuen oder durch laterale Knospung am hinteren Ende sogar verästelte Stöcke entstehen (*Syllis ramosa*, *Trypanosyllis gemmipara*).

Gene-
rations-
wechsel.

Vermöge der Kombination geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzungsweisen kann es zu einem typischen Generationswechsel kommen, auf dessen Entstehungsweise folgende Beobachtungen Licht werfen. Bei vielen sich noch ausschließlich geschlechtlich fortpflanzenden *Polychäten* erfährt die geschlechtslose (atoke), wenig bewegliche Jugendform bei der Geschlechtsreife eine Umwandlung in ein wie eine andere Art aussehendes (epitokes), schwimmendes Geschlechtstier, indem die hinteren, die Geschlechtsorgane erzeugenden Segmente eine Vergrößerung ihrer Parapodien und eine Verstärkung und Vermehrung ihrer Borsten (vgl. S. 291) erfahren. So verwandeln sich viele *Nereis*-Arten in *Heteronereis*-Arten. Bei anderen *Polychäten* lösen sich die hinteren, in analoger Weise veränderten Geschlechtssegmente (epitoker Teil) vom vorderen geschlechtslosen Ende (dem atoken Teil) los und schwimmen selbständig herum, während der atoke Rest immer neue Geschlechtssegmente produziert. Die auf den Korallenbänken der Samoa-Inseln einheimische *Eunice viridis* erzeugt auf diese Weise den zeitweilig in kolossalen Massen auftretenden, den Samoanern als Nahrung dienenden „*Palolowurm*“. (Ähnliches ist von dem japanischen Palolowurm *Ceratocephala osawai* bekannt). Bei dritten Arten regeneriert der epitoke Abschnitt nach der Ablösung das Kopfsegment und wird dadurch zu einer vollkommen selbständigen Generation. Ein derartiger Generationswechsel besteht zwischen vielen *Syllideen* und den dazugehörigen *Heterosyllis*-Formen; derselbe erfährt dadurch eine weitere Vervollkommnung, daß die Kopffenden schon vor der Ablösung der Knospen angelegt werden und daß rasch hintereinander von dem atoken Stock viele epitoke Individuen auf dem Wege terminaler oder lateraler Knospung erzeugt werden (Fig. 247). Die größte Komplikation herrscht endlich bei manchen *Autolytiden*, bei denen sich der Generationswechsel mit Dimorphismus der Geschlechter kombiniert. So wurden die von der atoken *Myrianida fasciata* erzeugten

Individuen der männlichen Ketten lange Zeit unter dem Namen „*Polybostrichus*“, die der weiblichen unter dem Namen „*Sacconereis*“ als verschiedene Arten beschrieben. — Wie die geschilderten Vermehrungsweisen, so erklärt sich aus der Homonomie des Annelidenkörpers auch die große Regenerationsfähigkeit der Tiere bei Verstümmelungen. Wenn man gewisse *Lumbriciden* durchschneidet, bleiben beide Teile am Leben und ergänzen die verlorengegangenen Abschnitte.

Wir haben bisher ein wichtiges Merkmal der Gruppe, welches sogar den Namen veranlaßt hat, noch nicht berücksichtigt, die Borsten oder Chaetae. Dieselben entwickeln sich in besonderen Follikeln einzeln oder

Haut-
borsten.

Fig. 248. Querschnitt durch Körperwand und Borstenfollikel eines *Oligochäten* (aus Hatschek nach Vejdovsky). *e* Epithel mit Cuticula, *rm* Ringmuskeln, *lm* Längsmuskeln, *b*₁ Borstenfollikel, *mm* dessen Muskeln, *b*₂ Ersatzfollikel mit Ersatzborste, an deren Basis noch die Bildungszelle zu sehen ist.

zu mehreren vereint und bilden Büschel, von denen es in jedem Körpersegment gewöhnlich vier gibt; zwei liegen links und rechts dorsal oder lateral, zwei weitere ebenso ventral. Die Follikel sind von Epithel ausgekleidete und auf der Haut mündende Säckchen, an deren Grund jede Borste von einer besonderen Zelle ausgeschieden wird (Fig. 248). Die entwickelten Borsten ragen aus dem Follikel hervor und können durch besondere Muskeln, welche sich an dem Grund des Follikels befestigen, hervorgestoßen und umgelegt werden; sie sind kleine, zur Fortbewegung dienende Hebel. Ihre Zahl und Befestigungsweise ist verschieden und gibt Veranlassung zur Unterscheidung von *Polychäten* und *Oligochäten*.

I. Ordnung. Polychäten.

Die *Polychäten* haben ihren Namen zwar von der großen Zahl und der mannigfachen Gestalt der um eine starke Stützbörste (Aciculum) zu einem Bündel vereinten Borsten erhalten; wichtiger ist jedoch der Umstand, daß jedes Borstenbündel von einem Höcker der Körperoberfläche, einem Parapodium (Fig. 244, 250 B), getragen wird. Entweder gibt es jederseits dorsale und ventrale Parapodien, oder die beiden Borstenbündel einer Seite entspringen an einem gemeinsamen, allerdings dann zweiästigen Parapodium. Die Parapodien sind Fußstummeln und somit die ersten Anfänge echter Extremitäten; immerhin sind sie noch von den Extremitäten der *Arthropoden* wesentlich unterschieden, indem sie weder vom Körper abgegliedert, noch auch selbst wieder gegliedert sind. Auch sonst ist die Haut der *Polychäten* höher entwickelt als die der *Oligochäten*, indem sie mannigfach geformte Anhänge trägt, welche man nach ihrer Gestalt, Funktion und Lage als Cirren, Elytren, Kiemen usw., am Kopf als Palpen und Tentakeln unterscheidet. Die Cirren sind lange, von den Parapodien entspringende Fäden, welche wie

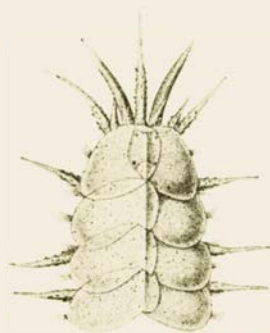


Fig. 249. Kopfende von *Polynoe spinifera* (nach Ehlers). Rücken ganz mit Elytren bedeckt, darunter schauen Cirren und Parapodien hervor.

die auf das Kopfsegment beschränkten Palpen zum Tasten dienen (Fig. 250); die Elytren sind dünne Lamellen, welche sich dachziegelartig decken und ein schützendes Kleid über den Rücken erzeugen (Fig. 249).

Fast alle Polychäten sind getrenntgeschlechtlich und besitzen eine mehr oder minder ausgesprochene Metamorphose; sie sind Meeresbewohner mit Ausnahme weniger, dem Süßwasser angepaßter Arten. Nach ihrer Lebensweise kann man festsitzende und freibewegliche Formen unterscheiden. Erstere leben von pflanzlicher Kost, bauen sich meist Röhren aus einer organischen, lederartigen Substanz, die dazu noch mit Fremdkörpern inkrustiert oder mit Kalk imprägniert sein kann, und ragen aus der Röhrenmündung mit den vordersten Segmenten hervor. Letztere scheiden zwar auch öfters Gallerthüllen aus, in die sie sich zurückziehen können, verlieren aber ihre Bewegungsfähigkeit nicht und verlassen zeitweilig ihre Schlupfwinkel, um geschickt herumzuschwimmen und als gefährliche Räuber auf andere Tiere Jagd zu machen. Beide Gruppen unterscheiden sich infolge ihrer Lebensweise auch im Bau. Bei den freischwimmenden sind Kopfende und Rumpf wenig verschieden; der Schlunddarm kann als Rüssel hervorgestoßen werden und zeigt dann meist eine der räuberischen Lebensweise entsprechende Bewaffnung mit kräftigen Kiefern (Fig. 250 A). Bei



Fig. 250. A Kopf von *Nereis versipedata* mit ausgestülptem Schlundkopf (nach Ehlers). *k* Kiefer, *t* Tentakeln, *p* Palpen, *l* Kopflappen mit vier Augen, *c* Kopfcirren, *f* Parapodien; B ein Parapodienpaar, vergrößert.

den festsitzenden Formen ist der Kopflappen rückgebildet (*Cryptocephala*) und fehlt die Schlundbewaffnung, dagegen ist ein großer Unterschied zwischen den vorderen und hinteren Körpersegmenten vorhanden; an letzteren sind die Körperanhänge meist schwach entwickelt, so daß der Körper Ähnlichkeit mit dem Körper eines *Oligochäten* erhält; dafür ist gewöhnlich der Kopf und der Anfangsteil des Rumpfes (Thorax) mit reichlichen, zum Atmen und zum Herbeistrudeln der Nahrung dienenden Anhängen, den Kiemen und Tentakeln (Fig. 61, S. 98), ausgerüstet; die unter gewöhnlichen Verhältnissen wie ein Federbusch ausgebreitete Tentakelkrone wird blitzschnell bei Beunruhigung in die Röhre zurückgezogen. Die hervorgehobenen Unterschiede werden systematisch benutzt zur Bildung der beiden nicht scharf auseinander zu haltenden Gruppen *Errantien* und *Tubicolen*.

I. Unterordnung. Die *Errantien* sind räuberische Formen mit starker Kieferbewaffnung des Schlundes; die großen *Euniciden*, welche in manchen Arten eine Länge von ca. 1 m erreichen, können selbst Fische angreifen. *Halla parthenopcia* O. Costa. Die *Alciopiden* sind pelagische Räuber,

durchsichtig wie alle pelagischen Tiere, mit großen hochorganisierten Augen (Fig. 81), *Alciopé Contrainii* Clap. Die *Polynoiden* sind Bewohner des Meeresgrundes, gedrungene Tiere mit einer Rückendecke von Elytren; die bekannteste Form ist die Seemaus, die *Aphrodite aculeata* L., ausgezeichnet durch seidenglänzende metallisch schillernde Borsten; *Polynoe spinifera* Ehl. (Fig. 249).

II. Unterordnung. Die *Tubicolen* oder *Sedentarien* (*Cryptocephala*) können ihren Platz nicht beliebig verändern, da sie in einer festgewachsenen Röhre stecken. Die Röhre ist rein membranös bei den *Sabelliden* (*Spirographis Spallanzani* Viv.), bei den *Serpuliden* verkalkt und oft mit einem Deckel verschließbar (*Serpula vermicularis* L., *Spirorbis spirillum* L., Röhre schneckenhausförmig). Aus der Röhre kann der Wurm unter ungünstigen Lebensbedingungen auswandern, unter normalen Verhältnissen kommt jedoch nur das vordere Ende mit der Tentakelkrone zum Vorschein. Von den typischen *Tubicolen* weichen wesentlich die im Sand bohrenden, von den Fischern als Köder benutzten *Arenicoliden* (*Arenicola marina* L.) und die aus Fremdkörpern Gehäuse aufbauenden *Terebelliden* (*Terebella conchilega* Pall.) ab. Sie werden mit den *Errantien* zur Gruppe der *Phanerocephala* vereint, weil bei ihnen der Kopflappen noch nicht rudimentär ist.

An die *Polychäten* reihen sich die *Archianneliden* an, welche noch keine Borsten und Parapodien besitzen und auch sonst in Bau und Entwicklungsweise (Fig. 246) primitive, für die Phylogenie der Anneliden äußerst wichtige Formen sind: *Polygordius lacteus* Schn.; *Protodrilus Leuckarti* Htschk.; *Chaetogordius canaliculatus* hat Borsten an den 10 hinteren Segmenten.

II. Ordnung. Oligochäten.

Den das Meer bewohnenden *Polychäten* stehen die *Oligochäten* gegenüber als Tiere, welche im süßen Wasser, vorwiegend im Schlamm (*Limicolen*) oder in feuchter Erde (*Terricolen*) leben; sie sind niedriger organisiert als ihre marinen Verwandten, wahrscheinlich infolge von Rückbildung, welche durch ihre vereinfachten Lebensbedingungen veranlaßt wurde. Die Augen sind rudimentär oder fehlen; ebenso fehlen die Palpen, Cirren, Tentakeln, fast stets auch die Kiemen; vor allem fehlen die Parapodien, so daß die relativ spärlichen, einfach gebauten Borsten direkt aus dem Hautmuskelschlauch hervortreten. Die Borsten sind in jedem Segment in größerer Zahl gleichmäßig verteilt (*Perichaeta*) oder auf die Seite zusammengedrängt (*Megascolex*) oder zu vier Gruppen vereinigt, so daß im ganzen Tier vier Längsreihen entstehen, zwei dorso-laterale und zwei ventrale. Die Geschlechtsorgane sind hermaphrodit; Hoden und Ovarien liegen in verschiedenen Segmenten. In der Nähe der Mündungen der Geschlechtsorgane ist gewöhnlich die Haut einiger Segmente durch Einlagerung von Drüsenzellen verdickt (Fig. 241); diese Verdickung, das Clitellum genannt, dient zum Ausscheiden der Eicocons, häufig wird es auch bei der Begattung benutzt, welche trotz der hermaphroditischen Beschaffenheit der Geschlechtsorgane notwendig ist; es erzeugt elastische Bänder, welche die Körper der kopulierten Tiere gegeneinander pressen, Bauch gegen Bauch, so daß nun das Sperma des einen Wurms in den anderen überströmen kann; zur Aufnahme des Samens können besondere Behälter, die *Receptacula seminis* dienen. Die Eier werden nach der Befruchtung zu mehreren in Cocons eingeschlossen und abgelegt.

I. Unterordnung. *Limicolen* s. *Microdrili*. Im Schlamm unserer Bäche und Tümpel findet man die *Tubificiden* (*Tubifex tubifex* Müll.), die infolge der Farbe ihres Blutes rot erscheinen und bei massenhaftem Auftreten den Boden rot färben; es sind scheue Tiere, welche, beunruhigt, sich tief in ihre im Schlamm erbauten Röhren zurückziehen. An Wasserpflanzen leben die durchsichtigen *Naideen*, die man fast das ganze Jahr in ungeschlechtlicher Fortpflanzung antrifft: *Stylaria lacustris* L. (*Nais proboscidea* Müll.), *N. clinguis* Müll.

II. Unterordnung. *Terricolen* s. *Macrodrili*. Zu den erdbewohnenden Formen gehören die *Regenwürmer*, die einheimischen Arten: *Lumbricus terrestris* L., *L. rubellus* Hofmstr. usw., von mittlerer Größe, die tropischen Formen mehrere Fuß lang, von der Gestalt mittlerer Schlangen, *Megascolides australis* Mc. Coy, 1,2 m lang. In der Lebensweise stimmen die meisten

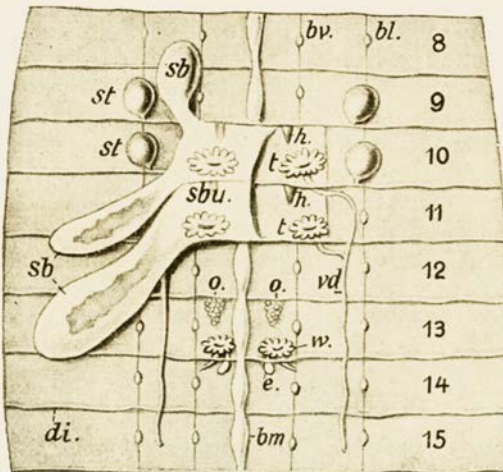


Fig. 251. Geschlechtssegmente des Regenwurms nach Entfernung des Darms. *bm* Bauchmark, *bl* laterale, *bv* ventrale Borstenreihen, *st* Samentaschen (Receptacula seminis), *sb* Samenblasen (Vesiculae seminales) auf der rechten Seite abpräpariert, *sbu* Samenkapsel, auf der rechten Seite geöffnet, um zu zeigen: *h* Hoden, *t* Flimmertrichter des Vas deferens *vd*, *o* Ovarien, *w* Wimpertrichter der Ovidukte mit *e* Eikapsel, *di* Dissepimente, 8—15 acht bis fünfzehntes Körpersegment.

Arten überein; indem sie sich durch die Erde hindurchfressen und die gefressene Erde als Fäkalien auf die Oberfläche tragen, lockern sie den Boden mit ihren Gängen und tragen die gute Erde aus der Tiefe zur Oberfläche; sie sind daher dem Pflanzenwuchs nicht nur nicht schädlich, sondern befördern denselben und tragen zur Urbarmachung des Bodens bei. — Die Geschlechtsdrüsen unseres Regenwurms sind wegen ihrer Kleinheit schwierig zu finden. Die Eier (Fig. 251 *o*) entwickeln sich im vorderen Abschnitt des 13. Segments und werden durch Flimmertrichter ausgeleitet, welche in kurze, das dahinterliegende Dissepiment durchbohrende und im 14. Segment mündende Kanäle führen. Zum weiblichen Apparat gehören außerdem noch die zwei Paar Receptacula seminis (*st*), welche im 9. und 10. Segment liegen. Von Hoden findet man zwei Paare, ein Paar im 10., ein zweites im 11. Segment (*h*); jedem Hoden gegenüber liegt ein Flimmertrichter (*t*), der Anfang eines durch das Dissepiment hindurch nach rückwärts verlaufenden Vas deferens (*vd*). Die beiden Vasa deferentia einer Seite vereinigen sich zu einem im 15. Segment mündenden Hauptkanal. Die zwei Hoden und Flimmertrichter eines jeden Segments sind eingeschlossen und vollkommen verborgen in einer gemeinsamen Umhüllung, der Samenkapsel (*sbu*), in welche frühzeitig die männlichen Geschlechtszellen hineingelangen, um hier ihre Reifung durchzumachen. Jede Samenkapsel verlängert sich in paarige Vesiculae seminales (*sb*), welche vom ganzen Geschlechtsapparat am meisten in die Augen fallen. Zwei Paar

Vesiculae seminales gehören der Samenkapsel des 10. Segments an, ein Paar der Samenkapsel des 11. Segments.

II. Unterklasse.

Gephyreen.

Die ausschließlich im Meere vorkommenden *Gephyreen* unterscheiden sich von den *Chätopoden* auf den ersten Blick durch den gänzlichen Mangel der Gliederung. Ihr Körper ist ein plumper, ovaler oder walzenförmiger Sack, dessen Rundung durch eine geräumige Leibeshöhle bedingt, dessen vorderes Ende durch die Lage der Mundöffnung bezeichnet wird. Um die Mundöffnung herum steht entweder (*Sipunculiden*, Fig. 252)

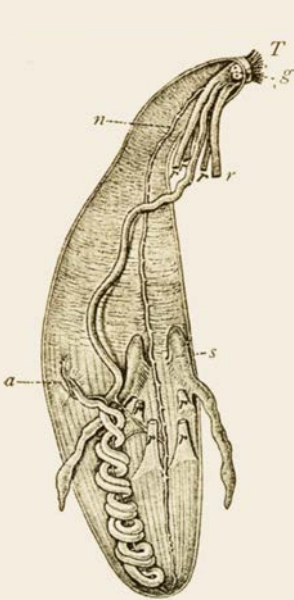


Fig. 252. *Phascolosoma Punta arenae* (nach Keferstein). *T* Tentakelkranz, *g* oberes Schlundganglienpaar, *n* Bauchmark, *r* die vier durchschnittenen Retraktoren, *s* Segmentalorgane, *a* After.

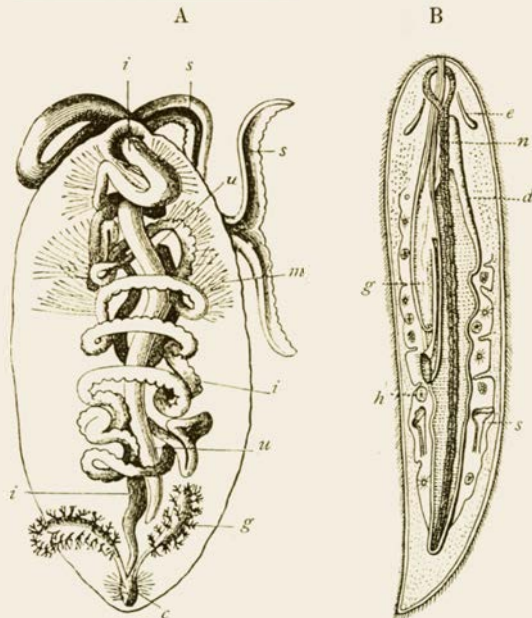


Fig. 253. *Bonellia viridis*. A Weibchen (aus Huxley). *s* Kopflappen, *i* Darm, *u* einziges Segmentalorgan, welches als Eileiter funktioniert, *m* Muskeln, welche sich an den Darm ansetzen, *c* Kloake, *g* Exkretionsorgane. B Männchen, stark vergrößert (nach Baltzer), *d* rudimentärer Darm, *vd* Segmentalorgan mit Flimmertrichter, welches als Vas deferens funktioniert; *h* die in der Leibeshöhle reifenden Samenballen, *n* Nervensystem, *e* Protonephridien, *s* Nephridien.

ein Kranz von Tentakeln, welche samt dem vorderen Körperende durch besondere Retraktoren (*r*) in den Rumpf zurückgezogen werden können, oder der Mund ist dorsal von einem spatelförmigen Kopflappen überdacht, der bei *Bonellia* etwa 10—20 mal so lang wie das Tier und am Ende in zwei Zipfel gegabelt ist (Fig. 253 A).

Wie im Äußeren, so fehlen auch im Inneren deutliche Zeichen der Gliederung; vor allem fehlen die Dissepimente. Die Segmentalorgane sind bei wenigen Arten sehr zahlreich (über 100); meist findet man 1—4 Paare, öfters sogar nur ein einziges unpaares Organ. Sie haben gewöhnlich die Aufgabe, die im Epithel der Leibeshöhle entstandenen Geschlechtsprodukte

mit ihren Flimmertrichtern aufzunehmen und auszuleiten. Zur Exkretion dienen meist zwei Schläuche, die in den Enddarm münden und reichlich mit verästelten Kanälen bedeckt sind, welche bei den *Chaetiferi* durch Flimmertrichter mit der Leibeshöhle kommunizieren (Fig. 253 g). Diese Schläuche haben einige Ähnlichkeit mit den Wasserlungen der *Holothurien* und haben dadurch die irrige Annahme einer näheren Verwandtschaft mit den *Echinodermen* veranlaßt, worauf der Name *Brückentiere*, überleitende Tiere (*γέφυρα*, die Brücke), zurückzuführen ist. Von allen Organen erinnern am meisten das Blutgefäßsystem und das Nervensystem an die *Anneliden*. Ersteres besteht aus einem den Darm umgebenden Blutsinus und einem (den *Inermes* fehlenden) dorsalen und ventralen Längsstamm; letzteres besteht aus Hirnganglien und Bauchmark; freilich besitzt das Bauchmark keine Gliederung in Ganglien, sondern ist ein kontinuierlicher Nervenstrang geworden (Fig. 252 n). Für die Entscheidung der systematischen Stellung der *Gephyreen*

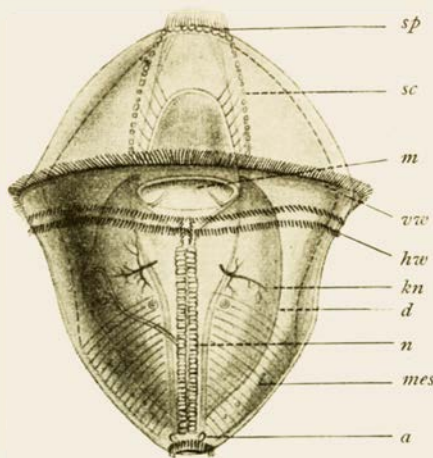


Fig. 254. Larve von *Echiurus* (nach Hatschek). a After, d Darm, kn Kopfniere, m Mund, mes Mesodermstreifen, n Bauchmark, sc Schlundkommissur, sp Scheitelplatte, vw, hw vorderer, hinterer oraler Wimperring. Die in der Figur angegebene Gliederung der Mesodermstreifen ist nach neueren Untersuchungen nicht vorhanden.

ist die Entwicklungsgeschichte bedeutsam geworden. Bei einem Teil (*Chaetiferi*) findet sich die „Trochophora“; aus ihr entsteht der Wurm wie bei den *Chätopoden* durch Auswachsen des hinteren Endes, welches anfänglich ein gegliedertes Bauchmark hat, nach älteren, in der Neuzeit aber bestrittenen Angaben auch eine durch Septen abgeteilte und gegliederte Leibeshöhle (Fig. 254).

I. Ordnung. *Gephyrei Chaetiferi*. Würmer mit spatelförmigem, nicht selten am Ende gabelförmig geteiltem Kopfplatten, mit Resten von *Anneliden*-Borsten; Entwicklung mittels der Trochophora. Besonderes Interesse hat *Bonellia viridis* Rol. durch ihren Geschlechtsdimorphismus erregt. Lange Zeit kannte man nur das grüingefärbte Weibchen, einen einige Zentimeter langen Sack mit einem bis zu 1 m langen, am Ende gegabelten Kopf-

platten; sehr viel später wurde das 1 mm lange Männchen entdeckt, welches eine ganz andere Gestalt und Farbe besitzt und im Oviduct des Weibchens schmarotzt (Fig. 253 B). Auf dem Larvenstadium stimmen Männchen und Weibchen noch untereinander überein. Die Differenzierung der Geschlechter wird dadurch bedingt, daß die auf dem Rüssel der Mutter sich festsetzenden Larven zu Männchen, die frei herumschwimmenden Larven zu Weibchen werden, ein schönes Beispiel von „metagamet“, d. h. nach der Befruchtung erfolgender Geschlechtsbestimmung. *Echiurus Pallasii* Guerin.

II. Ordnung. *Gephyrei inermes* (Fig. 252). Die Tiere unterscheiden sich nicht nur durch den Mangel der Borsten von den *Chaetiferi*, sondern auch durch die ein- und ausstülpbare Tentakelkrone und die rückenständige Lage der weit nach vorn verlagerten Afteröffnung; ferner fehlt während des Larvenlebens jede Gliederung. Der früher dem Blutgefäßsystem zu-

gerechnete, die Mundöffnung umgebende Gefäßring samt seinem dorsalen, kontraktilem, herzartigen Anhang und den in die Tentakeln eindringenden und ihre Ausstülpung bewirkenden Aussackungen ist nur ein abgesonderter Teil des Cöloms; derselbe hängt nicht mit dem Darmblutsinus zusammen. Daher ist es fraglich, ob die für die *G. chaetiferi* geltende nähere Verwandtschaft mit den *Chätopoden* auch für die *G. inermes* Geltung besitzt. Für die Verwandtschaft mit *Anneliden* und die Zugehörigkeit zu den *Chaetiferi* spricht die Beschaffenheit der Nephridien und des Nervensystems. *Sipunculus nudus* L. — Durch Mangel der Nephridien, des Gefäßringes und der mit letzterem verbundenen Tentakeln, terminale Lage des Afters und den Besitz von zwei mit den Geschlechtsorganen verwachsenen Protonephridien unterscheiden sich von den *Sipunculiden* die *Priapuliden*: *Priapulus caudatus* Lam., *Halicryptus spinulosus* v. Sieb.

III. Unterklasse.

Hirudineen, Egelwürmer.

Bei der äußeren Betrachtung der *Hirudineen* verdienen zur Unterscheidung von den *Chätopoden* drei Merkmale besondere Beachtung. Erstens besitzt die Haut keine Borsten (eine Ausnahme macht nur

Äußere Gestalt.

Fig. 255.

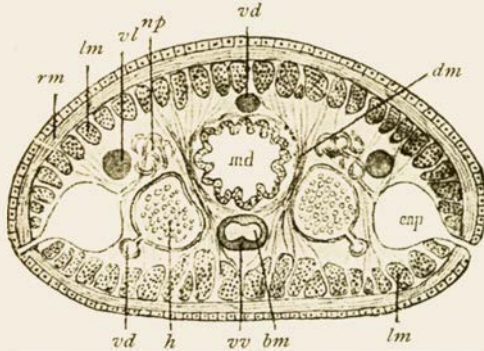


Fig. 256.

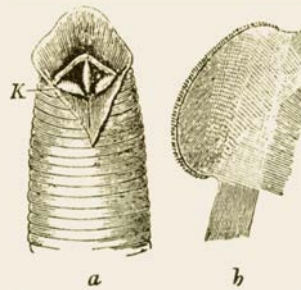


Fig. 255. Querschnitt durch *Hirudo medicinalis* (aus Lang). *dm*, *lm*, *rm* dorsoventrale, longitudinale, ringförmige Muskeln, *vl*, *vd*, *vv* laterales, dorsales, ventrales „Blutgefäß“, in letzterem das Bauchmark *bm*, *h* Hoden, *vd* Vas deferens, *md* Mitteldarm, *np* Schleifenkanal, *cnp* Harnblase.

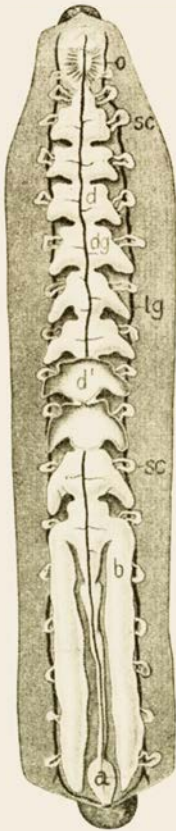
Fig. 256. *Hirudo medicinalis* (nach Lenckart, aus Claus). *a* vorderes Ende mit ventral aufgeschlitzter Mundhöhle, um die Kiefer (*K*) zu zeigen, *b* ein einzelner Kiefer mit seinen Muskeln, stärker vergrößert.

Acanthobdella), dagegen ist sie bewaffnet mit zwei Saugnäpfen, von denen der eine das hintere Ende des Körpers einnimmt und nur zum Festhalten und zur Fortbewegung dient, der andere, oft kaum differenzierte, am vorderen Ende liegt, von der Mundöffnung durchbohrt ist und daher auch zum Ansaugen der Nahrung verwandt wird. Bei der Fortbewegung befestigen die Blutegel abwechselnd den vorderen und hinteren Saugnapf und kriechen in dieser Weise nach Art der Spannerraupe; außerdem vermögen sie mittels schlängelnder Bewegungen des Körpers zu schwimmen.

Ein zweites Merkmal in der äußeren Erscheinung ist die außerordentlich feine Ringelung des Körpers. Eine genaue Untersuchung derselben hat zu dem Resultat geführt, daß viel mehr Ringel als Segmente

vorhanden sind, weil die meisten ursprünglichen Segmentringe durch sekundäre Einkerbungen in Gruppen von Ringeln (3, 5, selbst 11) zerlegt sind. Diese sekundäre Ringelung der Segmente kann man noch aus der Verteilung der Nerven und der „becherförmigen“ Sinnesorgane erschließen. Letztere sind die gleichen Organe wie die Sinnesknospen der *Oligochäten* und werden wie sie auf Grund von Experimenten als Geschmacksorgane gedeutet. — Wie bei den *Regenwürmern* können auch bei den *Blutegeln* zur Zeit der Fortpflanzung gewisse Ringel durch reichliche Drüsenbildung zum „*Clitellum*“ anschwellen, dessen Sekret die Eier mit einem Cocon umgibt.

Fig. 258.



Darm.

Ein dritter, äußerlich wahrnehmbarer Unterschied der *Hirudineen* von den *Chätopoden* ist die ausgesprochene dorsoventrale Abplattung der Körpergestalt, welche an die Gestalt der *Plathelminthen* erinnert und durch die rudimentäre Beschaffenheit der Leibeshöhle bedingt ist. Die meisten *Blutegel* haben ganz wie die *Planarien* und *Leberegel* ein aus Längs-, Quer- und dorso-ventralen Muskeln durchsetztes Körperparenchym, in welches die Organe unmittelbar eingebettet sind (Fig. 255).

Für den Darm (Fig. 258) der *Blutegel* gilt allgemein, daß er mit einer linken und rechten Reihe von

Fig. 257.

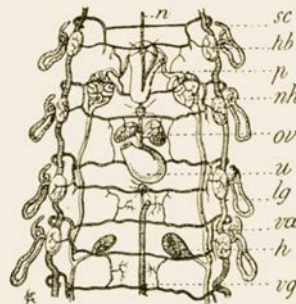


Fig. 257. Nervensystem, Blutgefäße, Geschlechtsorgane und Schleifenkanäle des *Blutegels*, von der Bauchseite gesehen. *n* Bauchmark, im hinteren Teil nicht sichtbar, weil es hier im Bauchgefäß liegt, *sc* Schleifenkanäle, *hb* dazu gehörige Harnblasen, *p* Penis, *nh* Nebenhoden, *ov* Ovar, *u* Uterus und Scheide, *vd* Vas deferens, *h* Hoden, *lg*, *vg* laterales und ventrales „Blutgefäß“ mit Verästelungen.

Fig. 258. Darm von *Hirudo medicinalis* (nach Hatchesek). *o* Ösophagus, *sc* Schleifenkanäle, *d* Blindsäcke, bei *d*¹ vom Rücken aus geöffnet, *dg*, *lg* dorsales, laterales Blutgefäß, *b* die beiden letzten Blindsäcke, *a* Enddarm mit After.

Blindsäcken ausgerüstet ist, welche — beim medizinischen *Blutegel* 11 an der Zahl — während des Saugens sich mit Blut füllen. Zwischen den zwei letzten und größten Blindsäcken liegt der Enddarm, der über dem hinteren Saugnapf nach außen mündet. Im Bau des auf die Mundhöhle folgenden Pharynx ergeben sich wichtige Unterschiede zwischen *Rüssel-* und *Kieferegeln*. Bei den *Rüsselegeln* erhebt sich vom Grund des Pharynx ein fein zugespitzter, konischer Zapfen, der aus dem Mund hervorgestoßen werden kann und dann zum Verwunden und Saugen benutzt wird. Bei den *Kieferegeln* dagegen, z. B. dem medizinischen *Blutegel*, liegen im Pharynx drei Kiefer (Fig. 256), halbkreisförmige Chi-

tinplatten, deren gekrümmte feine Schneide von zahlreichen, spitzen, verkalkten Zähnen verstärkt ist, während an die Basis zweierlei Muskeln herantreten; die einen ziehen die Kiefer in die Ruhelage, in die Kiefortaschen zurück; die anderen ziehen sie heraus und schlagen, indem sie

den Rand wie eine Kreissäge bewegen, die Wunde zum Saugen, welche aus drei von einem Mittelpunkt divergierenden feinen Einschnitten besteht. Die Blutung aus der Wunde ist schwer zu stillen, da einzellige, an den Lippen und zwischen den Kieferzähnen mündende Drüsen durch ihr Sekret das Gerinnen des Blutes verhindern. Zum Ansaugen des Blutes dient ein Ösophagus mit radial angeordneten Muskeln. Das „Blutgefäßsystem“ enthält meist rotes Blut und besteht bei den *Kieferregeln* aus vier mit einem komplizierten Capillarsystem verbundenen Längskanälen: zwei kontraktile Seitengefäßen, einem dorsalen und einem ventralen, das Bauchmark umschließenden Gefäßstamm.

Am Nervensystem unterscheidet man die beiden Hirnganglien und die Bauchganglien, oft 23 Paar, von denen das erste und letzte aus mehreren Paaren verschmolzen ist. Das Hirn liefert die Nerven für die am Kopf gelegenen Augen. Links und rechts am Bauchmark liegen die zwitterigen Geschlechtsorgane: bei unserem Blutegel neun Paar Hoden (Fig. 255; 257 *h*), deren Ausführwege auf jeder Seite sich zu einem Vas deferens (*vd*) vereinen. Die Vasa deferentia verlaufen nach dem vorderen Ende des Tieres, bilden durch Verknäuelung die Nebenhoden (*nh*) und münden schließlich in den unpaaren, birnförmigen, ausstülpbaren Penis (*p*). Bei den *Rüsselegeln* fehlt der Penis und wird das Sperma bei der Begattung mittels einer zugespitzten Spermatophore, welche in den Körper eingestoßen wird, übertragen. Im Zwischenraum zwischen den Nebenhoden und dem ersten Hodenpaar trifft man den weiblichen Geschlechtsapparat: ein Paar Ovarien (*ov*) und Oviducte und eine unpaare Vagina (*v*). — Lateralwärts von den Geschlechtsorganen liegen zunächst die Harnblasen und nach außen von ihnen die zugehörigen Nephridien (*sc*), bei *H. medicinalis* jederseits 17 kompliziert gewundene Kanäle.

Nervensystem.
Geschlechtsorgane.
Nieren

Daß man die *Hirudineen* zu den *Anneliden* und somit zu den *Leibeshöhlenwürmern* stellt und nicht wie früher ihrem Habitus nach für gegliederte Plathelminthen erklärt, gründet sich auf den Nachweis, daß ihre Leibeshöhle rückgebildet ist, indem sie durch Parenchymwucherung eingeengt und zu Längskanälen, die an Stelle der Blutgefäße traten, umgewandelt wurde. Blutegel der Gattungen *Glossosiphonia* (*Clepsine*), *Ozobranchus* u. a. haben noch das dorsale und ventrale Blutgefäß der *Chätopoden* und außerdem mehrere longitudinale Cölomsinus, die miteinander mittels lakunärer Räume zusammenhängen. Der dorsale Cölomsinus umschließt das dorsale Blutgefäß, der ventrale die meisten Eingeweide, darunter auch — ähnlich dem ventralen „Blutsinus“ der übrigen Hirudineen — das Bauchmark. Die sinuösen Räume sind außerdem durch Flimmertrichter ausgezeichnet, welche in lymphoide Kapseln führen, aber nicht, wie man früher annahm, mit den Nephridien verbunden sind. Bei den Kieferregeln ist (wahrscheinlich unter Rückbildung der echten Blutgefäße, wie sie auch bei manchen *Polychäten* vorkommt) aus dem Cölomsinus ein von Blut erfülltes Kanalsystem entstanden, welches bei *Nepheleis* zum Teil noch lakunären Charakter hat. Für die Ableitung dieses „Blutgefäßsystems“ vom Cölom spricht zweierlei: 1. daß das Bauchmark im ventralen Blutsinus eingeschlossen ist; 2. daß die oben genannten, der Leibeshöhle angehörigen Flimmertrichter in den Blutlacunen liegen, zumeist in ampullenartigen Ausweitungen, die zwischen dem ventralen und dem lateralen Blutsinus eingeschaltet sind. Die Verwandtschaft zwischen *Hirudineen* und *Chätopoden* (*Oligochäten*) wird ferner durch Übergangsformen bewiesen. Die auf Fischen schmarotzende *Acanthobdella pelledina* besitzt noch die beiden

Blutgefäße der *Chätopoden*, eine von Septen abgeteilte Leibeshöhle und Borsten; sie gleicht im übrigen aber den Hirudineen durch den Bau des hermaphroditischen Geschlechtsapparates. Die auf den Kiemen vom Flußkrebs schmarotzende *Branchiobdella astaci* dagegen ist ein borstenloser Annelid, der mit den *Hirudineen* nicht verwandt ist, wenn er auch infolge von Parasitismus mit Saugnäpfen versehen ist.

I. Ordnung. *Gnathobdelleen*, Kieferegel; der bekannteste Repräsentant, der *Hirudo medicinalis* L., findet sich noch in Ungarn, ist dagegen bei uns in Deutschland so gut wie ganz ausgerottet. Mit ihm werden leicht die Pferdeegel, *Haemopsis sanguisuga* L. verwechselt, deren Kiefer zu schwach sind, um die menschliche Haut zu durchbeißen; sie sind daher beim Saugen auf wirbellose Tiere angewiesen. Im Süßwasser lebt ferner die kieferlose *Herpobdella (Nephelis) vulgaris* M. Td. In den Tropen sind der Schrecken der Reisenden die Landblutegel der Gattung *Haemodipsa* (*H. japonica* Whyt.).

II. Ordnung. *Rhynchobdelleen*, Rüsselegel. Bei uns sind einheimisch die sich von Schnecken ernährenden, durch Brutpflege ausgezeichneten *Clepsinen* (*Glossosiphonia complanata* Sav.), die auf Fischen schmarotzende *Piscicola geometra* L. In Amerika findet man die *Hämentarien*, die zum Blutsaugen benutzt werden, da ihr scharf zugespitzter Rüssel die menschliche Haut durchbohren kann. *Haementaria officinalis* de Fil. Giftig ist *H. Ghiliani*.

Anhang zu den Würmern.

VII. Klasse.

Enteropneusten.

Die wenigen hierher gehörigen Meerestiere (am bekanntesten *Glossobalanus* [*Ptychodera*] *minutus* Kow. und *Balanoglossus* [*Pt*] *claviger* Chiaje) wurden früher in der Gattung *Balanoglossus* vereinigt, jetzt aber auf mehrere Genera (*Ptychodera*, *Schizocardium*, *Glandiceps*, *Balanoglossus*, *Glossobalanus*, *Dolichoglossus* usw.) verteilt; sie haben vollkommen den Habitus von Würmern und bohren auch wie viele derselben im Schlamm. Ihr Körper besteht aus drei Abschnitten, aus Rüssel oder Eichel, Krage, und Rumpf (Fig. 259 E, K, B). Der Rüssel, welcher im Krage eingelassen ist wie die Eichel in der Cupula, umschließt einen Hohlraum (*c*), der auf der Rückenseite nach außen mündet (*c*¹) und ebenso wie die beiden gleichfalls dorsal, aber getrennt mündenden Kragehöhlen (*k*) mit Meerwasser gefüllt werden kann. Vermöge ihrer Schwellbarkeit dienen Rüssel und Krage zum Kriechen im Sand und sind somit Fortbewegungsorgane ähnlicher Art, wie das später zu besprechende ambulacrale Gefäßsystem der *Echinodermen*. Die Ähnlichkeit wird dadurch gesteigert, daß Rüsselhöhle, Kragehöhle und Cölom des *Balanoglossus*, wie die Vasoperitonealblasen der *Echinodermen*, als Divertikel des Darmes entstehen.

Der Name „*Enteropneusten*“, „Darmatmer“, ist durch eine zweite Eigentümlichkeit des *Balanoglossus* verursacht. Die ventral vor dem Krage gelegene Mundöffnung führt in einen Darm, dessen vorderer Abschnitt in seiner dorsalen Wand von einer linken und rechten Reihe von Kiemenpalten (*br*) durchbrochen wird, während der darauffolgende Mitteldarm mit Leberblindschläuchen bedeckt ist. Der Darm ist in der Leibeshöhle

durch ein dorsales und ventrales Mesenterium befestigt und wird von einem dorsalen und ventralen Blutgefäß (g^1 und g^2) begleitet, zu welchem als Teile der Blutbahn noch laterale Kanäle und reichliche Verästelungen kommen. Eine dem dorsalen Blutgefäß von außen angefügte kontraktile Blase im Rüssel wird Herz genannt. Sehr eigentümlich ist das zum weit-aus größten Teile noch im Ectoderm lagernde Nervensystem: ein ventraler und ein bei manchen Arten röhrenförmig den Kragen durchbohrender dorsaler Längsstrang (n^2 und n^1), beide in der Gegend des Kragens untereinander verbunden. Die Geschlechtsorgane endlich sind zahlreiche Follikel, welche zwischen Leber und Kiemenregion, zum Teil noch in diese hineinreichend, liegen und direkt nach außen münden. — Die bei manchen Arten rück-

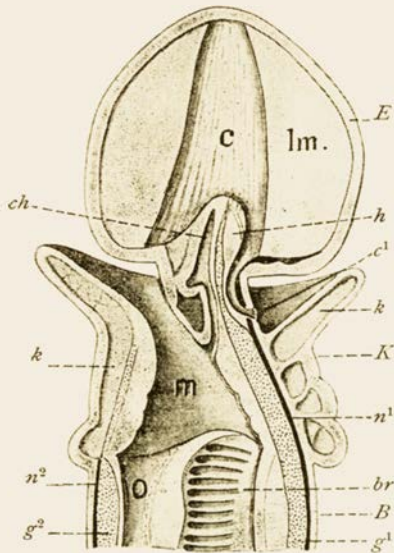


Fig. 259. Sagittalschnitt durch *Glosso-balanus minutus* (schematisiert nach Spengel). *c* Eichelcölom, *c'* Mündung desselben nach außen, *lm* Längsmuskel, *h* sogenanntes Herz, *ch* sogenannte Chorda (Ausstülpung des Munddarms), darunter das Eichel-skelett, *k* Kragencölom, *m* Mundhöhle, *o* Ösophagus, *br* Kiemendarm mit Kiemenpapillen, *n^1* dorsaler, *n^2* ventraler Nerv, *g^1* dorsales, *g^2* ventrales Blutgefäß. *E* Eichel, *K* Kragen, *B* Kiemenregion des Rumpfes.

gebildete, unter dem Namen *Tornaria* bekannte Larve (Fig. 260) gleicht den Echinodermlarven so sehr, daß sie früher dafür gehalten wurde. Die Ähnlichkeit wird besonders durch die Anordnung der Flimmerschnur und des Darms bedingt. Ferner erinnert die Anlage der Rüsselhöhle (*w*) mit ihrer dorsalen Mündung an die Ambulacralblase und den Steinkanal der Echinodermen.

Von manchen Zoologen wird die Bildung von Kiemenpapillen am Vorderdarm benutzt, um eine Verwandtschaft mit den Wirbeltieren zu begründen. Zu dem Zwecke wird dann auch ein vom Pharynx in den Rüssel vordringender Blindsack (Fig. 259 *ch*) als Chorda dorsalis (!) gedeutet. Derselbe „Chordablindsack“ findet sich bei einer Anzahl auf die Gattungen *Cephalodiscus* und *Rhabdopleura* sich verteiler Arten von Meerestieren vor, welche auch sonst

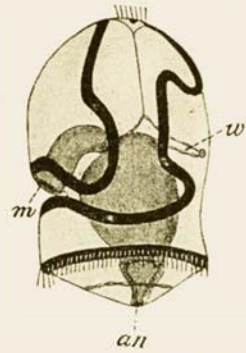


Fig. 260. *Tornaria*-Larve des *Balanoglossus* (nach Metschnikoff). *m* Mund, *an* After, *w* Anlage der Rüsselhöhle.

durch die Dreiteilung ihres Körpers und ihres Cöloms an *Enteropneusten* erinnern. Das der Eichel vergleichbare Protosom (Kopfscheibe) enthält ein unpaares, das Mesosom wie der Kragen des *Balanoglossus* ein paariges Cölom. Beide Cölomabschnitte münden durch Poren nach außen; das Cölom des Metasoms ist dagegen geschlossen. Bei *Cephalodiscus* besitzt der Darm ein Paar Kiemenpapillen. Die festsitzende, koloniale Lebensweise in dicht gehäuften Röhren verleiht den „*Pterobranchiern*“ einige Ähnlichkeit mit *Bryozoen*, welche durch reich gefiederte, vom Mesosom ausgehende Tentakeln (zwei bei *Rhabdopleura*, 10 und mehr bei *Cephalodiscus*) noch gesteigert wird.

VIII. Klasse.

Bryozoen, Moostierchen, Polyzoen.

In ihrer äußeren Erscheinung haben die *Bryozoen* oder *Moostierchen* eine überraschende Ähnlichkeit mit *Hydroidpolypen*, so daß ein ungeübter Beobachter sie schwierig von ihnen unterscheidet. Wie diese bilden sie fast ausnahmslos auf dem Wege der Knospung Kolonien, welche mit gallertartigen Überzügen oder harten, kalkigen Krusten Felsen, Wasserpflanzen, Tiere, Pfähle usw. überziehen oder sich von ihnen als kleine Büsche oder Bäumchen erheben. Ferner besitzen sie eine mit dichten Flimmern bedeckte Tentakelkrone, welche weit ausgebreitet und blitzschnell zurückgezogen werden kann. Gleichwohl ist der Unterschied im Bau ein ganz erheblicher. Man beachte, daß die *Bryozoen* einen mit eigenen Wandungen versehenen, aus drei Abschnitten bestehenden Darm besitzen, welcher derart hufeisenförmig gebogen ist, daß der After ganz in die Nähe des Mundes zu liegen kommt. Zwischen Mund und After liegt das Zentralnervensystem in Form eines Ganglion und münden zwei Nierenkanäle.

Über das Gesagte kann man bei einer allgemeinen Charakteristik nicht hinausgehen, da es zwei Gruppen der *Bryozoen* gibt, die *Entoprocten* und die *Ectoprocten*, die sich in so auffälliger Weise voneinander unterscheiden, daß man zweifeln kann, ob sie überhaupt zusammengehören; die *Entoprocten* (After innerhalb des Tentakelkranzes) haben keine Leibeshöhle und ähneln den *Rotatorien*, während die *Ectoprocten* (After außerhalb des Tentakelkranzes) im Besitz einer Leibeshöhle sich den Cölhelminthen anschließen und durch Vermittlung der Gattung *Phoronis* mit den unbewaffneten *Gephyreen* (*Prosopygiern*) und auch den *Anneliden* Fühlung gewinnen.

I. Ordnung. Entoprocten.

Die Einzeltiere der *Entoprocten* haben die Gestalt eines Weinglases (Fig. 261) und sitzen auf Stielen, welche sich — mit Ausnahme des einzellebenden *Loxosoma* — aus verästelten, am Boden hinkriechenden Stolonen erheben. Die den Kelchrand einnehmende Tentakelkrone umschließt das Peristomfeld, auf welchem sowohl Mund wie After und zwischen beiden die Exkretions- und Geschlechtsorgane münden. Der Zwischenraum zwischen dem hufeisenförmigen Darm und der Körperoberfläche ist vollkommen von einem Muskelzellen enthaltenden Parenchym ausgefüllt. Dementsprechend sind die Exkretionskanäle Protonephridien; bei der das Süßwasser bewohnenden *Urnatella gracilis* Dav. sind sie wie bei den Rotatorien verästelt und mit Flimmerläppchen versehen. Marin: *Pedicellina echinata* Sars. *Loxosoma singulare* Kef. einzellebend.

II. Ordnung. Ectoprocten.

Bei den *Ectoprocten* ist eine geräumige, oft von Flimmerepithel ausgekleidete Leibeshöhle zwischen Darm und Haut vorhanden, wodurch beide auseinandergedrängt und bis zu einem hohen Grad unabhängig voneinander werden (Fig. 262). Man bezeichnet sie daher als *Cystid* und *Polypid*. Das *Polypid* wird vom Darm mit der Tentakelkrone, das *Cystid* von Hautmuskelschlauch + Skelett gebildet.

Das *Cystid* hat die Gestalt eines Bechers, eines Schlauches oder einer oblongen oder ovalen Schachtel; man unterscheidet an ihm eine *Entocyste* und eine *Ectocyste*. Erstere ist der Hautmuskelschlauch,

letztere ein vom Epithel der Körperoberfläche ausgeschiedenes, selten gelatinöses, meist festes, bei vielen Arten (den meisten *Stelmatopoden*)

Fig. 261.

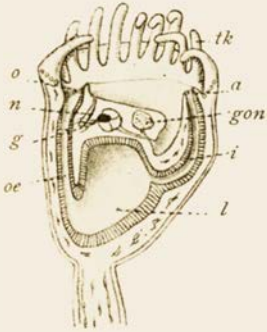


Fig. 262.

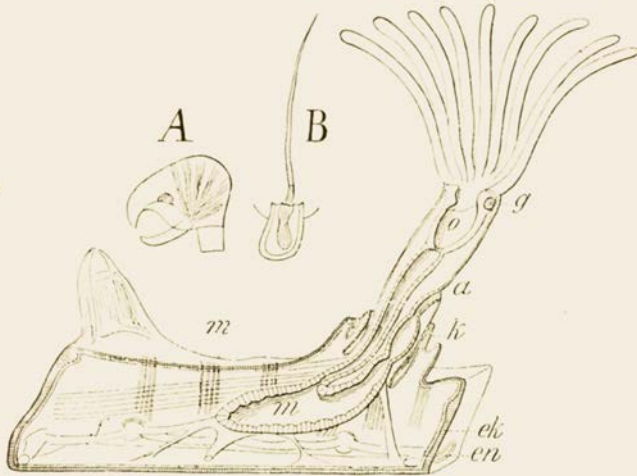


Fig. 261. *Loxosoma singularare* (nach Grobben). Einzeltier auf dem optischen Längsschnitt. *o* Mund, *a* After, *n* Protonephridium, *g* Ganglion, darunter Ovar, *oe* Ösophagus, *tk* Tentakelkrone, *gon* Hoden mit Ausführungsgang, *i* Enddarm, *l* Magen.

Fig. 262. *Flustra membranacea* (nach Nitsche), ein einzelnes Tier. *en* Endocyste, *ek* Ectocyste, *k* Kragen, welcher die völlige Einstülpung des Tieres gestattet, *f* Funiculus, *a* After, *m* Magen, *o* Ösophagus, *g* Ganglion, *m* Hautmuskelschlauch. A Avicularien von *Bugula*, B Vibracularen von *Scrupocellaria* (nach Claparède).

sogar stark verkalktes Cuticularskelett. Da die cuticulare Verdickung am peripheren Ende unterbleibt, ist das Cystid hier nur durch die weichhäutige Endocyste abgeschlossen, welche eine Art Kragen bildet, in den das periphere Ende des Polypid samt seiner Tentakelkrone durch Retraktoren zurückgezogen werden kann (Fig. 263). Bei *chilostomen* Bryozoen kann die in der Ectocyste somit vorhandene Öffnung durch einen besonderen Deckel geschlossen werden. Die Tentakelkrone des Polypids umgibt nur die Mundöffnung, während der After außerhalb in der Nähe des Kragens liegt. Zwischen beiden Öffnungen beschreibt der Darm einen weit nach abwärts reichenden Bogen, dessen hinteres Ende durch einen Strang, den Funiculus, mit dem Grund des Cystids verbunden ist. Zwischen Mund und After liegen ferner das Ganglion, vielleicht auch die Niere, welche nach Angabe einiger Forscher aus zwei getrennt in der Leibeshöhle beginnenden, nach außen gemeinsam mündenden Flimmerkanälen bestehen soll, während von anderer Seite ihre Existenz in

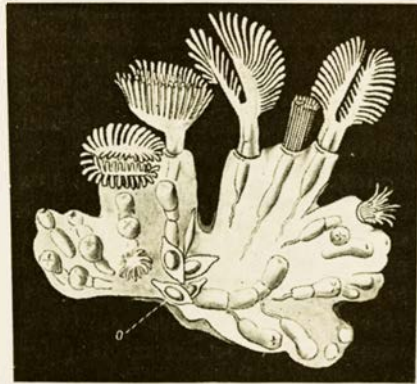


Fig. 263. Ein Stückchen von *Lophopus rystallinus* Pall. mit jüngeren und älteren, teils ausgestreckten, teils halb oder ganz zurückgezogenen Tieren; die dunklen Körper im Innern (*o*) sind Statoblasten (nach Kraepelin).

Abrede gestellt, die fragliche Struktur anderweitig gedeutet wird. Die Geschlechtsorgane entstehen aus dem Epithel der Leibeshöhle, teils am Funiculus, teils an den Wandungen des Cystids. — Hunderte oder Tausende kleiner Einzeltiere bilden Kolonien (Fig. 263) von mannigfaltigstem Aussehen, in denen sich Cystid unmittelbar an Cystid anreihet. Die Cölome benachbarter Cystide können durch eine durchbrochene Scheidewand unvollkommen voneinander getrennt sein (*Stelmatopoden*) oder miteinander weit kommunizieren (*Lophopoden*). Die Kolonien wachsen durch Knospung; von einem Cystid schnürt sich ein Teil ab als Tochtercystid, in welchem durch Neubildung das „Polypid“, der Darm mit Tentakelkrone, entsteht; oder es entsteht zuerst die Knospenanlage des Polypids, bevor durch Auswachsen des Muttercystids die Anlage für ein Tochtercystid geliefert wird.

Sehr häufig, besonders bei den *Chilostomen*, findet sich bei den Bryozoen Arbeitsteilung oder Polymorphismus vor. Außer den bisher beschriebenen, vorwiegend zur Ernährung dienenden Tieren können noch verschiedenartige Anhänge vorkommen, so die Ovicellen, Vibracularen und Avicularien; letztere zwei sind Cystide, welche das Polypid verloren haben. Die Ovicellen dagegen werden nicht als Individuen gedeutet; sie sind rundliche Kapseln, welche zur Aufnahme der befruchteten Eier dienen, die Vibracularen (B) sind lange, tastende Fäden, die Avicularien (A) Greifapparate, welche Nahrungskörper festhalten, damit sie zerfallen und in den Bereich der Tentakelkrone der Freßtiere geraten. Das Avicularcystid hat die Gestalt eines Vogelkopfes, indem es an einem Ende zu einem schnabelartigen Fortsatz ausgezogen ist, dem ein beweglicher Fortsatz am anderen Ende (umgewandelter Deckel) wie ein Unterkiefer entgegenwirkt.

Unter ungünstigen Bedingungen kann in einem Cystid das Polypid zu einer bräunlichen Masse degenerieren und lange Zeit fehlen, bis günstigere Verhältnisse seine Neubildung gestatten. Außerdem kommt es vor, daß in den Cystiden eigentümliche, zur Verbreitung der Art dienende Ruhezustände, die *Statoblasten*, angetroffen werden, vielzellige Körper von linsenförmiger Gestalt, welche von einer festen Hülle umgeben werden. Der Rand des Körpers ist mit einem Gürtel geschlossener Kämmerchen versehen, welche sich beim Eintrocknen mit Luft füllen und den Statoblasten schwimmend machen, wenn er aufs neue in das Wasser gerät. Aus dem Statoblasten tritt dann ein kleines Tier hervor, welches eine neue Kolonie liefert. Die Statoblasten sind eine Anpassung an die Bedingungen des Süßwassers und finden sich daher nur bei *Lophopoden*, wo sie sich noch vor der Rückbildung des Polypids als eine Art innerer Knospen am Funiculus entwickeln.

I. Unterordnung. *Stelmatopoden*, Kreiswirbler, *gymnoläme Bryozoen*, bei denen die Tentakeln einen Ring um die Mundöffnung bilden: die Ectocyste ist meist verkalkt. Zu den fast ausschließlich marinen Tieren (im Süßwasser die *Paludicellen*) gehören als die bekanntesten Arten die *Flustren* und die *Bugulen*, *Flustra membranacea* L. (Fig. 262), *Bugula avicularia* L. II. Unterordnung. *Lophopoden* (*Phylactolämen*) tragen die Tentakeln auf dem Lophophor. Derselbe besteht aus zwei hufeisenförmigen Fortsätzen, welche sich links und rechts von der durch einen Lappen (das Epistom) überdachten Mundöffnung erheben. Die *Lophopoden* sind Süßwasserbewohner. *Alcyonella fungosa* Pall. *Plumatella reptans* L. *Lophopus crystallinus* Pall. (Fig. 263).

IX. Klasse.
Brachiopoden.

Die *Brachiopoden* wurden wegen ihrer zweiklappigen Schale lange Zeit für *Muscheln* gehalten; sie wurden später von den *Muscheln* getrennt und für eine besondere Klasse der *Mollusken* erklärt, weil man auf die ganz abweichende Lage der Schalen aufmerksam wurde: daß nämlich die Schalen nicht links und rechts zur Symmetrieebene des Körpers liegen, sondern die dorsale und ventrale Seite des Tieres bedecken. Zu einer Loslösung von den *Mollusken* entschloß man sich erst in der Neuzeit, als man erkannte, daß die Tiere im Bau des Nervensystems, der Exkretions- und Geschlechtsorgane, in der Beschaffenheit der Leibeshöhle und in der Entwicklungsweise den *Cölhelminthen* viel näher stehen als den *Mollusken*.

Der Körper eines *Brachiopoden* (Fig. 264) ist ein quereovaler Eingeweidessack mit stark verkürzter Hauptachse; von seinem hinteren Ende entspringt

bei den meisten Arten ein Stiel (*st*), mit Hilfe dessen die Tiere festgewachsen sind; ferner gehen vom Körper zwei ansehnliche, nach vorn gewandte, an ihrem freien Rande mit Borsten besetzte Falten aus, die Mantellappen, von welchen der eine wie eine Kapuze über den Rücken gezogen ist (*p*¹), der andere ventral liegt (*p*²).

Das Epithel der Mantellappen scheidet auf der äußeren Oberfläche eine Schale aus, welche nach außen von einem organischen Oberhäutchen, dem Periostracum, überzogen ist, im übrigen der Hauptmasse nach aus kohlen-saurem Kalk besteht (bei *Discina* und *Lingula* aus organischer Grundsubstanz und phosphorsaurem Kalk). In der Regel ist der aus Prismen bestehende Kalkkörper der Schale von Porenkanälen



Fig. 264. Anatomie von *Rhynchonella psittacea*, beide Schalen, die Körperwand und die Leber der linken Seite sind entfernt. *a*¹ linker, *a*² rechter Arm, *a* die Eingänge in die Hohlräume der Arme, *o* Ösophagus, *g* Magen mit Einmündung der Leber, *l* Leber, *d* Darm, *e* blindes Ende desselben, *m* Muskeln zum Öffnen und Schließen der Schale, *p*¹, *p*² dorsaler und ventraler Mantellappen, *st* Stiel, *1* und *2* erstes und zweites Dissepiment (Gastro- und Ileo- parietalband), unter dem ersten Dissepiment Herz mit Gefäßen, an dem zweiten Dissepiment Mündung eines Segmentalorgans (nach Hancock).

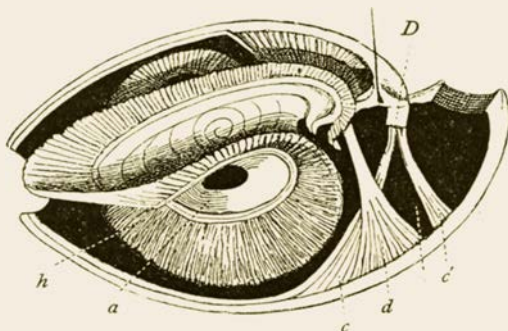


Fig. 265. *Waldheimia flavescens* (aus Zittel), Schale mit Armen und Muskeln. *a* Arm mit seinem gefranzten Saum (*h*), *d* Schließmuskeln (Adductores), *c* und *c'* Muskeln zum Öffnen der Schale (Divaricatores), *D* Schloßfortsatz. Die senkrechte Linie bezeichnet die Lage des Schlosses.

durchsetzt, welche nach außen durch das Periostracum geschlossen sind, während von innen Fortsätze des Epithels in sie hineindringen. Selten haben dorsale und ventrale Schale gleiche Gestalt; gewöhnlich ist die ventrale — bei der Gattung *Crania* direkt ohne Stiel festgewachsene — Schale stärker kahnartig gewölbt und zum Durchtritt des Stieles an ihrem hinteren Ende von einer Öffnung durchbohrt (Fig. 265, 266). Die dorsale, flachere Schale ihrerseits besitzt bei den meisten Arten eine charakteristische Einrichtung in dem Armskelett, einem Kalkgerüst von sehr verschiedener Ausbildung. Seine Grundlage besteht aus zwei Kalkstäben, welche symmetrisch zur Medianebene von der dorsalen Schale aus in den Schalenraum abwärts steigen, sie können durch einen gebogenen Querbügel verbunden sein. Von ihren Enden kann dann noch weiter jederseits ein spiral gewundener Fortsatz entspringen. Das beschriebene Skelett ist ein Trageapparat für die spiralen Mundarme.

Beide Schalen umhüllen im geschlossenen Zustand den Weichkörper vollkommen; wenn sie sich öffnen, weichen sie mit den vorderen Rändern auseinander, während die hinteren Ränder verbunden bleiben.

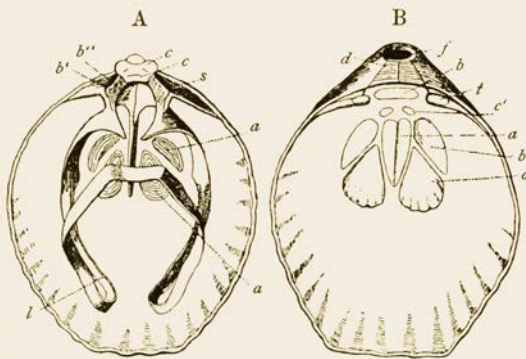


Fig. 266. *Waldheimia flavescens* (aus Zittel). A die dorsale, B die ventrale Schale, *a*, *b*, *c* Eindrücke der Muskelansätze, *a* der Schließmuskeln (Adductoren), *c*, *c* der Muskeln zum Öffnen (Divaricatoren), *b*, *b*', *b*'' der Stielmuskeln (Adjustoren), *s* Schloßgruben der oberen Schale, in welche die Schloßzähne *t* der unteren Schale passen, *l* Stützapparat der Arme, *f* Öffnung für den Stiel, *d* Deltidium.

Die Bewegung vollzieht sich um einen festen Punkt, das nur den *Ecardines* fehlende Schloß, welches ein wenig einwärts vom hinteren Rande liegt; zur Bildung desselben trägt die ventrale Schale mit zwei zahnartigen Vorsprüngen bei, welche in besondere Vertiefungen der dorsalen Schale passen. Öffnen und Schließen ist (im Gegensatz zu den *Lamellibranchiern*) beides ein aktiver Vorgang; von der ventralen Schale entspringen Muskeln, welche sich an der dorsalen Schale entweder nach hinten vom Schloß an dem Schloßfortsatz befestigen und dann zum Öffnen dienen (Divaricatoren) oder nach vorn davon ihren Angriffspunkt finden und den Schalen-schluß herbeiführen (Adductoren). Die Muskeln hinterlassen auf beiden Schalen Abdrücke, welche namentlich für die Unterscheidung fossiler Formen wichtig sind. Den Hauptteil des Schalenraumes füllen die beiden meist spiralig gewundenen Arme, welche links und rechts von der Mundöffnung liegen und Ursache zur Namengebung „*Brachiopoden*“ oder „*Spirobranchier*“ gewesen sind. Sie besitzen auf ihrer von der Spiralachse nach außen gewandten Seite eine Längsfurche, die bis an die Spitze des Armes reicht und eine Reihe kleiner Tentakelchen trägt. Der Armapparat erinnert außerordentlich an den Lophophor der *lophopoden Bryozoen* (Fig. 263); man kann ihn aus demselben ableiten, wenn man sich vorstellt, daß jeder der beiden Lappen des Lophophors stark gewachsen ist und dabei sich spiral eingekrümmt hat. Tatsächlich gleicht auch der Armapparat eines jungen *Brachiopoden* vorübergehend dem Lophophor der *Bryozoen*.

Die Bewegung vollzieht sich um einen festen Punkt, das nur den *Ecardines* fehlende Schloß, welches ein wenig einwärts vom hinteren Rande liegt; zur Bildung desselben trägt die ventrale Schale mit zwei zahnartigen Vorsprüngen bei, welche in besondere Vertiefungen der dorsalen Schale passen. Öffnen und Schließen ist (im Gegensatz zu den *Lamellibranchiern*) beides ein aktiver Vorgang; von der ventralen Schale entspringen Muskeln, welche sich an der dorsalen Schale entweder nach hinten vom Schloß an dem Schloßfortsatz befestigen und dann zum Öffnen dienen (Divaricatoren) oder nach vorn davon ihren Angriffspunkt finden und den Schalen-schluß herbeiführen (Adductoren). Die Muskeln hinterlassen auf beiden Schalen Abdrücke, welche namentlich für die Unterscheidung fossiler Formen wichtig sind. Den Hauptteil des Schalenraumes füllen die beiden meist spiralig gewundenen Arme, welche links und rechts von der Mundöffnung liegen und Ursache zur Namengebung „*Brachiopoden*“ oder „*Spirobranchier*“ gewesen sind. Sie besitzen auf ihrer von der Spiralachse nach außen gewandten Seite eine Längsfurche, die bis an die Spitze des Armes reicht und eine Reihe kleiner Tentakelchen trägt. Der Armapparat erinnert außerordentlich an den Lophophor der *lophopoden Bryozoen* (Fig. 263); man kann ihn aus demselben ableiten, wenn man sich vorstellt, daß jeder der beiden Lappen des Lophophors stark gewachsen ist und dabei sich spiral eingekrümmt hat. Tatsächlich gleicht auch der Armapparat eines jungen *Brachiopoden* vorübergehend dem Lophophor der *Bryozoen*.

Im Rumpf der *Brachiopoden* findet sich eine von Flimmerepithel ausgekleidete Leibeshöhle, welche sich in die Arme und die Mantelfalten hinein erstreckt. Sie umschließt Darm, Leber und Geschlechtsorgane und zerfällt durch ein dorsales und ventrales, den Darm umfassendes Mesenterium in eine linke und rechte Hälfte; jede Hälfte wiederum ist durch zwei quere, unvollkommene Scheidewände (Gastro- und Ieoparietalbänder) in eine vordere, mittlere und hintere Kammer abgeteilt, ähnlich wie wir es für die *Sagitten* kennen gelernt haben. Der Darm besteht aus dem Ösophagus, einem von einer mächtigen Leber umhüllten Magen und einem Enddarm, welcher bei den meisten *Brachiopoden* blind geschlossen ist.

Die Geschlechtsorgane liegen hauptsächlich im Cölom der Mantellappen. Die Geschlechtsprodukte werden durch Segmentalorgane entleert, welche mit weiter Mündung in einer Leibeskommer beginnen, das Septum durchbohren und in der nächstfolgenden Kammer nach außen münden. Entsprechend den zwei Septen finden sich bei *Rhynchonella* auch zwei Paar Segmentalorgane; sonst ist das vordere der beiden Paare rückgebildet. Als Nervensystem funktioniert ein Schlundring, in welchem eine schwache dorsale, in die Arme sich hinein erstreckende Masse das obere Schlundganglienpaar, eine stärkere ventrale das Bauchmark vertritt. Im Blutgefäßsystem verdient ein dorsal vom Magen gelegenes Rückengefäß mit bläschenförmigem Anhang (Herz) Erwähnung.

In der Entwicklungsgeschichte erinnern die *Brachiopoden* einerseits an *Sagitta*, andererseits an die *Anneliden*. Mit *Sagitta* haben sie gemeinsam, daß bei *Argiope* die Leibeshöhle durch Ausstülpung vom Darm aus entsteht und später durch quere Scheidewände in drei Höhlen zerlegt wird; annelidenähnlich ist die Gestalt der Larven und das Vorkommen larvaler Borsten, welche in besonderen Follikeln gebildet werden. — In früheren Erdperioden, besonders im Paläozoicum, war die schon im Untercambrium auftretende Tierklasse sehr reich an Individuen und Arten entwickelt, so daß ihre Schalen zu den wichtigsten Leitfossilien gehören. Jetzt lebt nur ein spärlicher Rest, zum Teil in großen Meerestiefen. Die wenigen Gattungen und Arten verteilen sich auf zwei Ordnungen. Die *Ecardines* haben kein Schalenschloß; ihre Schalen sind gleichförmig, wenn der Stiel zwischen beiden durchtritt, oder ungleich, wenn die ventrale allein vom Stiel durchbohrt wird (*Discina*) oder direkt festgewachsen ist (*Crania*). *Lingula anatina* Lam. Die *Testicardines* haben ein Schloß und ungleich entwickelte Schalen, von denen die ventrale allein die Öffnung für den Durchtritt des Stieles enthält. After fehlt. *Waldheimia flavescens* Lam. (Fig. 266). *Terebratula vitrea* Lam.

X. Klasse.

Tunicaten, Manteltiere.

Vom Bau und der Erscheinungsweise der Würmer entfernen sich die ausschließlich im Meere lebenden *Tunicaten* in ganz erheblicher Weise; dafür besitzen sie im ausgebildeten Zustand eine äußere Ähnlichkeit mit den *siphoniaten Muscheln* und im Bau wichtiger Organe, vor allem aber während ihrer Entwicklung große Übereinstimmung mit den *Wirbeltieren*. Ersteres war Veranlassung, daß man lange Zeit die Tiere als *Molluscoiden* den echten *Mollusken* anschloß, ein Verfahren, welches nach unserem jetzigen Wissen vom Bau und von der Entwicklung beider Abteilungen ganz unzulässig ist. Die ontogenetische Übereinstimmung

dagegen hat dazu geführt, *Wirbeltiere* und *Tunicaten* als *Chordonier* zu vereinigen. Wenn man nun auch zugeben muß, daß viele Merkmale eine Verwandtschaft mit den *Wirbeltieren* beweisen, so sind doch die vorhandenen Unterschiede so außerordentliche, daß sich eine Vereinigung beider Tiergruppen zu einem Hauptstamm nicht empfiehlt.

Ihren Namen haben die *Tunicaten* der — bei den *Appendicularien* allerdings noch fehlenden — *Tunica* zu verdanken, einer Hülle, welche wie eine Cuticula durch Ausscheidung vom Hautepithel gebildet wird; von gewöhnlichen Cuticulae unterscheidet sie sich jedoch dadurch, daß mesenchymatische Zellen in sie eindringen und ihr die Beschaffenheit einer zellenreichen Binde substanz verleihen. Die Grundsubstanz ist bald faserig, bald homogen und hat noch die weitere interessante Eigentümlichkeit, daß sie bei der Elementaranalyse die gleiche Zusammensetzung aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff ergibt wie die Zellulose ($C_6H_{10}O_5$) und auch mit diesem spezifisch pflanzlichen Stoff im mikrochemischen Verhalten übereinstimmt (Blaufärbung bei Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure, Violettfärbung bei Chlorzinkjodzusatze). Aus keiner Tierabteilung kennt man so reichliche Zellulosebildung.

Ein weiteres interessantes, weil an die Wirbeltiere erinnerndes Merkmal der *Tunicaten* ist die Umwandlung des Vorderdarms in eine Kieme, indem seine Wandung von Spalten durchbrochen wird, welche bei *Appendicularien* direkt nach außen, sonst in einen Vorraum, den zugleich als Kloake funktionierenden Perithoracalraum, leiten. Während das Atemwasser durch die Kiemenspalten abfließt, werden die gleichzeitig mit ihm aufgenommenen Nahrungsbestandteile von einem ringförmigen Flimmerband erfaßt und mittels einer dorsalen, öfters mit Tentakeln besetzten Längsfalte dem Ösophagus zugeleitet, umhüllt von Schleim, welcher vom Endostyl oder der Hypobranchialrinne ausgeschieden wird, einer flimmernden, für *Tunicaten* äußerst charakteristischen ventralen Rinne des Kiemendarmes.

Zwischen der Kiemenregion (dem hinteren Ende des Endostyls) und dem Magen liegt wie bei den Wirbeltieren auf der ventralen Seite der Herzschnlauch, eingeschlossen in einen Herzbeutel; er besitzt die sonst nirgends wieder vorkommende Eigentümlichkeit, daß die Richtung der Kontraktionen innerhalb kurzer Zeit wechselt; nachdem das Herz einige Zeit alles Blut nach der Kieme getrieben hat, steht es still, um bald darauf seine Tätigkeit in entgegengesetzter Richtung aufzunehmen und das Blut von der Kieme weg nach dem Magen zu pumpen. Wenn wir zu der vorstehenden Schilderung noch hinzufügen, daß ein dorsal gelegenes Ganglion und ein hermaphroditer Geschlechtsapparat vorhanden ist, so sind die allgemein gültigen Merkmale der Klasse erschöpft; im übrigen unterscheiden sich die Endglieder der Reihe wesentlich voneinander, werden aber durch Mittelformen miteinander so verbunden, daß an einer nahen Verwandtschaft nicht gezweifelt werden kann. An dem einen Ende der Reihe stehen die *Appendicularien*, an dem anderen die *Salpen* mit den ihnen nahe verwandten *Doliolen*; vermittelnde Formen sind *Ascidien* und *Pyrosomen*.

I. Ordnung. Appendicularien. Copelaten.

Die ein oder wenige Zentimeter großen *Appendicularien* leben meist an der Oberfläche des Meeres, mit dem vorderen Ende eingeschlossen in ein gallertiges, die noch fehlende *Tunica* ersetzendes Gehäuse von unverhältnismäßiger Größe, welches nicht nur zum Schutz, sondern auch

mittels eines komplizierten Reusenapparates zum Einfangen der Nahrung dient; wie Kaulquappen schwimmen sie geschickt mit Hilfe eines Ruderschwänzchens, das vom hinteren Ende des Rumpfes entspringt. Im Rumpf (Fig. 267) liegt der hufeisenförmige Darm mit seinen zwei großen Kiemenspalten, welche ebenso wie der After im Gegensatz zu allen übrigen Tunicaten direkt nach außen münden. Unter dem Darm treffen wir das nur den *Kowalewskii*den fehlende Herz, oberhalb die meist hermaphroditen Geschlechtsorgane und das Nervensystem. Letzteres besteht aus einem Hirnganglion, welchem eine höchst einfach gebaute Statocyste und eine Flimmergrube anliegen, ferner einem Strang gangliöser Knötchen, der sich in den Schwanzabschnitt hinein erstreckt. Die feste Achse des Schwanzes bildet die Chorda dorsalis, ein von einer Zellscheide umschlossener Gallertstrang, der den Muskeln zur Stütze dient und bis an den Rumpf heranreicht. Die Anwesenheit der Chorda, sowie der Umstand,

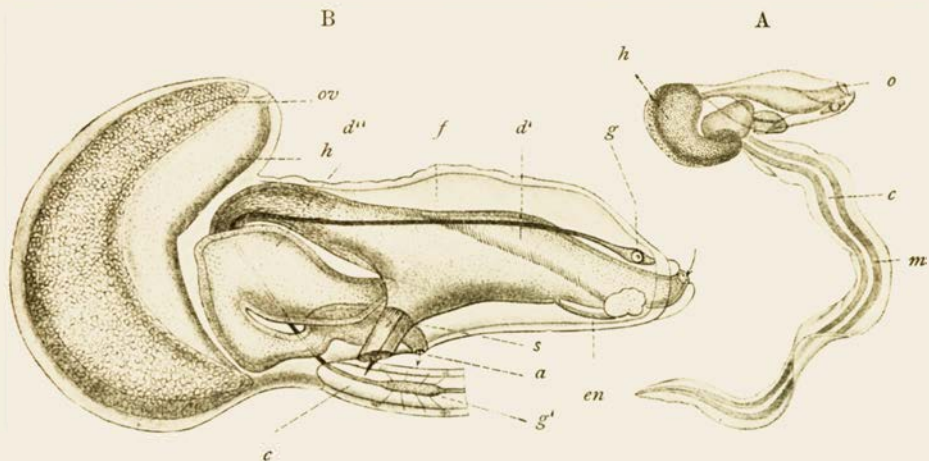


Fig. 267. A *Folia aethiopica*, ganzes Tier aus dem Gehäuse herausgenommen (nach Lohmann). B *Oicopleura cophocerca* Ggbr. (nach Fol.). Der Rumpf mit der Basis des Schwanzes in seitlicher Ansicht besonders dargestellt und stärker vergrößert. o Mund, ov Ovar, h Hoden, d' Kiemendarm, d'' nutritorischer Darm mit Leberblindsack, en Endostyl, f Flimmerbögen, s Kiemenspalte, a After, c Chorda, m Schwanzmuskeln, g oberes Schlundganglion mit anliegender Statocyste und Verbindungsnerve zu g', erstem Ganglion des Schwanzes. Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Wasserzirkulation, durch die Mundöffnung hinein, zum Teil durch die Kiemenspalten, zum Teil durch den After heraus.

daß die Schwanzganglien wie das Rückenmark der Wirbeltiere dorsal von der Chorda lagern, muß jetzt schon besonders betont werden. *Oicopleura cophocerca* Ggbr. (Fig. 267 B).

II. Ordnung. Tethyodeen, Ascidiaeformes.

Mit Ausnahme der im Wasser frei flottierenden *Pyrosomen* sind die *Ascidien* an Felsen, Pfählen, Hafengebäuden oder am Grund des Meeres festgewachsen. Das mit der sitzenden Lebensweise zusammenhängende erhöhte Schutzbedürfnis hat zu einer enormen Entwicklung der Zellulosehülle geführt, welche, alle inneren Organe verdeckend, den *Ascidien* ein plumpes und unförmliches Aussehen verleiht. Zwei meist auf Hervorragungen angebrachte Öffnungen, die Egestions- und Ingestionsöffnung, führen in das Körperinnere und spritzen Wasserstrahlen aus, wenn man die Tiere aus dem Wasser nimmt (Fig. 268 A).

Nach Entfernung des Zellulosemantels findet man einen vollkommen an die Würmer erinnernden Hautmuskelschlauch von longitudinalen und zirkulär zu den beiden Öffnungen angeordneten Muskelfasern. Eingeschlossen in den Muskelschlauch liegen die Eingeweide, unter denen der Anfangs- oder Kiemendarm den ansehnlichsten Teil ausmacht. Der Kiemendarm, in den man durch die von kleinen Tentakeln umstellte Mund- oder Ingestionsöffnung hineingelangt, ist ein weiter Sack, der einen ansehnlichen Hohlraum, die innere Kiemenhöhle, umschließt und selbst wieder in einem ihn allseitig umhüllenden Raum, dem Peribranchial- oder Perithoracalraum (äußere Kiemenhöhle), längs einer die Bauchseite bezeichnenden Linie aufgehängt ist (in der Figur A auf der linken Seite). Die Wand des Kiemendarms ist netzförmig durchbrochen von feinen, flimmernden Kiemenspalten, die in Längs- und Querreihen gestellt sind (Fig. 268 C); durch sie fließt das durch den Mund aufgenommene Atemwasser in den Peribranchialraum und von diesem durch die Egestionsöffnung nach außen ab.

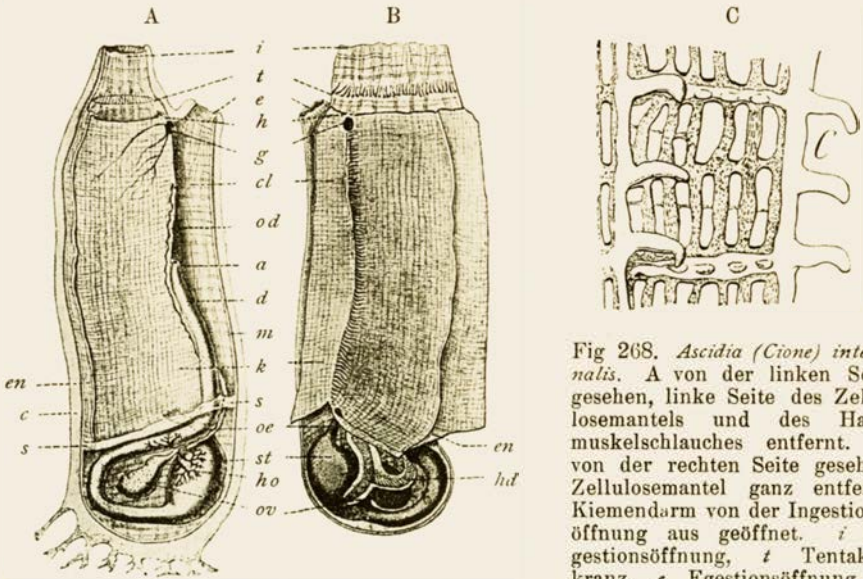


Fig 268. *Ascidia (Cione) intestinalis*. A von der linken Seite gesehen, linke Seite des Zellulosemantels und des Hautmuskelschlaches entfernt. B von der rechten Seite gesehen, Zellulosemantel ganz entfernt, Kiemendarm von der Ingestionsöffnung aus geöffnet. *i* Ingestionsöffnung, *t* Tentakelkranz, *e* Egestionsöffnung, *h*

Mündung der „Hypophysis“, *g* Ganglion, *cl* Kloake (Perithoracalraum), *od* Oviduct (die schwarze Linie daneben das Vas deferens), *a* After, *d* Enddarm, *m* Hautmuskelschlauch, *k* Kiemensack, *s* Scheidewand zwischen Kloake und Leibeshöhle, *oe* Ösophagus, *st* Magen, *ho* verästelte Hodenschläuche am Magen und Darm, *ov* Ovar, *hd* Herz mit Pericard, *en* Endostyl, oben an dem Flimmerbogen endend, *c* Zellulosemantel, am unteren Ende mit Haftfäden. C ein Stück des Kiemennetzes, stärker vergrößert, um die Kiemenspalten zu zeigen.

Die durch den Schleim des Endostyls im Kiemendarm zurückgehaltenen Nahrungsbestandteile gelangen in den am Grund des Kiemensacks beginnenden Ösophagus, von da in den Magen, welcher meist mit einer „Leber“ versehen ist, und endlich in ein gewundenes Darmrohr, welches durch den After in den Peribranchialraum mündet. Da in letzteren auch die Geschlechtsprodukte entleert werden, so heißt der unter der Egestionsöffnung gelegene Teil desselben Kloake. Wie die Kieme im Perithoracalraum, so kann der übrige Darm in einer besonderen Leibeshöhle (Epicardialraum der Autoren) eingeschlossen sein, welche durch eine

zarte Scheidewand (Fig. 268 A s) von dem Perithoracalraum getrennt wird, mit dem Kiemendarm aber durch paarige Öffnungen zusammenhängt.

In der Leibeshöhle, welche bei Ascidien mit verkürzter, gedrungener Körpergestalt fehlt, finden sich ferner noch die hermaphroditen Geschlechtsorgane und das Herz, letzteres als ein oft S-förmig gekrümmter Schlauch zwischen Magen und Endostyl ausgespannt. Dem Endostyl gegenüber in der dorsalen Wand des Kiemendarms liegt das Ganglion zwischen Ingestions- und Egestionsöffnung; unter, selten über dem Ganglion liegt eine verästelte Drüse, welche in den an die Ingestionsöffnung grenzenden Darmabschnitt mittels der bei *Appendicularien* schon erwähnten Flimmergrube mündet; weil sie dadurch an einen rasch vorübergehenden Entwicklungszustand der Hypophysis der *Wirbeltiere* erinnert, wird sie als Hypophysis gedeutet. Bei manchen *Ascidien* existieren besondere Exkretionsorgane, zahlreiche geschlossene, mit Exkreten gefüllte Bläschen (Speichernieren).

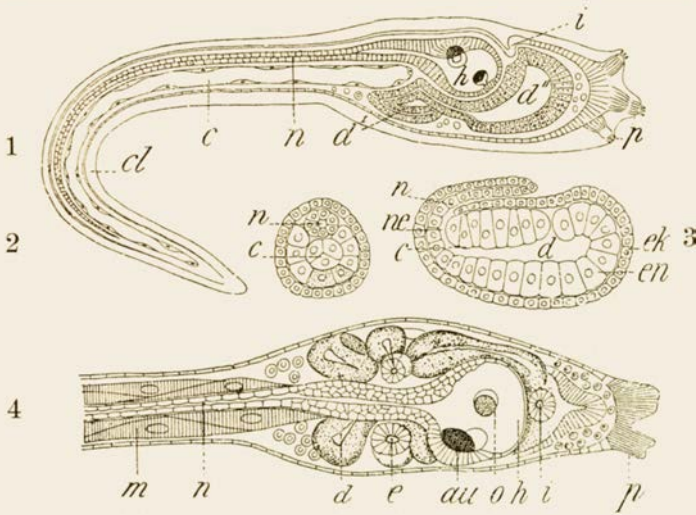


Fig. 269. Ascidienentwicklung (nach Kupffer und Kowalewski). 1 eben ausgeschlüpfte Larve, 2 Querschnitt durch den Schwanz einer etwas jüngeren Larve, 3 ein erheblich früheres Entwicklungsstadium: Bildung der Chorda und des Nervensystems, 4 vorderes Ende einer Larve kurz vor dem Festsetzen. (1 *Phallusia mentula*, 2–4 *Phallusia mammillata*). *c* Chorda, *cl* Zellulosemantel, *n* Neuralrohr, *h* Anschwellung desselben: Hirn mit Auge (*au*) und Statocyste (*o*), *ne* Canalis neurentericus, *d* Darm (*d'* nutritorischer, *d''* respiratorischer Teil), *i* Mundeinstülpung (Ingestionsöffnung), *e* Kloakenbläschen (Egestionsöffnung), *m* Muskeln des Schwanzes, *p* Haftpapillen, *ek* Ectoderm, *en* Entoderm.

Aus den Eiern der *Ascidien* gehen kleine, lebhaft bewegliche Larven hervor (Fig. 269), welche wie *Appendicularien* aus Rumpf und Ruderschwanz bestehen; sie haben eine überraschende Ähnlichkeit mit Embryonal- und Larvenstadien niederer Wirbeltiere, vor allem des *Amphioxus*. Dorsal von dem auf den Rumpf beschränkten Darm verläuft das röhrlige Nervensystem, an dem man drei Abschnitte unterscheiden kann; zuvorderst das bläschenförmige Hirn (Archencephalon), in dessen Wandungen ein primitives Auge und eine Statocyste liegen, weiterhin eine verjüngte Partie (Metencephalon), schließlich ein in den Schwanz eintretendes Rückenmarksröhr. In der Achse des Schwanzes findet sich ein festes Stützorgan, die Chorda dorsalis (vgl. darüber die Wirbeltiere),

welche sich eine kurze Strecke weit in den Rumpf zwischen Darm und Nervenrohr einschiebt.

Die besprochenen Wirbeltiercharaktere der Ascidienlarve (Anwesenheit der Chorda dorsalis und ihre Einfügung zwischen Darm und Nervensystem, die röhriige Beschaffenheit des letzteren, seine Zusammensetzung aus Hirn und Rückenmark, seine rein dorsale Lage) gewinnen noch weiter an Bedeutung durch den Nachweis, daß die Chorda dorsalis und das Nervensystem der *Ascidien* sich embryonal in einer Weise anlegen, wie es nur bei den Wirbeltieren beobachtet wird, die Chorda durch Abschnürung vom Entoderm aus der dorsalen Wand des Urdarms, das Nervensystem dagegen aus dem Ectoderm durch Einfaltung. Wie bei den Wirbeltieren kommuniziert vorübergehend das hintere Ende des Rückenmarkrohres durch den Canalis neurentericus mit dem Darm. Auf Grund dieser entwicklungsgeschichtlichen Befunde kann man mit Recht den Satz aufstellen, daß unter allen Wirbellosen die *Ascidien* den *Vertebraten* am nächsten stehen. Man kann diesen Satz noch weiter damit stützen, daß auch die ausgebildete *Ascidie* durch die Anwesenheit des Kiemendarms, die ventrale Lage des Herzens, durch die Anwesenheit des der Schilddrüse vergleichbaren Endostyls den *Wirbeltieren* trotz abweichender Körporgestalt ähnlich ist.

Bei der Metamorphose der beweglichen Larve in die festsitzende *Ascidie* spielen vier Prozesse eine wichtige Rolle: 1. Die Larve befestigt sich mittels dreier am vorderen Ende befindlicher ventraler Papillen. 2. Der Ruderschwanz wird eingezogen und nach vorhergegangener fettiger Degeneration resorbiert. 3. Die Gestalt wird unförmlich durch Ausscheidung des Zellulosemantels. 4. Vom Rücken her bilden sich zwei Hauteinstülpungen, die Perithoracalbläschen: dieselben unwachsen den Vorderdarm und verschmelzen zu dem einheitlichen Peribranchialraum. — Außer der geschlechtlichen Fortpflanzung besitzen viele *Ascidien* noch die Fähigkeit zu ungeschlechtlicher Vermehrung durch Knospung. Wo letztere besteht, führt sie zur Koloniebildung.

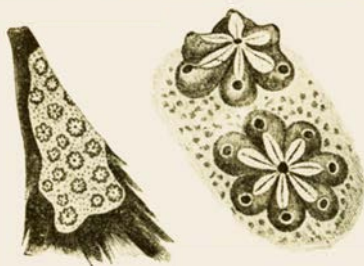


Fig. 270. *Botryllus violaceus* (nach Carpenter). Links eine kleine, aus 19 Individuengruppen bestehende Kolonie. Rechts zwei Individuengruppen, stärker vergrößert.

I. Unterordnung. *Monascidien*. Einzelascidien von meist ansehnlicher Größe, bald mit durchsichtigem Mantel: *Ascidia (Cione) intestinalis* L., *Phallusia mammillata* Cuv., bald mit lederartig trübem Mantel (*Cynthia microcosmus* Cuv.). Die Gattung *Clavellina* (*Cl. lepadiformis* Sav.) treibt an der Basis Wurzeläusläufer, an denen neue Tiere zu einer locker verbundenen Kolonie hervorsprossen; sie leitet so zur nächsten Gruppe über. —

II. Unterordnung. *Synascidien*. Die zusammengesetzten *Ascidien* bestehen aus sehr kleinen Einzeltieren, welche, zu Hunderten in einem gemeinsamen Zellulosemantel eingebettet, ansehnliche Krusten auf Steinen, Pflanzen und Tieren erzeugen. Meist sind die Individuen einer Kolonie auf viele kleine Gruppen verteilt, von denen eine jede ihre gemeinsame Kloake besitzt, um welche herum die Ingestionsöffnungen der 6—20 der Gruppe zugehörigen Tiere eine Rosette bilden. *Botryllus violaceus* Edw. (Fig. 270). —

III. Unterordnung. *Pyrosomen* sind freischwimmende, pelagische *Syna-*

scidien. Die walzenförmige Kolonie umschließt eine nach abwärts mündende Zentralkloake; die einzelnen Tiere stehen zur Längsachse derselben senkrecht, und zwar so, daß die Ingestionsöffnung nach außen schaut, die genau opponierte Egestionsöffnung in die Kloake mündet. *Pyrosoma giganteum* Les., Feuerzapfen, durch intensives Leuchtvermögen ausgezeichnet, welches durch symbiontische Pilze veranlaßt wird.

III. Ordnung. Thaliaceen, Salpaeformes.

Wie die *Pyrosomen*, so gehören auch die salpenartigen *Tunicaten*, die echten *Salpen* und die *Doliolen*, der pelagischen Tierwelt an; in derselben spielen sie sogar eine hervorragende Rolle, einige trotz ihrer geringen Körpergröße durch ihr massenhaftes Auftreten, andere, namentlich die koloniebildenden Formen, durch ihre ansehnlichen Dimensionen. Ihrer Körpergestalt nach kann man eine Einzel-*Salpe* mit einer an beiden Enden geöffneten Tonne vergleichen, deren Wandung nach außen vom Zellulosemantel, nach innen vom Hautmuskelschlauch gebildet wird (Fig. 271). Die Muskeln sind sämtlich zirkulär und bilden 6—9 nicht immer vollkommen geschlossene Ringe, die wie Reifen den Innenraum umgürten. Indem ihre Kontraktionen das durch die Ingestionsöffnung einströmende Wasser durch die Egestionsöffnung austreiben, schwimmen die Tiere durch Rückstoß mit der Ingestionsöffnung voran. Der Hohlraum der Tonne entspricht sowohl dem Kiemendarm wie dem Peribranchialraum der *Ascidien*. Bei den *Doliolen* sind beide Räume noch durch eine von zwei Reihen Kiemenspalten durchbrochene Scheidewand getrennt (Fig. 273); bei den gewöhnlichen

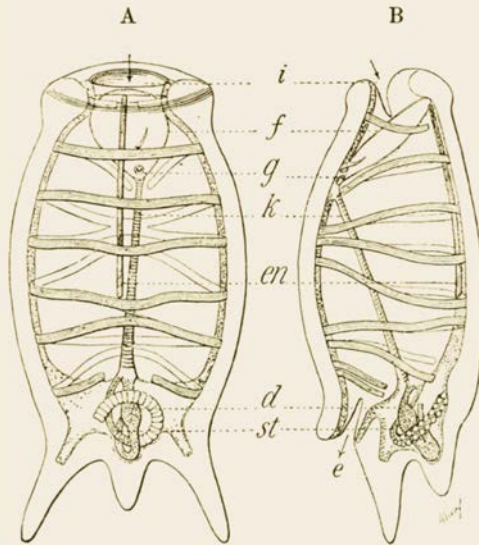


Fig. 271. *Salpa democratica* mit Knospenzapfen (*S. mucronata*). A in ventraler, B in seitlicher Ansicht. (Figurenerklärung siehe Fig. 273.)

Salpen ist die Scheidewand bis auf einen schmalen, mit queren Wimperstreifen besetzten Balken rückgebildet, so daß Kiemenhöhle und Peribranchialraum in einen einheitlichen Raum zusammenfließen. Als weitere Reste des Kiemendarmes der *Ascidien* erhalten sich außerdem noch konstant der ventrale Endostyl und die den Kiemeneingang umfassenden Flimmerbögen. Die Eingeweide des Tieres liegen im Hautmuskelschlauch, da, wo Kiemenspalten und Endostyl sich nähern, meist zusammengedrängt zu einem Knäuel, dem „Nucleus“ (Darm, Leber, Geschlechtsorgane, Herz). Das Ganglion liegt dem Endostyl gegenüber dorsal kurz vor dem Anfang des Kiemenspaltes; es steht im Zusammenhang mit einem hufeisenförmigen Ocellus.

Schon seit langem kennt man zweierlei *Salpen*; die einen leben als Einzeltiere isoliert für sich; bei den anderen sind viele Individuen hintereinander zu einer Kette oder nebeneinander zu einer Rosette ver-

einigt. Am Anfang des vorigen Jahrhunderts entdeckte Chamisso, daß die Kettensalpen von den solitären erzeugt werden, und daß diese umgekehrt wieder von jenen abstammen, eine eigentümliche Entwicklungsweise, für welche Steenstrup später den Namen Generationswechsel eingeführt hat. Die solitäre Salpe (Fig. 271) ist die Amme; sie hat keine Geschlechtsorgane, wohl aber nahe dem hinteren Ende einen Knospenzapfen oder Stolo prolifer, welcher an seinem Ende mehrere Salpenkolonien hintereinander hervorsprossen läßt. Während die erste Kette sich ablöst, reift eine zweite heran und beginnt eine dritte sich aus dem Knospenzapfen heraus anzulegen. Die kolonialen Salpen (Fig. 272) werden geschlechtsreif; jedes Tier einer Kolonie produziert nur ein Ei, die Anlage der solitären Salpe.

Fig. 272.

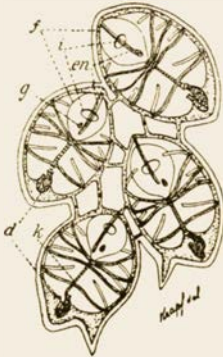


Fig. 273.

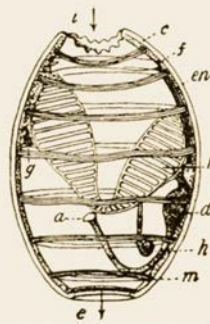


Fig. 272. *Salpa mucronata*, Teil einer jungen, noch nicht abgelösten Kette.

Fig. 273. *Doliolum denticulatum*. *i* Ingestionsöffnung, *f* Flimmerbögen, *g* Ganglion mit hufeisenförmigem Auge und davor gelegenen Tentakel und Hypophysengrube, *k* Kieme, *en* Endostyl, *d* Darm, *e* Egestionsöffnung, *a* After, *h* Hoden, *m* Muskelreifen, *c* Zellulosemantel. Die Pfeile deuten die Richtung der Wasserströmung beim Schwimmen an; die Richtung des schwimmenden Tieres ist entgegengesetzt.

Da nun sowohl die Kettensalpen, wie die aus ihnen hervorgehenden Einzelsalpen schon besondere Namen erhalten hatten, ist man jetzt gezwungen, Doppelnamen anzuwenden. So bedeutet der Ausdruck *Salpa democratica mucronata* Forsk., daß die *S. democratica* die Amme, die *S. mucronata* das geschlechtliche Kettentier ist; in derselben Weise sind die Namen *S. africana-maxima* Forsk., *S. runcinata-fusiiformis* Cuv. gebildet. Von den eigentlichen Salpen unterscheiden sich die Tönnchen oder *Doliolen* durch die besser ausgebildete Kieme und einen komplizierteren Generationswechsel. *Doliolum denticulatum* Quoy u. Gaim (Fig. 273).

Zusammenfassung der Resultate über Würmer.

1. Die Würmer sind bilateral-symmetrische Tiere mit einem Hautmuskelschlauch und einem meist aus Ganglienknötchen bestehenden Zentralnervensystem.

2. Die Fortpflanzung ist vorwiegend geschlechtlich, doch kommen auch Pädogenese und Knospung und demgemäß Heterogonie und Generationswechsel vor.

3. Je nach Anwesenheit oder Mangel einer Leibeshöhle unterscheidet man parenchymatöse Würmer, **Scoleciden**, und Leibeshöhlenwürmer, **Cölhelminthen**. Ein Pseudocölon besitzen die **Nematelminthen**.

4. Die typischen Vertreter der **Scoleciden** sind die **Plattwürmer**, Tiere von dorsoventral abgeplatteter Gestalt, deren Nervensystem aus den

oberen Schlundganglien und den Seitensträngen, deren Nierensystem aus den verästelten Wassergefäßen (Protonephridien) besteht.

5. Die ursprünglichsten Plattwürmer sind die *Turbellarien*, aus denen sich einerseits die *Trematoden* und *Cestoden*, andererseits die *Nemertinen* ableiten lassen.

6. Die *Turbellarien* sind durch ihr flimmerndes Körperepithel (Strudelkleid) charakterisiert; sie haben keinen After und keine Blutgefäße; ihr Darm besteht aus dem ectodermalen Schlundkopf und dem entodermalen Magen, welcher bei *Rhabdocölen* ein stabförmiger Blindsack, bei *Dendrocölen* reich verästelt ist.

7. Bei den parasitischen *Trematoden* ist das Flimmerkleid verloren gegangen oder auf das Larvenleben beschränkt; dafür finden sich Haftapparate zum Festhalten am Wirt, Haken und Saugnäpfe, bei den ectoparasitischen *Polystomeen* zahlreiche, bei den entoparasitischen *Distomeen* 1—2 Saugnäpfe.

8. Bei den *Distomeen* kommt es zum Wirtswechsel und zur Heterogonie. Aus den Eiern eines Distomum entsteht eine stets in Mollusken (erstes Wohntier) schmarotzende *Sporocyste*; aus deren sich parthenogenetisch entwickelnden Eiern entsteht zumeist eine *Cercarie*, welche sich zum eingekapselten Distomum (im zweiten Wohntier) und endlich zum geschlechtsreifen Distomum (im dritten Wohntier) weiter entwickelt. Zwischen *Sporocyste* und *Cercarie* kann noch als eine weitere parthenogenetische Generation die *Redie* eingeschoben sein.

9. Die bekanntesten Distomeen sind *D. hepaticum* und *D. lanceatum* (selten im Menschen, häufig im Schaf), *Schistosomum* (*Bilharzia haematobium* in der Pfortader des Menschen, aber nur in wärmeren Klimaten).

10. Von den Trematoden sind die *Cestoden* unterschieden vor allem durch den Verlust des Darms, wozu meistens noch die Sonderung des Körpers in *Scolex* und *Proglottiden* kommt.

11. Der **Scolex** ist das Haftorgan der Bandwürmer und als solches mit Saugnäpfen und öfters auch mit Haken versehen; er hat ferner die Aufgabe, die *Proglottiden* durch terminale Knospung zu erzeugen.

12. Die **Proglottiden** enthalten den hermaphroditen Geschlechtsapparat.

13. Die in den Eiern sich bildenden sechshakigen Embryonen müssen in einen Zwischenwirt gelangen; zu dem Zweck müssen die Eier entweder passiv mit der Nahrung verschleppt werden oder in das Wasser gelangen, wo die Embryonen zu Flimmerlarven werden. Diese wandern in *Copepoden* ein und gelangen durch Verfütterung in Fische.

14. Im Zwischenwirt kapseln sie sich im Bindegewebe von Muskeln oder anderen Organen ein und verwandeln sich direkt in den *Scolex* (*Plerocercoid*) oder in eine Blase (**Finne**, *Cysticercus*), die in ihrem Innern einen bis viele *Scoleces* erzeugt.

15. Der *Scolex* wird aus der Cyste befreit, wenn er durch Verfütterung in den Darm eines geeigneten Wohntieres gelangt, und erhält dadurch die Fähigkeit, einen Bandwurm zu bilden.

16. Im Menschen kommen vor: als Finnen die *Taenia echinococcus* (Bandwurm im Hund) und *Taenia solium*, als geschlechtsreife Tiere *T. saginata* (Finne im Rind), *T. solium* (Finne im Schwein), *T. nana*, *Dibothriocephalus latus* (*Plerocercoid* im Hecht, Barsch, Quappe, einigen Salmoniden).

17. Die *Nemertinen* unterscheiden sich von den Turbellarien durch den Besitz eines Afterdarms, eines besonderen über dem Darm liegenden Rüssels und von Blutgefäßen.

18. Von den Plattwürmern entfernen sich wesentlich in ihrer Gestalt die **Rotatorien**; sie gleichen ihnen in der Beschaffenheit des Wassergefäßsystems; durch ihre Radscheibe erinnern sie an die bei Würmern weit verbreitete Trochophoralarve.

19. Die bekanntesten **Nemathelminthen** sind die **Nematoden**, in der Regel getrenntgeschlechtliche, meist parasitische, fadenförmige Würmer mit einem Pseudocölo, drehrundem, ungegliedertem Körper, mit Nervenring (keine Ganglien), paarigen Exkretionsgefäßen, deutlichen Seitenlinien, röhrigem Geschlechtsapparat.

20. Die wichtigsten Arten sind die im Dünndarm resp. Dickdarm des Menschen lebenden *Ascaris lumbricoides* und *Oxyuris vermicularis*, das im Dünndarm blutsaugende *Ankylostoma duodenale*, der im Coecum unschädlich angesiedelte *Trichocephalus trichiurus*, die berühmte *Trichinella spiralis*; warmen Klimaten gehören an: *Strongyloides intestinalis*, *Filaria sanguinis hominis* (*F. Bancrofti*) und *Filaria (Dracunculus) medinensis*.

21. Wichtige Pflanzenparasiten sind *Heterodera schachtii*, *Tylenchus devastatrix* und *T. tritici*, welche die als Rüben-, Roggen- resp. Weizenmüdigkeit bekannten Erscheinungen veranlassen.

22. Von den Nematoden unterscheiden sich die ebenfalls parasitischen drehrunden **Acanthocephalen** (Echinorhynchen) durch den Mangel des Darms, durch die Anwesenheit eines bestachelten Rüssels und eines sehr komplizierten Geschlechtsapparates.

23. Die Merkmale der **Cölhelminthen**, sowohl die anatomischen wie die entwicklungsgeschichtlichen, sind am schönsten bei den **Chätognathen** ausgeprägt; dieselben sind hermaphrodite Würmer mit dreigeteilter Leibeshöhle, mit Flossen und zum Kauen dienenden Borsten.

24. Die **chätopoden Anneliden** haben mit den Nematoden die rundliche Gestalt gemeinsam; sie unterscheiden sich von ihnen durch das Cölo und die segmentale Wiederholung der Septen (Dissepimente), Segmentalorgane und Blutgefäßanastomosen, durch das Strickleiternnervensystem.

25. Das wichtigste Merkmal der **Chätopoden** sind die in besonderen Follikeln entstehenden Borstenbüschel (meist vier in einem Segment); die Borsten sind spärlich bei den hermaphroditen *Oligochäten*, zahlreich und von besonderen Parapodien getragen bei den meist gonochoristischen *Polychäten*.

26. Den chätopoden Anneliden sind nahe verwandt die **Gephyreen**; dieselben sind Schläuche mit Tentakelkrone oder spatelförmigem Kopfappen; sie haben die Gliederung und die Borstenbewaffnung mehr oder minder vollständig eingebüßt. Andeutungen der Gliederung treten während der Entwicklungsgeschichte auf und sind auch anatomisch in der Anwesenheit eines Bauchmarks und von Segmentalorganen nachweisbar.

27. Zu den Anneliden gehören endlich noch die **Hirudineen**, hermaphrodite Würmer, welche anstatt der Borsten mit Saugnäpfen ausgerüstet sind. Ihre abgeplattete Gestalt und parenchymatöse Beschaffenheit sowie der rudimentäre Zustand ihrer Leibeshöhle verleihen den Tieren eine Ähnlichkeit mit den Plattwürmern.

28. Die Hirudineen haben zum Verwunden entweder einen Rüssel (*Rhynchobdelleae*) oder drei längsgestellte, gezähnte Kiefer (*Gnathob-*

delleae); zu den Kiefern gehört der medizinische Blutegel, *Hirudo medicinalis*.

29. Die **Enteropneusten** (*Balanoglossus*) sind äußerlich gekennzeichnet durch die Anwesenheit des in einem Kragen steckenden Rüssels, anatomisch durch die Umbildung des Vorderdarms zur Kieme.

30. Die **Bryozoen** sind ähnlich den Hydrozoen stockbildende Tiere mit einer Tentakelkrone; sie unterscheiden sich von ihnen durch die Ausbildung des Mesoderms, das gangliöse Nervensystem und den hufeisenförmigen Darm, zum größten Teil auch durch die Anwesenheit einer Leibeshöhle.

31. Nach der Lage des Afters innerhalb oder außerhalb der Tentakelkrone unterscheidet man *Entoprocten* und *Ectoprocten*.

32. Die **Brachiopoden** haben eine zweiklappige Kalkschale, welche Analogien zu den Schalen der Muscheln bietet, nur daß an Stelle linker und rechter Schalenklappen dorsale und ventrale vorhanden sind.

33. Die geräumige Leibeshöhle wird durch zwei unvollkommene Scheidewände (Ligamente) in drei Kammern zerlegt, von denen stets eine, seltener zwei mit Segmentorganen versehen sind.

34. Die Brachiopoden sitzen meist mittels eines Stieles fest; nach dem Vorhandensein oder dem Mangel eines Schalenschlosses zerfallen sie in die afterlosen Testicardines und die mit After versehenen Ecardines.

35. Die **Tunicaten** besitzen zwar noch den Hautmuskelschlauch der Würmer, unterscheiden sich aber im übrigen Bau erheblich von ihnen. Ihr wichtigstes Merkmal ist die aus Zellulose bestehende Tunica; weiter ist konstant, daß der Vorderdarm zum Kiemensack geworden ist, daß derselbe den Endostyl enthält, daß sich ein ventrales Herz mit wechselnder Kontraktionsrichtung vorfindet.

36. Die Tunicaten sind durch zwei weitere Merkmale besonders interessant: 1. die *Salpen* haben einen typischen Generationswechsel zwischen den ungeschlechtlichen solitären Salpen und den geschlechtlichen Kettensalpen. 2. Die **Tunicaten** sind **Nächstverwandte der Wirbeltiere**, indem die *Ascidien* als Larven die Chorda dorsalis besitzen, welche bei den *Appendicularien* dauernd vorhanden ist. Entwicklungsgeschichtlich bildet sich das Nervensystem wie bei den Wirbeltieren als ein Rohr, das durch den Canalis neurentericus mit dem Darm zusammenhängt, rein dorsal liegt und aus Hirn und Rückenmark besteht.

IV. Stamm.

Echinodermen, Stachelhäuter.

Durch ihre radialsymmetrische Gestalt entfernen sich die *Echinodermen* von den meisten übrigen Tierstämmen, erinnern dagegen an die *Cöleleraten*: sie wurden daher auch mit letzteren seit Cuviers epochemachender Typentheorie unter dem Namen „*Radiaten*“ vereint, bis Leuckart eine Trennung auf Grund ihres abweichenden Baues, namentlich wegen der Anwesenheit einer Leibeshöhle, herbeiführte. In der Tat hat auch die radiale Symmetrie der *Echinodermen* einen ganz verschiedenen Wert. Während bei den *Cöleleraten* die Zahl 4 oder (wahrscheinlich

Radiale
Symmetrie.

von 4 abgeleitet) die Zahl 6 zugrunde liegt, sind die *Echinodermen* mit wenigen Ausnahmen fünfstrahlig. Während ferner die radiale Symmetrie bei den *Cölenteraten* als ein ursprünglicher, niederer Zustand der Körperform angesehen werden muß, ist sie bei den *Echinodermen* aus der bilateralen Symmetrie abzuleiten; die *Echinodermen* sind aus bilateral-symmetrischen, wahrscheinlich wurmartigen Stammformen durch Rückkehr zu einer niederen Grundform hervorgegangen; darauf weisen ihre bilateral-symmetrischen Larven hin und viele Anklänge an bilaterale Symmetrie im Bau besonders der primitiven Formen (*Crinoideen*). Von dieser primitiven Bilateralität ist scharf die bilaterale Umformung zu unterscheiden, welche radialsymmetrische Organe, wie das Ambulacralsystem, der Geschlechtsapparat usw., bei hochdifferenzierten *Echinodermen* erfahren (vgl. das Bivium der *Seeigel* und Trivium der *Seewalzen*). Die Enden der Hauptachse des radial-symmetrischen Körpers werden an ihrem bei *Seeigeln*, *Schlangensterne* und *Seesternen* nach abwärts gewandten, ventralen Pol durch die Mundöffnung, an ihrem dorsalen Pol häufig durch den After charakterisiert.

Hautskelett.

Den Tieren verleiht die Beschaffenheit ihrer Haut ein charakteristisches Äußere. Unter dem häufig mit Flimmern bedeckten Epithel bilden sich im mesodermalen Bindegewebe Kalkplatten, welche wie Knochenplatten den Körper panzern und, da sie sich meist in Spitzen und Stacheln erheben, den Namen „Echinodermen“, „Stachelhäuter“ veranlaßt haben. Dies mesodermale Hautskelett kann zwar einer Rückbildung unterliegen, wie bei *Holothurien*, schwindet aber auch dann nur selten ganz (*Pelagothurien*), gewöhnlich erhält es sich in Resten, den Kalkankern und Kalkrädchen. Eigentümliche Anhänge der Haut sind die Sphäridien und Pedicellarien (Fig. 292). Erstere finden sich nur bei den Seeigeln und sind Sinnesorgane, letztere, bei Seeigeln allgemein und bei einem Teil der Seesterne vorhanden, sind von einem Kalkskelett gestützte Greifapparate, die im Bau an Zangen erinnern und von besonderen, bei den meisten Seesternen fehlenden Stielen getragen werden; sie sind im Leben äußerst beweglich und scheinen zur Reinigung der Haut und zur Verteidigung zu dienen; zu letzterem Zwecke sind manche *Pedicellarien* mit Giftorganen ausgerüstet.

Gewisse Kalkplatten haben ein besonderes vergleichend-anatomisches Interesse, weil sie bei vielen Larven frühzeitig auftreten und auch beim ausgebildeten Tier in verschiedenen Klassen in gleicher Lagerung nachgewiesen werden können. Im Umkreis des Afters liegen zunächst fünf interradiale „Basalia“, weiterhin fünf Radialia („apicales Skelett“), im Umkreis des Mundes fünf interradiale „Oralia“. Inwieweit diese Platten bei den einzelnen Klassen homolog sind, ist strittig.

Ambulacralfäßsystem.

Nicht minder charakteristisch als das Skelett ist das Ambulacralfäßsystem, auch Wassergefäßsystem genannt (Fig. 274). Dasselbe dient in der Regel zur Fortbewegung und ist ein mit Wimperepithel ausgekleidetes Röhrensystem; es beginnt bei *Seeigeln* und *Seesternen* auf der Oberfläche der Haut mit der Madreporenplatte, einer Kalkplatte, welche von feinen Öffnungen siebartig durchbrochen ist und zur Aufnahme von Seewasser dient. Das Wasser gelangt in einen Kanal, welcher wegen der bei *Seesternen* vorhandenen starken Verkalkung seiner Wandungen der Steinkanal heißt und abwärts zu einem den Mund umgebenden Ringkanal leitet. An letzterem sitzen gewöhnlich mehrere (bis zu fünf Paar) Polische Blasen, welche man neuerdings ebenso wie die Tiedemannschen

Körperchen der *Seesterne* als Anhänge deutet, die nach Art der Lymphdrüsen Leukocyten liefern. Vom Ringkanal strahlen ferner fünf Ambulacralgefäße aus, um links und rechts Seitenäste abzugeben, welche über die Körperoberfläche hervortreten und die Ambulacralfüßchen darstellen, die höchst merkwürdigen Fortbewegungsorgane der *Echinodermen*. Jedes Füßchen ist ein Schlauch mit muskulösen Wandungen, welcher durch Einpumpen von Wasser prall gefüllt und in die Länge gedehnt, andererseits durch Kontraktion seiner Muskeln verkürzt werden kann; in der Regel trägt es am Ende zum Festhalten eine Saugscheibe; an seiner Basis ist es mit einem kleinen Reservoir versehen, der in der Leibeshöhle liegenden Ambulacralampulle. Will ein Seeigel, Seestern oder Seewalze sich in einer bestimmten Richtung bewegen, so schiebt er in derselben seine Füßchen aus, verankert sich mit den Saugscheiben und zieht den Körper durch Verkürzung der Füßchen nach. Bei *Crinoideen* und *Ophiuroideen* haben die Ambulacralanhänge keine Saugscheiben und keine Ampullen, weil sie nicht als Füßchen, sondern als Tentakeln benutzt werden. Auch bei *Seeigeln* und *Holothurien* sind mancherorts die Füßchen ohne Saugscheibe und zu Tentakeln und Kiemen umgebildet. Gewöhnlich endigt jedes Ambulacralgefäß mit einem unpaaren Tentakel, welcher als Geruchsorgan gedeutet wird.

Die Art, in welcher das Ambulacralsystem mit Flüssigkeit gefüllt wird, ist in den einzelnen Klassen der *Echinodermen* sehr verschieden. Bei den *Holothurien* mündet der Steinkanal in die Leibeshöhle; das gleiche ist bei den *Crinoideen* der Fall, doch mit der Besonderheit, daß hier die Mündung jedes Steinkanals einem von außen durch die Körperwand in die Leibeshöhle überleitenden „Kelchporus“ gegenüber liegt. Bei *Seesternen* und *Seeigeln* ist ein besonderer Teil der Leibeshöhle vorhanden, der Axialsinus, welcher mit seinem ampullenartig erweiterten oberen Ende sich zwischen die Mündung jedes Steinkanals und die Öffnungen der Madreporenplatte einschiebt und die Verbindung zwischen beiden herstellt. Der Axialsinus begleitet den Steinkanal und umschließt ein früher mit Unrecht „Herz“ genanntes strangförmiges Organ, welches jetzt als lymphoide Drüse gedeutet wird (Septalorgan, Paraxondrüse, glande ovoide).

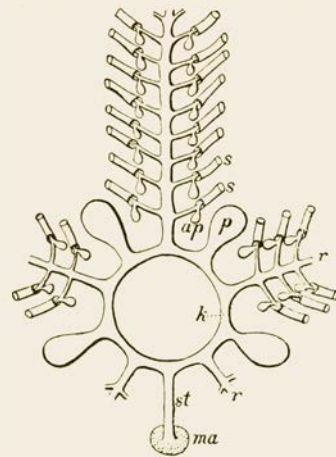


Fig. 274. Schema des Ambulacralgefäßsystems eines Seesterns, *ma* Madreporenplatte, *st* Steinkanal, *k* Ringkanal, *p* Polische, *r* Ambulacralgefäße, *s* Füßchen, *ap* Ambulacralampullen.

Die Anordnung des Ambulacralgefäßsystems bestimmt die Anordnung der übrigen Organe. Den Ringkanal begleitet ein Blutgefäßring, die Ambulacralgefäße begleiten fünf radiale Blutgefäße, zu denen sich oft noch zwei am Darm hinziehende Gefäße gesellen. — Auch das Nervensystem beginnt mit einem perioralen, im Ectoderm lagernden Nervenring und setzt sich in fünf Ambulacralnerven fort. Außer diesem ambulacralen kann noch ein hyponeurales und ein „apicales“ Nervensystem vorhanden sein. — Die fünf vom Zentrum gemeinsam ausstrahlenden Ambulacralgefäße, Blutgefäße und Nerven markieren im Körper gewisse Hauptlinien, die

Blutgefäßsystem.
Nervensystem.
Geschlechtsorgane.

Radien erster Ordnung oder Ambulacralradien: zwischen denselben in einem Radius zweiter Ordnung, interambulacral oder interradiar, mündet dagegen der Steinkanal mit der Madreporplatte und liegt das Septalorgan („Herz“). Ebenfalls interambulacral sind die nur bei wenigen Arten hermaphroditen Geschlechtsorgane angebracht. Bei Seeigeln und Seesternen sind es fünf einzelne oder fünf Paar traubige Drüsen resp. Drüsengruppen; sie sind in der geräumigen Leibeshöhle an besonderen Aufhängebändern befestigt. In der Leibeshöhle, welche für die Resorption und Verteilung der Nahrung eine ganz hervorragende Rolle spielt, findet sich ferner der durch ein Mesenterium an der Körperwand aufgehängte Darm.

Die fünf Geschlechtsdrüsen entwickeln sich aus einer einheitlichen Anlage im Epithel der Leibeshöhle; diese Anlage wandelt sich mit Ausnahme von *Crinoideen* und *Holothurien* in einen perianalen Ring (Rhachis) um, von dem die fünf Geschlechtsdrüsen hervorsprossen. Bei den *Holothurien* erhält sich die unpaare Beschaffenheit des Geschlechtsapparates, während bei den *Crinoideen* eine Verlagerung der Geschlechtszellen auf die Pinnulae der Arme eintritt. — Die sogenannten Blutgefäße sind faserige, von lakunären Spalten durchsetzte Stränge und verdienen somit kaum ihren Namen; sie sind von pseudohämalem Räumen begleitet, welche im Umkreis des Munddarms meist mit einem Ringsinus zusammenhängen, der bei Seeigeln mächtig entwickelt ist und Ausstülpungen in der Leibeshöhle, die Stewartschen Blasen, bildet. Die Pseudohämalkanäle stammen von dem Cölom ab. Letzteres gilt auch von einem Hohlraum, welcher die Geschlechtsdrüsen und deren Rhachis umscheidet. — Zur Atmung dienen bei den *Echinodermen* die verschiedenartigsten Einrichtungen: dünnwandige Ausstülpungen der Leibeshöhle über die Körperfläche hinaus, Kiemen im engeren Sinne, wie sie im Umkreis des Peristoms der Seeigel und auf dem Rücken der Seesterne vorkommen, ferner die mannigfachen Anhänge des Ambulacralsystems, die Bursae der *Ophiuren*, die Wasserlungen der *Holothurien* usw.

Die *Echinodermen* sind ausschließlich Bewohner des Meeres, welches sie in ganz außergewöhnlicher Individuenzahl bis in die größten Tiefen hinein bevölkern. Manche Gruppen, wie die meisten *Haarsterne*, sind vorwiegend Tiefseebewohner, andere bevorzugen die felsigen Küsten. Namentlich zur Fortpflanzungszeit sammeln sich am Meeresufer *Seeigel*, *Seesterne* und *Holothurien*, um die Geschlechtsprodukte in das Meer zu entleeren, wo ihre Vereinigung (Befruchtung) erfolgt. Nicht wenige Arten — man kennt im ganzen 58 Fälle aus den fünf Klassen der *Echinodermen* — tragen die junge Brut in besonderen Behältern der Körperoberfläche längere Zeit mit sich herum.

Entwick-
lungs-
geschichte.

Wo keine Brutpflege vorhanden ist, schlüpfen aus den Eiern Larven aus, welche freischwimmend an der Oberfläche des Wassers pelagisch leben und sich von den ausgebildeten Tieren ganz wesentlich unterscheiden, einmal durch ihre weiche, gallertige und durchsichtige Beschaffenheit, zweitens durch ihre bilaterale Symmetrie (Fig. 275). Durch Entwicklung von lappigen Fortsätzen und dünnen, von Kalkstäben gestützten Armen gewinnen sie ein höchst abenteuerliches und verschiedenartiges Aussehen (*Plutei* der Seeigel und *Ophiuren*, *Brachiolarien* und *Bipinnarien* der Seesterne, *Auricularien* der *Holothurien*); sie lassen sich aber alle auf eine gemeinsame Ausgangsform zurückführen, welche durch die Anwesenheit eines dreiteiligen Darmes und einer den Mund umgebenden Flimmer-

schnur an manche Wurmlarven, besonders an die *Tornaria* des *Balanoglossus*, erinnert. Die Unterschiede im Aussehen der Larve sind einerseits bedingt durch die Art der Ausbuchtungen der Wimperschnur, andererseits dadurch, daß dieselbe in zwei oder mehrere sich von neuem schließende Stücke zerlegt werden kann (Fig. 275V).

Die Umwandlung der bilateralen Larve in das radial gebaute Echinoderm ist sehr kompliziert; sie wird frühzeitig vorbereitet durch Ausstülpungen des Darms, welche die Anlagen der Leibeshöhle und des Ambulacralsystems liefern. Von ihrer Entwicklungsweise eine zusammenfassende kurze Darstellung zu geben, stößt auf Schwierigkeiten, weil der Prozeß in den einzelnen Abteilungen mannigfach modifiziert ist. Die verschiedenen Modifikationen lassen sich auf folgendes Grundschema zurückführen (Fig. 276). Vom Grund des Urdarms schnürt sich eine einheitliche Vasoperitonealblase

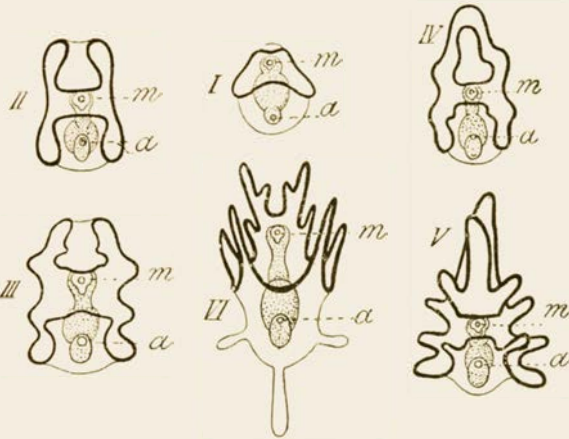


Fig. 275. Echinodermenlarven (nach Johannes Müller). *m* Mund, *a* After. I gemeinsame Ausgangsform aller Larven. II, III Entwicklungsstadien der Holothurien-Auricularia. IV, V Entwicklungsstadien der Asteriden-Bipinnaria. VI Pluteus eines Spatangiden. Die schwarze Linie bezeichnet den Verlauf der Wimperschnur.

Fig. 276.

Fig. 277.

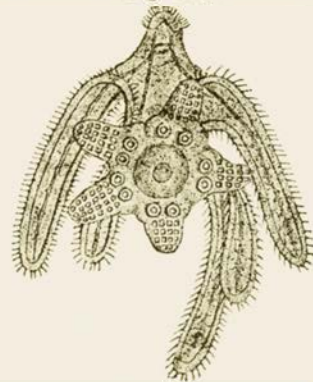
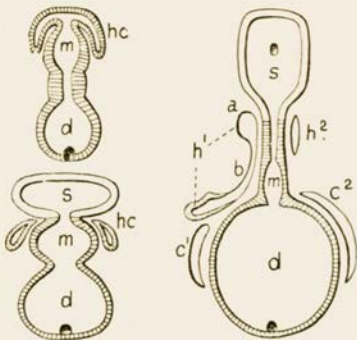


Fig. 276. Drei Stadien der Bildung der Leibeshöhle und des Wassergefäßsystems einer *Echinuslarve* (Schema nach Bury und Mac Bride). Bezeichnungen: *d* Enddarm mit After, *m* Magen, *s* Stomodaeum mit Mund, *hc* einheitliche Anlage des Ambulacralsystems und Cöloms, *h¹*, *h²* linkes und rechtes (rudimentäres) Hydrocölsäckchen, *b* Steinkanal, *a* dessen Ampulle, *c¹*, *c²* linkes und rechtes Cölomsäckchen.

Fig. 277. Bildung der *Ophiure* von der Pluteuslarve aus (nach Joh. Müller aus Heider-Korschelt).

ab (*hc*), welche sich in ein linkes und rechtes Bläschen teilt. Das linke Bläschen erhält eine Mündung nach außen, die Madreporenöffnung. Jedes

Bläschen sondert sich in eine vordere (*h*) und hintere (*c*) Anlage, jene die Anlage des Wassergefäßsystems oder Hydrocöls, diese die Anlage des Cöloms. Die Cölomsäckchen entwickeln sich beide weiter und liefern die geräumige Leibeshöhle des Echinoderms; die sie trennende Membran wird zum Mesenterium. Die echte Hydrocölanlage dagegen wird rudimentär, wird vielleicht in manchen Fällen sogar überhaupt nicht mehr gebildet. Das linke Hydrocölbläschen dagegen, welchem die Ausmündung auf der Haut zufällt, sondert sich 1. in einen vorderen kleineren Abschnitt, die Anlage der Ampulle und des Axialsinus (daher auch vorderes Cölomsäckchen oder Axocoel genannt), 2. einen Verbindungsgang, den Steinkanal, 3. eine hintere Anschwellung, das Hydrocöl im engeren Sinne. Letzteres gibt den Anstoß zur Umwandlung der streng bilateralen Larve in das radial-symmetrische *Echinoderm*; es dehnt sich zu einem den Ösophagus umschließenden Ring aus, welcher fünf radiale Ausstülpungen, die Anlagen der Ambulacralgefäße, bildet. Indem diese die Körperoberfläche vor sich her treiben, entstehen bei den *See-* und *Schlangensternen*, welche die Verhältnisse am klarsten erläutern, die Arme als Auswüchse, welche an Knospen erinnern

Systematik. (Fig. 277). — Systematik. Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung kommt man dazu, die Echinodermen in vier Klassen zu teilen, die *Crinoideen*, *Asteroideen*, *Echinoideen* und *Holothurien*. Von den *Asteroideen* trennt man allgemein die *Ophiuroideen*; dagegen kann man verschiedener Meinung sein, ob es sich empfiehlt, die *Crinoideen* oder die *Asteroideen* an die Spitze zu stellen. Die ursprünglichsten Formen sind die *Crinoideen*; dagegen sind die *Asteroideen* unzweifelhaft geeigneter, um in das Studium der *Echinodermen* einzuführen.

I. Klasse.

Asteroideen, Seesterne.

Am Körper eines Seesternes kann man zwei Bestandteile unterscheiden, die zentrale Körperscheibe und die von ihr in der Regel in Fünzfahl ausstrahlenden Arme (Fig. 278, 284). Das Verhältnis, in dem beide Teile zueinander stehen, schwankt zwischen zwei Extremen: bei manchen *Seesternen* spielen die Arme die Hauptrolle, und die Körperscheibe sieht nur wie die Verwachsungsstelle ihrer proximalen Enden aus (Fig. 278, 279); auf der anderen Seite kann die Körperscheibe an Bedeutung gewinnen, sich auf Kosten der Arme vergrößern und diese gleichsam in sich aufsaugen, so daß die Arme nur als die fünf Ecken der pentagonalen Scheibe zur Geltung kommen (Fig. 280, 282).

Ferner unterscheiden wir am *Seestern*, und zwar sowohl an den Armen wie an der Körperscheibe, eine dorsale und eine ventrale Seite, welche mit schmalen Randpartien ineinander übergehen. Die ventrale Seite ruht bei normaler Stellung des Tieres auf dem Boden; sie trägt die im Zentrum angebrachte Mundöffnung und die von dieser beginnenden, bis in die Armspitzen reichenden fünf Ambulacralfurchen; dorsal dagegen lagert nahezu im Zentrum der After (sofern er nicht rückgebildet ist), ferner exzentrisch in einem der Interambulacra die Madreporenplatte (Fig. 280 a). (Bei vielarmigen Sternen, seltener auch bei fünfarmigen, können 2—6 Interradien mit Madreporenplatten ausgerüstet sein).

Die Haut eines *Seesterns* ist überall von großen und kleinen aneinander gefügten Kalkplatten geschützt; dieselben machen den Körper eines toten *Seesterns* hart und starr; während des Lebens aber sind sie

sehr verschiebbar, so daß der *Seestern* in ganz überraschender Weise seine Arme einrollen und umbiegen und seinen Körper durch enge Öffnungen und Spalten hindurchschieben kann. Unter den Skelettstücken verdienen besondere Beachtung die Ambulacralia, welche das Dach der Ambulacral-

Fig. 278.

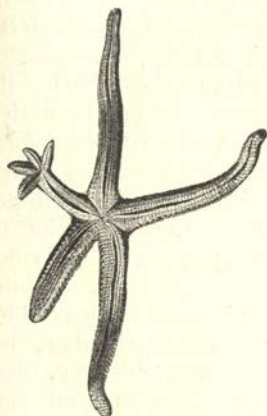


Fig. 279.

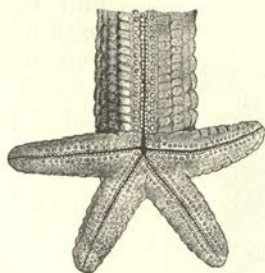


Fig. 280.

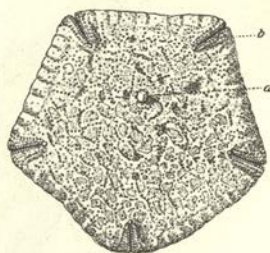


Fig. 278. Kometenform von *Linckia multifora* (aus Heider-Korschelt). Einer der fünf Arme erzeugt durch Knospung einen neuen Seestern.

Fig. 279. *Linckia Ehrenbergi*, Kometenform (der ursprüngliche Arm nur zum kleinsten Teil dargestellt) (nach Haeckel).

Fig. 280. *Culcita novae guineae*, vom Rücken gesehen. *b* Aufgebogene Enden der Ambulacralfurchen, *a* Madreporenplatte (aus Ludwig).

furche bilden und, wie man am besten auf Querschnitten durch einen Arm sieht, diese Furche gegen die Leibeshöhle der Arme abschließen (Fig. 281). In jedem Arm sind zwei Reihen von Ambulacralia vorhanden, welche wie Dachsparren in der Mittellinie zusammenstoßen. Ein in dieser Weise

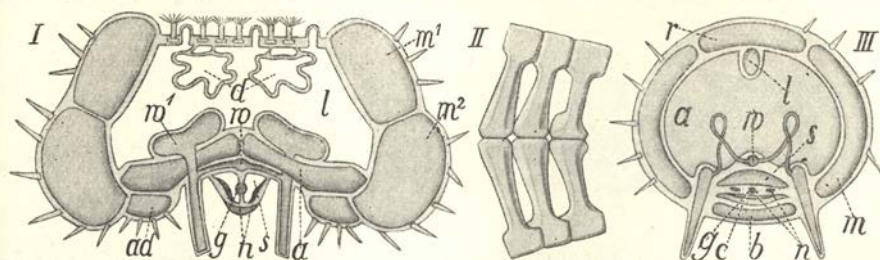


Fig. 281. I Querschnitt durch den Arm von *Astropecten aranciacus*, II drei aus je zwei Ambulacralien bestehende Wirbel desselben Tieres, von oben gesehen, III Querschnitt durch den Arm von *Ophiothrix fragilis*, *m* (*m*¹, *m*²) Marginalia, *d* Ambulacralia (bei *Astropecten* auf der linken Seite zum Teil durch den Fußchenkanal verdeckt), *ad* Adambulacralia; *b* Bauchplatten, *r* Rückenplatten der Ophiuren; *n* Ambulacralnerv (epineuraler und hyponeuraler N.), *g* Blutgefäß, *w* Wassergefäß, *w*¹ Ampulle, *l* Leibeshöhle, *d* Darmblindsäcke, *s* Pseudohämalkanäle.

zusammengefügtes Paar nennt man einen Ambulacralwirbel, weil die Paare in der Längsrichtung des Armes wie Wirbel aufeinander folgen. An die seitlichen Enden eines „Wirbels“ fügen sich die Adambulacralia und an diese wieder die minder konstanten Marginalia, welche die Seitenwände

der Arme panzern (Fig. 281 *ad*, m^1 , m^2). An der Spitze der Arme enden die Ambulacralreihen mit einem unpaaren Terminalstück.

Die Organe eines Seesternes liegen zum Teil in der Leibeshöhle, zum Teil in der Ambulacalfurche. Der Leibeshöhle gehört der zu einem umfangreichen Magen ausgeweitete Darm an, welcher geraden Wegs vom Mund zum Rücken emporsteigt, um dort auszumünden oder blind geschlossen zu endigen (Fig. 282, 283); vom Afterdarm entspringen oft

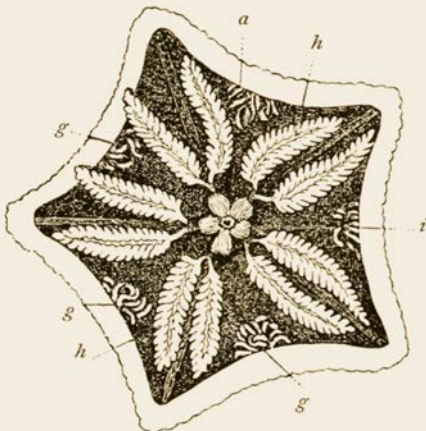


Fig. 282. *Asterina gibbosa*, vom Rücken aus geöffnet (nach Gegenbaur), *h* Leberblindschläuche, *i* rosettenförmiger Magen mit After (*a*), *g* Geschlechtsdrüsen.

kleine Blindschläuche, oberhalb des Magens fünf Kanäle, die sich in fünf Paar Blindsäcke gabeln, die reich mit Ausbuchtungen besetzten, weit in die Arme vordringenden Leberschläuche. Neben den Leberschläuchen liegen die traubigen Geschlechtsdrüsen, welche im Winkel zwischen zwei Armen münden (Fig. 282, 283). In der Leibeshöhle findet man schließlich noch den Steinkanal, der, begleitet von dem Septalorgan, dem „Herzen“ (Fig. 283), und mit ihm in den Axialsinus eingeschlossen, in einem der Interambulacra von der Madreporplatte zu dem die Mundöffnung umgebenden Ringkanal herabsteigt.

Am Grund der Ambulacalfurche zwischen den Füßchen findet man die von ihren perioralen Zentralorganen ausstrahlenden ambulacralen Nerven, „Blutgefäße“ und Wassergefäße. Die im Ektoderm liegenden Ambulacralnerven enden an der Spitze der Arme mit einem schön pigmentierten Auge, welches sich aus zahlreichen, becherförmigen Ocellen zusammensetzt. Außer den Ambulacralnerven („epineuralen“ N.)

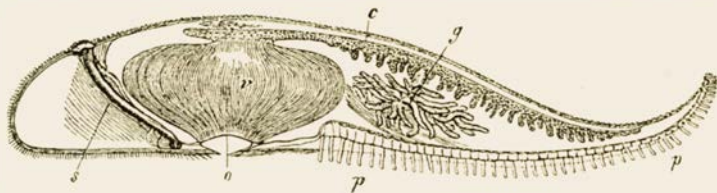


Fig. 283. Ein durch ein Ambulacrum und das entgegengesetzte Interambulacrum von *Solaster endeca* geführter Radialschnitt. *s* Steinkanal mit Madreporplatte, daneben das Septalorgan („Herz“), *o* Mund, *v* Magen, *c* Leberschlauch, *g* Geschlechtsdrüsen, *p* Füßchen.

werden noch tiefer gelegene Nervenstränge beschrieben, ein paariger neben dem Blutgefäß (hyponeurale N.), ein zweiter im Epithel des Armcöloms (apicale N.). Von den ambulacralen Wassergefäßen (Fig. 182) treten Seitenäste ab und versorgen die Füßchenkanäle, welche in der Leibeshöhle mit den Ampullen beginnen und durch den Zwischenraum zwischen zwei Ambulacralwirbeln in die Furche übertreten, um hier die Füßchen zu bilden. Wie die Ambulacralampullen, so liegen auch die Anhänge des

Ringkanals, die Polischen Blasen (fünf oder mehr) und die fünf Paar Tiedemannschen Körperchen in der Leibeshöhle, letztere lymphoide Organe, in welche der Wassergefäßring mit verästelten Kanälen eindringt.

Da die Arme eines Seesterns fast alle wichtigen Organe enthalten, erklärt sich ihre große physiologische Selbständigkeit; abgelöste Arme leben nicht nur weiter, sondern regenerieren sogar das ganze Tier, indem sie zuerst die Körperscheibe bilden, von welcher dann die neuen Arme als kleine Knospen hervorwachsen (Kometenform [Fig. 278, 279]); die Ablösung kann entweder durch Verletzung herbeigeführt oder, was nicht selten vorkommt, spontan eingetreten sein (Autotomie). Das große Regenerationsvermögen erklärt es, daß bei einigen Arten (*Linckia*) vegetative Fortpflanzung vorkommt.

Ansehnliche Arme und kleine Mundscheibe besitzen die *Asteriiden*, *Asterias glacialis* J. Müll., einer der verbreitetsten Seesterne. Mittleren

Fig. 284.

Fig. 285.

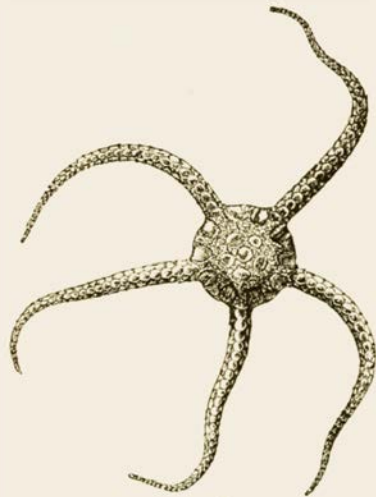
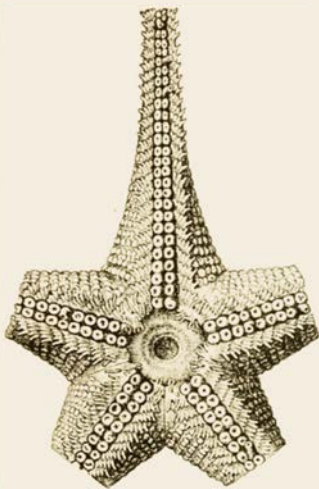


Fig. 284. *Pythonaster Murrayi* (nach Sladen), in ventraler Ansicht. Mundöffnung und die von ihr ausstrahlenden Ambulacralfurchen mit den Füßchenreihen. (Die Arme sind nur zum Teil dargestellt.)

Fig. 285. *Ophioglypha bullata*, vom Rücken gesehen (nach Wyville Thomson).

Ausbildungsgraa der Arme zeigen die afterlosen *Astropcetiniden*: *Astropecten aranciacus* L. Reduktion der Arme zugunsten der pentagonalen Mundscheibe findet sich bei den *Oreasteriden*: *Culcita coriacea* M. Tr. (Fig. 280.)

II. Klasse.

Ophiuroideen, Schlangensterne.

Wie bei den *Asteroideen*, besteht der Körper der *Schlangensterne* aus der Körperscheibe und fünf davon ausgehenden (Fig. 285), bei den *Euryalae* meist dichotom verästelten Armen (Fig. 286). Doch ist der Bau beider Teile ein wesentlich anderer. In den von der Mundscheibe scharf abgesetzten Armen sind die linken und rechten Ambulacralia eines

Paares enorm vergrößert und zu einem einheitlichen Wirbel verwachsen (Fig. 281 III). Da infolgedessen die Armleibeshöhle bis auf einen engen Spalt verkleinert ist, fehlen die Leberschläuche, und ist der des Afters entbehrende Darm auf die Mundscheibe beschränkt. Die Ambulacalfurchen sind durch ventrale Platten geschlossen. Die ampullenlosen Füßchen haben keine Saugscheiben und dienen zum Tasten oder nur zur Unterstützung der Fortbewegung, welche vornehmlich durch schlängelnde Bewegungen der Arme bewirkt wird. Die Madreporenplatte liegt auf der ventralen Seite. Ebenfalls ventral öffnen sich mit schlitzförmigen Spalten fünf Paar Bursae, dünnwandige, zum Atmen dienende Säcke, in welche zahlreiche Geschlechtsdrüsen münden, letztere aufgereiht an einer Genitalrhachis, welche in vielen auf- und absteigenden Windungen die Mundscheibe umkreist.

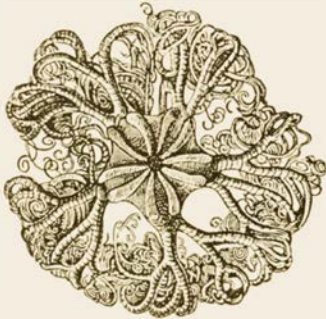


Fig. 286. *Astrospartus mediterraneus* (nach Ludwig).

ryalae dagegen sind die Arme meist dichotom verästelt (*Astrospartus mediterraneus* Risso [Fig. 286]). Viele Arten zeichnen sich durch ihr starkes Leuchtvermögen aus.

Bei manchen Schlangensterne der Gattungen *Ophiocnida*, *Ophiothela*, *Ophiocoma*, namentlich aber bei jungen Exemplaren von *Ophiactis virens* kommt es zu einer Art ungeschlechtlicher Fortpflanzung (Schizogonie), indem der Schlangensterne sich quer durch die Mundscheibe hindurch in zwei Tiere teilt, welche die fehlenden Teile regenerieren. Bei den meisten *Ophiuroideen* sind die Arme unverästelt (*Ophioglyphæ bullata* Wyv. Thom. [Fig. 285]; *Ophiothrix fragilis* Düb.). Bei den *Euryalae*

III. Klasse.

Echinoideen, Seeigel.

Um den Bau der *Seeigel* zu verstehen, gehen wir von den regulären Formen aus, welche eine annähernd kugelige Gestalt besitzen (Fig. 287). Bei ihnen liegen Mund und After einander gegenüber an den Enden der Hauptachse, jede Öffnung inmitten eines bei den einzelnen Familien in verschiedener Weise von Kalkplatten getäfelten, seltener weichhäutigen Feldes, der After innerhalb des Periproct, der Mund innerhalb des Peristoms. Der zwischen Peristom und Periproct gelegene Hauptteil der Körperwand (Corona) besteht aus polygonalen Kalkplatten, welche meist fest zu einer unnachgiebigen Kapsel zusammengefügt und nur ausnahmsweise (*Echinothuriden*) gegeneinander verschiebbar sind. Die Platten sind — wenn wir von den ausgestorbenen *Perischoëchiniden* absehen — in 20 meridionalen Reihen angeordnet oder, genauer ausgedrückt, in 10 Doppelreihen, da immer zwei Reihen in engerem Zusammenhang stehen. Fünf Doppelreihen heißen nach ihrer Lage in den Radien erster Ordnung die Ambulacra, die dazwischen gelegenen fünf übrigen die Interambulacra. Beiderlei Platten, die ambulacralen wie die interambulacralen, tragen kleine, halbkugelige Gelenkhöcker, auf denen nadelartig zugespitzte oder kolbig verdickte Stacheln äußerst beweglich durch Gelenkbänder und Muskeln befestigt sind, wodurch sie nicht nur wirksame Schutzorgane,

sondern auch einen zur Fortbewegung dienenden Hebelapparat bilden. Von den Interambulacralia unterscheiden sich die Ambulacralia vor allem durch ihre Beziehungen zu den Füßchen; sie werden, da die Ambulacralgefäße und die Ampullen auf der Innenwand der Kapsel in der Leibeshöhle liegen, von den Füßchenkanälen durchbohrt und tragen je nach der Zahl der auf sie entfallenden Füßchen entweder ein oder mehrere Paare von Ambulacralporen. Diese für die meisten *Seeigel* charakterisierte paarige Gruppierung der Poren hängt damit zusammen, daß die Verbindung der Füßchen mit den Ambulacralgefäßen und den Ampullen durch doppelte Kanäle hergestellt wird (Fig. 287). Wenn man einen *Seeigel* in Bewegung von einem seiner Pole aus betrachtet, so sieht man aus dem Wald von Stacheln die zarten Füßchen tastend hervortreten, welche durch ihre Anordnung in fünf meridionalen Streifen die Ambulacra bezeichnen.

In der Beschaffenheit der Ambulacra unterscheidet man zwei systematisch wichtige Modifikationen, die Bandform und die petaloide (blumenblattartige) Form. Bei ersterer (*Regularia*) reichen die Füßchen in gleicher

Fig. 287.



Fig. 288.



Fig. 287. *Coclopleurus floridanus* (nach Agassiz), seiner Stacheln beraubt, vom aboralen Pol betrachtet. *a* Ambulacra mit den Ocellarplatten, *b* Interambulacra mit den Genitalplatten endend, im Zentrum das aus vier Platten bestehende Periproct.

Fig. 288. *Clypeaster subdepressus* vom Rücken gesehen, um die petaloiden Enden der Ambulacra zu zeigen (nach Agassiz).

Ausbildung vom Periproct bis zum Peristom (Fig. 287); bei letzterer (*Irregularia*) kann man einen dorsalen oder periproctalen und einen ventralen oder peristomalen Abschnitt unterscheiden (Fig. 288). Nur im ventralen Bereich sind stets lokomotorische Füßchen vorhanden, aber so unregelmäßig gestellt, daß keine auffällige Figur entsteht. Auf dem Rücken sind die Füßchen gewöhnlich zu Tentakeln oder Kiemen modifiziert. Die Ursprünge derselben sind äußerst regelmäßig verteilt und begrenzen fünf blumenblattartige Figuren (Petala) um das Periproct herum, welche nach Entfernung der Stacheln besonders deutlich werden. — Im Umkreis des Peristoms zeigen die interambulacralen Platten bei allen regulären Seeigeln, mit Ausnahme der *Cidariden*, fünf Paar Ausschnitte; sie sind durch die Kiemen bedingt, fünf Paar dünnwandige, verästelte Ausstülpungen der den Kauapparat umschließenden Leibeshöhle.

Die fünf Ambulacra und die fünf Interambulacra enden am Periproct mit jedesmal einer unpaaren Platte; die fünf ambulacralen Platten (die

Terminalia der Asteridenarme?) heißen Ocellarplatten, weil sie oft kleine, früher als Augen gedeutete Pigmentflecke besitzen. Sie sind von den Enden des Ambulacralgefäßes und des Ambulacrarnerven durchbohrt, welch letzterer hier mit dem Hautepithel verschmilzt. Die fünf Inter-

Fig. 289.

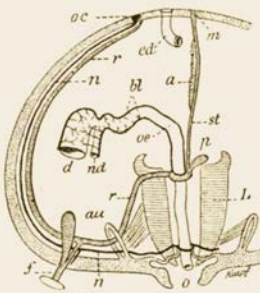


Fig. 290.

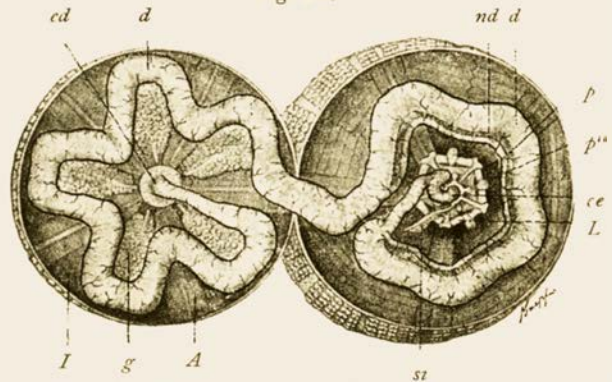


Fig. 289. Schema eines Längsschnittes durch einen Seeigel.

Fig. 290. Seeigel im Äquator aufgeschnitten. *A* Ambulacrum, *I* Interambulacrum, *L* Laterne des Aristoteles, *o* Mundöffnung, *oc* Ösophagus, *d* Darm, *nd* Nebendarm, *cd* Enddarm, begleitet von zwei Blutgefäßen (*bl*), *st* Steinkanal mit daneben verlaufendem „Herzen“ (*a*), *m* Madreporenplatte, *p* Wassergefäßring mit Ausstülpungen, *p''* Ausstülpungen der Laternenmembran (beide werden als Polische Blasen bezeichnet), *r* radiales Ambulacralgefäß, *s* Füßchen, *n* Radialnerv, *oc* dessen Ende (Ocellus), *au* Aurikel der Schale, *g* Geschlechtsorgane.

ambulacralplatten (die „Basalia“) heißen Genitalplatten, weil sie meist die Mündungen der Geschlechtsorgane tragen. Eine der Genitalplatten ist gewöhnlich zugleich auch Madreporenplatte (Fig. 287). Das Innere des kapselartigen Körpers wird von einem geräumigen Hohlraum, der

Fig. 291.

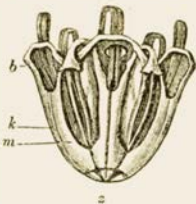


Fig. 292.



Fig. 293.



Fig. 291. Kauapparat (Laterne des Aristoteles) von *Paracentrotus lividus*. *b* Bügelstücke, *k* Kiefer, *m* Insertion der Muskeln (nach Schmarda).

Fig. 292. Pedicellarien. *a* geschlossen, *b* geöffnet.

Fig. 293. Junger *Spatangus purpureus*, nach Entfernung der Stacheln von der Bauchseite gesehen: vorn die Mundöffnung in Form eines Querspalts, am hinteren Ende der After, zwischen beiden das Bivium, welches keine Stachelhöcker hat (nach Agassiz).

Leibeshöhle (Fig. 290), eingenommen. An den Wandungen derselben ist der sehr dünnwandige Darm mittels eines Mesenteriums befestigt. Der Darm bildet bei den *Clypeastriden* eine einfache Spirale, sonst bildet er

eine Doppelspirale: er steigt in der unteren Hälfte der Schale in einer Spiralwindung auf, kehrt dann um und gelangt mittels einer rückläufig gewundenen Spirale in der oberen Hälfte zum After. Meist wird die erste Hälfte des Darms von dem Nebendarm begleitet, einer Röhre, die vom Anfangsdarm abzweigt und kurz vor dem Ende der ersten Spiraltour in den Darm wieder mündet. Mit Ausnahme der *Spatangiden* wird die Mundöffnung von fünf scharf zugespitzten Kalkplatten umstellt, den Zähnen, welche durch ein äußerst kompliziertes System hebelartiger Kalkstäbchen und daran sich ansetzender Muskeln bewegt werden. Man nennt den Apparat in seiner Gesamtheit die „Laterne des Aristoteles“, da er in die Leibeshöhle hinein einen Aufbau erzeugt, der einige Ähnlichkeit mit einer Laterne besitzt (Fig. 291).

Auf der Laterne des Aristoteles liegen der Blutgefäß- und Ambulacralring; von ihnen steigen in der Achse des Schalenraumes zum Periproct das Septalorgan („Herz“) und der Steinkanal empor (Fig. 289). Der Blutgefäßring gibt zwei den Darm begleitende Gefäße ab, der Ambulacralring die fünf Ambulacralgefäße. Letztere verlaufen auf der Innenseite der Ambulacra gemeinsam mit den in einen ectodermalen Kanal eingeschlossenen Radialnerven, welche im Umkreis der Mundöffnung untereinander durch den Nervenring verbunden sind. In der dorsalen Hälfte der Schalen liegen die fünf — selten nur vier oder zwei — Geschlechtsdrüsen, welche auf den Genitalplatten interradianal wie bei *Seesternen* münden (Fig. 290).

Bei der Systematik müssen wir zunächst die ausschließlich fossilen, dem Silur, Devon und der Steinkohle angehörigen *Perischoëchiniden* ausscheiden, bei denen zwar fünf Paar ambulacrale Plattenreihen vorhanden waren, die einzelnen Interambulacra dagegen von mehr als zwei Plattenreihen gebildet wurden. Die übrigbleibenden, teils fossilen, teils rezenten Seeigel zerfallen dann in die beiden Gruppen der *Regulares* und *Irregulares*.

I. Ordnung. Regulares. Die regulären Seeigel haben bandförmige Ambulacra, eine nahezu kugelige Körpergestalt und polar gelegene Mund- und Afteröffnung. An den europäischen Küsten weit verbreitet sind die *Echiniden*: *Echinus esculentus* L., *E. microtuberculatus* Blainv., und der zu entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen viel benutzte *Paracentrotus* (*Strongylocentrotus*) *lividus* Lam., ferner von *Echinometriden* *Sphaerechinus granularis* Lam.

II. Ordnung. Irregulares. Bei den irregulären Seeigeln ist der Körper abgeplattet, entweder schwach bei den *Spatangiden*, oder stark scheibenförmig bei den *Clypeastriden*. Von den Ambulacren sondern sich fast stets die dorsalen Hälften und nehmen die petaloide Gestalt an. Aus dem Periproct, welches dauernd inmitten der petaloiden Rosette liegt, rückt der After heraus in ein Interambulacrum, welches nach der Bewegungsrichtung der Tiere als das hintere bezeichnet werden kann; bei manchen Tieren ist die Verlagerung so bedeutend, daß der After auf dem Rand der Körperscheibe, ja sogar auf der ventralen Seite liegen kann (Fig. 299). Umgekehrt kann die Mundöffnung auf der ventralen Seite nach vorn rücken; da sie bei dieser Verschiebung nach wie vor das Ausstrahlungszentrum der Ambulacralorgane und daher auch der zum Kriechen dienenden Füßchenreihen bleibt, so müssen drei von diesen, die nach vorn gewandt sind, immer kleiner werden, die zwei nach rückwärts gewandten, welche das After-Interambulacrum begrenzen, müssen sich dagegen verlängern; diese

dienen hauptsächlich zur Fortbewegung; man sagt daher, daß die irregulären Seeigel auf dem Bivium kriechen.

Bei den *Clypeastriden* (Fig. 294) unterbleibt die Lageveränderung des Mundes; dieser behält daher die Gestalt einer runden Öffnung und zugleich auch den Kauapparat bei: *Clypeaster subdepressus* Gray, *Echinocyamus pusillus* Müll., *Encope emarginata* Gmelin. Bei den *Spatangiden* (Fig. 299) dagegen rückt die Mundöffnung nach vorn, wird eine quere Spalte und besitzt keine Zähne mehr: *Spatangus purpureus* Lam., *Echinocardium cordatum* Penn., *Brissus unicolor* Leske. Bei den *Spatangiden* ist daher die ursprünglich radial symmetrische Grundform der Echinodermen vollkommen zu einer bilateralen geworden.

IV. Klasse.

Holothurien, Seewalzen.

Die *Holothurien* entfernen sich von dem typischen Habitus des Echinodermenstammes am meisten. Auf den ersten Blick scheinen sie

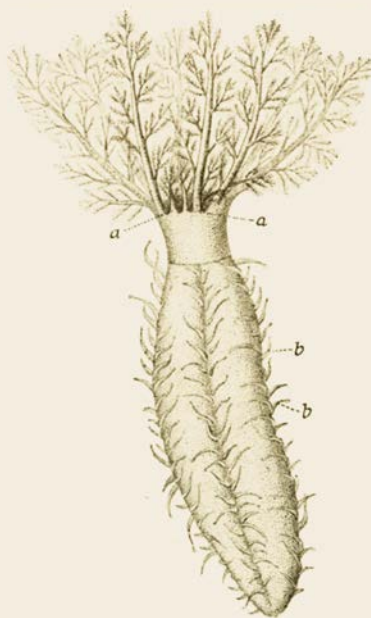


Fig. 294. *Cucumaria Planci* (aus Ludwig) von der Bauchseite gesehen.
b Füßchen des Triviums, a verästelte Tentakeln.

vollkommen nackt zu sein und des sonst so auffallenden Hautskeletts zu entbehren; bei näherer Untersuchung findet man jedoch außer dem später zu besprechenden Kalkring in der Haut noch Reste von Verkalkungen in Form kleiner Platten, Rädchen oder Anker. Bei *Rhabdomolgus*, *Kolostoneura* und *Pelagothuria* fehlen auch diese. Für den Mangel eines zusammenhängenden Skeletts sind die Holothurien entschädigt durch einen stark entwickelten, mit der Haut fest verwachsenen Muskelschlauch, gebildet von longitudinalen und zirkulären Faserzügen, welche den Tieren etwas Derbes, Lederartiges verleihen. Gewinnen die Tiere schon durch diesen Hautmuskelschlauch einige Ähnlichkeit mit den *Würmern*, so wird dieselbe noch weiter dadurch gesteigert, daß die After und Mund verbindende Hauptachse des Körpers stark verlängert ist und bei der Fortbewegung nicht wie bei allen übrigen Echinodermen senkrecht, sondern parallel zum Boden gestellt ist. Damit hängt eine hochgradige Störung der radialen

Symmetrie zusammen. Der auf dem Boden aufliegende Teil der Körperwand wird zur Bauchfläche; er unterscheidet sich vom Rücken meist durch lichtere Färbung und eine mehr oder minder ausgesprochene Abplattung. Von den fünf Ambulacren, welche vom oralen zum aboralen Pol ziehen, sind die drei ventralen (Trivium) mit lokomotorischen Füßchen ausgestattet (Fig. 300), die zwei dorsalen besitzen vorwiegend zu Papillen umgewandelte Anhänge.

In der Leibeshöhle (Fig. 295) ist der eine spirale Windung beschreibende Darm mittels eines Mesenteriums am Hautmuskelschlauch

befestigt. In seinen Endabschnitt, in die durch radiale Muskeln ausdehnbare Kloake, münden ein bis zwei Wasserlungen, prall mit Flüssigkeit gefüllte Säcke, welche mit kleinen verästelten blinden Ausläufern bedeckt sind; sie dienen zur Atmung und füllen sich zu dem Zweck von Zeit zu Zeit mit frischem Wasser. Häufig münden in den Ausführungsgang der Lungen oder direkt in die Kloake die Cuvierschen Organe, welche morphologisch als besonders differenzierte Teile der Wasserlungen, physiologisch von manchen Zoologen als Verteidigungsorgane aufgefaßt werden, teils wegen der klebrigen Beschaffenheit ihres Inhalts, teils weil sie durch den After ausgestoßen werden können.

Der Anfangsdarm wird von einem nur bei *Pelagothuria* vollkommen fehlenden Ring von fünf radialen und meist auch fünf interradialen Kalkplatten gestützt, welche als Angriffspunkte für die longitudinalen Muskelstränge dienen. In ihrer Nachbarschaft liegen Wassergefäß-, Blutgefäß-

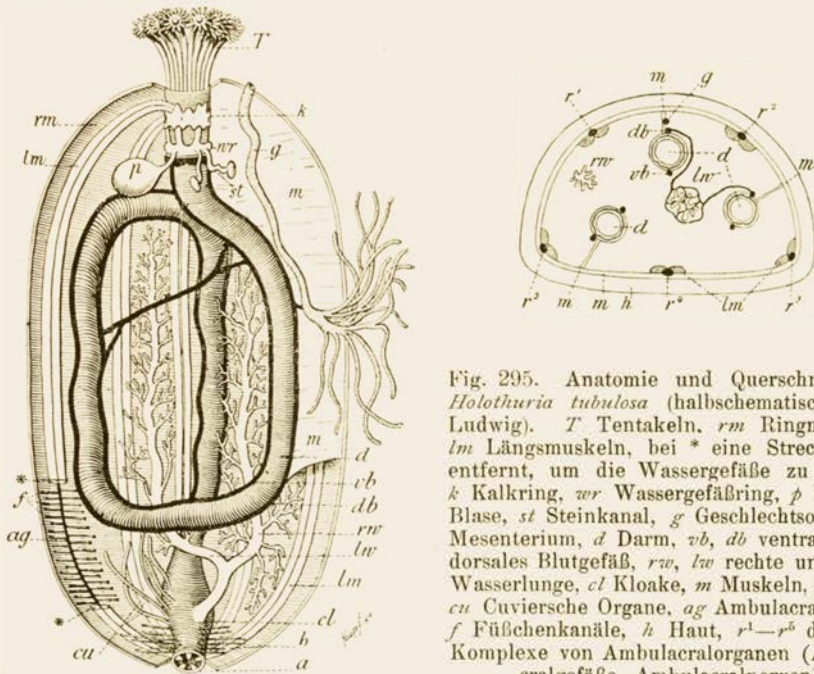


Fig. 295. Anatomie und Querschnitt von *Holothuria tubulosa* (halbschematisch nach Ludwig). *T* Tentakeln, *rm* Ringmuskeln, *lm* Längsmuskeln, bei * eine Strecke weit entfernt, um die Wassergefäße zu zeigen, *k* Kalkring, *vr* Wassergefäßring, *p* Polische Blase, *st* Steinkanal, *g* Geschlechtsorgan, *m* Mesenterium, *d* Darm, *vb*, *db* ventrales und dorsales Blutgefäß, *rw*, *lw* rechte und linke Wasserlunge, *cl* Kloake, *m* Muskeln, *a* After, *cu* Cuviersche Organe, *ag* Ambulacralgefäße, *f* Füßchenkanäle, *h* Haut, *r*¹—*r*⁵ die fünf Komplexe von Ambulacralorganen (Ambulacralgefäße, Ambulacralnerven).

und Nervenring, von welchen ein jeder die fünf für die *Echinodermen* charakteristischen, hier auf der Innenseite des Muskelschlauchs verlaufenden Radialstämme abgibt. Von den Anfängen der radialen Ambulacralkanäle — wenn dieselben rückgebildet sind, von dem Ambulacralring selbst (*Synapta*) — gehen Ausstülpungen aus, welche im Umkreis des Mundes über die Körperoberfläche als äußerst sensible, zurückziehbare Fühler hervortreten und bald wie krausenartig gefaltete Blätter (*Aspidochiroten*) (Fig. 295), bald wie zierlich verästelte Bäumchen (*Dendrochiroten*) (Fig. 294) aussehen. Endlich sind als Anhänge des Ambulacralrings noch die meist unpaare Polische Blase und der Steinkanal zu nennen; letzterer mündet in die Leibeshöhle und nur bei einigen Tiefseeformen auf der Körperoberfläche; er ist häufig verästelt. Vom Blutgefäßring ausgehende dorsale und ventrale Stämme bilden reichliche Verästelungen am Darm. — Vom

Geschlechtsapparat existiert nur eine einzige asymmetrische oder aus einer linken und rechten Hälfte zusammengesetzte, aus vielen Schläuchen bestehende Drüse, welche sich dorsal und interambulacral meist in der Nähe des Mundes nach außen öffnet.

Von besonderem Interesse ist die große Regenerationsfähigkeit der *Holothurien*. Unter ungünstigen Verhältnissen oder auf starke Reize hin (daher auch bei Konservierung in Spiritus ohne vorausgegangene Betäubung durch Chloral) spucken die Tiere fast sämtliche Eingeweide, namentlich den Darm, aus; trotzdem bleiben sie am Leben und können sogar unter günstigen Verhältnissen das Verlorene wieder ersetzen. — Im Innern gewisser Arten leben einige Parasiten; in die Kloake und Wasserlungen von *Stichopus regalis* Cuv. schlüpft, Schutz suchend, ein kleiner Fisch, *Fierasjer acus*; in den Eingeweiden von *Synapta digitata* lebt die *Entoconcha mirabilis*, lange Zeit über die einzige bekannte parasitische Schnecke, in anderen *Holothurien* *Entocolax* und *Enteroxenus*. Eine parasitische Muschel, *Entovalva mirabilis* Völtzk., lebt im Ösophagus einer *Synapta*.

I. Ordnung. Pedaten. Die *Pedaten* sind die typischen *Holothurien*, indem sie mindestens im Bereiche des Triviums die Saugfüßchen bewahren. Ihre Tentakeln sind verästelt: *Dendrochiroten* (*Cucumaria Planci* v. Marenz, Fig. 300) oder schildförmig: *Aspidochiroten* (*Holothuria tubulosa* Gm., Fig. 301) und *H. edulis*, letztere im getrocknetem Zustand bekannt als „Trepang“, der von den Chinesen gegessen wird und ein wichtiger Handelsartikel des indomalaiischen Archipels ist. Eine besondere Gruppe bilden die Tiefseeholothurien, die mit Statocysten und mit eigentümlichen dorsalen Ambulacralfortsätzen versehenen *Elasipoden* (*Deima validum* Theel).

II. Ordnung. Apodes. Am fremdartigsten nehmen sich unter den *Echinodermen* die völlig fußlosen *Holothurien* aus. Viele derselben kriechen im Schlamm wie Würmer, haben von den Anhängen des Ambulacralgefäßsystems nur die Tentakeln bewahrt und sind meist hermaphrodit. Die *Molpadiden* besitzen noch Wasserlungen (*Molpadia australis* Semp.), die *Synaptiden* (*Synapta digitata* J. Muell.) haben auch diese verloren; sie besitzen Statocysten. Pelagisch leben die völlig skelettlosen *Pelagothuriden*, bei denen das vordere Ende zu einer in tentakelartige Fortsätze ausgezogenen Scheibe verbreitert ist, welche wie der Schirm einer Meduse zum Schwimmen dient. *Pelagothuria natatrix* Ludw.

V. Klasse.

Crinoideen oder Haarsterne.

Die *Crinoideen* oder *Haarsterne* bilden einen uralten Zweig der *Echinodermen*. Man unterscheidet gestielte und mittels des Stiels meist festsitzende und ungestielte freibewegliche Formen. Erstere waren in früheren Erdperioden, namentlich im paläozoischen Zeitalter, massenhaft vertreten; auch jetzt noch findet sich eine beschränkte Zahl ihrer Gattungen und Arten zum Teil in großen Meerestiefen vor. Dagegen haben die ungestielten, hauptsächlich der Küstenfauna angehörigen *Comatulen* bis in die Neuzeit eine reiche Entfaltung erfahren. Der Stiel der *Crinoideen* ist von einem Zentralkanal durchsetzt und besteht aus zahlreichen scheibenförmigen Kalkstücken, welche übereinandergeschichtet sind und oft seitlich entspringende, in fünf Reihen angeordnete, rankenartige, manchmal verästelte Ausläufer, die Cirren, tragen. Auch die *Comatulen* (Fig. 297, 298) durchlaufen während ihrer Entwicklung das „Pentacrinus-Stadium“, während

dessen sie ebenfalls mit einem Stiel auf dem Boden festgewachsen sind, ein Zeichen, daß die festsitzende Lebensweise für die *Crinoideen* der ursprüngliche Zustand ist. Später erhält sich nur das oberste Stielglied, das Centrodorsale mit den von ihm entspringenden Cirren. Mit Hilfe der Cirren ranken sich die Tiere an anderen Organismen fest, wenn sie nicht mit ihren sogleich zu besprechenden Armen im Wasser herumschwimmen.

Fig. 296.

Fig. 297.

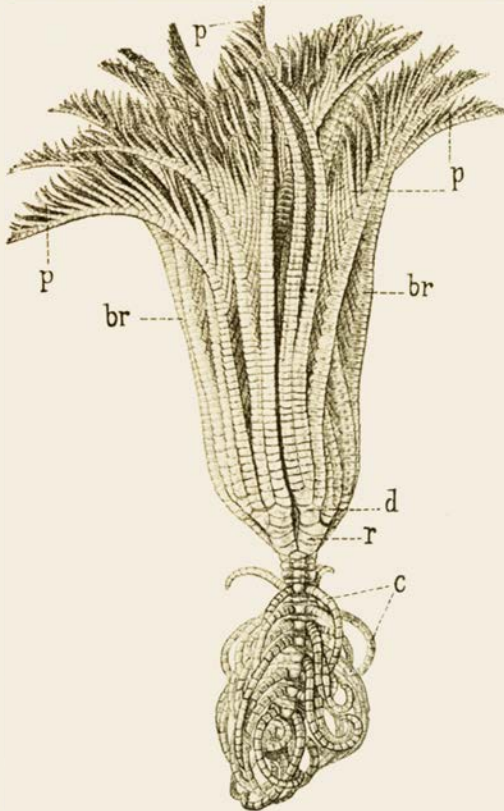


Fig. 298.

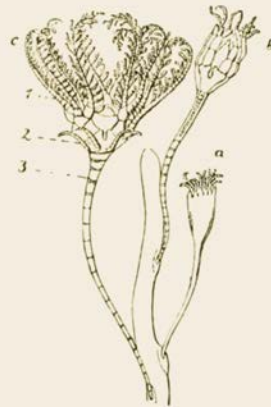


Fig. 296. *Isocrinus (Pentacrinus) Parrae* (nach Wyville Thomson). *p* Pinnulae, *br* Arme, *d* Kelch, *r* Radialia, *c* Cirren.

Fig. 297. Ausgebildetes Tier von *Ptilometra (Antedon) macronema* (nach Carpenter).

Fig. 298. *a, b, c* verschieden alte *Pentacrinus*stadien von *Antedon mediterranea*. *1* Arme, *2* Cirren, *3* Stiel.

Auf dem obersten Stielglied balanciert ein kelchförmiger Körper, dessen Rand 5—10 meist verästelte Arme trägt. Die Seitenwandungen des Kelches sind von polygonalen Kalkplatten fest gepanzert. Zunächst folgt gewöhnlich auf den Stiel ein Kranz von fünf Platten, die Basalien (Fig. 299 *b*); mit ihnen alterniert ein zweiter Kranz von Platten, die Radialien (*r*); dazu kann noch ein Kranz von Infrabasalien kommen, die unterhalb der Basalien mit den Radialien auf gleicher Linie liegen.

An die Radialien schließen sich vielfach direkt die Stücke des Armskeletts, die Brachialien, an (Fig. 299 A). Sehr häufig kommt es aber vor, daß die Arme sich ein- oder mehrmal dichotom verästeln, daß ferner die Basis der Arme und ihre erste Gabelung in den Kelch einbezogen wird, was dann zur Folge hat, daß 10 Arme von der Kelchperipherie zu entspringen scheinen. Im letzteren Falle rechnet man die untersten Brachialien zum Kelch und nennt sie Radialia, und die nach der Gabelung entstehenden Doppelreihen Radialia distichalia (Fig. 296). Von den Armen entspringen in einer linken und rechten Reihe die Pinnulae, lanzettförmige, von Kalkstücken gestützte Blättchen, in denen die Geschlechtsorgane reifen, bis sie durch Platzen frei werden.

In der Mitte der Mundscheibe, welche den Kelch nach oben abschließt, findet sich die Mundöffnung, bei primitiven Formen umstellt von fünf interradiälen angebrachten Skelettstücken, den Oralien (Fig. 299 B). Der Mund ist, im Gegensatz zu den meisten Echinodermen, welche mit der Mundöffnung nach abwärts kriechen, vom Boden abgewandt; er führt in einen spiralförmig gewundenen Darm, an dem man Ösophagus, Magen und Enddarm unterscheiden kann; letzterer mündet interambulacral nahe der zentralen Mundöffnung. Vom Mund aus beginnen fünf Ambulacralfurchen,

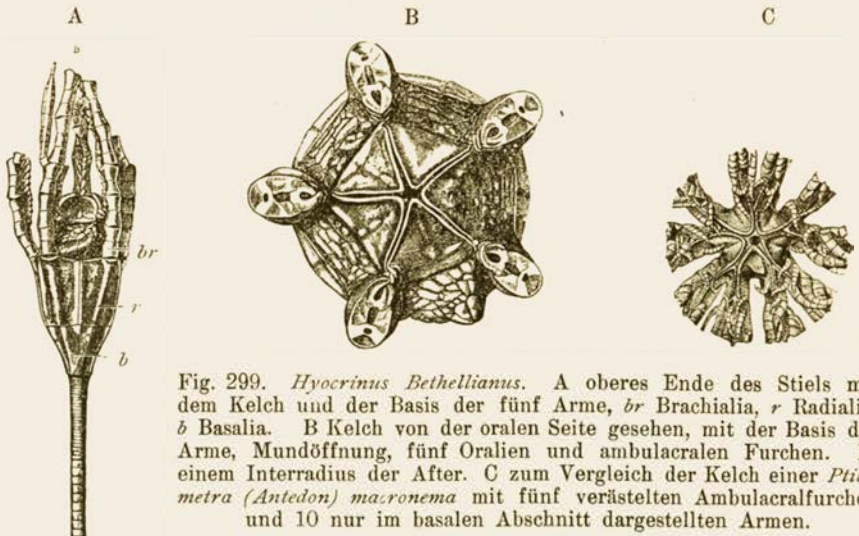


Fig. 299. *Hyocrinus Bethellianus*. A oberes Ende des Stiels mit dem Kelch und der Basis der fünf Arme, *br* Brachialia, *r* Radialia, *b* Basalia. B Kelch von der oralen Seite gesehen, mit der Basis der Arme, Mundöffnung, fünf Oralien und ambulacralen Furchen. In einem Interradius der After. C zum Vergleich der Kelch einer *Ptilometra (Antedon) macronema* mit fünf verästelten Ambulacralfurchen und 10 nur im basalen Abschnitt dargestellten Armen.

welche sich auf die Arme fortsetzen und bis an das äußerste Ende der feinen Pinnulae reichen; bei den zehnarmligen Formen erfahren die Furchen noch im Bereich der Mundscheibe ihre erste Gabelung (Fig. 299 C). Im Umkreis des Mundes beginnen ferner Ambulacralfäßsystem, Blutgefäßsystem und Nervensystem mit je einem Ring; sie verlaufen dann ähnlich wie bei den *Asteroiden* am Grunde der Ambulacralfurchen und treten sogar auf die Pinnulae über. Unterschiede zu den Seesternen sind darin gegeben, daß die Füßchen, welche bei der sitzenden Lebensweise wertlos sein würden, zum Tasten dienen, daher keine Saugscheiben und keine Ampullen haben und die Form zarter Schläuche oder Tentakeln besitzen. Ferner fehlt ein typischer Steinkanal; an Stelle desselben gehen vom Ringkanal fünf oder viele Hundert Röhrrchen aus, welche in die Leibeshöhle münden; ihren Mündungen gegenüber liegen feine Öffnungen in der Mundscheibe, die Kelchporen, durch welche das Wasser in die den

Steinkanal ersetzenden Röhrcchen eingeleitet wird. Abweichend von den Seesternen ist auch das ambulacrale (epineurale) und hyponeurale Nervensystem schwach entwickelt; es wird sogar von manchen Forschern ganz in Abrede gestellt. Dagegen ist das apicale Nervensystem auffallend stark; es bildet ein antiambulacrales Zentralorgan, Faserstränge die in der Achse der Radialia und Brachialia verlaufen und sich im Centrodorsale zu einem komplizierten Geflecht vereinigen. Im Centrodorsale beginnt auch das in der Kelchachse nach der Mundscheibe aufsteigende „Dorsalorgan“, welches wahrscheinlich dem „Herzen“ (Axialorgan) der übrigen *Echinodermen* entspricht; seinem oberen Ende ist ein Zellkomplex angelagert, von welchem die Geschlechtsstränge ausgehen, welche sich in die Arme hinein erstrecken und in den Pinnulae zu den Geschlechtsorganen anschwellen; das Dorsalorgan wird im Centrodorsale von dem gekammerten Organ umhüllt, einer Verlängerung der Leibeshöhle, deren Hohlräume sich in den Stiel und die Cirren fortsetzen.

Die *Crinoideen* werden in der Neuzeit nach der Beschaffenheit ihrer Basis in zwei Ordnungen geteilt: Die *Monocyclica*, bei denen das untere Kelchende nur aus Basalia und Radialia besteht, und die *Dicyclica*, bei denen sich unterhalb der Basalia noch ein Kranz radialgestellter Infrabasalia findet. Erstere sind mit Ausnahme der *Hyocriniden* (*Hyocrinus Bethellianus* W. Thoms, Fig. 299) ausgestorben; letztere haben sich mit einigen Familien bis auf die Neuzeit erhalten. In der Tiefsee leben die gestielten *Rhizocriniden* (Fig. 296) (*R. lofolensis* G. O. Sars) und *Pentacriniden* (*Isocrinus asteria* L. = *Pentacrinus caput medusae* Lam.). Vorwiegend der Küstenfauna gehören die den Stiel rückbildenden *Comatulen* an: *Antedon mediterranea* Lam.



Fig. 301. *Pentremites florealis* (aus Zittel). a in seitlicher, b in oraler, c in aboraler Ansicht.



Fig. 300. *Echinospaerites aurantium* (aus Zittel).

Anhang. In Kürze seien hier die ausgestorbenen Cystoideen und Blastoideen genannt, die unter dem Namen *Pelmatozoen* mit den *Crinoiden* vereint werden. Die ausschließlich paläozoischen, besonders im Silur vertretenen *Cystoideen* gehören zu den ältesten Versteinerungen. Ihr kugeliges Körper wird von zahlreichen Platten gebildet, welche häufig durch die Porenrauten ausgezeichnet sind. Stiel und Armapparat sind rudimentär und können ganz fehlen. *Echinospaerites aurantium* His (Fig. 300). — Die *Blastoideen* treten am Ende der Silurzeit auf, um schon zum Schluß der Steinkohlenperiode zu verschwinden. Arme fehlen vollkommen, dagegen ist die Mundöffnung von fünf blumenblattartigen Ambulacra umgeben. *Pentremites florealis* Say. (Fig. 301).

Zusammenfassung der Resultate über Echinodermen.

1. Die *Echinodermen* teilen mit den Cölenteraten den radial symmetrischen Bau, unterscheiden sich aber von ihnen

a) durch den Numerus 5 der Radialsymmetrie,

b) dadurch, daß sie, wie die Larvenformen lehren, aus bilateral-symmetrischen Formen abgeleitet werden müssen.

2. Weitere Unterschiede sind a) die Anwesenheit der Leibeshöhle, b) das Ambulacralgefäßsystem, c) das mesodermale stachelige Hautskelett, welches den Namen Echinodermen veranlaßt hat.

3. Das Ambulacralgefäßsystem ist eine Einrichtung, welche *Seesternen*, *Seeigeln* und *Holothurien* zur Fortbewegung dient und in gleicher Form nirgends mehr vorkommt; man unterscheidet an ihm die siebartig durchbrochene, zur Wasseraufnahme dienende, jedoch nicht immer vorhandene Madreporenplatte, den das Wasser weiter leitenden Steinkanal, von dem aus der Ringkanal und die fünf Ambulacralgefäße mit ihren Ampullen sich füllen; Seitenäste der Ambulacralgefäße versorgen die Tentakeln und Füßchen und ermöglichen deren Ausstülpung.

4. Ambulacral, d. h. auf gleichen Radien mit den Ambulacralgefäßen, liegen die Blutgefäße und die Nervenstränge, interambulacral die Madreporenplatte, der Steinkanal, das „Herz“ (Septalorgan) und die Mündungen der Geschlechtsorgane.

5. Die Echinodermen zerfallen in fünf Klassen: 1. **Asteroideen**, 2. **Ophiuroideen**, 3. **Echinoideen**, 4. **Holothurien**, 5. **Crinoideen**.

6. Die **Asteroideen** bestehen aus der Körperscheibe und den fünf von Ambulacralwirbeln gestützten Armen, in welche der Darm mit fünf Paar Leberblindschläuchen eindringt. Ambulacralia getrennt, Ambulacralfurchen offen.

7. Die **Ophiuroideen** haben ebenfalls eine Körperscheibe und fünf Arme, aber die Leberschläuche fehlen, die Ambulacralia sind paarweise verschmolzen, die Ambulacralfurchen geschlossen.

8. Die **Crinoideen** bestehen aus einem kelchförmigen Körper, davon ausgehenden, meist verästelten, Pinnulae tragenden Armen und einem oft Cirren tragenden Stiel; mit Hilfe des Stieles sitzen sie entweder dauernd oder während der Entwicklung dem Boden auf. Im letzteren Falle bewahrt das freibewegliche Tier nur einen Rest des Stiels (Centrodorsale) und der Cirren. Die Crinoideen werden mit den ausgestorbenen Blastoideen und Cystideen als *Pelmatozoen* zusammengefaßt.

9. Die **Echinoideen** haben einen meist kugeligen oder ovalen Körper, der von Kalkplatten gepanzert ist, welche meridionale, vom Peristom zum Periproct reichende Reihen bilden, fünf Paar ambulacrale Plattenreihen und fünf Paar interambulacrale.

10. Am Periproct enden die ambulacralen Plattenreihen mit den unpaaren Ocellarplatten, die interambulacralen mit den ebenfalls unpaaren Genitalplatten; eine der letzteren ist zugleich Madreporenplatte.

11. **Reguläre Seeigel** zeigen den After im Zentrum des Periprocts und die Mundöffnung im Zentrum des Peristoms; sie haben bandförmige Ambulacra.

12. Bei den **irregulären Seeigeln** rückt stets die Afteröffnung in einem Interradius nach rückwärts (Clypeastriden), häufig auch die Mundöffnung nach vorn (Spatangiden); die Ambulacra sind meist petaloid.

13. Die **Holothurien** sind wurmförmig verlängerte Echinodermen mit einem bis auf kleine Reste rückgebildeten Hautskelett; sie sind bilateral symmetrisch geworden, indem sie zur Fortbewegung nur drei Füßchenreihen benutzen, indem sie ferner nur eine Geschlechtsdrüse und ein bis zwei Wasserlungen besitzen.

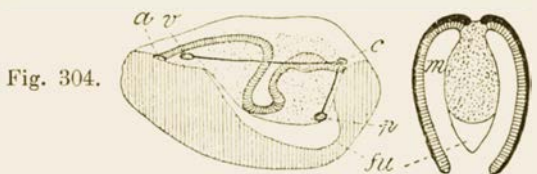
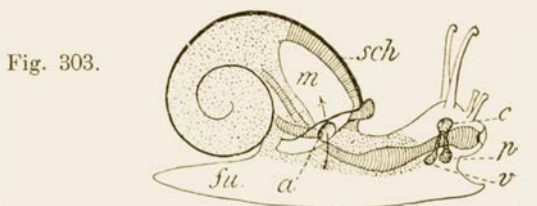
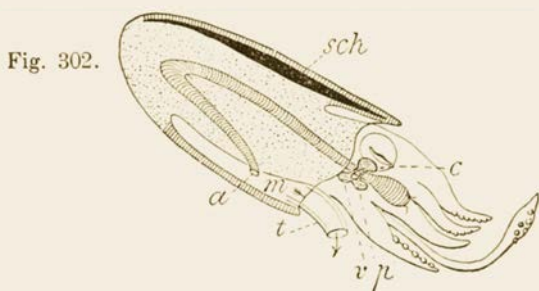
14. Man unterscheidet *Pedata*, welche außer Mundtentakeln noch zum Kriechen dienende Füßchen haben und *Apodes*, bei denen nur noch die Mundtentakeln vorhanden sind.

V. Stamm.

Mollusken, Weichtiere.

Wenn wir die Gesamtheit ihrer Organisation überblicken, so machen die Mollusken — ähnlich wie die *Plathelminthen* und *Hirudineen* unter den *Wärmern* — auf den Beobachter den Eindruck parenchymatöser Tiere. Eine geräumige Leibeshöhle fehlt; was früher als Leibeshöhle gedeutet wurde, ist ein System sinuöser, die Eingeweide umgebender Hohlräume, welche mit dem Blutgefäßsystem zusammenhängen und besonders deutlich bei den Schnecken entwickelt sind. Gleichwohl gewinnt in der Neuzeit die Auffassung mehr und mehr an Boden, daß die *Mollusken* von Leibeshöhlentieren abgeleitet werden müssen, und zwar von Formen, bei denen das Cölom durch starke Wucherung eines bindegewebig-muskulösen Parenchyms bis auf Reste, wie die Hohlräume des Herzbeutels und der Geschlechtsdrüsen, vielleicht auch der Nierensäcke, eingeengt worden ist.

Wo die Molluskenorganisation in allen Teilen wohlentwickelt ist, wie bei den meisten *Schnecken*, unterscheidet man am Körper vier Abschnitte (Fig. 302, 303, 304). Die Hauptmasse des Körpers bildet der Eingeweidesack, in welchem die Muskulatur weniger reichlich ist, weil sie von der Leber, dem Darm, der Niere und dem Geschlechtsapparat auf eine dünne periphere Lage verdrängt wird. Nach vorn verlängert sich der Eingeweidesack in den Kopf, welcher je nach den Arten mehr oder minder scharf durch eine Halsförmige Einschnürung abgesondert ist und außer dem Mund auch die Fühler und Augen, somit die wichtigsten Sinnesorgane trägt. Nach abwärts schließt sich eine unpaare, eine lokale Verdickung des Hautmuskelschlauchs darstellende Muskelmasse an, der gewöhnlich zur Fortbewegung dienende Fuß. Vom Rücken endlich erhebt sich der Mantel, eine Hautfalte, welche einen Teil des Körpers umhüllt. Die *Muscheln* (Fig. 304) haben eine doppelte Mantelfalte, eine rechte und linke, welche beide von der dorsalen Mittel-



Kopf.
Mantel.
Fuß.
Schale.
Kieme.

Fig. 302—304. Schemata der drei wichtigsten Molluskenklassen. Fig. 302 eines *Cephalopoden* (*Sepia*), Fig. 303 einer *Schnecke* (*Helix*), Fig. 304 einer *Muschel* (*Anodonta*), letztere in seitlicher Ansicht und auf dem Durchschnitt. Eingeweideknäuel punktiert, Mantel schraffiert, Schale schwarz; *c* Cerebralganglion, *p* Pedalganglion, *v* Visceralganglion, *a* After, *fu* Fuß, *m* Mantelhöhle, *sch* Schale, *t* Trichter.

linie entspringen und sich nach rechts und links über Eingeweidetasche und Fuß ausbreiten; die *Tintenfische* (Fig. 302) und *Schnecken* (Fig. 303) dagegen haben eine unpaare Falte, welche von einer nahezu zentral gelegenen Region des Rückens ihren Ursprung nimmt und von hier aus entweder nach allen Richtungen dachartig vorspringt (*Patella*, *Chiton*) oder sich wie eine Kapuze einseitig nach vorn (die meisten *Gastropoden*) oder nach hinten über den Körper herüberlegt (*Pteropoden*, *Cephalopoden*). Der Mantel der *Mollusken* ist in zweierlei Hinsicht von Bedeutung; seine Außenfläche ist mit einem Epithel bedeckt, welches im Zusammenhang mit dem Epithel der angrenzenden Körperoberfläche die Fähigkeit hat, eine Schale zu bilden, indem es cuticulaartige dicke Lagen einer reichlich mit kohlensaurem Kalk imprägnierten organischen Substanz (Conchiolin) ausscheidet. Die Innenfläche der Mantelfalte dagegen begrenzt mit der Körperoberfläche gemeinsam einen Raum, die Mantelhöhle, welche nach ihrer wichtigsten Funktion auch die Atemhöhle heißt. Da die meisten *Mollusken* Wasserbewohner sind, liegen in ihr besonders blutgefäßreiche Erhebungen der Haut, die Kiemen, während bei den Landbewohnern die dorsale Wand der sich mit Luft füllenden Atemhöhle oder einer Aussackung derselben (Lunge) zur Respiration dient. Unter den erörterten Verhältnissen ist es begreiflich, daß die Beschaffenheit der Mantelfalten sowohl auf die Beschaffenheit der Schalen wie auch der Atmungsorgane einen Einfluß ausüben muß. Paarige Mantelduplikaturen haben zur Folge, daß auch die Schale eine doppelte ist und aus einer linken und rechten Hälfte besteht, daß man eine linke und rechte Atemhöhle und demgemäß eine linke und rechte Kieme unterscheiden kann. Bei unpaarer Mantelfalte ist auch die Schale unpaar und die Mantelhöhle einheitlich, während die Kiemen auch dann noch ihre paarige Anordnung beibehalten können.

Die Mantelhöhlenkiemen der Mollusken nennt man Kammkiemen oder Ctenidien, weil sie in ihrem Bau an einen Kamm mit zwei Reihen von Zinken erinnern. Jede Kieme besteht nämlich aus einem bindegewebigen, die Hauptblutgefäße enthaltenden Achsenstrang und 1—2 Reihen von Kiemenblättchen; mit dem Achsenstrang ist sie an die Wand der Atemhöhle festgewachsen (Fig. 344). Bei manchen wasseratmenden Mollusken fehlen die Ctenidien. Dann wird dem Atembedürfnis anderweitig genügt, entweder durch diffuse Hautatmung oder durch akzessorische Kiemen, welche sich durch Struktur und Lage (meist außerhalb der Mantelhöhle) von den Ctenidien unterscheiden.

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

An den Stellen, an welchen der Körper der *Mollusken* nicht von der Schale bedeckt ist, besitzt er ein Zylinderepithel, das häufig Flimmern trägt und von riesigen einzelligen Schleimdrüsen (Fig. 28, S. 69) durchsetzt sein kann. Diese bedingen die weiche, schlüpfrige Beschaffenheit der Haut, die den Namen „Mollusca“, Weichtiere, veranlaßt hat; sie sind am Mantelrand besonders reichlich.

So wichtig nun auch für die Charakteristik der *Mollusken* die Anwesenheit von Kopf, Fuß und Mantel sein mag, so sind die genannten Körperanhänge doch keineswegs überall vorhanden. Bei keiner *Muschel* ist ein besonderer Abschnitt als Kopf vom übrigen Körper unterscheidbar. Bei vielen *Schnecken* vermißt man die Mantelfalte und damit auch die Mantelhöhle und die Schale. Bei den *Cephalopoden* fehlt der Fuß, oder er ist vielmehr zu anderweitigen Anhängen (Trichter und Armen) umgewandelt. Wenn man nun auch in allen solchen Fällen mit Sicherheit behaupten kann, daß der Mangel dieser wichtigen Molluskenorgane durch

Rück- und Umbildung zu erklären ist, so bleibt die Tatsache, daß sie beim ausgebildeten Tiere fehlen, gleichwohl bestehen. Daher ist es von ganz außerordentlicher Wichtigkeit, daß gewisse Grundzüge im Bau des Nervensystems bei allen Mollusken wiederkehren. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Nervensystem von drei Paar Ganglien (resp. gangliösen Nervensträngen) gebildet wird, von denen ein jedes zu wichtigen Sinnesorganen in Beziehung steht. Ein Paar liegt dorsal vom Schlundkopf und entspricht den oberen Schlundganglien der Würmer; es sind die Hirn- oder Cerebralganglien, welche die Fühler und die Augen versorgen. Unterhalb des Darmes liegen vorn auf der Muskelmasse des Fußes die Pedalganglien und auf ihnen oder in ihrer Nähe die Statocysten. Weiter rückwärts finden sich, ebenfalls ventral, die Visceralganglien und in ihrem Umkreis ein drittes, bei den Mollusken weitverbreitetes Sinnesorgan, welches im Epithel der Mantelhöhle eine mit Flimmern bedeckte Verdickung darstellt und nach Lage und Bau als Geruchsorgan (Osphradium) gedeutet wird. Die Pedalganglien und Visceralganglien hängen mit den Cerebralganglien mittels der Cerebropedal- und Cerebrovisceralkommisuren (in der Neuzeit meist Konnektive genannt) zusammen. Je nachdem diese Kommisuren lang ausgezogen oder stark verkürzt sind, sind die Ganglienknötchen in dem Molluskenkörper weit zerstreut oder zu einer gedrunghenen Nervenmasse im Umkreis des Schlundrohrs vereint.

Primitive Mollusken (*Amphineuren*) besitzen noch ein strangförmiges Nervensystem (Fig. 308). Die Cerebralganglien sind hier durch einen

bügel förmigen, über dem Schlund gelegenen, ventral durch eine Kommissur zu einem Ring geschlossenen Strang vertreten. Von ihm gehen nach rückwärts zwei Paar Längsstränge aus, die ventralen Pedalstränge und die lateralen Pleurovisceralstränge, letztere durch eine Kom-

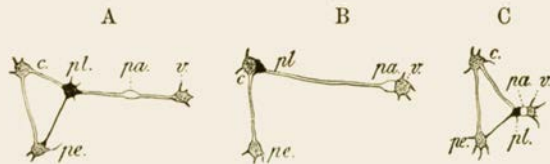


Fig. 305. Verschiedene Formen des Nervensystems bei Mollusken; Ganglienknötchen in seitlicher Ansicht. A Mehrzahl der *Cephalophoren*, B *Lamellibranchier*, C *Cephalopoden* und *Pulmonaten*; c Hirnganglion, pl Pleural-, pa Parietal-, v Visceral-, pe Pedalganglion.

missur über dem After verbunden. Durch Konzentration der Ganglienzellen nach dem einen Ende differenzieren sich die Pedalstränge zu den Pedalganglien und den Cerebropedalkonnektiven. Die Pleurovisceralstränge liefern dagegen zunächst drei Ganglienpaare, außer dem terminalen, unter dem Darm gelegenen Visceralganglion im engeren Sinne noch die in das Cerebrovisceral-Konnektiv eingefügten Pleural- und Parietalganglien (Fig. 305 A). Das Pleuralganglion ist mit dem Pedalganglion durch ein Konnektiv verbunden; das Parietalganglion innerviert das Osphradium. Wenn nun eine weitere Konzentration des Pleurovisceralsystems eintritt, so ergeben sich zwei Möglichkeiten: das Pleuralganglion rückt an das Cerebral-, das Parietalganglion an das Visceralganglion (B), oder beide Ganglien verschmelzen mit dem Visceralganglion. Im letzteren Fall (*Pulmonaten*, *Cephalopoden*) ist das vergrößerte Visceralganglion mit dem Pedalganglion durch ein Konnektiv (Pleuro-Pedalkonnektiv) verbunden, das im ersteren Falle (*Lamellibranchier*, *Scaphopoden*) zu fehlen scheint, weil es mit dem Cerebropedalkonnektiv verschmolzen ist. — Obwohl die Statocyste ihre Nerven

vom Pedalganglion zu empfangen scheint, so ist das Zentrum der Innervation doch im Cerebralganglion gegeben; ihre Verbindung mit der Haut durch einen Kanal bei *Nuculiden* (Lamellibranchiern) erklärt sich aus ihrer ectodermalen Entstehung. Der Kanal ist auch bei *Cephalopoden* vorhanden, aber blind geschlossen. — Die Augen, im Gegensatz zu akzessorischen, nur in manchen Familien vorkommenden Augen, Kopfaugen genannt, sind ähnlich den Augen der *Anneliden* (Fig. 80, 81) grubenförmige Einsenkungen der Haut, deren Grund zu einer Retina differenziert ist. Meist schließen sie sich zu einem Augenbläschen, erreichen aber nur bei den *Cephalopoden* eine hohe Entwicklungsstufe (Fig. 342, 343). — Weit verbreitet sind noch Nervenendigungen der Haut. Als Geschmacksorgan wird das Subradularorgan der *Cephalopoden* und mancher Schnecken gedeutet.

Blutgefäßsystem.

Nächst dem Nervensystem ist für die *Mollusken* die Beschaffenheit des Herzens am meisten charakteristisch; dasselbe ist ein dorsales arterielles Herz mit Kammer und Vorkammer. Die Kammer ist fast stets unpaar, die Vorkammer dagegen paarig, solange die Kiemen, von denen aus das Blut dem Herzen zuströmt, paarig sind, während bei unpaariger Beschaffenheit der Kiemen (resp. Lungen) nur eine einzige Vorkammer vorhanden zu sein pflegt. Stets finden sich besondere Arterien und Venen, welche untereinander durch Capillaren verbunden sein können. Doch spielen besonders bei Schnecken und Muscheln sinuöse, die Eingeweide umhüllende, durch Ausweitung der Venen entstandene Hohlräume eine wichtige Rolle.

Niere.
Leibeshöhle.
Geschlechtsorgane.

Das Molluskenherz ist in einen Herzbeutel eingeschlossen, welcher fast ausnahmslos durch einen flimmernden Kanal, den Nierentrichter, mit der Niere in Verbindung steht und bei manchen *Mollusken* (*Cephalopoden* und einigen *Solenogastres*) auch mit der Geschlechtsdrüse zusammenhängt. Auf diese Tatsachen gründet sich die oben erwähnte Ansicht, daß bei den *Mollusken* Reste einer Leibeshöhle im Herzbeutel und im Lumen der Geschlechtsdrüse enthalten sind. Man erklärt nämlich die Beziehungen, welche zwischen Pericard einerseits, Geschlechtsorganen und Nieren andererseits bestehen, aus den Verhältnissen der *Cölhelminthen*, besonders aus denen der *Anneliden*, bei denen die Nephridien durch Flimmertrichter in die Leibeshöhle münden und die Geschlechtsprodukte aus dem Epithel der Leibeshöhle oder abgeschnürter Teile derselben entstehen. Eine neuere Auffassung vergleicht die sackförmig gestalteten Nieren nicht den Schleifenkanälen, sondern deutet sie ebenfalls als Teile des Coeloms, die mit einem exkretorischen Epithel ausgekleidet sind. Nieren und Geschlechtsorgane sind bei einem Teil der *Mollusken* noch paarig, bei einem anderen sind sie durch einseitige Rückbildung unpaar geworden. Die Geschlechtsorgane sind bald hermaphrodit, bald gonochoristisch, stets aber außerordentlich umfangreich. Noch mehr Raum beansprucht im Eingeweideknäuel der Verdauungstractus, welcher Pharynx, Ösophagus, Magen, einen gewundenen Enddarm und eine gewaltige Leber, meist auch 1—2 Paar Speicheldrüsen erkennen läßt. Unter Leber versteht man hierbei eine meist paarige, in den Magen mündende tubulöse, verästelte Drüse, welche nicht nur Fette verdaut und Glykogen aufstapelt, sondern auch ein Zellulose in Zucker überführendes Enzym (Cytase) bildet und die Resorption vermittelt. Als ein charakteristisches Molluskenorgan ist noch die Radula zu nennen, eine zum Zerreiben der Nahrung dienende, mit Zähnen bedeckte Platte, die im Pharynx liegt und hier einen ventralen Wulst (Zunge) überzieht. Ihr Mangel bei den Muscheln ist aus Rückbildung zu erklären.

Die Fortpflanzung der Mollusken ist eine ausschließlich geschlechtliche; weder Knospung, noch Teilung, noch Parthenogenese sind je beobachtet worden. Die Eier werden gewöhnlich, in größeren Mengen vereinigt, in Gallerten abgelegt und sind entweder selbst dotterreich oder mit nährenden Eiweißhüllen umgeben.

Wenige *Mollusken* (z. B. *Paludina vivipara*) sind lebendig gebärend. Sehr verbreitet ist die Metamorphose; bei derselben schlüpft aus dem Ei die „Veligerlarve“ (Fig. 306), an welcher man Kopf, Fuß und Mantel auch dann unterscheiden kann, wenn das zugehörige Tier im ausgebildeten Zustand den einen oder den anderen Abschnitt vermissen läßt. Diese Beobachtung verdient besondere Beachtung, da sie lehrt, daß der Mangel des Kopfes oder des Mantels oder der Schale, welchen wir bei großen Gruppen der Mollusken feststellen können, kein ursprünglicher Zustand ist, sondern nur durch Rückbildung dieser Teile erklärt werden kann. Der Name Veliger bezieht sich auf das Velum, einen kräftigen Kranz von Wimpern, welcher ein vor der Mundöffnung gelegenes Feld, das Stirn- oder Velarfeld, umgrenzt, der Larve zur Fortbewegung dient und bei starker Entwicklung nicht selten ähnlich der Radscheibe eines Rädertieres gelappt ist (Fig. 307). Die Veligerlarve erinnert somit sehr an die Trochophora der Würmer und besitzt auch wie diese ein nur im Larvenleben funktionierendes Protonephridium (Kopfniere); sie dient zur Verbreitung der *Mollusken* und ist dadurch für festsetzende oder wenig bewegliche Formen wie die *Muscheln* von großer Bedeutung. Wenn die Metamorphose durch direkte Entwicklung ersetzt wird (*Cephalopoden*, *Pulmonaten* usw.), ist das Veligerstadium häufig noch während der Embryonalentwicklung an einem rudimentären, ein präorales Feld umgrenzenden Zellenwulst zu erkennen.

Systematisch teilte man die Mollusken lange Zeit über in drei Klassen ein, 1. die *Muscheln*, *Lamellibranchier* oder *Acephalen*, 2. die *Schnecken*,

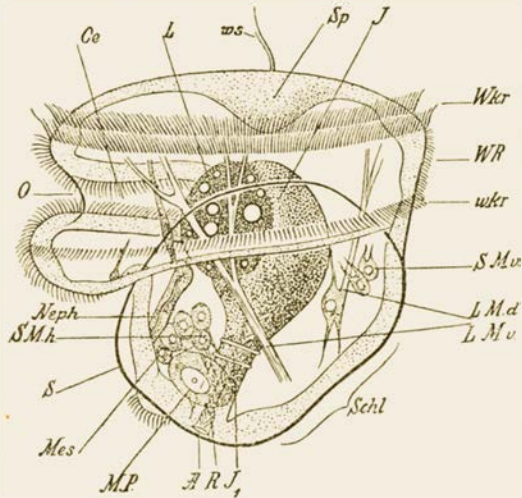
Entwick-
lung.

Fig. 306. Veligerlarve (Trochophora) von *Teredo navalis* (aus Hatschek) mit schon gebildeter zweiklappiger Schale (*S*) Schl Schloßrand der Schale, *SMv* vorderer, *SMh* hinterer Schließmuskel, *Mes* Mesoderm, *MP* Urzellen des Mesoderms, *L* Leber, *Wkr*, *WR*, *ukr* Wimperkranze, *Sp* Scheitelplatte mit Wimperschopf *ws*, *O* Mund, *A* After, *Oe* Ösophagus, *J* Magen, *J*₁ Darm, *R* Enddarm, *Neph* Niere, *LMd* und *LMv* Längsmuskeln.

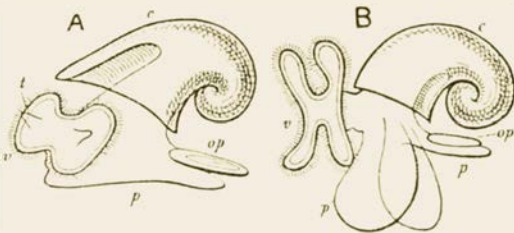


Fig. 307. Veligerstadien: A einer Schnecke, B einer *Pteropode* (aus Gegenbaur), *c* Schale, *p* Fuß mit Operculum (*op*), *v* Velum, *t* Tentakeln.

Gastropoden oder *Cephalophoren*, 3. die *Tintenfische* oder *Cephalopoden*. Von den Schnecken hat man in der Neuzeit die Käferschnecken oder *Chiton* abgetrennt und mit einigen höchst eigentümlichen wurmartigen Formen (*Chaetoderma*, *Neomenia*) unter dem Namen *Amphineuren* (Urmollusken) vereint. Da die Tiere in vieler Hinsicht die ursprünglichsten Verhältnisse unter den Mollusken bewahrt haben, mögen sie an erster Stelle besprochen werden.

I. Klasse.

Amphineuren, Urmollusken.

Die typischen Repräsentanten der *Amphineuren*, die ausschließlich marinen *Polyplacophoren* oder *Chitoniden*, stimmen mit den *Gastropoden* im Besitz des Kriechfußes und der Radula überein; doch kommen diese gemeinsamen Merkmale für die systematische Beurteilung nicht in Betracht, da sie zu den allgemeinen Charakteren der Molluskenorganisation gehören. Wichtiger sind die Unterschiede: die rudimentäre Beschaffen-

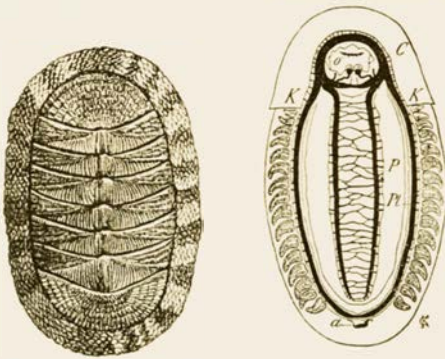


Fig. 308. *Chiton squamosus*, vom Rücken gesehen, links ganzes Tier, rechts ein Tier nach Entfernung der Schale und der Eingeweide. C Hirn, P Pedalstrang, Pl Pleurovisceralstrang des Nervensystems, K Kiemen, o Mund, a After (nach Haller).

heit des vom Mantelrand überdachten, der Tentakeln und Augen entbehrenden Kopfes, die regelmäßige bilaterale Symmetrie des Körpers und der merkwürdige Bau der Schale. Letztere wird von acht dorsalen, dachziegelförmig sich deckenden, beweglich verbundenen Kalkplatten gebildet, die aus zwei Schichten bestehen, einer inneren dicken, dem stark verkalkten Articulamentum, und einer äußeren oder oberen, dem unvollkommen verkalkten, pigmentierten Tegmentum; sie ermöglichen den Tieren, sich igelartig einzurollen und sind Ursache des deutschen Namens

„Käferschnecken“, da ihre Anordnung an die Gliederung der Insekten erinnert. Sie lassen einen von Kalkstacheln bedeckten Randbezirk des Mantels frei, welcher links und rechts über den jederseits in einer Reihe angeordneten zahlreichen Kiemen ein vorspringendes Dach bildet. In die Schalenstücke dringen viele nervenreiche Gewebsstränge ein, welche an der Oberfläche mit merkwürdigen Sinnesorganen (Ästheten, manchmal auch Augen) endigen. Statocysten fehlen.

Die Symmetrie des Körpers drückt sich auch in der Anordnung der Eingeweide aus. Der After mündet genau terminal, links und rechts von ihm die paarigen verästelten Nieren und die paarigen Geschlechtswege, die von einer medianen unpaaren gonochoristischen Geschlechtsdrüse kommen. Entsprechend den paarigen Kiemenreihen sind auch die Herzvorkammern paarig. Zu diesen Merkmalen ursprünglicher Organisation gesellt sich die primitive Beschaffenheit des strangförmigen Nervensystems, das an Stelle der Ganglien Cerebral-, Pedal- und Pleural-Stränge aufweist (Fig. 308). *Chiton siculus* L. *Cryptochiton*

Stelleri Midd. Schale vom Mantel überwachsen; besonders primitiv *Lepidopleurus cajetanus*.

Mit den *Chitonen* stimmen im Bau des Nervensystems die *Solenogastres* (*Aplacophoren*) überein, unterscheiden sich aber von ihnen ganz erheblich sowohl im Aussehen, wie in ihrem inneren Bau. Die Tiere leben ausschließlich im Meer, meist vergraben im Sand und sehen wie Würmer aus. Anstatt der Schale, welche bei Larven von *Dondersia* angelegt wird, besitzen sie eine mit Stacheln besetzte Cuticula, anstatt des Fußes eine flimmernde Längsfurche auf der Bauchseite. Die Radula (bei *Chaetoderma* nur durch einen Zahn markiert) kann fehlen. Auch Mantel, Kiemenhöhlen und Kiemen können rudimentär sein. Die meist hermaphroditen Geschlechtsorgane münden in den Herzbeutel, von wo paarige Nephridien (?) in die Kloake überleiten. — *Chaetoderma nitidulum* Lovén. *Neomenia carinata* Tullberg u. a.

II. Klasse.

Lamellibranchier, Acephalen, Pelecypoden, Muscheln, Bivalven.

Unter sämtlichen *Mollusken* haben die *Muscheln* das geringste Maß von Ortsbewegung; viele sind ganz festgewachsen; die meisten bewegen sich langsam im Schlamm und Sand; äußerst wenige vermögen sich springend mit Hilfe ihres Fußes oder schwimmend durch Zusammenschlagen der Schalen fortzubewegen. Diese Lebensweise und der Mangel von Verteidigungswaffen bedingen ein erhöhtes Schutzbedürfnis, welches die Ausbildung kräftiger Schalen zur Folge hat, in die der Körper meist vollkommen geborgen werden kann.

Die Schalen der Muscheln sind paarig, wie die der *Brachiopoden*, Mantel und Schale. sind aber im Gegensatz zu diesen symmetrisch zur Sagittalebene des Körpers links und rechts angeordnet und besitzen daher gewöhnlich auch einen im großen und ganzen symmetrischen Bau. Immerhin kommt Asymmetrie der Schalen vor, besonders wenn das Tier mit der rechten oder linken Schale auf felsigem Grunde dauernd anwächst. Dann entwickelt sich die betreffende Schale kräftiger und führt zu einer bei den fossilen *Rudisten* hochgradigen Asymmetrie, an welcher auch der Weichkörper Anteil hat.

Für das Verständnis des Baues der Schalen sind ihre Beziehungen zum Weichkörper, vor allem zu den Mantellappen und den Muskeln, von entscheidender Bedeutung, so daß man alle drei Teile nur im Zusammenhang besprechen kann. Die beiden Mantellappen, welche auf ihrer Oberfläche die Schalen ausscheiden und nur ausnahmsweise (*Ephippodonta*, *Chlamydoconcha*) sie allseitig umwachsen, nehmen ihren Ausgangspunkt vom Rücken der Muschel (Fig. 316) und erstrecken sich von da abwärts nach vorn und hinten, so daß sie das Tier vollkommen umhüllen. In der Nachbarschaft des Rückens findet sich daher der älteste Teil der Schale, zugleich auch der am stärksten gewölbte, der Schalennabel oder Umbo (Fig. 309); um denselben herum ordnen sich annähernd konzentrisch die Anwachsstreifen, Linien, welche zeigen, wie beim Wachstum der Mantellappen auch die Schale eine Vergrößerung erfahren hat. Am Rücken sind die beiden Schalen einander am meisten genähert und bei der Mehrzahl der Muscheln durch das „Schloß“ beweglich verbunden. Ein Schloß entsteht, indem Vorragungen der einen Schale, die Schloßzähne, scharnierartig in Vertiefungen der anderen Schale eingreifen. Während

bei den *Brachiopoden* Öffnen und Schließen der Schale ein aktiver, durch Muskeln vermittelter Vorgang ist, wird bei den *Lamellibranchiern* das Öffnen der Schale passiv durch ein dorsales, meist hinter dem Schloß angebrachtes elastisches Band besorgt; der Verschuß der Schalen wird dagegen durch Muskeln, die Adductoren, bewirkt, welche quer durch den Muschelkörper von Schale zu Schale ziehen und durch ihre Insertionen auf diesen deutliche Eindrücke hervorrufen (Fig. 309). Gewöhnlich findet man einen gleich starken vorderen dorsalen und hinteren ventralen Adductor (*Dinmyarier*), seltener ist der vordere rudimentär (*Heteromyarier*) oder ganz geschwunden (*Monomyarier*). Wenn die Adductoren erschlaffen, klaffen die Schalen unter dem Einfluß des elastischen Bandes, was demgemäß bei toten Tieren stets zutrifft.

Die typische Form des Muschelschlusses ist das *heterodonte* Schloß (Fig. 310); jede Schalenhälfte besitzt in der Gegend des Umbo eine Gruppe von Schloßzähnen, wobei die Zähne der linken Schale mit denen der rechten alternieren. Außer diesen „Kardinalzähnen“ findet man noch vordere und hintere, oft zu Leisten ausgezogene „Lateralzähne“. Das Ligament liegt hinter dem Schloß (ophisthodontes L.), gewöhnlich äußerlich sichtbar (äußeres L.), seltener, offenbar durch Einfaltung, in das Innere verlagert (inneres L.) (Fig. 309).

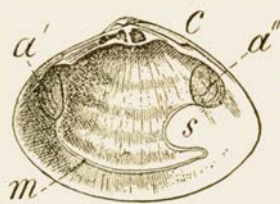
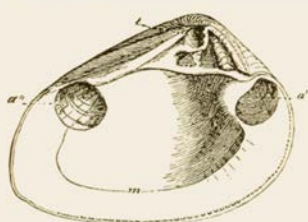


Fig. 309. Linke Schale von *Crassatella plumbea* von innen und außen (aus Zittel), letztere Ansicht mit Anwachsstreifen, Mantellinie ohne Ausbuchtung.

Fig. 310. Rechte Schale von *Mactra stultorum* (aus Leunisludwig) von innen, Mantellinie mit Ausbuchtung.

Für beide Figuren gelten folgende Bezeichnungen: *a'* vorderer, *a''* hinterer Adductoreneindruck, *m* Mantellinie, *s* sinuöse Ausbuchtung derselben, *c* Schloß, *l* innere Bandgrube.

Modifikationen des heterodonten Schlosses sind das *schizodonte* und *desmodonte* Schloß. — Außer „heterodonten“ Muscheln gibt es Muscheln von offenbar primitivem Bau, bei denen das Schloß entweder noch fehlt oder rückgebildet ist (*dysodont*) oder durch zahlreiche in einer Reihe symmetrisch zum Umbo gestellte Höckerchen (*taxodont*) oder durch zwei kräftige, ebenfalls symmetrisch zum Umbo angeordnete Vorsprünge ersetzt ist (*isodont*). In diesen Fällen ist das Ligament gewöhnlich auch symmetrisch zum Umbo (*amphidet*) ausgebildet, so daß ein Teil vor, ein Teil hinter dem Umbo äußerlich sichtbar lagert, wenn es nicht durch Einfaltung zu einem inneren Ligament geworden ist.

Eine besondere Zeichnung auf der Innenseite der Schale wird noch durch die Beziehungen zur Manteloberfläche herbeigeführt. Da am Mantelrand die Ausscheidung der Schale am lebhaftesten vor sich geht, und außerdem kleine Muskelchen hier den Mantel an die Schale befestigen, entsteht ein Randbezirk, welcher ein anderes Aussehen als der Rest der Schale hat und gegen ihn durch eine dem Schalenrand im allgemeinen parallele Linie, die Mantellinie, abgegrenzt ist (Fig. 309). Bei vielen Muscheln, den *Sinupalliaten*, zeigt die Mantellinie eine Einbuchtung am

hinteren Ende (Fig. 310*s*), indem der Randbezirk sich auf Kosten des übrigen Teils der Schalenoberfläche erheblich vergrößert. Auch dazu geben gewisse Strukturen des Mantels Veranlassung, die wir zunächst betrachten müssen. Ihrer Entstehung gemäß sind die beiden Mantelfalten Membranen mit freien Rändern, welche bei geschlossener Schale aufeinander gepreßt werden. Damit nun das Wasser auch dann noch aus- und einströmen kann, besitzt jede Mantelhälfte am hinteren Ende zwei Ausbuchtungen, eine obere und eine untere, welche den Ausbuchtungen der anderen Seite genau entsprechen, so daß bei locker geschlossener Schale zwei Öffnungen entstehen (Fig. 311) Die obere Öffnung ist die Kloakenöffnung, da sie zur Entleerung der Fäkalien und des gebrauchten Atemwassers dient; die untere, welche das Einfließen des frischen Atemwassers vermittelt und zur Kontrolle desselben mit Sinnesorganen ausgerüstet ist, ist die Branchialöffnung. Bei vielen Muscheln verwachsen die freien Ränder der beiden Mantellappen untereinander bis auf drei Öffnungen, welche ausgespart bleiben: einen Schlitz für den Durchtritt des Fußes und die beiden schon erwähnten Öffnungen, welche man nunmehr Branchial- und After-(Kloakal-)Sipho nennt (Fig. 312).

Eine weitere Vervollkommnung dieser Einrichtung wird dadurch herbeigeführt, daß die Umrandung beider Siphonen sich zu langen Röhren, den Siphonalröhren, verlängert, welche durch Muskeln zurückgezogen und wieder in die Länge gestreckt werden können (Fig. 313). Als Rückziehmuskeln fungieren die oben erwähnten Mantelmuskelchen, welche an Masse [zunehmen, ihre Ursprünge vermehren und so die Einbuchtung der Mantellinie verursachen.

Dünnschliffe durch die Schale (Fig. 314) lassen an derselben meist drei Lagen erkennen, zu äußerst die Cuticula (Periostracum), eine nur aus organischer Masse bestehende Schicht, darunter zwei weitere Lagen, die vorwiegend aus kohlensaurem Kalk bestehen (Ostrakum und Hypostrakum). Bei vielen Muscheln werden die beiden

Schichten als Prismenschicht und Perlmutter-schicht unterschieden. Die

Prismenschicht hat ihren Namen von kleinen, zur Oberfläche senkrecht gestellten Prismen, die wie die Pflastersteine dicht zusammengefügt sind; die Perlmutter-schicht dagegen zeigt dünne Lamellen, welche

Fig. 313. Fig. 312. Fig. 311.

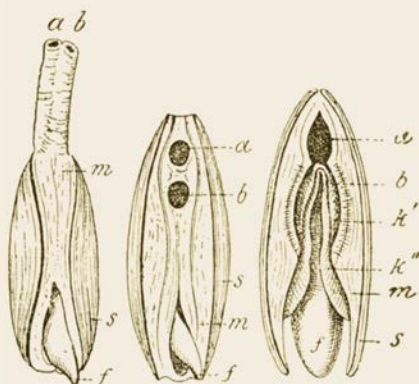


Fig. 311—313. Siphonier und Asiphonier von rückwärts gesehen. Fig. 311. *Anodonta cygnea*. Fig. 312. *Isocardia cor*. Fig. 313. *Lutraria elliptica*. *a* Aftersiphon, *b* Branchialsiphon, *k'* äußeres, *k''* inneres Kiemenblatt, *m* Mantel, *s* Schale, *f* Fuß.

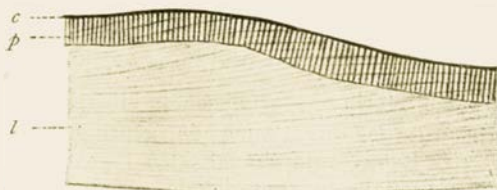


Fig. 314. Schliff durch die Schale von *Anodonta*. *l* Perlmutter-schicht, *p* Prismenschicht, *c* Cuticula.

im großen und ganzen der Oberfläche parallel geschichtet sind und um so schöner irisieren, je feiner sie beschaffen sind. Namentlich bei den technisch verwertbaren Perlmutterchalen, welche im Meer von den verschiedenen Arten der Gattung *Meleagrina*, im Süßwasser von der *Margaritana margaritifera* geliefert werden, sind die einzelnen Lagen von außerordentlicher Feinheit. Wenn zwischen die Schale und die mit der Schalenbildung betraute Oberfläche des Mantels Fremdkörper geraten, so reizen sie das Epithel zu stärkerer Ausscheidung von Perlmuttersubstanz und werden von zahlreichen Schichten derselben umhüllt und abgekapselt. Derartige abnorme Produktion von Perlmuttersubstanz führt zur Bildung von freien Perlen, wenn von der gereizten Hautstelle aus eine Epithelinsel in das Mantelgewebe hineinwuchert und sich abschnürt. Das so gebildete Epithelsäckchen scheidet dann eine organische, allmählich verkalkende Masse aus. Bei *Meleagrina* soll die Perlbildung durch Entwicklungsstadien bestimmter, in Fischen schmarotzender *Bandwürmer* und *Trematoden* verursacht werden;

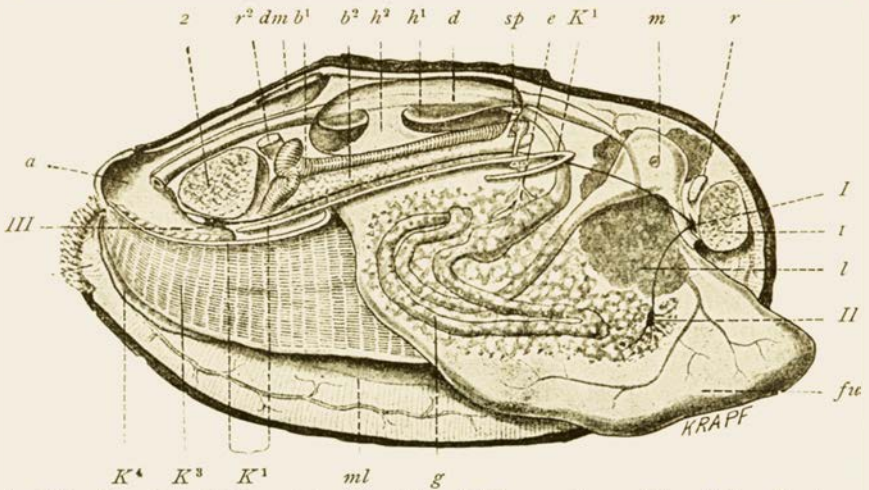


Fig. 315. Bau der *Teichmuschel*. Mantel und Kiemen der rechten Seite abgetragen, Pericard geöffnet, Leber der rechten Seite entfernt gedacht: Eingeweide und Nervensystem etwas schematisch eingezeichnet, *i* vorderer, *z* hinterer Adductor, *I* Cerebral-, *II* Pedal-, *III* Visceralganglion, *a* Aftersiphon, *br* Branchialsiphon, *dm* dorsaler Mantelschlitz, *b*¹ oberer, *b*² unterer Schenkel des Bojanusschen Organs, *e* Mündung desselben nach außen, daneben Mündung des Geschlechtsapparats, *sp* Nierentrichter (Kommunikation der Niere mit dem Pericard), *d* Darm, das Herz durchbohrend, *h*¹ Kammer, *h*² rechte Vorkammer des Herzens, *g* Geschlechtsdrüse, *l* linke Leber, *m* Mündung der rechten Leber in den Magen, *fu* Fuß, *ml* Mantellinie, *r*¹ vorderer, *r*² hinterer Retraktor, *K*¹ Insertionen der beiden Lamellen des inneren rechten Kiemenblattes, *K*³ innere linke, *K*⁴ äußere linke Kieme.

bei den Süßwasserperlmuscheln bilden Beziehungen der Perlbildung zu Fremdkörpern, darunter auch gelegentlich Eiern von Parasiten die Ausnahme; in der Regel entstehen Perlen im Anschluß an „gelbe Körnchen“, die sich im Mantelgewebe entwickeln.

Bau der
Kiemen.

Zwischen den Mantellappen und der Körperoberfläche liegen die mit starkem Flimmerepithel bedeckten Kiemen, deren blattartige Gestalt den Namen *Lamellibranchier* veranlaßt hat (Fig. 315, 316). Auf jeder Seite des Körpers sind zwei Kiemenblätter vorhanden, von denen selten das äußere, noch seltener beide durch Rückbildung verloren gehen können.

Wenn die inneren Kiemen der linken und rechten Seite hinter dem Körper der Muschel verwachsen, kommt es zur Bildung einer Scheidewand, welche den Mantelraum in eine kleine obere und eine geräumige untere Etage teilt (Fig. 315). Erstere ist die Kloake, da in sie der After mündet und die Geschlechtsprodukte hineingelangen; letztere ist die Atemhöhle; sie erhält durch den Branchialsiphon das Atemwasser und mit ihm die Nahrung zugeführt. Einwärts und nach vorn von den Kiemen liegen zwei Paar mit starkem Flimmerepithel bedeckte Lappen, die Mundsegel, welche die Mundöffnung zwischen sich fassen und ihr die Nahrung zuleiten.

Die Kiemen der Lamellibranchier zeigen verschiedene Stufen der Ausbildung. Die *Nuculiden* — unter den lebenden Formen die primitivsten — haben noch echte Ctenidien wie die meisten Mollusken, und zwar jederseits des Fußes eine *Kammkieme*, an der man eine dem Körper angewachsene Achse und eine äußere und innere Reihe von Kiemenblättchen unterscheiden kann. Aus der Kammkieme läßt sich ohne Schwierigkeit die Fadenkieme ableiten. Indem jedes Kiemenblättchen in einen langen Faden auswächst, entstehen sowohl in der linken wie rechten Mantelhöhle zwei Reihen von Fäden, eine innere und eine äußere; die Fäden einer Reihe sind durch ineinander greifende Flimmerbüschel so fest zusammengefügt, daß ihre Gesamtheit den Eindruck eines einheitlichen Blattes hervorruft. Eine echte Blattkieme entsteht jedoch erst, wenn benachbarte Fäden in Zwischenräumen miteinander verwachsen, wobei Öffnungen, die Kiemenpalten, ausgespart werden. Da jeder Kiemenfaden am freien Rand der Kieme umbiegt und nach der Basis zurückläuft, kann man an ihm einen absteigenden und aufsteigenden Schenkel unterscheiden. So erklärt es sich, daß bei den Blattkiemen jedes Kiemenblatt aus zwei einen Binnenraum umschließenden Lamellen besteht, von denen die eine Lamelle aus den absteigenden, die andere aus den aufsteigenden Schenkeln der Kiemenfäden durch Verwachsung entstanden ist. Der Binnenraum der Kieme dient öfters zur Aufnahme der jungen Brut.

Der vollkommene Einschluß des Körpers in Mantellappen und Schalen hat bei den Muscheln zur Rückbildung des Kopfes und seiner Organe (der Fühler, fast stets auch der Kopfaugen, des Schlundkopfes, der Radula und der Speicheldrüsen) geführt (*Acephalen*). Man kann daher am Körper nur zwei Abschnitte unterscheiden, dorsal den Eingeweideknäuel, ventral den Fuß. Der Fuß (bei manchen Arten, z. B. den *Austern*, rückgebildet) hat bei den *Nuculiden* und *Pectunculus* eine breite Kriechsohle; gewöhnlich aber ist er beilförmig, d. h. seine linke und rechte Fläche stoßen ventral in einer abgerundeten Kante zusammen (*Beilfüßer*, *Pelecypoden*). Er kann enorm anschwellen und dann wieder zusammenschrumpfen. Früher erklärte man das Anschwellen des Fußes durch Aufnahme von Wasser in das Blut, jetzt durch die Annahme, daß das Blut aus anderen Körperprovinzen in den Fuß hineingepreßt wird. Das Zurückziehen wird durch Kontraktion der Fußmuskulatur sowie durch besondere, von der Schale entspringende, in das muskulöse Parenchym ausstrahlende Retraktoren bewirkt (Fig. 315 r^1 , r^2). Kann der Fuß durch seine verschiedene Anfüllung mit Blut zur Fortbewegung dienen, so gewinnt er bei manchen Arten die Bedeutung eines Haftorganes durch den Besitz der „Byssusdrüse“. Dieselbe ist eine tiefe, nach vorn sich in eine Rinne verlängernde Grube (Fig. 317) mit lamellös gefalteten Wandungen, an denen reichliche einzellige Drüsen münden. Das von den Drüsen gelieferte Sekret erstarrt zu dem Byssus, seidenartigen Fäden, deren eines Ende zwischen den

Fuß, Byssusdrüse.

Lamellen der Byssusdrüse eingeklemmt bleibt, während das andere Ende von der fingerartig ausgezogenen vorderen Fußspitze an Steine, Pfähle usw. angeklebt wird und so zur Befestigung der Muschel dient.

Im Eingeweideknäuel liegt gewöhnlich am meisten dorsal das ansehnliche, vom Pericard umhüllte, arterielle Herz: eine Kammer mit einer linken und rechten flügelartigen Vorkammer (Fig. 315 u. 316 h^1 u. h^2). Die Vorkammern empfangen das Blut direkt von den Kiemen: die Kammer leitet es an die Körperprovinz weiter durch eine vordere und hintere Aorta (Fig. 315); letztere fehlt bei manchen Arten.

Bojanussche
Organe.

Dicht unter dem Herzbeutel stößt man bei der Präparation auf die Nieren, die Nephridien oder die Bojanusschen Organe. Die Organe der linken und rechten Seite treffen in der Mittellinie zusammen und können mit ihren Ausführwegen sogar eine Strecke weit verwachsen sein.

Fig. 316.

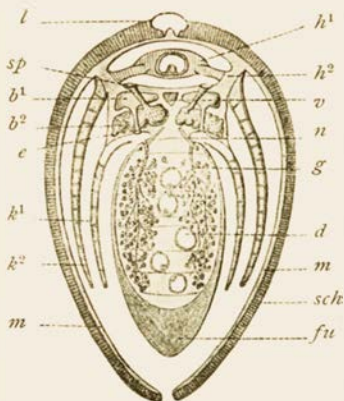


Fig. 317.

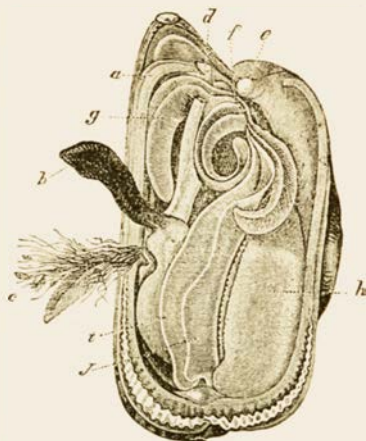


Fig. 316. Die Figur gibt in schematischer Weise zwei auf eine Ebene projizierte Querschnitte durch eine Muschel wieder, der erste Schnitt ist durch den Nierentrichter und den Ureter, der zweite durch die Mitte des Herzes geführt. *l* Schalenband, *sch* Schale, *m* Mantel, *b¹* oberer, *b²* unterer Schenkel des Bojanusschen Organs, *sp* Nierentrichter, *e* Mündung der Niere nach außen, daneben die Geschlechtsöffnung, *g* Geschlechtsorgane, *h¹* Herzkammer, den Enddarm umschließend, *h²* Vorkammer, *d* Darm, *k¹* innere, *k²* äußere Kieme, *n* Cerebrovisceralkommissur, *v* Venensinus, *fu* Fuß.

Fig. 317. *Mytilus edulis* (aus Blanchard). *a* Mantelrand, *b* Spinnfinger des Fußes, *c* Byssus, *d*, *e* Retraktoren des Fußes, *f* Mund, *g* Mundlappen, *h* Mantel, *i* innere, *j* äußere Kieme.

Jede Niere besteht bei unseren Süßwassermuscheln aus einem oberen, glattwandigen und einem unteren, von Balkenwerk durchzogenen Hohlraum, welche beide am hinteren Ende ineinander übergehen, sonst aber durch eine dünne Scheidewand voneinander getrennt bleiben. Der untere Hohlraum (die Bojanussche Höhle im engeren Sinne) hängt an seinem vorderen, blinden Ende durch einen flimmernden Kanal, den Nierentrichter, mit dem Herzbeutel zusammen; der obere Hohlraum dagegen, die „Vorhöhle“ mündet durch einen kurzen Ureter an der Seitenwand des Körpers im Bereich des Binnenraums der inneren Kieme nach außen. Eine Kommunikation führt somit — und zwar bei allen Muscheln — vom Herzbeutel durch die Niere in die Mantelhöhle. Diesen Weg benutzen

bei primitiven Arten die Geschlechtsprodukte, indem Hoden und Ovarien, sei es in den Anfang (*Solemya*) oder das Ende (*Nucula*) der Nieren, münden. Viel häufiger ist es jedoch, daß eine selbständige Geschlechtsöffnung neben dem Nierenporus lagert. Hoden und Ovarien der meist gonochoristischen Tiere sind verästelte Drüsen mit einfachem Ausführweg ohne weitere Hilfsorgane. — Der Darm beginnt mit einem kurzen Ösophagus, erweitert sich zu einem ansehnlichen Magen und behält dann nach abermaliger Verengerung bis zum After den gleichen Durchmesser bei; er bildet viele ineinander geschlungene Windungen. Der Endabschnitt liegt selten unter oder über dem Herzen, meist tritt er merkwürdigerweise von vorn und unten in den Herzbeutel ein, durchbohrt die Herzkammer und mündet dorsal vom hinteren Adductor in die Kloake. Eine paarige voluminöse Leber entleert ihr Sekret in den Magen; in ihn ragt ferner der Kristallstiel vor, eine gallertige Sekretmasse, welche wahrscheinlich ein Stärke verdauendes Ferment enthält. Der Kristallstiel wird entweder in einer Furche des angrenzenden Dünndarms oder in einem besonderen Blindsack gebildet.

Die drei Paar Molluskenganglien liegen weit auseinander. Die beiden Hirnganglien (Cerebro-Pleuralganglien) sind infolge der Rückbildung des Kopfs nur unansehnlich; sie liegen beiderseits der Mundöffnung dicht unter dem vorderen Ende der Mundlappen und ventral von dem vorderen Adductor und sind durch eine lange, die Mundhöhle dorsal umgreifende Kommissur verbunden. In geringer Entfernung vom After, ventral vom hinteren Adductor, findet man die Visceralganglien (Parieto-Visceralganglien) zu einem einheitlichen Körper vereint. Auch die Pedalganglien der beiden Seiten sind dicht aneinander gefügt; sie ruhen ziemlich weit vorn auf der Muskelmasse des Fußes. Von Sinnesorganen sind konstant nur die Statocysten, welche in der Nähe der Pedalganglien liegen; ferner sind als Sinnesorgane noch die nervenreichen Mundlappen anzusehen sowie die an der Basis der Kiemen liegenden, nicht immer vorhandenen Osphradien. Wenn Augen vorkommen, wie bei den Pectenarten, sind sie in großer Zahl wie Perlen am Mantelrand aufgereiht und somit vollkommen andere Bildungen als die Kopfaugen der übrigen Mollusken. Kleine Tentakelchen, welche außer den Augen am Mantelrand besonders in der Gegend des Branchialsiphos vorkommen, zeigen, daß auch sonst der Mantelrand als Sinnesorgan verwandt wird.

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

Marine Muscheln und die offenbar vom Meer ins Süßwasser eingewanderten *Dreissensien* besitzen das Veligerstadium (Fig. 306); aber auch bei manchen Süßwassermuscheln kommt Metamorphose vor. Die Larven unserer Teich- und Flußmuscheln (*Unio* und *Anodonta*), die in den mütterlichen Kiemen heranwachsenden Glochidien, unterscheiden sich vom Muttertier durch die Anwesenheit von Byssusfäden; ferner ist anstatt zweier Adductoren nur einer vorhanden; endlich hat der freie Schalenrand jederseits einen Haken, mit dem sich die jungen Tiere in der Haut vorbeischwimmender Fische festhaken (Fig. 318). Hier erzeugen sie einen Entzündungsherd, in dessen Innerem sie heranwachsen und unter Umgestaltung der Schließmuskeln die definitive Gestalt annehmen; dann fallen die jungen Muscheln ab und graben sich in den Schlamm ein.

Entwick-
lung.

Für die Systematik der *Lamellibranchier* ist der Bau der Kiemen, des Mantelrandes und der Adductoren wichtig. Ein jeder dieser Apparate zeigt höhere und niedere Entwicklungsstufen. Bisher hat man meist einseitig das eine oder das andere Merkmal benutzt. Zu einem natürlichen System

wird man jedoch nur gelangen, wenn man die verschiedenen Apparate möglichst gleichmäßig berücksichtigt. Im folgenden sollen die Muscheln, welche besonders in der Bildung der Kiemen und des Schlosses auf einer niederen Stufe verharren, als *Protoconchen* von den höher entwickelten *Heteroconchen* unterschieden werden.

I. Ordnung. Protoconchen.

Der primitive Charakter der Protoconchen gibt sich vor allem im Bau der Kiemen zu erkennen, welche entweder Kammkiemen (*Protobranchier*) oder Fadenkiemen (*Filibbranchier*) sind. Doch wird hier und da schon die Verwachsung der Kiemenfäden zu Blättern angebahnt (*Pseudo-Lamellibranchier: Pectiniden, Ostreiden*). Schloß und Ligament sind symmetrisch zum Umbo entwickelt oder weichen wenig von der Symmetrie ab. Ersteres kann fehlen, letzteres ist öfters ganz oder zum Teil ins Innere verlagert. Die Mantelränder sind frei, selten finden sich die ersten Spuren von Verwachsung.

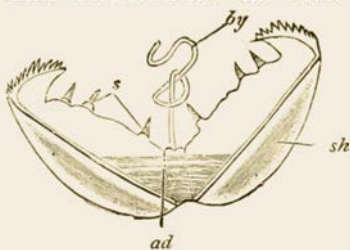


Fig. 318. Glochidium von *Anodonta* (aus Balfour). *by* Byssus, *s* Sinnshaare, *ad* Adductor, *sh* Schale.

I. Unterordnung. *Dimyariier* oder *Homomyariier*. Mit zwei gleich starken Adductoren sind ausgerüstet: die *taxodonten* *Nuculiden* (*Nucula rostrata* Lam.) und *Arciden* (*Arca Noae* L.). Die *Nuculiden* (auch *Protobranchier* genannt) sind unter den lebenden Muscheln am ursprünglichsten gebaut, indem sie Kammkiemen und einen sohlenförmigen Fuß besitzen. Auch sind Pleural- und Cerebralganglien noch voneinander getrennt. Die Geschlechtsdrüsen münden in die Nieren.

II. Unterordnung. *Anisomyariier*. Vorderer Adductor rudimentär (*Heteromyariier*) oder gar nicht vorhanden (*Monomyariier*). Mit Ausnahme der *isodonten* *Spondyliden* (*Sp. gaederopus* L.) sind alle hierher gehörigen Familien ohne Schloß (dysodont). Zu den *Heteromyariern* gehören die *Mytiliden*, Muscheln mit starkem Byssus und herzförmiger, nach dem vorderen Ende zu in eine Spitze ausgezogener Schale: *Pinna nobilis* L., über 1 Fuß groß, Byssus lang und seidenartig, zu Gespinnsten verwendbar. *Mytilus edulis* L., Miesmuschel (Fig. 317), eine etwa 3—5 cm lange, schwarzblaue Muschel, die sich in Massen im Meer an Pfählen und Mauerwerk von Hafengebäuden ansiedelt; wegen ihres Wohlgeschmacks vielerorts (besonders in Tarent) kultiviert, zeitweilig wie die Auster giftig. *Dreissensia polymorpha* Pall. (von *Mytilus* im Bau der Kiemen, des Blutgefäß- und Nervensystems wesentlich unterschieden), lebt im Brackwasser und dringt in das Süßwasser vor; aus ihrer Heimat (Kaspisches Meer, Schwarzes Meer) in die Flüsse Rußlands verschleppt, hat sie sich seit längerer Zeit vom Norden aus auch in Deutschland verbreitet. *Lithodomus lithophilus* L., eßbar, bohrt Steine an; am bekanntesten sind die Bohrlöcher am Serapistempel von Pozzuoli (in der Neuzeit als Fischbehälter gedeutet). — Eine zweite Familie, die *Aviculiden*, hat ihren Namen von den flügelartigen Fortsätzen, welche den Schloßrand einnehmen. Am bekanntesten ist *Meleagrina margaritifera* L., die echte Perlmuschel des Indischen und Stillen Ozeans, auch in Westindien heimisch; die Perlmutter-schicht vielfach zu Schmuckgegenständen verwandt, liefert allein die feinen teuren Perlen. — *Monomyariier* sind die *Ostreiden* oder Austern, Muscheln, welche mit der linken, seltener

mit der rechten Schalenklappe am Meeresgrund festgewachsen sind (Austernbänke), *Ostrea edulis* L., zuweilen giftig. Ferner gehören hierher die *Pectiniden*, deren kammförmig geriefte asymmetrische Schalen vielfach an Stelle von Tellern benutzt werden, deren Mantelrand reichlich mit Tentakeln und smaragdgrünen Augen besetzt ist. *Pecten Jacobaeus* L.

II. Ordnung. Heteroconchen.

Die *Heteroconchen* haben stets lamellöse Kiemen, deren Oberfläche häufig eingefaltet ist (Riffkiemen). Das Schloß — in seltenen Fällen (*Anodonta*) durch Rückbildung verloren gegangen — ist heterodont oder durch Umbildung aus dem heterodonten Schloß hervorgegangen. Nur selten sind die Mantelränder in ganzer Ausdehnung voneinander getrennt; meist sind Siphonen vorhanden, bei einem Teil der Arten klein, so daß sie keinen Einfluß auf die Mantellinie gewinnen — *Integripalliata* —, in anderen Fällen gewaltig, so daß sie eine deutliche Mantelbucht bedingen — *Sinupalliata*. Vorderer und hinterer Adductor sind gleich stark.

I. Unterordnung. *Integripalliata*. Die Siphonen fehlen meist gänzlich bei den *Najaden*, welche in Hunderten von Arten im Süßwasser verbreitet sind. Die europäischen Formen verteilen sich auf die Gattungen *Anodonta*

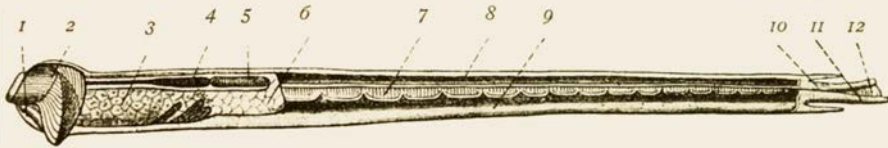


Fig. 319. *Teredo navalis*, Schiffsbohrwurm (nach Grobben); Mantelraum bis auf die hintere, die Siphonen abgebende Partie geöffnet. 1 Fuß, 2 Schale, 3 Leber, 4—5 Kammer und Vorkammer des Herzens, 6 Geschlechtsorgane, 7 Kiemen, 8 Kloake, 9 Kiemenraum, 10 Analsiphon, 11 Branchialsiphon, 12 Paletten (kleine Kalkplatten an der Basis der Siphonen).

und *Unio*. Die *Anodonten* oder Teichmuscheln haben dünne Schalen ohne Schloßzähne; die *Unionen* dagegen besitzen eine dicke Perlmutterlage und ansehnlich entwickelte Schloßzähne. Am schönsten ist die Perlmuttertschicht bei *Unio (Margaritana) margaritifera* L., welche zur Perlmutterfabrikation verwandt wird und die minderwertigen deutschen Perlen liefert; das Tier lebt besonders häufig in Bächen des Fichtelgebirges, des bayerischen und Böhmerwaldes, findet sich aber in Sachsen, Hannover, Schottland usw. — Mit kleinen Siphonen sind ausgerüstet die *Tridacniden*, zu denen die größte Muschel, die *Tridacna gigas* Lam. gehört, deren Schalen über 1 m groß und 3 Ztr. schwer werden können. Eine weitere marine Familie sind die *Cardiden*, Herzmuscheln: *Cardium edule* L. Im Süßwasser sind die *Cycladiden* verbreitet, kleine, erbsengroße Muscheln mit dünnen Schalen und daraus hervortretenden, zarten Siphonen. *Sphaerium corneum* L., *Pisidium amnicum* Müll. An die wahrscheinlich ebenfalls hierher gehörigen *Chamiden* reihen sich die ausgestorbenen, der Kreide angehörigen *Rudisten* an, deren rechte Schale festgewachsen und zu einem turmartigen Kegel verdickt war, trotzdem aber nur einen sehr kleinen Binnenraum enthielt, welcher von der linken deckelartigen Schale geschlossen wurde.

II. Unterordnung. *Sinupalliata*. Typische Repräsentanten sind die von der Färbung ihrer Schalen den Namen führenden *Veneriden* und die *Telliniden* mit ovaler, flach gewölbter Schale: *Venus paphia* L. und *Tellina baltica* L. — Bei vielen *Sinupalliata* werden die Siphonen so lang und

kräftig, daß sie in die relativ kleinen, an beiden Enden stets klaffenden Schalen nicht zurückgezogen werden können: *Myiden*, Klaffmuscheln, und *Soleniden*, Messermuscheln (*Solen vagina* L.). — Das leitet über zu Muscheln, bei denen die hintere Mantelhöhle und die vereinigten Siphonen den übrigen Körper bei weitem an Ausdehnung übertreffen, so daß die Tiere die Gestalt eines Wurmes annehmen (Fig. 319). Da die beiden Schalenklappen nicht ausreichen, den Körper zu bedecken, so werden sie in verschiedenem Grade rudimentär und können durch akzessorische Stücke ergänzt werden, oder der wurmförmige Körper erzeugt eine Kalkröhre, ähnlich der Röhre eines Röhrenwurms, in welcher die Schalenrudimente noch eingeschlossen sind. *Pholadiden*, Bohrermuscheln genannt, weil sie in Holz und Stein ihre Gänge bohren: *Pholas dactylus* L., mit ansehnlichen Resten der Muschelschale und großen akzessorischen Schalenstücken, vermag im härtesten Stein zu bohren, ausgezeichnet durch starkes Meerleuchten. *Teredo*

Fig. 320.



Fig. 320. Röhre von *Aspergillum vaginiferum*, a Schale (aus Leunisludwig).

Fig. 321. *Dentalium elephantinum*, links Tier, rechts Schale. f Fuß, l Lebergegend, o hintere Öffnung des Mantelsacks.



Fig. 321.

navalis L., Schiffsbohrwurm (Fig. 319), sieht wie ein weichhäutiger Wurm aus, da sowohl die Muschelschale als auch die akzessorischen Stücke äußerst klein sind; er bohrt im Holz Gänge, die er mit Kalk auskleidet; dadurch wird er Schiffen, sofern sie nicht mit Kupferplatten bedeckt sind, und hölzernen Hafens- und Dammbauten gefährlich: er war Ursache der großen holländischen Dammbrüche, die sich im 18. und 19. Jahrhundert mehrfach wiederholt und große Opfer an Menschenleben gefordert haben. Bei den *Gastrochäniden*, Gießkannenmuscheln, steckt der Weichkörper in einer am hinteren Ende verbreiterten Röhre, in welcher die beiden Schalenklappen noch deutlich zu erkennen sind: das schmale Ende der Röhre ist offen, das breitere durch eine durchlöchernte, an eine Gießkannenbrause erinnernde Platte geschlossen (Fig. 320). *Aspergillum vaginiferum* Lam.

Im Anschluß an die Muscheln seien hier noch die **Scaphopoden** erwähnt, auch *Solenococonchen* genannt (Fig. 321), im

ganzen primitive Formen, die viele Merkmale mit den Muscheln teilen: paarige Leber, paarige Nieren, Bau des Nervensystems (mit der Besonderheit, daß Buccalganglien vorhanden und die Pleuralganglien mit den Cerebralganglien nicht völlig verschmolzen sind). In mancher Hinsicht ursprünglich (Persistenz von Kiefer und Radula), sind sie in anderen Punkten merkwürdig abgeändert: Mangel der Kiemen, unpaare Geschlechtsdrüse, rudimentäre Beschaffenheit, vielleicht sogar Mangel des Herzens. Entwicklung zweier Tentakelbüschel links und rechts von der Mundöffnung. Die in der Larve noch paarigen Mantellappen umwachsen ventral den Körper und vereinigen sich zu einem beiderseits offenen Sack; sie erzeugen demgemäß auch eine einheitliche, durch konische Form an den Stoßzahn eines Elefanten erinnernde, beiderseits offene, röhri- ge Schale, aus deren breiterer vorderer Mündung ein langer dreilappiger, im Sand bohrender Fuß heraustritt. *Dentalium vulgare* L. (Fig. 321).

III. Klasse.

Cephalophoren, Gastropoden, Schnecken.

Obwohl höher organisiert als die *Muscheln*, sind die *Schnecken* in vieler Hinsicht ursprünglicher gebaut, insofern die charakteristische Sonderung des Molluskenkörpers in den muskulösen Fuß, den die Augen und die Fühler tragenden Kopf, den mit der Bildung der Schale betrauten Mantel und den Eingeweideknäuel in keiner Gruppe so klar durchgeführt ist wie bei ihnen. Immerhin gibt es auch unter den Schnecken Arten, bei denen der eine oder andere Anhang fehlt.

Der Fuß ist in der Regel auf seiner ventralen Seite zu einer Kriechsohle abgeplattet; er verlängert sich nach hinten in einen Fortsatz, das *Metapodium*; seine scharfen seitlichen Ränder bilden das *Parapodium*; ein dorsal von diesen Rändern verlaufender, ab und zu kleine Tentakeln tragender Wulst wird als *Epipodium* bezeichnet. In seinem Inneren sind gewöhnlich ansehnliche Drüsen eingeschlossen.

Am Kopf liegen die wichtigsten Sinnesorgane, ein Paar primitiver bläschen- oder grubenförmiger Augen und die besonders an ihren Enden reich mit Nervenendigungen versehenen Fühler, welche zum Tasten, wahrscheinlich auch zum Riechen verwandt werden. Letzteres wurde besonders für die keulenförmigen, auf ihrer Oberfläche stark gefalteten Rhinophoren der *Dorididen* (Fig. 334) behauptet, neuerdings aber in Abrede gestellt. Die Fühler sind bewegliche muskulöse Lappen oder hohle Schläuche, die durch Einspritzen von Blut ausgestülpt, andererseits durch Muskeln zurückgezogen werden können; die Muskeln zweigen von der Fußmuskulatur ab, befestigen sich an der Spitze des Fühlers und stülpen ihn bei ihrer Kontraktion wie einen Handschuhfinger ein. In der Regel findet sich ein Paar Fühler, an deren Basis die Augen liegen. Diese können jedoch auf besondere Augenträger erhoben werden, welche bei den stielgängigen Lungenschnecken ein zweites hinteres Fühlerpaar bilden. Auch kann die Umgebung des Mundes zu tentakelartigen sensiblen Lappen ausgezogen sein.

Die unpaare Mantelfalte beginnt auf dem Rücken der Schnecke und schlägt sich von hier nach vorn über den Rumpf bis in die Gegend, wo der Kopf beginnt. Sie überdeckt die Mantel- oder Atemhöhle, einen ansehnlichen Raum, welcher bei den Wasser atmenden *Prosobranchiern* die Kiemen beherbergt und mit einem weiten Spalt unter dem wulstförmig verdickten Mantelrand nach außen klafft. Zum Aus- und Einleiten des Atemwassers kann der Mantelrand in einen rinnenförmig ausgehöhlten, stark wimpernden, oft sehr langen Fortsatz ausgezogen sein, den für den Bau der Schale wichtigen *Siphon*. Bei landbewohnenden Schnecken wird die Kiemenatmung durch Lungenatmung ersetzt (*Pulmonaten*, *Cyclostoma*), welche auch bei vielen offenbar sekundär zum Wasserleben zurückgekehrten Formen beibehalten wird (*Basommatophoren*). An Stelle der Mantelhöhle findet man dann einen von Luft gefüllten Sack, welcher bis auf eine rechtsseitige Atemöffnung, das *Spiraculum*, geschlossen ist (Fig. 303) und dessen dorsale Wand ein reiches Blutgefäßnetz (Fig. 333) besitzt. Über die Umgrenzung der Lunge ragt der Mantelwulst hinaus und bildet eine Mantelfurche. Früher deutete man die Lunge als Mantelhöhle, in welcher die Kieme rückgebildet ist. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen lassen aber erkennen, daß sich die Lunge als eine besondere Einstülpung am Grund der Mantelfurche anlegt.

Der Eingeweidesack der Schnecken gewinnt infolge der starken Ausbildung der Geschlechtsorgane und der Leber eine bedeutende Aus-

Eingeweide-
sack.

dehnung. Da eine Vergrößerung nach abwärts durch die feste Muskelmasse des Fußes unmöglich gemacht wird, drängen die Organe gegen den Rücken und buchten die Ursprungsstelle der Mantelfalte, den Ort des geringsten Widerstandes, bruchsackartig aus; manche Organe können dabei sogar in die Decke der Mantelhöhle hineingeraten, wie Enddarm, Niere und Herz. Ist der Eingeweidesack, was zumeist zutrifft, enorm entwickelt, so bildet er keinen gerade aufsteigenden Höcker, sondern rollt sich spiralig ein, und zwar meist von links nach rechts. Je älter das Tier ist, um so mehr Spiralumgänge müssen gebildet werden, und um so ausgedehnter müssen die zuletzt entstandenen Umgänge sein. Der Eingeweideknäuel beginnt daher an der Spitze mit engen, nach abwärts ansehnlicher werdenden Windungen.

Schale.

Nach dem Vorstehenden ist die Beschaffenheit der Schnecken- schale verständlich; als ein Ausscheidungsprodukt des Epithels, welches den Mantel und den Eingeweideknäuel bedeckt, wird sie in ihrer Gestalt von der Form des Eingeweideknäuels bestimmt. Bei geringer Ausbildung derselben hat die Schale die Gestalt eines chinesischen Hütchens (*Patella*, Fig. 322) oder einer nur an der Spitze ein wenig spiralig eingerollten, flachen Mütze (*Haliotis*, Fig. 323). Ist der Eingeweideknäuel langgestreckt, so wird auch die umhüllende Schale im allgemeinen eine lange, nach dem blinden Ende zu verjüngte Röhre sein. Dieselbe ist selten unregelmäßig gewunden, wie die an die Röhrenwürmer erinnernden *Vermetiden* zeigen (Fig. 324); meist ist sie nach Art einer Uhrfeder in einer Ebene oder wendeltreppenartig aufsteigend eingerollt. Im letzteren Falle nimmt die Schale eine mehr oder minder ausgesprochene Kegelform an (Fig. 325); man kann dann an ihr eine Spitze (Apex) und eine Basis unterscheiden; inmitten der letzteren findet sich zumeist eine Vertiefung, der Nabel (Umbo). Wenn die einzelnen Windungen locker gefügt sind und in der Umbo und Apex verbindenden Spindelachse nicht zusammenstoßen, so ergibt sich (bei den Perspektivschnecken, *Scalarien*) ein Raum, durch den man hindurchsehen kann; meist schließen jedoch die Windungen zusammen und verschmelzen zur Bildung einer Kalkspindel, der *Columella* (Fig. 326 C), um welche die Umgänge herum verlaufen.

Die Vergrößerung der Schnecken- schale erfolgt durch Drüsen am Mantelrand; daher die deutlichen dem Mantelrand und der Schalenmündung parallelen Anwachsstreifen. Am Mantelrand werden auch die Pigmente bereitet, welche bei der Bildung der Schale in diese übergehen und ihre nicht selten prächtige Färbung bedingen. Ist der Mantelrand in eine lange Rinne, den Siphon, ausgezogen, so erhält auch die Schale einen entsprechenden Fortsatz; man unterscheidet daher holostome Schalen mit glattrandiger Mündung (Fig. 325) und siphonostome Schalen, bei denen der Mündungsrand in eine Siphonalrinne verlängert ist (Fig. 326 S).

Eine hütchenförmige Schale kann nicht ohne weiteres als ein Zeichen primitiven Baues angesehen werden; sie kann sich auch aus einem spiralig gewundenen Gehäuse dadurch entwickelt haben, daß der Eingeweideknäuel eine Verkleinerung erfuhr. In dieser Weise ist der Schalenbau von *Fissurella* und *Patella* zu erklären, deren Weichkörper noch die Merkmale der spiralen Eindrehung erkennen läßt. — Im allgemeinen ist der Kontakt zwischen Schale und Weichkörper leicht zu lösen und das Tier durch geeignetes Drehen aus der Schale herauszunehmen; nur in der Gegend der Mündung besteht ein innigerer Zusammenhalt, sowie weiter einwärts, etwa auf halber Höhe der *Columella*, wo sich ein besonderer Muskel, der Mus-

culus columellaris, befestigt (Fig. 333 c). Dieser zweigt von der Fußmuskulatur ab und steigt in der Nachbarschaft der Schalenspinde auf. Solange seine Insertion an der Columella nicht gelöst ist, kann man eine Schnecke nicht unverletzt aus ihrem Gehäuse herausnehmen. Er zieht während des Lebens die Schnecke in das Haus zurück, zunächst den vorderen Abschnitt mit dem Kopf, dem dann weiter das hintere Ende des Fußes, das Metapodium, folgt. Da dabei das Metapodium umgelegt wird, kommt die Sohle desselben einwärts, die Rückenseite nach der Mündung zu liegen. Auf dieser beim zurückgezogenen Tier allein noch nach außen schauenden Stelle erzeugen besonders die *Prosobranchier* eine aus organischer Substanz oder aus Kalk bestehende Platte, welche bei eingeschlagenem Metapodium den Schaleingang verschließt, das Operculum; dieses muß sich dem Wachstum der Schale konform vergrößern, was häufig in einer

Fig. 322.



Fig. 323.



Fig. 326.

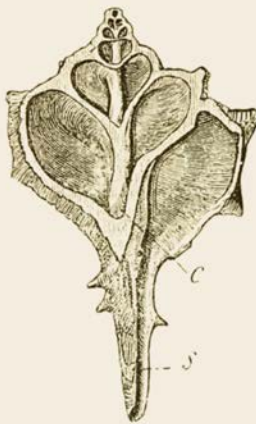


Fig. 324.



Fig. 325.



Fig. 322—326. Verschiedene Schalenformen. Fig. 322. *Patella longicosta*, Schale, vom Rücken gesehen (aus Schmarda). Fig. 323. *Haliotis tuberculata*. Fig. 324. Schale von *Vermetus dentiferus* (aus Bronn). Fig. 325. *Lithoglyphus naticoides*, Schaleingang durch das Operculum geschlossen (aus Clessin). Fig. 326. Schale einer *Murex*, geöffnet durch Abschleifen der einen Seite. C Columella, S Siphon (nach Schmarda).

Spirallinie auf der Oberfläche zum Ausdruck kommt. Bei „hornigen“ Deckeln ist die Spiralzeichnung auf beiden Seiten (Fig. 325), bei Kalkdeckeln nur auf der dem Metapodium aufliegenden Seite zu erkennen. Landschnecken haben meist kein Operculum; wohl aber können sie, wenn sie sich zum Winterschlaf verkrochen haben, die Schalenmündung durch eine dicke Kalkschicht, das Epiphragma, absperren; dasselbe wird von dem Mantelwulst ausgeschieden, in welchen die Schnecke nebst ihrem gesamten Fuß zurückgezogen wird. Im Frühling fällt das Epiphragma ab, indem seine Ränder gelöst werden.

Die meisten Schnecken haben eine rechtsgewundene Schale, d. h. die Schale ist derart spiral gewunden, daß, wenn ein Körper sich in ihren Umgängen von der Spitze abwärts nach der Basis, also in der Richtung des Wachstums, bewegen würde, er die Richtung von links nach rechts, wie der

Zeiger einer Uhr, einhalten würde; der Körper würde dabei die Spindelachse stets zu seiner Rechten haben. Linksgewundene Schalen (Fig. 327) sind bei wenigen Arten konstant vorhanden und finden sich als seltene Ausnahmen auch bei Arten, welche sonst rechtsgewundene Schalen besitzen. — Auf einem Schliff unterscheidet man an der Schale meist zwei Schichten, die nicht immer vorhandene innere lamellöse Schicht, die zuweilen schönen



Fig. 327. Linksgewundene Schale von *Lamistes carinatus* (aus Leunis-Ludwig).

Perlmutterglanz hat, und eine äußere Lage, welche trüb ist, die ab und zu von einer hornigen Schicht überzogene Porzellanschicht. In seltenen Fällen fehlt der Mantel und demgemäß auch die Schale gänzlich; oder der Mantel ist vorhanden, die Schale aber rudimentär und äußerlich nicht sichtbar, weil sie von Mantelfalten ganz umwachsen ist. In solchen Fällen sind die Eingeweide nicht zu einem Bruchsack ausgestülpt. Da die Larven schalenloser Arten einen Mantel und eine Schale besitzen, so ist der Mangel der Schale und des Mantels durch Rückbildung zu erklären. Teilweise Umwachsung der Schale

durch die Weichteile findet sich bei Porzellanschnecken und gibt ihrer Oberfläche ein glänzendes Aussehen.

Asymmetrie
der
Eingeweide.

Bei der inneren Anatomie der Schnecken muß man beachten, daß nur wenige Formen nach Art der *Amphineuren* und *Lamellibranchier* annähernd bilateral symmetrisch sind; gewöhnlich hat eine der Drehung des Eingeweideknäuels entsprechende spirale Drehung der Organe von links hinten nach rechts vorn stattgefunden und zu einer verschieden-gradigen Asymmetrie des Darmes, der Niere, der Kiemen, des Herzens und des Nervensystems geführt. Beim Darm rückt der After nach rechts und vorn in die Atemhöhle oder in die Nähe des Kopfes; Nieren, Herz, Kiemen und das mit den Kiemen verbundene Geruchsorgan (Osphradium),

Fig. 328.

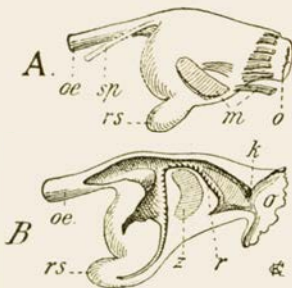


Fig. 328 A und B. Schlundkopf von *Helix pomatia*. A in seitlicher Ansicht, B der Länge nach aufgeschnitten. *oe* Ösophagus, *sp* Speichelgang, *rs* Radulasack, *r* Radula, *z* Zungenknorpel, *k* Kiefer, *m* Muskeln, *g* Mundöffnung.

Fig. 329.

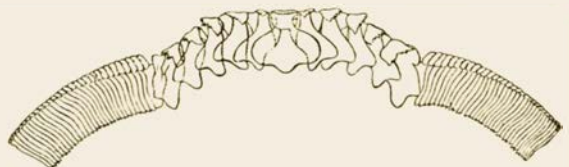


Fig. 329. Eine Querreihe der Radula von *Trochus cinerarius* (nach Schmarda).

indem die Organe der einen Seite (zumeist die rechten, ursprünglich links gelegenen) vollkommen schwinden. Nimmt auch das Nervensystem an der Drehung teil, so entsteht eine merkwürdige, unter dem Namen „Chiastoneurie“ (Streptoneurie) bekannte Kreuzung der Cerebrovisceralkommissur.

Darm.

Der Darm beginnt mit einer muskulösen Schnauze, die bei manchen Arten zu einem gewaltigen, ausstülpbaren Rüssel umgewandelt ist. Der

darauf folgende Schlundkopf enthält die Zunge, einen ventralen, oft von ein bis vier Stützplatten („Zungenknorpeln“) gestützten Wulst, der von einem cuticularen Blatt, der Radula, überdeckt ist. Die Oberfläche der letzteren ist mit spitzen, nach rückwärts gekrümmten Zähnen bewaffnet (Fig. 328 B, 329), welche im allgemeinen in Quer- und Längsreihen gestellt sind, im übrigen aber eine so große Mannigfaltigkeit der Form, Größe und Anordnung erkennen lassen, daß sie mit Vorteil systematisch verwendet worden sind. Die Radula wird erzeugt vom Epithel des Radulasacks (*rs*), einer ventralen, hinter der Zunge liegenden Ausstülpung des Schlundkopfes; von hier aus schiebt sie sich samt den unter ihr liegenden Matrixzellen über die Zunge hinüber, wie der Nagel über das Nagelbett, in gleichem Maße, als sie sich beim Gebrauch am vorderen Ende abnutzt. Beim Fressen dient ferner ein unpaarer, dorsaler oder ein Paar lateraler (den Fleischfressern fehlender) Oberkiefer. — Der auf den Schlundkopf folgende Darm bildet komplizierte Windungen, ehe er durch den After meist vorn rechts neben oder in der Mantelhöhle, selten nahe dem hinteren Ende in der Mittellinie nach außen mündet (Fig. 331, 333). Magen, Ösophagus und Dünndarm sind wenig voneinander gesondert, da der Magen (*m*) sich ganz allmählich in die beiden angrenzenden Darmabschnitte verjüngt. Die Windungen des Darmes sind umhüllt von der „Leber“ (*l*), welche vermöge ihrer starken Ausbildung den Hauptbestandteil des Eingeweidetraktes ausmacht. In den Schlundkopf mündet außerdem noch ein Paar Speicheldrüsen (*sp*), die der Nahrung Schleim und ein Stärke verdauendes Enzym beimengen. Bei den *Doliiden* haben sie die physiologische Merkwürdigkeit, daß sie eine freie Schwefelsäure (bis 5 Proz.) enthaltendes Sekret produzieren, welches weithin herausgespritzt werden kann und wahrscheinlich zum Angriff und zur Verteidigung dient.

Das Nervensystem der *Cephalophoren* unterscheidet sich gewöhnlich dadurch von dem der übrigen Mollusken, daß sich in der Visceralkommissur gewisse, sonst mit Visceral- oder Cerebralganglien verschmolzene Nervenknötchen, die Pleural- und Parietalganglien, gesondert erhalten. Sind die einzelnen Kommissuren kurz, die Ganglienknötchen infolgedessen im Umkreis des Pharynx vereinigt und dadurch dem Einfluß der Spiraldrehung entrückt, so erhält sich die symmetrische Verteilung der Ganglien, die Orthoneurie (Fig. 330 II). Sind dagegen die Cerebrovisceralkommissuren lang ausgezogen, so bildet sich fast stets die Chistoneurie (Streptoneurie) heraus. Pleural- und Visceralganglien bewahren zwar ihren Ort, dagegen rückt das Parietalganglion der rechten Seite über den Darm herüber (daher auch G. supraintestinale genannt) nach links, das linke unter dem Darm hindurch (G. subintestinale) nach rechts;

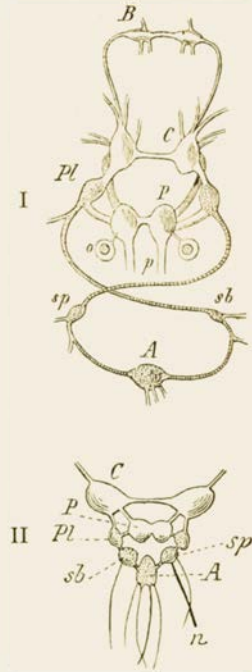


Fig. 330. I Chistoneures Nervensystem von *Paludina* (nach Jhering aus Gegenbaur). II Orthoneures Nervensystem von *Limnaeus* (nach Lacaze-Duthiers). C Cerebralganglien, P Pedalganglien, Pl Pleuralganglien, sb Subintestinalganglien, sp Suprintestinalganglien (Parietalganglien), A Visceralganglien, B Buccalganglien, o Statocysten (Gehörbläschen), n Geruchsnerv.

Nervensystem.

die gesamte Cerebrovisceralkommissur erfährt hiermit eine Kreuzung und beschreibt eine Achtertour (Fig. 300 I). Das Vorkommen chiasmoneurer Formen unter den sonst orthoneuren *Opisthobranchiern* (*Actaeon*) und *Pulmonaten* (*Chilina*) spricht dafür, daß die Orthoneurie dieser Tiere sich sekundär aus der Chiasmoneurie entwickelt hat. — Mit der starken Entwicklung des Schlundkopfes hängt die Anwesenheit besonderer Buccalganglien zusammen.

Kieme,
Niere,
Herz.

Kiemen, Niere und Herz werden am besten im Zusammenhang besprochen. Gewisse Schnecken (*Fissurella*, *Haliotis* usw.) erinnern noch an die *Lamellibranchier*, indem das Herz vom Mastdarm durchbohrt wird, indem ferner linke und rechte Kiemen, linke und rechte Nieren und Nierentrichter und zwei Vorhöfe des Herzens vorhanden sind. In der Regel ist jedoch die durch die Spiraldrehung bedingte Asymmetrie Ursache geworden, daß nur eine einzige kammförmige Kieme, und zwar meist die

Fig. 331.

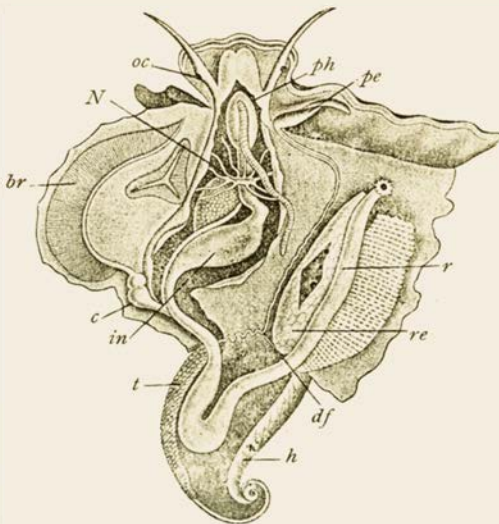


Fig. 332.

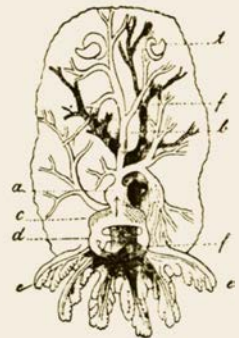


Fig. 331. Anatomie von *Cypraea tigris* (nach Quoy et Gaimard). *oc* Auge, *ph* Pharynx mit herausgezogener Radula, *in* Magen, *r* Enddarm, *h* Leber, *re* Niere, *t* Hoden, *df* Vasdeferens, *pe* Penis, *br* Kieme, *c* Herz (das neben der Kieme gelegene Organ ist das Geruchsorgan), *N* oberes Schlundganglion.

Fig. 332. Gefäßsystem von *Doris* (nach Keferstein). *a* Kammer, *b* Aorta, *c* Vorkammer, *d* Kiemenvene, *e* Kiemen, *f* Körpervenen, *t* Fühler.

nach links verschobene rechte, und in entsprechender Weise auch nur eine Niere, ein Osphradium und eine Vorkammer sich erhalten haben. Wie in analogen Fällen, schwindet gewöhnlich mit der einen Kieme auch die entsprechende Vorkammer des Herzens. Die hierin sich äußernde Korrelation beider Organe wird bei den Schnecken noch nach einer anderen Hinsicht bedeutungsvoll. Man unterscheidet *Opisthobranchier* und *Prosobranchier*, je nachdem die Kiemen der hinteren oder vorderen Körperhälfte angehören. Bei den *Opisthobranchiern* (Fig. 332) ist das Herz annähernd in die Körperachse eingestellt; da es von rückwärts die Kiemenvene aufnimmt, liegt die Vorkammer nach rückwärts und vor ihr die Herzkammer; diese gibt in der Richtung des Kopfes die Körperarterien ab. Bei der Verlagerung der Kieme nach vorn dagegen (Fig. 331)

hat das Herz eine Drehung um nahezu 180° erfahren, so daß nun umgekehrt die Vorkammer am meisten nach vorn lagert, die Herzkammer und die Arterie nach rückwärts schauen. — Was die sonstige Beschaffenheit des Blutgefäßsystems anlangt, so ist dasselbe zwar höher als bei den *Lamellibranchiern* entwickelt, gleichwohl kein geschlossenes, da die feineren Verästelungen der Arterien in lakunäre Räume überleiten, welche die Eingeweide umgeben und mit Unrecht früher als Leibeshöhle galten. — Die mit dem Herzbeutel durch den Nierentrichter kommunizierende Niere ist selten eine verästelte Drüse, meistens ein Sack, in welchen ein mit Drüsenzellen und Kalkkonkretionen bedecktes Balkenwerk hineinragt; sie öffnet sich entweder am Grunde der Atemhöhle oder mittels eines am Enddarm hinziehenden Ureters neben oder mit dem After.

Der stets unpaare Geschlechtsapparat mündet bei *Cyclobranchiern* und manchen *Zygobranchiern* in die Niere; wahrscheinlich benutzt er

Fig. 333. Anatomie von *Helix pomatia*: die Decke der Atemhöhle ist auf der linken Seite abgetrennt und nach rechts hinübergeschlagen, darauf das Pericard und der Eingeweidesack geöffnet und die Eingeweide auseinandergelegt. Darm: *s* Schlundkopf, *m* Magen, *sp* Speicheldrüse, *l* Leber, *d* Dünndarm, *a* After; Geschlechtsapparat: *z* Zwitterdrüse mit Zwittergang (verläuft unter dem Darm durch), *u* Uterus, *ei* Eiweißdrüse, *r* Receptaculum seminis, *v* Vagina, *ps* Pfeilsack, *f* fingerförmige Drüse, *vd* Vas deferens, *p* Penis, *fl* Flagellum, *n* Niere, *n'* Nierenmündung, *lu* Lungengeflecht, *h* Herzvorkammer, rückwärts davon die Kammer, *g* Cerebralganglion, *c* Columellarmuskeln, *fu* Fuß.



auch bei den übrigen Schnecken das Rudiment der rechten Niere.™™Dafür spricht, daß es in einigen Fällen (*Crepidula*) möglich war, eine Verbindung des weiblichen Geschlechtsapparates mit dem Herzbeutel, eine Art Nierentrichter, nachzuweisen. Die Geschlechtsmündung liegt daher rechtsseitig, meist neben dem After, öfters auch vor ihm dicht am Kopfe. Bei Männchen und hermaphroditen Tieren kann die Stelle durch einen als Penis dienenden, rinnenförmig ausgehöhlten Hautlappen bezeichnet sein, der oft von der Geschlechtsmündung eine Strecke weit abseits liegt und mit ihr durch eine Flimmerrinne verbunden ist. Im übrigen herrscht im Bau des Geschlechtsapparates die größte Mannigfaltigkeit; er zeigt zwei Extreme, einerseits Gonochorismus (*Prosobranchier* nebst *Heteropoden*), andererseits den höchsten Grad von Hermaphroditismus derart, daß männliche und weibliche Organe fast der ganzen Länge nach zu zwitterigen

Bildungen vereint sind (viele *Tectibranchier*, *Pteropoden*); dazwischen gibt es Übergänge. Einen mittleren Grad von Hermaphroditismus wollen wir im folgenden von unseren Lungenschnecken beschreiben (Fig. 333).

Die *Heliciden* besitzen eine unpaare Zwitterdrüse, die in einem der ersten Schalenumgänge mitten in das Lebergewebe eingebettet ist (*z*); auf sie folgt ein geschlängelter Zwittergang. Derselbe erweitert sich zum sogenannten Uterus (*u*), einem dickwandigen Kanal, an welchem ein besonderer zweiter Kanal für den Samen herabzulaufen scheint. Tatsächlich ist im Innern aber nur ein einziges Lumen vorhanden (Spermoviduct) und das verschiedene Aussehen nur dadurch bedingt, daß auf der einen Seite die Wandung des Kanals durch ansehnliche eingelagerte Drüsen verdickt ist. Eine Trennung der beiden Hauptkanäle in Vas deferens und Scheide findet erst am Ende des sogenannten Uterus statt. Das Vas deferens (*vd*) windet sich als dünner Kanal auf Umwegen zum Porus genitalis; hier schwillt es zum ausstülpbaren Penis (*p*) an, mit welchem ein Musculus retractor und das Flagellum (*fl*) verbunden sind; letzteres liefert das Material zur Bildung der Spermatophoren. Die Scheide (*v*) ist breiter und verläuft geradenwegs zum Porus genitalis, wo sie mit dem Penis wieder zusammen trifft. Dem weiblichen Geschlechtsapparat sind noch einige Anhänge zuzurechnen, zunächst die große Eiweißdrüse (*ei*), welche am Uterus aufsitzt, da, wo dieser aus dem Zwittergang hervorgeht, ferner ein Receptaculum seminis (*r*), ein rundliches Bläschen, welches durch einen sehr langen Kanal mit der Scheide in Verbindung steht, schließlich zwei nicht bei allen *Pulmonaten* vorkommende „fingerförmige Drüsen“ (*f*). Ein merkwürdiger dickwandiger Blindsack der Scheide ist endlich noch der Liebespfeilsack (*ps*), welcher in seinem Innern ein aus kohlen saurem Kalk bestehendes Stilett, den Liebespfeil, ausscheidet. Derselbe wird bei der Begattung in die Körperwand als Reizmittel eingestoßen, während die fingerförmigen Drüsen gleichzeitig reichliche Schleimmassen ausscheiden. Trotz des Hermaphroditismus findet nämlich bei den *Pulmonaten* eine durch ein langdauerndes Vorspiel eingeleitete Begattung statt. Doch kommt bei den Gattungen *Arion* und *Limax* auch Selbstbefruchtung vor. Andererseits gibt es *Pulmonaten*, bei welchen Protandrie, in anderen Fällen Protogynäcie wechselseitige Befruchtung nötig macht. — Bei den Landschnecken werden die Eier von der Eiweißdrüse mit Eiweiß, von den Uterindrüsen mit einer kalkhaltigen Schale umgeben; die so entstandenen ansehnlichen Körper werden dann in feuchte Erde vergraben. Bei Wasserbewohnern finden sich dagegen meist Laiche, Gallerten, in denen viele Einzeleier liegen, jedes Ei von einer Eiweißschicht und einer festen Hülle umschlossen. Selten findet eine Art Brutpflege statt, wie bei *Janthina nitens*, welche ihre Eierqualster, in Form eines Flosses am Fuß befestigt, mit sich herumträgt. Wenige Schnecken (z. B. die Süßwasserschnecke *Paludina*) sind vivipar.

Entwick-
lung.

Entwicklungsgeschichtlich ist vor allem die große Konstanz, mit welcher das Veligerstadium auftritt, wichtig (Fig. 306, 307). Die meisten marinen Schneckenlarven schwimmen mit dem oft zweigeteilten Velum an der Wasseroberfläche, ehe sie auf dem Boden zu kriechen anfangen. Aber auch da, wo die Schnecke gleich in ihrer definitiven Gestalt die Eischale verläßt, ist das Velum während des Embryonallebens angedeutet. Dann rotiert der Embryo mit Hilfe der bewimperten Körperoberfläche in der umgebenden Eiweißschicht.

Bei der Systematik verwertet man in erster Linie Bau und Lage der Atmungsorgane sowie die damit zusammenhängende Anordnung der

einzelnen Herzabschnitte; zur weiteren Charakteristik der größeren Gruppen wird dann noch die hermaphrodite oder gonochoristische Beschaffenheit des Geschlechtsapparates und die Orthoneurie oder Chiastoneurie des Nervensystems herangezogen. Auf diesem Wege kann man sehr gut drei Gruppen charakterisieren: *Prosobranchier*, *Opisthobranchier* und *Pulmonaten*. Durch besondere Gestaltung des Fußes sind dann ferner noch die *Heteropoden* und *Pteropoden* ausgezeichnet, von denen die ersteren mit den *Prosobranchiern* sehr nahe verwandt sind, während letztere sich den *Opisthobranchiern* anschließen.

I. Ordnung. Opisthobranchier.

Von der bei den *Amphineuren* vorhandenen bilateralen Symmetrie weichen die *Opisthobranchier* nicht in so erheblicher Weise wie die *Prosobranchier*, *Pulmonaten* und *Heteropoden* ab. Der After liegt in der Symmetrieebene des Körpers oder ist nur unbedeutend nach rechts verschoben, wenn er auch vom hinteren Ende des Körpers weit nach vorn rücken kann; das Nervensystem ist bilateral symmetrisch, indem die Kreuzung der Visceralkommissur fehlt (orthoneure Mollusken). Auch das Herz, obwohl es nur eine Vorkammer hat, bewahrt ursprüngliche Verhältnisse, indem es von rückwärts das Blut empfängt und nach vorn durch die Aorta an den Körper abgibt (Fig. 332). Alles dies, namentlich der letzterwähnte Punkt, ist für die Charakteristik der *Opisthobranchier* viel wichtiger als die äußerst variable und mannigfaltige Beschaffenheit und Lage der Kiemen, trotzdem letztere den Namen veranlaßt hat. Selten findet sich ein unpaares rechtsseitiges Ctenidium, ein schwach entwickelter



Fig. 334. *Doris pilosa*. I Rhinophore, II perianales Kiemenbüschel (aus Brehm).

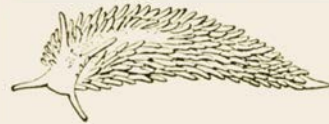


Fig. 335. *Acolis papillosa* (aus Leunis-Ludwig).

Mantel und eine dünne, vom Weichkörper umwachsene Schale. Gewöhnlich sind die Tiere nackt; das Ctenidium ist dann durch akzessorische Kiemen ersetzt, oder es herrscht Hautatmung. Von großem Interesse ist es, daß dann die Larven wenigstens vorübergehend Mantel und Schale besitzen. Für die systematische Charakteristik der *Opisthobranchier* ist ferner wichtig, daß ihre auf der rechten Seite mündenden Geschlechtsorgane zwittrig sind. Da primitive *Opisthobranchier* (*Actaeon*) chiastoneur sind, ist es wahrscheinlich, daß die Orthoneurie und die übrigen Anklänge an bilaterale Symmetrie sich sekundär aus Chiastoneurie und Asymmetrie entwickelt haben.

I. Unterordnung. *Abranchier*. Mantel, Schale und Kammkiemen fehlen; *Elysia viridis* Montg. — II. Unterordnung. *Nudibranchier*. Mantel und Schale fehlen, die Kammkiemen sind durch akzessorische Kiemen ersetzt. Dieselben bilden bei den *Dorididen* im Umkreis des Afters eine Rosette zurückziehbarer Bäumchen (Fig. 332, 334): *Doris pilosa* Müll.; bei den *Tritoniaden* stehen die akzessorischen Kiemen in einer linken und rechten Längsreihe auf dem Rücken; *Tethys fimbriata* L., bekannt durch

merkwürdige Anhänge, die abgerissen lange Zeit weiter leben und wiederholt als besondere Tiere (*Vertumnus*) beschrieben wurden. Bei den *Aeolidiern* (*Phlebenteraten*) sind mehrere Reihen von Rückenanhängen vorhanden, in welche Darmblindsäcke eintreten, um mit kleinen nach außen mündenden, meist von Nesselkapseln erfüllten Säckchen zu enden. Da die Nesselkapseln sich im gebrauchsfähigen Zustand befinden, hielt man sie für histologische Differenzierungen der *Aeolidier*, bis man sich durch Experimente und Beobachtungen überzeugte, daß sie von Hydroiden stammen, von denen sich die Tiere ernähren. *Aeolis papillosa* L. (Fig. 335). Hochgradig rückgebildet sind die *Hedyliden* und die Gattung *Pseudovermis*. — III. Unterordnung. *Tectibranchier*. Kammkieme, Mantel und Schale sind vorhanden; der Fuß zieht sich oft links und rechts in breite, die Schale umhüllende Fortsätze aus (Parapodiallappen). *Pleurobranchus Meckeli* Cuv.; *Aplysia depilans* L.

II. Ordnung. Pteropoden, Flügelschnecken.

Den *tectibranchiaten Opisthobranchiern* schließen sich aufs engste die *Flügelschnecken* oder *Pteropoden* an; sie sind an die pelagische Lebensweise angepaßt, daher meist kristallklare *Tectibranchier*, wie diese hermaphrodit, orthoneur, opisthobranch. Die schon bei *Tectibranchiern*

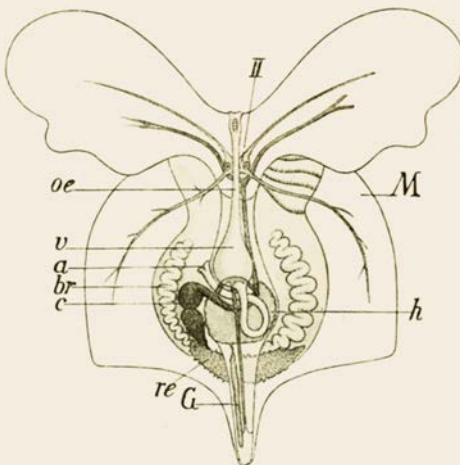


Fig. 336. *Cavolinia (Hyalea) complanata*, von unten gesehen. II Pedalganglion mit Hörbläschen, oe Ösophagus, v Magen, a After, h Leber, br Kieme, c Herz, re Niere, G Geschlechtsapparat, M Mantel (nach Gegenbaur).

vorhandenen Parapodiallappen sind zu ansehnlichen Rudern geworden, die beim Schwimmen wie Flügel auf und ab bewegt werden, während der Hauptteil des Fußes zu einem medianen flimmernden Anhang rückgebildet ist. Von allen übrigen Schnecken unterscheiden sich die Pteropoden durch die rudimentäre Beschaffenheit des Kopfes, meist auch der Fühler und Augen, ferner dadurch, daß die Mantelhöhle bei den meisten Arten ähnlich wie bei den *Cephalopoden* auf die ventrale Seite verschoben ist. Selten ist noch ein echtes Ctenidium vorhanden (*Pteraclis*), meist ist es rückgebildet und durch akzesorische Kiemen ersetzt.

Auch bei den *Pteropoden* zeigt die Schale die verschiedensten Grade der Rückbildung. Unter den *Thecosomen*, den beschalteten Formen, haben die *Limaciniden* und *Hyaleiden* noch verkalkte Schalen, die ersteren spiral gewundene, die letzteren gerade gestreckte, pyramidenförmige: *Limacina arctica* Cuv., *Cavolinia (Hyalea) complanata* Gegenb. (Fig. 336). Eine kristallklare, unter dem Integument gelegene „Pseudoconcha“ von knorpeliger Konsistenz findet sich bei den *Cymbuliden*; *Cymbulia Peroni* Blv. — *Gymnosom*, schalenlos ist *Pneumodermon violaceum* d'Orb., mit Armen am vorderen Ende, welche wie bei den *Cephalopoden* mit Saugnäpfen bewaffnet sind.

III. Ordnung. Prosobranchier.

Bei den *Prosobranchiern* ist die für die meisten Schnecken charakteristische Drehung des Eingeweideknäuels von links hinten nach rechts vorn eingetreten und hat dazu geführt, daß der After rechts in der Nähe des Kopfes oder median in der Mantelhöhle mündet, die Visceral-kommissur die achterförmige Kreuzung erfahren hat (*Chiastoneurie*) und die Organe der rechten Seite, Niere und Kieme, auf die linke überwiegend sind, wo sie weit nach vorn liegen. Dabei hat auch das Herz eine Drehung erfahren; es empfängt von vorn das Kiemenblut und gibt es nach rückwärts durch die Aorta ab. Weitere Unterschiede zu den *Opisthobranchiern* ergeben sich daraus, daß die Prosobranchier getrenntgeschlechtlich, und daß ihre Mantelfalten und Schalen gut entwickelt sind. Je nachdem der Mantelrand in einen häufig sehr langen Siphon ausgezogen ist oder nicht, sind die Schalen siphonostom oder holostom. Gewisse Prosobranchier schließen sich den *Amphineuren*, diesen Urmollusken, dadurch an, daß sie noch linke und rechte Kiemen, linke und rechte Vorkammern des Herzens und paarige, wenn auch oft asymmetrisch entwickelte Nieren besitzen. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Prosobranchier findet man aber nur eine Kieme, und zwar die nach links verschobene rechte, dann ist gewöhnlich nur die entsprechende Vorkammer vorhanden, selten noch ein Rudiment der zweiten Vorkammer. Wo nur eine Niere vorkommt, ist die links gelegene, ursprünglich rechte erhalten geblieben; nur bei primitiven Mollusken, bei denen beide Nieren erhalten sind, pflegt die rechte die ansehnlichere zu sein.

I. Unterordnung. *Cyclobranchier*. Ctenidium durch eine ringförmige akzessorische Mantelkieme ersetzt. Zwei Nieren, zwei Vorkammern. Hierher gehört die artenreiche Familie der Napfschnecken, *Patelliden*, welche mit Vorliebe an der Ebbegrenze leben, festgesaugt an Fels, geschützt durch eine auf dem Larvenstadium noch spiral gewundene Schale von der Gestalt eines chinesischen Hütchens. *Patella vulgaris* Bel. (Fig. 322).

II. Unterordnung. *Zygobranchier*. Zwei Kiemen, zwei Vorkammern, Herzkammer vom Darm durchbohrt. Die *Fissurelliden* (Fig. 337) haben ähnlich den *Patelliden* eine napfförmige, bei Jugendformen noch spirale Schale, nur daß sie von einer Öffnung an der Spitze durchbohrt ist; eine zweite Niere ist entweder gut entwickelt (*Cemoria*) oder rudimentär (*Fissurella nodosa* L.); bei den *Haliotiden* oder Meerohren ist die Schale schwach spiral. *Haliotis tuberculata* L. (Fig. 323). *Pleurotomaria quoyana* mit kegelförmiger Schale.

III. Unterordnung. *Azygobranchier*. Die linke Kieme (die nach links verschobene rechte) ist allein vorhanden. Ein Teil der Tiere — *Dioto-cardier* — hat noch paarige Vorkammern und Nieren: die marinen *Trochiden* oder Kreiselschnecken, *Trochus varius* L. Gewöhnlich ist aber nur eine Vorkammer vorhanden. Zu diesen „*Monotocardiern*“ gehört die bei weitem größte Zahl sämtlicher im Wasser lebender, namentlich mariner Schnecken; man unterscheidet Tausende von Arten, die sich auf einige hundert Gat-

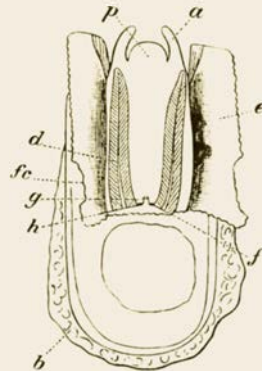


Fig. 337. *Fissurella* ohne Schale, der Mantel (e) der Länge nach gespalten, desgleichen die Mantelöffnung (fc) um zu zeigen: g den medianen After, f u. h die beiden Nierenöffnungen, d die paarigen Kiemen, p Schnauze, a Tentakeln, b Fuß.

tungen verteilen; um die Bestimmung zu erleichtern, hat man ein auf die Zahnstruktur der Radula gestütztes System entworfen und die Gruppen der *Toxoglossen*, *Rhachiglossen*, *Tänioglossen*, *Hamiglossen*, *Odontoglossen* gebildet, oder man hat nach der Schalenmündung *holostome* und *siphonostome* Arten gegenübergestellt. Hier sollen nur wenige besonders interessante Familien Erwähnung finden. *Siphonostome* Formen sind die einander nahe verwandten *Muriciden* und *Purpuriden*, deren Arten durch die im Altertum geübte Purpurfärberei berühmt geworden sind; sie besitzen die Purpurdrüse, eine im Mantelraum eingebettete Drüse, welche ein zunächst farbloses, an der Luft aber purpurn werdendes Sekret liefert. *Murex brandaris* L. Durch schön gefärbte porzellanartige Schale sind ausgezeichnet die *Cypräiden*; die Schale von *Cypraea moneta* L. wird in Afrika unter dem Namen „Caori“ als Geld benutzt. Ferner gehören hierher die *Ampullariden*, Schnecken, welche aufs Land gehen und die Atemhöhle als Lunge benutzen können, dabei aber noch Kiemen besitzen: *Ampullaria Celebensis* Quoy. Zu den *holostomen* Prosobranchiern gehören die *Paludiniden* und *Valvatiden*, Süßwasserschnecken mit Kiemenatmung. *Paludina vivipara* Drap., *Valvata piscinalis* Müll., letztere hermaphrodit. Ausschließlich Landbewohner sind die *Cyclostomiden*, welche wie die *Pulmonaten* die Atemhöhle nur als Lunge benutzen, im übrigen Bau aber sich von ihnen unterscheiden und den *Prosobranchiern* gleichen. *Cyclostoma elegans* Müll. — Unter den *Prosobranchiern* gibt es nicht wenige teils ectoparasitisch, teils entoparasitisch lebende Arten, letztere hochgradig rückgebildet wie die in *Synapta* lebende *Entoconcha mirabilis* Müll. Die meisten Formen schmartzten in oder auf *Echinodermen*, zwei ectoparasitische Arten auf Muscheln.

IV. Ordnung. Heteropoden, Kielschnecken.

In der Bildung der Kiemen, des Geschlechtsapparates, des Herzens und des Nervensystems verhalten sich die *Heteropoden* (Fig. 338) wie

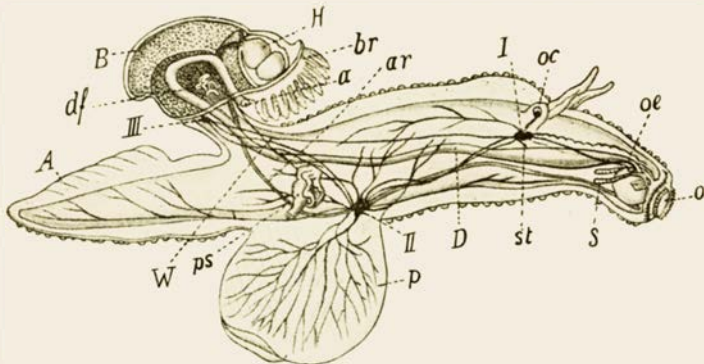


Fig. 338. *Carinaria mediterranea* (nach Gegenbaur), Schale entfernt. A Metapodium, B Eingeweideknäuel, H Herz mit Vorkammer und Kammer im Herzbeutel, P Propodium mit Saugnapf, D Darm, S Speicheldrüsen und Schlundkopf, I Cerebral-, II Pedal-, III Visceralganglien, a After, br Kiemen, ar Arterie, df Vas deferens, w Wimperrinne zum ps Penis, oc Auge mit Tentakeln, st Statocyste, oe Ösophagus, o Mundöffnung.

echte *Prosobranchier*; sie dürften auch von denselben systematisch nicht getrennt werden, wenn nicht ihre ausschließlich pelagische Lebensweise ihnen ein sehr abweichendes Gepräge verliehen hätte. Wie bei den meisten pelagischen Tieren, z. B. den schon genannten *Pteropoden*, ist ihre Bindesubstanz gallertig weich und der Körper mit seinen meisten

Organen von glasartiger Durchsichtigkeit. Durch das reichlich entwickelte Gallertgewebe haben Kopf und Fuß im Vergleich zum Eingeweideknäuel eine bedeutende Größe gewonnen und können daher gewöhnlich nicht in der Schale geborgen werden. Der Kopf hat infolge der Verlängerung des vorderen Endes große Ähnlichkeit mit einem Pferdekopf; im Hinterkopf liegen die hoch entwickelten Augen und benachbart die Statocysten. Am charakteristischsten ist der durch eine Einschnürung in Pro- und Metapodium abgeteilte Fuß. Das Metapodium bildet eine schwanzartige Verlängerung des Rumpfes, die ab und zu in einen dünnen Faden ausläuft. Das Propodium entwickelt sich zu einer flossenartigen, senkrechten Platte, deren undulierende Bewegungen zum Schwimmen dienen. Die Sohle des Fußes ist bei den Männchen der meisten Arten zu einem Saugnapf umgewandelt. Die Heteropoden, äußerst gefräßige, räuberische Tiere, schwimmen auf dem Rücken, den Eingeweideknäuel nach abwärts.

Bei den *Heteropoden* kann man Schritt für Schritt den Schwund der Schale verfolgen. Die *Atlantiden* können sich noch vollkommen in ihr spirales Gehäuse zurückziehen und dasselbe mit einem Deckel schließen: *Allanta peroni* Les. Die *Carinariden* haben eine hütchenförmige, kaum den Eingeweideknäuel deckende Schale: *Carinaria mediterranea* Pér. et Les. (Fig. 338). Schalenlos sind die *Pterotracheiden*: *Pterotrachea carinata* Forsk.

V. Ordnung. Pulmonaten, Lungenschnecken.

Die Lungenschnecken oder *Pulmonaten* halten in mancher Hinsicht zwischen *Prosobranchiern* und *Opisthobranchiern* die Mitte. Wie diese sind sie orthoneur und hermaphrodit; ihre männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane zeigen die hochgradige Verschmelzung, welche oben schon genauer geschildert wurde. Dagegen ist die Lage der Lunge (vgl. S. 359) weit vorn, benachbart dem Kopf, Ursache, daß, wie bei den *Prosobranchiern*, die Vorkammer des Herzens nach vorn, die Aorta nach hinten gewandt ist. Eine Ausnahme machen die opisthopenneumon *Testacelliden* (*Daudebardia rufa* Hartm.), bei denen die Lungenhöhle an das hintere Ende des Körpers verlagert ist. Ab und zu findet sich eine Andeutung von Chistoneurie (*Chilina*). Die Lunge ist ein von Luft gefüllter Sack, welcher auf der rechten Seite beginnt, halbmondförmig auf die linke Seite weit übergreift und nur selten (bei *Ancyliden* und *Vaginuliden*) ganz schwindet. Auf der rechten Seite mündet sie im Mantelwulst mit einer verschließbaren Öffnung, dem Spiraculum, in dessen Umrandung auch der After und öfters auch der Ureter mündet. Die Lungendecke ist eingenommen von einem zierlichen Netz von Blutgefäßen, welche ihr Blut aus einem Randsinus beziehen und in eine Hauptvene sammeln, die nach dem Herzen zurückleitet (Fig. 333).

Manche Pulmonaten leben dauernd im Wasser; da sie aber keine Kiemen haben, müssen sie zeitweilig an die Oberfläche aufsteigen, um ihre Atemhöhle mit neuer Luft zu füllen. So machen es die meisten Arten der Gattung *Limnaea*, welche in flachen Tümpeln und Bächen leben; nun gibt es aber auch *Limnaeen* am Grunde der großen Binnenseen (Bodensee, Genfer See), von wo sie nicht schnell genug an die Oberfläche aufsteigen können; diese benutzen die Haut, zum Teil auch die Lungen zur Wasseratmung, indem sie durch das Spiraculum Wasser ein- und austreten lassen. Der Wasseraufenthalt ist bei manchen Gattungen (*Pulmobranchia*, *Planorbis*) Veranlassung zur Entstehung sekundärer Kiemen geworden. —

Nach der Zahl der Fühler und der Lage der Augen teilt man die Pulmonaten ein in *Stylommatophoren* und *Basommatophoren*. Erstere haben außer zwei Mundlappen vier zurückziehbare Fühler und tragen die Augen an den Spitzen der hinteren längeren Fühler. Die Augen können daher mit den Fühlern eingestülpt werden. Dagegen haben die *Basommatophoren* nur zwei nicht einstülpbare Fühler, an deren Basis die Augen liegen. — I. *Stylommatophoren*. Die *Heliciden* haben eine vortrefflich entwickelte Schale, welche sie während des Winterschlafes mit dem Epiphragma schließen: *Helix pomatia* L., Weinbergschnecke. In den Tropen zahlreiche Arten der Gattung *Achatina*. Die *Limaciden* sind schalenlos oder haben nur eine rudimentäre, vom Mantel umwachsene, oft nur aus Kalkkrümeln bestehende Schale. *Limax maximus* L., Wegschnecke (Fig. 339). *Arion empiricorum* Fer. — II. *Basommatophoren*. Hierher gehören die Sumpfschnecken; *Limnaeiden*: *Limnaea stagnalis* L.; *L. truncatula* Müll. (*minuta*), Zwischenwirt für *Distomum hepaticum*; *Planorbis carinatus* Müll.

IV. Klasse.

Cephalopoden, Tintenfische.

Im Stamme der Mollusken zeichnen sich die ausschließlich im Meer lebenden *Cephalopoden* sowohl durch ihre Organisationshöhe als auch durch ihre meist ansehnliche Körpergröße aus. Die meisten Tintenfische

Fig. 339.



Fig. 340.

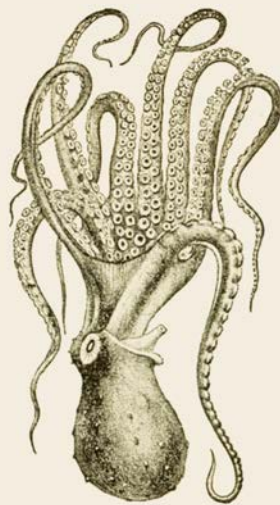


Fig. 341.

Fig. 339. *Limax cinereus*, s. Spiraculum (aus Leunis-Ludwig).Fig. 340. *Octopus Tonganus* (nach Hoyle) in seitlicher Ansicht, rechts der Trichter und die Mantelfalte, links der Rücken mit den Augen.Fig. 341. *Loligo Kobiensis* (nach Hoyle), von der Bauchseite betrachtet.

haben, wenn man die Länge ihrer Arme mit einrechnet, eine Größe von etwa 0,2—1 m; seltener sind kleinere, nur etwa 1—20 cm lange Arten, besonders selten sind die riesigen Ungeheuer von etwa 17 m. Letztere waren lange Zeit nur durch die Berichte der Seefahrer bekannt, welche

erzählten, daß die Tiere mit ihren gewaltigen, muskelstarken Armen Schiffe angegriffen hätten, um sie ins Meer hinabzuziehen. An der Küste von Neufundland und Japan sind mehrmals infolge von Stürmen solche Riesentypen der Gattung *Architeuthis* gestrandet. Der Körper eines Exemplars war 6 m lang, seine Arme hatten den Durchmesser eines Männerarms und eine Länge von 11 m. Da jeder Arm nur aus Muskelmasse besteht, wäre es wohl denkbar, daß die Tiere ein kleineres Schiff bewältigen.

Der Körper eines Cephalopoden zerfällt durch eine deutliche Einschnürung in den Kopf und den Rumpf (Fig. 340, 341). Der Kopf trägt genau terminal die Mundöffnung und im Umkreis derselben einen Kranz von Armen; diese sind auf der oralen Seite mit einigen Reihen kräftiger, bei manchen Arten zu Haken umgewandelter Saugnäpfe bewaffnet. Die *Octopoden* (Fig. 340) haben nur acht untereinander gleiche Arme, vier rechte und vier linke; die *Decapoden* (Fig. 341) haben außer

Kopf und
Arme.

Fig. 342.

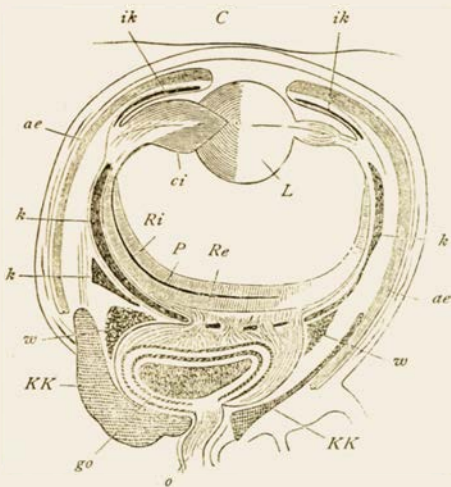


Fig. 343.

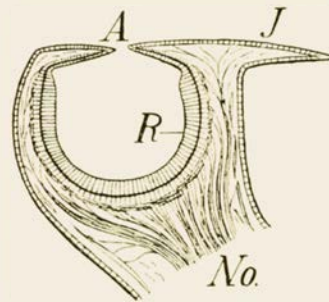


Fig. 343. Schematischer Längsschnitt des Nautilusauges (nach Balfour). *A* Eingang in den Augenbecher, *R* Retina, *J* irisartige Hautfalte, *No* Nervus opticus.

Fig. 342. Schematischer Längsschnitt durch das Cephalopodenaug (aus Gegenbaur). *C* Cornea, *ik* Iris, *ae* Argentea (Chorioidea), *L* Linse, *ci* Ciliarfortsatz, *k* eingesprengte Knorpelstücke, *KK* Kopfknochen, *Ri* Stäbchenschicht der Retina, *Re* Zellenschicht der Retina, *p* Pigmentschicht, *go* Ganglion opticum, *o* Opticus, *w* weißer Körper.

diesen acht noch zwei weitere Arme, die sich durch Gestalt und Anordnung von den übrigen unterscheiden und daher Tentakeln genannt werden; dieselben besitzen nur an dem spatelartig verbreiterten Ende Saugnäpfe und können in besondere Taschen vollkommen zurückgezogen werden. Ihren Platz nehmen die Tentakeln, wenn wir jederseits die Hauptarme von der dorsalen nach der ventralen Seite zählen, zwischen dem dritten und vierten Arme ein. Von der gegebenen Schilderung weicht die Gattung *Nautilus* ab. Hier finden sich ca. 90 „Cirren“, die auf lappigen Anhängen sitzen und in einer inneren und äußeren Reihe die Mundöffnung umgeben; sie besitzen keine Saugnäpfe, sind aber an ihrem oberen Ende mit Querriefen versehen.

Unterhalb des Armapparats liegen links und rechts die beiden (bei der Tiefseegattung *Cirrothauma* rudimentierten) Augen, die, abgesehen

vom *Nautilus*, in Bau und Aussehen eine überraschende Ähnlichkeit mit dem Wirbeltierauge bekunden. Beim *Nautilus* ist das Auge eine grubenförmige Einsenkung der Haut, deren epitheliale Auskleidung in ihrem hinteren Abschnitt zu einer hochentwickelten Retina differenziert ist, während die Einstülpungsöffnung erhalten bleibt und als Pupille funktioniert. Bei den übrigen Cephalopoden ist die Augengrube zu einer Blase geschlossen, deren vordere Wand aus zwei äußerst dünnen Epithellagen besteht, welche gemeinsam durch cuticulare Ausscheidung eine Linse gebildet haben. Im Umkreis der so geschaffenen Grundlage hat sich die Bindesubstanz zu einer pigmentreichen Chorioidea (Argentea) umgewandelt, in die Knorpelstückchen eingesprengt sind, die Sklera ersetzend. Nunmehr

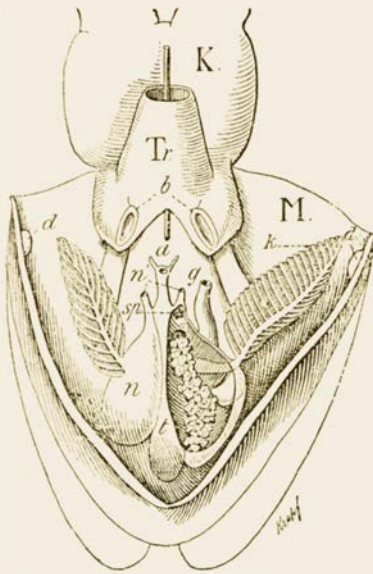


Fig. 344. *Sepia officinalis*, Mantelhöhle durch einen Medianschnitt geöffnet, um die Kiemen (*k*), Nieren (*n*), After (*a*), Mündung des Geschlechtsapparates (*g*) zu zeigen; *d* die Vorsprünge am Mantel, welche in die Vertiefungen *b* eingeknüpft werden. Trichter (*Tr*) sondiert. Der linke Nierensack geöffnet, um in ihm die zum Kiemenherzen leitende Vena cava mit Venenanhängen zu zeigen. Durch die Wand schimmert die zum Körperherzen verlaufende Kiemenvene hindurch, *sp* Nierentrichter, *M* Mantel, *t* Tintenbeutel, *K* Kopf.

Rumpf,
Mantel,
Mantelhöhle
und
Trichter.

beginnen zirkuläre Falten das vordere Ende zu überwachsen. Die erste derartige Falte ist die stark pigmentierte Iris. Bei den meisten Arten tritt eine zweite Falte hinzu, die bei *Oigopsiden* schwach entwickelt ist, so daß eine weite Öffnung erhalten bleibt. Bei den *Myopsiden* und *Oktopoden* dagegen schließt sich die Falte vollständig oder bis auf eine kleine Öffnung, die in die vordere Augenkammer führt; sie ist durchsichtig und wird daher Cornea genannt. Bei *Sepia* und den meisten *Oktopoden* kann dann noch ein dritter Faltungsprozeß zur Bildung von Augenlidern führen.

Die Genese des Cephalopodenauges läßt erkennen, daß es trotz seiner großen physiologisch bedingten Ähnlichkeit morphologisch etwas ganz anderes ist als das Wirbeltierauge. Das geht auch aus zwei weiteren Unterschieden hervor: 1. die Retina grenzt mit der Stäbchenschicht direkt an den Glaskörper, während bei den Wirbeltieren die Stäbchenschicht an die Chorioidea anschließt und durch die übrigen Retinaschichten von dem Glaskörper getrennt bleibt; 2. die zahlreichen Schichten, welche im Wirbeltierauge das Ganglion opticum darstellen, fehlen, da das Ganglion opticum außerhalb des Auges lagert. Die Retina der *Cephalopoden* besteht nur aus der Schicht der Sehzellen mit ihren Rhabdomen (Fig. 343).

Grenze des Kopfes mit freiem Rande aufhört. Öffnet man die Mantelhöhle durch einen ventralen Einschnitt (Fig. 344), so findet man in ihrem Hintergrund zwei (bei *Nautilus* vier) Kammkiemen, davor in der Mittellinie die Afteröffnung und links und rechts von dieser die Nierenmündungen (bei *Nautilus* ebenfalls vier, bei demselben auch Osphradien). Am weitesten seitlich liegen die Geschlechtsöffnungen; dieselben sind bei weiblichen *Octopoden* ebenfalls paarig, während sich bei den meisten übrigen *Cephalopoden* nur die linke Öffnung erhält. Am Kopf mündet die Mantelhöhle mit einem queren Spalt nach außen, der dem Atemwasser zwar den Eintritt in die Mantelhöhle gestattet, beim Ausatmen aber durch verschiedenartige Verschlußapparate [bei *Sepia* z. B. jederseits durch einen knopfartigen Vorsprung (*d*), der in eine Vertiefung des Körpers (*b*) paßt] abgeschlossen wird. Beim Ausatmen wird die Kommunikation der Mantelhöhle nach außen durch ein besonderes Organ, den Trichter (*Tr*), be-

Fig. 345.

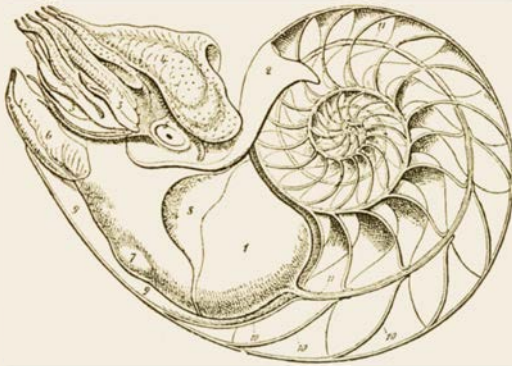


Fig. 346.



Fig. 345. *Nautilus pompilius*, Weibchen mit Schale, letztere der Länge nach aufgeschnitten, 1 Mantel, 2 Rückenlappen, 3 Kopflappen mit Tentakeln, 4 Kopfkappe, 5 Auge mit Pupille, 6 Trichter, 7 Lage der Nidamentaldrüse, 8 Schalenmuskel, 9 Wohnkammer, 10 Scheidewände zwischen den unbewohnten Kammern, 11 Siphon (aus Leunis-Ludwig).

Fig. 346. *Spirula peronii* (nach Chun), schematisiert, Schale so eingezeichnet, als ob die letzte halbe Umdrehung der Schale der Länge nach aufgeschnitten wäre. a After, n Mündung des rechten Nierensackes, k Trichterknorpel.

werkstelligt, eine muskulöse konische Röhre, welche auf der vorderen Seite des Körpers festgewachsen ist und mit einer weiten Öffnung in der Mantelhöhle beginnt. Indem die Cephalopoden durch Kontraktion der Mantelwand das Wasser mit großer Heftigkeit aus der Atemhöhle durch den Trichter herauspressen, können sie, durch Rückstoß schwimmend, sich schnell fortbewegen. Auch hier hat *Nautilus* seine Besonderheit, indem der Trichter dauernd aus zwei zusammengefügt Hautfalten besteht, eine Besonderheit, welche dadurch an Bedeutung gewinnt, daß bei den übrigen Cephalopoden sich der Trichter entwicklungsgeschichtlich in Form zweier getrennter und erst später zu einer Röhre verwachsener Hautfalten (Fig. 353f) anlegt. Auch wird das Auspressen nicht durch den muskelschwachen Mantel, sondern durch anderweitige Einrichtungen bewirkt. Ein typischer Fuß fehlt den Cephalopoden, doch weisen vergleichend-anatomische Erwägungen darauf hin, daß die Trichterfalten aus seitlichen

Fortsätzen des Fußes, Parapodialfortsätzen, wie sie schon bei den *Pteropoden* vorkommen, hervorgegangen sind; auch werden die Arme als Differenzierungen des mit dem Kopf verschmolzenen Fußes gedeutet, da sie von einem gesonderten Abschnitt des Pedalganglion (Brachialganglion) aus innerviert werden.

Für die Fortbewegung der Cephalopoden kommen außer dem Trichter noch die *Flossen* und die *Arme* in Betracht. Die bei den *Decapoden* sich findenden Flossen sind muskulöse, an ihrer Basis von einem Knorpel gestützte Hautfalten links und rechts vom Rumpf (Fig. 341 und 344). Die Arme werden in zweierlei Weise verwandt. Alle Cephalopoden haben die Fähigkeit, sich mit ihnen auf Unterlagen fortzubewegen, indem sie sich mit ihren Saugnäpfen befestigen. Bei den *Octopoden* kommt ferner ein Schwimmsaum vor, welcher zwischen den basalen Teilen der Arme ausgespannt und namentlich bei pelagischen Formen mächtig entwickelt ist. — Rumpf und Kopf der Cephalopoden sind von einer dünnen, schleimigen Haut bedeckt, welche in hohem Maße das Phänomen des Farbenwechsels zeigt. Ein gereizter *Octopus* schillert in allen Farben; eine *Sepia* sieht bald schwärzlich, bald gelblich-weiß aus. Die Erscheinung ist dadurch bedingt, daß über einer stark silberglänzenden Schicht (Iridocyten der Argentea) in die Cutis zahlreiche verschiedenfarbige Chromatophoren eingelagert sind, Pigmentzellen, an die sich radiale muskulöse (nach anderen Angaben elastische) Fasern ansetzen. Durch die letzteren wird die Pigmentmasse ausgebreitet und gewinnt Einfluß auf die Färbung; sie zieht sich auf einen kleinen Fleck zusammen, wenn die Fasern erschlaffen. Der Farbenwechsel erfolgt unter dem Einfluß des Nervensystems. Bei vielen Tiefseeformen wurden in der Haut auch Leuchtorgane in regelmäßiger Lagerung beobachtet.

Farbenwechsel.

Trotz der weichen Körperbeschaffenheit kommt eine wohlentwickelte Schale unter den lebenden Cephalopoden nur dem *Nautilus* (Fig. 345) und der *Argonauta* (Fig. 355) zu. Äußerlich gleicht die Nautilusschale den in einer Ebene aufgewickelten Schalen mancher Schnecken, wie z. B. der *Planorben*. Legt man dagegen durch einen Sagittalschnitt den Binnenraum der einzelnen Windungen frei, so sieht man, daß er durch Scheidewände in zahlreiche, in der Spiralachse aufeinander folgende Kammern abgeteilt wird. Die Kammern nehmen nach der Schalenmündung rasch an Größe zu. Nur die letzte Kammer beherbergt den Weichkörper des Tieres, und zwar derart orientiert, daß der Rücken dem Schalenzentrum zugewandt ist (exogastrische Lage); die vorausgehenden Kammern sind verlassen und von Luft erfüllt. Durch sie hindurch erstreckt sich ein vom Tier ausgehender und in der Anfangskammer endender Gewebsstrang, der Siphonalstrang, welcher Ursache ist, daß jede Scheidewand von einer röhrenförmig ausgezogenen Öffnung, dem Siphon, durchsetzt ist. Unter den fossilen Cephalopoden hatten viele Arten, *Nautiliden* und *Ammoniten*, ebenso schön entwickelte Schalen; bei den rezenten Formen und auch vielen ausgestorbenen ist jedoch die Schale rudimentär. Bei der äußerst seltenen *Spirula peronii* (Fig. 345) findet man zwar noch eine gekammerte Schale, dieselbe ist aber so klein, daß sie zum größten Teil im Mantel des Tieres verborgen liegt; auch ist sie umgekehrt wie bei *Nautilus* (entogastrisch) gewunden. Bei den *Decapoden* ist ein Äquivalent der Schale der sogenannte Rückenschulp, ein lamellös geschichtetes, bei den *Sepien* noch verkalktes, bei den *Loligen* dagegen

Schale.

rein organisches Blatt, welches im Innern des Körpers, im Schalensack, verborgen liegt, so daß ein Einschnitt in die Rückenhaut nötig ist, um es zu Gesicht zu bekommen (Fig. 302). Wie echte Schalen, entstehen diese bei den meisten *Octopoden* nur noch in Resten nachweisbaren Rückenschulpen als Ausscheidungen der äußeren Haut; nur hat sich das die Bildung besorgende Epithel, das Schalenfeld, während der Embryonalentwicklung eingesenkt und durch Verwachsen der Ränder zum Schalensack geschlossen (Fig. 353 *mt*). — Mit den bisher betrachteten Schalen, welche den Schalen der übrigen *Mollusken* gleichwertig sind, hat das Gehäuse der weiblichen *Argonauta* nichts zu tun (Fig. 355). Der papierartig dünne, an einem Ende ein wenig spiralig eingewundene Kahn ist nur zum Teil Produkt der Rumpfoberfläche, zum Teil wird er von zwei blattartig verbreiterten Tentakeln ausgeschieden.

Die von einem ringförmigen Lippenwulst umschlossene Mundöffnung wird bei den Cephalopoden von zwei kräftigen Kiefern eingefafßt, welche die Gestalt der Hornscheiden eines Papageischnabels haben und gefährliche Angriffswaffen bilden (Fig. 349). Der dann folgende muskulöse Schlundkopf enthält im Innern eine Zunge mit kräftig bezahnter Radula und setzt sich in einen langen, öfters mit einer kropfartigen Ausstülpung versehenen Ösophagus fort. Am Ende des letzteren befindet sich eine Ausweitung, der Magen; dicht neben demselben entspringt aus dem Darmrohr ein öfters spiralig eingewundener Blinddarm. Das Darmrohr wendet sich von hier bogenförmig nach vorn und beschreibt in seinem Verlauf zum After einige Windungen (Fig. 347). Anhangsorgane des Darms sind ein oder zwei Paar Speicheldrüsen (obere und untere, letztere bei *Octopus* giftig) und zwei häufig zu einem einheitlichen Körper zusammenschließende Leberlappen. Die von der Leber ausgehenden paarigen Gallengänge führen in den Blinddarm und können in ihrem Verlauf mit akzessorischen Drüsenträubchen, die man Pancreas nennt, besetzt sein. Kurz vor dem After mündet noch der Tintenbeutel, welcher den Namen „*Tintenfische*“ veranlaßt hat; er besteht aus einer eine schwärzliche Masse produzierenden Drüse und einem Behälter, welcher in den Ausführgang übergeht. Wenn der Tintenfisch verfolgt wird, so spritzt er das Sekret seines Tintenbeutels aus und trübt dadurch weithin das Wasser. Am stärksten entwickelt ist das Organ bei *Sepia officinalis*, bei welcher es technisch zur Bereitung der unter dem Namen Sepia bekannten Farbe verwendet wird; bei *Nautilus* und einigen *Octopoden* wird der Tintenbeutel vermißt.

Dicht hinter dem Schlundkopf wird der Darm von den eng vereinigten Hauptganglien des Nervensystems umfaßt (Fig. 348): eine dorsale einheitliche Masse repräsentiert die Hirnganglien; durch breite Kommissuren mit denselben vereint und auch voneinander wenig gesondert, liegen ventral die Pedal- und Visceralganglien (Visceropleuroparietalganglien); dazu gesellen sich die auch bei Schnecken vorhandenen oberen und unteren Buccalganglien. Von den Pedalganglien sondert sich ein besonderer Abschnitt, das Brachialganglion, welches die Nerven an die Arme abgibt. Was aber das Nervensystem der Cephalopoden ganz besonders auszeichnet, sind die G. optica, welche, in den Verlauf des vom Hirn kommenden Opticus eingeschaltet, die größten Nervenknotten des Körpers darstellen (Fig. 342, 347); sie sind ventral bedeckt von dem „weißen Körper“, einer lymphoiden Masse. Ebenfalls sehr ansehnlich sind die Ganglia stellata oder Mantelganglien, welche an der Basis der Mantelfalten links und rechts angebracht sind und ihren Namen den in die

Darm.

Nervensystem.

Mantelmuskulatur ausstrahlenden Nerven verdanken. Ein unpaares sympathisches Ganglion endlich nimmt die Stelle ein, wo der Dünndarm aus dem Magen entspringt. Cerebral-, Pedal-, Visceral- und Augenganglien sind vom Kopfknopfel umhüllt, der bei *Nautilus* aus zwei Stücken besteht, sonst aber einen Ring mit flügelartigen Anhängen darstellt. In der ventralen Spange des Knorpelringes liegen die ansehnlichen, kompliziert

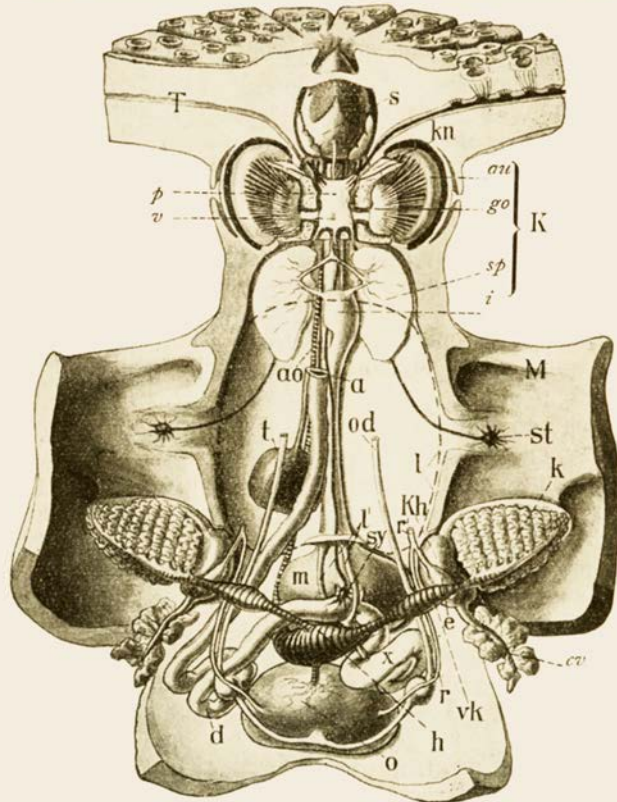


Fig. 347. Anatomie von *Octopus vulgaris*. *T* Basis des Tentakelkranzes, durch einen ventralen Einschnitt auseinander gebreitet. *K* Kopf, *M* Mantel (Rumpfregeion), ventral durch einen Längsschnitt gespalten, Eingeweidesack geöffnet, Leber und Niere entfernt. Venae cavae mit Venenanhängen zurückgeklappt, *s* Schlundkopf mit anliegenden oberen Speicheldrüsen, *t* Kropf (Anhang des Ösophagus), *sp* untere Speicheldrüsen, *m* Magen, *sy* sympathisches Ganglion, *x* Spiralblindsack, *l* Leber und *p* Gallengänge (die Lage der Leber ist nur durch eine punktierte Linie angedeutet), *d* Darm, *a* After, *t* Tintenbeutel (in die Leber eingelassen), *h* Körperherz, *vk* Kiemenvenen desselben, *ag* Aorta, *kh* Kiemenherzen, *cv* Vena cava mit Nierenanhängen, *k* Kiemen, *o* Ovar, *od* Oviducte, *p* Pedalganglion, *v* Visceralganglion, *go* G. opticum, *au* Auge, *st* G. stellatum, *kn* Kopfknopfel, *e* Pericardialsack mit Nierentrichter, *r* Verbindungsgang zum Ovar, *tr* Mündung des Pericardialsacks in den in der Abbildung nicht eingezeichneten Nierensack.

gebauten Statocysten. Sehr entwickelt ist das Geruchsvermögen; es wird wahrscheinlich durch paarige, von Nerven versorgte Hautstellen vermittelt, welche zwischen Mantelrand und Augen liegen und bei den *Decapoden* zu Grübchen eingesenkt, bei *Octopoden* zu Papillen erhoben sind. Ihnen entsprechen bei *Nautilus*, welcher außerdem noch zwei Paar Osphradien besitzt, die dicht neben den Augen gelagerten Rhinophore, Papillen, an

deren Basis und Spitze der Ausführungsgang je einer tief in das Innere eingestülpten Flimmergrube mündet.

Im Blutgefäßsystem der Cephalopoden ist das Merkwürdigste das Vorkommen von zweierlei Herzen (Fig. 347); das unpaare Körperherz empfängt durch zwei (bei *Nautilus* vier) Kiemenvenen, deren spindelförmige Erweiterungen trotz des Mangels von Muskelfasern früher als Vorkammern gedeutet wurden, das arterielle Blut von den Kiemen und gibt nach vorn und rückwärts Arterien ab, welche sich verästelnd und in ein gut entwickeltes Capillarsystem führen. Die Kiemenherzen dagegen sind paarig und liegen an der Kiemenbasis. Ihnen wird das Blut zuge-

Blutgefäßsystem.

Fig. 348.

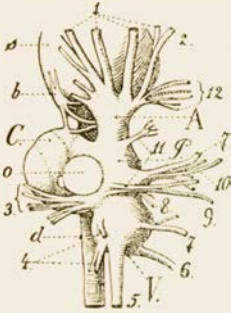


Fig. 349.

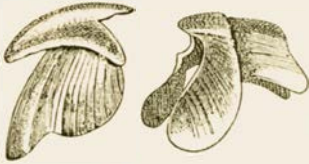


Fig. 350.

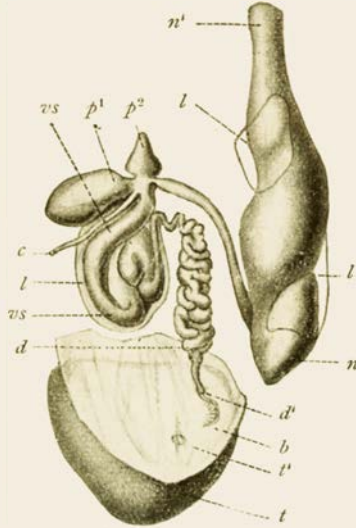


Fig. 348. Nervensystem von *Sepia officinalis* (nach Hillig). *C* Cerebralganglion, *V* Visceralganglion, *P* Pedalganglion, *A* Brachialganglion, *b* oberes Buccalganglion, *s* Schlundkopf, *d* Darm, *o* Nervus opticus mit Ganglion pedunculi, *1* Armnerven, *2* Tentakelnerv, *3* Nerven für die dorsale Augengegend, *4* Nerven für die Muskeln der Halsgegend, *5* Mantelnerv, *6* Eingeweidenerv, *7* Trichternerven, *8* Nerven der Statocyste, *9* Nerv des Geruchsorgans, *10* und *12* Nerven für die ventrale Augengegend, *11* Augenmuskelnerven.

Fig. 349. Kiefer von *Sepia officinalis*.

Fig. 350. Männliche Geschlechtsorgane von *Sepia officinalis* (nach Grobben). *t* Hodenkapsel, *t'* deren Mündung in das Cöloin, *d* Vas deferens, *d'* dessen Mündung in das Cöloin, *b* Cöloinsack nach links und oben in das Pericard übergehend, *l* Räume, die die Geschlechtswege umhüllen und in den Mantelraum, ferner durch den Kanal *c* in das Vas deferens münden, *vs* Samenblase, *p*¹, *p*² Prostata, *n* Needhamsche Tasche, *n'* deren Mündung.

führt durch eine vom Kopf kommende große Vene, welche sich nach rückwärts in zwei zu den Kiemenherzen verlaufende Stämme (Venae cavae) gabelt. In diese Venae cavae münden weitere Venen, vor allem solche, welche von einem großen, das Gehirn, den Schlundkopf und den Mitteldarm umschließenden Blutsinus kommen. Die Venae cavae und einige der in sie mündenden Venen sind für die Bildung der Niere von großer Bedeutung. Die bei Besprechung der Mantelhöhle schon erwähnten Nierenmündungen führen in zwei geräumige Säcke, in deren Rückwand die Venen schräg hindurchziehen (Fig. 344). Soweit dieselben in die Wand

der Nierensäcke eingeschlossen sind, sind sie mit den Venenanhängen bedeckt, Aussackungen des Venenlumens, welche in den Hohlraum der Nieren hineinragen, deren Oberfläche von einem Epithel exkretorischer Zellen überzogen ist. Nahe seiner Ausmündung kommuniziert jeder Nierensack durch den Nierentrichter mit dem Cölom (Pericard, Geschlechtskapsel usw.).

Bei den *Octopoden* ist das Cölom bis auf die Geschlechtskapsel und enge, von dem Nierentrichter zur Geschlechtskapsel und zum Kiemenherzen ziehende Kanäle reduziert (Fig. 347 *r* und *e*). Sonst ist ein ausgedehntes, bei *Nautilus* mit zwei Poren in die Mantelhöhle mündendes Hohlraumssystem vorhanden; zum Cölom gehört das die Körper- und Kiemenherzen umhüllende Pericard und die dünnwandige Genitalkapsel, deren eine Wand die Mündung des Vas deferens resp. Oviducts trägt, während auf der anderen Wand die Geschlechtszellen entstehen (Fig. 347) oder ein besonderer die Geschlechtszellen erzeugender Cölomsack mündet (Fig. 350).

Ge-
schlechts-
organe.

Die stets getrenntgeschlechtlichen Cephalopoden haben unpaare, im Eingeweidetasche weit rückwärts gelagerte Geschlechtsdrüsen. Die Ausführwege sind bei weiblichen *Octopoden* (selten auch beim Männchen), einigen *Decapoden* (*Ögopsiden*) und bei Männchen und Weibchen von *Nautilus* paarig. Während aber bei *Nautilus* nur der rechtsseitige

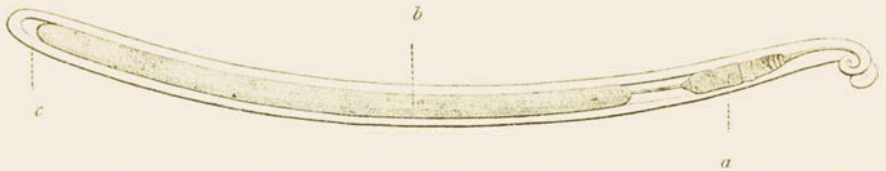


Fig. 351. Spermophore (Needhamscher Schlauch) eines Cephalopoden (aus Hatschek).
a Austreibearrnat, *b* Spermatozoonkapsel, *c* äußere Hülle.

Kanal funktioniert, ist bei den *dibranchiaten* Cephalopoden mit Ausnahme der soeben genannten Formen nur der linke Geschlechtsgang erhalten. Die Oviducte sind Schläuche mit drüsigen Einlagerungen; unabhängig von ihnen münden beim Weibchen vieler *Tintenfische* zwei Paar Drüsen (*Nautilus*, *Decapoden*) in die Mantelhöhle, die akzessorischen (den *Ögopsiden* fehlenden) Drüsen und die meist gewaltig großen Nidamentaldrüsen, welche die abgelegten Eier mit Gallerthüllen umgeben. Komplizierter ist das Vas deferens (Fig. 350); es verdickt sich zur Spermophorendrüse (Samenblase), von der die Spermatozoen in die Spermophoren oder Needhamschen Schläuche eingeschlossen werden; dann geht es über in die akzessorische Drüse (Prostata 1), ist im weiteren Verlauf mit einem Blindsack (Prostata 2) versehen und mündet schließlich in die Needhamsche Tasche, in welcher die Spermophoren aufbewahrt werden und von wo sie durch die Geschlechtsöffnung nach außen gelangen. Die Spermophoren (Fig. 351) besitzen einen sehr verwickelten Bau, vermöge dessen sie unter dem Einfluß von Quellungsvorgängen so merkwürdige Bewegungen ausführen, daß sie eine Zeitlang für parasitische Würmer gehalten wurden.

Die Übertragung der Spermophoren auf das Weibchen wird durch einen zu diesem Zweck mehr oder minder umgestalteten „hectocotylierten“ Arm des Männchens bewirkt. Bei einigen wenigen Gattungen wird der

betreffende Arm ganz zum „Hectocotylus“; er schwillt an seiner Basis zu einem Sacke an, in welchem das periphere Ende geborgen wird (Fig. 352). Letzteres erhält zur Aufnahme der Spermatophoren eine Rinne, die sich im peripheren fadenförmigen Ende („Penis“) zu einem Kanal schließt, löst sich ab und kann tagelang in der Mantelhöhle des Weibchens herumkriechen. Da es den Eindruck eines selbständigen Tieres macht, wurde es lange Zeit unter dem Namen „Hectocotylus“ als ein Parasit, später als das rudimentäre Männchen der betreffenden Cephalopoden beschrieben.

Die Eier der Cephalopoden werden einzeln an Wasserpflanzen befestigt oder in großen Qualstern abgesetzt; sie sind sehr dotterreich und erleiden Entwicklung.

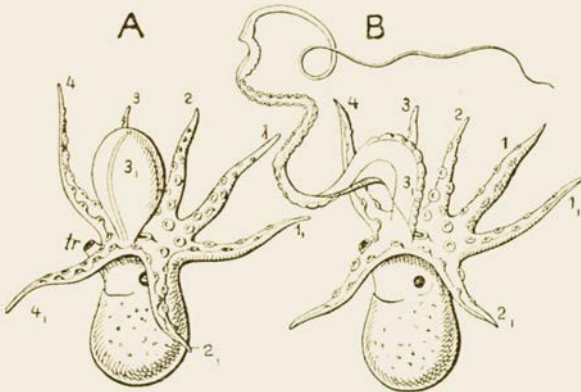


Fig. 352. Männchen von *Argonauta argo*. *tr* Trichter, 1—4 die Arme der rechten Seite, 1₁—4₁ die Arme der linken Seite, 3, 3₁ der hectocotylisierte Arm, links noch in der Hülle eingeschlossen, rechts aus ihr ausgestülpt (aus Hatschek).

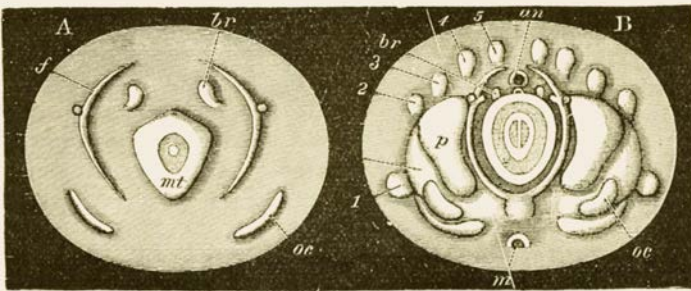


Fig. 353 A und B. Zwei verschieden alte Keimscheiben von *Sepia officinalis* (aus Balfour nach Kölliker). *mt* Mantel mit Schalendrüse, *br* die Kiemenanlagen, *f* die paarigen Anlagen des Trichters, *oc* Augen, *p* Kopflappen, *an* After, *m* Mund, 1, 2, 3, 4, 5 die Anlagen der fünf Arme der einen Seite.

infolgedessen eine partielle, discoidale Furchung (Fig. 105). Die Masse der Embryonalzellen bildet an einem Ende des ovalen Eies eine Keimscheibe, in welcher lange Zeit die Anlagen der einzelnen Organe (Augen, Tentakeln, Trichter, Schalensack) flächenhaft nebeneinander ausgebreitet sind (Fig. 353). Später hebt sich der Embryonalkörper vom Dotter ab, welcher, eingeschlossen in eine Zellhülle, als Dottersack nahe der Mundöffnung mit dem Kopf in Verbindung bleibt (Fig. 354).

I. Ordnung. Tetrabranchiaten.

Cephalopoden mit vier Kiemen, vier Nieren, mit zahlreichen Tentakeln ohne Saugnäpfe (Cirren), mit einer wohlentwickelten, gekammerten Schale (Fig. 345); Trichter besteht aus zwei zusammengefügt Klappen, Auge ist ein einfacher Retinabecher (Fig. 343). — Von lebenden Cephalopoden kennt man nur vier derselben Gattung *Nautilus* angehörige Arten, von denen der *Nautilus pompilius* L. am verbreitetsten ist. Die Schalen der Tiere werden an den malaischen Inseln sehr häufig vom Meer ausgespült, während das lebende Tier schwieriger zu erhalten ist. In früheren Perioden der Erdgeschichte waren die Tetrabranchiaten weit verbreitet. Die *Nautiliden* werden am meisten in den paläozoischen Schichten gefunden, während die *Ammoniten* in dem mesozoischen Zeitalter ihre Blüte hatten; da von letzteren keine lebenden Repräsentanten mehr existieren, kann man nur aus dem Bau ihrer Schale ihre Zugehörigkeit zu den Tetrabranchiaten erschließen.

II. Ordnung. Dibbranchiaten.

Cephalopoden mit zwei Nieren, zwei Kiemen, mit acht oder zehn kräftigen, mit Saugnäpfen bewaffneten Armen, hochorganisierten Augen, mit rudimentärer Schale oder schalenlos. I. Unterordnung. *Decapoden* (Fig. 341) mit zehn Armen, Saugnäpfe mit „Hornringen“, seitliche Flossen, Schale rudimentär, aber vorhanden (mit Ausnahme von *Idiosepius*, der



Fig. 354. Embryo von *Sepia officinalis*, r Rumpf, a Augen, d Dottersack.

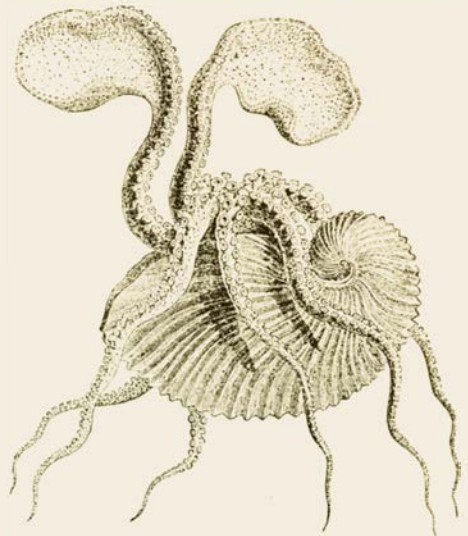


Fig. 355. Weibchen von *Argonauta argo* (nach Rymer Jones). Schalenarme von der Schale abgehoben.

Sepiadarien und mancher *Sepioladen*). Bei den *Spiruliden* ist die Schale ein kleines, posthornartig gekrümmtes, gekammertes Gehäuse, welches im Mantel verborgen liegt: *Spirula peronii* Lam. (Fig. 346); sonst ist sie ein bei einem Teil der Arten verkalkter, bei einem anderen Teil unverkalkter „Rückenschulp“. Zu den *Decapoden* gehören die Riesentintenfische der Gattung *Architeuthis*, die schlanken Calamai der Italiener, *Loligo vulgaris* Lam., und die plumpen Sepien, *S. officinalis* L., so genannt, weil früher der Rückenschulp als Arzneimittel diente; der mächtige Tintbeutel liefert die *Sepia* (Fig. 302). II. Unterordnung. *Octopoden*, mit nur acht an der Basis durch eine Schwimmhaut verbundenen Tentakeln,

Rückenschulp äußerst klein, knorpelartig, bei *Cirrotenthid*en unpaar, bei *Octopodiden* in zwei Stücke zerlegt; bei *Philonexiden* nicht mehr nachweisbar (Fig. 340). *Octopodiden*: *Octopus vulgaris* Lam.; *Philonexiden*: *Argonauta argo* L., Papiernautilus. Das Weibchen besitzt eine wie ein Kahn auf dem Wasser treibende Schale (Fig. 355); die schalenlosen Männchen sind sehr viel kleiner; ein Arm löst sich als Hectocotylus ab (Fig. 352).

Zusammenfassung der Resultate über Mollusken.

1. Die **Mollusken** oder **Weichtiere** sind parenchymatöse Tiere mit rückgebildeter Leibeshöhle; ihr Körper besteht aus Fuß, Eingeweideknäuel, Mantel und Kopf.

2. Der Fuß ist eine zur Fortbewegung dienende unpaare, ventrale Muskelmasse.

3. Der Kopf trägt die Augen und die Fühler.

4. Der Mantel umschließt die Mantelhöhle, welche zur Atmung in Beziehung steht, entweder indem sie eine Lunge erzeugt, oder indem sie die Kiemen (Kammkiemen oder Ctenidien) beherbergt; der Mantel bildet durch Ausscheidung auf der Oberfläche die Kalkschale.

5. Der Fuß, der Kopf, der Mantel und mit ihm die Schale können durch Rückbildung verloren gehen.

6. Ferner stimmen die Mollusken in der Bildung des Nervensystems überein.

7. Konstant sind drei Ganglienpaare (resp. Nervenstränge), die mit drei Sinnesorganen in Verbindung stehen: a) die Cerebralganglien mit den Augen, b) die Pedalganglien mit den Statocysten, c) die Visceralganglien mit den Osphradien (Geruchsorganen).

8. Das Herz ist dorsal und arteriell, eingeschlossen in einen mit der Niere durch den Nierentrichter kommunizierenden Herzbeutel (einen Rest der Leibeshöhle).

9. Stets ist eine Herzkammer vorhanden und je nach der Zahl der Atmungsorgane eine paarige oder unpaare Vorkammer.

10. Der Darm ist hochentwickelt, mit sehr großer Leber, meist auch mit Speicheldrüsen versehen; der Mehrzahl der Mollusken kommt ein Schlundkopf mit Kiefern und Radula zu.

11. Während der Entwicklung tritt häufig die Veligerlarve auf.

12. Nach der Beschaffenheit der Atmungsorgane und der Körperanhänge teilt man die Mollusken in vier Klassen ein: 1. Amphineuren, 2. Acephalen oder Lamellibranchier, 3. Cephalophoren oder Gastropoden, 4. Cephalopoden.

13. Die **Amphineuren** haben ein äußerst primitives Nervensystem, indem die typischen drei Molluskenganglien durch Nervenstränge ersetzt sind.

14. Die **Acephalen** oder **Lamellibranchier** entbehren des Kopfes und der Kopfaugen.

15. Sie sind bilateral symmetrisch und haben demgemäß paarige Organe: linke und rechte Mantelfalten, Schalen, Nieren und Geschlechtsorgane.

16. Bei vielen Muscheln, den „*Asiphoniern*“, sind die Mantelfalten ventral in ganzer Ausdehnung durch einen Schlitz getrennt.

17. Bei den „*Siphoniaten*“ ist der Mantelschlitz durch Verwachsen der Ränder bis auf drei Öffnungen geschlossen. 1. einen vorderen Schlitz für den Fuß, 2. eine obere, hintere Öffnung zur Entleerung der Fäkalien und des gebrauchten Atemwassers: *Aftersipho*, 3. eine untere hintere Öffnung zur Einführung der Nahrung und des frischen Atemwassers: *Branchialsipho*.

18. Jederseits finden sich zwei Paar Kiemen, welche selten Kammkiemen, häufiger Fadenkiemen, am häufigsten Blattkiemen sind.

19. Demgemäß hat das Herz zwei Vorkammern; die unpaare Kammer wird bei den meisten Arten vom Mastdarm durchbohrt.

20. Der Fuß ist eine häufig byssustragende, beilförmige Muskelmasse.

21. Die Schale besteht aus Perlmutterschicht, Prismenschicht und Cuticula; sie wird durch 1—2 *Adductoren* geschlossen, durch ein dorsales, elastisches Ligament geöffnet.

22. Systematisch wichtig ist, daß viele Muscheln im Bau der Kiemen und des Schalenschlosses primitive Verhältnisse bewahren: *Protoconchen*, andere eine höhere Entwicklungsstufe erreichen: *Heteroconchen*.

23. Die **Cephalophoren**, **Gastropoden** oder **Schnecken** haben einen besonderen, Augen und Fühler tragenden Kopf, einen zum Kriechen dienenden sohlenförmigen Fuß, einen selten fehlenden unpaaren Mantel und eine unpaare Schale.

24. Die fast stets unpaare Mantelhöhle enthält selten zwei, meist eine Kammkieme oder ist unter Rückbildung der Kieme zu einer Lunge geworden.

25. Niere und Herzvorkammer sind nur selten (bei doppelter Kieme) paarig; die teils hermaphroditen, teils gonochoristischen Geschlechtsorgane sind stets unpaar.

26. Unpaar ist auch die Schale, gewöhnlich ein spiral und zwar rechtsgewundenes, oft durch ein *Operculum* verschließbares Gehäuse.

27. Nach der Beschaffenheit des Nervensystems, des Geschlechtsapparates, nach Lage und Bau des Herzens und der Respirationsorgane teilt man die Cephalophoren ein in 1. *Opisthobranchier*, 2. *Pteropoden*, 3. *Prosobranchier*, 4. *Heteropoden*, 5. *Pulmonaten*.

28. Die *Opisthobranchier* sind hermaphrodit, orthoneur (vgl. S. 357), haben gar keine oder sehr mannigfach gestaltete Kiemen, eine stets hinter der Herzkammer gelagerte Vorkammer; Schale und Mantel sind meist schwach entwickelt oder fehlen.

29. Die *Pteropoden* sind pelagische *Opisthobranchier*, deren Fuß in zwei flügelartige Fortsätze umgewandelt ist; Schale klein oder fehlend.

30. Die *Prosobranchier* haben eine weit nach vorn gelagerte Kammkieme (ausnahmsweise zwei), infolgedessen eine vor der Herzkammer gelagerte Vorkammer, sie sind chiastoneur (vgl. S. 357) und getrenntgeschlechtlich; Schale und Mantel sind gut entwickelt.

31. Die *Heteropoden* sind pelagische *Prosobranchier* mit einem in Schwanz und Flosse gespaltenen Fuß, mit rudimentärer Schale oder nackt.

32. Die *Pulmonaten* sind in einem Teil ihrer Organisation *opisthobranchier*ähnlich (orthoneur und hermaphrodit), im anderen Teil *prosobranchier*ähnlich (Lage der Vorkammer, Entwicklung von Schale und Mantel); sie besitzen eine als Lunge funktionierende Aussackung der Mantelhöhle.

33. Die **Cephalopoden** haben keinen echten Fuß, dagegen als homologe Teile den Trichter und die an den Kopf verlagerten, meist mit Saugnäpfen besetzten Arme; sie haben einen unpaaren Mantel und eine unpaare oder gar keine Schale.

34. Die unpaare Mantelhöhle enthält ein oder zwei Paar Kiemen. Aus der Mantelhöhle wird das Wasser durch den Trichter, eine unpaare Röhre, entleert.

35. Entsprechend der symmetrischen Anordnung der Kiemen sind zwei (vier) Vorkammern und zwei (vier) Nierensäcke vorhanden; außer dem Körperherzen finden sich zwei bei Mollusken sonst nicht vorkommende Kiemenherzen.

36. Der Geschlechtsapparat ist gonochoristisch.

37. Ein den Cephalopoden eigentümliches Organ ist der in den Afterdarm mündende Tintenbeutel.

38. Besonders hochentwickelt (abgesehen von *Nautilus*) ist das Auge (Retina, Chorioidea, Iris, Cornea, Glaskörper, Linse) und das Nervensystem (Ganglia optica, G. stellata, Ganglion sympathicum, außer den typischen Molluskenganglien).

39. Die Eier zeichnen sich durch discoidale Furchung aus.

40. Man teilt die Cephalopoden ein in Tetrabranchiaten und Dibranchiaten

41. Die *Tetrabranchiaten* (mit Ausnahme der Gattung *Nautilus* ausgestorben) haben vier Kiemen, eine gekammerte Schale, primitive Augen, anstatt der Arme Kopflappen mit zahlreichen Tentakeln (Cirren).

42. Die *Dibranchiaten* haben zwei Kiemen, eine rudimentäre oder gar keine Schale, acht oder zehn Arme.

VI. Stamm.

Arthropoden, Gliederfüßler.

Bei der Besprechung der *Arthropoden* gehen wir davon aus, daß die unter diesem Namen zusammengefaßten *Spinnen*, *Krebse*, *Tausendfüßler* und *Insekten* von Cuvier früher mit den *Anneliden* zum Stamm der *Articulaten* vereinigt wurden, und daß es jetzt noch viele Zoologen gibt, welche an dieser Vereinigung festhalten. Da sich hieraus entnehmen läßt, daß *Arthropoden* und *Anneliden* in vielen Punkten übereinstimmen, wollen wir die gemeinsamen Merkmale voranstellen und daran erst die Besonderheiten anreihen, welche für uns maßgebend sind, beide Tiergruppen zu trennen.

Anneliden und Arthropoden sind gegliederte Tiere und unterscheiden sich gemeinsam von den ebenfalls gegliederten Wirbeltieren durch die Deutlichkeit der äußeren Segmentierung oder Ringelung des Körpers. Die Grenzen zweier aufeinanderfolgender Segmente, welche äußerlich bei den Wirbeltieren nicht wahrnehmbar sind, markieren sich bei den „Articulaten“ durch Einkerbungen der Körperoberfläche, worauf die alten Namen; „*ερωα*“, „*Insecta*“, „*Kerbtiere*“, Bezug nehmen. Ferner haben sämtliche Articulaten ein Strickleiternervensystem, indem sich zu den bei den meisten wirbellosen Tieren

Verwandtschaft mit Anneliden.

vorhandenen Hirnganglien noch die metamer angeordnete Ganglienreihe des Bauchmarks hinzugesellt. Was nun vornehmlich die Arthropoden von den Anneliden unterscheidet, ist zweierlei: 1. die besondere Art der Gliederung, 2. die Anwesenheit gegliederter Extremitäten.

Unter-
schie-
de von
Anneliden.

Panzerung.

Schon bei äußerer Betrachtung der Gliederung eines *Arthropoden* fällt zumeist auf, daß die Segmentgrenzen viel tiefer eingeschnitten sind als bei einem Ringelwurm. Die Ursache hierzu ist in der starken Panzerung der Haut zu suchen. Die Haut besteht aus einem einschichtigen Epithel, der Epidermis (nach ihrer Funktion Chitinogenmembran, früher auch fälschlich Hypodermis genannt) und einer vom Epithel aus-
geschiedenen Cuticula, der Chitinschicht, welche die außerordentliche Festigkeit der Haut bedingt (Fig. 25f); sie ist eine Lage von großer Mächtigkeit, ihrer Entstehung gemäß der Oberfläche parallel geschichtet,

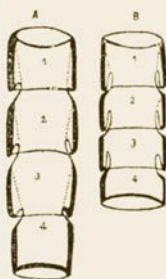


Fig. 356. Schema der Arthropodenringelung. 1—4 vier Ringe mit ihren Gelenkhäuten. A im ausgedehnten, B im kontrahierten Zustand. Die punktierten Linien bezeichnen die Muskeln (nach Graber).

zudem aus einer Substanz gebildet, welche sich von anderen organischen Substanzen durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien unterscheidet. Nur beim Kochen mit Schwefelsäure wird das Chitin in Zucker und Ammoniak zerlegt. Sehr häufig (*Crustaceen*, viele *Myriapoden*) wird die Festigkeit des Chitinpanzers noch durch Ablagerung von kohlensaurem Kalk gesteigert. Dieser harte vollkommen geschlossene Panzer würde den Tieren jede Bewegung des Körpers unmöglich machen, wenn er nicht aus einzelnen gelenkig verbundenen Teilen bestände (Fig. 356), deren Grenzen im allgemeinen mit den Segmentgrenzen zusammenfallen. An den Segmentgrenzen verdünnt sich das Chitin zu einem zarten Gelenkhäutchen. Damit die weichhäutige Stelle dem Tiere nicht zum Verderben gereiche, ist jedes hintere Segment mit seinem Anfang unter das Ende des vorderen Segments — seltener (Kopf der Insekten) das vordere unter das hintere — geschoben,

und so kommt eine fernrohrartige Verbindung der Segmente zustande, welche die tiefen Einkerbungen der Körperoberfläche veranlaßt.

Da die Deutlichkeit der Ringelung mit der Panzerung des Körpers zusammenhängt, verwischt sie sich, sowie das Bedürfnis nach Panzerung des Körpers aufhört. Ein lehrreiches Beispiel sind die parasitischen Krebse, ferner die *Paguriden* oder Einsiedlerkrebse, die sich mit ihrem Hinterleib in ein Schneckenhaus einnisten, deren Körper gepanzert ist, soweit er aus der Schale heraustritt, während der Hinterleib weichhäutig und demgemäß auch ohne jede Spur von Ringelung ist (Fig. 404). — Der Chitinpanzer der *Arthropoden* bedingt einige weitere Eigentümlichkeiten, zunächst die periodischen Häutungen der Tiere. Das Chitinkleid, einmal fertiggestellt und erhärtet, ist nur selten einer stärkeren Ausdehnung fähig und würde ein Wachstum unmöglich machen, wenn es nicht zeitweilig entfernt würde. Hat daher die Körpermasse eines *Arthropoden* so weit zugenommen, daß sie das Chitinkleid vollkommen ausfüllt, so platzt letzteres an bestimmten Stellen, den Nahtlinien; das weichhäutige Tier zieht sich aus dem alten Hemd, der „Exuvie“, heraus und kann sich nun innerhalb des neuen Kleides, das sofort gebildet wird, zunächst aber noch weich und dehnbar ist, vergrößern. — Eine weitere Folge des Panzers ist die eigentümliche Beschaffenheit der Haare, besonders der zu Sinnesempfindungen dienenden.

Häutung.

Auch sie sind cuticulare Gebilde, die häufig nur von einer einzigen Epidermiszelle ausgeschieden und bei jeder Häutung erneuert werden. Ein Chitinhaar sitzt im angrenzenden Chitin beweglich mit einem Gelenkkopf in einer Art Gelenkpfanne eingelassen und enthält im Innern einen Kanal, in den ein Ausläufer der unterliegenden Matrixzelle eindringt; soll das Haar zu Sinneswahrnehmungen dienen, so steht es mit einer Sinneszelle in Verbindung (Fig. 76, S. 113). Die Sinneszelle hat nach Art einer bipolaren Ganglienzelle zwei Fortsätze, einen peripheren, der in die Achse des Haares eintritt, und einen zentralen, der als Nervenfasern zu dem Zentralnervensystem verläuft. Die Zelle selbst kann noch im Epithel gelegen sein, oder sie ist in die Tiefe verlagert und wie eine Ganglienzelle in den Verlauf des Sinnesnerven eingeschaltet. — Endlich möge noch der Muskeln gedacht werden, welche sich an dem Panzer inserieren und entsprechend seiner segmentalen Beschaffenheit eine Differenzierung in segmental angeordnete Muskelgruppen erfahren. Sie bestehen, wie bei den Wirbeltieren, aus quergestreiften Primitivbündeln. Ihre Befestigung am Chitin erfolgt häufig durch besondere Sehnen, Teile der Chitinschicht, welche samt dem sie bildenden Epithel von den Muskeln in das Körperinnere hineingezogen sind. Durch derartige Einfaltungen von Epithel und Chitinschicht entsteht bei sehr vielen *Arthropoden* ein „Entoskelett“. Wie die Körpermuskulatur, so ist auch die Darmmuskulatur quergestreift.

Ein weiteres wichtiges Merkmal der Arthropodengliederung ist die Heteronomie der Segmente, welche bei den niedersten Formen (*Peripatus* und *Myriapoden*) noch wenig auffällig ist, bei den höher organisierten dagegen zu einer außerordentlichen Ungleichwertigkeit der Körperabschnitte und demgemäß auch zu einer größeren Zentralisation des Baues führt. Man kann verschiedene Körperregionen unterscheiden. Stets sind einige wenige Segmente am vorderen Ende untereinander verschmolzen und bilden den Kopf (Fig. 357 *C*); darauf folgt gewöhnlich ein weiterer Segmentkomplex, der Thorax (Pereion) oder die Brust (*T*), und ein dritter, das Abdomen (Pleon) oder Hinterleib (*A*). Eine scheinbare Vereinfachung der Körperregionen kann eintreten, wenn Kopf und Thorax untereinander zu einem einheitlichen Stück, dem Kopfbrustschild oder Cephalothorax (Fig. 358 *Ct*) verschmelzen; umgekehrt kann die Zahl der Regionen sich vermehren, wenn das Abdomen in zwei Unterregionen sich gliedert, eine vordere, das Abdomen im engeren Sinne, und eine hintere, das Postabdomen (Fig. 359 *P*). Bei manchen Arthropoden endlich, wie den Milben (Fig. 360), ist es unmöglich, Körperregionen oder auch nur Ringelung zu erkennen, weil eine innige Verschmelzung sämtlicher Segmente die äußeren Merkmale der Gliederung vollkommen verwischt hat.

Um nun die Unterschiede zu verstehen, welche durch den Namen Kopf, Thorax, Abdomen usw. ausgedrückt werden, müssen wir zuvor noch das an zweiter Stelle genannte Merkmal, welches die Arthropoden vor den

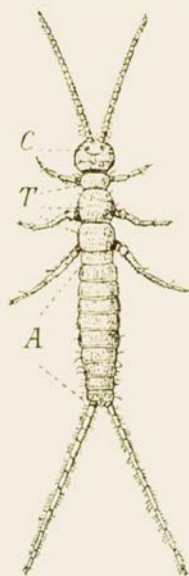


Fig. 357. *Campodea staphylinus*. *C* Kopf, *T* Thorax, *A* Abdomen (aus Huxley).

Heteronomie.
Körperregionen.

Extremitäten.

Anneliden voraus haben, die gegliederten Extremitäten, besprechen. Dieselben sind systematisch von so großer Bedeutung, daß sich auf sie der Name „Arthropodes“, „Gliederfüßler“, bezieht, welcher an die Stelle von „Articulata“, „Gliedertiere“, getreten ist. Die Arthropodengliedmaßen sind höher entwickelte Parapodien der Anneliden; während aber die letzteren Auswüchse sind, welche in den Rumpf noch kontinuierlich übergehen und daher die Bewegungen desselben unterstützen, Eigenbewegungen aber nur in untergeordnetem Maße ausführen können, sind die Extremitäten der *Arthropoden* 1. gegen den Körper gelenkig abgesetzt, 2. selbst wieder aus einzelnen gelenkig verbundenen Stücken gebildet, 3. endlich mit einer eigenen Muskulatur versehen, so daß sie einen selbständig beweglichen Hebelapparat darstellen. Jedes Körpersegment besitzt nur

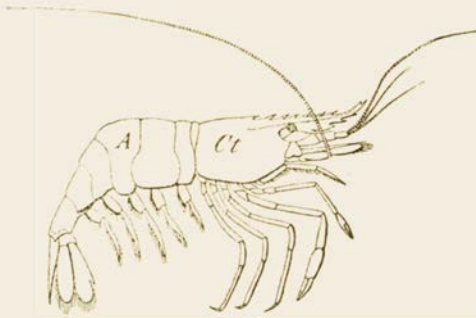


Fig. 358. *Palaemon serratus* (aus Leunis-Ludwig). Ct Cephalothorax, A Abdomen.



Fig. 360. *Gammasus coleoptratorum* (aus Taschenberg).

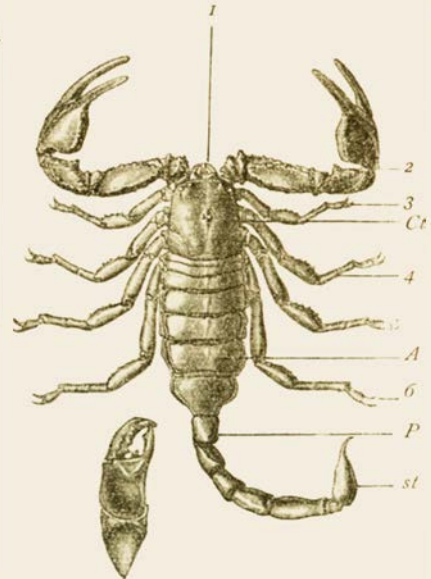


Fig. 359. *Euscorpis italicus*. Ct Cephalothorax, A Abdomen, P Postabdomen. st Giftstachel, 1 Kieferfühler, 2 Kiefertaster, 3-6 die vier Beinpaare; daneben der Kieferfühler noch einmal, stärker vergrößert.

1 Paar Extremitäten, welche mit Ausnahme der ersten Extremität (Antenne) der ventralen Seite angehören. Wenn an einem ungegliederten Stück mehrere Paare vorhanden sind, so kann man mit Bestimmtheit daraus schließen, daß es aus mehreren Segmenten, mindestens aus so viel Segmenten, als es Gliedmaßenpaare trägt, verschmolzen ist. Der ungegliederte Kopf eines *Insekts* enthält z. B. mindestens 4 Segmente, der Cephalothorax unseres *Flußkrebse* 13 Segmente, was daraus erschlossen werden kann, daß jener mit 4, dieser mit 13 Extremitätenpaaren ausgerüstet ist. Die Entwicklungsgeschichte liefert in der Regel hierfür sichere Beweise, da am Embryo die Segmentgrenzen noch erhalten sind. — Es ist nun keineswegs nötig, daß jedes Segment sein Extremitätenpaar besitzen muß, da die Gliedmaßen vielfach rückgebildet werden, ohne Spuren zu hinterlassen.

Die Extremitäten dienen bei den Arthropoden sehr mannigfachen Funktionen (Fig. 361). Ihre primäre Aufgabe ist die Ortsbewegung; lokomotorische Gliedmaßen, Pereiopoden oder „Füße“, sind langgestreckt und aus einer großen Zahl gut entwickelter Glieder gebildet, die entweder zu Rudern abgeplattet oder zum Kriechen und Laufen mit Krallen am Ende ausgerüstet sind (8). Außer lokomotorischen Extremitäten gibt es noch tastende oder Antennen (1), kauende oder Kiefer (2–4), Extremitäten von variablen Funktionen, Pedes spurii oder Pleopoden (9), und endlich Übergänge zwischen Beinen und Kiefern, Kieferfüße oder Pedes maxillares (5–7).

Funktion
der Extre-
mitäten.

Die Antennen sind, abgesehen von ihrer Tast- und Riechfunktion, vornehmlich durch ihre Lage und Innervierung charakterisiert; sie entspringen vor der Mundöffnung von der Stirn und empfangen ihre Nerven demgemäß auch vom oberen Schlundganglion, während alle übrigen Gliedmaßen vom Bauchmark aus innerviert werden. In ihrer Gestalt sind die Antennen den Beinen nicht unähnlich, indem sie langgestreckt bleiben; nur haben sie keine Endklauen, obwohl es schon als Mißbildung beobachtet wurde, daß Antennen wie echte Beine Klauen trugen; auch kommt es bei Crustaceen vor, daß die Antennen für die Fortbewegung herangezogen werden.

Auffälliger ist die Gestalt der kauenden Extremitäten modifiziert. Zur Zerkleinerung der Nahrung dient stets nur die aus ein oder zwei Gliedern bestehende Basis; die basalen Glieder werden kräftige Stücke und bekommen auf ihrer der Medianebene des Körpers zugewandten Seite eine derbe, in Zähne und Höcker erhobene Chitinbekleidung (Fig. 361, 2, Fig. 367 III–V, Fig. 414). Die übrigen Glieder können ganz schwinden oder erhalten sich als ein beinartiger Anhang, der Taster oder Palpus. Da mehrere Extremitäten zu Kiefern umgebildet sein können, nennt man die erste Mandibel, die zweite Maxille, welcher dann noch eine zweite Maxille folgen kann. Die Pedes maxillares sind Zwischenformen, welche bald mehr an Beine, bald mehr an Kiefer erinnern (Fig. 361, 5–7).

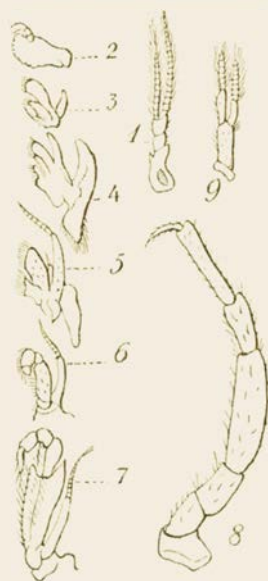


Fig. 361. Die wichtigsten Extremitätenformen des *Flußkrebses*. 1 erste Antenne mit dem Eingang in die Statoeyste, 2 Mandibel, 3 und 4 erste und zweite Maxille, 5–7 Pedes maxillares, 8 Schreitbein, 9 Pes spurii.

Pedes spurii (Pleopoden) oder Afterfüße endlich sind meist kleine unscheinbare Extremitäten, die für die verschiedensten Leistungen herangezogen werden; sie können als Kiemen oder Kiementräger funktionieren, als Träger der Eier oder zur Begattung; sie können auch das Schwimmen und Kriechen unterstützen.

Die genannten Extremitäten haben im Körper der *Arthropoden* eine regelmäßige Anordnung, welche durch die Natur der Verhältnisse bestimmt wird. Zuvorderst am Kopfe stehen die Antennen, dann folgen im Umkreis des Mundes die Kiefer und, sofern sie überhaupt vorhanden sind, die Kieferfüße; eine dritte Gruppe bilden die eigentlichen Beine, eine vierte die Afterfüße, welche indessen sehr häufig fehlen. Auf diese regelmäßige Anordnung gründet sich auch die Unterscheidung der ein-

zelen Körperregionen. Zum Kopf rechnen wir alle Segmente, welche Antennen und Kiefer tragen, zum Thorax (Pereion) die mit Beinen (Pereiopoden) ausgerüsteten Segmente; das Abdomen (Pleon) endlich ist durch die Anwesenheit der *Pedespurii* (Pleopoden) oder den gänzlichen Extremitätenmangel ausgezeichnet. Demzufolge ist der Cephalothorax ein Körperabschnitt, welcher außer Antennen und Kiefern noch die Beine trägt.

Die Extremitäten der *Arthropoden* haben verschiedene Streitfragen veranlaßt. Viele Zoologen sprechen von einer prä-antennalen Extremität und demgemäß auch von einem präantennalen Segment. Die betreffende Extremität sei nur bei einem Teil der *Crustaceen* als gegliederter Augentiel erhalten, sonst rückgebildet und in ihrer Lage durch die Facettenaugen bezeichnet. Wer diese Auffassung teilt, muß die Segmentzahlen, welche in diesem Lehrbuch für den Kopf und den gesamten Körper angegeben sind, überall um Eins erhöhen. Eine zweite Theorie behauptet, daß die Antennen ventrale, vom Bauchmark innervierte Extremitäten seien, welche erst sekundär auf die Stirn der *Arthropoden* verlagert wurden. Demgemäß sei auch das Innervationszentrum erst sekundär vom Bauchmark auf das Hirn übertragen worden. Letztere Anschauung kann für die zweite Antenne der *Crustaceen* als bewiesen angesehen werden.

Nerven-
system.

Die Segmente, welche einer und derselben Körperregion angehören, zeigen eine Tendenz zu engerer Vereinigung oder sogar vollkommener Verschmelzung. Diese Erscheinung übt ihren Einfluß auch auf die innere Anatomie aus, vornehmlich auf die Beschaffenheit des Nervensystems (Fig. 362). Ein Strickleiternnervensystem besteht, wie in der allgemeinen Zoologie (S. 112) gezeigt wurde, aus dorsalem Hirn und ventralem Bauchmark, welche durch die links und rechts den Schlund umfassenden Kommissuren miteinander verbunden sind. Das Bauchmark sollte nun ebenso viele durch Längskommissuren verbundene Paare von Ganglienknötchen zählen, als Segmente vorhanden sind. Indessen ist das bei keinem *Arthropoden*, außer zur Zeit des Embryonallebens, der Fall; die Regel ist vielmehr, daß mehrere Ganglienpaare zusammenrücken und verschmelzen, und zwar mit Vorliebe Ganglienpaare, deren Segmente ebenfalls enger vereinigt oder ganz verschmolzen sind. Man findet die verschiedensten Stufen dieser Verschmelzung bei den einzelnen Arten; bei *Krabben* und *Spinnen* sind oft sämtliche Ganglien des Bauchmarkes zu einer einzigen Ganglienmasse vereinigt. Von der Verschmelzung ist stets das Hirn ausgeschlossen, da es vermöge seiner dorsalen Lage von dem Bauchmark durch den Schlund getrennt bleibt (Fig. 401).

Sinnes-
organe.

Von den Sinnesorganen der *Arthropoden* kennen wir am besten die Augen, von denen man zwei Typen unterscheidet, das einfache Auge oder Stemma (Ocellus) und das zusammengesetzte Auge oder Facettenauge. Das einfache Auge (Fig. 363), wegen seiner Kleinheit oft Punktauge genannt, besteht in der Regel aus Linse, Glaskörper und Retina, welche sämtlich aus der Haut hervorgehen. An der betreffenden Stelle hat die Chitinschicht ihre dunkle Farbe verloren, ist glashell durchsichtig geworden und meist zu einer bikonvexen Linse (1) verdickt, welche die Lichtstrahlen auf der Retina sammelt. Nur ausnahmsweise hat die Linse einen zelligen Bau und wird durch eine Verdickung im Epithel gebildet (Larven der *Eintagsfliegen*). Unter der Linse liegt eine Schicht durchsichtiger Zellen, der Glaskörper (2), und unter diesem die aus zahlreichen Sehzellen bestehende Retina. Die Sehzellen sind mit Rhabdomen

versehen und bedingen durch ihren Pigmentreichtum die schwarze Farbe des Stemmas. Letzteres muß wie das Wirbeltierauge ein umgekehrtes Bild entwerfen.

Merkwürdigerweise haben die *Spinnen* zweierlei Stemmata (Fig. 363); bei den Haupt- oder Medianaugen (A) grenzen die Stäbchen an den Glas-

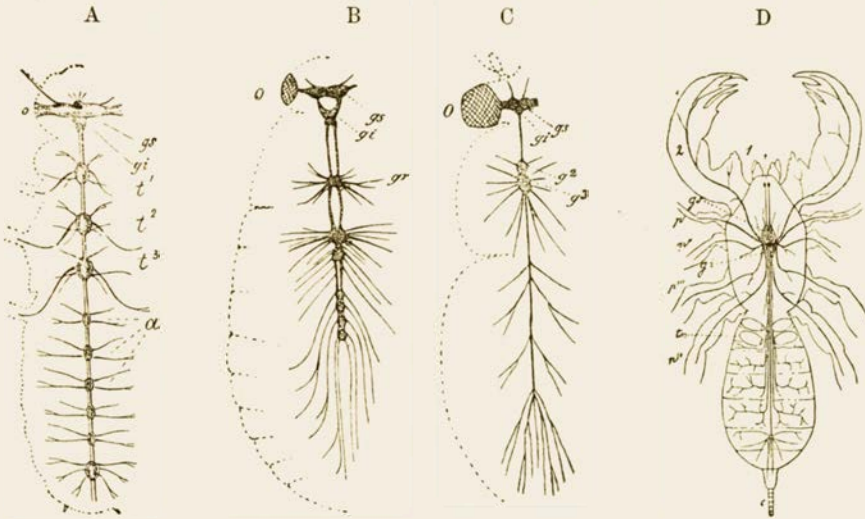


Fig. 362. Verschiedene Grade der Konzentration des Bauchmarks von Arthropoden (aus Gegenbaur). A einer *Termiten* (nach Lespès), B eines *Wasserkäfers* (nach Blanchard), C einer *Fliege* (nach Blanchard), D einer *Skorpionspinne* (nach Blanchard), *gs* oberes, *gi* unteres Schlundganglion, *gr*, *g²*, *g³* Ganglien des Bauchstranges, *t¹-t³* Brustsegmente, *a* Abdomen, *o* Augen, *tr* Tracheenlungen, *pI-pIV* Beine, *1* Kiefferfüher, *2* Kiefertaster.

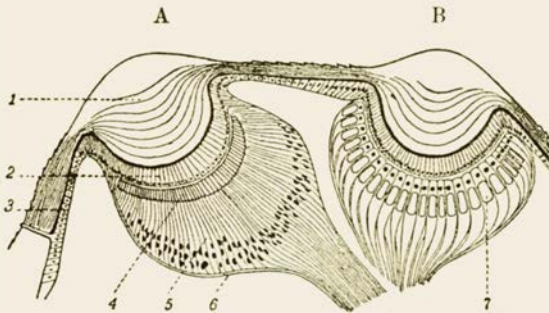


Fig. 363. Durchschnitt durch ein vorderes (A) und hinteres (B) Stemma von *Epeira diadema* (schematisiert, Pigmentierung weggelassen); das hintere zeigt die inverse Lage der Retina (nach Grenacher), *1* Linse, *2* Glaskörper, *3* Epidermis, darüber Chitinschicht, *4* Rhabdome, *5* Retinazellen, *6* Hülle des Auges, *7* Rhabdome des inversen Auges.

körper und liegen vor den Kernen der Sehzellen; bei den Nebenaugen (B) liegen umgekehrt die Kerne vorn und die Stäbchen rückwärts. Offenbar sind erstere Augen für die Entfernung, letztere für die Nähe eingestellt. Da die Sehzellen ihre Rhabdome sicherlich stets an dem gleichen Ende tragen, müssen sie bei einem der beiden Augen im Vergleich zum anderen invers sein, d. h. eine umgekehrte Stellung einnehmen, in ähnlicher Weise,

wie es für das Wirbeltierauge gilt, eine Vermutung, die durch die Entwicklungsgeschichte bestätigt wird.

Die zusammengesetzten oder Komplexaugen (Fig. 364 und 365) sind sehr viel größer als die Ocellen; sie verdanken ihren Namen „Facettenaugen“ dem Umstand, daß die Chitinschicht im Bereiche des Sinnesorgans meist eine zierliche hexagonale Felderung oder Facettierung besitzt. Jede Facette entspricht einer kleinen, plan- oder bikonvexen Chitinlinse; die Gesamtheit aller Linsen, deren Zahl je nach den Arten zwischen vielen Tausenden (bei Käfern bis zu 30000) und einigen wenigen schwankt, bildet die Begrenzung des Auges nach außen und heißt infolgedessen auch Cornea. Letzterer Name empfiehlt sich besonders in den Fällen (manche *Crustaceen*), in denen die Chitinschicht nicht facettiert ist, sondern

Fig. 364.

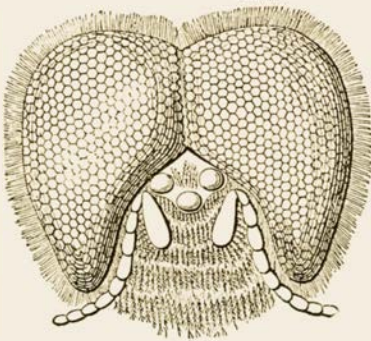


Fig. 365.

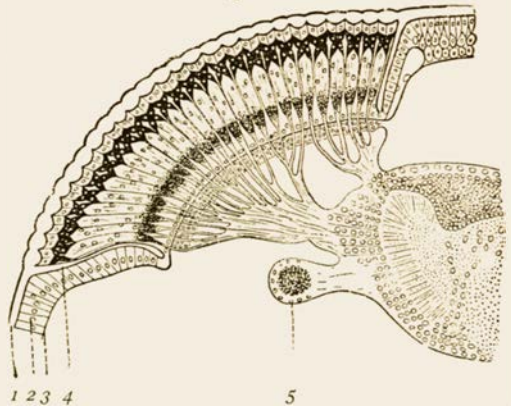


Fig. 364. Kopf der Biene (Drohne), von oben gesehen (nach Swammerdam aus Hatschek). links und rechts die Facettenaugen, dazwischen drei Stemmata und die Fühler.

Fig. 365. Querschnitt durch das Facettenauge und das Stemma eines Ohrwurms (nach Carrière aus Hatschek). 1 Chitincuticula, die im Bereiche des Auges die Cornea (die Summe sämtlicher Linsen) erzeugt, 2 Epidermis, welche sich an der Grenze des Auges in die einzelnen Augenkeile verwandelt, 3 Basalmembran, 4 einspringende Chitinlamelle, 5 rudimentäres Larvenauge.

eine kontinuierliche, gleichmäßig dicke Lage bildet. Der unter der Cornea gelegene, aus weichen Zellen bestehende Teil des Auges wird von den angrenzenden Geweben durch eine faserige Haut getrennt, welche man Sclera nennt; er setzt sich aus radial gestellten, keilförmigen Stücken zusammen (Fig. 365), die in ihrer Zahl und Lagerung genau den Facetten entsprechen und mit ihrem peripheren breiten Ende sich einer Linse anfügen, während das schmalere zentrale Ende mit dem an den Augenhintergrund herantretenden Nervus opticus in Verbindung steht. Jeder der vielen Augenkeile (Ommatidien) hat denselben Bau wie seine Nachbarn (Fig. 366), nämlich den Bau des Stemma; wir unterscheiden an ihm 1. Linse (Facette, Teil der Cornea) mit zugehörigen „corneagenen“ Epithelzellen (*l*), 2. Glaskörper (*k*), 3. Retinula (*rz*). Die corneagenen Zellen werden bei den Insekten vermißt, sie sind hier zu Pigmentzellen (Hauptpigmentzellen) umgewandelt, welche den Glaskörper umhüllen und, vergleichbar der Iris des menschlichen Auges, vermöge ihrer wechselnden Kontraktionszustände die einfallenden Lichtstrahlen je nach der Hellig-

keit der Beleuchtung abblenden können. Der Glaskörper besteht fast überall aus vier Zellen, welche bei den sogenannten euconen Augen in ihrer Mitte einen völlig durchsichtigen Körper, den Kristallkegel (*k*), ausgeschieden haben. Die Retinazellen scheinen in 8-Zahl angelegt zu werden; man findet aber gewöhnlich nur sieben oder noch weniger, indem die achte Zelle rückgebildet ist oder gänzlich fehlt; die Rhabdome (meist Rhabdomere genannt, *r*) liegen gleichfalls mitten inne, wo die Zellen zusammenstoßen, und sind sogar häufig untereinander zu einem einheitlichen Rhabdom verwachsen. Jeder Augenkeil ist schließlich noch durch Pigmentumhüllung von seinen Nachbarn in mehr oder minder vollkommener Weise optisch isoliert, und zwar erstrecken sich durch das gesamte Auge zwei Pigmentzonen, eine vordere, welche funktionell der Iris des menschlichen Auges entspricht, eine hintere, die man mit Tapetum nigrum + Chorioidea vergleichen kann. Das Irispigment liegt in den schon erwähnten Hauptpigmentzellen; es ist am reichlichsten angehäuft an der Grenze von Glaskörper und Retinula. Das hintere Pigment hat seinen Sitz in den Retinulazellen. Außerdem finden sich noch Pigmentzellen, die Nebenpigmentzellen, in dem zwischen den Ommatidien liegenden Zellmaterial. Aus dem Gesagten erhellt, daß man das Facettenauge auffassen kann als einen dicht zusammengedrängten Komplex von keilförmig gestalteten, einfachen Augen. Diese anatomisch berechnete Auffassung läßt sich aber nicht auf die Physiologie des Auges übertragen. Wie Joh. Müller zuerst ausführlich begründete, entwirft das Facettenauge nur ein einziges aufrechtes Bild, dessen einzelne Bildpunkte von den Augenkeilen geliefert werden und den farbigen Steinchen eines Mosaiks vergleichbar sind. Man nennt daher die Müllersche Theorie die Theorie des musivischen Sehens gegenüber der jetzt verlassenen Bildchentheorie, welche annahm, daß jeder Augenkeil schon für sich ein kleines umgekehrtes Bild erzeuge. Mit der Auffassung, daß das Komplexauge ein einziges Bild entwirft, steht in bester Übereinstimmung die Erfahrung, daß es *Amphipoden* gibt, bei welchen die Cornea nicht aus vielen einzelnen Linsen besteht, sondern sich zu einer einzigen, sämtlichen Augenkeilen gemeinsam vorgelagerten Linse verdickt.

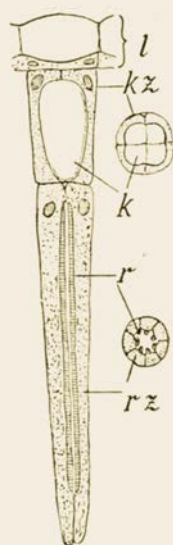


Fig. 366. Schematische Darstellung des einzelnen Keils eines Facettenauges. *l* Linse mit Hypodermis, *k* Kristallkörper mit Glaskörperzellen *kz* (daneben das Querschnittsbild); *rz* Retinulazellen mit Rhabdomen *r* (daneben Querschnitt).

Während die Zahl der Stemmata wechselt, ist die Zahl der Facettenaugen im ganzen Stamm der Arthropoden auf zwei normiert, kann aber auf vier bis acht vermehrt erscheinen, wenn die Augen durch Einschnürung in verschiedene Teile zerlegt sind. Wo scheinbar nur ein zusammengesetztes Auge vorkommt, wie bei den *Daphniden*, ist dasselbe durch Verschmelzung von zwei Augen entstanden. Für das Facettenauge ist ferner konstant, daß der Nervus opticus außerhalb des Auges ein sehr großes Ganglion opticum bildet. — Wie bei Wirbeltieren, so können auch bei Arthropoden die einfachen und zusammengesetzten Augen im Dunkeln

leuchten. Die Erscheinung wird durch das „Tapetum lucidum“ vermittelt, welches bei *Crustaceen* und *Arachnoideen* aus modifizierten Pigmentzellen besteht, während bei *Insekten* der gleiche Effekt durch reichliches Tracheengeäder erreicht wird.

Wie die Augen der *Arthropoden* unter dem Einfluß der Chitinpanzerung der Haut einen besonderen Charakter annehmen, so gilt das noch in höherem Maß von den übrigen Sinnesorganen. Für die Tastaare wurde das oben schon auseinandergesetzt (S. 381, ferner S. 113, Fig. 76). Mit denselben stimmen in ihrem Bau die Sinneshaare überein, welche in den Statocysten, den sogenannten Hörgrübchen und Hörbläschen der *Crustaceen*, die Empfindung vermitteln (Orientierung über die Gleichgewichtslage des Körpers). Als modifizierte Haare müssen auch die Riechröhrchen und Riechkegel gedeutet werden, welche an den Organen des Geruchssinnes, den Antennen und den Palpen der Mundgliedmaßen, vorkommen; sie unterscheiden sich von Tastaaren, abgesehen von ihrer Struktur, darin, daß sie besonders häufig an zum Tasten ungeeigneten Orten, z. B. Gruben und flaschenartigen Vertiefungen der Haut gefunden werden. Auch der Aufbau der Gehörorgane der *Insekten*, der chordotonalen und tympanalen Organe (vgl. Heuschrecken, S. 449) hängt mit der chitinösen Struktur der Haut zusammen. Als Geschmacksorgane endlich werden Nervenendigungen in der Mundhöhle gedeutet.

Darm.

Vom Darm der *Arthropoden* ist vor allem die ganz außergewöhnliche Ausbildung des ectodermalen Anfangs- und Enddarms zu erwähnen, denen gegenüber der entodermale Mitteldarm klein bleibt, indem er gewöhnlich nur etwa ein Drittel der Gesamtlänge liefert. Bei den periodischen Häutungen wird die Chitinauskleidung der ectodermalen Darmabschnitte, so namentlich des weitverbreiteten, mit Chitinzähnen und Chitinleisten bewaffneten muskulösen Kaumagens, mit abgeworfen. Auffallend ist der gänzliche Mangel von Flimmerepithel, wie denn überhaupt Flimmerzellen nirgends im Organismus der *Arthropoden* gefunden werden.

Blutgefäßsystem.

Vom Blutgefäßapparat ist am konstantesten das dicht unter der Rückenhaut gelegene Herz, meistens ein Schlauch, welcher in einem mehr oder minder abgegrenzten Abschnitt der Leibeshöhle (Herzbeutel) eingeschlossen ist und aus ihm das Blut durch eine linke und rechte Reihe von Spalten oder Ostien aufnimmt. Bei Tieren von gedrungener Körpergestalt verkürzt sich das Herz zu einem kleinen Säckchen. Bei kleinen *Arthropoden* kann das Herz, wie das übrige Gefäßsystem, gänzlich fehlen. Dieser Mangel der Zirkulationsorgane kann, da schon die *Anneliden* hoch entwickelte Blutgefäße haben, nur auf Rückbildung beruhen und erklärt sich daraus, daß sich im allgemeinen bei geringer Körpergröße die Organisation vereinfacht. Daher fehlt das Herz sowohl bei kleinen *Crustaceen* (vielen *Ostracoden* und *Copepoden*, ferner den festgewachsenen und parasitischen *Cirripeden*) als auch bei kleinen *Arachnoideen* (*Milben*) und *Insekten* (manchen *Aphiden*), während verwandte Arten noch das Herz besitzen. — Von den großen Körperarterien kann das Blut entweder direkt in die Leibeshöhle zurückgelangen, oder es muß erst einen mehr oder minder komplizierten Weg durch Verästelungen der Körperarterien und Venen sowie durch die Atmungsorgane beschreiben. Man findet hierbei die verschiedensten Abstufungen in der Vollkommenheit des Blutgefäßsystems. Indessen auch da, wo die höchste Stufe erreicht wird, ist kein völlig geschlossener Blutkreislauf vorhanden, da in ihn stets der als

Pericard funktionierende Teil der Leibeshöhle eingeschaltet ist, welcher das Blut von den Atmungsorganen empfängt und an das Herz durch dessen Ostien abgibt. Die verschiedene Ausbildungsweise des Blutgefäßsystems hängt vorwiegend von der Beschaffenheit der Respirationsorgane ab: je mehr sich die Atmung an bestimmten Orten und in bestimmten Organen, in Kiemen und Lungen, lokalisiert, um so besser sind Arterien und Venen entwickelt, während bei diffuser Atmung das Gefäßsystem bis auf das Herz reduziert sein kann.

Vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen haben zu dem Resultat geführt, daß das eigentliche Cölom der *Arthropoden* bis auf kleine Reste rückgebildet ist, daß die sogenannte Leibeshöhle dagegen ein „Lacunom“, d. h. eine sinuös erweiterte Blutbahn ist. So würde es sich erklären, daß das Herz sein Blut aus dem „Pericard“ bezieht, welches ein Teil des Lacunoms ist und mit dem Pericard der *Mollusken* und *Wirbeltiere* nicht verglichen werden kann. Sinuöse Erweiterung der Blutbahn findet sich schon bei manchen *Anneliden* (*Magelona*).

Als Nieren funktionieren bei einem Teil der *Arthropoden* noch Segmentalorgane, gewundene Röhren, deren Nephrostome sich in geschlossene Säckchen verwandelt haben, so die Segmentalorgane des *Peripatus*, die Schalen- und Antennendrüsen der *Crustaceen* (Fig. 368), die Coxaldrüsen der *Xiphosuren* und *Arachnoideen*, die Kopfdrüsen niederer *Insekten* (*Thysanuren*) und *Myriapoden*. In der Regel jedoch vermitteln bei *Insekten* und *Myriapoden* Organe besonderer Art, die Vasa Malpighi, die Exkretion. Die Geschlechtsorgane sind mit den Nieren nicht verbunden und sind selten hermaphrodit. Bei den getrenntgeschlechtlichen Formen kann man fast stets Männchen und Weibchen schon äußerlich voneinander unterscheiden, sei es an Größe oder Färbung oder an der Beschaffenheit bestimmter Extremitäten, namentlich der bei der Begattung in Funktion tretenden. Die Eier sind durchgängig groß und dotterreich und haben in der Regel die Fähigkeit zur totalen Furchung verloren. Bei den meisten *Arthropoden* finden wir die spezielle Form der partiellen Furchung, die man die superficielle nennt (Fig. 106, S. 148). Während die oberflächliche Schicht des Eies in die das Blastoderm erzeugenden Furchungszellen zerlegt wird, erhält sich lange Zeit über im Innern eine ungefurchte Dotterkugel. Diese Furchungsweise der Eier hat ein systematisches Interesse, da sie auf den Stamm der *Arthropoden* beschränkt ist. Die gelegentlich hier vorkommende discoidale und inäquale Furchung ist sicherlich aus der superficiellen entstanden.

Entsprechend ihrer Organisationshöhe kommt bei den *Arthropoden* echte ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung oder Knospung gar nicht mehr vor, wohl aber Parthenogenese und Pädogenese. Bei vielen *Arthropoden* fakultativ, hat die Parthenogenese bei anderen eine den Lebensverhältnissen der Art besonders angepaßte Bedeutung gewonnen. Bei niederen *Krebsen* und *Pflanzenläusen* tritt Parthenogenesis ein, wenn es gilt, die Art rasch in großen Mengen über ein Nährgebiet zu verbreiten. Bei vielen *Hymenopteren*, besonders den *Bienen*, bestimmt Parthenogenesis das Geschlecht, indem unbefruchtete Eier nur Männchen liefern. Da neben der Parthenogenesis fast stets die Fortpflanzung durch Befruchtung fortbesteht, so stellt sich nicht selten der regelmäßige Wechsel parthenogenetischer und streng geschlechtlicher Generationen ein,

Exkretions-
organe und
Ge-
schlechts-
organe.

Fort-
pflanzung.

die Heterogonie, wenn dieselbe auch selten in so typischer Weise ausgeprägt ist, wie wir sie bei den Würmern (*Distomeen*) kennen gelernt haben.

Systematik. Die alte Einteilung der Arthropoden in vier Klassen: *Crustaceen*, *Myriapoden*, *Arachnoideen* und *Insekten* ist in der Neuzeit nach zwei Richtungen modifiziert worden. Durch die Challengerexpedition wurde ermittelt, daß die bis dahin rätselhafte Gattung *Peripatus* unzweifelhaft zu den Arthropoden gehört und unter denselben als Repräsentant einer fünften, besonderen Klasse, der *Protracheaten*, angesehen werden muß. Ferner hat sich immer mehr herausgestellt, daß *Protracheaten*, *Myriapoden* und *Insekten* in der Bildung ihrer Extremitäten und Atmungsorgane einander näher stehen als den *Crustaceen*. Man entschloß sich daher, sie als *Tracheaten* zusammenzufassen. Da der *Peripatus* mit Umgehung der *Crustaceen* direkt zu den *Anneliden* überleitet, ist es wahrscheinlich geworden, daß die *Tracheaten* einerseits, die *Crustaceen* andererseits sich unabhängig voneinander entwickelt haben, wenn auch aus Urformen, die beide der Klasse der *Anneliden* zuzurechnen wären. Das ist einer der wichtigsten Gründe, die man für Einverleibung der *Anneliden* in den Stamm der *Articulaten* geltend machen kann, weil nur auf diese Weise der Stamm zu einer phylogenetischen Einheit abgeschlossen wird. Mit den *Tracheaten* wurden früher die ebenfalls Luft atmenden *Arachnoideen* vereint. Jetzt werden sie zusammen mit gewissen Pseudocrustaceen (*Xiphosuren*, *Gigantostraken*) wegen ihrer übereinstimmenden Körpergliederung und des Mangels der Antennen als *Aceraten* von den *Tracheaten* (*Antennaten*) getrennt.

I. Unterstamm und I. Klasse.

Crustaceen, Krestiere.

Ihren lateinischen Namen „*Crustaceen*“ haben die Krestiere dem Umstand zu verdanken, daß ihr Chitinpanzer zumeist durch Einlagerung von kohlensaurem Kalk, besonders bei den großen Formen, eine bedeutende Härte und Sprödigkeit erhalten hat. Eine zweite weit verbreitete Eigentümlichkeit ihres Integuments ist darin gegeben, daß es Mantelfalten bildet, welche sich von der Kopffregion nach rückwärts ausbreiten, entweder als ein unpaarer Schild oder in Form linker und rechter, häufig auch den Kopf umschließender muschelähnlicher Schalen.

Weitere systematisch wichtige Merkmale der Crustaceen hängen mit ihrem Aufenthaltsort zusammen; die Crustaceen sind typische Wasserbewohner und atmen demgemäß durch Kiemen. Diese Atmung wird auch beibehalten, wenn die Tiere, wie z. B. unsere Flußkrebse, längere Zeit im Trocknen zu leben vermögen. Die *Flußkrebse* behalten, um dies zu ermöglichen, in ihrer Kiemenhöhle stets Wasser zurück, so daß ihre Atmungsorgane dauernd von Wasser befeuchtet bleiben. Nur wenige Ausnahmen gibt es von der Regel; *Landkrabben*, *Mauer-* und *Kellerasseln* atmen trockene Luft entweder mit denselben Organen, die sonst als Kiemen funktionieren, oder mit besonderen, später zu besprechenden Einrichtungen an den Schutzorganen der Kiemen. — Die Kiemen der *Krebse* finden sich stets an Stellen, wo ein rascher Wasserwechsel möglich ist. Diesen Bedingungen genügen besonders die Extremitäten; daher

Kiemen
und Blutgefäßsystem.

findet man die Kiemen als zarthäutige, blutreiche, büschel- oder plattenförmige Anhänge (Fig. 60 und 394) entweder an den Extremitäten selbst oder in ihrer Nähe am Körper angeheftet, oder ganze Extremitäten sind zu Kiemen umgestaltet (Fig. 374, Fig. 390). Außer den Kiemen dient die übrige Körperoberfläche zur Atmung; die Hautatmung kann sogar bei kleinen, dünnhäutigen Formen allein ausreichen, so daß wir dann anstatt lokalisierter Atmung eine diffuse Atmung mit allen ihren Folgen auf die Zirkulationsorgane erhalten. Während bei lokalisierter Atmung Herz und Pericardialsinus, Arterien und Venen mehr oder minder gut entwickelt sind, findet sich bei den durch die Haut atmenden niederen Formen gewöhnlich nur das Herz, und auch dieses häufig in stark reduzierter Gestalt; oder es ist mit dem Herzen der letzte Rest der Zirkulationsorgane verloren gegangen.

Da vom Aufenthalt im Wasser außer der Atmung auch die Fortbewegungsweise bestimmt wird, so besitzen die Crustaceen eine besondere

Extremitäten.

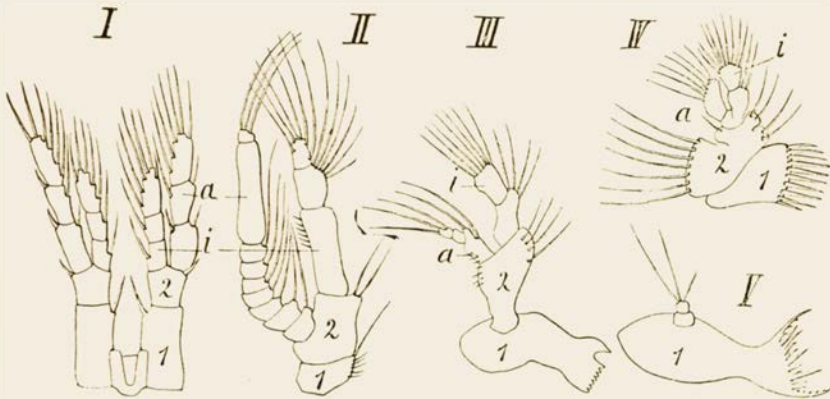


Fig. 367. Copepodenextremitäten. I—IV von *Diaptomus castor*. I ein Paar Spaltfüße, II zweite rechte Antenne, III rechte Mandibel, IV rechte Maxille, V rechte Mandibel von *Cyclops coronatus*. 1 und 2 erstes und zweites Glied der Basis, a Außenast, i Innenast.

Extremitätenform, den Spalt- oder Schwimmfuß, durch den sie sich von sämtlichen Tracheaten unterscheiden. Das Charakteristische des Spaltfußes besteht darin, daß er mit einer einreihigen, aus zwei Gliedern bestehenden Basis (Coxo- und Protopodit) beginnt, sich dann in einen äußeren und inneren Ast gabelt, den Schwimmfußast (Exopodit) und den Gehfußast (Entopodit), zwei Namen, die durch folgende Betrachtung verständlich werden.

Der Spaltfuß findet sich bei Krebsen, bei denen die Extremität zum Schwimmen verwandt wird; bei *Krebsen*, welche sich vorwiegend auf dem Boden der Gewässer bewegen oder gar Landbewohner geworden sind, wie *Flußkrebs*, *Wasser-* und *Kellerassel*, fehlt der äußere Ast gänzlich, der innere oder Gehfußast liegt dann in der Verlängerung der Basis und bildet mit ihr zusammen ein Gangbein nach Art der Tracheatenextremität. Auf den ersten Blick scheint damit die Beschaffenheit der Extremität die ihr beigemessene systematische Bedeutung zu verlieren; allein eine genauere Betrachtung lehrt, daß diese Umwandlung sich stets nur an einem Teil der Extremitäten äußert. Die Abdominalfüße, die *Pedes spurii*, behalten den Spaltfußcharakter bei; ebenso kann man an den Tastern der Mandibeln,

Maxillen und an den Maxillarfüßen häufig noch Innen- und Außenast erkennen. Endlich läßt sich vielfach sogar für die Gangbeine die Entstehung aus Schwimmfüßen mit Sicherheit entwicklungsgeschichtlich nachweisen, wie z. B. die meisten marinen Verwandten unseres *Flußkrebse*s schwimmende Larven besitzen (das Mysisstadium), bei welchen der Schwimmfußast vorhanden ist (Fig. 402) und erst verloren geht, wenn bei der Metamorphose die schwimmende Lebensweise mit der kriechenden vertauscht wird. Von der Regel, daß der Spaltfuß die Urform der Crustaceenextremität ist, macht nur die erste Antenne eine Ausnahme; sie kann zwar ein bis drei sekundäre geringelte Anhänge (Geißeln) tragen, ist aber selbst ihrer Anlage nach bei allen *Crustaceen* und ihren Larven einreihig. Auf der Außenseite der Fußbasis können Anhänge auftreten, die *Epipodite*, welche meist zur Atmung dienen. — An dem letzten den After tragenden Abschnitt des Abdomens finden sich bei niederen Krebsen zwei abgegliederte, im übrigen sehr verschieden gestaltete Anhänge, welche zusammen die Furca bilden; sie werden nicht als Extremitäten gedeutet.

Die Extremitäten liefern uns noch ein weiteres zum Erkennen der *Crustaceen* wertvolles Merkmal, daß zwei Paar Antennen vorhanden sind, die vorderen Antennulae, die hinteren Antennae genannt. Freilich sind die letzteren nicht immer Sinnesapparate, sondern können bei

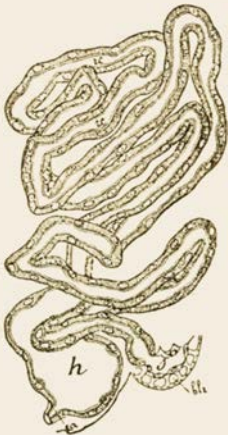


Fig. 368. Antennendrüse von *Mysis* (nach Grobben). *s* Anfangsblase, *blr* Blutlakunen darum, *rc* Nierenkanal, *h* Harnblase mit Mündung *ca*.

manchen *Entomostraken* und den als Nauplius bekannten Larven als mächtige Ruder zum Schwimmen dienen. Man ist daher genötigt, bei der Charakteristik der Antennen sich mehr auf morphologische Merkmale zu stützen, daß sie vor der Mundöffnung und vor den Kiefern liegen. Ein drittes Merkmal, daß sie vom oberen Schlundganglion aus innerviert werden, gilt nur für einen Teil der Krebse, für *Ostracoden*, *Cirripeden* und *Malacostraken*. Bei *Branchiopoden* und *Copepoden* empfangen die Antennen noch ihre Nerven vom unteren Schlundganglion, ein Zeichen, daß sie von Haus aus zu den ventralen Extremitäten gehören und samt den zugehörigen Ganglien erst sekundär nach der Stirnregion verlagert wurden. Auf die Antennen folgen die meist mit Palpen ausgerüsteten Kiefer, 1 Paar Mandibeln und 1—2 Paar Maxillen. Vor der Mandibel liegt eine starke Oberlippe, hinter ihr zwei kleine Blättchen, die Paragnathen.

Innere Anatomie.

Über die innere Organisation ist wenig Allgemeines zu sagen. Am Darm fällt der Mangel acinöser Speicheldrüsen auf; dagegen ist häufig der Vorderdarm zum Kaumagen erweitert und der darauf folgende Teil mit einer „Leber“ ausgerüstet. Letztere findet man auf den verschiedensten Stufen der Ausbildung von den zwei einfachen Blindsäcken oder Leberhörnchen der *Daphniden* (Fig. 375) bis zu den gewaltigen Leberlappen der *Decapoden* (Fig. 396); sie ist kein ausschließlichs drüsiges Organ (Hepatopankreas, S. 96), sondern eine Vergrößerung der Darmoberfläche, und wie diese auch an der Resorption der Nahrung beteiligt. — Das über dem Darm gelegene Herz ist besonders bei den primitiveren Formen eine lange, durch Thorax und Abdomen ziehende Röhre, viel häufiger

jedoch ist es ein gedrungenes Säckchen. Als Niere werden zwei Drüsen gedeutet, welche Maxillardrüse und Antennendrüse heißen. Die Maxillardrüse, auch Schalendrüse genannt, weil sie häufig in der Mantelfalte eingeschlossen ist, mündet jederseits neben der vierten Extremität, der Maxille, die Antennendrüse an der zweiten Extremität, der großen Antenne. Beide haben denselben Bau (Fig. 368) und sind vielfach gewundene Kanäle, die in einer als ein Rest der echten Leibeshöhle gedeuteten Blase mit einer Art Trichter beginnen und öfters auch mit einer Harnblase enden. Durch ihren Bau und ihre segmentale Anordnung erweisen sich die Drüsen als modifizierte Segmentalorgane der *Anneliden*. Freilich findet man Maxillardrüse und Antennendrüse nur bei Larven gleichzeitig; sonst scheinen sie füreinander zu vikariieren.

Die Augen der Crustaceen treten in zweierlei Formen auf, einmal als paarige zusammengesetzte Augen, zweitens als unpaare, dem Hirn aufgelagerte „Naupliusaugen“. Letztere sind dreiteilig, indem einer X-förmigen Pigmentmasse drei wie linsenförmige Körper aussehende, mit Nerven zusammenhängende Gruppen von Sehzellen eingelagert sind. Das Naupliusauge hat demnach mit dem Stemma nichts zu tun, sondern erinnert mehr an die Augen der Plattwürmer. Wo die

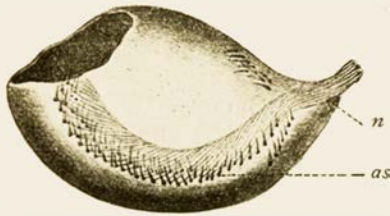


Fig. 369. Statocyste des Flusskrebesses, aus der Antenne herauspräpariert. as Crista statica, n Nerv.



Fig. 370. Zoöa, o Facettenauge, h Herz, a¹-a⁶ die Segmente des Abdomens, 1 und 2 die Antennen, I, II, III die Kieferfüße, IV-VIII die hervorsprossenden Thoracalfüße.

eine oder andere Augenart fehlt, ist sie wohl durch Rückbildung verloren gegangen. Geruchs- und Tastapparate finden sich in Form von chitinosen Stiftchen und Haaren, besonders an den ersten Antennen. Statocysten (Fig. 369) kommen nur den höheren Krebsen, den *Malacostraken*, zu; sie liegen bei den *Mysideen* als fast geschlossene Bläschen mit einem großen, aus Fluorcalcium bestehenden Statolithen im Schwanzfächer, sonst finden sie sich in der Basis der ersten Antenne als Grübchen, deren Öffnung auf der Haut durch eine Lage starrer Schutzhaare zugedeckt wird. Am Grunde des Grübchens befindet sich die Crista statica, eine Reihe beweglicher Chitinhaare, die mit ihren Spitzen in einen Haufen von Statolithen hineinragen, während an ihre basalen Enden der Nerv tritt.

Bei den periodischen Häutungen wird natürlich auch die Chitinauskleidung der Statocyste nebst den Schutzhaaren, Sinneshaaren und Statolithen erneuert. Man kann jetzt durch ein einfaches Experiment feststellen, daß die Statolithen kleine Partikeln sind, die von außen in das Grübchen gesammelt werden. Denn wenn man einen frisch gehäuteten Krebs in einem vollkommen reinen Glashafen züchtet, so bleibt das Tier ohne Stato-

lithen, zeigt aber, wenn man gekörnelte Substanzen von einer leicht erkennbaren Beschaffenheit, wie Harnsäurekristalle, einstreut, bald einen Teil der betreffenden Körper in der Statocyste. Experimente lehren, daß die Statocyste sicher ein Sinnesapparat für das Balancegefühl ist. Außerdem dient sie vielleicht auch zum Hören. Für letztere Annahme spricht, daß die *Krabben* besonders hochentwickelte „Hörgrübchen“, aber nur spärliche Statolithen besitzen. — Eigentümliche, in ihrer Funktion unbekannte Sinnesorgane sind die Frontalorgane, welche namentlich bei *Branchiopoden* und *Ostracoden* vorkommen.

Im Geschlechtsapparat, der nur bei einer Minderheit, besonders bei *Cirripeden* und parasitischen *Isopoden* hermaphrodit ist, fällt vor allem die merkwürdige Größe der Spermatozoen auf, welche bei manchen *Ostracoden* ebenso lang oder länger werden wie das ganze Tier (bei *Pontocypris paradoxa* achtmal so lang, nämlich 5—7 mm). Stets sind die Spermatozoen ohne Geißel und daher meistens — eine Ausnahme machen die *Ostracoden* — auch unbeweglich; ihr kugelig oder langgestreckter Körper pflegt mit starren, spitzen Ausläufern bedeckt zu sein, welche in ihrer Form an die Pseudopodien von *Rhizopoden* erinnern (Fig. 35 III, IV). Sie werden gewöhnlich in größerer Menge in Samenpatronen oder Spermatophoren abgesetzt.

Die typische Entwicklungsweise der *Crustaceen* ist die Metamorphose; wo dieselbe fehlt, wie z. B. bei den *Amphipoden* und *Isopoden*, ist sie offenbar durch abgekürzte Entwicklung verloren gegangen. Wir sind zu dieser Annahme berechtigt durch die Erfahrung, daß in einer und derselben Familie der im Süßwasser lebende Flußkrebse sich direkt entwickelt, während seine marinen Verwandten (Hummer) die Metamorphose besitzen. Das wichtigste Larvenstadium ist der Nauplius (Fig. 10), eine Entwicklungsform mit drei zum Schwimmen dienenden Extremitätenpaaren, von denen das erste stets einreihige Paar im Lauf der Entwicklung die Antennulae liefert, während die zwei folgenden Spaltfüße zu Antennen und Mandibeln werden. Im Innern findet sich ein dreiteiliger Darm, Bauchmark und Hirn und auf letzterem das oben geschilderte Naupliusauge. Der Nauplius ist die charakteristische Larve der niederen Krebse, der *Entomostraken*, findet sich aber auch bei einigen *Malacostraken* (*Penaeus* und anderen *Garneelen*, *Euphausiaceen*) und ist bei den übrigen *Malacostraken* während der Embryonalentwicklung durch die längere Dauer eines dreibeinigen Stadiums angedeutet. — Eine zweite weitverbreitete Larvenform ist die Zoëa; sie ist höher organisiert (Fig. 370), indem sie schon aus Cephalothorax und Abdomen besteht, von denen der erstere mehrere Schwimmpfüße trägt, das letztere noch extremitätenlos ist. Ferner finden sich zwei große zusammengesetzte Augen (*o*) und dorsal vom Darm ein Herz (*h*). Vielfach trägt der Cephalothorax enorm lange Stacheln, welche vom Rücken, von der Seite und von der Spitze desselben wie Balancierstangen in das Wasser hineinragen, bestimmt, das Tier gegen seine Feinde zu schützen und zugleich das Schwimmen zu erleichtern. Die Zoëa fehlt allen *Entomostraken* ausnahmslos, findet sich dagegen bei den meisten *Malacostraken*, sofern diese überhaupt eine Metamorphose besitzen.

Lange Zeit hat man die Verbreitung der besprochenen beiden Larvenformen benutzt, um **Entomostraken** und **Malacostraken** zu unterscheiden. Dem Gesagten zufolge hat diese systematische Ausnutzung der Entwicklungsgeschichte nur sehr bedingten Wert. Gleichwohl empfiehlt es

Unter-
scheidung
von Ento-
mostraken
und
Malaco-
straken.

sich, die genannten zwei althergebrachten Gruppen beizubehalten mit Rücksicht auf die Verschiedenartigkeit der bei ihnen herrschenden Körpergliederung. Bei den *Entomostraken* herrscht eine große Variabilität in der Zahl der Segmente und in der Verteilung derselben auf die einzelnen Körperabschnitte. Bei den *Branchiopoden* z. B. schwankt die Gesamtzahl der Segmente zwischen ca. 10 bei *Daphniden* und ca. 50 bei *Apusiden*. Bei den *Malacostraken* dagegen ist die Segmentzahl auf 19 oder 20 fixiert, von denen sechs bis sieben auf das Abdomen kommen, während in der Verteilung der 13 vorderen Segmente auf Kopf und Thorax erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Ordnungen vorhanden sind. Auch die Mündungen der Geschlechtsorgane sind bei den *Malacostraken* an bestimmte Segmente gebunden, die weibliche Geschlechtsöffnung an das 11., die männliche an das 13. Segment. Endlich unterscheiden sich, wenn auch nicht in durchgreifender Weise, höhere und niedrigere Krebse durch die Niere; als Niere der *Entomostraken*, freilich auch mancher *Malacostraken*, wie z. B. *Isopoden* und *Stomatopoden*, funktioniert die Maxillardrüse (Schalendrüse), als Niere der meisten *Malacostraken* die Antennendrüse.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen zu den Namen „*Entomostraca*“, „*Gliederschaler*“, und *Malacostraca*, „*Weichschaler*“. Wenn wir nämlich beide Gruppen auf Deutlichkeit der Gliederung und Härte des Chitinpanzers prüfen, so kommen wir zu dem merkwürdigen Resultat, daß die „*Gliederschaler*“ eine viel undeutlichere Segmentierung haben als die „*Weichschaler*“, daß umgekehrt die „*Weichschaler*“ außerordentlich viel härter gepanzert sind als die meisten „*Gliederschaler*“. Hätte man, wie es auf den ersten Blick den Eindruck macht, mit den Namen einen Gegensatz beider Gruppen ausdrücken wollen, so wären die Bezeichnungen geradezu vertauscht; es müßten die niederen Krebse *Malacostraca*, die höheren *Entomostraca* heißen. Indessen haben sich die Namen historisch gar nicht im Gegensatz zueinander entwickelt, sondern wurden zu ganz verschiedenen Zeiten, beidesmal im Gegensatz zu den *Ostracodermen*, den Muscheln, in die Zoologie eingeführt. Aristoteles nannte den Flußkrebse und seine Verwandten mit Recht „*Malacostraca*“, da ihr Kalkpanzer an die Festigkeit des Kalkpanzers einer Muschel oder Schnecke (*Ostracodermata*) nicht heranreicht; er kannte die niederen Krebse noch gar nicht; diese wurden mit Ausnahme der schon früher entdeckten *Cirripedien* erst im 17. und 18. Jahrhundert beschrieben, darunter die mit zweiklappigen Schalen versehenen *Ostracoden* und *Daphniden*, welche O. F. Müller „*Entomostraca seu Insecta testacea*“, gegliederte Schaltiere, nannte.

I. Unterklasse.

Entomostraken.

I. Ordnung. Copepoden, Ruderfüßler.

Um in das Studium der Crustaceen einzuleiten, sind die *Copepoden* am geeignetsten, da sie nicht nur einfacher, sondern auch ursprünglicher gebaut sind als die übrigen Entomostraken (Fig. 371). Die 16 Segmente ihres Körpers sind auffallend gleichförmig auf die einzelnen Körperabschnitte verteilt (Kopf sechs, Thorax fünf, Abdomen fünf), nur daß ab und zu, z. B. bei den *Cyclopiden* des Süßwassers, das erste Thoraxsegment mit dem Kopf und einige Abdominalsegmente untereinander verschmolzen sind (Fig. 10, S. 44). Sehr charakteristisch ist das letzte

Abdominalsegment, das mit der Furca endet. Während das Abdomen keine Extremitäten besitzt, trägt der Thorax fünf Paar typischer Spaltfüße (das letzte Paar häufig rudimentär, beim Männchen manchmal zu einem Begattungsapparat umgestaltet). Auch die Kopfextremitäten lassen vielfach noch deutlich erkennen, daß sie aus Umbildung von Spaltfüßen entstanden sind.

Von den sechs Paar Kopfextremitäten sind die beiden vordersten, die Antennen, häufig einander ähnlich und stehen über den Rand des Kopfschildes wie Hörner hervor, worauf die alte Speziesbezeichnung „*Cyclops quadricornis*“ Bezug nimmt. Die erste Antenne ist stets einreihig und kann beim Männchen unweit der Basis hakenartig zum Festhalten des Weibchens während der Begattung eingeschlagen werden. Die zweite Antenne kann dagegen den Charakter des Spaltfußes bewahren (Fig. 367 II). Sehr interessant ist die Mandibel, indem sie oft noch einen spaltfüßigen Palpus mandibularis trägt und, von Art zu Art verglichen, durch zahlreiche Übergänge (III, V) lehrt, wie eine einfache Kaulade aus einem Schwimmfuß hervorgehen kann. Auch der Palpus der Maxille zeigt noch Reste eines Innen- und Außenastes (IV). Den Abschluß des Kopfes bilden zwei Paar zum Ergreifen der Nahrung dienende *Pedes maxillares*.

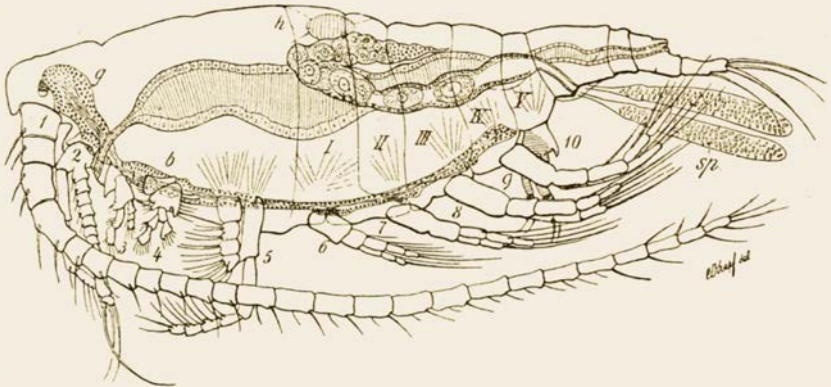


Fig. 371. *Diaptomus Castor*, Weibchen. *g* oberes Schlundganglion mit Naupliusauge, *b* Bauchmark, *h* Herz, darunter Ovar und Darm, nicht bezeichnet; *sp* Spermatophoren an der Mündung des Eileiters befestigt, 1 erste Antenne, 2 zweite Antenne, 3 Mandibel, 4 Maxille, 5 *Pedes maxillares*, 6–10 Schwimmfüße.

Äußerst einfach ist auch die innere Anatomie (Fig. 371). Der Darm hat meist noch keine Leber und verläuft fast gleichförmig bis zu dem zwischen den beiden Ästen der Furca gelegenen After. Als Auge dient das unpaare, dem Hirn dicht aufgelagerte Naupliusauge, welches der bekanntesten Copepodengattung den Namen „*Cyclops*“ verschafft hat. Kiemen fehlen stets, Herz und Blutgefäße meistens; nur bei der parasitischen Gattung *Lernanthropus* und anderen *Dichelestinen* hat man ein System kommunizierender Röhren gefunden, die als Blutgefäße funktionieren, bei anderen, freilebenden Gattungen ein kleines, gedrungenes, lebhaft pulsierendes Herz. Beim Männchen und Weibchen sind die Geschlechtsdrüsen in der Regel unpaar, ihre am Anfang des Abdomens meist getrennt links und rechts mündenden Ausführwege paarig. Neben dem Oviduct besitzt das Weibchen ein *Receptaculum seminis*, an dem das Männchen seine Spermatophoren anklebt. Wenn die Eier

den Oviduct verlassen, werden sie vom Receptaculum aus befruchtet und gewöhnlich mit anderen Eiern gemeinsam in eine Gallerte gehüllt. So entstehen am Abdomen des Weibchens je nach den Arten paarige oder unpaare „Eiersäckchen“, an denen man die Weibchen leicht erkennen kann (vgl. Fig. 10). Aus den Eiern kommt ein Nauplius heraus, der zum ausgebildeten *Copepoden* heranwächst, indem am hinteren Ende die fehlenden Segmente und Extremitäten hervorsprossen und die drei Paar vorhandener Extremitäten zu Antennen und Mandibeln werden.

I. Unterordnung. Die der obigen Schilderung zugrunde liegenden *Eucopepoden* sind im Meer und Süßwasser in vielen Arten und enormen Mengen von Individuen verbreitet und bilden einen gewaltigen Teil des „Plankton“ und dadurch die wichtigste Nährquelle nicht nur für die Fische, sondern auch für die riesigen Bartenwale (*Calanus finmarchicus* Gunn. färbt durch dichtgedrängte Schwärme das Meer weithin rot). Die Süßwasserarten bilden zum Teil Wintereier, zum Teil encystieren sie sich, indem sie sich mit einer festen Hülle umgeben. Parthenogenese ist nicht bekannt. Vorwiegend im Süßwasser leben die *Cyclopiden*: *Cyclops strenuus* Fischer (Fig. 10). Bewohner des Meeres und der Süßwasserseen sind die mit einem Herz versehenen *Calaniden*; *Diaptomus castor* Jur. (Fig. 371). Den Übergang zur folgenden Unterordnung vermitteln die halbparasitischen *Corycaeiden* (auf pelagischen Tieren die wundervoll metallisch irisierende *Sapphirina fulgens* Thomp.) und die in der Ascidienkieme schmarotzenden, ihre Eier in einem dorsalen Brutraum behaltenden *Notodelphyiden*.

II. Unterordnung. Zu den Copepoden gehören ferner die *Parasitica* (*Siphonostomata*), Tiere, auf welche die bisherige Schilderung gar nicht paßt (Fig. 372, vgl. auch Fig. 11 und 12), welche durch parasitische Lebensweise verändert sind, zum Teil so hochgradig, daß sie lange Zeit für Würmer gehalten wurden. Sie befestigten sich mit ihren ersten Antennen und den am freien Ende öfters untereinander verschmolzenen Kieferfüßen (Fig. 11c) auf der Haut oder den Kiemen von Fischen, manche Arten (*Monstrilliden*) auch auf wirbellosen Tieren. Ihre Mandibeln sind zu Stechborsten umgewandelt und in einen von der Oberlippe, meist auch der Unterlippe gebildeten Saugtrüssel eingeschlossen. Die lokomotorischen Gliedmaßen sind rudimentär, können sogar ganz fehlen. Bei extremen Formen ist der Körper unförmlich und ungegliedert und kann auch der Darm rückgebildet werden, so daß man die Tiere nicht einmal zu den *Arthropoden* rechnen würde, wenn nicht dreierlei ihre systematische Stellung erkennen ließe. 1. Die Weibchen haben am hinteren Ende die zwei Eiersäckchen der *Copepoden*; nur sind dieselben häufig zu spiral aufgerollten Schnüren verlängert. 2. Im Laufe der Jahre hat man eine vollständige Kette von Zwischenformen aufgefunden, die Schritt für Schritt verfolgen lassen, wie die zierliche Gestalt eines freibeweglichen *Copepoden* in den plumpen Körper eines Parasiten übergeführt wird. 3. Am überzeugendsten ist die Entwicklungsgeschichte; die meisten parasitischen Copepoden verlassen das Ei als Nauplius und durchlaufen ein mehr oder minder ausgeprägtes „Cyclopsstadium“, ehe sie sich auf den Fischen festsetzen und zu hochgradig rückgebildeten Parasiten werden (Fig. 11). Die angesaugten Tiere sind stets Weibchen. Die Männchen haben andere Gestalt; sie vollziehen vielfach auf dem Cyclopsstadium die Begattung und sterben ab (Fig. 12); oder sie machen ebenfalls eine Metamorphose durch, bleiben aber dabei klein und von ganz absonderlicher Form (Zwergmännchen). Man findet sie in der Nähe der Geschlechtsöffnung am Körper des Weib-

chens festgeklammert. Extreme Fälle parasitischer Degeneration sind die *Lernäiden*: *Lernaea branchialis* L., auf Dorsch und Flundern, *Lernaeocera esocina* Burm., auf dem Hecht (Fig. 372), und die *Lernäopodiden*: *Achtheres percarum* Nordm. (Fig. 11).

III. Unterordnung. *Branchiuren*, mit der kleinen Familie der *Arguliden* oder *Karpfenläuse* (Fig. 373), Krebse von etwa 1 cm Länge, die sich mit Hilfe von Saugnapfen und Krallen, welche aus umgewandelten Maxillen hervorgegangen sind, an der Haut von *Cyprinoiden* und anderen Fischen festhalten und in dieselbe ihre stilettförmigen, in eine Saugröhre eingeschlossenen Mandibeln einbohren. Sie sind vermöge der vier Paar wohlentwickelter Ruderfüße vorzügliche Schwimmer. Der Körper hat die Gestalt eines herzförmig ausgeschnittenen Schildes, unter dem nur die letzten Thoraxsegmente und das Abdomen hervorschauen. In vieler Hinsicht erheben sich die *Arguliden* über den Bau der übrigen Copepoden und nähern sich den Branchiopoden, indem sie ein Paar zusammengesetzter Augen, einen Darm mit verästelten Leberschläuchen und ein im Abdomen gelegenes Herz besitzen. *Argulus foliaceus* L.

Fig. 372.

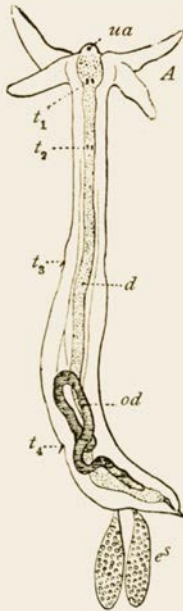


Fig. 372. *Lernaecera esocina*, Weibchen (aus Lang nach Claus). *ua* Stirnauge, *t*₁–*t*₄ rudimentäre Thoraxextremitäten, *d* Darm, *od* Oviduct, *es* Eiersäckchen, *A* armartige Fortsätze am vorderen Körperende.

Fig. 373.

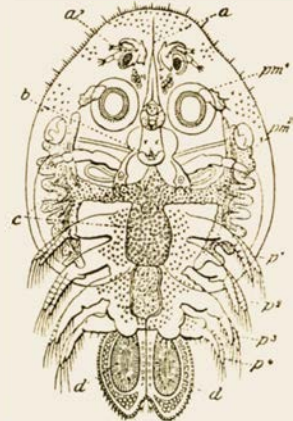


Fig. 373. *Argulus foliaceus* (aus Leunis-Ludwig). *a* Stachel, *a*¹ Antenne, *pm*¹, *pm*² erste und zweite Maxille, *b* Mund, *c* Darm mit Leber, *d* Abdomen, *p*¹–*p*⁴ Spaltfüße des Thorax.

II. Ordnung. Branchiopoden, Kiemenfüßler.

Obwohl die *Branchiopoden* eine im höchsten Grade einheitliche Gruppe bilden, ist es doch nicht möglich, auch nur einen auf die Ordnung beschränkten, systematisch brauchbaren Charakter ausfindig zu machen, welcher sich unverändert durch die ganze Gruppe hindurch erhielt. Das auffälligste Merkmal ist die eigentümliche lamellöse Gestalt der Beine; dieselben verlieren aber ihre charakteristische Beschaffenheit und werden zu einreihigen Beinen oder Spaltfüßen, je mehr in der Gruppe ein zweites Merkmal, die mächtige Ruderantenne, an Bedeutung gewinnt. Sehr

verbreitet sind paarige oder unpaare Hautduplikaturen, aber sie fehlen am Anfang der Reihe (*Branchiopodiden*) und können andererseits auch am Ende der Reihe fast ganz schwinden (*Leptodora*). Trotz alledem fügen sich die einzelnen Familien der Branchiopoden verwandtschaftlich zu einer so fest geschlossenen Ordnung aneinander, daß die systematische Zusammengehörigkeit auch der Endformen nicht zweifelhaft sein kann.

Der Branchiopodenfuß (Fig. 374) läßt sich aus dem Copepodenfuß durch zwei Umformungen leicht ableiten: erstens durch Ausstülpung eines Kiemensäckchens an

Fig. 374.

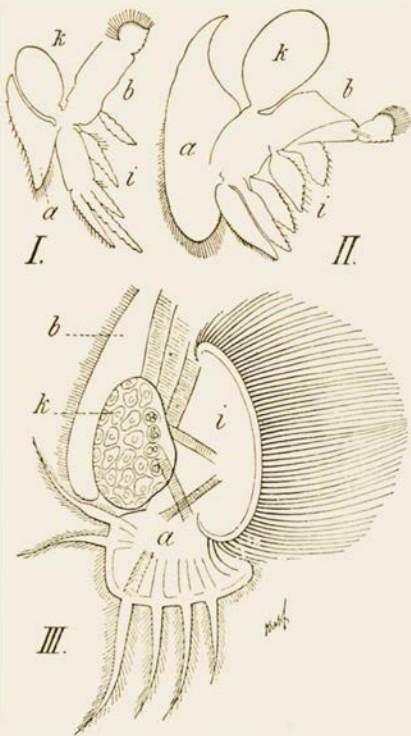
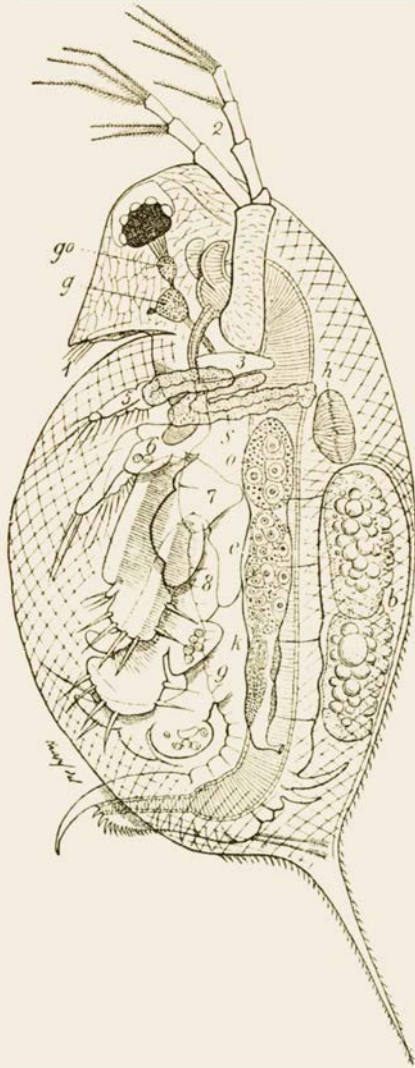


Fig. 374. Branchiopodenfüße. I und II zweites und sechstes Bein von *Apus productus* (nach Gerstäcker). III viertes Bein von *Daphnia sima* (nach Claus). *b* Basis, *a* Außenast, *i* Innenast, *k* Kiemensäckchen.

Fig. 375. *Daphnia pulex*. *go* Ganglion opticum, darüber Opticus und zusammengesetztes Auge, *g* oberes Schlundganglion mit Naupliusauge, *s* Schalendrüse, *h* Herz, *o* Ovar, *e* Eianlagen, *k* Keimstätte. Die Eianlagen lösen sich aus der Keimstätte ab, bilden bei *c* Gruppen von vier Zellen; aus diesen entsteht ein Ei (*o*) mit drei abortiven Eiern; das wachsende Ei mit seinen drei abortiven Eizellen (Dotterzellen) rückt (wiederum bei *e*) rückwärts, um in den Brutraum zu gelangen, *b* Brutraum mit Embryonen. *1* vordere, *2* hintere (Ruder-) Antenne, *3* Mandibel (Maxille ist rudimentär und nicht sichtbar), *5*—*9* die fünf Beinpaare. Darm mit Leberhörnchen durch Ringelung deutlich gemacht.

Fig. 375.



der Basis der Beine, zweitens durch blattartige Umgestaltung von Innen- und Außenast. Die Zahl der Beine und demgemäß auch die Zahl der Thoraxsegmente schwankt zwischen vier bis sechs bei den *Daphniden* und 10—30 bei den *Estheriden* und *Apusiden*; ebenso inkonstant ist die stets geringe Zahl der extremitätenlosen Abdominalsegmente, deren letztes durch die zwei, bei *Apus* zu geringelten Fäden umgewandelten Furcalstücke ausgezeichnet ist; dagegen haben alle Branchiopoden vier (selten fünf) Kopfsegmente, welche zwei Paar Antennen, ein Paar Mandibeln, ein (selten zwei) Paar Maxillen tragen. Wo Mantelfalten vorhanden sind, bilden sie nur selten ein unpaares Rückenschild über den in dorsoventraler Richtung abgeplatteten Körper (Fig. 377); gewöhnlich ist der Körper in querer Richtung zusammengedrückt und in einer linken und rechten Schalenklappe geborgen (Fig. 375).

Die innere Organisation ist wesentlich höher als die der Copepoden. Zu dem oft rudimentären unpaaren Naupliusauge gesellt sich das paarige zusammengesetzte Auge; der Darm ist mit zwei (manchmal verästelten) Leberblindschläuchen ausgerüstet, den „Leberhörnchen“; dorsal vom Darm liegt stets das Herz, bei den segmentreichen Formen ein langer Schlauch mit vielen seitlichen Ostien, bei den gedrungenen *Cladoceren* dagegen ein Säckchen mit nur einem Ostienpaar. Sehr groß ist ferner die Schalendrüse.

Bei der Fortpflanzung unterscheidet man Sommer- und Wintereier. Die Sommer- oder Subitaneier bilden nur einen Richtungskörper und entwickeln sich parthenogenetisch; die Wintereier dagegen, welche stets beide Richtungskörper abschnüren, bedürfen der Befruchtung, wenn sie nicht zugrunde gehen sollen. Die parthenogenetischen Sommereier sind dünnchalig und werden meist in besonderen Bruträumen des Weibchens eingeschlossen; ihre Embryonen kriechen nach verhältnismäßig kurzer Zeit aus. Die Wintereier dagegen sind mit harten Schalen umgeben, werden abgelegt und bedürfen langdauernder Ruhe; sie können eintrocknen und einfrieren, ohne die Keimfähigkeit zu verlieren, und können noch nach Jahren, unter günstige Bedingungen gebracht, junge Tiere liefern. Für manche Arten ist es sogar erwiesen, daß Eintrocknen und Einfrieren zu den für die Entwicklung nötigen Vorbedingungen gehören. So erklärt sich, weshalb in Tümpeln und Pfützen, die jahrelang unbelebt waren, plötzlich die großen *Apus* in überraschenden Mengen auftreten können. Die merkwürdige Fortpflanzungsweise der *Branchiopoden* wird verständlich, wenn wir bedenken, daß dieselben vorwiegend Süßwasserbewohner sind; die Wintereier schützen die Existenz der Art während der ungünstigen Zeit der Dürre und des Frostes; die Sommereier haben den Zweck, die günstigen Bedingungen des Frühjahrs und des Sommers zu rascher Vermehrung und Ausbreitung der Art zu benutzen. Durch diese Regelung der Fortpflanzungsweise ist es dahin gekommen, daß bei allen *Branchiopoden*, besonders bei den Gattungen *Apus* und *Artemia*, die Männchen äußerst spärlich sind oder nur periodisch auftreten (*Cladoceren*). Die Bildung von Wintereiern und das Auftreten von Männchen ist übrigens keineswegs an den Beginn der kalten Jahreszeit gebunden, sondern erfolgt aus inneren Ursachen (veränderte Ernährung der Eizellen), deren Eintritt allerdings durch ungünstige äußere Existenzbedingungen gefördert werden kann. „Wintereier“ (besser Dauereier) können daher auch im Sommer auftreten.

I. Unterordnung. Die *Phyllopoden*, *Blattfüßler*, sind segmentreiche, meist mehrere Zentimeter große Tiere mit langgestrecktem Herzen und

deutlichen Kiemenblattfüßen, welche zu einer halb schwimmenden, halb kriechenden Bewegung dienen, während die zweite Antenne nicht zur Fortbewegung benutzt wird und rückgebildet sein kann (*Apus*). Die Tiere gewinnen ein ganz verschiedenes Aussehen, je nach dem Vorhandensein und der Beschaffenheit der Mantelfalten. 1. Die *Branchiopoden* haben einen nackten Körper ohne jegliche Mantelduplikatur und gestielte Augen (Fig. 376), *Branchipus stagnalis* L., 1—2 cm groß in Bächen und Tümpeln, *Artemia salina* L. in Salzlachen. — 2. Die *Apodiden* (Fig. 377) haben eine breite Rückenfalte, welche den dorso-ventral abgeplatteten Körper zum größten Teil von oben zudeckt; *Apus* (*Triops*) *cancriformis* Bosc., der größte Phyllopoide des Süßwassers, 3 cm lang ohne die Schwanzfäden. — 3. Die *Estheriden* besitzen eine rechte und linke Schale, welche den in querer Richtung zusammengepreßten Körper samt Kopf umhüllen. *Limnadia lenticularis* L.

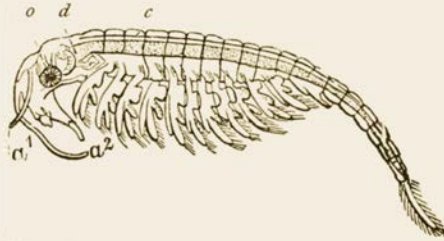


Fig. 376. *Branchipus stagnalis* (nach Leunis-Ludwig). a^1 erste, a^2 zweite Antenne, o Facettenauge, d Darm, c Herz.

II. Unterordnung. *Cladoceren*. Wie bei den *Estheriden*, ist auch der Körper der sehr viel kleineren segmentärmeren *Cladoceren* in eine Art Muschelschale eingeschlossen (Fig. 375). Die betreffende, vom Kopf entspringende, denselben aber nicht umschließende Mantelfalte ist bei vielen Cladoceren sehr klein und reicht wie eine Kapuze nur über die ersten Segmente, so daß man kaum von Schale reden kann; bei anderen ist sie nach rückwärts über den ganzen Körper ausgedehnt und in der medianen Rückenlinie durch eine scharfe, in einen Stachel auslaufende Knickung in eine linke und rechte Schalenklappe abgeteilt, welche auf der ventralen Seite vom Kopf durch eine Kerbe abgegrenzt wird. Am Grund dieser Kerbe erheben sich die starken Ruderantennen, welche mit ihrem reich behaarten Außen- und Innenast das Schwimmen besorgen. Unter der schnabelförmigen Spitze des Kopfes findet man die kleinen ersten Antennen, die als Träger von Riechborsten — beim Männchen auch eines oder mehrerer zum Festhalten des Weibchens bestimmter Haken — dienen. Die Brustbeine dienen zur Atmung und zur Nahrungsaufnahme. Bei vielen Cladoceren, besonders den Daphniden, bilden sie zu letzterem Zweck einen komplizierten Pump- und Reusenapparat, durch den kleine planktonische Organismen (Nannoplankton) dem Munde zugeführt werden. Ein im Nacken vorhandener Drüsenapparat funktioniert bei vielen Arten als Haftorgan. Auf die Anwesenheit der Schale sind wohl die meisten übrigen Merkmale der Cladoceren zurückzuführen: die gedrungene Beschaffenheit des segmentarmen Körpers, womit wiederum die Säckchenform des lebhaft pulsierenden Herzens zusammenhängt, die unpaare Beschaffenheit des

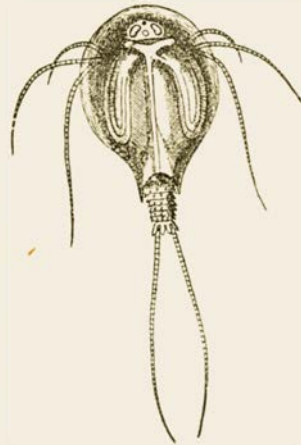


Fig. 377. *Apus cancriformis* (nach Leunis-Ludwig); der größte Teil der Segmente von einer unpaaren Rückenfalte zugedeckt.

zusammengesetzten Auges, welches aus Verschmelzung einer linken und rechten Anlage entsteht und demgemäß dauernd von einem linken und rechten Opticus versorgt wird. Das durch Einstülpung in eine dünnwandige Kapsel eingeschlossene, bewegliche Auge hat Kristallkegel, aber keine Chitinlinsen.

In den weiblichen Geschlechtsorganen liegen die jungen Eier in Gruppen von vier zusammen (Fig. 375). Aus jeder solchen Gruppe oder einem Eifach entwickelt sich nur ein Ei weiter, die anderen gehen zugrunde und dienen jenem zur Nahrung. Noch größere und dotterreichere Eier entstehen, wenn mehrere (2—12) Fächer zu einem Ei verschmelzen. Die nur aus einem Eifach entstehenden Eier sind die relativ dotterarmen Sommererier; die Eier, zu deren Aufbau mehrere Eifächer verbraucht werden, sind die viel größeren Wintererier. Bei allen Cladoceren dient der Raum zwischen Rücken des Tieres und Schale als Brutraum. Indem derselbe durch Anpressen eines Vorsprunges nahe dem hinteren Ende des Körpers gegen das Schalengewölbe fest geschlossen wird, ist sogar eine Ernährung der Brut durch Eiweißausscheidung der Mutter ermöglicht. Auch die Wintererier verweilen, ein bis zwei an der Zahl, bei vielen Arten, wenn auch nur kurze Zeit, im Schalenraum, um außer der eigenen festen Schale oft noch mit einer weiteren Hülle, dem Ephippium, versehen zu werden. Letzteres wird durch eine Häutung der beiden Schalenklappen erzeugt, welche zuvor auf ihrer Außenseite durch zwei derbe Chitinplatten verstärkt worden sind. Sie sind im abgeworfenen Ephippium wie zwei

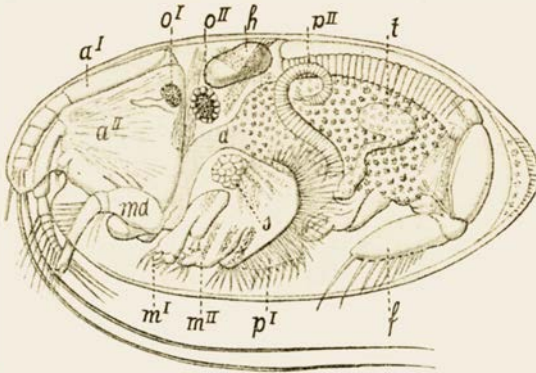


Fig. 378. Männchen von *Cypridina mediterranea* (nach Claus). o^I unpaares Auge, o^{II} Facettenauge, h Herz, t Hoden, f Furca. a^I erste, a^{II} zweite Antenne, md Mandibel, m^I , m^{II} die beiden Maxillen; p^I erster Fuß, p^{II} Putzfuß, d Darm, s Schließmuskel.

Uhrgläsern gegeneinander gepreßt; der von ihnen umschlossene Raum wird zum größten Teil vom Ei erfüllt, im übrigen von zelligen Wandungen, die sich mit Luft füllen und eine Art Schwimmgürtel bilden. Eintrockneter Schlamm, in welchem

Ephippien enthalten sind, ist geeignet, um Cladocerenkulturen anzusetzen. Durch den Schwimmgürtel getragen, gelangen die Eier an die Wasseroberfläche und finden so

günstige Entwicklungsbedingungen. — Cladoceren mit gut entwickelter Schale sind die *Daphniden*: *Daphnia pulex* de Geer (Fig. 375). Bei den *Polyphemiden* dagegen ist die Schale rudimentär und nur als Brutraum von Bedeutung. *Bythotrephes longimanus* Leid., *Leptodora hyalina* Lillj., ein lichtscheuer, nur nachts in großen Schwärmen an der Oberfläche erscheinender Süßwasserbewohner.

III. Ordnung. Ostracoden, Muschelkrebse.

Die *Ostracoden* (Fig. 378) haben mit den *Estheriden* und *Cladoceren* das Gemeinsame, daß ihr Körper von einer linken und rechten

Schale umschlossen ist; dieselbe ist in ganz überraschender Weise muschelähnlich; geschlossen bedeckt sie nicht nur den Rumpf, sondern auch den Kopf samt den Antennen; beim Schwimmen treten am deutlichsten die letzteren zwischen den Schalenrändern hervor. Der Schalenschluß wird durch querverlaufende Adductoren vermittelt, denen ein dorsales, elastisches Ligament entgegenwirkt. Genügen die Schalenmerkmale schon zur Unterscheidung der *Ostracoden* von *Estheriden* und *Daphniden*, so wird dieselbe noch weiterhin durch die Extremitäten begründet. Die vorderen, einästigen und hinteren, häufig zweiästigen Antennen dienen beide zum Schwimmen oder Kriechen und sind nach abwärts gebogene, reich gegliederte und reich mit Borsten versehene Fäden. Die nun folgenden Extremitäten (Mandibel, Maxille und drei Beine) haben fast jede ihre besondere Struktur und sind auch, von Gattung zu Gattung verglichen, sehr verschieden gestaltet; variabel ist auch der innere Bau der Tiere. Die meisten Arten sind von geringer Körpergröße; nur die Tiefseeform *Gigantocypris agassizi* wird 23 mm lang.

IV. Ordnung. Cirripedien, Rankenfüßler.

Von allen übrigen Crustaceen weichen die *Cirripedien* dadurch ab, daß sie die freie Ortsbewegung aufgegeben haben und nach Art der *Brachiopoden* festgewachsen sind. Zur Ansiedelung benutzen die Tiere mit Vorliebe Felsen, Holzpfähle und Tange im Bereiche der Ebbe- und Flutbewegung oder auch, wenn sich die Gelegenheit dazu bietet, die Körper anderer Tiere, die Gehäuse von Schnecken und Muscheln oder die Panzer von Krebsen; manche Arten sind sogar an ein ganz bestimmtes Tier als Aufenthaltsort gebunden, wie die auf Walfischen lebenden *Coronulen* und *Tubicinellen*, ein Raumparasitismus, der sich bei *Anelasma squalicola* und den *Rhizocephalen* zu einem ganz ausgeprägten Parasitismus steigert, indem das Wohntier zugleich zum Zweck der Ernährung ausgesaugt wird. Die Anheftung erfolgt mit dem Rücken ganz in der Nähe des vorderen Kopfendes; die vorderen Antennen bedingen die erste Befestigung, die eine dauernde wird, indem eine an ihrer Basis mündende Zementdrüse einen rasch erhärtenden Kitt liefert. Die bei den *Balaniden* (Fig. 381) zu einer Platte verbreiterte Anheftungsstelle ist bei den *Lepadiden* (Fig. 114, 379) zu einem langen Stiel ausgezogen.

Die festsitzende Lebensweise liefert uns das Verständnis für die meisten übrigen Eigentümlichkeiten der Cirripedien. Da festsitzende Tiere ein viel höheres Schutzbedürfnis haben als Tiere, welche sich den Feinden durch die Flucht entziehen können, finden wir nicht nur wie bei den *Ostracoden* linke und rechte den Körper allseitig umhüllende Schalen, sondern in der Regel in diesen noch besonders erhärtete Kalkplatten, die man *Scuta* und *Terga* nennt (Fig. 114, 381, s, t), erstere dem Kopf, letztere dem hinteren Ende benachbart. Dazu kommen noch weitere Teile, die der dorsalen Nahtlinie der Ostracodenschale entsprechen. Bei den gestielten *Lepadiden* findet sich ein unpaares, kahntartiges Stück, die *Carina* (c), selten noch weitere Stücke, unter ihnen das vor dem Stiel gelegene, ebenfalls unpaare *Rostrum*. Bei den ungestielten *Balaniden* sind *Rostrum* und *Carina* nicht nur kräftiger geworden, sondern es sind auch im Zwischenraum zwischen ihnen paarige Stücke, die *Lateralialia*, eingeschaltet. *Lateralialia*, *Rostrum* und *Carina* erheben sich wie Zinnen einer Mauerkrone von einer gemeinsamen Kalkbasis und bilden eine Kapsel, deren oberer Zugang durch einen zweiklappigen Deckel, die *Scuta* und *Terga* der linken und rechten Seite, vollkommen geschlossen werden kann.

Werden die beiden Klappen des Deckels geöffnet, so klappt zwischen ihnen ein weiter Spalt, durch den man an den Körper des Tieres gelangt. Dieser hat bei *Lepadiden* und *Balaniden* im wesentlichen denselben Bau; ventralwärts stark zusammengekrümmt, so daß die Mundöffnung der Afteröffnung genähert ist, trägt er meist sechs Paar Rankenfüße (Fig. 379), die bei geöffneter Schale sich weit auseinander breiten und, indem sie zeitweilig zusammenschlagen, einen lebhaften, Nahrung zur Mundöffnung leitenden Strudel unterhalten. Die Rankenfüße sind Spaltfüße mit geringeltem und dichtbehaartem Innen- und Außenast; zwischen ihnen verlängert sich das Abdomen in einen langen Penis. Von anderweitigen Extremitäten erhalten sich die vorderen Antennen, die Mandibeln und zwei Paar Maxillen.

Fig. 379.

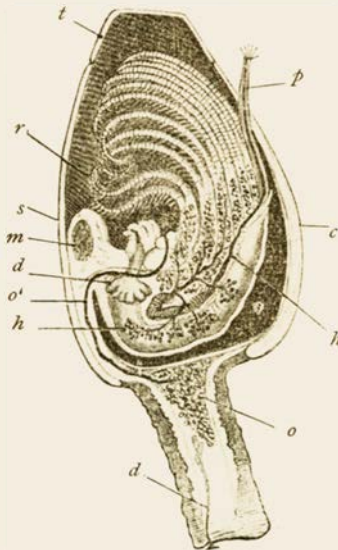


Fig. 380.

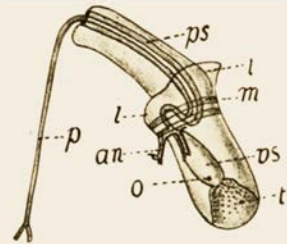


Fig. 381.

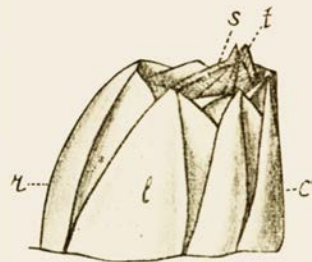


Fig. 379. Bau einer Lepadide, rechte Schale und Körperhaut entfernt, *s* Scutum, *t* Tergum, *c* Carina, *m* Muskel zum Schließen der Schale, *r* Rankenfüße, *p* Penis, *l* Leberanhänge des Darms, *o* Ovar, *o'* Oviduct, *h* Hoden, *h'* Vas deferens, *d* Zementdrüse mündet an der Basis der 1. Antenne (nach Claus).

Fig. 380. Männchen von *Aleippe lampas*, *an* Antenne, *l* Mantellappen, *m* Muskeln, *o* Ocellus, *p* Penis, *ps* Penisscheide, *t* Hoden, *vs* Samenblase.

Fig. 381. Gehäuse von *Balanus Hameri* (aus Lang nach Darwin). *r* Rostrum, *l* Lateralia, *c* Carina, *s* Scuta, *t* Terga.

In der inneren Anatomie fällt vor allem auf, daß mit wenigen Ausnahmen die *Cirripedien* im Gegensatz zu den meisten *Crustaceen* und auch den meisten übrigen *Arthropoden* hermaphrodit sind, was wohl damit im Zusammenhang steht, daß die sitzende Lebensweise zuweilen Selbstbefruchtung nötig macht. Die Hoden liegen im Körper selbst, die Ovarien bei den *Lepadiden* im Stiel, bei den *Balaniden* in der Basalplatte. Trotz des Hermaphroditismus finden sich Einrichtungen, um eine Selbstbefruchtung möglichst zu vermeiden, der lange Penis und das gehäufte Zusammenleben der Tiere. Ferner finden sich für den Fall, daß gekreuzte Befruchtung irgendwie verhindert ist, bei manchen hermaphroditen Arten die allen gonochoristischen Cirripedien zukommenden Zwerg-

männchen (Fig. 380). In der Gattung *Scalpellum* sind alle sich hieraus ergebenden Möglichkeiten durchgeführt; es gibt rein hermaphrodite Arten, hermaphrodite Arten mit Zwergmännchen, endlich gonochoristische Arten. Die Männchen sind sehr kleine Tiere mit äußerst vereinfachter Organisation; sie leben in der Mantelhöhle der Weibchen nahe der Geschlechtsöffnung. Der ungegliederte Körper ist mit den Antennen fest verankert und in einen Sack, die weichhäutig gewordene Schale, eingeschlossen, an welcher noch Reste von Schalenplatten erhalten sein können. Aus der Öffnung des Schalensacks tritt der lange Penis hervor. Da die äußere Erscheinung der Cirripeden mehr an die Muscheln erinnert, ist es begreiflich, daß früher selbst wissenschaftliche Zoologen die Tiere für *Mollusken* hielten. Klarheit verschaffte auch hier wieder die Entwicklungsgeschichte; diese lehrte, daß aus den Eiern ein großer Nauplius hervorkommt, welcher sich nach einiger Zeit in ein Tier mit zweiklappiger Schale verwandelt, das

Fig. 382.

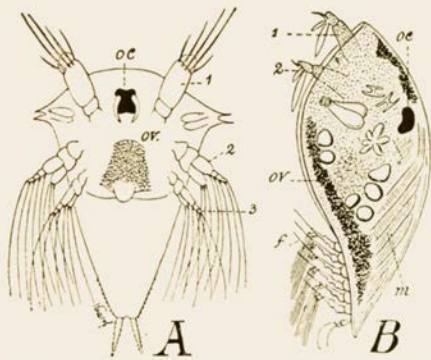


Fig. 383.

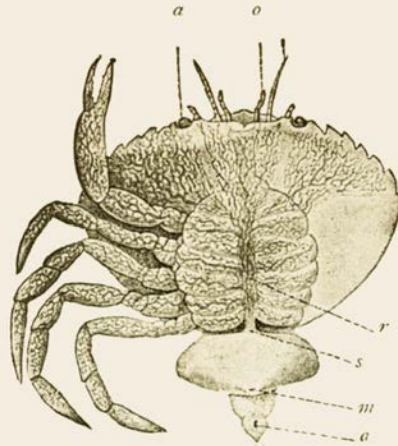


Fig. 382. Nauplius- und Cyprisstadium von *Sacculina carcini*. 1 erste Antenne, 2 zweite Antenne, 3 Mandibel, oc Naupliusauge, ov Ovarialanlage, m Muskeln, f Rankenfüße (Fig. 382 und 383 nach Delage).

Fig. 383. *Sacculina carcini*, befestigt an *Carcinus maenas*, dessen Abdomen zurückgeschlagen ist. m Schalenöffnung, s Stiel, r Wurzelgeflecht, welches die Eingeweide des Wirts umspinnt, die Kiemenregion freilassend; a Antenne, o Auge, d After der Krabbe.

an die Ostracoden erinnernde Cyprisstadium. Die mit zwei Facettenaugen ausgestattete Cyprislarve setzt sich fest, verliert die Facettenaugen und behält nur das Naupliusauge.

I. Unterordnung. *Lepadiden*. Cirripeden mit Stiel; Schale hauptsächlich von Scuta, Terga und Carina gebildet, zu denen bei den Gattungen *Pollicipes* und *Scalpellum* noch ein Rostrum und kleine Lateralia kommen können. *Lepas anatifera* L., Entenmuschel. Der deutsche Name nimmt Bezug auf eine Sage des Mittelalters. Da die Tiere sich hauptsächlich an Pfählen oder an Pflanzen festsetzen, hielt man sie für Auswüchse oder Früchte derselben; da ferner die Schale wegen der fiedrigen Extremitäten ihrer Einwohner mit einem Ei, in dem ein Vogelembryo liegt, einige Ähnlichkeit hat, deutete man die vermeintlichen Pflanzenfrüchte für die Eier der Bernikelgans, *Branta bernicla* L., und zog die vorübergehend für die Fastenvorschriften wichtige Konsequenz, daß die Bernikelgänse keine Tiere

seien, da sie aus Eiern stammen, die als Früchte an Bäumen reifen. *Anclasma squalicola* Lov. ist ein weichhäutiger Cirriped, der auf Haien schmarotzt und zu den *Rhizocephalen* überleitet.

II. Unterordnung. *Balaniden*. Cirripedien ohne Stiel, Skelett eine Kapsel, aus Rostrum, Carina und Lateralia gebildet, über deren Öffnung sich Scuta und Terga als Deckel legen. *Balanus tintinnabulum* L., in zahlreichen Varietäten in allen Meeren vertreten. *Coronula balaenaris* L. siedelt sich auf der den Parasiten unwachsenden Walfischhaut an.

III. Unterordnung. *Rhizocephaliden*. Die Rhizocephalen — *Sacculina carcini* Thomps. auf *Taschenkrebse*n, *Peltogaster paguri* Rathke auf *Einsiedlerkrebse*n — (Fig. 383) weichen so sehr von allen Cirripedien ab, daß sie eine gesonderte Besprechung verlangen; sie sitzen auf der

Fig. 384.

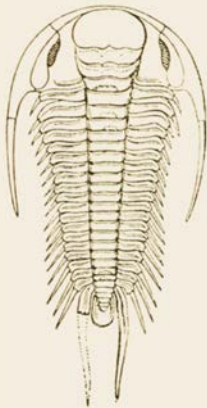
Fig. 384. *Paradoxides bohemicus* (aus Zittel).

Fig. 385.

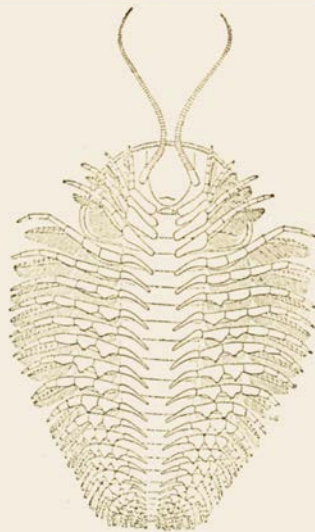


Fig. 385. *Triarthrus Becki* Green, von der Bauchseite aus gesehen, restauriert und schematisiert (nach Beecher). Am Kopf ein Paar geringelte Antennen und vier Paar zum Kauen dienende Spaltfüße, von denen der erste der II. Antenne, der zweite der Mandibel, der dritte und vierte den beiden Maxillen entsprechen. Rumpf mit Spaltfüßen versehen.

Bauchseite von Krabben und Einsiedlerkrebse fest und dringen an der Grenze von Abdomen und Cephalothorax in letzteren mit ihrem Stiel ein; mit reichlichen, an Wurzeln erinnernden Verästelungen des Stiels durchsetzen sie die Organe, besonders die

Leber des Wirts, welche sie aussaugen. Da die Ernährung durch den Stiel vermittelt wird, fehlt der Darm vollständig; der Körper, ein querovaler Sack ohne Gliederung und ohne Extremitäten, ist im wesentlichen von den voluminösen Geschlechtsorganen erfüllt und wird von einem weichhäutigen Mantel umschlossen, welcher das Äquivalent der Cirripedienschale ist; aus der Schalenpalte ist eine kleine Öffnung geworden, die man leicht irrtümlich für den Mund halten kann. In der Mantelhöhle liegen, in Gallertplatten verpackt, die Eier. Da keines der für die Arthropoden charakteristischen Merkmale sich erhält, kann die systematische Stellung der *Rhizocephalen* nur durch die Entwicklungsgeschichte ermittelt werden. Die aus der Mantelöffnung ausschließenden Larven sind Nauplien; sie durchlaufen das Cyprisstadium und dringen unter Verlust des Hinterkörpers und der Extremitäten in das Innere ihres Wirts ein; erst später kommen sie mit ihrem Körper wieder auf der Oberfläche zum Vorschein (Fig. 382, 383).

Von den typischen *Cirripedien* weichen erheblich kleine im Mantel und den Schalen von Cirripedien und Muscheln parasitierende Formen ab,

welche man in den weiteren Unterordnungen der *Abdominalia* (*Alcippe lampas* Hanc.) und *Apodes* (*Proteolepas bivincta* Darw.) zusammenfaßt, ferner die in *Anthozoen* und *Echinodermen* lebenden *Ascothoraciden*.

V. Ordnung. Trilobiten oder Paläaden.

Den recenten *Entomostraken* reihen wir die ausgestorbenen *Trilobiten* oder *Paläaden* an, im Stamm der *Arthropoden* bei weitem die wichtigsten Fossilien; sie beginnen im Cambrium, treten in enormen Mengen von Individuen, Arten und Gattungen im Silur auf und sterben allmählich im Devon und Carbon aus; nur wenige Arten finden sich noch im Perm. Der Körper (Fig. 384) besteht aus dem Kopf und dem häufig mit Seitenstacheln besetzten Rumpf. Letzterer ist deutlich in Segmente gegliedert, deren Zahl bei jungen Tieren sehr gering ist, im Laufe des Wachstums aber eine Vermehrung (bei einzelnen Arten auf 10—29) erfährt. Das letzte, durch besondere Gestalt ausgezeichnete Segment heißt Pygidium. Links und rechts von der Mittellinie verlaufen zwei Längsfurchen und teilen ein Mittelstück von zwei Seitenstücken ab, sowohl am Kopf (Glabella und zwei Genae), als auch am Rumpf (Rhachis und zwei Pleurae). Auf den Genae liegen zwei gewöhnlich vorzüglich erhaltene Facettenaugen,

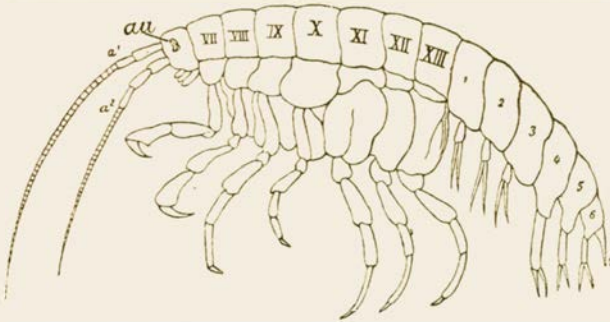


Fig. 386. *Amphithoe* (aus Gerstäcker). a^1 erste, a^2 zweite Antenne, VII—XIII die 7 freien Thoraxsegmente, 1—7 die Abdominalsegmente, *au* Auge.

welche jedoch bei manchen Arten fehlen. Obwohl man Hunderte von Arten in zahlreichen, auf der Rückenseite vortrefflich erhaltenen Versteinerungen kennt, war man doch lange über die Beschaffenheit der Bauchseite und der Extremitäten im unklaren. Diese Teile müssen sehr zart gewesen sein, womit es übereinstimmt, daß man manche *Trilobiten* wie Igel eingekugelt findet. Immerhin ist es gelungen, an Exemplaren von *Triarthrus Becki* aus dem Ober-Silur (Utica-Schiefer von Nordamerika) sich eine Vorstellung vom Bau der Extremitäten zu bilden. Dieselben sind stark behaarte Spaltfüße an sämtlichen Rumpfsegmenten (Fig. 385). Von den fünf Extremitäten des Kopfes sind die vier hinteren ebenfalls Spaltfüße; doch sind ihre basalen, im Umkreis des Mundes gelegenen Stücke zu Kauladen umgewandelt; sie entsprechen den zweiten Antennen, den Mandibeln und den zwei Paar Maxillen. Nur die erste Antenne ist, wie bei allen *Crustaceen*, einreihig und besteht aus Schaftglied und Geißelanhang. Dem Gesagten zufolge sind die *Trilobiten* ungemein primitive Formen, primitiver als irgendwelche lebenden Arten; sie stehen zwischen *Copepoden* und *Branchiopoden*. Mit ersteren teilen sie die Beschaffenheit der Extremitäten, besonders der Mundgliedmaßen, mit letzteren die Gestalt und Gliederung

des Körpers (variable Segmentzahl) sowie die Beschaffenheit der Augen. *Paradoxides bohemicus* Barr. (Fig. 384); *Triarthrus Becki* Green (Fig. 385).

II. Unterklasse.

Malacostraken.

Wie wir gesehen haben, stimmen alle *Malacostraken* darin überein, daß sie als ausgebildete Tiere (mit Ausnahme der *Asseln* und *Stomatopoden*) anstatt der Schalendrüse, welche häufig bei der Larve noch erhalten ist, die Antennendrüse besitzen, daß die Geschlechtsorgane beim Weibchen am 11. Segment, beim Männchen am 13. Segment münden, daß vor allem die Gesamtzahl der Segmente normalerweise 20 beträgt, von denen 7 dem Abdomen angehören. Die lokomotorischen Gliedmaßen des Thorax (Pereiopoden) haben zumeist (mit Ausnahme der *Schizopoden*, *Euphausiaceen*, *Stomatopoden* und mancher *Garneelen*) den Spaltfußcharakter verloren und sind Gangbeine geworden, welche nicht selten an einzelnen Paaren Scheren tragen. Doch wird dann sehr häufig (die meisten *Decapoden*) der Schwimmfußast wenigstens im

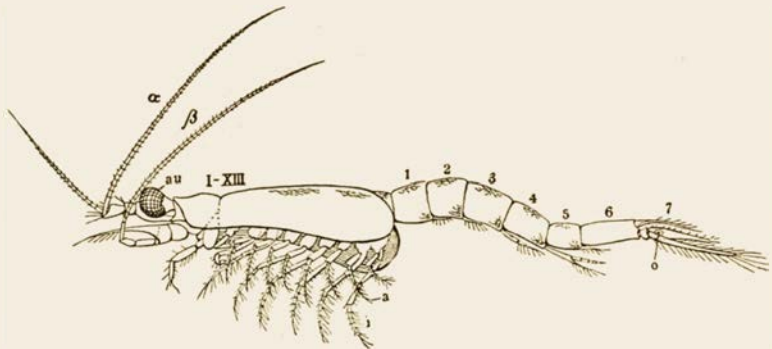


Fig. 387. *Mysis relicta* (aus Gerstäcker). α erste, β zweite Antenne, *au* Auge, *o* Statocyste, *a* Außenast, *i* Innenast der Schwimmfüße, I—XIII die 13 Segmente des Cephalothorax, 1—7 die 7 Abdominalsegmente.

Larvenleben bewahrt. Die Abdominalextrimitäten (Pleopoden) sind dagegen fast stets und dauernd Spaltfüße, selbst bei *Isopoden* und *Amphipoden*, deren Pereiopoden auch während der Entwicklung keinen Schwimmfußast anlegen. Da das letzte Abdominalsegment weder ein eigenes Ganglienpaar noch Extremitäten besitzt, wird es vielfach nicht als Segment anerkannt und als Telson bezeichnet. Auch die Extremitäten des 6. Segments haben einen besonderen Namen erhalten „Uropoden“, weil sie zumeist sich von den übrigen Pleopoden unterscheiden, lamellöse Beschaffenheit besitzen und mit dem Telson den Schwanzfächer bilden. Derselbe ist dann ein kräftiges Ruderorgan, dessen Mitte vom Telson, dessen Seitenteile von dem verbreiterten Außen- und Innenast der Uropoden gebildet werden.

Innerhalb der Malacostraken unterscheidet man hauptsächlich zwei Gruppen, die **Arthrostraken** oder **Edriophthalmen** (Fig. 386) und die **Thoracostraken** oder **Podophthalmen** (Fig. 387). Dazu fügen viele Zoologen als eine dritte, wenige Arten enthaltende Gruppe die **Leptostraken**. Die beiden Hauptgruppen charakterisiert man am besten, wenn man sie einander gegenüberstellt und von den genannten Namen ausgeht.

Die Namen *Arthrostraken* und *Thoracostraken* beziehen sich auf die Anordnung der 13 ersten Segmente. Bei den *Thoracostraken* (Fig. 387) ist ein Cephalothorax vorhanden, indem entweder sämtliche Brustsegmente oder doch der größere Teil derselben mit dem Kopf zu einem unbeweglichen, fest gepanzerten Stück verbunden sind. Bei den *Arthrostraken* dagegen (Fig. 386) sind sieben Thoraxsegmente selbständig geblieben und verleihen dem Körper ein auffallend deutlich geringeltes Aussehen, während die sechs ersten Segmente des Körpers zu dem kleinen Kopfabschnitt verschmolzen sind.

Die mit der Bildung des Cephalothorax im Zusammenhang stehende geringere Beweglichkeit des vorderen Körperabschnittes hat vielleicht zu dem zweiten systematisch wichtigen Merkmal geführt; bei den *Thoracostraken* werden die beiden zusammengesetzten Augen von langen Stielen getragen, welche wie Extremitäten in einem Gelenk beweglich mit dem Kopf verbunden sind und daher früher allgemein und auch neuerdings wieder von vielen Zoologen für präantennale Extremitäten gehalten werden. Der gestielten Augen wegen heißen die Thoracostraken *Podophtthalmen*, während man die Arthrostraken *Edriophtthalmen* nennt, weil ihre zusammengesetzten Augen in gleicher Ebene mit der Umgebung liegen. Auch die beiden Antennen der Podophtthalmen haben ihre Besonderheiten, indem sie oft ein bis drei geringelte Anhänge (Geißeln) tragen, die zweite Antenne oft noch eine Schuppe.

Der Gegensatz zwischen *Thoracostraken* und *Arthrostraken* verliert an Schärfe durch die Existenz der *Cumaceen*, welche den Anfang zur Bildung des Cephalothorax, aber keine gestielten Augen besitzen. Es sind nächtliche, im Sande lebende Tiere (*Diastylis stygia* Sars.). — Noch wichtiger für die phylogenetische Beurteilung der Crustaceen sind die *Nebalien* (*Nebalia bipes* O. Fabr.), welche auf der Grenze der *Entomostraken* und *Malacostraken* stehen und in der Neuzeit als **Leptostraken** zu einer den *Thoracostraken* und *Arthrostraken* gleichwertigen Abteilung erhoben werden. Die Gesamtzahl (13) der Segmente des mit einem Rostrum versehenen Kopfes (5) und des Thorax (8), desgleichen die Ausmündungsstelle der Geschlechtsorgane weisen auf eine nähere Verwandtschaft mit den Malacostraken hin; dagegen erinnern die lamellosen Brustfüße an die Branchiopoden. Von den 8 Abdominalsegmenten tragen die 4 ersten Spaltfüße, die 2 folgenden nur noch Fußstummeln; das letzte endet mit einer Furca, was ein charakteristisches Merkmal der *Entomostraken* ist. Beim Studium der inneren Anatomie fällt die gleichzeitige Anwesenheit der Antennendrüse und der allerdings rudimentären Schalendrüse auf, ferner der Bau des langgestreckten Herzens, welches sich durch Thorax und Abdomen hinzieht und so einen indifferenten Ausgangspunkt bildet für die so verschiedenartige Lage des Herzens bei *Amphipoden* und *Isopoden*. Eine zweiklappige Rückenfalte deckt den Thorax und den Anfang des Abdomens. — Eine sehr merkwürdige Form ist endlich auch in einem Teich Tasmaniens (über 1000 m hoch) entdeckte *Anaspides Tasmaniae* Thomps.; derselbe ist ein echter *Malakostrake* in Körpergliederung (5 Kopf-, 8 Thoracal-, 7 Abdominal-Segmente) und in der Mündung der Geschlechtsorgane, der weiblichen am 11., der männlichen am 13. Segment; er erinnert an die *Thoracostraken*, besonders die *Schizopoden* durch den Spaltfußcharakter der Thoracalfüße, die Beschaffenheit des Schwanzfächers und die gestielten Augen; *arthrostraken*-ähnlich ist er, insofern alle Thoracalsegmente vom Kopf völlig getrennt bleiben.

Speziell mit den *Dekapoden* teilt er die Lage der Statocyste in der ersten Antenne, mit den *Amphipoden* die thoracalen Kiemenlamellen. Die Gattung *Anaspides* und die ihr nahestehenden Gattungen *Paranaspides*, *Konunga* und *Bathynella* werden mit einigen paläozoischen Formen unter dem Namen **Anomostraca** zusammengefaßt.

I. Legion.

Edriophthalmen und Arthrostraken.

Trotzdem der Kopfabschnitt der *Edriophthalmen* aus sechs Segmenten besteht, ist er ein auffallend kurzes Stück, welches ein Paar sitzende zusammengesetzte (durch Teilung ab und zu in zwei oder drei Paar zerlegte) Augen und sechs Paar Extremitäten trägt, nämlich: zwei Paar fadenförmige Antennen, ein Paar Mandibeln, zwei Paar Maxillen und ein Paar Pedes maxillares. Die Kieferfüße bilden, indem sie in der Mittellinie dicht zusammengedrückt sind, den Abschluß des Kopfes. Die auf den Kopf folgenden, scharf gegeneinander gesonderten sieben Thorax-

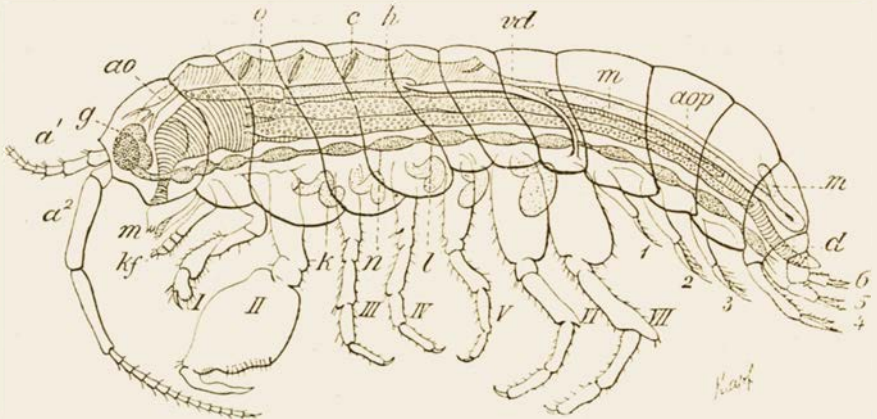


Fig. 388. Männchen von *Orchestia cavimana* (nach Nebeski). c Herz mit Ostien, ao vordere, aop hintere Aorta, o rudimentäres Ovar, h Hoden, vd Vas deferens, d Darm, m Malpighisches Gefäß, l Leberschläuche, g Hirnganglion mit Auge, n Bauchmark, k Kiemen, a^1 erste, a^2 zweite Antenne, m Mandibel, kf Kieferfuß, I—VII Beine des Thorax, 1—3 vordere, 4—6 hintere Abdominalfüße.

segmente sind mit Gangbeinen ausgerüstet, welche mit kräftigen Klauen oder Scheren enden. Ein Schwimmfußast wird an ihnen in der Regel nicht mehr angelegt. Dagegen sind die sechs Paar Pedes spurii des Abdomens Spaltfüße. Extremitätenlos ist das letzte Abdominalsegment, welches bei den *Isopoden* mit dem vorhergehenden verschmelzen kann, wie denn überhaupt Segmentverschmelzungen im Bereich des Abdomens vorkommen.

Was die innere Anatomie anlangt (Fig. 388), so ist das Nervensystem interessant, weil es in auffallend klarer Weise den Bau eines Strickleiternnervensystems veranschaulicht (Fig. 74). Der Darm ist ein geradegestrecktes Rohr mit einer als Kaumagen dienenden Anschwellung am Ende des Osophagus. In den Darm münden zweierlei Drüsen, einige Leberschläuche dicht hinter dem Kaumagen, außerdem bei den *Amphipoden* zwei exkretorische (?) Kanäle in den Enddarm. Atmungs- und Zirkulationsorgane sind verschieden und ermöglichen zwei Ordnungen

einander gegenüberzustellen, die schon nach ihrer Körpergestalt leicht zu unterscheidenden *Amphipoden* und *Isopoden*.

I. Ordnung. Amphipoden, Flohkrebse.

Die Amphipoden sind ausschließlich Wasserbewohner, die im Süßwasser vor allem durch den in Bächen an Wasserpflanzen und unter Steinen lebenden *Gammarus pulex*, im Meer durch die *Phronimen*, *Caprellen* usw. vertreten werden (Fig. 386, 388). Ihre Bewegungen sind lebhaft hüpfend, wobei ihnen die Gestalt des Körpers zugute kommt, welcher von links nach rechts etwas zusammengedrückt und über den Rücken stark gewölbt ist. Beim Schwimmen wird das Abdomen abwechselnd gegen die Brust eingeschlagen und kräftig gestreckt.

Die basalen Enden der Thoracalfüße sind oft zu schützenden ansehnlichen „Epimeralplatten“ verbreitert; einige von ihnen tragen nach innen zarthäutige Kiemenplatten oder Kiemensäcke (Fig. 389 *br*), ein Lieblingsstz vieler Infusorien und Rotatorien, da sie beständig von frischem Wasser umspült werden. Beim Weibchen treten hierzu noch weiter die Brutplatten (*brl*), feste Chitinlamellen, die von links und rechts unter dem Bauch zusammenneigen und vermöge ihrer Krümmung einen Raum zur Aufnahme der Eier und der jungen ausschlüpfenden Brut erzeugen. Zur Erneuerung des Atemwassers dienen die drei ersten Abdominalfüße, welche lebhaft rudern, einen Wasserstrudel nach den Kiemen unterhalten; sie sind Spaltfüße mit schlanker Basis, schlankem Innen- und Außenast. Die drei hinteren Abdominalextrimitäten sind zwar ebenfalls Spaltfüße, aber von gedrungenem Bau, kräftige Springstangen, mit denen die Tiere sich aufstützen und durch das Wasser schnellen. Die Lage der Kiemen am Thorax ist Ursache, daß sich von dem langen Herzschlauch primitiver Crustaceen nur der vordere thoracale Teil mit meist drei Ostienpaaren erhält, der abdominale Abschnitt dagegen rückgebildet ist.

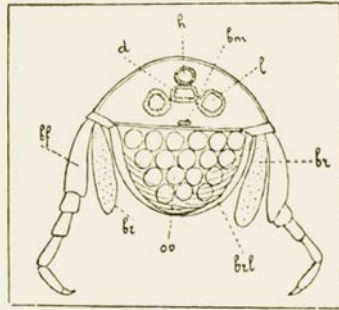


Fig. 389. Schematischer Querschnitt durch den Thorax eines Amphipoden, *Coryphium longicorne* (aus Lang nach Delage). *d* Darm, *h* Herz, *bm* Bauchmark, *l* Leber, *br* Kiemen, *brl* Brutlamellen, *ov* Eier im Brutraum, *bf* Brustfüße.

Die drei Unterordnungen zeigen eine fortschreitende Tendenz zu parasitischer Lebensweise. I. Die *Crevettinen* sind vollkommen freilebende, schlanke, geschickte Schwimmer, mit kleinem Kopf. *Cheluriden*, marine, holznagende Formen: *Chelura terebrans* Phil., den Pfahlbauten gefährlich. *Gammariden*, vorwiegend Süßwasserformen: *Gammarus pulex* de Geer in Bächen, *Niphargus puteanus* Koch, blind, in tiefen Brunnen und Seen. II. Die *Hyperinen* haken sich mit ihren kräftigen Klammerbeinen an pelagische Tiere, welche sie ausfressen, fest; sie haben einen auffallend großen Kopf mit riesigen Augen. *Phronimiden*: *Phronima sedentaria* Forsk. nistet sich mit dem Vorderkörper in dem ausgefressenen und zu einem Tönnchen abgerundeten Zellulosemantel von *Salpen* und *Pyrosomen* ein, während das hervortretende Abdomen zum Rudern und Steuern dient. III. Bei den parasitischen *Lämödiipoden* verwächst das erste Thoracalsegment mit dem Kopf, während andere die Extremitäten verlieren. Auf

Hydroidpolypen schmarotzen die langgestreckten *Caprelliden*: *Caprella linearis* L., auf Walfischen die gedrungenen *Cyamiden*: *Cyamus ceti* L.

II. Ordnung. Isopoden, Asseln.

Die *Asseln* oder *Isopoden* unterscheiden sich von den *Amphipoden* in erster Linie dadurch, daß ihr Körper dorso-ventral abgeplattet ist; sie sind breit und flach, bewegen sich demgemäß auf dem Boden nur langsam kriechend oder im freien Wasser gleichmäßig ruderdnd. Die Beine sind Schreitbeine und wie bei den *Amphipoden* im weiblichen Geschlecht mit Brutplatten ausgerüstet (Fig. 390), dagegen fehlen an ihnen die Kiemenanhänge, da zur Atmung ein Teil der Afterfüße des Abdomens dient. Am Abdomen, dessen Segmente nur in Sechszahl vorhanden sind und eine große Neigung zur Verschmelzung zeigen, sind die Uropoden verschieden gestaltet: bei schreitenden Asseln (Fig. 390) griffelförmige Spaltfüße, bei schwimmenden Asseln dagegen sind Innen- und Außenast zu Ruderplatten geworden (Fig. 391), welche gemeinsam mit dem Endabschnitt des Abdomens einen breiten Fächer abgeben. Die vorderen Pleopoden endlich sind in den Dienst der Respiration getreten,

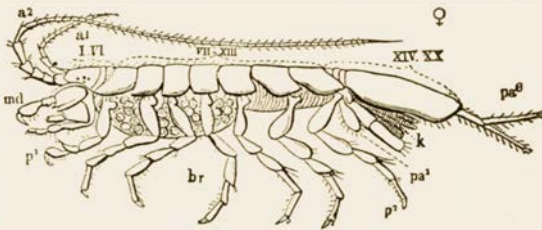


Fig. 390. *Asellus aquaticus* (aus Leunis-Ludwig). a^1 erste, a^2 zweite Antenne, md Mandibel, p^1 — p^7 Beine des Thorax, pa^1 — pa^6 Pedes spurii des Abdomens, zum Teil zu Kiemen (k) modifiziert, br Brutraum, I — VI die sechs verschmolzenen Kopfsegmente, VII — $XIII$ die sieben Thoraxsegmente, XIV — XX die zum Teil verschmolzenen Abdominalsegmente.



Fig. 391. *Cymodoce emarginata*, vom Rücken gesehen (nach Gerstäcker). p^6 die letzten Pedes spurii, welche Schwimmplatten darstellen.

indem Innen- und Außenäste zu breiten Platten umgewandelt wurden. Gewöhnlich sind nur die Innenäste dünnwandige Kiemen, die Außenäste und die ganzen ersten Pleopoden derbwandige Kiemendeckel. — Infolge der abdominalen Lage der Kiemen ist das oft nur mit zwei Paar Ostien ausgerüstete Herz ebenfalls im Abdomen untergebracht. — Die Antennendrüse ist rudimentär, die Schalendrüse gut entwickelt.

Die Kiemenlamellen der Abdominalfüße dienen auch bei den landbewohnenden Asseln zur Atmung, indem sie feucht gehalten werden. Bei *Porcellio*, *Armadillio* u. a. findet sich typische Luftatmung; es entwickelt sich hier in den vorderen Kiemendeckeln ein System reich verästelter Luftröhren, welche einige Ähnlichkeit mit den Tracheen der Insekten haben. — Bei den Asseln ist die Neigung zu parasitischer Lebensweise noch größer als bei den *Amphipoden*; viele schwimmende Formen ernähren sich, indem sie sich mit ihren zu Stechorganen umgewandelten Mundwerkzeugen in die Haut von Fischen einbohren, wobei sie sich mit den scharfen Krallen ihrer Beine festhalten. Bei nicht wenigen Arten kommt es zu

einem typischen Parasitismus. Die *Bopyriden* wohnen in der Kiemenhöhle von Garneelen, die sie ausdehnen, und erhalten, den Raumverhältnissen sich anpassend, eine ganz asymmetrische Gestalt. Die *Cryptonisciden* leben parasitisch auf *Cirripedien*, besonders auf *Rhizocephalen*, und bilden hier unförmliche Schläuche. Am merkwürdigsten sind die *Entonisciden* (Fig. 392), welche die Körperhaut von Decapoden vor sich einstülpend, in das Innere eindringen. Die abenteuerlichen Formen, welche sie hierbei gewinnen, werden namentlich durch die lappigen Brutlamellen bedingt. Vielfach sind die Tiere protandrisch hermaphrodit. Die beweglichen kleinen Männchen (Fig. 392A) setzen sich auf den Decapoden fest und wachsen unter Rückbildung des Hodens zu parasitierenden Weibchen heran.

Mit griffelförmigen letzten Pleopoden sind ausgerüstet die Landasseln, *Onisciden*: *Oniscus murarius* Cuv., Mauerassel, und *Porcellio scaber* Ldbr., Kellerassel, und die Wasserasseln, *Aselliden*: *Asellus aquaticus* L. — Dagegen sind die betreffenden Füße Ruderplatten bei den *Sphaeromiden*, Kugelasseln, und den hermaphroditen, protandrischen *Cymothoiden*, Fischasseln. Zu den ersteren gehört außer typischen Formen, wie *Sphaeroma rugicauda* Leach., die früher den *Aselliden* zugerechnete *Limnoria lignorum* Sars, welche das Holz von Schiffen und Hafengebäuden zernagt und dadurch großen Schaden anrichtet. Die *Cymothoiden* sind zumeist Fischparasiten; zu ihnen gehört auch die über 20 cm lange Tiefseeassel *Bathynomus giganteus*. Parasitisch

hochgradig degeneriert sind die *Bopyriden* (*Bopyrus squillarum* Latr.) und *Cryptonisciden* (*Cryptoniscus pygmaeus* Rathke und *Entoniscus porcellanae* Fr. Müll., Fig. 392). — Eine Mittelstellung zwischen Amphipoden und Isopoden nehmen die Scherenasseln, *Tanaiden* (*Anisopoden*) ein: *Tanais dubius* Kroy.

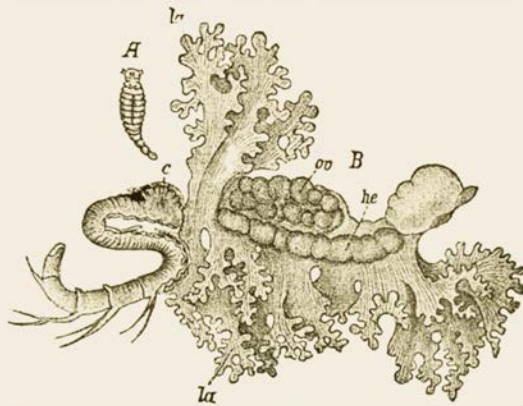


Fig. 392. *Entoniscus porcellanae* (aus Gerstäcker nach Müller). A Männchen, B Weibchen, la Brutlamellen, c Herz, ov Ovar, he Leber.

II. Legion.

Thoracostraken, Podophthalmen, Panzerkrebse.

Für die Thoracostraken haben wir zwei Merkmale als charakteristisch hingestellt: 1. daß sie gestielte Augen besitzen, 2. daß Kopf und Brust zum Cephalothorax verschmolzen sind. Der Charakter der gestielten Augen läßt sich in gleichmäßiger Ausbildung durch die ganze Gruppe hindurch verfolgen; dagegen ergeben sich in der Ausbildung des Cephalothorax Unterschiede, je nachdem alle 13 ersten Segmente verschmolzen sind oder einige frei bleiben. Weitere Unterschiede betreffen die Extremitäten, von denen nur die fünf ersten bei allen Podophthalmen sich in gleicher Weise zu zwei Paar Antennen, einem Paar Mandibeln, zwei Paar Maxillen entwickelt haben. Was dagegen die acht folgenden

anlangt, so können sie sämtlich noch ihre ursprüngliche lokomotorische Funktion beibehalten haben und Spaltfüße sein (*Schizopoden*), oder sie sind zum Teil zu Kieferfüßen (*Pedes maxillares*) geworden. Auf die Unterschiede in der Beschaffenheit des Cephalothorax und der Extremitäten gründet sich die Einteilung in drei Ordnungen: 1. *Schizopoden*, 2. *Stomatopoden*, 3. *Decapoden*.

I. Ordnung. Schizopoden.

Die *Schizopoden* zeigen die ersten Anfänge zur Bildung eines Cephalothorax, indem sich vom Kopf aus eine Chitinfalte über den Rücken legt, welche namentlich in den Seitenpartien fast bis an die Basis des Abdomens reicht, aber nur mit wenigen Brustsegmenten verschmilzt (1—3). Auch die Extremitäten zeigen primitive Zustände, indem sämtliche acht auf die zweite Maxille folgenden Pereiopoden Spaltfüße mit gut entwickeltem Außen- und Innenast sind. Daher der Name der Ordnung. Wie bei den *Arthrostraken* besitzen die Weibchen einen Brutraum für die abgelegten Eier, welcher durch Anhänge der Pereiopoden gebildet wird. Von den Abdominalextrimitäten sind die kräftig entwickelten Uropoden dadurch ausgezeichnet, daß ihr Innenast bei der umfangreichen Familie der *Mysiden* eine bis auf einen schmalen Zugang geschlossene Statocyste mit einem aus Fluorcalcium bestehenden Statolithen umschließt. Zur Atmung dienen verschiedene Partien der Körperoberfläche, vor allem die mit einem reichen Gefäßnetz versehenen und vom Kopfbrustschild überdachten Seitenwände des Thorax, bei einzelnen Familien verästelte Kiemen an der Basis der Pereiopoden. *Mysis oculata* Fab. in Nord- und Ostsee, sowie auch im Atlantischen Ozean, wenige Zentimeter groß.

Die früher mit den *Schizopoden* vereinten *Euphausiaceen* werden jetzt zu einer selbständigen Ordnung erhoben; sie stehen den *Decapoden* näher, indem das Rückenschild mit den Thoracalsegmenten in der Weise verwächst, daß nur das letzte Segment noch vom Cephalothorax ausgeschlossen ist. Dazu kommt, daß die auch hier vorhandenen Spaltfüße an ihrer Basis Kiemen tragen und daß das Herz gedrunken ist wie bei den *Decapoden*. Brutplatten fehlen. Eine Besonderheit ist die Anwesenheit von Leuchtorganen. *Euphausia splendens* Dana.

II. Ordnung. Stomatopoden.

Auch bei den *Stomatopoden* ist der Cephalothorax noch nicht voll entwickelt, indem die letzten drei bis fünf Segmente nicht verwachsen.

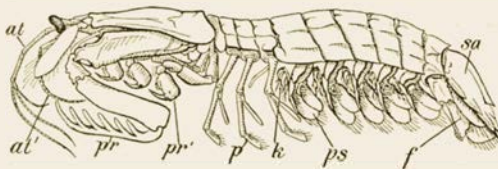


Fig. 393. *Squilla mantis*. *at*, *at'* erste und zweite Antenne, *pr* und *pr'* Raubfüße, *p* Spaltfüße des Thorax, *ps* Füße des Abdomens mit Kiemenbüscheln (*k*), *sa* letztes Abdominalsegment, welches mit dem sechsten *Pes spurius* (*f*) den Schwanzfächer bildet.

Mit Ausnahme der letzten drei Paare, welche den Spaltfußcharakter bewahren, sind die Brustextremitäten hoch differenziert zu den für die Abteilung äußerst charakteristischen Raubfüßen. Beim Raubfuß sind die beiden letzten Glieder sehr lang und kräftig; das letzte, säbelartig gekrümmt und mit scharfen Spitzen besetzt, kann in eine Rinne des vorletzten, wie die Klinge eines Taschenmessers in das Heft, eingeschlagen

werden und Schnittwunden hervorrufen. Der zweite Raubfuß ist am kräftigsten und dient den selbst Fischen gefährlichen Tieren zum Zersetzen ihrer Beute (Fig. 393).

Da die Brustextremitäten für die Fortbewegung von untergeordneter Bedeutung sind, ist das Abdomen sehr lang und kräftig, besonders der Schwanzfächer. Letzterer wird in seiner Wirkung unterstützt von den fünf ruderartig abgeplatteten vorderen Pleopoden, die zugleich ansehnliche Kiemenbüschel tragen. Mit der Verbreiterung der Kiemen am Abdomen und der ganz außergewöhnlichen Ausdehnung des letzteren hängt es zusammen, daß auch das Herz sich als ein langer Schlauch mit vielen Ostien bis in das Abdomen hinein erstreckt.

Die Familie der *Squilliden* (Heuschreckenkrebe) ist in europäischen Meeren durch die *Squilla mantis* L. vertreten, welche ihren Namen der Ähnlichkeit mit *Mantis religiosa*, einer ebenfalls mit Raubfüßen ausgerüsteten Heuschrecke verdankt. Die durchsichtigen pelagischen Larven der *Squilliden* wurden früher unter dem Namen *Alima* und *Erichthus* als besondere Arten beschrieben.

III. Ordnung. Decapoden.

Ihre höchste Organisationsstufe erreicht die Klasse der Crustaceen in den *Decapoden*, einer Gruppe, die noch weiteres Interesse dadurch gewinnt, daß die bekanntesten Krebse, unser *Flußkreb*s, der *Hummer*, die *Languste*, die *Garneelen* und *Krabben* hierher gehören. Charakteristisch ist die Verwachsung aller 13 vorderen Segmente zum Cephalothorax, welcher nach vorn oft in einen spitzen Fortsatz, das Rostrum, verlängert ist. Ferner ist charakteristisch der Bau und die Verwendung der Brustextremitäten. Von den acht Paar Spaltfüßen der Schizopoden sind die zwei bis drei vordersten Paare zu Pedes maxillares geworden. So bleiben in der Regel fünf Paar lokomotorische Gliedmaßen übrig (daher der Name *Decapoden*): dieselben besitzen häufig noch während der Larvenzeit (*Mysisstadium* Fig. 402), bei manchen Garneelen sogar dauernd den Schwimmfußast, verlieren denselben aber in der Regel während der Metamorphose und werden so zu Gangbeinen, welche entweder mit Krallen oder Scheren enden. Meist verliert, wie bei unserem *Flußkreb*s, das erste Beinpaar seine lokomotorische Funktion und wird zu einer besonders beim Männchen auffallend großen, oft asymmetrisch entwickelten Schere, die als Waffe und Greifapparat dient.

Zur Bildung einer Schere kommt es, indem das vorletzte Glied des Beines einen Fortsatz nach vorn treibt, welcher neben und nach außen von dem letzten Glied vorbeiwächst und ihm, als dem beweglichen Blatt, gegenüber das feststehende Blatt der Schere liefert. Vor der Schere liegen dicht gedrängt hintereinander die Mundextremitäten, im ganzen drei Paar Kieferfüße und drei Paar Kiefer (Fig. 361); sie können, wenn man in der Betrachtung von dem dritten Kieferfuß nach der Mandibel fortschreitet, vortrefflich erläutern, in welcher Weise ein Spaltfuß zu einem Kiefer umgewandelt wird. Die dritten Kieferfüße (7) haben noch vollkommen den Spaltfußcharakter, indem eine zweigliedrige Basis einen kräftigen Außen- und Innenast trägt. Dadurch, daß die zweigliedrige Basis den Charakter von Kauladen gewinnt und die beiden Äste kleiner werden, leitet besonders der erste Kieferfuß (5) zu den Maxillen über, die aus zwei Kauladen mit rudimentärem Palpus bestehen (3 und 4). Bei der Mandibel ist, wie überall, nur das unterste Basalglied zu einem dafür um

Extremitäten.

so kräftigeren Kauorgan umgebildet, an welchem ein Palpus mandibularis ansitzt (2). Hinter der Mandibel folgen zwei Paragnathen, abgegliederte Chitinfalten. Die ersten (1) und zweiten Antennen besitzen eine kräftige Basis, welche bei der vorderen kleineren Antenne 2—3, bei der

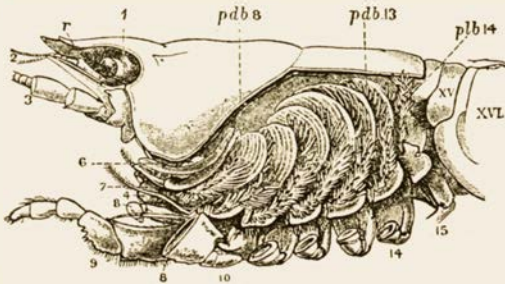


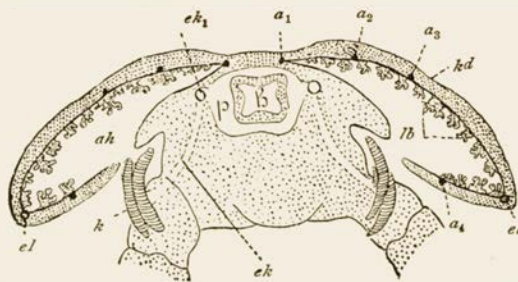
Fig. 394. Kiemen des *Flußkrebse*, durch Abschneiden des Kiemendeckels freigelegt. 1 Augenstiel mit Auge, 2 und 3 Antennen, 4—6 Kiefern, 7—9 Kieferfüße, 10—14 die basalen Enden der Thoraxbeine mit den Kiemenanhängen (pab^8 , pab^{13} , plb^{14} die Anhänge der gleich numerierten Extremitäten), XV, XVI erstes und zweites Abdominalsegment, 15 erster Pes spurius, r Rostrum.

größeren hinteren nur einen geringelten Faden (Geißel) trägt. Das Basalglied der ersten Antenne hat meist auf seiner oberen Seite eine ovale, von starken Haaren geschlossene Öffnung, welche in die Statocyste führt; das Basalglied der zweiten Antenne ist durch einen Höcker, die

Mündungsstelle der grünen Drüse (Antennendrüse, Niere) ausgezeichnet (Fig. 398 *gd*). Solange das Abdomen nicht wie bei den *Krabben* rudimentär ist, dienen die Uropoden als äußere Platten des Schwanz-

fächers zum Schwimmen (Fig. 396); die übrigen Pleopoden (Fig. 361 *g*) sind Spaltfüße, welche bei den meisten Garneelen noch gleichartig sind, sonst aber je nach den Geschlechtern verschiedene Verwendung finden. Beim Weibchen dienen die Pleopoden 2—5 zum Tragen der Eier, beim

Männchen dagegen entwickeln die Innenäste von 1 und 2 (mit Ausnahme der *Palimuriden*) spatelförmige, als Penis funktionierende Anhänge. Daher sind beim Weibchen die ersten Pleopoden rudimentär oder gänzlich rückgebildet; umgekehrt fehlen bei den *Krabben* die Pleopoden 3—6 dem Männchen.



Kiemen,
Lungen.

Fig. 395. Lunge von *Birgus latro*, auf einem schematischen Querschnitt durch das Tier auf der Höhe des Herzens dargestellt (aus Lang nach Semper). *kd* Kiemendeckel mit zuführenden Gefäßen (a^1 — a^4) und Lungenbüscheln (*lb*) auf seiner Innenseite umgibt die Atemhöhle (*ah*); *el* Blutgefäße, die zum Herzbeutel (*p*) das Lungenblut leiten; *k* rudimentäre Kiemen mit zum Herzen führenden Kiemengefäßen (*ek*); *el* Einmündung der Lungen- u. Kiemengefäße in den Herzbeutel; *h* Herz, welches das Blut vom Herzbeutel empfängt.

Teil an der Basis der Extremitäten (Pedes maxillares und Gangbeine) sitzen (Fig. 394). Äußerlich gewahrt man von ihnen nichts, weil links und rechts vom Rücken aus eine Falte entspringt, welche als ein hartschaliger Kiemendeckel sich über die Kiemen herüberwölbt. Da der Faltenrand sich fest

Die starke Panzerung der Körperoberfläche macht bei den Decapoden eine ausgiebige Hautatmung unmöglich und bedingt die Anwesenheit zahlreicher schöner Kiemenbüschel, welche zum geringeren Teil an der Seitenwand des Cephalothorax, zum größeren

an die Extremitätenbasis anfügt, entsteht eine leidlich gut geschlossene Kiemenhöhle, in welche ein nur vorn und hinten etwas ausgeweiteter, sonst enggeschlossener Spalt führt. Das hinten eintretende Atemwasser wird durch eine schwingende Platte (Anhang der II. Maxille) am vorderen Ende ausgepumpt. Der gute Abschluß der Kiemenhöhle ermöglicht den Krebsen langen Aufenthalt außer Wasser, da genügend Wasser in ihrer Kiemenhöhle zurückbleibt, um die Kiemen feucht und funktionsfähig zu erhalten. Bei manchen Arten, die dauernd auf dem festen Lande leben, kommt aber auch eine echte Luftatmung vor, indem ähnlich wie bei den Lungenschnecken die

Fig. 396.

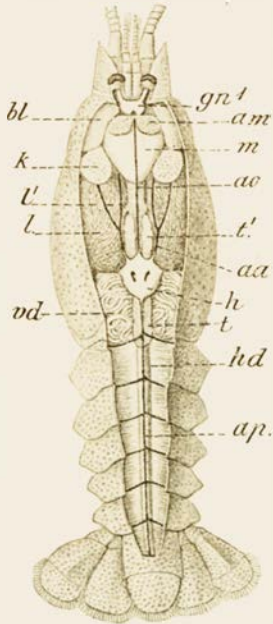


Fig. 397.

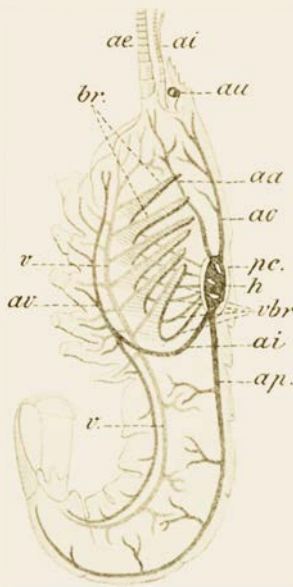


Fig. 398.

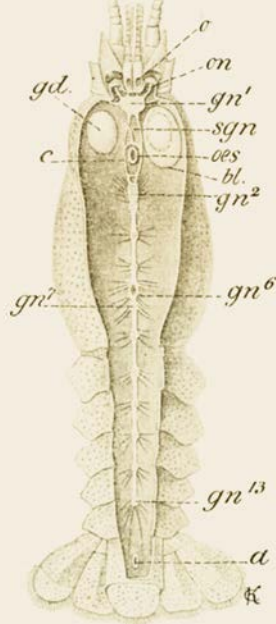


Fig. 396—398. Anatomie des Flußkrebse. Fig. 396. Rückendecke des Cephalothorax und Abdomens entfernt, um die Lage der Eingeweide zu zeigen. Fig. 397. Schema der Blutzirkulation. Fig. 398. Alle Eingeweide mit Ausnahme der grünen Drüse und des Nervensystems entfernt, rechts auch die Harnblase erhalten. Für alle Figuren gelten folgende Bezeichnungen: *ae*, *ai* äußere und innere Antenne, *au* Auge, *aa*, *ag*, *ai*, *ap*, *av* die vom Herzen ausgehenden Arterien, *h* Herz, *pc* Pericardialsinus, *v* Blutsinus für das Körperblut, *br* davon ausgehende Kiemenarterien, *vbr* zum Pericard zurückleitende Kiemenerven, *bl* Harnblase, *gd* grüne Drüse, *m* Magen, *oes* Ösophagus, *l* Leber, *l'* Ausführungsgang derselben, *am* Muskeln des Magens, *hd* Hinterdarm, *t* unpaariger Teil des Hodens, *vd* Vas deferens, *o* Statocyste, *on* Nervus opticus, *gn¹* oberes Schlundganglion, *gn²—gn¹³* Ganglien des Bauchmarks, *sgn* sympathische Nerven, *s* Schlundkommissuren, *k* Kaumuskeln.

Kiemenhöhle in eine Art Lunge verwandelt wird, deren Wandung von einem respiratorischen Gefäßnetz überzogen ist (Fig. 395). Ein sicher konstatiertes Beispiel ist *Birgus latro*, dessen Atemhöhle durch eine Einschnürung in zwei Etagen geteilt ist, eine obere, welche als Lunge funktioniert, eine untere, welche die Reste der Kiemen beherbergt. Der hochgradig lokalisierten Atmung entspricht ein nahezu geschlossenes Blutgefäßsystem (Fig. 396, 397). Das Herz (*h*), ein gedrungener Körper von der Gestalt einer Bischofsmütze, empfängt das arterielle Blut durch drei Paar Ostien

Blutgefäßsystem.

aus dem Pericardialsinus (*pc*) und gibt es durch viele, reichverästelte Arterien in ein die Kapillaren ersetzendes System lacunärer Räume ab; das venös gewordene Blut gelangt in einen großen Venensinus an der Basis der Kiemen und nach Durchströmung der letzteren mittels zahlreicher venenartiger Kanäle in den Herzbeutel.

Darm.

Der Darm der Decapoden (Fig. 396) ist geradegestreckt und besitzt eine ansehnliche Erweiterung in dem Kaumagen (*m*), einem Sack, der auf seiner Innenseite mit Chitinleisten und Zähnen zur Zerkleinerung der Nahrung versehen ist. In zwei Aussackungen der Magenwand findet man im Sommer die Krebssteine („Krebsaugen“), Ablagerungen von kohlen-saurem Kalk, welche schwinden und zur Erhärtung des Chitins verbraucht werden, wenn der frisch gehäutete „Butterkreb“ sich seine Schale neu bildet. Auf den Kaumagen und von ihm durch eine als Filter wirkende, trichterförmige Einstülpung abgegrenzt folgt der Mitteldarm, in dessen Anfang die beiden aus reichverästelten Drüsenschläuchen bestehenden

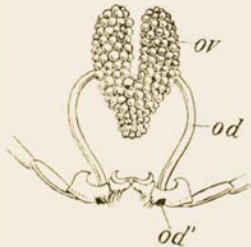


Fig. 399. Weibliche Geschlechtsorgane des Flusskrebse. *ov* Ovar, *od* Oviduct, *od'* Mündung desselben an der Basis der 11. Extremität (aus Huxley).



Fig. 400. Männlicher Geschlechtsapparat des Flusskrebse. *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *vd'* Mündung desselben an der Basis der 13. Extremität (nach Huxley).

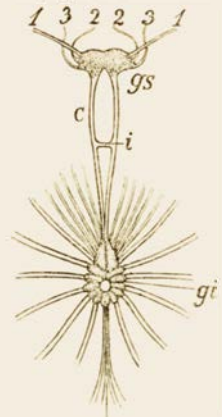


Fig. 401. Nervensystem einer Krabbe. *gs* oberes Schlundganglion, *i* Opticus, 2 und 3 Antennennerven, *c* Schlundkommissuren, *i* Verbindung derselben, *gi* Bauchmark, zu einer einzigen Ganglienmasse verschmolzen.

Niere
Geschlechts-
organe.

„Lebern“ münden (*l*). Ebenfalls sehr ansehnlich sind die beiden spanngünen Antennendrüsen (Fig. 398 *gd*), die mit einer großen Harnblase (*bl*) versehen sind. Für den Geschlechtsapparat gilt, daß die dorsal dicht unter dem Herzen gelegenen Geschlechtsdrüsen (Fig. 399, 400) in ihrem hinteren Abschnitt verschmelzen, während die vorderen Abschnitte und die Ausführwege paarig bleiben.

Nerven-
system.

Der Bau des Nervensystems hängt von der Beschaffenheit des Abdomens ab; nach letzterem unterscheidet man systematisch *Macruren* und *Brachyuren*. Nur bei den Langschwänzen, wie z. B. unserem Flußkreb, ist das Abdomen (Schwanz) wohlentwickelt, bei den Kurzschwänzen dagegen, den Krabben, ist es klein und in eine Rinne des Cephalothorax eingeschlagen, so daß es auf den ersten Blick zu fehlen scheint und nur mühsam herausgeklappt werden kann (Fig. 383). Bei den *Macruren* (Fig. 398) ist das Bauchmark des Nervensystems meistens wie bei unserem Flußkreb eine gegliederte Ganglienmasse mit sechs Paar Ganglien des

Cephalothorax und sechs Paar Ganglien des Abdomens; bei den *Krabben* (Fig. 401) dagegen fließen alle Ganglien des Bauchmarkes in einen großen Brustknoten zusammen, der mit dem Hirn durch lange Schlundkommissuren zusammenhängt.

Die Entwicklungsgeschichte der meisten Decapoden ist durch die große Zahl der Larvenformen interessant. Die Regel ist, daß aus dem Ei eine Zoëa (Fig. 370) ausschlüpft, die sich in das Mysisstadium (Fig. 402) verwandelt; letzteres erinnert an die *Schizopoden*, indem der öfters noch nicht mit dem Kopf verschmolzene Thorax Spaltfüße trägt. Bei den Krabben wird das Mysisstadium von der Megalopalarve ersetzt, bei welcher das Abdomen noch gut entwickelt ist, die Füße aber den Spaltfußcharakter schon verloren haben (Fig. 403). Bei manchen *Garneelen* (*Penaeus*) wird die Metamorphose vervollständigt, indem sich vor die Zoëa noch der dreibeinige Nauplius und der mit vielen Beinen versehene Metanauplius einschleichen. Dieses für einige *Euphausiden* ebenfalls geltende Auftreten des Nauplius ist eine Tatsache von ganz hervor-

Meta-
morphose.

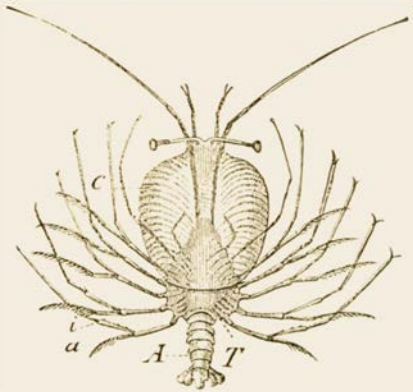


Fig. 402. Phyllosomal larve (Mysisstadium) von *Palinurus* (nach Gerstäcker). *C* Kopf, *T* Thorax, *A* Abdomen, *a* Außenast, *i* Innenast der Thoracalgliedmaßen.

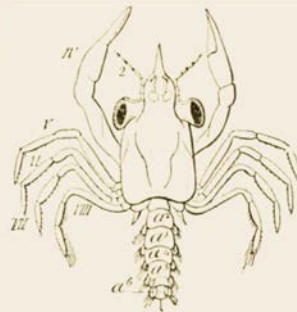


Fig. 403. Megalopalarve von *Portunus*. *2* zweite Antenne, *IV-VIII* die Thoracalextrimitäten, *a¹-a⁶* die Segmente des Abdomens (*a⁶* bezeichnet, anstatt des 6., das 7. Abdominalsegment (aus Lang nach Claus)).

ragender Bedeutung; sie zeigt, daß der Nauplius als die ursprüngliche Larvenform aller *Crustaceen* angesehen werden muß. Unser Flußkreb und einige andere Decapoden haben die Metamorphose verloren; sie durchlaufen aber im Embryonalleben ein länger anhaltendes Stadium, auf dem nur drei Extremitätenpaare vorhanden sind, das Naupliusstadium. Der unserem Flußkreb nahe verwandte Hummer verläßt das Ei auf dem Mysisstadium. Unterschiede in der Entwicklung können sogar bei derselben Art vorkommen: die Garneele *Palaeomonetes varians* verläßt im Brackwasser als Zoëa, im Süßwasser auf vorgerecktem Mysisstadium das Ei.

I. Unterordnung. *Macruren*. Abdomen und Seitenteile der Schwanzflosse gut entwickelt, Bauchmark langgestreckt. A. *Natantia*. Garneelenartige Decapoden. Die Tiere schwimmen noch wie *Schizopoden* frei im Meere. Daher ist das Abdomen mit seinen Extremitäten kräftig entwickelt, die Thoracalbeine schlank, öfters noch mit Resten der Schwimmfüße versehen, der letzte Kieferfuß langgestreckt und beinartig. Auch gleichen die *Natantien* den *Schizopoden* in der starken Entwicklung eines

schuppenartigen Anhangs der II. Antenne. Der Körper und namentlich das Rostrum ist von links nach rechts zusammengedrückt. Bei manchen Arten finden sich noch der Nauplius und Metanauplius als Vorläufer des Zoëastadiums. 1. *Penäiden*: *Penaeus caramote* Desm. 2. *Palämoniden*: *Palaemon (Leander) squilla* L., Steingarneele, in Scharen zusammenlebend wie die *Crangoniden*, Sandgarneelen, *Crangon crangon* L. — B. *Reptantia*. Krebsartige Decapoden. Die Tiere bewegen sich mehr durch Kriechen als durch Schwimmen. Ihr massiver Körper besitzt kräftige Thoracalbeine, dagegen kleine Pedes spurii. Das Rostrum ist dorsoventral abgeplattet. 1. *Nephropsiden (Astaciden)* mit kräftig entwickelten Scheren. Die Gattung *Potamobius* (früher *Astacus*) ist in vielen Arten durch das Süßwasser über die ganze Erde verbreitet; bei uns einheimisch *P. astacus* L. (*Astacus fluviatilis* F.), Flußkreb; in der Mammuthöhle in Kentucky der kleine *Cambarus pellucidus* Tellk., der als Höhlenbewohner die Augen verloren hat. Nahe verwandt der größte *Macrure*, der Hummer, *Homarus vulgaris* M. E., *Nephrops norvegicus* L. 2. *Palinuriden*, auch wegen ihrer besonders starken Panzerung *Loricaten* genannt, haben keine Scheren; ihre Mysislarven sind im Gegensatz zum ausgebildeten Tier äußerst zart und wurden unter dem Namen „Phyllosoma“ (Fig. 402) früher als besondere Arten beschrieben. *Palinurus vulgaris* Latr., Languste des Mittelmeeres. *Scyllarus arctus* F., Bärenkreb.

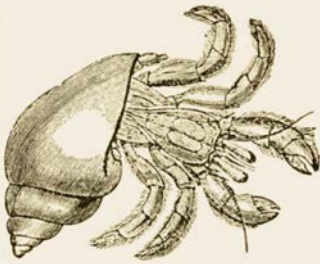


Fig. 404. *Pagurus barbatus* mit seinem Schneckenhaus (nach Schmarda).

3. *Paguriden*, Einsiedlerkrebse, zeigen infolge ihrer Lebensweise die ersten Anfänge von Verkümmern des Abdomens (Fig. 404), werden daher mit den *Galatheid*en und *Hippid*en als *Anomuren* zusammengefaßt; sie nisten sich in leere Schneckenhäuser ein, die sie vorfinden oder die sie durch Ausfressen der Schnecke sich zubereiten. Ihr Abdomen wird infolgedessen zu einem weichen, asymmetrischen Sack; nur der Cephalothorax bleibt hart gepanzert. *Eupagurus bernhardus* L. Viele Einsiedlerkrebse tragen auf ihren Schalen Actinien mit sich herum, so der *E. prideauxi* Leach die *Adamsia palliata* Boh. (vgl. S. 160). Beginnende Verkümmern des Abdomens zeigt auch der in Erdlöchern nistende, die Kiemenhöhle als Lunge benutzende *Birgus latro* Herbst, der Kokosnußräuber; er soll nachts Kokospalmen erklettern und von ihren Früchten leben.

II. Unterordnung. *Brachyuren, Krabben*. Abdomen rudimentär und gegen den breiten hartgepanzerten Cephalothorax eingeschlagen; Seitenteile der Schwanzflosse rudimentär oder vollkommen fehlend; Antennen klein, Statocyste meist kompliziert gebaut, mit spärlichen Statolithen; Bauchmark konzentriert. 1. *Dromiaceen*. Letzte Beinpaare auf den Rücken verschoben; sie dienen den *Dromiden* zum Festhalten von Schwämmen oder zusammengesetzten Ascidien, welche sie sich wie Masken über den Cephalothorax stülpen, um sich unkenntlich zu machen. *Dromia dromia* L. 2. *Oxystomen*. Das Mundfeld bildet ein Dreieck mit nach vorn gerichteter Spitze. *Calappa granulata* L. 3. *Oxyrhynchen*. Cephalothorax nach vorn in eine Spitze ausgezogen. *Maja squinado* Herbst sorgt, daß ihr Cephalothorax von Algen und Hydroiden dicht bewachsen ist, um sich im Tang leichter zu verstecken. 4. *Cyclometopen*. Der vordere Rand des Cephalothorax bogenförmig abgerundet. Am bekanntesten sind die Taschenkrebse:

Cancer pagurus L. und der kleine Taschenkrebs *Carcinus maenas* L. 5. *Catometopen*. Der vordere Cephalothoraxrand bildet eine quere Linie, welche mit den Seitenkanten in rechtem Winkel zusammenstößt, so daß der Körper viereckig wird (*Quadrilatera*). *Pinnotheres pisum* L. in der Schale von *Mytilus*. Manche Viereckskrabben verlassen das Meer; die *Uca*- (*Gelasimus*-) Arten bewohnen Mangrovestümpfe; die *Gecarciniden* leben mitten in tropischen Wäldern; während der Fortpflanzungszeit wandern sie zur Eiablage in Scharen zum Meer. *Gecarcinus ruricola* L.

II. Unterstamm.
Tracheaten.

Alle in ihrer Organisation für das Landleben eingerichteten *Arthropoden* kann man als *Tracheaten* zusammenfassen. Das Landleben beeinflußt besonders zweierlei Organe, die Organe der Atmung und der Lokomotion (Extremitäten).

Die Atmungsorgane sind die Tracheen (Fig. 405, 406). Mit der Trachea des Menschen haben dieselben nur gemein, daß sie Röhren sind, deren mit Luft gefülltes Lumen durch feste Wandungen stets klaffend erhalten wird: sonst unterscheiden sie sich in jeder Beziehung, vor allem dadurch, daß sie auf der Oberfläche der Haut durch Öffnungen, die Stigmata, münden. Sie sind Einstülpungen der Haut und haben daher auch die Struktur derselben, ein Epithel und eine von demselben ausgeschiedene Chitinschicht. Letztere kleidet das Kanallumen aus („Tracheenintima“) und bedingt das Klaffen der Wandung. Ihre Festigkeit wird meist durch Spiralfäden erhöht, Chitinleisten, welche auf der Innenseite in so flachen Windungen aufsteigen, daß man zunächst den Eindruck der Ringelung (Bild der Querstreifung) erhält und erst durch Dehnen der Trachee die Spiraltouren nachweisen kann. Vom Stigma ausgehend, verästeln sich die Tracheen, bis sie in den Geweben mit den dünnwandigen Tracheencapillaren endigen. Für die ursprüngliche Anord-

Fig. 405.



Fig. 405. Tracheenbüschel einer Raupe (aus Gegenbaur). A Hauptstamm, B, C, D Verästelungen; a Epithel mit Kernen (b), d Luftinhalt der Tracheen.

Fig. 406.

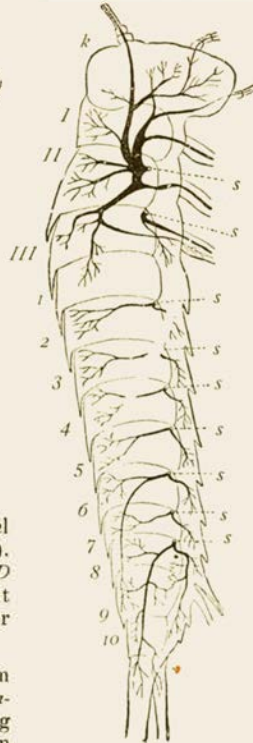


Fig. 406. Tracheensystem der rechten Seite von *Machilis maritima* (aus Lang nach Oudemans). s Stigmen und Tracheenbüschel, k Kopf, I—III Thoracalsegmente, 1—10 Abdominalsegmente.

nung der Innenseite in so flachen Windungen aufsteigen, daß man zunächst den Eindruck der Ringelung (Bild der Querstreifung) erhält und erst durch Dehnen der Trachee die Spiraltouren nachweisen kann. Vom Stigma ausgehend, verästeln sich die Tracheen, bis sie in den Geweben mit den dünnwandigen Tracheencapillaren endigen. Für die ursprüngliche Anord-

nung der Tracheen kann man im allgemeinen die Regel aufstellen, daß jedes Segment ein linkes und rechtes Stigma und ein linkes und rechtes Tracheenbüschel hat. Dieses Grundschema ist indessen bei keinem Tracheaten vollkommen durchgeführt; meist haben einige Segmente keine eigenen Tracheenbüschel und werden von Nachbarsegmenten versorgt (Fig. 406), oder die segmentalen Büschel verbinden sich (Fig. 58) durch Längsstämme, was meistens dahin führt, daß sich nur an einem Teil der Segmente die Stigmenpaare erhalten, welche das ganze einheitlich gewordene Kanalsystem mit Luft erfüllen. Obwohl nun die Atmungsorgane für den Aufenthalt in der Luft berechnet sind, gibt es doch Wasser bewohnende *Insekten* und *Arachnoideen*. Dieselben atmen gleichwohl Luft, indem sie dieselbe als im Wasser silbern glänzende Blasen mit sich an haarigen Körperstellen im Umkreis der Stigmen herumtragen; sie sind gezwungen, zeitweilig an die Wasseroberfläche emporzusteigen, um die Luft zu erneuern. Nur selten wird die Luftatmung durch Wasseratmung ersetzt (diffuse Hautatmung der *Milben*, Tracheenkiemen mancher Insektenlarven).

Was die Extremitäten anlangt, so sind sie nie Spaltfüße, sondern einreihig; auch findet sich nie mehr als ein Paar Antennen. In der inneren Anatomie ist wichtig die Anwesenheit meist acinöser paariger Drüsen am vorderen Ende, die entweder auf den Mundgliedmaßen oder direkt in die Mundhöhle münden. Man nimmt an, daß sie überall anatomisch gleichwertige Organe sind, obwohl sie sehr verschieden funktionieren (Speichel-, Gift-, Schleim-, Spinnrüsen). Dagegen sind die „Malpighischen Gefäße“ trotz ähnlicher Lage verschiedenwertig, bei *Insekten* und *Myriapoden*, wo sie in den Anfang des ectodermalen Enddarmes münden, andere Organe als bei den *Arachnoideen*, wo sie Anhänge des entodermalen Mesenteron sind.

Unter den Land bewohnenden, Luft atmenden *Arthropoden* nehmen die *Arachnoideen* eine Sonderstellung ein. Diese äußert sich im Mangel der Antennen, in Besonderheiten der Atmungsorgane (Tracheenlungen) und der Körpergliederung (Bildung eines Cephalothorax) und einer Reihe anderweitiger Merkmale. Das hat zur Auffassung geführt, daß die *Arachnoideen* sich als eine selbständige Gruppe und unabhängig von den übrigen *Tracheaten* aus Wasser bewohnenden *Arthropoden* (Xiphosuren) entwickelt haben. Ich werde dieser Auffassung Rechnung tragen und die *Arachnoideen* als einen besonderen Unterstamm der *Arthropoden* besprechen.

II. Klasse.

Protracheaten, Onychophoren.

Die nur aus der Familie der *Peripatiden* bestehende Gruppe der *Protracheaten* (Fig. 407) zeigt in ihrer Organisation ein merkwürdiges Gemisch von Charakteren der *Arthropoden* und *Anneliden* mit Merkmalen einer niedrigen Organisationsstufe, so daß man sie als Abkömmlinge von frühzeitig von den Anneliden abgezweigten Urformen auffassen kann. An die *Anneliden* werden wir erinnert durch die Anwesenheit typischer, bei Arthropoden sonst nicht in so charakteristischer Weise vorkommender Segmentalorgane (Fig. 408 *so*), Kanäle, welche mit einer geschlossenen Blase (einem Rest des echten Cöloms) beginnen und nach kurzem Verlauf und nach Bildung einer Harnblase an der Basis der Beine münden; auch haben sie das sonst bei Arthropoden fehlende Flimmer-

epithel bewahrt. Als unzweifelhafte *Tracheaten* erweisen sich die Tiere durch den Besitz von Tracheen (*tr*). Diese sind lange, unverästelte

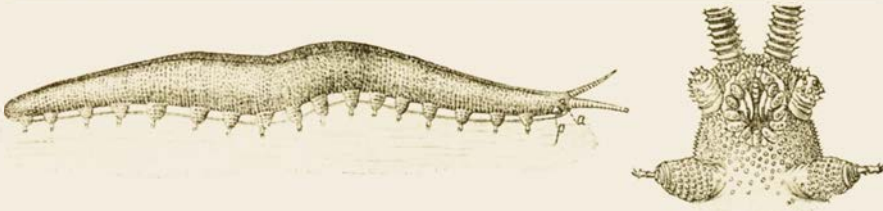


Fig. 407. *Peripatus capensis* (nach Sedgwick). *a* Auge an der Basis der Antenne, *p* Mundpapille. Daneben Mundhöhle mit Kiefern von unten gesehen, umgeben von den Antennen, den Mundpapillen und dem ersten Beinpaar.

Röhren, welche in großen Mengen von einem Stigma entspringen. In jedem Segment sind zahlreiche solche Büschel vorhanden. Die Mittelstellung der *Protracheaten* drückt sich ferner in den Extremitäten aus, welche beweglich wie die Beine der *Arthropoden* an dem weichhäutigen, nicht geringelten Körper ansitzen und mit Krallen versehen sind, dabei aber mit den Parapodien der *Anneliden* noch eine gewisse Ähnlichkeit bewahren, indem sie undeutlich gegliedert und noch nicht scharf gegen den Körper abgesetzt sind. Fast sämtliche Rumpfsegmente sind mit Beinen ausgerüstet, der einheitlich erscheinende Kopf mit drei Paar Gliedmaßen: einem Paar geringelter Antennen, einem Paar in der Mundhöhle verborgener Kiefer, deren Endklauen das Kauen besorgen, einem Paar Mundpapillen, auf deren Spitzen Schleimdrüsen münden; ihr klebriges Sekret wird weit herausgespritzt und dient zum Einfangen von Insekten (Fig. 408 *sd*). In dieser Verwendung von Extremitäten als Antennen und Mundgliedmaßen ist abermals ein den *Arthropoden* eigentümliches Merkmal gegeben.

Beweisend für die niedrige Organisation der *Protracheaten* ist der aus glatten Muskelfasern bestehende, nicht segmentierte Hautmuskelschlauch, ferner das Nervensystem, welches sich, wie bei Plattwürmern, aus einem Paar Hirnganglien (*og*) und davon ausgehenden Längssträngen (*bm*) zusammensetzt. Erstere innervieren die sehr primitiven bläschenförmigen Augen und die Antennen; diese versorgen die

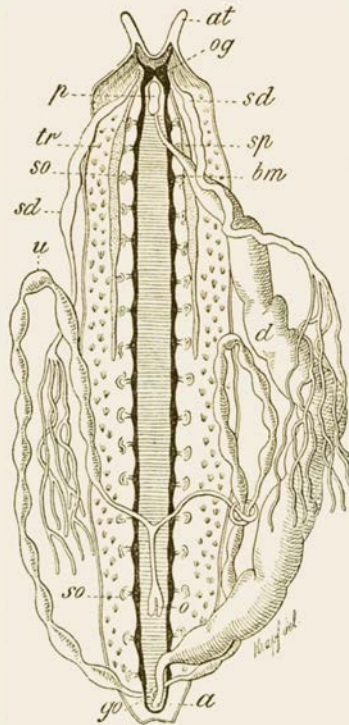


Fig. 408. Anatomie eines weiblichen, vom Rücken geöffneten *Peripatus* (kombiniert aus Zeichnungen von Balfour und Moseley). *at* Antennen, *og* Hirn, *bm* Bauchmark, *p* Pharynx, *d* Darm, *sp* Speicheldrüsen, *sd* Schleimdrüsen, *o* Ovar, *u* Uterus, *go* Geschlechtsöffnung, *a* After, *tr* Tracheenbüschel, *so* Segmentalorgane.

übrigen Extremitäten und sind segmentweise schwach angeschwollen, die Bildung des Strickleiternnervensystems vorbereitet; sie hängen hinter dem After untereinander zusammen.

Zur Vervollständigung der Schilderung sei noch hervorgehoben, daß das geradegestreckte Darmrohr (*p* u. *d*) nur mit Speicheldrüsen (*sp*) versehen ist, daß es in ganzer Länge von einem dorsalen Herz begleitet wird, welches durch zahlreiche Ostien aus der Leibeshöhle das Blut bezieht, daß dicht vor dem After der gonochoristische Geschlechtsapparat mündet (*go*). Die Ausführgänge desselben sind umgewandelte Nephridien. Die Tiere sind mit Ausnahme der australischen Gattung *Ooperipatus* lebendig gebärend, leben in faulendem Holze, am Tage versteckt, um nachts ihre Beute zu erjagen. Man kennt mehrere Arten aus weit entfernten Gegenden, die auf mehrere Gattungen (*Peripatus*, *Peripatopsis*, *Peripatoides*, *Opisthopatus* usw.) verteilt werden, z. B. aus Südafrika *Peripatus capensis* Gr. (Fig. 407), aus Neuseeland *P. Novae Zeelandiae* Hutt. usw.

III. Klasse.

Myriapoden, Tausendfüßler.

Unter den seit langem schon bekannten Tracheatenklassen stehen die *Myriapoden* den *Protracheaten* am nächsten, da ihre Gliederung fast ebenso gleichförmig ist wie bei diesen.

Fig. 409.



Fig. 409. *Julus maximus*.

Fig. 410.



Fig. 410. *Scolopendra morsitans* (beide Zeichnungen nach Schmarda).

Der Kopf besteht (nach Ausschluß von zwei nur im Embryo nachweisbaren Segmenten) aus vier verschmolzenen Segmenten, von denen das letzte bei den *Diplopoden* keine Extremitäten entwickelt. Die übrigen Körpersegmente, mit Ausnahme der letzten, tragen Beine, welche demgemäß in großer Anzahl vorhanden sind und den Namen *Myriapoden* veranlaßt haben. Ein Fortschritt gibt sich immerhin schon äußerlich darin zu erkennen, daß proportional der größeren Dicke der harten, bei *Diplopoden* sogar verkalkten Chitinschicht die Gliederung sowohl des Körpers wie der Extremitäten deutlicher ausgeprägt ist. Jeder Körperring besteht aus einer Rücken- und einer Bauchschiene (Tergit und Sternit), die seitlich durch eine mannigfach chitinisierte Lamelle (Pleurit) verbunden sind. Die Beine besitzen sechs bis sieben Glieder, von denen das letzte als Klaue dient. — Der Fortschritt in der inneren Anatomie ist noch viel auffälliger. Anstatt der beiden longitudinalen Nervenstränge ist ein typisches Strickleiternnervensystem vorhanden, dessen einzelne Ganglienpaare in Zahl und Lage den Körpersegmenten ent-

sprechen. Segmentale Anordnung beherrscht auch die Verteilung der Tracheen und den Bau des Herzens. In den Rumpsegmenten finden sich die Tracheen paarweise gruppiert als ein linkes und rechtes Büschel; sie fehlen in der Regel im Bereich des Kopfes, der von dem angrenzenden Rumpf mit Atemröhren versorgt wird. Das Herz erstreckt sich durch den größten Teil des Körpers und gleicht im Bau und in der Anwesenheit von Flügelmuskeln dem Insektenherzen, gibt aber zahlreichere Arterien ab. Der Darm, meist ein geradegestrecktes Rohr, besteht aus Anfangs-, Mittel- und Enddarm; in ersteren münden mehrere Speicheldrüsen, in letzteren zwei lange Vasa Malpighi. Die Augen sind stets Stemmata, die in größerer Zahl am Kopf stehen und nur bei *Scutigera* zu einer Art Facettenauge näher zusammentreten. Im Bau der Geschlechtsorgane unterscheiden sich die beiden wichtigsten Ordnungen der Myriapoden, die *Chilopoden* und *Diplopoden*, ebenso in der Gestalt der Segmente, der Länge der Extremitäten und der Art der Ernährung.

I. Ordnung. Diplopoden oder Chilognathen.

Durch die große Zahl (oft weit über 100) Segmente und Extremitäten rechtfertigen die Diplopoden noch am meisten den Namen der gesamten Klasse (Fig. 409). Gewöhnlich sind die Rückenschienien hoch gewölbt und so gebogen,

daß sie fast allein schon zu einem Ring zusammenschließen und nur wenig Raum für die kleinen Pleuren und die Beine tragenden Bauchschieneen übriglassen. Dies hat zur Folge, daß der Körper der Tiere meist drehrund ist und daß die Ursprünge der Beine und die Mündungen der Tracheen ganz auf die Bauchseite rücken. In der Seitenlinie des Körpers vorhandene, auf den Rückenschieneen angebrachte Punkte sind nicht die Stigmen, sondern die Mündungen von

Verteidigungsdrüsen (Foramina repugnatoria).

Ein noch auffallenderes Merkmal der Diplopoden ist die Doppelnatur ihrer Segmente, welche, durch Verschmelzung zweier Segmentanlagen entstanden, je zwei Herzkammern, zwei Paar Tracheenbüschel, zwei Paar Bauchganglien und vor allem zwei Paar Extremitäten haben. Nur die vier ersten Rumpsegmente machen eine Ausnahme, indem sie höchstens ein Beinpaar tragen. Die Diplopoden fallen außerdem noch durch die Kürze ihrer Antennen und Beine auf, welche letztere nur wenig unter dem Bauch hervorragen.

Fig. 411.

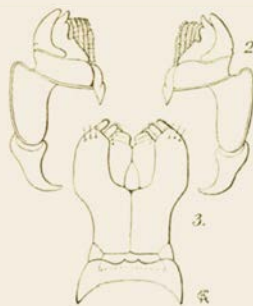


Fig. 411. Mundbewaffnung eines *Julus* (nach Latzel). 2 Mandibeln von *J. molybdinus*, 3 Gnathochilarium (verschmolzene Maxillen) von *J. luridus*.

Fig. 412.

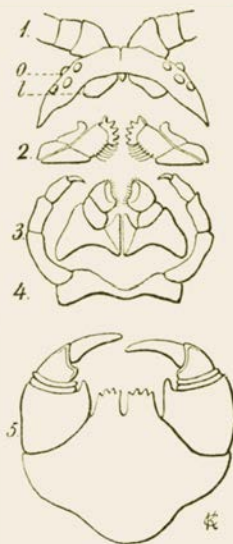


Fig. 412. Kopfgliedmaßen und Kieferfüße von *Scolopendra morsitans*. 1 Antennen, 2 Mandibeln, 3 Maxillen (Gnathochilarium), 4 erste Kieferfüße (zweite Maxille), 5 giftige zweite Kieferfüße, o Ocellen, l Oberlippe.

Da die Tiere von Pflanzenkost leben, sind ihre Kiefer (Fig. 411) sehr klein; am kräftigsten sind noch die mehrgliedrigen Mandibeln (2); die ersten Maxillen (3) dagegen sind rudimentär und untereinander zum Gnathochilarium verwachsen; zweite Maxillen, von denen man früher annahm, sie seien im Gnathochilarium enthalten, fehlen. Die Geschlechtsorgane sind paarige, in einem gemeinsamen Sack eingeschlossene Keimlager, welche weit rückwärts liegen und nach vorn zwei getrennt am 3. Segment mündende Ausführungsgänge entsenden. Dem Männchen dient das Beinpaar des 7. Segments zur Begattung. Die aus dem Ei ausschließenden Tiere haben zunächst drei Beinpaare wie die Insekten; auf dieses Merkmal hat man früher übertriebenen Wert gelegt, um eine nähere Verwandtschaft mit den Insekten zu beweisen. 1. *Juliden*, mit langgestrecktem, drehrundem Körper. *Julus sabulosus* L. Koch, bei uns einheimisch. *J. (Spirobolus) maximus* Br. (Fig. 409), 12 cm lang, in Brasilien. 2. *Glomeriden*, mit gedrungenem Körper, der wie bei den Kugelasseln ventral eingerollt werden kann. *Glomeris pustulata* Latr. 3. *Polydesmiden*, dorsoventral abgeplattet, *Polydesmus complanatus* L.

II. Ordnung. Chilopoden.

Die Chilopoden (Fig. 410) unterscheiden sich von den *Diplopoden* durch ihre einfachen, dorsoventral abgeplatteten Segmente und die auffallend langen Antennen und Beine. Da letztere ihnen einen raschen Lauf ermöglichen, überfallen sie als gefährliche Räuber andere, selbst an Größe ihnen überlegene Tiere und töten sie durch die Giftigkeit des Bisses. Zum Verwunden benutzen sie nicht die Kiefern (Mandibeln, resp. die zum Gnathochilarium verschmolzenen ersten Maxillen und die beinartigen zweiten Maxillen), sondern die gewaltigen Kieferfüße (Fig. 412): dieselben sind an ihrer Basis angeschwollen und tragen eine scharfe Endklaue, an deren Spitze eine Giftdrüse mündet; sie decken den Kopf von unten wie mit einer Maske zu und sind gefährliche Angriffswaffen. In der Regel trägt nur jedes zweite (manchmal auch dritte) Körpersegment ein Stigmenpaar. Im Gegensatz zu den *Diplopoden*, den *Progoneuaten*, liegen die Geschlechtsorgane weit vorn, die unpaare Geschlechtsmündung, wie bei den Insekten, vor dem After (*Opisthogoneuaten*).

1. Die *Geophiliden* sind kleine, lichtscheue Tiere, welche in Europa sehr häufig sind, wie der im Dunkeln leuchtende *Geophilus longicornis* L. 2. Die *Scolopendriden* gehören vornehmlich den Tropen an; die in Indien lebende, 25 cm lange *Scolopendra gigantea* L. wird selbst von den Menschen wegen ihrer Giftigkeit gefürchtet; *Sc. morsitans* L. (Fig. 410) in Brasilien. 3. *Scutigерiden*, mit auffallend langen Beinen, *Sc. coleoprata* L. — Außer *Chilopoden* und *Diplopoden* unterscheidet man noch die kleinen unansehnlichen Gruppen der *Symphylen* (*Scolopendrella immaculata* Newp.) und *Pauropoden* (*Pauropus Huxleyi* Lubb.). Obwohl sie keine Doppelsegmente haben, stehen sie doch den *Diplopoden* näher durch den Mangel der Raubfüße und die nach vorn gewandte Geschlechtsmündung, welche bei *Symphylen* im 4., bei *Pauropoden* im 2. Segment liegt. In der Lage der Geschlechtsmündung drückt sich eine gewisse Ähnlichkeit der *Diplopoden*, *Symphylen* und *Pauropoden* mit *Arachnoideen* aus, auf welche je doch bei den großen anderweitigen Unterschieden nicht viel Wert gelegt werden darf. Die Geschlechtsmündung der *Chilopoden* am hinteren Ende weist dagegen auf nähere Verwandtschaft mit den Insekten hin und ist für viele Zoologen Ursache geworden, die *Chilopoden* von den übrigen *Myriapoden* zu trennen und den Insekten anzugliedern oder zu einer selbständigen Klasse zu erheben.

IV. Klasse.

Insekten. Hexapoden.

Im Stamme der Arthropoden ist die Klasse der Insekten bei weitem die umfangreichste, da sie mindestens dreißigmal so viel bekannte Arten enthält, als Crustaceen, Arachnoideen und Myriapoden zusammengenommen. Die Zahl der jetzt schon beschriebenen Formen ist eine so enorme, daß man sie nicht einmal genau angeben kann; man schätzt sie auf mehrere Hunderttausend. Da die an Insekten besonders reichen Tropen nur unvollkommen durchforscht sind, ist es sehr wohl denkbar, daß die Welt etwa von einer Million oder noch mehr verschiedener Insektenarten bevölkert ist. Mit der Artenzahl steht die Einförmigkeit der Organisation in auffallendem Kontrast. Mit großer Zähigkeit behalten die Insekten die Grundzüge ihres Baues, die Art der Körpergliederung und die Zahl der Extremitäten unter den verschiedensten Lebensbedingungen bei, so daß der Unterschied zwischen den extremsten Formen bei den Insekten lange nicht so bedeutend ist wie bei *Arachnoideen* und *Crustaceen*. Wenn dadurch das vergleichend-anatomische Interesse der Gruppe in mancher Hinsicht leidet, so verdienen die Insekten auf der anderen Seite besondere Beachtung durch ihre Lebensverhältnisse, durch die Art, wie sie nützlich und schädlich in die Existenzbedingungen des Menschen eingreifen, durch ihre Brutpflege und die mit ihr zusammenhängende auffallende Entwicklung ihrer psychischen Fähigkeiten und ihre Staatenbildung. Für die Deszendenztheorie sind die Insekten durch ihre ganz vorzügliche Anpassung an ihre Umgebung von Wichtigkeit geworden. Die große Artenzahl ist nur möglich, wenn jeder Platz im Naturhaushalt ausgenutzt wird, was wiederum voraussetzt, daß das Insekt den Bedingungen desselben in möglichst vollkommener Weise entspricht.

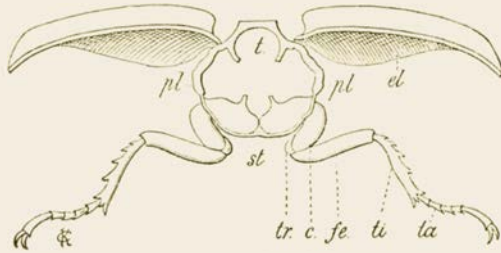


Fig. 413. Mesothorax eines Hirschkäfers mit Elytren und Beinen. *t* Notum, *pl* Pleuren, *st* Sternum, *el* Elytren, *c* Coxa, *tr* Trochanter, *fe* Femur, *ti* Tibia, *ta* Tarsus.

Bei der systematischen Charakteristik ist besonders zu beachten: 1. die Gliederung des Körpers, 2. die Zahl und Verwendung der Extremitäten. — Am Körper unterscheidet man drei Regionen, die nicht selten durch besonders tiefe Einschnürungen voneinander getrennt werden: Kopf (Caput), Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen). Die Segmente des Hinterleibs sind variabel an Zahl, je nach den Ordnungen oder sogar den Familien, und schwanken zwischen 11 (bei Embryonen und Larven mancher Arten sogar 12) bei einigen *Orthopteren* und 5 bei manchen *Fliegen*; sie bestehen aus Rücken- und Bauchschienen, Tergiten und Sterniten, die zum Zweck der Atmung längs der Seitenlinie in einer weichen, das Tracheenstigma umschließenden Verbindungshaut gegeneinander verschiebbar sind. Die Brust und der Kopf dagegen verhalten sich bei fast allen Insekten (vgl. jedoch Körpergliederung der *Hymenopteren*) in ihrer Segmentzahl gleich. — Die Brust ist deutlich in drei Ringe gegliedert: Pro-, Meso- und Metathorax, von denen ein jeder (Fig. 413) aus dreierlei, fest untereinander verbundenen, selbst wieder aus

Körpergliederung.

kleineren Stücken zusammengesetzten Hauptteilen besteht, den paarigen Seitenteilen (Pleurae *pl*), dem unpaaren Rückenteil (Notum *t*) und dem unpaaren Brustteil (Sternum *st*). Zur Abkürzung der Beschreibung hat man die Bezeichnungen Pronotum, Mesonotum, Metanotum usw. eingeführt. Der Kopf endlich ist eine einheitliche Chitinkapsel, an der man folgende Regionen unterscheidet: nach vorn und dorsal Frons (Stirne) und Clypeus (Kopfschild), nach hinten und dorsal Vertex (Scheitel) und Occiput (Hinterhaupt), lateral die Genae (Wangen), ventral die Gula (Kehle); nach der Zahl seiner Extremitäten sind im Kopf mindestens vier im Embryo deutlich abgegrenzte Segmente erhalten.

Die Ansicht, daß sogar sechs Kopfsegmente vorhanden sind, gründet sich bei *Insekten* wie *Myriapoden* (S. 424) auf den entwicklungsgeschichtlichen Nachweis von zwei weiteren Segmentanlagen, einer präantennalen und einer postantennalen (intercalaren, prämandibularen) sowie auf die Erkenntnis, daß das Hirnganglion, in dem man früher nur ein dem Antennensegment angehöriges Ganglion erblickte, aus drei aufeinanderfolgenden Ganglien besteht (Proto-, Deuto-, Tritocerebrum), ähnlich dem unteren Schlundganglion.

Extremitäten.

Die Extremitäten sind im wesentlichen auf Kopf und Brust beschränkt und im ganzen zu sieben Paaren vorhanden. Die drei Thoraxsegmente tragen drei Beinpaare, weshalb die Insekten auch „*Hexapoden*“ genannt werden. Die Beine (Fig. 413) sind am Übergang des Sternums in die Pleurae befestigt und beginnen mit dem häufig kurzen, in eine Art Pfanne eingelenkten Hüftglied (Coxa *c*). Auf letzteres folgt ein zweites, ebenfalls gewöhnlich kurzes Glied, der Schenkelring (Trochanter *tr*). Die nun kommenden zwei Stücke sind stets langgestreckt; das nächste, das dritte der Reihe, ist stark verdickt, enthält hauptsächlich die Muskulatur und heißt Femur (*fe*); das vierte ist die schlanke, aber sehr feste Tibia (*ti*). Als fünften Abschnitt faßt man unter dem Namen Tarsus (*ta*) mehrere kleine Glieder zusammen, von denen das letzte die beiden Klauen trägt; je nach ihrer Zahl spricht man von einem drei-, vier-, fünfgliedrigen Tarsus.

Von den Kopfe Extremitäten ist die erste, die Antenne, den Beinen am ähnlichsten, nur daß sie normalerweise keine Klauen trägt; sie entspringt von der Stirn vor der Mundöffnung und wird gemäß ihrer dorsalen Lage vom oberen Schlundganglion innerviert. Die Zahl und Gestalt der Glieder wechselt in den einzelnen Ordnungen der Insekten, oft auch nach dem Geschlecht. Je nachdem einzelne Glieder verlängert oder verkürzt, verdünnt oder verdickt oder mit Anhängen versehen sind, je nachdem derartige Besonderheiten der Form an der Basis oder an der Spitze sich bemerkbar machen, unterscheidet man verschiedene Gestalten der Antennen, die systematisch sehr gut verwertet werden können (gebrochene, geknöpfte, gekaulte, gezähnte, gekämmte Antennen usw.).

Mundgliedmaßen.

Vergleichend anatomisch interessanter sind die drei Paar Mundgliedmaßen (Fig. 414—417), die Mandibeln (*md*), ersten Maxillen (*mx*), die auch kurzweg Maxillen heißen, und zweiten Maxillen, welche man gewöhnlich Unterlippe, Labium (*la*), nennt, da ihre basalen Glieder zu einem unpaaren Organ verwachsen sind. Das Labium liegt hinter der Mundöffnung und bildet einen Abschluß nach rückwärts; es steht dabei dem ebenfalls unpaaren, ab und zu zweigeteilten Labrum (*lr*) gegenüber, welches von oben sich über die Mundöffnung legt und wegen dieser Analogie mit der Unterlippe früher fälschlich ebenfalls für ein Extremitätenpaar ge-

halten wurde. Labrum und Labium können auf ihrer oralen Seite mit unpaaren Anhängen versehen sein, dem Epipharynx und Hypopharynx, ersterer der Decke, letzterer dem Grund der Mundhöhle angehörig. Wie für das Labrum und seinen Anhang, den Epipharynx, so ist auch für den Hypopharynx nachgewiesen, daß er als eine unpaare Bildung entsteht und daher nicht als ein verschmolzenes weiteres Extremitätenpaar gedeutet werden kann.

Die verschiedene Art der Ernährung bedingt einen verschiedenen Charakter der Mundbewaffnung; man unterscheidet kauende, leckende, saugende und stechende Mundgliedmaßen, die sich aber auf eine gemeinsame Grundform, die kauenden Mundgliedmaßen, zurückführen lassen, welche ihrerseits modifizierte Beine sind. Bei der Betrachtung der kauenden Mundteile (Fig. 414) stellt man am zweckmäßigsten die Maxillen

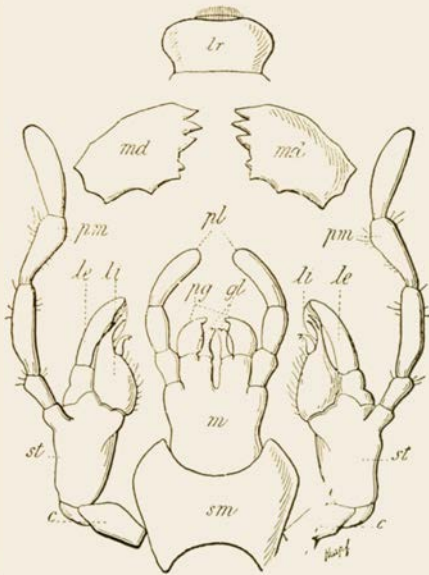


Fig. 414. Kauende Mundgliedmaßen der Schabe (*Periplaneta orientalis*).

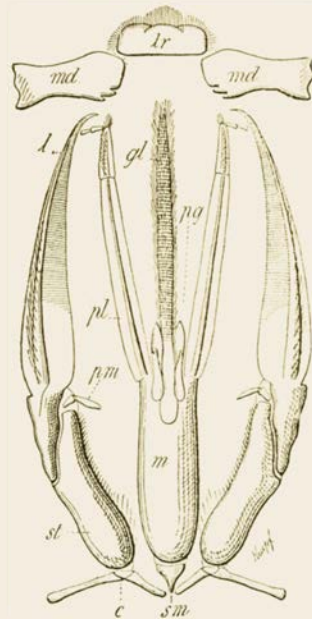


Fig. 415. Leckende Mundgliedmaßen der Hummel (*Bombus terrestris*).

Für die Figuren 414—417 gelten folgende Bezeichnungen: *lr* Oberlippe, *md* Mandibeln, *c* Cardo, *st* Stipes, *le* und *li* Lobus externus und internus, *pm* (*p*) Palpus der Maxille (*mx*), *sm* Submentum, *m* Mentum, *gl* Glossen, *pg* Paraglossen, *pl* Palpus labialis der Unterlippe (*la*), *hy* Hypopharynx.

voran, weil sie Anknüpfungspunkte sowohl an die Brustextremitäten als auch an die übrigen Kiefer bieten. Dieselben beginnen mit dem kurzen, meist dreieckigen Angelglied, Cardo (*c*), auf welches das ansehnliche Haftglied, Stipes (*st*), folgt. Der Stipes trägt die Kauladen, Lobus internus (*li*) und L. externus (*le*) genannt, welche abgegliederte Fortsätze des Stipes sind. Bei den *Orthopteren* und *Käfern* ist nur die innere Lade (Lacinia) in spitze Kauzähne verlängert; die äußere Lade dient entweder als Galea zur Umhüllung der Lacinia oder kann bei manchen *Käfern* zum Tasten verwandt werden und sich gliedern (Fig. 439). Am Stipes sitzt ferner

der aus drei bis fünf gleichförmigen Gliedern bestehende Palpus maxillaris (*pm*), der am meisten beinähhlich gebliebene Teil der Extremität. Die Unterlippe legt sich nach Art der Maxillen als ein Paar Höcker an, die jedoch frühzeitig in der Mittellinie zusammenrücken und hinter der Mundöffnung verwachsen. Man kann daher an ihr alle Teile der Maxille erkennen, nur sind die Basalstücke von links und rechts miteinander verschmolzen. Die verschmolzenen Angelglieder bilden die unpaare Platte des Unterkinns, Submentum (*sm*), die verschmolzenen Haftglieder erzeugen das Kinn, Mentum (*m*), welches an seinem Ende noch geteilt sein kann, wenn die Verschmelzung (wie z. B. bei den *Orthopteren*) nicht in ganzer Länge durchgeführt ist. Am Mentum sitzen die linken und rechten Innenladen und Außenladen, die Innenladen Glossae (*gl*), die Außenladen Paraglossae (*pg*) genannt, und die Palpi labiales (*pl*). Für die Man-

Fig. 416.

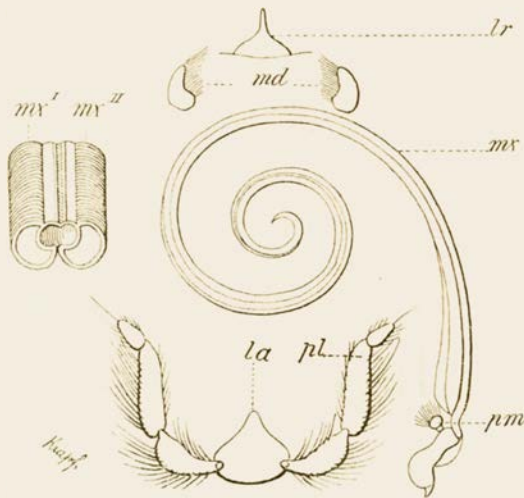


Fig. 417.

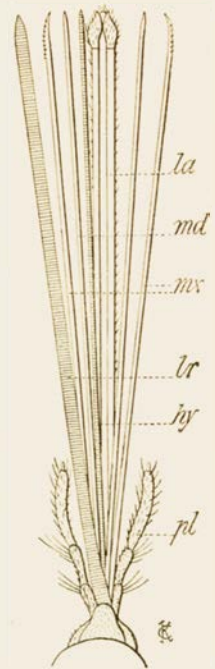


Fig. 416. Mundgliedmaßen eines *Schmetterlings* (nach Savigny). Anstatt der rechten Maxille ein Stück des Rüssels dargestellt, um zu zeigen, wie die linke (*mx^I*) und rechte Maxille (*mx^{II}*) sich zu einem Rohr vereinen.

Fig. 417. Mundgliedmaßen einer Mücke *Culex pipiens*; die Rinne der Unterlippe durch Zurückklappen der Oberlippe geöffnet, und die Stechborsten herausgenommen (nach Muhr).

dibeln (*md*) der Insekten ist charakteristisch, daß nur das Basalglied zu einer kräftigen Beißzange wird, daß dagegen ein peripherer, als Palpus mandibularis zu bezeichnender Abschnitt fehlt.

Den kauenden Mundgliedmaßen stehen am nächsten, mit ihnen durch vielerlei Übergänge verbunden, die leckenden Mundgliedmaßen der *Bienen* und *Hummeln* (Fig. 415). Oberlippe (*lr*) und Mandibeln (*m*) bleiben von den Umformungen ausgeschlossen; dagegen strecken sich Maxillen und Unterlippe sehr in die Länge und verbinden sich an der Basis zu einem federnden Apparat, der nach Bedürfnis unter den Kopf eingeschlagen und kompendiös verpackt oder in die Länge gestreckt werden kann. Die Unterlippe beginnt mit einem kleinen, herzförmigen Submentum (*sm*) und einem langgestreckten Mentum (*m*); daran reiht sich der funktionell wichtigste Teil, die unpaare Zunge, Glossa (*gl*), die den verschmolzenen Glossen der

kauenden Insekten entspricht, zum Saugen von Honig dient und zu diesem Zweck die Gestalt einer fast zur Röhre geschlossenen Rinne angenommen hat; neben ihr liegen noch Rudimente von Paraglossen (*pg*) und gut entwickelte Palpi labiales (*pl*). In entsprechender Weise sind bei den Maxillen die Cardines (*c*) klein, die Stipites (*st*) und Laden (*l*) langgestreckt, während die Taster (*pm*) rudimentär sind.

An die Mundgliedmaßen der Bienen lassen sich weiter anreihen die stechenden Mundgliedmaßen der *Dipteren* (Fig. 417) und *Rhynchoten*, Fliegen und Wanzen, insofern auch hier die Unterlippe die Grundlage des Ganzen abgibt. Der Rüssel (*la*) dieser Tiere (Rostrum, Proboscis oder Haustellum) entspricht der Unterlippe; er ist eine Rinne mit fleischigen, biegsamen oder mit festen und dann gegliederten Wandungen; die Rinnenränder sind zusammengebogen und einander genähert bis auf einen schmalen dorsalen Spalt, dessen Verschluss durch Einfügung der Oberlippe (*lr*) bewirkt wird. Im Innern des durch Ober- und Unterlippe gebildeten Rohres liegen meist vier Stiletts, welche an der Spitze gezähnt oder mit Widerhaken bewaffnet sind. Dieselben sind aus den Mandibeln und Maxillen hervorgegangen, zu denen noch der langausgezogene Hypopharynx (*hy*) als fünftes Stilet kommen kann. Die nur bei den *Dipteren* vorhandenen Palpen (*p*) gehören zu den Maxillen; bei den Dipteren tritt nicht selten eine Verminderung der Zahl der Stiletts auf drei oder gänzliche Rückbildung derselben ein. Der Rüssel dient in allen Fällen nur als Hülle für das eigentliche Saugrohr; letzteres wird bei den *Wanzen* durch Zusammenschluß der linken und rechten Maxillen, bei den *Dipteren* ausschließlich oder doch hauptsächlich von dem zu einer Röhre zusammengebogenen Labrum gebildet.

Vom Rüssel der Fliegen und Wanzen ist sehr wohl der ausschließlich aus den Maxillen hervorgegangene Rüssel der *Schmetterlinge* (Fig. 416) zu unterscheiden. Derselbe ist eine lange Röhre, welche wie eine Uhrfeder spiralig gewunden unter dem Kopf getragen wird; er besteht aus zwei Halbrinnen mit fest aufeinandergefügten Rändern, den linken und rechten Außenladen der Maxillen. Die Maxillartaster sind nur bei *Motten* gut entwickelt, zeigen im übrigen alle Stufen der Rückbildung bis zu völligem Schwund. Oberlippe (*lr*) und Unterlippe (*la*) sind auf kleine dreieckige Stücke an der Rüsselbasis reduziert. Letzterer gehören außerdem die buschigen Palpen links und rechts vom Rüssel an. Die Mandibeln sind nur noch durch kleine Höcker oder Haarbüschel vertreten. Alle diese Einrichtungen gewinnen noch weiter an Interesse, wenn wir berücksichtigen, daß umgekehrt bei den Raupen die Mandibeln kräftige Beißzangen sind, die Maxillen kleine Höcker darstellen und die Unterlippe nur in den mit den Spinndrüsen verbundenen Teilen besser ausgebildet ist, ein schöner Beweis, wie die Lebensweise der Tiere den Bau der Organe bestimmt. — Zu Saugorganen können bei Larven (*Dytisciden*, *Ameisenlöwen* u. a.) auch die Mandibeln umgewandelt sein. Sie sind dann von einem in die Mundhöhle führenden Kanal oder einer Rinne durchsetzt, durch den Verdauungsssekrete besonders der Speicheldrüsen und der Magenanhänge ausgespien und dem Beutetiere eingespritzt werden, um dessen Gewebe in einen gelösten und aufsaugbaren Zustand zu versetzen. Damit wird „extraintestinale Verdauung“ ermöglicht, wie sie auch sonst bei Insekten, namentlich bei parasitischen Larven weit verbreitet ist.

Im Gegensatz zu den beiden vorderen Körperabschnitten ist das Abdomen eines ausgebildeten Insekts extremitätenlos. Nur bei niederen Formen, den *Myrientomata* und manchen *Thysanuren*, sind hinter den

Abdominale
Gliedmaßen.

Brustbeinen und in gleicher Linie mit ihnen einige abgegliederte Fortsätze vorhanden, die wohl als Reste von Abdominalfüßen angesehen werden dürfen. Wahrscheinlich sind auch die Anhänge der letzten Abdominalsegmente, welche als Springstangen, Schwanzborsten und Griffel (Cerci und Styli) beschrieben werden, als modifizierte Extremitäten zu betrachten, dagegen nicht die Stücke, aus denen sich die Legeröhre und der Begattungsapparat zusammensetzen. Afterfüße oder *Pedes spurii* kommen bei den Raupen der *Schmetterlinge* und *Blattwespen* vor; da sie aber fleischige ungegliederte Anhänge sind, muß es zweifelhaft sein, ob sie mit den typischen Bauchgliedmaßen der übrigen Arthropoden verglichen werden dürfen oder nicht vielmehr selbständig erworbene Gebilde sind.

Flügel.

Außer ventralen Extremitäten besitzen die Insekten noch zwei Paar dorsale Anhänge am Mesothorax und Metathorax, die Flügel; sie entstehen als seitliche Falten des Chitinüberzuges des Notum und enthalten in ihrem Innern Ausstülpungen der Leibeshöhle, Nerven- und Tracheenverästelungen, welche durch Verdickungen im Chitin geschützt werden, wodurch die netzförmige Zeichnung des Flügelgeäders hervorgerufen wird. Beide Flügel können elastisch, nachgiebig und zum Flug geeignet sein; oder die Hinterflügel allein bewahren diese Eigenschaften der echten „Alae“, die Vorderflügel dagegen werden zu harten, pergamentartigen Deckflügeln oder *Elytren*, unter denen die eigentlichen Flugorgane geborgen werden (Fig. 413). Ist nur die Basis erhärtet, so spricht man von *Hemelytren*. Zwischen den Ursprungsstellen der Vorderflügel findet sich häufig ein Chitinblatt, das Schildchen oder „Scutellum“; ein ähnliches Blättchen zwischen den Hinterflügeln heißt „Postscutellum“. Bei vielen Insekten fehlt ein Flügelpaar; gewöhnlich ist dann das vordere (*Dipteren*) (Fig. 451, 452), nur ausnahmsweise einmal das hintere Paar (*Strepsipteren*) (Fig. 441) dasjenige, welches erhalten bleibt. Ein solcher partieller Mangel läßt sich nur durch Rückbildung erklären. Der gänzliche Mangel der Flügel dagegen kann eine doppelte Ursache haben: einerseits gibt es Insekten, welche wahrscheinlich niemals Flügel besessen haben (primärer Flügelmangel der *Apterygoten*); andererseits aber gibt es Formen, bei denen man eine Rückbildung früher vorhandener Flügel annehmen muß (sekundärer Flügelmangel), weil entweder nahe verwandte Arten (*Wanzen*, *Blattläuse*) Flügel besitzen oder weil ein Teil der Individuen (Männchen der *Schaben*, mancher *Schmetterlinge* usw., Geschlechtstiere der *Ameisen* und *Termiten*) noch geflügelt ist (Fig. 430, 448, 449). Der Prothorax recenter Insekten ist stets flügellos, doch soll er bei manchen *Archipteren* der Steinkohlenperiode Flügelrudimente getragen haben.

Darm.

Infolge der verschiedenen Ernährungsweise zeigt der Darm (Fig. 418, 419) einen außerordentlich verschiedenen Bau. Der ectodermale Vorderdarm beginnt mit einem Pharynx, der bei saugenden Insekten eine mit radialen Muskeln besetzte Saugpumpe ist. Der nun folgende Ösophagus (*oe*) kann zu einem Kropf (*kr*) (Ingluvies *in*) erweitert sein, oder er besitzt eine blindsackartige Ausstülpung, die sich bei Schmetterlingen und Zweiflüglern zu einer gestielten Blase (fälschlich „Saugmagen“ genannt) gestaltet. Ebenfalls ectodermal ist der muskulöse Kaumagen (*km*) (Proventriculus *pv*), dessen mit reichlichen Zähnen besetzte Chitinauskleidung den Namen veranlaßt hat. Der entodermale Mitteldarm (Magen *m*, Chylusdarm *cd*) ist häufig mit Blindsäcken besetzt, im übrigen auffallend kurz und gegen den Anfang des ectodermalen Enddarms gewöhnlich nur durch

die Einmündung der Vasa Malpighii (*vm*) abgegrenzt. Letztere, ihrer Funktion nach vornehmlich Exkretionsorgane, gehören schon dem ectodermalen Enddarm an, der gewöhnlich in einen Dünndarm (*cd*) und einen Dickdarm (*r*) (Rectum) differenziert ist. Als Rectaldrüsen werden papillenartige Erhebungen des Dickdarms bezeichnet. Echte Drüsen finden sich am Anfang und Ende des Darms, am Anfang die Speicheldrüsen, welche, wenn sie in größerer Zahl vorkommen, an den verschiedenen Mundextremitäten ausmünden. Am konstantesten sind die Unterlippendrüsen, deren Ausführgänge oft mit einer das Sekret ansammelnden Speichelblase versehen sind und sich zu einem am oder im Hypopharynx mündenden unpaaren Kanal vereinigen. Zu beiden Seiten des Afters liegen die zur Verteidigung dienenden, übelriechende Sekrete liefernden Analdrüsen (*ad*). Umhüllt wird der Darm, wie die übrigen Eingeweide, vom Fettkörper, einer weißlichen, von Tracheen durchsetzten, bindegewebigen Füllmasse, deren Zellen von sehr verschiedener Beschaffenheit sind, weil sie mindestens drei verschiedenen Funktionen dienen: die meisten sind Fettzellen und speichern Nährmaterialien auf; andere dienen der Exkretion und enthalten Harnsäure (Speicherniere); dritte, wie gewisse in der Nähe des Herzens angehäuften Zellen, funktionieren als lymphoide Organe, welche in das Blut gelangende Abfallstoffe und Fremdkörper, wie z. B. eingespritzte Tusche, aufnehmen. Dazu kommen große, sich stark färbende, in Gruppen angeordnete Zellen, die Öncyten, die als Organe innerer Sekretion

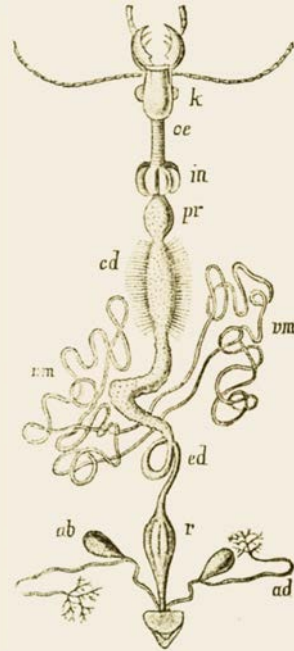


Fig. 418. Darm von *Carabus auratus* (aus Lang nach Dufour). *k* Kopf mit Mandibeln, Antennen und Augen, *oe* Ösophagus, *in* Ingluvies (Kropf), *pr* Proventriculus (Kaumagen), *cd* Chylusdarm mit Blindsäcken, *ed* Enddarm, *r* Rectum, *vm* Vasa Malpighii, *ad* Analdrüsen, *ab* Sekretblasen.

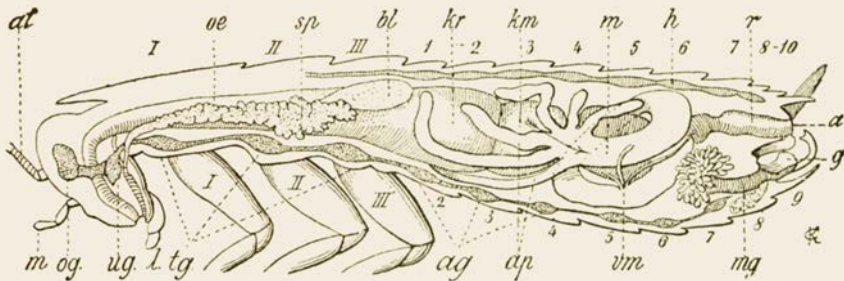


Fig. 419. Eingeweide einer männlichen Küchenschabe (*Periplaneta orientalis*) durch seitliche Öffnung der Leibeshöhle präpariert (unter Zugrundelegung einer Zeichnung von Huxley). I—III Thoraxsegmente, 1—10 Abdominalsegmente, *at* Antenne, *m* Palpus maxillaris, *lp* labialis, I—III Beine, *og* oberes, *ug* unteres Schlundganglion, *tg* Brustganglien, *ag* Bauchganglien, *oe* Ösophagus, *sp* Speicheldrüse mit Speichelblase (*bl*), *kr* Kropf, *km* Kaumagen, *h* Herz, *r* Rectum, *a* After, *g* Geschlechtsöffnung, *vm* Vasa Malpighii, *mg* männliche Geschlechtsorgane (Samenblase mit Anhangsdrüsen), darunter Stinkdrüse.

gedeutet werden. Aus dem Fettkörper gehen schließlich noch die Leuchtorgane der Leuchtkäfer (*Lampyriden*, *Pyrophorus*) hervor, Fettkörperlappen, welche aus zwei Schichten bestehen, einer leuchtenden, von Tracheenverästelungen reich durchsetzten Lage großer homogener Zellen und einer an Harnsäure reichen Schicht. Das Leuchtvermögen ist vielleicht auch hier auf die Anwesenheit von Leuchtbakterien zurückzuführen.

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

Was das Nervensystem (Fig. 462) anbelangt, so ist das Bauchmark, namentlich bei primitiven Formen (Fig. 419) wie den *Apterygoten*, *Archipteren*, *Orthopteren* sowie bei fast allen Larven (Fig. 58), langgestreckt und aus zahlreichen Ganglienpaaren zusammengesetzt; bei ausgebildeten *Käfern*, *Schmetterlingen*, *Bienen* und *Fliegen* dagegen verkürzt sich der Strang und verschmelzen die Ganglien teilweise untereinander. Das Hirn entsteht ontogenetisch durch Verschmelzung von drei Ganglienpaaren (Proto-, Deuto-, Tritocerebrum) und besitzt, namentlich bei den Staaten bildenden Formen, einen sehr komplizierten Bau. Es ist jederseits mit einem großen Ganglion opticum verbunden, dessen Umfang wiederum in Korrelation zur Größe der Augen steht. In der Regel besitzt das ausgebildete Insekt zwei mächtige Facettenaugen, die den größten Teil der Oberfläche des Kopfes für sich beanspruchen. Zwischen ihnen auf der Stirn liegen, namentlich bei gut fliegenden Insekten, ein bis drei kleine Stemmata. In welcher Weise beiderlei Augen sich in ihrer Funktion ergänzen, ist noch unentschieden. Die Idee, daß ihr Zusammenwirken die Tiefenwahrnehmung ermöglicht und so die Insekten befähigt, die Entfernung der Objekte zu bestimmen, hat Widerspruch erfahren. Von den Stirnorganen sind die einfachen Augen zu unterscheiden, welche in größerer Zahl bei den Larven holometaboler Insekten (z. B. *Käfer* und *Schmetterlingen*) vorkommen und die Stelle der sich später entwickelnden Facettenaugen einnehmen. Auch sonst ist die Haut der Insekten, besonders an den Fühlern und an den Palpen der Mundgliedmaßen, durch einen überraschenden Reichtum und große Mannigfaltigkeit von Sinnesorganen ausgezeichnet, deren physiologische Deutung vielfach Schwierigkeiten begegnet. Außer Tasthaaren findet man an ihnen in ungeheurer Zahl Geruchsröhrchen, durch Metamorphose aus ihnen hervorgegangene Porenplatten und Geruchskegel, welche durch die Dünnwandigkeit ihrer chitinösen Hülle ausgezeichnet sind und oft in größeren und kleineren Gruben sitzen; sie spielen im Leben aller Insekten eine außerordentlich wichtige Rolle, besonders bei solchen Insekten, welche, wie die *Ameisen*, wegen der unvollkommenen Entwicklung ihrer Augen in erster Linie auf die Orientierung durch den Geruchssinn angewiesen sind. Ähnliche Apparate an den Mundwerkzeugen und im Pharynx scheinen den ebenfalls gut ausgebildeten Geschmackssinn zu vermitteln. Von Sinneszellen versorgte, verdünnte Hautstellen, die „Sinneskuppeln“, welche locker in das Chitin eingelassen sind und auch an den Flügeln vorkommen, scheinen zur Beurteilung des Luftwiderstandes zu dienen. Auf Gehörorgane kann man zurzeit mit Sicherheit nur die Tympanalorgane beziehen, dünne trommelfellartige Partien im Chitin, welche in einen festen Chitinring eingespannt sind und auf ihrer Innenseite eine Tracheenblase besitzen; an die Tracheenblase tritt ein Nerv heran, um hier an einer *Crista acustica* zu enden. Die Organe kannte man lange Zeit über nur von den *Heuschrecken* und *Grillen* (S. 449). Neuerdings hat man sie auch bei vielen *Schmetterlingen* teils am Metathorax (*Spinner* und *Eulen*), teils am Abdomen (*Spanner* und *Zünsler*) entdeckt, ferner bei *Cicaden*; sie sollen bei Rückbildung der Flügel ebenfalls fehlen. Ähn-

liche Nervenendigungen, wie sie die *Crista acustica* bilden, findet man auch bei den chordotonalen Sinnesorganen und bringt sie mit Hörempfindung in Zusammenhang, weil die Existenz von Hörorganen mit Rücksicht auf die bei Insekten weit verbreitete Fähigkeit, Geräusche und Töne zu erzeugen, sehr wahrscheinlich ist. Die für die Tonbildung in Betracht kommenden Einrichtungen sind sehr verschiedener Natur. Am häufigsten dienen die Schwingungen der Flügel zum Summen oder Brummen, oder es werden Reibegeräusche erzeugt durch Anstreichen der Flügel und Beine entweder gegeneinander oder gegen raue Leisten am Körper. Dagegen scheint es sich nicht zu bestätigen, daß auch die Atemluft beim Passieren der Stigmen zur Tonbildung benutzt wird.

Fig. 420.

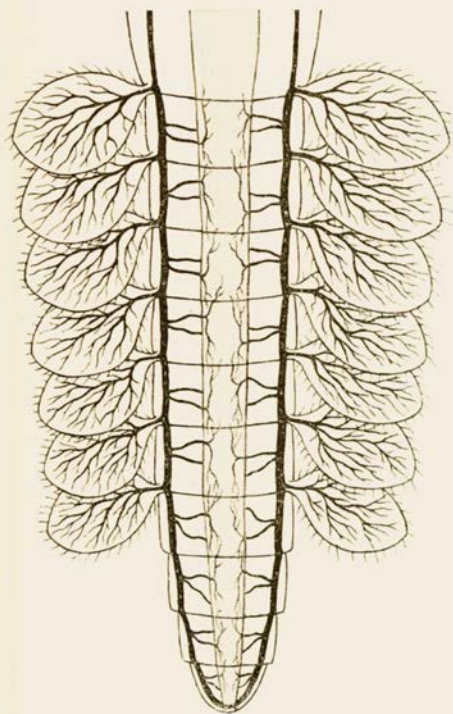


Fig. 421.

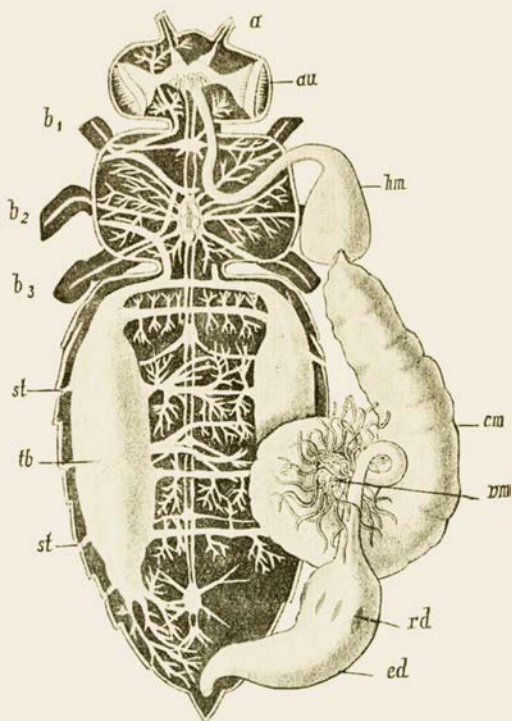


Fig. 420. Hinterleib einer *Ephemeridentarve* mit Tracheenkiemen, Schwanzborsten; weggelassen.

Fig. 421. Anatomie der *Honigbiene* (aus Lang nach Leuckart); *au* Facettenaugen, *a* Antennen, *b₁—b₃* Beine, *tb* Tracheenblasen mit ihren Hauptverästelungen, *st* Stigmen, *hm* Honigmagen, *cm* Chylusmagen, *vm* Vasa Malpighii, *rd* Rectaldrüsen, *ed* Enddarm; außerdem ist in der Zeichnung das Nervensystem zu sehen.

Die Mündungen des Tracheensystems, die Stigmen, liegen seitlich am Abdomen zwischen Tergit und Sternit bis zu acht Paar, wozu noch häufig zwei Paar am Meso- und Metathorax kommen, während der Kopf niemals Stigmen besitzt. Ihr Eingang ist zum Abhalten von Schädlichkeiten mit Haaren umstellt und kann mit komplizierten Verschlussvorrichtungen versehen sein. Die von ihnen ausgehenden Tracheen (Fig. 421, 405) sind gewöhnlich untereinander durch Längsstämme verbunden, von denen feinere Verästelungen ihren Ursprung nehmen, um alle Organe

Tracheen-
system.

mit zarten, silberglänzenden Fäden zu umspinnen. Diese Verbindung der Tracheen untereinander ermöglicht es, daß die Stigmen in vielen Körpersegmenten (z. B. bei den Larven vieler *Dipteren* bis auf ein Paar) rückgebildet werden. Bei gut fliegenden Insekten sind manche Tracheenstämme zu großen Luftreservoirs, den Tracheenblasen, ausgedehnt, welche durch die in ihnen enthaltene Reserveluft den Tieren während des Fluges die anstrengenden Atembewegungen ersparen (Fig. 421).

Im Wasser lebende Insekten behalten gewöhnlich die Luftatmung bei und nehmen zu dem Zweck von der Oberfläche eine ansehnliche, am Körper anhaftende Luftblase mit in die Tiefe. Zur Erneuerung derselben müssen sie zeitweilig auftauchen. Indessen gibt es auch eine interessante Anpassung des Tracheensystems an den Wasseraufenthalt, welche sich bei den Larven der *Archipteren* (*Libellen*, *Perliden* und *Eintagsfliegen*, Fig. 420) und *Neuropteren*, selbst einiger *Lepidopteren* (*Paraponyx*) und *Coleopteren* (*Gyriniden*) findet. Die Stigmen sind hier meist geschlossen; die Sauerstoffaufnahme erfolgt aus dem Wasser durch die Haut oder durch die sogenannten Tracheenkiemen, büschelförmige oder blattartige, von Tracheenverzweigungen reichlich durchsetzte Anhänge der Körperoberfläche oder des Enddarms, welche sich ab und zu auch bei den Imagines erhalten. Im Tracheensystem ist in solchen Fällen eine Differenzierung eingetreten in einen durch Diffusion aus dem Wasser Sauerstoff aufnehmenden und ebendahin Kohlensäure abgebenden Abschnitt (Tracheengeäßer der Haut und der Kiemen) und einen an die Gewebe und Organe herantretenden Abschnitt, welcher umgekehrt die Kohlensäure der Gewebe gegen Sauerstoff eintauscht.

Blutgefäßsystem.

Da die Tracheen mit ihren feinen Verzweigungen die Gewebe direkt mit Sauerstoff versorgen, ist das Blutgefäßsystem rudimentär. Dicht unter den Rückenschienen liegt das langgestreckte, schlauchförmige Herz in einem besonderen Raum, den man Pericardialsinus nennt. Derselbe ist ein Teil der Leibeshöhle, welcher von dem übrigen, perigastrischen Abschnitt der Leibeshöhle durch das Pericardialeptum getrennt wird, eine quere, unvollkommene Scheidewand, in welcher die linken und rechten Flügelmuskeln verlaufen. Das Herz empfängt sein Blut durch seitliche Ostien (acht Paar, oft auch weniger, bis zu einem Paar) aus dem Pericardialsinus, selten direkt aus der großen Leibeshöhle durch ventrale Öffnungen (manche *Orthopteren*). Indem Segelventile von den Rändern der Ostien in das Herzlumen vorspringen und bei der von hinten nach vorn fortschreitenden Systole nicht nur die Ostien verschließen, sondern auch einen Abschluß gegen den rückwärts gelegenen Teil des Herzens bewirken, entsteht das Bild einer Kammerung des Herzens. Durch eine vordere Aorta gelangt das Blut in die Leibeshöhle, und von dieser kehrt es in den Pericardialsinus zurück, was wahrscheinlich dadurch begünstigt wird, daß die Flügelmuskeln durch ihre Kontraktion einen Druck auf die Eingeweide ausüben und zugleich den Pericardialsinus erweitern. Eine gewisse Regelmäßigkeit der Zirkulation wird durch die Anordnung der Eingeweide, des Fettkörpers und der Muskeln bedingt, besonders in den Extremitäten. Akzessorische pulsierende Ampullen können an der Antennenbasis (*Orthopteren*) der Blutbewegung nachhelfen. Merkwürdig ist, daß manche Käfer, z. B. *Meloiden* („spanische Fliegen“) und *Coccinellen* durch die Gelenkhäute der Beine zur Verteilung Blut entleeren, welches reizende Stoffe (Cantharidin) enthält.

Die Insekten sind getrenntgeschlechtlich; ihre Geschlechtsdrüsen (Fig. 422, 423) zeigen bei manchen *Apterygoten* Andeutungen segmentaler Anordnung; sie werden aus einigen wenigen oder zahlreichen Ei- resp. Samenröhren gebildet; letztere können zu ovalen Körperchen zusammengeknäult sein. Ovarien und Hoden sind paarig, links und rechts im Abdomen gelagert. Ihre ebenfalls paarigen Ausführwege (Vasa deferentia, Oviducte) münden bei *Ephemeriden* und jungen *Apterygoten* jeweils getrennt. Bei den meisten Insekten findet sich dagegen eine unpaare, dicht vor dem After gelegene Geschlechtsöffnung, was so zu erklären ist, daß sich mit den primitiven paarigen mesodermalen Ausführungsgängen eine unpaare ectodermale und daher von Chitin ausgekleidete Einstülpung verbunden hat, der Ductus ejaculatorius des Männchens, die Vagina des Weibchens. Abgesehen von mancherlei akzessorischen Drüsen, sind als weitere Differenzierungen des Geschlechtsapparates hervorzuheben: beim Männchen die Vesiculae seminales, Ausweitungen oder Ausstülpungen der Samenleiter, beim Weibchen das Receptaculum seminis

Geschlechtsorgane.



Fig. 422. Männlicher Geschlechtsapparat von *Melolontha vulgaris*. *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *vs* Vesicula seminalis, *gl* Anhangsdrüsen (aus Gegenbaur).

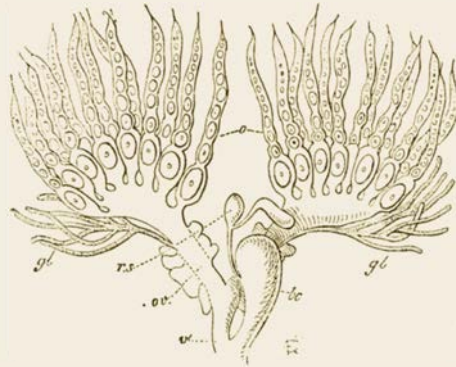


Fig. 423. Weiblicher Geschlechtsapparat von *Hydrophilus fuscipes*. *g* Eiröhren, *ov* Oviduct mit Drüsenanhängen, *gl* schlauchförmige Drüsen, *rs* Receptaculum seminis mit Anhangsdrüsen, *v* Vagina, *bc* Bursa copulatrix (aus Gegenbaur nach Stein).

und die Bursa copulatrix. Letztere dient bei der Begattung zur Aufnahme des Penis; sie kann mit der Scheide identisch sein oder ist ein Blindsack der Scheide oder eine besondere Einstülpung der Haut, die durch einen inneren Kanal in die Scheide mündet. Am wichtigsten für die Biologie der Insekten ist das Receptaculum seminis, ein gestielter, bläschenförmiger Anhang der Scheide oder auch der Bursa, in welchem das Sperma lange Zeit lebend aufbewahrt wird, besonders lang bei Insekten, die nur einmal in ihrem Leben begattet werden, bei der Bienenkönigin z. B. 4 Jahre. Bei der Ablage werden die Eier von hier aus mit Samenfäden versehen. Da sie schon im Ovar mit einem hartschaligen Chorion umgeben worden sind, muß das Eindringen der Spermatozoen durch einen Mikropylapparat ermöglicht werden, feine, das Chorion an einem Ende durchbohrende Kanälchen von oft komplizierter Struktur.

Die Eiablage erfolgt bei den meisten Insekten mittels vielgestaltiger Hilfsapparate, die vornehmlich in zweierlei Weise gebildet sein können. Bei *Käfern*, *Zweiflüglern* und *Schmetterlingen* sind die letzten Körper-

segmente rudimentär, ins Innere des Körpers zurückgezogen, und werden bei der Eiablage zu einer langen Röhre hervorgestülpt. Bei *Orthopteren*, *Hymenopteren*, *Hemipteren* und *Libellen* dagegen wird die Legeröhre (Terebra) durch besondere Anhänge, die Gonapophysen, gebildet, vier bis sechs Chitinstücke, welche von den ventralen Schienen des 8. und 9. Abdominalsegments entspringen. Bei *Orthopteren* legen sich je zwei säbelförmige Anhänge des 8. und 9. Abdominalsegments zu einer Scheide zusammen, in welcher die zwei übrigen ebenfalls dem 9. Segment angehörig Stücke eingeschlossen sind. Bei *Hymenopteren* (Fig. 444) sind diese letzteren zu einer Rinne verwachsen, in welcher die beiden Stücke des 8. Segments als Stechborsten oder Sägen auf- und abgleiten. Dazu kommen die zwei weiteren Stücke des 9. Segments, die „Stachelscheiden“. Bei vielen *Hymenopteren* kann der Apparat in das Körperinnere zurück-

gezogen werden; er wird dann häufig seiner ursprünglichen Bedeutung entfremdet (Bienen, Wespen) und zu einer mit einer Giftdrüse ausgestatteten Angriffswaffe umgestaltet, dem Aculeus oder Stachel, der seiner Entstehung nach auf weibliche Tiere beschränkt sein muß. — Beim Männchen findet sich meistens ein aus dem Abdomen vorstülplbarer langer Penis, welcher von kompliziert gebauten Chitinstücken gestützt wird, in denen man die Sternite der letzten Abdominalsegmente erblickt. Weitere Männchen und Weibchen äußerlich unterscheidende Sexualcharaktere können durch Unterschiede in der Gestalt der Antennen, in Form und Farbe der Flügel, Beschaffenheit der Augen usw. gegeben sein (Fig. 71).

Bei vielen Insekten haben die Eier die Fähigkeit, sich ohne Befruchtung in normaler Weise zu entwickeln. *Blattläuse* und *Rindenläuse* pflanzen sich in dieser Weise viele Generationen hindurch parthenogenetisch fort; auch bei anderen *Insekten*, besonders *Hymenopteren*, *Schmetterlingen* und *Netzflüglern* ist Parthenogenesis weit verbreitet. Viel seltener als die gewöhnliche Parthenogenesis ist die Pädogenese, die parthenogenetische Fortpflanzung von Larven; man kennt sie nur von gewissen *Dipteren*, wie z. B. von der

Gattung *Miastor*. In den weiblichen *Miastor*larven (Fig. 424) entwickeln sich die Eier noch vor Anlage der Ausführwege, so daß die junge Brut nur durch Platzen der Mutter frei werden kann. Nachdem mehrere pädogenetische Generationen sich wiederholt haben, verpuppen sich die zuletzt gebildeten Larven und liefern männliche und weibliche Mücken.

Mit Ausnahme der genannten pädogenetischen Formen, ferner der *Pupiparen*, vieler *Aphiden* und einiger anderer viviparer Arten der Gattungen *Chrysomela*, *Glossina*, *Sarcophaga* sind die Insekten ovipar. Die Embryonalentwicklung beginnt mit der superfiziellen Furchung erst längere Zeit nach der Ablage der Eier (Fig. 106). Im weiteren Verlauf kommt es zur Bildung von Embryonalanhängen, des Dottersackes und des Amnion. Ersterer ist im Gegensatz zu der gleichnamigen, der Bauchseite angehörigen Bildung der Wirbeltiere rückenständig; das Amnion dagegen ist bauchständig; es ist eine doppelte Zellenschicht,



Partheno-
genese.
Pädogenese.

Fig. 424. Larve einer Gallmücke (*Cecidomyiide*) mit pädogenetisch erzeugten Tochterlarven (aus Hatschek nach Pagenstecher).

Embryonal-
entwicklung.

welche den Embryo ventral bedeckt und ähnlich dem Wirbeltieramnion entsteht, indem das Blastoderm links und rechts, vorn und hinten von der Embryonalanlage oder dem Keimstreif Falten bildet, welche über dem Embryo zu einer Hülle verwachsen.

Die postembryonale Entwicklung gewinnt durch zwei Momente ein besonderes Gepräge. 1. Wie bei den übrigen Arthropoden wird ein Wachstum nur durch periodische Häutungen ermöglicht, so daß der Lebenszyklus eines Insekts sich aus mehreren durch Wechsel des Chitinkleids abgegrenzten Perioden oder Stadien zusammensetzt. 2. Kein aus dem Ei ausschließendes Insekt hat Flügel. Sind dieselben im ausgebildeten Insekt, der Imago, vorhanden, so müssen sie während des Larvenlebens erzeugt werden. Zum Mangel der Flügel kann sich als ein weiteres Larve und Imago unterscheidendes Merkmal der Mangel der zusammengesetzten Augen gesellen, ohne aber gleiche Bedeutung zu besitzen. Die postembryonale Entwicklung der Flügel ist Ausgangspunkt der für die meisten Insekten in so hohem Maße charakteristischen Metamorphose geworden. Dies kommt auch darin zum Ausdruck, daß je höher entwickelt das Flugvermögen der Insekten ist, je mehr sich dadurch die Unterschiede in den Lebensbedingungen steigern, denen sich Larven und Imagines anzupassen haben, um so mehr sich auch der Charakter der Metamorphose ausprägt. Wir haben daher alle Ursache, bei der Unterscheidung der verschiedenen Arten der Metamorphose die verschiedene Form, in welcher sich die Flügelbildung vollzieht, in erster Linie zu berücksichtigen und demgemäß an der auf sie basierenden Einteilung der Entwicklungsweisen in ametabole Entwicklung (keine Metamorphose), hemimetabole E. (Metamorphosis incompleta), holometabole E. (M. completa) festzuhalten.

Post-
embryonale
Entwick-
lung-
Metamor-
phose.

Eine ametabole Entwicklung ist dem Gesagten zufolge nur bei flügellosen Insekten möglich, deren postembryonale Entwicklung unter dem Bild periodischer Häutungen verläuft. Wenn es bei nicht wenigen flügellosen Formen gleichwohl zur Metamorphose kommt, so hat das zumeist darin seinen Grund, daß die betreffenden Insekten (*Flöhe*, ungeflügelte *Schmetterlinge*, *Ameisen* usw.) von geflügelten Urformen abstammen und von ihnen die Metamorphose als eine fest eingewurzelte und daher auch nach dem Flügelverlust fortbestehende Entwicklungsweise ererbt haben.

Das Wesen der hemimetabolen Entwicklung besteht darin, daß der Unterschied zwischen dem frisch ausgeschlüpften Tier, der Larve, und dem geschlechtsreifen Insekt, der Imago, allmählich ausgeglichen wird (Fig. 425). Oft treten schon bei der zweiten Häutung die Flügelanlagen als kleine Falten im Chitinkleide des Meso- und Metathorax auf; sie wachsen mit jeder Häutung, bis sie mit der letzten die Größe, Form und Beweglichkeit der funktionsfähigen Flügel gewinnen. Man nennt diese Anlagen Flügelscheiden (B 1 u. 2), weil ihr Chitinüberzug eine Hülle bildet, in welcher zusammengedrängt und gefaltet die Flügelanlage des nächsten Stadiums und bei der letzten Häutung der definitive Flügel eingeschlossen liegt. — Da die Larven durch den Mangel der Flugorgane unter andere Lebensbedingungen versetzt werden als die fliegenden Insekten, unter Lebensbedingungen, welche vielfach besondere Einrichtungen im Bau verlangen, so kann schon bei der hemimetabolen Entwicklung der Unterschied zwischen Larve und Imago durch Ausbildung spezifischer Larvenorgane gesteigert werden, wie die *Libellen* und *Eintagsfliegen* lehren, deren im Wasser wohnenden Larven von der Imago nicht nur

durch den Flügelmangel unterschieden sind, sondern auch durch abweichende Gestalt, anderweitigen Bau der Mundgliedmaßen, vor allem aber durch die Anwesenheit der bei der letzten Häutung meist schwindenden Tracheenkiemen (Fig. 420). In analoger Weise sind bei den *Cicadarien* die Unterschiede zwischen Larven und Imagines dadurch gesteigert, daß erstere unterirdisch an Wurzeln, letztere oberirdisch leben.

Weitere Steigerung der Unterschiede in den Lebensbedingungen, denen sich Larve und Imago anzupassen haben, führt zu einer divergenten Entwicklung beider und damit Hand in Hand zu einer Vermehrung der Larvencharaktere. So kommt es zur vollkommenen Metamorphose (holometabolen Entwicklung). Um die Vorteile ihrer besonderen Anpassung an die Umgebung ausnutzen zu können, behalten die Larven möglichst lange ihre spezifische Gestalt bei; die allmähliche Annäherung an die Imago unterbleibt, und die zur Metamorphose nötigen Veränderungen der Gestalt und des Baues werden mehr und mehr in das Endstadium, in den Zeitraum zwischen den beiden letzten Häutungen, zurückgedrängt. In diesem Zeitraum vollzieht sich eine so energische Umformung des

Fig. 425.

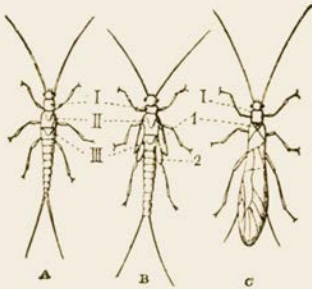


Fig. 426.

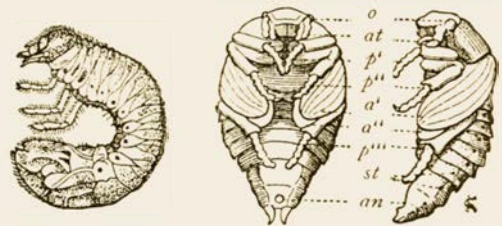


Fig. 425. Unvollkommene Metamorphose von *Perlina nigra* (aus Huxley). A Flügellose Larve, B Larve mit Flügelscheide (1 u. 2), C ausgebildetes Tier, I—III Thoraxsegmente.

Fig. 426. Larve (Engerling) und Puppe (in ventraler und seitlicher Ansicht) vom *Maikäfer*; o Augen, at Antennen, p' — p''' Beine, a' , a'' Vorder- und Hinterflügel, st Stigmen, an After.

Organismus, daß die Ausübung der gewöhnlichen Lebensverrichtungen, namentlich der Fortbewegung und Ernährung, behindert oder unmöglich gemacht wird. Das letzte Stadium des Larvenlebens wird somit zu einem Stadium der Ruhe, zum Puppenstadium, auf dessen Existenz daher bei der Definition der vollkommenen Metamorphose das Hauptgewicht gelegt werden muß. Je vollkommener der Zustand der Ruhe ist, um so ausgesprochener ist auch der Charakter der holometabolen Entwicklung. Von diesem Gesichtspunkt aus unterscheidet man nun verschiedene Formen der Puppen: *P. liberae*, *P. obtectae* und *P. coarctatae*. Bei den freien Puppen (*P. liberae*, Fig. 426) erheben sich die Extremitäten weit über die Körperoberfläche, so daß man nicht nur die Körpergliederung, sondern auch die Antennen (*at*), Beine (p' — p'''), Flügel (a' , a''), vielfach auch die Mundwerkzeuge der Imago deutlich erkennen kann. Solche freien Puppen können ein gewisses Maß von Ortsbewegung besitzen, wie z. B. die Puppen vieler *Neuropteren* und *Mücken*, welche letztere im Wasser auf und nieder tauchen. — Die ge-

Puppe.

deckten Puppen (*P. obtectae*) haben im Moment der Verpuppung noch hervortretende Extremitäten, welche aber beim Erhärten der Chitinhaut dem Körper dicht angepreßt werden, so daß man selbst bei genauem Zuschauen nur undeutliche Konturen (Fig. 427) wahrnehmen kann. Die Bewegungen beschränken sich auf Zuckungen des ganzen Körpers, wie man sie bei den Schmetterlingspuppen durch äußere Reize hervorrufen kann. — Völlig unbeweglich endlich erscheinen die Tönnchenpuppen (*P. coarctatae*), weil hier die Puppe (ihrem Bau nach eine *P. libera*) noch von einer weiteren Hülle, der letzten erhalten gebliebenen Larvenhaut, umschlossen wird (*Muscarien*). Schutzvorrichtungen, wie sie durch die Larvenhaut der Tönnchenpuppe gegeben sind, können noch in anderer Weise gebildet werden, so vor allem durch die Seidenkokons, in welche sich die Larven vieler *Schmetterlinge* und *Hautflügler* bei der Verpuppung einspinnen.

Fig. 427.

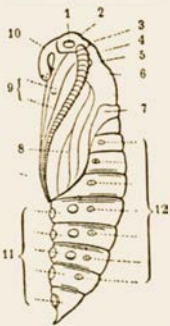


Fig. 428.

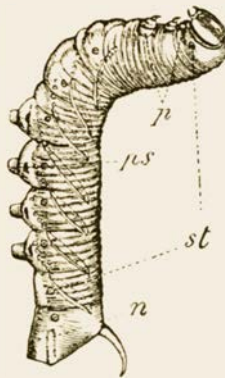


Fig. 429.



Fig. 427. Puppe von *Sphinx ligustri* (nach Leunis-Ludwig). 1 Auge, 2 Kopf, 3 Fühler, 4–6 Thoraxsegmente, 7 hintere, 8 vordere Flügel, 9 Beine, 10 Rüssel, 11 Abdominalsegmente, 12 Stigmen.

Fig. 428. Raupe von *Sphinx ligustri*. *p* Brustfüße, *ps* Pedes spurii, *n* Nachschieber, *st* Stigmen (nach Leunis-Ludwig).

Fig. 429. Larven von *Musca vomitoria* (nach Leuckart).

Noch größer als bei den Puppen ist die Mannigfaltigkeit der Gestalten auf den früheren Larvenstadien. Hier stehen Bau und Körpergliederung so vollkommen unter dem Einfluß der Existenzbedingungen, daß je nach der Gleichartigkeit oder Verschiedenartigkeit derselben systematisch fernstehende Insekten ähnliche, verwandte Arten dagegen sehr verschieden gestaltete Larven haben können. Die Blätter nagenden Larven der *Schmetterlinge* und *Blattwespen* sind lebhaft gefärbte Raupen (Fig. 428), d. h. gleichförmig gegliederte Larven, deren Brustextremitäten klein bleiben und durch Bauchextremitäten, die fleischigen Pedes spurii (*p. s.*), und die Nachschieber (*n*) unterstützt werden. Die vom Raub lebenden Larven vieler *Käfer* und *Netzflügler* haben lange Brustbeine und kräftige Mandibeln, dagegen keine Afterfüße. Andere Käferlarven, welche im Holz bohren oder in der Erde leben (Fig. 426), haben einen plumpen, weißlichen Körper mit oft rudimentären oder gänzlich fehlenden Beinen; sie leiten über zu den madenartigen Larven, bei denen auch die Mundgliedmaßen undeutlich werden und selbst der Unterschied von Kopf

Larve.

und Thorax schwinden kann. Solche weiße, weichhäutige, geringelte, wurmartige Säcke finden sich bei den meisten *Hymenopteren*, den *Entophagen* und *Aculeaten* (z. B. *Bienen*, Fig. 58), ferner bei einem Teil der *Dipteren* (Fig. 429); das sind Tiere, deren Larven in einem Überfluß von Nahrung leben, weil sie entweder Parasiten sind oder durch Brutpflege mit genügender Nahrung versehen werden.

Imaginal-
scheiben.

Bei einer äußerlichen Betrachtung der holometabolen Entwicklungsstadien gewinnt man den Eindruck, als ob alle die besprochenen Larvenformen das Gemeinsame hätten, daß nicht nur die Flügel der Imago, sondern auch ihre übrigen Gliedmaßen gänzlich fehlen, oder daß die Gliedmaßen wenigstens eine völlig andere Gestalt besitzen; man möchte glauben, daß die Flügel und vielfach auch die Fühler, Beine und Kiefer der Imago erst im Moment der Verpuppung auftreten, dann aber gleich in einer auffallenden Größe und Vollkommenheit. Eine genauere Untersuchung lehrt jedoch, daß die Anlagen zu allen diesen Organen des Insekts schon lange vor der Verpuppung, vielfach schon bei der ersten Larvenhäutung angelegt werden. Die Flügel eines *Schmetterlings* sind schon in der Raupe vorhanden als kleine, mit jeder Häutung wachsende Höcker oder Falten der Oberfläche, die nur deswegen äußerlich nicht wahrgenommen werden, weil sie durch Einstülpung in die Tiefe verlagert und in ein auf der Haut mündendes Säckchen eingeschlossen sind. Solche Anlagen nennt man „Imaginalscheiben“; durch ihren Nachweis wird der Unterschied zwischen vollkommener und unvollkommener Verwandlung einigermaßen verwischt, indem auch bei ersterer der Bau der Imago, wenn auch in verborgener Weise, von langer Hand vorbereitet wird. Trotz alledem bleibt für das Insekt während der Puppenruhe noch außerordentlich viel umzugestalten; die Muskeln müssen den neuen Fortbewegungsorganen, der Darm der neuen Ernährungsweise angepaßt, die Körpereinteilung und das Nervensystem umgeformt werden. Da somit ein großer Teil der bisherigen Organisation eingeschmolzen wird, damit das so gewonnene Material zum Neuaufbau der Organe verwandt werden kann, erklärt sich die breiweiche Beschaffenheit des Puppeninhalts; letzterer kann bei raschem Verlauf der Umschmelzung zu einem so gleichförmigen Material undeutlich abgegrenzter Zellen werden, daß man fälschlich annahm, die Puppe sei auf den indifferenten Zustand des Eies zurückgekehrt („Histolyse“ der *Fliegen*). — Bei flügellosen Insekten können Formumwandlungen vorkommen, die mit der Flügelbildung in keinerlei Zusammenhang stehen, sondern durch anderweitige Lebensbedingungen veranlaßt werden; sie werden als *Epimorphosen* von der typischen Insektenmetamorphose unterschieden.

Staaten-
bildung.

Mit dem Geschlechtsleben der Insekten hängt die bei *Archipteren* (*Termiten*) und *Hymenopteren* (*Bienen*, *Hummeln*, *Wespen*, *Ameisen*) auftretende Staatenbildung zusammen; sie beruht darauf, daß zu den für die Vermehrung sorgenden Geschlechtstieren, den Männchen („Königen“, „Drohnen“) und den Weibchen („Königinnen“, „Weiseln“), sich die „Arbeiter“ gesellen, welche für den Schutz und die Ernährung der Jungen und den Bau und die Verteidigung der oft äußerst komplizierten Nester zu sorgen haben, dagegen vermöge des rudimentären Charakters ihrer Geschlechtsorgane mehr oder minder verhindert sind, an der Fortpflanzung sich zu beteiligen. Diese „Neutra“ sind bei den *Hymenopteren* rudimentäre Weibchen, bei *Termiten* außerdem auch rudimentäre Männchen. Bei *Termiten*, *Wespen* und *Bienen* scheint die rudimentäre Beschaffenheit der Geschlechtsorgane ausschließlich durch ungenügende Fütte-

zung während des Larvenlebens bedingt zu sein; für die *Ameisen* wird das gleiche von manchen Forschern behauptet, von anderen bestritten. Bei *Wespen*, *Hummeln* und *Ameisen* ist der Unterschied zwischen Geschlechtstieren und Arbeitern häufig durch Übergänge verwischt (ergatoide und ergatomorphe Weibchen der *Ameisen*); aber auch da, wo der Unterschied am schärfsten ausgeprägt ist, wie bei den *Bienen*, können Arbeiterinnen nachträglich durch starke Fütterung zum Eierlegen gebracht werden („Drohnenmütterchen“). Nicht selten findet man verschiedengestaltige (polymorphe) Arbeiter; sehr verbreitet ist die Differenzierung in kleinköpfige Arbeiter und großköpfige, mit mächtigen Mandibeln ausgerüstete „Soldaten“ (*Termiten*, *Ameisen*). — Bei *Wespen* und *Bienen* wie vielen anderen *Hymenopteren* wirkt die Befruchtung geschlechtsbestimmend, insofern befruchtete Eier sich zu Weibchen, unbefruchtete sich zu Männchen entwickeln; wahrscheinlich gilt ähnliches auch für die *Ameisen*, obwohl die Einrichtung hier nicht mit gleicher Genauigkeit wirkt. Unter Umständen können hier auch Weibchen aus unbefruchteten Eiern entstehen.

Die Staaten der *Termiten* und *Ameisen* werden durch Aufnahme anderweitiger Tiere, sogenannter „Gäste“ oder „Symphilen“ aus den verschiedensten Ordnungen der Insekten, vornehmlich von *Käfern*, kompliziert; die Gäste werden samt ihrer Brut gepflegt und gefüttert wegen der süßen Säfte, welche sie erzeugen. Die Staaten der *Ameisen* komplizieren sich noch weiter durch Aufzucht von „Sklaven“; das sind *Ameisen*, die anderen Arten angehören, auf dem Puppenstadium geraubt (Ursache der *Ameisenkriege*) und aufgezogen wurden, so daß sie sich als Angehörige des neuen Staates fühlen und an allen Aufgaben desselben, auch an den Kriegen gegen die eigenen Artgenossen teilnehmen. In den Nestern mancher tropischer *Termiten*- und *Ameisen*-Arten findet man endlich die merkwürdigen Pilzgärten, Reinkulturen von Hutzpilzen auf einer organischen Unterlage, die von den *Ameisen* aus gekauten Blättern und anderen zum Düngen geeigneten Stoffen hergestellt wird; die Pilze werden umkultiviert, so daß sie keine Fruchtkörper, sondern blumenkohllartige, den *Ameisen* zur Nahrung dienende Wucherungen erzeugen.

Diese verwickelten Leistungen Staaten bildender Insekten, die Fähigkeit, sich untereinander zu verständigen und Angehörige des Staates von Artgenossen anderer Staaten zu unterscheiden, das hohe Maß von Aufopferungsfähigkeit für den Staat waren lange Zeit Veranlassung, vornehmlich den *Ameisen* und *Bienen* eine hohe Stufe moralischer und intellektueller Entwicklung zuzuschreiben. Die Auffassung war verfehlt. Da die Tiere dieselben Handlungen verrichten, wenn sie von ihresgleichen getrennt aus der Puppe gezogen werden und somit nicht zur Arbeit angeleitet werden müssen, handelt es sich offenbar um angeborene Reflexe, nicht um bewußte, erlernte Handlungen. Immerhin besteht ein gewisses, wenn auch geringes Lernvermögen, ein Vermögen, unter außergewöhnlichen Verhältnissen die Handlungsweise zu modifizieren. — Merkwürdig ist, daß die so ähnlichen staatlichen Organisationen der *Termiten* und *Ameisen* sich vollkommen unabhängig voneinander entwickelt haben, ebenso die Staaten der einander so nahe verwandten *Vesparien* und *Apiarien*, was daraus hervorgeht, daß in jeder der beiden Familien es jetzt noch solitäre Arten gibt.

Bei der **Systematik** der Insekten verlangen vier Momente besondere Systematik. Berücksichtigung: 1. die Körpergliederung, bei welcher zu beachten ist, ob die Thorax- und Abdominalsegmente gleichförmig aufeinanderfolgen oder ob sich der Thorax namentlich vermöge engerer Vereinigung seiner drei Ringe vom Kopf und Abdomen scharf abgliedert hat; 2. die Be-

schaffenheit der Flügel, welche bei niederen Formen fehlen oder zarte, mit reichlichem Flügelgeäder versehene, an beiden Thoraxsegmenten gleichförmige Chitinblätter sind, während für höhere Formen teilweise Rückbildung des Flügelgeäders oder lederartige Erhärtung des Chitins, ferner divergente Entwicklung oder partielle Rückbildung der Vorder- und Hinterflügel charakteristisch ist; 3. Bau der Mundwerkzeuge und 4. Art der Entwicklung, zwei Momente, über welche schon oben das Nähere gesagt wurde. Unter gleichmäßiger Berücksichtigung der genannten Verhältnisse fällt es leicht, sechs scharf umschriebene, auch dem Laien ohne weiteres verständliche, durchaus natürliche Ordnungen herauszuheben: 1. *Lepidopteren*, 2. *Dipteren*, 3. *Aphanipteren*, 4. *Rhynchoten*, 5. *Hymenopteren*, 6. *Coleopteren*. Der verbleibende Rest wurde früher auf die beiden Ordnungen der *Orthopteren* und *Neuropteren* verteilt; jetzt hält man diese Gruppen für wenig natürlich und hat versucht, sie in mehr oder minder zahlreiche Ordnungen aufzulösen. Hier soll diesen Bestrebungen insofern Rechnung getragen werden, als wir von den *Neuropteren* die *Pseudoneuropteren* oder *Archipteren*, von den *Orthopteren* die ungeflügelten Formen, die *Apterygoten*, trennen werden.

I. Ordnung. Apterygoten (Apterogenea). Urinsekten.

An den Anfang der *Insekten* müssen wir kleine unansehnliche, ametabole, flügellose Formen stellen, die sich von anderen flügellosen Formen darin unterscheiden, daß keine Hinweise existieren, daß jemals Flügel bestanden haben. Man hält sie daher für Reste von Vorfahren der *pterygoten Insekten*, wozu man um so mehr Ursache hat, als auch sonst ihre Organisation sehr primitiv ist: echte Facettenaugen fehlen meistens und können durch einzelne oder gehäufte Stemmata ersetzt sein; die Tracheen — bei den meisten *Collembolen* zurückgebildet — bestehen in der Regel aus völlig getrennten Tracheenbüscheln. Vor allem aber existieren Reste von abdominalen Extremitäten und damit Hinweise auf nähere Verwandtschaft mit *Myriapoden*. Bei manchen Myriapoden (*Scolopendrella*) findet man nämlich kleine Griffel an der Extremitätenbasis und daneben ausstülpbare Säckchen. Griffel und Säckchen kehren bei *Campodea* und *Thysanuren* wieder, bei *Campodea* außerdem am 1. Abdominalsegment ein rudimentäres Beinpaar; zwei resp. drei weitere Beinpaare finden sich bei den *Myrientomata* (*Proturen*). Anhänge am hinteren Körperende, Cerci, werden ebenfalls als abdominale Gliedmaßen gedeutet. Die Mundgliedmaßen sind kauend oder stechend, häufig rudimentär und in eine Vertiefung zurückgezogen (entognath).

I. Unterordnung. *Thysanuren* (*Ectognathen*). Körper langgestreckt, mit langen Borsten (Cerci) am hinteren Ende versehen. *Lepisma saccharina* L., Zuckergast, auch Silberfischchen genannt wegen seines silberglänzenden Schuppenkleides; *Machilis maritima* Latr. (Fig. 406); *Campodea staphylinus* Westw. (Fig. 337), im Bau der Mundgliedmaßen den *Collembolen* ähnlich.

II. Unterordnung. *Collembolen* (*Entognathen*). Körper gedrungen, mit einem gabelförmigen Anhang am Bauch, dessen Äste als Springstangen benutzt werden, indem sie, nach vorn eingeschlagen und plötzlich wieder gestreckt, den 1—3 mm langen Körper in die Höhe schleudern. Auf dem Wasser lebt *Podura aquatica* L., auf dem Schnee und Eis die *Entomobrya* (*Degeeria*) *nivalis* L. (Schneefloh) und *Desoria glacialis* Nic. (Gletscherfloh). Hier schließen sich die *Myrientomata* an, kleine, trotz ihrer weiten Ver-

breitung erst neuerdings entdeckte Insekten, welche den *Myriapoden* besonders nahe stehen, indem sie an den drei ersten Abdominalsegmenten kleine Extremitäten tragen und die Zahl ihrer Abdominalsegmente post-embryonal von 9 auf 12 vermehren. Merkwürdig ist das gänzliche Fehlen der Antennen und die rudimentäre Beschaffenheit der Tracheen bei *Eosentomon*, ihre völlige Rückbildung bei *Acerentomon* und *Acerentulus*.

II. Ordnung. Archipteren oder Pseudoneuropteren, Urfügler.

Die *Archipteren* zeigen uns den Urtypus beflügelter Insekten. Ihr langgestreckter Körper besteht aus zahlreichen Segmenten und trägt meist noch die Schwanzborsten (Cerci) der *Thysanuren*. Die Flügel sind zart-häutig, glasartig, durchsichtig, von einem dichten Flügelgeäder gestützt und vollkommen gleich oder nahezu gleich an Mittel- und Hinterbrust entwickelt, öfters auch rückgebildet. Die Kiefer sind Typen beißen-der Mundgliedmaßen; an den Maxillen und der Unterlippe sind Innen- und Außenlade gut entwickelt; an der Unterlippe weist häufig ein Einschnitt im Mentum auf die Verwachsung aus zwei Teilen (Stipites der zweiten Maxillen). Auch die Entwicklung ist eine ursprüngliche, in der Regel eine hemimetabole. Der Unterschied der Larve von der Imago beschränkt sich bei den *Corrodentien* auf den Mangel der Flügel; bei den *Amphibiotica* gesellen sich hierzu Larvenorgane (Tracheenkiemen, abweichende Beschaffenheit der Mundgliedmaßen). Öfters wird die Entwicklung eine direkte, wenn nämlich die Imagines (bei einem Teil der *Termiten* und *Psociden*) flügellos sind.

Die *Archipteren* wurden früher wegen der Ähnlichkeit ihrer Flügel zu den holometabolen *Neuropteren* gestellt, später auf Grund ihrer Mundgliedmaßen und hemimetabolen Entwicklung von ihnen getrennt und den ihnen in beiderlei Hinsicht gleichenden *Orthopteren* zugerechnet. Gegen eine Vereinigung mit den *Orthopteren* spricht die Beschaffenheit der Flügel.

I. Unterordnung. *Amphibiotica*. Drei Familien der *Archipteren*, die *Perliden*, *Ephemeriden* oder Eintagsfliegen und die *Libelluliden* (*Odonaten* oder Wasserjungfern), obwohl anatomisch ganz erheblich voneinander unterschieden, haben das Gemeinsame, daß ihre Larven im Wasser leben und hier mit Tracheenkiemen atmen (Fig. 420). Letztere sind ventral gelagerte Büschel bei *Perliden*, flügelartige oder büschelförmige Anhänge an der Seite des Abdomens bei *Ephemeriden*, bei *Libelluliden* reiche Tracheenverästelungen in dem Wasser aus- und einpumpenden Mastdarm. Sämtliche hierher gehörige Larven sind gefährliche Räuber, besonders die Larven der auch als Imagines äußerst gefräßigen Libellen (Fig. 430). Die Libellenlarven haben zum Einfangen der Beute ein Labium mit stark verlängertem Mentum und Submentum, welches in der Ruhe als „Maske“ unter dem Kopf zusammengeklappt liegt, zum Angriff aber blitzschnell hervorgeschleudert werden kann. — *Perla bicaudata* L., im Frühjahr sehr verbreitet. *Ephemera vulgata* L. (Fig. 431); *Polymirtarcys virgo* A. tritt nebst anderen verwandten Arten zeitweilig in solchen



Fig. 430. Larve von *Aeschna grandis* (nach Rösel v. Rosenhof). *m* Maske, *a¹* vordere, *a²* hintere Flügelscheiden, *st* Stigmen.

Schwärmen auf, daß die Leichen der Tiere zum Düngen benutzt werden (Uferaaas). Die Imagines nehmen keine Nahrung zu sich, sondern sterben nach der Begattung und der Eiablage (kurze Zeit, oft nur wenige Stunden nach Beendigung der über mehrere Jahre sich hinziehenden Metamorphose) ab; Ausnahme die lebendig gebärende, daher ca. 3 Wochen lebende *Chloëopsis diptera* L. — Männchen und Weibchen aller Libellen sind sowohl an den eigentümlichen Begattungswerkzeugen, als auch an ihrer verschiedenen Färbung leicht zu unterscheiden. *Libellula depressa* L., *Aeschna grandis* L., *Calopteryx virgo* L.

II. Unterordnung. *Corrodentien*. Die Larven unterscheiden sich von den Imagines bei den geflügelten Formen, abgesehen von der Größe, durch den Flügelmangel, bei den ungeflügelten Formen nur durch ihre Kleinheit. — Die bekanntesten Vertreter sind die *Termiten* oder *weißen Ameisen*, deren deutscher Name leicht über die systematische Stellung der Tiere täuschen kann. Den echten *Ameisen* (*Hymenopteren*) gleichen sie in der Staatenbildung, sogar in auffälligen Besonderheiten derselben, wie Pilzkulturen, Aufnahme von Gästen (*Termitophilen*); sie unterscheiden sich von ihnen durch ihre gleichförmige Körpergliederung, die Beschaffenheit ihrer Mundwerkzeuge und ihre niemals holometabole Entwicklung, ferner dadurch, daß sich unter den „Arbeitern“ nicht nur Weibchen, sondern auch Männchen befinden.



Fig. 431. *Ephemera vulgata* (aus Schmarda). Schwanzborsten (die paarigen Borsten sind die Cerci) nicht bis zum Ende ausgezeichnet.

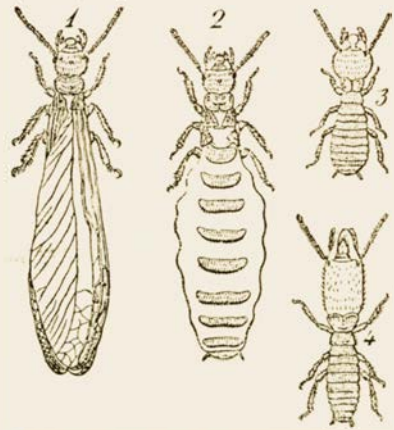


Fig. 432. *Termes lucifugus*. 1 geflügeltes Geschlechtstier, 2 Weibchen nach Verlust der Flügel mit Resten derselben, 3 Arbeiter, 4 Soldat.

Ein meist aus vielen tausend Tieren bestehender Termitenstaat baut sich einen aus kunstvoll angelegten Gängen, Vorratskammern, Wochenstuben usw. bestehenden Bau. Sie graben sich sehr häufig, ohne an die Oberfläche zu kommen, in altes Holz (Balkengerüst der Häuser, Möbel, Bilderrahmen, Baumstämme des Waldes usw.) ein, wobei sie den Einsturz ihrer Wohnstätte veranlassen können; sie tapezieren die Räume mit einer festen, zementartigen Masse aus, dem gefressenen und durch den After wieder entleerten Abraum. Viele Arten bedürfen keiner Grundlage, sondern errichten ihre domartigen, manchmal 3—5 m hohen, 6—8 m im Durchmesser großen Wohnungen aus gekauter Erde frei auf dem Boden. Im Termitenvolk unterscheidet man zunächst flügellose und geflügelte Tiere, jene mit direkter, diese mit hemimetaboler Entwicklung (Fig. 432). Jene sind häufig blind, mit kräftigen Mandibeln ausgerüstet und zerfallen in zwei Stände, die Arbeiter (3) und die großköpfigen Soldaten (4). Die geflügelten Tiere (1) besitzen funktionsfähige Geschlechtsorgane; sie schwärmen nach beendeter Metamorphose aus. Nach einiger Zeit werden die Flügel nahe der Basis abgeknickt und

abgeworfen; Männchen („Könige“) und Weibchen („Königinnen“) gründen entweder gemeinsam einen neuen Staat oder ziehen in einen vorhandenen ein. Nach der Begattung schwillt das Abdomen der „Königin“ unter enormer Eierproduktion zu einem unförmlichen Sack an. Da die ausschwärmenden Termiten von Vögeln und anderen Tieren verfolgt werden, kommt es vor, daß in manchen Stock kein Königspärchen zurückkehrt; wenn dann die anfänglich vorhandene Königin gestorben sein sollte, wird die Fortpflanzung durch Reservemännchen und -weibchen besorgt, Geschlechtstiere, welche die Metamorphose nicht beenden, sondern auf dem Stadium mit Flügelscheiden verharren; bei *Termes lucifugus* sollen sie allein die Fortpflanzung besorgen. Gegen die echten Ameisen führen die Termiten erbitterte Kriege. — *Termes lucifugus* Rossi in Südeuropa hat namentlich in La Rochelle und Rochefort im 18. Jahrhundert den Einsturz zahlreicher Häuser verursacht. *Termes fatalis* L. in Afrika baut mehrere Meter hohe Erdhügel.

Den Termiten nahe verwandt sind die vielfach flügellosen *Psociden*, Staub- und Bücherläuse. *Troctes divinatorius* Müll., ein weißliches, im Staub überall häufiges, flügelloses Tier von 1 mm Länge. Ferner reiht man ihnen an die *Mallophagen* oder *Pelzfresser* und die *Pediculiden* oder *Läuse*. Die *Mallophagen* sind flügellos und leben auf der Haut von Säugetieren und Vögeln wie Läuse, unterscheiden sich aber von ihnen durch kauende Mundgliedmaßen. *Trichodectes canis* N., Hundelaus; *Phlopterus communis* Nitsch Federling auf Finken.

Die **Pediculiden**, wegen ihrer Flügellosigkeit früher *Apteren* genannt, wurden lange Zeit wegen ihres Rüssels, mit Hilfe dessen sie Blut saugen, zu den *Rhynchoten* gestellt, stehen aber in ihrer Körperbeschaffenheit den *Mallophagen* näher. Sie besitzen nur Punktaugen, kräftige Klammerfüße und zeichnen sich durch große unter dem Namen „Nissen“ bekannte Eier aus, welche sie an die Haare ankleben. Auf dem Menschen schmarotzen *Pediculus capitis* Nitzsch, Kopflaus, und *P. vestimenti* Nitzsch, Kleiderlaus, beide mit langgestrecktem Abdomen, letztere bei enormer Vermehrung Ursache der Phthiriasis oder Läusesucht, vor allem aber gefürchtet, weil sie beim Blutsaugen die den Rückfalltyphus verursachende *Spirochaete recurrentis* und ferner den bisher freilich noch nicht mit Sicherheit erkannten Erreger des Flecktyphus übertragen kann; mit kurzem gedrungenen Abdomen: *Phthirus pubis* L., Schamlaus (Fig. 448).

III. Unterordnung. *Physopoden* oder *Thysanopteren*, Tiere mit schmalen, beiderseits bewimperten Flügeln, mit Haftblasen an den Füßen und zum Saugen eingerichteter Mundbewaffnung. Die Stellung der Gruppe im System ist sehr zweifelhaft. *Thrips cerealium* Halib., dem Getreide schädlich.

III. Ordnung. Orthopteren, Gradflügler.

Die *Orthopteren* teilen mit den *Archipteren* zwei schon bei diesen besprochene Merkmale: 1. Die hemimetabole Entwicklung, welche beim Mangel der Flügel zur ametabolen wird; 2. die kauenden Mundgliedmaßen, an denen besonders auffällt, daß die Außenlade der Maxillen die Form der „Galea“ hat, daß an der Unterlippe sämtliche Laden getrennt bleiben und daß das Mentum die Verschmelzung aus zwei Teilen noch erkennen läßt (Fig. 414). Dagegen hat die bei den *Archipteren* beschriebene primitive, zarte Beschaffenheit der Flügel einer pergamentartigen Härte Platz gemacht, welche den Namen „*Orthopteren*“ veranlaßt hat. Indem dieselbe sich am meisten bemerkbar macht an den

schmalen Vorderflügeln, welche die weicheren, meist einfaltbaren und zum Fluge besonders dienenden Hinterflügel decken, erhalten viele *Orthopteren* einige Ähnlichkeit mit den *Käfern*. Vor einer Verwechslung schützt die Untersuchung der bei den *Käfern* vereinfachten Unterlippe sowie der Nachweis der Holometabolie bei letzteren. Am Abdomen findet man Cerci, öfters auch Styli. In der inneren Anatomie (Fig. 419) fällt besonders die große Zahl der Vasa Malpighi auf.

I. Unterordnung. *Cursorien* (*Blattiden*). Orthopteren mit mäßig langen, zum raschen Lauf geeigneten Beinen. Die Tiere ähneln den Käfern, einmal durch die Gestalt des Prothorax, zweitens durch die elytrenartigen Vorderflügel. Die Flügel können je nach den Arten in beiden Geschlechtern vorhanden sein oder fehlen. Rückbildung der Flügel ist beim Weibchen häufiger als beim Männchen. *Periplaneta orientalis* L., Brotschabe, schwarzbraun, besonders in Bäckerhäusern; *Blatta germanica* L., Küchenschabe, kleiner und lichter gefärbt.

II. Unterordnung. *Dermapteren*. Die Vorderflügel sind kurze Elytren, unter denen die selten zum Flug verwandten Hinterflügel durch vielfache Faltung geborgen werden; Flügel bei manchen Arten rudimentär. Die Ohrwürmer oder *Forficuliden* erinnern in ihrem Habitus an Käfer mit rudimentären Elytren (*Staphylinen*), von denen sie aber leicht durch ihre Zangen am Hinterleib (den „Cerci“) unterschieden werden. Im Bau der Mundgliedmaßen und in ihrer Entwicklung den übrigen Orthopteren ähnlich, entfernen sie sich vom durchschnittlichen Habitus der Gruppe durch die ganz eigentümliche Beschaffenheit der Flügel so sehr, daß sie öfters zu einer besonderen Ordnung erhoben werden. *Forficula auricularia* L., Ohrwurm, mit Unrecht gefürchtet als dem Trommelfell des Ohres gefährlich; *Labia minor* L.

III. Unterordnung. *Gressorien* mit langen, dünnen, nur einen langsamen Gang gestattenden Beinen. — Die zwei Familien der Gressorien,

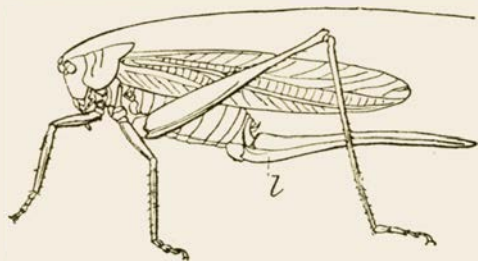


Fig. 433. *Locusta caudata*-Weibchen (nach Brunner v. Wattenwyl). z Legebohrer; nur die Beine der linken Seite abgebildet.

die *Mantiden* und *Phasmiden*, sind voneinander erheblich verschieden. Namentlich erhalten die *Mantiden* ein besonderes Gepräge durch den langen Prothorax und die zum Greifen und Zerschneiden der Beute dienenden Raubfüße, welche vor dem Prothorax getragen werden und den Namen „Gottesanbeterinnen“ veranlaßt haben. *Mantis religiosa* L., in Südeuropa. Die vorwiegend den wärmeren

Klimaten angehörigen *Phasmiden* (Fig. 12) sind durch ihre Mimikry bekannt. Die *Bacillen* (*Acanthoderus Wallacei*; *Bacillus Rossi* Fabr., in Südeuropa, durch Parthenogenesis ausgezeichnet) ahmen Zweige, die *Phyllien* (*Phyllium Scythe*, *Ph. siccifolium* L.) Blätter nach.

IV. Unterordnung. *Saltatorien*. Hintere Extremitäten meist lange, kräftige Sprungbeine. — In der Gruppe herrscht ein auffallendes Mißverhältnis in der Länge der zwei ersten und des dritten Beinpaars (Fig. 433); an letzterem ist der Femur dick und muskelstark, die Tibia lang und durch ihre Festigkeit zum Stützen geeignet. Indem beide spitz-

winkelig im Gelenk gegeneinander gestellt, dann mit großer Energie plötzlich gestreckt werden, wird der Körper weithin geschleudert. Die Flügel unterstützen die Bewegung und können bei vielen Arten, wie den Wanderheuschrecken, das Tier zu andauerndem Flug hoch in die Luft tragen. Sehr verbreitet ist in der Gruppe die Fähigkeit, schrille Geräusche zu erzeugen, indem die Vorderflügel gegeneinander (*Locustiden*, *Grylliden*) oder gegen die Hinterschenkel (*Acrididen*) gerieben werden. Desgleichen finden sich tympanale Gehörorgane: bei den *Locustiden* (Fig. 435) und *Grylliden* an den Tibien der Vorderbeine, bei den *Acrididen* (Fig. 434) am ersten Bauchring. Eine ringförmige Verdickung im Chitin bildet einen Rahmen, in welchem ein dünnes Chitinhäutchen wie ein Trommelfell ausgespannt ist. Von innen tritt eine Trachee an das Trommelfell heran und schwillt zu einer als Resonanzapparat fungierenden Blase an. Der Hörnerv bildet eine *Crista acustica*, die stets an die Tracheenblase angrenzt, bei den *Acrididen* sogar zwischen sie und das Trommelfell eingelagert ist. Die Fähigkeit, schrille Töne zu erzeugen, kommt gewöhnlich nur den Männchen zu; die Weibchen sind noch leichter zu erkennen an dem zur

Fig. 434.

Fig. 435.

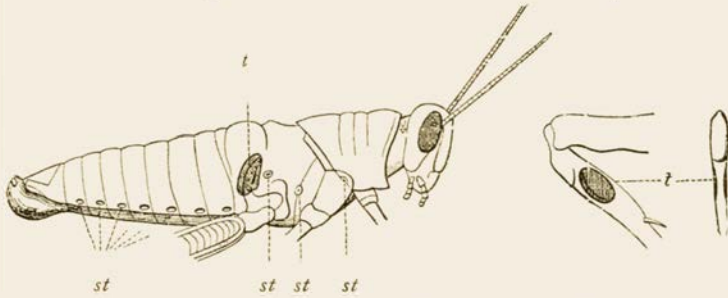


Fig. 434. Seitenansicht von *Acridium* nach Entfernung der Flügel. *st* Stigmen, *t* Tympanum.

Fig. 435. Tibia des Vorderbeins einer *Locustide* in Seiten- und Vorderansicht, *t* Trommelfell (aus Hatschek nach Fischer).

Eiablage dienenden, besonders bei *Locustiden* stark entwickelten Legebohrer (Fig. 433). Als Vertreter der drei hierher gehörigen Familien sind zu nennen: für die langfühlerigen *Locustiden* oder Laubheuschrecken *Locusta viridissima* L., *Decticus verrucivorus* L., für die kurzfühlerigen *Acrididen* oder Feldheuschrecken außer zahlreichen einheimischen Formen (*Oedipoda caerulescens* L., *Tettix subulatus* L.) die Felder verheerende Wanderheuschrecke *Pachytylus migratorius* L., für die *Grylliden* oder Grabheuschrecken (Körper walzenförmig) die Feldgrille *Gryllus campestris* L. und das Heimchen *Gr. domesticus* L., *Gryllotalpa vulgaris* Latr., Werre oder Maulwurfgrille.

IV. Ordnung. Neuropteren, Netzflügler.

Die *Archipteren* besitzen eine Parallelgruppe in den *Neuropteren*, mit denen sie früher sogar vereinigt wurden. Die *Neuropteren* haben nicht nur die jenen zukommende Flügelstruktur, sondern zeigen auch im gesamten Habitus vielfach mit ihnen eine große Ähnlichkeit, wie z. B. die *Ameisenlöwen* (Fig. 436) an die *Libellen*, die *Chrysopiden* an die *Perliden* erinnern. Die Neuropteren sind jedoch holometabol und be-

sitzen ein Ruhestadium, wenn auch ihre freien Puppen kurz vor dem Ausschlüpfen des Insekts häufig eine nicht unbedeutende Fähigkeit zur Ortsveränderung entfalten.

I. Unterordnung. *Planipennien*. Die Mundgliedmaßen sind kauend, Mandibeln kräftig, Unterlippe vereinfacht. Am bekanntesten sind die *Myrmecontiden*, deren Larven auf Insekten, besonders Ameisen Jagd machen, was den Namen „Ameisenlöwen“ veranlaßt hat. Die Larven (Fig. 436, 2) leben im Sand; manche Arten bauen hier einen Trichter und vergraben sich am Grund desselben, so daß nur die Kiefer hervorragten, welche Insekten, die den Abhang der Fallgrube heruntergleiten, packen, töten und aussaugen. Zu dem Zweck sind die gewaltigen Mandibeln mit Längsrinnen versehen, die durch die Maxillen zu einem Saugkanal abgeschlossen werden. *Myrmeleo formicarius* L., *Ascalaphus libelluloides* Schaff. Nahe verwandt sind *Chrysopa perla* L., *Sialis lutaria* L., *Raphidia notata* F., Kamelhalsfliege. — Durch schnabelartige Verlängerung des Kopfes und eine Zange am hinteren Ende des Männchens, welche ähnlich wie der Skorpionsstachel über den Rücken aufgebogen wird, zeichnen sich die Skorpionfliegen aus (*Panorpa communis* L.).

Fig. 436.

Fig. 437.



Fig. 436. *Myrmeleo formicarius*. 1 Imago, 2 Larve, 3 Puppe in ihrer Wiege (aus Schmarda).

Fig. 437. *Phryganea grandis* (aus Schmarda).

II. Unterordnung. *Trichopteren*. Die nur durch die *Phryganiden* (Fig. 437) vertretene Gruppe ähnelt den Schmetterlingen im Bau der Geschlechtsorgane, ferner, indem die Mandibeln rudimentär, die übrigen Kiefer zu einem, wenn auch kurzen Saugrüssel vereint sind, und indem die Flügel stark behaart, manchmal auch mit Schuppen bedeckt sind und in ihrer Färbung an Mottenflügel erinnern. Die fast stets im Wasser lebenden Larven atmen durch büschelförmige Kiemen, haben starke Spinnrüden und bauen sich meist durch Zusammenkitten von allerhand Fremdkörpern ein Gehäuse, aus dem sie zum Zwecke der Fortbewegung nur mit Kopf, Thorax und Beinen herauskommen. Bei der Verpuppung wird die Öffnung durch ein Gespinnst geschlossen. *Phryganea grandis* L.

V. Ordnung. Coleopteren, Käfer.

Die Käfer beschließen den Kreis der Insekten mit kauenden Mundgliedmaßen, unter denen sie den *Orthopteren* am meisten verwandt sind. Wie diese, besitzen sie kräftige Mandibeln und wohlentwickelte Maxillen mit Außen- und Innenlade (erstere oft zweigliedrig, tasterartig [Fig. 439]);

dagegen ist ihre Unterlippe vereinfacht: ein gewöhnlich als Mentum bezeichnetes Submentum, hinter welches sich das rudimentäre Mentum mit seinen Palpen, Paraglossen und oft zur Ligula verschmolzenen Glossen zurückzieht. (In der Gattung *Nemognatha* sind ausnahmsweise die Außenlappen der Maxillen zu Saugorganen umgebildet.) Ein zweiter, die Käfer von den Orthopteren trennender Charakter ist die holometabole Entwicklung, in deren Verlauf stets typische freie Puppen auftreten, während die Larven je nach der Lebensweise eine große Mannigfaltigkeit der Gestalt zeigen (Fig. 426). Was aber am meisten den Tieren ein leicht kenntliches Gepräge verleiht, ist die Beschaffenheit der Flügel. Die an ihrer Basis durch ein Scutellum getrennten Vorderflügel sind harte, zum Flug ungeeignete Elytren; unter ihrer Decke werden die zarten, mehrfach gefalteten Hinterflügel, die eigentlichen Flugorgane, geborgen; sie können fehlen, besonders bei Käfern mit verwachsenen Elytren. Indem nun von den Elytren die zwei hinteren Thoraxringe und in der Regel fast sämtliche Bauchringe bedeckt werden, erhalten diese auf der Rückenseite eine gleichartige, weichhäutige Beschaffenheit. Zugleich wird äußerlich eine Dreiteilung des Käferkörpers vorgetäuscht (Fig. 438), welche mit der für die Insekten charakteristischen Sonderung in Kopf, Thorax und Abdomen nicht zusammenfällt, eine Sonderung in: 1. Kopf; 2. einen scharf abgesetzten Prothorax; 3. einen dritten Abschnitt, welcher vermöge der Flügelbedeckung einheitlich erscheint, tatsächlich aber dem Meso- und Metathorax + Abdomen entspricht.

Die verschiedene Beschaffenheit des Tarsus der Käfer wurde früher systematisch verwandt; er besteht bei der Mehrzahl aus fünf Stücken (*Pentamera*), vier herzförmigen ineinander gesteckten und einem keulenförmigen, die Klauen tragenden. Seine Rückbildung erfolgt in der Weise, daß das vorletzte Stück rudimentär wird, so daß es lange Zeit übersehen wurde (*Pseudotetramera*, *Cryptopentamera*). Dann schwindet es gänzlich, und das dritte, nunmehr vorletzte, wird unansehnlich (*Pseudotrimer*, *Cryptotetramera*). Bei dem *Heteromera* endlich ist das vierte Beinpaar pseudotetramer, die übrigen pentamer. Die Einteilung ist in der Neuzeit verlassen worden. Hier seien daher ohne weitere systematische Anordnung einige der wichtigsten Familien aufgeführt:

I. **Adephag**, von Fleischnahrung lebend, sind die als Larven und Imagines gleich räuberischen Laufkäfer *Carabiden* (*Calosoma sycophanta* L., Fig. 438) und Sandkäfer *Cicindeliden* (*Cicindela campestris* L.). Gleiche Lebensweise zeigen im Wasser die *Dytisciden* (*Dytiscus marginalis* L.) und *Gyriniden*. — II. **Polyphag**, meist von pflanzlicher Kost oder faulenden Substanzen sich ernährend, sind die *Lamellicornier* (*Lucanus cervus* L., Hirschkäfer, *Geotrupes stercorarius* L., Mistkäfer, *Scarabaeus sacer* L., Pillendreher, *Melolontha vulgaris* L., Maikäfer, *Dynastes hercules* L.) *Silphiden* oder Aaskäfer (*Necrophorus vespillo* L., Totengräber), *Canthariden* oder Weichkäfer (*Lampyrus noctiluca* L., Leuchtkäfer mit Leuchtorganen am Abdomen), *Elateriden* oder Schnellkäfer (*Pyrophorus noctilucus* L. mit Leuchtorganen am Prothorax), *Anobiiden* (*A. pertinax* L., Totenuhr), *Staphyliniden*, *Dermestiden*, Speckkäfer u. a. — Unter dem alten Namen *Heteromera* werden die *Tenebrioniden* (*T. molitor* L., Mehlkäfer, Larve Mehlwurm) und *Meloiden* zusammengefaßt, letztere bekannt 1. durch den „Hypermetamorphose“ genannten komplizierten Verlauf ihrer Metamorphose, 2. weil sie zur Verteidigung durch ihre Gelenke ihr Cantharidin enthaltendes Blut entleeren (*Meloë proscarabaeus* L., *Lytta vesi-*

catoria L., spanische Fliege, deren getrocknete und zerstampfte Körper zu Blasenpflastern verwandt werden). — In näheren verwandtschaftlichen Zusammenhang werden auch jetzt noch vier früher als *Tetramera* zusammengefaßte, dem Pflanzenwuchs schädliche Familien gebracht. Geringen Schaden verursachen die durch lange Fühler ausgezeichneten Bockkäfer, *Cerambyciden*, vermöge ihrer im Holze bohrenden Larven (*Cerambyx cerdo* L., *Aromia moschata* L.). Verheerender wirken die Borkenkäfer *Ipiden*

Fig. 438.



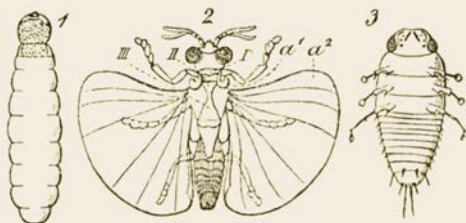
Fig. 439.



Fig. 440.

Fig. 438. *Calosoma sycophanta* (nach Leunis-Ludwig).Fig. 439. Maxille von *Procrustes coriaceus*. *c* Cardio, *st* Stipes, *le*, *li* Lobus externus und internus, *pm* Palpus maxillaris.Fig. 440. Tarsusformen, *a* pentamere von *Dytiscus marginatus*, *b* cryptotetramere von *Coccinella septempunctata*, *t* Tibia, * reduziertes Tarsalglied.

(*Bostrychiden*) einerseits, indem die geschlechtsreifen Tiere durch ihren Fraß den jungen Trieben Schaden bringen, andererseits indem sie selbst wie ihre Larven im Baste Gänge bohren und dadurch äußerst charakteristische Figuren erzeugen, die den Namen Buchdrucker-Käfer veranlaßt haben (*Ips* [*Bostrychus*] *typographus* L., *Hylurgus piniperda* L.). Durch das Abfressen der Blätter schaden den Pflanzen die *Chrysmelinen*

Fig. 441. *Xenos vesparum* (nach Boas). 1 Weibchen, 2 Männchen, 3 Larve, *I*, *II*, *III* die Thoraxsegmente, *a*¹ rudimentärer erster, *a*² wohlentwickelter zweiter Flügel.

(*Doryphora* [*Leptinotarsa*] *decemlineata* Say., der Kolradokäfer an Kartoffeln. *Donacia sericea* L.). Außer Blättern und Stengeln werden auch die Früchte von den Rüsselkäfern, *Curculioniden*, befallen. So sticht *Balaninus nucum* L. mit dem rüsselartig ausgezogenen Kopf Nüsse an und legt in den so entstandenen Kanal ein Ei. Die Larve frißt die Nuß aus und verläßt sie, um sich außerhalb zu verpuppen.

Den Nadelholzwaldungen gefährlich *Hylobius abietis* L. — Einen hochgradig rudimentären Tarsus (*Trimeria*) besitzen die *Coccinelliden* oder Marienkäferchen, *Coccinella septempunctata* L., welche ebenso wie ihre Larven durch die Jagd auf Blattläuse nützlich sind.

Anhangsweise seien hier die höchst merkwürdig gebauten **Strepsipteren** erwähnt, Parasiten von Bienen und Wespen, aber auch anderen Insekten,

ihre Arten bilden nur eine Familie, die *Stylopiden*. Die lebhaft springenden sechsbeinigen Larven (Fig. 441, 3) dringen zwischen die Bauchschienen von Bienen und Wespenlarven ein, verwandeln sich hier in Maden und verpuppen sich. Aus der Puppenhaut schlüpft nur das pfeilschnell fliegende Männchen (2) aus, das einigermaßen an *Käfer* erinnert, da es nur Rudimente von Vorderflügeln, dafür um so kräftigere Hinterflügel und einen entsprechend langen Metathorax hat. Das flügel- und beinlose, madenartige Weibchen (1) verbleibt in der Puppenhülle und wird hier befruchtet; es ist lebendig gebärend. Eine mit einer Strepsiptere behaftete Biene oder Wespe heißt stylopiert. *Stylops melittae* Kirby *Xenos vesparum* Rossi.

VI. Ordnung. Hymenopteren. Hautflügler, Immen.

Die *Hymenopteren*, zu denen als bekannteste Formen die *Bienen*, *Wespen*, *Ameisen* usw. gehören, haben der Mehrzahl nach kräftige, zum Kauen geeignete Kiefer, an denen sich aber vielfach schon Merkmale erkennen lassen, welche zu den leckenden Mundgliedmaßen überleiten: Streckung von Maxillen und Unterlippe, Verschmelzung der inneren Lippenladen zur Glossa. Eine Minderheit der Hymenopteren ist mit vollkommen ausgebildeten Saugorganen ausgerüstet. Bei *Bienen* und *Hummeln* (Fig. 415) ist die Glossa eine lang ausgezogene Rinne, deren Ränder umgebogen und fast zu einer Röhre geschlossen sind; sie steckt in einem Futteral, welches von den stark verlängerten Labialtastern und den Laden der Maxillen gebildet wird. Der langgestreckte Apparat wird durch doppelte Einknickung unter dem Kopf verborgen. Oberlippe und Mandibeln sind nicht verändert.



Fig. 442. *Sirex gigas* (nach Taschenberg).

Da die Beschaffenheit der Mundgliedmaßen wechselt, ist bei der Systematik größerer Wert auf Körpergliederung und Flügelstruktur zu legen. Die Flügel sind häutig, d. h. sie sind zarte, von wenig Adern durchzogene Membranen (Fig. 442); sie wirken beim Flug durchaus wie ein einziges Paar, indem durch häkchenartige Haftsporen die Hinterflügel mit den Vorderflügeln fest verbunden sind. Da diese wesentlich größer sind als jene, übertrifft auch der zugehörige Mesothorax an Ausbildung die beiden anderen Thoraxringe, welche — besonders der Prothorax — als kleine Stücke den Anschluß an den kräftigen Mesothorax suchen. An den Thorax schließt sich ferner bei den *Entophagen* und *Aculeaten*, den „Apocrita“, das erste Abdominalsegment so innig an, daß es wie ein Teil des Thorax aussieht. Die tiefe Kerbe, welche dann Abdomen und Thorax trennt (Wespentaille), schneidet zwischen 1. und 2. Abdominalsegment ein. Ist letzteres (Petiolus) lang ausgezogen, so entsteht das gestielte Abdomen. Weibliche und männliche Tiere sind leicht an der Genitalbewaffnung zu unterscheiden. Das Weibchen ist durch den Besitz des auf S. 438 geschilderten Anhangs ausgezeichnet, welcher entweder als Legebohrer, *Terebra*, zur Eiablage, oder als Stachel, *Aculeus*, zum Angriff oder zur Verteidigung benutzt wird. Die *Terebra* ragt meist frei über das hintere Körperteil hervor (Fig. 442), kann aber auch (bei den *Gallicolen*),

was für den Stachel ganz allgemein gilt, im Ruhezustand in das Abdomen zurückgezogen werden. Der Aculeus (Fig. 444), der gemäß seiner ursprünglichen Bedeutung dem Männchen fehlen muß, steht mit einer Giftdrüse in Verbindung, welche bei einem Teil der Ameisen Ameisensäure enthält; Ursache der giftigen Stichwirkung ist eine nicht näher bekannte basische Substanz.

Die Unterschiede von *Terebra* und *Aculeus* liefern systematisch gut verwertbare Merkmale; von weiterer systematischer Bedeutung ist die Entwicklung, welche eine holometabole ist. Zwar sind die Puppen überall im wesentlichen gleich (*P. liberae*), dagegen kennt man zweierlei Larvenformen. Einige *Hymenopteren* haben Larven mit wohlentwickelten Beinen, vielfach sogar Raupen von lebhaft grüner Färbung, die sich von Schmetterlingsraupen durch die größere Zahl der Afterfüße unterscheiden; andere *Hymenopteren* besitzen fußlose Maden (Fig. 58). Raupen finden sich, wo sich die Larve selbst ihr Futter sucht, Maden dagegen, wo die Larve im Übermaß von Nahrung aufwächst, sei es, daß sie dieselbe von den Imagines zugetragen bekommt, sei es, daß sie parasitisch lebt. Auf Grund der Unterschiede im Bau der Larven und der Anhänge des weiblichen Abdomens kann man drei Unterordnungen aufstellen.

I. Unterordnung. *Terebrantien*. Weibchen mit Legeröhre, erstes Abdominalsegment nicht mit dem Thorax verwachsen. Larven mit Thoracalfüßen, oft auch mit *Pedes spurii* versehen. Die Eier werden in Blättern oder in Holz abgelegt, wobei es gewöhnlich nicht zur Gallenbildung kommt. Die Larve bedarf daher, um sich zu ernähren, der Ortsbewegung. Die *Tenthrediniden*-Larven (Blattwespen) fressen Blätter wie Schmetterlingsraupen und sehen ihnen daher auch in Färbung, Zeichnung und Besitz der Afterfüße (mindestens sechs Paar) außerordentlich ähnlich (*Lophyrus pini* L. auf Fichten); die *Siriciden*-Larven (Holzwespen) bohren im Holz, haben keine Afterfüße und wie alle im Dunkeln lebenden Larven weißliche Farbe. *Sirex gigas* L. (Fig. 442).

II. Unterordnung. *Entophagen*. Weibchen ebenfalls noch mit einer Legeröhre versehen, Larven dagegen madenartig, ohne Beine, parasitisch in Gallen oder in Tieren. Die *Entophagen* benutzen zum Teil ihre Legeröhre, um ihre Eier in Blätter, Wurzeln oder Stengel von Pflanzen einzubohren; unter dem Einfluß der sich entwickelnden Larven entstehen Gallen, krankhafte Auswüchse, von denen sich die Larven ernähren. Zum anderen Teil impfen sie ihre Eier mit der Legeröhre Insekten und Insektenlarven ein oder kleben sie ihnen äußerlich an. Die ausschlüpfenden jungen Tiere fressen das Innere ihres Wirtes aus und verursachen dessen Tod, der bei vielen Insektenlarven schon vor Beendigung der Metamorphose eintritt. Gallen erzeugende Hymenopteren sind die *Cynipiden* (*Cynips gallae tinctoriae* Oliv. ist die Ursache zur Bildung der zur Tintenfabrikation dienenden Galläpfel, *Rhoditis rosae* L. Ursache des Rosenkönigs). Bei vielen *gallicolen Entophagen* findet sich Heterogonie, indem verschieden gebaute und durch verschiedene Form der Gallen unterschiedene geschlechtliche und parthenogenetische (agame) Generationen miteinander abwechseln. So erzeugt die geschlechtliche Generation *Biorhiza pallida* Ol. (*Teras terminalis*) Wurzelgallen, die aus diesen hervorgehende agame *Biorhiza aptera* Bosc., an jungen Eichentrieben, schwammige Gallen. Als Insektenfeinde sind von großer Bedeutung die Schlupfwespen oder *Ichneumoniden* (*Pimpla instigator* Fabr.) und *Braconiden* (*Microgaster globata* L.), indem sie oft der Ausbreitung von verheerenden Insekten (wie der Nonnen, der Kohlweißlinge) ein Ziel setzen.

III. Unterordnung. *Aculeaten*. Weibchen mit Stachel, Larven madenartig. — Der Stachel dient zum Angriff und zur Verteidigung, beides im Interesse der jungen Brut, welche hilflos ohne Extremitäten auf das ihr zugetragene Futter angewiesen ist. Die Grabwespen, *Fossorien*, bauen in der Erde oder im Holz, seltener freistehende tönchenartige Behälter, in welche sie die Eier legen. In die Behälter tragen sie zur Nahrung andere Insekten hinein, welche sie durch Stiche in das Bauchmark lähmen oder töten (*Sphex maxillosus* Fabr.). Die gleiche Brutversorgung findet sich noch bei manchen *Vesparien* (Gattung *Eumenes*), die wegen ihrer längsfalteten Vorderflügel auch *Diplopteren* genannt werden. Bei anderen Wespenarten (*Vespa vulgaris* L., *V. crabro* L. Hornisse) kommt es zur Bildung von Staaten, die aus einem befruchteten Weibchen (Königin), vielen Arbeiterinnen und einigen Männchen bestehen und bei den bei uns einheimischen Formen alljährlich von einer überwinterten „Königin“ neu gegründet werden. Aus gekautem Holz werden zur Aufzucht der jungen Brut sechskantige Zellen gebaut und zu horizontal gestellten Waben vereinigt. Meist besteht ein solches Nest aus einer größeren Zahl von stockwerkartig angeordneten und von gemeinsamen Hüllen umschlossenen Waben. Die Larven werden noch mit gekauten Insekten gefüttert, während die Wespen selbst sich von Früchten und anderen pflanzlichen Substanzen ernähren. Völliger Übergang zur Pflanzenkost ist charakteristisch für die *Apiarien* oder *Melliphagen*,

die mit ihrem Rüssel Honig saugen, außerdem Pollen sammeln, der an Haaren des Bauchs (Bauchsammler) oder der hinteren Extremitäten (Schenkel- und Schienensammler) eingetragen wird. Die meisten Bienenarten (ca. 2500) sind solitär

(*Xylocopa violacea* L. Holzbiene, *Chalicodoma muraria* L. Mörtelbienen, *Megachile cetuncularis* L. Rosenschneiderin); ca. 500 Arten sind staatenbildend, ein Zeichen, daß die Staatenbildung unabhängig von der der Wespen entstanden ist. Anfänge zur Staatenbildung zeigen die *Halictus*-Arten, bei denen die Mutter bis zum Ausschlüpfen bei der Brut verbleibt. Einjährigkeit nach Art der Wespen ist charakteristisch für die Hummeln. Bei den echten Bienen, so bei unserer Biene *Apis mellifica* L., kommt es zur höchsten Vollkommenheit, Bildung eines Dauerstaats. Ein Bienenvolk besteht aus dreierlei, durch verschiedenen Bau des Kopfes (Fig. 443) und anderweitige Merkmale unterschiedenen Individuen: einer Königin (Weisel), einigen Hundert Drohnen, den männlichen Bienen, und etwa 30000 (kurz vor der Schwärmzeit sogar 60000) Arbeitsbienen. Letztere sind Weibchen und als solche mit dem Stachel versehen; sie haben aber funktionsunfähige, rudimentäre Geschlechtsorgane und nur die Aufgabe, den Stock zu bauen, zu verteidigen und in ihm Futter für den Winter und zur Aufzucht der Brut zu sammeln: Honig, den sie aus den Nectarien der Blumen mit ihrem Rüssel aufsaugen, Pollen, den sie mit dem stark behaarten ersten Tarsalglied (Bürstchen) abkehren und in dem Körbchen, einer Grube der Tibia (beide am letzten Beinpaare), nach Hause tragen (Fig. 445). Das Geschäft des Eierlegens bleibt der Königin vorbehalten, welche nur einmal beim

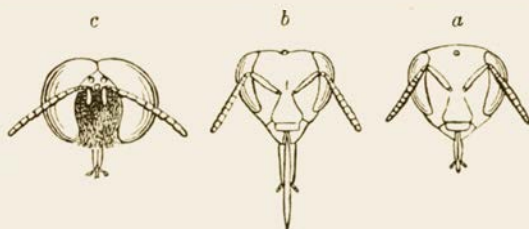


Fig. 443. Köpfe von *Apis mellifica*. a Königin, b Arbeiterin, c Drohne mit großen, median zusammenstoßenden Facettenaugen (nach Boas).

Beginne ihres Regiments begattet wird, wenn sie sich mit den Drohnen auf den Hochzeitsflug begeben hat; für ihre vierjährige Lebensdauer bewahrt sie das Sperma im Receptaculum seminis. Je nachdem aus demselben die Eier bei der Ablage mit Sperma versehen werden oder nicht, entwickeln sie sich zu weiblichen oder männlichen Bienen. Eine Königin, die nicht befruchtet wurde oder ihr Receptaculum völlig entleert hat, ist „drohnenbrütig“; sie kann nur Drohneier produzieren. Das weitere Schicksal der befruchteten Eier hängt von der Ernährung der Larven ab; sie werden bei spärlicher Kost zu Arbeiterinnen, zu Königinnen dagegen, wenn sie in besonders großen Zellen (Weiselwiegen) abgelegt und demgemäß auch mit reichlicherem und besserem Futter versehen werden. 7—8 Tage bevor aus einer Weiselwiege eine junge Königin ausschlüpft, verläßt die vorhandene Königin mit einem Teil des Volkes (Vorschwarm) den Stock, um einen neuen Staat zu gründen. Das Schwärmen kann sich noch ein-, auch noch zweimal wiederholen (Nachschwärme), wenn genug Bienenvolk vorhanden ist; anderenfalls wird eine übermäßige Verkleinerung des Arbeiterstandes durch Töten der noch nicht ausgeschlüpften Königinnen verhindert.

Fig. 444.

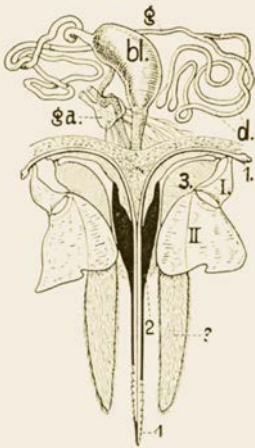


Fig. 445.



Fig. 444. Stachel der *Biene* herauspräpariert und von unten betrachtet. *d* Giftdrüse, *g* Ausführgang derselben, *bl* Giftblase, *ga* letztes Ganglion des Bauchmarks, darüber akzessorische Drüse, *1* Stilet, *2* Stachelrinne (schwarz), *3* Stachelscheide. *I* Winkelstück, *II* quadratische Platte, Angriffspunkte für die den Stachel bewegendenden Muskeln (nach Packard und Cheshire).

Fig. 445. Hinterbein der Arbeitsbiene. A von außen, B von innen (nach Hommel), *ti* Tibia, *k* Körbchen, *ta¹* erstes Tarsalglied auf der Innenseite mit dem Bürstchen, *ta⁵* fünftes Tarsalglied.

Noch vorgeschrittener in der Staatenbildung als die *Bienen* sind die *Ameisen*, *Formicarien*, welche sich von den übrigen *Hymenopteren* am meisten entfernen, indem die Flügel bei einem Teil, den Arbeitern (selten auch bei einem der beiden Geschlechtstiere), verloren gehen. Ein Stachel findet sich im funktionsfähigen Zustand noch bei *Myrmicinen* und *Ponerinen*; bei den *Dorylinen* und mehr noch den *Dolichoderinen* ist er in Rückbildung begriffen; den bei uns am meisten verbreiteten Arten, den *Campotoninen*, fehlt er; letztere beißen und spritzen das Sekret (Ameisensäure) der Giftdrüse, welche trotz Rückbildung des Stachels erhalten bleibt, in die Wunde. Die Bauten der Ameisen sind weniger kunstvoll als die der Bienen, ihre staatlichen Einrichtungen häufig komplizierter. Man unterscheidet ungeflügelte Arbeiter (rudimentäre Weibchen mit Flügelanlagen im Larvenleben, welche bei der Verpuppung verloren gehen), häufig sogar verschiedene Formen derselben (großköpfige Soldaten und kleinköpfige Arbeiter, „Honigtöpfe“ von *Myrmecocystis*), und geflügelte Geschlechtstiere, die sich auf dem Hochzeitsflug begatten. Die begatteten Weibchen

(Königinnen) gründen neue Kolonien, indem sie sich nach Verlust der Flügel ein allseitig geschlossenes Nest, den „Kessel“, erbauen; sie können (z. B. bei *Dorylinen*) ähnlich den Termitenweibchen so enorm anschwellen, daß sie für Repräsentanten ganz anderer Gattungen gehalten wurden. Da in einem Staat häufig eine größere Zahl von Königinnen vorhanden ist, liegt kein Grund vor, durch Ausschwärmen das Volk zu teilen. Daher kann ein Ameisenvolk sich ganz enorm vermehren und Kolonien aussenden, welche ihre Zusammengehörigkeit mit dem Mutterstaat bewahren oder sich auch zu unabhängigen Staaten organisieren können. Meist stehen mit den Ameisenstaaten anderweitige Insekten (Myrmecophilen) in Verbindung, wie die *Aphiden*, welche wegen ihrer Honig enthaltenden Fäkalien gepflegt werden. Viele Ameisen ziehen die geraubten Puppen anderer Arten auf und benutzen die auskriechenden Imagines als Sklaven. *Polyergus rufescens* Latr. ist sogar auf diese Sklaverei angewiesen, da sie von den Sklaven gefüttert wird und ohne sie verhungert. Sehr interessant sind die Ameisen durch ihre planmäßig unternommenen Kriegszüge (*Eciton*; *E. legionis* Bates), durch ihre Beziehungen zu Pflanzen, denen einige Arten (*Atta cephalotes* L., „Blattschneiderameisen“) die Blätter rauben, während andere (*Azteca instabilis* Smith) sie gegen die Angreifer verteidigen. Den verteidigenden Ameisen bietet die schutzbedürftige Pflanze meist Zufluchtstätten in Hohlräumen der Internodien oder der Stacheln, welche sich durch besondere Mündungen, die Ausfallstore der Verteidiger, nach außen öffnen. Die Blattschneiderameisen zerkaugen die geraubten Blätter, um auf dem so gewonnenen Material in unterirdischen Gallerien Pilze zu züchten, von denen sie leben.

VII. Ordnung. Rhynchoten, Schnabelkerfe.

Die *Rhynchoten* sind in ihrem äußeren Habitus am ähnlichsten den *Orthopteren* und *Archipteren*. Ähnlich ist die Art, wie Kopf, Thorax und Abdomen breit aneinandergesetzt sind, ähnlich die hemimetabole Entwicklung, die bei der Rückbildung der Flügel zur ametabolen wird. *Rhynchoten* mit starren, lederartigen Flügeln, wie die *Cicaden*, können, besonders wenn sie noch dazu Sprungbeine besitzen, leicht mit Heuschrecken verwechselt werden, während andere Arten, wie die *Aphiden*, durch die zarte Struktur und öfters auch durch die Gleichartigkeit ihrer Flügel an *Archipteren* erinnern. Unterscheidend sind in allen Fällen die zu einem Stechrüssel umgewandelten Mundgliedmaßen. Die Unterlage des Rüssels ist eine meist viergliedrige, von der Unterlippe gebildete Rinne, deren Spalt durch die Oberlippe geschlossen wird, während im Innern Mandibeln und Maxillen — letztere noch zu einem besonderen Saugrohr vereint — als vier Stechborsten liegen. In dem Saugrohr verlaufen zwei Kanäle, der obere zum Saugen von Blut oder Gewebssäften, der untere zum Einimpfen von Speichel. Nach der Ausbildung der Flügel sind leicht zwei Unterordnungen zu unterscheiden.



Fig. 446. *Pentatoma rufipes*. a mit ausgebreiteten, b mit geschlossenen Flügeln s Scutellum (aus Hayek).

I. Unterordnung. *Hemipteren* (*Heteropteren*), Wanzen. Die Wanzen (Fig. 446) besitzen eine nur ihnen zukommende Beschaffenheit der Vorder-

flügel; dieselben sind Hemielytren, d. h. sie sind lederartig an der Basis, weich und elastisch an der Spitze. Zwischen den Hemielytren liegt ein ansehnliches Scutellum (*s*), ein dreieckiges Stück, welches bei Schildwanzen den Rücken mehr oder minder vollkommen deckt. Da nun Scutellum wie Hemielytren, wenn auch selten, rückgebildet sein können, muß als weiteres, den Wasserwanzen fehlendes Merkmal der Stinkapparat erwähnt werden, ein Drüsenapparat, welcher den Wanzen ihren meist widerlichen Geruch verleiht und ventral zwischen Meso- und Metathorax (bei Larven dorsal am Abdomen) mündet. Nach dem Bau der Fühler und dem Aufenthaltsort gruppiert man die zahlreichen Familien in die Wasser- und Landwanzen, *Hydrocores* und *Geocores*. Zu den ersteren gehören die äußerst schmerzhaft stechenden, großen Scorpionwanzen, *Nepiden* (*Nepa cinerea* L., *Ranatra linearis* L., *Notonecta glauca* L.), zu letzteren die Schild- oder Baumwanzen, *Pentatomiden* (*P. rufipes* L. [Fig. 446]), und die Hautwanzen, *Membranaceen*. Die bekannteste Hautwanze (der Name bezieht



Fig. 447. *Cicada orni* (aus Schmarda).



Fig. 448. *Phthirus inguinalis* (nach Leuckart).

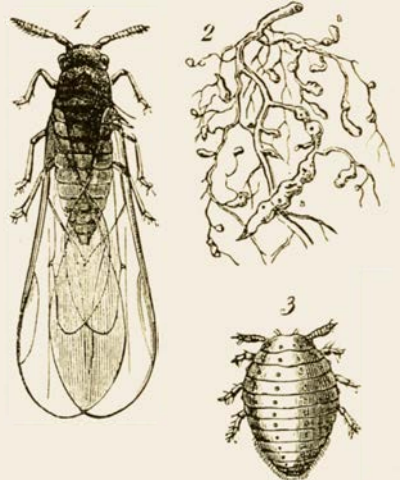


Fig. 449. *Phylloxera vastatrix*. 1 geflügelte Generation, 2 ein Stück Wurzel mit Nodositäten (*a*) von einem von *Phylloxera* befallenen Weinstock, 3 ungeflügelte Wurzelgeneration (aus Leunis-Ludwig).

sich auf die Abplattung des Körpers) ist die Bettwanze *Cimex* (*Acanthia*) *lectularia* L. Auf der Oberfläche von Teichen usw. leben die *Hydrodromici* (*Hydrometra stagnorum* L.).

II. Unterordnung. *Homopteren*. Die Vorder- und Hinterflügel der Homopteren sind, sofern nicht ein oder beide Paare rückgebildet sind, von gleichartiger Struktur, wenn auch nicht immer von gleicher Größe; entweder sind sie ähnlich den Flügeln der Heuschrecken pergamentartig: *Cicadarien*, oder sie sind äußerst zart: *Phytophthiren*. Sehr häufig sondern die Tiere durch Hautdrüsen wachsartige oder flüssige Substanzen ab, welche den Körper mit einem Flaum oder Schaum überziehen und nicht selten technisch verwertet werden. — Zu den *Cicadarien* gehört vor allem die Familie der Singzikaden (*Cicadiden*), welche im männlichen Geschlecht laut schallende Tonapparate besitzen (von einem Deckel geschützte Trommelfelle am Abdomen, die durch Muskeln in Schwingungen

versetzt werden); auch wurden bei ihnen tympanale Hörorgane gefunden. *Cicada plebeja* Scop. Die Singzikade Südeuropas, *Cicada* (*Tettigia*) *orni* L. (Fig. 447), bewirkt durch ihren Stich an Eschen den Ausfluß von Manna. Eine weitere Familie hat einen manchmal oberflächlich an eine Laterne erinnernden, jedoch nicht leuchtenden Aufsatz: *Fulgoriden* (*Laternaria phosphorea* L.). — Die *Phytophthiren* oder *Aphidinen* (Fig. 449) sind den Pflanzen schädlich, deren Blätter, Stämme und Wurzeln sie anstechen, wobei häufig Gallen entstehen. Man kennt drei Familien, *Cocciden*, *Aphiden* und *Chermesiden*. Bei den *Cocciden* oder Schildläusen sterben die flügellosen Weibchen nach der Eiablage ab und decken die Eier mit ihrem schildförmigen Körper, der bei manchen Arten zuvor eine Wachsschicht ausgeschieden hat; sie produzieren vielfach Farbstoffe von großer Beständigkeit. Bei den mit Flügeln ausgerüsteten Männchen kommt eine Art Puppenstadium vor. *Coccus cacti* L., Cochenillelaus, *Coccus* (*Tachardia*) *lacca* Kerr. auf *Ficus religiosa*; erstere liefert das Rohprodukt für den Karmin, die Cochenille, letztere den Schellack. *Aspidiotus perniciosus* Comst., St. José-Schildlaus, Obst- und anderen Bäumen gefährlich. Die *Aphiden* oder Blattläuse sind weichhäutig, erzeugen häufig Gallen und bilden durch ihre klebrigen, süßen Honig enthaltenden Exkremente auf Blättern ein günstiges Substrat für Pilzwucherungen (schädlicher Mehltau). Zwei über den Körper hervorragende sogenannte Honigröhren sondern eine wachsartige, zur Verteidigung dienende Substanz ab. Die allgemein vorherrschende, bei manchen Arten (*Chermes viridanus*) vielleicht ausschließlich vorkommende parthenogenetische Fortpflanzung ist Ursache einer enormen Vermehrung, die lange Zeit lokalisiert bleibt, da die meisten (häufig viviparen) Weibchen flügellos sind. Häufig kommt es vor, daß die zahlreichen aufeinanderfolgenden parthenogenetischen Generationen von einer Pflanzenart auf die andere überwandern und dabei ein anderes Aussehen gewinnen. Zeitweilig auftretende geflügelte Weibchen („*Sexuparae*“) führen dann zur weiteren Ausbreitung (Fig. 449, 1); sie liefern gewöhnlich die Geschlechtsgeneration, deren große befruchtete Eier überwintern, *Aphis* (*Macrosiphon*) *rosae* L. Die *Chermesiden* oder Rindenläuse, an Wurzeln und Stengeln saugend, sind berüchtigt durch die dem Weinstock so verderbliche Reblaus, *Phylloxera vastatrix* Pl. (Fig. 449). In ihrem Mutterland Amerika erzeugt eine oberirdische Reblausgeneration Blattgallen, die unterirdische Generation Wurzelschwellungen. In Deutschland fehlt die oberirdische Generation, und demgemäß fehlen auch die Blattgallen. *Chermes abietis* L. erzeugt die wie kleine Zapfen aussehenden Fichtengallen. Bei manchen *Phytophthiren* scheint in Korrelation zur geringen Körpergröße das Herz rückgebildet zu sein.

VIII. Ordnung. Dipteren. Zweiflügler.

Mit den *Rhynchoten* stimmen die *Dipteren* im Besitz von stechenden Mundteilen überein; Unterlippe und Oberlippe bilden gemeinsam einen Rüssel (Haustellum oder Proboscis), in welchem Mandibeln, Maxillen und ein Fortsatz der Unterlippe, der Hypopharynx, als Stilets eingeschlossen liegen. Im einzelnen sind jedoch erhebliche Unterschiede vorhanden: die Maxillen tragen wohlentwickelte Taster (Fig. 417); das Saugrohr wird vielfach (*Culiciden*) allein von der Oberlippe gebildet; doch können auch Hypopharynx und Mandibeln in dasselbe einbezogen sein. Mandibeln und Maxillen sind häufig rückgebildet (*Musciden*), besonders im männlichen Geschlecht. Zu diesen Unterschieden kommen noch drei sehr wichtige weitere Merkmale (Fig. 451, 452): 1. Von den Flügeln ist nur das vordere

Paar gut entwickelt, das zweite ist von den Halteren ersetzt, kleinen, wie Paukenschlägel mit einer Anschwellung endenden Fortsätzen, welche besonders an ihrer Basis durch einen großen Reichtum an chortonalen Sinnesorganen ausgezeichnet sind. Experimente (Exstirpation und Festkleben der Kölbchen) haben gezeigt, daß ihre unter gewöhnlichen Verhältnissen mit den Flügeln synchronischen Schwingungen für einen normalen Flug unentbehrlich sind. 2. Ähnlich wie bei *Hymenopteren*, denen die Dipteren sehr häufig auch in der Färbung gleichen, ist der Thorax ein gegen Kopf und Abdomen scharf abgesetztes einheitliches Stück, dessen drei Ringe oft untereinander verschmolzen sind. 3. Die Entwicklung ist eine holometabole; in ihrem Verlauf treten zweierlei Larven und zweierlei Puppen auf. Die Larven sind stets fußlos, haben aber entweder einen besonderen Kopfabschnitt mit beißenden Mundgliedmaßen, oder sie sind kopflos und haben einen rudimentären Saugapparat, öfters mit zwei Haken (Fig. 450). Die Puppen sind in entsprechender

Fig. 450.



Fig. 451.

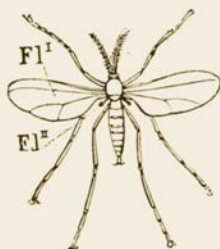


Fig. 452.

Fig. 450. Larve von *Homalomyia* (*Anthomyia*) *canicularis* (nach Leuckart).Fig. 451. *Cecidomyia*, Weibchen (nach Nitsche). *Fl I* Vorderflügel, *Fl II* Halteren.Fig. 452. *Gastrophilus equi*. *h* Halteren (nach Hayek).

Weise entweder freie Puppen mit großer Beweglichkeit (Orthorhaphen), oder sie sind Tönnchenpuppen (Cyclorhaphen) (S. 441). Gibt uns somit die Entwicklungsgeschichte auffallende, systematisch gut verwertbare Merkmale an die Hand, so werden dieselben wesentlich ergänzt durch Unterschiede in der Länge oder Kürze der Beine, der Fühler, des Rüssels und durch Unterschiede in der Körpergestalt (Mücken- und Fliegentypus).

I. Unterordnung. *Nemoceren* s. *Orthorhaphen*. Mücken. Die Tiere sind langgestreckt mit langen, vielgliederigen Fühlern, langem Rüssel, langen Beinen. Die Larven leben an feuchten Orten oder im Wasser, wo sie beim Mangel der Füße mittels zuckender Körperbewegungen schwimmen und mit kräftigen Freßwerkzeugen Beute erjagen. Die freie Puppe kann ebenfalls lebhaft im Wasser herumschwimmen. Die wasserbewohnenden Larven und Puppen atmen zum Teil durch die Haut. Die Larven und Puppen der *Culiciden* behalten dagegen die Tracheenatmung bei und müssen an die Oberfläche des Wassers aufsteigen, um Luft aufzunehmen, die Larven mit Hilfe einer Atemröhre am hinteren Ende, die Puppen mit zwei Atemröhrchen im Nacken. Die bekanntesten Mücken sind die unschädlichen *Tipuliden* (*Tipula gigantea* Deg.) und die empfindlich stechenden Kriebelmücken (*Simuliden*) und Stechmücken oder Schnaken, auch *Moskitos* genannt, *Culiciden* (ca. 500 Arten), darunter *Culex pipiens* L. und die die Malaria verbreitenden *Anopheles*-Arten, ferner *Stegomyia fasciata* F., welche die Übertragung des gelben Fiebers vermittelt. Durch

ihre Pädogenese haben einige *Cecidomyiden* (Fig. 451) der Gattung *Miastor* das Interesse auf sich gelenkt (Fig. 424). *Cecidomyia destructor* Say, Hessenfliege, dem Getreide schädlich.

II. Unterordnung. *Tanystomen*. In der gedrungenen Körpergestalt und den meist kurzen Fühlern und Beinen gleichen die *Tanystomen* den *Muscarien*, mit denen sie früher vereinigt wurden; sie unterscheiden sich von ihnen und nähern sich den *Nemoceren* durch den langen Rüssel und durch ihre beweglichen in feuchter Erde lebenden Larven und orthorhappe Puppen; erstere haben beißende Mundgliedmaßen. *Tabaniden*, Bremsen, *Tabanus bovinus* L. Die weiblichen Tiere verfolgen mit ihren schmerzhaften Stichen Rinder, Pferde und Menschen.

III. Unterordnung. *Muscarien* s. *Cyclorhaphen* (*Brachyceren* nach Ausschluß der *Tanystomen*). Die „Fliegen“ haben einen gedrungenen Körper, kurze, dreigliedrige Fühler mit einer Borste (Arista), kurze Beine, die mit Haftlappen (Pulvillen) enden. Ihre kopflosen Larven leben in faulenden Substanzen oder parasitisch in anderen Tieren; die Puppen sind Tönnchenpuppen. *Musca domestica* L. *Musca (Calliphora) vomitoria* L., Schmeißfliege, legt die Eier an Leichen oder rohem Fleisch ab; *Tachina grassa* L., Larven leben in Schmetterlingsraupen; *Homalomyia canicularis* L., die gewöhnlich auf faulenden pflanzlichen Stoffen lebende Larve (Fig. 450) kann im menschlichen Darm schmarotzen; *Sarcophaga carnaria* L. vivipar. *Glossina morsitans* überträgt die Naganaseuche, *Gl. palpalis* die Schlafkrankheit (S. 191). *Oestriden*: die Larven leben stets parasitisch, z. B. *Hypoderma bovis* L. in den Dasselbeulen des Rindes, *Gastrophilus intestinalis* Deg. in Geschwüren des Pferdemagens (Fig. 452). *Dermatobia cyaniventris* Macquart, Larven in den Tropen häufig in der Haut des Menschen. *Syrphiden*: *Eristalis tenax* L., Larven mit langer schwanzartiger Atemröhre in Kloaken. *Braulidae* völlig flügellos. *Braula coeca* Nitzsche, Bienenlaus. *Pupiparen*: Die sehr beweglichen Tiere leben parasitisch auf dem Körper von Säugetieren und haben häufig ihre Flügel gänzlich eingebüßt. Die Larvenentwicklung verläuft im Uterus der Mutter, so daß die Larven kurz nach der Geburt sich sofort verpuppen können. *Melophagus ovinus* L.; *Hippobosca equina* L.

IX. Ordnung. Siphonapteren, Aphanipteren, Flöhe.

Mit den *Dipteren* wurden trotz des Mangels der Flügel die *Aphanipteren* (*Siphonapteren*) oder Flöhe vereinigt, weil man mit Recht annahm, daß die Tiere von beflügelten Formen abstammen. Letzteres läßt sich aus der holometabolen Entwicklung schließen, in deren Verlauf lange, fußlose, in faulendem Holze oder Kehrlicht lebende Larven und freie Puppen auftreten, beide allerdings ohne Andeutung von Flügelrudimenten. Wichtige Einwände gegen die Vereinigung mit den *Dipteren* ergeben sich jedoch aus der breiten Verbindung des Thorax mit Kopf und Abdomen (Fig. 453), ferner aus dem Umstand, daß das Haustellum fehlt. Das Saugrohr wird von den Oberkiefern und der Oberlippe gemeinsam gebildet, während die messerartigen Maxillen zum Einschneiden der Haut dienen. Außer dem Menschenfloh *Pulex irritans* L. kennt man viele auf anderen Tieren schmarotzende *Puliciden*. Ein auch den Menschen befallender Parasit der Tropen ist der Sandfloh, *Sarcopsylla penetrans* L., dessen Weibchen sich in die Finger- und Zehen-



Fig. 453. *Pulex irritans* (nach Blanchard).

haut (oft unter den Nägeln) einbohrt, so daß nur das hinterste Ende herauschaut.

X. Ordnung. Lepidopteren, Schmetterlinge.

Unter sämtlichen Insekten ist die Ordnung der *Lepidopteren* oder Schmetterlinge am schärfsten umschrieben. Die Flügel, welche in beiden Paaren gut entwickelt sind oder nur selten — bei den Weibchen der *Psychiden*, ferner von *Orgyia*, *Solenobia* — fehlen, haben mehr oder minder lebhaft und prächtige Farben; sie sind mit Schuppen bedeckt, blattartig umgewandelten Haaren, die nicht selten mit einzelligen ätherische Öle produzierenden Drüsen verbunden sind (Duftschuppen). Häufig sind die Hinterflügel mit Borsten (Frenulum) an das Retinaculum der viel stärkeren Vorderflügel befestigt. Da der Mesothorax sehr ansehnlich ist, fügen sich der kleine Pro- und Metathorax ihm an und bilden mit ihm einen besonders gegen den Kopf scharf gesonderten Körperabschnitt. Weit verbreitet sind tympanale Gehörgänge teils am Metathorax, teils am Abdomen. Die Mundgliedmaßen (Fig. 416) haben eine höchst eigentümliche, allerdings bei *Phryganiden* schon vorbereitete und andererseits bei manchen *Microlepidopteren* noch nicht voll entwickelte Beschaffenheit, indem die Mandibeln rudimentär sind oder fehlen, die stark verlängerten Maxillarladen dagegen den einrollbaren Rüssel erzeugen. Kiefer- und Lippentaster sind vorhanden, erstere aber sehr viel kleiner als letztere, manchmal ganz rückgebildet. Die Entwicklung ist holometabol; die homonom gegliederten Raupen (Fig. 428) haben kauende Mundgliedmaßen, vor allem kräftige Mandibeln; an der Unterlippe münden mit einem gemeinsamen Ausführungsgang Sericterien, ein Paar Drüsen, welche bei der Verpuppung zum Aufhängen des Körpers oder zur Bildung des Cocons ein zu Seidenfäden erhärtendes Sekret liefern. Meist sind außer den drei Thoracalbeinen drei bis fünf mit Haken bewaffnete Pedes spurii vorhanden. Die Puppen sind gedeckt, selten frei (*Micropteryx*).

I. Unterordnung. *Microlepidopteren*, Kleinschmetterlinge. Kleine, meist unscheinbare Schmetterlinge; Maxillartaster auffallend groß, Rüssel klein. *Tineiden*, Schaben: die Raupen bauen sich aus ihrem Futtermaterial eine Röhre, welche sie mit sich herumtragen; *Tinca pellionella* L., Kleider- und Pelzmotte. *Tortriciden*, Wickler: die Raupen wickeln oft Blätter zu einer Röhre zusammen (*Tortrix viridana* L.). Die Larven mancher *Tortriciden* veranlassen die Wurmstichigkeit der Früchte (*Carpocapsa pomonella* L. in Äpfeln, *Grapholitha funebrana* Fr. in Zwetschgen). *Conchylis ambiguella* Hb., deren Raupen, die berüchtigten Heu- und „Sauerwürmer“, den Weinstöcken enormen Schaden zufügen. Primitive Formen, deren Mundgliedmaßen den Übergang von beißenden zu saugenden M. bilden, sind die *Erycephaliden* und die durch ihre Puppen an *Trichopteren* erinnernden *Micropterygiden*.

II. Unterordnung. *Geometrinen*, Spanner. Schmetterlinge schlank, mit Flügeln, die durch Schnitt und Farbe an die Tagschmetterlinge erinnern, aber horizontal zusammengeschlagen werden; weitere Unterschiede sind die kleine Rollzunge und die borstenförmigen Fühler. Raupen mit nur zwei, selten drei Paar Afterfüßen, durch eigentümliche Fortbewegung ausgezeichnet. *Abraxas grossulariata* L.

III. Unterordnung. *Noctuinen*, Eulen. Schmetterlinge von gedrungenem Körperbau mit meist grauen, durch Flecke und zickzackförmige Linien ausgezeichneten Vorderflügeln, welche in der Ruhe die manchmal lebhaft ge-

färbten Hinterflügel (Ordensbänder: *Catocala fraxini*, *C. nupta* L. usw.) decken. *Noctua (Tryphaena) pronuba* L.

IV. Unterordnung. *Bombycinen*, Spinner. Körper plump, wollig, behaart, mit meist trübgefärbten, breiten, ab und zu im weiblichen Geschlecht (*Psychiden*) fehlenden Flügeln, Rüssel häufig rudimentär, Fühler beim Männchen doppelt gekämmt; Raupen durch stark entwickeltes Spinnvermögen ausgezeichnet. Zur Seidenfabrikation werden verwertet die Cocons von *Bombyx mori* L. (Europa, aus China zu Zeiten Justinians eingeführt), *Samia cecropia* L. (Nordamerika), *Philosamia cynthia* Drury (Japan und China). Große Verheerungen in Wäldern verursachen *Dendrolimus pini* L., Kiefernspinner, *Lymantria monacha* L., Nonne, *Thaumetopoca (Cnethocampa) processionea* L., Prozessionsspinner. Die oft parthenogenetisch sich fortpflanzenden *Psychiden* bauen sich als Larven sackförmige, bei *Ps. helix* L. spiral gewundene Gehäuse, sie stehen wie die *Xylotropha* (Weidenbohrer, *Cossus cossus* L.) den Motten nahe.

V. Unterordnung. *Sphingiden*, Schwärmer. Der dicke Körper trägt langgestreckte, schlanke Vorderflügel und kürzere Hinterflügel, Rüssel sehr lang, Fühler spitz, prismatisch; Raupen glatt mit Afterhorn. *Sphinx convolvuli* L., Windig, *Deilephila euphorbiae* L., Wolfsmilchschwärmer, *Acherontia atropos* L., Totenkopf. Die *Sesien* ahmen durch ihre glashellen Flügel Bienen, Wespen und Hornissen nach, sind wie die *Psychiden* Nächstverwante der Motten.

VI. Unterordnung. *Rhopaloceren*, Tagfalter. (Fig. 4, 5.) Körper schlank, Flügel beim Sitzen aufwärts geschlagen, damit die gewöhnlich dunklen Unterseiten die bunt gefärbten Oberseiten verdecken; Rüssel gut entwickelt, Fühler mit keulenförmigen Enden, Raupen meist dornig, Puppen nur mit einem Seidenfaden aufgehängt. Manche Schmetterlinge überwintern als Imagines. *Vanessa urticae* L., Fuchs, *Pieris brassicae* L., Kohlweißling, *Parnassius Apollo* L., *Papilio Machaon* L., Schwalbenschwanz.

III. Unterstamm und V. Klasse.

Arachnoideen, Spinnentiere.

Unter dem Namen *Arachnoideen* faßt man eine Anzahl größerer und kleinerer Ordnungen zusammen, die sich um die Hauptabteilung der Webespinnen oder *Araneen* gruppieren. Letztere zeigen die Merkmale der Klasse am schönsten ausgebildet, während bei anderen Ordnungen, so namentlich bei *Solpugen*, das Charakteristische erst in Entwicklung begriffen ist, bei dritten Formen dagegen, wie den *Milben* und *Zungenwürmern*, sich schon wieder verwischt hat. Bei der allgemeinen Besprechung werden wir uns daher an die *Araneen* und verwandte Formen zu halten haben (Fig. 454).

Der Spinnkörper ist durch eine deutliche, häufig sogar tief eingeschnittene Kerbe in den Cephalothorax (Prosoma) und das Abdomen (Opisthosoma der neueren Autoren) abgeteilt. Da das Abdomen entweder gar keine oder nur stark abgeänderte Reste von Extremitäten (Kämme der *Scorpione*, Spinnwarzen der *Araneen*) trägt, kann die Zahl seiner Segmente im ausgebildeten Zustand nur bei den *Arthrogastres*, bei welchen die Segmentgrenzen noch erhalten sind, sicher bestimmt werden, sonst nur durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen. In ersteren Fällen, die im allgemeinen selten sind, schwankt die Zahl zwischen sechs

Körpergliederung.

Extremitäten.

bis acht bei den *Phalangien* und 13 (14) bei den echten *Scorpionen*. Der Cephalothorax ist ein zusammenhängendes Stück, das mindestens aus sechs Segmenten besteht, da es sechs Paar Extremitäten besitzt, von welchen vier Paar zur Fortbewegung verwandt werden; sie sind sehr lang und aus sieben Gliedern zusammengesetzt, von denen das letzte zwei Klauen trägt. Wie für die Insekten die Sechszahl der Beine, so ist für die Arachnoideen die Achtzahl charakteristisch. — Vor den Beinen liegen zwei weitere Extremitätenpaare in der Umgebung des Mundes (Fig. 455): 1. die Kieferfühler (Cheliceren) und 2. die Kiefertaster (Maxillipalpen, früher auch Pedipalpen genannt). Die Kiefertaster sind langgestreckt und beinähnlich; ihr Basalglied (*l*) ist öfters zu einer Kaulade umgewandelt; die übrigen Glieder bilden den Palpus (*p*), der entweder ein Klauen- oder ein Scherentaster ist. Beim Klauentaster ist das letzte Glied eine scharfe, einschlagbare Klaue; beim Scherentaster ist es das bewegliche (im Gegensatz zu dem Flußkreb) äußere Blatt der Schere, während das innere unbewegliche Blatt durch einen Fortsatz des vorletzten Gliedes geliefert wird (Fig. 360). — Der kurze Kieferfühler besteht bei *Scorpionen*, *Bücherscorpionen*, *Solpugen*,

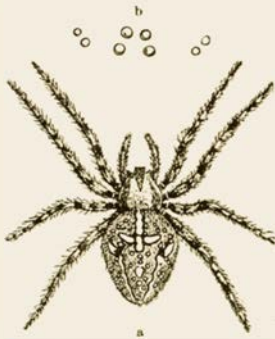


Fig. 454. *Epeira diademata* (nach Taschenberg). *a* das Tier, *b* die Augen vergrößert.

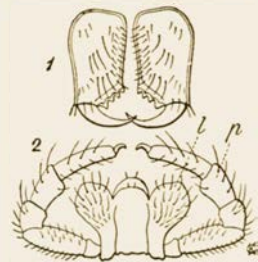


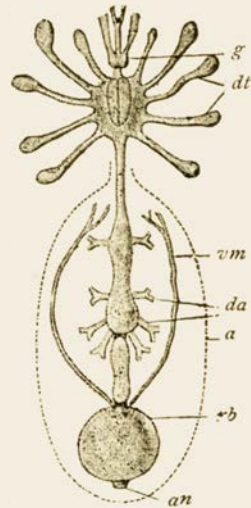
Fig. 455. Mundgliedmaßen von *Epeira diademata*. 1 Kieferfühler, 2 Kiefertaster, *l* Kaulade, *p* Palpus.

Schneiderspinnen und einigen *Pedipalpen* aus drei, sonst nur aus zwei Stücken, der Basis und der einschlagbaren Endklaue (Klauenfühler); bei manchen Arten wird er zum Scherenfühler, wenn das vorletzte Glied zu einem feststehenden Scherenblatt auswächst. Die Endklaue der Kieferfühler wird beim Angriff dem Gegner in den Körper geschlagen und verursacht eine gefährliche Wunde, da auf ihr bei weitaus den meisten *Arachnoideen* (*Arancen*) eine ansehnliche Giftdrüse mündet.

Im Cephalothorax findet sich das Entosternum, eine fibröse feste Masse, welche für die meisten Muskeln als Ursprung dient. Im Besitz dieses Skelettstücks sowie in der Zahl und Anordnung der Extremitäten stimmen die *Arachnoideen* in ganz auffälliger Weise mit den *Xiphosuren* überein. Mit Rücksicht hierauf sowie auf Ähnlichkeiten im Bau der Atmungswerkzeuge und der inneren Organisation halten viele Zoologen beide Gruppen für nahe verwandt (vgl. auf S. 476 die Limulustheorie). Man bezeichnet beide Gruppen gemeinsam als *Aceraten*, weil keine Antennen vorhanden sind. Man kann diesen Mangel in zweierlei Weise erklären. Entweder sind die Cheliceren die umgewandelten Antennen — dafür würde ihre präorale Lage

sprechen — oder sie entsprechen den Mandibeln, während die Antennen verloren gegangen sind — dafür spricht der entwicklungsgeschichtliche Nachweis, daß, wenn auch keine Antenne, so doch ein ihr korrespondierendes Ganglion gebildet wird, und daß das Chelicerenganglion wie das der zweiten Crustaceen-Antenne postoral entsteht und erst sekundär hinaufrückt.

Da die *Arachnoideen* ihre Beute meist ausaugen, ist ihr Anfangsdarm oft mit Saugvorrichtungen versehen. Der folgende Magen besitzt meist drei bis fünf, oft bis in die Extremitäten eindringende (bei *Scorpionen* fehlende) Blindsäcke. Auch der im Abdomen liegende Darm ist mit Blindsäcken versehen, deren reiche Verästelungen „Leber“ genannt werden, aber wie die „Leber“ der *Crustaceen* auch zur Resorption dienen. Der Enddarm ist oft zur Rectalblase erweitert. Vor der letzteren münden in den Darm die Vasa Malpighi, die wegen ihrer entodermalen Herkunft von den ektodermalen gleichnamigen Organen der *Insekten* zu unterscheiden sind, wenn sie auch mit ihnen in der exkretorischen Funktion übereinstimmen. Als Exkretionsorgane werden ferner die Coxaldrüsen gedeutet, gewundene, den Nephridien der *Anneliden* und *Crustaceen* homologe Kanäle, welche aber offenbar in Rückbildung begriffen sind, da immer nur ein Paar entwickelt wird, dessen Mündung am ersten oder dritten Bein liegt, vielfach aber postembryonal nicht mehr



Darm- und Exkretionsorgane.

Fig. 456. Darm von *Cteniza caementaria* (aus Lang nach Dugès). *g* Gehirn, *dt* Magenblindsäcke, *da* Lebergänge, *rb* Rectalblase mit Vasa Malpighi (*vm*), *an* After, *a* Abdomen.

Fig. 457.

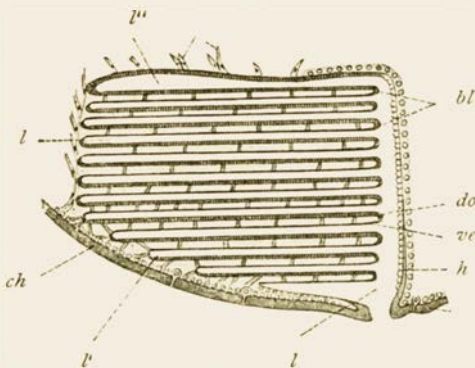
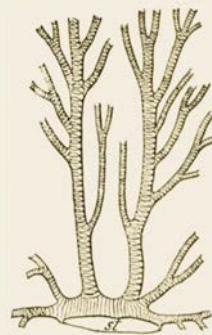


Fig. 457. Längsschnitt durch eine Spinnenlunge, schematisiert (nach Mac Leod). *bl* Lungenblätter, *do* dorsale, *ve* ventrale Seite, *h* hintere Wand des Lungensackes, *l* Luftraum an das Stigma angrenzend, *p* Luftkammern, *p'* dorsale Luftkammer, *ch* Chitinschicht der Körperoberfläche.

Fig 458. Anfänge des linken und rechten Tracheenbüschels von *Anyphaena accentuata* mit unpaarem Stigma (*st*) (nach Bertkau).

Fig. 458.



Der Ösophagus ist stets von einem sehr engen Schlundring umfaßt, der dorsal aus dem Hirn besteht, ventral aus einer großen Gang-

Nervensystem. Sinnesorgane.

lienmasse, in welcher mindestens alle Ganglienpaare des Cephalothorax, meist auch die des Abdomens enthalten sind (Fig. 362 D). Von den Sinnesorganen sind außer den Tasthaaren nur noch die Augen gut bekannt, 2—12 mit großer Linse, zelligem Glaskörper und einer ansehnlichen Retina ausgerüstete Stemmata (Fig. 363). Die große Zahl der Stäbchen in der Retina macht es wahrscheinlich, daß die Augen sehr gut funktionieren. Ob die Spinnen zu hören vermögen, wird in Zweifel gezogen; die meisten Forscher nehmen es an und deuten gewisse mit Nerven in Verbindung stehende Haare, die an verschiedenen Stellen der Taster und der Beine stehen und an ihrer Basis von kleinen Näpfchen umschlossen sind, als Hörhaare (Trichobothrien). Zweifelhaft ist auch die Funktion der „leierförmigen Sinnesorgane“, welche in der Haut des Rumpfes und der Extremitäten bei den wichtigsten Gruppen gefunden werden (Geruchsorgane?).

Respirationsorgane.

Die Respirationsorgane unterscheiden sich von denen der Insekten schon durch die auffallende Lage der Stigmen, welche ventral meist im vorderen Abschnitt des Abdomens, seltener im Cephalothorax liegen;

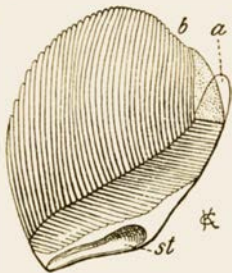


Fig. 459. Lunge von *Zilla cadophyla*. *st* Stigma, *b* Blätter der Lunge, *a* das zuletzt gebildete Blatt (nach Bertkau).

ihre Zahl beträgt vier, häufig sogar nur zwei oder ein Paar. Die Stigmen führen entweder in Tracheenbüschel, wie sie auch sonst bei *Tracheaten* vorkommen (Fig. 458), oder in die den *Arachnoideen* eigentümlichen Fächertracheen oder Tracheenlungen. Eine Tracheenlung (Fig. 457, 459) sitzt dem Stigma als ein rundlicher Körper auf, der aus zahlreichen Blättern besteht. Dieselben grenzen an einen durch das Stigma nach außen mündenden Luftraum, wie die Blätter eines Buches an den Rücken des Einbandes. Jedes Blatt enthält ein von Chitin ausgekleidetes, spaltförmiges, mit dem Luftraum des Stigma zusammenhängendes Lumen und wurde früher als eine abgeplattete Röhre gedeutet; nach der noch zu besprechenden Limulustheorie würden dagegen die Blätter den in das Körperinnere zurückgezogenen Kiemenblättern der *Xiphosuren* entsprechen.

Blutgefäßsystem.

Wir kennen nun Arachnoideen, welche nur Tracheenbüschel, und andere, welche nur Tracheenlungen haben, dazu endlich Formen, bei denen Tracheenlungen und Tracheenbüschel nebeneinander vorkommen. Dieses Vikariieren von Tracheenbüscheln und Tracheenlungen ist ein Zeichen, daß beide dieselben morphologischen Gebilde sind, entweder die Tracheenlungen modifizierte Tracheenbüschel oder die Tracheenbüschel modifizierte Tracheenlungen (vgl. S. 476), eine Auffassung, welche im großen und ganzen zu Recht besteht, wenn sie auch vielleicht durch neuere Untersuchungen über die Tracheen der Spinnen einige Einschränkungen erfahren wird. — Das zumeist auf das Abdomen beschränkte, nur bei *Telyphonus* und den *Solpugen* in den Cephalothorax hineinreichende Herz ist ein Schlauch, der durch drei bis acht Ostienpaare das arterielle Blut aus dem Pericardialsinus aufnimmt und durch eine hintere und vordere verästelte Hauptarterie, oft auch durch seitliche Gefäße, an die lakunären Bluträume des Körpers abgibt. Bei kleineren Formen, wie den *Milben*, ist es ein gedrungenes Säckchen mit nur einem Ostienpaar, oder es ist wie auch bei den parasitischen *Linguatuliden* das gesamte Gefäßsystem rückgebildet; dann pflegt auch die Tracheenatmung durch Hautatmung ersetzt zu sein.

Die Geschlechtsorgane der nur ausnahmsweise hermaphroditen *Arachnoideen* sind sehr verschiedenartig, haben aber folgende Grundzüge gemein: paarige, im Abdomen eingeschlossene Geschlechtsdrüsen geben nach vorn paarige Ausführgänge ab, die sich gewöhnlich an der Basis des Abdomens zu einer unpaaren Mündung vereinen. Wenn die Geschlechtsdrüsen an ihrem hinteren Ende verbunden sind, so wird der ganze Geschlechtsapparat zu einem Ring geschlossen.

Ge-
schlechts-
organe.

Die *Arachnoideen* sind eierlegend, selten lebendig gebärend (*Scorpione* und manche *Milben*); sie sorgen vielfach für ihre Eier und verteidigen sie gegen Angriffe. Die *Scorpione* dehnen diese Fürsorge sogar auf die ausgekrochenen Jungen aus, welche die Mutter auf ihrem Körper mit sich herumträgt. Selten, und auch dann nur bei den weniger charakteristischen Formen der Klasse, wie den *Linguatuliden* und *Acarinen*, findet sich eine Art Metamorphose; dieselbe beschränkt sich vielfach darauf, daß zunächst nur zwei oder drei Paar Extremitäten angelegt werden und daß die fehlenden erst später nachwachsen.

I. Ordnung. Arthrogastres.

Bei einer Reihe von Formen sind die typischen Merkmale der *Arachnoideen* noch nicht ausgeprägt, sei es, daß das Abdomen gegliedert oder in Unterabschnitte geteilt ist oder einige Segmente des Cephalothorax sich getrennt erhalten, sei es, daß das vorderste der vier Beinpaare noch palpusartig gestaltet ist. Man bildet aus diesen Formen die Ordnung der Arthrogastres und zählt zu derselben einige artenarme, unter sich sehr verschieden gestaltete Gruppen, welche wir in der Reihenfolge besprechen wollen, in der sich der spinnenähnliche Habitus ausprägt.

I. Unterordnung. Solpugen oder Walzenspinnen.

Bei den *Solpugen* ist noch kein Cephalothorax gebildet, da nur die drei ersten Segmente verschmolzen sind, die drei folgenden Thoraxsegmente dagegen sich getrennt erhalten. Die in dieser Körpergliederung zutage tretende Ähnlichkeit mit

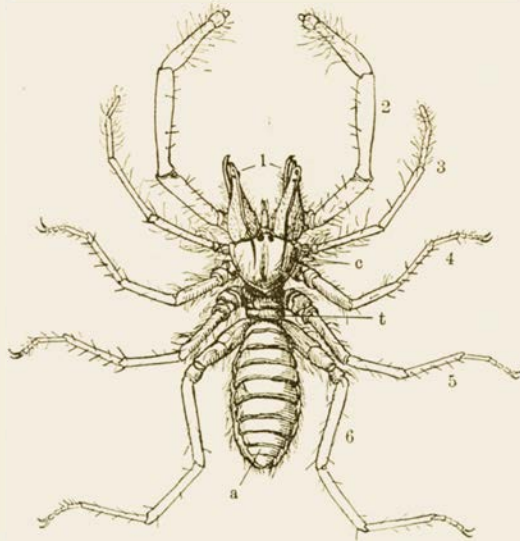


Fig. 460. *Solpuga lethalis*, Männchen. 1 Kieferfüßer mit der für das Männchen charakteristischen Geißel, 2 Kiefertaster, 3 erstes, tasterartiges Bein, 4—6 die Laufbeine. c Cephalothorax, t die drei freien Thoraxringe, a Abdomen.

Insekten wird noch weiter dadurch gesteigert, daß nur die drei thoracalen Extremitäten (Fig. 460 4—6) Klauen tragen und zum Laufen dienen, während das erste Paar Spinnenbeine (3) den Kiefertastern (2) ähnlich ist und zum Tasten verwandt wird. Die Cheliceren (1) sind kräftige, weit über den Kopf hinausragende Scherenfüßer. Die Tiere atmen mit vier Paar

anastomosierender Tracheenbüschel, von denen eines am ersten freien Thoraxsegment mündet, das letzte Paar mit einem unpaaren Stigma am 4. Abdominalsegment. Wie der Name sagt, sind die *Solpugen* (*Solifugen*) nächtliche Tiere, welche tagsüber in ihren im Sand gebauten Nestern leben und nach Sonnenuntergang auf Raub herumschweifen. Sie bewohnen die Steppen namentlich Südrußlands und besitzen daher das schmutziggelbe Kolorit des Sandes. Lange Haare geben ihnen ein widerliches Aussehen, ihr Biß wird von den Einheimischen gefürchtet, ist aber nicht giftig, da die Chelicere keine Giftdrüse hat. *Galeodes araneoides* Pall., *Solpuga lethalis* Koch (Fig. 460).

II. Unterordnung. **Phrynoideen, Pedipalpen, Geißelscorpione.** Die *Phrynoideen* haben in der Ausbildung der typischen Arachnoideenmerkmale im Vergleich zu den *Solpugen* einen Fortschritt erzielt, indem alle sechs vorderen Segmente zum Cephalothorax verschmolzen sind; sie gleichen

Fig. 461.

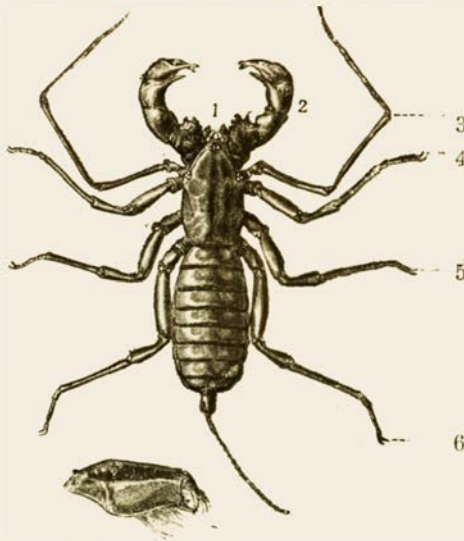


Fig. 461. *Telyphonus caudatus* L. 1 Kieferfühler, nebenan stärker vergrößert, 2 Kiefertaster, 3 erstes Bein, geißelförmig, 4—6 die übrigen Beinpaare.

Fig. 462.

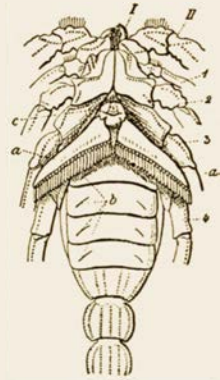


Fig. 462. *Buthus occitanus*, von unten gesehen; von den Extremitäten und dem Postabdomen nur der Anfang dargestellt. I Kieferfühler, II Kiefertaster, 1—4 Beine, a Kämme, b Lungenstigmen, c Geschlechtsöffnung.

aber noch den *Solpugen* und unterscheiden sich von den übrigen Arachnoideen, indem nur die drei hintersten Extremitätenpaare (4—6) zur Fortbewegung dienen, das dritte Paar der Reihe (3) dagegen noch nicht. Dasselbe trägt einen langen, geringelten Anhang, die für die Ordnung charakteristische Tarsengeißel. An die *Scorpione* erinnern die *Phrynoideen* durch die kräftige Ausbildung der zum Ergreifen der Beute dienenden Kiefertaster (2), nur daß dieselben ebenso wie die Kieferfühler (1) nur bei einem Teil der Arten mit Scheren ausgerüstet sind. Zur Atmung dienen zwei Paar Lungen. Die *Phrynoideen* sind wegen ihrer Giftigkeit gefürchtete Bewohner der Tropen; ihre verbreitetsten Gattungen sind *Phrynichus* und *Telyphonus*, von denen *Telyphonus* leicht daran zu erkennen ist, daß sich vom Abdomen ein besonderes, kurzes Postabdomen abgesondert hat, welches in einen langen Faden ausläuft. *Phrynichus* (*Phrynus*) *reniformis* L., *Telyphonus caudatus* L. (Fig. 461). (Zu einem langen, an *Scorpione* erinnernden Schwanz

ist das Postabdomen bei den *Microtelyphoniden* oder *Palpigraden* [*Koenenia*] ausgezogen, kleinen Tieren, die keine Atmungsorgane besitzen und durch den Besitz von zwei freien Thoraxsegmenten an *Solpugen* erinnern.)

III. Unterordnung. **Scorpionideen, Scorpione.** Die *Scorpione* (Fig. 359, 462) haben eine äußerliche Ähnlichkeit mit dem Flußkrebis und wurden auch lange irrtümlich für Verwandte desselben gehalten, weil sie wie dieser mit vier Beinpaaren (3—6) sich fortbewegen und davor kräftige Scheren zum Ergreifen der Beute (2) tragen, welche den Kiefertastern der übrigen Arachnoideen entsprechen; scherenförmig sind auch die kleinen Kieferfühler (1). Die Kiefertaster und die zwei ersten Beinpaare sind an ihrer Basis mit Kauladen versehen. Was nun den Scorpionen eine Ausnahmestellung unter den *Arachnoideen* verleiht, ist die eigentümliche Beschaffenheit des Abdomens. An demselben kann man sieben (während der Entwicklung sogar acht) breitere, vordere, dem Cephalothorax breit angefügte Segmente (Fig. 359 A) und sechs hintere, schmalere, den Schwanz oder das Postabdomen (P) unterscheiden. Das letzte Segment des Postabdomens ist ventralwärts in einen spitzen Haken umgebogen und umschließt ein Paar mächtiger Giftdrüsen; es ist der Giftstachel, welcher selbst bei kleineren Arten dem Menschen schmerzhaft Wunden verursachen und ihm bei den großen tropischen Formen vielleicht sogar todbringend werden kann. Für gewöhnlich ernähren sich die Scorpione von Insekten; sie fassen dieselben mit den Scheren, halten sie über den Kopf und stoßen die Spitze des über den Rücken aufwärts gekrümmten Postabdomens in ihr Opfer. Auf der Bauchseite der Scorpione liegt ein Paar Anhänge (Fig. 462a), Reste abdominaler Gliedmaßen; da sie einen Stab mit einseitig ansitzenden Zinken bilden, nennt man sie Kämme und vermutet in ihnen wegen der Nähe der Geschlechtsmündung (c) und wegen ihres Reichtums an Nerven Reizorgane bei der Begattung. Dicht dahinter folgen vier Paar Stigmen (b). Da die Scorpione nur durch Tracheenlungen atmen, ist ihr langgestrecktes, mit vielen Ostien versehenes Herz mit einem komplizierten Blutgefäßapparat verbunden. Am Magen fehlen die Blindsäcke, dagegen ist die „Leber“ sehr gut ausgebildet. Für das Nervensystem ist charakteristisch, daß sechs Paar abdominaler Ganglien sich von der einheitlichen Ganglienmasse des Cephalothorax getrennt erhalten. In Europa (Süddeutschland und Italien) finden sich *Euscorpius karpaticus* L. und *E. italicus* Hbst.; in heißen Gegenden, namentlich den Tropen, leben bis zu 12 cm lange Arten der Gattungen *Androctonus* und *Buthus*: *A. australis* L. in Afrika, *B. occitanus* Amor. in den Mittelmeerländern.



Fig. 463. *Chelifer Bavaisi*.
1 Kieferfühler, 2 Kiefertaster,
3—6 Beine (aus Schmarda).

IV. Unterordnung. **Pseudoscorpionideen, Afterscorpione.** Die kleinen Afterscorpione (Fig. 463) gleichen den echten *Scorpionen* in ganz auffälliger Weise, da sie wie diese Scherenfühler (1) und vor allem sehr große Scherentaster (2) haben; ferner ist das geringelte Abdomen dem Cephalothorax breit angewachsen. Dagegen fehlt das Postabdomen und mit ihm der Giftstachel vollkommen; auch atmen die Tiere durch Tracheen (zwei Paar) anstatt durch Lungen. Der deutsche Name Bücher-scorpione bezieht sich darauf, daß man die höchstens 2—3 mm langen Tiere mit Vorliebe in alten, eingestaubten Büchern oder auch in Herbarien, andere Arten unter

Moos und Baumrinde findet. Dem Aufenthaltsort sind die Tiere in Gestalt und Bewegung vortrefflich angepaßt; sie laufen nach Art der Krabben mit großer Behendigkeit in seitlicher Richtung nach links und rechts. Sie machen dabei Jagd auf die den Büchern und Herbarien so schädlichen Milben. *Chelifer cancroides* L.

V. Unterordnung. **Phalangoideen, Afterspinnen.** Bei den Afterspinnen ist das Abdomen weniger deutlich als bei den bisher betrachteten Formen gegliedert und auch vom Cephalothorax, an dem es breit angewachsen ist, nicht scharf abgesetzt. Der kleine Körper wird von vier Paar häufig auffallend langen Beinen getragen. Die zweiten Extremitäten sind Taster wie bei den echten Spinnen; die scherenförmigen Kieferfühler sind in lange, hornartige Fortsätze ausgezogen. Die Männchen besitzen einen auffallend langen Penis, die Weibchen eine lange Legeröhre. Die Tiere unterscheiden sich von den echten Spinnen auch dadurch, daß sie nur zwei auf Stirnhöckern sitzende Augen haben, durch Tracheen atmen und keine Spinnwarzen besitzen. Am bekanntesten sind die Weberknechte, nächtliche Tiere, deren lange Beine einige Zeit, nachdem sie vom Körper abgetrennt worden sind, noch zuckende Bewegungen ausführen. *Phalangium opilio* L.

II. Ordnung. Sphaerogastres, Araneen, Webespinnen.

In keiner Abteilung der Arachnoideen ist die Sonderung des Körpers in Cephalothorax und Abdomen so deutlich wie bei den Webespinnen, da beide Abschnitte weichhäutige, ungegliederte, voneinander durch eine tiefe Kerbe getrennte Stücke sind (Fig. 454). Die vier hinteren Extremitätenpaare dienen zur Fortbewegung, zu raschem Sprung oder zu gewandtem Lauf; sie enden mit ein Paar „Kammklauen“, Klauen, welche auf ihrer konkaven Seite mit Zinken versehen und dadurch zum Lauf auf Spinnennetzen besonders geeignet sind; häufig besitzen sie außerdem noch Afterklauen, welche beim Spinnen zum Führen des Fadens verwendet werden können. — Von den beiden Mundextremitäten (Fig. 455) trägt der Kieferfühler eine spitze Klaue, welche, ausgerüstet mit dem Ausführgang einer Giftdrüse, die Spinnen in den berechtigten Ruf der Giftigkeit gebracht hat, wenn auch nur wenige, wie die *Malmignatte* (*Latrodectes formidabilis* L., *L. tedeceinguttatus* Fabr.), die *Taranteln* und die *Vogelspinnen*, dem Menschen schädlich oder unbequem werden können. Die Kiefertaster dienen zum Betasten und Zerkleinern der Speise; letzteres geschieht mit dem Basalglied.

Beim Männchen ist das Ende des Tasters verdickt, indem sein Endglied einen birnförmigen Behälter (Bulbus) trägt, zu dem sich meistens noch komplizierte Hilfsapparate gesellen. Bevor das Männchen sich dem Weibchen zur Begattung nähert, wird der Behälter mit Spermatozoen gefüllt. Ist das Sperma in die Geschlechtsöffnung des Weibchens entleert, so zieht sich das Männchen schleunigst zurück, da es sonst befürchten muß, von dem meist sehr viel größeren und stärkeren Weibchen getötet zu werden.

Am hinteren Ende des Abdomens kurz vor dem After liegen die systematisch wichtigen Spinnwarzen, meist zwei bis drei Paar gegliederte Stummeln (Fig. 464), welche schräg abgestutzt mit dem Spinnfeld enden, auf dem sich zahlreiche, an Haare erinnernde Spinnröhrchen erheben. Aus jedem Spinnröhrchen ragt eine kurze Spinnspule hervor, das modifi-

zierte Ende vom Ausführgang einer Spinndrüse. Man unterscheidet verschiedene Arten von Spinndrüsen, die je nach der Bestimmung des Fadens in Tätigkeit gesetzt werden.

Die Spinnwarzen entwickeln sich aus zwei Paar Abdominalextrimitäten; daß sie so häufig in Sechszahl vorkommen, ist dadurch bedingt, daß sich von den hinteren Extremitäten zwei Höcker abgliedern als Anlagen der mittleren Spinnwarzen. Durch eine analoge Abgliederung von den vorderen Extremitäten ist es wohl zu erklären, daß sich bei den *Liphistiden* ein viertes vorderstes Paar findet oder aus Umbildung desselben das Cribellum, ein vor den Spinnwarzen gelegener, bei vielen Spinnen fehlender querer Wulst, auf dem ebenfalls Spinndrüsen münden. — Je nach Zahl und Art der in Tätigkeit gesetzten Spinndrüsen zeigen die Spinnfäden verschiedene Beschaffenheit; demgemäß dienen sie auch sehr mannigfachen Zwecken: zum Austapezieren des Nestes, zum Einhüllen der Eier in Cocons und vielfach auch zu Gespinsten, in denen Insekten aufgehalten werden sollen, damit die Spinne sie töten und dann weiter noch fest umspinnen kann. Auch beim Abstürzen verhindert die Spinne die Gefahr des Falles, indem sie sich rasch mit einem Faden verankert, den sie so weit verlängert, bis sie am Boden ankommt. Junge Spinnen halten sich mittels Spinnfäden schwebend in der Luft und werden so durch den Wind fortgetragen (Ursache des „Altweibersommers“).

Der Charakteristik der Spinnen sind nur noch wenige Punkte nachzutragen. Das Nervensystem besteht aus dem Hirn und einer großen Ganglienmasse des Cephalothorax, zu der bei den *Mygaliden* noch ein kleines abdominales Ganglion kommt. Systematisch wichtig sind durch

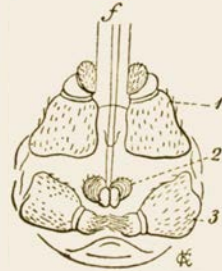


Fig. 464. Spinnapparat von *Epeira diademata* (nach Warburton). 1 vordere, 2 mittlere, 3 hintere Spinnwarzen, f Fäden.



Fig. 465. *Cteniza caementaria* in ihrer Röhre, den Deckel zuziehend. a Augen, stärker vergrößert, b Deckel von innen mit den Griffpunkten für die Klauen, c Eicocon.

ihre Anordnung die sechs bis acht Punktaugen, die in zwei bis drei Querreihen nahe beieinander auf dem Cephalothorax (Fig. 454 und 465) stehen. Im ganzen sind zwei Paar Atmungsorgane vorhanden: bei den *Tetrapneumones* münden zwei Paar Lungen an der Basis des Abdomens mit zwei Paar Stigmen; bei den *Dipneumones* ist nur das vordere Lungenpaar vorhanden, außerdem ein Paar Tracheenbüschel. Letztere können dann an der Stelle der zweiten Lungen der *Tetrapneumones* sitzen (*Tetrasticten*), oder sie münden weiter rückwärts vor den Spinndrüsen mit einem unpaaren Stigma (*Tristicten*) (Fig. 458). Bei den *Caponiden* sind alle vier Lungen durch Tracheenbüschel ersetzt.

I. Unterordnung. *Tetrapneumones*. Spinnen mit vier Lungen, in der Regel vier Spinnwarzen und acht in zwei Reihen hintereinander gestellten Augen. *Avicularia* (*Mygale*) *avicularia* L., Vogelspinne. Die ohne die Beine 4—5 cm lange, dicht behaarte Spinne wohnt in den Wäldern des tropischen Südamerika und tapeziert sich Erdlöcher oder andere Schlupfwinkel mit dichtem Gespinnst zu einem Neste aus. Sie schleicht sich an andere Tiere heran, überfällt sie im Sprung und kann auf diese Weise selbst Wirbeltiere, wie kleine Vögel und Mäuse, töten. *Cteniza* (*Nemesia*) *caementaria* Latr., Minierspinne Südeuropas (Fig. 465), treibt in Mauern horizontale, röhrlige Stollen und schließt die kreisförmige Öffnung mit einem Deckel von Seidengespinnst, der genau auf die Öffnung paßt und auf seiner äußeren Seite, um den Schlupfwinkel unkenntlich zu machen, mit dem Material der Maueroberfläche bedeckt ist. Der Deckel ist mittels Seidenfäden am oberen Rand des Loches befestigt und fällt daher zum Schließen herab; er wird bei drohender Gefahr von der Spinne angepreßt, indem sie mit den Vorderklauen in kleine Henkel des Gespinnstes eingreift und den Deckel fest anzieht. In Deutschland *Atypus piceus* Sulz.

II. Unterordnung. *Dipneumones*. Ein Paar Lungen, neben denen noch Tracheen bestehen, meistens sechs Spinnwarzen. — Hierher gehören fast alle unsere einheimischen Spinnen und zahlreiche tropische Formen. Zum Teil (*Vagabundae*) haben dieselben noch die Lebensweise der *Mygaliden* und benutzen ihre Webefertigkeit nur zum Einspinnen der Eier in Eiersäckchen, welche am eigenen Körper oder an sicheren Orten untergebracht werden, ferner zur Auskleidung der Schlupfwinkel, während sie die Beute durch raschen Lauf einholen (*Citigradae*) oder beschleichen und im Sprung fangen (*Saltigradae*). Zum anderen Teil bauen sie aus den Seidenfäden noch weitere mehr oder minder kunstvolle Netze zum Einfangen fliegender Insekten (*Sedentariae*). 1. *Vagabundae*. a) *Saltigradae*: *Epiblemum scenicum* Cl.; b) *Citigradae* oder Laufspinnen: *Tarentula fasciiventris* Duf. (*Lycosa tarentula* Rossi), die Tarantel, deren Biß eine schmerzhaftige Entzündung verursacht. Früher glaubte man irrtümlich, daß der Biß Ursache von Tobsuchtsanfällen sei, zu deren Besänftigung man die „Tarantella“ spielte. — 2. Die *Sedentarien* unterscheiden sich voneinander durch die Art ihres Netzbaues. Die *Tubitelen* spinnen eine Röhre und davor ein horizontales Gewebe zum Insektenfang; *Tegereria domestica* L., Hausspinne, *Segestria sexoculata* L., Kellerspinne, *Argyroneta aquatica* Waick., Silberspinne genannt, weil sie, im Wasser lebend, mit Hilfe einer silberglänzenden Luftblase atmet, die sie mit sich am Abdomen herumträgt. — Die kunstvollsten Gespinste bilden die *Orbitelen*, die Kreuzspinnen, *Epeiriden*: *Epeira* (*Araneus*) *diademata* L., welche ihren deutschen Namen der Zeichnung des Abdomens verdankt, einer weißen, undeutlich kreuzförmigen Figur auf dunklem Grund (Fig. 454). — *Inäquitelen*; *Latrodectes tredecimguttatus* Fabr., Malmignatte, sehr giftig.

III. Ordnung. Acarinen, Milben.

An die Araneen reihen wir die *Acarinen* und *Linguatuliden*. Der Bau der letzteren ist durch Parasitismus so sehr abgeändert, daß man am ausgebildeten Tiere die Merkmale der Klasse nicht mehr mit Sicherheit nachweisen kann. Für das Verständnis dieser aberranten und degenerierten Arachnoideen liefern uns die *Milben* oder *Acarinen* den Schlüssel. Dieselben (Fig. 360) haben durch Verschmelzung von Abdomen und Cephalothorax die letzte Andeutung von Ringelung verloren. Gleichwohl ist ihre nahe Verwandtschaft mit den Spinnen unzweifelhaft; vor allem wird

sie bewiesen durch die Anwesenheit von sechs Extremitätenpaaren, vier Paar Beinen, durch welche sich parasitische Milben sofort von parasitischen sechsbeinigen *Insekten* unterscheiden, und zwei Paar Mundgliedmaßen, welche vielfach noch zum Beißen dienen, vielfach aber einen zum Saugen von Tier- und Pflanzensäften dienenden Stechrüssel bilden. Die Scheide des Stechrüssels besteht aus der Oberlippe und den basalen Gliedern der Kiefertaster, welche sich rinnenartig einbiegen und zu einer Röhre zusammenlegen, während die übrigen Glieder den frei hervorstehenden Palpus darstellen; in der Röhre liegen die Kieferfühler als klauen- oder scherenförmige, oft mit Widerhaken versehene Stilets.

Da die Milben sehr klein sind und eine halb oder ganz parasitische Lebensweise führen, ist ihr innerer Bau vereinfacht; häufig fehlen Herz- und Atmungsorgane (Tracheen) gänzlich; wenn vorhanden, münden letztere in der Gegend des Cephalothorax, oft nahe den Cheliceren; am Darm finden sich zwar Magenblindsäcke und Malpighische Gefäße, dagegen keine „Leber“; auch kann der Darm am hinteren Ende geschlossen sein, so daß nur die Malpighischen Gefäße in den After münden. — Aus der Entwicklungsgeschichte der Milben verdient besondere Beachtung, daß den aus dem Ei schlüpfenden Larven das letzte Beinpaar noch fehlt; sie ähneln dadurch parasitischen Insekten mit undeutlich gegliedertem Körper, wie den Läusen; häufig findet man bei Milben auch cystenartige Ruhezustände (Puppen). Manche Milben (*Eriophyiden*) erzeugen Gallen. Parthenogenese wurde bei Spinnmilben festgestellt.

Im ausgebildeten Zustand freilebend sind die meist lebhaft rot gefärbten Laufmilben, *Trombididen* (*Trombidium holosericeum* L.), und die Wassermilben, *Hydrachniden* (*Hydrachna cruenta* Müll.). Die sechsbeinigen Larven dieser Tiere aber sind Schmarotzer; die Larven von *Trombidien*, als *Leptus autumnalis* bekannt, befallen auch den Menschen und erzeugen namentlich bei Erntearbeitern juckende Ausschläge. — Halb parasitisch sind die *Ixodiden*, Zecken: *Ixodes ricinus* L., Holzbock, lebt versteckt in Wäldern; das Weibchen befällt Menschen und andere Säugetiere, saugt sich in der Haut fest und schwillt durch Blutaufnahme zu bedeutender Größe (11 mm) an, um dann abzufallen. Die viel kleineren Männchen sitzen am Weibchen fest und nehmen keine Nahrung auf. Gefährlicher sind die *Argasiden*; *Argas persicus* Fisch. (in Persien und Ägypten) lebt ähnlich den Bettwanzen in Wohnungen tags versteckt, nachts Blut saugend, soll giftig sein. Nahe verwandt ist der in Taubenschlägen wohnende *Argas reflexus* F., der auch öfters den Menschen befällt, und *A. americanus* Pack., den Hühnern gefährlich. — Die Gefährlichkeit der *Argasiden* scheint nach Analogie mit *Ornithoderus jubata* Murray, welche die *Spirochaete* des afrikanischen Rückfallfiebers überträgt, sich daraus zu erklären, daß sie den Zwischenwirt krankheitserregender *Protisten* (Spirochaeten?) bilden. *Boophilus bovis* ist als Zwischenwirt von *Babesia bigemina* Ursache des Texasfiebers (S. 195). — *Gamasiden*: *Dermanyssus avium* Dug., am Tage versteckt, nachts auf Singvögeln; *Gamasus coleoptratorum* L., dauernd parasitisch auf Käfern (Fig. 360). — Dauernde Parasiten sind in der Regel die *Sarcoptiden*, die fast mikroskopisch kleinen Krätzmilben; sie graben Gänge in die Epidermis von Säugetieren und Vögeln: *Sarcoptes scabiei* Geer., 0,3—0,5 mm groß, Ursache der Krätze des Menschen (Fig. 466); nahe verwandt die Käsemilbe, *Tyroglyphus siro* Latr. — In degenerierten Balgdrüsen („Mitessern“) schmarotzen die auffallend langgestreckten Balgmilben oder *Demodiciden*; *Demodex folliculorum* G. Sim. in Balgdrüsen des Menschen (Fig. 467).

Langgestreckte Acarinen, wie der *Demodex folliculorum*, leiten vielleicht über zu den **Linguatuliden** oder **Zungenwürmern**, Parasiten, welche in unserer Gegend als geschlechtsreife Tiere die Stirnhöhle von Fleischfressern bewohnen, als eingekapselte Jugendformen dagegen in der Leber und Lunge von Pflanzenfressern, besonders *Nagetieren*, angetroffen werden. Aus den Tropen kennen wir die geschlechtsreifen Linguatuliden auch als Parasiten von *Löwe*, *Tiger*, *Schlangen* usw. Wie ihr deutscher Name erkennen läßt, hat man die mehrere Zentimeter langen Tiere früher für Würmer gehalten und in die Nähe der Bandwürmer gestellt, weil einige abgeplattet sind und eine an die Proglottiden der Bandwürmer erinnernde Ringelung zeigen (Fig. 113, S. 159). Anatomie und Entwicklungsgeschichte sprechen mit einiger Wahrscheinlichkeit für Verwandtschaft mit den Arachnoideen. Am vorderen Ende der geschlechtsreifen *Linguatuliden* findet man die Mundöffnung am Grunde einer Chitinkapsel, welche man früher mit dem Saugrüssel der *Milben* verglichen hat; auf jeder Seite derselben stehen zwei Haken auf einem komplizierten Chitingerüst; man deutet sie

Fig. 466.

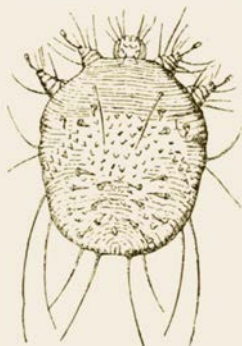
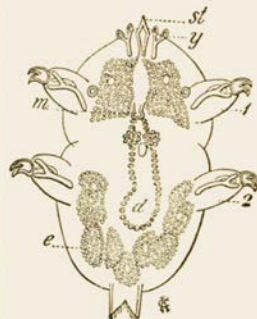


Fig. 467.



Fig. 468.

Fig. 466. *Sarcoptes scabiei*, Weibchen (nach Leuckart).Fig. 467. *Demodex folliculorum* (nach Leunis-Ludwig).Fig. 468. Larve von *Pentastomum proboscideum*. *st* Stilet, *y* Larvenhaken, *1* und *2* Beine, *m* Mund, *d* Darm, *e* Drüsenzellen (nach Stiles).

als die Klauen des ersten und zweiten Spinnenbeins. Im Innern des Körpers ist eine geräumige Leibeshöhle, welche einen gerade gestreckten Darm ohne Anhänge beherbergt. Um den Anfangsdarm bildet das Nervensystem einen ventral zum Bauchmark verdickten Ring, während das Hirn bei dem gänzlichen Mangel von Sinnesorganen so rudimentär ist, daß es nicht einmal eine Anschwellung im Schlundring bildet. Sehr kompliziert ist der Geschlechtsapparat, dessen unpaarer Ausführgang beim Männchen vorn mündet, beim Weibchen dagegen umbiegt und in vielen mit Eiern prall gefüllten, durch die Körperwand durchschimmernden Windungen zur Genitalöffnung am hinteren Körperende verläuft.

Die an *Linguatuliden* erkrankten Hunde und Wölfe leiden an einem heftigen Katarrh der Nasenhöhle und entleeren mit dem Schleim auch in Menge die embryonenhaltigen Eier. Werden von Kaninchen, Hasen oder auch von Menschen mit dem infektiösen Schleim besudelte Pflanzen verzehrt, so schlüpfen die Larven aus, um in Lunge und Leber einzuwandern und

sich einzukapseln, bis sie durch Verfüttern wieder in den Körper eines Hundes zurückgelangen; sie können sich aber auch in Pflanzenfressern weiter entwickeln. Die Larven (Fig. 468) besitzen am vorderen Ende einen Bohraparat (*st* und *y*) und außerdem zwei Beinpaare (1 und 2), welche wahrscheinlich den hinteren Beinpaaren der Spinnen entsprechen, während der Metamorphose wieder verloren gehen und durch die zwei Haken des ausgebildeten Tieres ersetzt werden. *Pentastomum taenioides* Rud., geschlechtsreif in den Sinus frontales von Hund, Wolf, Fuchs, ausnahmsweise auch des Menschen, als Larve in Leber und Lunge von Nagetieren und Menschen. Weitere Arten sind *Pentast. constrictum* von Sieb. in der Leber von Nagern, *Pentast. moniliforme* Dies. in der Lunge von Schlangen.

A n h a n g.

Im Anhang zu den *Arachnoideen* sollen noch drei Gruppen von viel umstrittener systematischer Stellung besprochen werden, von denen eine, die *Xiphosuren*, ein ganz hervorragendes morphologisches, eine andere, die *Tardigraden*, ein größeres biologisches Interesse besitzt, während für die *Pantopoden* oder *Pycnogoniden* keines von beiden gilt.

1. Die *Xiphosuren* oder *Pfeilschwänze* mit der einzigen lebenden Gattung *Limulus* (*L. polyphemus* L., Molukkenkrebs) wurden lange Zeit allgemein den *Crustaceen* zugerechnet, weil sie, im Meere an sandigen Küsten lebend, durch Kiemen atmen, die auf blattartigen, spaltfüßigen Pleopoden sitzen (Fig. 469 und 470, 8). Jetzt werden sie von den meisten Zoologen unter dem Namen *Cheliceraten* oder *Aceraten* mit den *Arachnoideen* vereint, mit denen sie in Körpergliederung, Bau der vorderen Extremitäten und vielen Merkmalen der inneren Anatomie übereinstimmen. Ihr Körper besteht aus einem mächtigen, halbmondförmigen Cephalothorax, einem etwas kleineren, seitliche Stacheln tragenden Abdomen und einem als Hebel dienenden Schwanzstachel. Der Cephalothorax entsteht aus Verwachsung von mindestens sechs Segmenten; er trägt auf der Rückenseite vorn nahe der Mittellinie zwei Ocellen, etwas weiter rückwärts und seitlich zwei sehr primitive zusammengesetzte Augen. Das Abdomen ist bei den das Ei verlassenden Larven (Trilobitenstadium) noch in acht Segmente abgeteilt, welche später verschmelzen. Dem Cephalothorax gehören, wie bei *Arachnoideen*, sechs Paar Extremitäten an, ein Paar präoraler, vom Bauchmark aus innervierter Cheliceren und fünf Paar beinartiger, zu beiden Seiten der Mundöffnung gestellter Extremitäten, von denen die vier ersten mit Kauladen beginnen und wie die Cheliceren mit Scheren enden. Kleine, als Chilarien bezeichnete Anhänge hinter der Mundöffnung werden als ein siebentes Extremitätenpaar gedeutet. Das Abdomen trägt blattartige, aus Basis, Innen- und Außenast bestehende Extremitäten, von denen die erste mit dem Cephalothorax verschmilzt und den derben Kiemendeckel liefert; die fünf folgenden tragen auf ihrer Rückseite feine Kiemenblättchen, die senkrecht zur Oberfläche der Extremität und quer zur Körperachse wie Blätter eines Buches hintereinander stehen. Was den inneren Bau anlangt, so besitzen die *Xiphosuren* ein hochentwickeltes Blutgefäßsystem, dessen Bauchsinus das Bauchmark umhüllt, eine ansehnliche „Leber“ und wie die *Arachnoideen* ein Paar Coxaldrüsen und das Entosternum. Die Geschlechtsorgane münden an der Basis des Kiemendeckels. — Mit den *Xiphosuren* sind nahe verwandt die paläozoischen *Gigantostraken* oder *Eurystomen*; sie besaßen einen Cephalothorax mit sechs Beinpaaren, zwei einfachen und zwei zusammengesetzten Augen. Ihr Abdomen trug die

blattförmigen Kiemenextremitäten, nur daß es dauernd in sechs vordere und sechs hintere Segmente (das in einen Schwanzstachel auslaufende Postabdomen) gegliedert war. *Pterygotus anglicus* Ag.

Die besprochene Ähnlichkeit der *Xiphosuren* mit *Arachnoideen* (besonders den *Scorpionen*) wird jetzt allgemein als Beweis einer nahen Verwandtschaft beider Gruppen angesehen; sie hat zur „Limulustheorie“ geführt, zur Lehre, daß die *Arachnoideen* durch Vermittlung Limulusartiger Vorfahren von primitiven *Crustaceen* abstammen und somit diesen näher stehen als den übrigen *Tracheaten*. Die Theorie macht die Annahme nötig, daß die Tracheenlungen als die in das Innere des Abdomens eingestülpten, mit Kiemenblättchen bedeckten Pleopoden des *Limulus* aufzufassen sind, wofür ihre Lage und Entwicklung bei *Scorpionen* spricht.

Fig. 469.

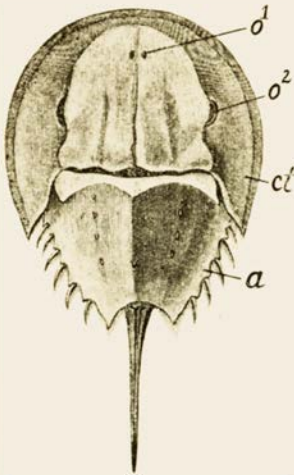


Fig. 470.



Fig. 471.

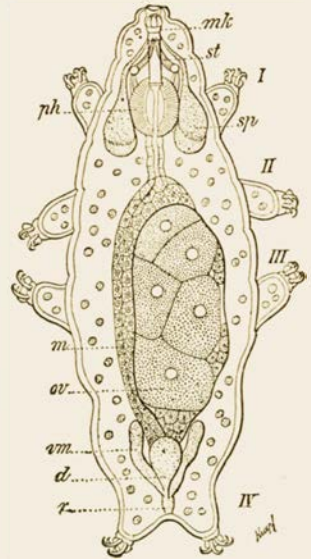


Fig. 469. *Limulus moluccanus*, vom Rücken betrachtet. *a* Abdomen, *ct* Cephalothorax, *o*¹ einfache, *o*² zusammengesetzte Augen (nach Rymer Jones).

Fig. 470. *Limulus moluccanus*, ventrale Ansicht, nur zum Teil dargestellt, *1-6* die Extremitäten des Cephalothorax, *6a* Anhang am sechsten Beinpaar, *7* Kiemendeckel, *8* Kiemen, *9* Basis des Stachels (aus Leunis-Ludwig).

Fig. 471. *Macrobiotus hufelandi* (nach Zeichnungen von Greef und Plate). *I-IV* die vier Beinpaare, *mk* Mundkapsel, *st* Stilett, *ph* Pharynx, *sp* Speicheldrüse, *m* Magen, *r* Enddarm, *ov* Ovar, *d* Anhangsdrüsen, *vm* Vasa Malpighi; in der Leibeshöhle Blutzellen.

Die verästelten Tracheen müßten dann entweder aus den Tracheenlungen oder aus anderweitigen Strukturen entstanden sein und könnten nicht den Tracheen der übrigen *Tracheaten* entsprechen. Der Theorie erwachsen Schwierigkeiten aus der Tatsache, daß die verästelten Tracheen der *Arachnoideen* und der übrigen *Tracheaten* den gleichen feineren Bau besitzen (Spiralfaden), daß bei *Solpugen* und *Milben* Stigmen am Cephalothorax vorkommen (bei manchen in der Gegend der Chelicere), wo sie der Limulustheorie zufolge nicht vorkommen dürften; um ihr Vorkommen zu erklären, müßte man annehmen, daß sie sich unabhängig sowohl von den Lungen der *Arachnoideen*, als auch den Tracheen der *Insekten* entwickelt haben. Die der Limulustheorie entgegenstehenden Schwierigkeiten

lassen sich vermeiden, wenn man das genetische Verhältnis beider Gruppen umkehrt und die *Xiphosuren* von den *Arachnoideen* ableitet; man muß dann annehmen, daß die Kiemen der ersteren nach außen hervorgetretene Lungenblätter der letzteren seien. Damit würde sich die Möglichkeit ergeben, die Lungenblätter der *Arachnoideen*, wie man es ursprünglich auch getan hat, als abgeplattete Tracheen aufzufassen und demgemäß die Atmungsorgane der *Arachnoideen* und *Tracheaten* für homologe Bildungen zu erklären.

2. Die **Tardigraden** oder *Bärtierchen* sind mikroskopisch kleine Organismen, welche im Süßwasser oder in feuchter Erde oder Moos zusammen mit *Protozoen* und *Rotatorien* leben und ihren langsamen täppischen Bewegungen ihren Namen verdanken. Bei ihren Wanderungen strecken sie (Fig. 471 I—IV) vier Paar mit Krallen bewaffnete Extremitätenstummel aus. Diese acht Beine sind das einzige, was die Tiere unzweifelhaft mit den Spinnen gemeinsam haben; sonst unterscheiden sie sich durch die Ausmündung des Geschlechtsapparats in den Darm, durch das aus vier Ganglienpaaren bestehende Bauchmark und durch den Mangel von Herz und Atmungsorganen. Am vorderen Ende des Darms liegt eine Chitinkapsel und in derselben zwei Stiletts; man könnte darin den ins Innere zurückgezogenen Saugrüssel der *Acarinen* erblicken. In weiteren Kreisen sind die *Tardigraden* durch zweierlei bekannt geworden. Da ihre Durchsichtigkeit eine genaue Verfolgung der Nerven bis an die quergestreiften Muskelfäden leicht gestattet, entdeckte Doyère an den günstigen Beobachtungsobjekten die Endigungsweise der Nerven am Muskel, den Doyèreschen Nervenbügel. Die zweite Eigentümlichkeit teilen die *Tardigraden* mit manchen anderen Wasserbewohnern. Wenn das Wasser austrocknet, bleiben die Tiere, geschützt von ihrer festen, das Eintrocknen verhindernden Chitinhaut am Leben; sie stellen ihre Lebensfunktionen ein und erwachen erst wieder, wenn Wasser aufgegossen wird. Da die Tiere durch Eintrocknen lange am Leben erhalten werden können, heißt eine Art *Macrobotus hufelandi* Sieg. Schultze, zu Ehren des berühmten Arztes Hufeland, der eine Makrobiotik, eine Anweisung zur Verlängerung des Lebens, geschrieben hat.

3. Wie die Tardigraden unter den Süßwassertieren, so nehmen in der Meeresfauna die **Pycnogoniden** eine merkwürdige Stellung ein. Die Tiere, im Mittel etwa so groß wie eine Schneiderspinne, haben einen viergliedrigen Körper, der vorn in einen rüsselförmigen Fortsatz, hinten in einen abdomenartigen Anhang ausgeht und vier Paar sehr lange Beine trägt. Vor den vier Beinpaaren findet sich konstant eine Art Scherenfüßler; vielfach können aber auf denselben noch zwei weitere Extremitäten folgen, was dann die für die Arachnoideen nicht passende Gesamtzahl „sieben“ ergeben würde. Dagegen würde gut passen, daß vom Darm Blindsäcke ausgehen, welche weit in die Extremitäten hineindringen. Respirationsorgane fehlen, ein Herz ist vorhanden. Bei der systematischen Beurteilung stehen sich drei Anschauungen gegenüber: 1. die Pycnogoniden gehören zu den *Crustaceen*, 2. sie gehören zu den Arachnoideen, 3. sie bilden eine besondere Gruppe. *Pycnogonum littorale* Stone.

Zusammenfassung der Resultate über Arthropoden.

1. Die **Arthropoden** sind Tiere mit deutlicher innerer und äußerer Gliederung.
2. Die innere Gliederung spricht sich aus im Bau des Nervensystems (Strickleiternervensystem) und des Herzens und in der Anordnung der Segmentalorgane und der Tracheen, sofern solche vorhanden sind.
3. die äußere Gliederung spricht sich aus in der vermöge der Chitinpanzerung besonders deutlichen Ringelung des Körpers und in der metameren Anordnung der Extremitäten.
4. Von den ebenfalls gegliederten Anneliden unterscheiden sich die Arthropoden durch den Besitz der gegliederten Extremitäten, von denen höchstens ein Paar auf ein Segment kommt; nach ihrer Funktion werden die Extremitäten als Antennen, Kiefer, Kieferfüße, Füße und Afterfüße unterschieden.
5. Ein weiterer Unterschied ist die nur bei Protracheaten, Myriapoden und niederen Crustaceen unvollkommen ausgebildete Heteronomie des Körpers, die Sonderung in Kopf, Brust und Hinterleib.
6. Der Kopf (Cephalon) trägt die tastenden und kauenden, die Brust (Thorax) die lokomotorischen Extremitäten (Pereiopoden); der Hinterleib (Abdomen) trägt die Pedes spurii (Pleopoden), oder er ist extremitätenlos.
7. Durch Verschmelzung von Kopf und Brust entsteht der Cephalothorax, durch Abgliederung der Endsegmente des Hinterleibs das Postabdomen.
8. Die Augen der Arthropoden sind entweder Stemmata oder zusammengesetzte Augen (Facettenaugen).
9. Die Geschlechtsorgane sind nur ausnahmsweise hermaphrodit; die Fortpflanzung erfolgt nur durch Eier, die sich häufig parthenogenetisch, seltener pädogenetisch entwickeln können; die Furchung der Eier ist gewöhnlich eine superficielle.
10. Nach der Atmung teilt man die Arthropoden in die wasseratmenden Crustaceen und die luftatmenden Tracheaten und Arachnoideen ein.
11. Die **Crustaceen** haben außer der Kiemenatmung noch folgende Merkmale:
 - a) ihre Extremitäten sind Spaltfüße oder Modifikationen von Spaltfüßen.
 - b) sie haben zwei Paar Antennen.
 - c) ihr Chitinskelett ist meist verkalkt.
12. Man teilt die Crustaceen in niedere, Entomostraken, und höhere, Malacostraken.
13. Die **Entomostraken** haben variable Segmentzahlen, als Exkretionsorgane die Maxillar- oder Schalendrüse, als Larve den Nauplius.
14. Die **Malacostraken** haben 20 Segmente (davon sieben abdominale); die männliche Geschlechtsmündung liegt am 13., die weibliche am 11. Körpersegment; als Exkretionsorgan fungiert meistens die Antennendrüse, als Larve äußerst selten der Nauplius, meist die Zoëa.
15. Die wichtigsten Ordnungen der Entomostraken sind die spaltfüßigen *Copepoden*, die kiemenfüßigen *Branchiopoden*, die muschelschaligen *Ostracoden*, die festsitzenden, meist hermaphroditen *Cirripeden*, die fossilen *Urkrebse* oder *Trilobiten*.
16. Die **Malacostraken** zerfallen in Edriophthalmen seu Arthrostraken und die Podophthalmen seu Thoracostraken.

17. **Edriophthalmen** (*Isopoden* und *Amphipoden*) haben sitzende Facettenaugen und heißen **Arthrostraken**, weil sieben freie Thoraxsegmente vorhanden sind.

18. **Podophthalmen** (*Stomatopoden*, *Schizopoden*, *Decapoden*) haben gestielte Augen und heißen **Thoracostraken**, weil ein Teil oder sämtliche Thoraxsegmente mit dem Kopf zum Cephalothorax verschmolzen sind.

19. Die **Tracheaten** atmen durch Tracheen (Lufröhren, die auf der Körperoberfläche mit Stigmen münden), haben ein Paar Antennen und einreihige Extremitäten.

20. Sie zerfallen in Protracheaten, Myriapoden und Insekten.

21. Die **Protracheaten** (Peripatus) sind Mittelformen zwischen Anneliden und Tausendfüßern, indem sie undeutlich gegliederte, parapodienartige Extremitäten haben und gleichzeitig die Segmentalorgane der Anneliden und die Tracheen der Insekten besitzen.

22. Die **Myriapoden** haben zahlreiche mit Beinen versehene Segmente (Tausendfüße), davor einen Kopfabschnitt, an dem ein Paar Antennen und zwei bis drei Paar Kiefer sitzen.

23. Von den beiden hierher gehörigen wichtigeren Gruppen sind die *Diplopoden* durch Doppelsegmente, Kürze der Beine und Antennen und nach vorn gelagerte Geschlechtsmündung ausgezeichnet.

24. Die *Chilopoden* haben einfache Segmente, lange Beine und Antennen, rückwärts mündende Geschlechtsorgane; dem Kopf dicht angeschlossen liegt ein Paar mit Giftdrüsen versehener Raubfüße.

25. Die **Insekten** haben drei Hauptabschnitte des Körpers: Kopf, Thorax, Abdomen.

26. Das Abdomen hat eine wechselnde Zahl meist gut getrennter Segmente, an denen keine Extremitäten sitzen.

27. Der Thorax besteht aus drei meist gut getrennten Ringen (Pro-, Meso-, Metathorax) und hat daher **drei** Beinpaare (**Hexapoden**), meist außerdem zwei Flügelpaare, ein vorderes am Mesothorax, ein hinteres am Metathorax.

28. Der Kopf besteht aus mindestens **vier** verschmolzenen Segmenten, an denen **vier** Extremitätenpaare sitzen: Antennen, Mandibeln, erste Maxillen, zweite zur Unterlippe (Labium) verschmolzene Maxillen.

29. Der Unterlippe gegenüber liegt die nicht als Extremität zu deutende Oberlippe (Labrum).

30. Die Mundgliedmaßen haben je nach der Ernährung verschiedenen Bau und sind entweder kauende, leckende, saugende oder stechende Mundgliedmaßen.

31. Am Kopf befinden sich zwei große Facettenaugen, zu denen noch ein bis drei Stemmata kommen können.

32. Da die Insekten durch reichlich verästelte Tracheen atmen, ist das Blutgefäßsystem bis auf das dorsale Herz rückgebildet.

33. Flügellose Insekten haben meist eine direkte, unter periodischen Häutungen verlaufende Entwicklung (ametabole Insekten).

34. Geflügelte Insekten und viele flügellose, aber von geflügelten abstammende Formen haben eine Metamorphose, bei welcher sich die Larven von der Imago mehr oder minder auffallend unterscheiden (metabole Insekten); niemals sind die jungen Larven geflügelt.

35. Eine unvollständige Metamorphose (M. incompleta, hemimetabole Entwicklung) tritt ein, wenn die Larven mit jeder Häutung der

Imago ähnlicher werden, indem sie frei hervortretende Flügelanlagen erhalten, welche bei jeder Häutung heranwachsen.

36. Bei der vollständigen Metamorphose (M. completa, holometabolen Entwicklung) wird der größte Teil der Umbildung in das letzte Häutungsstadium verlegt, welches ein Ruhe- oder Puppenstadium ist.

37. Die Systematik der Insekten gründet sich auf die Beschaffenheit der Mundgliedmaßen und der Flügel, ferner auf die Art der Körpergliederung und die Entwicklung.

38. Die *Apterygoten* sind flügellose Insekten mit kauenden Mundgliedmaßen ohne Metamorphose.

39. Die *Archipteren* haben kauende Mundgliedmaßen mit meist unvollkommen verwachsener Unterlippe, netzförmiges Flügelgeäder, eine unvollkommene Metamorphose; flügellose parasitische Formen sind die *Mallophagen* und *Pediculiden* (Läuse).

40. Die *Orthopteren* gleichen den Archipteren im Bau der Kiefer und in der Entwicklungsweise, haben aber lederartige Flügel.

41. Die *Neuropteren* haben wie die Archipteren Netzflügel, sind aber holometabol; die Mundgliedmaßen sind erheblich modifiziert.

42. Die *Coleopteren* sind kauende Insekten und haben die vorderen Flügeldecken zu Flytren umgewandelt; von den ihnen häufig ähnlichen Orthopteren sind sie durch den vereinfachten Bau der Unterlippe und die vollkommene Verwandlung unterschieden.

43. Stechende Mundgliedmaßen haben *Rhynchoten*, *Dipteren* und *Aphanipteren*. Sie unterscheiden sich aber voneinander durch ihre Entwicklung, indem die zum Teil geflügelten, zum Teil flügellosen *Rhynchoten* hemimetabol oder ametabol, die *Dipteren* und *Aphanipteren* holometabol sind. Von letzteren beiden Ordnungen sind die *Aphanipteren* flügellos, die *Dipteren* haben nur Vorderflügel, während die Hinterflügel zu Halteren umgewandelt sind.

44. Parasitische Rhynchoten sind die Bettwanzen, *Limex lectularius*, parasitische Dipteren die Larven der *Oestriden* und anderer Fliegen, ferner die *Pupiparen*; die Aphanipteren (*Puliciden* oder Flöhe) sind ausschließlich parasitisch.

45. Die *Hymenopteren* haben teils kauende, teils leckende Mundgliedmaßen; sie besitzen häutige, mit spärlichem Geäder versehene Flügel; ihre Entwicklung ist holometabol.

46. Die weiblichen Tiere haben einen Abdominalanhang, der bei den *Terebrantien* und *Entophagen* als Legeröhre, bei den *Aculeaten* (Bienen und Wespen) als Giftstachel benutzt wird.

47. *Lepidopteren* haben beschuppte Vorder- und Hinterflügel, rudimentäre Ober- und Unterlippe und Mandibeln, während die Maxillarladen zu einem Rüssel umgewandelt sind; die Entwicklung ist holometabol.

48. Der Körper der **Arachnoideen** besteht aus Cephalothorax und Abdomen.

49. Der Cephalothorax trägt **sechs** Paar Extremitäten, von rückwärts nach vorn gezählt; **vier** Beinpaare, ein Paar Kiefertaster, ein Paar Kieferfühler: er hat ferner mehrere Paar hoch entwickelter Einzelaugen.

50. Am Abdomen — selten zum Teil am Cephalothorax — liegen ein bis vier Paar Stigmen, welche entweder in verästelte Tracheen oder in Tracheenlungen (Fächertracheen), oder zum Teil in Tracheen, zum Teil in Lungen führen.

51. Das Abdomen ist bei Gliederspinnen oder *Arthrogastres* gegliedert, einheitlich bei Rundspinnen, *Araneen* oder *Sphaerogastres*, mit dem Cephalothorax verschmolzen bei *Acarinen* oder Milben.

52. Unter den **Arthrogastres** sind zwei Gruppen dadurch ausgezeichnet, daß das erste Paar Spinnenbeine noch nicht zur Fortbewegung, sondern zum Tasten benutzt wird: *Solpugen* (mit drei freien Thoraxsegmenten), *Pedipalpen* (mit gut entwickeltem Cephalothorax).

53. Durch große Scheren an den Tastern und ein mit einem Giftstachel versehenes Postabdomen sind die *Scorpione* charakterisiert, durch Scheren ohne Postabdomen die *Pseudoscorpione*, durch spinnenartigen Habitus die *Phalangioideen*.

54. Die **Sphaerogastres**, Webespinnen oder *Araneen*, tragen am hinteren Ende des Abdomens auf vier bis sechs Spinnwarzen zahlreiche mit Drüsen versehene Spinnröhrchen.

55. Nach der Zahl der Spinnwarzen und der Lungen unterscheidet man *Tetrapneumones* (zwei Paar Lungen, zwei Paar Spinnwarzen), *Dipneumones* (ein Paar Lungen, ein Paar Tracheenbüschel, drei Paar Spinnwarzen).

56. Bei den **Acarinen** sind die Mundgliedmaßen häufig zu einem Saugrüssel umgewandelt.

57. Menschliche Parasiten sind unter den Milben *Ixodes ricinus*, *Argas persicus*, *Sarcoptes scabiei*, *Demodex folliculorum*, ferner die Larven von Thrombidien (*Leptus autumnalis*).

58. Vollkommen parasitisch sind die bandwurmartigen, extremitätenlosen in den Atmungsorganen der Wirbeltiere schmarotzenden *Linguatuliden*, deren Jugendformen in Lunge und Leber leben.

59. In der Zahl der Beine stimmen mit den Arachnoideen überein die sonst sehr abweichend gebauten *Tardigraden* und *Pycnogoniden*.

60. Die *Xiphosuren* erinnern durch Kiemenatmung an *Crustaceen*, durch Körpergliederung und Zahl der Extremitäten an *Arachnoideen*.

VII. Stamm.

Vertebraten oder Wirbeltiere.

Die Wirbeltiere gehören wie die *Arthropoden* und *Anneliden* zu Gliederung. den gegliederten Tieren, unterscheiden sich aber von ihnen durch den gänzlichen Mangel der äußeren Gliederung, der Ringelung der Körperoberfläche. Nur die segmentale Anordnung der inneren Organe: der Muskeln (Myotome, Myomere, Myocommata, Muskelsegmente, beim Embryo Urwirbel), der Nerven (Neurotome), des Skeletts (Sclerotome) und der Blutgefäße läßt die Metamerie des Körpers erkennen, am deutlichsten bei den niederen Formen, den *Fischen*, weniger deutlich und für die meisten Organe nur in der Embryonalanlage nachweisbar bei *Vögeln* und *Säugetieren*. Zum Teil hat der Mangel der äußeren Gliederung seinen Grund in der ausgesprochenen Heteronomie des Wirbeltierkörpers und in der hiermit zusammenhängenden, die Grenzkonturen verwischenden Vereinigung der Segmente zu Segmentkomplexen oder Körperregionen, deren man mindestens drei (Kopf, Rumpf und Schwanz), meist sogar sechs (Kopf, Hals, Brust, Lenden- oder Bauchregion, Becken- oder Sacralregion und Schwanz) unterscheidet. Noch wich-

tiger jedoch ist für die äußere Erscheinung die Beschaffenheit des Skeletts. Das Cuticularskelett, welches bei den *Arthropoden* Veranlassung für die deutliche Ringelung ist, fehlt den Wirbeltieren gänzlich; die Haut bleibt weich oder ist nur in untergeordnetem Maße, mehr zum Schützen als zum Stützen, an der Skelettbildung beteiligt (Hautskelett der *Fische*, *Krokodile*, *Schildkröten* usw.). Dafür bildet sich in der Achse des Körpers festes Gewebe aus, welches uns bei den allerniedersten Wirbeltieren und auf frühen Embryonalstadien als Rückensaite oder *Chorda dorsalis* entgegentritt, sonst aber sich zu Wirbelsäule und Schädel höher entwickelt. Es war ein Zeichen großen systematischen und vergleichend-anatomischen Scharfblicks, daß Lamarck den Namen „*Wirbeltiere*“ einführte. Noch heute wird mit Recht die durch Cuviers Typentheorie zur allgemeinen Geltung gelangte Bezeichnung beibehalten, wenn wir auch mit Rücksicht auf die wenigen Formen, welche an Stelle der Wirbelsäule dauernd die *Chorda dorsalis* besitzen, gezwungen sind, die Definition weiter zu fassen und anstatt von Tieren mit Wirbelsäule von Tieren mit Achsenskelett zu sprechen.

Haut und
Hautskelett.

Wenn wir den *Amphioxus* ausnehmen, welcher noch von einem einschichtigen Zylinderepithel bedeckt ist, unterscheidet sich die Haut der Wirbeltiere (Fig. 26, S. 68) von dem Integument aller wirbellosen Tiere durch zwei Merkmale: 1. Die Vielschichtigkeit der Epidermis (*Ep*), 2. die bedeutende Dicke der Lederhaut (*Co*). Die Epidermis ist nur bei den Fischen und *Amphibien* noch von einer zarten Cuticula bedeckt, solange nämlich die Schichten der Epidermis vorwiegend von protoplasmatischen, hinfalligen Zellen gebildet werden (Fig. 26a). Meist ist eine solche cuticulare Abgrenzung überflüssig und schwindet daher, weil die oberflächlichen Zellenlagen der Verhornung unterliegen, d. h. eine Umwandlung ihrer weichen Zellsubstanz in Keratin erfahren und dadurch auch ohne Cuticula die genügende Widerstandskraft erhalten (Fig. 26b). Die in ihren Anfängen schon bei Fischen erkennbare Verhornung nimmt beim Übergang zum Landleben zu, so daß man bei allen landbewohnenden Wirbeltieren — aber auch solchen, welche sekundär zum Wasseraufenthalt zurückkehren — am Epithel zwei Hauptschichten unterscheiden kann, das tiefere *Stratum germinativum* (Malpighi *Str. M.*), und das oberflächliche *Stratum corneum* (*sc*). Der zweite Bestandteil des Integuments, die Lederhaut oder das *Corium* (*Co*), gehört seiner Entstehung nach dem Mesoderm an. Es besteht aus vielen, oft sehr regelmäßig übereinander geschichteten Lagen straffaserigen Bindegewebes und ist meist von den tiefer gelegenen Organen, namentlich den Muskeln, durch lockeres, lymphgefäßreiches Gewebe, das subkutane Bindegewebe getrennt. — Beide Hauptabschnitte des Integuments können dem Wirbeltierkörper, abgesehen von der ihnen selbst innewohnenden Festigkeit, noch besondere Schutzapparate liefern. Die Hornschicht der Epidermis erreicht stellenweise eine besondere Mächtigkeit und bildet so das Schildpatt der *Schildkröten*, die Hornschuppen und Hornschilder der *Schlangen* und *Eidechsen*, die Federn der *Vögel*, die Haare und Hörner der *Säugetiere*. Endlich sind Epidermoidalprodukte auch die Krallen, Hufe und Nägel, die bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren* vorkommen. Die Lederhaut kann Sitz von Verknöcherungen werden, welche man trotz ihrer von Hornschuppen ganz abweichenden Struktur und Entwicklungsweise bei *Fischen* ebenfalls Schuppen, bei *Amphibien*, *Reptilien* und *Säugetieren* Hautknochen nennt. Sie bilden im Gegensatz zum Achsenskelett das Hautskelett.

Dem Gesagten zufolge kann erhöhte Festigkeit der Wirbeltierhaut in dreierlei Weise erzielt werden: 1. In der Lederhaut bilden sich Knochenschuppen, welche das Epithel vorbuchten und von ihm aus einen festen Hornüberzug, die Hornschuppen, erhalten (Fig. 474 II); 2. es fehlen die Knochenschuppen, dagegen sind Hornschuppen vorhanden (I); 3. es sind Knochenschuppen vorhanden, dagegen ist die Epidermis weich und schleimig, weil ihr die Hornschicht noch fehlt. — Hufe, Nägel und Krallen (Fig. 473, I, II, III) sind Gebilde, welche sich auf endständige, die Spitzen der Zehen umfassende Hornschuppen zurückführen lassen. Eine derartige Schuppe muß aus einem oberen und unteren Teil bestehen. Ersterer, die Krallenplatte (p), ist der wichtigste; sein Wachstum wird bei Säugtieren mehr und mehr an die Basis, in die Krallenwurzel (w) verlegt, von wo aus sich das Gebilde über die obere Seite der Zehe, das Krallenbett,

Fig. 472.

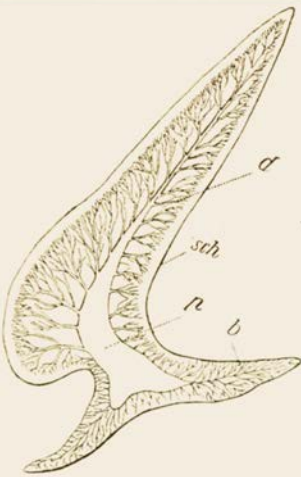


Fig. 473.

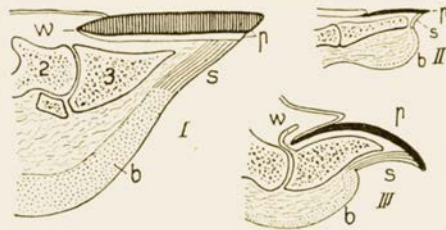


Fig. 474.

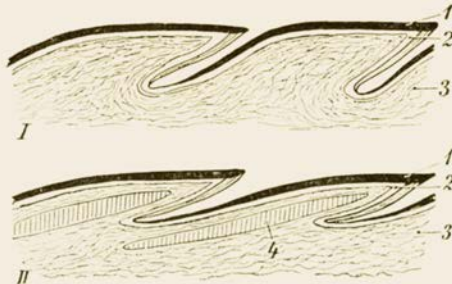


Fig. 472. Sagittalschliff durch die Schuppe von *Scyllium stellare* (nach einer Zeichnung von Hofer). d Dentin, sch Schmelz, p Pulpahöhle, b Basalplatte.

Fig. 473. Längsschnitte: I durch den Huf eines Pferdes, II durch den Nagel eines Affen, III durch die Kralle eines Hundes. w Wurzel, p Krallenplatte, s Krallensohle, b Zehenballen, 2, 3 zweite und dritte Phalange (schematisiert nach Boas).

Fig. 474. Längsschnitte durch Reptilienschuppen: I einer Natter, II einer Blindschleiche (Schemata), 1 Stratum corneum, 2 Stratum Malpighi, 3 Lederhaut, 4 Knochenschuppen.

hinüberschiebt. Die Krallenplatte ist bei der Kralle (*unguis*) sowohl in querer wie in longitudinaler Richtung gekrümmt (III), wodurch der untere Abschnitt, die lockere Krallensohle (s), eingengt wird. Beim Huf (*ungula*) ist die Platte (I) in querer Richtung stark gekrümmt, die Krallensohle zu einem, dem Plattenrand folgenden Streifen umgewandelt. Die geringste Krümmung der Platte ist für den Nagel (II) charakteristisch; indem hier die Sohlenplatte außerordentlich verkümmert, macht der Plattnagel (*lamna*) den Eindruck einer rein dorsalen Bildung.

Von großer Bedeutung für das Verständnis der Hautossifikationen ist die Erkenntnis, daß alle Fischschuppen sich auf eine Ausgangsform,

die Placoidschuppe der Selachier zurückführen lassen. Dieselbe ist ein rhombisches Plättchen (Fig. 472, 509), welches in seiner Mitte einen spitzen Höcker, den „Hautzahn“, trägt, so genannt, weil er in Bau und Entwicklungsweise mit den echten Zähnen der Mundhöhle übereinstimmt. Wie diese, besitzt er in seinem Innern eine von blutgefäßreichem Gewebe erfüllte Pulpahöhle; dieselbe ist von einer Schicht Elfenbein (Dentin) umgeben, auf welche nach außen eine homogene, wahrscheinlich als Schmelz (Substantia adamantina) zu deutende Schicht folgt. Hautzähne und echte Zähne sind dieselben Gebilde, welche infolge verschiedener Lagerung und der dadurch bedingten Verschiedenartigkeit der Funktion eine verschiedene Entwicklung genommen haben. Die Schuppen der Fische sind noch von weiterem anatomischen Interesse, da sich auf sie außer den Knochenplatten, welche den Schildkröten, Krokodilen und manchen Säugetieren (Gürteltieren) einen widerstandsfähigen Panzer liefern, noch wichtige Teile des Achsenskeletts, die sekundären Knochen oder Belegknochen, zurückführen lassen. Unter Belegknochen versteht man Knochenplatten, welche, durch Verschmelzung von Hautverknöcherungen entstanden, in tiefere Schichten verlagert werden und zur Ergänzung des Achsenskeletts beitragen. Nach dem, was über das Verhältnis von Hautzähnen zu echten Zähnen gesagt wurde, ist es begreiflich, daß die Bildung von Belegknochen auch von der mit Zähnen ausgerüsteten Schleimhaut der Mundhöhle ausgehen kann.

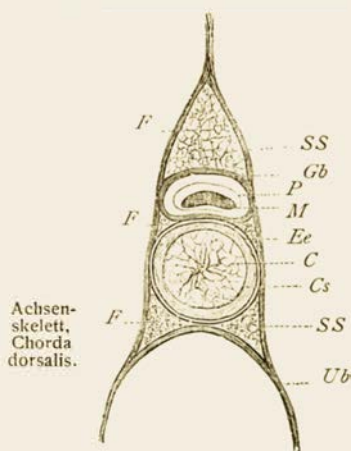


Fig. 475. Querschnitt durch das Achsenskelett von *Petromyzon*. *F* Fettgewebe, *SS* skelettogene Schicht, *Ob*, *Ub* obere und untere Fortsätze derselben, *M* Rückenmark, *P* Umhüllung desselben, *C* Chorda, *Cs* Chordascheide, *Ee* Elastica (aus Wiedersheim).

Bei der Betrachtung des Achsenskeletts beginnen wir mit der Chorda dorsalis, jenem wichtigen Zellenstrang, dem wir schon bei den *Tunicaten* begegnet sind, der ungeschmälert beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen* fortbesteht, von da an aber allmählich durch die in seinem Umkreis entstehende Wirbelsäule verdrängt wird. Der Zellstrang ist entodermaler Abkunft (Fig. 13, S. 45). Anfänglich ein Längsstreifen im Epithel des Urdarms (*I. ch*), scheidet er aus der Begrenzung desselben aus und kommt dabei zwischen Darm (*dh*) und Nervensystem (*n*) in die Längsachse des Körpers zu liegen (II., III.); hier bildet er später einen runden Stab, welcher aus der früher schon beschriebenen, durch den blasigen Charakter ihrer

Zellen an Pflanzengewebe erinnernden zelligen Binde substanz besteht (Fig. 37, S. 75). Auf einem Querschnitt (Fig. 475) sieht man den Stab von drei Hüllen umgeben, zu innerst von der bei *Amnioten* schwach entwickelten, meist faserigen Chordascheide (*Cs*), dann einer fast immer vorhandenen elastischen Membran (*Ee*), endlich der skelettogenen Schicht (*SS*), welche auch äußere Chordascheide genannt wird. Letztere ist ein dem Mesoderm entstammendes Bindegewebe, welches sich in die bindegewebigen Scheiden, wie sie die Muskeln, das Nervensystem und die übrigen Organe umgeben, fortsetzt und besondere Beachtung verdient, weil in ihr der Knorpel und der Knochen für Wirbelsäule und Schädel entstehen. Zellen der skelettogenen Schicht können ferner durch die Elastica hindurch in die faserige Chordascheide einwandern, wodurch

diese befähigt wird, sich am Aufbau des Wirbelkörpers zu beteiligen (*Selachier*).

Da die Chorda und ihre Hüllen elastisch und nachgiebig sind und ohne großen Widerstand sich unter dem Zug der Muskeln biegen, sind sie vollkommen ungegliedert. Die Gliederung des Achsenskeletts beginnt erst, wenn derbere Gewebe, wie Knorpel und Knochen, auftreten. Dann kommt es zur Sonderung einzelner in der Längsachse aufeinanderfolgender Stücke, zur allmählichen Ausbildung von Wirbelsäule und Schädel. Für beide Teile des Achsenskeletts kann man eine zusammenhängende Entwicklungsreihe aufstellen, wenn man von den niederen Klassen zu den höheren aufsteigt und zugleich auch die ontogenetischen Tatsachen berücksichtigt.

Die in der Wirbeltierreihe zuerst auftretenden Stücke der Wirbelsäule sind die oberen (*Cylostomen*) und unteren Bögen (*Störe*) (Fig. 476), feste Spangen, welche der Chorda symmetrisch zur Sagittalebene aufsitzen und in der skelettogenen Schicht jedes Segmentes gewöhnlich zu einem Paar, öfters auch zu zwei und mehr Paaren (eigentliche Bögen und Schalt-

Wirbelsäule,
Rippen,
Brustbein

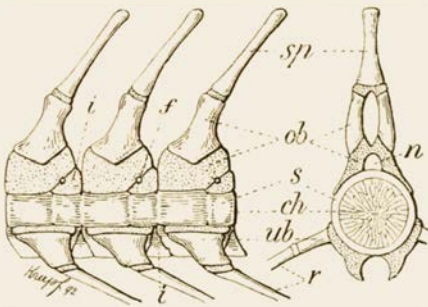


Fig. 476. Ein Stück Wirbelsäule des *Störs* in seitlicher Ansicht und bei Betrachtung auf dem Querschnitt. *sp* Processus spinosi, *ob* obere Bögen, *n* Neuralkanal, *s* Chordascheide, *ch* Chorda, *ub* untere Bögen, *r* Rippen, *i* dorsale und ventrale Intercalaria, *f* Durchtrittsstellen der Nerven. Knorpel punktiert, Knochen weiß.

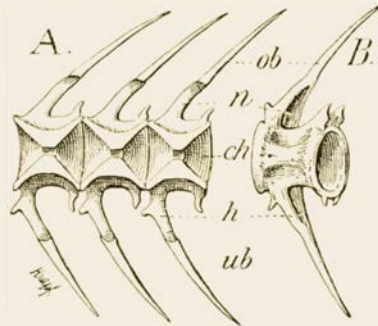


Fig. 477. Schwanzwirbel eines *Karpfen*. *A* der Länge nach in sagittaler Richtung durchschnitten. *B* ein einzelner Wirbel in halb seitlicher Ansicht. *ob* obere (Neural-)Bögen, *ub* untere (Hämäl-)Bögen, *n* Neuralkanal, *h* Hämalkanal, *ch* Hohlräume, die der Chorda zur Aufnahme dienen.

stücke, Intercalaria) vorhanden sind. Die oberen Bögen (die Arcus vertebrae der menschlichen Anatomie) umgreifen das dorsal von der Chorda gelegene Rückenmark und bilden den Rückgratskanal, indem sie über dem Rückenmark sich zu den oberen Dornfortsätzen oder Processus spinosi (häufig sich selbständig anlegende Stücke des Achsenskeletts) vereinigen; sie werden daher auch Neurapophysen genannt. Ebenso können die unteren Bögen in der Schwanzgegend den die Schwanzblutgefäße bergenden Caudalkanal erzeugen und sich ebenfalls in Processus spinosi (die unteren Dornfortsätze) verlängern (Fig. 477). In der Rumpffregion verhalten sich jedoch die unteren Bögen anders. Da hier die viel geräumigere Leibeshöhle mit ihren an Umfang sehr wechselnden Organen (Darm, Geschlechtsapparat) lagert, so erstrecken sich die unteren Bögen weit nach abwärts und zerfallen in zwei Stücke, ein oberes Tragestück, die Apophyse (Basalstumpf), und ein unteres bewegliches Stück, die Rippe. Auch unterbleibt die Vereinigung zu den unteren Processus spinosi; die Rippen endigen entweder frei (*Fische*), oder sie hängen (im

Bereich der Brustregion) ventral durch ein besonderes Verbindungsstück, das Brustbein oder Sternum (*Amnioten*), zusammen (Fig. 478 *St*). Letzteres ist ein Abkömmling der Rippen. Entwicklungsgeschichtlich verschmelzen nämlich die unteren Rippenenden jeder Seite zu einer Längsleiste. Diese linken und rechten „Sternalleisten“ vereinigen sich dann untereinander zum unpaaren Sternum.

Die unteren Bögen liegen bei *Teleostiern* und *Ganoiden* einwärts von den Längsmuskeln des Rumpfes unter dem Peritoneum. Wir wollen sie Hämalbögen, die aus ihnen hervorgehenden Fortsätze und Rippen Hämaphysen und Hämalrippen (Pleuralrippen Goettes) nennen. Die Rippen aller übrigen Wirbeltiere (*Selachier*, *Amphibien*, *Amnioten*, demgemäß auch des *Menschen*) haben eine andere morphologische Bedeutung. Wir wollen sie Lateralrippen nennen. Sie entwickeln sich unabhängig von der Wirbelsäule in einem horizontalen Bindegewebsseptum, welches sich quer durch die Längsmuskulatur hindurch vom Achsenskelett zur Lederhaut ausspannt und die Muskulatur in eine dorsale (epichordale) und

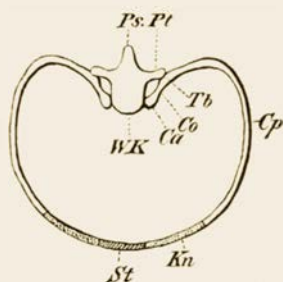


Fig. 478. Brustwirbel und Rippe in ihrem Verhältnis zum Brustbein von einem *Säugetiere*. *Wk* Wirbelkörper, *Ps* Processus spinosus, *Pt* Processus transversus, *Ca* Köpfchen, *Co* Hals, *Tb* Höcker der Rippe, *Cp* knöcherner, *Kn* knorpelige Rippe, *St* Sternum (aus Wiedersheim).

ventrale (hypochordale) Masse sondert (Fig. 92); sie entspringen bei den *Selachiern* von den Hämaphysen, bei den *Amphibien* und *Amnioten* dagegen von den Processus transversi, welche von den Neurapophysen ausgehen, wahrscheinlich aber abgegliederte und dorsal verschobene Stücke der Hämaphysen sind. In der Caudal-, vielfach auch Cervical-, Lumbal- und Sacralregion verschmelzen die Lateralrippen mit den Processus transversi zu den Seitenfortsätzen. Letztere finden sich in der Caudalregion vieler *Amphibien*, *Reptilien* und mancher *Säugetiere* gleichzeitig mit Hämalbögen, die als „Os en chevron“ hier wie bei *Fischen* den Caudalkanal erzeugen. Bei *Crossopterygiern* findet man sogar beide Rippenarten (Lateral- und Hämalrippen) in demselben Segment vor; sie werden auch entwicklungsgeschichtlich unabhängig voneinander angelegt. — Das Vorkommen der zweiten, Intercalaria genannten

Neur- und Hämaphysen bei *Cyclostomen*, *Haien* (Fig. 510) und den *Acipenseriden* (Fig. 476) spricht dafür, daß von Haus aus jedem Segment ein Doppelwirbel zukommt. Paläontologische und entwicklungsgeschichtliche Befunde an *Reptilien* geben dieser Auffassung weitere Stützen.

Indem nun entweder die basalen Enden der oberen und unteren Bögen sich um die Chorda herum ausbreiten und miteinander verschmelzen, oder indem sich unabhängig von ihnen perichordaler Knorpel bildet, entsteht ein fester Stützpunkt für beide Bogensysteme in den Wirbelkörpern. Letztere vergrößern sich auf Kosten der in ihrem Innern verlaufenden Chorda; sie können dieselbe bis auf äußerst geringe Spuren vollkommen verdrängen, wie die Wirbelsäule der *Säugetiere* zeigt, oder die Verdrängung der Chorda ist unvollkommen, wie bei den *Fischen*. Die *Fische* haben meist amphicöle Wirbelkörper (Fig. 477), d. h. Wirbelkörper, deren vordere und hintere Enden nach Art von Doppelbechern tief ausgehöhlt sind. In den Aushöhlungen erhält sich selbst beim erwachsenen Tier die Chorda weiter; sie kann als feiner Verbindungsstrang

die Wirbelmitte durchsetzen und so, abwechselnd sich verdünnend und verdickend, die Form einer Perlschnur annehmen. Histologisch besteht die Wirbelsäule entweder aus Knorpel oder aus Knochen; das gewöhnliche Verhalten ist, daß sich zuerst Knorpel bildet, welcher dann von Knochen ersetzt wird. Unterbleibt die Verknöcherung, so ist die Wirbelsäule dauernd knorpelig; ist die Verknöcherung unvollständig, so findet man Knochen und Knorpel nebeneinander. Indem sich diese Unterschiede der histologischen Struktur mit den Unterschieden kombinieren, die sich aus der verschiedenen Persistenz der Chorda und der verschiedenen Gestalt der Wirbelkörper und ihrer Anhänge ergeben, resultiert eine große Mannigfaltigkeit im Bau der Wirbelsäule.

Bei *Vögeln*, *Reptilien* und *Amphibien* entwickelt sich Intervertebralknorpel, Knorpel an der Grenze zweier Wirbel, und verdrängt hier die Chorda früher als in den zentralen Partien des Wirbelkörpers, in denen sich die Chorda dann vielfach dauernd erhält. Um auch dann der Wirbelsäule die nötige Biagsamkeit zu wahren, entstehen auf dreierlei Weise Gelenke im Intervertebralknorpel: 1. „Opisthocöle“ Wirbel besitzen eine Gelenkgrube am hinteren Ende, in welche das vordere konvexe Ende des folgenden Wirbels als Gelenkkopf eingefügt ist. 2. „Procöle“ Wirbel zeigen umgekehrt die Gelenkgrube am vorderen Ende. 3. Die Wirbel artikulieren miteinander durch „Sattelgelenke“ (*Vögel*). Wird der Intervertebralknorpel rudimentär, so kommt es wieder zur Bildung amphicöler Wirbel. Bei *Säugetieren* finden sich zwischen zwei Wirbeln die elastischen Ligamenta intervertebralia und in ihnen die letzten Reste der Chorda als ein Gallertkern. — Die Neurapophysen tragen außer den Processus transversi noch Processus articulares, vordere und hintere Gelenkfortsätze, mittels deren zwei aufeinanderfolgende Wirbel untereinander gelenkig verbunden sind. Die oberen Enden der Dornfortsätze werden durch ein elastisches Band untereinander verbunden, welches sich bei den *Fischen* in der ganzen Länge der Wirbelsäule erstreckt, sich aber auch bei *Vögeln* und *Säugetieren* in manchen Regionen (Halsregion) erhält.

Noch früher als die Wirbelsäule, nämlich schon bei den keine Wirbelkörper besitzenden *Cyclostomen*, tritt in der Reihe der Vertebraten der Kopfabschnitt des Achsenskeletts, der nur dem *Amphioxus* fehlende Schädel auf. Derselbe umhüllt das Hirn, wie die Wirbelsäule das Rückenmark; auch tritt seine erste Anlage in der skelettogenen Schicht im Umkreis des vorderen Chordaendes auf. Wie von der Wirbelsäule ausgehend, die Rippen Darm und Leibeshöhle umgürten, so treten zum Schädel im engeren Sinn, dem Hirnschädel der menschlichen Anatomie, die Visceralbögen, welche die Wand des Anfangsdarms stützen und die Grundlagen des menschlichen Gesichtsschädels bilden. Der Schädel teilt daher mit der Wirbelsäule die Lagebeziehungen zu den wichtigsten Nachbarorganen, so daß man beide Abschnitte des Achsenskeletts im allgemeinen einander gleichwertig oder homodynam setzen kann, wenn es auch unrichtig ist, mit Goethe und Oken, den Begründern der Wirbeltheorie des Schädels, zu sagen, daß der Schädel durch Verschmelzung von drei bis vier aufeinanderfolgenden Wirbeln entstanden sei. Vielmehr sind die Wirbel einerseits, der Schädel andererseits Teile des Achsenskeletts, welche sich aus der durch die Chorda dorsalis und die skelettogene Schicht gegebenen gemeinsamen Anlage nach verschiedenen Richtungen hin entwickelt haben: die Wirbelsäule zu einer gegliederten Skelettbildung, weil die segmental angeordneten, an ihr inserierenden

Schädel.

Muskeln sonst wirkungslos geworden wären, der Schädel zu einer einheitlichen Kapsel, weil am Kopf die wichtigsten Sinnesorgane ihr Unterkommen fanden und die Entwicklung lokomotorischer Muskeln beeinträchtigten. — Viele entwicklungsgeschichtliche und vergleichend-anatomische Befunde (besonders das Verhalten der Nerven, vgl. S. 504) sprechen dafür, daß mit dem auf Wirbel nicht zurückführbaren Grundstock des Schädels, wie er noch bei *Cyclostomen* vorkommt, dem *Palaeocranium*, sekundär Wirbel verschmolzen sind; in dieser Weise scheint der Occipitalteil des Schädels, das den meisten Wirbeltieren zukommende *Neocranium*, entstanden zu sein.

Man unterscheidet drei Entwicklungszustände des Schädels: 1. das häutige, 2. das knorpelige Primordialcranium, 3. das knöcherne Cranium. Das häutige Primordialcranium, welches aus Bindegewebe besteht, findet sich vornehmlich auf frühen Embryonalstadien, dagegen gar nicht mehr oder nur in Resten beim ausgebildeten Wirbeltier; es wird von der höheren Entwicklungsstufe, dem knorpeligen Primordialcranium, verdrängt, welches sich bei niederen Fischen (*Haien, Stören*) dauernd und unverändert erhalten kann. Bei den meisten Wirbeltieren tritt jedoch Verknöcherung ein, welche das Primordialcranium entweder zum Teil (*Fische, Amphibien*) oder in ganzer Ausdehnung (*Vögel, Säugetiere*) ergreift und es im letzteren Falle bis auf geringe Reste von Knorpel in eine knöcherne Kapsel verwandelt. Im knöchernen Cranium unterscheidet man nach ihrer Entwicklung zwei Arten von Knochen: primäre und sekundäre Knochen. Die primären Knochen entstehen im Anschluß an das Knorpelcranium selbst, entweder im Innern des Knorpels (Enchondrostosen) oder in dem umhüllenden Perichondrium (Ekchondrostosen). Die sekundären Knochen, die Belegknochen, sind dagegen ihrer ursprünglichen Anlage nach dem Achsenskelett fremd und bilden sich aus dem beim Hautskelett besprochenen Verknöcherungen der Haut (Schuppen) und der Mundschleimheit (Zähne); sie rücken in die Tiefe, lagern sich von außen auf das Achsenskelett und ergänzen dasselbe besonders an Stellen, wo aus Mangel von Knorpel keine primären Knochen entstehen können (Parostosen). Es ist jedoch strittig, ob eine scharfe Scheidung von beiderlei Knochen durchführbar ist oder ob nicht vielmehr auch die primären Knochen Belegknochen sind, welche in das Knorpelskelett, dasselbe verdrängend, eingewuchert sind. Dieser Auffassung zufolge wäre es denkbar, das dieselben Knochen in einer Klasse der Wirbeltiere als Belegknochen, in der anderen als primäre Knochen entständen, was für die vergleichend-anatomische Beurteilung und Benennung mancher Knochen von Wichtigkeit ist.

Das knorpelige Cranium ist am vollkommensten unterhalb des Hirns ausgebildet. Dieser Abschnitt, die Schädelbasis, liegt in der Verlängerung der Wirbelkörper und umhüllt zum Teil noch das vordere Ende der Chorda dorsalis (Parachordalia), zum Teil ragt er in Form von zwei Spangen nach vorn weit über die Chorda hinaus (prächordaler Teil der Schädelbasis, Prächordalia, Rathkesche Schädelbalken). Die Seitenwände des Schädels werden durch die knorpeligen Umhüllungen zweier Sinnesorgane, der Nase und des Gehörorgans, verstärkt, durch die Nasenkapseln am vorderen, durch die das Labyrinth umschließenden Gehörkapseln am hinteren Abschnitte (Fig. 510). Die dazwischen gelegene Region ist eingebuchtet zur Aufnahme der Augen, welche im Interesse ihrer Funktion beweglich bleiben müssen, deren Hülle, die Sclera, daher, auch wenn sie verknorpelt oder verknöchert, mit dem Schädel nicht ver-

wächst. — Nur bei wenigen Tieren ist das Knorpelcranium vollkommen geschlossen; meist finden sich in ihm dorsale, zuweilen auch ventrale, nur von Bindegewebe geschlossene Lücken. Namentlich wird in der Gegend des Schädeldaches das Bindegewebe (häutiges Primordialcranium) um so ausgiebiger zum Verschuß herangezogen, je mehr sich das Gehirn bei Zunahme der Intelligenz vergrößert und der Binnenraum der Schädelkapsel sich ausdehnt. Relativ am kleinsten ist daher das auf das Embryonalleben beschränkte Knorpelcranium bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren*. Da es sich hier dorsal nur in der Hinterhauptsgegend schließt, weiter nach vorn dagegen klafft, nehmen bei der Verknöcherung dorsale Belegknochen am Verschuß der Schädelkapsel einen ganz bedeutenden Anteil.

Der knöcherne Schädel der Wirbeltiere bietet dem vergleichend-anatomischen Verständnis große Schwierigkeiten, einesteils wegen seines verschiedenen Aussehens in den einzelnen Abteilungen, anderenteils wegen der großen Zahl und komplizierten Anordnung der ihn zusammensetzenden Knochen. Um so mehr muß von Anfang an betont werden, daß von den

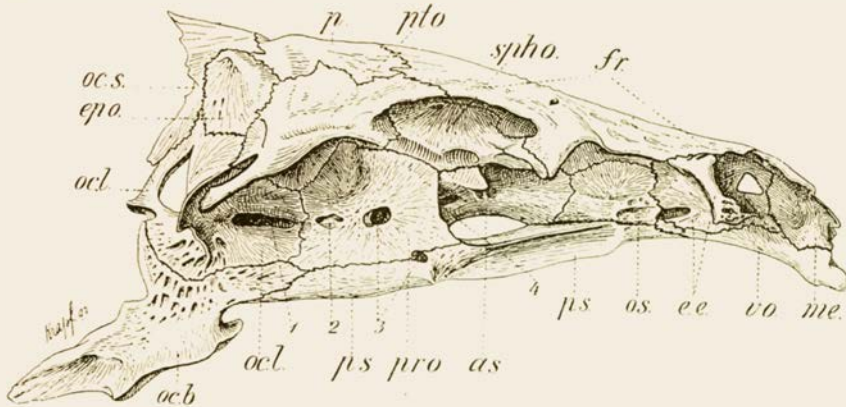


Fig. 479. Schädel des *Karpfens* nach Abnahme des Visceralskeletts. A. Primäre Knochen: *oc.b*, *oc.l*, *oc.s* = Basioccipitale, Exoccipitale, Supraoccipitale; *epo* Epioticum, *pto* Pteroticum, *spho* Sphenoticum, *pro* Prooticum, *as* Alisphenoid, *os* Orbitosphenoid, *me* Mesethmoid, *ee* Exethmoid. B. Ventrale Belegknochen: *ps* Parasphenoid, *vo* Vomer. C. Dorsale Belegknochen: *p* Parietale, *fr* Frontale. 1—4 Durchtrittsstellen für die Kopfnerven.

Knochenfischen an aufwärts im großen und ganzen die gleichen Knochenstücke in den verschiedensten Wirbeltierklassen wiederkehren und daß die Unterschiede vorwiegend damit zusammenhängen, daß je nach den einzelnen Klassen manche Knochen nicht zur Ausbildung gelangen (*Amphibien*) oder mit anderen zu größeren Knochenstücken verschmelzen (*Säugetiere*). Eine weitere Komplikation wird dadurch herbeigeführt, daß sich vielfach mit der Schädelkapsel Teile, die, streng genommen, ihr nicht zugehören, innig verbinden, die sogenannten Visceralbögen. Wir werden daher bei der Beschreibung des Schädels von dem Visceralskelett zunächst absehen und zur weiteren Erleichterung des Verständnisses die Knochen gruppenweise betrachten.

Die primären (knorpelig präformierten) Knochen der Schädelkapsel lassen sich in vier Gruppen einteilen: 1. Hinterhauptsknochen, Occipitalia, 2. Gehörkapselknochen, Otica, 3. Knochen der Augengegend, Sphenoidalia, 4. Knochen der Geruchskapsel, Ethmoidalia. Die Hinterhauptsknochen

Primäre
Knochen.

(Fig. 479—482), welche bei den *Säugetieren* zu dem einheitlichen Hinterhauptbein (*Os occipitis*) verwachsen, umgeben, in der Regel vier an der Zahl, das Foramen magnum, die Öffnung, durch welche das Rückenmark eintritt, um sich in das Hirn fortzusetzen; zwei Knochen liegen links und rechts (*Exoccipitalia*), ein unpaarer ventral (*Basioccipitale*), ein weiterer unpaarer dorsal von der Öffnung (*Supraoccipitale*). Die der Seitenwand des Schädels angehörigen Gehörkapselknochen (*Otica*) hängen in ihrer Ausbildung ganz von der Ausdehnung des Labyrinths ab. Bei den *Fischen* (Fig. 479), wo die Teile des letzteren groß und weit ausgebreitet sind, ist die Region der *Otica* ebenfalls groß und können mehrere ansehnliche Knochen vorhanden sein: *Epioticum*, *Pteroticum*, *Sphenoticum*, *Prooticum* und öfters auch *Opisthoticum*; umgekehrt verbinden sich die einzelnen Knochenanlagen bei den *Säugetieren* (Fig. 481, 482) zu einem einheitlichen Knochenstück (*Petrosum*, Felsenbein), das infolge der

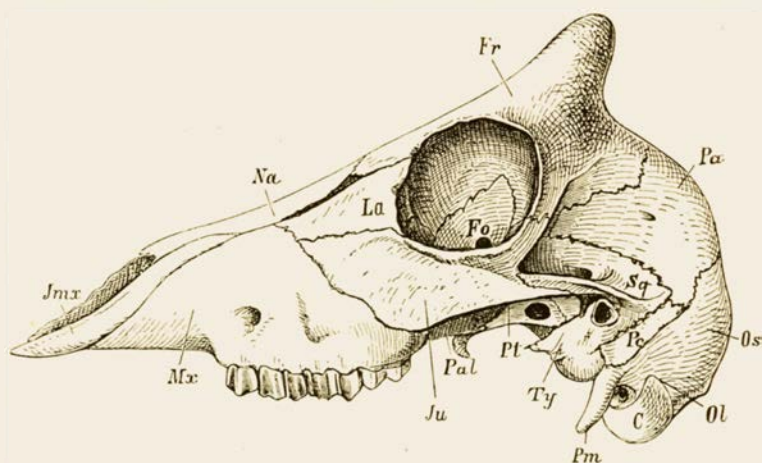


Fig. 480. Schädel einer Ziege, von außen betrachtet, Hirnschädel + Gesichtsschädel (Teil des Visceralskeletts). I. Hirnschädel: A Primäre Knochen: *Ol* Exoccipitale mit Condylus *C* und Processus paramastoideus *Pm*; *Os* Supraoccipitale; *Pe* Petrosum (= *Otica*); *Bs* Basisphenoid (Alisphenoid, Orbitosphenoid mit dem Foramen opticum *Fo*, zum Teil durch den Jochbogen verdeckt, Präsphenoïd und Ethmoidea ganz verdeckt). B. Sekundäre Knochen: *Pa* Parietale, *Fr* Frontale, *Na* Nasale, *Sq* Squamosum, *Ty* Tympanicum, *La* Lacrymale. II. Gesichtsschädel: A. Oberkieferreihe: *Imx* Intermaxillare, *Mx* Maxillare, *Ju* Jugale. B. Gaumenreihe: *Pal* Palatinum, *Pt* Pterygoid (nach Claus).

kompensiösen Beschaffenheit des Labyrinths nicht viel Platz einnimmt. Wenn die *Otica* der linken und rechten Seite nicht wie bei den *Knochenfischen* in der Mittellinie zusammentreffen, grenzen in der Schädelbasis an das *Basioccipitale* direkt die *Sphenoidalia* an, zunächst das *Basisphenoid* und, an dieses nach vorn anschließend, das *Präsphenoïd*, beides unpaare, aus paariger Anlage entstandene Knochen. Beide Knochen haben links und rechts ihre paarigen Begleiter: das *Basisphenoid* die paarigen *Alisphenoide*, das *Präsphenoïd* die paarigen *Orbitosphenoide*, ganz wie das *Basioccipitale* von den zwei *Exoccipitalia* flankiert wird. Da nun auch in der Gegend der Geruchskapsel ein unpaarer mittlerer Knochen (*Mesethmoid*) zwischen paarigen Seitenknochen (*Exethmoidea*) liegt, so hätten wir uns das verknöcherte Cranium der Wirbeltiere vorzustellen als eine mediane Längsreihe von vier unpaaren, basalen Knochen, die von hinten nach vorn

sich folgen als Basioccipitale (Fig. 482 *IV*), Basisphenoid (*III*), Prä-sphenoid (*II*), Mesethmoid (*I*); daneben je eine linke und rechte Reihe: Exoccipitalia (*4*), Alisphenoidea (*3*), Orbitosphenoidea (*2*), Exethmoidea (*1*). Die Ausbildung der Gehörkapsel bringt es mit sich, daß zwischen die Exoccipitalia und die Alisphenoidea die Summe der Otica, das Petrosium, eingeklemt ist. Nur in der Hinterhauptsgegend findet sich ein dorsaler Schlußstein, das Occipitale superius. Sonst müssen Belegknochen zur Aushilfe eintreten, und zwar drei Paar, welche bei den Wirbeltieren nahezu konstant sind und von hinten nach vorn aufeinander folgen: ein Paar Parietalia, ein Paar Frontalia, ein Paar Nasalia (letztere als Deckknochen der Nasenkapsel). Vorwiegend bei den niederen Wirbeltieren entwickelt ist ein unpaarer mächtiger Belegknochen an der Schädelbasis, das vom Hinterhauptsbein bis zum Mesethmoid reichende Parasphenoid (Fig. 479 *ps*).

Belegknochen.

Fig. 481.

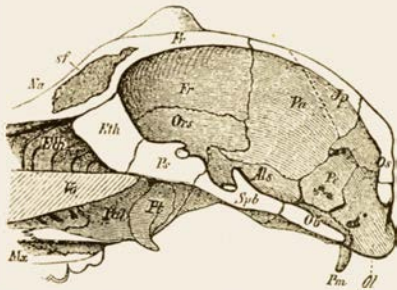


Fig. 481. Sagittalschnitt durch den hinteren Abschnitt des Ziegenschädels. A. Primäre Knochen des Hirnschädels: *Ob* Basioccipitale (*Pm* Processus paramastoideus), *Ol* Exoccipitale, *Os* Supraoccipitale; *Spb* Basisphenoid, *Als* Alisphenoid, *Ps* Prä-sphenoid, *Ors* Orbitosphenoid, *Eth* Mesethmoid (das Exethmoid verdeckend); *Pe* Petrosium. B. Belegknochen: *Pa* Parietale, *Ip* das nur bei Säugetieren vorkommende Interparietale, *Fr* Frontale mit *sf* Sinus frontales, *Na* Nasale. C. Belegknochen des Visceralskeletts: *Vo* Vomer, *Pal* Palatinum, *Pt* Pterygoid (Gaumenreihe). *Mx* Maxillare (Oberkieferreihe) (aus Gegenbaur).

Fig. 482.

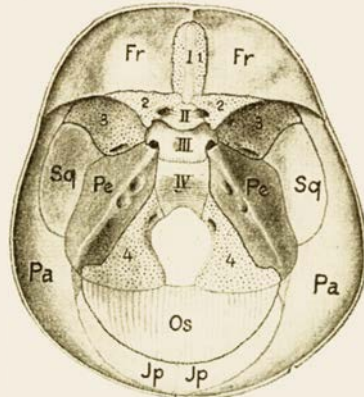


Fig. 482. Schädelbasis eines Neugeborenen nach Entfernen des Schädeldaches von innen betrachtet (schematisiert). *1* Mesethmoid, *1* Exethmoidea, *II* Prä-sphenoid, *2* Orbitosphenoidea, *III* Basisphenoid, *3* Alisphenoidea, *IV* Basioccipitale, *4* Exoccipitalia. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 481.

Das hier entwickelte Grundschema eines Wirbeltierschädels wird in der Natur am meisten modifiziert in der Sphenoidalgegend. Parasphenoid einerseits, Basisphenoid + Prä-sphenoid andererseits vicarieren füreinander, so daß bei Anwesenheit des ersteren die letzteren klein bleiben oder fehlen (*Fische*, *Amphibien*) und umgekehrt (*Säugetiere*). Bei den *Säugetieren* verwachsen außerdem die unpaaren Sphenoidstücke mit ihren paarigen Begleitern, die Basisphenoidea mit den Alisphenoidea (*Alae magnae*), die Praesphenoidea mit den Orbitosphenoidea (*Alae orbitales*); so entstehen das vordere und hintere Keilbein (beim *Menschen* und anderen *Säugetieren* zu einem einzigen Keilbein verschmolzen). Mesethmoid und Exethmoidea vereinigen sich bei den *Säugetieren* zum *Os ethmoideum*. Die eigentümliche, den Anschein von Segmentierung erweckende Aufeinanderfolge der oben genannten vier Knochenkomplexe war Veranlassung zur Wirbeltheorie, daß der Schädel aus vier Wirbeln zusammengesetzt sei.

Visceral-
skelett.

Die Schädelkapsel wird zum Kopfskelett ergänzt durch das Hinzutreten der an Rippen erinnernden Visceralbögen (des Visceralskeletts); dieselben werden, obwohl sie zum Teil nach rückwärts verschoben sind und unter den Anfang der Wirbelsäule zu liegen kommen, auf Grund ihrer Versorgung mit Kopfnerven zum Kopfskelett gerechnet; sie sind, wie die Rippen im Anschluß an die Muskulatur (Myomerie), so im Anschluß an die Kiemenbildung entstanden (Branchiomerie) und schon aus diesem Grunde den Rippen nicht homodynam. — Analog dem Schädel hat das Visceralskelett einen knorpeligen und einen knöchernen Zustand. Das nur bei den *Haien* vorkommende knorpelige Visceralskelett ist so locker mit dem Schädel verbunden, daß man es leicht von ihm im Zusammenhange ablösen kann. Man zählt an ihm (Fig. 510) gewöhnlich sieben (selten neun) Bögen, und zwar von vorn nach hinten den mächtigen Kieferbogen, den Zungenbeinbogen und fünf (selten sieben) Kiemenbögen. Der Kieferbogen besteht jederseits aus zwei Stücken, welche Zähne tragen und beim Kauen gegeneinander wirken; das obere, dem Schädel vorn und hinten angefügte Stück ist das Palatoquadratum (nicht Oberkiefer); das untere, welches am Palatoquadratum eingelenkt ist, heißt das Mandibulare. Linkes und rechtes Palatoquadratum stoßen ebenso wie die Mandibularia in der Mittellinie in einer Symphyse zusammen. Analog teilt sich der Zungenbeinbogen in das obere, an der Gehörkapsel des Schädels befestigte Hyomandibulare und das untere Hyoid, wozu noch ein am Kieferbogen fehlendes unpaares Stück kommt, welches als ventrale Copula den linken und rechten Bogen untereinander verbindet. Copulae existieren auch bei den Kiemenbögen, welche jederseits aus vier Stücken bestehen. Zungenbeinbogen und Kiemenbögen tragen bei den Haien Kiemen; gewisse Merkmale (Existenz rudimentärer Kiemen und einer rudimentären Kiemenspalte, des „Spritzlochs“) weisen darauf hin, daß auch der Kieferbogen einmal ein Trageapparat für Kiemen gewesen ist und dieser ursprünglichen Funktion entfremdet wurde, als er zum Kauen Verwendung fand. Vor dem Kieferbogen finden sich bei vielen Haien noch die Lippenknorpel; ob dieselben als Visceralbögen zu deuten sind, ist zweifelhaft; vielfach werden sie als Reste eines Stützskeletts von Tentakeln gedeutet, wie sie bei *Amphioxus* und *Myxinoïden* den Mund umgeben und in den Barteln mancher Knochenfische wieder auftreten.

Durch Verknöcherung hat das Visceralskelett bei *Knochenfischen* und allen übrigen Wirbeltieren eine erhebliche Umgestaltung erfahren. Diese Umgestaltung wird noch gesteigert durch einen fortschreitenden Funktionswechsel der Bögen, indem immer mehr derselben ihrer respiratorischen Funktion entzogen werden. Man muß dabei am Visceralskelett einen vorderen und hinteren Abschnitt unterscheiden; der vordere besteht aus den Labialknorpeln, dem gesamten Kieferbogen und der oberen Hälfte des Zungenbeinbogens, dem Hyomandibulare, der hintere aus dem Hyoid, den Kiemenbögen und den Copulae. Der hintere Abschnitt ist nur so lange gut entwickelt, als die Kiemenatmung beibehalten wird. Mit dem Übergang zur Lungenatmung schwindet er zum größten Teil; was erhalten bleibt, liefert das Zungenbein, dessen Körper aus einer Copula hervorgeht, dessen Vorderhorn dem Hyoid, dessen Hinterhorn einem Rest von Kiemenbögen entspricht. Weitere Reste der letzteren werden zum Aufbau der Kehlkopfknorpel, der Epiglottis, vielleicht auch der Knorpel des Gehörganges verwandt.

Der vordere Abschnitt des Visceralskeletts (Labialknorpel, Palatoquadratum, Mandibulare, Hyomandibulare) erfährt zwar eine Weiterbildung,

gibt aber mehr und mehr seine Selbständigkeit auf und wird zu dem mit dem Hirnschädel verwachsenden Gesichtschädel; er liefert komplizierte Knochen, deren vergleichend-anatomisches Verständnis dadurch erschwert wird, daß sie, von Klasse zu Klasse verglichen, wiederholt ihre Funktion und damit auch ihre Beschaffenheit und Größe verändert haben. Allen Wirbeltieren mit knöchernem Visceralskelett (Fig. 480, 511) ist gemeinsam, daß vor dem Palatoquadratum in der bei *Haien* durch die Lippenknorpel eingenommenen Gegend links und rechts zwei Belegknochen entstehen, der Zwischenkiefer (*Os praemaxillare* s. *intermaxillare*) und der Oberkiefer (*Os maxillare*). Sie tragen die bei bezahnten Wirbeltieren nur selten fehlende Oberkieferreihe der Zähne, welche die Zähne des Palatoquadratum ablösen, indem sie die Antagonisten der Mandibular- oder Unterkieferzähne werden. Das Palatoquadratum rückt im gleichen Maße nach rückwärts und erzeugt eine zweite, der Oberkieferreihe häufig parallele Reihe von Knochen, welche ebenfalls Zähne tragen können, die Gaumenreihe (Fig. 533). Man muß hierbei aber am Palatoquadratum zwei Abschnitte unterscheiden, nach vorn die Palatinspange, nach hinten den Quadrattel. Die knorpelige Palatinspange schwindet allmählich, und es erhalten sich nur die auf ihr entstehenden Belegknochen, zuvorderst der Vomer, dann das Palatinum, am meisten rückwärts das Pterygoid. Der Quadratknorpel verknöchert dagegen selbst und wird zum Quadratbein, welches die Gelenkfläche für das Mandibulare trägt. Die Verknöcherung des Mandibulare (Meckelschen Knorpels) erfolgt in analoger Weise, vorn durch eine Anzahl Belegknochen, unter denen das zahntragende Stück, das Dentale, am wichtigsten ist, hinten durch einen primären Knochen, welcher Articulare heißt, weil er mit dem Quadratbein das Kiefergelenk bildet. Aus dem Hyomandibulare geht vornehmlich nur ein Knochen hervor, welchem der Name des Knorpels belassen wird.

Wenn soweit alle Wirbeltiere mit knöchernem Skelett einander gleichen, so kommen wir jetzt zu den Unterschieden, welche dadurch veranlaßt sind, daß beim Übergang zum Landaufenthalt alle mit der Kiemenatmung zusammenhängenden Einrichtungen funktionslos werden und zugleich für das Gehörorgan sich das Bedürfnis nach schalleitenden Apparaten geltend macht. Diese werden durch Knochen geliefert, welche schon bei den *Fischen* in der Gegend der Gehörkapsel liegen, das Hyomandibulare (Zungenbeinbogen), Quadratum und Articulare (die zwei Gelenkstücke des Kieferbogens). Dazu tritt vielleicht noch ein von der Schädelkapsel sich abspaltendes, die Fenestra ovalis (Fig. 513) ausfüllendes Stück, die Steigbügelplatte (*Operculum*), hinzu. Das Hyomandibulare wird schon bei *Amphibien*, *Reptilien* und *Vögeln* zu einem Gehörknöchelchen, der *Columella*, welche sich an die Steigbügelplatte ansetzt. Bei den *Säugetieren* scheinen Steigbügelplatte und *Columella* zum einheitlichen Steigbügel (*Stapes*) verschmolzen zu sein; bei ihnen folgen ferner im Funktionswechsel Quadratum und Articulare nach, jenes, indem es zum Amboß, dieses, indem es zum Hammer (Fig. 495, 497, 559) wird. Das Mandibulare wird durch diese Umwandlung seines ursprünglichen Gelenkstückes beraubt, womit es zusammenhängt, daß bei den *Säugetieren* an einem Fortsatz des Dentale ein neues Unterkiefergelenk entsteht, welches mit einem Belegknochen des Quadratum, dem gleich zu besprechenden Squamosum, artikuliert. Der Unterkiefer der *Fische* bis *Vogel* ist somit nur zum Teil dem Unterkiefer der *Säugetiere* gleichwertig, da er außer dem Dentale auch das Articulare (den Hammer der Säugetiere) enthält; ihr Mandibulargelenk ist das Hammer-Amboßgelenk.

Gehör-
knöchel-
chen.

Zum Schluß müssen noch drei bei den Wirbeltieren weitverbreitete Knochen besprochen werden: 1. das Squamosum, 2. das Tympanicum, 3. das Jugale oder Zygomaticum. Von diesen drei ist das Squamosum ein Belegknochen, welcher auf der Grenze von Quadratum und dem Komplex der Otica (Petrosum) entsteht und daher zu beiderlei Skelettstücken Beziehung hat. Er wird im gleichen Maße größer, als das Quadratbein bei der Umwandlung zum Amboß einschrumpft, und liefert die Squama temporum, welche bei den Säugetieren mit dem Petrosum zum Schläfenbein verschmilzt. Gemeinsam mit dem Tympanicum, welches bei *Säugetieren* ebenfalls mit dem Petrosum verwächst, bildet es den Rahmen, in welchen das Trommelfell eingespannt ist. Das Jugale oder Jochbein schließt sich an die Maxillarreihe an. Diese ist bei vielen Wirbeltieren nur an ihrem vorderen Ende am Schädel befestigt, während das hintere Ende frei in den Weichteilen des Kopfes endet. Letzteres kann nun ebenfalls, und zwar mit der hinteren Region des Schädels verbunden werden durch den Jochbogen, ein oder zwei Knochen (Jugale, Quadratojugale), welche den Zwischenraum zwischen dem Maxillare einerseits, andererseits dem Quadratum, oder wenn dieses zu einem Gehörknöchelchen (Ambos) rückgebildet ist, seinem Belegknochen, dem Squamosum, überbrückt. Wahrscheinlich ist der Jochbogen der Rest einer reichen Panzerung mit Hautknochen, welche namentlich bei fossilen Formen (*Stegcephalen*) die Schläfengegend bedecken.

Schwierigkeiten in der morphologischen Deutung der Skeletteile bei den einzelnen Wirbeltierklassen ergeben sich da, wo Visceralskelett und Schädelkapsel, und in dieser wiederum, wo primäre und sekundäre Knochen aneinander stoßen, zumal als letztere Unterscheidung keineswegs allgemein anerkannt wird. Daher werden gewisse Primärknochen der *Fische*, Pteroticum, Sphenoticum und Exethmoid, vielfach mit anders benannten Belegknochen der *Amnioten* gleichgesetzt, das Pteroticum mit dem Squamosum, das Sphenoticum und Exethmoid mit zwei Belegknochen hinter und vor dem Frontale, dem Postfrontale und Präfrontale der *Reptilien*.

Extremi-
täten.

Wie der Stamm des Wirbeltierkörpers eine feste Achse durch Schädel und Wirbelsäule erhält, so gewinnen auch die von ihm ausgehenden Extremitäten ihre Stütze durch axiale Skelettbildungen. Man unterscheidet zweierlei Extremitäten, paarige und unpaare (Fig. 519 bis 523). Die nur bei den *Fischen* und in rückgebildetem Zustand bei einem Teil der *Amphibien* vorkommenden unpaaren Extremitäten entstehen als eine Hautfalte in der Sagittalebene des Körpers, die hinter dem Kopfe beginnt, als ein Rückenkamm bis zum Schwanz verläuft, diesen umgreift und ventral bis zur Aftergegend reicht. Die einheitliche Anlage sondert sich zumeist in drei Stücke: 1. die öfters in mehrere kleine Flossen abgeteilte Rückenflosse, 2. die Schwanzflosse und 3. die ventrale Afterflosse (Pinna dorsalis, P. caudalis, P. analis). In ähnlicher Weise sind wahrscheinlich auch die paarigen Extremitäten, die vorderen Brustflossen (P. thoracicae) und die hinteren Bauchflossen (P. abdominales s. ventrales) auf eine einheitliche Anlage zurückzuführen und als die selbständig gewordenen vorderen und hinteren Enden zweier Seitenfalten zu deuten. — Von den beiden Extremitäten sind die unpaaren die älteren, da sie schon beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen* auftreten, bei denen die paarigen noch fehlen; sie verschwinden dagegen früher in der Wirbeltierreihe. Da sie nur für den Aufenthalt im Wasser dienlich sind, gehen sie schon bei den *Amphibien* verloren, bei denen ein einheitlicher von Skeletteilen nicht mehr

gestützter Flossenkamm meist nur noch während des Larvenlebens vorkommt. Umgekehrt gewinnen die paarigen Extremitäten (Arme und Beine) mit dem Übergang zum Landleben eine erhöhte Bedeutung.

In den Flossen der Fische findet man zweierlei Skeletteile vor, die bei den *Haien* auch durch ihre histologische Beschaffenheit scharf unterschieden sind, indem die einen, die Flossenstützen, aus Knorpel bestehen, die anderen, die Flossenstrahlen (Dermalskelett) Hornfäden sind (Fig. 483). Da bei den *Knochenfischen* beide Teile durch Knochen ersetzt sind, wird der Unterschied weniger auffällig, läßt sich aber noch daran erkennen, daß die Flossenstützen knorpelig vorgebildet werden, die Flossenstrahlen nicht, daß jene die basalen Teile, diese den Saum der Flosse einnehmen. Die Unterscheidung der beiden Skelettelemente ist von großer Bedeutung. Die Flossenstrahlen spielen bei Knochenfischen eine wichtige Rolle, werden dagegen bei den höheren Wirbeltieren in den Aufbau der Extremität nicht mit hinübergenommen. Was sich bei diesen erhält, ist ausschließlich das System der Flossenstützen von Brust- und Bauchflossen, die daher auch allein eine besondere Besprechung verlangen.

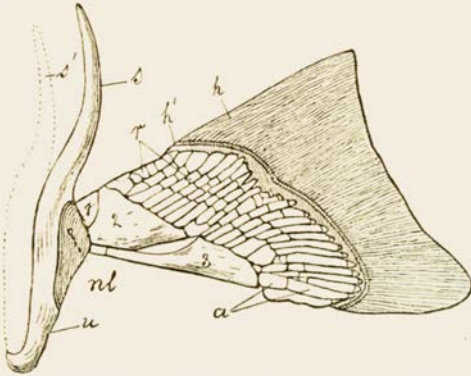


Fig. 483. Linker Brustgürtel mit Flosse von *Hep-tanchus* (unter Benutzung einer Zeichnung von Wiedersheim). *s* Scapula der linken, *s'* der rechten Seite, *u* unterer Teil des Gürtels, *nl* Nervenloch, 1, 2, 3 Pro-, Meso-, Metapterygium, *a* Stammreihe, *r* Nebenreihen der knorpeligen Flossenstützen, *h* Hornfäden oder Flossenstrahlen, bei *h'* durchschnitten, da sie sonst die Enden der Flossenstützen zudecken würden.

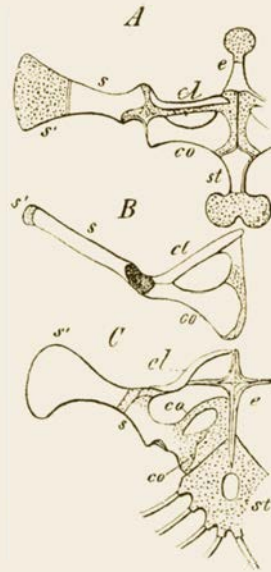


Fig. 484. Rechtsseitiger Schultergürtel: A vom *Frosch*, B einer *Schildkröte*, C einer *Eidechse*, *s* Scapula, *s'* Suprascapulare, *cl* Clavicula mit Procoracoid, *co* Coracoid, *e* Episternum, *st* Sternum (bei C mit Rippenansätzen) (nach Gegenbaur, einige Figurenbezeichnungen verändert).

Das knorpelig präformierte Stützskelett jeder paarigen Extremität besteht aus zwei Teilen, dem in die Seitenwandung des Körpers eingelassenen Extremitätengürtel und den Stücken, die der frei hervorstehenden Extremität zugrunde liegen, dem Extremitätenskelett im engeren Sinne. Der Extremitätengürtel (der Schultergürtel der vorderen, der Beckengürtel der hinteren Extremität) ist im einfachsten Falle eine linke und rechte Spange, welche eine Gelenkfläche für die Extremität trägt und durch diese Gelenkfläche meistens in einen dorsalen und ventralen Abschnitt zerlegt wird. Der dorsale Abschnitt heißt Schulterblatt oder

Extremitätengürtel.

Scapula für die vordere, Darmbein oder Ilium für die hintere Extremität. Der vom Gelenk aus sich abwärts erstreckende Teil gabelt sich bei den meisten Wirbeltieren in einen vorderen und hinteren Ast (Fig. 484). Der vordere Ast ist die Clavicula des Schultergürtels, das Os pubis des Beckengürtels, der hintere das Coracid, resp. das Os ischii. Am konstantesten ist der Unterschied der drei Teile am Beckengürtel; am Schultergürtel dagegen kann bald die Clavicula, bald das Coracoid, bald auch können beide Teile fehlen, während die Scapula bei keinem Wirbeltiere mit Extremitäten vermißt wird. An der Clavicula ist oft deutlich ein knorpelig präformierter Teil (Procoracoid) von 1 bis 2 Belegknochen (Clavicula im engeren Sinne und Cleithrum genannt) zu unterscheiden (Fig. 484 A).

In ihrer Lage werden die Extremitätengürtel der wasserbewohnenden *Fische* vorwiegend oder ausschließlich durch Muskeln erhalten; bei der Mehrzahl der Landbewohner ist dagegen ein inniger Anschluß an das Achenskelett, speziell an die Wirbelsäule, durchgeführt. Dieser Anschluß ist für den Beckengürtel ein unmittelbarer, da der dorsale Fortsatz, das Ilium, sich mit einem oder mehreren Wirbeln verbindet, welche Sacralwirbel heißen (streng genommen, nicht mit den Wirbelkörpern selbst, wohl aber mit den davon ausgehenden Querfortsätzen und Rippen). Die Verbindung des Schultergürtels ist dagegen mehr mittelbar und deshalb auch lockerer; sie wird durch die ventralen Spangen, die Clavicula und das Coracoid, bewirkt. Letzteres tritt an das Brustbein (Sternum) heran, welches ja selbst wieder durch die Rippen der Wirbelsäule angefügt ist, erstere an einen besonderen, dem Brustbein aufgelagerten, bei den Säugetieren in dasselbe einbezogenen Knochen, das Episternum.

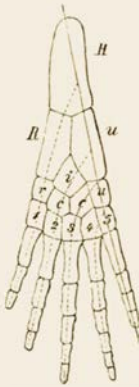


Fig. 485. Schema einer pentadactylen Extremität, die punktierten Linien geben die Seitenstrahlen an. Die für die hintere Extremität gültigen Bezeichnungen sind eingeklammert. *H* Humerus (Femur), *U* Ulna (Fibula), *R* Radius (Tibia). Carpus (Tarsus), bestehend aus zwei Reihen und zwei zentralen Stücken. I. Reihe, *r* Radiale (Tibiale), *i* Intermedium, *u* Ulnare (Fibulare). II. Reihe, *Carpalia* (Tarsalia) 1—5, *c* Centralia, die Metacarpalia (Metatarsalia) und Phalangen sind nicht bezeichnet (nach Gegenbaur).

Das verschiedene Verhalten von Schulter- und Beckengürtel bei ihrer Befestigung an die Wirbelsäule bedingt Unterschiede in der Art, in der sich linke und rechte Teile untereinander vereinigen. Bei den Fischen gilt für beide Gürtel der Satz, daß linke und rechte Teile in einer Symphyse zusammenstoßen. Diese Symphysenbildung bleibt für den Beckengürtel bei den meisten Landbewohnern erhalten, während sie für den Schultergürtel aufgehoben wird, da sich Episternum und Sternum zwischen die beiderseitigen Schlüssel- und Rabenbeine einschieben.

Archipterygium.

Da die frei hervorstehende Extremität bei der Fortbewegung unmittelbar verwandt wird, und da die verschiedenen Bewegungsweisen der Wirbeltiere, Schwimmen, Fliegen, Laufen, Springen, Klettern, eine jede ihre besondere Ausbildungsweise der Extremität erfordern, zeigt auch das Skelett der „freien Extremität“ eine ganz außerordentliche Mannigfaltigkeit der Formen. Gleichwohl ist es geglückt, alle diese Formen auf eine gemeinsame Urform, das Archipterygium, zurückzuführen, eine Ur-

form, welche in der Flosse gewisser niedrig stehender Fische vorkommt. Im Archipterygiumskelett (Fig. 483) sind zahlreiche Knorpelstücke enthalten, die sich nur wenig in Größe und Form unterscheiden und in vielen dicht aneinander schließenden Reihen angeordnet sind. Unter den Reihen hat eine das Übergewicht über die anderen und heißt die Stammreihe; sie beginnt mit einem ansehnlichen Basalstück (dem Metapterygium) direkt am Extremitätengürtel und trägt entweder auf beiden Seiten (Archipterygium biserialle) oder nur auf einer Seite (Arch. uniserialle), ähnlich einem doppelt oder einfach gefiederten Blatt, die Seitenreihen der Skelettstücke. Gewöhnlich befestigen sich nicht alle Seitenreihen an der Stammreihe; vielmehr entspringt eine größere Anzahl unmittelbar von dem Schultergürtel; sie können hier ebenfalls mit großen Stücken beginnen, dem Meso- und Propterygium.

Aus dem besprochenen Archipterygium kann man eine Grundform ^{Pentadactyle Extremität.} ableiten, welche für alle höheren, vornehmlich landbewohnenden Wirbeltiere von den *Amphibien* an aufwärts gilt, die den „*Tetrapoden*“ eigentümliche pentadactyle oder fünffingerige Extremität (Fig. 485). Zu dem Zweck muß man annehmen, daß folgende drei Abänderungen sich vollzogen haben. Zunächst muß man sich eine Reduktion der Gesamtzahl der Strahlen vorstellen, und zwar eine Reduktion auf fünf: einen Hauptstrahl und vier Nebenstrahlen. Die terminalen Stücke des Hauptstrahls liefern die Knochen des fünften, diejenigen der Nebenstrahlen die Knochen der übrigen Finger. Eine zweite Veränderung besteht in dem ungleichen Wachstum der Teile; das Metapterygium, schon bei den *Haisfischen* ein ansehnliches Stück, vergrößert sich noch mehr und heißt Humerus bei der vorderen, Femur bei der hinteren Extremität. Ebenfalls sehr ansehnlich wird das zweite Stück des Hauptstrahls und das erste Stück des ersten Nebenstrahls; es sind Ulna und Radius, beziehentlich Fibula und Tibia. Nun folgen Knöchelchen, welche klein bleiben, etwa von der Gestalt würfelförmiger Stücke, die Carpalia der vorderen, die Tarsalia der hinteren Extremität; sie tragen wiederum schlankere Knochen, die Metacarpalia oder Metatarsalia, und diese endlich die Phalangen. (Rücksichtlich der genaueren Bezeichnungen der Carpalia vergleiche die Figurenerklärung 485.) Ein zur Muskelinsertion dienender Fortsatz am oberen Ende der Ulna ist das Olecranon; ähnlich verhält sich zur Tibia bei Vögeln und Säugetieren ein in die Sehnen eingeschlossener Knochen, die Kniescheibe oder Patella. Die dritte Veränderung, zugleich eine der wichtigsten, wird durch die Ausbildung von Gelenken herbeigeführt. Solange die Extremität als Ruder funktioniert, muß sie eine einheitlich wirkende Platte sein, deren einzelne Teile festgefügt sind. Wenn die Extremität dagegen, wie es bei Landtieren nötig ist, als ein Hebelapparat den Körper tragen und bewegen soll, muß sie in einzelne Abschnitte gegliedert werden, welche miteinander gelenkig verbunden sind. Bei dieser Quergliederung bilden sich an den vorderen und hinteren Extremitäten vor allem zwei bedeutsame Gelenke aus, das Ellenbogengelenk (Kniegelenk) zwischen Humerus (Femur) einerseits, Radius und Ulna (Tibia und Fibula) andererseits, das Handgelenk (Sprunggelenk) zwischen den Unterarmknochen (Unterschenkelknochen) und den Carpalia (Tarsalia); dazu kommen die kleinen Gelenke der Finger- und Zehenglieder (Phalangen).

Wenn wir nun die Extremitäten der Landwirbeltiere mit der geschilderten Grundform vergleichen, so ergeben sich Abweichungen nach zwei Richtungen hin. Selten sind mehr Stücke vorhanden, als es das

erläuterte Schema verlangt; dann sind noch die Reste eines sechsten oder gar eines siebenten Strahls oder Fingers erhalten. Viel häufiger ist eine Reduktion der Skelettstücke eingetreten, entweder durch Verschmelzung oder durch gänzliche Rückbildung. Verschmelzung ist Ursache, daß bei der vollkommensten Pentadactylie die Zahl der *Carpalia* (*Tarsalia*) gewöhnlich geringer ist als 10; Rückbildung bringt es dagegen mit sich, daß die Extremitäten vieler Tiere nur vier, drei, zwei oder sogar nur eine Zehe haben. Man kann dann mit Sicherheit annehmen, daß die fehlenden Zehen verloren gegangen sind. Die Paläontologie z. B. lehrt uns in ganz überzeugender Weise, daß die jetzt lebenden einzeihigen *Pferde* aus fünfzehigen Urformen durch gesetzmäßige Rückbildung der Zehenzahl hervorgegangen sind.

Muskulatur. Die hohe Vervollkommnung und eigentümliche Beschaffenheit des in seinen Grundzügen geschilderten Wirbeltierskeletts hat einen tiefgreifenden Einfluß auf die übrige Organisation. Wir haben schon hervorgehoben, daß die äußere Erscheinungsweise unter diesem Einfluß steht, daß die Haut nicht wie bei den *Arthropoden* zum Stützapparat wird, und daß damit die Bedingungen für die äußere Segmentierung in Wegfall kommen. Noch unmittelbarer ist der Einfluß auf die Anordnung der Muskulatur. Die Entwicklung eines Achsenskeletts bringt es mit sich, daß die Angriffspunkte der Muskulatur von der Haut, an welcher die Muskeln bei *Mollusken*, *Arthropoden* und *Würmern* endigen, auf das Innere übertragen werden. Eine Hautmuskulatur besteht bei den Wirbeltieren nur in unwesentlichen Resten fort; sie ist ersetzt durch die Stammmuskulatur. Letztere ist ihrer ersten Anlage nach ein auf jeder Seite der Wirbelsäule hinziehender Längsstrang von Muskelfasern (Fig. 486), welcher durch bindegewebige Scheidewände, die *Ligamenta intermuscularia*, in viele hintereinander gelagerte Segmente, die *Myotome* oder *Myocommata*, zerlegt wird. Wenn man daher bei einem Fisch durch Kochen das Bindegewebe löst, so zerfällt die Muskulatur in lauter scheibenförmige Stücke. Die *Ligamenta intermuscularia* spannen sich zwischen Haut und Achsenskelett aus; sie übertragen vermöge ihrer Verlaufsrichtung die Wirkung der Muskeln auf das Achsenskelett, indem sie jedesmal rückwärts an der Haut beginnen und etwas vorwärts am Achsenskelett enden.

Eine gegliederte Rumpfmuskulatur findet sich schon beim *Amphioxus* und den *Myxinoiden*, deren Achsenskelett nur aus der Chorda besteht und daher noch ungegliedert ist. Die Muskelgliederung ist somit älter als die Skelettgliederung, und, wie wir noch weiter hinzufügen können, Ursache der letzteren. Die Bewegungen der Muskeln verhindern, daß die knorpelige oder knöcherne Wirbelsäule ein einziges zusammenhängendes Stück bildet, wie es die Chorda und die bindegewebige skeletogene Schicht sind; sie bewirken, daß in kleinen Intervallen Gelenke entstehen, oder daß biegsame, die Knorpel- und Knochensäule in die Wirbel abteilende Gewebspartien erhalten bleiben. Naturgemäß dürfen diese biegsamen Strecken nicht mit den Muskelgrenzen zusammenfallen, sondern müssen zwischen ihnen liegen; mit anderen Worten: Muskelgliederung und Skelettgliederung, Myotomie und Sklerotomie, müssen miteinander alternieren. Wenn nun bei den *Säugetieren*, z. B. dem Menschen, von der hier geschilderten segmentalen Muskelanordnung nur noch sehr wenig zu erkennen ist, so hat das seinen Grund in der Ausbildung der Extremitäten. Je mehr diese an Bedeutung gewinnen und die wichtigsten Bewegungsapparate des Körpers werden, um so mehr werden Teile der

Stammesmuskulatur abgezweigt, ungruppiert und in den Dienst der Extremitäten gestellt. Segmentale Muskeln sind nur noch die Intercostales und die einzelnen Teile der Muskelmassen, welche links und rechts von der Wirbelsäule am Rücken hinziehen. Embryonal legt sich jedoch bei allen Wirbeltieren die Muskulatur segmental in Form der Ursegmente (früher Urwirbel genannt) an (Fig. 487); von den Ursegmenten schnüren sich ansehnliche Teile wie Knospen ab und liefern die Extremitätenmuskulatur. Da der Kopf als Träger des Hirns und der wichtigsten Sinnesorgane für die Ortsbewegung nicht benutzt wird, fehlt die aus den Ursegmenten sich entwickelnde Muskulatur bis auf geringe in den Augenmuskeln enthaltene Reste. Was hier von Muskeln vorhanden ist, ist sogenannte viscerale Muskulatur, welche unabhängig von den Urwirbeln entsteht.

Fig. 486.

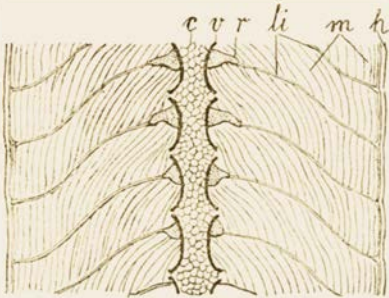


Fig. 486. Horizontalschnitt durch die vordere Rumpfgegend eines jungen *Rhodens amarus*, auf der Höhe der Ursprünge der unteren Bögen. *c* Chorda, *v* knöchernen Wirbelkörper, *r* Rippenenden der knorpeligen unteren Bögen, *li* Ligamenta intermuscularia, *m* Längsmuskeln, *h* Haut.

Fig. 487.

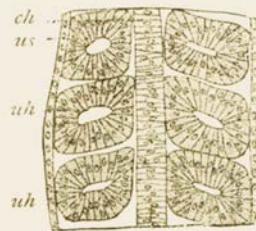


Fig. 487. Frontalschnitt durch einen Embryo von *Triton*. *ch* Chorda, *us* Ursegmente (Muskelanlagen), *uh* Höhlungen der Ursegmente (aus O. Hertwig).

Ein weiterer wichtiger Grundzug der Wirbeltiermuskulatur ist darin gegeben, daß sie bei ihrer Entstehung fast rein dorsal ist und daher auch dauernd bei den *Fischen* vorwiegend dorsal angebracht ist. Die Muskeln, die sich ventral vorfinden, sind zum größten Teil erst vom Rücken dahin verlagert, wobei abermals als wesentlichste Ursache die fortschreitende Ausbildung der paarigen Extremitäten anzusehen ist. Der dorsale Charakter der Wirbeltiermuskulatur ist nur ein Teil einer Allgemeinerscheinung, daß nämlich durch die Skelettachse im Wirbeltierkörper eine Scheidung zwischen einer dorsalen, animalen, d. h. fast nur animale Organe enthaltenden Sphäre und einer ventralen, vorwiegend vegetativen Sphäre herbeigeführt wird. Außer den Muskeln gehören der Rückenseite noch an: 1. das Zentralnervensystem, 2. die wichtigsten Sinnesorgane: Auge, Nase und Gehörorgan.

Das Zentralnervensystem der Wirbeltiere besteht aus Hirn- und Rückenmark; es unterscheidet sich von den zum Teil dorsal (Hirn), zum Teil ventral (Bauchmark) angebrachten Zentralorganen der übrigen gegliederten Tiere (*Anneliden* und *Arthropoden*) durch seine rein dorsale Lage; ferner unterscheidet es sich von den Ganglienknötchen und Nervensträngen aller wirbellosen Tiere durch die sonst nur noch bei *Ascidien*-Larven vorkommende Röhrenform, d. h. durch die Anwesenheit eines Kanals, der in der Achse des langgestreckten Zentralorgans verläuft, eine Flüssigkeit, den Liquor cerebrospinalis, enthält und von einem besonderen

Nerven-
system.

Epithel (Ependymepithel) ausgekleidet ist. Dieser Zentralkanal erklärt sich entwicklungsgeschichtlich daraus, daß das Nervensystem sich von dem Ectoblast, von dem es abstammt, nicht durch Abspaltung, sondern durch Einfaltung in folgender Weise ablöst (Fig. 13). In der Rückenhaul des Embryo macht sich frühzeitig eine mediane Längsrinne, die Medullarfurche, bemerkbar; der Boden derselben, die Medullarplatte, krümmt sich mit fortschreitender Entwicklung immer energischer zusammen, bis sich die Rinne durch Zusammenneigen der Ränder zum Rohr geschlossen hat. Wichtig ist, daß fast bei allen Wirbeltieren das hintere Ende des Neuralrohrs bei seiner Entstehung den hier gelegenen Blastoporus oder Urmund umschließt und daher vorübergehend mittels des *Canalis neurentericus* mit dem Darmrohr in offener Verbindung steht, eine Verbindung, welche sonst nur noch bei den Larven der *Ascidien* beachtet wird (Fig. 269, S. 311). Eine Kommunikation nach außen besteht lange am vorderen Ende und heißt *Neuroporus*. — Das Neuralrohr des niedersten Wirbeltieres, des *Amphioxus*, ist in ganzer Länge gleichförmig dick. Immerhin läßt sich sein vorderes Ende als rudimentäres Hirn von dem Hauptteil, dem Rückenmark, unterscheiden, indem der sonst enge Neuralkanal sich vorn auf Kosten der Wanddicke blasenförmig erweitert. Wie bei den *Ascidienlarven* kann man sogar zwei Hirnabschnitte unterscheiden: 1. die blasenförmige Anschwellung selbst, *Archencephalon*, 2. einen Übergangsteil, *Deuterencephalon*.

Rückenmark.

Bei allen übrigen Wirbeltieren ist das Gehirn als ein ansehnlicher Abschnitt vom Rückenmark abgesetzt. Das Rückenmark (*Medulla spinalis*) ist ein zylindrischer, nur bei den *Cyclostomen* (Fig. 475) bandförmig abgeplatteter Strang, welcher in der ventralen und dorsalen Mittellinie von zwei Längsfurchen eingekerbt ist [*Sulcus anterior* (*S_a*) und *S. posterior* (*S_p*), Fig. 75]. Der Zentralkanal (*Cc*) ist aus der Achse ventralwärts verschoben, sein Lumen durch die starke Entwicklung des Nervengewebes außerordentlich eingeengt. An letzterem kann man, wie an den Ganglienknötchen der wirbellosen Tiere, zwei Schichten unterscheiden, von denen die eine im wesentlichen nur Nervenfasern, die andere außer Nervenfasern zahlreiche Ganglienzellen enthält. Die Anordnung der Schichten ist aber genau entgegengesetzt ihrer Anordnung in den Ganglienknötchen, indem die Ganglienzellschicht, die „graue Substanz“, im Zentrum liegt, die Nervenfaserschicht, die „weiße Substanz“ (*W*), dagegen peripherer, eine umgekehrte Schichtenfolge, die eine notwendige Folge der Entwicklung durch Einfaltung ist. Der durch die Namen ausgedrückte Farbenunterschied hat seinen Grund darin, daß in der Rinde des Rückenmarks die weißen, markhaltigen Nervenfasern verlaufen, während die in der grauen Substanz zwischen den Ganglienzellen vorkommenden Nervenfasern fast ausschließlich grau und marklos sind. Der Farbenunterschied beider Substanzen fehlt daher beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen*, welche noch keine markhaltigen Nervenfasern haben, ohne daß der Aufbau des Rückenmarks im Prinzip ein anderer wäre. — Die graue Substanz umgibt zunächst den Zentralkanal, ragt dann aber noch weiter auf jeder Seite mit abgerundeten Vorsprüngen dorsal und ventral in die weiße Substanz hinein; sie erhält so auf dem Querschnitt die Gestalt eines *H*, dessen dorsale Schenkel die Hinterhörner (*HH*), die ventralen Vorderhörner (*VH*) heißen. Durch Vorder- und Hinterhörner und die von ihnen entspringenden vorderen und hinteren Nervenwurzeln wird die aus longitudinalen Fasern bestehende weiße Substanz (*W*) jederseits in drei Längsstränge zerlegt, die Seiten-, Vorder- und Hinterstränge.

Jedem Muskelsegment entsprechend gehen vom Rückenmark zwei Nervenwurzeln ab, eine dorsale, welche aus dem Hinterhorn der grauen Substanz kommt und in einiger Entfernung vom Rückenmark zu einem Ganglion (G. spinale) anschwillt und eine ventrale, die dem Vorderhorn entstammt und kein Ganglion besitzt. Die dorsale Wurzel enthält vornehmlich sensible, die ventrale nur motorische Nervenfasern (Bellsches Gesetz). Selten verästeln sich beide Wurzeln eine jede für sich (*Amphioxus* und *Cyclostomen*). Die Regel ist, daß sie sich zunächst zu einem gemischten Nerven durchflechten und dieser sich dann in einen dorsalen und ventralen Ast gabelt und einen in den Sympathicus eintretenden visceralen Zweig abgibt.

Das Gehirn sämtlicher cranioten Wirbeltiere stimmt in seinem am schönsten während der Entwicklung zutage tretenden Grundplan mit dem Hirn des Menschen überein (Fig. 488). Ausgangspunkt ist der oben für *Amphioxus* geschilderte zweiteilige Zustand: zuvorderst das Urhirnbläschen oder Arhencephalon, dahinter das den Übergang zum Rückenmark vermittelnde Hinterhirn, Deuter- oder Metencephalon. Dieses Entwicklungsstadium findet sich nur bei Embryonen einiger weniger niederer Wirbeltiere und ist auch hier von kurzer Dauer. Indem das Arhencephalon sich weiter in zwei Teile sondert, das Vorderhirnbläschen (Prosencephalon) und das Mittelhirnbläschen (Mesencephalon), wird der seit langem bekannte dreiblasige Zustand des Gesamthirns hergestellt. Bei den meisten Wirbeltieren wird derselbe schon erreicht, noch ehe der Medullarkanal sich schließt. Früher ließ man auf den dreiblasigen Zustand des Hirns den fünfblasigen folgen, auf welchem das Mittelhirn (*MH*) sich unverändert erhält, das Hinterhirn dagegen sich in Kleinhirn (*KH*) und Nachhirn (*NH*), das Vorderhirn in Großhirn (*VH*) und Zwischenhirn (*ZH*) teilen sollte. Unberechtigt ist bei dieser Darstellung die Unterscheidung eines vierten und fünften Hirnbläschens, da Kleinhirn (Metencephalon) und Nachhirn (Rhombencephalon) zusammengehören und sich zueinander verhalten wie Decke und Basis eines und desselben Raumes (Fig. 489). Dagegen sind Großhirn (Telencephalon) und Zwischenhirn (Diencephalon) als besondere Hauptabschnitte zu betrachten. Das Vorderhirn ist gleich bei seiner Entstehung am vorderen Ende durch eine Einbuchtung in zwei Lappen abgeteilt. Dieselben wachsen zu den Großhirnhemisphären aus und sondern sich dabei von einem dahinter gelegenen unpaaren Abschnitt, dem Zwischenhirn oder zweiten Hirnbläschen.

Führen wir jetzt die Ausdrücke der menschlichen Anatomie für die einzelnen Hirnabschnitte ein, so besteht die erste Hirnblase (*VH*) aus den beiden Großhirnhemisphären, deren dorsale und seitliche Wandungen sich meist stark verdicken und das Pallium heißen, während zwei Anschwellungen an der Basis links und rechts die Corpora striata (Fig. 489 *3*) oder Großhirnganglien genannt werden. Die Hohlräume in den Hemisphären sind der erste und zweite Ventrikel (Fig. 488 *SV*). Vom vorderen Abschnitte jeder Großhirnhemisphäre schnürt sich stets noch ein besonderer Teil ab, der Lobus olfactorius (Fig. 489 *1*), welcher den Nervus olfactorius zum Geruchsorgan abgibt. Da nun das Geruchsorgan häufig durch einen weiten Zwischenraum vom vorderen Hirnende getrennt ist, muß entweder der Nervus olfactorius lang ausgezogen sein, wie bei den *Amphibien* (Fig. 529), oder der Lobus olfactorius muß sich strecken, wie z. B. bei vielen *Haien* (Fig. 513). Im letzteren Falle liegt das angeschwollene Ende des Lobus dem Geruchsorgan dicht an und bleibt mit dem Hirn durch einen Stiel in Verbindung. Man nennt dann den Stiel Tractus, die Anschwellung Bulbus olfactorius, den im Hirn verbleibenden

Gehirn.

Teil den sekundären Lobus olfactorius; Tractus und Bulbus müssen als Hirnteile sehr wohl vom Nervus olfactorius unterschieden werden.

Im Bereiche der zweiten Hirnblase (Fig. 488 *ZH*) verdicken sich vornehmlich nur die Seitenwandungen und liefern die unmittelbar an die Corpora striata anschließenden Thalami optici (Fig. 489 *10*). Die Decke dagegen entwickelt nur in ihrem hintersten Abschnitt spärliche Nervensubstanz, sonst bleibt sie eine dünne, beim Abziehen der Hirnhäute einreißende Epithelschicht, die man früher ganz unberücksichtigt ließ, so daß man von einer in das Lumen des Hirns einleitenden Öffnung, einem „vorderen Hirnschlitz“, sprechen konnte; sie führt in das Innere des sogenannten dritten Ventrikels (*III*). Dünnwandig ist auch die Basis zwischen den Thalami optici; sie ist nach abwärts zu einem Trichter ausgezogen, dem Infundibulum (*11*), von welchem bei *Fischen* drei Ausstülpungen ausgehen, eine unpaare, der *Sacculus vasculosus*, und zwei paarige, die *Lobi inferiores*. — Die dritte

Fig. 488.

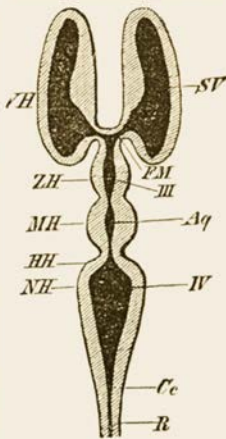


Fig. 489. Schema eines Sagittalschnitts durch das Wirbeltierhirn (im Anschluß an Bütschli), rechte Großhirnhemisphäre ebenfalls durch einen Sagittalschnitt geöffnet. *1* Lobus olfactorius, *2* Großhirnhemisphäre (Pallium), *3* Corpus striatum, *4* Paraphysis, *5* Parietalorgan, *6* Epiphysis, *7* Commissura anterior, *8* N. opticus, *9* Tela chorioidea anterior sendet einen Fortsatz in den Ventrikel der Großhirnhemisphäre. *10* Thalami optici, *11* Infundibulum, *12* Hypophysis, *13* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *14* Kleinhirn, *15* Medulla oblongata, *16* Chorda dorsalis, *17* Tela chorioidea posterior, *18* Rückenmark.

Fig. 489.

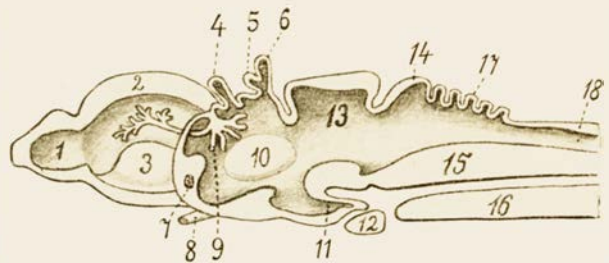


Fig. 488. Schema des Wirbeltierhirns (aus Wiederheim). *VH* Vorderhirn (Großhirn), *ZH* Zwischenhirn (Thalami optici), *MH* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *HH* Hinterhirn (Kleinhirn), *NH* Nachhirn (Medulla oblongata), *SV* Seitenventrikel, *III*, *IV* dritter und vierter Ventrikel, *FM* Foramen Monroi (Verbindung der Seitenventrikel untereinander und mit dem dritten Ventrikel), *Aq* Aquaeductus Sylvii, *R* Rückenmark mit Zentralkanal (*Cc*).

Hirnblase (*12*) ist auf ihrer dorsalen Seite in der Regel durch eine tief-einschneidende Längsfurche in einen linken und rechten Lappen abgeteilt. Bei den *Säugetieren* wird die hier flache Längsfurche durch eine Quersfurche gekreuzt, daher der Name Corpora quadrigemina, Vierhügel, für das Mittelhirn. Ferner schwindet bei den *Säugetieren* das bei anderen Wirbeltieren ansehnliche Lumen des Mittelhirnbläschens durch gleichmäßige Verdickung seiner Wandungen bis auf einen engen Kanal, den Aquaeductus Sylvii, was zur Folge hat, daß man die Bezeichnung „IV. Ventrikel“ für die „Rautengrube“, den Hohlraum des folgenden und letzten Hirnabschnittes, des Rhombencephalon, anwendet. Dieses heißt Medulla oblongata (*15*) oder verlängertes Mark, weil es aus der Verlängerung des Rückenmarkes hervorgeht, und in vieler Hinsicht die Strukturverhältnisse desselben fortführt. Es unterscheidet sich äußerlich

von ihm, indem es sich nach vorn allmählich verbreitert und unter Bildung des hinteren Hirnschlitzes seine Decke verliert. Auch hier würde man richtiger sagen, daß die Decke der Medulla auf ein dünnes Epithelhäutchen reduziert ist (17). Vor dem hinteren Hirnschlitz liegt als ein Rest der Decke des vierten Ventrikels das Kleinhirn (14), vielfach nur eine dünne, quer ausgespannte Marklamelle (Fig. 529), meist jedoch ein ansehnlicher Hirnteil, welcher bei *Säugetieren* aus einem medianen Wulst (dem Wurm) und zwei seitlichen Hervorwölbungen, den Kleinhirnhemisphären besteht.

Obwohl die besprochenen Hauptabschnitte bei allen Wirbeltieren mit Ausnahme des *Amphioxus* vorkommen, ist doch das Aussehen des Hirns in den einzelnen Klassen ein wesentlich verschiedenes, weil das Größenverhältnis und damit auch die Gestalt der Teile ganz außerordentlichen Schwankungen unterworfen ist. Bei den niederen Wirbeltieren sind Mittelhirn und Nachhirn unverhältnismäßig umfangreich, während das Großhirn, manchmal auch das Kleinhirn, an Masse unbedeutend ist. Am Großhirn wiederum bleibt das Pallium (die Hemisphären) im Wachstum hinter den Corpora striata und den Lobi olfactorii zurück. Umgekehrt überflügeln bei den höheren Wirbeltierklassen das Großhirn und das Kleinhirn die übrigen Abschnitte. Ganz besonders vergrößern sich proportional der Intelligenzzunahme die Großhirnhemisphären; sie wachsen nach rückwärts und decken schließlich beim *Menschen* und bei den *Affen* die übrigen Hirnabschnitte zu; sie dehnen sich auch nach vorn aus und verdrängen die bei Fischen das vordere Hirnende bezeichnenden Lobi olfactorii nach der Basis. — Um bei dem eng begrenzten Raum der Schädelhöhle eine möglichst ausgedehnte Entwicklung der Hirnrinde, welche der Sitz der Intelligenz ist, zu ermöglichen, faltet sich die Oberfläche zu Berg und Tal, den Gyri und Sulci, ein. Etwas Ähnliches vollzieht sich auch beim Kleinhirn, welches bei *Vögeln* und *Säugetieren* nächst dem Großhirn der umfangreichste Hirnabschnitt ist (Fig. 563).

Mit dem Zwischenhirn der Wirbeltiere hängen zwei merkwürdige ^{Hypophysis, Epiphysis, Parietalorgan.} Organe zusammen, von denen das eine dorsal an der Grenze der Vierhügel und Thalami optici, das andere ventral am Infundibulum lagert (Fig. 489 6), weshalb das erstere Epiphysis (Fig. 489 6), das zweite Hypophysis heißt (12). Die Hypophysis entsteht nach Art einer Drüse als eine Ausstülpung der embryonalen Mundhöhle, der Mundbucht. Die so gebildete Hypophysentasche schnürt sich ab, vergrößert sich durch Knospung, und verwächst mit Teilen, welche vom Ende des Infundibulum stammen zu einem einheitlichen zweilappigen Körper. Das lange Zeit für eine rudimentäre Bildung gehaltene Organ scheint dieselbe Drüse zu sein, welche unter dem Hirnganglion der Ascidien lagert (S. 311); es ist nach neueren Erfahrungen auch bei den *Wirbeltieren* nicht funktionslos, sondern ähnlich der Thyreoidea eine Drüse mit innerer Sekretion (S. 69), welche Einfluß auf das Wachstum der Gewebe, speziell der Knochen besitzt. — Die Epiphysis (Zirbeldrüse) ist eine Ausstülpung der Hirndecke. Von ihr aus entwickelt sich häufig nach vorn eine zweite Ausstülpung, das Parietalorgan (5). Letzteres hat bei *Sauriern* (*Hatteria*, *Anguis*, *Lacerta* usw.) die Struktur eines bläschenförmigen Auges (Parietalauge) und liegt hier, abgerückt vom Hirn und mit ihm durch einen Nerven verbunden, in einem besonderen Loch der Scheitelbeine, welches nicht nur bei lebenden, sondern auch bei ausgestorbenen *Reptilien* nachweisbar ist. Über dem „Parietalauge“ kann die Haut glasartig durchsichtig sein. Da nun bei *Cyclostomen* sich die hintere Ausstülpung (Epiphysis) ebenfalls augenartig ausgestaltet,

ist man zur Vermutung gekommen, es möchten Epiphysis und Parietalorgan von Haus aus symmetrische dorsale Augen gewesen sein, welche durch Raumbeengung gezwungen wurden, sich hintereinander anzuordnen. Ganz unaufgeklärt ist die Funktion einer dritten, weiter nach vorn gelegenen Ausstülpung des Hirndachs, der *Paraphysis*, welche überall angelegt wird, vielfach aber vollkommen schwindet (\neq).

Hirnnerven. Rücksichtlich der Hirnnerven herrschen bei allen *Amnioten* prinzipiell die gleichen Verhältnisse wie beim Menschen; man kann 12 Hirnnerven unterscheiden: 1. Olfactorius, 2. Opticus, 3. Oculomotorius, 4. Trochlearis, 5. Trigemini, 6. Abducens, 7. Facialis, 8. Acusticus, 9. Glossopharyngeus, 10. Vagus, 11. Accessorius, 12. Hypoglossus. Bei den *Anamnioten* dagegen ergeben sich mancherlei Besonderheiten. So hat man bei *Selachiern*, *Dipneusten* und *Amphibien* einen rudimentären, aber mit einem Ganglion versehenen Hirnnerven entdeckt, der noch vor dem Olfactorius das Großhirn verläßt und zum Geruchsgrübchen verläuft, den N. terminalis. Auch bei Embryonen von Säugetieren und Reptilien hat man ihn wieder gefunden und nähere Beziehungen zu den Jacobson'schen Organ, einem abgesonderten Teil der Nase, nachweisen können. Andererseits fehlen die beiden letzten Hirnnerven noch bei *Fischen* und *Amphibien*. Das Fehlen des Accessorius erklärt sich daraus, daß seine Nervenfasern noch einen Teil des Vagus bilden und somit noch nicht zu einem besonderen Nerven individualisiert sind. Das Verhalten des Hypoglossus ist verwickelter.

Der Hypoglossus der *Amnioten* ist bei den *Anamnioten* durch Cervicalnerven vertreten; er legt sich demgemäß bei Säugetieren auch nach Art der Cervicalnerven aus mehreren vorderen und hinteren Wurzeln an, von denen die letzteren samt ihren Ganglien rückgebildet werden, so daß nur die motorischen Fasern erhalten bleiben. Dieses Verhalten des Hypoglossus erklärt sich aus der oben schon erörterten Erscheinung, daß eine Anzahl Wirbel als Neocranium mit dem alten Hirnschädel, dem Palaeocranium verschmelzen. Da derartige Wirbelverschmelzungen schon bei Fischen vorkommen, begegnet man auch bei ihnen einer Anzahl in das Neocranium einbezogener Cervicalnerven, welche bei *Amnioten* nicht mehr erhalten sind und daher als spino-occipitale Nerven von den im Hypoglossus enthaltenen occipito-spinalen Nerven unterschieden werden. — Beim Vergleich von *Amnioten* und *Anamnioten* ist ferner zu beachten, daß mit dem Schwund der den Anamnioten zukommenden Kiemen auch weite Strecken der betreffenden Kopfregion und demgemäß auch die entsprechenden, der Hauptsache nach sensibeln Nervenverästelungen geschwunden sind, vor allem die an die Kiemenspalten gehenden und daher segmental angeordneten Äste des Vagus, Glossopharyngeus und Facialis. Daraus, daß anfänglich vorhandene sensible Fasern verloren gehen, daß sich dagegen namentlich bei *Säugetieren* im Bereich des Facialis eine reiche viscerale Muskulatur entwickelt hat, erklärt es sich, daß der bei Fischen vorwiegend sensible Facialis bei Säugetieren zu einem fast rein motorischen Nerven hat werden können.

Da unzweifelhaft im Kopf der Wirbeltiere zahlreiche verwachsene Körpersegmente enthalten sind, mindestens so viele, als sich Visceralbögen finden, so entsteht die Frage, ob man auch für die Hirnnerven noch Reste der für die Spinalnerven so deutlichen segmentalen Anordnung erkennen kann. Hieran reiht sich die weitere Frage, ob das Bellsche Gesetz von den dorsalen sensibeln und ventralen motorischen Wurzeln auf die Hirn-

nerven übertragbar ist. Bei Beantwortung dieser Fragen scheiden die dem Vorderhirnbläschen entstammenden N. olfactorius und N. opticus aus. Letzterer ist überhaupt kein peripherer Nerv, sondern ein Verbindungsstrang zwischen Hirnteilen, da die Retina des Auges, wie wir sehen werden, ein durch Ausstülpung nach der Peripherie verschobener Hirnteil ist. Mit dieser seiner cerebralen Natur hängt eine Eigentümlichkeit des Opticus zusammen, die „Kreuzung“; bei *Knochenfischen* tritt der gesamte linke Nerv an das rechte, der rechte an das linke Auge, wobei die Nervenfasern bei der Wegkreuzung sich durchflechten oder übereinander hinweglaufen können. Bei den meisten Wirbeltieren ist nur ein Teil der Fasern außerhalb des Hirns gekreuzt (Chiasma). Vollzieht sich die Kreuzung ganz innerhalb des Hirns, wie das ja für die echten Hirnnerven die Regel ist, so macht es den Eindruck, als werde jedes Auge von einem gleichseitigen Nerven versorgt (*Cyclostomen*).

Was nun die übrigen Nerven anlangt, welche mit Ausnahme des vom Mittelhirn kommenden Oculomotorius und Trochlearis vom Nachhirn entspringen, und zwar von der Basis und den Seitenteilen desselben, so entwickeln sich Oculomotorius und Abducens, vielleicht auch Trochlearis nach Art vorderer Wurzeln; sie versorgen die Augenmuskeln, d. h. Reste der sonst am Kopf zum größten Teil rückgebildeten, aus den Myotomen (Kopfsomit) sich entwickelnden Stammesmuskulatur; alle übrigen Hirnnerven dagegen — selbstverständlich mit Ausschluß des Hypoglossus — entstehen wie dorsale Wurzeln, sind daher von Haus aus vorwiegend sensibel und demgemäß auch mit Äquivalenten von Spinalganglien ausgerüstet (G. Gasserii des Trigeminus, Ganglion geniculi des Facialis, Vagus- und Glossopharyngeusganglion); sie enthalten aber reichlich motorische Nervenfasern. Es ist nun wichtig, daß die von letzteren versorgten Muskeln nicht von den Ursegmenten abstammen und somit nicht der Stammesmuskulatur angehören, sondern der sogenannten „visceralen“ Muskulatur. Da nun die dorsalen Wurzeln beim *Amphioxus* ebenfalls motorische Nervenfasern enthalten, welche viscero-motorische Nervenfasern in den dorsalen Wurzeln auch der übrigen Wirbeltiere nicht fehlen, ist man genötigt, den Bellschen Satz zu modifizieren und zu sagen, daß die motorischen ventralen Wurzeln die Nerven der Ursegmente sind, die dorsalen Wurzeln dagegen außer Sinnesapparaten auch die visceralen Muskeln versorgen. — Auf eine ursprünglich-segmentale Anordnung der Hirnnerven hat man vorwiegend aus ihrer Verbreitung an den segmental angeordneten Visceralbögen der Fische geschlossen (Trigeminus vor dem Kieferbogen, Facialis vor dem Zungenbeinbogen, Glossopharyngeus und Vagus mit mehreren Ästen vor den Kiemenbögen).

Außer dem Körpervernersystem haben die Wirbeltiere noch ein besonderes, die Eingeweide versorgendes Nervensystem, den Sympathicus, und in demselben ein besonderes Zentralorgan, den „Grenzstrang“. Letzterer besteht aus einem linken und rechten, unter der Wirbelsäule hinziehenden, durch Rami viscerales mit den Spinalnerven verbundenen Längsstrang, in welchen Ganglienknötchen eingebettet sind. Das letzte Ganglion liegt an der Basis der Schwanzwirbelsäule, das erste am vordersten Halsende; von diesem dringen sympathische Fäden an die Basis des Kopfes vor, auch hier mit Knötchen (Ganglion oticum, G. sphenopalatinum) in Verbindung tretend. Der Grenzstrang entsendet Nerven in Form zierlicher, mit Vorliebe die Blutgefäße begleitender Geflechte (Plexus sympathici) an die vegetativen Organe (Darm, Geschlechtsapparat usw.); er steht ferner mit den Spinalnerven in Verbindung.

Sympathicus.

Hirnhäute.

Der Zwischenraum zwischen dem Zentralnervensystem und dem umhüllenden Skelett wird durch Bindegewebe ausgefüllt, welches das Material für die Hirn-Rückenmarkshäute oder Meningen darstellt. Schon bei den Fischen unterscheidet man zwei durch Lymphspalten getrennte Lagen, die durch reichliches Fettgewebe infiltrierte Ektomeninx und die das Nervensystem mit Blut versorgende Entomeninx. Aus ersterer entwickelt sich bei den übrigen Wirbeltieren die zugleich das Periost des Schädels bildende Dura mater, die harte Hirnhaut; letztere sondert sich durch Entwicklung von Lymphspalten in die die Blutgefäße enthaltende Pia mater und die nach außen von ihr gelegene Arachnoidea.

Sinnesorgane.

Bei der Deutung der Sinnesorgane der Wirbeltiere bewegen wir uns auf einer viel sichereren Grundlage als bei den übrigen Tierstämmen, da die große Ähnlichkeit mit den Sinnesorganen des Menschen im allgemeinen gestattet, die eigenen Erfahrungen bei ihrer Deutung zu verwerten. Rücksichtlich der Sinnsorgane der Haut (Tastorgane) wissen wir, daß bei den Säugetieren Nervenfasern in das Epithel eindringen, ihre Markscheide verlieren und sich zwischen den Epithelzellen verästeln. Sie können hier mit besonderen Tastscheiben endigen (Eimersche Organe in der Schnauze von *Maulwurf* und *Schwein*). Außer diesen interepithelialen findet man subepitheliale, im Mesoderm eingeschlossene Nervenendigungen, die Tastkörperchen, welche nach ihrem Vorkommen mannigfach modifiziert sind und verschiedenerlei Namen erhalten haben (Krausesche, Grandryische Körperchen) (Fig. 490); sie bestehen aus

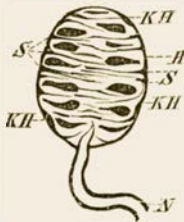


Fig. 490. Tastkörperchen aus der Vogelzunge. *N* zutretender Nerv, *H* äußere Hülle, *KH* Kerne derselben, *S* Scheidewände.

einen wenigen oder zahlreichen Zellen, welche umschlossen von einer Hülle im Bindegewebe liegen, von denen man aber vermutet, daß sie vom Epithel abstammen. Auch hier endigen die Nerven, welche sich in den Körperchen verästeln, zwischen den Zellen mit Tastscheiben. Lange Zeit nur von landbewohnenden Wirbeltieren bekannt, wurden die Tastkörperchen neuerdings auch bei den Fischen gefunden. — Den Tastkörperchen reiht man wegen ihrer allgemeinen Form und mesodermalen Lagerung die Kolbenkörperchen (auch Vater-Pacinische Körperchen genannt) an, obwohl sie in ihrer feineren Struktur von ihnen erheblich unterschieden sind und auch schwerlich eine Ableitung vom Ektoderm gestatten, da sie nicht nur in der Haut, sondern auch

in inneren Organen (Mesenterium der Katze) vorkommen (Fig. 77). Letztere Lagerung macht die physiologische Deutung der Kolbenkörperchen sehr problematisch. — Die morphologische Vielgestaltigkeit der Hautsinnesorgane läßt erkennen, daß das, was man früher Tastsinn genannt hat, einer Vielheit von Sinnesapparaten entspricht. Experimente haben denn auch gelehrt, daß man besondere Nerven und Nervenendigungen für Druck-, Temperatur-, Schmerzempfindungen annehmen muß.

Während in den besprochenen Fällen ein typisches Sinnesepithel fehlt, findet sich dasselbe bei eigentümlichen Sinnesorganen, welche in der Haut der landbewohnenden Wirbeltiere vollkommen vermißt werden, in der Haut der Fische dagegen eine hohe Entwicklung erfahren. Die in die Epidermis übertretenden Nerven endigen hier an ovalen Zellgruppen, die zwar in ein vielschichtiges Epithel eingebettet sind, selbst aber aus einer einzigen Lage von Sinnes- und Stützzellen bestehen. Nach der

Struktur der Sinneszellen unterscheidet man Nervenendhügel und Nervenendknospen. Die Nervenendhügel sind die spezifischen Elemente der später zu besprechenden Seitenorgane der *Fische*; da sie auch bei den durch Kiemen atmenden *Amphibien* und *Amphibienlarven* auftreten, können sie nur besondere, für den Wasseraufenthalt wichtige Empfindungen vermitteln, weshalb man auch von Organen eines sechsten (dem Menschen fehlenden) Sinnes gesprochen hat (vgl. S. 113). Die Nervenendknospen drängen sich namentlich in der Umgegend der Mundöffnung zusammen, an den Lippen und Barteln. Indem sie auch in der Mundschleimhaut der *Fische*, speziell in dem den Gaumen überziehenden Teil vorkommen, leiten sie uns zu den Geschmacksorganen über. In der Tat zeigen auch die Nervenknospen der Fischhaut vollkommen den gleichen Bau wie die Geschmacksknospen (Schmeckbecher), welche zuerst bei *Säugetieren*, später auch bei den übrigen Wirbeltieren entdeckt wurden. Bei den *Säugetieren* haben sie ihren Liebessitz am Grunde der Zunge in den Wandungen der Papillae circumvallatae des Menschen, den großen Papillae foliatae der *Nagetiere* usw.

Fig. 491.

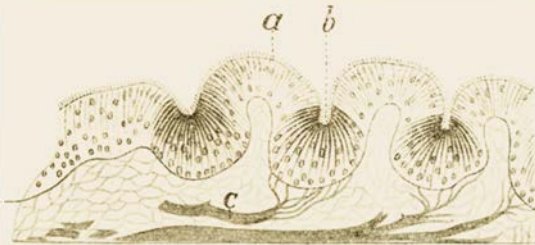


Fig. 492.

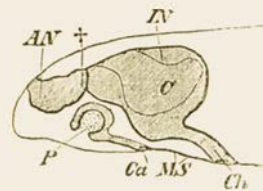


Fig. 491. Querschnitt durch die Geruchsschleimhaut eines *Fisches* (*Belone*). a Epithel, b Geruchsknospen, c zutretende Nerven (aus Plate).

Fig. 492. Schema der Nase einer *Eidechse* (Sagittalschnitt). AN äußere, IN innere Nasenhöhle, + Verbindung beider, C Nasenmuschel, CH Choane, MS Mundschleimhaut, P Jacobsonsches Organ, Ca Kanal desselben zur Mundhöhle (nach Wiedersheim).

Ob die Nervenendknospen der Haut auch zu den Geruchsorganen überleiten, ist sehr zweifelhaft. Die Riechschleimhaut mancher *Fische* besteht noch aus Nervenknospungen, die voneinander durch gewöhnliches Epithel getrennt werden (Fig. 491). Es wäre denkbar, daß durch Schwund der trennenden Brücken die Nervenendknospen sich zu einem kontinuierlichen Riechepithel zusammengeschlossen hätten, wie es den Wirbeltieren in der Regel zukommt. Doch findet diese Auffassung Schwierigkeiten im feineren Bau der Riechzellen, welche primäre Sinneszellen sind, während die Endknospen sekundäre Sinneszellen besitzen (vgl. S. 73, Fig. 36). Das vom Riechepithel ausgekleidete Geruchsorgan, die Nase, hat nun ebenso wie Auge und Gehör durch den Grad der Vervollkommnung, welchen es erreicht, sowie durch die dabei zutage tretenden, systematisch wichtigen Unterschiede ein besonderes Interesse. Mit Ausnahme des *Amphioxus* und der *Cyclostomen*, welche letztere einen unpaaren Nasensack besitzen, haben alle Wirbeltiere eine paarige Nase. Bei *Fischen* dauernd und bei *Amphibien*, *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren* auf frühen Entwicklungsstadien liegen scheidelwärts von der Mundöffnung (ventral vor oder dorsal hinter ihr) zwei Grübchen, entweder vollkommen isoliert für sich oder nur durch eine Rinne der Haut mit der Mundhöhle

verbunden (Fig. 519, 520). Bei den Wirbeltieren, welche auf das Land übergehen und die Kiemenatmung mit der Lungenatmung vertauschen, erhält die Nase die weitere Bedeutung eines Luft zuleitenden Kanals. Zu diesem Zweck schließt sich die Nasenmundrinne zu einer Röhre, welche mit der einen Öffnung auf der Haut beginnt, mit der zweiten Öffnung, der Choane, in die Mundhöhle führt. In der Wand der Röhre, vornehmlich ihrer dorsalen Partie, ist das eigentliche Riechsäckchen eingebettet (Fig. 492). Die innere Öffnung liegt bei *Amphibien*, *Eidechsen*, *Schlangen* und Vögeln weit vorn hinter dem Oberkiefer; bei *Crocodylen*, manchen *Cheloniern* und *Säugetieren* ist dagegen die Choane an der Schädelbasis rückwärts verlagert, bei den *Crocodylen* und manchen *Säugetieren* (*Edentaten*) sogar bis in die Nähe der Wirbelsäule. Die Verlagerung wird durch die Entwicklung des harten Gaumens herbeigeführt, einer Scheidewand, welche die primitive Mundhöhle in zwei Etagen teilt, eine untere, die bleibende Mundhöhle und eine obere, welche als sekundäre Nasenhöhle zum Nasenkanal hinzugeschlagen wird und denselben nach rückwärts verlängert. Am harten Gaumen beteiligen sich die anliegenden Knochen der Maxillar- und Palatinreihe, indem die Intermaxillaria, Maxillaria, Palatina, selten auch die Pterygoidea horizontale Gaumenfortsätze aussenden, die von rechts und links ausgehen und in der Mittellinie mit den entsprechenden Knochen der anderen Seite zusammenstoßen. Bei *Säugetieren* wird die knöcherne Scheidewand des harten Gaumens noch eine Strecke weit durch die muskulöse Scheidewand des weichen Gaumens fortgesetzt. Ein fibröser weicher Gaumen findet sich auch bei *Crocodylen*.

Eine weitere Vergrößerung der Oberfläche der Nasenhöhle wird herbeigeführt erstens durch komplizierte Faltungen ihrer Wand, die von besonderen Skelettstücken, den Nasenmuscheln, gestützt werden, zweitens durch Ausstülpung lufthaltiger, mit Schleimhaut ausgekleideter Räume, welche in die benachbarten Knochen eindringen; so bilden sich nach oben die Sinus frontales im Stirnbein, nach rückwärts die Sinus sphenoidales im Keilbein, nach außen das Antrum Highmori im Oberkiefer. Umgekehrt kann von der primitiven Nase ein Teil des Hohlraums mit einem Teil der Geruchschleimhaut abgeschnürt werden und eine vollkommen selbständige Nebennase bilden, welche hinter dem Zwischenkiefer in die Mundhöhle mittels der „Stenonschen Gänge“ mündet und von einem Ast des Olfactorius sowie dem Nervus terminalis versorgt wird. Diese Nebennase, das Jacobsonsche Organ (Fig. 492 P), ist gut entwickelt bei *Eidechsen*, *Monotremen* und *Huftieren*, rudimentär bei den meisten übrigen Wirbeltieren.

Auge.

Das Auge der Wirbeltiere zeigt nur beim *Amphioxus* eine auffallend niedrige, an Ascidienlarven erinnernde Entwicklungsstufe; es ist ein unpaarer Pigmentfleck ohne Linse in der Wandung des Hirns, dessen Lichtempfindlichkeit nicht erwiesen ist; dazu kommen zahlreiche in Pigmentzellen eingelagerte unzweifelhafte Sehzellen im Rückenmark. Bei allen übrigen Wirbeltieren dagegen — mit Ausnahme von *Myxine* und wenigen im Dunkeln lebenden Formen mit degenerierten Augen — besitzt das Auge dieselben Hauptbestandteile, welche dem Sehorgan des Menschen zukommen und in der allgemeinen Zoologie schon eine kurze Darstellung gefunden haben (Fig. 85). Dasselbst haben wir das Auge der Wirbeltiere kennen gelernt als einen nahezu kugeligen Körper, der an seinem hinteren Ende am Sehnerven wie an einem Stiele festsetzt, dessen Inneres von durchsichtigen, lichtbrechenden Substanzen, Linse, Glaskörper (*Corpus vitreum*) und Flüssigkeit (*Humor aqueus*) eingenommen.

wird, dessen Peripherie aus drei konzentrisch wie Zwiebelschalen angeordneten Membranen besteht. Die äußerste Membran ist die derbe, schützende Sclera, eine meist fibröse, bei vielen Fischen knorpelige Schicht, welche im vorderen Abschnitt durchsichtig wird, eine stärkere Krümmung bekommt und so die Cornea liefert. Die zweite Membran ist die blutgefäß- und pigmentreiche Chorioidea, die an der Grenze von Sclera und Cornea sich zur Iris umwandelt. Die innerste Membran ist die Netzhaut oder Retina, deren Bau und Lagerung für das Wirbeltierauge besonders charakteristisch ist.

Entwicklungsgeschichtlich besteht die Retina (Fig. 84) aus zwei Abschnitten, der Retina im engeren Sinne und dem früher zur Chorioidea gerechneten Tapetum nigrum; erstere läßt weiterhin folgende Schichten erkennen: 1. Limitans interna; 2. Nervenfaserschicht; 3. Ganglienzellschicht; 4. innere granulierte oder retikulierte Schicht; 5. innere Körnerschicht; 6. äußere granulierte oder retikulierte Schicht; 7. äußere Körnerschicht; 8. Limitans externa und 9. Stäbchen- und Zapfenschicht. Die Limitans externa ist die Grenzmembran der embryonalen Retina; die durch sie gebildete Grenze wird später überschritten, indem die dem Embryo bei der Geburt öfters noch fehlenden Stäbchen und Zapfen hervorzunehmen. Zwischen den beiden Grenzmembranen spannen sich die Müllerschen Fasern (*m*) aus, lange Stützzellen, wie sie auch in anderen Sinnesepithelien vorkommen, deren Stützfunktion noch verstärkt wird von dem feinen Horngestüt der beiden retikulierten Schichten. In diesen Stützapparat sind die nervösen Elemente eingebettet, welche man am besten versteht, wenn man vom Nervus opticus ausgeht. Derselbe strahlt in die Nervenfaserschicht aus und tritt auf dem Weg nach seinen Endapparaten, den Sehzellen, zweimal mit Ganglienzellen in Verbindung, von denen die einen der Ganglienzellschicht angehören, die anderen der Schicht der sogenannten inneren Körner; denn letztere sind die Kerne bipolarer Ganglienzellen, soweit sie nicht als Kerne dem stützenden Gerüst zuzurechnen sind. Ein großer Teil der Retinaschichten (die Schichten 1 bis 6) ist somit als Ganglion opticum aufzufassen, wie es auch bei *Mollusken* und *Arthropoden* vorkommt, hier aber stets außerhalb des Auges liegt. Das Sehepithel selbst (die Retina in dem Sinne, wie wir den Ausdruck bei *Arthropoden*, *Mollusken* und *Würmern* gebrauchen) besteht nur aus zwei Schichten, der Schicht der äußeren Körner und der Stäbchen- und Zapfenschicht. Die äußeren Körner sind die Kerne außerordentlich dünner, fadenförmiger Epithelzellen, der Stäbchen- und Zapfenfasern, die an ihrem peripheren Ende die Rhabdome tragen. Bezeichnend für den vollkommenen Bau des Wirbeltierauges ist es, daß meist zweierlei Rhabdome vorkommen (Stäbchen und Zapfen) und daß jedes derselben wieder aus zwei Stücken besteht, dem Außen- und Innenglied. — Das Pigment wird der Retina der Wirbeltiere durch eine besondere Schicht, das obengenannte Tapetum nigrum, geliefert; dasselbe ist eine Lage großer, sechseckiger Epithelzellen, welche auf den Spitzen der Stäbchen und Zapfen aufliegen und letztere mit feinen, pseudopodienartigen Ausläufern umstricken. Da Zellkörper und Ausläufer an schwarzen Pigmentkörnchen überaus reich sind, werden die Rhabdome in einen dichten Pigmentmantel eingehüllt.

Haben wir schon in dem gesonderten Auftreten einer Pigmentschicht und weiterhin in der Vereinigung des Ganglion opticum mit dem Sehepithel wichtige Unterschiede des Wirbeltierauges von den Augen der Evertebraten, namentlich von dem sonst so ähnlichen Auge der *Cephalopoden* kennen gelernt, so haben wir nunmehr noch die auffälligste Be-

sonderheit nachzutragen, indem wir die Art betrachten, in welcher die Retina in das Wirbeltierauge eingefügt ist. Die Retina grenzt mit ihrer Limitans interna und Opticusfaserschicht an den Glaskörper, mit der Stäbchen- und Zapfenschicht, resp. mit dem Tapetum nigrum an die Chorioidea. Der durch die lichtbrechenden Medien einfallende Lichtstrahl tritt somit vom Glaskörper zunächst an das Ganglion opticum heran und gelangt erst, nachdem er dasselbe passiert hat, an die Schicht der Sehzellen; hier trifft er zuletzt auf die Rhabdome, welche er von der Basis nach der Spitze durchläuft. Bei fast allen Wirbellosen, namentlich bei den hier zum Vergleich herangezogenen *Cephalopoden*, gelangt der Lichtstrahl umgekehrt direkt an die peripheren Enden der Rhabdome. Die Rhabdome der *Cephalopoden* wie der meisten wirbellosen Tiere sind somit dem Lichte zugewandt, die der *Wirbeltiere* vom Lichte abgewandt.

Entwicklung
des Auges.

Diese vom Gewöhnlichen abweichende, funktionell unzweckmäßige, „inverse“ Lagerung der Retina erklärt sich aus der Entwicklungsweise des Wirbeltierauges. Dasselbe kann nach seiner Entstehung in zwei Teile zerlegt werden, einen cerebralen Teil (Opticus, Retina, Tapetum nigrum) und einen peripheren (alles übrige). Wie das Augenrudiment des *Amphioxus* und der *Ascidien* dauernd einen Teil des Hirns ausmacht, so ist die Retina bei allen übrigen Wirbeltieren wenigstens ihrer Entstehung nach ein Teil des Hirns, und zwar der ersten primitiven Hirnblase. Zwei ventrale Ausstülpungen derselben, die man später im Zusammenhang mit dem



Fig. 493. Entwicklung des Auges (Schema nach O. Hertwig). A Primäre Augenblase (*b*), steht durch den Opticus (*o*) mit dem Hirn (*c*) in Verbindung und wird durch die Linse (*a'*) zum sekundären Augenbecher eingestülpt; B sekundäre Augenblase (Augenbecher), *r* Retina (vordere, innere Wand), *n* Tapetum nigrum (hintere, äußere Wand des Bechers), *v* Corpus vitreum, *a* Linsensäckchen, *s* Stiel, welcher es noch mit der Haut verbindet.

Zwischenhirn trifft, schnüren sich zu Hohlkugeln ab, den primitiven Augenblasen, welche durch einen Stiel, die Anlage des Opticus, mit dem Hirn verbunden bleiben (Fig. 493). Die primitiven Augenblasen (A) werden bis unter die Haut vorgeschoben und hier in die sekundären Augenblasen, die Augenbecher, umgewandelt, indem unter gleichzeitiger Bildung der Linse und des Glaskörpers die vordere und die untere Wand so tief eingestülpt werden, daß sie die Hinterwand berühren (B). Letztere, die Außenwand des so geschaffenen doppelwandigen Bechers, wird zum Tapetum nigrum; erstere, die Innenwand, ist die Netzhaut selbst. Achtet man genau auf die Lage der Epithelzellen in der

embryonalen Netzhaut, so müssen die peripheren Enden derselben, welche früher das Lumen des Hirns begrenzen halfen, jetzt die Anlage des Tapetum berühren und, wenn sie Rhabdome ausscheiden, mit diesen in die Tapetal-schicht hineinwachsen. — Im Gegensatz zur Retina bildet sich die Linse durch Einstülpung vom Körperepithel aus, Sclera, Cornea, Chorioidea und Iris aus dem umgebenden Bindegewebe. So sehen wir, daß das Auge der Wirbeltiere in seinem wichtigsten Abschnitt aus dem Hirn stammt und erst später mit Hilfsapparaten, die an der Oberfläche des Körpers entwickelt werden, in Verbindung getreten ist. Dagegen entsteht das Auge bei den wirbellosen Tieren mit allen seinen gleich von Anfang an harmonisch ineinander gefügten Teilen aus der Haut.

Mit Ausnahme der im Wasser lebenden Wirbeltiere (vergl. die Fische S. 540) ist das Auge normalerweise für die Entfernung eingestellt (Emmetropie); um nun auch in der Nähe Gegenstände erkennen zu können muß es „accomodiert“ werden. Das geschieht durch erhöhte Krümmung der Linse, welche durch Wirkung des an der Grenze von Iris und Chorioidea liegenden Musculus ciliaris erfolgt. Entweder üben circular verlaufende Fasern desselben einen unmittelbaren Druck auf den Linsenäquator aus, oder radiale Faserzüge entspannen die Linsenkapsel, so das die bis dahin gepreßte Linse ihrer Elastizität folgen und sich stärker wölben kann.

Das Auge der Wirbeltiere ist noch weiter mit Hilfsapparaten ausgestattet, mit Muskeln, welche es bewegen, mit Augenlidern, welche die leicht verletzliche und namentlich an der Luft durch Trockenheit leidende Cornea beschützen. Die Augenlider sind Hautfalten, die sich von oben und unten über den Augapfel herüberlegen; sie begrenzen den von Tränenflüssigkeit erfüllten „Conjunctivalsack“, der von der „Conjunctiva“, der Bindehaut des Auges, ausgekleidet wird. Die Conjunctiva kann ein drittes Augenlid liefern, die Nickhaut oder Membrana nictitans. Dieselbe entsteht als eine Conjunctivalfalte im inneren Augenwinkel, bedeckt von dem oberen und unteren Augenlid, und kann von hier aus nach außen und oben über den Augapfel ausgebreitet werden. Eine besondere Drüse am äußeren Augenwinkel, die Tränenrüse, liefert der Oberfläche des Auges die nötige Feuchtigkeit; eine zweite Drüse, die Hardersche Drüse, gehört dem inneren Augenwinkel an und steht in Lagebeziehung zur Nickhaut. Zum Ableiten der Tränenflüssigkeit dient ein in die Nase mündender Kanal, Canalis nasolacrimalis. Drüsen und Tränenangang fehlen den *Fischen*.

Mit dem Auge wetteifert an Leistungsfähigkeit und an Vollkommenheit des Baues das weiter rückwärts auf der Höhe der Medulla oblongata gelagerte Gehörorgan. Dasselbe bietet in seiner ersten Anlage Anknüpfungspunkte an die Statocysten der wirbellosen Tiere, indem es als eine grubenförmige Einsenkung der Haut entsteht, welche sich meist zu einem vollkommen geschlossenen Bläschen abschnürt und nur bei *Selachiern* (Fig. 494 II) dauernd auf der Körperoberfläche durch einen engen Gang (den sonst blind geschlossenen Ductus endolymphaticus) ausmündet. Bei den *Cyclostomen* (Fig. 494 I) ist das Bläschen selbst einheitlich, mit einer einheitlichen Nervenendigung, der Macula acustica; von den *Fischen* aufwärts ist es durch eine Einschnürung, die bei den *Säugetieren* zu dem engen Ductus utriculosaccularis ausgezogen wird (Fig. 79), in einen oberen und unteren Abschnitt abgeteilt, den Utriculus und den Sacculus, von denen ein jeder seinen Anteil an der M. acustica erhält (Fig. 494 II, U, S). Von dem „Hörbläschen“ aus entwickeln sich Anhänge oder Aussackungen, welche den durch den Namen „Labyrinth“ gekennzeichneten verwickelten Bau verursachen. Vom Utriculus gehen die drei Bogengänge aus, Kanäle, welche mit einem Ende am Utriculus beginnen, mit dem anderen in ihn zurückleiten; an einem Ende sind sie zu einer Ampulle angeschwollen, in welcher eine besondere Nervenendigung liegt. Die drei Bogengänge sind senkrecht zueinander in den drei Richtungen des Raumes angeordnet und unzweifelhaft Sinnesapparate für das im Labyrinth lokalisierte Balancegefühl (vgl. S. 116); sie werden als äußerer horizontaler, vorderer vertikaler (annähernd sagittaler) und hinterer vertikaler (annähernd frontaler) Bogengang unterschieden. Die beiden vertikalen zeigen die Besonderheit, daß sie am nichtampullaren Ende zusammenhängen, was dadurch verständlich wird, daß sie die einzigen

Gehörorgan.

Labyrinthanhänge sind, welche schon bei *Cyclostomen* vorkommen und bei *Myxine* (I) sogar einen einheitlichen, zwei Ampullen vereinigenden Gang darstellen. Später als die Bogengänge tritt in der Wirbeltierreihe ein blindsackförmiger Anhang des Sacculus auf, die Schnecke oder Cochlea. Sie entwickelt sich erst innerhalb der Fischklasse als eine kleine Vorwölbung (*U*), in welche ein abgeschnürter Teil der Hörmakel des Sacculus hineingerät. Die Vorwölbung wird bei *Reptilien* und *Vögeln* zu der ansehnlichen „Lagena“, aber erst bei *Säugetieren* beginnt sie sich spiralig einzurollen, was den Namen „Schnecke“ veranlaßt hat. Ein Teil der abgeschnürten Nervenmakel entwickelt sich zu der unter dem Namen Cortisches Organ bekannten Nervenendigung.

Das häutige Labyrinth ist ganz oder teilweise in die Seitenwand des Schädels, in die gewöhnlich zum Petrosum oder zu den Otica verknöcherte Gehörkapsel eingebettet. Bei *Säugetieren* und *Vögeln* ist seine

Fig. 494.

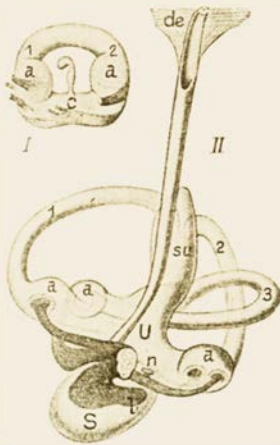


Fig. 495.

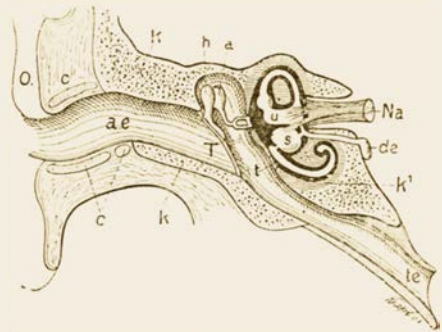


Fig. 494. Gehörbläschen. I von *Myxine* (schematisiert), II von *Chimaera monstrosa* (nach Retzius): *a* Ampullen der Bogengänge, 1 der vordere, 2 der hintere (bei *Myxine* noch einheitlich), 3 der äußere Bogengang, *c* das noch einheitliche Gehörbläschen mit

Ductus endolymphaticus, *de* Ductus endolymphaticus, auf der Haut mündend, *l* Anlage der Lagena, *S* Sacculus, *U* Utriculus, *su* Sinus utriculi, schwarz der Hörnerv mit seinen Endigungen, *n* Macula neglecta.

Fig. 495. Querschnitt durch die Gehörregion eines Menschen, schematisiert (im Anschluß an Schwalbe), *o* Basis der Ohrmuschel, *c* Knorpel des äußeren Gehörgangs, *ae* äußerer Gehörgang, *K* Knochen (Schläfenbein), *K'* besonders harter Teil desselben im Umkreis des Hörbläschens (knöchernes Labyrinth), *T* Trommelfell, *t* Trommelfell der Fenestra rotunda, *h* Hammer, *a* Amboß mit Steigbügel in dem Cavum tympani eingelagert, *u* Utriculus mit einem Bogengang, *s* Sacculus, durch den Canalis reuniens mit der Schnecke verbunden, *de* Ductus endolymphaticus, *te* Tuba Eustachii, *Na* Nervus acusticus.

Einbettung eine so vollkommene, daß seine Gestalt von den Hohlräumen im Knochen wiederholt wird (Fig. 495). Indessen werden die Hohlräume des sogenannten knöchernen Labyrinths von dem häutigen nicht gänzlich ausgefüllt, da zwischen beiden Wandungen ein System von Lymphspalten erhalten bleibt. Besonders regelmäßig ordnen sich die lymphatischen Räume bei der Schnecke an, indem sie zwei nur an der Spitze der Schnecke zusammenhängende Kanäle bilden, die zu beiden Seiten der häutigen Schnecke (Ductus cochlearis) hinziehen und Scala tympani und Scala vestibuli heißen. Im knöchernen Labyrinth sind somit zweierlei Hohlräume und demgemäß auch zweierlei Flüssigkeiten eingeschlossen; das Innere des häutigen Labyrinths wird von der Endolymph gefüllt, die umgebenden Lymphspalten von der Perilymphe.

Zu dem Hörorgan im engeren Sinne, dem Hörbläschen oder Labyrinth, können sich Hilfsapparate gesellen, deren Hauptaufgabe es ist, Tonschwingungen dem Labyrinth zuzuleiten. Derartige Hilfsapparate fehlen den *Fischen*, deren Hörvermögen, wie wir oben gesehen haben (S. 115) strittig ist; sie werden erst beim Übergang der Wirbeltiere zum Landleben nötig. Der große Dichtigkeitsunterschied zwischen der Luft und den Körpergeweben bringt es mit sich, daß die Schallwellen nur in ganz unbedeutendem Maße aus jener in diese fortgeleitet werden. Da somit die bei Wasserbewohnern vorhandene Schalleitung durch die Gewebe für die praktische Verwertung in Wegfall kommt, müssen besondere schalleitende Apparate geschaffen werden, und so finden wir denn von den *Amphibien* an aufwärts einen Luftkanal, den Gehörgang, ferner ein Trommelfell, welches den Luftkanal nach außen abschließt und die Schallschwingungen auffängt, und mit ihm in Verbindung eine Reihe von Gehörknöchelchen, welche die Schwingungen auf das Labyrinth übertragen. Die betreffenden Einrichtungen sind nicht überall funktionsfähig (*Cetaceen*); sie können sogar ganz oder teilweise rückgebildet sein (*Urodelen, Schlangen, Blindschleichen, Amphibänen*). Immer handelt es sich dann um Wasserbewohner oder auf dem Boden kriechende, meist extremitätenlose Tiere, bei denen offenbar vermöge der besonderen Lebensweise die ursprüngliche Schalleitung durch die Gewebe wieder zur Geltung gekommen ist.

Um die schalleitenden Apparate morphologisch zu verstehen, müssen wir uns vergegenwärtigen, daß das Gehörorgan in der Gegend zwischen Kiefer- und Zungenbeinbogen lagert, in der Nachbarschaft eines oben schon kurz erwähnten Kanals, welcher von der Oberfläche des Körpers in den Rachen führt. Der Kanal heißt bei den *Fischen* das Spritzloch und ist das Rudiment einer Kiemenspalte; aus ihm entsteht bei *Amphibien* und *Amnioten* ein Luftraum, der auf der Körperoberfläche durch eine elastische Membran, das in den Annulus tympanicus eingespannte Trommelfell geschlossen wird, während die Mündung in den Rachen bestehen bleibt (Fig. 495). Dicht unter dem Trommelfell erweitert sich der Luftraum zur Trommelhöhle (Cavum tympani); der in den Rachen mündende Teil ist häufig verengt und heißt Tuba Eustachii. Das häutige Labyrinth liegt in der Wand der Trommelhöhle und grenzt an das Lumen derselben an zwei Stellen unmittelbar an, indem die knöcherne Hörkapsel hier durch Öffnungen durchbrochen ist: die Fenestra ovalis und die den *Amphibien* noch fehlende Fenestra rotunda. Die Fenestra ovalis wird durch das zentrale Ende der Hörknöchelchen, die Steigbügelplatte, die F. rotunda durch die Membrana tympani secundaria geschlossen.

Wenn wir nun weiter bedenken, daß dicht vor dem Spritzloch der Kieferbogen, dicht hinter ihm der Zungenbeinbogen liegt, so wird es begreiflich, daß Teile derselben in die Trommelhöhle hinein verlagert werden und Hörknöchelchen liefern können. Bei *Amphibien, Reptilien* und *Vögeln* verbindet sich das Hyomandibulare oder die Columella an einem Ende mit einer der Fenestra ovalis ausfüllenden Platte (Steigbügelplatte, Operculum), mit dem anderen Ende ist sie in das Trommelfell eingepflanzt und überträgt die Schwingungen des letzteren auf das Labyrinth. Bei den *Säugetieren* wird die Übertragung noch vollkommener, indem zwischen

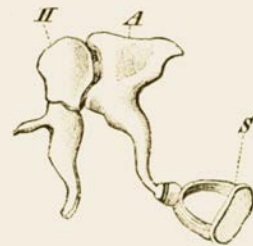


Fig. 496. Gehörknöchelchen des Menschen. H Hammer, A Amboß, S Steigbügel (aus Wiedersheim).

Hyomandibulare (Stapes) und Trommelfell auch noch Teile des Kieferbogens, das Quadratum (Incus) und das Articulare (Malleus), eingeschoben werden und so eine federnde, eine starke Hebelwirkung ausübende Knochenreihe herstellen (Fig. 495, 496).

Das Trommelfell liegt bei den meisten Wirbeltieren in einer Ebene mit der übrigen Haut oder ist nur schwach eingesenkt; bei den *Säugetieren* wird es besser geschützt, indem es in die Tiefe sinkt und an den Grund eines Blindkanals zu liegen kommt, des Meatus auditorius externus (Fig. 495 *ae*). Ebenso ist im wesentlichen auf die Klasse der *Säugetiere* die Ohrmuschel beschränkt, eine von Knorpeln gestützte Hautfalte, welche die Schallschwingungen auffängt.

Leibeshöhle.

Unterhalb der Wirbelsäule in der ventralen, die dorsale an Umfang weit übertreffenden Sphäre des Körpers findet man fast sämtliche wichtigen vegetativen Organe des Wirbeltierkörpers in einem geräumigen Hohlraum, dem Cöloem oder Leibeshöhle. Dieselbe ist im Bereich von Kopf und Schwanz, bei *Tetrapoden* auch im Bereich des Halses rückgebildet; sie ist, wie die Entwicklungsgeschichte besonders klar beim niedersten Wirbeltiere, dem *Amphioxus*, lehrt, ein Abkömmling des Darms, ein echtes, von einem Epithel (Endothel) ausgekleidetes, zwischen Darmfaserblatt und Hautfaserblatt eingeschobenes Enterocöl (vergl. S. 99, 150). Da sie, wie bei anderen bilateralen Leibeshöhlentieren, durch paarige Ausstülpung des Darms gebildet wird, muß sie durch eine den Darm einschließende mediane Scheidewand anfänglich in eine linke und rechte Hälfte (linken und rechten Cölomsack) geschieden sein. Diese Scheidewand ist das Gekröse (Mesenterium) des Darms, welches mit seinem dorsalen Abschnitt in ganzer Länge von der Wirbelsäule entspringt, ventral vom Darm dagegen (als vorderes Mediastinum, Omentum minus und Ligamentum suspensorium hepatis der menschlichen Anatomie) nur bis zur Lebergegend reicht, während sie weiter nach hinten fehlt, so daß dann linker und rechter Cölomsack unter dem Darm zusammenfließen. Auch die meisten übrigen Organe sind in der Leibeshöhle durch Aufhängebänder befestigt, so der Hoden durch das Mesorchium, das Ovar durch das Mesovar. — Bei vielen *Fischen* und manchen *Reptilien* mündet die Leibeshöhle nach außen mittels ein bis zwei hinter oder neben dem After angebrachter Öffnungen, der Pori abdominales.

Die bei den meisten Wirbeltieren einheitliche Leibeshöhle nennt man vielfach Pleuroperitonealhöhle, weil sie bei den *Säugetieren* durch eine muskulöse Scheidewand, das Zwerchfell, in einen vorderen Abschnitt, die Brust- oder Pleurahöhle, und einen hinteren Abschnitt, die Leibeshöhle im engeren Sinne, Bauch- oder Peritonealhöhle gesondert ist. Die auskleidenden Membranen dieser Räume nennt man Brustfell oder Pleura, Bauchfell oder Peritoneum. Auch die Pericardialhöhle der Wirbeltiere ist ein Abkömmling der Leibeshöhle und das Pericard ein abgeschnürter Teil der Pleuroperitonealmembran; man findet daher bei manchen *Fischen* (*Stör*) dauernd eine Verbindung zwischen dem Herzbeutel und dem Cöloem.

Darm.

Unter den vegetativen Organen beansprucht der Darm für die systematische Charakteristik der Wirbeltiere das allergrößte Interesse, weil er bei ihnen nicht nur die Verdauung vermittelt, sondern auch bei der Bildung der Atmungsorgane (Kiemen und Lungen) beteiligt ist, während diese Teile bei den Wirbellosen, mit Ausnahme der *Tunicaten* und *Enteropneusten*, vornehmlich auf der Oberfläche der Haut entstehen. Der Darm beginnt in einiger Entfernung vom vorderen Ende auf der ventralen Seite mit der Mundöffnung und endet ebenfalls ventral, aber

ziemlich weit entfernt von dem hinteren Ende der Wirbelsäule, der Schwanzspitze, mit dem After. Seiner Abstammung nach ist er vorwiegend entodermal; die Haut beteiligt sich an seiner embryonalen Bildung nur mit ganz flachen Einsenkungen vorn und hinten, der Mund- und Afterbucht; sie nimmt dabei die weiche, schlüpfrige Beschaffenheit der „Schleimhaut“ an, wie sie die entodermalen Teile des Darms charakterisiert. Der Anfangsabschnitt des Darms ist geräumig; es ist die ektodermale Mundhöhle und der entodermale Pharynx oder die Rachenhöhle, zwei Räume, die bei den meisten Wirbeltieren ohne Grenze ineinander übergehen, bei *Säugetieren* und *Crocodilen* aber durch den weichen Gaumen gegeneinander abgegrenzt werden. Nun folgt der enge Ösophagus, der sich an seinem unteren Ende zu dem mit der Cardia beginnenden Magen erweitert. Am unteren Magenende, dem Pylorus, beginnt der Dünndarm; den Abschluß bildet der Dickdarm, der zum drittenmal erweiterte Endabschnitt des Darms, der bei höheren Wirbeltieren durch die Anwesenheit von ein bis zwei Blindsäcken und eines Klappenapparates gegen den Dünndarm abgegrenzt wird. Der Endabschnitt des Darms ist bei den meisten Wirbeltieren eine Kloake, in welche die Urogenitalwege münden. Von Anhangsdrüsen des Darms ist nur die Leber konstant, welche schon beim *Amphioxus*, allerdings nur als einfacher Blindsack, angelegt ist, von den *Cyclostomen* an aufwärts dagegen das bekannte, kompakte, braune, gewöhnlich mit einer Gallenblase versehene Organ bildet. Neben der Leber ist meist auch eine kleinere Drüse, das Pancreas, vorhanden. Die Ausführgänge beider Drüsen, der Ductus choledochus, Gallengang, und der Ductus pancreaticus, münden in den Dünndarm kurz hinter dem Pylorusende des Magens. Außerdem kann noch die Mundhöhle mit Drüsen, den Speicheldrüsen, versehen sein, und andererseits der Enddarm mit Blindsäcken und Drüsen, die keine allgemeine Verbreitung besitzen.

Ein hervorstechender Charakterzug der Wirbeltiere ist die ^{Bezahnung.} Bezahnung des Anfangsdarms. Bei den *Cyclostomen* findet man Hornzähne, stark verhornte Epithelwucherungen, welche auf Bindegewebspapillen sitzen, bei den übrigen *Wirbeltieren* zumeist echte Zähne, die aus Elfenbein und Schmelz bestehen und eine blutgefäßreiche Papille, die Zahnpulpa, umschließen. Sie finden sich an Stellen, wo Skelettstücke ihnen eine feste, das Kauen begünstigende Unterlage liefern, vornehmlich am Palatoquadrum (*Selachier*), Ober- und Unterkiefer; sie können aber bei *Fischen*, *Amphibien* und *Reptilien*, auch an anderen Knochen des Pharynx und der Mundhöhle (Knochen der Schädelbasis und des Visceralskeletts) vorkommen; bei *Crocodilen* und *Säugetieren* sind sie auf Ober- und Unterkiefer lokalisiert; wahrscheinlich sind sie aus einer diffusen, an die Beschuppung der Haut erinnernden Bezahnung hervorgegangen, da bei manchen *Haien* außer den Zahnreihen noch jetzt rudimentäre Zähnchen in der Schleimhaut von Mund und Rachen weit verbreitet sind. Wo Zähne fehlen (*Vögel*, *Schildkröten*, *Bartenwale*) sind sie durch Rückbildung verloren gegangen.

Vom Grund der Mundhöhle erhebt sich ferner die Zunge; sie ist zwar schon bei den *Cyclostomen* ein stark muskulöser, spritzenstempelartig wirkender Saugapparat, bei den *Fischen* dagegen ein schwacher, bindegewebiger, nur durch das unterliegende Visceralskelett (Os entoglossum) Bedeutung gewinnender Wulst. Bei den *Amphibien* wird sie von Wichtigkeit für die Nahrungsaufnahme, indem sich reichliche Schleimdrüsen entwickeln, indem ferner vom Zungenbein (Hyoglossus) und vom Kieferwinkel (Genioglossus) Muskelfasern in den Wulst einwachsen. Das Überwiegen der letzteren bedingt bei Fröschen das Umklappen der Zunge

mit ihrem hinteren Rand nach außen. Bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren* gestaltet sich die Zunge dann zu dem ansehnlichen Organ, welches nicht nur für die Nahrungsaufnahme, sondern auch für das Tasten (Reptilien) und durch Lokalisation der Schmeckbecher für das Schmecken (*Säugetiere*) von Bedeutung wird.

Respi-
rations-
organe,
Kiemen.

Der die Atmungsorgane liefernde Teil des Darmtractus ist bei allen Wirbeltieren der Pharynx. Derselbe wird bei *Fischen* und *Amphibien* resp. Amphibienlarven zum Kiemendarm, indem seine Wand auf der linken und rechten Seite von Kiemenspalten durchbrochen wird; die Spalten liegen jedesmal zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kiemenbögen (Fig. 515) und sind Kanäle, welche auf der Darmoberfläche mit der inneren, auf der Hautoberfläche mit der äußeren Kiemenöffnung münden. Zwischen beiden Öffnungen verlaufen in der vorderen und hinteren Wand der Kiemenspalten zarte, mit sekundären Fältchen bedeckte, blutgefäßreiche Schleimhautfalten, die Kiemenblättchen. Man nennt dieselben innere Kiemen im Gegensatz zu den äußeren Kiemen, welche bei den Larven der *Amphibien* und mancher *Fische* (*Heterotis*, *Gymnarchus*, *Polypterus*, *Protopterus*, *Lepidosiren*) am oberen Rand der Kiemenspalten als baumartige Verästelungen der Körperoberfläche aufsitzen, im Prinzip aber nichts anderes sind als enorm entwickelte, nach außen hervorgewucherte innere Kiemen (S. 43, Fig. 8, 9). Es ist eine für die Phylogenie der Wirbeltiere äußerst wichtige Erscheinung, daß auch bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren*, welche nie durch Kiemen atmen, die Kiemenspalten angelegt und später wieder rückgebildet werden (Fig. 7); doch kommt es dabei nicht zur Entwicklung von Kiemenblättchen.

Thymus,
Thyreoidea.

Aus dem Epithel der Kiemenregion entwickeln sich zwei zum Teil auch jetzt noch rätselhafte Organe, die Thymus und die Schilddrüse oder Thyreoidea. Zur Bildung der Thymus schnüren sich vom oberen Ende einer oder mehrerer Kiemenspalten Epithelknospen ab, welche durch Einwucherung von Bindegewebe einen lymphoiden Charakter erhalten. Bei Säugetieren verschmelzen die linken und rechten Anlagen zu einem unpaaren Organ, welches einige Zeit nach der Geburt anfängt sich zurückzubilden. Die Thyreoidea dagegen legt sich ventral als eine Längsfurche in der Mittellinie des Rachens an. Diese Beschaffenheit einer dem Endostyl der Tunicaten vergleichbaren „Hypobranchialrinne“ behält das Organ beim Amphioxus dauernd bei und bei den Neunaugen auf dem Querderstadium. Sonst schnürt sich sein hinteres Ende ab und wächst zu einem Haufen epithelialer, einen kolloiden Inhalt umschließender Bläschen aus. Zu ihnen gesellen sich links und rechts die Zellstränge der Nebenschilddrüse, welche vom Epithel der Kiemenspalten abstammen. Die Thyreoidea spielt unzweifelhaft, indem sie jodhaltige Verbindungen (Thyreojodin) produziert, eine wichtige Rolle. Wenn man sie ausschneidet, treten schwere Störungen des Nervensystems ein.

Lungen.

Auch die Organe der Luftatmung, die Lungen, stehen bei den Wirbeltieren mit dem Darm in Verbindung, indem sie am Übergang von Pharynx und Ösophagus als zwei sackartige Ausstülpungen — von denen ab und zu eine rudimentär bleibt — gebildet werden; sie münden dauernd in den Pharynx, entweder unmittelbar oder durch Vermittlung eines von Knorpel gestützten Luftrohres, der Trachea, welche kurz vor dem Übergang in die Lungen sich meist in die zwei Bronchien gabelt (Fig. 535). An der Mündungsstelle in den Pharynx sind die Stützknorpel (Reste des Visceralskeletts, vgl. S. 492) besonders kräftig und bilden den

häufig zur Stimmerzeugung dienenden Larynx oder Kehlkopf, der bei Säugetieren durch eine Klappe (Kehldeckel, Epiglottis) gegen den Pharynx abgeschlossen werden kann. Ob der Lunge und der Trachea die bei den *Fischen* als hydrostatischer Apparat funktionierende Schwimmblase und der Schwimmblasengang entsprechen, wird von vielen Seiten in Zweifel gezogen.

Schon bei den *Fischen* kommt es vor, daß die Schwimmblase zur Atmung verwandt wird, die Beschaffenheit eines glattwandigen Sacks verliert und eine Vergrößerung ihrer respiratorischen Oberfläche erfährt, wie sie in ähnlicher Weise bei der Lunge der *Amphibien* und in noch höherem Maße bei den *Reptilien* vorkommt. Bei vergleichend anatomischer Betrachtung bekommt man den Eindruck, daß die Oberflächenvergrößerung durch in das Innere vorspringende Falten bewirkt wird, welche bei *Amphibien* unansehnlich sind (Fig. 497). Bei den *Reptilien* beginnt die Fächerung immer mehr nach innen vorzudringen und sich auf Kosten des zentralen Luftraums auszudehnen, so daß dieser zu einem in der Verlängerung des Bronchus liegenden Kanal (intrapulmonalen Bronchus) wird und nur im unteren und hinteren Abschnitte der Lunge sich zu einem ansehnlichen Sack erweitert. Die entwicklungsgeschichtliche Forschung

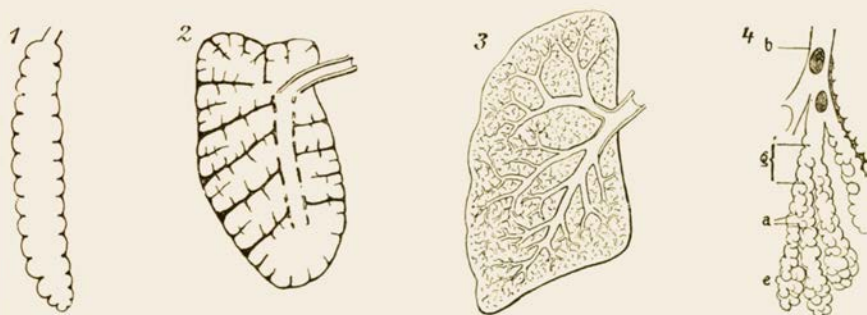


Fig. 497. Schematisierte Längsschnitte durch Lungen, 1 eines jungen Salamanders, 2 einer Schildkröte, 3 des Menschen. 4 Ein Bronchiolus (*b*) der menschlichen Lunge, stärker vergrößert. *g* Alveolargang, *a* Alveoli, *e* Endbläschen.

lehrt, daß diese lange Zeit gültige vergleichend-anatomische Auffassung nicht ganz richtig ist, daß die Lunge vielmehr bei ihrer Vervollkommnung nach Art einer Drüse durch Ausstülpung wächst. Dehnt sich der zentrale Luftkanal, der intrapulmonale Bronchus, gewaltig aus und bleiben die peripheren Aussackungen klein, so entsteht das Bild der Amphibienlunge. Das andere Extrem bilden die *Säugetiere*, bei denen der intrapulmonale Bronchus sich immer feiner verästelt bis in die *Bronchiolen* und schließlich die *Alveolargänge*, welche über und über mit kleinen Aussackungen, den *Alveoli*, bedeckt sind und so das Bild einer Amphibienlunge im Kleinen liefern.

Der Blutgefäßapparat der Wirbeltiere läßt sich unschwer aus den bei *Anneliden* bestehenden Verhältnissen erklären und ist wie bei diesen ein vollkommen in sich geschlossenes Röhrensystem. Bei den *Anneliden* (Fig. 242—244) strömt das Blut in einem großen longitudinalen Blutgefäß über dem Darm von hinten nach vorn, in einem zweiten in entgegengesetzter Richtung unter dem Darm von vorn nach hinten; beide hängen in jedem Segment untereinander durch Gefäßschlingen zusammen, welche von links und rechts den Darm umgreifen. Im wesentlichen die gleichen

Blutgefäßsystem.

Verhältnisse herrschen noch bei den Larven von *Amphioxus*; sie sind auch beim erwachsenen Tier nur wenig verändert (durch Entwicklung des Pfortaderkreislaufs und des paarigen Venensystems.) Doch verläuft der Blutstrom im Gegensatz zu den *Anneliden* im ventralen Gefäß von hinten nach vorn, im dorsalen von vorn nach hinten. Für alle *cranioten* Wirbeltiere ist weiter charakteristisch, daß sich im ventralen Blutstamm das Herz entwickelt hat, und zwar bei den *Fischen* (Fig. 64, 518) wie bei den *Tunicaten* dicht hinter der Kiemenregion, eine Lage, die sich wohl daraus erklärt, daß hier größere Widerstände zu überwinden sind, weil das vom Körper kommende Blut durch den Kiemenkreislauf hindurchgepreßt werden muß. Das Herz führt somit zunächst nur venöses Blut, wie der ganze ventrale Blutgefäßstamm. Da die vorderen Gefäßschlingen sich an der Kiemenregion des Darmes verbreiten, muß der aus ihnen sich sammelnde dorsale Längsstamm sauerstoffreiches Blut führen, welches mittels der Carotiden den Kopf, auf dem Wege der hinteren Blutgefäßschlingen den übrigen Körper versorgt, hierbei venös wird und in den ventralen Längsstamm und das Herz zurückfließt.

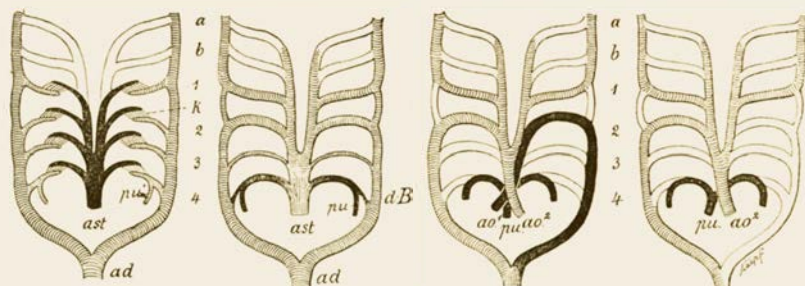


Fig. 498. Schematische Darstellung der Umbildung der Anlagen der Arterienbögen in den wichtigsten Wirbeltierklassen. Hell: die Anlagen, welche zugrunde gehen. Schwarz: die Arterien mit venösem Blut. Schraffiert: die Gefäße mit arteriellem Blut. I *Dipneusten*, II *Urodelen* mit Lungenatmung, III *Reptilien*, IV *Vögel*. (Bei *Säugetieren* würde nicht der rechte, sondern der linke Aortenbogen erhalten bleiben.) *ast* Arterienstiel, *ao*¹ venöse Aorta der Reptilien, *ao*² arterielle Aorta; *a*, *b* die fast allgemein schwindenden Bögen. 1—4 die übrigen Bögen; 1 Carotidenbögen, 2 Aortenbögen, 4 Pulmonalisbogen, *dB* dessen Verbindung zur Aorta descendens, *Ductus Botalli*, *k* Kiemenkapillaren, *ad* Aorta descendens.

Das kurz skizzierte Schema des Blutkreislaufs der *Fische* bedarf der näheren Erläuterung. Das *Herz*, ein muskelstarkes, in einen besonderen Herzbeutel eingeschlossenes Organ, besteht aus zwei durch Klappen getrennten Teilen (Fig. 517), *Vorkammer* und *Kammer*. Der von der Kammer ausgehende Hauptstamm ist der Arterienstamm (*Truncus arteriosus*) und entspricht der *Aorta ascendens* nebst *A. pulmonalis* des Menschen; die von ihm an den Kiemendarm tretenden Gefäße sind die Arterienbögen, welche nur bei jungen Fischen (Fig. 518) direkt zum dorsalen Blutgefäß emporsteigen, später den aus Kiemenarterien, Kiemenkapillaren und Kiemenvenen (Fig. 64) bestehenden Kiemenkreislauf bilden. Der dorsale Blutgefäßstamm ist die *Aorta descendens*, der zum Herzen rückleitende ventrale Stamm die nur den *Acraniern* und Embryonen von Wirbeltieren zukommende *Vena subintestinalis*, aus der vornehmlich die *Vena portarum* und die *Cava inferior* hervorgehen. Zu ihr gesellen sich schon beim *Amphioxus* die paarigen *Cavae superiores* (*Ductus Cuvieri*), welche das Blut vom Kopf (*Venae jugulares*) und von den Seitenwandungen des Rumpfes (*V. cardinales*) sammeln.

Der Blutkreislauf der Fische erfährt bei den höheren Wirbeltieren eine vollkommene Umgestaltung durch das Aufhören der Kiemenatmung und das Auftreten der Lungenatmung. Da mit den Kiemen auch die Kiemenkapillaren schwinden, wird der gesamte Kiemenkreislauf auf die vom Arterienstamm zur Aorta descendens direkt übertretenden Arterienbögen beschränkt. Vor allem aber gerät das Gefäßsystem der Lunge, welches bei den Fischen als Gefäßsystem der Schwimmblase ein Teil des Körperkreislaufs war, zu letzterem in einen funktionellen Gegensatz, der auch zu einer morphologischen Sonderung führt, zur Sonderung besonderer Lungenarterien und Lungenvenen. Dabei werden die ursprünglich angelegten Arterienbögen zum Teil rückgebildet, zum Teil auf den Lungen- und Körperkreislauf verteilt (Fig. 498). Von den sechs sich gewöhnlich im Embryo anlegenden Bögen gehen bei lungenatmenden Wirbeltieren der erste, zweite und zumeist auch der fünfte zugrunde. Der schon bei *Lurchfischen* (I) die Schwimmblase versorgende letzte Bogen (4) wird zur Lungenarterie (Arteria pulmonalis); der Rest der Bögen (1 und 2) liefert die Arterien des Körperkreislaufs, die Aortenbögen (2) und die den Kopf versorgenden Carotiden (1). Da in gleicher Weise besondere Lungenvenen unabhängig von den Körpervenen zum Herzen zurückführen, kommt es auch im Herzen zu einer Sonderung, zur Bildung einer Scheidewand, welche das Herz der Länge nach in eine linke und rechte Hälfte trennt. Die rechte Hälfte bewahrt den venösen Charakter des Fischherzens, indem die rechte Vorkammer die Körpervenen aufnimmt, die rechte Kammer die Pulmonalarterie abgibt. Die linke, von den Lungenvenen versorgte Hälfte wird dagegen arteriell, da die Lungenvenen dem linken Vorhof nur arterielles Blut zuführen, welches von da in die linke Kammer tritt und durch die aufsteigende Aorta das Herz wieder verläßt. Eine vollkommene Scheidung von Körper- und Lungenkreislauf und dementsprechend eine vollkommene Trennung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte ist nur bei den *Säugetieren* und *Vögeln* erreicht. *Reptilien* und *Amphibien* erläutern uns, wie die Umwandlung des Gefäßsystems sich bei den Wirbeltieren vollzogen hat. Dabei ergibt sich, daß die Trennung im Venensystem beginnt und auf die Vorhöfe übergreift. Erst innerhalb der Klasse der *Reptilien* entsteht eine Scheidewand in der Herzkammer. Im Arteriensystem können sich Mängel erhalten, sei es durch Verbindungen des Pulmonalis mit der Aorta: Ductus Botalli (II d. B.), sei es dadurch, daß ein Aortenbogen gemeinsam mit der Pulmonalis aus dem rechten Herzen kommt (III ao¹).

Bei lungenatmenden Wirbeltieren strömt dem Gesagten zufolge das venöse Körpervenenblut durch die obere und untere Hohlvene in die rechte Vorkammer, durch die rechte Herzkammer und die Pulmonalarterien in die Lungen; hier arteriell geworden, gelangt das Blut durch die Pulmonalvenen in die linke Vorkammer und weiter in die linke Kammer, von welcher aus es durch die Aorta zurück in den Körperkreislauf geführt wird. (Bezüglich der Einzelheiten vgl. Fig. 499). — Außer Blutgefäßen finden sich bei den Wirbeltieren noch die Lymphgefäße vor als eine Ergänzung des Venensystems. Der in den Spalten des Bindegewebes sich sammelnde Überschuß von Gewebssaft wird von ihnen aufgenommen und durch den Ductus thoracicus in die großen Venenstämme eingeleitet. Meist genügt die Herztätigkeit, um auch hier eine genügende Bewegung zu unterhalten; doch können daneben besondere Lymphherzen (*Amphibien*) vorkommen. Unter den Lymphgefäßen spielen diejenigen, welche sich am

Darm verbreiten, eine hervorragende Rolle, indem sie zur Resorption der verdauten Nahrung dienen; sie heißen Chylusgefäße, weil ihr Inhalt, der Chylus, sich zur Zeit der Verdauung von der gewöhnlichen Lymphe durch intensive weiße Färbung unterscheidet, welche durch frei suspendierte Fetttropfchen veranlaßt wird. Über die Beschaffenheit der gewöhnlichen Lymphe und des Blutes wurde schon im allgemeinen Teil das Wichtigste gesagt (S. 79, Fig. 44, 45). An besonderen Stellen sind in den Verlauf der Lymphgefäße Lymphdrüsen eingeschaltet, kleine Knötchen, in denen die Lymphkörperchen gebildet werden. Ihnen schließt sich in ihrem Bau die wegen ihres Blutgefäßreichtums intensiv rot gefärbte Milz am nächsten an. Eine dritte Stelle für die Bildung von Blutkörperchen ist das Knochenmark der Säugetiere.

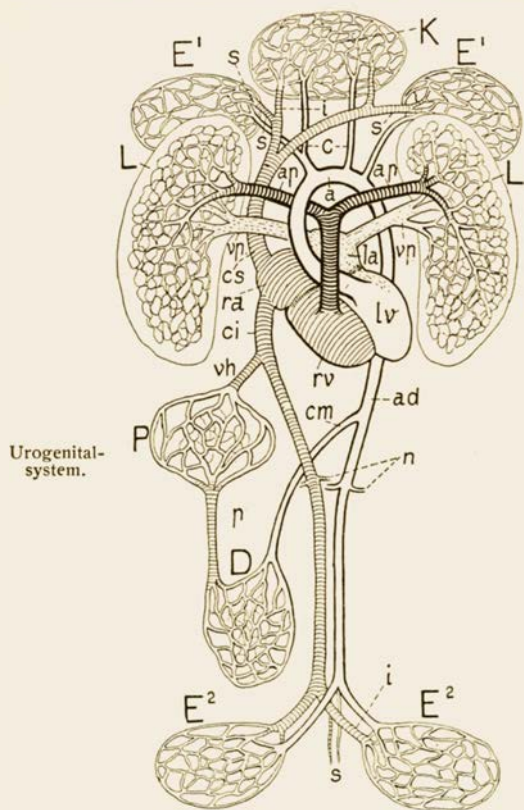


Fig. 499. Schema des Blutkreislaufs eines Säugetiers; venöses Blut durch Schraffierung bezeichnet; Herz: *ra*, *la* rechte und linke Vorkammer, *rv*, *lv* rechter und linker Ventrikel; *L* Capillarsystem der Lunge, *K* Capillarsystem des Kopfes, *E*¹, *E*² der vorderen und hinteren Extremität, *D* des Darms, *P* der Leber (Pfortaderkreislauf). Arterien: *ap* Pulmonalis (durch besonders dunkle Schraffierung bezeichnet), *a* Aorta ascendens, *ad* Aorta descendens, *c* Carotiden, *s* Subclavien, *cm* Eingeweidearterien (Coeliaca, Mesenterica), *n* Nierenarterien, *i* Iliacae, *s* Sacralis (Aorta caudalis). Venen: *vp* Lungenvenen, *cs*, *ci* Cava superior (bei den meisten Wirbeltieren in Zweifzahl vorhanden) und *C. inferior*, *i* Jugularis, *s* Subclavia, *vh* Lebervene, *p* Pfortader, *n* Nierengefäße, *i* Iliaca, *s* Sacralis.

Über die Beschaffenheit der gewöhnlichen Lymphe und des Blutes wurde schon im allgemeinen Teil das Wichtigste gesagt (S. 79, Fig. 44, 45). An besonderen Stellen sind in den Verlauf der Lymphgefäße Lymphdrüsen eingeschaltet, kleine Knötchen, in denen die Lymphkörperchen gebildet werden. Ihnen schließt sich in ihrem Bau die wegen ihres Blutgefäßreichtums intensiv rot gefärbte Milz am nächsten an. Eine dritte Stelle für die Bildung von Blutkörperchen ist das Knochenmark der Säugetiere.

Die Anatomie der Wirbeltiere haben wir mit den Geschlechtsorganen und den Exkretionsorganen zu beschließen, welche beide meist so innig verbunden sind, daß man sie als Urogenitalsystem zu gemeinsamer Besprechung zusammenfaßt.

Die Geschlechtsorgane der Wirbeltiere bilden sich beim Embryo aus einem bestimmten Bezirk des Peritonealepithels, dem Keimepithel, welches links und rechts von der Wirbelsäule gelegen ist. Frühzeitig wird diese primitive Lagerung von den Urzellen des Geschlechtsapparates verlassen, indem sie in das darunter gelegene Bindegewebe hineinwachsen (Fig. 32, S. 72). Hier erzeugen sie bei männlichen Tieren drüsige Röhren; beim Weibchen bilden sie zunächst ebenfalls Stränge, die aber nach der Zahl der aus ihnen hervorgehenden Eier in rundliche Follikel zerfallen. Im ersteren Falle entsteht ein kompakter Körper von meist ovaler Gestalt (Fig. 500 B), der Hoden; im letzteren Falle bei Säugetieren mit kleinen Eiern ein ähnlicher Körper, bei den Wirbeltieren mit großen dotterreichen Eiern eine lockere, traubige Geschlechtsdrüse, das Ovar (Fig. 500 A).

Die Entleerung der Geschlechtszellen erfolgt bei vielen *Fischen* durch die Leibeshöhle und deren Pori abdominales, wobei in der Regel

ein Abschnitt der Leibeshöhle sich zu einem besonderen, die Geschlechtsdrüsen enthaltenden Sack abschnürt, welcher sich nach rückwärts fortsetzt und als Samen- resp. Eileiter nach außen führt. Bei den meisten Wirbeltieren aber werden Teile der Nieren benutzt; es kommt zur Bildung eines Urogenitalsystems, welches an das Urogenitalsystem bei *Anneliden* erinnert und wie dieses seine Entstehung dem Umstand verdankt, daß sich Geschlechtsorgane und Nieren aus dem Epithel der Leibeshöhle entwickeln.

Wie besonders die niederen Wirbeltiere, *Selachier* und *Amphibien*, deutlich erkennen lassen, ist die erste Anlage des Nierensystems durch segmental angeordnete Kanäle gegeben, welche durch einen Wimpertrichter, das Nephrostom, mit der Leibeshöhle in Verbindung stehen (Fig. 69). Bei vielen Arten können die Nephrostome dauernd erhalten bleiben, bei anderen werden sie rückgebildet; bei den höheren Wirbeltieren werden sie überhaupt nicht mehr angelegt, was alles damit in Zusammenhang gebracht werden muß, daß die Leibeshöhle bei den Wirbeltieren ihre Bedeutung für die Exkretion eingebüßt hat und durch das Blutgefäßsystem abgelöst worden ist. Dieses ist in charakteristischer Weise mit den Nierenkanälchen in engere Verbindung getreten, und zwar zumeist durch Bildung der Glomeruli; das sind Blutgefäßknäuel, welche, die Wand des Harnkanälchens vor sich einstülpend, die Malpighischen Körperchen erzeugen. Seltener, und zwar nur bei der Vorniere, findet man eine reiche Blutgefäßentwicklung im Bereich der Leibeshöhle und in nächster Nachbarschaft der Nephrostome in Form mehrerer getrennter oder zu einem einzigen großen „Glomus“ vereinter Gefäßknäuel, welche mit den Nephrostomen in einen besonderen abgekapselten Teil der Leibeshöhle (Vornierenkammer) eingeschlossen sein können.

Das Nierensystem der Wirbeltiere unterscheidet sich — wenn wir zunächst vom *Amphioxus* absehen — von dem der *Anneliden* noch durch eine Anzahl weiterer Merkmale, 1. daß die Harnkanälchen nicht einzeln, sondern durch einen linken und rechten gemeinsamen Sammelkanal nach außen münden, 2. daß die bei *Myxine* noch deutliche segmentale Anordnung sich mehr oder minder verwischt, besonders dadurch, daß es durch Ausbildung weiterer sekundärer, tertiärer usw. Harnkanälchen zur Entwicklung eines kompakten Drüsenkörpers kommt. Die genauere Erläuterung dieser Verhältnisse setzt die Kenntnis der verschiedenen Nierenformen voraus, deren Unterscheidung wir der vergleichenden Entwicklungsgeschichte verdanken. Man unterscheidet drei verschiedene Nieren: 1. Vor- oder Kopfniere, Pro-nephros, 2. Urnieren oder Wolffschen Körper, Mesonephros, 3. blei-

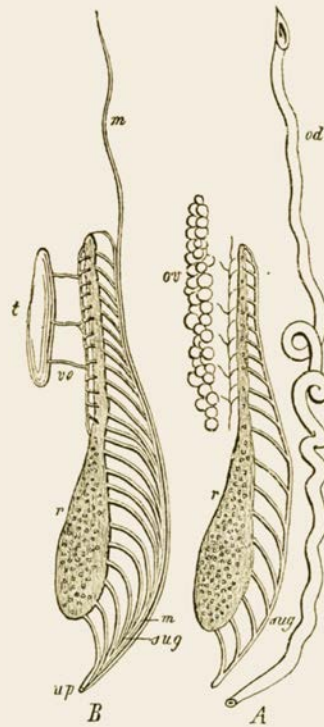


Fig. 500. Urogenitalsystem von *Triton* (aus Gegenbaur). *A* Weibchen, *B* Männchen, *ov* Ovar, *t* Hoden, *r* Niere, *vo* Verbindungsgänge zwischen Hoden und Niere, *m* Müllerscher Gang, beim Weibchen Oviduct *od*, *aug* Urnierengang (beim Männchen zugleich Samengang), *up* Mündung des Urogenitalsystems.

bende Niere oder Metanephros, Organe, deren griechische Bezeichnungen mit Rücksicht auf ihre embryonale Aufreihung längs der Wirbelsäule (links und rechts von ihr) gewählt wurden.

1. Der Pronephros ist bei den meisten Wirbeltieren (vielleicht mit Ausnahme des *Amphioxus* und der *Myxinoiden*) auf das Embryonalleben beschränkt und funktioniert nur selten (bei *Amphibien* und *Ganoiden*) noch während der Larvenentwicklung; er liegt in den vorderen Rumpsegmenten und wird daher auch Kopfniere genannt. Seine in der Leibeshöhle eingeschlossenen Gefäßknäuel verschmelzen meist untereinander zu einem Glomus. In der Nachbarschaft des Glomus beginnen die wenigen Vornierenkanälchen mit den Nephrostomen und vereinigen sich nach kurzem Verlauf am anderen Ende untereinander zum Vornierengang, welcher von seiner Ursprungsgegend nach rückwärts wuchert und in die Kloake mündet; er wird gewöhnlich wegen der Verbindung, die er auch mit der Urniere eingeht, Urnierengang genannt. Bei den *Selachiern* spaltet sich vom Vornierengang der Müllersche Gang ab, welcher die Verbindung mit der Vorniere beibehält. Auch bei den übrigen Wirbeltieren entwickelt sich der Müllersche Gang in Zusammenhang mit der Vorniere; wenn diese zurückgebildet wird, bleibt er erhalten und mündet mit einem mächtigen Wimpertrichter, dem Ostium abdominale tubae, in die Leibeshöhle. Der Müllersche Gang gehört somit zum Vornierensystem; er entwickelt sich im weiblichen Geschlecht zum Oviduct (Tube) und Uterus weiter, geht im männlichen Geschlecht dagegen bis auf mehr oder minder unansehnliche Reste zugrunde. Ob die Vorniere eine Niere eigener Art ist oder nur der vorderste Abschnitt eines einheitlichen, außerdem noch aus Meso- und Metanephros bestehenden Nierensystems, ist strittig; letztere Ansicht hat die größere Wahrscheinlichkeit für sich.

2. Während die morphologische Deutung des Pronephros noch viel umstritten ist, haben die Untersuchungen über Meso- und Metanephros immer mehr die Auffassung bestätigt, daß beide nur verschiedene Abschnitte eines und desselben Organs sind, des Holonephros, wie es bei den *Teleostiern* dauernd vorkommt und als ein kompakter Drüsenkörper beiderseits der Wirbelsäule lagert. Die Urnierenkanälchen münden in den Vornierengang, welcher daher, besonders nach Lösung seiner Beziehungen zur Vorniere, Urnierengang genannt wird. Gemeinsame Charaktere von Meso- und Metanephros sind in dem Besitz der Malpighischen Körperchen gegeben, sowie darin, daß die segmentale Anordnung der Harnkanälchen durch die Entwicklung sekundärer und tertiärer Kanälchen verwischt wird.

Daß man gleichwohl dazu gekommen ist, Meso- und Metanephros (Urnieren und bleibende Niere) zu unterscheiden, hängt mit den Beziehungen des Mesonephros zum männlichen Geschlechtsapparat zusammen. Wie die Eier durch den Müllerschen Gang, so werden die Samenfäden, wenn wir die *Teleostier* und *Cyclostomen* unberücksichtigt lassen, durch den Mesonephros und den Urnierengang entleert. Es geschieht das in der Weise, daß die Hodenkanälchen mittels feiner Kanäle (*Vasa efferentia*) sich mit dem oberen Ende der Niere verbinden. Durch einige Harnkanälchen strömt dann der Samen in den Urnierengang über, welcher damit die Doppelfunktion eines Harnsamenleiters erhält. Das obere Ende der Niere unterscheidet sich daher vom Rest des Organs, bei den *Froschlurchen*, welche noch eine einheitliche Niere haben, zunächst nur funktionell, bei den *Schwanzlurchen* aber auch im Aussehen, insofern der mesone-

phrale Teil der Niere infolge teilweiser Rückbildung der exkretorischen Kanäle zu einem dünnen Strang umgewandelt ist (Fig. 500). Auch besteht schon bei den *Schwanzlurchen* die Tendenz, die Sammelkanälchen des hinteren, rein exkretorischen Teils der Niere, des Metanephros, vom Urnierengang abzulösen, so daß sie für sich in die Kloake münden. Bei den meisten *Selachiern* ist diese Sonderung meso- und metanephraler Abschnitte der Niere noch weiter gediehen; beide sind nicht nur durch ihr Aussehen unterschieden, sondern auch anatomisch voneinander abgegrenzt. Der vordere Abschnitt (die Leydig'sche Drüse = Mesonephros) hat seinen eigenen Ausführgang (Leydig'scher Gang = Urnierengang), desgleichen der hintere Abschnitt (Metanephros und Ureter).

Zu den Unterschieden in Funktion, Aussehen und anatomischer Abgrenzung, wie sie schon bei den *Anamnioten* vorkommen, gesellen sich bei den *Amnioten* Unterschiede im zeitlichen Auftreten und in der Entwicklungsweise. Zunächst legt sich nämlich der Mesonephros an, weshalb der Drüsenkörper Urniere (nach dem Entdecker Wolff'scher Körper), der Ausführgang Urnierengang (Wolff'scher Gang) genannt wird; diese Teile funktionieren während der ersten Zeit des Embryonallebens, werden aber allmählich von dem sich sehr viel später entwickelnden Metanephros, der bleibenden Niere, und deren Ausführgang, dem Ureter, abgelöst. Infolge der Aufgabe seiner Funktion wird der Mesonephros rückgebildet bis auf die in den Dienst des männlichen Geschlechtsapparates tretenden Teile, die Samen ableitenden Kanälchen, die Epididymis der menschlichen Anatomie, und den Wolff'schen Gang, der das Vas deferens liefert. Dazu kommt noch ein unansehnliches Rudiment der rein exkretorischen Urnierenkanälchen, welches Paradidymis genannt wird. Im weiblichen Geschlecht geht der ganze im Embryonalleben gut ausgebildete Mesonephros zugrunde mit Hinterlassung rudimentärer Organe, des der Epididymis und Paradidymis entsprechenden Epoophoron und Paroophoron, ab und zu auch Resten des Wolff'schen Ganges (Gärtner'scher Kanal).

Die Darstellung, welche ich hier von der Umbildung des Urogenitalsystems der Wirbeltiere gegeben habe, steht im Widerspruch zu der Auffassung, welche früher die allgemein herrschende war und die auch jetzt noch viele Vertreter hat. Derselben zufolge soll die Niere der *Fische* und *Amphibien* samt ihrem Ausführgang nicht ein Holonephros sein, sondern nur dem Mesonephros (Urniere) nebst Urnierengang der *Amnioten* entsprechen. Die bleibende Niere (Metanephros) und der Ureter der *Amnioten* seien Neubildungen, welche bei den *Anamnioten* keine homologen Teile besäßen. Diese Auffassung, welche annimmt, daß ein so hoch entwickeltes Organ wie die bleibende Niere völlig neu und ohne allmähliche Vorbereitung in der Wirbeltierreihe entstanden sei, ist ganz unnatürlich, um so unnatürlicher, als sie einen scharfen Gegensatz zwischen *Amphibien* und *Reptilien* errichtet, zwei Wirbeltierklassen, welche in allen übrigen Teilen der Organisation einander sehr nahe stehen; sie beruht auf einer Überschätzung der Unterschiede, welche in ihrer Entwicklung zwischen bleibender Niere der *Amnioten* und Urniere der *Anamnioten* bestehen. Die bleibende Niere entwickelt sich, indem zunächst der Ureter als eine Ausstülpung vom unteren Ende des Urnierenganges angelegt wird. Der durch Ausstülpung entstandene Kanal wächst nach vorn und gibt an seinem oberen Ende viele „Sammelröhren“ ab, die durch fortgesetzte Verästelung die Tubuli recti der bleibenden Niere erzeugen. Letztere verbinden sich

mit Harnkanälchen, den *Tubuli contorti*, die aus einer ganz anderen Quelle stammen. Sie entwickeln sich nämlich aus dem „nephrogenen Gewebe“, welches die rückwärtige Verlängerung des die Urniere liefernden Gewebes darstellt. Die merkwürdige Entwicklungsweise der bleibenden Niere schien lange Zeit in einem unüberbrückbaren Gegensatz zur Entwicklung der Urniere zu stehen, allein mit Unrecht. Denn bei der Nierenentwicklung mancher *Amphibien*, der *Gymnophionen*, kommt es schon vor, daß die nachgebildeten Harnkanälchen der Urniere sich ebenfalls mit Ausstülpungen des Urnierengangs verbinden, welche somit in ihrer Entwicklung den Ureteren der *Amnioten* gleichen, nur daß sie in großer Zahl gebildet werden. Die Entwicklung der bleibenden Niere der Säugetiere ist somit ein Vorgang, wie er auch bei den *Gymnophionen* vorkommt, nur mit dem Unterschied, daß das, was bei letzteren an vielen Stellen und in kleinem Maßstab geschieht, bei ersteren am hinteren Nierenende lokalisiert und außerordentlich gesteigert ist.

Nebenniere.

In der Nachbarschaft der Niere, meist sogar in engstem Zusammenhang mit ihr, liegt die Nebenniere, eine lange Zeit völlig, zum Teil auch jetzt noch rätselhaftes Organ, welches zu den für das Leben notwendigen „Drüsen mit innerer Sekretion“ gehört; sie besteht bei den *Säugetieren* aus einer vom Peritonealepithel stammenden Rindenschicht und einer genetisch mit den Ganglien des Sympathicus zusammenhängenden Marksubstanz. Letztere erzeugt das wichtige Adrenalin; sie ist bei den *Selachiern* als das aus vielen Körperchen bestehende „Suprarenalorgan“ von dem der Rinde entsprechenden „Interrenalorgan“ räumlich getrennt.

Die besprochenen Ausführwege des Urogenitalsystems (Harnwege, *Vasa deferentia*, *Oviducte*, Harnsamenleiter) öffnen sich bei den meisten *Fischen* hinter dem Darm auf einer *Papilla urogenitalis*. Bei den *Selachiern*, *Amphibien*, *Vögeln* und den meisten *Reptilien* münden sie von rückwärts in den entodermalen Abschnitt des Enddarms, welcher dadurch zur „Kloake“ wird. Bei den *Schildkröten* und *Säugetieren* werden die Mündungen der Urogenitalkanäle z. T. auf die Harnblase übertragen, eine Ausstülpung der ventralen Darmwand, welche bei den *Amphibien* zum erstenmal auftritt, z. T. auf den in der Verlängerung der Harnblase gelegenen *Sinus urogenitalis*. Harn- und Geschlechtswege münden dann entweder beide in den *Sinus urogenitalis* (*Schildkröten*, *Monotremen*), oder es gilt dies nur von den Geschlechtswegen, während die Harnwege sich am Grund der Harnblase öffnen. Der *Sinus urogenitalis* bleibt bei *Schildkröten* und den niedersten *Säugetieren*, den *Monotremen*, dauernd zur Bildung einer „Kloake“ mit dem Enddarm vereinigt. Bei den übrigen *Säugetieren* ist dagegen die Kloake nur im Embryonalleben vorhanden; später wird sie durch eine Scheidewand im entodermalen Enddarm und durch die Ausbildung des Dammes in zwei Kanäle zerlegt, einen hinteren, den Darm, einen vorderen, den *Sinus urogenitalis*. Bei den Wirbeltieren läßt sich somit Schritt für Schritt verfolgen, wie die ursprünglich hinter dem Darm befindliche Mündung des Urogenitalsystems zunächst in den Darm und dann vor denselben zu liegen kommt.

Fortpflanzung.

Die Wirbeltiere pflanzen sich weder ungeschlechtlich noch parthenogenetisch fort, sondern ausschließlich durch Eier, welche der Befruchtung bedürfen. Die Befruchtung ist bei den meisten niederen Wirbeltieren eine äußere und erfolgt während der Eiablage; bei allen höheren Wirbeltieren ist sie eine innere, indem das Männchen zum Zwecke der Samen-

übertragung die eigene Genitalöffnung gegen die Genitalöffnung des Weibchens preßt oder in letztere ein besonderes Begattungsorgan, den Penis, einführt. Die im Innern der weiblichen Geschlechtswege befruchteten Eier können dann einen Teil ihrer Entwicklung oder die gesamte Entwicklung in den weiblichen Geschlechtswegen durchmachen, indem besondere Abschnitte derselben (Uterus) zur Aufnahme der Eier eingerichtet sind. Wir unterscheiden demnach vivipare und ovipare Wirbeltiere und zwischen diesen Extremen vermittelnd die ovo-viviparen Formen (vgl. S. 153). Die meisten *Haifische* sind ovo-vivipar, ziemlich viele unter ihnen lebendig gebärend; umgekehrt sind die *Knochenfische* ovipar, doch gibt es unter ihnen einige vivipare Ausnahmen. Ebenso mischen sich bei *Amphibien* und *Reptilien* vivipare Formen (*Salamander*, *Blindschleichen* usw.) unter die ovipare oder ovo-vivipare Mehrzahl. Am meisten Gleichförmigkeit herrscht bei *Vögeln* und *Säugetieren*. Während jene ausnahmslos ovo-vivipar sind, sind diese lebendig gebärend; unter den Säugetieren machen jedoch die *Monotremen* (*Echidna* und *Ornithorhynchus*), welche beide Eier mit begonnener Entwicklung legen und somit ovo-vivipar sind, eine Ausnahme.

Fig. 501.



Fig. 502.

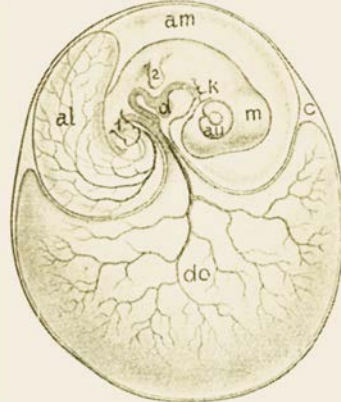


Fig. 501. Embryo eines Haies. *k* äußere Kiemenfäden oberhalb der Brustflossen, *d* der zur Hälfte dargestellte Dottersack (aus Boas).

Fig. 502. Eihülle des Hühnchens (schematisiert nach Duval). *am* Amnion, *al* Allantois, *d* Darm, *do* Dottersack, *c* extraembryonales Cölon, *k* Kiemenspalten, *au* Auge, *m* Mittelhirn, *1, 2* hintere und vordere Extremität.

Im Laufe der Embryonalentwicklung können bei den Wirbeltieren dreierlei Embryonalanhänge auftreten: 1. der Dottersack, 2. das Amnion, 3. die Allantois.

Der Dottersack fehlt vollkommen nur bei dem *Amphioxus*, dessen kleine Eier sehr dotterarm sind; er ist schwach angedeutet bei denjenigen Wirbeltieren, deren Eier zwar dotterreich sind, aber doch nicht so dotterreich, daß nicht eine totale, inäquale Furchung möglich wäre (*Amphibien*, *Ganoiden*, *Dipncusten*); sonst ist er überall vorhanden, und zwar am stärksten entwickelt bei allen Wirbeltieren mit discoidaler Furchung, den *Fischen* (Fig. 501), *Reptilien* und *Vögeln*. Sein Vorkommen ist bedingt durch die Anhäufung von Nährmaterial im Darm des Embryo, dessen ventrale Wand dadurch bruchsackartig vorgetrieben wird. Seine Anwesenheit bei *Säugetieren*, trotzdem dieselben dotterarme kleine Eier haben,

Dottersack.
Amnion.
Allantois.

ist ein Zeichen, daß sie von Urformen mit dotterreichen Eiern stammen, wie es die *Monotremen* jetzt noch sind. Der Embryo schnürt sich vom dotterhaltigen Bruchsack ab, hängt aber mit ihm durch einen Verbindungsstiel zusammen.

Während der Dottersack weit verbreitet ist, finden sich Amnion und Allantois nur bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugetieren*, welche *Amnioten* oder *Allantoidea* heißen im Gegensatz zu den *Fischen* und *Amphibien*, welche beide Embryonalanhänge noch nicht besitzen und daher als *Anamnioten* oder *Anallantoidea* systematisch zusammengefaßt werden. Das Amnion (Fig. 502) oder die Schafhaut ist ein Sack, welcher den Embryo ganz umhüllt und nur am Nabel, d. h. an der Stelle, wo der Dottersack durch die Bauchdecken hervorgestülpt ist, mit dem Embryo zusammenhängt. Im Sack befindet sich eine eiweißhaltige Flüssigkeit, das Fruchtwasser. Genetisch ist das Amnion ein Teil der Bauchhaut; es entwickelt sich ventral als eine zirkuläre Falte links und rechts, vorn und hinten vom Embryo und wächst um denselben nach dem Rücken empor, bis die einander entgegenwachsenden Faltenränder dorsal zum Verschuß kommen. Die Allantois endlich ist eine Verlängerung der Harnblase; sie tritt am Nabel aus der Leibeshöhle heraus und schiebt sich zwischen Dottersack und Amnion ein. In den in die Embryonalanhänge eingewucherten Abschnitt hinein kann sich das mit Harn erfüllte Lumen der Blase verlängern oder nicht; im letzteren Fall dringt nur die Fortsetzung des Bindegewebes und der Blutgefäße in die Embryonalhüllen hinein. Die Blutgefäße sind für die Funktion der Allantois die wichtigsten Teile, sie führen dem Embryo Sauerstoff zu, bei den meisten *Säugetieren* außerdem noch Nährmaterial, welches der Placenta (vgl. *Säugetiere*) entstammt. — Dottersack, Amnion und Allantois werden nach außen noch durch eine gemeinsame Hülle zusammengehalten, die Serosa.

Systematik. Schon von Aristoteles und seinen Nachfolgern wurden vier Hauptgruppen der Wirbeltiere unterschieden, welche von Linné und sogar von Cuvier beibehalten wurden: *Säugetiere* oder *Mammalia*, *Vögel* oder *Aves*, *Reptilien* oder *Amphibien*, und *Fische* oder *Pisces*. Erst Blainville (1818) trennte die dritte Klasse in zwei Klassen, indem er für die eine den Namen *Amphibien*, für die andere den Namen *Reptilien* beibehielt. M. Edwards zeigte weiter, daß diese lange Zeit nicht genügend unterschiedenen Formen auch entwicklungs-geschichtlich voneinander abweichen, indem die *Amphibien* zu den niederen Wirbeltieren, den *Anamnioten*, gehören, die *Reptilien* dagegen zu den höheren, den *Amnioten*. Ferner wurde die Begrenzung der Fischklasse im Laufe des vorigen Jahrhunderts, und zwar hauptsächlich in der zweiten Hälfte desselben, einer Revision unterworfen. Haeckel schlug vor, von den echten Fischen, die so sehr viel niedriger organisierten Formen, den *Amphioxus* und die *Cyclostomen*, als zwei besondere Klassen abzuzweigen. Schließlich sei noch hervorgehoben, daß vielfach die Wirbeltiere mit pentadactylen Extremitäten im Gegensatz zu den Fischen als „Tetrapoden“ zusammengefaßt werden.

I. Unterstamm.

Anamnioten.

Wirbeltiere, welche dauernd oder vorübergehend durch Kiemen atmen, deren Embryonen weder ein Amnion noch eine Allantois haben.

I. Klasse.

Leptocardier, Acranier.

Aus der Klasse der Acranier kannte man bis in die Neuzeit nur die einzige Gattung *Amphioxus* (*Branchiostoma*), deren bekanntester Vertreter *A. lanceolatus* (Fig. 503) schon im 18. Jahrhundert vom Reisenden Pallas entdeckt und für eine Schnecke (*Limax lanceolatus*) gehalten wurde. Erst die klassischen Untersuchungen von J. Müller bewiesen die Wirbeltiernatur des inzwischen in England und Neapel aufs neue aufgefundenen Tieres. Durch Kowalewski wurde dann auf entwicklungsgeschichtlichem Wege die überraschend nahe Verwandtschaft mit den *Tunicaten* aufgedeckt. Der Grund, warum die systematische Stellung des *Amphioxus* lange Zeit so sehr verkannt wurde, liegt in der großen Einfachheit seines Baues. Der fischförmig gestaltete, an beiden Enden zugespitzte Körper (daher der Name) hat noch keine paarigen Extremitäten; er wird von einem unpaaren, nur am kaudalen Ende deutlicher

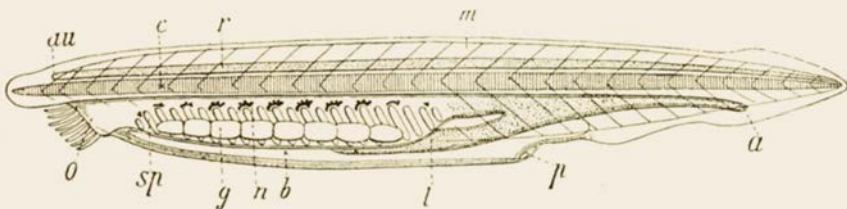


Fig. 503. *Amphioxus lanceolatus*, schematisiert nach einer Zeichnung von Th. Boveri. *au* Auge, *c* Chorda, *r* Rückenmark, *m* Muskeln, *o* Mundöffnung, *sp* Kiemenspalten, *g* Geschlechtsorgane, *n* Nierenkanäle, *b* Peribranchialraum, *p* Mündung desselben, *l* Leber, *a* After.

entwickelten Flossensaum umfaßt und besitzt in der Ausdehnung des Peribranchialraumes eine linke und rechte ventrale flossenartige Längsfalte (Fig. 505). Das Epithel der Haut ist einschichtig, wie man es sonst nur bei Wirbellosen findet, und läßt deutlich die Grenzen der Muskelsegmente durchschimmern. Es fehlen noch Schädel (*Acranier*) und Wirbelsäule, Hirn, Herz (*Leptocardier*) und die großen Drüsen der Leibeshöhle, die Leber und die Niere, wenn sich auch für einige dieser Organe (Hirn, Leber, Niere) die ersten Anfänge nachweisen lassen. Der Mangel von Schädel und Wirbelsäule hängt mit der rudimentären Beschaffenheit der Binde-substanzen zusammen. Der *Amphioxus* besteht fast nur aus vielfach gefalteten, von Stützlamellen getragenen Epithelhäuten, welche durch dünne Gallertschichten getrennt werden, in denen einwandernde Zellen und zarte Zellschichten als erste Anlagen des Mesenchymkeims auftreten. Bei alledem sind die in fast schematischer Weise auf das Allerwesentlichste reduzierten Grundzüge der Wirbeltierorganisation unverkennbar.

Als Achsenskelett und einzige Stütze des Körpers dient eine vom vorderen bis zum hinteren Ende ziehende, aus faserigen Platten

bestehende Chorda dorsalis (*c*). Über ihr liegt das Rückenmark (*r*), dessen Zentralkanal als erster Ansatz zur Entwicklung des Hirns sich am vorderen Ende bläschenartig erweitert. Ein Pigmentfleck (*au*) in der Wand dieser Hirnblase ist als ein rückgebildetes Auge anzusehen; selbst nicht erregbar wird es funktionell durch zahlreiche lichtempfindliche, von Pigment umhüllte Zellen des Rückenmarks ersetzt. Auf der ventralen Seite des Hirns findet sich noch ein durch Flimmerzellen ausgezeichnetes Sinnesorgan, das Infundibularorgan. Längere Zeit über mündet der Neuralkanal an seinem vorderen Ende durch den Neuroporus am Grunde einer früher als Geruchsorgan gedeuteten Grube nach außen.

Fig. 504.

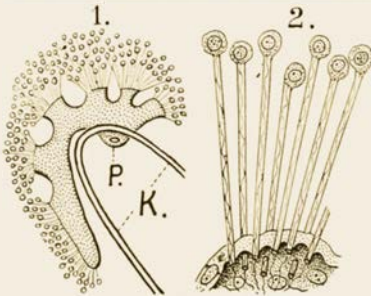


Fig. 504. Nierenkanälchen von *Amphioxus*. 1 Ein ganzes Kanälchen mit mehreren Nephrostomen und ansitzenden Büscheln von Solenocyten. *K* oberes Ende der Kiemenspalte, *P* Mündung des Nierenkanälchens in den Peribranchialraum (nach Boveri). 2 Ein Teil der Kanalwand mit 7 Solenocyten, stärker vergrößert (nach Goodrich).

Fig. 505.

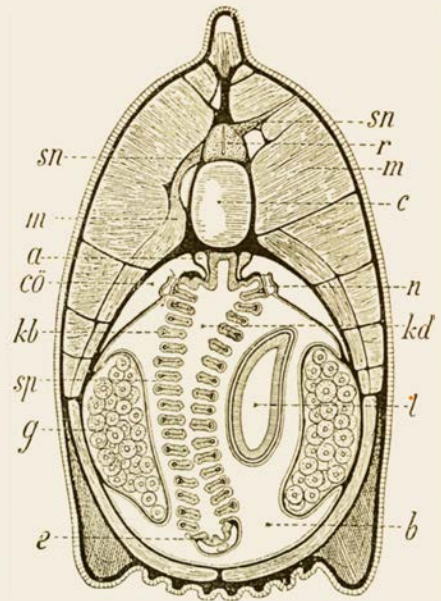


Fig. 505. Querschnitt durch die Kiemensregion des *Amphioxus*, *r* Rückenmark, *sn* abtretende Nerven, *m* Muskeln, *c* Chorda, *a* Aorta descendens, *cö* Cölon (branchiale Leibeshöhle), *n* Niere (links durch Pfeile bezeichnet; die in der Zeichnung angegebene Verbindung mit der Leibeshöhle ist von Solenocytenhaufen umgeben, welche in der Abbildung nicht dargestellt sind), *kd* Kiemendarm, *kb* Kiemensbögen, *sp* Kiemenspalten, *g* Geschlechtsorgane, *l* Leberblindsack, *b* Peribranchialraum, *e* Hypobranchialrinne, darunter Aorta ascendens (nach einer Zeichnung von Ray Lankester, verändert von Th. Boveri).

Der Darm beginnt mit einer längsovalen Mundöffnung; dieselbe ist von Cirren eingefasst, die von einer Art Knorpelring entspringen und von Knorpel gestützt werden (*o*); auf die Mundhöhle folgt, durch das „Velum“ abgegrenzt, der eigentliche Kiemendarm, links und rechts von zahlreichen Kiemenspalten (Fig. 503, 505 *sp*) durchbrochen, zwischen denen elastische Stäbe (*kb*) ein festes Gerüst bilden. Die Kiemenspalten öffnen sich beim jungen Tiere direkt nach außen, später aber, wie bei den *Ascidien*, in einen umhüllenden Raum, Peribranchial- oder Perithoracalraum (*b*), welcher durch den Porus branchialis (Fig. 503 *p*) hinter der Mitte des Körpers das Atemwasser austreten läßt. Eine ventrale, drüsige, flimmernde „Hypobranchialrinne“ (Fig. 505 *e*), in welcher man das Homo-

logon sowohl des Ascidienendostyls als auch der Thyreoiden erblickt und der dorsal eine ähnlich gebaute, durch Flimmerbögen mit ihr verbundene Epibranchialrinne entspricht, führt in das geradegestreckte, kurz vor dem hinteren Ende linksseitig mündende Darmrohr; von ihm geht als erste Anlage einer Leber ein rechts gelegener Blindsack aus, der weit nach vorn in die Kiemenregion reicht.

Das von farblosem Blut gefüllte Gefäßsystem besteht aus einem dorsalen arteriellen (α) und einem ventralen venösen Stamm, welche durch laterale Schlingen zusammenhängen. Der ventrale Stamm beginnt als Vena subintestinalis unter dem Darm, verästelt sich als Pfortader am Leberblindsack und verläuft, wieder in einen Stamm vereint, nach Einmündung des paarigen Venensystems (Ductus Cuvieri, V. cardinales, V. jugulares) als Arterienstiel unter der Kieme. Die von letzterem ausgehenden Gefäßschlingen sind die Kiemenarterien, aus welchen dorsal die im Bereich der Kieme paarige Aorta descendens entsteht. Ein echtes Herz fehlt gänzlich; wohl aber sind verschiedene Teile der Blutbahn, ein Teil des ventralen Gefäßes und die basalen Stücke der Kiemenarterien kontraktile, daher der Name „*Leptocardier*“, „Zart- oder Röhrenherzen“.

Wie der Kiemendarm im Peribranchialraum, so ist der verdauende Darm in der vom Peribranchialraum scharf zu unterscheidenden Leibeshöhle untergebracht. Die Leibeshöhle setzt sich auch in die Kiemengegend (Fig. 505 *cö*) fort, sowohl in die Kiemenwand selbst (branchiale L.), als in die äußeren Wände des Peribranchialraums (peribranchiale L.). In sich abschnürenden Teilen der Myotomhöhlen bilden sich die Geschlechtsorgane (g), eine Anzahl beutelförmiger, in einer Reihe hintereinander gelagerter Follikel, die durch Platten die reifen Geschlechtsprodukte in den Peribranchialraum entleeren. In letzteren münden auch die Exkretionsorgane, eine linke und eine rechte Reihe segmentaler flimmernder Kanäle, welche mit den Nephridien der *Anneliden* auch darin übereinstimmen, daß sie getrennt nach außen münden und am blinden Ende mit den charakteristischen Solenocyten besetzt sind (Fig. 504); ob sie durch Nephrostome mit der Leibeshöhle in Verbindung stehen, ist strittig.

Die gleiche Einfachheit, welche den Bau des *Amphioxus* kennzeichnet, beherrscht auch seine Entwicklungsgeschichte. In dieser Hinsicht seien besonders folgende Punkte hervorgehoben: 1. Die Eier besitzen eine nahezu äquale Furchung (Fig. 102). 2. Es bildet sich eine typische Gastrula durch Einstülpung (Fig. 107). 3. Das Mesoderm legt sich an, indem der Darm links und rechts zur Mittellinie zahlreiche, metamer aufeinanderfolgende Ausstülpungen bildet, welche sich später abschnüren und die Ursegmente darstellen. Das mittlere Keimblatt ist somit ein abgeschnürter Teil des Darmdrüsenblatts, d. h. ein Mesepithel. Aus den Hohlräumen der Ursegmente geht die Leibeshöhle des *Amphioxus* hervor, welche somit vom Darmlumen abstammt und ein echtes Enterocöl ist. 4. Zwischen den linken und rechten Ursegmenten wandelt sich die Decke des Darms in die Chordaanlage um, welche sich durch Einfaltung vom Darm abschnürt und sich zwischen Darm und Nervensystem einschiebt. 5. Das Nervensystem entsteht aus einer zum Rohr sich schließenden Längsrinne, welche vorübergehend durch den Canalis neurentericus mit dem Darm kommuniziert.

Man hat den *Amphioxus* in wenigen einander sehr nahestehenden Arten in den verschiedensten Meeren (Nordsee, Atlantischem und Indischem Ozean, Mittelmeer, Südsee) gefunden; in der Neuzeit hat man auch Reprä-

sentanten anderer Gattungen entdeckt, wie z. B. *Asymmetron lucayanum* Andrews u. a.

II. Klasse.

Cyclostomen, Marsipobranchier, Monorhinen.

Die Klasse der *Cyclostomen* enthält ebenfalls nur wenige Gattungen und Arten, unter denen die *Neunaugen* des süßen Wassers und die *Myxinen* der nordischen Meere die bekanntesten sind. Die Tiere haben schon vollkommen das Aussehen und die Bewegungsweise der *Fische*, besonders der aalartigen; auch in ihrer inneren Anatomie stehen sie den *Fischen* viel näher als dem *Amphioxus*, da sie die großen Unterleibsdrüsen, Niere und Leber, besitzen, dazu ein muskulöses, dickwandiges Herz, welches aus Kammer und Vorkammer

Fig. 506.



Fig. 507.

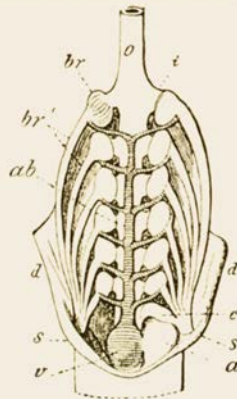


Fig. 506. Mund von *Petromyzon marinus* mit Hornzähnen, im Hintergrund die Zunge (nach Gegenbaur).

Fig. 507. Kiemenapparat von *Myxine glutinosa* (nach J. Müller). *o* Ösophagus, *br* Kiemensäckchen (die Striche geben die Lage der Kiemenblättchen an), *i* zuführender, *br'* abführender Kiemenkanal, *ab* Kiemenarterie mit Arterienbögen, *d* abpräparierte Haut, *s* Mündung der Kiemenkanäle und eines Haut und Ösophagus verbindenden Kanals der linken Seite (*c*), *a* Atrium, *v* Ventriculus cordis.

besteht im wesentlichen aus der Chorda dorsalis, welcher bei den Neunaugen kleine Knorpelspannen aufsitzen, obere Bögen und Intercalaria. In der Caudalregion finden sich unpaare longitudinale dorsale und ventrale Knorpelstreifen, welche die knorpeligen Stützen der unpaaren Flosse tragen. Ein knorpeliger Schädel mit einem korbartigen Gerüst von Kiemenstützen ist vorhanden, aber vom Schädel der übrigen Wirbeltiere durch den Mangel der Occipitalregion unterschieden und auch sonst so abweichend gebaut, daß eine nähere Vergleichung auf große Schwierigkeiten stößt. Sehr wichtig ist der gänzliche Mangel von Brust- und Bauchflossen. Desgleichen entbehrt die Haut der Schuppen, die Mundhöhle der echten Dentinzähne. Denn die in mehreren Kreisen gestellten spitzen, braunen Höcker in der Mundhöhle der *Petromyzonten* (Fig. 506), sowie die spärlichen „Zähne“ der *Myxinoiden* sind epitheliale, den Zähnen der übrigen Wirbeltiere nicht vergleichbare Horngebilde.

Weitere Unterschiede zu den Fischen ergeben sich aus den drei in der systematischen Zoologie eingebürgerten Namen.

Der Name *Cyclostomen* bezieht sich zunächst zwar nur auf ein äußerliches Merkmal, die Gestalt der Mundöffnung, welche kreisförmig oder wie beim *Amphioxus* längsoval ist; allein diese Gestalt ist durch einen wichtigen anatomischen Charakter begründet, durch den Mangel oder den rudimentären Zustand der Kiefer, welche bei den übrigen Wirbeltieren, den *Gnathostomen*, indem sie gegeneinander wirken, die quere Gestalt des Mundes bedingen. Die Form der Mundöffnung ist für die *Cyclostomen* von großer Bedeutung, da sie sich mit dem Mund an Fischen festsaugen können. Am Grunde der gewölbten Mundbucht liegt die Zunge, welche die ansaugende Wirkung erzielt, indem sie spritzenstempelartig zurückgezogen wird.

Der Name *Marsipobranchier* (Fig. 507) bezieht sich auf die Gestalt der Kiemen. Auf jeder Seite sind meist 6—7 Kiemengänge vorhanden, bei *Bdellostoma (Polytrema) Stouti* sogar 12—14. Jeder Kiemengang differenziert sich in drei Abschnitte: den Kiemenbeutel, eine sackartige Erweiterung (*br*), welche allein die Kiemenblättchen enthält und den Kiemengefäßen zur Verästelung dient, und zwei enge, das Atemwasser zu- und ableitende Kanäle, von denen der eine (*br'*) auf der Haut, der andere (*i*) in den Darm mündet. Der Anlage nach und bei wenigen Arten (*Bdellostoma*) auch dauernd sind jederseits getrennte innere und äußere Kiemenmündungen vorhanden; bei *Petromyzon* münden die inneren Kanäle von links und rechts in einen unpaaren Sammelkanal, welcher sich an seinem vorderen Ende ventral in den Darm öffnet; bei *Myxine* dagegen vereinigen sich die äußeren Kanäle jederseits in einem einzigen Kiemenloch (*s*), von welchem auf der linken Seite noch ein Kanal direkt zum Darm verläuft (*c*).

Monorhinen (Fig. 508) endlich heißen die Tiere, weil bei ihnen die Nase im Gegensatz zu den Fischen und allen höheren Wirbeltieren unpaar ist. Genau in der Mittellinie des Kopfes befindet sich dorsal eine einzige Nasenöffnung, welche in einen flaschenförmig erweiterten Nasensack überleitet. Vom Grunde des Sackes geht ein Kanal rückwärts bis an die Decke der Mundhöhle, den „Gaumen“, hier entweder blind endigend (*Hyperoartien*) oder den Gaumen durchbohrend (*Hyperotreten*), so daß eine bei der Atmung das Wasser zuleitende innere Nasenöffnung, eine Choane, entsteht. An die unpaare Nase tritt ein paariger *N. olfactorius*.

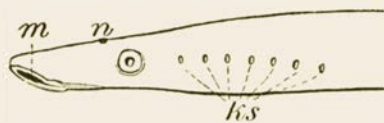


Fig. 508. Kopf des Flußneunauges mit Mund (*m*), unpaarer Nase (*n*), Auge und sieben Kiemenspalten (*ks*).

I. Ordnung. *Hyperotreten*, halbparasitische, in die Leibeshöhle von Fischen eindringende *Cyclostomen* mit Cirren im Umkreis des Mundes, mit einer linken und rechten Reihe gewaltiger Schleimsäcke und rudimentären Augen (Linse, Sclera und Chorioidea fehlen). Die Niere besteht aus einzelnen segmentalen, mit Malpighischen Körperchen beginnenden Kanälchen; sie wird von vielen Forschern als Vorniere gedeutet. Die großen, dotterreichen Eier sind durch einen Hakenapparat zu Reihen verkettet. *Myxine glutinosa* L., an der Küste von Skandinavien, hermaphrodit, doch ist immer nur eine Geschlechtsdrüse, entweder der Hoden oder das Ovar, zur Reife befähigt; *Bdellostoma Stouti*, an der west-amerikanischen Küste.

II. Ordnung. *Hyperoartien*. Aus Europa kennt man drei Arten, die sämtlich der Gattung *Petromyzon* angehören und sich nur durch Größe und geringfügige Merkmale unterscheiden. Das kleine Neunauge *P. Planeri* Bloch, lebt in Bächen und in kleineren Flüssen, das größere, *P. fluviatilis* L., in Strömen, das fast 1 m lange, *P. marinus* L. im Meere; letzteres gelangt aber auch häufig in die größeren Flüsse, indem es sich an die zur Laichzeit aufsteigenden Lachse und Maifische ansaugt. Früher unterschied man außer der Gattung *Petromyzon* noch die Gattung *Ammocoetes* (Querder), bis im vorigen Jahrhundert A. Müller von neuem auffand, was schon der Fischer Baldner im 18. Jahrhundert erkannt hatte, daß die Ammocöten nur die Larven der Petromyzonten seien. Die Querder unterscheiden sich von den Neunaugen dadurch, daß die Augen von dicker Haut bedeckt sind und daher noch nicht funktionieren, daß ferner die Mundöffnung noch eine Längsspalte ist und nicht zum Ansaugen benutzt werden kann. Die Umwandlung des Querders in das Neunauge erfolgt im 4. Jahre kurz vor der Geschlechtsreife, daher denn auch kaum ein Größenunterschied zwischen beiden besteht. Der deutsche Name Neunauge kann den Anfänger irreführen; da nur ein Paar Augen vorhanden sind, muß man, um die Zahl zu erhalten, nicht nur die sieben Kiemenspalten, sondern auch die unpaare Nasenöffnung mitrechnen. Samen und Eier werden durch den Porus abdominalis entleert; die Eier sind ziemlich klein und erleiden eine totale, wenn auch inäquale Furchung (Fig. 104a). — Südamerikanische Gattungen sind *Mordacia* und *Geotria* mit der durch besonders große und gut entwickelte Augen ausgezeichneten Jugendform *Macrophthalmia*. Fossil: *Palacospondylus* im Devon.

III. Klasse.

Pisces, Fische.

Die Bezeichnung „Fische“ kann man im engeren und weiteren Sinne anwenden. Bei der weiteren Umgrenzung nennt man Fische alle Wirbeltiere, welche in Atmung und Fortbewegungsweise vollkommen dem Wasserleben angepaßt sind, in der Atmung, insofern sie durch Kiemen erfolgt, in der Fortbewegungsweise, sofern sie durch Flossen vermittelt wird. Man kann aber auch, wie es hier geschehen ist, den Namen im engeren Sinne verwenden und unter den kiemenatmenden, mit Flossen schwimmenden Wirbeltieren verschiedene Stufen der Organisation unterscheiden, wie wir das bei den uns näher stehenden landbewohnenden und luftatmenden Wirbeltieren schon längst zu tun gewohnt sind. Außer Kiemenatmung und Fortbewegung durch Flossen halten wir zur Charakteristik der Fische noch für nötig, daß eine gewisse Organisationsstufe erreicht ist, daß eine Wirbelsäule und ein Schädel mit gut ausgebildetem Visceralskelett vorhanden sind, daß zu den unpaaren Flossen sich die paarigen gesellen, daß die Nase ein doppeltes Grübchen ist, daß die Haut der Körperoberfläche und die Schleimhaut des Mundes Sitz von Verknöcherungen, von Schuppen und echten Zähnen sind. Dieser Auffassung zufolge sind die *Cyclostomen* und der *Amphioxus* von den Fischen ausgeschlossen worden.

Unzweifelhaft sind die Fische im engeren Sinne die dem Wasserleben am besten angepaßten Wirbeltiere; ihre ganze Organisation muß daher von diesem Gesichtspunkt aus beurteilt werden. Die Epidermis besteht aus zahlreichen übereinander gelagerten Schichten protoplasmatischer Zellen, die nach außen nur von einer verschwindend dünnen

Cuticula zusammengehalten werden und infolgedessen nach dem Tode leicht abfallen. Verhornung fehlt unter gewöhnlichen Verhältnissen mit Ausnahme eines dünnen Saumes der äußersten subcuticularen Zellenlage; zur Zeit der Geschlechtsreife aber findet sie sich an manchen Stellen, in ausgedehnterem Maße bei den meisten *Cyprinoiden* und vielen *Salmoniden* und erzeugt dann harte Einlagerungen, die „Perlorgane“. Enorme Mengen großer Schleimzellen verleihen den Tieren ihre auffallende Schlüpfigkeit. Da das Epithel nichts zur Festigung der Körperoberfläche beiträgt, gehen alle Schutzorgane von der Lederhaut aus, welche aus vielen Schichten straffaserigen Bindegewebes besteht und außerdem den Fischen das charakteristische Hautskelett, die Schuppen, liefert. Die Schuppen, welche nur selten infolge von Rückbildung fehlen, liegen auf der Grenze von Epidermis und Lederhaut, jedoch noch in letzterer; sie sind gewöhnlich in das Bindegewebe der Schuppentaschen eingebettet und sind vermöge ihres verschiedenen Baues auch jetzt noch von hervorragendem, systematischem Wert, wenn man auch nicht mehr die gesamte Einteilung der Fischklasse auf die Unterschiede der Placoid-, Ganoid-, Cycloid- und Ctenoidschuppen basiert.

1. Die Placoidschuppen (Fig. 509, 4, Fig. 472) oder Hautzähne wurden schon (S. 484) besprochen, weil sie den Ausgangspunkt für die Hautverknöcherungen sämtlicher Wirbeltiere bilden und in ihrem Bau den Zähnen der Mundhöhle ähnlich sind; sie sind rhombische Knochenplatten, welche parkettartig dicht zusammengefügt sind, ohne aber sich zu decken; sie tragen im Zentrum einen kaudalwärts zurückgebogenen, zugespitzten und mannigfaltig gestalteten Höcker, welcher aus einer blutgefäßreichen Papille, einem Mantel von Zahnbein (Dentin) und einem die Spitze überziehenden Käppchen besteht, welches von manchen Forschern als Schmelz, von anderen als eine homogene äußerste Elfenbeineinlage, Vitrodentin, gedeutet wird.

2. Die Ganoidschuppen (3) haben meist noch rhombische Gestalt und parkettartige Anordnung; doch kommen auch schon kreisrunde Formen vor, welche sich nach Art der Cycloidschuppen dachziegelartig decken. Sie bestehen aus einer Schicht Knochensubstanz und darüber gelagertem Dentin und können in der Jugend noch Hautzähne tragen, welche beim ausgebildeten Tiere verloren gehen; stets sind sie von einer dicken Lage „Ganoin“ (fraglich ob Schmelz oder Vitrodentin) überzogen, welche der Oberfläche einen auch bei fossilen Fischen noch erkennbaren Perlmuttermglanz verleiht.

3. Cycloid- und Ctenoidschuppen (1 u. 2) sind einander sehr nahe verwandte Formen; sie liegen locker in den bindegewebigen Schuppentaschen, aus denen sie leicht herausgezogen werden können; sie ordnen sich derart in Schräg-, Quer- und Längsreihen an, daß, sie sich dachziegelartig decken, und zwar je eine vordere die angrenzenden Teile zweier hinterer Schuppen. Die Cycloidschuppen (1) haben annähernd kreis-

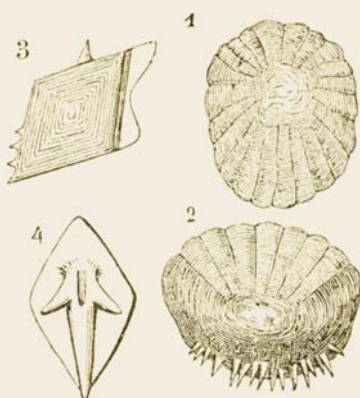


Fig. 509. Schuppenformen der Fische: 1 Cycloidschuppe, 2 Ctenoidschuppe von Teleostiern, 3 Ganoidschuppe von Ganoiden, 4 Placoidschuppe von Haien.

förmige Gestalt und eine zweifache Struktur: das Zentrum der Schuppe ist einerseits Mittelpunkt einer konzentrischen Streifung, andererseits Ausgangspunkt zahlreicher, nach der Peripherie ausstrahlender Radiallinien. Die konzentrische Streifung hat ihren Sitz in der oberflächlichen, stärker verkalkten Lage der Schuppe (der Dentinschicht) und ist durch riffartige Erhebungen derselben bedingt; die Radiallinien sind zum Teil durch Unterbrechungen der Dentinschicht hervorgerufen, vor allem aber dadurch, daß in ihrem Bereich die Verkalkung der Basalschicht unterblieben ist. Die Ctenoidschuppe (2) teilt mit der Cycloidschuppe die konzentrische und radiale Streifung, unterscheidet sich aber von ihr dadurch, daß das hintere Schuppenende quer abgestutzt ist, und daß die konzentrischen Riffe, soweit die Oberfläche der Schuppe bei der dachziegelartigen Deckung freibleibt, Stacheln tragen, die wie Kammzinken aussehen.

4. Außer den besprochenen Schuppenformen kommen in der Haut mancher Fische ansehnliche Stacheln (stark entwickelte Einzelzähne) und ausgedehnte Knochenplatten vor, für welche sich meist noch der Nachweis führen läßt, daß sie aus Verwachsung zahlreicher Schuppen hervorgegangen sind, bei Panzerwelsen aus Verwachsung typischer Hautzähnen.

Die Färbung der Fische ist durch dreierlei Strukturen bedingt. Der Silberglanz, welcher nicht nur die Haut, sondern auch Herzbeutel und Bauchfell, besonders auf der Oberfläche der Schwimmblase, auszeichnet, wird durch Guaninkristalle verursacht. Sie werden bei manchen Fischen (*Alburnus lucidus*) vermöge ihres besonders schönen Glanzes technisch wertvoll; durch Kochen mit Ammoniak werden sie aus dem Bindegewebe befreit und liefern in dieser Flüssigkeit suspendiert den wichtigsten Teil der Perlenessenz (Essence d'Orient), welche zur Fabrikation künstlicher Perlen benutzt wird, indem sie äußerlich auf Alabasterkügelchen aufgetragen wird (römische Perlen) oder zu einem Überzug auf der Innenseite hohler Glaskügelchen dient, welche dann noch mit Wachs ausgegossen werden (Pariser Perlen). — Die außer dem Silberglanz noch vorkommenden Farben und Zeichnungen lassen sich zum Teil auf die reichlichen, stark gefärbten Fettzellen, zum Teil auf Chromatophoren zurückführen; letztere können unter dem Einfluß des Nervensystems die Anordnung ihres Pigments und damit auch ihren Anteil an der Gesamtfärbung verändern. Daher rührt die Anpassungsfähigkeit vieler Fische an ihre Umgebung. Die *Schollen* und *Flundern* (*Pleuronectiden*) z. B. nehmen die Farbe des Untergrundes an (sympathische Färbung, S. 28); geblendete Tiere verlieren diese Fähigkeit. — Viele Tiefseefische zeichnen sich durch den Besitz von Leuchtorganen (S. 120, Fig. 86) aus, deren regelmäßige Anordnung eine vielleicht für das Zusammentreffen der Geschlechter wichtige Zeichnung hervorruft.

Wirbel-
säule.

Das Achsenskelett der Fische zeigt viele vorwiegend oder nur in dieser Klasse vorkommende Grundzüge, gewinnt aber gleichwohl in den einzelnen Ordnungen ein sehr verschiedenes Aussehen, welches vor allem davon abhängt, ob das Skelett knorpelig oder verknöchert ist. Die Wirbelsäule besteht fast stets aus amphicölen Wirbelkörpern mit oberen und unteren Bögen. In den vorderen und hinteren Aushöhungen der Wirbelkörper besteht die Chorda fort, welche demnach ein perlschnurartig intervertebral anschwellender Strang ist. Die linken und rechten Bögen schließen mittels unpaarer Dornfortsätze zusammen, die oberen — den Rückenmarkskanal erzeugend — überall, die unteren nur

in der Schwanzgegend (Caudalkanal) (Fig. 476, 477). In der Rumpfregion bestehen die unteren Bögen aus zwei Teilen, der Rippe und dem Basalstumpf; sie kommen ventral nicht zur Vereinigung; auch fehlt noch das Brustbein, welches bei Amnioten die unteren Enden der Brustrippen verbindet. Solange die Verknöcherung ausbleibt oder unvollkommen ist, sind sowohl die oberen als auch die unteren Bögen in jedem Segment mindestens zu zwei Paaren vorhanden; das dem Kopf zugewandte vordere Bogenpaar ist das stärkere und bleibt bei Fischen mit knöcherner Wirbelsäule allein erhalten; das zweite ist sehr viel kleiner, so daß man es nicht zu den „Bögen“ rechnet, sondern von oberen und unteren Intercalarien spricht (Fig. 476, 510).

Für den Fischschädel ist besonders charakteristisch die gute Ausbildung und große Zahl der *Visceralbögen*, sowie ihre Unabhängigkeit von der Schädelkapsel, von welcher sie ohne Mühe abgelöst werden können. Die nach Entfernung der Visceralbögen für sich dargestellte Schädelkapsel zeigt die Tendenz, mit angrenzenden Wirbeln zu verwachsen (*Auxicranium*); sie ist bei allen *Knorpelfischen* (Fig. 510) eine einheit-

Schädel.

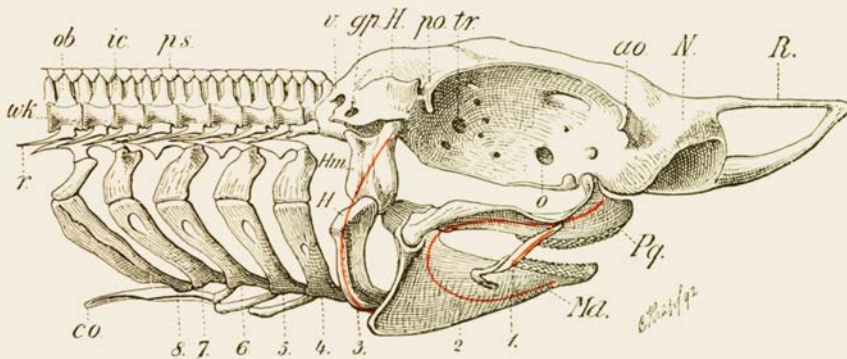


Fig. 510. Anfang der Wirbelsäule und Schädel mit Visceralskelett von *Mustelus vulgaris*. *wk* Wirbelkörper, *r* Rippen, *ob* obere Bögen, *ic* Intercalaria, *ps* Processus spinosi. Schädel: *v* Vagusloch, *gp* Glossopharyngeusloch, *po* Postorbitalfortsatz, *tr* Trigeminusloch, *o* Opticusloch, *H* Hörkapsel, *N* Nasenkapsel, *R* Rostrum, 1–8 Visceralbögen, 1 Lippenbogen, 2 Kieferbogen, *Pq* Palatoquadratum, *Md* Mandibulare, 3 Zungenbeinbogen, *Hm* Hyomandibulare, *H* Hyoid, 4–8 Kiemenbögen, *co* Copula.

liche Kapsel, an der man verschiedene Regionen unterscheiden kann, zuvorderst das Rostrum (*R*), darauf die durch die Lage der Geruchskapseln ausgezeichnete Ethmoidalregion (*N*), drittens die Sphenoidal- oder Augenregion, viertens die Region der Gehörkapsel (*H*) und schließlich die Occipitalregion; sie wird aber bei *Knochenfischen* durch Auftreten von Verknöcherungen um so komplizierter, da die Knochen sehr zahlreich sind und nicht, wie bei den Säugetieren, zum Teil untereinander zu größeren Knochen verschmelzen; auch bestehen zwischen den einzelnen Fischfamilien große Unterschiede, indem bei einigen Knochen auftreten, welche bei anderen fehlen (Fig. 479, 511). Durch besondere Konstanz zeichnen sich die großen Belegknochen der Schädeldecke [Parietalia (*p*), Frontalia (*fr*), Nasalia (*na*)] aus. Die Schädelbasis ist fast in ganzer Länge von einem unpaaren mächtigen Belegknochen zugedeckt, der in gleicher Ausbildung nur noch bei den *Amphibien* (Fig. 526) vorkommt, das Parasphenoid (*ps*). Der am vorderen Ende des Parasphenoids sitzende Vomer (*vo*) ist ebenfalls unpaar, während bei allen übrigen

Wirbeltieren der Vomer paarig an der Spitze des Kieferbogens angelegt wird. Unter den primären Knochen sind in ihrer Ausbildung am konstantesten die vordersten, die drei Ethmoidalia, ein öfters paariges Mesethmoid und zwei Exethmoidea (*me* und *ee*), ferner die letzten, die vier Occipitalia, Basioccipitale (*oc. b.*), Exoccipitalia (*oc. l.*), Supraoccipitale (*oc. s.*). Dagegen ergeben sich Verschiedenheiten in der Gehör- und Augengegend. Bei der ganz außerordentlichen Größe des Labyrinths sind zahlreiche Otica vorhanden, häufig (Fig. 511) drei obere: Sphenoticum *spho* (Postfrontale), Pteroticum *pto* (Squamosum), Epioticum *epo* und zwei untere: Prooticum

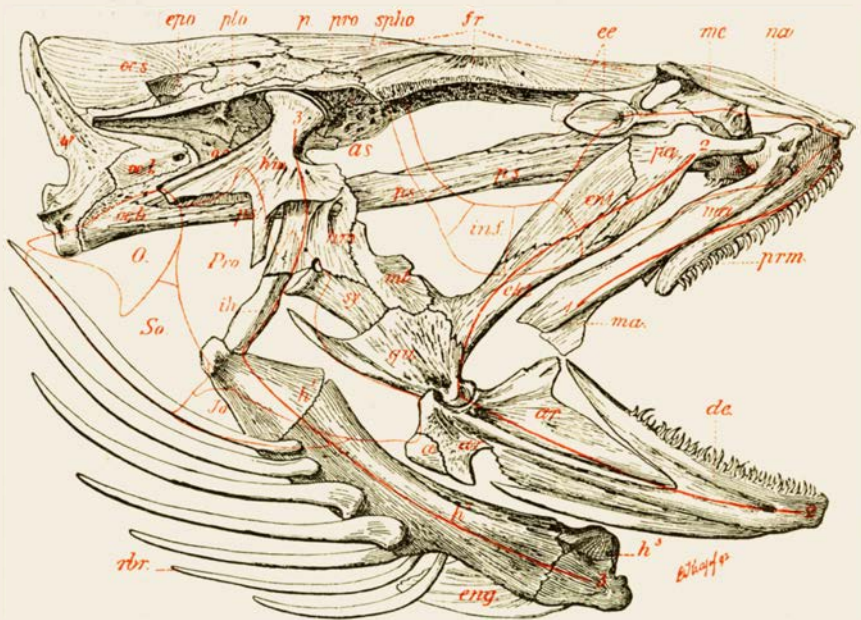


Fig. 511. Schädel mit erstem Wirbel und mit vorderem Visceralskelett vom Schellfisch. Die Knochenkonturen der Opercula und des Infraorbitalrings rot gezeichnet. Schädel: *ocb, ocl, ocs* Basioccipitale, Exoccipitale, Supraoccipitale, *epo, pto, spho, oo, pro* Epioticum, Pteroticum, Sphenoticum, Opisthoticum, Prooticum, *p* Parietale, *fr* Frontale, *na* Nasale, *me* Mesethmoid, *as* Alisphenoid, *ps* Parasphenoid, *vo* Vomer. Visceralskelett: 1. Maxillarreihe: *prm* Praemaxillare (Intermaxillare), *ma* Maxillare; 2. Kieferbogen: Palatoquadratum: *pa* Palatinum, *ent* Entopterygoid, *ekt* Ectopterygoid, *mt* Metapterygoid, *qu* Quadratum; Mandibulare: *ar* Articulare, *a* Angulare, *de* Dentale; 3. Zungenbeinbogen: *hm* Hyomandibulare, *sy* Symplecticum, *ih* Interhyale (Stylohyale), *h*¹—*h*³ Knochen des Hyoids, *eng* Urohyale (ein unter der Copula gelegener unpaarer Knochen), *rbr* Radii branchiostegi, *w* Wirbel. Rotgedruckte Knochen: *O* Operculum, *Io* Interoperculum, *So* Suboperculum, *Pro* Praeoperculum, *inf* Infraorbitalring, 1, 2, 3 Achsenlinien des Lippenbogens, Kieferbogens und Zungenbeinbogens.

pro und Opisthoticum *oo*, seltener vier (Fig. 479) mangels des Opisthoticum. In der Augengegend sind die Knochen des Keilbeinkörpers (Basisphenoidea) nur selten gut entwickelt; sie sind nicht so wichtig, wie bei den *Amnioten*, da das große Parasphenoid der Schädelbasis genügende Festigkeit verleiht. Ähnliches gilt für die Ali- und Orbitosphenoidea (Fig. 479 *as* und *os*); je nachdem dieselben gut oder unvollkommen oder gar nicht ausgebildet sind, befindet sich am macerierten Schädel zwischen den beiden Augen

eine knöcherne Scheidewand (Fig. 479) oder eine mehr oder minder weit klaffende Lücke, die Fenestra interorbitalis (Fig. 511).

Das Visceralskelett zeichnet sich durch die gute Entwicklung der Kiemenbögen aus, deren Zahl fünf, selten sechs (*Hexanchus*) oder sieben (*Heptanchus*) beträgt. Mit Ausnahme des letzten Bogens, welcher oft rudimentär ist, tragen sie gewöhnlich alle Kiemen, bestehen jederseits aus vier Stücken und sind durch unpaare, oft untereinander verschmolzene Copulae mit denen der anderen Seite verbunden. Ihre oberen Enden (*Ossa pharyngea superiora*) sind häufig bezahnt und stehen dem rudimentären letzten Bogen (*O. ph. inferiora*) beim Kauen gegenüber. — Die vor den Kiemenbögen gelegenen übrigen Visceralbögen ergeben bei den *Knorpelfischen* und *Knochenfischen* große Unterschiede. Nach der Art, wie sie beim Kauen verwendet werden, kann man Gaumen- und Kieferkauer unterscheiden. *Gaumenkauer* sind die Knorpelfische (Fig. 510), weil hier die Zähne des Palatoquadratum (*Pq*) (der Gaumenanlage) und des Mandibulare (*Md*), also die Zähne des oberen und unteren Abschnittes des Kieferbogens gegeneinander wirken. *Kieferkauer* (Fig. 511) sind alle Fische mit verknöchertem Skelett, weil mit der Verknöcherung die Elemente der Maxillarreihe (Zwischenkiefer *pm* und Oberkiefer *ma*) auftreten und die Knochen des Palatoquadratum, die Gaumenreihe (*Pterygoidea mt, ckt, ent* und *Palatina pa*) zurückdrängen. Dabei werden die Maxillaria und die Praemaxillaria die Antagonisten des Unterkiefers (Mandibulare), während die Knochen der Gaumenreihe dem unteren Abschnitt des Zungenbeins entgegenwirken. Bei Gaumenkauern treffen ferner linke und rechte Palatoquadrata am vorderen oberen Ende in einer Symphyse zusammen, bei Kieferkauern sind sie durch die Schädelbasis und den hier gelagerten Vomer getrennt.

Ein auffallender Charakter des Visceralskeletts der Fische ist die Hyostylie des vorderen Visceralskeletts, die Umbildung des Hyomandibulare zum Kieferstiel. Schon bei den *Haien*, besonders den *Rochen* lockert sich die Verbindung des unteren Endes des Hyomandibulare mit dem Hyoid zugunsten eines engeren Anschlusses an das Kiefergelenk. Das Hyomandibulare drängt in besonders klar ausgeprägter Weise bei *Knochenfischen* das hintere Ende des Palatoquadratum von der Schädelkapsel ab, so das Kiefergelenk indirekt mit dem Schädel verbindend. Bei den *Knochenfischen* befestigt sich das Hyomandibulare durch einen nur bei ihnen vorkommenden Knochen, das Symplecticum (*sy*), an das Quadratum, das hintere Ende des Palatoquadratum, während ein schwächeres Stück, das Interhyale (*ih*), die Verbindung mit dem unteren Abschnitt des Zungenbeinbogens, dem Hyoid, bewahrt. Das Hyoid nimmt dabei die den Kiemenbögen eigentümliche vierteilige Beschaffenheit an. In seltenen Fällen ist die Hyostylie durch Autostylie ersetzt (*Holocephalen* und *Dipnoer*), d. h. das Palatoquadratum ist in ganzer Länge mit dem Schädel verwachsen.

Ein letztes, jedoch nicht allen Fischen zukommendes Merkmal des Visceralskeletts ist die Ausbildung des Opercularapparates, einer Schutzvorrichtung, welche vom Zungenbeinbogen ausgeht und sich über die Kiemenbögen herüberlegt. Am Hyomandibulare sitzen ansehnliche, Opercula genannte Knochenplatten (Fig. 511 *O, Pro, So, Io*), am Hyoid die durch eine Membran verbundenen Radii branchiostegi. Die große Bedeutung dieser Einrichtung werden wir erst bei der Besprechung der Kiemen kennen lernen. Sie verleihen dem Schädel der *Teleostier* und *Ganoiden* ein charakteristisches Gepräge, verdecken aber zugleich seine

Architektonik, weshalb sie ebenso wie ein unter dem Auge hinziehender Knochenring, die Infraorbitalia (*inf*), in der Fig. 511 nur mit roten Konturen eingetragen sind.

Extremi-
täten.

Wie die Beschaffenheit des Visceralskeletts, so wird der Bau der Extremitäten vom Wasseraufenthalt hochgradig beeinflusst. Die Fische besitzen Flossen; zum Unterschied von den *Cyclostomen* haben sie die zwei paarigen, die Brust- und Bauchflossen (*Pinnae thoracicae s. pectorales* und *P. abdominales s. ventrales*), zum Unterschied von wasserbewohnenden *Amphibien*, *Reptilien* und *Säugetieren*, bei denen die paarigen Extremitäten gelegentlich auch flossenartig gestaltet sind, die drei unpaaren Flossen, die Rücken-, Schwanz- und Afterflosse (*P. dorsalis*, *caudalis*, *analis*.) Nur selten werden die Bauchflossen, wie bei den *Aalen*, noch seltener auch die Brustflossen (*Muränen*) rückgebildet. — Die Funktion der Flossen als Organe zum Rudern und Steuern des Fischkörpers und zur Erhaltung der Gleichgewichtslage bringt es mit sich, daß sie breite, überall gut gestützte Platten sein müssen. Daher erklärt sich die große Zahl und Gleichartigkeit der Skelettelemente. Wie früher schon gezeigt wurde (S. 495), finden sich in der Flossenbasis der *Haifische* (Fig. 483) knorpelige Stücke, die Flossenstützen (Flossenträger), welche häufig regelmäßig zu dicht aneinander schließenden Reihen angeordnet sind; im peripheren Teil dagegen liegen Hornfäden, die Vorläufer der Flossenstrahlen. Bei *Knochenfischen* schwindet der histologische Unterschied, indem die knorpelig präformierten und die aus Hornfäden bestehenden Teile des Skeletts durch Knochen ersetzt werden. Untereinander sind die Flossenstützen und Flossenstrahlen biegsam verbunden und bilden eine einheitliche elastische Platte, innerhalb deren in der Regel keine Gelenke vorhanden sind. Gelenke finden sich nur an der Basis; sie sind besonders wichtig für die paarigen Flossen, bei denen die basalen Stücke der freien Extremität mit dem die Flosse tragenden Extremitätengürtel, dem Schulter- und Beckengürtel, beweglich verbunden sind. Der Schultergürtel wie der Beckengürtel der *Haie* besteht aus einer linken und rechten Knorpelspange, welche ventral in der Mittellinie in einer Symphyse zusammenstoßen, sonst aber mit dem Skelett nicht verbunden sind, sondern frei in der Muskulatur lagern. Letzteres gilt auch für den Beckengürtel aller übrigen Fische, welcher demnach wie die ganze Flosse ein im Fischkörper leicht verschiebbares Element darstellt. Die ursprüngliche Lage der Bauchflossen ist am hinteren Ende der Leibeshöhle (Bauchflosser, *Pisces abdominales* [Fig. 519, 521]); von hier aus sind sie bei den *P. thoracici* (Brustflosser) nach vorn bis unter die Brustflossen verschoben (Fig. 522); bei den *P. jugulares* (Kehlflosser) rücken sie sogar über diese Linie hinaus vor die Brustflossen in die Kehlgegend. Dagegen ist der dicht hinter der Kiemenregion lagernde Brustgürtel bei den Knochenfischen durch eine Reihe kleiner Knochenstücke an den Schädel in der Gegend der Epitoca befestigt (Fig. 515). Selbst zu Scapula und Coracoidea verknöchern, wird er außerdem noch von mächtigen Deckknochen (*Clavicula* und *Cleithrum*) bedeckt, dem sich dorsalwärts eine Reihe kleiner Knochen, die *Supraclavicularia*, anschließen.

Während die paarigen Extremitäten in den Extremitätengürteln einen besonderen Trageapparat besitzen, befestigen sich die unpaaren Flossen unmittelbar am Achsenskelett, an den dorsalen und ventralen *Processus spinosi* der Wirbelsäule. Hierbei unterscheiden sich die oft in zwei oder mehr Stücke zerlegte Rückenflosse und die Afterflosse von der Schwanzflosse. Zur Befestigung der Rücken- und Afterflosse dienen die

knorpelig vorgebildeten Skeletteile, die Flossenstützen, meist Flossen-träger genannt, weil sie mit einem Ende den Dornfortsätzen aufsitzen, am anderen Ende die häufig mit ihnen gelenkig verbundenen Flossenstrahlen tragen. Bei der Schwanzflosse fehlen die Flossenträger; die Flossenstrahlen befestigen sich hier, und zwar ohne Gelenkbildung unmittelbar an den dorsalen und ventralen Dornfortsätzen. In der Ausbildung der Schwanzflosse unterscheidet man verschiedenerlei Zustände, welche als Diphycerkie, Heterocerkie und Homocerkie bezeichnet werden und systematisch sehr wichtig sind (Fig. 14, S. 48). Der ursprüngliche Zustand ist die Diphycerkie (*A*); die Wirbelsäule dringt hier geradegestreckt in die Mitte der Flosse ein und halbiert sie in symmetrische dorsale und ventrale Teile, so daß ein gleich großer Abschnitt der Flosse von ventralen und dorsalen Dornfortsätzen getragen wird. — Bei der Heterocerkie (*B*) ist die Achse der Wirbelsäule von der Flossenbasis an ein wenig stumpfwinklig nach aufwärts gebogen, so daß die dorsale Partie der Flosse eingeengt wird, während die ventrale sich vergrößert. Eine solche Flosse ist äußerlich und innerlich vollkommen asymmetrisch. — Die homocerke Flosse (*D*) endlich erscheint äußerlich symmetrisch, ist aber tatsächlich in höchstem Maße asymmetrisch. Da das Wirbelsäulenende, die unverknöcherte Chorda (*ch*), fast rechtwinklig aufgebogen ist, wird der dorsale Abschnitt der Flosse mehr oder minder rudimentär, die Schwanzflosse daher fast ausschließlich vom ventralen Abschnitt gebildet, der meist durch eine Einbuchtung an seinem hinteren Rand in einen oberen und unteren Lappen abgeteilt wird (*D*). Entwicklungsgeschichtlich ist übrigens auch die homocerke Flosse zunächst diphycerk und wird später heterocerk.

Da der Aufenthalt im Wasser einfache Bedingungen der Fortbewegung Muskulatur. bietet, ist auch die Fischmuskulatur sehr einfach und besteht vorwiegend aus Längsmuskeln, welche durch die Lig. intermuscularia in Myotome zerlegt werden. Die Myotome haben die Gestalt von Kegelmänteln, welche ihre Spitze nach vorn wenden und tütenartig ineinandergesteckt sind, so daß ein Querschnitt durch einen Fisch mehrere solcher Tüten trifft und das Bild konzentrischer Ringe liefert. Man findet ferner auf einem Querschnitt auf jeder Seite mindestens zwei solcher konzentrischer Systeme, ein dorsales und ein ventrales, da die gesamte Längsmuskulatur durch eine laterale Einschnürung in einen dorsalen und ventralen Abschnitt zerlegt wird. Außer den Stammuskeln existieren noch kleinere Muskelgruppen, die sich an die Flossen, die Kiemenbögen, die Kiefer, die Augen usw. begeben, welche aber im Verhältnis zu jener Hauptmasse einen unbedeutenden Teil der Muskulatur ausmachen. Die Augen- und Flossenmuskulatur stammt von den Myotomen ab. — Auf Umbildung von Muskeln sind auch die elektrischen und pseudoelektrischen Organe zurückzuführen (S. 110).

Das Fischhirn (Fig. 512, 513) bekundet die niedere Organisation der Klasse vornehmlich durch die geringe Entwicklung der Großhirnrinde. Namentlich gilt dies für die *Knochenfische* (Fig. 512 *VH*), bei denen man an Stelle der Großhirnhemisphären nur eine dünne Epithelschicht vorfindet (*Pall*); was man früher hier Großhirn nannte, sind nur die „Basalganglien“, die Corpora striata der menschlichen Anatomie (*BG*). Sehr ansehnlich sind die zu selbständigen Abschnitten gewordenen Lobi olfactorii (*Lol*), die entweder dem Großhirn dicht anliegen (bei vielen *Teleostiern*) oder durch einen Zwischenraum getrennt und mit ihm infolgedessen durch einen Tractus olfactorius verbunden sind. Die Thalami optici des Zwischen-

Nerven-
system

hirns sind klein (Fig. 513 ZH); dagegen finden sich an seiner Basis zwei für die Fische charakteristische Anschwellungen, die Lobi inferiores, und dazwischen der Sacculus vasculosus. Besonders stark entwickelt sind Mittelhirn (MH) und Kleinhirn (HH).

Sinnes-
organe.

Die Nase besteht aus zwei präoralen Grübchen, deren Mündungen durch eine Hautbrücke in eine vordere Wasser zuleitende und eine hintere ableitende Öffnung abgeteilt sind. Bei *Selachiern* steht die Nase in Beziehung zur Mundhöhle durch eine von einer Hautfalte überdeckte Rinne (Fig. 520). Bei *Dipneusten* findet sich sogar eine innere Nasenöffnung. — Das Auge der Fische hat mehrere Eigentümlichkeiten; die Linse ist auffallend stark gewölbt und besitzt fast die Gestalt einer Kugel, eine Einrichtung, welche dadurch nötig wird, daß der optische Effekt der schwach gewölbten Cornea bei der geringen Brechungsdifferenz zwischen Wasser

und Gewebe viel kleiner ausfällt, als bei landbewohnenden Wirbeltieren. Noch mehr fällt in die Wagschale, daß das Auge myopisch, d. h. für das Sehen in die Nähe eingestellt ist. Denn da Lichtstrahlen vom Wasser stark absorbiert werden, können Objekte in Entfernungen über ca. 15 bis 30 m überhaupt nicht mehr wahrgenommen werden. Hiermit hängt eine zweite bei den *Knochenfischen* vorkommende Einrichtung des Fischauges zusammen, die Campanula Halleri. In den Glaskörper dringt von der Chorioidea aus der Processus falciformis ein, ein sichelförmiger Fortsatz, welcher vom Opticuseintritt bis zur Linse reicht und an dieser zur

Fig. 512.

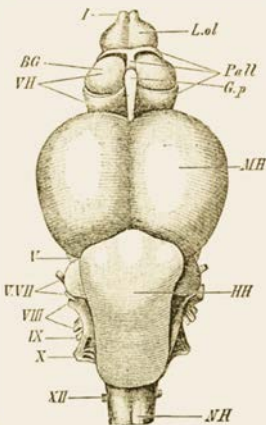


Fig. 513.

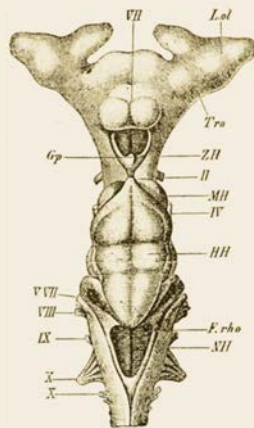


Fig. 512. Hirn der Forelle, Fig. 513 eines Haies (*Scylium catulus*) vom Rücken gesehen. I Nervus olfactorius, L.ol Lobus olfactorius, Tro Tractus olfactorius, VII Vorderhirn (Großhirn), BG Corpora striata, Pall Pallium des Großhirns, zum größten Teil abgetragen, ZH Zwischenhirn. II Opticus, GP Epiphysis, MH Mittelhirn (Corpora quadrigemina), HH Hinterhirn (Cerebellum), NH Nachhirn (Medulla oblongata), Frho Fossa rhomboidalis, V—XI die hinteren Hirnnerven, XII Hypoglossus (nach Wiedersheim).

„Campanula“ anschwillt. Letztere enthält einen Muskel, dessen Kontraktion die Linse zurückzieht, dadurch der Retina nähert und somit eine Einstellung des Auges (Accommodation) für die Ferne bewirkt. Bei vielen *Knochenfischen* endlich liegt neben der Eintrittsstelle des N. opticus ein rätselhaftes Organ, die Chorioidealdrüse, welche vornehmlich aus Blutgefäßen (Wundernetz) besteht. Weit verbreitete, aber nicht konstante Vorkommnisse sind Verknöcherungen und Verknorpelungen der Sclera. Augenlider fehlen oder sind nur schwach angedeutet und unbeweglich; nur bei einem Teil der *Selachier* findet sich eine Nickhaut. — Das Labyrinth der Fische ist relativ groß, wie bei keinem anderen Wirbeltier; Sacculus und Utriculus (Fig. 494 S u. U) sind voneinander durch eine Einschnürung getrennt; am Sacculus bereitet bei den meisten Arten (besonders den *Knochenfischen*) eine Aussackung, die Laguna, schon die Anlage

der Schnecke vor; am Utriculus hat sich zu den zwei bei *Petromyzon* vorhandenen vertikalen Bogengängen der äußere horizontale hinzugesellt. Im Labyrinth finden sich zwei Hörsteine, Asteriscus und Sagitta genannt, von denen namentlich ersterer auffallend groß ist. Wie Experimente ergeben haben, ist das Labyrinth in erster Linie ein Sinnesorgan für das Balancegefühl der Fische; ob es außerdem noch ein geringes Maß von Tonempfindung ermöglicht, ist mindestens zweifelhaft. Die Fähigkeit der Tonproduktion findet sich nur bei wenigen Arten; zumeist handelt es sich dann um Reibe-geräusche.

Von allen Sinnesorganen am merkwürdigsten sind die Sinnesorgane der Haut; speziell sind die Organe der Seitenlinie Gebilde, welche nirgends so gut entwickelt sind wie bei den Fischen und überhaupt sonst nur noch bei *Cyclostomen* und wasserbewohnenden *Amphibien* oder *Amphibien-Larven* vorkommen. Bei den Fischen erstreckt sich meistens auf jeder Seite des Körpers eine deutliche Längslinie (Fig. 522 *SV*), die an der Schwanzspitze beginnt und am Kopf in mehrere gewundene Linien ausgeht. Veranlaßt ist die Zeichung durch eine Längsrinne, die sich bei den meisten Fischen frühzeitig zu einem Kanal schließt. So entsteht ein unter den Schuppen verlaufender Längskanal, der sich durch zahlreiche, die Schuppen durchbohrende kurze Kanäle nach außen öffnet. Im Epithel des Kanals liegen besondere Sinnesorgane, die Nervenendhügel; dieselben können auch anderweitig in Vertiefungen oder Bläschen der Haut (Lorenzinische Ampullen, Savische Bläschen der *Selachier*) vorkommen oder in mehreren Reihen angeordnet einzeln in der Haut auftreten, wie es in ähnlicher Weise bei *Cyclostomen* und *Amphibien-Larven* der Fall ist (Fig. 532); sie werden am Kopf von Ästen des Trigemini, Facialis und Glossopharyngeus, am Rumpf von einem mächtigen, bis zum Schwanz verlaufenden Ast des Vagus, dem N. lateralis versorgt, und zwar von Nervenfasern, die das Gemeinsame haben, daß sie zwar in den Bahnen der genannten Nerven verlaufen, im Zentralorgan aber sämtlich in unmittelbarer Nachbarschaft des Acusticus entspringen, was auf eine Ähnlichkeit ihrer Funktion schließen läßt. Diese ist schwer zu ermitteln, da beim Menschen und den landbewohnenden Wirbeltieren keine ähnlichen Organe vorkommen. Experimente lehren, daß die Seitenorgane zur Perzeption schwacher Strömungen und Widerstände im Wasser und somit auch indirekt zur Fernwahrnehmung fester Körper dienen. — Über die „Nervenendknospen“, welche in der Mundschleimhaut eine weite Verbreitung besitzen, außerdem in der Haut im Umkreis des Mundes vorkommen, besonders an Lippen und Barteln, wurde schon früher bemerkt, daß sie ihrer Struktur nach als Geschmacksorgane zu deuten sind.

Viel wichtiger als die bisher besprochenen animalen Organe sind für die Systematik der Fische die vegetativen Organe, vor allem Darm, Kiemen und Herz. Der Darm beginnt mit der geräumigen Mund-Rachenhöhle, verjüngt sich dann zu einem verhältnismäßig wenig gewundenen Rohr, an welchem Ösophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm nicht sehr scharf gegeneinander abgesetzt und auch durch Dicke nur unbedeutend unterschieden sind. Mund und Rachen sind in ganz auffallender Weise bezahnt. Bei den *Haien* ist die Schleimhaut, ähnlich dem Integument, häufig von kleinen Hautzähnen in ganzer Ausdehnung bedeckt; kräftige, zum Kauen dienende Zähne finden sich jedoch bei ihnen nur auf dem Palatoquadratum und dem Mandibulare, wo sie in vielen Reihen hintereinander der Schleimhaut eingepflanzt sind. Bei den *Knochenfischen*

Darm.

können fast alle Knochen der Schädelbasis und des Visceralskeletts — bei manchen Arten diese, bei anderen jene, — mit gewöhnlich hechelförmigen, angewachsenen Zähnen bedeckt sein. Für die Fischzähne besteht ein unbegrenzter Zahnersatz (Polyphyodontie), da namentlich die nur in der Schleimhaut befestigten Zähne leicht ausfallen. — Leber und Milz sind stets vorhanden, eine Gallenblase und ein Pancreas meistens.

Systematisch wichtige Unterschiede treten in der Beschaffenheit des Darmröhrens und des Pharynx hervor. Bei vielen Fischen (*Teleostier*) (Fig. 514 B) sind am Pylorus (*p*), dem Übergang von Magen (*v*) und Dünndarm (*i*), dickwandige Blindsäcke, die *Appendices pyloricae* (*ap*) vorhanden; andere Fische (*Selachier*) haben dagegen die Spiralklappe (Fig. 514 A *as*), eine Schleimhautfalte, welche wendeltreppenartig auf der Innenseite des Darms herabsteigt. Selten kommen beide Einrichtungen gleichzeitig nebeneinander vor (*Laemargus*, die meisten *Ganoiden*).

Kiemem.

Die Unterschiede in der Pharyngealregion sind durch das Verhalten der Kiemen gegeben (Fig. 515), deren man zwei Arten, bedeckte

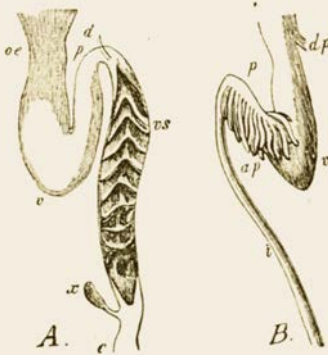


Fig. 514. Darm, A von *Squatina vulgaris*, zum Teil geöffnet, um die Spiralklappe zu zeigen, B von *Trachinus radiatus* (aus Gegenbaur), *oe* Ösophagus *v* Magen, *p* Pylorus, *d* Ductus choledochus, *vs* Spiralklappe, *e* Enddarm, *x* Blindsack desselben, *ap* Appendices pyloricae, *i* Dünndarm.

Kiemen (A) und Kammkiemen (B) unterscheidet. Bei beiden beginnen die zwischen zwei Kiemenbögen (*b*) gelegenen Kiemengänge auf der Darmseite mit den inneren Kiemenspalten (*is*), deren Eingänge zum Schutz gegen das Eindringen von Nahrungsteilchen von zahnartigen Höckern auf den Kiemenbögen wie mit einer Reuse geschützt sind; ihre Mündungen nach außen zeigen jedoch verschiedenes Verhalten. Bei den bedeckten Kiemen (A) sind die jederseits in einer Reihe hintereinander liegenden Kiemenspalten (*as*) durch breite Hautbrücken getrennt, welche Kiemengänge und Kiemenblättchen ganz überdecken (Fig. 515 A, 516 rechts). Letztere sind blutgefäßreiche, mit sekundären Fältchen bedeckte Schleimhautfalten, welche in der Richtung des Kiemenganges in dessen vorderer und hinterer Wand verlaufen. Mit Ausnahme des letzten trägt in der Regel jeder Kiemenbogen, wie der Querschnitt (Fig. 515 A und

516) zeigt, zwei Reihen Kiemenblättchen, welche verschiedenen Kiemenspalten angehören und voneinander durch Hautbrücken und eine bindegewebige von den knorpeligen Kiemenradien gestützte Scheidewand getrennt werden. Eine weitere einfache Reihe von Kiemenblättchen liegt in der vorderen Wand der ersten Kiemenspalte und entspringt vom Zungenbeinbogen. Bei den Kammkiemen (B) fehlen die Hautbrücken, und auch das trennende Zwischengewebe fehlt je nach den Arten mehr oder minder vollständig; die Kiemenblättchen, die auf einem gemeinsamen Kiemenbogen sitzen, rücken daher zusammen; ihre Enden ragen wie Zinken eines zweireihigen Kammes (daher der Name) frei in das Wasser und würden bei dem Mangel schützender Hautbrücken und bei ihrer außerordentlichen Weichheit der Gefahr folgenschwerer Verletzungen ausgesetzt sein, wenn sie nicht durch den Opercularapparat geschützt würden. Der Opercularapparat ist eine Hautfalte, die vom Zungenbeinbogen ausgeht und sich

über die Kiemenregion ausbreitet; sie wird von zweierlei Skelettstücken gestützt, den Opercula (Fig. 511, *O, So, Io, Pro*), die am Hyomandibulare ansitzen, und den Radii branchiostegi (Fig. 511 *rbr*), die vom Hyoid entspringen und durch eine Haut, die Membrana branchiostega verbunden sind. Zwischen dem freien Rand des Kiemendeckels und der Membrana branchiostega einerseits und der Hautoberfläche andererseits findet sich der Kiemendeckelspalt (Fig. 515B *ops*), der in einen Vorraum führt, in welchen die Kiemenspalten münden. Dem Gesagten zufolge sind Opercularapparat und Kammkiemen Bildungen, die im ursächlichen Zusammenhang stehen und stets gleichzeitig vorkommen. Infolge der Entwicklung des Opercularapparats verliert der Zungenbeinbogen seine Kiemenblättchen;

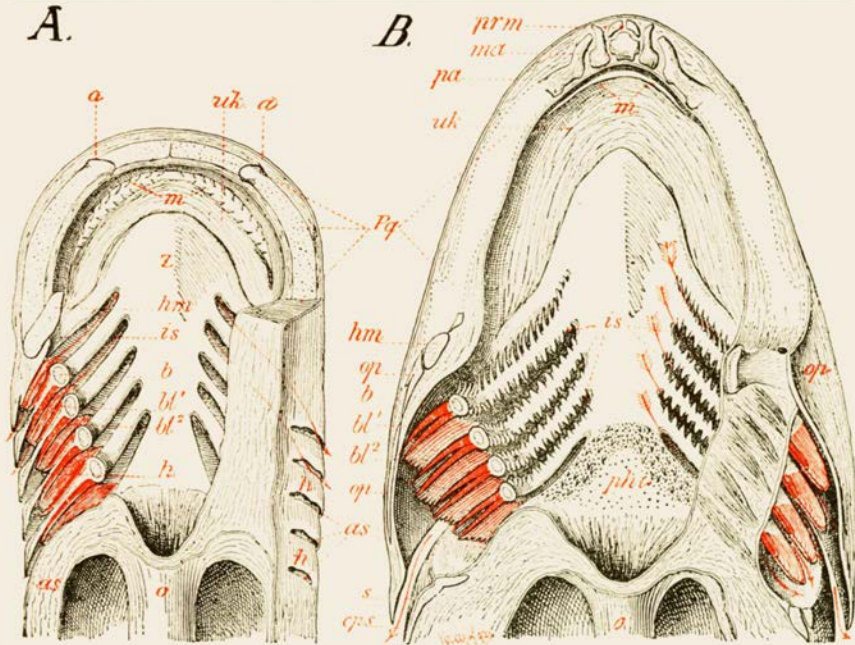


Fig. 515. Der Kiemendarm eines Haies (A) und eines Teleostiers (B), durch Entfernen des Schädels freigelegt, beidemale auf der linken Seite die Kiemenregion horizontal durchschnitten. A *Zygaena malleus*, B *Gadus aeglefinus*. *Pq* Palatoquadratum, *a* vordere Befestigung am Schädel, *uk* Unterkiefer, *m* Mund, *prm* Praemaxillare, *ma* Maxillare, *pa* Palatinum, *hm* Hyomandibulare, *is* innere Kiemenspalten, *as* äußere Kiemenspalten, *ops* Kiemendeckelspalt, *h* Hautbrücken, *b* Kiemenbögen, *bl¹* vordere, *bl²* hintere Kiemenblättchen, *op* Opercula, *s* Schultergürtel, *z* Zunge, *phi* Ossa pharyngea inferiora, *o* Ösophagus.

nur selten bleiben sie erhalten (Kiemendeckelkieme der *Störche*, ferner von *Ceratodus*, *Protopterus* und *Lepidosteus*). Die bei den *Teleostiern* gewöhnlich vorkommenden vier Doppelreihen sind bei manchen Arten bis auf 3, 2 $\frac{1}{2}$, selbst 2 rückgebildet.

Bei manchen *Selachiern* und *Ganoiden* findet sich zwischen Palatoquadratum und Hyomandibulare eine rudimentäre erste Kiemenspalte, das Spritzloch. In demselben kann eine rudimentäre Kieme oder Pseudobranchie liegen, die öfters sogar fortbesteht, auch wenn das Spritzloch fehlt. — Die Fischkiemen entwickeln sich aus dem von der Haut stammenden Abschnitt des Kiemengangs, sie sind daher ectodermal und stimmen hierin

vollkommen mit den inneren Kiemen der *Anuren*-Larven (S. 563) überein, von denen man sie lange als etwas prinzipiell Verschiedenes trennte. So ist es denn begreiflich, daß es gelegentlich auch bei den Fischen wie bei den *Amphibien* zur Ausbildung „büschelförmiger Hautkiemen“ kommt, indem einige Kiemenblätter über die Körperoberfläche hervorwuchern und sich zu kleinen Bäumchen verästeln (*Protopterus*, Larven von *Lepidosiren* und *Polypterus*).

Schwimm-
blase.

Hinter der Kiemenregion bildet sich als eine Ausstülpung des Ösophagus die von Gasen prall gefüllte Schwimmblase, wahrscheinlich das Homologon der Lunge der übrigen Wirbeltiere; sie fehlt konstant den *Selachiern*, infolge von Rückbildung auch manchen *Knochenfischen*, besonders den auf dem Boden lebenden Formen (z. B. den *Pleuronectiden*, deren pelagische Jugendformen die Schwimmblase noch besitzen).

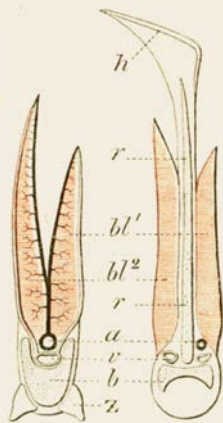


Fig. 516. Querschnitte durch Kiemenbögen und Kiemen von *Zygaena* (rechts) und *Gadus* (links), etwas vergrößert; *b* Kiemenbögen, *z* Zähne, *a* Arterie, *v* Vene, *bl*¹ vordere, *bl*² hintere Kiemenblättchen, *r* Knorpelradius, *h* Hautbrücke.

Form und Struktur der Schwimmblase ist äußerst mannigfaltig; sie kann in Zipfel ausgezogen, in einen linken und rechten, noch häufiger in einen vorderen und hinteren Abschnitt eingeschnürt sein; sie ist meist glattwandig, in manchen Fällen aber nach Art primitiver Lungen mit einem in das Lumen vorspringenden Fachwerk versehen. Sie mündet mittels des Schwimmblasenganges (D. pneumaticus) bei den „Physostomen“ in die Rückwand, selten in die Seitenwand oder Bauchseite des Ösophagus (*Dipneusten*). Bei den „Physoclisten“ ist der Schwimmblasengang durch Rückbildung verloren gegangen; bei ihnen findet sich das sogenannte „Oval“, eine Stelle, in deren Bereich ein reiches Gefäßnetz vorhanden ist, das nur durch eine dünne Gewebsschicht vom Lumen der Blase getrennt wird. Wahrscheinlich dient die betreffende Stelle zur Resorption der Schwimmblasengase, wenn die Tiere beim Aufsteigen in höhere Wasserschichten unter niederen Druck gelangen, während physostome Arten in solchen Fällen die Luft durch den Schwimmblasengang nach außen hervorperlen lassen. Wird ein Fisch beim Fang aus großen Tiefen rasch emporgezogen, dann sind beiderlei Einrichtungen für den Ausgleich

unzureichend; die Schwimmblase dehnt sich übermäßig aus, sie kann sogar platzen; der Leib des Fisches wird aufgetrieben, die Eingeweide können aus dem Mund hervorgepreßt werden („Trommelsucht“). Wie der Fisch aus der Schwimmblase Gase resorbieren kann, so kann er auch in sie Gase abscheiden, welche aus dem Blut stammen (Sauerstoff, Kohlensäure, selbst geringe Mengen Stickstoff). Je nachdem das Wasser der Umgebung reich oder arm an Sauerstoff ist, wechselt daher der Gasgehalt der Schwimmblase. Zur Beförderung des Gaswechsels der Schwimmblase dienen bei vielen Fischen die „Gasdrüsen“, blutgefäßreiche, Gase abscheidende, mit einem besonderen Epithel ausgerüstete Stellen. Die Möglichkeit dieses Gaswechsels macht es begreiflich, daß die Schwimmblase bei manchen Fischen zu einem Atmungsorgan wird, und zwar nicht nur bei den lange hierfür bekannten *Dipneusten*, sondern auch bei anderen Arten, wie *Lepidosteus* und *Amia*. Ja selbst unsere gewöhnlichen Süß-

wasserfische zehren in sauerstoffarmem Wasser vom Sauerstoffvorrat ihrer Schwimmblase.

Was nun die Hauptfunktion der Schwimmblase anlangt, so verdienen zwei Auffassungen Beachtung, die sich ganz gut miteinander vereinigen lassen. 1. Die Schwimmblase ist ein hydrostatischer Apparat. Die Fähigkeit, den Gasinhalt der Schwimmblase zu vergrößern oder zu verringern, ermöglicht den Tieren, die Wirkungen des Wasserdrucks zu kompensieren und in den verschiedensten Tiefen ein dem umgebenden Wasser gleiches spezifisches Gewicht beizubehalten, so daß sie sich ohne Muskelaktion in jedem Horizont schwebend erhalten können. 2. Die Schwimmblase ist ein hydrostatisches Sinnesorgan, welches zur Bestimmung des Wasserdrucks und demgemäß auch der Wassertiefe dient, von welchem aus reflektorisch eine Regulierung der Muskelbewegungen und des Muskeltonus erfolgt. Eine Stütze findet diese Auffassung darin, daß bei manchen Fischen Einrichtungen bestehen, welche geeignet sind, Druckschwankungen der Schwimmblase auf das Labyrinth, dieses statische Sinnesorgan, zu übertragen, sei es mittels Aussackungen, welche bis in die Schädelbasis vordringen (*Clupeiden*), sei es mittels der Weber'schen Knöchelchen; letztere sind eine Reihe beweglicher Anhänge der vorderen Halswirbel und bilden einen Hebelapparat, dessen eines Ende der Schwimmblase angefügt ist, dessen anderes Ende bis an perilymphatische Räume des Labyrinths reicht.

Unmittelbar hinter der Kiemenregion liegt das Herz (Fig. 518), eingebettet in das Pericard und nach außen gegen Verletzung geschützt durch den von links und rechts zusammenschließenden Schultergürtel. Überall besteht es aus Kammer (*c*) und Vorkammer (*a*), welche durch zwei das Rückstauen des Blutes verhindernde Atrioventricularklappen voneinander getrennt werden; ferner gibt es durch den Arterienstiel das Blut an die Kiemen ab und empfängt dasselbe aus einem dünnwandigen Sack, dem Venensinus (*s*), in den die Cava inferior und die durch Vereinigung der Cardinal- und Jugularvenen entstandenen Ductus

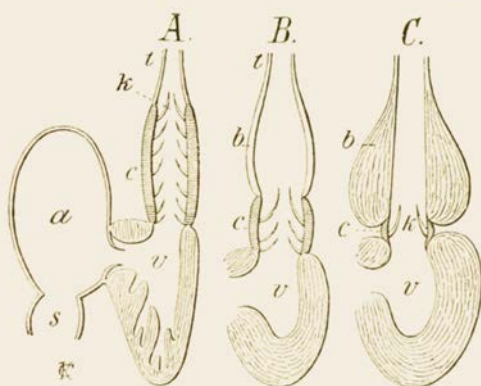


Fig 517. Verschiedene Herzformen der Fische, im Sagittalschnitt halbschematisch dargestellt. A Herzform der Haie und der meisten Ganoiden, B von *Amia*, C eines Knochenfisches. *s* Venensinus, *a* Vorhof, *v* Kammer, *c* Conus arteriosus, *k* Klappen desselben, *t* Arterienstiel, *b* Bulbus arteriosus (nach Boas).

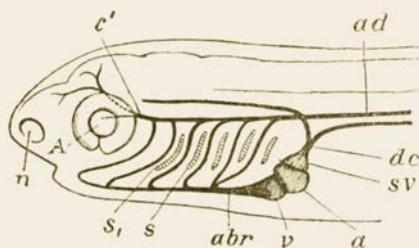


Fig. 518. Kopf eines Knochenfischeembryos mit der Anlage des Gefäßsystems (Schema aus Gegenbaur). *dc* Ductus Cuvieri (aus Vereinigung von vorderen Jugular- und hinteren Cardinalvenen entstanden), *sv* Sinus venosus, *a* Vorhof, *v* Kammer des Herzens, *abr* aufsteigende Kiemenarterie mit davon abgehenden Arterienbögen, *ad* absteigende Aorta, *c* Carotis (Kopfarterie), *s* Kiemenspalten, *n* Nasengrube, *A* Auge.

Herz.

Cuvieri (Cavae superiores) münden. (Vgl. auch Fig. 64, S. 100, Fig. 518). Dagegen ergeben sich Unterschiede in der Ausbildung zweier, für die Systematik der Fische wichtiger Abschnitte, des Conus arteriosus (Bulbus cordis) und des Bulbus arteriosus. Conus und Bulbus schließen sich im allgemeinen in ihrem Vorkommen aus; beide sind muskulöse Hilfsorgane, von denen das erste aus dem Herzen, das zweite aus dem Arterienstiel hervorgeht; demgemäß besteht der Conus aus quergestreiften, der Bulbus aus glatten Muskelfasern. Das Ende des Herzens gegen die Arterie wird durch die Region der Semilunarklappen bezeichnet; welche ebenso wie die Atrio-ventricular-Klappen das Zurückstauen des Blutes verhindern. Hat sich diese Region unter Vermehrung der Klappenreihen verlängert und mit Muskeln bedeckt, so entsteht der Conus arteriosus der *Selachier*, *Ganoiden* und *Dipnoër* (Fig. 517 A c), während der Bulbus arteriosus der *Teleostier* (Fig. 517 C b) eine Anschwellung jenseits dieser Stelle im Verlauf des Arterienstiels ist. — Die Verbindung von Arterienstiel und Aorta descendens wird bei jungen Fischen durch direkt aufsteigende Kiemenarterien vermittelt (Fig. 518), später durch die komplizierten Nebenschließungen des Kiemenkreislaufs. Man kann dann zuführende Arterien, respiratorische Kiemenkapillaren und rückführende Venen unterscheiden, welche letztere sich zur Aorta descendens vereinen (Fig. 64) und nach vorn die großen Kopfarterien (Carotiden) abgeben.

Urogenital
system.

Von allen vegetativen Organen finden sich nur die Nieren außerhalb der Leibeshöhle als zwei blutgefäßreiche, rotbraune Organe, welche links und rechts von der Wirbelsäule liegen und meist von der Herzgegend bis zum After reichen. Die Nierengänge münden hinter dem Darm oder in dessen Rückwand und sind öfters mit Ausweitungen versehen, die nach ihrer Funktion Harnblasen genannt werden, morphologisch sich aber durchaus von der vor dem Darm angebrachten Harnblase der höheren Wirbeltiere unterscheiden. In der Leibeshöhle liegen, an besonderen Aufhängebändern (Mesorchien, Mesovarien) befestigt, die voluminösen Geschlechtsdrüsen, welche bei der Mehrzahl paarig, seltener unpaar sind. Ihre Produkte werden bei den Männchen der *Ganoiden* und fast allen *Selachiern* durch Abschnitte des Urogenitalsystems entleert, sonst durch Pori abdominales oder besondere Ausführwege, die durch Einfaltung des umgebenden Bauchfells gebildet werden. Die Eier besitzen discoidale Furchung, mit Ausnahme der total und inäqual sich furchenden Eier der *Dipneusten*, *Chondrostei* und *Ganoiden*.

Systematik. Cuvier teilt die Fische nach dem Skelett in *Knorpel-* und *Knochenfische* ein. Indessen hat es sich herausgestellt, daß durch diese Namen genügend nur zwei Extreme, die *Selachier* und *Teleostier*, gekennzeichnet werden, daß außerdem noch, namentlich wenn man auch die ausgestorbenen Formen berücksichtigt, zahlreiche größere und kleinere Gruppen existieren, die sich keiner der beiden Abteilungen einordnen lassen. So gelangte man zur Aufstellung der eine vermittelnde Stellung einnehmenden Abteilung der „*Ganoiden*“, welche Agassiz auf Grund ihres Schuppenbaues errichtete, Joh. Müller auf breiter, anatomischer Basis charakterisierte und neu umgrenzte. In den letzten Jahrzehnten neigen Zoologen und Paläontologen immer mehr der Auffassung zu, daß die als *Ganoiden* zusammengefaßten Fische den *Teleostiern* sehr viel näher stehen als den *Selachiern*, so daß man sie mit den ersteren als „*Teleostomen*“ zu einer Unterklasse vereinigt. Zugleich werden die *Ganoiden* wegen der großen Unterschiede im Bau in mehrere den *Teleostiern* gleichwertige Ordnungen aufgelöst.

I. Unterklasse und Ordnung.

Elasmobranchier, Plagiostomen, Selachier.

Die Selachier — die haiartigen Fische genannt, da zu ihnen die gefürchteten Menschenhaie gehören — bilden eine fast ausschließlich marine Gruppe von ca. 0,5—20 m langen Fischen, die sich von anderen Wirbeltieren, seltener von *Mollusken* und *Crustaceen* ernähren und sich durch große Gefräßigkeit und Raubgier auszeichnen. Bald schlank gebaut wie die *Haie* im engeren Sinne (Fig. 519), bald dorsoventral abgeplattet wie die *Rochen* (Fig. 520), stimmen sie darin untereinander überein, daß der Kopf sich nach vorn in einen schnabelartigen, selten rudimentären Fortsatz verlängert, der wie ein Wellenbrecher wirkt und in der Regel von einem Knorpelvorsprung des Schädels, dem Rostrum, gestützt wird (Fig. 510 *R*). Der Mund liegt unterhalb des Rostrum mehr oder minder weit vom vorderen Ende entfernt auf der ventralen Seite und ist eine quere Spalte, welche den Namen „*Plagiostomen*“ (*Quermäuler*) veranlaßt hat. Seine Lage bringt es mit sich, daß die *Haie* von unten an ihre Beute heranschwimmen und sich auf den Rücken werfen müssen, um mit den Zähnen fassen zu können. Der Schwanz trägt eine heterocerke Flosse oder ist in einen langen Faden ausgezogen. Die bei *Zitterrochen* völlig, bei *Chimaeren* nahezu nackte Haut ist sonst festgepanzert von

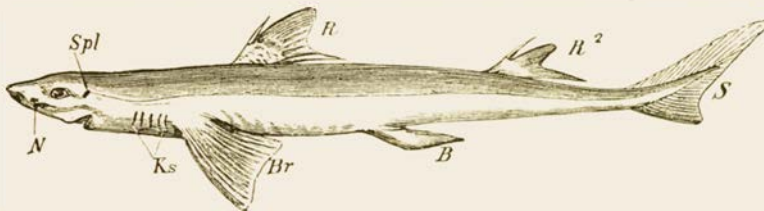


Fig. 519. *Acanthias vulgaris* (nach Claus). *N* Nase, *Spl* Spritzloch, *R* vordere Rückenflosse mit Stacheln, *R*² hintere Rückenflosse, *S* heterocerke Schwanzflosse, *Ks* Kiemen­spalten, *Br* Brustflosse, *B* Bauchflosse.

den dicht aneinander gefügten, rhombischen Placoidschuppen (Fig. 509, 4) die vielfach so fein sind, daß man die „chagrinartige“ Haut zum Polieren benutzen kann. Seltener sind größere Schuppen, die dann mit ihren Stacheln weit über die Körperoberfläche hervorragen und schon durch ihre Gestalt den Namen „Hautzähne“ rechtfertigen. Solche starke Stacheln finden sich namentlich am vorderen Rand der Rückenflossen (Ichthyodorolithen der Palaeontologie). Das innere Skelett ist knorpelig, oft aber von einer dünnen, verkalkten Kruste überzogen. Auch kann die Verkalkung in das Innere der Wirbelkörper eindringen und hier strahlige (astrospondyle) oder konzentrische (cyclospondyle) Figuren erzeugen. Da Ober- und Zwischenkiefer fehlen, kauen die *Selachier* mit dem Palatoquadratum (Gaumenkauer, vgl. Fig. 510). Die den *Holocephalen* und den fossilen *Acanthoden* und *Pleuracanthiden* noch fehlenden, bei anderen Haien unvollkommen entwickelten amphicölen Wirbelkörper tragen außer den oberen Bögen und den sehr kleinen Rippen noch die Intercalaria (Fig. 510 *ic*). Die Zahl der Kiemenbögen und Kiemen­spalten schwankt zwischen fünf und sieben, wobei als erste Kiemen­spalte die Spalte zwischen Zungenbeinbogen und erstem Kiemenbogen gerechnet wird. Außerdem besitzen viele Selachier noch die rudimentäre Kiemen­spalte zwischen Kieferbogen und Zungenbeinbogen, das Spritzloch, und darin die

Pseudobranchie (Fig. 519 *Spl*). Da mit Ausnahme der *Holocephalen* die äußeren Kiemenspalten durch Hautbrücken getrennt werden (bedeckte Kiemen, Elasmobranchien), sind sie im Gegensatz zu den *Teleostomen* äußerlich sichtbar (Fig. 515, 516); auch trägt der Zungenbeinbogen keinen Opercularapparat, wohl aber eine Reihe von Kiemenblättern.

Aus der Anatomie der Eingeweide sind folgende Punkte zum Unterschied von anderen Fischen (Teleostiern) wichtig: 1. das Herz (Fig. 517 A) hat einen langen Conus arteriosus mit mehreren Klappenreihen übereinander, dagegen fehlt der Bulbus. 2. Der Darm (Fig. 514 A) besitzt eine Spiralklappe, dagegen weder Appendices pyloricae noch eine Schwimmblase. 3. Die Entleerung der Geschlechtsprodukte erfolgt bei *Laemargus* durch Pori abdominales, sonst durch das Nierensystem. Die Eier gelangen durch Platzen der Follikel aus dem ab und zu nur einseitig entwickelten Ovarium in die Leibeshöhle und von da durch die unpaare Tube und die stets paarigen Müllerschen Gänge nach außen. Die Spermatozoen dagegen benutzen den vorderen, meist mit einem besonderen Ausführgang versehenen Abschnitt der Niere (Leydig'sche Drüse). Geschlechts- und Harnwege münden von rückwärts in die Kloake.

Die männlichen *Selachier* unterscheiden sich äußerlich von den Weibchen dadurch, daß einige Radien der Bauchflossen gewaltig vergrößert und zu einem Begattungsorgane (Mixopterygium) umgebildet sind (Fig. 520 c). Die Eier sind mit wenigen Ausnahmen (*Laemargus borealis*) enorm dotterreich und besitzen discoidale Furchung; sie werden schon in den Eileitern befruchtet und entwickeln sich meist in uterusartigen Erweiterungen derselben. Die Embryonen, deren Kiemenblättchen sich wie bei manchen Knochenfischlarven (*Gymnarchus*, *Heterotis*) zu langen, aus den Spalten vorragenden Büscheln verlängern (Fig. 501 k), ernähren sich vom Inhalt des Dottersacks; nur bei *Mustelus* und *Carcharias* kommt es, was schon Aristoteles wußte, aber erst im vorigen Jahrhundert J. Müller neu bestätigt hat, zur Bildung einer Placenta, welche sich von der Placenta der *Säugetiere* dadurch unterscheidet, daß die Gefäße, welche in die Wand des Uterus eindringen und vielleicht Nahrung aus dem Blut der Mutter saugen, vom Dottersack, nicht wie bei den Säugetieren von der Allantois geliefert werden. Außer viviparen *Selachiern* gibt es auch ovovivipare; bei diesen werden die Eidotter ähnlich wie bei Vögeln von einer Eiweißhülle und einer Schale umgeben, nur daß letztere eine hornige Beschaffenheit hat, meist in vier Ecken ausgezogen, und oft mit Fäden zur Befestigung an Wasserpflanzen, Steinen usw. versehen ist. Die Eier samt ihren Hüllen sind sehr groß, bei manchen *Lamniden* sogar von riesigen Dimensionen, 12 cm lang, 13 cm breit.

I. Unterordnung. *Squaloidei*. Die Squaloideen (Fig. 519) haben einen drehrunden, schlanken Körper mit frei beweglichen Brustflossen und deutlich heterocercer Schwanzflosse und sind dementsprechend gewandte Schwimmer, die ihre große Schnelligkeit und Körperkraft benutzen, um andere Wirbeltiere, vor allem Knochenfische, einige sogar Walfische, zu erjagen. Palatoquadratum und Mandibulare sind zu diesem Zweck mit vielen, großen, zugespitzten Zähnen mit messerscharfen oder gesägten Kanten ausgerüstet. Auf der Kante des Kieferbogens stehen die größten Zähne; dahinter folgen revolverartig viele Reihen allmählich kleiner werdender Ersatzzähne. Selten sind die Zähne stumpf und nur geeignet, Molluskenschalen zu zertrümmern. Die Kiemenspalten liegen seitlich.

Je nachdem sich ein oder zwei Rückenflossen vorfinden, am Auge eine Nickhaut und hinter dem Kieferbogen ein Spritzloch vorhanden ist oder fehlt, werden zahlreiche Familien unterschieden. Besondere Erwähnung verdienen: 1. *Notidaniden*, primitive Haie, *Heptanchus cinereus* Raf. mit 7 Kiemenspalten, *Hexanchus griseus* Raf. mit 6 Kiemenspalten. Ebenfalls mit 6 Kiemenspalten aber ohne Rostrum der aalartige *Chlamydose-lache anguinus* Garman. 2. *Carchariiden* (wegen ihrer Nickhaut auch *Nictitantes* genannt), die berühmtesten 4—5 m langen Menschenhaie, *Carcharias glaucus* L. 3. *Lamniden* Riesenhaie, welche in der nordischen *Selache maxima* L. die Länge von 10 m, in dem tropischen *Carcharodon Rondeleti* M. H. die Länge von 13 m erreichen. 4. *Rhinodontiden* ähnlich den Walen Planktonfresser. *Rh. typicus* Smith 15—20 m lang. 5. *Spinaciden*, Dornhaie, *Acanthias vulgaris* Risso (Fig. 519), der verbreitetste Hai. 6. *Squatiniden*, welche durch Verlängerung der Brustflossen nach dem Rostrum hin an Rochen erinnern. *Squatina angelus* L.

II. Unterordnung. *Batoidei*, *Rajae*, *Rochen*. Bei den typischen Rochen (Fig. 520) ist der Körper dorsoventral abgeplattet und daher selbst schon blattartig, außerdem aber noch dadurch seitlich verbreitert, daß die riesigen Brustflossen sich halbmondförmig nach vorn und hinten ausgedehnt haben und mit dem Körper verschmolzen sind. Die vorderen Reihen der knorpeligen Flossenstützen reichen meist bis an oder vor das Rostrum, mit welchem sie oft verbunden sind, die hinteren häufig bis an den Beckengürtel. Die Tiere schwimmen durch undulierende Bewegungen der Brustflossen, liegen aber meist ruhig mit der Bauchseite auf dem Boden. Bauch und Rücken sind daher durch Farbe unterschieden, außerdem dadurch, daß auf dem Rücken Augen und Spritzlöcher liegen, auf der Bauchseite dagegen Mund, Nasenöffnungen und Kiemenspalten. Schwanzflosse und Afterflosse sind rudimentär oder ganz zurückgebildet. Die Zähne sind meist Mahl-zähne und dienen besonders zum Zertrümmern von Molluskenschalen. — 1. *Pristiden* (*Squatnorajiden*) haben zwar ventral gelagerte Kiemenspalten, sonst aber noch die Körpergestalt, Lebensweise und die freien Brustflossen der Haie. Die zum Teil viele Meter langen Tiere verdanken den Namen „Sägefische“ der bis zu 2 m langen Säge, dem verlängerten, mit eingekeilten Zähnen versehenen Rostrum. *Pristis antiquorum* Lath. 2. *Rajiden*, Rochen im engeren Sinne, sind die typischen Vertreter der Abteilung. *Raja clavata* L., Nagelrochen, Rücken mit zahlreichen, stark entwickelten Hautzähnen. *Raja batis* L. (Fig. 520). 3. *Torpediniden*, Zitterrochen, Rochen mit nackter Haut, ausgerüstet mit einem linken und

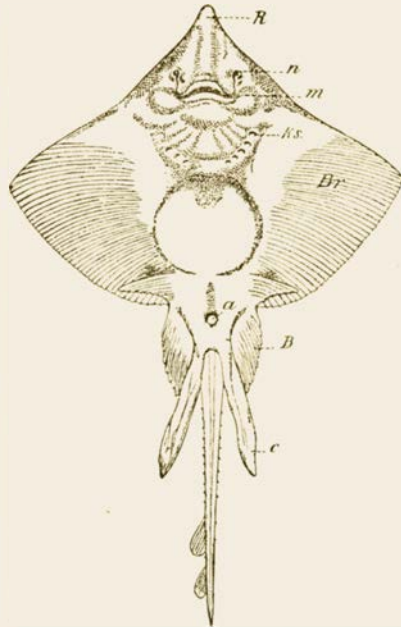


Fig. 520. Männchen von *Raja batis* von der Bauchseite (nach Möbius und Heincke). *R* Rostrum, *n* Nasengrube, durch eine Rinne mit dem Mund (*m*) verbunden, *ks* Kiemenspalten, *a* After, *Br* Brustflosse, *B* Bauchflosse, *c* abgelöster Teil derselben, zur Begattung dienend: Mixopterygium.

Schwanzflosse und Afterflosse sind rudimentär oder ganz zurückgebildet. Die Zähne sind meist Mahl-zähne und dienen besonders zum Zertrümmern von Molluskenschalen. — 1. *Pristiden* (*Squatnorajiden*) haben zwar ventral gelagerte Kiemenspalten, sonst aber noch die Körpergestalt, Lebensweise und die freien Brustflossen der Haie. Die zum Teil viele Meter langen Tiere verdanken den Namen „Sägefische“ der bis zu 2 m langen Säge, dem verlängerten, mit eingekeilten Zähnen versehenen Rostrum. *Pristis antiquorum* Lath. 2. *Rajiden*, Rochen im engeren Sinne, sind die typischen Vertreter der Abteilung. *Raja clavata* L., Nagelrochen, Rücken mit zahlreichen, stark entwickelten Hautzähnen. *Raja batis* L. (Fig. 520). 3. *Torpediniden*, Zitterrochen, Rochen mit nackter Haut, ausgerüstet mit einem linken und

rechten elektrischen Organ. Dasselbe liegt zwischen den Visceralbögen und dem Extremitätenskelett als ein nierenförmiger Körper, gebildet von zahlreichen, dorsoventral aufsteigenden Säulchen. *Torpedo marmorata* Risso.

III. Unterordnung. *Holocephalen*. Von den typischen Selachiern weichen die Holocephalen oder Meerkatzen in drei Punkten ab. Das wenige meißelförmige Zähne tragende Palatoquadratum ist wie bei *Amphibien* mit dem Schädel völlig verwachsen und dient an Stelle des Hyomandibulare als Kieferstiel (Autostylie). Zweitens hat sich als erste Anlage eines Opercularapparates eine Hautfalte vom Zungenbeinbogen aus entwickelt und über die Kiemenpalten hinübergelegt; infolgedessen sind die Kiemenpalten verdeckt und äußerlich nur ein Kiemendeckelspalt sichtbar; ferner sind die Kiemen zu Kammkiemen geworden. Drittens sind anstatt amphicöler Wirbel ringförmige Verkalkungen der Chordascheide vorhanden. Placoidschuppen sind nur in spärlicher Zahl, besonders bei jungen Tieren, nachweisbar. Der bekannteste Repräsentant, *Chimaera monstrosa* L., verdient den Speciesnamen vermöge des auffallend großen Kopfes, von dem aus der Körper sich allmählich in einen feinen Schwanzfaden verjüngt.

Zu den Selachiern werden die paläozoischen *Pleuracanthiden* und *Acanthoden* gerechnet; beide Gruppen besaßen noch keine Wirbelkörper. Die *Pleuracanthiden* waren diphycker und werden wegen ihres primitiven Charakters auch *Proselachier* genannt.

II. Subklasse Teleostomen.

Die *Teleostomen* unterscheiden sich von den *Selachiern* durch das Auftreten der Verknöcherung. Diese äußert sich vor allem in der Entwicklung von Belegknochen, während das knorpelig präformierte Skelett alle Grade der Verknöcherung zeigt von den ersten Anfängen bis zu nahezu völliger Verdrängung des Knorpels. Im Hautskelett sind es vor allem die mächtigen Belegknochen auf der Decke und an der Basis des Schädels (Parasphenoid!), welche nie vermißt werden, ferner die Belegknochen des Schultergürtels (Cleithrum und Clavicula) und des Opercularapparats. Letzterer steht in Korrelation mit der Umbildung der bedeckten Kiemen in Kammkiemen. Auch das Skelett der freien Extremitäten verknöchert, insofern die Hornfäden durch die Knochenplättchen der Flossenstrahlen ersetzt werden, während die Flossenträger, das primäre Flossenskelett, bei primitiven Formen noch knorpelig bleiben, unter allen Umständen aber im Vergleich zu den Flossenstrahlen eine rudimentäre Beschaffenheit aufweisen. Die Flossenstrahlen sind — das ist systematisch wichtig — entweder weich, biegsam und am Ende verästelt (Weichstrahler, *Mala-copteren*) oder hart und stachelartig (*Acanthopteren*). Im ersteren Fall bestehen sie aus zahlreichen hintereinander gereihten Knochenstückchen (Fig. 532 Br, A, B, R²), im letzteren sind die Knochenstückchen eines Strahls zu einem einzigen festen Stachel verwachsen (R¹), welcher ab und zu durch giftige Drüsen unterstützt (z. B. *Scorpaena*, *Amphacanth*) eine gefährliche Waffe ist. Aus der inneren Anatomie ist hervorzuheben die weite Verbreitung von Schwimmblase und Appendices pyloricae. Dagegen ist das Merkmal, dessen wegen der Name „*Teleostomen*“ gewählt wurde, die endständige Lage der Mundöffnung, zwar meist vorhanden, fehlt aber bei primitiven Formen, die noch das Rostrum der *Selachier* besitzen.

I. Ordnung. Chondrostei.

Die „Knorpelganoiden“ der früheren Systematik haben noch viele an die *Selachier* erinnernde Merkmale: die heterocerke Schwanzflosse,

die Anwesenheit des Spritzlochs nebst Pseudobranchie, das mächtige Rostrum, welches Ursache ist, daß der von Barteln umstellte Mund auf die ventrale Seite verlagert wird, die Anwesenheit einer Kieme am Hyomandibulare, den Conus arteriosus des Herzens und die gut entwickelte Spiralklappe des Darms. In mancher Hinsicht sind sie noch primitiver als die meisten Haie; Wirbelkörper fehlen, so daß die allerdings zum Teil schon verknöcherten oberen und unteren Bögen und die Intercalaria direkt der mit einer dicken Scheide versehenen Chorda dorsalis aufsitzen. Das Knorpelcranium ist noch mächtiger entwickelt wie bei den *Selachiern*. Die Palatoquadrata der linken und rechten Seite stoßen an ihrem oberen, vorderen Ende in einer Symphyse zusammen; obwohl meist zahnlos, dienen sie zum Kauen, während die Maxillarreihe völlig fehlen kann.

1. *Acipenseriden*, Störe, zahnlos, mit starker Panzerung der Haut. *Acipenser sturio* L., Stör, *A. huso* L., Hausen (Schwimmblyse liefert den Hausenleim, die Eier den besten Astrachankaviar), *A. ruthenus* L., Sterlett. 2. *Spatulariden*, Löffelstöre, mit nackter Haut oder winzigen sternförmigen Verknöcherungen, spatelförmigem, langem Rostrum, mit bezahntem Oberkiefer vor dem Palatoquadratum: *Polyodon spatula* Walb. — Viele früher den Stören angeschlossenen palaeozoischen Fische mit gewaltiger, vielfach auf den Rumpf übergreifender Panzerung des Schädels, wie *Anaspiden*, *Coccosteiden*, *Pteraspiden*, *Cephalaspiden* werden meist als *Placodermen* oder *Ostracodermen* zu einer besonderen Fischordnung zusammengefaßt.

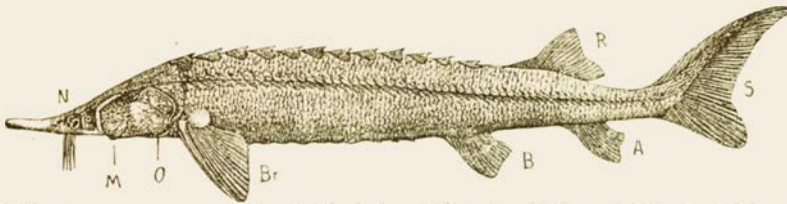


Fig. 521. *Acipenser ruthenus* (nach Heckel und Kner). N Nase, M Mund, O Operculum, mit Kiemendeckelspalt, Br Brust-, B Bauch-, R Rücken-, A After-, S Schwanzflosse.

II. Ordnung. Ganoidei.

Die mit zahlreichen Arten bis in das Palaeozoicum zurückreichenden *Ganoiden* sind durch die *Ganoidschuppen* charakterisiert, meist rhombische, parkettartig angeordnete Platten, die aus drei Schichten bestehen, einer Lage Knochen, darüber einer Schicht Dentin, zu oberst einer Schicht des den Schuppen einen eigentümlichen Perlmutterglanz verleihenden, früher als Schmelz gedeuteten Ganoin. Schon innerhalb der Gruppe ändert sich jedoch der Charakter der Schuppen, indem sie rundliche Gestalt annehmen, sich dachziegelförmig decken und so den Cycloidschuppen der *Teleostier* ähnlich werden (*Amiaden*). In der inneren Anatomie ergeben sich noch Anklänge an *Selachier*, vor allem im Conus arteriosus des Herzens und der Spiralklappe des Darms. Bei *Lepidosteus* findet sich auch noch die Kiemendeckelkieme, bei *Polypterus* das Spritzloch. Das Skelett bei fossilen Formen noch sehr primitiv, zeichnet sich bei den recenten Arten durch starke Verknöcherung aus (Kieferkauer). Die palaeozoischen *Ganoiden* sind offenbar die Ausgangsformen für die *Teleostier*. Die wenigen auf die Neuzeit überkommenen *Ganoiden* sind ein-

seitig spezialisierte, daher untereinander sehr verschiedene Seitenzweige. Mit den *Chondrostei* teilen sie die *Fulcra*, gabelförmige Knochenstücke, welche sich dachziegelartig decken und oft den Vorderrand der Flossen stützen, ferner die kleinen, inaequal sich furchenden Eier.

1. Tribus. *Polypteriden*, Flösselhechte, Schuppen rhombisch, anstatt der Radii branchiostegi breite Kehlplatten; ein weites Spritzloch ohne Pseudobranchie vorhanden; die paarigen Flossen bestehen aus einer beschuppten Achse und scheinbar niedrig ansitzenden Flossenstrahlen. *Polypterus bichir* Geoffr. im Nil, diphyckerk, Larve mit einem Paar äußerer Kiemen. Nahe verwandt die palaeozoischen und mesozoischen teils diphyckerken, teils heterocerken *Crossopterygier*. 2. Tribus. *Lepidosteiden*, Schuppen ebenfalls rhombisch, Radii branchiostegi vorhanden, ebenso Pseudobranchien, aber keine Spritzlöcher. *Lepidosteus osseus* L. (Nordamerika). 3. Tribus. *Amiaden*, leiten zu den Teleostiern über, indem die Schuppen Cycloidschuppen sind, der Conus arteriosus des Herzens rudimentär, der Bulbus in Entwicklung begriffen ist (Fig. 517 B). *Amia calva* Bonap., Amerika. Nahe verwandt sind viele fossile, besonders jurassische Fische mit zum Teil unvollkommen verknöchertes Wirbelsäule. —

III. Ordnung. Teleostier, Knochenfische.

Die Teleostier verdanken ihren Namen der starken Verknöcherung des Skeletts, welche in der Rumpfregeion zur Bildung knöcherner amphicöler, mit kräftigen Rippen ausgestatteter Wirbel führt und dem Schädel samt seinem Visceralskelett die früher schon besprochene, komplizierte Zusammensetzung aus zahlreichen, primären und sekundären

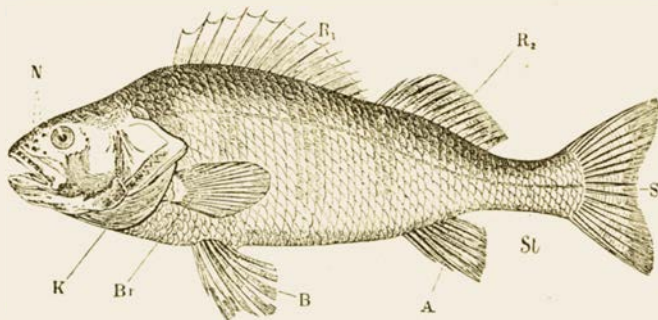


Fig. 522. *Perca fluviatilis* (aus Leunis-Ludwig). *N* vordere und hintere Nasenöffnung, *K* Kiemendeckel, *Br* Brustflossen, *B* Bauchflossen, *A* After-, *S* Schwanz-, *R*¹ erste Rückenflosse (Stachelflosse), *R*² zweite Rückenflosse (vorwiegend von weichen Flossenstrahlen gebildet), *Sl* Seitenlinie.

Knochen verleiht (Fig. 511). Sie haben wie die Knochenganoiden Ober- und Zwischenkiefer (Kieferkauer), die häufig unbezahnt sind, da auch andere Knochen der Mundhöhle, die Palatinreihe, das Zungenbein, die Kiemenbögen, die Ossa pharyngea superiora und inferiora (bei *Cyprinoiden* letztere allein), der Vomer, selten auch das Parasphenoid Zähne tragen können. — Die Verknöcherung führt ferner häufig zur Bildung von Gräten, meist gegabelter, oberhalb der Rippen in den Lig. intermuscularia liegender, knöcherner Fäden, welche sich durch ihre Gestalt sowie dadurch, daß sie nie knorpelig präformiert sind, von den Rippen unterscheiden. Die Schwanzflosse ist in der Regel homocerkerk; die

Diphycerkie der *Aale*, *Quappen* u. a. ist wohl sekundär erworben. Das Hautskelett fehlt selten (*Silurus glanis*, *Gymnotus*, *Cottus gobio* u. a.), meist besteht es aus Cycloid- oder Ctenoidschuppen (Fig. 509, 1 und 2), seltener aus Stacheln oder ausgedehnten Knochenplatten, welche bei *Panzerwelsen* mit echten Hautzähnen bedeckt sind.

Der Zungenbeinbogen trägt stets die Membrana branchiostega und den Kiemendeckel, dagegen keine Kiemendeckelkieme oder nur Rudimente derselben. Die funktionierenden Kiemen, echte Kammkiemen, sind auf die vier ersten Kiemenbögen beschränkt und bilden demnach jederseits 4 Doppelreihen, wenn nicht eine weitere Reduktion auf $3\frac{1}{2}$, 3 oder 2 Doppelreihen eingetreten ist. Meist findet sich die Pseudobranchie, niemals dagegen das Spritzloch. Anstatt des Conus arteriosus des Herzens (bei *Butirinus* vorhanden) findet sich der Bulbus arteriosus des Arterienstiels; eine Spiralklappe ist im Darm nicht nachweisbar, dagegen häufig App. pyloricae. Bei den meisten Teleostiern existiert eine Schwimmblase, während der Schwimmblasengang häufig fehlt. Im Umkreis der Mundöffnung finden sich häufig (*Cyprinoiden* und *Siluroiden*) Barteln, die mit Schmeckbechern reich besetzt sind.

Bei vielen *Teleostiern* kommt es vor, daß sie zur Unterstützung der Atmung an die Oberfläche des Wassers aufsteigen und Luft schnappen. Bei nicht wenigen Formen hat diese Lebensweise zu einer Art Luftatmung geführt (den *Labyrinthfischen*, den Gattungen *Ophiocephalus*, *Periophthalmus*, *Clarias*, *Saccobranchus*, *Amphipnous*, *Symbranchus* usw.), indem sich dorsal von der Kiemenhöhle Lufträume entwickeln, welche entweder mit der Rachenhöhle oder der Kiemenhöhle kommunizieren und mit einem respiratorischen Gefäßnetz ausgestattet sind. Labyrinthische Beschaffenheit der Wandungen oder baumartige Wucherungen können zu einer Vergrößerung der respiratorischen Oberfläche führen. Derartige Fische können längere Zeit auf dem Land (*Periophthalmus*, *Anabas scandens*) und ohne Kiemenatmung leben, während Ausschluß der Luftatmung ihnen tödlich ist. Dementsprechend kann die Zahl der Kiemenreihen stark reduziert sein (*Amphipnous*).

Von allen Wirbeltieren — mit Ausnahme des *Amphioxus*, der *Cyclostomen* und vielleicht auch einiger *Ganoiden* — unterscheiden sich die *Teleostier* dadurch, daß die Geschlechtsprodukte keinen Teil der Niere benutzen, um nach außen zu gelangen. Entweder werden sie (Eier der *Salmoniden*) durch die *Pori* abdominales entleert oder durch besondere Kanäle, die wahrscheinlich nichts anderes als abgekapselte Teile der Leibeshöhle sind. Eine Begattung findet nur bei einigen wenigen lebendig gebärenden Arten (*Zoarces viviparus*, *Anableps*, *Cyprinodonten*) statt. Die Regel ist, daß Männchen und Weibchen zur Laichzeit, während deren sie oft besonders lebhaft farben, manche auch merkwürdige Hautauswüchse (Perlorgane) erhalten, zusammen schwimmen und es dadurch ermöglichen, daß die Geschlechtsprodukte gleich nach der Entleerung im Wasser zusammentreffen. So erklären sich die kolossalen Schwärme, in denen manche Fische, wie *Heringe* und *Thunfische*, alljährlich zu bestimmten Zeiten ihre Laichplätze aufsuchen. Diese Verhältnisse sind ferner der Grund, weshalb bei fast allen Knochenfischen die künstliche Befruchtung so leicht gelingt. Durch vorsichtiges Drücken und Streichen der Bauchdecken des Weibchens von vorn nach hinten entleert man in eine Schüssel die Eier, breitet über dieselben den aus dem Männchen durch Druck gewonnenen Samen vorsichtig aus und mischt beide durch schonendes Umrühren unter

Wasserzusatz. Die befruchteten Eier werden in besondere Brutkästen in durchfließendes Wasser gebracht und täglich die etwa absterbenden entfernt. Die aus den Eihüllen ausschlüpfenden Fischchen haben noch einen ansehnlichen Dottersack; sie müssen in Brutteiche ausgesetzt und gefüttert werden, bevor die letzten Dotterreste verbraucht sind.

Brutversorgung ist verhältnismäßig selten und wird meistens vom Männchen ausgeübt. Die männlichen *Stichlinge* und *Macropoden* z. B. bauen Nester, in welche die Weibchen die Eier ablegen, sie verteidigen die Eier gegen alle Angriffe; die Männchen der *Lophobranchier* (Fig. 523, *Scepferdchen* und *Seenadeln*) haben zur Aufnahme der Eier eine Tasche auf der Bauchseite, aus der die junge Brut nach beendeter Embryonalentwicklung ausschlüpft. — Metamorphose kommt gelegentlich vor und ist am interessantesten bei den aalartigen Fischen, deren Larven früher als besondere Arten der Familie der *Leptocephaliden* beschrieben wurden. Die *Leptocephaliden* sind durchsichtige bandförmige Fischchen mit farblosem Blut, mächtigem Schwanz und äußerst kleinem Rumpf, sie leben normalerweise am Grunde des Meeres über 500 m tief. Unser Flußaal wandert, um sich fortzupflanzen, ins Meer und bekommt die für Tiefseefische charakteristischen riesigen Augen. Seine Larven (*L. brevirostris*) kehren nach beendigter Metamorphose in großen Schwärmen (Montée) in die Flüsse zurück. Die Männchen steigen im allgemeinen nicht weit in die Flußläufe auf und erwarten die Weibchen nahe den Mündungen.

Systematik. Da ungefähr dreißigmal so viel Arten von *Knochenfischen* existieren, als *Selachier* und *Ganoiden* zusammengenommen, ist ihre Einteilung verwickelter. Die Gruppierung nach dem Bau der Schuppen hat sich als unausführbar erwiesen, da Cycloid- und Ctenoidschuppen bei nahe verwandten Fischen, bei gewissen Arten selbst in einem und demselben Tiere vorkommen. Man muß überhaupt mehrere Merkmale zugleich berücksichtigen: ob ein Schwimmblasengang vorhanden ist (*Physostomen*) oder fehlt (*Physoclisten*), ob die Flossen weiche oder harte Strahlen haben (*Malacopteren* und *Acanthopteren*), ob die Bauchflossen abdominal (*P. abdominales*) oder thoracal (*P. thoracici*) oder jugular (*P. jugulares*) liegen. Dazu kommen Besonderheiten der Kiefer, der Kiemen und der Ossa pharyngea inferiora.

I. Unterordnung. *Physostomen*. Das wichtigste, im Namen ausgedrückte Merkmal der Gruppe, die Anwesenheit des Schwimmblasengangs, ist nur durch Präparation festzustellen: vielfach läßt es im Stich, wenn die Schwimmblase, wie bei *Symbranchus*, einem aalartigen Fisch, rückgebildet ist. Daher ist es für die Systematik von Wert, daß sich zwei äußerlich leicht wahrnehmbare Charaktere zugesellen: abdominale Lage der Bauchflossen und weiche gegliederte Beschaffenheit aller oder fast aller Flossenstrahlen. Die *Physostomen* verdienen besondere Beachtung, weil der größte Teil der eßbaren Fische, namentlich fast alle Süßwasserfische, hierher gehören. — Innerhalb der Ordnung kann man engere Verwandtschaftskreise aufstellen: I. *Malacopteren*, Schwimmblase durch Ausstülpungen mit dem Labyrinth verbunden: 1. *Clupeiden*, grätenreiche marine Fische; *Clupea harengus* L. Hering, *Cl. sprattus* L. Sprotte, *Alosa alosa* Cuv. Maifisch, steigt zur Fortpflanzung in die Flüsse auf, *A. pilchardus* Bl. Sardine. 2. *Salmoniden* Edelfische, leicht kenntlich an der Fettflosse, einem von Fett erfüllten dorsalen Hautlappen ohne knöcherne Flossenstrahlen, aber mit Hornfäden: *Salmo alpinus* L. Saibling, *S. hucho* L. Huchen, *Trutta jario* L. Forelle, *Tr. salar* L. Lachs, zur Fortpflanzung in die Flüsse auf-

steigend, sonst im Meer, *Coregonus wartmanni* Bl. Blaufelchen, *C. hiemalis* Jur. Kilch, *Thymallus vulgaris* Nils. Äsche. II. Otariophysen, Schwimmblase und Labyrinth durch die Weberschen Knöchelchen (S. 545) verbunden, öfters Stachelstrahlen in Rücken- und Afterflosse, selten auch in der Brustflosse: 1. *Cypriniden*: *Cyprinus carpio* L. Karpfen, *Carassius carassius* L. Karausche, *C. auratus* L. Goldfisch, *Tinca vulgaris* Cuv. Schleie, *Abramis brama* L. Brachsen, *Barbus barbatus* L. Barbe, ferner zahlreiche Weißfische. 2. *Siluriden* Welse, *Silurus glanis* L. Wels oder Waller, der größte Süßwasserfisch Europas, *Malapterurus electricus* Gm. Zitterwels im Nil, Senegal, Kongo und anderen Flüssen Afrikas, mit mächtigem unter der Bauchhaut gelegenen, elektrischem Organ. Nahe verwandt die Panzerwelse, Knochenplatten der Haut mit Zähnen bedeckt. III. *Haplomi* oder *Esociformes*. 1. *Esociden*, *Esox lucius* L. Hecht. 2. *Cyprinodonten* Zahnkarpfen, lebendig gebärende Süßwasserfische, Strahlen der Afterflosse dienen zur Begattung. 3. In die Nähe der Hechte stellt man trotz mangelnden Schwimmblasengangs die Hornhechte *Scomberesociden*, die wegen ihrer verwachsenen Ossa pharyngea inferiora früher einen Teil der *Pharyngognathen* bildeten. Zu ihnen gehört ein Teil der „fliegenden“ Fische: *Exocoetus evolvans* L. Die Tiere fliegen nicht, sondern steigen mit ihren ausgebreiteten mächtigen Brustflossen wie Papierdrachen gegen den Wind auf. IV. *Apodes*, Bauchflosse rückgebildet. *Anguilla vulgaris* L. Aal, *Gymnotus electricus* L. Zitteraal mit großem, elektrischem Organ im Schwanz.

II. Unterordnung. *Anacanthinen*. Die Anacanthinen sind ebenfalls Weichflosser, haben aber keinen Schwimmblasengang (*Physoclisten*); ihre Bauchflossen liegen vor den Brustflossen an der Kehle (*P. jugulares*). Mit wenigen Ausnahmen (*Lota lota* L., Quappe) sind die *Anacanthinen* marin. Volkswirtschaftlich sind am wichtigsten: 1. die *Gadiden*: *Gadus morrhua* L., Dorsch oder Kabeljau, gesalzen Laberdan, getrocknet Stockfisch; die Leber liefert den Lebertran. *G. aeglefinus* L., Schellfisch. 2. Von links nach rechts abgeplattet sind die *Pleuronectiden*. Die in der Jugend symmetrischen Fische werden asymmetrisch, weil sie entweder mit der linken oder rechten Seite des blattförmigen Körpers auf dem Boden liegen. Die aufwärts gewandte Seite wird dunkler gefärbt; auf sie rückt auch das Auge der unteren helleren Seite hinüber. *Pleuronectes platessa* L., Scholle. *Pl. flesus* L., Flunder. *Rhombus maximus* L., Steinbutt. *Hippoglossus vulgaris* Flem., Heilbutt. *Solea vulgaris* Quensel, Seeszunge. Rückgebildete Bauchflossen haben die *Ophididen*: *Fierasfer acus* Kaup., kriecht in die Kloake von Holothuriern.

III. Unterordnung. *Acanthopteren*. Die an Artenzahl umfangreichste Gruppe der Fische, die Unterordnung der Acanthopteren, gehört zu den Fischen ohne Schwimmblasengang; sie haben meist brustständige Bauchflossen und Ctenoidschuppen. Das wichtigste Merkmal, der Stachelcharakter der Flossenstrahlen, betrifft nie sämtliche Flossenstrahlen; es genügt, daß wenigstens die drei ersten Strahlen der Rücken- und Afterflosse stachelartig sind. Unter den wenigen Süßwasseracanthopteren sind am bekanntesten die *Perciden*, *Perca fluviatilis* L. (Fig. 522), der Barsch; *Lucioperca sandra* Cuv., Zander, Amaal, Schill; die *Gasterosteiden*: *Gasterosteus aculeatus* L., der durch den Nestbau des Männchens bekannte Stichling. Den *Perciden* stehen sehr nahe die Seebarsche, *Serraniden*: *Serranus scriba* L., stets, andere Arten mehr oder minder häufig hermaphrodit. *Labriden*, früher zu den *Pharyngognathen* gerechnete farbenprächtige Seefische: *Crenilabrus pavo* Brunn. Die *Scomberiden* sind die wichtigsten

Eßfische der Gruppe: *Scomber scombrus* L., die Makrele, *Thynnus thynnus* L., der Thunfisch, der zur Laichzeit ähnlich den Heringen in mächtigen Scharen an die Küste zu seinen Laichplätzen wandert, verfolgt von dem ebenfalls zu den *Acanthopteren* gehörigen räuberischen *Xiphias gladius* L., dem Schwertfisch. Zu den *Blenniiden* gehört der lebendig gebärende *Zoarcis viviparus* Cuv. Weitere Familien sind: *Trigliden*, Panzerwangen: *Trigla gunardus* L., *Dactylopterus volitans* L., ebenfalls ein „fliegender“ Fisch; im Süßwasser *Cottus gobio* L. Koppe; *Pediculaten Lophius piscatorius* L., die schön gefärbten *Squamipennes* usw.

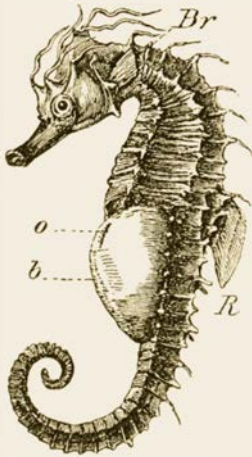


Fig. 523. *Hippocampus antiquorum*, Männchen (aus Schmarda). *b* Bruttasche, *o* Mündung derselben, *Br* Brustflosse, *R* Rückenflosse.

IV. Unterordnung. *Plectognathen*. Eine kleine Gruppe höchst eigentümlicher, gedrungener Fische ist daran zu erkennen, daß die Oberkiefer mit dem Schädel verwachsen. Einige derselben sind mit parkettartig zusammengefügte Knochenplatten gepanzert, *Sclerodermen*: *Ostracion quadricornis* L., Kofferfisch, *Balistes capriscus* Gmel.; andere sind mit langen Stacheln bewehrt; *Gymnodonten*: *Diodon hystrix* L., Igelfisch mit einem weiten Kehlsack, der, mit Luft gefüllt, den Fischen zum Schwimmen dient. Das Fleisch einiger Arten ist giftig.

V. Unterordnung. *Lophobranchier*. Der gemeinsame Charakter dieser kleinen Gruppe mariner, in Bau und Lebensweise (Brutpflege des Männchens, S. 554) übereinstimmender Tiere ist in der Beschaffenheit der Kiemen gegeben, deren Blättchen zu blumenkohlartigen Knöpfen eingeschrumpft sind. Durch den wie ein Pferdekopf aussehenden Kopf und einen langen, beweglichen Schwanz, mit dem sie sich um Wasserpflanzen festranken, sind ausgezeichnet die *Hippocampiden*: *Hippocampus antiquorum* Leach., Seepferdchen (Fig. 523), durch langgestreckten Körper die *Syngnathiden*: *Syngnathus acus* L., die Seenadel.

IV. Ordnung. Dipneusten, Lurchfische.

Die Dipneusten haben noch die Gestalt echter Fische (Fig. 524), sie sind wie Fische beschuppt und besitzen paarige Flossen, welche



Fig. 524. *Protopterus annectens* (aus Boas).

von einer axialen Reihe Knorpelstücke gestützt werden (*Lepidosiren*), zu denen noch Seitenreihen hinzutreten, beiderseits bei *Ceratodus* (Archipterygium biserialia), einseitig bei *Protopterus* (A. uniserialia). Ein einheitlicher, nicht in Rücken-, Schwanz- und Afterflosse gesonderter diphy-

cerker Flossenkamm umgibt den Rücken und das hintere Ende des Körpers. Der Schädel verwächst mit dem Palatoquadratum (Autostylie); er besteht wie auch das übrige Skelett vorwiegend aus Knorpel; auch fehlen die Knochen der Oberkieferreihe. Die Chorda dorsalis erhält sich in großer Ausdehnung. Gewöhnlich leben die Tiere im Wasser und atmen mit Kiemen, die von einer Kiemendeckelfalte geschützt werden. Indessen schon im Bau der Kiemen treten Besonderheiten hervor, welche an *Amphibien* erinnern, insofern wenigstens *Protopterus* und junge *Lepidosiren* außer inneren Kiemen äußere Kiemenbüschel besitzen, wie sie vielen *Amphibien* zukommen. Die Ähnlichkeit wird erhöht durch das periodische Auftreten von Lungenatmung. Die Dipneusten leben in den Tropen in Flüssen und Sümpfen, welche während der heißen Zeit in Fäulnis geraten oder ganz austrocknen, so daß die Kiemenatmung unmöglich wird. Sie benutzen dann zur Atmung die Schwimmblasen oder, wenn man will, die Lungen, weite unpaare oder paarige Säcke, die mit einem kurzen häutigen Gang ventral in den Ösophagus münden, deren Innenwand zur Vergrößerung der respiratorischen Oberfläche einen fächerigen Bau besitzt. *Protopterus* hat sogar die Fähigkeit, ganz anßerhalb des Wassers zu leben; er vergräbt sich im Schlamm, baut sich daselbst ein Nest, das er mit Schleim und Blättern austapeziert, und verfällt in einen schlafartigen Zustand. Ähnlich verhält sich *Lepidosiren*. — Wie bei Landbewohnern, hat die Nase doppelte Öffnungen, von welchen die hintere, die Choane, in die Mundhöhle führt. Ein besonderer Arterienast geht bei den Dipneumones vom letzten Aortenbogen an die Lunge, und ebenso führen besondere Venen zum Herzen zurück; auch beginnt die Trennung des Herzens in eine linke arterielle und rechte venöse Hälfte sich auszubilden, besonders im Bereich des Conus arteriosus und des Vorhofes.

Die wenigen Arten welche noch existieren, sind die Reste einer seit dem Devon existierenden Gruppe und leben über die Welt zerstreut. *Monopneumones*, mit einem Lungensack, in den Flüssen Australiens vertreten durch den *Ceratodus Forsteri* Krefft. — *Dipneumones* mit paariger Lunge, in Südamerika: *Lepidosiren paradoxa* Fitz., in Afrika: *Protopterus annectens* Ow. (Fig. 524). Die Larven beider Arten haben vier Paar äußere Kiemenbüschel, von denen sich drei bei *Protopterus* dauernd erhalten.

IV. Klasse.

Amphibien, Lurche.

Der bei den *Dipneusten* angebahnte Übergang zum Landleben wird bei den *Amphibien* vollkommen durchgeführt. Während er aber dort nur unter dem Zwange äußerer Verhältnisse erfolgt, ist er hier das notwendige Endresultat einer im Wesen des Organismus selbst begründeten Fortbildung. Daher werden bei den *Amphibien* fast sämtliche Organe von der veränderten Lebensweise betroffen, die Organe der Atmung und der Zirkulation in viel intensiverer Weise als bei den *Dipneusten*, außerdem aber auch die übrigen Organe, die Sinneswerkzeuge, die Extremitäten und im Zusammenhang hiermit Skelett und Körpergestalt.

Die Amphibien unterscheiden sich auf den ersten Blick von den Fischen durch den Mangel der Flossen. Der unpaare Flossensaum erhält sich zwar noch während des Larvenlebens und in einigen Fällen dauernd (*Perennibranchiaten*, *Tritonen*) als eine den Schwanz umsäumende Haut-

Extremitäten.

falte, aber er ist nicht in Rücken-, Schwanz- und Afterflosse abgeteilt und auch von keinem eigenen Skelett gestützt (Fig. 8, 9). Die paarigen Flossen haben „pentadactylen Extremitäten“ Platz gemacht (vgl. S. 497); diese dienen oft noch zum Schwimmen, indem die Zehen untereinander durch Schwimmhäute verbunden sind, daneben aber werden sie auch zum Kriechen und Springen verwandt und besitzen demgemäß eine große Gelenkigkeit in der Verbindung der einzelnen Skelettstücke (Fig. 525). Zu den bei den Fischen allein vorhandenen Schulter- und Hüftgelenken gesellen sich Ellbogen- und Kniegelenke zwischen Humerus (bzw. Femur *Fe*) einerseits, Radius und Ulna (bzw. Tibia *T* und Fibula *F*) andererseits, Hand- und Sprunggelenke zwischen den letztgenannten Stücken und den Carpalien (bzw. den Tarsalien *t, i, f*), endlich gelenkige Verbindungen der Endstücke der fünf Skelettstrahlen, der Phalangen untereinander und mit den Metacarpalien (bzw. Metatarsalien). Die Fünffzahl der Zehen wird nicht immer beibehalten, da häufig eine Reduktion auf vier, drei, selbst zwei eintritt.

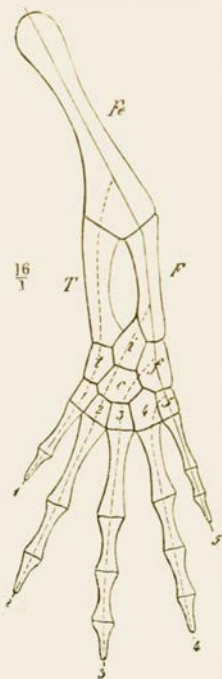


Fig. 525. Skelett der hinteren Extremität von *Salamandra maculosa* (Larve). *Fe* Femur, *T* Tibia, *F* Fibula, *t* Tibiale, *i* Intermedium, *f* Fibulare, *c* Centrale, 1—5 Tarsalia der zweiten Reihe, 1—5 Metatarsalia und Phalangen der fünf Zehen (aus Gegenbaur).

Für die Extremitätengürtel ist die bei den Fischen noch fehlende, bei den höheren Wirbeltieren vorhandene Verbindung mit bestimmten Teilen des Achsenskeletts von Wichtigkeit. Der Beckengürtel verbindet sich mit der Wirbelsäule, indem sein dorsal vom Hüftgelenk liegender Abschnitt, das Ilium oder Darmbein, sich an eine Rippe oder beim Mangel derselben an einen Querfortsatz anlegt, während der ventrale Abschnitt das noch einheitliche Schamsitzbein (*Osischiopubicum*) mit dem der anderen Seite die Symphyse erzeugt. In den so zustande kommenden Knochenring des Beckens ist bei den Amphibien nur ein Wirbel, der Sacralwirbel (selten zwei) eingeschlossen. Der durch den Landaufenthalt bedingte festere Anschluß der Extremität an die Wirbelsäule tritt uns somit noch auf einer niederen Entwicklungsstufe entgegen. — Noch unvollständiger ist die Befestigung der vorderen Extremität. Der dorsale Abschnitt, die Scapula, von der sich bei *Anuren* ein oberer Teil als Suprascapulare abgliedert, endigt frei in den Muskeln; die ventralen Spangen, Clavicula (*Praeoracoid*) und *Coracoid*, treffen entweder von links und rechts in einer Symphyse zusammen (*firmisternae Anuren*), oder schieben sich übereinander (die übrigen *Anuren* und die *Urodelen*). Von rückwärts grenzt an sie ein Sternum, von vorn bei

Fröschen ein *Omosternum* (früher als *Episternum* gedeutet). Aber das Sternum hängt mit der Wirbelsäule nicht zusammen, da die Rippen rudimentär sind und daher nicht bis zu ihm herabreichen. Die *Wirbelsäule* erinnert vielfach (*Perennibranchiaten*, *Derotremen*, *Gymnophionen*, manche *Stegocephalen*) infolge Rückbildung des Intervertebralknorpels durch Amphicölie der Wirbelkörper und Persistenz der Chorda an Fische. Wächst der Intervertebralknorpel stark, so verdrängt er die Chorda ganz oder zum größten Teil; dann bilden sich *opisthocöle* (*Salamandrinen*)

oder procöle Wirbelkörper die (meisten *Anuren*). Bei den *Amphibien* tritt auch die bei *Fischen* nur selten vorhandene, für Landbewohner charakteristische gelenkige Verbindung von Wirbelsäule und Schädel ein, durch welche der erste Wirbel (Atlas) einen besonderen Charakter erhält.

Der Schädel der meisten *Amphibien* ist ausgezeichnet durch die ausgedehnte Erhaltung des Chondrocraniums und die damit zusammenhängende geringe Zahl primärer Knochen (Fig. 526). Die Knochen der Augen- und Nasengegend sind durch das Sphenethmoid gegeben, einen paarigen Knochen bei *Urodelen*, der bei *Anuren* zu einem Knochenring (os en ceinture) geschlossen ist; in der Gehörgegend sind meist nur

Schädel.

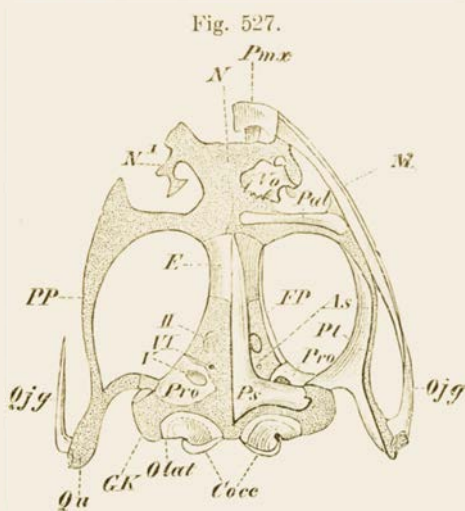
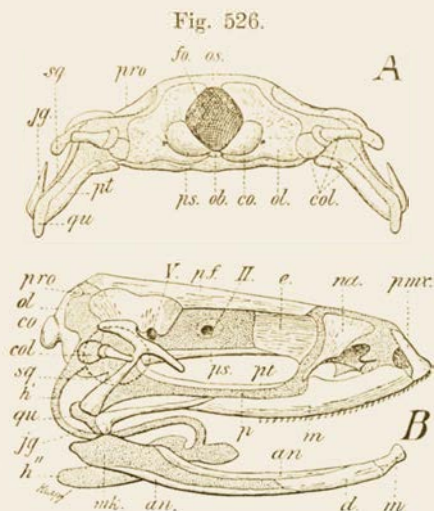


Fig. 526. Froschschädel A von hinten, B von der Seite (im Anschluß an Parker).

Fig. 527. Froschschädel von unten links, nach Entfernung der Belegknochen (nach Wiedersheim).

Chondrocranium: *Gk* Gehörkapsel, *N, N'* Nasenkapsel, *PP (p)* Palatinspange, *As* Alisphenoidknorpel, *Qu (qu)* Quadratknorpel, *ob, os* Knorpel, aus dem sonst Basioccipitale und Supraoccipitale hervorgehen. Primäre Knochen: *O lat (ol)* Exoccipitale mit Condylus occipitalis (*Cocc, co*), *Pro (pro)* Prooticum, *E (e)* Sphenethmoid. Belegknochen: *Pmx (pmx)* Praemaxillare, *M (m)* Maxillare, *jg (Qjg)* Jugale, *Vo* Vomer, *Pal* Palatinum, *Pt (pt)* Pterygoid, *Fp (pf)* Parietofrontale, *na* Nasale, *Ps (ps)* Parasphenoid, *sq* Squamosum; Unterkiefer: *mk* Meckelscher Knorpel mit seinem verknöcherten Ende *m*, *d* Dentale, *an* Angulare; Zungenbeinbogen: *col* Columella, *h', h''* Hyoid und Copula; Nervenlöcher: *II* Opticus, *V* Trigeminus, *VI* Abducens, *fo* Foramen magnum. Der Knorpel durch Punktierung deutlich gemacht.

die Prootica, in der Hinterhauptsgegend stets nur die Exoccipitalia vorhanden. Der Mangel des Basioccipitale und Supraoccipitale ist für die Unterscheidung der *Amphibien* von den oft ähnlich aussehenden *Reptilien* von der größten Bedeutung, zumal da mit dem Mangel des Basioccipitale der weitere wichtige Unterschied zusammenhängt, daß die Gelenkverbindung mit dem Atlas durch einen doppelten Condylus occipitalis (*co*) vermittelt wird. — Von Belegknochen sind zu nennen: dorsal die Nasalia (*na*), Frontalia — bei manchen Arten von Praefrontalia begleitet — und Parietalia, letztere beiden bei *Anuren* zu Frontoparietalia (*fp*) verwachsen, ventral das bei den *Amphibien* zum letztenmal mächtig entwickelte Parasphenoid (*ps*).

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

Eine wesentliche Vergrößerung erfährt der Schädel, indem der hintere Abschnitt des Palatoquadratum, der ansehnliche Quadratknorpel (*Qu*) sich an die Gehörkapsel anlegt und meist mit ihr verschmilzt, während der vordere Abschnitt als dünne Palatinspange (*P*) eine Strecke weit nach vorn reicht und bei *Anuren* sich sogar mit der Nasenkapsel vereinigen kann. Der Quadratknorpel (Kieferstiel) ist auf seiner Außenseite vom Squamosum (*sq*) bedeckt und trägt den von Belegknochen (Dentale usw.) umscheideten Meckelschen Knorpel (Mandibulare), dessen Gelenkteil wie auch das Quadratum selten und auch dann meist unvollkommen verknöchert. Auf der Palatinspange entsteht die Palatinreihe der Belegknochen: Vomer (*vo*), Palatinum (*pal*), Pterygoid (*pt*); davor die Maxillarreihe: Zwischenkiefer (*pmx*) und Oberkiefer (*m*). Zwischen dem hinteren Ende des Maxillare und dem Quadratum besteht eine Lücke, oder dieselbe ist durch den vom Maxillare bis zum Quadratum und Squamosum reichenden Jochbogen (Os jugale *jj*) überbrückt, einem Rest der bei den ausgestorbenen *Stegocephalen* gewaltigen Panzerung der Schläfengegend. Da durch die Verwendung des Quadratum als Kieferstiel das Hyomandibulare funktionslos geworden ist,

wird dasselbe rudimentär; wahrscheinlich liefert es eine Reihe kleiner Skelettstücke, welche als Hilfsapparate des Gehörorgans funktionieren, die wir in ihrer Gesamtheit *Columella* (*col*) nennen wollen. — Die Beschaffenheit des übrigen Visceralskeletts hängt von der Art der Atmung ab (Fig. 528 A). Solange die Kiemenatmung anhält, finden sich außer der unpaaren, das Corpus hyoideum repräsentierenden Copula noch paarige Hyoidea, die vorderen Zungenbeinhörner, und vier Paar Kiemenbögen. Beim Übergang zur Luftatmung schwinden die Kiemenbögen ganz (*Anuren*) oder bis auf Reste, die ein bis zwei, selten drei

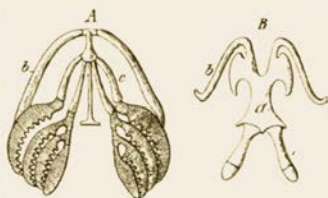


Fig. 528. Hinteres Visceralskelett. A einer kiemenatmenden Larve vom Landsalamander, B einer Kröte (aus Gegenbaur). a Zungenbeinkörper, b Vorderhorn (Hyoid), c Kiemenbögen.

Hinterhörner des Zungenbeins. Für das Verständnis der höheren Wirbeltiere ist es wichtig, daß das Hyoid mancher *Anuren* bis zum Schädel emporsteigt und mit der Hörkapsel verwächst.

Die durch den Landaufenthalt bedingte Umgestaltung der Sinnesorgane ist fast für jedes derselben nachweisbar. Die Organe der Seitenlinie erhalten sich zwar bei den im Wasser oder in feuchter Erde lebenden Larven (Fig. 532 B) und den Perennibranchiaten, meistens aber schwinden sie; die Augen werden gegen den eintrocknenden Einfluß der Luft bei den *Salamandrinen* durch obere und untere Augenlider, bei den *Fröschen* durch ein früher als Nickhaut gedeutetes unteres durchsichtiges Augenlid geschützt; die Nase wird zugleich Respirationsorgan und demgemäß mit einer inneren, in die Mundhöhle leitenden Öffnung, der Choane, versehen. Vor allem vervollkommnet sich das Gehör bei den *Anuren* durch die Ausbildung schalleitender Apparate. Aus dem Spritzloch der Selachier entsteht ein Luftkanal, dessen eines Ende als Tuba Eustachii in den Rachen mündet, dessen anderes Ende, die Trommelhöhle, durch das in den knorpeligen Annulus tympanicus eingespannte Trommelfell geschlossen wird. Die Beziehung des Labyrinths zum Luftkanal wird eine innigere durch das Auftreten der Fenestra ovalis, einer Öffnung in dem das häutige Labyrinth bergenden Petrosium. In der

Fenestra ovalis liegt die Steigbügelplatte (ein abgelöstes Stück der knorpeligen Gehörkapsel?). An sie setzt sich die Columella (Hyomandibulare) an, welche sich am anderen Ende mit dem Trommelfell verbindet und die Schwingungen desselben auf das häutige Labyrinth überträgt. Die Skeletteile finden sich auch dann, wenn bei kriechenden und grabenden, auf die Schalleitung des Bodens angewiesenen Formen (*Urodelen*, *Gymnophionen*), ferner bei *Pelobatiden* Trommelfell und Cavum tympani fehlen. — Das Hirn der Amphibien übertrifft das der Fische durch die stärkere Entwicklung des Großhirns (Fig. 529 *VH*), steht ihm aber nach, indem das Kleinhirn nur eine dünne Marklamelle bildet.

Am wichtigsten für die systematische Charakteristik der Amphibien sind die Atmungsorgane: daß sowohl Kiemen als Lungen vorkommen. Bei den Larven der *Anuren* finden wir Kiemenspalten und in ihnen innere Kiemen; von denselben entwickeln sich, wie bei manchen Fischen, die am meisten dorsal gelegenen Teile verfrüht und zugleich außergewöhnlich stark; sie ragen dann am oberen Ende der Kiemenspalten als drei Kiemenbüschel über die Haut hervor, schwinden aber, wenn die übrigen nach außen nicht hervortretenden Kiemenblättchen zur Ausbildung gelangen und der ganze Kiemenapparat durch zwei vom Zungenbeinbogen entspringende Falten in eine einheitliche Kiemenhöhle eingeschlossen wird. Bei den Jugendstadien der *Urodelen* und *Gymnophionen* ist die starke Entwicklung der drei büschelförmigen „Hautkiemen“ Ursache, daß die Bildung der inneren Kiemen unterbleibt. — Die paarigen Lungen münden mit einer Spalte, der Stimmritze, in das hintere Ende des Pharynx, gewöhnlich direkt, seltener mit einer kurzen Luftrohre, der Trachea. Knorpelige Stücke, letzte Reste eines fünften und sechsten Kiemenbogens, können Luftrohre und Stimmritze stützen und an letzterer zum Spannen der Stimmbänder bei der Tonerzeugung benutzt werden (Larynx). Die Luftatmung ist ein Schluckakt, indem die in den Pharynx aufgenommene Luft durch Kontraktion der Pharynxmuskeln in die Lungen gepreßt wird. — Selten findet man gleichzeitig und dauernd Kiemen und Lungen nebeneinander (*Perennibranchiaten*); gewöhnlich ist eine zeitliche Verteilung derart eingetreten, daß die jungen Tiere durch Kiemen, die älteren durch Lungen atmen, was Ausgangspunkt für die später zu besprechende Metamorphose geworden ist. — Außer den Kiemen und Lungen besitzt auch die Haut der Amphibien eine große respiratorische Bedeutung; das gleiche gilt von Mundhöhle und Pharynx, in denen vermöge des Atmungsmechanismus die Luft lange verweilen muß, häufig auch vom Ösophagus. So erklärt es sich, daß viele *Salamandrinen* (*Spelerpes*, *Desmognathus*, *Plethodon*, *Gyrinophilus*, *Salamandrina*) weder Kiemen noch Lungen haben und ausschließlich auf Haut- und Darmatmung angewiesen sind. Die Capillarnetze der betreffenden Darmabschnitte und der Haut sind dann enorm entwickelt und können sogar in das Epithel eindringen. Mit der Hautatmung hängt es auch zusammen, daß bei *Anuren*

Kiemen,
Lunge,
Haut.

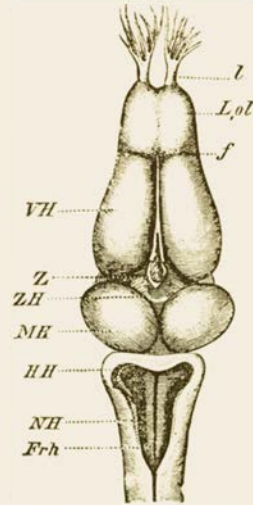


Fig. 529. Hirn vom Frosch. *l* Riechnerven, *L. ol* Lobus olfactorius, *f* Trennungsfurche gegen *VH* Großhirnhemisphären, *ZH* Zwischenhirn, *Z* Zirbeldrüse, *MH* Mittelhirn, *HH* Kleinhirn, *NH* Medulla oblongata, *Fr.h* Rautengrube.

die Lungenarterien einen ebenso starken Ast an die Haut wie an die Lunge abgeben (Fig. 531). Die Haut ist dünn und mit zahlreichen vielzelligen Drüsen versehen, die zum Teil Schleim, zum Teil giftige Sekrete produzieren (sogenannte Parotis, ein Drüsenpaket in der Ohrgegend). Das Epithel ist nach außen durch eine sehr dünne Hornschicht abgeschlossen, die zeitweilig in Zusammenhang abgeworfen wird (Häutung); die Lederhaut ist von großen Lymphräumen unterminiert, deren Anwesenheit es mit sich bringt, daß man namentlich bei *Fröschen* das ganze Integument leicht im Zusammenhang abziehen kann. Verknöcherungen der Haut, bei den fossilen *Stegocephalen* enorm entwickelt, kommen bei den recenten Amphibien selten vor (Schuppen der *Gymnophionen*, Knochenplatten einiger *Anuren*); dagegen ist bemerkenswert der Reichtum an Chromatophoren, die unter dem Einfluß von Nerven die Anordnung ihrer Pigmentkörnchen verändern und dadurch den Farbenwechsel vieler Amphibien bedingen.

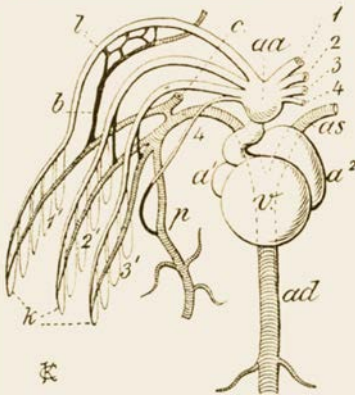


Fig. 530. Herz und Arterienbögen einer Salamanderlarve (nach Boas). a^1 rechte, a^2 linke Vorkammer, v Kammer, aa Arterienstiel, ad Aorta descendens, as linker Aortenbogen, $1-4$ Arterienbögen, b direkte Schließung derselben, l Kiemenschließung, $1'-3'$ Kiemenkreislauf, p Art. pulmonalis, c Carotis, k Kiemen.

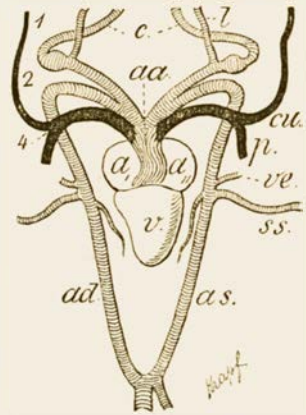


Fig. 531. Herz und Arterienbögen des Frosches (etwas schematisiert). a , rechte, a_1 , linke Vorkammer, v Ventrikel, aa Arterienstiel, ad , as rechter und linker Bogen der Aorta descendens, c Carotiden, l Lingualis, ve Vertebralis, ss Subclavia, cu Cutanea, p Pulmonalis, $1, 2, 4$ die drei erhaltenen Arterienbögen.

Blutgefäßsystem.

Das Herz der Amphibien (Fig. 530, 531) hat zwei bei *Anuren* scharf getrennte Vorkammern, eine rechte mit venösem Blut (a^1), eine linke, welche zur Zeit der Kiemenatmung ebenfalls venöses, während der Lungenatmung dagegen arterielles Blut (a^2) führt; dagegen findet sich nur eine Kammer (v) und ein äußerlich wenigstens noch einheitlich erscheinender Arterienstamm (aa). Die drei bis vier von letzterem entspringenden Arterienbögen verhalten sich verschieden, je nachdem die Atmung durch Kiemen erfolgt oder nicht. Im ersteren Fall (Fig. 530) ist an den drei vorderen Arterienbögen ($1-3$) eine doppelte Schließung vorhanden; der eine Weg (b) führt direkt zur Aorta descendens, der andere durch die Kiemenarterien ($1'-3'$) in die Kiemen und aus dem Capillarnetz derselben durch die Kiemenvenen ebenfalls zur Aorta descendens. Nur der vierte Bogen gibt keine Gefäße an die Kiemen ab, dagegen die Arteriae pulmonales (p) an die Lungen. Wenn die Kiemen verloren

gehen (Fig. 531), schwindet der dritte Arterienbogen bei vielen Amphibien (namentlich den *Anuren*) gänzlich, von den zwei übrigen wenigstens die zu den Kiemen tretenden Gefäße, während die direkten Verbindungen zum Teil erhalten bleiben und neue Verwendung finden. Der erste Bogen (*r*) liefert die den Kopf versorgenden Carotiden (*c*); der zweite vereinigt sich mit dem der anderen Seite zur Aorta descendens (*ad*); der vierte Arterienbogen (*f*) versorgt als A. pulmonalis (*p*) die Lunge; bei *Anuren* gibt er einen zweiten Ast, die A. cutanea (*cu*), zur Haut. Eine Längsfalte im Arterienstiel ist so gestellt, daß das dem Körperkreislauf entstammende venöse Blut des rechten Vorhofes der Hauptmasse nach durch den respiratorischen vierten Gefäßbogen in die A. pulmonales geleitet wird, während das aus der Lunge durch besondere Venen dem linken Vorhof zuströmende arterielle Blut den Weg zum ersten und zweiten Bogen (Carotiden- und Aortenbogen) einschlägt. So wird eine leidliche Sonderung des Lungen- und Körperkreislaufs bewerkstelligt, obwohl beiderlei Blutströme noch ein gemeinsames Bett (Herzkammer) zu passieren haben; auch können die von Anfang an vorhandenen Verbindungen der Aortenbögen mit der Pulmonalis (Ductus Botalli) und mit dem Carotidenbogen erhalten bleiben (*Urodelen*).

Für den Geschlechtsapparat (Fig. 500) gilt ähnliches wie bei *Haien*. Die Eier gelangen aus dem traubigen Eierstock in die weiten Mündungen der Müllerschen Gänge (Oviducte) und werden in Ausweitungen derselben (Uterus) mit Gallerthüllen umgeben. Die Spermatozoen dagegen passieren den vorderen Abschnitt der Niere und werden durch die Harnleiter entleert. Dieser vordere Abschnitt kann sich vom hinteren rein exkretorischen unterscheiden; auch besteht die Tendenz, die Ausführwege des hinteren Abschnitts vom Harnsamenleiter zu trennen. Selten (*Alytes*, *Discoglossus*) erhält sich (ähnlich den *Amnioten*) vom vorderen Abschnitt nur der samenausführende Teil und bildet ein vom Harnleiter gesondertes Vas deferens (auch als Müllerscher Gang gedeutet). Die Unterschiede zu den *Selachiern* bestehen vornehmlich darin, daß die Nieren als kompakte, häufig bohnenförmige Körper innerhalb der Leibeshöhle liegen und daß eine Harnblase vorhanden ist, welche vor dem Darm angebracht ist und sich von vorn in die Kloake öffnet, während die Urogenitalkanäle von rückwärts in letztere einmünden. Neben den Geschlechtsdrüsen finden sich oft mehrere intensiv gefärbte Fettkörperlappen, die vor dem Eintritt der Laichperiode am besten entwickelt sind.

Bei den Amphibien kommt eine Art Begattung vor. Die *Tritonen* schwimmen spielend miteinander, bis das Männchen eine äußerst kompliziert und zierlich gebaute Samenkapsel absetzt, welche das Weibchen in die Kloake aufnimmt. Bei den froschartigen *Amphibien* klammert sich das oft kleinere, auf dem Weibchen hockende Männchen mit seinen vorderen Extremitäten hinter den Vorderbeinen des Weibchens fest und wartet stunden- oder tagelang bis die Eiablage erfolgt, worauf das Männchen seinen Samen über die Eier ausspritzt, welche bald darauf die bei fast allen Amphibien herrschende totale, aber inäquale Furchung beginnen. Demgemäß sind die *Batrachier* (mit Ausnahme der viviparen *Pseudophryne*) ovipar; ovipar sind auch die meisten geschwänzten Amphibien; doch ermöglicht die Aufnahme des Sperma in die weiblichen Geschlechtswege, daß einige unter ihnen, wie *Spelerpes fucus*, *Salamandra maculosa* und *S. atra*, lebendig gebären. Brutpflege ist bei *Anuren* weitverbreitet und wird bald vom Männchen, bald vom Weibchen ausgeübt. Das Männchen der

Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*) wickelt nach der Befruchtung die Eischnüre um seine Beine und verkriecht sich in Erdlöcher, bis die jungen Tiere zum Ausschlüpfen reif sind. Das Männchen von *Rhinoderma darwini* Dum. u. Bib. hat einen weiten, von dem Pharynx ausgestülpten Kehlsack, in welchem es die jungen Tiere bis zur Beendigung der Metamorphose beherbergt. Bei *Pipa americana* Laur. gelangen die vom Männchen befruchteten Eier während der Begattung auf den Rücken des Weibchens, wo sie in dicht aneinander grenzende Vertiefungen der Haut, die in ihrer Gesamtheit an eine Bienenwabe erinnern, eingeschlossen werden. Auch bei den Gattungen *Nototrema* und *Notodelphys* besorgen die Weibchen das Brutgeschäft, indem sie die Eier in einen auf dem Rücken gelagerten Sack aufnehmen.

Entwick-
lung.

Die Entwicklung der Amphibien hat von jeher in den weitesten Kreisen Interesse erweckt als das am leichtesten zu beobachtende Beispiel von Metamorphose bei den Wirbeltieren. Die Metamorphose ist um so deutlicher ausgeprägt, je mehr sich der Bau des ausgebildeten Tieres vom Bau der Fische und damit auch vom Bau der fischähnlichen Larven entfernt. Dies gilt für die *Batrachier*; aus dem Ei schlüpft die Kaulquappe (Fig. 8), welche keine Lunge, dafür aber drei Kiemenbüschel, keine paarigen Extremitäten, dafür aber einen dem Frosch fehlenden Ruderschwanz, d. h. einen mit einem unpaaren Flossensaum eingefassten Schwanz besitzt. Bei der Metamorphose schwinden die äußeren Kiemenbüschel und entstehen zunächst innere Kiemen, welche durch eine Hautfalte (Kiemendeckel) überwachsen und in eine Kiemenhöhle eingeschlossen werden, die durch einen unpaaren, meist linksseitigen Porus branchialis (Spiraculum), selten auf beiden Seiten nach außen mündet. Später werden die inneren Kiemen und der Ruderschwanz als Larvenorgane resorbiert, während dafür die Lungen und die paarigen Extremitäten hervorsprossen. — Bei allen *geschwänzten Amphibien* vereinfacht sich die Metamorphose, indem gewöhnlich nur die drei Kiemenbüschel schwinden und in ihrer Funktion durch Lungen ersetzt werden. Manchmal kommen dazu noch Farben- und Gestaltsveränderungen, Veränderungen der Bezeichnung und Umwandlung des Ruderschwanzes in einen drehrunden Schwanz. Der letzte Rest einer Metamorphose geht verloren, wenn die Kiemen neben den Lungen dauernd beibehalten werden (*Perennibranchiaten*). Noch in anderer Weise kann die Metamorphose in Wegfall kommen, wenn die ganze Entwicklung wie bei *Hylodes martinicensis*, *Rana opisthodon*, *Hyla nebulosa*, *Pipa americana*, in den Eihüllen abläuft, aus denen dann gleich die fertigen kleinen Frösche auskriechen.

I. Ordnung. Urodelen, Schwanzlurche.

Die Urodelen sind unter den Amphibien vermöge ihres langgestreckten, von niedrigen Beinen getragenen geschwänzten Körpers den Fischen noch am ähnlichsten. Ihre Wirbelsäule besteht aus zahlreichen Wirbeln, von denen ein ansehnlicher Teil, die Caudalwirbel, hinter dem Kreuzbeinwirbel liegt. Rippen sind zwar vorhanden, aber so klein, daß sie das Sternum nicht erreichen. Letzteres ist im allgemeinen schwach entwickelt oder fehlt. Trommelfell, Trommelhöhle und Ohrtrompete (Tuba Eustachii) fehlen; ebenso fehlt mit den Stimmbändern die Fähigkeit der Lautbildung.

I. Unterordnung. *Perennibranchiaten* (*Ichthyodea*). Dauernd sind zwei (selten eine) bis drei Paar Kiemenspalten, drei äußere Kiemen-

büschel und ein Ruderschwanz vorhanden, ferner amphicöle Wirbel. Zwei Kiemenspalten: *Necturus maculatus* Rafin (*Menobranchnus lateralis* Sav.). *Proteus anguinus* Laur., der Olm der Adelsberger Grotte und anderer Höhlen des Karsts, Lungen glattwandige Säcke, als Höhlenbewohner ist das Tier blind, indem es rückgebildete Augen hat, welche außerdem von Muskeln bedeckt und daher funktionsunfähig sind. Unter normalen Verhältnissen lebendig gebärend, bei erhöhter Temperatur Eier legend. Auffallend groß sind die Zellen der Gewebe, ganz besonders die Blutkörperchen. Blinde amerikanische Formen: *Typhlomolge Ratbuni* Stejn. (unterirdische Flüsse von Texas), *Typhlotriton spelaeus* Stejn. (Höhlen von Missouri, Augen werden erst nach der Metamorphose rückgebildet). — *Siren lacertina* L., drei Kiemenspalten, Nordamerika.

II. Unterordnung. *Derotremen*. Kiemen rückgebildet, ein Kiemenloch bleibt erhalten. *Cryptobranchnus Alleghanensis* Daud. (*Menopoma Alleghanense* Harl). Durch späten Verlust des Kiemenloches leitet zu den Salamandrinen über der über 1 m lange *Megalobatrachus maximus* Schleg. (*Cryptobranchnus japonicus* Hoev.), die größte lebende Amphibie.

III. Unterordnung. *Salamandrinen*. Nach Verlust der Kiemen schließen sich die anfangs vorhandenen vier Kiemenspalten. Der Ruderschwanz erhält sich bei der Gattung *Triton* (*Molge*): *T. cristatus* Laur., *T. alpestris* Laur., *T. vulgaris* (*taeniatus*) L., während bei der Gattung *Salamandra* die geschlechtsreifen Tiere drehrunde Schwänze haben. *Salamandra maculosa* Laur. und *S. atra* Laur. sind beide lebendig gebärend; *S. atra* führt sogar im Mutterleibe seine Metamorphose zu Ende, da die jungen Tiere genügend Nahrung finden, weil von zahlreichen Eiern nur zwei sich entwickeln und von dem Speisebrei leben, zu dem die übrigen Eier zufallen. — Bei den Tritonen kommt es vor, daß die Larven, durch äußere Umstände an der Metamorphose verhindert, die Kiemen behalten und geschlechtsreif werden (Neotenie). Noch mehr trifft das Gesagte für manche Arten der Gattung *Amblystoma* zu. *A. tigrinum* Green (*mexicanum*) behält unter günstigen Wasserverhältnissen die Kiemen dauernd bei und heißt dann *Siredon pisciformis* Shaw. Axolotl. Durch allmähliches Eindunsten des Wassers kann dieser veranlaßt werden, sich zum *Amblystoma* zu verwandeln. Es gibt nun verschiedene Rassen des Axolotl; manche Tiere werden leicht zur Metamorphose veranlaßt oder metamorphosieren sogar spontan; bei anderen gelingt das Experiment nur mühsam oder gar nicht. Nahe verwandte Formen würden, wenn man sich scharf an die systematischen Begriffe halten wollte, weit zu trennen und verschiedenen Unterordnungen einzureihen sein, das *A. tigrinum* als *S. pisciformis* den *Perennibranchiaten*, andere *Amblystomen*, wie z. B. *A. punctatum* und *A. opacum* Grav. den *Salamandrinen*. Man ist daher geneigt, alle *Perennibranchiaten* als neotene, d. h. im Larvenzustand geschlechtsreif gewordene Tiere zu deuten.

Hier schließen sich außer ausgestorbenen großen Salamandrinen (dem früher als Menschenskelett „*homo diluvii testis*“ beschriebenen tertiären *Andrias Scheuchzeri*) die im Carbon auftretenden und in der Trias schon wieder verschwindenden, zum Teil riesigen *Stegocephalen* an, die sich durch starke Beschuppung des Körpers und Knochenpanzerung des Kopfes von den Urodelen unterscheiden, manche auch durch die labyrinthisch eingefaltete Schmelzoberfläche der Zähne (*Labyrinthodonten*) und ihre Doppelwirbel (rachimere und embolomere Wirbel).

II. Ordnung. Anuren, Batrachier, Froschlurche.

Die Anuren haben sämtlich den gedrungenen Körperbau unserer Kröten und Frösche. Derselbe ist durch die geringe Zahl (7—9) der Rumpfwirbel und das gänzliche Fehlen des Schwanzes bedingt. Hinter dem Sacralwirbel folgt als Repräsentant einer Schwanzwirbelsäule nur ein langer säbelförmiger Knochen, das Os coccygis. Rippen sind selten in Resten vorhanden; meist scheinen sie ganz zu fehlen, da ihre Anlagen in den Proc. transversi enthalten sind und die auffällige Größe derselben bedingen. Um so stattlicher sind die vielfach zum Klettern und Springen dienenden Extremitäten, bei denen die Knochen des Unterarms, Radius und Ulna, desgleichen die des Unterschenkels, Tibia und Fibula, untereinander verschmolzen sind. — Trommelfell und Trommelhöhle sind entsprechend der starken Stimme der Tiere gut entwickelt und nur bei den *Pelobatiden* rudimentär. Metamorphose, in der Regel vorhanden, erfolgt durch Kaulquappen.

I. Unterordnung. *Aglossen*. Krötenartige Batrachier mit rückgebildeter Zunge und unpaarer Mündung der Tubae Eustachii. *Pipa americana* Laur., wegen der Brutpflege Wabenkröte genannt. *Xenopus (Dactylethra) laevis* Daud.

II. Unterordnung. *Phaneroglossen*. Zunge vorhanden, Tubae Eustachii münden jederseits getrennt. 1. *Raniden (Firmisternien)*, Frösche,

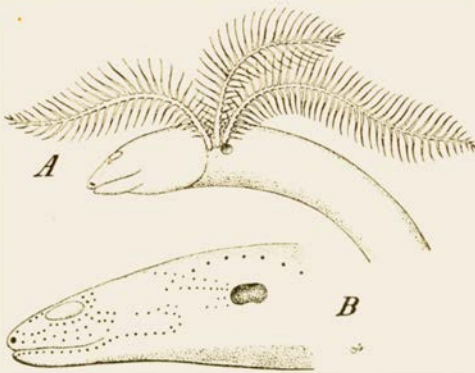


Fig. 532. *Ichthyophis glutinosus* (nach Sarasin). A Embryo, mit jederseits drei Kiemenbüscheln und einer Kiemenspalte. B frisch ausgeschlüpfte Larve mit Sinnesorganen der Seitenlinie und persistierendem Kiemenloch.

Bombinator igneus Laur., Unke; *Alytes obstetricans* Laur., wegen der Brutpflege des Männchens Geburtshelferkröte benannt. — 3. *Bufo*iden, Kröten mit zahlosem Oberkiefer, ohne Sprungvermögen; reichliche Hautdrüsen, besonders vor dem Ohr zu einem Paket vereint, liefern ein giftiges, die Schleimhäute (der Augen!) reizendes Sekret. *Bufo vulgaris* Laur., *B. viridis* Laur., *B. calamita* Laur. — 4. *Hyliden (Discodactylen)*. Zehen enden mit kleinen Haftscheiben, welche es den Tieren ermöglichen, an senkrechten Wänden emporzuklettern. Eine einheimische Form ist der durch besonders schönen Farbenwechsel ausgezeichnete Laubfrosch *Hyla arborea* L. (Die Familien zwei bis vier werden wegen ihres Schultergürtels als *Arcifera* zusammengefaßt.)

III. Ordnung. Gymnophionen, Blindwühlen.

Die ausschließlich tropischen Blindwühlen bohren sich Gänge in feuchter Erde, um auf kleinere wirbellose Tiere Jagd zu machen. Infolge dieser unterirdischen Lebensweise sind die Augen klein und unter der Haut verborgen, die Extremitäten gänzlich rückgebildet, der Körper wurmförmig gestreckt, die rechten Lungen auf Kosten der linken entwickelt, was alles den Tieren Ähnlichkeit mit Schlangen gibt. In der Haut sind meist kleine Knochenschuppen eingelagert; Trommelfell und Trommelhöhle fehlen. Die Wirbelkörper sind amphicöl. In der Jugend ist ein später schwindendes Kiemenloch vorhanden; innerhalb der Eischalen haben manche Arten drei wundervolle Kiemenbüschel (Fig. 532), ein Beweis der Zugehörigkeit zu den Amphibien. *Ichthyophis glutinosus* L., Ceylon, *Cocilia gracilis* Shaw, Amerika.

II. Unterstamm.

Amnioten.

Wirbeltiere, welche im Embryonalleben ein Amnion und eine Allantois haben, deren embryonales Nierensystem (Urniere, Urnierengang, Müllerscher Gang) in seiner Funktion durch die bleibende Niere abgelöst wird und dann nur so weit, als es zur Ausleitung der Geschlechtsprodukte dient, erhalten bleibt, bei denen zwar Kiemenspalten als vorübergehende Bildungen zur Entwicklung kommen, Kiemen und Kiemenatmung dagegen gar nicht mehr auftreten.

V. Klasse.

Reptilien oder Kriechtiere.

Die Reptilien wurden wegen der großen Ähnlichkeit der Körpergestalt lange Zeit systematisch mit den *Amphibien* vereinigt, zu denen sie in der Tat ihrer Erscheinungsweise nach eine vollkommene Parallellgruppe bilden. Der schlanke Habitus der *Salamandrinen* wiederholt sich unter den Reptilien bei den *Eidechsen*, die gedrungene Körperform der *Batrachier* bei den *Schildkröten* und manchen *Erdagamen*, die Wurmähnlichkeit der *Cöcilien* bei *Blindschleichen*, *Ringelechsen* und *Schlangen*. Um so mehr müssen die unterscheidenden Merkmale betont werden, bei deren Besprechung wir zwei Gesichtspunkte im Auge behalten müssen: 1. daß die Reptilien zu den Amnioten gehören und daher im Embryonalleben die Merkmale derselben (Urniere, Allantois und Amnion) besitzen, 2. daß sie, wenn auch viele von ihnen im Wasser leben, in ihrem gesamten Bau, im gänzlichen Mangel der Kiemenatmung, in der Beschaffenheit der Haut und des Skeletts sich wie echte Landtiere verhalten.

Die Haut der Reptilien ist, um der Trockenheit der Luft besser Widerstand zu leisten, stark verhornt, so daß man an der Epidermis ein vielschichtiges Stratum Malpighi und ein vielschichtiges Stratum corneum unterscheiden kann. Das Stratum corneum ist an den Zehenspitzen zu kräftigen Krallen entwickelt, Hornscheiden der Zehenenden, deren dorsale Seite (Krallenplatte) stärker entwickelt ist als die ventrale (Krallensohle). Ein weiterer Schutz erwächst den Tieren durch die Dicke, vielfach zu

Leder gerbbare Cutis, in welcher gar nicht selten Knochenplatten eingelagert sind. Typische Hautdrüsen fehlen; doch finden sich drüsenartige Einsenkungen der Haut, welche verhornte Epithelmassen produzieren (Schenkel- und Analporen der *Saurier*, Rücken-, Anal- und Moschusdrüsen der *Crocodile*) (Fig. 536 b). — Das Achsenskelett, Schädel wie Wirbelsäule, besteht fast ganz aus Knochen; nur ausnahmsweise erhält sich — bei den *Hatterien* und den mit amphicölen Wirbeln ausgerüsteten *Ascaloboten* — die Chorda in ansehnlichen Resten. Meist sind die Wirbel procöl.

Was das Kopfskelett anlangt, so zeigen die *Reptilien* (wie die ihnen sehr nahestehenden *Vögel*) viele Merkmale, welche sie mit den *Amphibien* teilen, durch die sie sich dagegen von *Säugetieren* unterscheiden. Besonders gilt das vom Visceralskelett. Wie bei *Amphibien* befestigt sich das hintere Ende des Palatoquadratum, resp. da eine knorpelige Palatinstange nicht mehr angelegt wird, der Quadratknorpel an die Gehörkapsel; derselbe verknöchert zum Quadratbein, dessen Gelenkfläche den aus vielen Knochen bestehenden Unterkiefer trägt. Auf der Basis des Quadratum, bei Schlangen sogar zwischen dasselbe und den Schädel eingeschoben, liegt das Squamosum. Auf seiner Hinterseite endet die in der Fenestra ovalis eingefügte Columella, das zu einem Gehörknöchelchen umgewandelte Hyomandibulare. Vom Quadratum aus nach vorn erstreckt sich die bei *Schlangen* und *Eidechsen* bezahnte Palatinreihe, Pterygoid, Palatinum und Vomer. Vor der Palatinreihe wiederum, im allgemeinen parallel zu ihr, liegt die Kieferreihe, Maxillare und Prämaxillare.

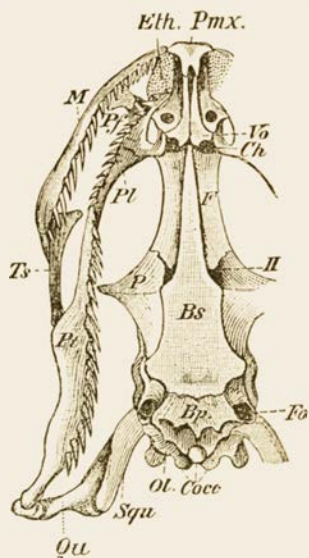


Fig. 533. Schädel der Natter von unten (aus Wiedersheim). Cranium: *Eth* Ethmoidalknorpel, *F* und *P* die von der Schädeldecke abwärts gewucherten Frontalia und Parietalia, *Pf* Praefrontale, *Bs* Basisphenoid (im vorderen Abschnitt auch Parasphenoid), *Bp* Basisoccipitale, *Ol* Exoccipitale, *Cocc* Condylus occipitalis, *II* Opticusloch, *Fo* Fenestra ovalis; Visceralskelett: *Pmx* Praemaxillare, *M* Maxillare, *Ts* Transversum, *Vo* Vomer, *Pl* Palatinum, *Pt* Pterygoid, *Qu* Quadratum, *Squ* Squamosum, *Ch* Choane.

Reste der Kiemenbögen sind in den Larynxknorpeln gegeben.

An der Schädelkapsel selbst ist die hintere, vollkommen verknöcherte Region besonders beachtenswert. Außer den Exoccipitalia sind Basi- und Supraoccipitalia vorhanden. Indem das Basisoccipitale sich zwischen die Exoccipitalia mit einem ansehnlichen, den Hauptteil des Hinterhauptgelenks bildenden Fortsatz einschiebt, entsteht als ein äußerst

wichtiges Merkmal für die Unterscheidung von *Reptilien* und *Amphibien* der unpaare Condylus occipitalis. Vor dem Basioccipitale liegt das Basisphenoid, mit welchem das rudimentäre nach vorn in einen schnabelartigen Fortsatz (Rostrum) ausgezogene Parasphenoid verschmolzen ist. Nur bei einer Schildkröte findet sich noch ein gut entwickeltes Parasphenoid. Im dorsalen Abschnitte überwiegen die Belegknochen, Parietalia (häufig untereinander verschmolzen und zur Aufnahme des Scheitelauges vom Foramen parietale durchbohrt), Frontalia, Nasalia, dazu Post- und Präfrontalia, Postorbitalia, meist auch Lacrymalia.

Die Ethmoidalgegend bleibt fast ganz knorpelig; Ali- und Orbitosphenoida sind selten ansehnlich, außerdem in den einzelnen Ordnungen variabel. In der Gehörregion ist nur das Prooticum (Petrosum) konstant; Epioticum und Opisthoticum (Paroccipitale) verschmelzen gewöhnlich mit den Occipitalia. Nur bei den Schildkröten ist das Opisthoticum ein auffallend großer und selbständiger Knochen. — Der Jochbogen der *Reptilien* (bei *Schlangen* vollkommen rückgebildet) zeigt sehr verwickelte und verschiedenartige Zustände; er ist aus der ausgedehnten Hautpanzerung hervorgegangen, wie sie bei primitiven fossilen *Amphibien* (*Stegocephalen*) und *Reptilien* (*Cotylosauriern*) bestand. Die große Zahl der Knochen erschwert ihre morphologische Deutung und erklärt die Unstimmigkeiten, die in der Literatur bei ihrer Benennung vorliegen. Indem sich in der Panzerung zwei Durchbrechungen entwickelten, kam es zur Bildung von Knochenbrücken, die man als oberen und unteren Jochbogen bezeichnet; der untere vom Jugale eventuell auch Quadratojugale gebildet entspricht dem Jochbogen der Säugetiere und stellt eine direkte Verbindung vom Maxillare zum Quadratum, resp. Squamosum dar; der obere besteht aus einem zum Schädeldach aufsteigenden Fortsatz des Jugale, dem von rückwärts ein Fortsatz des Squamosum entgegenkommt. Zwischen beide ist das Postfrontale oder Postorbitale eingefügt. Bei den Eidechsen findet sich nur der obere Bogen, bei den *Crocodilen* und vor allem bei *Hatteria* sind beide vorhanden. Über den Jochbogen der *Chelonier* sind die Ansichten sehr geteilt.

Wie alle höheren landbewohnenden Wirbeltiere, besitzen die *Reptilien* eine freie Beweglichkeit des Kopfes, welche einerseits durch die schärfere Abgliederung einer Halsregion, andererseits durch eine doppelte Gelenkbildung ermöglicht wird. Der unpaare konvexe Condylus occipitalis bildet mit einer konkaven Gelenkfläche des ersten Halswirbels ein Gelenk für die Nickbewegungen des Kopfes. Die Drehbewegungen dagegen (die Drehungen um die Längsachse) werden durch eine Verschiebung der beiden ersten Halswirbel gegeneinander bewirkt, wobei dieselben zum Atlas und Epistropheus werden. Der erste Halswirbel, der Atlas, ist ein ziemlich gleichmäßig dicker Knochenring. Der Körper des Wirbels, welcher in dem Ring eine Anschwellung bilden sollte, ist selbständig geworden und beginnt bei den Reptilien mit dem Körper des zweiten Halswirbels, des Epistropheus, zu verwachsen; er bildet den Zahnfortsatz desselben, um welchen sich der Atlasring samt dem auf ihm ruhenden Schädel bei den Drehungen des Kopfes bewegt. — Auch sonst wird die Wirbelsäule reicher gegliedert. Da in der Regel zwei Sacralwirbel — bei manchen fossilen Formen (*Dinosauriern*) sogar drei und mehr — mit dem Beckengürtel verbunden sind, werden Lenden-, Kreuzbein- und Schwanzwirbel noch schärfer als bei den Amphibien geschieden. Ferner kommt es zur Sonderung von Hals- und Brustwirbeln, weil nur die langen Rippen der

Brustwirbel, dagegen nicht die kurzen Halsrippen sich mit dem Sternum verbinden (Fig. 484 C). Da die reichere Gliederung der Wirbelsäule durch die Verbindung mit den Extremitäten veranlaßt wird, schwindet sie, wenn die Extremitäten bei *Schlangen*, *Blindschleichen* und *Ringel-echsen* rückgebildet werden.

Wenn Extremitäten vorhanden sind, schwankt die Zahl der Zehen zwischen drei bis fünf (meist vier oder fünf). Am Beckengürtel sind Scham- und Sitzbeine durch das Foramen obturatum geschieden und mit den entsprechenden Knochen der anderen Seite in einer doppelten Symphyse verbunden. Am Schultergürtel sind nur Scapula und Coracoid konstant; eine Clavicula findet sich bei Schildkröten und Sauriern, bei letzteren auch ein Episternum (Fig. 484 C). Von besonderem Interesse ist an der hinteren Extremität die Verlegung des Sprunggelenks mitten in den Tarsus hinein, so daß beim Beugen des Fußes die Tarsalien der ersten Reihe mit Tibia und Fibula, die der zweiten Reihe mit den Metatarsen fest verbunden bleiben (Intertarsalgelenk, Fig. 548 C).

Respi-
rations-
organe.

Da bei keinem Reptil auch nur vorübergehend Kiemen vorhanden sind, werden die embryonal sich anlegenden Kiemen-
spalten noch vor dem Verlassen der Eihüllen rückgebildet. Auch die Hautatmung spielt nicht mehr die wichtige Rolle wie bei den Amphibien, und so werden die Lungen die Träger der Atmung, wie sie es bei Vögeln und Säugetieren sind. Man kann daher bei *Reptilien* eine allmählich fortschreitende Vervollkommnung der Atmungsorgane verfolgen. Zum Larynx gesellt sich stets eine von Knorpeln gestützte Trachea, die sich entweder direkt in die zwei Lungensäcke öffnet, oder sich zuvor in zwei Bronchien gabelt. Die Lunge selbst ist bei primitiven Formen nur in ihren peripheren Teilen gefächert; bei den höheren Reptilien wird aber auch der einheitliche Binnenraum abgeteilt, indem Scheidewände von der Peripherie bis an den „intrapulmonalen Bronchus“ herantreten (Fig. 497) und ihrerseits wieder mit sekundären und tertiären Scheidewänden (richtiger gesagt Aussackungen) versehen sind. Die ausschließliche Lungenatmung führt zu wichtigen Fortschritten in der Teilung des Herzens in eine linke arterielle und eine rechte venöse Hälfte und in der
Sonderung der Gefäße in Körper- und Lungengefäße (534). Die beiden Vorkammern (a^1 , a^2) lassen schon durch die tiefe Einschnürung der Oberfläche ihre vollkommene Trennung erkennen; in der Kammer (v^1 , v^2) bildet sich ebenfalls eine Scheidewand aus; dieselbe ist aber bei *Schildkröten*, *Eidechsen* und *Schlangen* sehr unvollständig; selbst bei *Crocodilen*, bei denen die Trennung innerlich vollkommen durchgeführt ist, sieht die Kammer äußerlich wie ein einheitlicher Abschnitt aus. Auch kommt es bei den *Crocodilen* noch zu einer Mischung von arteriellem und venösem Blut, indem zwischen den großen von den beiden Kammern aufsteigenden Aortenbögen eine Kommunikation, das Foramen Panizzae, bestehen bleibt. Eine weitere Mischung der Blutsorten wird durch die Art und Weise, in welcher sich die Arterienbögen auf die Herzkammer verteilen, herbeigeführt. Der bei *Fischen* und *Amphibien* noch einheitliche aufsteigende Arterienstamm ist durch innere Scheidewände in drei Gefäße zerlegt. Eines derselben entspringt aus dem rechten Kammerabschnitt, führt somit venöses Blut und übernimmt den letzten, die Lungengefäße abgebenden Arterienbogen; es ist die A. pulmonalis (p). Ein zweites Gefäß entspringt aus dem linken Herzen, ist daher rein

Blutgefäß-
system.

arteriell und übernimmt den größten Teil der übrigen Arterienbögen, den Teil, der zu den Carotiden (*c*) (I. Bogen) und zum rechten Aortenbogen (*ad*) (rechte Seite der II. Bogens) wird. Das dritte Gefäß ist der linke Aortenbogen (*as*) (linke Seite des II. Bogens), der sich mit dem korrespondierenden rechten zu der Aorta descendens verbindet. Dieser linke Aortenbogen entspringt merkwürdigerweise aus dem rechten Herzen und

Fig. 534.

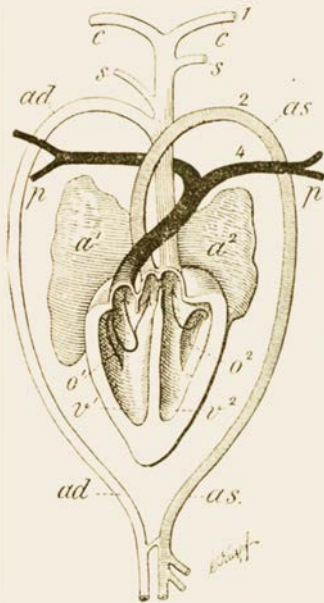


Fig. 534. Herz eines *Crocodils* mit abgehenden Arterien, schematisiert; *a*¹ rechte, *a*² linke Vor-kammer, *v*¹ rechte, *v*² linke Kammer, *o*¹ rechtes, *o*² linkes Ostium atrioventriculare. Die aufsteigende Arterie ist in drei Äste gespalten, von denen zwei, Arteria pulmonalis *p* und linker Aortenbogen *as*, aus der rechten, einer aus der linken Kammer entspringt. Letzterer Stamm hängt mit dem linken Aortenbogen durch das Foramen Panizzae zusammen und gibt ab: *ad* den rechten arteriellen Aortenbogen, *s* die Subclaviens, *c* die Carotiden; 1, 2, 4 die Zahlen der mit den Amphibien vergleichbaren Arterienbögen; die Pfeile geben die Richtungen des arteriellen und venösen Blutstromes an.

Fig. 535.

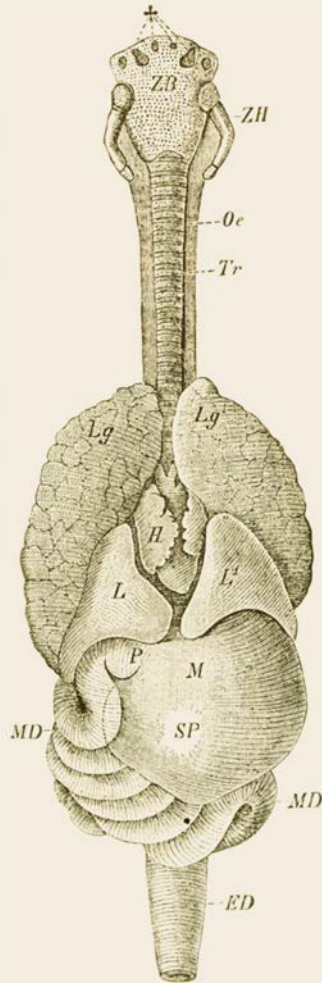


Fig. 535. Eingeweide eines *Alligators*. *ZB* Zungenbeinkörper (bei † perforiert), *ZH* Zungenbeinhörner, *Oc* Ösophagus, *Tr* Trachea, *Lg*, *Lg*¹ Lungen, *H* Herz, *L*, *L*¹ Leber, *M* Magen, *Sp* sehnige Stelle desselben, *P* Pylorus, *Md*, *Ed* Mittel- und Enddarm (aus Wiedersheim).

enthält daher venöses Blut; er versorgt hauptsächlich die Eingeweide. Zwischen ihm und dem rechten Aortenbogen findet sich bei *Crocodilen* das genannte Foramen Panizzae. Der venöse Charakter des linken Aortenbogens und die Unvollständigkeit der Kammerscheidewand (resp. die Anwesenheit des Foramen Panizzae) verhindern, daß bei den Reptilien eine

völlige Scheidung eines Lungen- und Körperkreislaufs erzielt wird. Bei manchen *Schildkröten* kommt dazu noch ein drittes Moment: daß die Pulmonalarterien, wie bei *Urodelen* (Fig. 498 II d B, 530), durch linke und rechte Verbindungen (Ductus Botalli) mit den Aortenbögen zusammenhängen.

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

Zu den durch den Landaufenthalt bedingten Unterschieden der *Reptilien* von den *Amphibien* gesellen sich Merkmale höherer Organisation. Das Hirn zeigt zwei Fortschritte: das Kleinhirn wird — besonders bei *Schildkröten* und *Crocodilen* — wieder ansehnlicher; das Großhirn umwächst nach rückwärts und abwärts das Zwischenhirn und bildet den Schläfenlappen der Großhirnhemisphären. Wohlentwickelt wie bei keinem anderen Wirbeltier ist das Parietalorgan, welches bei manchen *Sauriern* als ein unpaares, dorsales Auge unter der Haut im Foramen parietale lagert. Die paarigen Augen besitzen Augenlider (meist ein oberes und ein unteres, sowie eine Nickhaut), häufig (*Chelonier*, *Saurier*) einen Ring von Knochenplättchen in der Sclera. Das Gehörorgan gleicht im allgemeinen dem der *Amphibien*. Von schalleitenden Apparaten findet sich die Columella und das die Trommelhöhle nach außen abschließende, bei *Hatteria* und den *Chamaeleons* fehlende Trommelfell. Neu ist eine durch ein kleines Trommelfell (Membrana tympani secundaria) geschlossene Durchbrechung des Petrosium, die Fenestra rotunda, welche Cavum tympani und Labyrinth in engeren Zusammenhang bringt. Bemerkenswert ist, daß den fußlosen, offenbar auf die Schalleitung des Bodens angewiesenen *Schlangen* und *Amphisbaenen* die Trommelhöhle fehlt.

Urogenital-
system.

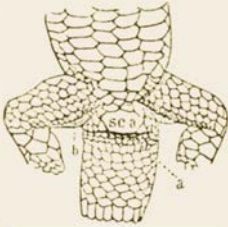


Fig. 536. Hinteres Rumpfende mit hinteren Extremitäten und Schwanzbasis einer Eidechse (aus Leunis-Ludwig). a Kloakenspalte, b Schenkelporen, sca Analschild.

Im Nierensystem finden wir die bei Vögeln und Säugetieren herrschenden Verhältnisse. Im Embryo funktioniert zunächst nur die Urniere (Wolffscher Körper) mit dem Urnierengang; caudalwärts von ihr entsteht erst später die bleibende Niere mit dem Ureter, während der embryonale Nierenapparat zugrunde geht mit Ausnahme der Teile, welche vermöge ihrer Beziehung zum Hoden beim Männchen erhalten bleiben und zum Nebenhoden und Vas deferens werden. Beim Weibchen wird der Müllersche Gang, welcher beim Männchen auch angelegt, aber rückgebildet wird, zum Eileiter. Meist münden die Urogenitalkanäle in die Rückwand des Darmes (Kloake), selten in eine Verlängerung der Harnblase, den Sinus urogenitalis (*Chelonier*). Die Harnblase fehlt bei *Schlangen* und *Crocodilen*.

Ent-
wicklung.

Die meisten Reptilien legen Eier; nur unter den *Lepidosauriern* gibt es Formen, welche normalerweise, wie z. B. die *Kreuzottern*, viele *Riesenschlangen*, die *Blindschleichen* und einige *Eidechsen*, lebendig gebären. Die Eier sind den Vogeleiern ähnlich, indem die großen dotterreichen Eizellen von einer Eiweißschicht und nach außen davon von einer fibrösen, häufig verkalkenden Schale umhüllt werden. Zum Öffnen der Schalen besitzen die Embryonen einen Eizahn, welcher bei *Lepidosauriern* aus Dentin, sonst wie bei den Vögeln aus Horn besteht. Auch darin herrscht Übereinstimmung, daß die Eier, bevor sie abgesetzt werden, schon im Innern der mütterlichen Ausführgänge befruchtet werden und die Entwicklung beginnen. Um die innere Befruchtung zu ermöglichen, finden sich mit Ausnahme von *Hatteria* Begattungsorgane, welche

systematisch von Interesse sind, da sie bei *Schlangen* und *Sauriern* einerseits einen wesentlich anderen Bau haben als bei *Schildkröten* und *Crocodilen* andererseits. Bei ersteren (Fig. 536) mündet die Kloake mit einer queren Spalte — daher der Name *Plagiotremen*. Hinter ihr liegen zwei Begattungsorgane, Schläuche, die gewöhnlich in eine Tasche zurückgezogen sind, bei der Begattung aber wie Handschuhfinger umgestülpt werden und auf der so zutage tretenden Oberfläche bei Schlangen Hornstacheln tragen. Bei *Crocodilen* und *Schildkröten* ist dagegen die Kloake eine Längsspalte, in deren vorderer Wand ein unpaarer, erectiler Höcker liegt.

I. Ordnung. Lepidosaurier, Plagiotremen.

Zu den Merkmalen, welche zu den Namen *Plagiotremen* und *Streptostylie* Veranlassung gegeben haben, gesellt sich als ein weiterer Charakter der *Lepidosaurier* (*Squamaten* oder Schuppenechsen) die Bedeckung der Haut mit Hornschuppen und Schildern (S. 483). Die bindegewebige Lederhaut bildet abgeplattete Papillen, welche sich insofern an die Fischschuppen anschließen lassen, als sie bei manchen Arten (*Anguis*, *Pseudopus*) noch Knochenplatten enthalten. Durch sie wird die Beschaffenheit der Oberhaut bestimmt. Indem die Hornschicht auf der Höhe der Papillen besonders dick ist und an den Grenzen derselben sich verdünnt, entstehen rhombische und ovale Hornblätter, die entweder parkettartig nebeneinander liegen: Schilder, oder sich dachziegelförmig von vorn nach hinten decken: Schuppen. Die Regel ist, daß der Kopf mit regelmäßig angeordneten und daher auch besonders benannten Schildern bedeckt ist, der Rumpf dagegen mit Schuppen, die in Quer-, Schräg- und Längsreihen stehen. Die gesamte Hornschicht der Lepidosaurier ist nach außen durch eine Lage fest aneinander schließender verhornter Zellen zusammengehalten, die Pseudocuticula, welche, obwohl sie nicht ein Ausscheidungsprodukt von Epithelzellen ist, sondern aus fest vereinigten Zellen besteht, vielfach Cuticula genannt wird. Sie ist nach außen von einer echten, aber sehr unscheinbaren Cuticula überzogen. Da nun alle verhornten Zellen abgestorben sind und einer periodischen Erneuerung bedürfen, wird die Hornschicht bei den *Schlangen* und vielen *Sauriern* im Zusammenhang (Natternheind) alljährlich abgeworfen und durch eine neue ersetzt. Während der Dauer dieser periodischen Häutungen, welche trotz ihres verschiedenen histologischen Charakters denen der *Arthropoden* sehr ähnlich sind, kränkeln die Tiere und sterben namentlich in der Gefangenschaft leicht ab.

Die Zähne der *Lepidosaurier* sind im allgemeinen klein und in großer Anzahl vorhanden; sie können sich auf den verschiedensten Knochen der Mundhöhle entwickeln, dem Dentale des Unterkiefers, den Knochen der Kiefer- und der Gaumenreihe; sie sind dem Knochen fest aufgewachsen und sitzen entweder auf seiner Kante (acrodont) oder sind ihm seitlich angefügt (pleurodont). — Bemerkenswert ist noch die weitverbreitete Neigung der Tiere, die Extremitäten rückzubilden und wurmförmige Gestalt anzunehmen; sie findet sich bei den verschiedensten kleineren Gruppen (*Blindschleichen*, *Ringelchsen*, den *Scinken*); vor allem hat sie zu der artenreichen Unterordnung der Schlangen geführt.

I. Unterordnung. Prosaurier, Rhyngocephalen.

Die *Rhyngocephalen* gleichen den Eidechsen nicht nur in ihrer gesamten Körperform (vier fünfzehige Extremitäten), sondern auch in

wichtigen anatomischen Merkmalen: Bau des Schultergürtels, Anordnung der Palatinreihe (kein harter Gaumen), Anwesenheit des Epipterygoids (Pseudocolumella), quere Kloakenspalte, Bau der Lunge. Zugleich leiten sie aber auch zu den *Crocodyliern* und *Cheloniern* über, indem das Quadratum am Schädel fest verwachsen ist. Auch besitzen sie sowohl den oberen Jochbogen der *Saurier* als auch den unteren Jochbogen der *Crocodylier*. Merkwürdig ist das mächtige Bauchsternum mit Bauchrippen, die Processus uncinati der echten Rippen und das gänzliche Fehlen von Begattungsorganen. Die Chorda ist sehr unvollkommen verdrängt, die Wirbel daher amphicöl. Da die *Rhynchocephalen* schon in den paläozoischen Formationen (*Protosaurier* und *Mesosaurier* im Perm) auftreten und somit zu den ältesten Reptilien gehören, betrachtet man sie als nahe Verwandte der Stammformen, aus denen sowohl die Eidechsen als auch die Krokodile, vielleicht auch die Schildkröten hervorgegangen sind. Der einzige lebende Vertreter, *Sphenodon* (*Hatteria*) *punctatus* Gray, lebt auf kleinen Inseln bei Neu-Seeland.

II. Unterordnung. Saurier, Echsen.

Die Saurier oder eidechsenartigen Reptilien unterscheidet man von den *Schlangen* meist an den vier gut entwickelten Extremitäten; allein es gibt einige Formen, welche, obwohl unzweifelhafte Saurier, wie die

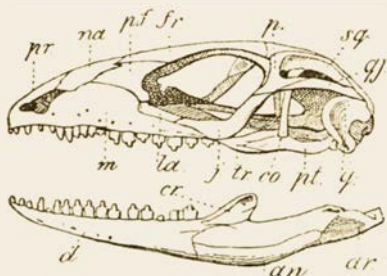


Fig. 537. Schädel von *Ameiva vulgaris* (nach Leunis-Ludwig). *pr* Praemayillare, *na* Nasale, *pf* Praefrontale, *fr* Frontale, *p* Postorbitale (darüber und darunter das Parietale), *sq* Squamosum, *qj* Quadratojugale (meist als Squamosum oder Supratemporale gedeutet), *q* Quadratum, *pt* Pterygoid, *co* Columella (Epipterygoid), *tr* Transversum, *j* Jugale, *la* Lacrymale, *m* Maxillare, *ar* Articulare, *an* Angulare, *d* Dentale, *cr* Coronoideum.

Blindschleichen und Ringelechsen, vollkommen extremitätenlos und daher schlangenähnlich sind. Zum Erkennen dieser rückgebildeten Saurier kann dann dienen, daß Reste des Extremitätengürtels, das Schulterblatt und das an der Wirbelsäule festsitzende Darmbein, vor allem aber das bei Schlangen nie vorhandene Sternum, erhalten sind. — Im Schädel treffen wir einen eigentümlichen, vom Quadratum abgegliederten Knochen, der bei *Schlangen* (freilich auch bei *Amphisbänen* und *Chamäleons*) fehlt (Fig. 537 *co*). Er steigt senkrecht vom Pterygoid zum Parietale des Schädeldaches auf und hieß früher wegen seiner schlanken Gestalt „Columella“; er wird besser Epipterygoid genannt, da jener Name in der Reptilienanatomie schon für das gleichfalls schlanke Hyomandibulare vergeben ist.

Das Epipterygoid entspricht einem Fortsatz des Quadratum, der auch bei anderen Reptilien vorkommt. — Die Knochen der Kieferreihe sind fest untereinander verbunden, so daß die von ihnen umschlossene Mundspalte keiner besonderen Erweiterung fähig ist; sie werden durch einen oberen Jochbogen (vgl. S. 569) an das Quadratbein angeschlossen. In der äußeren Erscheinung der Saurier ist bemerkenswert die Anwesenheit von Augenlidern, besonders der Nickhaut, und das Vorkommen des Trommelfells, welches die durch die Ohrtrompete in den Pharynx mündende Trommelhöhle nach außen abschließt. Nur die *Amphisbänen* machen eine Ausnahme, indem Augenlider, Trommelhöhle

und Trommelfell fehlen; letzteres fehlt auch den *Chamäleons*; Verwachsung der Augenlider zu einer durchsichtigen Membran nach Art der Schlangen findet sich bei den *Ascalaboten*.

I. *Ascalaboten*. Eidechsen mit breiter, vorstreckbarer Zunge unvollkommen verknöchertem Skelett, mit persistenter Chorda und amphicölen Wirbeln; die Haut mehr gekörnelt als beschuppt. Die meisten Arten haben an den Enden der Zehen raue Haftlappen, welche es ihnen ermöglichen, an senkrechten Wänden oder sogar an der Unterseite von Zimmerdecken zu laufen. *Tarentola mauritanica* L., Gecko.

II. *Crassilinguien*. Zwei im Bau des Skeletts und der Lungen übereinstimmende Familien, *Iguaniden* und *Agamiden*, haben ein weiteres gemeinsames Merkmal in der dicken fleischigen, aus dem Munde gar nicht oder kaum vorstreckbaren Zunge. Die *Iguaniden* oder *Leguane*, auf Amerika beschränkt, oft mit abenteuerlichen Rückenkämmen und Halssäcken ausgerüstet, sind pleurodont, d. h. ihre Zähne sind auf der inneren Seite des Kiefers festgewachsen. *Basiliscus americanus* Laur. Die altweltlichen und australischen *Agamiden* sind acrodont, d. h. ihre Zähne sitzen auf der Kieferkante: *Draco volans* L., ein kleiner Saurier mit seitlichen, von Rippen gestützten Hautfalten, welche durch Spreizen der Rippen zu einem Fallschirm ausgebreitet werden können.

III. *Fissilinguien*. Die dünne und lange, am freien Ende in zwei Zipfel gespaltene Zunge kann weit aus dem Munde hervorgestreckt und bei *Varanus* in eine besondere Scheide zurückgezogen werden. — Amerikanisch sind die *Tejiden* (*Ameividen*); *Ameiva surinamensis* Laur.; Bewohner der Alten Welt sind die *Lacertiden*, Eidechsen: die in Deutschland einheimische *Lacerta agilis* L. und die lebendig gebärende *L. vivipara* Jacq., am Südrand der Alpen, seltener nördlich derselben die viel größere smaragdgrüne *L. viridis* Laur. Die ebenfalls der Alten Welt angehörenden größten lebenden Saurier, die *Varaniden*, unterscheiden sich im Bau ihres Skeletts wesentlich von den übrigen *Fissilinguien*. *Varanus niloticus* Laur., welcher den Krokodileiern nachstellen soll. Durch Anwesenheit von Knochenschuppen, zum Teil auch durch Verkrümmung der Extremitäten zeichnen sich die *Scinciden* aus: *Scincus officinalis* Laur.

IV. *Brevilinguien*. Die kurze Zunge ist am Ende eingekerbt, das Innere der Hornschuppen von Knochenschuppen gestützt. Es besteht eine Neigung zur Rückbildung der Extremitäten. *Anguinen*: *Anguis fragilis* L., die schlangenähnliche, extremitätenlose, lebendig gebärende *Blindschleiche*, *Ophisaurus apus* P. (*Pseudopus Pallasii* Cuv.), Scheltopusik mit rudimentären Beinen.

V. *Annulaten*. Die *Ringelechsen* oder *Amphisbäniden* sind sowohl in Gestalt als auch in manchen anatomischen Merkmalen schlangenähnlich, Epipterygoid und Extremitäten fehlen, wenn auch das Becken, bei *Chirotos* sogar Sternum und kleine Vorderbeine erhalten bleiben. Trommelfell und bewegliche Augenlider fehlen. Die rechte Lunge ist rückgebildet, die linke langgestreckt. Die Augen sind rudimentär, da die Tiere, in der Erde vergraben, meist in Ameisenhaufen leben. Ein sehr charakteristisches Merkmal ist die durch Quer- und Längsfurchen in viereckige Tafeln abgeteilte Haut. *Blanus cinereus* Vand., Südeuropa; *Amphisbaena fuliginosa* L., Südamerika.

VI. *Vermilinguien* (*Rhoptoglossen*). Die *Chamäleontiden*, die einzige Familie der Gruppe, haben eine lange, fleischige Zunge, welche am Boden der Mundhöhle zusammengerollt liegt, zeitweilig aber hervorgeschleudert

wird, um mit dem äußersten, verbreiterten, schleimbedeckten Ende Insekten zu fangen. Weitere Merkmale sind die irisartig funktionierenden, ringförmigen Augenlider, die Kletterfüße, an denen die drei Mittelzehen verwachsen sind, die zwei Außenzehen nach rückwärts gedreht werden können, der lange Kletterschwanz, der Mangel des Epipterygoids, der Clavicula, des Episternum und des Trommelfelles. Am bekanntesten sind die Chamäleons wegen des lebhaften Spieles ihrer Chromatophoren, deren wechselnde Kontraktionszustände den sprichwörtlich gewordenen Farbenwechsel verursachen. *Chamaeleon vulgaris* Daud. in Spanien und Nordafrika.

Den Eidechsen stehen ferner sehr nahe die riesigen *Pythonomorphen* der Kreide, langgestreckte Meeresreptilien mit kräftigem Ruderschwanz und flossenartigen vorderen und hinteren Extremitäten.

III. Unterordnung. Ophidier, Schlangen.

Die Schlangen unterscheiden sich von den meisten *Sauriern* durch den Mangel der Extremitäten und die damit zusammenhängende gleichförmige Beschaffenheit der langgestreckten Wirbelsäule, in welcher man nur noch Rumpf- und Schwanzwirbel auseinander halten kann. Den Schwanzwirbeln und dem Atlas fehlen die Rippen; alle übrigen Wirbel tragen lange, äußerst bewegliche Rippen, welche zur Fortbewegung dienen,

indem sie den Körper auf ihren distalen, durch ein Ligament verbundenen

Enden balancieren. Da es nun *Saurier* ohne Gliedmaßen gibt, so ist weiter zu beachten, daß bei den Schlangen auch die Extremitätengürtel: Scapula,

Ilium und namentlich das Sternum, verloren gegangen sind; nur die Riesenschlangen haben noch

Reste der hinteren mit einer Klaue endenden Extremität und des Beckens, welches aber die Wirbelsäule nicht mehr erreicht.

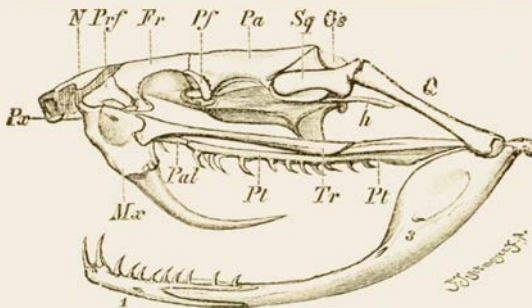


Fig. 538. Schädel einer Grubenotter (aus Boas). *Px* Praemaxillare, *N* Nasale, *Prf* Praefrontale, *Fr* Frontale, *Pf* Postfrontale, *Pa* Parietale, *Sq* Squamosum, *Os* Occipitale superius, *Q* Quadratum, *h* Hyomandibulare (Dolumella), *Pt* Pterygoid, *Tr* Transversum, *Pal* Palatinum, *Mx* Maxillare, *i* Dentale, *s* Articulare.

Fußlose *Saurier* und echte *Schlangen* unterscheiden sich ferner dadurch voneinander, daß die Bauchseite der *Saurier* mit Schuppen, die der *Ophidier* mit queren Schienen bedeckt ist. Schließlich diene zur Unterscheidung die Beschaffenheit der Sinnesorgane und der Kiefer. Von den Hilfsapparaten des Gehörs ist die Columella zwar vorhanden, dagegen fehlen Trommelfell, Paukenhöhle und Ohrtrompete. Auch die Augenlider scheinen bei flüchtiger Untersuchung zu fehlen; eine genauere Untersuchung lehrt jedoch, daß sie vor der Cornea, von ihr durch den Tränensack getrennt, zu einer uhrglasartigen, durchsichtigen Membran (vordere Cornea) verwachsen sind. — Der Kieferapparat (Fig. 533, 538) zeichnet sich durch seine enorme Dehnbarkeit aus, welche es den Schlangen gestattet, ganze Tiere, die einen größeren Durchmesser haben als sie selbst, zu verschlucken, nachdem sie dieselben — *Riesenschlangen* z. B. Tiere von der Größe eines kleinen Schweins — umringelt und zermalmt haben.

Die Dehnbarkeit hat zum Teil ihre Ursache darin, daß die Unterkiefer in der Symphyse nur durch ein elastisches Band verbunden und daß die Kiefer- und Gaumenknochen (mit Ausnahme des kleinen Zwischenkiefers) am Schädel beweglich angebracht sind. Ferner sind fast alle in Betracht kommenden Knochen, die Squamosa (*Sq*), Quadrata (*Q*) und Transversa (*Tr*), langgestreckt und schlank. Ganz besonders aber wird die freie Beweglichkeit des Kieferapparates gewährleistet für den Oberkiefer durch den gänzlichen Mangel des Jochbogens, für den Unterkiefer dadurch, daß sein Gelenk vom Schädel weit entfernt liegt, da sein Träger, das Quadratum, langgestreckt ist und durch das Squamosum vom Schädel abgedrängt wird. Um den Bissen durch die Mundspalte in den Schlund und in die Speiseröhre hinunterzuschieben, sind die Knochen der Gaumenreihe mit hakenförmigen, sich in das Opfer einschlagenden Zähnen bewaffnet. Eine weite Ausdehnung des Darms endlich wird ermöglicht durch die Nachgiebigkeit seiner Wand und die große Beweglichkeit der ventral durch kein Sternum zusammengehaltenen Rippen.

Die Bezahnung ist bei den nicht giftigen Schlangen eine gleichförmige auf Kiefer- und Gaumenknochen (Fig. 533). Vomer und meist auch die untereinander verwachsenen Praemaxillaria sind von ihr ausgeschlossen. Bei den giftigen Arten (Fig. 538) dagegen treten im Oberkiefer die Giftzähne auf, die sich von den übrigen Zähnen durch ihre besondere Größe und ihre Verbindung mit einer umfangreichen Giftdrüse unterscheiden. Der Ausführgang der Drüse mündet an der Basis des Zahns; das Gift, welches aus ihm beim Biß infolge des durch die Kaumuskeln auf die Drüse ausgeübten Drucks vorquillt, wird auf der vorderen Seite des Zahns entweder durch eine Rinne (Furchenzähne) bis zur Spitze fortgeleitet (Fig. 539 A) oder wenn die Ränder der Rinne miteinander verwachsen (Fig. 549 B), durch einen an Basis und Spitze geöffneten Kanal (Röhrenzähne). Bei Schlangen mit Furchenzähnen finden sich vor oder hinter denselben noch gewöhnliche Zähne; hat sich der Giftzahn dagegen zum Röhrenzahn vervollkommenet, so ist er auf dem ihm als beweglicher Sockel dienenden Oberkiefer der einzige funktionierende Zahn, hinter welchem nur noch Ersatzzähne folgen (Fig. 538).

Aus der inneren Anatomie verdient die asymmetrische Beschaffenheit der Lungen Beachtung. Schon bei den *Riesenschlangen* ist die linke Lunge erheblich kleiner als die rechte; sie ist bei *Nattern* und *Giftschlangen* rudimentär oder ganz geschwunden. Bei den *Typhlopiden* scheint umgekehrt die rechte rückgebildet zu werden. Die bei *Sauriern* vorhandene Harnblase fehlt. Die Exkrete, vorwiegend Harnsäure, gelangen als feste Masse in die Kloake und bilden den Hauptteil der Schlangenexkremente, da bei der außerordentlichen verdauenden Kraft des Schlangenmagens nur spärliche Fäces entleert werden.

I. *Angiostomen*. Bei einer Reihe kleiner, in der Erde wühlender blinder Schlangen, *Typhlopiden*, ist die Mundspalte noch nicht dehnbar, da die Tiere von kleinen Insekten leben; Transversum fehlt, Reste vom Becken sind vorhanden. *Typhlops lumbricalis* L.

II. *Peropoden*. Die *Riesenschlangen* stehen den Sauriern am nächsten, da sie noch paarige Lungen und Stummeln von hinteren Extremitäten, dagegen keine Giftzähne haben; sie sind teils vivipar, teils bebrüten sie ihre Eier; sie erwürgen ihre Beutetiere durch ihre enorme Muskelkraft. *Python molurus* L., bis 10 m lang; *Boa constrictor* L., 4 m lang.

III. *Colubriformien*. Natterartige Schlangen mit reichlicher Bezahnung des Oberkiefers, aber ohne Extremitätenstummel. Die Tiere sind für den

Menschen teils ungiftig, teils giftig, ohne daß es möglich wäre, zwischen beiden eine scharfe Grenze zu ziehen. Ungiftig sind die *Aglyphen*, bei denen keine Furchenzähne vorhanden sind: *Tropidonotus natrix* L., Ringelnatter, *Coronella austriaca* Laur., glatte Natter, *Coluber longissimus* Laur., Äsculapschlange. Giftig sind die *Proteroglyphen*, da Furchenzähne vorhanden sind, die in der Nähe der Mündung der Giftdrüse am vorderen Ende des Oberkiefers stehen, gefolgt von einer Reihe gewöhnlicher Zähne. *Elapiden*: *Naja haje* L., Urausschlange. *N. tripudians* Merr., Brillenschlange mit der Zeichnung eines Zwickers auf dem Nacken,

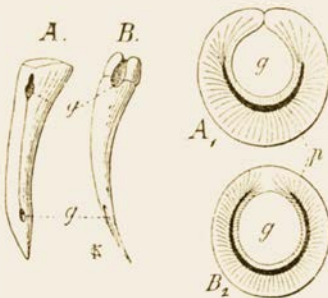


Fig. 539. Giftzähne. A Furchenzahn einer Brillenschlange, B Röhrenzahn einer Klapperschlange, A₁, B₁ die zugehörigen Querschnitte, g Giftkanal, p Pulpahöhle (nach Boas).

welche durch Spreizen der Halsrippen zur Geltung kommt. *N. bungarus*

Schleg. (*Ophiophagus elaps*), die größte bis 4 m lange Giftschlange. *Hydrophiden*, Wasserschlangen mit ruderartig abgeplattetem Schwanz: *Pelamysdrus platurus* L. Verdächtig giftiger Wirkung sind die *Opisthoglyphen*, bei denen einige der hintersten Oberkieferzähne gefurcht sind.

Dipsadiden: *Dryophis prasinus* Boie. vivipar.

IV. *Solenoglyphen*.

Die giftigsten Schlangen haben einen stark verkürzten sockelförmigen Oberkiefer, auf dem nur ein einziger funktionierender Röhrenzahn nebst einigen Reservezähnen sitzt (Fig. 538). *Viperiden*: *Vipera (Peliás) berus* L., Kreuzotter, lebendig gebärend (Fig. 540), *V. aspis* L., *V. ammodytes* L., Sandvipere. *Crotaliden*, Grubenottern: *Crotalus horridus* L., wegen einer Anzahl raschelnder Hornanhänge am Schwanz Klapperschlange genannt; *Lachesis atrox* L.

II. Ordnung. Chelonier, Schildkröten.

Die Schildkröten bilden eine schon durch ihre äußere Erscheinung scharf umschriebene Gruppe, da ihr auffallend gedrungener Körper in eine feste Skelettkapsel (Fig. 542, 543) eingeschlossen ist, aus welcher nur der Kopf, der Schwanz und die vier Beine hervorschauen. Die Kapsel besteht aus einem dorsalen, stark gewölbten und einem flacheren ventralen Schild, die meist seitlich fest verbunden sind und Carapax (A) und Plastron (B) heißen. Die Grundlage beider Schilder sind Knochenplatten, die in Längsreihen hintereinander stehen. Am Carapax unterscheidet man fünf Längsreihen, die medianen unpaaren Neuralplatten (N), so genannt, weil mit ihnen die Dornfortsätze verbunden sind, links und rechts die mit den Rippen zusammenhängenden Costalplatten (C), zu äußerst die selten fehlenden Marginalplatten (M). Das Plastron besteht aus zwei Knochenreihen, zwischen welche sich vorn ein unpaares Stück einschiebt. Letzteres wird meist als Episternum gedeutet und dementsprechend die beiden vordersten paarigen Stücke des Plastron als Schlüsselbeine. Da nun im Schultergürtel außer der Scapula zwei ventrale Knochen vorhanden sind, werden diese als Procoracoid und Coracoid unterschieden. Mit dem Plastron ist der Schultergürtel nicht verwachsen, auch der Beckengürtel nur bei



Fig. 540. Kopf der Kreuzotter (nach Blanchard).

den *Pleurodiren*. Überzogen werden die Knochenreihen bei den meisten Schildkröten von Längsreihen von Hornschildern, deren Anordnung im allgemeinen mit der Anordnung der Knochentafeln übereinstimmt, ohne daß jedoch die Grenzkonturen beider zusammenfielen. Am knöchernen Panzer gewahrt man daher zweierlei Linien, die Nahtlinien der Knochentafeln, und dieselben schneidend andere Linien, welche durch den Abdruck der Konturen der Hornplatten, des „Schildpatts“, hervorgerufen sind. — Nächst der Panzerung ist für die Schildkröten am charakteristischsten die Rückbildung der Zähne; Oberkiefer und Unterkiefer sind, wie bei *Vögeln*, von scharfen Hornscheiden eingefafßt und sind daher bei größeren Formen nicht zu unterschätzende Angriffswaffen. Ober- und Zwischenkiefer bilden Processus palatini und liefern so die Anfänge eines harten Gaumens, zu dessen Vergrößerung in seltenen Fällen die Palatina beitragen. Auch der unpaare Vomer kann in das Gaumendach eingefaltet sein.

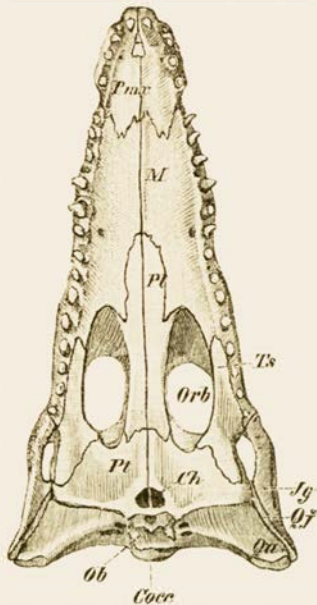


Fig. 541. Schädel eines *Crocodils*, von unten gesehen, *Pmx* Praemaxillare, *M* Maxillare, *Pl* Palatinum, *Ts* Transversum, *Pt* Pterygoid, *Jg* Jugale, *Qj* Quadratojugale, *Qu* Quadratum, *Ob* Basioccipitale, *Cocc* Condylus occipitalis, *Orb* Orbita, *Ch* Choane (aus Wiedersheim).

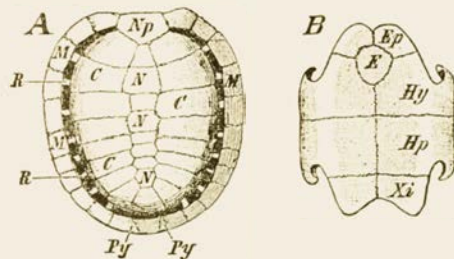


Fig. 542. Carapax (A) und Plastron (B) von *Testudo graeca*. *N* Neuralplatten, *C* Costalplatten, *M* Marginalplatten, *Np* Nuchalplatte, *Py* Pygalplatte, *Ep* Epiplastron, *E* Entoplastron, *Hy* Hyoplastron, *Hp* Hypoplastron, *Xi* Xiphoplastron, *R* Rippen (aus Wiedersheim).



Fig. 543. *Chelonia imbricata* (aus Hajek).

Nach der Beschaffenheit des Hautpanzers und der Beine stehen sich zwei Extreme gegenüber *Land-* und *Seeschildkröten*; erstere haben plumpe Füße mit vorn fünf, hinten vier Krallen tragenden Zehen, letztere haben Ruderplatten, an denen meist die Krallen fehlen; erstere zeigen Carapax und Plastron zu einer hochgewölbten Kapsel vereint, in welche Kopf, Schwanz und Beine zurückgezogen werden können; bei letzteren sind Carapax und Plastron nicht verwachsen, flach gewölbt und unzureichend, um Kopf und Beine zu bergen. Marginalia fehlen meist. Zwischen beiden Extremen vermitteln die Süßwasserschildkröten.

I. Unterordnung. *Trionychoideen*, in Flüssen lebende, äußerst räuberische Schildkröten, deren Integument noch weichhäutig ist (kein Schild-

patt); Carapax und Plastron sind nicht verwachsen; Randplatten fehlen. Die Füße sind Ruderplatten mit drei Krallen. *Trionyx ferox* Sch.

II. Unterordnung. *Pleurodiren*. Becken mit Plastron und Carapax verwachsen; die Tiere schützen den Kopf, indem sie den Hals seitlich einbiegen. *Podocnemis expansa* Schw., *Chelys fimbriata* Schn.

III. Unterordnung. *Cryptodiren*. Die Extremitätengürtel verwachsen nicht mit der Kapsel, der Kopf wird durch eine S-förmige vertikale Einkrümmung des Halses zurückgezogen. *Testudiniden* mit plumpen Füßen. Land- oder Sumpfbewohner: *Testudo graeca* L. Zu den mehrere Zentner schweren Riesenschildkröten gehören *T. gigantea* D. B. (Aldabrainsel) und *T. ephippium* Gthr. (Galapagos); *Emys orbicularis* L. (*lutaria* Schn.), Sumpfschildkröte. *Cheloniden*, Meerschildkröten mit Ruderplatten: *Caretta caretta* L. und *Chelonia Midas* L., wegen ihres wohlschmeckenden Fleisches und ihrer Eier gejagt; *Chelonia imbricata* L. liefert allein das technisch verwertbare Schildpatt.

IV. Unterordnung. *Atheca*. Eine Meerschildkröte, die bis 2 m große und 600 kg schwere *Dermochelys* (Sphargis) *coriacea* L., unterscheidet sich von allen Schildkröten dadurch, daß ein mit dem Achsen skelett verbundener Carapax fehlt, die lederartige Haut von einem Mosaik zahlreicher kleiner Hautknochen gepanzert ist.

III. Ordnung. Krokodilier.

Die Krokodilier stehen vermöge ihres langgestreckten Körpers zu den gedrungenen Schildkröten in einem ausgesprochenen Gegensatz. Ihre Haut ist ebenfalls von Knochentafeln fest gepanzert, welche aber nicht untereinander verschmelzen und von Hornschildern, die ihnen in der Abgrenzung entsprechen, überzogen werden. Die Ohröffnungen können durch Hautklappen, die Nase durch wulstige Ränder geschlossen werden. Ein mit Rippen verbundenes Sternum ist vorhanden; an dasselbe schließt sich nach rückwärts ein mit Abdominalrippen verbundenes Abdominalsternum an. Die zu einer langen Schnauze ausgezogenen Kiefer tragen zahlreiche kegelförmige Zähne, welche im Gegensatz zu den meisten übrigen Reptilien den Knochen nicht aufgewachsen, sondern in besonderen Alveolen eingekleimt sind (thecodont). Am Aufbau des harten Gaumens sind nicht nur Maxillare und Praemaxillare beteiligt, sondern auch die Palatina und sogar, was nur bei wenigen Säugetieren (einigen *Edentaten* und *Celaccen*) der Fall ist, die Pterygoidea, so daß die Choanen weit nach rückwärts bis in die Nähe des Hinterhauptslochs verlagert werden (Fig. 541).

Die Krokodile bewegen sich langsam auf dem Lande, sind dagegen vermöge ihrer durch Schwimmhäute verbundenen Hinterzehen und eines kräftigen Ruderschwanzes vortreffliche Schwimmer. In der Kloake, am Rücken und am Unterkiefer münden paarige Hautsäcke (Moschusdrüsen). Die drei recenten Familien *Crocodyliden* (*Crocodylus niloticus* Laur.), *Alligatoriden* (*Alligator mississippiensis* Daud.) und *Gavialiden* (*Gavialis gangeticus* Gm.) bilden nur ein Überbleibsel einer schon im Jura beginnenden formenreichen Gruppe, bei der man Schritt für Schritt die Vervollkommnung des harten Gaumens verfolgen kann.

Anhang.

Eine wesentliche Bereicherung hat die Kenntnis der *Reptilien* durch paläontologische Funde erfahren, welche uns zum Teil mit ganz anders

gearteten, nicht mehr existierenden Ordnungen, zum Teil mit Bindegliedern zwischen den recenten Ordnungen bekannt gemacht haben. Den Übergang zu den *Amphibien*, speziell den *Stegocephalen*, vermitteln die meist noch zu letzteren gerechneten Gattungen *Eryops* und *Cricotus*, ferner die ebenfalls im Perm zuerst auftretenden *Cotylosaurier* (*Labidosaurus hamatus* Cope), welche im wesentlichen den *Stegocephalen* ähnlich sind, aber schon den unpaaren Condylus und das rudimentäre Parasphenoid der *Reptilien* besitzen. Den Sauriern schließen sich außer den oben erwähnten *Pythonomorph*en die in Jura und Kreide häufigen *Pterosaurier* oder *Flugsaurier* (*Pterodactylus elegans* A. Wagn.) an, welche durch ihr Flugvermögen die pneumatische Beschaffenheit der Knochen und die Gestalt ihres Schädels an die Vögel erinnern, sich aber von ihnen dadurch wesentlich unterscheiden, daß sie keine Federn hatten und nach Art der Fledermäuse mit einer Flughaut flogen, welche sich zwischen dem Rumpf und den vorderen und hinteren Extremitäten ausdehnte und durch den enorm laugen vierten Finger der Hand gespannt wurde.

Durch schnauzenartig ausgezogene Kiefer, in denen die Zähne in Alveolen oder Rinnen eingekeilt waren, feste Verbindung des Quadratbeines mit dem Schädel, massiven Charakter der Schädelknochen erinnern die häufig riesigen *Plesiosaurier* und *Ichthyosaurier* an die Krokodile; beide in Trias, Lias und Jura besonders ausgebildete Gruppen, bestanden aus räuberischen Meeresbewohnern mit flossenartig gestalteten Extremitäten nach Art der *Cetaceen*; die *Plesiosaurier* waren schlank, mit gut entwickelter, oft sogar auffallend langer Halswirbelsäule, meist kleinem Kopf, die *Ichthyosaurier* ähnlich den *Delphinen* von gedrungener Körperform, mit kurzem Hals und mächtigem, in eine lange Schnauze ausgezogenem Schädel, mit senkrechter Rücken- und Schwanzflosse, zum Teil sicher vivipar (*Plesiosaurus macrocephalus* Buck., *Ichthyosaurus communis* Conyb.). Einen besonders massiven Charakter endlich erreichte das Reptilienskelett bei den teils paläozoischen, teils mesozoischen *Theromorph*en und den ausschließlich mesozoischen *Dinosauriern*. In beiden Gruppen war die Zahl der Sacralwirbel gewöhnlich auf drei bis sechs (selten zehn) vermehrt. Unter den *Theromorph*en, bei denen sich noch Anklänge an *labyrinthonte* Amphibien ergeben, erinnerten die *Anomodontien* an Schildkröten, indem die Bezahnung ganz (*Oudenodon*) oder bis auf zwei Zähne im Oberkiefer (*Dicynodon pardiceps* Owen) rückgebildet und wahrscheinlich durch Hornscheiden ersetzt war; sie besaßen einen harten Gaumen, gebildet von Praemaxillaria, Maxillaria, Palatina und Vomer, und plumpe Extremitäten wie die Schildkröten. Andere Formen (*Therodontien*) entwickelten ein heterodontes Gebiß, wie die *Säugetiere*, mit denen sie auch sonst viel Ähnlichkeit besaßen, so daß man sie als ihre Vorläufer betrachtet (Bau des Beckens, des Tarsus, des Jochbogens, bei manchen Arten beginnende Sonderung des unpaaren Condylus in zwei Stücke, rudimentäre Beschaffenheit des Quadratum, starke Entwicklung des Dentale). Die *Dinosaurier* waren die riesigsten Landtiere, welche je gelebt haben; manche von ihnen waren 12—30 m lang und benutzten nach Art der Känguruhs ihren gewaltigen Schwanz als Stütze (*Brontosaurus excelsus* Marsh, *Triceratops flabellatus* Marsh, *Iguanodon Bernissartensis* Boul., *Diplodocus longus* Marsh). Gewisse Dinosaurier (*Theropoden*, *Ornithopoden*) stehen den Vögeln besonders nahe, nicht nur wegen der Pneumatizität der Knochen, sondern auch wegen des nach rückwärts gerichteten, dem Os ischii parallelen Os pubis und der beginnenden Verschmelzung der Tarsalia, teils mit der Tibia, teils mit den Metatarsen (Intertarsalgelenk

von *Compsognathus longipes* A. Wagn.); sie unterscheiden sich aber von ihnen durch feste Verbindung des Quadratbeins mit dem Schädel.

IV. Klasse.

Aves, Vögel.

Die Vögel haben mit den *Reptilien* besonders im Bau ihres Skeletts so viele gemeinsame Merkmale und sind mit ihnen durch ausgestorbene Zwischenformen so eng verbunden, daß von vielen Seiten eine Vereinigung beider Klassen unter dem Namen „*Sauropsiden*“ befürwortet wurde. Trotz Anerkennung dieser nahen Verwandtschaft müssen wir betonen, daß die Klasse vermöge der eigentümlichen Ausbildung ihrer Flugorgane und der Befiederung der Haut einen scharf umschriebenen, einheitlichen Charakter gewonnen hat, welcher eine getrennte Behandlung nötig macht.

Integument.
Federn.

Die Haut der Vögel ist an manchen Stellen, wie z. B. am unteren Abschnitt der hinteren Extremitäten, noch nach der Art der *Reptilien* mit Hornschuppen und Schildern, an den Spitzen der Zehen, selten auch einzelner Finger (1—2, bei *Archaeopteryx* 3), mit Krallen bewehrt; an den meisten Stellen der Körperoberfläche ist sie aber zart und dünn, da die Lederhaut und das Stratum corneum schwach entwickelt sind. Periodische Häutungen finden nicht mehr statt, indem die Hornschicht, wie bei *Säugetieren*, eine allmähliche Erneuerung erfährt. Diese Beschaffenheit der Haut steht im Zusammenhang mit dem Auftreten des schützenden Federkleides. Die Vogelfeder ist wie das Haar der Säugetiere ein abschließliches Horngebilde, nur von viel komplizierterem Bau. Die Hornsubstanz bildet eine feste Achse, den Federkiel oder Scapus, von welchem links und rechts seitliche Fortsätze, die Äste oder Rami, ausgehen; diese wiederholen im Kleinen das Bild, welches die Feder im Großen liefert, indem ein jeder Ast mit einer vorderen und hinteren Reihe von feineren Fortsätzen, den Radien, ausgerüstet ist. Der Federkiel ist solid, soweit er die Äste trägt (Rhachis oder Schaft), am unteren Abschnitt dagegen ist er hohl (Calamus oder Spule). Der Calamus ist tief in die Lederhaut eingelassen, in den Federbalg und mit Muskelchen versehen, die die Bewegungen der Feder (Sträuben des Gefieders, Ausbreiten der Schwung- und Steuerfedern an Flügel und Schwanz) veranlassen. Sein Hohlraum ist bei vielen ausgebildeten Federn bis auf trockene Gewebsüberreste (die „Federseele“) leer: bei jungen, noch wachsenden Federn ist er ausgefüllt von einem blutgefäßreichen Bindegewebe, der Federpapille, welche von der Lederhaut in das basale Ende des Scapus eindringt und die bedeckende, das Wachstum der Feder ermöglichende Epithelschicht (Stratum Malpighi) ernährt. Man kann daher die Feder auffassen als einen langen Hornauswuchs der Haut, welcher auf einer Papille der Lederhaut sich entwickelt hat und von der Oberfläche aus eine Strecke weit in die Lederhaut eingesenkt worden ist, eine Auffassung, die vollkommen der Entwicklung der Federn entspricht und ihre Gleichwertigkeit mit den Schuppen der *Reptilien* dartut. Bei manchen Vögeln (*Casuar*) kommen aus demselben Federbalg zwei gleich gut entwickelte Federn. Rückbildung der einen macht es verständlich, daß bei vielen Vögeln das Rudiment einer zweiten Feder, der Afterschaft oder die Hyporhachis, der Federachse von unten angefügt ist.

Bei den Konturfedern (Pennaë) schließen die Äste (Rami) mit Ausnahme einiger wenigen, welche am unteren Ende des Vexillums ein

flaumartiges Büschel bilden, zur Federfahne (Vexillum) dicht zusammen. Der feste Zusammenschluß wird durch die genau parallele Anordnung und dichte Aufeinanderfolge der Äste bedingt, was zur Folge hat, daß die vorderen, d. h. der Federspitze zugewandten Radien eines Astes sich kreuzend über die hinteren Radien des vorausgehenden Astes herüberlegen. Dabei greifen erstere mit gebogenen Häkchen, den Radioli, zwischen letztere ein, was die Festigkeit des Zusammenschlusses der Rami zum Vexillum erheblich erhöht. — Von den Konturfedern unterscheiden sich die Dunen (Plumae) durch den Mangel der Radioli und die lockere Anordnung der weichen Äste, was beides die Bildung einer Federfahne verhindert, die Fadenfedern durch die rudimentäre Beschaffenheit oder den gänzlichen Mangel der Rami. — Da die Federn aus Hornsubstanz bestehen, deren Zellen fest zusammenhalten und sich nur bei den Puderdunen allmählich abschilfern, unterliegen sie denselben Bedingungen wie das Schuppenkleid

Fig. 544.



Fig. 545.

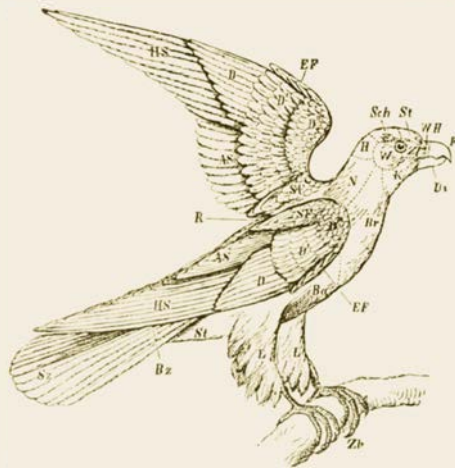


Fig. 544. Federfluren und Raine der Taube vom Rücken (aus Leunis-Ludwig).

Fig. 545. Das Gefieder von *Falco tinnunculus* (aus Schmarada). HS Handschwingen, AS Armschwingen, EF Eckflügel (Alula), SF Schulterfittich (Parapterum), D, D', D'' Deckfedern, Sz Steuerfedern (Rectrices), Bz Bürzel, L Lauf, Zh Zehen, N Nacken, Br Brust, Ba Bauch, K Kehle, W Wange, H Hinterhaupt, Sch Scheitel, St Stirn, HH Wachshaut mit Nasenlöchern, F Firste des Oberschnabels, Di Dillenkante des Unterschnabels.

der *Lepidosaurier*; alljährlich einmal, an manchen Stellen auch zweimal, werden die Federn abgeworfen und durch neue ersetzt (Mauern). — Junge Vögel oder Vogelembryonen entwickeln zunächst die „Nestdunen“, welche sich prinzipiell von den echten Dunen unterscheiden und daher einen besonderen Namen erhalten haben; im Gegensatz zu den bleibenden Federn (den Teleoptilen) werden sie Neoptile genannt; sie bestehen aus den stark verlängerten Rami von Federn, welche noch im Federbalg eingeschlossen sind; sie sitzen daher den Spitzen bleibender Federn auf, und zwar besonders der Konturfedern, seltener der Dunen und werden an ihrer Basis zu einer Art Kiel zusammengeschlossen durch die „Federscheide“, eine hornige Umhüllung, welche auch die Spitze der aus dem Federbalg hervortretenden Feder umschließt. Neoptile und Federscheide werden beim Hervorsprossen des bleibenden Gefieders abgeworfen. — Die Konturfedern

entwickeln sich bei den meisten Vögeln in regelmäßiger Anordnung in den Federfluren oder Pterylen, zwischen denen die Raine oder Apterien übrig bleiben; in ihnen, sowie auch zwischen den Konturfedern sind die bleibenden Dunen zumeist in Gruppen, den Maculae, angebracht (Fig. 544). Die meisten Konturfedern bilden, indem sie sich dachziegelartig übereinander legen, die feste Decke des Gefieders, unter welcher die Dunen oder die Halbdunen, Übergänge zu Konturfedern, als ein wärmendes Futter liegen (Fig. 545). Außer diesen Deckfedern oder Tectrices (D, D', D'') unterscheidet man noch die großen, zum Flug dienenden Konturfedern des Flügels, die Remiges oder Schwungfedern, und die den Flug steuernden Schwanzfedern, Rectrices oder Steuerfedern (Sz). Die großen Schwungfedern bilden die Grundlage des Flügels und entspringen von dem der Hand korrespondierenden Abschnitt der vorderen Extremität (Carpus, Metacarpus, Phalangen) — Handschwingen (HS) — und vom Unterarm — Armschwingen (AS). — Sie sind an ihrer Basis von Deckfedern (D, D', D'') und von den vom Oberarm entspringenden Konturfedern, dem Parapterum oder Schulterfittich (SF) zugedeckt. Ein kleiner Schopf von Federn, welcher am ersten Finger ansitzt, bleibt von den Handschwingen getrennt und heißt Eckflügel (EF) oder Alula. — Besonders bei Wasservögeln werden die Federn mit dem öligen Sekret einer ansehnlichen, am Grund des Schwanzes über dem Steißbein liegenden paarigen Drüse, der Bürzeldrüse, eingeeilt.

Indem die Federn nicht nur Schutzorgane sind, sondern auch ge-

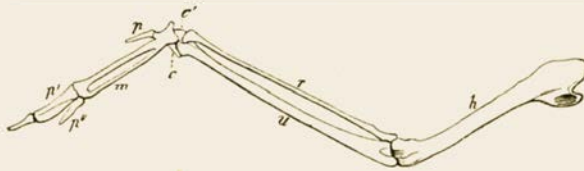


Fig. 546. Flügelskelett des *Storches* (nach Gegenbaur). h Humerus, r Radius, u Ulna, c, c' Carpalia der ersten Reihe, m mit den Carpalia der zweiten Reihe verschmolzene Metacarpalia, p, p', p'' Phalangen der drei Finger.

wöhnlich den Vogel zu andauerndem Flug befähigen, vermitteln sie eine ganz besondere Lebensweise, unter deren Einfluß fast sämtliche übrigen Organe stehen. Mit dem Flugvermögen ist die Beschaffenheit des Skeletts, der Atmungsorgane, ja zum Teil

selbst der Sinnesorgane und des Hirns in Zusammenhang zu bringen.

Extremi-
täten.

Da die Federn der Flügel, ähnlich den Flossen, ein einheitlich wirkendes Ruder darstellen, vereinfacht sich das Skelett der vorderen Extremität (Fig. 546): 1. durch Rückbildung von zwei embryonal sich noch anlegenden Fingern (nach der herrschenden Auffassung 4 und 5, nach neueren Angaben 1 und 5), so daß nur drei Finger mit äußerst reduzierter Phalanzenzahl (p, p', p'') übrig bleiben, 2. durch Verschmelzung der zugehörigen Metacarpen (m) untereinander und mit den anschließenden Handwurzelknochen. Dagegen wird, um die nötige Energie der Bewegungen und möglichst vollkommene Übertragung derselben auf den Körper herbeizuführen, die Befestigung an der Skelettachse erhöht durch besondere Ausbildung aller hierbei in Betracht kommenden Teile. Im Schultergürtel (Fig. 547) sind alle drei Knochen von großer Festigkeit, eine säbelförmige Scapula (s), ein säulenförmiges Coracoid (c) und endlich eine Clavicula, welche von einem Fortsatz des Coracoids entspringt und gewöhnlich mit der Clavicula der anderen Seite am sternalen Ende verschmilzt und dadurch den für die meisten Vögel so charakteristischen Gabelknochen, die Furcula (f), liefert. Das Coracoid verbindet sich gelenkig mit dem

breiten Sternum (*st*), die Clavicula zumeist ligamentös mit der Carina (*crs*) oder Crista sterni, einem longitudinalen Knochenkamm, welcher von der Mittellinie des Sternums sich erhebt, um den Flugmuskeln, namentlich dem großen Brustmuskel, möglichst viele Ursprungspunkte zu liefern. Je entwickelter das Flugvermögen, desto ansehnlicher ist daher im allgemeinen die Crista sterni; doch kann für mangelhafte Entwicklung der Carina eine Kompensation durch Verbreiterung der Sternalplatte erzielt werden (*Albatros*). Den Laufvögeln fehlt die Crista gänzlich. — Für die Festigkeit des Brustkorbs und seiner Verbindung mit der Wirbelsäule ist es von Wichtigkeit, daß die aus einem sternalen und vertebralen Stück bestehenden Rippen am vertebralen Stück die Processus uncinati tragen, welche sich über die folgenden Rippen hinüberschieben.

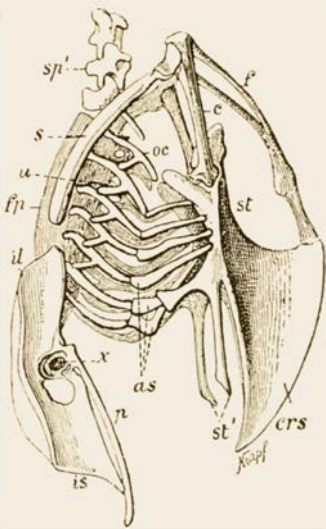


Fig. 547. Brustkorb, Schultergürtel und Becken vom Storch (nach Gegenbauer), *st* Brustbein *st'* Abdominalfortsätze desselben *crs* Crista sterni, *f* Furcula (verschmolzene Schlüsselbeine), *c* Coracoid, *s* Scapula, *as* sternale, *oc* vertebrale Teile der Rippen, *u* Processus uncinati der vertebralen Teile, *spi'* Dornfortsatz des ersten Brustwirbels, *fp* verschmolzene Dornfortsätze der übrigen Brustwirbel, *il* Darmbein, *is* Sitzbein, *p* Schambein, *x* Hüftgelenk.

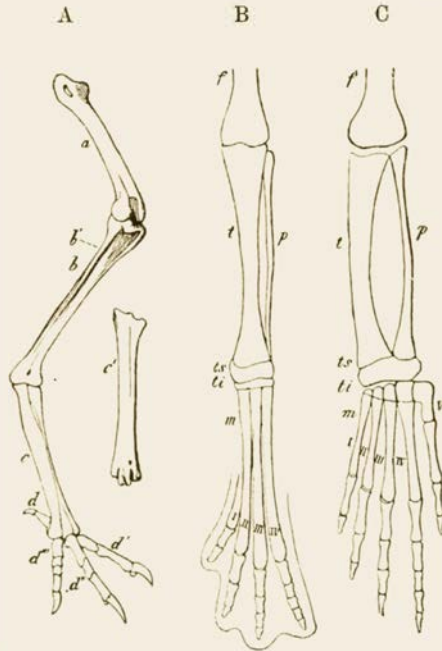


Fig. 548. A Hintere Extremität von *Buteo vulgaris*; *a* Femur, *b* Tibiotarsus *b'* Rest der Fibula, *c* Tarsometatarsus, *d, d', d'', d'''* die Zehen, *c'* getrennte Darstellung des Tarsometatarsus, B und C Unterschenkel und Fuß eines Vogelembryo (B) und einer Eidechse (C), um die Entstehung des Intertarsalgelenks zu erklären: *f* Femur, *t* Tibia, *p* Fibula, *ts* Tarsale der ersten Reihe (Talus), *ti* Tarsalia der zweiten Reihe, *m* Metatarsus, *l—v* die einzelnen Stücke desselben (aus Gegenbauer).

Da die vorderen Extremitäten nicht mehr zum Gehen dienen, fällt das Tragen der Körperlast ausschließlich den hinteren Extremitäten zu. Diese berühren nur mit den Zehen den Boden, während der Mittelfuß zur Verlängerung des Beines aufrecht gestellt ist. Mit der starken Belastung der hinteren Extremitäten hängen zwei auffällige Charaktere derselben zusammen, die breite Verbindung des Beckens mit der Wirbelsäule und die Vereinfachung des Skeletts der freien Extremität. Das Darmbein (*il*) steht embryonal zunächst nur mit zwei

Wirbeln in Verbindung, welche den Sacralwirbeln der *Reptilien* entsprechen. Von hier aus dehnt es sich aber nach vorn in die Lenden selbst in die Brustregion, nach hinten in die Caudalregion aus, mit immer neuen Wirbeln verwachsend, so daß insgesamt 9—22 Wirbel in die Verbindung eintreten können; linke und rechte Darmbeine treffen häufig dorsal von der Wirbelsäule noch zusammen. Diese ausgedehnte Verwachsung des Beckens mit dem Achsen skelett wird verständlich, wenn wir bedenken, daß die Wirbelsäule der Vögel, trotzdem sie beim Gehen ausschließlich auf den Beinen ruht, nicht wie beim Menschen zur senkrechten Haltung aufgerichtet wird, sondern zum Boden geneigt bleibt; sie trägt sich daher nicht in sich, sondern kann nur durch starke Befestigung an dem Beckengürtel ihre Stellung beibehalten. Die unteren Teile des Beckens, Scham- und Sitzbein (*p* und *is*), sind dadurch ausgezeichnet, daß beide von der Gelenkpfanne aus rückwärts und einander parallel stehen, und daß linke und rechte Stücke nur selten (zweizehiger *Strauß*) ventral in einer Symphyse verwachsen.

Im Bau der freien Extremität begegnen wir ähnlichen Erscheinungen, wie wir sie bei *Huftieren* wiederfinden werden. Der Druck der Körperlast begünstigt es, daß der einheitliche Charakter, welcher dem Skelett des Oberschenkels zukommt, sich auch auf Unterschenkel und Fuß überträgt, und daß die in diesen Abschnitten herrschende Vielzahl der Knochen durch einen einzigen, den Druck einheitlich fortleitenden Knochen ersetzt wird (Fig. 548). Daher bildet sich die im Embryo (B) vorhandene Fibula bis auf unbedeutende Reste zurück; es verschmelzen die getrennt angelegten Metatarsen untereinander zum Laufknochen (A, *c'*) der so viele Gelenkflächen hat, als er Zehen trägt, nämlich 2—3 (*d'*—*d''*), da die 5. Zehe sich nur noch embryonal anlegt und der erste Metatarsus mit seiner Zehe sich getrennt erhält oder ebenfalls der Rückbildung unterliegt; außerdem verschwinden die Tarsalien, und zwar ebenfalls durch Verschmelzung mit benachbarten Skeletteilen. Da schon bei den *Reptilien* (Fig. 548 C) ein Teil der Tarsalien (*ts*) bei der Bewegung dem Unterschenkel, ein anderer Teil (*ti*) dem Fuß folgt, vollzieht sich die Verschmelzung bei den von *Reptilien* abstammenden Vögeln in der Weise, daß von den beiden embryonalen Tarsalstücken das proximale (B, *ts*) mit der Tibia zum Tibiotarsus, das distale (*ti*) mit dem Laufknochen zum Tarsometatarsus wächst. So entsteht das für die Vögel so charakteristische Intertarsalgelenk.

Schädel
und
Wirbelsäule.

Rücksichtlich der Wirbelsäule ist noch nachzutragen, daß die Wirbel miteinander durch sogenannte Sattelgelenke verbunden sind, daß hinter dem Becken nur wenige rudimentäre Caudalwirbel übrig bleiben, von denen die letzten das die Steuerfedern tragenden Pygostyl bilden, daß sich entsprechend der gut entwickelten Halsregion viele Halswirbel (darunter Atlas und Epistropheus) finden, welche, mit Ausnahme der zwei zu den Thoracalwirbeln überleitenden, mit den zugehörigen Halsrippen verschmelzen. Der Schädel (Fig. 549) ähnelt sehr dem Eidechschenschädel in der Anwesenheit eines unpaaren Condylus occipitalis, in der beweglichen Anfügung des Quadratum an die Schädelkapsel und der Umbildung des Hyomandibulare zu einem schlanken Gehörknochen (Columella); dagegen fehlt das Transversum. Die Schädelkapsel ist, dem Wachstum des Hirns folgend, geräumiger geworden, vollkommener durch frühzeitig verschmelzende Knochen abgeschlossen und durch Verlagerung des Gelenkhöckers auf die untere Seite fast rechtwinklig zur Achse der Wirbelsäule gestellt. Zähne fehlen bei den lebenden Vögeln, finden sich aber bei den fossilen *Odontor-*

nithes und *Saururen*; für den Zahnmangel sind Ober- und Unterkiefer durch harte, schneidende Hornscheiden entschädigt. Die Hornscheide des Oberkiefers verlängert sich häufig auf der Außenseite in einen weichen Hornüberzug, die Wachshaut oder das Ceroma (Fig. 545 *WH*).

Im Schädel der Vögel finden wir vier Occipitalia, ferner an der Basis das Basisphenoid, welches sich nach vorn in ein Rostrum verlängert. Das Rostrum ist ein unpaarer Abschnitt des Parasphenoids, während paarige Teile desselben in den Basitemporalia enthalten sind. Dorsal bilden den Abschluß der Schädelkapsel die Parietalia und Frontalia, seitlich die Prootica, Alisphenoidea und Orbitosphenoidea. Auch das breite Squamosum ist in die Schädelkapsel einbezogen. Im Interorbitalseptum liegt ein mächtiges Mesethmoid, auf der Nasenkapsel die Nasalia, an sie anschließend die Lacrymalia. Das Quadratbein artikuliert am Squamosum. Von ihm erstreckt sich nach vorn 1. die Palatinreihe (Pterygoid, Palatinum, Vomer), 2. der Jochbogen, Quadratojugale und Jugale, zur Kieferreihe (Maxillare und Praemaxillare).

Letztere ist der Ethmoidalregion beweglich angeschlossen, so daß beim Öffnen des Schnabels nicht nur der Unterkiefer abwärts, sondern auch der Oberkiefer aufwärts bewegt werden kann. Die Bewegung wird dadurch herbeigeführt, daß das untere Ende des Schnabels nicht nur der Unterkiefer abwärts, sondern auch der Oberkiefer aufwärts bewegt werden kann. Die Bewegung wird dadurch herbeigeführt, daß das untere Ende des Schnabels nicht nur der Unterkiefer abwärts, sondern auch der Oberkiefer aufwärts bewegt werden kann. Die Bewegung wird dadurch herbeigeführt, daß das untere Ende des Schnabels nicht nur der Unterkiefer abwärts, sondern auch der Oberkiefer aufwärts bewegt werden kann.

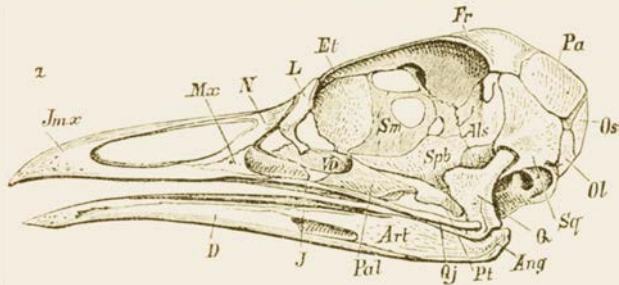


Fig. 549. Schädel einer jungen *Trappe* (aus Claus). *Imx* Praemaxillare, *Mx* Maxillare, *N* Nasale, *L* Lacrymale, *Et* Mesethmoid, *Fr* Frontale, *Pa* Parietale, *Os* Supraoccipitale, *Ol* Exoccipitale, *Sq* Squamosum, *Q* Quadratum, *Als* Alisphenoid, *Spb* Basisphenoid und Parasphenoid, *Sm* Interorbitalseptum, *Ang* Angularare, *Pt* Pterygoid, *Qj* Quadratojugale, *Art* Articulare, *Pal* Palatinum, *J* Jugale, *D* Dentale.

Ein wichtiger Gesamtcharakter des Vogelskeletts ist seine pneumatische Beschaffenheit. An Stelle von Knochenmark und Knochengewebe füllen namentlich bei gut fliegenden Formen Lufträume das Innere der Knochen mehr oder minder aus, so daß nur die den Markraum umgebenden, die Trag- und Stützkraft des Knochens bedingenden Rindenschichten erhalten bleiben. So werden größtmögliche Festigkeit und Leichtigkeit des Skeletts vereinigt. Bei *Buceros* und *Palamedea* sind sämtliche Knochen pneumatisch; bei anderen, bei *Pelikan*, *Sula*, *Tachypterus* usw. sind nur die Phalangen der Zehen markhaltig. Das andere Extrem bilden *Pinguin* und *Apteryx*, bei denen wie bei den *Säugetieren* Lufträume nur in einigen Schädelknochen vorhanden sind.

Die Lufträume der Knochen hängen zum kleineren Teil (Schädel) mit Nase und Trommelhöhle, zum größeren Teil durch Vermittlung mächtiger Luftsäcke mit den Lungen zusammen. In die Lunge führt eine auffallend lange Trachea, die sich am unteren Ende in die beiden Bronchen gabelt. Die Vögel haben einen oberen und unteren Kehlkopf. Der erstere (Larynx) entspricht dem Kehlkopf der übrigen Wirbeltiere: er wird nicht

Pneumatis-
tät.

Eingeweide-
Atmungs-
organe.

zur Stimmbildung benutzt. Dazu dient vielmehr der in seinem Vorkommen auf die Vögel beschränkte untere Kehlkopf oder Syrinx, welcher an der Gabelung der Trachea in die Bronchen liegt und gewöhnlich von Trachea und Bronchen gemeinsam, seltener nur von der Trachea oder nur von den Bronchen gebildet wird. Seine Stimmbänder werden von besonderen Muskeln gespannt, welche bei Singvögeln eine sehr komplizierte Anordnung haben. Die unverhältnismäßig kleinen Lungen bilden auf ihrer Oberfläche, wie das besonders bei Embryonen gut zu sehen ist (Fig. 550), Aussackungen, die Luftsäcke, welche zu gewaltigen dünnwandigen Luftbehältern heranwachsen und bei der Präparation leicht abreißen, so daß dann auf der Oberfläche der Lungen große Öffnungen entstehen (Fig. 550, 1—5). Meist sind fünf Paar Luftsäcke vorhanden, die hauptsächlich im Cölom liegen, mit Aussackungen aber auch zwischen die Muskeln

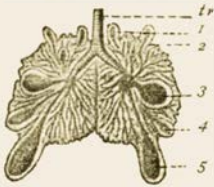


Fig. 550. Entwicklung von Trachea, Lungen und Luftsäcken des Hühnchens (nach Selenska). *tr* Trachea, 1—5 die Luftsäcke (vgl. Fig. 551).

(besonders der Brust und Achselregion) dringen und schließlich auch in die Knochen hineingelangen.

Die schwammig aussehenden Lungen der Vögel liegen beiderseits der Wirbelsäule zwischen die abgeplatteten vertebrealen Rippenenden eingefalzt und mit ihnen fest verbunden. Beim Eintritt in die Lunge verliert der Bronchus (Fig. 551 *br*) seine Knorpelstützen bis auf geringe Reste und er-

Fig. 551.

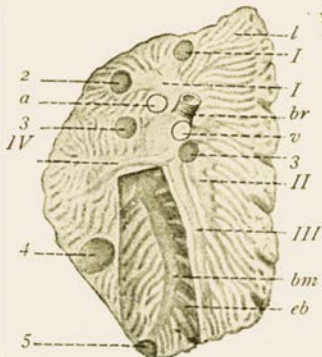


Fig. 551. Rechte Lunge des Huhns, etwas schematisiert. Die Darstellung ist so gedacht, als ob ein Fenster herausgeschnitten wäre, um den Mesobronchus mit seiner Verästelung sichtbar zu machen. *br* Bronchus, der sich zum Vestibulum erweitert, *bm* der in der Verlängerung gelegene Mesobronchus mit den davon ausgehenden Ectobronchen (*eb*). I—IV die aus dem Vestibulum entspringenden Entobronchen (der zweite ist nicht bezeichnet, *l* Lungenpfeifen, 1—6 Eingänge in die Luftsäcke, 1 cervicaler, 2 interclavicularer, 3 vorderer subcostaler, 4 hinterer subcostaler, 5 abdominaler Luftsack, *a* Arteria, *v* Vena pulmonalis.

Fig. 552.

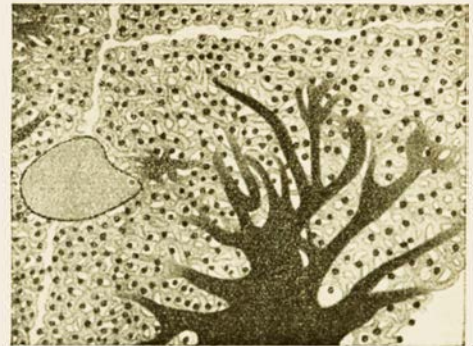


Fig. 552. Querschnitt durch eine Lungenpfeife nebst Teilen zweier angrenzender Lungenpfeifen, auf der Grenze ein Blutgefäß; Lufräume injiziert (nach Fischer).

weitert sich zum Vestibulum (*v*), geht dann als Mesobronchus (*bm*) in die Tiefe rückwärts und endet mit dem abdominalen Luftsack (5). Ein Seitenzweig versorgt den hinteren subcostalen Luftsack (4). Vom Vestibulum wie vom Mesobronchus gehen sekundäre Bronchen aus: a) drei bis fünf

Ento- oder Ventralbronchen (*I—IV*), welche die übrigen Luftsäcke abgeben; b) sechs oder mehr Ecto- oder Dorsalbronchen. Von den sekundären Bronchen, zum Teil aber auch direkt vom Mesobronchus entspringen die Parabronchen oder „Lungenpfeifen“, dicht nebeneinander und vorwiegend rechtwinklig zu jenen; sie verlaufen parallel und hängen vielfach untereinander zusammen. Jede Lungenpfeife hat eine dicke spongiöse Wand, weil (Fig. 552) in dieselbe von dem zentralen Luftraum aus reichliche Aussackungen eindringen, welche sich verästeln, untereinander anastomosieren und so ein dichtes Netzwerk von Luftcapillaren bilden (Fig. 552).

Das Einatmen der Vögel erfolgt durch Heben des Brustkorbes, wobei die winklig eingeknickten Rippen mehr gestreckt werden und der Sternovertebraldurchmesser sich vergrößert (aktive Inspiration); das Ausatmen geschieht durch Senken des Brustkorbes (aktive Expiration). Dadurch werden die mit den Rippen fest verbundenen Lungen, trotz ihrer geringen Elastizität, abwechselnd ausgedehnt und verkleinert, sicherlich zugleich auch die Lungsäcke, welche wegen ihrer schlechten Blutversorgung nicht selbst den Gasaustausch bewirken, sondern nur wie anhängende Blasebälge wirken können. Diese Blasebalgwirkung kommt namentlich bei den Flugbewegungen der Vögel zur Geltung, indem die subpectoralen und axillaren Luftsäcke beim Flügelschlag ausgedehnt und zusammengepreßt werden. Wahrscheinlich werden hierdurch anderweitige Respirationsbewegungen überflüssig und so die für den Flug wichtige Ruhestellung des Thorax in Inspirationsstellung ermöglicht. Schließt man die Trachea und öffnet man den Luftkanal des Oberarmbeines, so kann der Vogel durch letzteren atmen.

Der Blutkreislauf der Vögel ist aus dem der *Reptilien* durch völlige Scheidung von Lungen- und Körperkreislauf entstanden. Von den dort vorhandenen drei großen Arterienstämmen ist die Pulmonalis und der aus der linken Kammer kommende rechte Aortenbogen erhalten, der linke venöse Bogen rückgebildet. Die Scheidewand zwischen den Herzkammern ist vollständig. — Am Darm (Fig. 59) fällt die Anwesenheit eines Kropfes (*b*), welcher indessen nicht immer vorhanden ist, eines drüsigen Vormagens (*c*) und eines muskulösen Kaumagens (*d*), sowie zweier langer, selten rudimentärer Blindschläuche am Übergang von Dünn- und Dickdarm (*k*) auf. Leber (*e*) mit Gallenblase (*f*), Pancreas (*g*) und Milz sind vorhanden. In den Enddarm (Kloake) münden von hinten ein bei älteren Vögeln meist rückgebildeter Blindsack, die Bursa Fabricii, die paarigen Ureteren (*m*) und die Geschlechtswege (*zw*). Letztere zeigen im weiblichen Geschlecht das Eigentümliche, daß der rechte Oviduct samt dem zugehörigen Ovar zugunsten der entsprechenden linken Teile rückgebildet wird. Ein schwellbarer Penis ist nur bei wenigen Vögeln (*Straußen*, *Enten*) in der Vorderwand der Kloake kräftig entwickelt, sonst rudimentär oder gar nicht vorhanden. Da bei den Vögeln gleichwohl eine Begattung stattfindet, werden die großen dotterreichen Eier (das „Gelbei“ des „Vogeleies“) schon in den Eileitern befruchtet (Fig. 103). Indem sie langsam die letzteren passieren, werden sie durch Drüsen der ausgeweiteten Eileiterwand mit Umhüllungen versehen, zunächst mit einer dicken Lage von Eiweiß (*zw*), dann mit der Schalenhaut (*ism* und *sm*), welche aus zwei aneinander schließenden und nur am abgerundeten Eipol durch die Luftkammer (*ach*) getrennten Blättern besteht. Dazu kommt schließlich im Uterus noch die den Abschluß bildende Kalkschale (*s*). Während der Wanderung durch die Ausführwege spielen sich die ersten Entwicklungsvorgänge, Furchung und Gastrulation, ab, welche bei der Eiablage in Stillstand geraten und

Gefäßsystem.

erst wieder von neuem beginnen, wenn die Eier der zur Entwicklung nötigen Wärme, meist durch Bebrütung, ausgesetzt werden.

Nerven-
system.
Sinnes-
organe.

Die Sorge für die junge Brut, das mit der Begattung im Zusammenhang stehende Geschlechtsleben und die durch das Flugvermögen bedingte komplizierte Lebensweise haben bei den Vögeln zu einer den *Reptilien* weit überlegenen Intelligenz geführt, die in der besseren Ausbildung des Hirns und der Sinnesorgane ihren Ausdruck findet. Am Hirn (Fig. 553) ist das Kleinhirn (*HH*) als das Zentralorgan für die Koordination, das harmonische Ineinandergreifen der Körperbewegungen, ganz auffallend stark ausgebildet. Entsprechend groß sind auch die Großhirnhemisphären (*VH*), deren Stirnlappen den Lobus olfactorius (*Lol*), deren Schläfenlappen außer dem Zwischenhirn auch das Mittelhirn zu bedecken beginnen. Dem komplizierten Stimmapparat entspricht ein ausgezeichnetes Gehör, weil am Labyrinth die Schnecke (Lagena) eine bedeutende Vergrößerung erfahren hat, und weil der schalleitende Apparat (Trommelhöhle, die untereinander verschmolzenen Ohrtrompeten, Columella

Fig. 553.

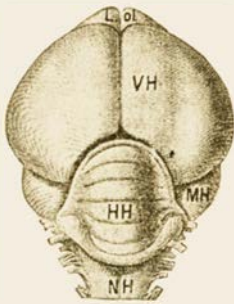


Fig. 553. Hirn der Taube (aus Wiedersheim). *Lol* Lobus olfactorius, *VH* Vorderhirn, *MH* Mittelhirn, *HH* Kleinhirn, *NH* Nachhirn.

Fig. 554.

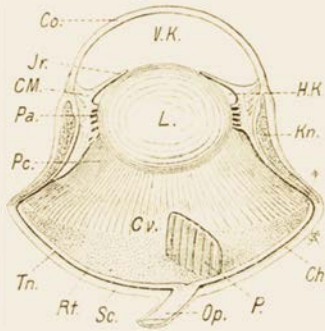


Fig. 554. Auge einer Ente (nach Soemmering und Franz). *Co* Cornea, *VK* vordere Augenkammer, *Kn* Scleralknochen, *Cm* Ciliarmuskel, *Pc* Processus ciliares, *Ir* Iris, *Sc* Sclera, \ddagger Scleralknochen, *L* Linse, *Pa* Ligamentum pectinatum, *Ch* Chorioidea, *Cv* Glaskörper, *P* Pecten, *Rt* Retina, *Tn* Tapetum nigrum, *Op* Opticus.

und Trommelfell) vorzüglich ausgebildet ist; auch die ersten Andeutungen einer Ohrmuschel und eines äußeren Gehörganges durch Versenken des Trommelfelles in die Tiefe sind schon gegeben. Um den durch das Flugvermögen bedingten weiten Entfernungen gewachsen zu sein, ist die Sehschärfe der meisten Vögel eine ganz außergewöhnliche.

Im übrigen erinnert das Auge (Fig. 554) an das der *Reptilien* durch Fortbil-

dung von Einrichtungen, welche schon bei diesen bestehen. Solche sind der Scleralring, ein Ring von Knochenplatten, welche im vorderen Abschnitt des Auges die Sclera stützen (*kn*), und der Pecten (*P*) oder Kamm, eine in den Glaskörper vorragende, mit Längsfalten bedeckte pigmentierte Wucherung der Retina, welche aus blutgefäßreichem Stützgewebe (Glia) besteht. Auch die Einstellung des Auges (Akkommodation) für die Nähe erfolgt wie bei den *Reptilien*, indem die vordere Wand der Linse durch einen auf ihre Peripherie ausgeübten Muskeldruck hervorgewölbt wird. Hierzu dienen starke Ringmuskeln in der Iris, während der Cramptonsche Muskel (*Cm*) nur den Zweck haben soll, eine Entspannung des umgebenden Gewebes herbeizuführen. Geschützt wird das Auge durch untere und obere Augenlider, vor allem durch eine durchsichtige Nickhaut.

Biologie
der Vögel.

Bei den Vögeln herrscht ein lebhafter Wettbewerb um die Weibchen, besonders bei den polygamen Arten. Zur Zeit der Fortpflanzung suchen

die Männchen die Gunst der Weibchen zu gewinnen, sei es durch auffallende Bewegungen (Balzen des *Auerhahns*), sei es durch Gesang (*Singvögel*), sei es endlich durch Pracht des Gefieders (*Paradiesvögel*). Alle diese Eigentümlichkeiten sind auf das männliche Geschlecht beschränkt und führen meist zu einem auffallenden Dimorphismus von Männchen und Weibchen. Die Unterschiede der Befiederung steigern sich gewöhnlich beim Eintritt der Geschlechtstätigkeit, indem das Männchen das brillanter gefärbte Hochzeitskleid erhält. Man spricht dann von einer Frühjahrsmauser; dieselbe ist jedoch vornehmlich durch eine Umfärbung der vorhandenen Federn bedingt; wenn ein Wechsel von Federn eintritt, betrifft derselbe nur einen Teil des Gefieders. Die Rückkehr zum Alltagskleid wird nach Beendigung der Fortpflanzung durch einen allgemeinen Wechsel der Federn, durch die allen Vögeln zukommende Herbstmauser, bewirkt. Wenn zumeist beim Weibchen die Färbung des Gefieders schlicht und unscheinbar ist, so hat das seinen besonderen Grund noch in der vom Weibchen ausgeübten Brutpflege, während deren die Tiere durch unauffällige Färbung vor Störungen durch Feinde möglichst geschützt sein müssen. Nur selten wird die Erwärmung, deren die abgelegten Eier zur Weiterentwicklung bedürfen, äußeren Einflüssen überlassen, den Sonnenstrahlen, welche den Sand, in dem die Eier vergraben sind, erwärmen, oder der Temperatursteigerung, welche in faulenden Blätterhaufen durch Gärung entsteht (*Scharrhühner*). Regel ist, daß beide Geschlechter gemeinsam ein Nest bauen, welches bei den *Webervögeln* mit besonderer Kunstfertigkeit — ab und zu bei sozialen Formen unter einem gemeinsam erbauten Dach — errichtet wird. Wenn genügend Eier beisammen sind, bebrütet sie das Weibchen, seltener auch das Männchen, zu welchem Zweck sich oft durch Ausfallen der Federn nackte, zur Erwärmung geeignete Hautstellen, die Brutflecken, ausbilden. Beim Verlassen der Eischalen sind viele Vögel, wie *Hühner* und *Euten*, so weit entwickelt, daß sie frei umherlaufen und unter Leitung der Mütter sich ihr Futter selbst suchen können. Man nennt sie *Nestflüchter* (*Autophagen*) im Gegensatz zu den *Nesthockern* (*Insessores*), welche fast nackt oder mit unvollkommenem Federkleid aus dem Ei auskriechen und daher auf die Wärme des Nestes, auf Schutz und Fütterung durch die Eltern angewiesen sind.

Von großem Interesse in den Lebensverhältnissen der Vögel sind schließlich ihre periodischen Wanderungen. Man unterscheidet Standvögel, welche sich dauernd auf die engste Umgebung beschränken, Strichvögel, welche, um sich zu ernähren, ausgedehnte Beutezüge unternehmen, Wander- oder Zugvögel, welche beim Herannahen des Winters in Scharen meist auf bestimmten Zugstraßen weite Wanderungen nach Süden antreten und ein wärmeres Klima aufsuchen. Die bei uns einheimischen Arten ziehen dann nach den Mittelmeerländern, vielfach sogar in das Innere von Afrika; dafür können ihren Platz bei uns nordische Formen einnehmen. Wenn auch diese Massenwanderungen jetzt Äußerungen eines von äußeren Bedingungen unabhängigen Instinkts geworden sind, so sind sie von Haus aus sicherlich ebenfalls durch das Nahrungsbedürfnis verursacht. Die Vögel können sich der Schädigung durch den während des Winters herrschenden Mangel an Nahrung (namentlich an Insekten und Früchten) nicht so leicht wie *Reptilien* und *Amphibien* durch den Winterschlaf entziehen, weil ihre gesteigerte Intelligenz und ihre energischeren Lebensprozesse einen lebhafteren Stoffwechsel und fortlaufende Ernährung nötig machen. Wie die *Säugetiere*, sind die Vögel im Gegensatz zu den poikilothermen oder wechselwarmen („kaltblütigen“) *Reptilien*, *Amphibien* und *Fischen*

ausschließlich Warmblüter (idiotherm, eigenwarm); sie bewahren unter dem mannigfachen Wechsel der äußeren Temperaturen ihre 38—40° (vielleicht sogar bis 44° C) betragende Körperwärme (S. 102).

Systematik.

Bei der Systematik der Vögel hat man lange Zeit sich auf äußere, durch Anpassung an die Lebensbedingungen hervorgerufene Merkmale gestützt. Genauere anatomische Untersuchung hat dann gezeigt, daß dieses System den natürlichen Verwandtschaftsverhältnissen der Familien nicht entspricht, ohne daß es aber gelungen wäre, auf diesem Wege die Klasse in eine kleinere Anzahl leicht charakterisierbarer natürlicher Ordnungen einzuteilen. Für ein Lehrbuch empfiehlt es sich daher, das alte System beizubehalten und darauf hinzuweisen, wo es mit den Ergebnissen der anatomischen Untersuchung im Widerspruch steht.

I. Unterklasse. Ratiten, Cursores, Laufvögel.

Unter dem Namen „*Ratiten*“ faßt man mehrere, anatomisch sehr verschiedenartige Familien zusammen, welche darin übereinstimmen, daß die Federn weder die gesetzmäßige Anordnung in Federfluren besitzen, noch die Differenzierung in Dunen und Conturfedern; die Rami schließen infolge des Mangels der Radioli nicht zu einem Vexillum zusammen. Da die Federn somit zum Fliegen nicht brauchbar sind, fehlen die meisten durch das Flugvermögen bedingten Einrichtungen. Es fehlt die Crista sterni und die Furcula, da die Schlüsselbeine rudimentär (*Dromaeus*) oder als selbständige Knochen nicht mehr vorhanden sind (die übrigen *Ratiten*). Die vorderen Extremitäten sind klein; nur wenige Knochen sind pneumatisch. Um so kräftiger sind die Laufbeine (Fig. 555 f), die eine rasche und ausdauernde Fortbewegung auf der Erde ermöglichen. — Da sich immerhin manche durch das Flugvermögen bedingte Einrichtungen (Verwachsung der Handknochen und öfters auch der Schwanzwirbel, Anordnung der Flügelmuskel) vorfinden, ist es sehr wahrscheinlich, daß die *Ratiten* aus den *Carinaten* durch Rückbildung des Flugvermögens hervorgegangen sind. Die anatomischen Unterschiede der einzelnen Familien lassen sogar vermuten, daß sie sich an verschiedenen Stellen vom Grundstock der *Carinaten* abzweigt haben und somit keine einheitliche blutsverwandte Gruppe darstellen.

I. Gruppe. Straußartige Vögel (mit langem Humerus): *Struthioniden*, zweizehige Strauße, *Struthio camelus* L., afrikanischer Strauß; *Rheiden*, dreizehige Strauße. *Rhea americana* L., Nandu. — II. Gruppe. Kasuarartige, dreizehige Vögel (mit kurzem Humerus und Doppelfedern): *Dromaeiden* ohne helmartigen Knochenauffatz des Schädels, *Dromaeus Novae Hollandiae* Lath., neuholländischer Strauß; *Casuariden* mit Helmaufsatz, *Casuarus casuarius* L., Helmkasuar Neuguineaus. — III. Gruppe. Apteryxartige Vögel: *Apterygiden* mit langem Schnepfenschnabel, rudimentärem Armskelett, mit vier Zehen, *Apteryx australis* Shaw Kiwi, Neuseeland; *Dinornithiden*, dreizehig, Armskelett nicht bekannt; meist riesige, bis 3,5 m hohe, schwerfällige Vögel Neuseelands, die jetzt ausgestorben zu sein scheinen, jedenfalls aber noch mit dem Menschen gleichzeitig gelebt haben. *Dinornis giganteus* Ow., Moa. Vielleicht reihen sich hier auch die Riesenvögel von Madagaskar, die *Acpyornithiden*, an (Knochenreste und 8 l fassende Eier wurden im Schwemmland gefunden).

II. Unterklasse. Carinaten.

Der Name der zweiten Unterklasse bezieht sich auf die Anwesenheit der Carina oder Crista sterni, deren Ausbildung mit dem die meisten

Carinaten auszeichnenden Flugvermögen zusammenhängt. Dazu kommen als weitere Merkmale die kräftigen Schwung- und Steuerfedern im Flügel und im Schwanz und die Verwachsung der Schlüsselbeine zur Furcula. Indessen gibt es vorzügliche Flieger, deren Crista nur wenig hervorragt (größere Raubvögel und Sturmvögel); bei manchen schlecht fliegenden „Carinaten“ schwindet die Carina fast ganz (*Strigops*). Ebenso ist die Furcula nicht immer ausgebildet, sei es, daß die Schlüsselbeine nicht verwachsen sind (viele *Papageien* und *Tukane*), sei es, daß sie ganz fehlen (*Mesites*). Die Schwungfedern der Flügel können endlich bei manchen Carinaten ebenfalls ungebildet sein, wie sie z. B. bei den nicht fliegenden, gleichwohl mit starker Carina ausgerüsteten *Pinguinen* die Gestalt kleiner Schuppen angenommen haben, so daß sich die Grenzen von Ratiten und Carinaten stellenweise verwischen.

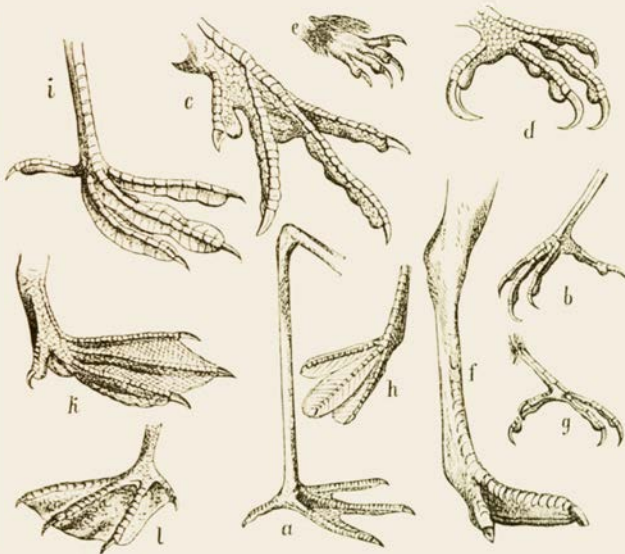


Fig. 555. Verschiedene Fußformen der Vögel (aus Schmarada). a Watbein mit doppelt geheftetem Fuß eines Storches, b Spaltfuß der Drossel, c Wandelfuß eines Fasans, d Sitzfuß eines Falken, e Klammerfuß der Mauerschwalbe, f Lauffuß des Straußes, g Kletterfuß eines Spechtes, h Spaltschwimmfuß vom Steißfuß, i Watbein und Lappenfuß eines Wasserhuhns, k Schwimmfuß der Ente, l Ruderfuß des Tropikvogels.

I. Ordnung. Gallinaceen, Rasores, Hühner. Die hühnerartigen Vögel sind Nestflüchter von gedrungenem Körper und mit gut, aber nicht in einseitiger Weise ausgebildeten vorderen und hinteren Extremitäten, so daß die Tiere gut laufen und leidlich fliegen können. An den Füßen sind drei Zehen nach vorn gewandt und an der Basis meist durch eine Bindehaut verbunden (Gang- oder Wandelfüße, Fig. 555c); die nach rückwärts stehende erste Zehe ist etwas höher eingelenkt, meist auch kleiner; über ihr findet sich beim Männchen häufig der Sporn, ein hornbedeckter Fortsatz des Laufknochens; die Krallen sind wenig gekrümmt, abgeplattet, zum Scharren geeignet. Der Oberschnabel greift mit seinen Rändern über den Unterschnabel über, ist an seiner Spitze nach abwärts gebogen und in der Regel nicht so lang wie der Kopf. Nackte, blutgefäßreiche Stellen sind meist am Kopf vorhanden und zu Lappen ausgewachsen, besonders bei dem durch stattliches Gefieder ausgezeichneten Männchen.

Polygam sind die *Phasianiden*: *Phasianus colchicus* L., Fasan, *Pavo cristatus* L., Pfau, *Gallus gallus* L. (*bankiva* Temm.), von den Sundainseln stammend, Stammform des Haushuhns, *Meleagris gallopavo* L., Truthuhn. Teils poly-, teils monogam sind die *Tetraoniden* oder Feldhühner: *Tetrao urogallus* L., Auerhuhn, *T. tetrix* L., Birk- oder Spießhuhn, *Perdix perdix* L., Rebhuhn, *Lagopus mutus* Montin, Alpenschneehuhn. Durch gutes Flugvermögen zeichnen sich die *Pteroclididen* aus: *Syrnhaptes paradoxus* Pall., Steppenhuhn. In zusammengescharrten Misthaufen verbergen ihre Eier die *Megapoditen*: *Megapodius Dupereyi* Less. et Garn., Neuguinea. Die früher ebenfalls hierher gerechneten *Tinamididen* gelten unter den recenten Vögeln für die primitivsten.

II. Ordnung. Columbinen, Tauben. Von den Hühnern unterscheiden sich die Tauben leicht durch schlankeren Körperbau, kürzere Beine, deren Zehen der Bindehaut entbehren (Spaltfüße), und längere, einen vorzüglichen Flug ermöglichende Flügel. Vor allem aber sind sie Nesthocker. Ihr Schnabel besitzt zwei die Nasenöffnungen bedeckende, von weicher Haut überzogene Auftreibungen. Der an der Speiseröhre vorhandene Kropf liefert ein milchiges Sekret, welches zum Atzen der Jungen dient. Am verbreitetsten sind die *Columbiden*, welche besonders in den Tropen durch zahlreiche, prächtig gefärbte Arten vertreten sind. Die Rassen unserer Haustaube stammen nach Darwin von der *Columba livia* L., der blaugrauen Felstaube ab. Verwandte der Tauben sind die Zahntauben (*Didunculus strigirostris* Jard.). In die Nähe der Tauben werden gewöhnlich auch die *Dronten* gestellt, Vögel, welche, der eine gegen Ende des 17., der andere im 18. Jahrhundert ausgerottet worden sind: *Didus ineptus* L. auf St. Mauritius und *D. (Pezophaps) solitarius* Gm. auf Rodriguez.

III. Ordnung. Natatores, Schwimmvögel. Durch ihre Neigung zum Wasseraufenthalt stimmen zahlreiche im Bau sehr erheblich unterschiedene Familien überein. Man nennt sie Schwimmvögel, weil sie mit Hilfe ihrer durch Schwimmhäute verbundenen Zehen geschickt schwimmen und tauchen. Entweder sind alle vier Zehen durch Schwimmhäute verbunden — Ruderfuß (Fig. 555 *l*) — oder nur die drei vorderen — Schwimmfuß (*k*) — oder die vorderen Zehen sind einzeln für sich von Schwimmhäuten eingefasst — Spaltschwimmfuß (*h*). Ergeben sich somit schon im Bau der Füße Unterschiede, welche einer näheren Verwandtschaft der Familien widersprechen, so wird letztere weiterhin zweifelhaft gemacht durch die verschiedene Beschaffenheit von Flügel und Schnabel.

1. *Lamellirostres (Anseriformes)*. Die drei Vorderzehen durch eine Schwimmhaut verbunden (Schwimmfuß); Schnabel bis auf die harte Spitze („Nagel“) weichhäutig, seine Ränder mit queren, hintereinander gestellten Hornblättchen bedeckt; die Tiere „grundeln“ und nähren sich von Pflanzen und kleinen Tieren. *Anas boschas* L., Wildente, Stammform der Hausente, *Somateria mollissima* L., Eiderente; *Anser anser* L., Wildgans, Stammform der Hausgans, *Cygnus olor* Gm., Höckerschwan.

2. *Longipennes*, räuberische Vögel mit kräftigem Schnabel, Schwimmfüßen und langen, einen schnellen Flug ermöglichenden Flügeln. *Procellariiden (Tubinares)*, Sturmvögel: *Diomedea exulans* L., Albatros; *Lariden*, Möven, im Bau den *Charadriiformes* verwandt: *Larus ridibundus* L., Lachmöve, *L. canus* L., Sturmmöve, *Sterna hirundo* L., Seeschwalbe.

3. *Pygopodes* und *Urinatores*. Vögel mit kleinen, zum Teil zu Rudern rückgebildeten Flügeln und aufrechter Körperhaltung, welche durch die Verlagerung der Beine nach rückwärts bedingt ist. Mit Schwimm-

füßen ausgerüstet, im inneren Bau aber voneinander sehr verschieden sind die ausschließlich arktischen, den Möven verwandten *Alciden* (*Alca impennis* L., im Laufe des 19. Jahrhunderts auf Island ausgerottet) und die ebenso ausschließlich antarktischen *Impennes* (*Aptenodytes patagonica* Forst., Pinguin, Fig. 556). Den Alken schließen sich die *Colymbiformes* an, sie haben zum Teil Schwimmfüße (*Colymbus arcticus* L.), zum Teil Spaltschwimmfüße (*Podiceps cristatus* L., Fig. 555 h).

4. *Steganopodes*, alle vier Zehen nach vorn gewandt und durch Schwimmhäute verbunden (Ruderfüße); *Pelecanus onocrotalus* L., *Phalacrocorax carbo* L., Kormoran, *Fregatta aquila* L., Fregattvogel. Die Gruppe zeigt einerseits zu den *Colymbiformes*, andererseits zu den *Ciconiformes* Verwandtschaft.

IV. Ordnung. Grallatores, Watvögel. Die Watvögel sind ihrem Aufenthaltsort, sumpfigen Gegenden und Ufern von Seen, Teichen und Flüssen, vortrefflich angepaßt, indem die Laufknochen ihrer Beine stark verlängert und die Federn weit bis auf die Unterschenkel aufwärts durch Hornschienen ersetzt sind (Stelzbeine, Fig. 555 a). In Korrelation damit steht die auffallende Verlängerung von Hals und Schnabel.

Derselbe Habitus hat sich bei drei anatomisch sehr verschiedenen Gruppen ausgebildet. Die eine Gruppe (*Ciconiformes*), ausgezeichnet durch große Schnäbel mit starker Hornbekleidung, wird gebildet von den *Ardeiden*, Reihern: *Ardea cinerea* L., Fischreiher, *Botaurus stellaris* L., Rohrdommel, *Ibis aethiopica* Lath., und von den *Ciconiiden*: *Ciconia ciconia* L., Storch, *Leptoptilus crumeniferus* Less., Marabu. Hier schließt sich an, den *Lamellirostres* ähnelnd, *Phoenicopterus ruber* L., Flamingo. — Die zweite Gruppe (*Gruiformes*) mit relativ kurzem Schnabel, besteht aus den 1. *Gruiden*, Kranichen: *Grus grus* L.; 2. Ralliden, Wasserhühnern: *Crex crex* L., Wachtelkönig; 3. *Allectoriden*, Hühnerstelzen: *Otis tarda* L., Trappe. — Die dritte Gruppe, die *Charadriiformes* (mit langem, dünnem Schnabel) wird nach ihrem Bau mit den *Alciden* und *Lariden* vereinigt: *Vanellus vanellus* L., Kiebitz, *Scolopax rusticola* L., Waldschnepfe, *Gallinago media* Frisch, Bekassine, *G. gallinula* L., Moorschnepfe.

V. Ordnung. Scansores, Klettervögel. Alle Klettervögel sind leicht an ihren Kletterfüßen zu erkennen, an denen zwei Zehen (zwei und drei) nach vorn, zwei Zehen (eins und vier) nach rückwärts gewandt sind (Fig. 555 g). Trotzdem weisen der verschiedene Bau und Habitus der unter gemeinsamem Namen zusammengefaßten Formen darauf hin, daß die Zusammenfassung nicht auf Blutsverwandtschaft beruht.

1. *Psittaci, Papageien.* Buntgefärbte, meist tropische Vögel, mit kurzem, aber hohem, gedrungenem, stark gekrümmtem Schnabel, mit fleischiger Zunge. Außer den Kakadus (*Cacatua moluccensis* Gmel), den Sittichen (*Melopsittacus undulatus* Shaw) und den kurzschwänzigen Papageien (*Psittacus erithacus* L.) sind als abweichende Formen die Nachtpapageien



Fig. 556. *Aptenodytes patagonica* (aus Brehm).

zu nennen (*Strigops habroptilus* Gray). 2. *Cuculi*, *Coccyges*, Kuckucke. Schnabel leicht gebogen oder gerade, äußere Zehe meist eine Wendezehe. *Cuculus canorus* L., Kuckuck. 3. *Picarien*, Specht. Mit geradem, konischem langem Schnabel und langer, vorstreckbarer Zunge. *Picus viridis* L., Grünspecht, *P. (Dendrocopus) maior* und *minor*, Buntspechte, *P. martius* L., Schwarzspecht. Den Spechten sind nahe verwandt die *Ramphastiden*, die Tukane Südamerikas.

VI. Ordnung. Passeres. Die Ordnung der Passeres ist die umfangreichste Gruppe des Vogelsystems; sie enthält ausschließlich Nesthocker, meist von geringer Körpergröße, mit zierlichen, bis auf die Fersen hinab befiederten Beinen, mit stark verhorntem Schnabel ohne Wachshaut. Von den drei nach vorn gewandten Zehen sind die beiden äußeren miteinander verwachsen (Wandelfüße) oder sie sind bis an den Grund getrennt (Spaltfüße, Fig. 555 b). Bei einem Teil der Arten, welche dann meist, wenn auch nicht immer, durch große Sangeskunst im männlichen Geschlecht ausgezeichnet sind, finden sich besondere Muskeln des Syrinx, welche sonst bei Vögeln nicht vorkommen. Man nennt sie daher Singvögel oder *Oscines*, im Gegensatz zu den übrigen Passeres, den Schreivögeln oder *Clamatores*. Beide Gruppen unterscheiden sich voneinander auch dadurch, daß die Singvögel eine große, freibewegliche Hinterzehe mit besonders großer Kralle haben.

I. Unterordnung. *Oscines*. Alle unsere Singvögel gehören hierher: die *Fringilliden*, Finken: *Fringilla coelebs* L., Buchfink, *F. carduelis* L., Stieglitz, *F. cannabina* L., Hänfling, *Passer domesticus* L., Sperling; *Alaudiden*, Lerchen: *Alauda arvensis* L., *Muscicapiden*, Fliegenfänger; *Sylvia atricapilla* L., Mönch; *Turdus merula* L., Amsel; *Luscinia luscinia* L., Sprosser; *L. megarhyncha* Brehm Nachtigall; *Hirundiniden*, echte Schwalben: *Hirundo rustica* L.; *Pariden*, Meisen, *Motacilliden*, Bachstelzen, außerdem aber auch die rabenartigen Vögel, *Corviden*: *Corvus frugilegus* L., Saatkrähe, denen die durch Geschlechtsdimorphismus ausgezeichneten Paradiesvögel, *Paradiseiden*, sehr nahe stehen: *Paradisea apoda* L.

II. Unterordnung. *Clamatores*, Schreivögel. Hinterzehe schwach, nicht selbständig beweglich, Muskulatur des Syrinx einfach. Vielfach werden hierher nur einige vorwiegend in Südamerika entwickelte Gruppen gestellt, die *Cotingiden* und *Tyranniden*, ferner die *Menuriden* oder Leierschwänze Australiens. Früher dagegen fanden unter den *Clamatores* noch zahlreiche einheimische Vögel Platz, welche jetzt abgelöst werden und als *Cypselomorphen* oder *Coraciformes* zusammengefaßt und mit den *Eulen* und *Spechten* vereint werden: *Cypseliden*, Mauerschwalben, mit Klammerfüßen (Fig. 555 e): *Cypselus apus* L. (nahe verwandt die *Trochiliden* oder *Colibris*); *Caprimulgiden*, Nachtschwalben, Ziegenmelker; *Alcediniden*, Eisvögel: *Alcedo ispida* L., der Fischbrut schädlich (ihnen nahe verwandt sind die tropischen *Bucerontiden*, Nashornvögel).

VII. Ordnung. Raptatores, Raubvögel. Die Raubvögel sind muskelstarke Vögel von meist ansehnlicher Körpergröße. Ihre oft bis an das untere Ende der Laufknochen befiederten Füße haben vier kräftige, mit starken Krallen bewehrte Zehen, von denen drei nach vorn gewandt und meist an der Basis durch eine kurze Bindehaut verbunden sind (Sitzfüße, Fig. 555 d). Am kräftigen Schnabel springt der an der Spitze hakenförmige Oberschnabel hervor. Nach ihrem Bau setzen sich die Raubvögel aus zwei in keiner Verwandtschaft zueinander stehenden Gruppen zusammen.

I. Unterordnung. *Diurni*, *Falconiformes*, *Tagraubvögel*, schlanke, den *Ardeiden* nahe verwandte Tiere mit dicht anliegendem Gefieder, von

außergewöhnlicher Sehschärfe. *Cathartae*, Westgeier mit weichen Lappen am Kopf: *Sarcorhamphus gryphus* L., Kondor. *Vulturiden*, Ostgeier mit kahlen oder flaumbedeckten Stellen an Hals und Kopf und mit langem Schnabel: *Vultur monachus* L., Mönchsgeier, *Neophron percnopterus* Sav., ägyptischer Aasgeier. *Falconiden* mit gedrungenem Schnabel: *Gypaëtus barbatus* L., Lämmergeier, in seiner Erscheinungsweise noch an Geier erinnernd, *Aquila chrysaëtus* L., Steinadler, *A. imperialis* Bechst., Kaiseradler, *Buteo buteo* L., Bussard, *Falco gyrfalco* L., Edelfalk, *Astur palumbarius* L., Habicht.

II. Unterordnung. *Nocturni*, *Nachtraubvögel*. Gedrungene Tiere mit weichem, locker abstehendem Gefieder, großen, von einem Kranz von Federn (Schleier) umstellten, nach vorn gewandten Augen; sie stehen anatomisch den *Caprimulgiden* (*Coraciformes*) näher als den Tagraubvögeln. *Bubo bubo* L., Uhu; *Syrnium aluco* L., Waldkauz, *Athene noctua* Retz, Steinkauz, *Strix flammea* L., Schleiereule.

III. und IV. Unterklasse. Saururen und Odontornithes.

Die Beziehungen der Vögel zu den Reptilien haben durch paläontologische Funde wesentliche Klärung erfahren, indem zwei jetzt nicht mehr existierende Gruppen, die zahntragenden Vögel oder *Odontornithes* und die *Saururen*, entdeckt wurden. Die aus der Kreideformation stammenden *Odontornithes* haben im Ober- und Unterkiefer Zähne, welche in einer gemeinsamen Rinne oder in Alveolen eingepflanzt sind; sie müssen in zwei Gruppen aufgelöst werden, die *Hesperornithiden* oder *Odontolcen* (*Hesperornis regalis* Marsh), welche sich den Ratiten anschließen, und die mit einer Carina ausgerüsteten *Ichthyornithiden* oder *Odontotormen* (*Ichthyornis dispar* Marsh). Noch wichtiger als die zahntragenden Vögel ist die in zwei Exemplaren aus den Solenhofener Schiefen (Jura) bekannte, ebenfalls bezahnte *Archaeopteryx lithographica* v. Meyer, bei welcher die Carpalien und Metacarpalien der Flügel noch nicht verwachsen, die drei Finger wohlentwickelt und mit Krallen bewaffnet waren und die Schwanzwirbelsäule, trotzdem sie zwei Reihen von Federn trug, wie bei einer Eidechse aus 20 langgestreckten Wirbeln bestand (Fig. 6). *Archaeopteryx* und *Ichthyornis* besaßen amphicöle Wirbel.

VII. Klasse.

Mammalien, Säugetiere.

Unter den Wirbeltieren und demgemäß im gesamten Tierreich nehmen die Säugetiere die höchste Stufe der Entwicklung ein; sie verdienen weiterhin unser besonderes Interesse, weil zu ihnen nach Bau und Entwicklung der *Mensch* gehört, wenn er auch seiner Intelligenz nach selbst von den höchst organisierten Arten durch eine weite Kluft getrennt wird.

Die auffälligsten Merkmale zur Charakteristik der Klasse liefert auch hier wieder die Beschaffenheit der Haut. Man kann mit Oken die Säugetiere Haartiere nennen, weil für sie die Haare ebenso charakteristisch sind wie für die Vögel die Federn. Die Haare (Fig. 557 H) sind Horngebilde, welche auf Papillen der Lederhaut sitzen und von den Blutgefäßen derselben ernährt werden; sie sind mit ihrem unteren Ende, der Haarwurzel, in eine Einsenkung der Haut, den Haarbalg, eingelassen und sind hier von einer doppelten Umhüllung umgeben, der epithelialen

Haut,
Haare.

Wurzelscheide, einer Einsekung der Epidermis, und einer bindegewebigen Lage, der Balgscheide. Kleine Muskelchen können sich an die Basis der größeren Haare befestigen und dieselben aufrichten. Da Seitenäste fehlen, ist der Aufbau des Haares einfacher als der der Feder und ebenso die Verschiedenartigkeit der Formen geringer. Durch spirale Einrollung ausgezeichnet sind die dünneren Wollhaare, gerade gestreckt die Grannenhaare; letztere werden bei zunehmender Dicke Spürhaare oder Vibrissen (an der Oberlippe vieler Säugetiere), Borsten (Schweine) und Stacheln (Igel und Stachelschwein) genannt. Im Pelz vieler *Säugetiere* findet man zweierlei Haare, feine, den dichten Untergrund bildende Woll- und darüberliegende Grannenhaare. Ferner können manche Grannenhaare durch besondere Größe, Färbung, vor allem durch frühzeitige Entstehung von den übrigen unterschieden sein; sie werden Leithaare genannt, weil sie, in regelmäßigen Abständen gestellt, Mittelpunkte bilden, um welche sich die übrigen Haare gruppieren. Histologisch bestehen die Haare aus verhornten Zellen, welche bei dickeren Haaren und Stacheln in die Zellen der Mark- und Rindensubstanz geschieden sind; nach außen werden sie von einem Oberhäutchen, der uns von den Reptilien her schon bekannten Pseudocuticula, überzogen. Die Anwesenheit des Oberhäutchens bedingt bei den meisten Säugetieren eine periodische Erneuerung des Haares, bei welcher das alte Haar ausfällt und durch ein aus dem alten Balg (? ob auch von derselben Papille) hervorsprossendes neues Haar ersetzt wird. Abgesehen davon, daß gelegentlich einzelne Haare ausfallen, findet in der Regel ein einmaliger Haarwechsel nur im Frühjahr statt. Bei der Erneuerung werden die Wollhaare zunächst noch in ihren Follikeln zurückgehalten und wachsen erst im Herbst zur Bildung des Winterpelzes hervor. Ob allgemein ein der Mauser der Vögel vergleichbarer Haarwechsel im Herbst stattfindet, ist viel erörtert worden. Die Verfärbung, welche bei Tieren mit weißem Winterkleid eintritt, scheint in der Tat stets durch eine vollständige „Haarung“ bedingt zu sein. — Indem ihre Wurzeln von Nerven versorgt werden, dienen die Haare auch zu Sinnesempfindungen. Dies gilt besonders von den durch Reichtum an Nerven ausgezeichneten Spürhaaren, welche auch Sinushaare heißen, weil ihre Wurzeln von Blut sinus umgeben sind. — Außer den Haaren finden sich bei manchen Säugetieren, so besonders am Schwanz vieler *Nagetiere* und *Insektivoren*, noch echte Schuppen. Konstante Horngebilde sind die Bewaffnungen der Zehenspitzen; sie werden nach ihrer Gestalt als Krallen (Ungues), Hufe (Ungulae) und Nägel (Plattnägel, Lamnae) unterschieden (S. 483, Fig. 473).

Die alte Ansicht, daß die Haare der *Säugetiere* wie die Federn der *Vögel* den Schuppen der *Reptilien* entsprechen, hat viele Gegner gefunden, welche vielmehr annehmen, daß sie aus den Nervenendhügeln der *Amphibien* vielleicht auch aus eigentümlichen Sinnesorganen der *Reptilien* hervorgegangen sind, indem diese Sinnesorgane beim Übergang zum Landleben funktionslos wurden und verhornten. — Wenn Schuppen vorhanden sind, eigen die Haare eine regelmäßige Gruppierung um dieselben. Da eine derartige Gruppierung sich auch bei schuppenlosen Säugetieren, oft freilich nur beim Embryo, nachweisen läßt, scheint das Schuppenkleid eine von den Urmammalien vererbte Einrichtung zu sein, welche neben dem Haar- kleid bestand, bei den meisten Säugetieren aber verloren gegangen ist, was gegen die Homologie von Schuppen und Haaren sprechen würde.

Hautdrüsen. Ein weiteres Merkmal der Säugetierhaut ist ihr Drüsenreichtum. Mit einigen Ausnahmen (Wale, Sirenen u. a.) finden sich zweierlei Drüsen,

Talg- und Schweißdrüsen. Erstere sind acinöse Drüsen, welche mit Vorliebe in den Haarbalg münden und dem Haar die nötige Geschmeidigkeit verleihen (Fig. 557 *D*); letztere können ebenfalls in den Haarbalg münden, sind jedoch öfters von ihm unabhängig; sie sind einfache tubulöse Drüsen mit aufgeknäultem, hinterem Ende, welche ein flüssiges Sekret, den Schweiß, erzeugen (*SD*) und indem sie Abkühlung durch Verdunstung ermöglichen, für das Behaupten einer bestimmten Körpertemperatur (Homoiothermie) von großer Bedeutung sind. Unter dem Einfluß des Geschlechtslebens entwickeln sich die Drüsen, speziell die Talgdrüsen, an gewissen Stellen zu besonders energischer Tätigkeit und bilden ansehnliche Drüsenpakete und Drüsenbeutel: Viol-drüsen am Schwanz mancher *Carnivoren*, Klauendrüsen der *Wiederkäuer*, Brunstfeige am Kopfe der *Gemsen*, Moschusdrüsen und Bibergeildrüsen an der Vorhaut von *Moschustier* und *Biber* (Fig. 566). Die wichtigsten Modifikationen der Hautdrüsen sind jedoch vermöge ihrer allgemeinen Verbreitung und ihrer großen physiologischen Bedeutung die Milchdrüsen, welche das am meisten charakteristische Merkmal der Säugetiere bilden und daher auch den deutschen und wissenschaftlichen Namen der Klasse veranlaßt haben.

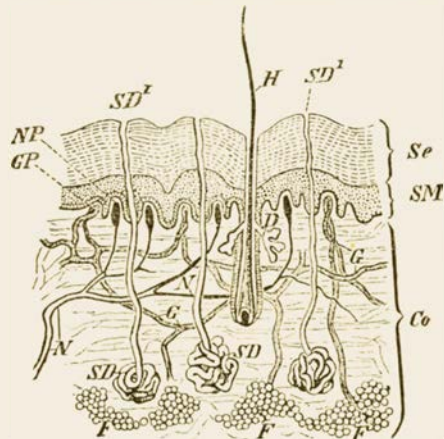


Fig. 557. Schnitt durch die Haut des Menschen (aus Wiedersheim). *Se* Stratum corneum, *SM* Stratum Malpighi, *Co* Corium, *F* subkutanes Fett, *NP* Nervenpapillen, *GP* Gefäßpapillen, *N* und *G* Nerven und Gefäße des Corium, *SD* Schweißdrüsen, *SD*¹ Ausführgänge derselben, *H* Haar mit Talgdrüsen *D*.

Die Milchdrüsen sind enorm entwickelte, verästelte und auch sonst modifizierte Schweißdrüsen; sie münden bei den *Monotremen* auf einer umschriebenen, behaarten Hautstrecke, dem Mammarfeld, und zwar wie die Balgdrüsen in die Haarbälge hinein. Diese Beziehungen zu Haaren lassen sich auch mit Sicherheit für die *Marsupialier*, andeutungsweise für die übrigen Säugetiere embryologisch nachweisen, gehen aber beim ausgebildeten Tier durch Rückbildung der Haare verloren. Bei den meisten *Marsupialiern* sinkt das Mammarfeld zur Mammartasche (Zitzentasche) ein, wird aber beim Sauggeschäft zur Zitze ausgestülpt, an deren Spitze die Milchdrüsen münden. Derartige ausgestülpte Mammartaschen (Fig. 558 *A*) sind auch die Brustwarzen vieler placentaler Säugetiere, z. B. des Menschen; sie sind — Warze nebst Areola mammae — gegen die angrenzende Haut durch einen Cutiswall abgesetzt. Bei Huftieren findet sich in der Milchdrüse der sogenannte Strichkanal (Fig. 558 *B*), welcher bei Pferden infolge von Verschmelzung zweier Milchdrüsenkomplexe verdoppelt ist; derselbe

Milchdrüsen.

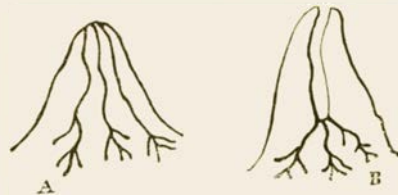


Fig. 558. *A* Zitze, *B* Zitze mit Strichkanal (aus Wiedersheim und Gegenbaur).

wurde früher als Mammartasche, jetzt aber allgemein als ein gemeinsamer Ausfuhrkanal der Milchdrüsen gedeutet. Die Zahl der Zitzen ist mindestens zwei, sie kann bei multiparen Tieren eine erheblich größere sein und 22 (*Centetes*) oder gar 27 (*Didelphys henseli*) betragen. Wenn so große Zahlen erreicht werden, liegen die Milchdrüsen meist in zwei (einer linken und einer rechten) von der Achselhöhle zur Inguinalgegend konvergierenden Längsreihen, welche auf früheren Entwicklungsstadien durch zwei epitheliale Verdickungslinien, die Milchleisten, vorgezeichnet sind. Hieraus erklärt sich, daß bei beschränkter Zahl die Milchdrüsen je nach den Arten achselbrust-, bauch- und inguinalständig sein können, daß ferner bei abnormer Vermehrung der Zahl (*Hyperthelie* des Menschen) die accessorischen Milchdrüsen dieser Reihenordnung folgen. Obwohl in beiden Geschlechtern vorhanden, treten die Milchdrüsen normalerweise nur im weiblichen Geschlecht in Tätigkeit und auch hier nur nach der Geburt der Nachkommenschaft, wenn zur Ernährung derselben das Drüsensekret, die Milch, nötig ist.

Skelett.
Schädel.

Ein Hautskelett ist nur bei wenigen Arten vorhanden, wie z. B. in Form festgefügtter Knochenplatten bei den Gürteltieren; dagegen zeigt das Achsenskelett zahlreiche, nur bei Säugetieren vorkommende Merkmale. Am Schädel treten die bei anderen Wirbeltierklassen besprochenen Knochen vielfach nur noch als Knochenkerne auf, welche frühzeitig mit benachbarten Kernen zu größeren Knochen verschmelzen. Wie das Schläfenbein lehrt, können hier sogar Teile von ganz verschiedener Herkunft, Teile des Visceralskeletts und der Schädelkapsel, vereinigt werden, so daß eine scharfe Trennung von Schädel und Visceralskelett nicht mehr durchführbar ist, wenn auch im allgemeinen die Unterscheidung von Hirn- und Gesichtsschädel dieser Trennung entspricht. Wir sind daher gezwungen, um nicht Engverbundenes auseinanderzureißen, bei der Schilderung des Schädels eine andere Einteilung als bisher zu befolgen, die Einteilung, welche uns die menschliche Anatomie an die Hand gibt.

Im hinteren Abschnitt des Säugetierschädels (Fig. 480—482) begegnen wir einem großen Knochen, dem Os occipitis, welcher durch einen doppelten Condylus occipitalis mit dem Atlas gelenkig verbunden ist und die vier uns von früher her bekannten, verschmolzenen, primären Knochen, die Occipitalia, außerdem aber noch einen gewöhnlich nur bei Säugetieren auftretenden Belegknochen, das Interparietale, enthält. Das Interparietale (*Ip*), streng genommen ein Knochenpaar, entsteht im Winkel zwischen den Parietalia und dem Supraoccipitale und liefert den obersten Teil der Hinterhauptschuppe. Nach vorn von ihm liegen in der Schädeldecke wie bei den übrigen Wirbeltieren: die Parietalia (bei manchen *Wiederkäuern* und *Nagern* mit dem Interparietale und dadurch auch mit dem Hinterhauptsbein verwachsen), die Frontalia und die Nasalia, wozu sich stets noch die Lacrymalia gesellen (Fig. 481, 482, 559 *pa, fr, na, la*). An der Schädelbasis setzt sich vorn an das Basisoccipitale das Keilbein, Os sphenoidum, an, welches bei vielen Säugetieren dauernd (Fig. 481), beim Menschen (Fig. 442) wenigstens embryonal in zwei Stücke getrennt ist, das vordere und das hintere Keilbein. Jedes dieser Stücke läßt sich entwicklungsgeschichtlich wieder in drei Teile zerlegen. Das hintere Keilbein besteht aus dem unpaaren Basisphenoid (*S β b*) (Körper) und den paarigen Alisphenoida (*Als*) (Alae temporales), das vordere aus dem Präspenoid (*Ps*) (Körper) und den Orbitosphenoida (*Ors*) (Alae orbitales). Vor dem vorderen Keilbein liegt ebenfalls dreiteilig das Ethmoid (*Eth*); das unpaare Mesethmoid bildet zwischen den beiden tief in den Knochen

eindringenden Nasenhöhlen eine knöcherne Scheidewand; die paarigen Exethmoidea liefern die Seitenwand der Nasenkapsel und durch komplizierte Faltungen ihrer Innenseite behufs Vergrößerung der Geruchschleimhaut die den Riechwülsten zugrunde liegenden Muscheln oder Conchae, zu denen sich als selbständiger Knochen das Os turbinale, die „untere Muschel“, gesellt.

Das zwischen die Knochen der Schädeldecke und der Schädelbasis seitlich eingekeilte Schläfenbein kann nur verstanden werden, wenn man es im Zusammenhang mit dem ersten und zweiten Visceralbogen betrachtet und zugleich von embryonalen Verhältnissen ausgeht (Fig. 559). Man findet dann als Grundlage des Knochens die knorpelige Gehörkapsel, die Anlage des Petrosum (Schläfenbeinpyramide *pe*), und, wie bei den übrigen Wirbeltieren an derselben befestigt, 1. den knorpeligen Kieferbogen: das Quadratum (*a*) und das Mandibulare (Meckelschen Knorpel) (*n—mk*), 2. den knorpeligen Zungenbeinbogen: Hyomandibulare (*st*) und Hyoid (*h*)

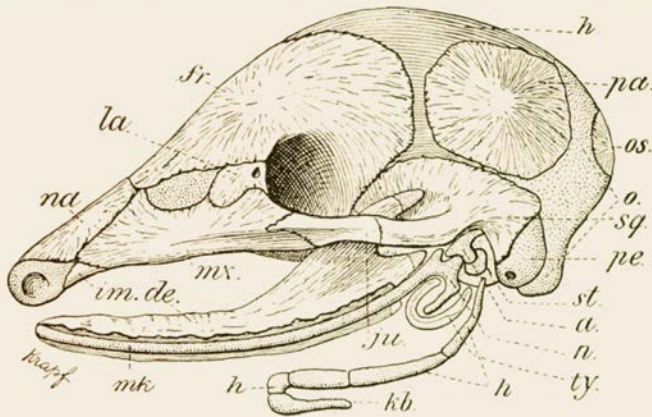


Fig. 559. Kopfskelett eines Embryo von *Tatusia hybrida* (nach Parker und Wiederheim); knorpeliges Primordialcranium punktiert, häutiges schraffiert (*h*). 1. Belegknochen: *na* Nasale (davor Nasenkapsel und Nasenöffnung), *la* Lacrymale, *fr* Frontale, *pa* Parietale, *im* Intermaxillare, *mx* Maxillare, *ju* Jugale, *sq* Squamosum, *de* Dentale. 2. Knorpel und primäre Knochen: *os* Occipitale superius, *o* Occipitalknorpel, *pe* Petrosum (Gehörkapsel), *a* Amboß (Quadratum), *n* Hammer (Articulare), *mk* Meckelscher Knorpel, *st* Steigbügel (Hyomandibulare), *h* Zungenbeinbogen, *kb* Rest der Kiemenbögen, *ty* Tympanicum.

(vgl. damit das Visceralskelett der Selachier, Fig. 510). Hierzu kommt der Belegknochen an der Basis des Quadratum, das Squamosum (*sq*), welches sich proportional der Reduktion des Quadratum vergrößert hat, und schließlich unterhalb des Squamosum der Annulus tympanicus (*ty*). Wenn nun Verknöcherung der knorpeligen Teile eintritt, so entsteht aus mehreren Knochenkernen ein einheitliches Petrosum; dasselbe verschmilzt meist mit dem Squamosum und häufig auch mit dem ringförmigen in manchen Ordnungen zu einer ansehnlichen Knochenkapsel (Bulla ossea) heranwachsenden Tympanicum. Petrosum und Squamosum einerseits, Tympanicum andererseits, umschließen einen Raum, die Trommelhöhle, in welcher die oberen Stücke der beiden Visceralbögen hineingeraten, um durch Verknöcherung zu den Gehörknöchelchen zu werden, das Hyomandibulare zum Stapes, das Quadratum zum Amboß (Fig. 495, 496). Die Art, wie nun der vordere Rand des Annulus tympanicus bei der Vereinigung mit

dem Squamosum und dem Petrosum die Glaser-Spalte, Fissura petrotympanica, bildet und dabei auf den Kieferbogen trifft, bringt es mit sich, daß auch das obere Ende des Mandibulare (*m*), welches dem Articulare der übrigen Wirbeltiere entspricht, in die Trommelhöhle eingeschlossen wird; bei der Verknöcherung liefert dasselbe den Hammer, während der untere Abschnitt, der „Meckelsche Knorpel“ (*mk*), gleichsam abgequetscht wird. Der Meckelsche Knorpel schwindet später; dagegen wächst sein Belegknochen, das Dentale (*dc*), so sehr heran, daß es allein den Unterkiefer darstellt, welcher nun mit dem Squamosum ein neues Kiefergelenk bildet. Dieses neue Kiefergelenk der Säugetiere liegt zwischen den Belegknochen des Quadratum und des Mandibulare, zwischen dem Squamosum und Dentale, wie das alte, jetzt zum Hammer-Amboßgelenk gewordene Gelenk zwischen den entsprechenden Primärknochen, Quadratknochen und Articulare. Physiologisch ist die neue schon bei den *Theriodontien* unter den *Reptilien* vorbereitete Gelenkbildung wohl so zu verstehen, daß die bei den *Säugetieren* erfolgende Vervollkommnung der Bezahnung einen festeren Anschluß des die Zähne tragenden Dentale an die Schädelkapsel erforderte. — Auch sonst tritt das Squamosum vikariierend für das Quadratbein ein, indem es sich mit dem vom Maxillare herkommenden, selten fehlenden Jochbein (*Os zygomaticum* s. *jugale*, *ju*) verbindet.

Die Zurückführung von Hammer und Amboß der *Säugetiere* auf Articulare und Quadratum der übrigen *Wirbeltiere* und die Lehre, daß das Kiefergelenk der ersteren dem Kiefergelenk der letzteren nicht homolog sei, ist wie in früheren Jahren so auch neuerdings wieder von einigen Morphologen lebhaft bekämpft worden, welche den funktionellen Ersatz eines so unentbehrlichen Gelenks durch ein anderes für unmöglich halten. Dieser Einwurf verliert an Bedeutung, wenn man annimmt, daß der Funktionswechsel durch einen Zustand angebahnt wurde, auf dem beide Gelenke gleichzeitig zum Kauen dienten.

Der untere Teil des Zungenbeinbogens (*h*), das bei den Teleostiern aus vier Stücken bestehende Hyoid, bleibt außerhalb der Trommelhöhle und verschmilzt mit seinem obersten Stück mit dem Petrosum, so daß dann der Körper des Zungenbeins bei vielen *Säugetieren* durch ein dreiteiliges mächtiges Vorderhorn (Fig. 559) an der Schädelbasis aufgehängt ist. Beim Menschen wird auch das zweite Stück als Processus styloideus mit dem Petrosum verbunden; der Rest des Hyoids wird hier mit Ausnahme des im Vorderhorn des Zungenbeins sich erhaltenden untersten Stücks in einen ligamentösen Strang (Ligamentum stylohyoideum) umgewandelt. Im Zungenbein der Säugetiere erhält sich schließlich noch ein Rest des ersten Kiemenbogens in den Hinterhörnern (*Cornua majora* des Menschen). Reste der übrigen Kiemenbögen bilden die Kehlkopfknorpel.

Wie das Quadratum (Amboß) im Vergleich zum gleichnamigen Knochen der übrigen Wirbeltiere an Größe ganz auffallend reduziert ist, so ist auch der vordere im Anschluß an das Palatoquadratum sich entwickelnde Abschnitt des Visceralskeletts, welcher die Knochen der Gaumenreihe, Vomer, Palatinum, Pterygoid, umfaßt, schwach entwickelt, besonders im Vergleich zu den davor liegenden, mächtigen Maxillarknochen. Zwischenkiefer (Praemaxillare oder Intermaxillare, *im*) und Oberkiefer (Maxillare, *mx*) — beide beim Menschen zu einem einheitlichen Oberkiefer verwachsen — bilden vermöge ihrer Ausdehnung einen ansehnlichen Teil des Gesichtsschädels und schicken nach rückwärts und einwärts die Gaumenfortsätze (Processus palatini) aus. Durch letztere werden die Knochen der Gaumen-

reihe eingengt; die Vomerer der beiden Seiten werden zu einem unpaaren, die Nasenscheidewand vervollständigenden, senkrecht gestellten Knochen zusammengepreßt, Palatina und Pterygoidea werden rückwärts verlagert. Das Palatinum beteiligt sich noch am harten Gaumen, das Pterygoid nur ausnahmsweise (*Cetaceen*, manche *Edentaten*); letzteres verliert meistens seine Selbständigkeit und schließt sich dem ihm am meisten benachbarten Knochen der Schädelbasis, dem Basisphenoid, an; genauer gesagt, es verschmilzt mit einem Fortsatz desselben, der Lamina externa des Processus pterygoideus, als die Lamina interna. Im hinteren Keilbein sind somit, wie im Schläfenbein, craniale und viscerale Teile vereint.

Die Wirbel der Säugetiere sind durch vollkommene Verknöcherung ausgezeichnet und untereinander durch Ligamenta intervertebralia, Bandscheiben aus Faserknorpel, verbunden. Stets sind die Halswirbel und die rippentragenden Brustwirbel voneinander unterschieden, meist auch — mit Ausnahme der *Cetaceen* — Lendenwirbel, Sacralwirbel und Schwanzwirbel. Auch die Variabilität in den für die einzelnen Regionen geltenden Zahlen ist eine beschränkte. Namentlich haben fast alle Säugetiere sieben Halswirbel (darunter Atlas und Epistropheus); nur ganz ausnahmsweise kommen neun (*Bradypus tridactylus*) oder sechs (*Choloepus Hoffmanni*, alle *Manatus*-Arten) vor. Bei der Bildung der Sacralwirbel muß man zwei Erscheinungen auseinanderhalten: 1. Verbindung der Wirbel mit dem Os ilium (echte Sacralwirbel), 2. Verschmelzung der echten Sacralwirbel untereinander und mit darauffolgenden caudalen, pseudosacralen Wirbeln zum Os sacrum. Die Zahl der echten, das Ilium tragenden Sacralwirbel ist sehr häufig, wie bei *Amphibien*, nur einer (die meisten *Beutel*-, *Huf*- und *Nagetiere*, *Halbaffen*) oder zwei (*Carnivoren*, *Primates*) selten mehr (*Echidna* viele *Edentaten*, bei denen auch das Sitzbein sich mit der Wirbelsäule verbinden kann). Pseudosacrale Wirbel fehlen selten ganz, meist schwankt ihre Zahl zwischen 1 und 3. Am variabelsten ist die Zahl der Schwanzwirbel; sie sind mehr oder minder rudimentär, tragen aber häufig noch untere Bögen, die ähnlich wie bei den *Fischen* (Fig. 477) untereinander verschmolzen sind. — Vom Gliedmaßenskelett interessieren uns am meisten Schulter- und Beckengürtel. Das Coracoid, welches bei *Monotremen* noch das Sternum erreicht, ist bei allen übrigen Mammalien zu einem Fortsatz der Scapula, dem Processus coracoideus, eingeschrumpft. Seltener (bei den schnell laufenden Tieren, wie den Huftieren) fehlt auch die Clavicula; dieselbe tritt bei den *Monotremen* Fig. 560 *Cl*) noch an ein gut entwickeltes Episternum (*Ep*), sonst scheint sie mit dem Sternum zu artikulieren; tatsächlich ist sie aber von ihm getrennt durch die Cartilagine interarticulares (Reste des Episternum). Am Becken sind Darm-, Sitz- und Schambeine zum Hüftbein verwachsen; Sitz- und Schambeine derselben Seite sind durch auf- und absteigende Fortsätze ventral untereinander vereinigt und umschließen gemeinsam das Foramen obturatum (Fig. 569). Die Schambeine der

Wirbelsäule
und
Extremitäten.

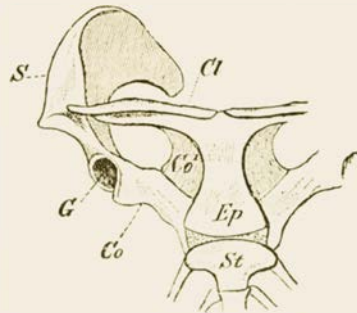


Fig. 560. Sternum- und Schultergürtel von *Ornithorhynchus anatinus*, linke Hälfte nur zum Teil dargestellt (aus Wiedersheim). *St* Manubrium sterni (oberes Ende des Brustbeins), *Ep* Episternum, *Cl* Clavicula, *S* Scapula, *G* Gelenkfläche für den Oberarm, *Co*, *Co'* Coracoid.

linken und rechten Seite treffen in einer Symphyse zusammen, welche sich auch auf die Sitzbeine ausdehnen kann.

Inwieweit Clavicula und Episternum der *Säugetiere* mit den als Belegknochen entstehenden gleichnamigen Knochen der *Reptilien* homolog sind, ist strittig. — Nächst dem Haarkleid und der scharfen Sonderung von Hals und Brust, Lenden-, Sacral- und Caudalregion, wobei letztere zum Schwanz rückgebildet wird, ist für die Erscheinungsweise der Säugetiere die hohe Differenzierung der peripheren Extremitäten wichtig. Ihre Verwendung ist eine sehr mannigfaltige. Bei kletternden Tieren können sie durch Opponierbarkeit des Daumens und der Großzehe zu Greifhänden und Greiffüßen werden; meist aber entwickeln sie sich zu kräftigen Trageapparaten, welche den Körper hoch über den Boden erheben. Die hierzu nötige Streckung der Extremität wird häufig dadurch gesteigert, daß Fuß und Hand nicht in ganzer Länge dem Boden aufrufen (plantigrade W.), sondern in die aufsteigenden Stützen einbezogen werden, in ganzer Ausdehnung mit Ausnahme der letzten Phalange bei den Zehenspitzengängern, nur mit Tarsus und Metatarsus, Carpus und Metacarpus bei den Zehengängern. Nicht selten kommt es zu einer Reduktion der Zehenzahl, besonders bei den Huftieren.

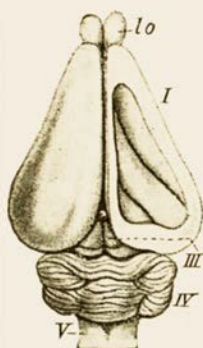


Fig. 561. Gehirn des Kaninchens (nach Gegenbaur).

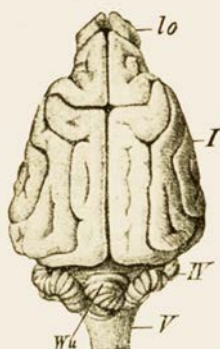


Fig. 562. Gehirn des Haushundes (nach Wiedersheim).

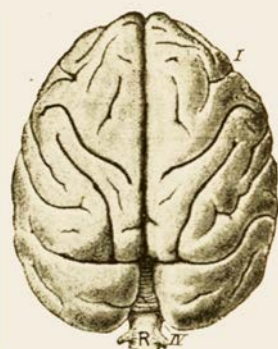


Fig. 563. Gehirn des Pavians.

I Großhirn, *III* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *IV* Kleinhirn, *V* Nachhirn (Medulla oblongata), *R* Rückenmark, *lo* Lobus olfactorius, *Wu* Wurm.

Zentralnervensystem.

Da sich die Säugetiere im allgemeinen durch ihre Intelligenz von den übrigen Wirbeltieren unterscheiden, ist auch ihr Hirn durch die Größe von Groß- und Kleinhirn ausgezeichnet (Fig. 561—563). Das Kleinhirn ist im Gegensatz zu Vögeln und Fischen in seitliche Kleinhirnhemisphären (*IV*) und den medianen Wurm differenziert. Beim Großhirn kommt in erster Linie der Mantelteil der Hemisphären in Betracht. Die Stirnlappen desselben wachsen nach vorn über die Bulbi olfactorii herüber, welche daher von dem vorderen Ende des Hirns mehr und mehr auf die Unterseite verlagert werden. Die Schläfenlappen dehnen sich links und rechts über die Sehhügel bis an die Schädelbasis aus. Die Hinterhauptslappen endlich decken nach rückwärts successive Mittelhirn, Kleinhirn und Medulla oblongata zu. Da nun die Hauptzunahme der geistigen Fähigkeiten sich innerhalb der Klasse selbst vollzieht, so ergibt das Großhirn eine aufsteigende Reihe, welche folgende Zusammenstellung erläutern möge. Bei *Mono-*

tremen, *Beuteltieren*, *Insektenfressern* und *Nagern* (Fig. 561) kommt vorn der *Bulbus olfactorius* (*lo*), hinten vielfach noch das Mittelhirn (*III*) zum Vorschein; bei *Halbaffen*, *Carnivoren* (Fig. 562) und *Ungulaten* ist vorn der *Bulbus olfactorius*, hinten das Kleinhirn (*IV*) zum größeren Teil zugedeckt; bei *Menschen*, *Anthropoiden* und vielen anderen *Affen* (Fig. 563) endlich sieht man beim Abtragen des Schädeldaches nur die beiden Großhirnhemisphären, welche alle übrigen Teile mehr oder minder vollkommen von oben verdecken. Weiter ist zu beachten, daß bei den Wirbeltieren der ersten Gruppe die Oberfläche des Großhirns meist glatt ist, daß dagegen bei den übrigen das Wachstum der Hirnrinde zur Einfaltung und Bildung von Gyri und Sulci (Hirnwindungen) führt, welche bei den menschenähnlichen Affen, besonders aber beim Menschen, die größte Komplikation erreichen. Eine notwendige Folge der Massenzunahme des Hirnmantels ist die Vergrößerung der die einzelnen Regionen verbindenden Nervenstränge, der Kommissuren, die sich immer mehr als besondere Hirnteile hervorheben. So werden innerhalb der Säugetierklasse zwei quere Kommissuren zwischen linker und rechter Großhirnhemisphäre, Hirnbalken und Hirngewölbe, *Corpus callosum* und *Fornix*, deutlich, ferner zwei derbe Stränge vom Großhirn nach den rückwärts gelegenen Hirnteilen, die *Crura cerebri*, endlich ein queres Kommissurensystem unter dem Kleinhirn, der *Pons Varoli*, Verbindungen, welche in anderen Wirbeltierklassen, ja selbst bei niederen Säugetieren, wie *Monotremen* und *Beuteltieren*, noch nicht mächtig genug sind, um besonders benannt zu werden. Im Vergleich zu den genannten Hirnteilen sind klein die *Medulla oblongata* und vor allem das Mittelhirn, welches seinen Namen Vierhügel, *Corpora quadrigemina*, dem Umstand verdankt, daß seine Oberfläche nicht nur wie sonst bei Wirbeltieren durch eine Längsfurche, sondern auch durch eine Querfurche abgeteilt wird.

Das Anwachsen des Großhirns und Kleinhirns, und zwar vorwiegend in ihren dorsalen Abschnitten, führt zu einer mehrfachen Knickung der Hirnachse, die sich schon bei *Reptilien* bemerkbar macht, bei den *Vögeln* fortschreitet und bei den *Säugetieren* ihr Maximum erreicht (Hirnbeuge). Anstatt in der Richtung des Rückenmarks zu verlaufen, biegt sich in der Gegend der *Medulla oblongata* die Hirnachse ventralwärts (Nackenbeuge), dann in der Gegend der Varolsbrücke wieder nach dem Rücken zu (Brückenbeuge), um auf der Höhe der *Corpora quadrigemina* zum zweitenmal ventralwärts eingeknickt zu werden (Scheitelbeuge). — Durch sein Wachstum übt ferner das Hirn einen äußerst interessanten Einfluß auf die Beschaffenheit des Schädels aus, indem es — bei den *Vögeln* meist noch auf die Gegend hinter den Augen beschränkt — bei den höheren *Säugetieren* bis in die Geruchsgegend vordringt. So kommt es zu einem Anwachsen des Hirnschädels auf Kosten des Gesichtsschädels. Das Größenverhältnis beider hat schon *Camper* als Maßstab der Intelligenz angesehen und durch den „*Camper'schen Gesichtswinkel*“ zu bestimmen gesucht, eine Bestimmungsmethode, welche in der Neuzeit wesentliche Verbesserungen erfahren hat.

Unter den Sinnesorganen ist die Nase durch mehrere Merkmale ausgezeichnet. Es findet sich die äußere Nase als ein von Knorpeln gestütztes, oft zu einem Rüssel ausgezogenes Organ. Der Binnenraum der Nase wird vergrößert, indem durch Ausbildung des harten und des weichen Gaumens ein Teil der primitiven Mundhöhle ihm zugefügt wird. Ihr oberer Abschnitt, die *Regio olfactoria*, erfährt in ihren Seitenwandungen

Sinnes-
organe.

eine komplizierte Ausgestaltung durch Bildung der Riechwülste oder oberen Muscheln, welche zu der schon bei *Amphibien* vorhandenen unteren Muschel (Os turbinale) hinzutreten. Zur Vergrößerung der Schleimhautflächen dienen weiterhin sinuöse Ausstülpungen in die benachbarten Knochen, in die Stirnbeine, Keilbeine und Oberkiefer (Sinus frontales, S. sphenoidales, S. maxillares). — Auch bei Auge und Ohr sind die äußeren Hilfsapparate für die Erscheinungsweise der Säugetiere wichtig, beim Auge die oberen und unteren Augenlider, neben denen die Nickhaut in mehr oder minder rudimentärem Zustand fortbesteht, beim Ohr die von Knorpel gestützte, nur bei *Cetaceen*, *Monotremen* und *Sirenen* unvollkommen entwickelte Ohrmuschel und der äußere Gehörgang. Das Gehörorgan ist zugleich in seinen inneren Teilen wesentlich umgestaltet; die Säugetiere sind die einzigen Wirbeltiere, bei denen die drei Gehörknöchelchen, Hammer, Amboß und Steigbügel, vorkommen (Fig. 496) und der Blindsack des Sacculus, der Ductus cochlearis, in zwei bis vier Spiralwindungen wie ein Schneckenhaus eingewunden und so zur „Schnecke“ entwickelt ist (Fig. 79, 495).

Bezeichnung.

Bei der Besprechung des Säugetierdarmes verdient vor allem die auf Unterkiefer, Zwischen- und Oberkiefer beschränkte Be-

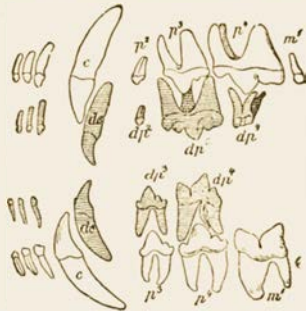


Fig. 564. Bleibendes Gebiß und Milchgebiß der Katze, *c* Eckzähne, *p*²—*p*⁴ Prämolargebisse, *m*¹ Molarzahn, Schneidezähne ohne Nummern, *d* bedeutet das Milchgebiß, dasselbe schraffiert (aus Boas).

zahnung Beachtung, weil sie sowohl zur Unterscheidung der gesamten Klasse von anderen Wirbeltierklassen als auch innerhalb der Klasse zur Charakteristik der einzelnen Ordnungen und Familien benutzt wird. Wenn wir *Monotremen*, *Edentaten* und *Cetaceen*, bei welchen die Bezeichnung in offenkundiger Rückbildung begriffen ist, außer acht lassen, so sind vier Merkmale hervorzuheben, welche sämtlich darauf hinweisen, daß das Gebiß der Säugetiere höher entwickelt und daher einer größeren Gesetzmäßigkeit unterworfen ist, als das Gebiß der übrigen Wirbeltiere (Fig. 564): 1. Die Zahl der Zähne ist mindestens für jede Art, meist sogar für die Gattung, vielfach auch für die Familie, konstant. Wie die Menschen normalerweise 32 Zähne haben, so die Hunde 42, die anthropoiden Affen 32, die plattnasigen Affen 36 usw. 2. Die Zähne sind besser befestigt. Ihr Dentinkörper wird in der Regel durch eine leichte Einschnürung in die mit Schmelz bedeckte Krone und die von Zement (Knochengewebe) umhüllte Wurzel abgeteilt. Die Wurzeln sind in Höhlungen des Kiefers, die Zahnalveolen, eingeklemt und befestigen so den Zahn, in besonders wirksamer Weise, wenn sie zu mehreren von der Zahnkrone entspringen; sie entwickeln sich zuletzt und sind Ursache, daß das Längenwachstum des Zahnes zum Stillstand kommt, womit es zusammenhängt, daß Zähne, bei denen die Wurzelbildung unterbleibt, wie die Schneidezähne der *Nager*, die Stoßzähne der *Elefanten* oder die Eckzähne der *Schweine* usw. nahezu unbegrenzt in die Länge wachsen. Aus dem Einfluß der Wurzelbildung auf das Wachstum des Zahnes erklärt sich ferner der Unterschied von brachyodonten und hypsodonten Zähnen, Zähnen mit kurzen und langen Kronen. Erstere sind durch frühzeitige, letztere durch verspätete Bewurzelung ausgezeichnet. 3. Infolge ihrer besseren Befestigung nutzen sich die Zähne nicht so schnell ab und bedürfen nicht des raschen

Ersatzes; es findet meist nur ein einmaliger Wechsel statt, indem das bei der Geburt vorhandene oder bald darauf durchbrechende „Milchgebiß“ oder „lacteale Gebiß“ — besser Zähne der „ersten Dentition“ genannt — nach einiger Zeit vom bleibenden Gebiß — Zähnen der zweiten Dentition — ersetzt wird (diphyodonte Säugetiere). In einigen Fällen unterbleibt der Zahnwechsel ganz, sei es, daß die zuerst angelegten Zähne sich dauernd erhalten (*Beuteltiere*, vielleicht auch *Zahnwale*), sei es, daß die erste Dentition mehr oder minder rudimentär wird (*Edentaten*, manche *Nager*, *Insektenfresser*, *Fledermäuse*, *Pinnipedier*) (monophyodonte S.). Außer den zwei typischen Dentitionen können auch noch Reste von einer, selbst zwei weiteren Dentitionen vorkommen. Eine niemals funktionierende, aus verkalkten Anlagen bestehende, prälacteale Dentition ist am besten bei *Masupialiern* zu beobachten, seltener und dann nur in Keimrudimenten bei *Placentaliern*. Eine dritte, den bleibenden Zähnen folgende Dentition wird nur bei manchen *Placentaliern* angelegt; einige Zähne derselben können ausnahmsweise auch in Funktion treten. 4. Innerhalb der Zahnreihe hat sich eine Arbeitsteilung vollzogen und zu Unterschieden in der Gestalt und der Bewurzelung der Zähne geführt (Anisodontie oder Heterodontie); die Zähne des Zwischenkiefers und ihre Antagonisten im Unterkiefer sind einwurzelig, haben Meißelgestalt und heißen daher Schneidezähne, *Dentes incisivi*; bei dieser Definition muß man aber beachten, daß die Schneidezähne ab und zu zugespitzt, wie bei *Insectivoren* (Fig. 574), anstatt mit einer mit zwei Wurzeln versehen sein (einige *Insectivoren*, *Marsupialier*, *Lemuriden*) oder die Gestalt von Stoßzähnen annehmen können (*Elefanten*, *Dugong*). An die *Dentes incisivi* schließt sich jederseits oben und unten der *Dens caninus*, der Eckzahn (*c*) an, ein fast stets einwurzeliger, gewöhnlich konisch zugespitzter Zahn (wahrscheinlich ein modifizierter Prämolare). Nach hinten von ihm folgen die Backzähne, meist breite, zwei- bis mehrwurzelige Zähne mit höckeriger Mahlfäche; sie sind stets nur zum Teil — die vorderen öfters einwurzeligen — im Milchgebiß angelegt, während die hinteren erst im bleibenden Gebiß auftreten und daher gar nicht gewechselt werden. Nach dieser verschiedenen Entwicklung unterscheidet man die im Milchgebiß vorgebildeten Backzähne als Praemolares oder Lückzähne (falsche Backzähne) und die nicht vorgebildeten als Molares oder echte Backzähne, eine Unterscheidung, welche aber ebenfalls nicht scharf durchgeführt werden kann. — Aus dem Gesagten folgt mit Notwendigkeit, daß man eine jede Säugetierart nach der Beschaffenheit ihres Gebisses wird charakterisieren und diese Charakteristik in eine „Zahnformel“ wird zusammenfassen können. Man hat nur nötig, die Zahlen der vier oben genannten Zahnformen — die des Oberkiefers und Unterkiefers durch einen horizontalen Strich getrennt — in ihrer Reihenfolge aufzuführen. Bei der Symmetrie beider Körperhälften bedarf es nur der Angabe für eine Seite, wobei man mit den Schneidezähnen beginnt und im Fall, daß eine Zahnart fehlen sollte, den Defekt mit einer 0 bezeichnet. Die Zahnformel des Menschen würde demnach lauten: $\frac{2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3}{1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3}$ die der Rinder, denen im Oberkiefer die Schneide- und Eckzähne fehlen: $\frac{0 \cdot 0 \cdot 3 \cdot 3}{1 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 3}$. — Die verschiedenen Zahnformeln der Säugetiere (mit Ausnahme der *Monotremen*) lassen sich auf eine Grundformel, aus der sie der Hauptsache nach durch Rückbildung entstanden sind, zurückführen. Dieselbe lautet wahrscheinlich: $\frac{5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}$.

Die Backzähne unterliegen je nach der Nahrung am meisten einem Wechsel der Form. Als Ausgangsform wollen wir das Gebiß omnivorer

Tiere wählen, bei denen die Krone mehrere stumpfe Höcker besitzt (*bunodontes* Gebiß). Bei animalischer Nahrung (Fig. 564, 571) sind die Höcker der Krone zugespitzt und schneidend (*secodontes* G. der *Carnivoren*); ist die schneidende Kante außergewöhnlich scharf und auf der Innenseite des Zahnes noch ein besonderer Höcker (Talon) vorhanden, so spricht man von einem Reißzahn (*D. lacerans* der *Carnivoren*). Bei pflanzlicher Kost werden die Höcker durch quere Kämme (Joche) verbunden oder sie sind halbmondförmig (*lophodontes* und *selenodontes* G.). Indem die Höcker und Joche beim Kauen abgeschliffen und die zwischen ihnen tief einschneidenden Furchen mit Zement ausgefüllt werden, entstehen breite Mahlf lächen, deren Festigkeit hauptsächlich durch die der Abnutzung am meisten Widerstand leistenden Schmelzüberzüge der Höcker und Joche bedingt wird. Diese dringen von der äußeren Schmelzmauer des Zahnes als Falten nach innen vor; indem die Spitzen der Höcker abgenutzt werden, können auf der Mahlf läche Schmelzinseln entstehen (*Dentes complicati* der *Equiden*). Wenn die Schmelzfalten in regelmäßigen Abständen von innen und außen in den Zahn vordringen und in der Mitte zusammentreffen, zerlegen sie ihn in zahlreiche aufeinanderfolgende, durch Zement verbundene Blätter (zusammengesetzte Zähne der *Elefanten* (Fig. 586) und mancher Nager).

Paläontologische Untersuchungen, mit denen auch neuere entwicklungs-geschichtliche Erfahrungen übereinstimmen, haben zu dem Resultat geführt, daß in der Bildung der Höcker bei den Backzähnen eine große Gesetzmäßigkeit herrscht. Man unterscheidet *triconodonte* und *trituberculare* Zähne, je nachdem drei Höcker in einer Reihe oder in Form eines Dreiecks gestellt sind, endlich *multituberculare* Zähne mit zahlreichen Höckern. Die *tritubercularen* Zähne entwickeln sich weiter, indem zu den drei vorhandenen Höckern, und zwar immer zunächst am Unterkiefer, sich ein neues Stück hinzufügt, der mit drei kleinen oder einem stärkeren Höcker versehene Talon. Die Bildung der Höcker erfolgt bei den Prämolaren in anderer Weise als bei den Molaren. Da erstere meist auch einfacher gebaut (nicht selten einhöckerig und einwurzelig) sind, gründet sich die Unterscheidung der beiden Formen der Backzähne nicht ausschließlich auf ihre Entwicklungsgeschichte, sondern auch auf ihren Bau. Dies ist wichtig, weil es vorkommt, daß Prämolare nicht gewechselt werden (*Beuteltiere*, manche *Insectivoren* und *Nager*), und daß andererseits hinter den Molaren Anlagen von Ersatzzähnen auftreten. Letzteres, sowie das Lageverhältnis zur Zahnleiste beweist, daß die Molaren, streng genommen, nicht der zweiten, sondern gemeinsam mit dem Milchgebiß der ersten Dentition angehören. Sie sind verspätet angelegte und daher in das bleibende Gebiß übernommene Teile der ersten Dentition.

Vor den Zahnreihen liegen bei den Säugetieren die weichen Hautfalten der Lippen, welche durch die Anwesenheit einer besonderen Muskulatur von ähnlichen Einrichtungen anderer Wirbeltiere unterschieden sind. Von der die Zunge und Zähne umschließenden Mundhöhle ist der folgende Abschnitt des Darmrohres, der Pharynx, durch das muskulöse Gaumensegel getrennt; er verjüngt sich nach rückwärts in den Ösophagus, dessen Grenze gegen den Magen durch die *Cardia* bezeichnet wird. An seinem anderen Ende kann der Magen durch den *Pylorus* gegen den Darm im engeren Sinne abgeschlossen werden. Am Darm unterscheidet man nach dem Durchmesser des Lumens stets Dünndarm und Dickdarm (bestehend aus *Colon* und *Rectum*). Indem der Dünndarm in den Dickdarm seitlich einmündet, sondert sich an letzterem ein besonderes, blind geschlossenes Ende, der Blinddarm, welcher bei Säugetieren mit animaler Kost klein ist oder fehlt, bei

den Herbivoren (besonders den *Nagetieren*) dagegen meist groß ist und sogar der ansehnlichste Darmabschnitt sein kann. Hat das hintere blinde Ende des Blinddarms geringeres Kaliber und abweichende Struktur (Reichtum an Lymphfollikeln), so entsteht der Wurmfortsatz oder *Processus vermiformis* (*Primaten*, viele *Nager*). — In die Mundhöhle münden drei Paar Speicheldrüsen, in den Dünndarm (*Duodenum*) Leber und Pankreas.

Für den Atmungsapparat ist am wichtigsten die Anwesenheit eines kräftigen, bei anderen Wirbeltieren (vielleicht schon bei *Amphibien*) nur in seinen Anfängen erkennbaren Zwerchfells oder *Diaphragma*, einer Scheidewand, welche die Leibeshöhle in eine Brust- und Bauchhöhle sondert. In der Brusthöhle liegen Ösophagus, Herz mit Herzbeutel, vor allem Trachea, Bronchien und Lungen, in der Leibeshöhle alle übrigen vegetativen Organe. Die Scheidewand ist muskulös und in die Brusthöhle hinein kuppelförmig gewölbt; bei der Kontraktion des Zwerchfells muß sich seine Wölbung abflachen und der Raum der Brusthöhle sich erweitern. Das führt zur Ausdehnung der an der Brustwand luftdicht anschließenden Lunge und damit zur „Inspiration“, während bei Erschlaffen des Zwerchfelles die Lungen, ihrer Elastizität folgend, sich zusammenziehen und einen Teil der Luft austreiben (*Expiration*). Außerdem kann Heben des Brustkorbs die Inspiration, Senken die Expiration unterstützen. — Die Atmungswege (Fig. 497, 3 und 4) beginnen mit dem zur Stimm- bildung dienenden Kehlkopf, der durch den für die Säugetiere charakteristischen, aus Umbildung des 2. und 3. Kiemenbogens hervorgegangenen Schildknorpel, *Cartilago thyreoidea*, vervollkommen ist und durch den Kehldeckel (*Epiglottis*) gegen den *Pharynx* abgeschlossen werden kann; auf ihn folgt die Trachea, welche sich in einen linken und rechten *Bronchus* gabelt; jeder *Bronchus* verästelt sich fortgesetzt, bis die kleinsten *Bronchiolen* und *Alveolargänge* entstehen, welche mit Aussackungen, den zur Atmung dienenden Lungenbläschen bedeckt sind. — Das Herz der Säugetiere ist in eine linke und rechte Hälfte (zwei Kammern und zwei Vorkammern) getrennt; ebenso wird frühzeitig im Embryonalleben der anfänglich einfache Arterienstiel in eine venöse, aus dem rechten Herzen entspringende *A. pulmonalis* und in eine arterielle, aus der linken Herzkammer entspringende *Aorta ascendens* zerlegt. Zum Unterschiede von Reptilien und Vögeln wird normalerweise der linke Arterienbogen zum arteriellen Aortenbogen, während der rechte verloren geht (Fig. 499).

Für die systematische Einteilung der Säugetiere hat das Urogenital- system die allergrößte Bedeutung gewonnen (Fig. 565). Dasselbe besteht auf frühen Stadien des Embryonallebens in beiden Geschlechtern im wesentlichen aus denselben Teilen: aus der zuerst sich anlegenden Urniere (Wolffschem Körper, *W*) und der später auftretenden, bleibenden Niere, aus der als Allantois sich in die Embryonalhäute erstreckenden Harnblase (4 und 5) und aus drei Ausführgängen, den Müllerschen Gängen (*m*), den Wolffschen oder Urnierengängen (*w*), und den Gängen der bleibenden Nieren oder Ureteren (3). Die Ausführgänge münden sämtlich nicht mehr in den Darm, sondern in die Harnblase im weiteren Sinne, der Ureter (mit Ausnahme der *Monotremen*) in den Grund (*Fundus*) der Harnblase, Wolffsche und Müllersche Gänge in die *Sinus urogenitalis* genannte untere Verlängerung (*ug*) der Blase. Auf dem Wolffschen Körper lagert in der Leibeshöhle die Geschlechtsdrüse (*ot*). In der vorderen Wand des *Sinus urogenitalis* liegt ein Körper aus schwellbarem Gewebe, der Geschlechtshöcker (*cp*), welcher beim weiblichen Geschlecht

klein bleibt (Clitoris), beim männlichen Geschlecht sich vergrößert und die Grundlage des Penis liefert. Da der Sinus urogenitalis von vorn in den Enddarm (*i*) mündet, ist embryonal stets eine Kloake (*cl*) vorhanden. Der entodermale Abschnitt der Kloake wird bei allen Säugetieren ausnahmslos in Darm und Urogenitalsinus getrennt. Bei den *Monotremen* erhält sich dann noch in beiden Geschlechtern eine tiefe ectodermale Kloakenbucht; schwach angedeutet ist dieselbe auch bei den weiblichen *Marsupialiern*, bei manchen *Insectivoren*, *Rodentien* und *Edentaten*; bei den übrigen Säugetieren dagegen werden After und Urogenitalöffnung durch Ausbildung des Dammes (Perineum) vollkommen getrennt.

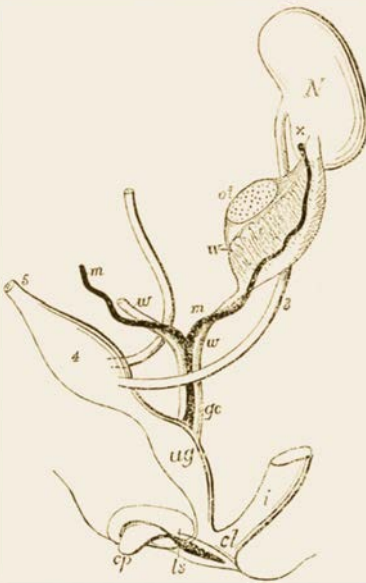


Fig. 565. Schema des Urogenitalsystem eines Säugetieres auf frühem Stadium (im Anschluß an Thomson). Ventrale Ansicht, nur Harnblase, Kloake und Genitalhöcker in Profilstellung gebracht. 3 Ureter, 4 Harnblase, 5 Verlängerung der letzteren zur Allantois (Urachus), *ug* Sinus urogenitalis, *cl* Kloake, *i* Enddarm, *cp* Genitalhöcker, *ls* Anlage des Hodensackes (der großen Schamlippen), *ot* Geschlechtsdrüse, *N* Niere, *W* Wolffscher Körper, *x* dessen oberes Ende, *w* Wolffsche Gänge, *m* Müllersche Gänge, *gc* Vereinigung beider zum Genitalstrang.

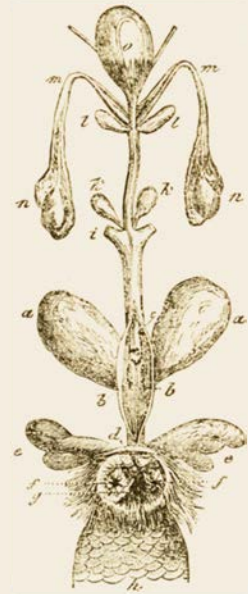


Fig. 566. Urogenitalsystem des männlichen Bibers (aus Blanchard). *o* Harnblase mit Ureteren, *n* Hoden, *m* Samenleiter, *l* Samenbläschen, *k* Cowpersche Drüsen, *i* Corpora cavernosa des Penis, *c* Eichel des Penis, *a* Bibergeißelsäcke, *b* deren Mündung in den aufgeschnittenen Vorhautkanal, *d* Mündung des Vorhautkanals, *e* Analdrüsen, *f* deren Mündung, *g* After, *h* Schwanzwurzel.

Männliche
Ge-
schlechts-
organe.

Aus der indifferenten Anlage der Urogenitalkanäle läßt sich leicht der männliche Apparat ableiten, der sich ziemlich gleichförmig bei den meisten Säugetieren verhält (Fig. 566). Geschlechtshöcker und Sinus urogenitalis wachsen gemeinsam aus und erzeugen den von der Harnröhre durchbohrten Penis. Die Müllerschen Gänge schwinden und aus dem Wolffschen Gängen und Teilen der Wolffschen Körper entstehen die Ausführwege des Hodens: Vasa deferentia und Nebenhoden. Mit Ausnahme der *Monotremen*, *Elefanten*, *Klippschiefer*, mancher *Edentaten* und *Insectivoren* tritt eine Verlagerung der Hoden von ihrer der Lendengegend angehörigen Ursprungsstätte ein; sie erfolgt nach abwärts längs eines zur

Haut der Leistengegend ziehenden Bandes (Gubernaculum Hunteri). Die Verlagerung ist unbedeutend bei den *Cetaceen* und manchen *Edentaten*; gewöhnlich aber erreicht sie einen solchen Grad, daß die Hoden die Bauchhöhle verlassen und in peritoneale Bruchsäcke zu liegen kommen, welche in der Umgebung des Penis in die den Hodensack liefernden Genitalwülste (Fig. 565 *ls*) ausgestülpt werden. Solange der Bruchsack (Scheidenkanal) sich nicht abgeschnürt hat, kann der Hoden außerhalb der Zeit der Geschlechtstätigkeit, der Brunst, in die Leibeshöhle zurückgleiten (*Nager*, viele *Insektenfresser* usw.), was durch Verwachsung der Wände des Scheidenkanals bei vielen Säugetieren, wie dem Menschen, unmöglich gemacht wird. Anhänge des männlichen Geschlechtsapparates sind die Samenbläschen (Ausstülpungen der Samengänge), ein Rest des Müllerschen Ganges (Uterus masculinus), die Cowperschen Drüsen und die Prostata, ein reichlicher Drüsenbesatz am Sinus urogenitalis.

Im weiblichen Geschlecht bilden sich allgemein bis auf geringe Reste der Wolffsche Körper und Gang zurück; der Geschlechtshöcker (Clitoris) und der Sinus urogenitalis wachsen nicht in die Länge; die Ovarien erfahren eine geringe Verlagerung und treten nicht aus der

Weibliche
Geschlechts-
organe.

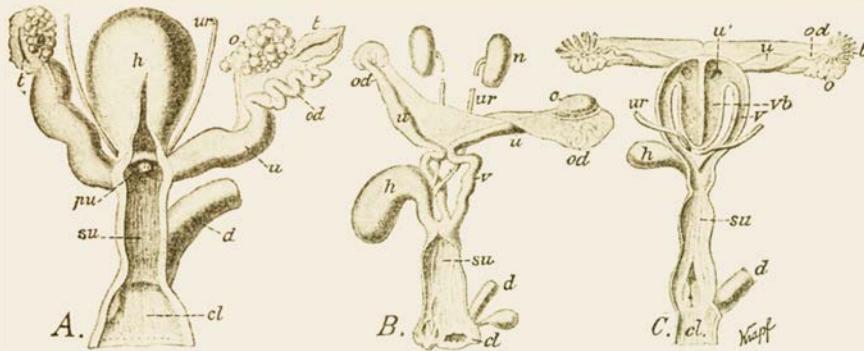


Fig. 567. Weiblicher Geschlechtsapparat A von *Echidna aculeata*, B von *Didelphys dorsigera*, C von *Phalangista vulpina* (B und C nach Wiedersheim). *cl* Kloake, *d* Darm, *h* Harnblase, *n* Niere, *o* Ovar, *od* Oviduct, *pu* Mündung der Ureteren, *su* Sinus urogenitalis, *t* Ostium abdominale tubae (Mündung des Eileiters in die Leibeshöhle), *u* Uterus, *u'* Mündung desselben in der Vagina, *ur* Ureter, *v* Vagina, *vb* Vaginalblindsack.

Leibeshöhle heraus; die Müllerschen Gänge endlich werden zu den Ausführwegen. In der Art, wie letzteres geschieht, ergeben sich große, systematisch wichtige Unterschiede. Bei den *Monotremen* münden beide Gänge völlig voneinander getrennt in den Sinus urogenitalis; sie sind nur in zwei Teile differenziert (Fig. 567 A), in die durch weite Öffnungen mit der Leibeshöhle in Verbindung stehenden Eileiter (*od*) und die Scheiden (*u*). Zwischen den beiden Scheiden münden ebenfalls noch in den Sinus urogenitalis (aber auf einer Papille, welche in die Harnblase hineinragt) die Ureteren (*ur*). Bei den *Beuteltieren* (B und C) unterscheidet man drei Abschnitte, zwischen Eileiter (*od*) und Scheide (*v*) noch den Uterus (*u*); ferner bahnt sich bei ihnen eine Verschmelzung der Müllerschen Gänge der linken und rechten Seite an. Die oberen, an den Uterus angrenzenden Enden der beiden Scheiden nähern sich (B) und verwachsen bei einem Teil der Arten (C) zu einem unpaaren Blindsack (*vb*), der sogar als eine unpaare dritte Scheide dauernd in den Sinus urogenitalis mündet oder bei dem Geburtsakt wenigstens vorübergehend wegsam gemacht

werden kann; von der Verwachsungsstelle aus trennen sich die henkelartig gestalteten unteren Scheidenenden (*v*) von neuem und bleiben bis zum Sinus urogenitalis getrennt. Die bei den Beuteltieren vorbereitete Verschmelzung beider Scheiden ist bei allen placentalen Säugetieren zu Ende durchgeführt und sind dadurch Scheide und Sinus urogenitalis ein einheitlicher Kanal geworden (Fig. 568). Dagegen kann der Uterinabschnitt der Müllerschen Gänge getrennt sein (A Uterus duplex vieler *Nagetiere*), oder er ist teilweise verschmolzen (B Uterus bicornis der *Insektenfresser*, *Wale*, *Huf-* und *Raubtiere*) oder vollkommen einheitlich (C Uterus simplex bei *Affen* und *Menschen*).

Wir haben soeben drei verschiedene Grundformen des weiblichen Geschlechtsapparates kennen gelernt, insofern die Scheide vom Uterus noch nicht differenziert ist (*Ornithodelphier*) oder doppelt (*Didelphier*) oder einfach und unpaar ist (*Monodelphier*). Diesen drei Typen entsprechen



Fig. 568. A Uterus duplex, B Uterus bicornis, C Uterus simplex (aus Gegenbaur). *od* Oviduct, *u* Uterus, *v* oberes Ende der Vagina.

drei verschiedene Arten der Fortpflanzung. Die *Ornithodelphier* sind eierlegend; die *Didelphier* und *Monodelphier* sind zwar beide lebendig gebärend, unterscheiden sich aber durch die Dauer der Tragzeit. Die Eier aller lebendiggebärenden Säugetiere sind so klein (ca. 0,2 mm), daß sie eine to-

tale, nahezu äquale Furchung erleiden. Derartige Eier bedürfen der Ernährung durch die Mutter, um einen Organismus von dem komplizierten Bau eines Säugetieres zu liefern. Da nun bei den *Didelphiern* die Ernährung im Uterus gewöhnlich eine sehr unvollkommene ist, ist auch die Tragezeit eine sehr kurze; sie beträgt, wenn wir Tiere von gleichem Körpergewicht in Vergleich stellen, nicht einmal so viele Wochen, wie Monate bei den *Monodelphiern*, weil bei letzteren sich die Ernährungsbedingungen für den Embryo durch Bildung der bei einigen Beuteltieren schon angedeuteten Placenta wesentlich vervollkommen haben. Dementsprechend werden bei den *Didelphiern*, den „*Aplacentaliern*“, die Embryonen in einem außerordentlich viel unvollkommeneren, hilfsbedürftigeren Zustand geboren und sind von viel geringerer Körpergröße als bei den *Monodelphiern*, den „*Placentaliern*“.

Die Sorge für die Nachkommenschaft ist allen Säugetieren gemein und wird vorwiegend oder ausschließlich vom Weibchen ausgeübt, welches seine Jungen nicht nur mit dem Sekret der Milchdrüsen säugt, sondern auch gegen Angriffe verteidigt und in warmen, wenn auch meist wenig kunstvollen Nestern unterbringt. Viele Säugetiere sind monogam, andere sind polygam, bei dritten kommt es überhaupt nicht zum dauernden Zusammenleben der Geschlechter. — Die Körpertemperatur ist eine konstante (Homoiothermie, Warmblüter) und beträgt ca. 36—41° C (bei *Echidna* nur 26—34° C). Um sie aufrecht zu erhalten, bedürfen die meisten Säugetiere einer andauernden Ernährung. Von dieser Regel machen nur wenige eine Ausnahme, wie *Bären*, *Dachse*, *Siebenschläfer*, *Murmeltiere* usw., die in der kalten Jahreszeit in einen Winterschlaf verfallen und dann keine Nahrung mehr zu sich nehmen. In diesen Fällen tritt stets infolge des

herabgesetzten Stoffwechsels eine sehr bedeutende Abnahme der Körpertemperatur ein, beim Marmeltier bis nahezu 0° C.

I. Unterklasse und Ordnung.

Monotremen, Kloakentiere, Ornithodelphier, Ovomammalien.

Beschränkt auf Australien und Neuguinea leben wenige eigentümliche Säugetierarten, die sich auf drei Gattungen, *Echidna*, *Proechidna* und *Ornithorhynchus* verteilen und sich schon dadurch von allen übrigen Säugetieren unterscheiden, daß sie dotterreiche, etwa 1—1,5 cm lange, weichschalige Eier legen. Letztere erfahren im Uterus des Weibchens die discoidale Furchung, werden dann aber weiter ausgebrütet, von *Echidna* in einem zur Zeit der Fortpflanzung sich bildenden Brutbeutel (*Marsupium*) am Bauch. Die jungen Tiere werden beim Verlassen der Eischalen von der Mutter gesäugt, und zwar mit dem Sekret enorm vergrößerter Schweißdrüsen, die in Haarbälge münden und links und rechts von der Mittellinie des Bauches zwei Drüsenpakete bilden, die Mammarydrüsen. Jedes Drüsenpaket mündet auf einem besonderen Bezirk der Bauchhaut, der bei *Ornithorhynchus* ein wenig schlitzartig vertieft ist, bei *Echidna* ein umschriebenes Mammarefeld bildet. Unterschiede zu den übrigen Säugetieren, welche zugleich Ähnlichkeiten teils mit den Reptilien, teils mit den Vögeln darstellen, sind die starke Ausbildung des Episternum und der das Sternum erreichenden Coracoide (Fig. 560), die Mündung der Ureteren in den Sinus urogenitalis (nicht in den Fundus der Harnblase), die Kloakenbildung in beiden Geschlechtern und die spezifisch vogelähnliche Beschaffenheit der weiblichen Geschlechtsorgane (*Ornithodelphia*), bei denen das kräftigere linke Ovar und der linke Eileiter allein funktionieren und ein Unterschied von Uterus und Scheide noch fehlt. Alles das darf uns nicht vergessen lassen, daß die *Monotremen* das Haarkleid, die Schädelbeschaffenheit (Hörknöchelchen, Articulation des Unterkiefers) und den Sinus urogenitalis echter Säugetiere haben und in der Anwesenheit der Beutelknochen auf dem Becken (Fig. 569) sogar eine nähere Verwandtschaft mit den Beuteltieren be-

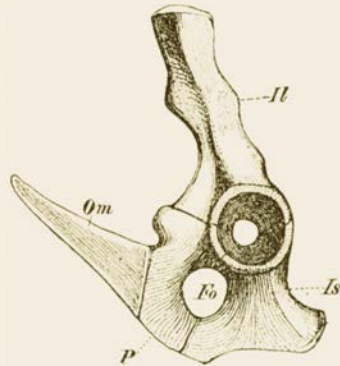


Fig. 569. Linksseitige Ansicht des Beckens von *Ornithorhynchus anatinus* (aus Wiedersheim). *Il* Ilium, *Is* Os ischii, *P* Os pubis, *Om* Os marsupiale, *Fo* Foramen obturatum.

kunden. Die oberen Enden der Hyoide sind ligamentös oder direkt mit dem knorpeligen Gehörgang verbunden, der sich in eine rudimentäre Ohrmuschel erweitert. — Die Kiefer sind zahnlos und von Hornscheiden umschlossen; doch finden sich bei jungen *Ornithorhynchen* außer einigen rudimentären Anlagen jederseits im Oberkiefer zwei, im Unterkiefer drei vielhöckerige Backzähne, welche später von vier breiten Hornplatten ersetzt werden; auch *Echidna* entwickelt im Embryonalleben eine Zahnleiste mit Zahnanlagen, ferner einen unpaaren Dentinzahn zum Öffnen der Eischale.

1. *Echidniden*, Ameisenigel; Körper mit Stacheln bedeckt, Schnauze mit wurmförmiger Zunge, die zum Insektenfang dient; Füße mit starken

Scharrkrallen, fünfzehig. *Echidna aculeata* Shaw, Australien und Van-
diemensland. *Proechidna bruijii* Pet. und Dor., Neuguinea, dreizehig. —
2. *Ornithorhynchiden*, Schnabeltiere; zahnlose, im Wasser „grundelnde“,
dicht behaarte Tiere mit weichem, an einen Entenschnabel erinnernden
Schnabel, der reich an Tastorganen ist; die fünfzehigen Füße mit breiter,
besonders an den Vorderfüßen gut entwickelter Schwimmhaut: *Ornitho-*



Fig. 570. *Ornithorhynchus anatinus* (aus Schmarada).

rhynchus anatinus Shaw,
in Südaustralien (Fig. 570).
Die Männchen der *Monotremen*
besitzen einen Sporn an den Hinterfüßen,
durch den eine mächtige,
im Oberschenkel gelegene
Drüse mündet und der
wahrscheinlich bei der
Begattung eine Rolle
spielt. — Die vielhöcke-

rigen Zähne, welche vorübergehend sich in den Kiefern von *Ornitho-*
rhynchus entwickeln, erinnern sehr an die Zähne der ältesten bekannten
Säugetiere, welche man als *Allotherien* oder *Multituberculaten* zusammen-
faßt. Dieselben finden sich schon in Trias, Jura und Kreide und sterben
im Eocän aus. Man kennt von den meisten Arten nur Zähne und Kiefer,
selten anderweitige Schädel- und Skeletteile, so daß die systematische
Stellung der Gruppe zweifelhaft ist. Früher war man geneigt, die *Allo-*
therien für *Monotremen* zu erklären; jetzt werden sie von den Paläontolo-
gen allgemein zu den Beuteltieren gestellt. *Microlestes antiquus* Plien.,
Plagiaulax becclesi Falc.

II. Unterklasse.

Marsupialier, Didelphier, Beuteltiere.

Die Beuteltiere sind wie die übrigen Säugetiere lebendig gebärend.
Ihre Eier sind klein, haben meist eine totale Furchung und entwickeln
sich im Uterus der Mutter, indem sie durch Ausscheidungen von der
Wand desselben ernährt werden. Nur bei der Gattung *Perameles* hat

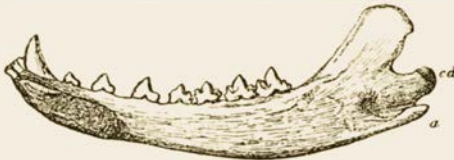


Fig. 571. Unterkiefer von *Thylacinus cynocephalus*
von innen, a der für die Beuteltiere charakte-
ristische Unterkieferfortsatz; cd Gelenkfläche (nach
Flower).

man eine Art Placenta ge-
funden, insofern hier die Allantois
des Embryo sich mit der
Uterinschleimhaut der Mutter
so innig verbindet, daß zwischen
den beiderlei Gefäßen ein Stoff-
austausch möglich ist (in ge-
ringerem Maßstabe auch bei
Phascolarctos und *Halma-
turus*). Eine ähnliche Einrich-
tung ist bei *Dasyurus viverrinus*
für die Dottersackgefäße

getroffen. Doch bleibt der Unterschied bestehen, daß die Gefäße der Frucht
nicht mit Zotten in das Uteringewebe hineinwachsen, wie es selbst
bei den primitivsten Placenten der Placentaler der Fall ist. In allen Fällen
ist die Ernährung ungenügend und werden die jungen Tiere in völlig
hilflosem Zustande geboren. Sie werden daher von der Mutter noch
längere Zeit getragen, meist im Marsupium, einem durch eine Hautfalte

gebildeten, nur bei einigen kleinen Didelphyiden fehlenden Beutel in der unteren Bauchgegend, an dessen Grund die Zitzen der Milchdrüsen münden. Zur Stütze der Bauchdecken dienen die Beutelknochen, schlanke Knochenstäbe, welche links und rechts von der Symphyse auf dem Schambein aufsitzen. Weitere Merkmale des Beuteltierskeletts sind der Winkel des Unterkiefers, welcher fast stets hakenartig nach innen eingebogen ist (Fig. 571 a), und der rudimentäre Zahnwechsel. Bei den Beuteltieren wird nur der letzte (dritte) Prämolare gewechselt. Vor den funktionierenden Zähnen findet sich eine Reihe nie zur Ausbildung gelangender Zahnanlagen. Die herrschende Ansicht erklärt diese rudimentäre Reihe für Reste einer prälaetealen Reihe, die funktionierenden Zähne für die I. Dentition; eine zweite Auffassung hält dagegen die „prälaeteale“ Reihe für das rudimentär gewordene Milchgebiß, die funktionierenden Zähne für die II. Dentition. — Infolge mangelhafter Ausbildung des Dammes ist die Kloake bei weiblichen Tieren durch eine grubenförmige Vertiefung, in welcher Urogenitalsinus und Darm münden, noch angedeutet. Oviducte und Uterus der linken und rechten Seite sind vollkommen getrennt; die Scheiden dagegen können eine Strecke weit verschmolzen sein, um sich aber von neuem zu trennen (Fig. 567 B, C), so daß sie stets unabhängig voneinander in den Sinus urogenitalis münden (*Didelphier*). Mit der paarigen Beschaffenheit der Scheide hängt es zusammen, daß auch der Penis des Männchens an seinem Ende häufig zweigeteilt ist.

Aus der Sekundär- und Tertiärzeit sind Beuteltiere aus Europa, Nord- und Südamerika bekannt; wahrscheinlich waren sie damals über den ganzen Erdball verbreitet, wurden aber von den placentalen Säugetieren verdrängt und erhielten sich nur in Resten (Familie der zum Teil auch in Nordamerika vorkommenden *Beutélratten* und der Gattung *Caenolestes*) in Südamerika und in reichlicher Entfaltung in Australien, wo man freilich bisher noch keine Reste vor dem Pleistocän gefunden hat. In Australien konnten sie fortexistieren, weil in diesem frühzeitig von den übrigen Kontinenten abgelösten Erdteil die Ausbildung placentaler Säugetiere unterblieb. Letztere fehlen in Australien, mit Ausnahme der von Menschen eingeführten Formen und von solchen Arten, welche, wie *Mäuse*, *Fledermäuse*, *Robben*, leicht von Insel auf Insel überwandern. In ihrem jetzigen Verbreitungsgebiet haben die Beuteltiere in Anpassung an ähnliche Existenzbedingungen eine völlig analoge Entwicklung genommen wie die placentalen Säugetiere auf dem übrigen Erdball, so daß man zu den Ordnungen der letzteren (*Raubtieren*, *Nagetieren*, *Insektenfressern*, *Huftieren*) vollkommene Parallelgruppen aufstellen kann.

II. Ordnung. Zoophagen, Fleischbeutler, Polyprotodontien.

Zahlreiche Beuteltiere — darunter die ältesten Formen — haben ein auf tierische Nahrung eingerichtetes Gebiß; zahlreiche Schneidezähne (bis zu fünf in jeder Oberkieferhälfte), stark entwickelte Eckzähne und spitzhöckerige Backzähne (Fig. 571). Genauer betrachtet, erinnern die Zähne und so auch das ganze Äußere der Tiere bald mehr an Raubtiere, bald mehr an Insektenfresser.

1. Raubbeutler sind die *Dasyuriden*; *Dasyurus viverrinus* Shaw, der Beutelmarder, und die selbst größeren Säugetieren gefährlichen Bärenbeutler, *Sarcophilus ursinus* Harris., und Beutelwölfe, *Thylacinus cynocephalus* Harris. — 2. Insektivorenähnlich sind die *Perameliden*; *Perameles nasutus* Geoffr. — 3. Dem Gebiß nach den Raubbeutlern ähnlicher

als den Insektivoren sind die auf Amerika (vorwiegend Südamerika) beschränkten *Didelphyiden* oder Beutelratten, charakterisiert durch den Greiffuß, welcher mit seinem opponierbaren Daumen an den Greiffuß der Affen erinnert; über Nord- und Südamerika verbreitet: *Didelphys marsupialis* L. (*virginiana* Shaw), Oppossum. — An unseren Maulwurf wird man erinnert durch den blinden *Notoryctes typhlops* Stirl.

III. Ordnung. Phytophagen, Pflanzenbeutler, Diprotodontien.

Die herbivore Ernährungsweise spricht sich bei den Pflanzenbeutlern vor allem in der Rückbildung der Eckzähne aus, welche im Unterkiefer gewöhnlich fehlen und im Oberkiefer mindestens sehr klein bleiben. Ferner trägt der Unterkiefer nur zwei Schneidezähne von ganz auffallender Größe. Auch im Oberkiefer übertrifft jederseits der mittlere Schneidezahn an Größe die ein bis zwei seitlichen, welche außer ihm noch vorhanden sein können. Daß die Diprotodontien aus Polyprotodontien entstanden sind, wird durch die Beobachtung wahrscheinlich, daß junge *Phalanger* und *Känguruhs* polyprotodont sind.

Die *Diprotodontien* wurden fossil bisher nur in Australien (das riesige *Diprotodon australis* Owen) und Südamerika gefunden; die südamerikanischen *Epanornithiden*, wie die recente Gattung *Caenolestes*, leiten zu den *Polyprotodontien* über. — 1. Am wenigsten ausgesprochen ist das herbivore Gebiß bei den *Phalangistiden*, welche nach Art der Eichhörnchen vorwiegend von Früchten leben: *Petaurus sciureus* Desm., Beuteleichenhorn, mit einer Flughaut, welche vordere und hintere Extremitäten verbindet. 2. Unseren Huftieren entsprechen die herdenweise auf Wiesen weidenden *Macropodiden*, Springbeutler, bei denen im Oberkiefer jederseits drei Schneidezähne und ein kleiner Eckzahn stehen. Bei der Kleinheit der Vorderextremitäten sind die Tiere gezwungen, sich auf ihren kräftigen Schwanz und die starken, zum Sprung dienenden Hinterbeine zu stützen, bei denen die vierte Hinterzehe besonders stark entwickelt ist: *Macropus giganteus* Shaw, Riesenmäuse. — 3. Die Stelle unserer Nagetiere nehmen die *Phascolomyiden* ein: *Phascolomys Wombat* Pér et Les., keine Eckzähne, jederseits im Ober- und Unterkiefer nur ein langer Schneidezahn, der wie die übrigen Zähne wurzellos ist (vgl. *Rodentien*).

III. Unterklasse.

Placentalier, Monodelphier.

Der Grund, weshalb man die Säugetiere der Alten Welt und die überwiegende Mehrzahl der in Amerika lebenden Formen als „Placentalier“ zusammenfaßt, ist zunächst ein entwicklungsgeschichtlicher, die Anwesenheit der Placenta. Wenn sich beim Embryo Serosa, Amnion und Allantois entwickelt haben, breiten sich die Gefäße der letzteren in der äußeren Hülle unter der Serosa aus und bilden mit dieser das Chorion, welches sich an die außerordentlich blutgefäßreich gewordene Uterusschleimhaut der Mutter fest anlegt und in sie verästelte Zotten treibt, um aus ihr Nahrung zu saugen, wie ein Baum mit seinen Wurzeln Nahrung aus der Erde saugt (Fig. 572). Diese Zotten — in manchen Fällen wie beim *Schwein* äußerst schwach ausgeprägt — können über den größten Teil der Oberfläche verbreitet sein; dann entsteht das Chorion frondosum, die diffuse Placenta, welche den *Cetomorphnen*, *Perrisodactylen* und manchen *Artiodactylen* zukommt. Andererseits können die Gefäßzotten

sich auf bestimmte Stellen beschränken, hier aber besonders kräftig werden; dann entstehen die eigentlichen Placenten, die Pl. cotyledonaria, Pl. discoidalis und Pl. zonaria. Diesen zottenreichen Stellen (Pl. foetalis) entsprechen Stellen der Uterinschleimhaut, die durch ihren enormen Blutgefäßreichtum von der Umgebung abstechen (Pl. uterina). Die Placenta cotyledonaria (die meisten *Wiederkäuer*) besteht aus vielen kleinen derartigen Placentarstellen, den Cotyledonen (Fig. 573), die Pl. zonaria und discoidalis jedesmal aus einem einzigen Herd, welcher im ersteren Falle (*Raubtiere, Sirenen*) wie ein breiter Gürtel die tonnenförmige Frucht umgibt, im zweiten Fall (Rest der Säugetiere) die Form von ein oder zwei Scheiben hat (P. discoidalis simplex und duplex). Durch die Beschränkung der Nährvorrichtungen auf einen engbegrenzten Bezirk wird die entsprechende Partie des Uterus, die ebenfalls ring- oder scheibenförmige Placenta uterina, viel intensiver umgeändert als bei der Pl. diffusa oder selbst bei der Pl. cotyledonaria. Während bei letzteren beiden zum Schluß des Gebärmutteraktes sich die Placentarzotten aus der Uterinschleimhaut herausziehen lassen, ohne daß diese dabei verletzt wird (*Indeciduat*), wird bei der Ring- und Scheibenplacenta gewöhnlich der oberflächlichste Teil der Schleimhaut, die hinfällige Haut oder Decidua, mit abgelöst und die Placenta uterina in eine große blutende Wunde verwandelt, deren Verschluß durch die energische Kontraktion des Uterus angebahnt wird (*Deciduat*).

Da der Säugetierembryo

bei der Geburt mit der Placenta foetalis und den übrigen Abschnitten der Eihäute durch die Nabelschnur (Funiculus umbilicalis) zusammenhängt,

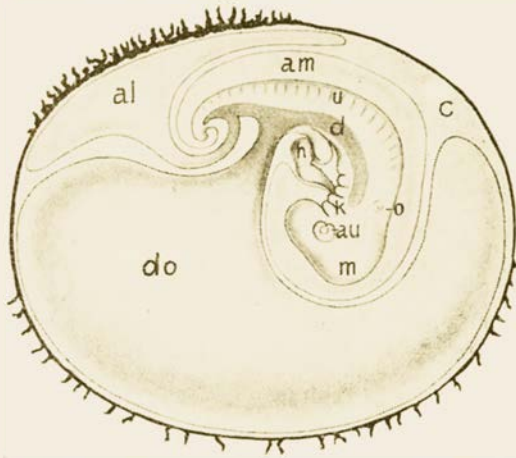


Fig. 572. Embryo eines Kaninchens mit Eihüllen (nach van Beneden und Julin). al Allantois, am Amnion, do Dottersack, c extraembryonales Cölon; schwarz: Chorion mit Zotten, aus denen sich die Placenta entwickelt; u Urwirbel, d Darm, h Herz, b Kiemenspalten, o Gehör, au Auge, m Mittelhirn.

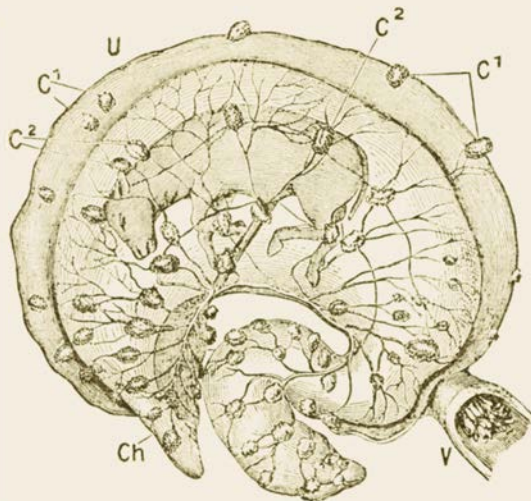


Fig. 573. Trächtige Gebärmutter einer Kuh, geöffnet (aus Balfour nach Colin). V Vagina, U Uterus, Ch Chorion, C¹ Cotyledonen der Uterinplacenta, C² Cotyledonen der Fötalplacenta.

muß er von ihr gelöst werden, was bei den Tieren durch Abbeißen von seiten der Mutter geschieht. Ein dabei am jungen Tier verbleibender Rest der Nabelschnur wird durch Wundheilung, die zur Bildung des Nabels führt, abgestoßen. — Die besprochenen Unterschiede in der Bildung der Placenta hat man versucht, systematisch zu verwerten, indem man *Indeciduat* und *Deciduat* und unter den letzteren wieder *Zono-* und *Discoplacentalier* einander gegenüberstellte; man ist davon mehr und mehr zurückgekommen.

Da die Unterschiede in der Ernährung des Embryo durch die Anfänge der Placentabildung bei *Beuteltieren* (*Parameles*) und ihre rudimentäre Beschaffenheit bei manchen *Placentaliern* (*Schwein*) verwischt werden, ist es nötig, bei der Charakteristik der höheren Säugetiere die anatomischen Merkmale in den Vordergrund zu stellen; diese sind: Schwund der Kloakenbucht, unpaare Beschaffenheit der Scheide, Mangel des Marsupium, der Beutelknochen und meist auch des Fortsatzes am Unterkieferwinkel. Das Gebiß ist Gegenstand einer fortschreitenden, divergenten Entwicklung geworden, so daß die Differenzierung eines bleibenden und eines Milchgebisses und die Unterschiede in den Arten der Bezahnung viel ausgesprochenere sind als bei den Beuteltieren und daher auch in erster Linie zur Abgrenzung der Ordnungen verwandt werden; doch gilt das Gesagte nicht für die Gruppen, bei denen eine Rückbildung des Gebisses eingeleitet oder eingetreten ist.

IV. Ordnung. Edentaten, Zahnlücken.

Einige wenige, artenarme Familien werden unter dem Namen Edentaten, Zahnlücken, zusammengefaßt, weil die Bezahnung fehlt oder — was viel häufiger zutrifft — in offenkundiger Rückbildung begriffen ist. Ganz ausnahmsweise treten dauernd funktionierende Schneidezähne, selten (*Bradypus*) Eckzähne auf; Backzähne können zwar in großer Zahl vorhanden sein — *Dasypus* (*Prionodon*) *gigas* besitzt ungefähr 80 Backzähne — aber sie sind schlecht bewurzelt, gleichförmig prismatisch, schmelzlos und entbehren meist des Zahnwechsels (monophodont). Da das Kapschwein (*Orycteropus*) und ein Gürteltier (*Tatusia*) im Embryonalleben noch ein heterodontes Milchgebiß besitzen, in welchem sogar Schneidezähne vertreten sind und Schmelzkeime angelegt werden, da ferner fossile Edentaten mit komplettem, schmelzhaltigem Gebiß (*Ganodonten*) bekannt sind, kann der Mangel des Zahnwechsels nur durch Rückbildung erklärt werden. Hirn und Geschlechtsapparat bekunden eine sehr niedere Organisation. Auffällig ist die große Zahl der Sacralwirbel, 5—8 bei Faultieren, 8—13 bei Gürteltieren, 3—5 bei Scharrtieren.

I. Unterordnung. *Manitherien* (*Nomarthra*) Edentaten der Alten Welt. *Effodientien*. Tiere mit kräftigen Scharrkrallen, langem Schwanz und langer, klebriger, wurmförmiger Zunge, mit welcher sie Ameisen und Termiten aus ihren zerstörten Bauten fangen. *Manis pentadactyla* L., Schuppentier, Indien, *M. gigantea* Illig, Westafrika, vollkommen zahnlos, wenn auch eine Zahnleiste vorübergehend angelegt wird, mit dachziegelartigen Hornschuppen und spärlichen Haaren. *Orycteropus capensis* Gmd., Kapschwein oder Erdferkel, mit langer Schnauze, borstigem, spärlichem Haar, mit kleinen Backzähnen und rudimentärem Milchgebiß, Afrika.

II. Unterordnung. *Bradytherien* (*Xenarthra*), Edentaten der Neuen Welt, mit akzessorischen Gelenkfortsätzen an Brust- und Lendenwirbeln, stehen mit den *Manitherien* offenbar in keiner Verwandtschaft, eine uralte

Südamerikanische Gruppe, die sich bis in das Eocän zurückverfolgen läßt.

a) *Dasypodiden* Gürteltiere, insektenfressend, Rücken mit zahlreichen, in Querreihen gestellten Horn- und Knochenplatten gepanzert; weitere Panzerstücke davor und dahinter, sowie auf der dorsalen Seite von Kopf und Extremitäten; zahlreiche Backzähne: *Dasypus giganteus* Geoffr., *Tatusia hybrida* Desm. Nahe verwandt die riesigen, diluvialen *Glyptodonten*.

b) *Myrmecophagiden*, Ameisenbären, gleichen den Schuppentieren durch ihre zahnlosen Kiefer, ihre lange, auf Ameisenkost eingerichtete Zunge und ihre mächtigen Scharrkrallen, stehen aber anatomisch wie tiergeographisch den *Bradytherien* näher: *Myrmecophaga tridactyla* L. c) *Bradypodiden*, Faultiere mit spärlichen Zähnen, rauhem, langhaarigem Fell, kleinem rundem Kopf, rudimentärem Schwanz, in der Gestalt an Affen erinnernd. Die Tiere hängen sich mit ihren langen, sichelförmigen Krallen an Baumästen fest, das Laub fressend; sie sind wie die diluvialen Riesenfaultiere (*Megatherium Cuvieri* Desm.) auf Südamerika beschränkt: *Bradypus tridactylus* L., mit neun Halswirbeln, *Choloepus didactylus* L., mit sechs Halswirbeln. *Grypotherium domesticum* Roth, ein, wie es scheint, noch nicht lange ausgestorbener behaarter Edentat von der Größe eines Rindes mit bohngroßen Hautverknöcherungen.

V. Ordnung. Insektivoren, Insektenfresser.

Unter den lebenden placentalen Säugetieren stehen den Urformen der Klasse die *Insektivoren* am nächsten (Fig. 574); sie lassen sich bis in das Eocän zurück verfolgen und schließen an Formen an, die vielfach als Ursäugetiere gedeutet werden, wenn auch ihr unvollkommener Erhaltungszustand ein sicheres Urteil über die systematische Stellung nicht erlaubt (*Stylacodontiden*). Die scharf zugespitzten, für die Insektennahrung vortrefflich geeigneten Zähne sind weniger differenziert, als es sonst bei Säugetieren zu sein pflegt; ihre Zahl ist in den einzelnen Familien sehr verschieden (bei *Maulwürfen*



Fig. 574. Schädel der *Spitzmaus* (aus Leunis-Ludwig).

3:1:1:3, bei manchen Spitzmäusen 3:1:1:3). Auch im Zahnwechsel herrscht noch große Variabilität, insofern bei manchen Formen (*Centetes*) das Milchgebiß sehr lange bestehen bleibt, oder gar Zähne des Milchgebisses nicht gewechselt und in das bleibende Gebiß übernommen werden, während bei anderen das Milchgebiß auffallend früh gewechselt wird (*Soriciden*). Weitere primitive Merkmale sind der Fortsatz am Unterkieferwinkel, das primitive Hirn, der zweihörnige, oft fast in ganzer Länge geteilte Uterus, in vielen Fällen auch der geringe Grad des *Descensus testicularum*. Am Schwanz findet man häufig noch Schuppen zwischen den Haaren; eine Clavicula ist vorhanden, die Zehen finden sich meist in Fünzfahl und sind mit Krallen bewaffnet. Die durchschnittlich kleinen, meist weich behaarten Tiere besitzen eine rüsselartig ausgezogene, zum Tasten dienende Schnauze.

Soriciden, Spitzmäuse: *Sorex araneus* L.; *Talpiden*, mit kräftigen, schaufelartigen Vorderfüßen in der Erde wühlend, daher mit rudimentären, funktionslos gewordenen Augen, äußerst nervenreichem Rüssel: *Talpa europaea* L., Maulwurf; *Erinacciden*, Igel, mit Stachelkleid auf dem Rücken, welches die Bauchseite vollkommen schützt, wenn die Tiere mit Hilfe eines starken Hautmuskels sich zusammenkugeln: *E. europaeus* L. Den *Insektenfressern* steht ein merkwürdiges Tier nahe, der früher zu den *Halbaffen* gerechnete *Galcopithecus volans* L. (malayische Inseln),

ausgezeichnet durch eine Flughaut, welche sich zwischen Hals, vorderer und hinterer Extremität und Schwanz ausspannt, aber nicht zum Fliegen dient, sondern nur als Fallschirm verwandt wird.

VI. Ordnung. Chiropteren, Fledermäuse.

Die mit den *Insectivoren* nahe verwandten Fledermäuse sind als die einzigen Säugetiere, welche wirklich fliegen und sich nicht nur mit einem ausgespannten Fallschirm durch die Luft fallen lassen zur Genüge charakterisiert (Fig. 575). Die Flughaut (Patagium), eine dünne, haararme, aber nervenreiche Hautfalte, beginnt am Schwanz, faßt die hintere Extremität bis an die Fußwurzel und die vordere Extremität in ganzer Ausdehnung bis an die Fingerspitzen ein, wobei sie nur den Daumen frei läßt. Die Finger 2—5 sind enorm verlängert und dienen zum Spannen der Flughaut. Da das Fliegen einen kräftigen Flugmuskel nötig macht, erhebt sich das Sternum ähnlich wie bei den Vögeln zu einer dem

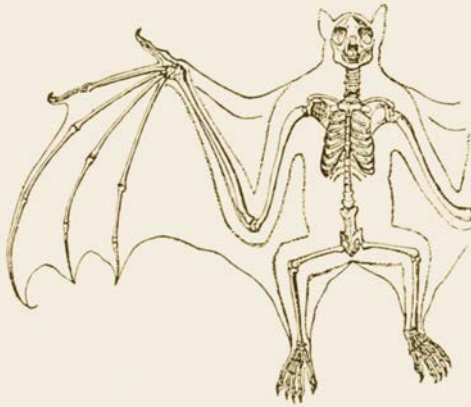


Fig. 575. Skelett und Flughaut des fliegenden Hundes (nach Huxley).

Musculus pectoralis neue Ursprungspunkte liefernden, allerdings nicht sehr großen Crista sterni. Mit dem Flugvermögen hängt auch die kräftige Ausbildung der Schlüsselbeine zusammen. Die Flughaut ist Sitz eines äußerst feinen Tastvermögens, weshalb geblendete Fledermäuse durch gespannte Netze fliegen können, ohne sie zu berühren. Die Sensibilität der Flughaut wird unterstützt durch die häufig enormen Ohrmuscheln und einen merkwürdigen, blattartigen Nasenaufsatz, der bei Fledermäusen sehr verbreitet

ist. Auffallend ist die Lage der Milchdrüsen an der Brust. In Gegenden mit gemäßigtem Klima verbringen die Fledermäuse die kalte Jahreszeit verkrochen in Höhlen im Winterschlaf. Die Weibchen mancher Arten werden im Herbst begattet und bewahren das Sperma im Uterus. Bei Beginn der warmen Jahreszeit reifen die Eier und beginnt die Embryonalentwicklung. Das Gebiß ist variabel, öfters $\frac{3}{1} \frac{3}{3}$.

I. Unterordnung. *Microchiropteren* mit Insectivorengebiß, an der vorderen Extremität nur der Daumen mit einer Kralle versehen. Hierher gehören alle unsere einheimischen Arten. *Gymnorhinen*, ohne Nasenaufsatz: *Vespertilio murinus* Schreb. — *Phyllorhinen* mit blattartigem Nasenaufsatz: *Rhinolophus ferrum equinum* Schreb.; ferner der amerikanische Vampyr, *Vampirus spectrum* L., *Desmodus rotundus* Geoffr., ersterer mit Unrecht, letzterer mit Recht als Blutsauger gefürchtet.

II. Unterordnung. *Macrochiropteren* (Frugivoren), fliegende Hunde, haben stumpfhöckerige Backzähne und an den zwei ersten Fingern Krallen (Fig. 575): *Pteropus celaeno* Herm.

VII. Ordnung. Carnivoren, Raubtiere.

Die Raubtiere leben vorwiegend vom Fleisch und vom Blut anderer Wirbeltiere, die sie durch List, schnellen Lauf oder kräftigen Sprung

erreichen und mit ihren muskelstarken, scharfkralligen Extremitäten und ihren schneidenden Zähnen überwältigen. Aus dieser Lebensweise erklärt sich die hohe Entwicklungsstufe ihres Hirns (Fig. 562) und ihrer Sinnesorgane, sowie der Bau ihrer Extremitäten und ihrer Zähne. Auffallend ist das bei Katzen besonders stark entwickelte Leuchten der Augen, hervorgerufen durch das Tapetum lucidum cellulosum, eine Zellanhäufung der Chorioidea, in der das Licht stark reflektierende, kristallinische Guanin-Nadelchen eingelagert sind. Da der Raubtiercharakter innerhalb der Gruppe, von den Bären bis zu den Katzenarten aufsteigend, eine Fortbildung erfährt und bei den Wasserraubtieren sich wieder verwischt, können wir auch in der Ausprägung der genannten anatomischen Merkmale keine Gleichmäßigkeit erwarten, sondern müssen von vornherein auf eine große Variationsbreite gefaßt sein. — Im Interesse der größeren Beweglichkeit der zum Angriff dienenden Vorderextremitäten ist wie bei den Ungulaten das Schlüsselbein ganz verloren gegangen oder unvollkommen entwickelt (Ulna und Fibula sind dagegen gut ausgebildet). Ein allmählicher Übergang vollzieht sich vom Sohlengang der Bären und Marder, bei denen Hand und Fuß in ganzer Länge den Boden berühren, zum Zehengang der Katzenarten. Bei letzteren werden die allen Raubtieren zukommenden scharfen Krallen vor der Gefahr, beim Gang abgenutzt zu werden, geschützt, indem sie vermöge eines elastischen Bandes samt der tragenden Endphalanx in Taschen auf dem Rücken der vorletzten Zehenglieder zurückfedern, aus welchen sie beim Schlagen mit den Tatzen durch die starke Tätigkeit der Beugemuskeln hervorgezogen werden. Im Gebiß (Fig. 564) ist nahezu konstant die Dreizahl der Schneidezähne und die auffallende Größe der gut bewurzelten Eckzähne; die Backzähne dagegen, deren Höcker mehr und mehr scharf schneidende Kanten (secodonte Zähne) erhalten, variieren nach den einzelnen Familien. Der letzte Prämolare des Oberkiefers und der erste Molare des Unterkiefers werden zu Reißzähnen, *D. lacerans* oder *D. sectorii* (S. 608) und gewinnen zunehmend eine dominierende Stellung, während zu ihren Gunsten die übrigen Backzähne kleiner werden und am vorderen und hinteren Ende der Reihe verschwinden. (Formeln der Backzähne, Bär: $\frac{p^1 p^2 p^3 p^4 (1), m^1 m^2}{p^1 p^2 p^3 p^4 m^1 (1) m^2 m^3}$, Löwe: $\frac{p^2 p^3 D^1 (1), m^1}{p^3 p^4 m^1 (1)}$. Der *Dens lacerans* ist durch ein zugefügtes I, die relative Größe durch Abstufung der Schrift ausgedrückt.) Weitere Merkmale der Carnivoren sind beim Männchen der Penisknochen, im weiblichen Geschlecht die abdominale Lage der Milchdrüsen und der Uterus bicornis; dazu kommt die Placenta zonaria. Sehr verbreitet sind Analdrüsen, welche ein stinkiges Sekret bereiten.

I. Unterordnung. *Fissipedier*, Landraubtiere. — Sie sind die typischen Vertreter der Raubtiere und als vorwiegend landbewohnende Tiere mit wohlentwickelten, meist bis zum Grund getrennten Zehen ausgerüstet; die Zahl der letzteren ist vielfach noch an beiden Extremitäten fünf; doch ist die erste Zehe überall schwächer entwickelt, was dahin führen kann, daß die Zehenzahl häufig an den Hinterfüßen (*Feliden*, *Caniden*), selten auch an den Vorderfüßen (*Hyaeniden*) eine Reduktion auf vier erfährt. 1. *Ursiden*, fünfzehige Sohlengänger: *Ursus arctos* L., brauner Bär; *U. maritimus* Thipps., Eisbär. 2. *Musteliden*; *Mustela martes* L., Edelmarder; *Putorius nivalis* L., Wiesel; *P. erminea* L., Hermelin; *Lutra lutra* L., Fischotter, mit Schwimmhäuten an den Zehen; *Meles meles*, Dachs; *Gulo gulo* L., Vielfraß; *Mephitis mephitis* Schreb., Stinktief. 3. *Caniden*, Zehen vorn fünf, hinten vier (beim Haushund oft fünf,

indem Rudimente der ersten Zehe oft sogar mit Krallen erhalten sind), Krallen nicht retraktil: *Canis familiaris* L., Hund; *C. lupus* L., Wolf; *C. vulpes* L., Fuchs. 4. *Feliden*, Zehen vorn fünf, hinten vier, Krallen retraktil: *Felis domestica* Briss., Katze; *F. silvestris* Schreb., Wildkatze; *F. leo* L., Löwe; *F. tigris* L., Tiger; *F. lynx* L., Luchs. 5. *Hyaeniden*, Zehen vorn und hinten vier: *Hyaena hyaena* L. 6. *Viverriden* (primitive Formen): *Viverra civetta* Schreb., Zibethkatze; *Herpestes ichneumon* L., Ichneumon.

II. Unterordnung. *Pinnipedier*, Flossenraubtiere. Alle vier Extremitäten zu breiten Flossen abgeplattet; während Ober- und Unterarm, bzw. Ober- und Unterschenkel sehr verkürzt sind, sind die fünf Zehen (besonders 1 und 5) und Finger lang und durch Schwimmhäute verbunden, die Nägel häufig rudimentär; das Gebiß unterscheidet sich vom echten Carnivorengebiß durch die gleichartige Beschaffenheit der Prämolaren und Molaren (kein Reißzahn); indem das Milchgebiß sich frühzeitig, ohne in Funktion zu treten, rückbildet, wird Monophyodontie angebahnt, Ohrmuschel klein oder ganz rückgebildet. — 1. *Otariiden*, Ohrenrobber: *Otaria jubata* Schreb. Seelöwe. — 2. *Trichechiden*, Walrosse, Schneidezähne verkümmert, Eckzähne des Oberkiefers zu langen Hauern umgewandelt: *Trichechus rosomarus* L. — 3. *Phociden*, Robben ohne Ohrmuscheln, hintere Extremitäten können nicht mehr zum Gehen benutzt werden: *Phoca vitulina* S., Seehund.

Im Eocän wurden die Carnivoren vorbereitet durch die Urraubtiere oder *Creodonten*, Sohlengänger mit wenig differenziertem Fleischfressergebiß (keine deutlichen Reißzähne); sie hängen genetisch wahrscheinlich mit den *Urinsectivoren* zusammen und leiten sowohl zu den *Raubtieren* als auch zu den *Condylarthren*, den Stammformen der Huftiere, über. Echte Raubtiere treten im oberen Eocän, häufiger im Miocän auf; dem Diluvium gehörten die großen Höhlentiere an: *Felis spelaea* Goldf., Höhlentiger, und *Ursus spelaeus* L., Höhlenbär.

VIII. Ordnung. Cetaceen, Walfische.

Unter den von tierischer Nahrung lebenden Säugetieren haben sich viele Formen an das Leben im freien Wasser so vollkommen angepaßt, daß sie den Eindruck von Fischen erwecken und auch lange für Fische gehalten worden sind; es sind die Walfische, zum größten Teil Bewohner des Meeres, selten der Flüsse (*Platanista gangetica*, *Inia geoffroyensis*). Die Fischähnlichkeit ist dadurch bedingt, daß Kopf und Rumpf breit ineinander übergehen, da die Halsregion infolge der Verkürzung der Halswirbel wenig zur Geltung kommt. Da die hinteren Extremitäten bis auf kleine Reste der Darmbeine geschwunden sind, sind auch Lumbal-, Sacral- und Caudalwirbel wenig voneinander verschieden. Die vorderen Extremitäten sind zu Flossen umgestaltet, welche nur noch im Schultergelenk bewegt werden können und von ziemlich gleichförmigen in Reihen angeordneten, untereinander ligamentös verbundenen Knochenstücken gestützt werden. Nur Humerus, Radius und Ulna sind noch einigermaßen durch ihre Größe unterschieden. Zu ihnen gesellt sich eine Schwanzflosse, die sich aber durch ihre horizontale Stellung von der Fischflosse unterscheidet, auch nicht von Flossenstrahlen, sondern nur von fibrösem Gewebe gestützt wird. Bei manchen Walen findet sich eine ähnlich gebaute Rückenflosse. In der Haut sind die Drüsen und Haare bis auf geringe Reste rückgebildet. Am besten erhalten sind spärliche nervenreiche und daher als Tastapparate funktionierende Sinushaare an Ober- und Unterkiefer. Aber

auch sie brechen leicht ab und sind vielfach (bei *Zahnwalen*) nur im Embryonalleben nachweisbar. Bei *Weißwal*, *Pottwal* und *Narwal* sind sie bisher auch embryonal nicht gefunden worden. Zum Ersatz für das fehlende Haarkleid dienen als Wärmeschutz die enormen, subkutanen Speckschichten (Tran), die auch in die schwammigen Knochen eindringen. Die Augen sind klein, ihre Linsen wie bei Fischen kugelig. Die Ohrmuscheln fehlen; die Gehörknöchelchen sind massiv und untereinander wenig beweglich, der Gehörgang durch feste, das Trommelfell oft nach außen vorwölbende Sekretmassen verstopft, so daß der Apparat für die Leitung der Schallwellen wohl kaum noch brauchbar ist. Auch die Riechschleimhaut ist rückgebildet; Riechmuscheln und Lobi olfactorii sind rudimentär, so daß die Nase nur noch zum Atmen dient. Um den Tieren während der Nahrungsaufnahme das Atmen zu ermöglichen, erhebt sich der Kehlkopf turmartig in den Rachenraum und legt sich, umschlossen vom Gaumensegel, an die Choanen an, von denen die Nasengänge fast senkrecht zur paarigen (Mysticete) oder unpaaren (*Denticete*) durch Klappen verschließbaren Nasenöffnung aufsteigt. Indem die wasserreiche, mit Gewalt herausgepreßte Atemluft sich abkühlt, entsteht eine Fontäne kleinster Wasserteilchen, welche wie ein Wasserstrahl aussieht („Blasen“ der W.) Die Milchdrüsen münden inguinal nahe der Geschlechtsöffnung.

Die tertiären, sonst ausgestorbenen **Zeuglodonten** haben noch eine heterodonte Bezahnung. — Die recenten Zahnwale **Odontoceten** (Denticeten) sind monophyodont, da die zweite Dentition rudimentär ist. Zumeist sind die Zähne in großer Zahl vorhanden, gleichartig hechelartig oder konisch: *Delphinus delphis* L., *Physeter macrocephalus* Lac., Pottwal, 20 m lang, liefert das Walrat, eine ölige Masse, die besonders in einem Raum oberhalb des Schädels lagert, und das Ambra, ein Sekret des Darms. *Monodon monoceros* L. mit einem mächtigen, ca. 2 m langen Stoßzahn im Oberkiefer (Veranlassung zur Sage vom Einhorn). — **Mystacoceten**, Bartenwale, zahnlos. Die embryonal noch angelegten Zähne werden noch vor der Geburt resorbiert und durch die Barten ersetzt. Diese sind mächtige, bei großen Tieren bis zu 4 m lange Hornplatten (Fig. 576 *ba*), die mehrere Hundert an Zahl hintereinander in einer linken und rechten Reihe vom Gaumen entspringen und den queren Gaumenfalten entsprechen, die auch sonst bei Säugetieren vorkommen. Am Innenrand ausgefranst bilden sie eine Reuse zum Zurückhalten kleiner Meerestiere (*Clio borealis*, eine *Pteropode*, *Calanus finmarchicus*, eine Copepode u. a.). Eine Ernährung durch große Meerestiere ist durch den engen Schlund unmöglich gemacht. *Balaena mysticetus* L., 18—20 m, *Balaenoptera musculus* L. sogar bis 31 m.

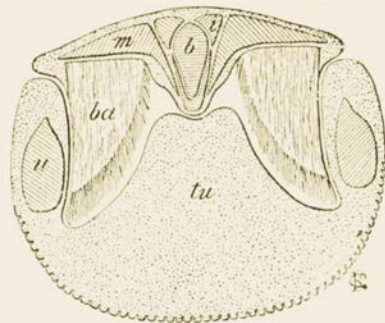


Fig. 576. Querschnitt durch den Vorderkopf eines Bartenwals (Schema nach Delage). *b* knorpeliges Septum narium mit Vomer, *i* hinteres Ende des Zwischenkiefers, *m* Oberkiefer, *u* Unterkiefer, *ba* Barten, *tu* Zunge.

IX. Ordnung. Rodentien, Glires, Nagetiere.

Bei den Nagetieren vereint sich große Übereinstimmung in der äußeren Erscheinung mit einer äußerst charakteristischen Beschaffen-

heit des Gebisses. Da Eckzähne nicht mehr angelegt werden, sind die Backzähne und Schneidezähne durch eine weite Lücke (Diastemma) getrennt (Fig. 577). Die sehr kräftigen, meißelartigen Schneidezähne sind mit ihrem basalen Ende tief in die Kiefer eingepflanzt, sie entwickeln keine Wurzeln und wachsen daher im gleichen Maße fort, als sie beim Nagen abgenutzt werden; dabei erhalten sie scharfschneidende Kanten, weil sie nur auf der vorderen Seite mit Schmelz bedeckt sind und hier der Abnutzung besser widerstehen. Gewöhnlich findet sich jederseits ein Schneidezahn im Zwischenkiefer und Unterkiefer; bei *Leporiden* (*Duplicidentaten*) ist noch ein weiterer kleinerer Schneidezahn jederseits im Zwischenkiefer vorhanden. Auch die bald höckerigen, bald schmelzfaltigen Backzähne (nicht selten sogar *dentis compositi* wie bei den *Elephanten*) sind häufig unbewurzelt und daher in ihrem Wachstum nicht beschränkt. Ihre Zahl ist in verschiedenem Maße reduziert, so daß die gesamte Zahnformel zwischen zwei Extremen schwankt: $\frac{2}{1} \frac{0}{0} \frac{3}{2}$ (Hase) und $\frac{1}{1} \frac{0}{0} \frac{2}{2}$ (*Hydromys*). Da die Schneidezähne des Milchgebisses rudimentär sind, herrscht Tendenz zur Monophyodontie. Eine sehr auffällige Bildung

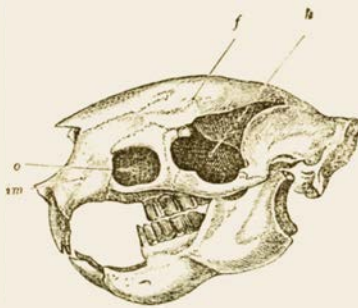


Fig. 577. Schädel eines Stachelschweins (aus Schmarda). *f* Stirnbein, *im* Zwischenkiefer, *o* Foramen infraorbitale, welches durch eine in ihm verlaufende Portion des Kaumuskels (Masseter) enorm ausgedehnt ist, *h* Schläfengrube, welche nach vorn kontinuierlich in die Orbita übergeht.

ist eine große Öffnung vor der einheitlichen Augenschläfenrube, der Infraorbitalkanal der *Muriden* und *Hystriciden*, in welchem ein Teil des Kaumuskels entspringt (Fig. 577 *o*). — Eine merkwürdige Ähnlichkeit im Habitus bekunden die *Rodentien* mit den *Insectivoren*. Wie diese, sind sie durchschnittlich kleine, weichbehaarte Tiere mit meist fünfzehigen, krallentragenden Füßen. Der Habitus der *Spitzmäuse* wiederholt sich bei den echten *Mäusen*, der der *Maulwürfe* bei den blinden *Spalaciden*, der stachelige Charakter der *Igel* bei den *Stachelschweinen*, die Flughaut von *Galeopithecus* bei dem Flughörnchen *Pteromys volans*. Unterscheidend ist in der äußeren Erscheinung der Rüssel der *Insectivoren*. Aber auch anatomische

Ähnlichkeiten sind vorhanden, bedingt durch die primitive Stellung beider Gruppen: die niedere Entwicklung des Hirns, die häufige Beschuppung des Schwanzes, des Processus angularis des Unterkiefers, die meist gute Ausbildung der Clavicula, die der großen Fruchtbarkeit entsprechende Zahl der Milchdrüsen, die Anwesenheit stark riechender Drüsensäcke, die in das Praeputium (Bibergeildrüse) oder am After münden (Fig. 566) usw.

Die weit über 1000 Arten der Nager zerfallen in zwei nicht unbeträchtlich verschiedene Gruppen. Duplicidentat sind die *Leporiden*; *Lepus europaeus* Pall. (lange Zeit *L. timidus* genannt), Hase; *L. cuniculus*, Kaninchen; *L. variabilis* (*L. timidus* L.), der im Winter sich weiß verfärbende Schneehase. — Alle übrigen werden als *Simplicidentaten* zusammengefaßt. a) *Sciurormorphen*. Durch weichen Pelz und buschigen Schwanz zeichnen sich aus die *Sciuriden*: *Sciurus vulgaris* L., Eichhörnchen, *Pteromys volans* L., Flugeichhörnchen, durch weichen Pelz und beschuppten Ruderschwanz die *Castoriden*: *Castor fiber* L., der wegen des

Bibergails und seines Felles viel gejagte, in Deutschland bis auf das Gebiet der Elbe zwischen Magdeburg und Wittenberg ausgerottete Biber. — b) *Myomorphen*: *Mus musculus* L., Maus, *Mus rattus* L., Hausratte, bei uns nahezu vollkommen durch die Wanderratte *Mus decumanus* Pall. verdrängt. c) *Hystricomorphen*: Hufo anstatt Krallen kommen den *Caviiden* zu: *Cavia procellus* L. (*cobaya* Schreb.), Meerschweinchen. Mit Stacheln bewaffnet sind die *Hystriciden*: *Hystrix cristata* L., Stachelschwein. — Im Gebiß, besonders im Bau der Schneidezähne, ähneln den Nagern die zum Teil ansehnlich großen *Tillodontien* (Eocän); sie bildeten vielleicht einen früh ausgestorbenen Seitenzweig der *Rodentien*, werden in der Neuzeit in die Nähe der *Insectivoren* gestellt.

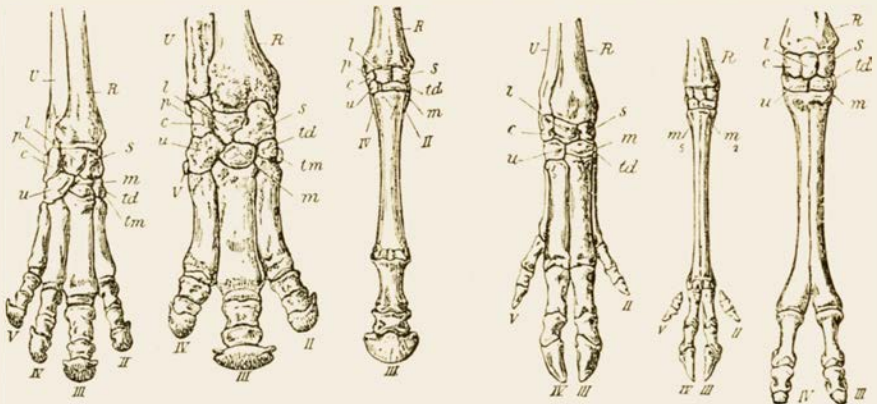
X. Ordnung. Ungulaten, Huftiere.

Unter dem Namen „Ungulaten“ oder „Huftiere“ sollen hier zwei Gruppen von Säugetieren vereint werden, welche viele Zoologen als selbständige Ordnungen nebeneinander aufführen, die *Perissodactylen* und die *Artiodactylen*. Sie stammen von gemeinsamen Urformen, den *Condylarthren*, ab und besitzen eine größere Summe gemeinsamer Merkmale. *Perissodactylen* und *Artiodactylen* sind vorwiegend Pflanzenfresser; ihre Eckzähne sind selten gut entwickelt, ihre Backzähne zahlreich, zum Zermahlen der Nahrung eingerichtet, mehr oder minder abgeflacht und vielfach schmelzfaltig. Die Milchdrüsen sind inguinal; der Uterus ist zweihörnig, die Placenta eine diffuse, die sich nur bei einem Teil der *Artiodactylen* (den meisten *Wiederkäuern*) zur Cotyledonenplacenta höher entwickelt. Die Extremitäten dienen fast ausschließlich zum meist schnellen Lauf, weshalb das Schlüsselbein im Interesse einer freieren Beweglichkeit der vorderen Extremität fehlt und die Füße vorwiegend nur mit den in Hufen steckenden Zehenspitzen den Boden berühren (Zehenspitzen-gänger, unguigrad). Nur die *Tylopoden* berühren den Boden mit der ganzen Länge der schwierigen Zehen. Indem die Metacarpen und Metatarsen ganz auffallend verlängert werden, rücken Hand- und Fußgelenk so weit vom Boden weg, daß sie leicht mit Ellbogen und Kniegelenk verwechselt werden. Die Extremitäten sind ferner vorzüglich eingerichtete Trageapparate des Körpers und zeigen als solche im Vorderarm und Unterschenkel dieselbe Tendenz zu einheitlicher Gestaltung der Knochen, welche wir schon oben (S. 586) für die hintere Extremität der Vögel besprochen haben. Immer mehr werden sowohl bei *Artiodactylen* als bei *Perissodactylen* Radius und Tibia die Hauptstützen der Extremität, die Fibula dagegen rudimentär; die Ulna erhält sich zwar leidlich gut, bald in ganzer Ausdehnung, bald nur in ihrem oberen, dem Muskelansatz dienenden Ende (Olecranon), verschmilzt aber mehr oder minder mit dem Radius. Dieselbe Tendenz zur Vereinfachung beherrscht auch das Hand- und Fußskelett, äußert sich aber in ganz anderer Weise bei den *Perissodactylen*, den Unpaarhufern, als bei den *Artiodactylen*, den Paarhufern. Bei den *Perissodactylen* fällt die Drucklinie des Körpers auf die Mittelzehe und veranlaßt diese zu kräftigem Wachstum, während die übrigen Zehen symmetrisch zu dieser Mittellinie verschwinden. Da schon frühzeitig die erste Zehe verloren gegangen ist (Fig. 578), wird zunächst Zehe *V* (Fig. 579), dann Zehe *II* und *IV* rückgebildet, so daß schließlich nur das Skelett und der Huf der Mittelzehe (Pferd, Fig. 580) erhalten bleibt, vom Skelett der übrigen Zehen nur Reste (die Griffelbeine *II* und *IV*). — Bei den *Artiodactylen* fällt die Drucklinie zwischen die Zehen *III* und *IV* (Fig. 581), welche gemeinsam den Körper tragen, daher gleich

stark werden und gemäß ihrer einheitlichen Funktion verschmelzen, wenn auch nicht die Zehen selbst, so doch die zugehörigen Metacarpen und Metatarsen (Fig. 582 und 583). Die Figuren 581 bis 583 zeigen, wie die Zehen *II* und *V* (Zehe *I* ist auch hier schon früher verloren gegangen) successive schwinden. Da die Last des Körpers mehr auf der hinteren als auf der vorderen Extremität ruht, ist erstere in der Umgestaltung voraus. — Indem man unter Benutzung eines reichen paläontologischen Materials im einzelnen genauer verfolgte, in welcher Weise sich die *Artiodactylen* und *Perissodactylen* phylogenetisch entwickelt haben, ist man zu dem Resultat gelangt, daß beide Gruppen divergente Reihen bilden, welche sich schon an der Wurzel voneinander getrennt haben. In jeder Reihe sind die meisten der oben erläuterten gemeinsamen Merkmale selbständig entstanden, so daß man sagen kann, daß die so einheitliche Erscheinungsweise der Ungulaten von *Perissodactylen* und *Artiodactylen* zum größten Teil unabhängig erworben wurde und eine Folge konvergenter Züchtung ist.

A. Perissodactylen.

B. Artiodactylen.

Fig. 578.
*Tapir.*Fig. 579.
*Nashorn.*Fig. 580.
*Pferd.*Fig. 581.
*Schwein.*Fig. 582.
*Hirsch.*Fig. 583.
Kamel.

Fußskelett der vorderen Extremität. *U* Ulna, *R* Radius, *s* Scaphoid (Radiale), *l* Lunatum (Intermedium), *c* Triquetrum (Ulnare), *p* Pisiforme, *tm* Trapezium, *td* Trapezoid, *m* Capitatum, *u* Hamatum, *m*², *m*³ Rudimente des Metacarpus *II* und *V*; *II*—*V* die zweiten bis fünften Finger (nach Flower).

I. Unterordnung. *Perissodactylen*, *Unpaarhufer*. Das Gebiß zeichnet sich dadurch aus, daß die Prämolaren und Molaren von gleicher Größe und Gestalt sind, beide lophodont (Höcker durch quere Joche verbunden), häufig stark schmelzfaltig. Das zweite wichtige Merkmal der Gruppe ist die dominierende Entwicklung der Mittelzehe unter Rückbildung der beim Tragen minder beteiligten übrigen Zehen, ein Prozeß, der bei den drei hierher gehörigen Familien verschieden weit gediehen ist. 1. *Tapiriden*; vier Zehen am Vorderfuß, drei am Hinterfuß; Zähne $\frac{00143}{1133}$, Nase rüsselartig verlängert. *Tapirus terrestris* L. (*americanus*), *T. indicus* Cuv. — 2. *Rhinocerotiden*; drei Zehen an Vorder- und Hinterfüßen, Zähne $\frac{00433}{0033}$ — $\frac{21433}{11433}$; auf den Nasenbeinen sitzen ein bis zwei mächtige, nur aus Horn bestehende Aufsätze; Haut nahezu haarlos, gewaltig verdickt. Daher wurden die Tiere früher als *Pachydermen* mit Elefant und Nilpferd vereint. *Rhinoceros bicornis* L. (*africanus*), Nashorn, *R. unicornis* L. (*indicus*): *R.*

tichorhinus Cuv., behaart, diluvial. — 3. *Equiden*: vorn und hinten nur eine Zehe, Reste von Zehe II und IV als Griffelbeine erhalten, Zähne $\frac{3}{1} \frac{1}{1} \frac{4}{1} \frac{3}{1}$: *Equus caballus* L., Pferd; *E. asinus* E., Esel, letzterem verwandt *E. quagga* Gmel. *E. zebra* L.; Bastarde von Pferd und Esel sind *E. mulus*, Maultier (Stute und Eselhengst), und *E. hinnus*, Maulesel (Hengst und Eselin) sind unfruchtbar, ebenso die Zebroide.

II. Unterordnung. *Artiodactylen*, *Paarhufer*. Abgesehen von der paarigen Beschaffenheit der Zehen, stimmen die Artiodactylen darin überein, daß die drei bis vier Prämolaren kleiner und einfacher sind als die drei Molaren. Die Unterordnung ist viel mannigfaltiger als die der Unpaarhufer, so daß man in ihr zwei Gruppen unterscheiden muß: die ursprünglicher gebauten schweineartigen Tiere (*Non-Ruminantien*) und die mehr spezialisierten Wiederkäuer (*Ruminantien*).

I. *Non-Ruminantien* (*Bunodontien*). Die Tiere sind omnivor und haben daher ein vollkommen entwickeltes bunodontes Gebiß $\frac{2-3}{1-3} \frac{1}{1} \frac{4}{1} \frac{(3)}{3}$; besonders sind die Eckzähne oft zu Hauern entwickelt; der Magen ist meist einfach, seltener ist er schon (*Dicotyles*, *Hippopotamus*) in drei Abteilungen zerlegt, obwohl kein Wiederkäuen stattfindet. Das Extremitätenskelett ist noch wenig modifiziert, vier, ausnahmsweise auch drei Zehen vorhanden, Ulna und Fibula nicht rückgebildet, Metacarpen und Metatarsen nicht verwachsen.

1. *Hippopotamiden*, alle vier Zehen berühren den Boden, „pachyderme Haut“, schwerfälliger Körperbau: *Hippopotamus amphibius* L., Flußpferd. 2. *Suiden*, zwei tragende Zehen, zwei Afterzehen, Haut mit Borsten, Schnauze rüsselartig verlängert; *Sus scrofa* L., Schwein, zum Teil noch in wildem, zum Teil in domestiziertem Zustand lebend (*S. domesticus*).

II. *Ruminantien* (*Selenodontien*). Die Zehen II und V sind rudimentär und können sogar, wie bei *Tylopoden* und *Giraffen*, ganz fehlen, Metacarpalia III und IV

zum „Kanonenknochen“ verschmolzen. Der ausschließlich pflanzlichen Nahrung ist Magen und Gebiß vorzüglich angepaßt. Der Magen (Fig. 584) zerfällt in zwei Abschnitte, von denen ein jeder wieder zweigeteilt ist. Der erste mit vielschichtigem Plattenepithel ausgekleidete Abschnitt nimmt das mit der Zunge und den Schneidezähnen des Unterkiefers abgerissene pflanzliche

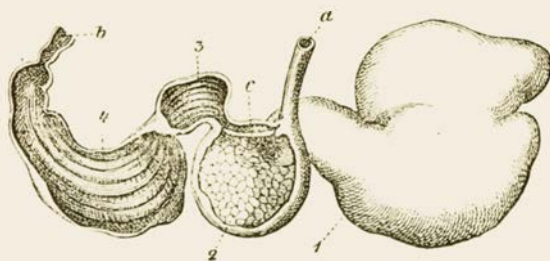


Fig. 584. Magen des Schafes (aus Leunis-Ludwig). *a* Speiseröhre, *b* Dünndarm, *c* Klappe, welche die Speise aus der Speiseröhre direkt in den zweiten Hauptabschnitt des Magens überleitet. 1 Pansen, Rumen, 2 Netzmagen, Reticulum, 3 Blättermagen, Omasus, Psalterium, 4 Labmagen, Abomasus.

Futter in Empfang; es ist der Rumen oder Pansen (1) mit dem ansitzenden Reticulum oder Netzmagen (2). Während der Ruhe des Tieres steigt die eingeweichte Kost in die Mundhöhle zurück, um „wiedergekaut“ zu werden. So zerkleinert, gelangt die Speise durch eine Rinne, die mittels einer Falte zur Röhre abgeschlossen wird (*c*), in den zweiten Hauptabschnitt, zunächst in eine Art Filter, in den mit hohen Längsfalten ausgerüsteten, ebenfalls mit vielschichtigem Epithel ausgekleideten Omasus, Blättermagen oder Psalterium (3), dann erst in den die Labdrüsen enthaltenden Labmagen, Abomasus (4). Im Gebiß sind meistens nicht nur die oberen Eckzähne, sondern

auch die oberen Schneidezähne rückgebildet, während im Unterkiefer die Schneidezähne kräftig sind und die Eckzähne die Form und Stellung von Schneidezähnen angenommen haben; die Backzähne sind selenodont, d. h. mit halbmondförmigen Längshöckern versehen. — Mit wenigen Ausnahmen haben die Wiederkäuer auffallend große, mit Aufsätzen bewehrte Stirnbeine. Die Aufsätze — ausschließlich oder doch am kräftigsten im männlichen Geschlecht entwickelt — sind im einfachsten Fall mit Fell bedeckte, von den Stirnbeinen getrennt bleibende Knochenzapfen (*Giraffen*), oder es sind Knochenzapfen, welche getrennt angelegt werden, später aber mit den Stirnbeinen verschmelzen und durch feste Hornscheiden (Hörner der *Cavicornier*) umhüllt und verlängert werden — oder endlich, es sind Knochenauswüchse der Stirnbeine, welche sich zu Geweihen differenzieren (*Cerviden*). Geweihe sind verästelte Knochenwucherungen, die sich gegen den tragenden, von Haut umschlossenen Knochenzapfen (Rosenstock) mit einer Verbreiterung (Rose) absetzen; anfänglich ebenfalls von Haut überzogen, streifen sie die schützende Hülle, den trocken gewordenen „Bast“, ab, trocken in folgedessen aus und müssen daher alljährlich einschließlich der Rose erneuert werden, wobei sich meist die Zahl der Endäste um eine Spitze vermehrt. — A. Blättermagen mit spärlichen Blättern, vom Labmagen

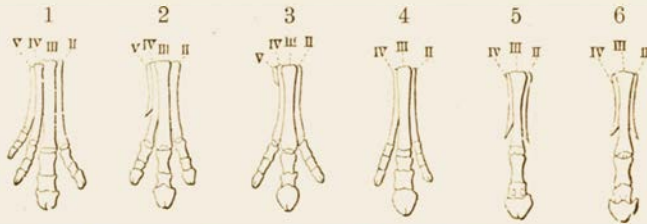


Fig. 585. Vorderfuß der Stammformen des Pferdes, 1 Orohippus (Eocän), 2 Mesohippus (unteres Miocän), 3 Miohippus (Anchitherium) (oberes Miocän), 4 Protohippus (Pliocän), 5 Pliohippus (Pliocän), 6 Equus. II—V zweiter bis fünfter Finger (nach Wiedersheim).

kaum gesondert, oder rudimentär, keine Stirnaufsätze. 1. *Tylopoden*, Kamele, Zähne $\frac{1\ 1\ 3^{(2)}\ 3}{3\ 1\ 2^{(1)}\ 3}$: *Camelus bactrianus* L., zweihöckeriges Kamel; *C. dromedarius* L., Dromedar, einhöckerig, *Auchenia lama* Desm., Lama. 2. *Traguliden*, sehr primitive Wiederkäuer mit hauerartigen Eckzähnen im Oberkiefer, Gebiß $\frac{0\ 1\ 3\ 3}{1\ 1\ 3\ 3}$: *Tragulus javanicus* Gmel. — B. Blättermagen und meist auch Stirnaufsätze vorhanden, typische Wiederkäuer (Pecora). 3. *Camelopardaliden* mit hautbedeckten Stirnhöckern $\frac{0\ 0\ 3\ 3}{1\ 1\ 3\ 3}$: *Camelopardalis giraffa* Schreb., Giraffe; mit zwei schwachen Stirnhöckern, die neu entdeckte *Okapia Johnstoni* Sel. — 4. *Boviden* (*Cavicornier*) mit Hörnern meist in beiden Geschlechtern $\frac{0\ 0\ 3\ 3}{1\ 1\ 3\ 3}$. a) *Bovinen*: *Bos taurus* L., Rind (Urformen: *B. primigenius*, Auerochs, *B. longifrons*, *B. frontosus*); *Bison bonasus* L., Wisent (fälschlich auch Auerochs genannt); *B. bison* L. (*americanus* G.), der im Aussterben begriffene „Büffel“ Nordamerikas; *Buffelus bubalus* L., asiatischer Büffel, auch in Italien gezüchtet, *B. caffer*, Kaffernbüffel; b) *Ovinen*: *Ovis aries* L., Schaf; *Capra hircus* L., Hausziege; *C. ibex* L., Steinbock; *Ovibos moschatus* Zimm., Moschusochse; c) *Antilopinen*: *Rupicapra rupicapra* Sund., Gemse; *Gazella dorcas* L., Gazelle; *Antilocapra americana* Ord., Gabelgemse. — 5. *Cerviden*, meist mit Geweihen im männlichen Geschlecht, welches oft auch den oberen Eckzahn bewahrt $\frac{0\ 1\ (0)\ 3\ 3}{3\ 1\ 3\ 3}$: *Cervus elaphus* L., Edelhirsch; *Capreolus capreolus* L., Reh; *Alces alces* L., Elch; *Rangifer tarandus* L., Renttier, Geweih

in beiden Geschlechtern; *Moschus moschiferus* L., rehartig, ohne Geweih, Männchen mit großen Eckzähnen des Oberkiefers und mit Moschusbeutel zwischen Nabel und Präputium.

Paläontologie der Ungulaten.

Reiche paläontologische Funde aus dem Tertiär, besonders aus Amerika, haben die Stammesgeschichte der Huftiere aufgehellert und es sehr wahrscheinlich gemacht, daß die plantigraden, fünfzehigen, mit gut ausgebildeter Ulna und Fibula und einem omnivoren Gebiß versehenen, dagegen keine Clavicula besitzenden *Condylarthren* des älteren Tertiärs (Eocän) die gemeinsamen Ausgangsformen für die *Artiodactylen* und *Perissodactylen* gewesen sind. Speziell von den Ausgangsformen der *Perissodactylen*, den noch fünfzehigen *Phenacodonten* (*Tetraclaenodon*), lassen sich die *Nashörner* und *Tapire* herleiten, vor allem aber die *Equiden*. Vierzehige Vorderfüße besaßen die *Hyracotherien* des Eocäns (*Eohippus* und *Orohippus*, Fig. 585, 1); dreizehig, zum Teil aber mit Rudimenten der fünften Zehe, waren die *Anchitherien* der Miocänschichten *Meshippus* und *Miohippus* (2, 3) und das im Gebiß dem Pferde sehr nahestehende *Merychippus* des oberen Miocäns und das pliocäne *Protohippus* (4). Im Pleistocän, zum Teil sogar schon im Pliocän, begannen dann die einzehigen Pferdearten, zunächst die noch mit großen Griffelbeinen ausgerüstete Gattung *Pliohippus*, dann die Repräsentanten der ebenfalls bis in das Pliocän hinaufreichenden Gattung *Equus* selbst. Die früher als Vorläufer der Pferde gedeuteten Gattungen *Palaeotherium* und *Hipparion* werden jetzt als Seitenzweige der Stammreihe angesehen. Auffallend ist, daß die Pferde in Amerika in historischer Zeit fehlten und erst durch die spanischen Eroberer wieder eingeführt wurden, obwohl der Hauptabschnitt ihrer Stammesgeschichte sich dort abgespielt hat. — Für die beiden Hauptgruppen der *Artiodactylen* wurde eine vermittelnde Ausgangsgruppe in den *Anoplotherien* (*Dichobune*) gefunden. — Viele artenreiche Abteilungen der *Ungulaten* sind ausgestorben, ohne sich in rezente Tierformen fortzusetzen, so die *Toxodontien* und *Amblypoden*, große, an Elefanten erinnernde schwerfällige Tiere.

XI. Ordnung. Subungulaten.

Unter dem Namen *Subungulaten* werden in der Neuzeit, namentlich von paläontologischer Seite, kleinere Gruppen herbivorer Tiere zusammengefaßt, die von den echten *Ungulaten* sich dadurch unterscheiden, daß in Anpassung an besondere Existenzbedingungen die für diese so charakteristische Vereinfachung des Fußskeletts nicht eingetreten ist. Auch sind die Hornbekleidungen der Zehenden keine typischen Hufe, sondern nagelähnlich. Vermöge ihrer hochgradigen Spezialisierung sind die lebenden Vertreter einander sehr unähnlich geworden. Doch werden durch paläontologische Funde Übergänge vermittelt.

I. **Hyracoidea**, Klippschliefer, sind kleine, in Felsen und auf Bäumen kletternde Tiere, welche in Größe, äußerer Erscheinung und auch in der Beschaffenheit ihrer unbewurzelten Schneidezähne an Nager erinnern: *Procavia capensis*.

II. **Proboscidier**, Elefanten, bewahren die Fünfzehigkeit der Extremitäten, weil durch die gewaltig verdickte Haut die gedrungenen Knochen zu einer einheitlichen massiven Säule zusammengehalten werden; sie sind in auffälliger Weise charakterisiert durch die zu einem langen Rüssel ausgezogene, mit einem fingerartigen Fortsatz endende Nase, endlich durch

die Bezeichnung. Eckzähne fehlen vollkommen, dagegen sind die durch kleine bewurzelte Milchzähne vorbereiteten Schneidezähne zu gewaltigen, unbewurzelten und daher das ganze Leben hindurch fortwachsenden Stoßzähnen geworden. Bei den lebenden *Elefanten*-Arten findet sich ein Paar Stoßzähne im Zwischenkiefer, bei manchen Arten der ausgestorbenen Gattung *Mastodon*, desgleichen bei *Palaeomastodon* war außerdem noch ein Paar kleinerer Stoßzähne im Unterkiefer vorhanden. Bei den ebenfalls fossilen *Dinotherien* waren nur die Stoßzähne des Unterkiefers entwickelt. Zwei Paar Schneidezähne im Unterkiefer, drei Paar im Oberkiefer — davon eines stoßzahnähnlich vergrößert — fanden sich bei den eocänen *Moeritherien*. Die Backzähne — bei *Mastodonten* und *Dinotherien* noch Höckerzähne mit normalem Zahnwechsel — sind bei den *Elefanten* aus vielen,

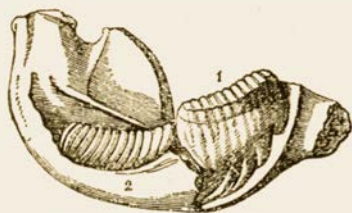


Fig. 586. Linker Unterkiefer von *Elephas indicus* mit aufgemeißelten Zahnalveolen, von innen gesehen. 1 funktionierender Zahn, 2 nachrückender nächster Zahn (nach Owen).

durch Zement verbundenen Platten zusammengesetzt (*Dentes compositi*) und unterliegen einem horizontalen Ersatz; von den drei großen Molaren und drei Prämolaren ist immer nur einer in voller Tätigkeit (Fig. 586 1); hat er sich abgenutzt, so wird er von dem nächst hinteren (2) allmählich ersetzt. Den *Elefanten* kommen ferner zu: ein Uterus bicornis, eine Gürtelplacenta ohne Decidua, zwei brustständige Milchdrüsen.

1. *Elephantiden*: *Elephas indicus* L., kleine Ohren; *E. africanus* Blum., Ohren sehr groß; *E. primigenius* Blum., Mammut, behaart, diluvial, im Eis von Sibirien gefunden; *Mastodon americanus* Cuv., pliocän und diluvial. 2. *Dinotheriden*: *Dinotherium giganteum* Kaup., Miocän.

III. **Sirenen**, Seekühe, sind riesige Wasserbewohner und haben in Anpassung an diese Lebensweise ähnliche Umbildungen erfahren wie die *Cetaceen*: Rückbildung des Haarkleides bis auf spärliche Borsten, die sich am reichlichsten noch im Umkreis des Mundes erhalten, Rückbildung der Ohrmuscheln und der hinteren Extremität bis auf kleine Beckenreste, Ersatz derselben durch eine horizontale, von fibrösem Gewebe gestützte Schwanzflosse. Die Umgestaltung der vorderen Extremität zu einer Flosse ist noch nicht so weit gediehen wie bei den Walfischen, indem noch Reste von Nägeln und Beweglichkeit im Ellbogengelenk erhalten bleiben. Daß die Anpassung an das Wasserleben nicht so weit gediehen ist wie bei den *Cetaceen*, erklärt sich daraus, daß die *Sirenen* Uferbewohner sind. An den Küsten des Meeres, seltener auch großer Flüsse, grasen sie die Tangwälder mit ihren gewaltigen, von Hornplatten bedeckten Kiefern ab. Die Bezeichnung (bei den fossilen *Prorastomus* und *Eotherium* noch $\frac{3}{2} \frac{1}{1} \frac{3}{3}$) kann ganz fehlen oder ist mangelhaft. Am häufigsten erhalten sich die an das Gebiß der *Ungulaten* erinnernden, bei *Manatus* in sehr großer Zahl auftretenden Backzähne; Schneidezähne und Eckzähne finden sich bei *Manatus* nur im Milchgebiß, sie schwinden frühzeitig, während beim männlichen *Dugong* sich ein Paar kräftiger, beim Weibchen rudimentärer Hauer im Zwischenkiefer entwickelt. Das Skelett ist schwer und massiv. Kopf und Rumpf sind noch schwach gegeneinander abgesetzt. Die Zweizahl der Milchdrüsen und ihre Lage an der Brust erklärt es, wie man die ungeschlachten Tiere für Mischwesen zwischen Mensch und Fisch hat halten können. *Manatus americanus* Desm. mit nur sechs Halswirbeln, *Halicore*

Dugong Erxl., Männchen hat zwei große Stoßzähne im Zwischenkiefer, *Rhytina Stelleri* Cav., gänzlich zahnlos, in historischer Zeit ausgerottet. Fossile Formen ergeben Anklänge an das als Stammform der *Proboscidier* genannte *Moeritherium*.

XII. Ordnung. Prosimien, Halbaffen.

Mit den echten Affen wurde von Linné eine kleine Gruppe auf Indien und die benachbarten Inselgruppen, Südafrika und vor allem Madagaskar beschränkter Tiere vereinigt, weil sie ihnen in der Körperform und der Gewandtheit des Kletterns gleichen, weil sie Greifhände und Greiffüße haben und im allgemeinen Plattnägel an Zehen und Fingern tragen. Auch stehen die Augen wie beim Menschen nach vorn gewandt. Heutzutage werden die Tiere, wenn man auch nach wie vor an der Verwandtschaft mit den Affen festhält, als Prosimien oder Lemuroiden in einer besonderen Ordnung vereint, und zwar mit Rücksicht auf ihre niedere Organisation, die sich in der geringen Entwicklung des Großhirns, dem Uterus bicornis und der Placenta diffusa (nur bei *Tarsius discoidalis*) ausspricht. Weitere Unterschiede sind die abweichende und variable Beschaffenheit des Gebisses (*Chiromys* $\frac{1}{1} \frac{0}{0} \frac{1}{1} \frac{3}{3}$, *Lemur* $\frac{2}{1} \frac{1}{1} \frac{3}{3} \frac{3}{3}$) und das Vorkommen von Krallen, welche stets an der zweiten, häufig auch an der dritten Hinterzehe, bei *Chiromys* sogar an allen Fingern und Zehen, mit Ausnahme des Hallux, die Nägel ersetzen. Ein sehr auffälliges Gepräge erhalten die nachts auf Raub (Insekten, kleine Wirbeltiere) ausgehenden Tiere durch die besonders großen Augen (Fig. 587); Orbital- und Temporalhöhlen sind zwar durch einen Postorbitalring abgegrenzt, hängen aber unterhalb desselben zusammen. Gewöhnlich findet sich ein Paar brustständiger Milchdrüsen, zu denen bei *Loris* und *Galago* ein Paar abdominaler oder inguinaler Drüsen hinzutreten können. Letztere sind bei *Chiromys* allein vorhanden.



Fig. 587. *Stenops gracilis* (aus Brehm).

1. *Chiromyiden*, die langen Zehen beider Extremitätenpaare tragen, mit Ausnahme der Großzehe, sämtlich Krallen: *Chiromys madagascariensis* Desm., Fingertier. 2. *Tarsiiden*, nur die zweite und dritte Hinterzehe mit Krallen: *Tarsius spectrum* Pall., macht von allen *Prosimien* eine Ausnahme, indem er eine sich ganz wie die menschliche Placenta entwickelnde Scheibenplacenta besitzt, sowie eine gut entwickelte Orbita; er ist in dieser Hinsicht affenähnlich. 3. *Lemuriden*, nur die zweite Hinterzehe trägt eine Kralle: *Lemur macaco* L., Maki: *Stenops gracilis* Geoff., Lori (Fig. 587).

XIII. Ordnung. Primaten, Herrentiere.

Die höchst organisierten Säugetiere, die Affen und Menschen, werden unter dem Namen Primaten oder Herrentiere in einer gemeinsamen Ordnung zusammengefaßt, weil zwischen beiden eine große Übereinstimmung in den systematisch wichtigen Merkmalen besteht. Wenn wir,

wie sonst in der systematischen Zoologie, die verschiedenen Grade der Intelligenz unberücksichtigt lassen und allein die größere oder geringere anatomische Verwandtschaft als maßgebend betrachten, kommen wir sogar zu dem Resultat, daß die anthropoiden Affen systematisch dem Menschen näher stehen als den sehr primitiven Krallenaffen.

Den Primaten ist gemeinsam, daß die Zehen und Finger — mit Ausnahme der Krallenaffen — Plattnägeln tragen, die Behaarung im Gesicht rückgebildet ist, daß die Augenhöhlen von der Schläfengrube durch eine knöcherne Scheidewand getrennt werden, daß das reich gewundene Großhirn sämtliche übrige Hirnteile bedeckt (Fig. 563), daß nur ein Paar brustständiger Milchdrüsen vorkommt, daß der Uterus einfach ist, die Placenta discoidal (beim Menschen und den Anthropoiden eine völlig gleich gebaute einfache Scheibe: Pl. simplex, bei den übrigen *Catarhinen* eine größere dorsale und eine kleinere ventrale: Pl. duplex, bei *Platy-*

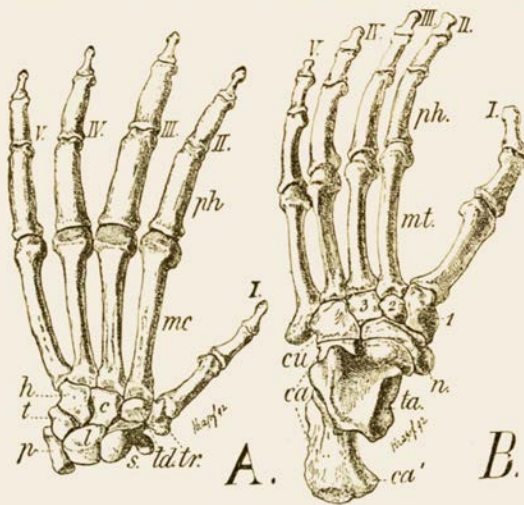


Fig. 588. Hand (A) und Greiffuß (B) des *Gorilla*. I—V die fünf Finger und Zehen; *ph* die Phalangen, *mc* Metacarpen, *mt* Metatarsen. Carpus: *tr* Trapezium, *td* Trapezoid, *c* Capitatum, *h* Hamatum, *s* Scaphoid, *l* Lunatum, *t* Triquetrum, *p* Pisiforme. Tarsus: *ta* Talus, *ca* Calcaneus, *ca'* Calx desselben, *n* Naviculare, *cu* Cuboid, 1—3 die drei Cuneiformia.

oft ein vierter hinzutritt. Überall tragen die Backzähne auf der Mahlfäche stumpfe Höcker (Bunodontie). — Bei der Charakteristik der Primaten hat schließlich die Beschaffenheit des Hand- und Fußskeletts eine wichtige Rolle gespielt. Wie bei den *Halbaffen* und den *Beutelratten* können Daumen und Großzehe, sofern sie nicht rückgebildet sind, den übrigen Fingern und Zehen opponiert werden, wodurch es den Affen ermöglicht wird, Gegenstände sowohl mit der vorderen als auch der hinteren Extremität zu umgreifen. Beim Menschen ist die Opponierbarkeit der großen Zehe dagegen selbst bei Kindern und wilden Völkerschaften infolge des aufrechten Ganges nur sehr mangelhaft erhalten. Daher rührt die lange Zeit beibehaltene Bezeichnung *Quadrumanen* für die Affen, *Bimanen* für die Menschen. Demgegenüber muß betont werden, daß die hintere Extremität der Affen nicht mit einer Hand, sondern mit einem Greiffuß endet. Im Greiffuß (Fig. 588 B) finden

rhinen bald eine Pl. duplex, bald eine Pl. simplex), und daß die Schleimhaut des Uterus als Decidua abgestoßen wird. Vor allem hat das Gebiß im wesentlichen denselben Bau. Bei den *Platyrrhinen* hat es die Formel $\frac{3}{3} \frac{1}{1} \frac{3}{3}$; daraus läßt sich durch Rückbildung eines Molaren das Gebiß der *Krallenaffen* $\frac{3}{3} \frac{1}{1} \frac{3}{3}$, durch Rückbildung eines Prämolaren das Gebiß der *Catarhinen* und des Menschen $\frac{3}{3} \frac{1}{1} \frac{3}{3}$ ableiten. Doch besteht eine Tendenz zur Variabilität, welche darin zum Ausdruck kommt, daß beim Menschen und *Schimpanzen* der dritte Molar (Weisheitszahn) in Rückbildung begriffen ist, während beim *Orang*

wir dieselben Knochen wie im Fuß des Menschen, sogar in derselben Anordnung und in sehr ähnlicher Gestalt; auch herrscht im allgemeinen Übereinstimmung in der Anordnung der Muskulatur. Dagegen sind dieselben Unterschiede, welche wir zwischen Hand und Fuß des Menschen nachweisen können, zwischen Hand (A) und Greiffuß (B) der Affen vorhanden. Der Unterscheidung von Quadrumanen und Bimanen fehlt somit die anatomische Basis; sie stützt sich nur auf funktionelle Eigentümlichkeiten.

I. Unterordnung. *Platyrhinen*, Affen der Neuen Welt; die beiden Nasenlöcher sind durch eine breite Scheidewand getrennt, so daß sie nach außen schauen; Gebiß $\frac{2}{1}\frac{1}{1}\frac{3}{3}$; das Tympanicum verlängert sich nicht in einen äußeren knöchernen Gehörgang. *Cebiden*, Rollaffen mit langem, meist einrollbarem Greifschwanz: *Myectes niger* Geoff., Brüllaffe. *Cebus capucinus* L. — Eine sehr abweichende Gruppe bilden die *Hapaliden* oder Krallenaffen mit der Zahnformel $\frac{2}{1}\frac{1}{1}\frac{3}{3}$, mit Krallen an allen Fingern und Zehen, nur die relativ kleine Großzehe mit Plattnagel; Daumen nicht opponierbar, *Hapale penicillata* Kuhl, Seidenäffchen.

II. Unterordnung. *Catarhinen*, Affen der Alten Welt; schmales Septum internasale, so daß die Nasenöffnungen nach vorn und unten gewandt sind, häufig Gesäßschwielen und Backentaschen, Zähne $\frac{2}{1}\frac{1}{1}\frac{3}{3}$; da die großen Eckzähne in die gegenüberstehende Zahnreihe eingreifen, entstehen mehr oder minder ansehnliche Lücken (Diastemma) in den Zahnreihen; das Tympanicum ist wie beim Menschen zu einem knöchernen äußeren Gehörgang verlängert. 1. *Cercopitheciden*, Tiere mit nackten Stellen am Gesäß (Gesäßschwielen), meist mit langem Schwanz, gewöhnlich nur mit zwei Sacralwirbeln: *Cynocephalus hamadryas* L., Pavian, *Cercopithecus sabaeus* Cuv., Meerkatze, *Inuus ecaudatus* Geoffr., der einzige in Europa (Gibraltar) vorkommende Affe, mit kurzem Stummelschwanz. — 2. *Anthropoiden*, menschenähnliche Affen, meist ohne Gesäßschwielen, fünf (bei Gibbon nur drei) Wirbel zum Os sacrum verschmolzen, Arme länger als Beine: *Simia satyrus*, *Orang Utan* auf Borneo und Sumatra, *Anthropopithecus troglodytes* (*Troglodytes niger*) Geoffr., Schimpanse, *Gorilla engena* Geoffr., Gorilla, beide im tropischen Afrika. *Hylobates syndactylus* Desm., Gibbon, Asien.

III. Unterordnung. *Anthropinen*, Menschen. Rückbildung der Behaarung an den meisten Körperstellen, aufrechter Gang und infolgedessen starke Entwicklung der hinteren Extremität, besonders ihrer Muskulatur, geringere Beweglichkeit und Kürze der Großzehe (kein Greiffuß) und der übrigen Zehen, Entwicklung einer artikulierten Sprache, hohe Intelligenz, starke Ausbildung des Großhirns und demgemäß Vergrößerung des Hirnschädels auf Kosten des Gesichtsschädels sind die hervorstechendsten Merkmale des Menschengeschlechts. Das Gebiß ist dasselbe wie bei den Catarhinen, nur daß die Eckzähne kleiner und daher die Zahnreihen nicht unterbrochen sind (kein Diastemma). Wie in den meisten anatomischen Merkmalen, so ergibt sich auch in der Beschaffenheit des Blutes nahe Verwandtschaft mit den *Anthropoiden* (S. 102). Ein seit langem sich hinziehender Streit ist es, ob die rezenten Menschen als eine Art (*Homo sapiens* L.) mit vielen Rassen aufgefaßt oder auf mehrere Arten verteilt werden müssen. Die bei Kreuzungen der Menschenrassen vorhandene Fruchtbarkeit spricht für die erste, die tatsächlich vorhandenen Unterschiede und die Konstanz derselben für die zweite Auffassung. Die Erörterung dieser Frage, welche durch die Deszendenztheorie wesentlich an Bedeutung verloren hat, und die Aufstellung bestimmter Menschenrassen, resp. Arten, bildet den Gegenstand einer besonderen Wissenschaft, der Anthropologie.

Da die Lebensweise auf Bäumen ungünstige Bedingungen für die Erhaltung in Versteinerungen bietet, ist die paläontologische Ausbeute an *Primaten* bisher eine wenig ergiebige gewesen. Am meisten Aufsehen hat ein Fund im Pleistocän von Java gemacht. Es handelt sich um ein Schädeldach, ein Femur und zwei Backzähne, die in einiger Entfernung voneinander in einer Weise gefunden wurden, welche ihre Zusammenghörigkeit in hohem Maße wahrscheinlich macht. Die Stücke wurden auf ein Bindeglied zwischen Menschen und Affen bezogen: *Pithecanthropus erectus* Dubois, von anderer Seite als Reste echter Affen, von dritter Seite als Reste echter Menschen gedeutet. Am meisten hat die Ansicht für sich, daß die Skelettstücke einem anthropoiden Affen angehörten, der eine ganz außergewöhnliche Körpergröße und ganz enorme Schädelkapazität (ca. 850 ccm) und dementsprechend ein relativ sehr großes Hirn besessen hatte. Die Beschaffenheit des Femur spricht für aufrechten Gang. In bezug auf Menschenähnlichkeit würde demnach keiner der jetzt lebenden *Anthropoiden* dem *Pithecanthropus* auch nur annähernd gleichkommen. Nicht minder interessant als der *Pithecanthropus* sind zahlreiche, zumeist in Höhlen Europas gefundene diluviale Menschenreste, vor allem Schädel und Schädelteile, welche von dem Habitus der lebenden Europäer so sehr abweichen, daß man den ersten derartigen Schädel, den „Neandertaler“, für pathologisch (mikrocephal) erklärte. Als die Zahl der gleichartigen Funde sich mehrte (Schädel und Skeletteile oder Skelette von Spy, Krapina, La Naulette, Le Moustier, La Chapelle-aux-Saints, Oberkassel, in der Neuzeit auch in Rhodesien (Afrika), der schon früher entdeckte Gibraltarschädel usw., die Unterkiefer von Schipka, Mauer bei Heidelberg, Weimar u. a.), wurden die vornehmlich aus altdiluvialer Zeit stammenden Funde für Repräsentanten einer besonderen Art, des vom *H. sapiens* spezifisch verschiedenen *H. primigenius* erklärt, eine Ansicht, welcher daraus Schwierigkeiten erwachsen, daß sich auch jetzt noch unter den niederen Menschenrassen Anklänge an die diluvialen Funde ergeben. Besonders ist die Ähnlichkeit der Australneger eine sehr große. Immerhin kann es nicht zweifelhaft sein, daß die dem *Primigenius*-Typus angehörigen diluvialen Menschen eine sehr niedere Entwicklungsstufe einnahmen. Diese drückt sich aus in der schlechten Wölbung der Stirne, der starken Entwicklung des Gesichtschädels, besonders der massiven Gestalt des Unterkiefers, dem noch das Kinn fehlte. Neben dieser *Primigenius*-Rasse existierte in der Diluvialzeit eine zweite höher entwickelte Rasse, von welcher man Reste in den Grimaldi-Grotten bei Mentone, Combe Chapelle in Frankreich, Galley hill in England gefunden hat. Dieselbe zeichnete sich durch bessere Wölbung der Stirn und einen weniger tierischen Unterkiefer aus. Man unterscheidet sie als Cro Magnon oder Aurignac-Rasse und hält sie für den Vorläufer der rezenten Menschen.

Zusammenfassung der Resultate über Wirbeltiere.

1. Die **Wirbeltiere** sind gegliederte Tiere ohne Ringelung des Körpers, aber mit metamerer Anordnung der inneren Organe (Myotome, Neurotome, Sclerotome).

2. Ein cuticulares Hautskelett fehlt, dagegen können Verhornungen des Epithels (Schuppen der Reptilien, Haare, Federn) oder Verknöcherungen der Lederhaut (Schuppen der Fische usw.) vorhanden sein.

3. Stets ist ein **Achsenskelett** vorhanden, bestehend entweder nur aus Chorda dorsalis oder aus Schädel und Wirbelsäule, welche die Chorda mehr oder minder vollständig verdrängen.

4. Es finden sich zweierlei, von axialen Skelettbildungen gestützte Extremitäten, die nur bei Fischen und Amphibien vorkommenden unpaaren und die nahezu allgemein verbreiteten paarigen (vordere und hintere) Extremitäten.

5. Das Nervensystem (Hirn und Rückenmark) hat Röhrenform und eine rein dorsale Lage.

6. Von den Sinnesorganen sind Auge und Ohr besonders hoch entwickelt.

7. Die Atmungsorgane entstehen im Anschluß an den Vorderdarm, die Kiemen in den vom Pharynx nach außen führenden Kiemenspalten, die Lungen als Ausstülpungen am hinteren Pharynxende.

8. Das Herz, bestehend aus Kammer und Vorkammer, liegt ventral, eingeschlossen in den Herzbeutel, enthält bei allen kiemenatmenden Wirbeltieren venöses Blut, teilt sich aber beim Auftreten der Lungenatmung in eine linke arterielle und eine rechte venöse Hälfte. Das Blutgefäßsystem ist geschlossen.

9. Die Geschlechtsorgane sind mit wenigen Ausnahmen gonochoristisch; ihre Produkte benutzen meist einen Teil des Nierensystems, um nach außen zu gelangen (Urogenitalsystem).

10. Die Fortpflanzung ist streng geschlechtlich.

11. Die niedrigsten Wirbeltiere, die **Acranier** (*Amphioxus*), haben keinen Schädel, keine Wirbelsäule, kein Herz, kein Gehörorgan und nur Rudimente von Hirn und Auge, dagegen Chorda, Rückenmark, kontraktile Blutgefäße; sie atmen durch Kiemen.

12. Bei den **Cyclostomen** findet sich ein knorpeliger Schädel, dagegen keine Wirbelsäule, keine paarigen Flossen, keine echten Schuppen und Zähne, ein aus Großhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Kleinhirn und Medulla oblongata bestehendes Hirn mit Augen und primitivem Labyrinth, ein venöses Herz mit Kammer und Vorkammer, beutelförmige Kiemen, eine unpaare Nase.

13. Die echten **Fische** unterscheiden sich von den Cyclostomen durch die Wirbelsäule (meist amphicöle Wirbel), durch die neben den unpaaren Flossen vorkommenden paarigen Brust- und Bauchflossen, die Beschuppung der Haut und die paarige Nase; sie atmen ebenfalls durch Kiemen und haben ein aus Kammer und Vorkammer bestehendes venöses Herz.

14. Die Fische werden eingeteilt in Selachier, Teleostomen (Chondrostei, Ganoiden, Teleostier), Dipneusten.

15. Die **Selachier** haben ein knorpeliges Skelett, meist eine heterocerke Schwanzflosse, Placoidschuppen der Haut, bedeckte Kiemen, den Conus arteriosus des Herzens, die Spiralklappe des Darms, keine Schwimmblase. *Squali* (Haie), *Rajae* (Rochen), *Holocephalen* (Meerkatzen).

16. Die **Teleostomen** haben meist eine endständige Mundöffnung, Kammkiemen mit Kiemendeckel, verknöchertes sekundäres Flossenskelett.

17. Die **Teleostier** haben ein knöchernes Skelett, meist eine homocerke Schwanzflosse, meist Cycloid- oder Ctenoidschuppen, den Bulbus arteriosus, meist Appendices pyloricae und Schwimmblase, keine Spiralklappe.

18. Sie werden eingeteilt in *Physostomen*, *Anacanthinen*, *Acanthopteren*, *Plectognathen*. *Lophobranchier*.

19. Die **Ganoiden** bilden eine Übergangsgruppe; sie gleichen den Selachiern in der Anwesenheit des Conus arteriosus und der Spiralklappe des Darmes, den Teleostiern vermöge der Kammkiemen, des Kiemendeckels, der Schwimmblase und der Appendices pyloricae. Sie haben meist Fulcren und Ganoidschuppen.

20. Die **Chondrostei** sind den Selachiern noch ähnlicher vermöge der knorpeligen Beschaffenheit ihres Achsenskeletts und des Rostrums.

21. Die **Dipneusten** sind Kiemenatmer, bei denen die Schwimmblase zeitweilig als Lunge in Funktion tritt; Herz mit beginnender Zweiteilung, Nase mit Choane.

22. Die **Amphibien** haben im Gegensatz zu den Fischen anstatt der paarigen Flossen pentadactyle Extremitäten, im Gegensatz zu den Reptilien am Schädel einen doppelten Condylus occipitalis; sie besitzen in der Regel Kiemen und Lungen entweder dauernd nebeneinander oder zeitlich derart verteilt, daß die jungen Tiere (Larven) durch Kiemen, die ausgebildeten durch Lungen atmen (Metamorphose!). Das Herz besteht aus einer Kammer und zwei Vorkammern.

23. Die Amphibien werden eingeteilt in Urodelen, Anuren (Batrachier) und Gymnophionen; dazu kommen die fossilen Stegocephalen (Labyrinthodonten).

24. Die **Urodelen** haben viele Wirbel und daher auch einen wohlentwickelten Schwanzabschnitt; entweder behalten sie dauernd die Kiemen (*Perennibranchiaten*) oder wenigstens eine Kiemenspalte bei (*Derotremen*), oder sie verlieren den Kiemenapparat im Laufe der Entwicklung vollkommen (*Salamandrinen*); die Metamorphose ist dann wenig ausgeprägt.

25. Die **Anuren** haben wenige Wirbel, daher keinen Schwanz, nie Kiemenreste im ausgebildeten Zustand, daher eine ausgeprägte Metamorphose (die Kaulquappen sind anfangs mit äußeren, später mit inneren Kiemen und mit Ruderschwanz ausgerüstet, aber anfangs ohne Lunge und ohne Extremitäten).

26. Die **Gymnophionen** haben die Extremitäten verloren und sind blind.

27. Acranier, Cyclostomen, Fische und Amphibien werden als **Anamnioten** zusammengefaßt, weil ihre Embryonen kein Amnion und keine Allantois haben; sie sind poikilotherm (Kaltblüter).

28. **Amnioten** heißen die Reptilien, Vögel und Säugetiere wegen ihrer Embryonalorgane: Amnion und Allantois; sie besitzen nie mehr Kiemenatmung und haben stets die pentadactyle Extremität oder Modifikationen derselben.

29. Die **Reptilien** sind noch poikilotherm, haben ein stark verknöchertes Skelett mit unpaarem Condylus occipitalis und meist mit einem Os transversum am Schädel, eine stark verhornte Haut; das Herz hat eine doppelte Vorkammer und eine meist unvollkommen zweigeteilte Kammer.

30. Die rezenten Reptilien werden eingeteilt 1. in die Lepidosaurier oder Plagiotremen mit den Unterordnungen: Rhynchocephaliden, Saurier und Ophidier, und in 2. Chelonier und 3. Crocodilier; fossile Formen sind 1. Pythonomorphen, 2. Pterosaurier, 3. Ichthyosaurier, 4. Plesiosaurier, 5. Dinosaurier, 6. Theromorphen.

31. Die **Lepidosaurier** haben ein bewegliches Quadratum, ein durch periodische Häutungen sich erneuerndes Kleid von Hornschuppen, eine quere Kloakenspalte und hinter derselben paarige, ausstülpbare Begattungsorgane.

32. Die **Saurier** mit den Untergruppen: *Ascalaboten*, *Crassilinguien*, *Brevilinguien*, *Fissilinguien*, *Vermilinguien*, *Annulaten* haben meist bewegliche Augenlider, ein Trommelfell, vier Extremitäten oder Reste derselben, vor allem fast stets ein Sternum, ein Epipterygoid. Die Mundspalte ist nicht dehnbar. Von den Sauriern unterscheiden sich die **Rhynchocephalen** vor allem durch ihr feststehendes Quadratum.

33. Die **Ophidier** (*Angiostomen*, *Peropoden*, *Colubriformien*, *Solenoglyphen*) haben keine Extremitäten, niemals ein Sternum, kein Trommelfell, die Augenlider zu einer Art Cornea verwachsen, fast stets eine dehnbare Mundspalte, häufig Giftzähne.

34. Die **Chelonier** und **Crocodilier** haben einen Knochen- und Hornpanzer der Haut, ein feststehendes Quadratum; die Kloake ist eine Längsspalte mit unpaarem Penis am vorderen Ende.

35. Die **Chelonier** sind von gedrungenem Körperbau, haben eine aus Knochen und Schildpatt bestehende Skelettkapsel (Plastron + Carapax), keine Zähne, dafür Hornscheiden an den Kiefern, kein Os transversum.

36. Die **Crocodilier** sind langgestreckt, mit langem Ruderschwanz und kegelförmigen, in besonderen Alveolen steckenden Zähnen; sie haben einen hochentwickelten harten Gaumen.

37. Die **Vögel** sind den Reptilien sehr nahe verwandt (Sauropsiden) und teilen mit ihnen den unpaaren Condylus occipitalis; sie unterscheiden sich von ihnen durch die Befiederung der Haut und die vollkommene Sonderung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte.

38. Weitere Merkmale der Vögel sind: Homöothermie (Warmblüter), Pneumaticität der Knochen, Verwachsung der Handknochen, Bildung von Tibiotarsus und Tarsometatarsus (Intertarsalgelenk).

39. Die Vögel werden eingeteilt in Ratiten, welche keine Furcula (verwachsene Schlüsselbeine) und keine Carina haben, und in Carinaten meist mit Furcula und Carina.

40. Zu den **Ratiten** gehören die *Strauße*, *Kasuare*, *Kiwis* usw., zu den **Carinaten** die *Gallinaceae*, *Columbinae*, *Natatores*, *Grallatores*, *Scansores*, *Passeres*, *Raptatores*.

41. Die **Säugetiere** haben einen doppelten Condylus occipitalis, eine behaarte Haut und Milchdrüsen, die beim Weibchen zum Säugen dienen.

42. Weitere Merkmale der Säugetiere sind die Homöothermie, die vollkommene Scheidung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte, die Umbildung von Teilen des Visceralskeletts zu Hörknöchelchen (Quadratum = Amboß, Articulare = Hammer, Hyomandibulare = Stapes), hohe Entwicklung der Bezahnung (Bewurzelung, meist heterodonte und diphyodonte Beschaffenheit).

43. Die Säugetiere werden eingeteilt in Monotremen, Marsupialier und Placentalier.

44. Die **Monotremen** (*Echidna*, *Ornithorhynchus*) sind eierlegende Säugetiere mit persistenter Kloake, völliger Trennung der Müllerschen Gänge beim Weibchen; sie besitzen Beutelknochen, ein Coracoid und ein Episternum.

45. Die **Marsupialier** sind lebendig gebärend, doch werden die Embryonen infolge unvollkommener Ernährung (gar keine oder keine echte Placenta) früh geboren und meist in einem Marsupium getragen.

46. Im Skelett ist außer den Ossa marsupialia der Winkel des Unterkiefers charakteristisch. Uterus und Scheide sind doppelt: Didelphier.

47. Die **Placentalier** erzeugen gut ausgetragene Junge, die im Uterus mittels der Placenta ernährt werden; sie haben kein Marsupium und keine Ossa marsupialia. Die Vagina ist unpaar (Monodelphier), der Uterus paarig oder unpaar.

48. Eine rückgebildete Bezahnung (fehlendes oder monophyodontes Gebiß) haben die Krallen tragenden *Edentaten* und die mit Flossen ausgerüsteten *denticeten* und *mysticeten Cetaceen*.

49. Vorwiegend herbivor sind die huftragenden großen *Ungulaten* (*Perissodactylen* und *Artiodactylen*) und Subungulaten (*Proboscidier*, *Sirenen* und *Hyracoiden*), die krallentragenden, meist kleinen *Rodentien*.

50. Teils herbivor, teils insectivor sind die mit Flughäuten (Ptagium) ausgerüsteten *Chiropteren*.

51. Vorwiegend fleischfressend sind die kleinen *Insectivoren* (mit kleinem Eckzahn) und *Carnivoren* (mit starkem Eckzahn, meist auch mit starkem Reißzahn); letztere werden eingeteilt in die landbewohnenden *Fissipedier* und die wasserbewohnenden, Flossen tragenden *Pinnipedier*.

52. Ein mehr oder minder indifferentes Gebiß haben die vorwiegend oder ganz mit Nägeln anstatt mit Krallen bewaffneten und mit Greifhänden, meist auch Greiffüßen versehenen *Prosimien* und *Primates*; erstere sind niedrig, diese sehr hoch organisiert.

53. Nach der Stellung der Nasenlöcher, der Ausbildung des Schwanzes und der Behaarung, ferner nach der Beschaffenheit des Gebisses und des Fußes werden die Primates eingeteilt in Affen der neuen Welt (*Platyrrhinen*), Affen der alten Welt (*Catarrhinen*) und Menschen (*Anthropinen*).

Umfangreichere und zum Nachschlagen und näheren Literatur-Nachweis geeignete sowie historisch bedeutsame Werke.

Erklärung der im Literaturverzeichnis benutzten Abkürzungen.

- | | |
|---|---|
| <p>Abh. Senek. G. Abhandlungen d. Senckenberg. naturf. Gesellschaft.</p> <p>Ann. Sc. Nat. Annales des Sciences Naturelles Zool.</p> <p>Ar. Bi. Archive de Biologie.</p> <p>Ar. Entw. M. Archiv f. Entwicklungsmechanik.</p> <p>Ar. An. u. Ph. Archiv f. Anatomie und Physiologie.</p> <p>Ar. mik. An. Archiv f. mikroskopische Anatomie.</p> <p>Ar. f. Pr. Archiv f. Protistenkunde.</p> <p>Ar. f. Zf. Archiv f. Zellforschung.</p> <p>Ar. Zo. Ex. e. Gén. Archives de Zoologie Experimentale et Générale.</p> <p>B. Z. Biologisches Zentralblatt.</p> <p>Jen. Z. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaften.</p> <p>J. Mor. Journal of Morphology.</p> | <p>J. Exp. Zool. Journal of Experimental Zoology.</p> <p>Mor. Ja. Morphologisches Jahrbuch.</p> <p>Qu. J. Mic. Sc. Quarterly Journal of Microscopical Science.</p> <p>Spengel Erg. Zoo. Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie.</p> <p>Sb. Mor. u. Phys. Sitzungsberichte der Gesellschaft f. Morphologie und Physiologie in München.</p> <p>Verh. D. Z. G. Verhandlungen d. Deutsch. Zoologischen Gesellschaft.</p> <p>Z. A. V. Zeitschrift f. induktive Abstammungs- und Vererbungslehre.</p> <p>Zo. An. Zoologischer Anzeiger.</p> <p>Zo. Ja. Zoologisches Jahrbuch.</p> <p>Zo. Zen. Zoologisches Zentralblatt.</p> <p>Z. w. Z. Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie.</p> |
|---|---|

Vortreffliche Auskünfte über die verschiedenen Gebiete der Zoologie, Entwicklungsgeschichte, Gewebelehre, Abstammungslehre usw. sind in dem Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 10 Bde., Jena 1912—14, enthalten.

Systematik. Linné, Carl v., Systema Naturae. Regnum animale. Editio decima 1758. Neu herausgegeben Leipzig 1894. — Cuvier, G., Le règne animal distribué d'après son organisation etc. 1816. Neuausgabe seiner Schüler 1849, 11 Bde. Text, 11 Bde. Atlas. Unvergleichliches Tafelwerk. — Das Tierreich. Eine Zusammenstellung und Kennzeichnung der rezenten Tierformen, begründet von der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, im Auftrage der preußischen Akademie herausgegeben von F. E. Schulze (im Erscheinen). — Catalogue of the British Museum. Systematisches Hauptwerk. — Leunis-Ludwig, Synopsis der Tierkunde, 2. Bde.; 3. Aufl. Hannover 1883. — Brohmer, P., Fauna von Deutschland, II. Aufl., Leipzig 1920. — Brauer, A., gemeinsam mit zahlreichen Zoologen. Die Süßwasserfauna Deutschlands. Eine Exkursionsfauna. Jena 1909—1912. — Brehms Tierleben, IV. Auflage, unter Mitarbeit von L. Heck, F. Hempelmann, R. Heymons, W. Marshall, O. Steche und F. Werner, herausgegeben von O. zur Straßen, 13 Bde., Leipzig und Wien 1914—1916.

Vergleichende Anatomien. Cuvier, G., Leçons d'anatomie comparée, 5 Bde. Paris 1799—1805. Deutsch mit Anmerkungen von H. Froripier und J. F. Meckel. Leipzig 1809—1810. 2. franz. Aufl. Paris 1835—1846. — Meckel, J. F., System der vergleichenden Anatomie, 6 Bde. (unvollendet). Halle 1821—1833. — Milne Edwards, H., Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux, 14 Bde. Paris 1857—1880. — Owen, R., Anatomy of Vertebrates, 3 Bde. London 1866—1868. — Lang, A., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere. Jena 1888—1901. Neue Auflage als Handbuch der Morphologie der wirbellosen Tiere (unter Mitwirkung zahlreicher Forscher), Bd. 1 Protozoen 1913, Bd. 2, Lief. 1, 1912, Bd. 4 Arthropoden 1913, 1914, 1920. — Gegenbaur, C., Vergleichende

- Anatomie der Wirbeltiere, 2. Bde. Leipzig 1896. — Wiedersheim, R., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 7. Aufl. Jena 1909. — Schimkewitsch, W., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere, ins Deutsche übertragen von N. Maier und W. Sukatschoff. Stuttgart 1921. — Bütschli, O., Vorlesungen über vergleichende Anatomie. I. Protozoen. Integument und Skelett der Metazoen. Leipzig 1910. II. Muskulatur, elektrische Organe und Nervensystem 1912. III. Sinnesorgane und Leuchtorgane 1921. IV. Blochmann, F. und Hamburger, C., Ernährungsorgane 1924. — Plate, L., Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre, Bd. 1 1922, Bd. 2 Sinnesorgane 1924. — Ellenberger, W. und Baum, H., Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, 14. Aufl. Berlin 1915. — Hertwig, O., u. and., Morphologie und Entwicklungsgeschichte, Kultur der Gegenwart, III. Teil, IV. Abt., Bd. 2. 1913.
- Hand- und Lehrbücher der Entwicklungsgeschichte.** Korschelt, E. und Heider, K., Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere, 4 Bde. Jena 1893—1910. — Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbeltiere. Herausgegeben von Oscar Hertwig, 3 Bde. Jena 1906. — Hertwig, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere, 10. Aufl. Jena 1915; Ders., Die Elemente der Entwicklungslehre des Menschen und der Wirbeltiere, VI. Aufl., 1920. — Ziegler, E. H., Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der niederen Wirbeltiere. Jena 1902. — Duval, Mathias, Atlas d'Embryologie, 40 Tafeln. Paris 1889. — Dürken, B., Einführung in die Experimentalzoologie. Berlin 1919. — Morgan, Th., H., Experimentelle Zoologie. Übers. von L. u. H. Rhumbler, Leipzig u. Berlin 1909. — Przißram, H., Experimental-Zoologie. Bd. 1: Embryogenese 1907; Bd. 2: Regeneration 1909; Bd. 3: Phylogenese 1910; Bd. 4: Vitalität 1913; Bd. 5: Funktion u. Sexualität 1914. — Keibel, F., Normentafeln zur Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Erschienen: Keibel, Schwein 1897; Ders., Huhn 1900; Semon, Ceratodus 1901; Peter, Eidechse 1904; Minot, Kaninchen 1905; Sukurai, Reh 1906; Hubrecht, Tarsius und Nycticebus 1907; Keibel, Mensch 1908; Grosser, Kiebitz 1909; Graham Kerr, Lepidosiren und Protoperus; Eycleshimer und Wilson, Necturus 1910. — Völker, O., Ziesel 1922. — Scammon, R. E., Squalus acanthias. — Greil, A., Tafeln zum Vergleich der Entstehung der Wirbeltierembryonen. Jena 1914. — Keibel, F. und Mall, Fr., Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen, Bd. I. Leipzig 1910. Bd. II, 1911.
- Umfangreichere Zoologien.** Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Umfangreiches, unsere Kenntnisse vom Bau und der Entwicklung zusammenfassendes Werk, im Erscheinen begriffen, die einzelnen Bände sind bei den jedesmaligen Gruppen aufgeführt und durch den Zusatz (Bronn) gekennzeichnet. — Ray Lankester, E., A Treatise on Zoology. Von zahlreichen Zoologen herausgegebenes Sammelwerk. London 1900—1909. — The Cambridge Natural History, Cambridge. (Unter den einz. Abteil. aufgeführt.) — Delage, Y. et Hérouard, E., Traité de zoologie concrète. — Kükenthal, W. und Krumbach, Th., unter Mitwirkung zahlreicher Forscher, Handbuch der Zoologie. Berlin u. Leipzig, im Erscheinen. — Kühn, A., Morphologie der Tiere in Bildern, I. Flagellaten 1921. — Ziegler, H. E., Zoologisches Wörterbuch, Erklärung der zoologischen Fachausdrücke. II. Aufl. Jena 1912.
- Parasitismus und Symbiose.** Linstow, O. v., Compendium der Helminthologie. Hannover 1878 u. 1889. (Aufzählung der beschriebenen Parasiten und ihrer Wirte.) — Braun, M., Die tierischen Parasiten des Menschen. Ein Handbuch für Studierende und Ärzte, 6. Aufl., 1924. — Braun, M. und Lühe, M., Leitfaden zur Untersuchung der tierischen Parasiten. Würzburg 1909. — Mense, Handbuch der Tropenkrankheiten. Bd. 1: Loos, Von Würmern und Arthropoden hervorgerufene Erkrankungen, 1905. Bd. 3: 1. Ruge, Amöbenruhr; 2. Mac Callum, Tropische Leberkrankheiten; 3. Lühe, Die im Blut schmarotzenden Protozoen und ihre nächsten Verwandten 4. Ziemann, Malaria, 1916. — Hofer, B., Handbuch der Fischkrankheiten, 2. Aufl. München 1911. — Plehn, M., Praktikum der Fischkrankheiten. Stuttgart 1924. — Martini, E., Lehrbuch der medizinischen Entomologie. Jena 1923. — Jordan, K. H. C., Die tierischen Schädlinge. Leipzig 1922. — Wasielewski, Th. v., Studien und Mikrophotogramme zur Kenntnis der pathogenen Protozoen. Leipzig, I 1904, II 1908. — Ders., Wülker und Schuckmann, Pathogene tierische Parasiten in Rubner, Gruber u. Ficker, Handbuch der Hygiene, Bd. III, 3. Leipzig 1913. — Neumann, R. O. und Mayer, M., Atlas und Lehrbuch wichtiger tierischer Parasiten und ihrer Überträger. München 1914. — Fiebiger, J., Die tierischen Parasiten der Haus- und Nutztiere. Wien und Leipzig, II. Aufl., 1924. — Caullery, M., Le parasitisme et la Symbiose. Paris 1922. — Buchner, P., Tier und Pflanze in intrazellulärer Symbiose. Berlin 1921. Vgl. ferner Protozoen.
- Paläontologie.** Zittel, K. v., Handbuch der Paläontologie, 5 Bde. München und Leipzig 1876—1893. — Ders., Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). München und

- Leipzig 1895. Neue Aufl. von F. Broili und M. Schlosser. I. Invertebrata, 6. Aufl. 1924. II. Vertebrata, 4. Aufl. 1923. — Stromer v. Reichenbach, E., Lehrbuch der Paläozoologie. I. Wirbellose Tiere. Leipzig und Berlin 1909. II. Wirbeltiere 1912. — Abel, O., Lehrbuch der Paläozoologie. II. Aufl. Jena 1924. — Ders., Die vorzeitlichen Säugetiere. Jena 1914.
- Anleitung zu praktischen Arbeiten.** Kükenthal, W., Leitfaden für das zoologische Praktikum. 8. Aufl. Jena 1920. — Hatschek, B. und Cori, C., Elementararkurs der Zootomie in 15 Vorlesungen. Jena 1896. — Vogt und Yung, Lehrbuch der praktischen und vergleichenden Anatomie, 2 Bde. Braunschweig 1888—1894. — Schuberg, Zoologisches Praktikum, Bd. I. Leipzig 1910. — Dahl, F., Kurze Anleitung zum wissenschaftlichen Sammeln und Konservieren von Tieren, III. Aufl. Jena 1914. — Schoenichen, W., Praktikum der Insektenkunde, II. Aufl. Jena 1921. — Hartmann, M., Praktikum der Protozoologie, IV. Aufl. Jena 1921. — Kühn, A., Anleitung zu tierphysiologischen Grundversuchen. Leipzig 1917. — Becher, S., Untersuchungen über die Echtfärbung der Zellkerne. Berlin 1921.
- Deszendenztheorie, Variations- und Vererbungslehre.** Lamarck, Philosophie zoologique, 2 Bde. Paris 1809. Deutsche Übersetzung von Arnold Lang. Jena 1876. — Darwin, Ch., On the origin of the species by means of natural selection. London 1859. Übersetzt von V. Carus, 7. Aufl., 1884. — Ders., Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation. Übersetzt von V. Carus, 2 Bde. — Ders., Über den Ursprung des Menschen, 2 Bde. 1871. — Wallace, A. R., Beiträge zur natürlichen Zuchtwahl. Autorisierte deutsche Ausgabe von A. B. Meyer, Erlangen 1870. — Ders., Der Darwinismus. Übersetzt von Brauns. Braunschweig 1891. — Haeckel, E., Generelle Morphologie der Organismen, 2 Bde. Berlin 1866. In abgekürzter Form neu abgedruckt 1905. — Ders., Anthropogenie, 2 Bde., 6. Aufl. Leipzig 1910. — Ders., Natürliche Schöpfungsgeschichte, 2 Teile, 11. Aufl. Berlin 1909. — Wagner, Moritz, Die Darwinische Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen. Leipzig 1868. — Nägeli, C., Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München u. Leipzig 1884. — De Vries, H., Die Mutationstheorie, 2 Bde. Leipzig 1901. — Weismann, A., Vorträge über Deszendenztheorie, 3. Aufl. Jena 1913. — Plate, L., Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung, 4. Aufl. Leipzig 1913. — Pauly, A., Darwinismus und Lamarckismus. München 1905. — Hertwig, O., Das Werden der Organismen. Eine Widerlegung von Darwins Zufallstheorie, III. Aufl. Jena 1922. — Hertwig, R. und v. Wettstein, R., Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie, Kultur der Gegenwart, III. T., IV. Abt., Bd. 4. Leipzig 1914. — Lotsy, J. P., Vorlesungen über Deszendenztheorien, mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage. I. Jena 1906. II. 1908. — Poulton, E. B., Essays on Evolution. Oxford 1908. — Roux, W., Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881. — Bateson, W., Materials for the study of Variation. London 1894. — Depéret, Ch., Die Umbildung der Tierwelt. Eine Einführung in die Entwicklungsgeschichte auf paläontologischer Grundlage. Aus dem Französischen von R. M. Wegerer. Stuttgart 1909. — Cuvénot, L., La genèse des espèces animales. Paris 1911. — Weismann, A., Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Jena 1892. — Mendel, G., Versuche über Pflanzenhybriden. Verhandlungsschriften des naturf. Vereins Brünn, Bd. 4, 1865. — Weitere Darstellungen der Mendel'schen Lehre in: Correns, C., Über Vererbungsgesetze. Berlin 1906. — Heider, K., Vererbung und Chromosomen. Jena 1906. — Bateson, W., Mendels Vererbungstheorien. Aus dem Englischen von A. Winkler. Leipzig 1914. — Ders., Problem of Genitics. Oxford und London 1913. — Lang, A., Über die Bastarde von *Helix hortensis* und *Helix nemoralis*. Jena 1908. — Ders., Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900. Ein Sammelwerk, Bd. I. Jena 1914. — Morgan, Th. W., Die stoffliche Grundlage der Vererbung. Deutsch von H. Nachtsheim. Berlin 1921. — Johannsen, W., Elemente der exakten Erblchkeitslehre, II. Aufl. Jena 1913. — Power, W. L., An investigation of Evolution in Chrysomelid beetles of the genus *Leptinotarsa*. Washington 1906. — Ders., The mechanism of Evolution in *Lepimotarsa*. Washington 1918. — Galton, F., Natural inheritance. London 1889. — Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft, IV. Aufl. Leipzig 1923. — Ders., Der Mendelismus in elementarer Darstellung. Berlin 1920. — Haecker, V., Allgemeine Vererbungslehre, 3. Aufl. Braunschweig 1921. — Plate, L., Vererbungslehre. Leipzig 1913. — Baur, E., Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, V. u. VI. Aufl. Berlin 1922. — Ders., Fischer, E. und Lenz, F., Menschliche Erblchkeitslehre. München 1921. — Kronacher, C., Grundzüge der Züchtungsbiologie. Berlin 1912. — Ders., Allgemeine Tierzucht, 6 Bde. Berlin 1917 bis 1920. — Klatt, B., Studien zum Domestikationsproblem. Bibliotheca genetica. Bd. II u. VI. — Baur, E., Untersuchungen über das Wesen, die Entstehung und die Vererbung von Rassenunterschieden bei *Antirrhinum majus*. Ebenda Bd. IV. —

Vgl. ferner die Arbeiten von Bateson u. a. in Reports to the Evolution committee of the Roy. Soc., von Castle and Davenport in den Publications Carnegie Institution, von Cuénot in Ar. Zo. Ex. e Gén., Kammerer in Ar. Entw. M., Standfuß und E. Fischer. Zusammenfassende Darstellungen: Kammerer, P., Beweis für die Vererbung erworbener Eigenschaften. Berlin 1910. — Semon, R., Der Stand der Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften. Fortschr. naturw. Forsch., Heft 2. 1910. — Ders., Mneme, II. Aufl. Leipzig 1908.

- Zellen- und Befruchtungslehre.** Schleiden, M., Beiträge zur Phytogenese. Müllers Archiv 1838. — Schwann, Th., Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839. — Schultze, Max, Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzelle, 1863. — Ders., Über Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen hat. Ar. An. u. Ph., 1861. — Flemming, W., Zellsubstanz, Kern- u. Zellteilung. Leipzig 1882. — Bütschli, O., Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892. — Meyer, A., Morphologische und physiologische Analyse der Zelle, Bd. I. Jena 1920. Bd. II 1921. — Boveri, Th., Über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena 1904. — Hertwig, R., Über das Wechselverhältnis von Kern und Protoplasma. Sb. Mor. u. Ph., Bd. 18, 1902. — Ders., Über physiologische Degeneration bei Actinosphaerium Eichhorni. Nebst Bemerkungen zur Ätiologie der Geschwülste, Festschrift für Ernst Haeckel. Jena 1904. — Ders., Über neue Probleme der Zellenlehre. Ar. f. Zf., Bd. 1. — Poppoff, M., Experimentelle Zellenstudien. Ebenda, Bd. 1, 3, 4 u. 14. — Duisberg, J., Plastosomen, Apparato reticulare interno, in Merkel-Bonnet, Ergebn. Anat. u. Entwickl., Bd. 20, 2. 1912. — Balbiani, Recherches expérimentales sur la mérotomie des Infusores ciliés. Prem. part. Recueil. Zool. Suisse, 1879. — Hofer, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Kerns auf das Protoplasma, Jen. Z., Bd. 24, 1889. — Rhumbler, Allgem. Zellmechanik. Merkel-Bonnets Ergebnisse, Bd. 8, 1898, 1899. — Hertwig, O. u. R., Untersuchungen zur Morphologie und Physiologie der Zelle. Jena 1884—1887. — Boveri, Th., Zellenstudien, Heft 1—6. Jena 1887—1907. — Ders., Die Entwicklung von Ascaris megaloccephala. Festschr. f. Kupffer, 1899. — Ders., Die Potenzen der Ascaris Blastomeren. Festschr. f. R. Hertwig, 1910. — Hertwig, R., Über den derzeitigen Stand des Sexualitätsproblems. B. Z., Bd. 32. — Schleip, W., Geschlechtsbestimmende Ursachen im Tierreich, in Spengel, Ergebnisse der Zool., Bd. 3. — Morgan, Th., H., Heredity and Sex. London and Oxford 1913. — Caullery, M., Les problèmes de la Sexualité. Paris 1913. — Harms, W., Experimentelle Untersuchungen über die innere Sekretion der Keimdrüsen und deren Beziehung zum Gesamtorganismus. Jena 1914. Ferner Steiner, F., Zahlreiche Arbeiten im Arch. f. Physiol. u. Ar. Entw. M. — Goldschmidt, R., Untersuchungen über Intersexualität. Z. A. V., Bd. 23, 1919. — Ders., Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Berlin 1920. — Meisenheimer, Joh., Geschlecht und Geschlechter im Tierreiche. I. Die natürlichen Beziehungen. Jena 1920. — Ders., Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung. Jena 1909. II 1912, III 1924. — Wilson, E., Studies on chromosomes, 1—6. J. Exper. Zool., Bd. 1, 3, 6, 7, 9. J. Mor., Bd. 22. — Bütschli, O., Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, Zellteilung und Konjugation der Infusorien. Abh. Senck. G., Bd. 10. Frankfurt a. M. 1876. — Hertwig, O., Beiträge zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Teilung des tierischen Eies. Mor. Ja., 1875—1878. — Ders., Vergleich der Ei- und Samenbildung bei Nematoden. Ar. mik. An., Bd. 36, 1890. — van Beneden, E., Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire. Ar. Bi., Bd. 4, 1883. — Boveri, Th., Befruchtung. Merkel-Bonnets Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. 1, 1892. — Ders., Das Problem der Befruchtung. Jena 1902. — Ders., Über die Befruchtung und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seigeleier. Ar. Entw. M., Bd. 2, 1895. — Ders., Zwei Fehlerquellen bei Merogonieversuchen. Ebenda, Bd. 44, 1918. — Herbst, C., Vererbungsstudien, 1—7. 10. Ar. Entw. M., Bd. 21, 22, 24, 27, 34, 39. — Hertwig, R., Über die Entwicklung des unbefruchteten Seigeleies. Festschr. f. Gegenbaur. Leipzig 1896. — Loeb, J., On the nature of the process of fertilization and the artificial production of normal larvae from the unfertilized eggs of the sea-urchin. Am. Journ. of Phys., Bd. 3 u. 4. — Ders., Untersuchungen über künstliche Parthenogenese. Deutsche Ausgabe, herausgegeben von E. Schwalbe. Leipzig 1906. — Ders., Die chemische Entwicklungserregung des tierischen Eies. Berlin 1909 (englische Übersetzung als: Artificial parthenogenesis and fertilization 1913). — Winkler, H., Verbreitung und Ursache der Parthenogenese im Pflanzen- und Tierreiche. Jena 1920. — Wilson, The cell in development and inheritance, 2. edition, 1900. — Gurwitsch, Morphologie und Biologie der Zelle. Jena 1904. — Hertwig, O., Allgemeine Biologie, 6. Aufl. Jena 1923. — Heidenhain, M., Plasma und Zelle. I. Jena 1907. II. 1911.

- Häcker, V., Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre. Jena 1899.
 — Buchner, P., Praktikum der Zellenlehre. Berlin 1915.
- Allgemeine Entwicklungsgeschichte.** Wolff, C. F., Theoria generationis 1759. — Baer, K. E. v., Über die Entwicklungsgeschichte der Tiere (Beobachtung und Reflexion). Königsberg 1828—1837. — Remak, Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere, 1855. — Kowalevsky, A., Embryologische Studien an Würmern und Arthropoden. Mémoires Acad. St. Petersburg 1871. — Ray Lankester, E., On the primitive cell-layers of the embryo as the basis of genealogical classification of animals. Ann. Magaz. of Nat. History, 1873. — Haeckel, E., Die Gastraea-Theorie. Jen. Z., 1874. — Hertwig, O. u. R., Die Cölomtheorie. Versuch einer Erklärung des mittleren Keimblattes. Jena 1881. — Rabl, C., Theorie des Mesoderms. Mor. Ja., Bd. 15, 1892. — Ziegler, H. E., Über den derzeitigen Stand der Cölomfrage. Verh. D. Z. G., 1898. — Lang, A., Beiträge zu einer Trophocöltheorie. Jena 1904. — (Auch in der Jen. Z. ersch.) — Wilson, E. B., The cell lineage of Nereis und weitere Arbeiten. J. Morph., Bd. 6 u. 7. — Conklin, E. G., Experimental studies on nuclear and cell division in the eggs of Crepidula. Philadelphia 1912.
- Histologien.** (Ohne die Histologien des Menschen.) Schaffer, J., Lehrbuch der Histologie und Histogenese, II. Aufl. Leipzig 1922. — Schneider, K. C., Lehrbuch der vergleichenden Histologie der Tiere. Jena 1902. — Oppel, A., Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere. I. Teil: Der Magen. II. Teil: Schlund und Darm. Jena 1896/97. III. Teil: Mundhöhle, Bauchspeicheldrüse und Leber, 1900. IV. Teil: Dasselhorst, R., Ausführungsapparat und Anhangsdrüsen der männlichen Geschlechtsorgane, 1904. V. Teil: Studnicka, F., Die Parietalorgane. VI. Teil: Atmungsapparat, 1905. VII. Teil: Franz, V., Sehorgan, 1913. VIII. Teil: Stendell, W., Hypophysis, 1914. — Schneider, K. C., Histologisches Praktikum der Tiere. Jena 1908. — Prenant, Bouin et Maillard, Traité d'histologie concrète, 2 Bde. Paris 1904—1911. — Krause, R., Mikroskopische Anatomie der Wirbeltiere. I. Säugetiere, II. Reptilien und Vögel. Berlin 1922.
- Tiergeographie.** Wallace, A. R., Der malayische Archipel, 2 Bde. Autor. deutsche Ausgabe von A. B. Meyer, Braunschweig 1869. — Ders., Die geographische Verbreitung der Tiere. Übersetzt von A. B. Meyer. Bd. 1 u. 2, 1876. — Lydekker, R., Die geographische Verbreitung und geologische Entwicklung der Säugetiere. Deutsche Übers. von Siebert, 2. Aufl. Jena 1901. — Arlt, Th., Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907. — Hesse, R., Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena 1924. — Chun, C., Aus den Tiefen des Weltmeeres, 2. Aufl. Jena. — Thomson, Wyville, The voyage of the Challenger. London 1877. — Agassiz, A., Three cruises of the U. S. coast and geodetic survey Steamer Blake. London 1888. — Chun, C., Die pelagische Tierwelt in großen Meerestiefen. Biblioth. zool., Heft 1. Kassel 1888. — Lampert, K., Das Leben der Binnengewässer. Mit 12 Tafeln. Leipzig 1899. — III. Aufl. von R. Lauterborn im Erscheinen. — Wesenberg-Lund, C., Plankton-Investigations of the Danish Lakes, 2 Bde. Kopenhagen 1904, 1908. — Steuer, A., Planktonkunde. Leipzig u. Berlin 1910. — Hentschel, Grundzüge der Hydrobiologie. Jena 1923.
- Allgemeine Physiologie und Organologie.** Verworn, M., Allgemeine Physiologie, 7. Aufl. Jena 1922; ferner die Lehrbücher der Physiologie von Bunge und von Tigerstedt. — Handbuch der vergleichenden Physiologie, herausgegeben von H. Winterstein, 4 Bde. Jena. Im Erscheinen begriffen. — Jordan, H., Vgl. Physiologie wirbelloser Tiere, Bd. I: Die Ernährung. Jena 1913. — Pütter, A., Vergleichende Physiologie. Jena 1911. — v. Tschermak, A., Allgemeine Physiologie, Bd. 1. Berlin 1916 u. 1924. — Loeb, Jacques, Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906. — Chun, C., Johannsen, W. u. A., Allgemeine Biologie. Kultur der Gegenwart, III. Teil, IV. Abt., Bd. 1. Leipzig 1915. — Minot, Ch., The problem of age, growth and death. New York 1908. — Korschelt, E., Lebensdauer, Altern und Tod, III. Aufl. Jena 1924. — Lipschütz, M., Allgemeine Physiologie des Todes. Braunschweig 1915. — Fürth, Otto v., Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena 1903. — Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere, herausgegeben von C. Oppenheimer, II. Aufl. 9 Bde. Jena 1924. — Höber, R., Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 5. Aufl. Leipzig 1924. — Oppenheimer, C., Die Fermente und ihre Wirkungen, V. Aufl. Leipzig 1924. — Biedl, A., Innere Sekretion, ihre physiologischen Grundlagen und ihre Bedeutung für die Pathologie, II. Aufl. Berlin u. Wien 1913. — Bergmann u. Leuckart, Anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreichs. Stuttgart 1852. — Hesse, R. u. Doflein, F., Tierbau u. Tierleben. I. Bd.: Hesse, R., Der Tierkörper als selbständiger Organismus. Leipzig 1910. — II. Bd.: Doflein, F., Das Tier als Glied des Naturganzen, 1914. — Nußbaum, M., Karsten, G. u. Weber, M., Lehrbuch der Biologie für Hochschulen, II. Aufl. Leipzig u.

Berlin 1914. — Schulze, Paul und zahlreiche Mitarbeiter, Biologie der Tiere Deutschlands. (Im Erscheinen.) — Jennings, H. S., Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experimentellen Bedingungen. Deutsche Übersetzung von Mangold. Leipzig 1910. — Retzius, G., Biologische Untersuchungen, I—XVIII. Stockholm 1890—1914. — Kries, Allgemeine Sinnesphysiologie. Leipzig 1923. — Grenacher, H., Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden. Göttingen 1879. — Carrière, J., Die Sehorgane der Tiere. München-Leipzig 1885. — Exner, S., Sie Physiologie des facettierten Auges von Krebsen und Insekten. Leipzig und Wien 1891. — Hesse, R., Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. I—VIII. Z. w. Z. 1896—1903. — Ders., Das Sehen der niederen Tiere. Jena 1908. — Nagel, W. A., Der Lichtsinn augenloser Tiere, 1896. — Heß, C., Vergleichende Physiologie des Gesichtssinns. Wintersteins Handbuch, Bd. IV, 1912. — Knoll, F., Insekten und Blumen. Abhandl. zool. bot. Ges. Wien, Bd. 12, 1921. — Bezüglich der statischen Organe vgl. die Arbeiten v. Bethe, Delage, Ewald. — Bethe, A., Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903. — Kühn, A., Die Orientierung der Tiere im Raum. Jena 1919. — Meisenheimer, J., Die Exkretionsorgane der wirbellosen Tiere. Spengel, Erg. Zo., Bd. 2. — v. Üxküll, J., Umwelt und Innenwelt der Tiere. Berlin 1909. — Ders., Leitfaden in das Studium der experimentellen Biologie der Wassertiere. Wiesbaden 1905. — Biedermann, W., Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln. Festschr. f. E. Haeckel, Jena 1904. — Brücke, Untersuchungen über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denkschr. der math.-naturw. Klasse d. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. 4, 1854. — Calmette, A., Les vénins, les animaux vénimeux et la sérum-thérapie. Paris 1907. — Pütter, Au., Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena 1909. — Zschokke, F., Der Flug der Tiere. Berlin 1919.

Geschichte der Zoologie. Carus, J. V., Geschichte der Zoologie. München 1872. — Rádl, E., Geschichte der biologischen Theorien. Leipzig, Bd. I, 1905, Bd. 2, 1909. — Keller, O., Die antike Tierwelt: Bd. I: Säugetiere, Bd. II: Vögel, Reptilien, Fische, Insekten usw. Leipzig 1913. — Loey, W. A., Die Biologie und ihre Schöpfer. Jena 1915. Autorisierte Übersetzung der zweiten amerik. Auflage von E. Nitardy. — Burekhardt, R., Geschichte der Zoologie. II. Aufl. von Erhard, H., Sammlung Goeschen 1921. — Uhlmann, E., Entwicklungsgedanke und Artbegriff in ihrer geschichtlichen Entstehung. J. Z., Bd. 59.

Protozoen. Ehrenberg, Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Leipzig 1838. — Dujardin, F., Histoire naturelle des Zoophytes Infusoires. Paris 1841. — Bütschli, O., Die Protozoen. Bronns Klassen usw., 1880—1889. — Blochmann, F., Die mikroskopische Tierwelt des Süßwassers. 1. Protozoa, 2. Aufl. Hamburg 1895. — Calkins, G., Protozoology. New York 1909. — Doflein, F., Lehrbuch der Protozoenkunde, 4. Aufl. Jena 1916. — Hartmann, M. u. Schillings, C., Die pathogenen Protozoen. Zugleich eine Einführung in die allgemeine Protozoenkunde. Berlin 1917. — Prowazek, E. v., Einführung in die Physiologie der Einzelligen (Protozoen). Leipzig u. Berlin 1910. — Hartmann, M., Autogamie bei Protozoen und ihre Bedeutung für das Befruchtungsproblem. Jena 1909. — Schaudinn, F., Neuere Forschungen über die Befruchtung bei Protozoen. Verh. D. Z. G., 1905. — Fritz Schaudinns Arbeiten, 2 Bde. Hamburg u. Leipzig 1911. — Jennings, H. S., Heredity, Variation and Evolution in Protozoa. I. J. Exp. Zool., Bd. 5, II. Proc. Amer. Philos. Soc., Bd. 47 usw. — Minchin, E. A., An introduction to the study of the Protozoa with special reference to the parasitic forms. London 1912.

Rhizopoden. Hartmann, M., Morphologie und Systematik der Amöben. Handb. pathog. Mikroorg., 2. Aufl., Bd. 7, 1913. — Schultze, Max, Über den Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854. — Carpenter, W., Introduction to the study of the Foraminifera. London 1862. — Schaudinns Arbeiten. — Rumbler, L., Beiträge zur Kenntnis der Rhizopoden. Z. w. Z., Bd. 52, 57, 61. — Ders., Die Foraminiferen der Plankton-Expedition. Kiel u. Leipzig I 1911. — Hertwig, R., Über Encystierung und Kernvermehrung bei Arcella vulgaris. Festschr. f. Kupffer, Jena 1899. — Haeckel, E., Die Radiolarien. Eine Monographie. Berlin 1862. — Hertwig, R., Zur Histologie der Radiolarien. Leipzig 1876. — Ders., Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879. — Brandt, K., Die koloniebildenden Radiolarien des Golfes von Neapel. Berlin 1885. — Haeckel, E., Report on the Radiolaria, collected by H. M. S. Challenger. London 1887. — Schewiakoff, W., Beiträge zur Kenntnis der Radiolaria-Acanthometrea. Mem. Acad. St. Petersburg 1902. — Haecker, V., Tiefsee-Radiolarien. Wiss. Ergebn. d. deutsch. Tiefsee-Exped., Bd. 14. — Borgert, A., Untersuchungen über die Fortpflanzung der triplyen Radiolarien. I. Zo. Ja., Bd. 14; 2. Ar. f. Pr., Bd. 14. — Huth, W., Zur Entwicklungsgeschichte der Thalassicollen. Ar. f. Pr., Bd. 30, 1913. — Hertwig, R., Über Kern-

- teilung, Richtungkörperbildung und Befruchtung von *Actinosphaerium* Eichhorni. Abh. Bayr. Akad. 1898. — Belař, K., Untersuchungen an *Actinophrys* sol. Ar. f. Pr., I., Bd. 46. II., Bd. 48. — Schulze, F. E., Die Xenophyophoren, eine besondere Gruppe der Rhizopoden. *Ergebn. d. deutsch. Tiefsee-Exped.* Jena 1905.
- Flagellaten.** Bütschli, O., Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. *Z. w. Z.*, Bd. 30. — Stein, Fr. v., *Der Organismus der Infusionstiere.* Bd. 3: Flagellaten. Leipzig 1878. 1883. — Klebs, G., Flagellatenstudien. *Z. w. Z.*, Bd. 55. 1893. — Senn, Flagellaten in Engler-Prandtl, *Natürliche Pflanzenfamilien.* — Laveran, A. et Mesnil, F., *Trypanosomes et Trypanosomiasis*, II. Aufl. Paris 1913. — Hartmann, M., Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie der Phytomonadinen. Ar. f. Pr., Bd. 39, 43. — Kofoid, A. and Swezy, O., *The freeliving unarmored Dinoflagellata.* Mem. Univ. California, Bd. 5, 1921. — Pascher, A., Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. I.—III. Flagellaten. Jena 1913. — Zahlreiche Arbeiten in Ar. f. Pr.
- Sporozoen.** Roß, R., Untersuchungen über Malaria. Übersetzt a. d. Englischen von Dr. Schilling, Jena 1905. — Grassi, B., *Studi di un zoologo sulla malaria.* R. Acad. d. Lincei. Roma 1900. — Ders., *Die Malaria*, 2. Aufl. Jena 1901. Nachtrag 1903. — Ziemann, H., *Über Malaria und andere Blutparasiten.* Jena 1898. — Labbé, A., *Sporozoa.* „Das Tierreich“. Berlin 1899. — Schaudinn, F., *Gesammelte Arbeiten.* — Ruge, R., *Einführung in das Studium der Malariaerkrankheiten*, 2. Aufl. Jena 1906. — Aimé Schneider, *Contributions à l'histoire de, Grégaires des Invertébrés de Paris et Roscoff.* Ar. Zo. Ex., Bd. 4, 1875. — Cuénot, L., *Recherches sur l'évolution et la conjugaison des Grégaires.* Ar. Bi., Bd. 17, 1900. — Léger, L., *La reproduction sexuée chez les Stylorhynchus.* Ar. Pr., Bd. 3, 1904. — Ders. u. Duboscq, *Études sur la sexualité chez les Grégaires.* Ar. f. P., Bd. 17. — Moroff, Th., *Die bei den Cephalopoden vorkommenden Aggregata-Arten.* Ar. f. Pr., Bd. 11, 1908. — Léger, L., *L'Évolution schizogonique de l'Aggregata Eberthi.* Ar. f. Pr., Bd. 12, 1908. — Thélohan, P., *Recherches sur les Myxosporidies.* Bull. scient. de la France et de la Belgique, Bd. 26, 1895. — Keysseltz, G., *Die Entwicklung von Myxobolus Pfeifferi*, I. u. II. Ar. f. Pr., Bd. 11, 1908. — Schröder, O., *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Myxosporidien.* Ar. f. Pr., Bd. 9 u. 19, 1907 u. 1910. — Auerbach, M., *Die Cnidosporidien.* Eine monographische Studie. Leipzig 1910.
- Infusorien.** Stein, Fr., *Der Organismus der Infusionstiere*, Bd. 1 u. 2. Leipzig 1859 und 1867. — Bütschli, O., *Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien.* Frankfurt 1876. — Maupas, E., *Contributions à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés.* Ar. Zo. Ex. e Gén., S. II, Bd. I, 1883. — Ders., *Recherches expérimentales sur la multiplication des infusoires ciliés.* Ar. Zo. Ex. e Gén., S. II, Bd. 6, 1888. — Ders., *Le rajeunissement karyogamique chez les ciliés.* Ebenda, S. II, Bd. 7, 1889. — Hertwig, R., *Über die Konjugation der Infusorien.* Abhandl. d. Bayr. Akad. München 1889. — Prandtl, H., *Die Konjugation von Didinium nasutum.* Ar. f. Pr., Bd. 7. — Calkins, G. N. and Skull, S. W., *The conjugation of Paramecium aurelia.* Ebenda, Bd. 10. — Jennings, H. S., *Heredity, Variation and Evolution in Protozoa.* I. J. E. Z., Bd. 5; II. Proc. Amer. Phil. Soc., Bd. 47; III. J. E. Z., Bd. 11. — Ders., *Contributions to the study of the behaviour of lower organisms.* Carnegie Inst. 1904. — Metcalf, M., *The Opalinid Ciliate Infusorians.* Smiths Inst. Bullet. 120, 1923. — Enriques, P., *La conjugazione ed il differenziamento sessuale negli Infusori.* Ar. f. Pr., Bd. 9 und 12, 1907 und 1908. — Woodruff and Erdmann, R., *A normal periodic reorganisation in Paramecium.* J. Exp. Zool., Bd. 17, 20. — Métalnikow, S., *Contributions à l'étude de la digestion intracellulaire chez les Protozoaires.* Ar. Zo. Ex. Gén., S. 5, Bd. 9. — Collin, B., *Étude monographique sur les Acinétiniens.* Ar. Zo. Ex. e Gén., I. S. 5, Bd. 8; II. Bd. 51. — Jollis, V., *Experimentelle Protistenstudien.* Ar. f. Pr., Bd. 43.
- Mesozoen.** v. Beneden, E., *Recherches sur les Dicyémides.* Bull. Acad. Roy. Belg. S. II, Bd. 41 u. 42. — Caullery, M. et Mesnil, F., *Recherches sur les Orthonectides.* Ar. Anat. micr., Bd. 4, 1901. — Hartmann, M., *Untersuchungen über den Generationswechsel der Dicyemiden.* Mém. Cl. Sc. Acad. Roy. Belg., Nouvelle S., Bd. 1, 1906. — Neresheimer, E., *Die Mesozoen.* Z. Z., Bd. 15, 1908.
- Spongien.** Haeckel, E., *Die Kalkschwämme*, 2 Bde. Berlin 1872. — Schulze, Fr. E., *Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien.* Z. w. Z., 1875 bis 1881. — Delage, Y., *Embryogénie des Eponges.* Ar. Zo. Ex. e Gén., Ser. II, Bd. 10. — Maas, O., *Die Embryonalentwicklung und Metamorphose der Cornacspongien.* Zo. Ja., Bd. 7. — Schulze, F. E., *Hexactinelliden.* Deutsche Tiefsee-Exped., Bd. 4. — Vosmaer, *Porifera* (Bronn, Klassen usw.) 1887. — Sollas, J.,

- Porifera (Cambridge N. H. I.). — Maas, O., Die Weiterentwicklung der Syconen nach der Metamorphose. Z. w. Z., Bd. 67.
- Cölienteraten.** Chun, C., Coelenterata. Fortgesetzt von L. Will, A. Kühn u. O. Carlgren (Bronn, Klassen usw.). — Iwanzoff, N., Über den Bau, die Wirkungsweise und die Entwicklung der Nesselkapseln der Cölienteraten. Moskau 1896. — Will, L., Kolloidale Substanz als Energiequelle für die mikr. Schußwaffen der Cölienteraten. Abh. d. Berliner Akad. Math.-phys. Kl. 1914. — Hickson, S. J., Coelenterata und Ctenophora (Cambridge N. H. I.).
- Hydrozoen.** Allmann, J. S., A monograph of the Gymnoblasic or Tubularian Hydroids, 2 Bde. London 1871—1872. — Kleinenberg, N., Hydra. Leipzig 1872. — Schulze, Fr. E., Über den Bau von Syncoryne Sarsii. Leipzig 1873. — Moseley, H. N., On the Structure of a Species of Millepora usw. Philos. Transact. London 1877. — Ders., On the Structure of the Stylasteridae. Ebenda, 1878. — Steche, O., Hydra und die Hydroiden. Leipzig 1911. — Schulze, P., Neue Beiträge zu einer Monographie der Gattung Hydra. Archiv f. Biontologie, Bd. IV, Heft 2. Berlin 1917. — Hertwig, O. u. R., Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen. Leipzig 1878. — Dies., Der Organismus der Medusen und seine Stellung zur Keimblättertheorie. Jena 1878. — Haeckel, E., Monographie der Medusen, 2 Bde. Jena 1879—1881. — Bigelow, H. B., The Medusae (der Albatros-Exped.). Mem. Mus. Comp. Zool. Harvard, Bd. 37, 1909. — Mayer, A. G., Medusae of the world. Bd. 1 u. 2 Hydro-medusen. Carnegie Inst. 1910 (zusammenfassendes Werk mit ausführlichen Literaturangaben). — Weismann, A., Die Entstehung der Sexualzellen bei den Hydromedusen. Jena 1883. — Kühn, A., Entwicklungsgeschichte und Verwandtschaftsbeziehungen der Hydrozoen. Spengel, Ergebn. Zool., Bd. 4, 1913. — Haeckel, E., Zur Entwicklungsgeschichte der Siphonophoren. Utrecht 1869. — Haeckel, E., Report on the Siphonophorae collected by H. M. S. Challenger 1889. — Chun, C., Die kanarischen Siphonophoren in monographischen Darstellungen. I. u. II. Abh. Senck. G., Bd. 16 u. 18. — Ders., Über den Bau und die morphologische Auffassung der Siphonophoren. Verh. D. Z. G. Leipzig 1897.
- Scyphozoen.** Claus, C., Untersuchungen über Charybdea marsupialis. Arb. zool. Inst. Wien, Bd. 1, 1878. — Vanhoeffen, E., Die acraspeden Medusen der deutschen Tiefsee-Expedition, 1903. — Maas, O., Medusen des Albatros. Mem. Mus. Comp. Zool., Bd. 23, 1897. — Ders., Die Scyphomedusen. Spengel, Erg. Zool., Bd. 1. — Mayer, A. G., Medusae of the world, Bd. 3. Scyphomedusae. Carnegie Inst. 1910. — Scheiwakoff, W., Beiträge zur Kenntnis des Acalephenauges. Mor. Ja., Bd. 15. — Goette, A., Vgl. Entwicklungsgeschichte von Pelagia noctiluca. Z. w. Z., Bd. 55.
- Ctenophoren.** Chun, C., Die Ctenophoren des Golfs von Neapel. Leipzig 1880. — Hertwig, R., Über den Bau der Ctenophoren. Jen. Z., Bd. 14. — Korotneff, A., Ctenoplana Kowalewskii. Z. w. Z., Bd. 43. — Mortensen, Th., Thaliella tristoma. Vid. Medd. Naturhist. Foren. Kopenhagen 1910. — Ders., Ctenophora. The danish Ingolf Expedition. V, 1912, ferner die Arbeiten von F. Moser.
- Anthozoen.** Milne-Edwards, H. et Haime, J., Histoire naturelle des Coralliaires, 3 Bde. Paris 1857—1860. — De Lacaze-Duthiers, H., Histoire naturelle du Corail. Paris 1864. — Ders., Développement des Coralliaires. Ar. Zo. Ex. e Gén., Bd. 1 u. 2, 1872—1873. — Moseley, H. N., The Structure and Relations of the Alcyonarian Helipora. Philos. Transact. Roy. Soc., 1876. — Hertwig, O. u. R., Die Actinien anatomisch-histologisch untersucht. Jen. Z., Bd. 13 u. 14. — Hertwig, R., Die Actinien der Challenger-Expedition. Jena 1882. — Döderlein, L., Die Korallengattung Fungia. Abh. Senckenb. Gesellsch. 1902. — Duerden, J. E., West Indian Madreporarian polyps. Mem. Acad. of Nat. Sc., Bd. 8. — Ders., The coral Siderastraea radians and its postlarval development. Washington 1904. — Pax, F., Die Aktinien. Spengel, Ergebn. Zool., Bd. 4.
- Würmer, Plathelminthen.** Gamble, W., Plathelminthes 1896 (Cambridge N. H. II.). — Graff, L. v., Turbellarien (Bronn, Klassen usw.). — Ders., Monographie der Turbellaria Acoela. Bd. 1 u. 2. Leipzig 1881 und 1899. — Ders., Die Organisation der Turbellaria Acoela. Leipzig 1891. — Lang, A., Die Polycladen (Seeplanarien) des Golfs von Neapel. Leipzig 1884. — Ijima, J., Untersuchungen über den Bau und die Entwicklungsgeschichte der Süßwasser-Dendrocoelen (Tricladen). Z. w. Z., Bd. 40, 1884. — Steinmann u. Bresslau, Die Strudelwürmer in: Monographien einheimischer Tiere, Bd. 5. Leipzig 1913.
- Trematoden.** Braun, M., Trematoden (Bronn, Klassen usw.). — Leuckart, R., Zur Entwicklungsgeschichte des Leberegels. Arch. f. Naturg., 1882. — Monticelli, Fr. S., Studi sui Trematodi entoparasiti. Zo. Ja., 1893, Suppl. — Looss, L., Die Distomen unserer Fische und Frösche. Bibl. Zool. 1894. — Blochmann, Fr., Die Epithelfrage bei Cestoden und Trematoden. Hamburg 1896. — Ferner Arbeiten Zellers, Über Diplozoon, Polystomum, Leucochloridium. Z. w. Z., Bd. 22, 27.

- Cestoden.** Braun, M., Cestoden (Bronn, Klassen usw.). — Ders., Zur Entwicklungsgeschichte des breiten Bandwurms (Bothriocephalus latus). Würzburg 1883. — Sommer, F. u. Landois, L., Über den Bau der geschlechtsreifen Glieder von Bothriocephalus latus. Z. w. Z., Bd. 22. — Sommer, F., Über den Bau und die Entwicklung der Geschlechtsorgane von Taenia mediocanellata Kehm. und T. solium L. Z. w. Z., Bd. 24. — Pintner, Th., Untersuchungen über den Bau des Bandwurmkörpers. Arb. d. zool. Inst. Wien, Bd. 3, 1880. — Tower, Wm. L., The nervous system in the Cestode Moniezia expansa. Zo. Ja., Bd. 13. — Bugge, G., Zur Kenntnis des Exkretionssystems der Cestoden und Trematoden. Zo. Ja., Bd. 16. — Grassi, B. e. Rovelli, G., Ricerche embryologiche sui Cestodi. Catania 1892. — Zernecke, E., Untersuchungen über den feineren Bau der Cestoden. Zo. Ja., Bd. 9, 1895. Perner die Arbeiten von O. Fuhrmann, Rosen, Janicki.
- Nemertinen.** Bürger, E., Nemertinen (Bronn, Klassen usw.). — Sheldon, A., E Nemertines (Cambridge N. H. II, 1896). — Mc. Intosh, W. C., A monograph of the British Annelids. P. I. Nemerteans. London 1873—1874. — Bürger, O., Die Nemertinen des Golfs von Neapel. Berlin 1895. — Metschnikoff, E., Studien über die Entwicklung der Echinodermen und Nemertinen. Mém. Acad. St. Petersburg 1869.
- Rotatorien.** Hartog, N. M., Rotifers (Cambridge N. H. II, 1896). — Zelinka, C., Studien über Rädertiere. Z. w. Z., 1886—1891. — Marais de Beauchamps, P., Recherches sur les Rotifères. Ar. Zo. Ex. e. Gén., S. IV, Bd. 2. — Wesenberg-Lund, C., Contributions to the biology of the Rotifera. I. The males. Kopenhagen 1923.
- Chaetognathen.** Hertwig, O., Die Chaetognathen. Je. Z., Bd. 14, 1880. — Grassi, Bd. 1, Chaetognathi. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, 1883. — Shipley, Chaetognatha (Cambridge N. H. II).
- Nematoden und Acanthocephalen.** Schneider, A., Monographie der Nematoden. Berlin 1866. — Shipley, Nemathelminthes (Cambridge N. H. II). — Leuckart, R., Untersuchungen über Trichina spiralis. Leipzig und Heidelberg 1866. — Ders., Neue Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Lebensgeschichte der Nematoden (Allantonema und Sphaerularia). Leipzig 1887. — Bütschli, O., Beiträge zur Kenntnis der freilebenden Nematoden. Nov. Act. Leop., Bd. 36, 1873. — Ders., Abh. Senck. G., Bd. 9, 1873—1875. — De Man, J. G., Die frei in der reinen Erde und im süßen Wasser lebenden Nematoden der niederländischen Fauna. Leyden 1884. — Rauther, M., Morphologie und Verwandtschaftsbeziehungen der Nematoden und einiger ihnen nahe gestellter Vermalien. Spengel, Erg. Zo., Bd. 1. — Graham, J., Beiträge zur Naturgeschichte der Trichina spiralis. Ar. mikr. An., Bd. 50. — Looss, A., The anatomy and life history of Anchylostoma duodenale Dub. Records of the Egyptian Government. School of Medicine, Bd. 3 u. 4. — Maupas, E., Modes et formes de réproduction des Nématodes. Ar. Zo. Ex. e Gén., 1901. — Goldschmidt, Histologische Untersuchungen an Nematoden. Zo. Ja., Bd. 18. — Ders., Das Nervensystem von Ascaris lumbricoides und megaloccephala. Ein Versuch, in den Aufbau eines einfachen Nervensystems einzudringen. I. u. II. Z. w. Z., Bd. 90 u. 92. III. Festschrift f. R. Hertwig, Bd. 2. — Martini, E., Die Anatomie von Oxyuris curvula. Z. w. Z., Bd. 116. — Kaiser, J. E., Die Acanthocephalen und ihre Entwicklung. Zoologica, Bd. 7, 1892.
- Anneliden.** Hatschek, B., Studien über die Entwicklungsgeschichte der Anneliden. Arb. Zool. Inst. Wien, Bd. 1, 1878. — Ders., Protodrilus Leuckarti, ebenda, Bd. 3. — Woltreck, Trochophora-Studien. Zoologica, Bd. 13, 1902. — Fraipont, J., Le genre Polygordius, Fauna und Flora von Neapel, 1887.
- Chaetopoden.** Benham, W. B., Polychaetae. (Cambridge N. H., Bd. 2, 1896.) — Ehlers, E., Die Borstenwürmer, Bd. 1 u. 2. Leipzig 1864 u. 1868 u. and. Arb. — Eisig, H., Die Capitelliden des Golfs von Neapel. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, Bd. 16, 1887. — Meyer, E., Studien über den Körperbau der Anneliden. Mitt. d. Zool. Stat. zu Neapel, Bd. 7, 8, 14, 1887—1901. — Mc. Intosh, A monograph of the British Annelids. London Ray Society 1900, 1908, 1910. — Goodrich, E. S., Nephridia of the Polychaeta. Qu. J. Mic. Sc., 1897—1900. — Fage, L., Recherches sur les organes segmentaires des Annelides Polychètes. Ann. Sc. Nat. S. IX, Bd. 3. — Caullery et Mesnil, Les formes épitiques des Cirratulien. Ann. de l'Univ. de Lyon. Fasc. 39, Paris 1898. — Potts, F. F., Methods of Reproduction in the Syllids. Spengel, Erg. Zool., Bd. 3, 1911. — Beddard, F. E., Oligochaeta, Hirudinea 1896. (Cambridge N. H. II). — Perrier, E., Études sur l'organisation des lombriciens terrestres. Ar. Zo. Ex. e Gén., 1874 u. 1881. — Vejdovsky, System und Morphologie der Oligochäten. Prag 1884. — Ders., Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen. Prag 1888—1892. — Beddard, F. E., A Monograph of the order of Oligochaeta. Oxford 1895.
- Hirudineen.** Oka, A., Beiträge zur Anatomie von Clepsine. Z. w. Z., Bd. 58. — Kowalewsky, A., Études biologiques sur l'anatomie de l'Acanthobdella et l'Archaeobdella.

- Bull. Acad. Imp. St. Pétersbourg, Bd. 5. — Livanow, N., Untersuchungen zur Morphologie der Hirudineen. Zo. Ja., Bd. 19. — Ders., Acanthobdella peledina. Zo. Ja., Bd. 21. — Loeser, R., Beiträge zur Kenntnis der Wimperorgane der Hirudineen. Z. w. Z., Bd. 93.
- Gephyreen.** Shipley, A. E., Gephyrea, Phoronis. (Cambridge N. H. II.) — Greeff, R., Die Echiuren. Nova Acta 1879, Bd. 41. — Hatschek, B., Über Entwicklungsgeschichte von Echiurus usw. Arb. Zool. Inst. Wien 1880, Bd. 3. — Spengel, J. W., Beiträge zur Kenntnis der Gephyreen. I. Mitt. Zool. Stat. Neapel 1879, Bd. 1: 11. Z. w. Z., 1880, Bd. 34. — Baltzer, F., Echiuriden. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, Bd. 34.
- Enteropneusten.** Harmer, S., Balanoglossus. (Cambridge N. H. VII.) — Spengel, J. W., Die Enteropneusten des Golfs von Neapel. Fauna und Flora, Bd. 18. Neapel 1893. — Agassiz, A., The History of Balanoglossus and Tornaria. Mem. Amer. Acad. of Arts and Sciences 1873, Bd. 9.
- Bryozoen.** Harmer, S. F., Polyzoa, 1896. (Cambridge N. H. II.) — Allman, A Monograph of the Freshwater Polyzoa. Ray. Soc. London 1856. — Kraepelin, K., Die deutschen Süßwasserbryozoen. Abh. Naturw. Verein Hamburg, Bd. 10 u. 12, 1887 u. 1892. — Braem, F., Untersuchungen über Bryozoen des süßen Wassers. Zoologica, Bd. 6, 1890. — Levinson, G. M. R., Morphological and systematic studies on the cheilostomous Bryozoa. Kopenhagen 1909. — Harmer, S., On the Structure and development of Loxosoma. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 25. — Ehlers, E., Zur Kenntnis der Pedicellinen. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Bd. 36, 1890. — Davenport, C., On Urnatella gracilis. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. 1893, Bd. 24.
- Brachiopoden.** Hancock, H., On the organisation of the Brachiopoda. Philos. Transact., 1858. — Brooks, W., The development of Lingula and the Systematic Position of the Brachiopoda. Chesapeake zool. Labor. Scient. Res., 1878. — Davidson, Th., A monograph of the recent Brachiopoda. Transact. Linn. Soc. London 1886 bis 1888. — Blochmann, F., Untersuchungen über den Bau der Brachiopoden. 2 Teile. Jena 1892 u. 1900. — Ders., Zur Systematik und geographischen Verbreitung der Brachiopoden. Z. w. Z., Bd. 90, 1908. — Shipley, Brachiopods. (Cambridge N. H. III.)
- Tunicaten.** Seeliger, O., Hartmeyer, R. u. Neumann, G., Tunicaten. (Bronn, Klassen usw.) — Herdmann, W. A., Ascidians and Amphioxus. (Cambridge N. H. VII.) — Ihle, J. E. W., Die Appendicularien. Spengel, Ergeb. Zool., Bd. 3, 1913. — Lacaze-Duthiers, H. de, Les Ascidies simples des côtes de France. Ar. Zo. Ex. e Gén., Bd. 3 et 4, 1874 et 1877. — Beneden, E. van, et Julin, Recherches sur la morphologie des Tuniciers. Ar. Bi., Bd. 6, 1887. — Kowalevsky, A., Weitere Studien über die Entwicklung der einfachen Ascidien. Ar. mi. An., Bd. 7, 1871. — Kupffer, C., Zur Entwicklung der einfachen Ascidien. Ebenda, Bd. 8, 1872. — Seeliger, O., Die Pyrosomen der Plankton-Expedition. Kiel und Leipzig 1895 und zahlreiche andere Arbeiten. — Grobben, C., Doliolum und sein Generationswechsel usw. Arb. zool. Inst. Wien, Bd. 4, 1882.
- Echinodermen.** Mc Bride, Echinodermata. (Cambridge N. H. I.) — Tiedemann, Fr., Anatomie der Röhrenholothurie, des pomeranzfarbenen Seesterns und des Steinseiegels. Landshut 1816. — Ludwig, H., Morphologische Studien an Echinodermen. Z. w. Z., 1877—1882. — Cuénot, L., Études morphologiques sur les Echinodermes. Ar. Bi., Bd. 11, 1891. — Perrier, Ed., Recherches sur les pédicellaires et les ambulacres des Astéries et des Oursins. Ann. Sc. Nat., Ser. V, Bd. 12 u. 13, 1869—1870. — Müller, Joh., Zahlreiche Abhandlungen über den Bau und die Larvenformen der Echinodermen und ihre Metamorphose. Abhandl. Kgl. Akad. d. Wissensch., Berlin 1848, 1849, 1850, 1852, 1853 u. 1855. — Mortensen, Th., Studies on the Development and larval forms of Echinoderms. Copenhagen 1921. — Bury, H., Studies in the embryology of the Echinoderms. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 29.
- Asteroiden.** Ludwig u. Hamann, Asteroideen. (Bronn, Klassen usw.) — Agassiz, A., North American Star fishes. Mem. of the Mus. of Comp. Zool. Nr. 1, Bd. 5. Cambridge Mass. 1877. — Cuénot, L., Contributions à l'étude anatomique des Astérides. Ar. Zo. Ex. e Gén. S. II, Bd. 5. — Sars, G. O., Researches on the structure etc. of the genus Brisinga. Christiania 1875. — Ludwig, O., Die Seesterne des Mittelmeeres. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, 1897.
- Ophiuroideen.** Hamann, O., Ophiuroideen (Bronn, Klassen usw.) — Lyman, Th., Report on the Ophiuroidea. Voyage of H. M. S. Challenger, London 1892, Part 14. — Cuénot, L., Études anatomiques et morphologiques sur les Ophioures. Ar. Zo. Ex. e Gén., S. II, Bd. 6. — Mc Bride, The development of the genital organs etc. in Amphiura squamata together with some remarks on Ludwigs Haemal System in this Ophiurid. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 34, 1893. — Ders., The development of Ophiothrix fragilis. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 51.

- Echinoideen.** Hamann, O., Echinoideen. (Bronn, Klassen usw.) — Lovén, Études sur les Echinoides. Svensk. Vetensk. Akad., T. 11, 1874. — Agassiz, A., Revision of the Echini. Mus. Comp. Anat. Harvard Coll., Bd. 7, 1872. — Ders., Report on the Echinoidea. Voyage of the „Challenger“. London 1881, Part 9, Bd. 3. — Sarasin, C. F. u. B. P., Über die Anatomie der Echinothuriden und die Phylogenie der Echinodermen in: Ergebnisse nat. Forschungen Ceylon, Bd. 1, 1888. — Mc Bride, E. W., The development of Echinus esculentus. Philosoph. Transact., Bd. 195.
- Crinoideen.** Hamann, O., Crinoideen. (Bronn, Klassen usw.) — Müller, J., Über den Bau von Pentacrinus caput Medusae. Abh. d. Akad. d. Wiss., Berlin 1841. — Carpenter, W. B., On the nervous system of Crinoidea. Proceed. Roy. Soc., Bd. 37, London 1884. — Carpenter, P. H., Report on the Crinoidea of the Voyage of the „Challenger“. Part 1. General Morphology of the stalked Crinoids in Report Chall., Bd. 11, 1884; Part 2. The Comatulae. Ibid., Bd. 26, 1889. — Carpenter, W., Researches on the structure, physiology and development of Antedon rosaceus. Philos. Transact., Bd. 156, 1866. — Perrier, E., Mémoire sur l'organisation et le développement de la Comatula de la Méditerranée (Antedon rosacea Linck) in Nouv. Arch. Mus. Paris 1886—1892. — Reichensperger, A., Zur Anatomie von Pentacrinus decorus. Z. w. Z., Bd. 80, 1905.
- Holothurioideen.** Ludwig, H., Holothurien (Bronn, Klassen usw.) — Müller, J., Über Synapta digitata und über die Erzeugung von Schnecken in Holothurien. Berlin 1852. — Baur, A., Beiträge zur Naturgeschichte der Synapta digitata. Acta Acad. Leop. Carol. nat. curios. 1864. — Daniellssen, C. C. og Koren, Joh., Holothurioidea. Norske Nordshavs Expedition 1876—1878, Bd. 6, Christiania 1882. — Clark, H. Lyman, The apodous Holothurians. Smithsonian Contributions, Bd. 35, 1907. — Semon, R., Die Entwicklung der Synapta digitata und die Stammesgeschichte der Echinodermen. Jen. Z., Bd. 21.
- Mollusken.** Cooke, A. H., Mollusks 1895. (Cambridge N. H. III.) — Cuvier, G., Mémoire pour servir à l'histoire et l'anatomie des Mollusques. Paris 1817. — Pelseneer, P., Introduction à l'étude des Mollusques. Bruxelles 1894. — Fischer, P., Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie conchyliologique. Paris 1887. — Tryon, G., Manuel of Conchology. Fortsetzung von J. Pilsbry, Philadelphia 1897—1904. — Biedermann, W., Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. Jen. Z., Bd. 36, 1900. — Schmidt, W. J., Bau und Bildung der Perlmuttermasse. Zo. Ja., I. Abt., Bd. 45. — Jhering, H. v., Vergleichende Anatomie des Nervensystems und Phylogenie der Mollusken. Leipzig 1877. — Spengel, J. W., Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken. Z. w. Z., Bd. 35, 1881. — Grobben, C., Zur Kenntnis der Morphologie der Verwandtschaftsverhältnisse und des Systems der Mollusken. Sb. Kais. Akad. Wiss. Wien. Math.-naturw. Klasse, Bd. 103, 1894. — Pelseneer, P., Report on the anatomy of the deep-sea Mollusca collected by H. M. S. Challenger. Rep. Challenger, Zool. 1888, Part 74. — Hensen, V., Über das Auge einiger Cephalopoden. Z. w. Z., Bd. 15. — Grenacher, H., Abhandlungen zur vergleichenden Anatomie des Auges. Abh. naturf. Ges. zu Halle, Bd. 16, 1884; Bd. 17, 1886. — Geyer, C., Unsere Land- und Süßwassermollusken, 2. Aufl. Stuttgart.
- Amphineuren.** Simroth, H., Amphineuren und Scaphopoden (Bronn, Klassen usw., 2. Aufl.). — Plate, L., Die Anatomie und Phylogenie der Chitonen. Zo. Ja., Suppl.-Bd. 4 u. 5, 1898—1901. — Wirén, A., Studien über Solenogastres. I. u. II. Svensk. Akad. Handl., Bd. 24, 1892. — Nierstraß, H. F., Die Amphineuren. (Spengel, Erg. Zool., Bd. 1 u. 2.)
- Lamellibranchier u. Solenoconchen.** Bojanus, L., Über die Atem- und Kreislaufwerkzeuge der zweischaligen Muscheln. Isis, 1817, 1820 u. 1827. — Pelseneer, P., Contribution à l'étude des Lamellibranches. Ar. Bi., Bd. 11, 1891. — Ders., Les Lamellibranches de l'expédition du Siboga. — Neumayer, M., Beiträge zu einer morphologischen Einteilung der Bivalven. Denkschrift Akad. Wien, 1891. — Grobben, C., Beiträge zur Kenntnis des Baues von Cuspidaria nebst Betrachtungen über das System der Lamellibranchiaten. Arb. Zool. Inst. Wien, Bd. 10, 1893. — Jackson, J., Phylogeny of the Pelecypoda. Mem. Bost. Soc. Nat. Hist., Bd. 4, 1890. — Langer, C., Über das Gefäßsystem der Teichmuschel. Denkschr. Akad. Wien., Math.-naturw. Kl., Bd. 8 u. 12, 1855 u. 1856. — Lacaze-Duthiers, Histoire de l'organisation et du développement du Dentale. Ann. Sc. Nat., S. IV, Bd. 6, 7, 8. — Plate, L., Über den Bau und die Verwandtschaftsbeziehungen der Solenoconchen. Zo. Ja., Bd. 5, 1892. — Seydel, E., Untersuchungen über den Byssusapparat der Lamellibranchier. Zo. Ja., Bd. 27. — Korschelt, E., Perlen. Fortschr. Naturforsch., 1912.
- Cephalophoren.** Simroth, Cephalophoren (Bronn, Klassen usw., 2. Aufl.). — Naef, A., Über Torsion und Asymmetrie der Gastropoden. Spengel, Erg. Zo., Bd. 3, 1911. — Troschel, F. H., Das Gebiß der Schnecken. Fortgesetzt von J. Thiele, 1846—1896.

- Haller, B., Untersuchungen über marine Rhipidoglossen, I. u. II. *Mor. Ja.*, Bd. 9, 1883; Bd. 11, 1886. — Leydig, Über *Paludina vivipara*. *Z. w. Z.*, Bd. 2, 1850.
- Lacaze-Duthiers, H., Mémoire sur le système nerveux de l'Halotide. Mémoire sur la Pourpre. *Ann. Sc. Nat.*, S. IV, Bd. 12. — Gegenbaur, G., Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig 1854. — Boas, J. E. V., *Spolia atlantica*. *Danske Vid. Selsk. Skr.*, Bd. 4, 1886. — Meisenheimer, J., Pteropoden. *Erg. deutsch. Tiefsee-Exped.*, Bd. 9, 1905. — Pelseneer, P., Études sur les Gastropodes Pulmonés. *Mém. Acad. Belgique*, 1901. — Ders., Recherches sur l'embryologie des Gastropodes. *Ebenda*, Bd. 1911. — Cuénot, L., Études physiologiques sur les Gastropodes Pulmonés. *Ar. Bi.*, Bd. 12, 1892. — Künkel, K., Zur Biologie der Lungenschnecken. Ergebnisse vieljähriger Züchtungen und Experimente. Heidelberg 1916. — Heyder, P., Zur Entwicklung der Lungenhöhle bei *Arion*. *Z. w. Z.*, Bd. 93. — Meisenheimer, J., Die Weinbergschnecke. Leipzig 1912.
- Cephalopoden.** Chiaje St. della, *Memorie sui Cefalopodi*. Memoria sulla storia e anatomia degli animali senza vertebre del regno di Napoli. Napoli 1829. — Jatta, G., I Cephalopodi viventi nel Golfo di Napoli. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, Bd. 23. — Chun, C., Die Cephalopoden. I. Oegopsiden. *Ergebn. d. deutsch. Tiefsee-Expedition*, Bd. 18, 1910. — Naef, A., Die Cephalopoden. Fauna und Flora des Golfs von Neapel, 35. Monogr. I, 1, 1921, 2, 1923. — Meyer, W. Th., Tintenfische mit besonderer Berücksichtigung von *Sepia* und *Octopus*. Leipzig 1913. — Grobben, C., Zur Kenntnis der Morphologie und der Verwandtschaftsverhältnisse der Cephalopoden. *Arb. zool. Inst. Wien*, Bd. 7, 1886. — Ders., Morphologische Studien über den Harn- und Geschlechtsapparat, sowie die Leibeshöhle der Cephalopoden. *Arb. Zool. Inst. Wien*, Bd. 5. — Mayer, W. Th., Die Anatomie von *Opisthoteuthis*. *Z. w. Z.*, Bd. 85. — Marchand, W., Der männliche Leitungsapparat der Dibranchiaten. *Z. w. Z.*, Bd. 86. — Hamlyn-Harris, R., Die Statoecysten der Cephalopoden. *Zo. Ja.*, Bd. 18. — Willey, A., Contributions to the natural history of the pearly Nautilus. *Willey: Zoolog. Results*, Bd. 6. Cambridge 1902. — Griffin, L. E., The anatomy of *Nautilus pompilius*. *Mem. Acad. Nat. Sc.* Washington 1898.
- Crustaceen.** Milne-Edwards, H., *Histoire naturelle des Crustacés, 1838—1840*. 3 Bde. und Atlas. — Claus, C., Untersuchungen zur Erforschung der genealogischen Grundlagen des Crustaceensystems. Wien 1876. — Gerstäcker, A. u. Ortmann, *Crustaceen* (Bronn, Klassen usw.). — Weldon, *Crustacea* (Cambridge N. H. IV.). — Calman, W. T., *The life of Crustacea*. London 1911.
- Entomostraca.** Claus, C., Die freilebenden Copepoden. Leipzig 1863. — Schmeil, O., Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. *Zoologica*, 1892—1898. — Heider, C., Die Gattung *Lernanthropus*. *Arb. zool. Inst. Wien*, Bd. 2. — Scott, T. u. A., *British parasitic Copepoda*, 2 Bde. London 1913. — Claus, C., Über die Entwicklung, Organisation und systematische Stellung der Arguliden. *Z. w. Z.*, Bd. 25, 1875. — Leydig, F., Über *Argulus foliaceus*. *Ar. mik. An.*, Bd. 23, 1889. — Grobben, K., Beiträge zur Kenntnis des Baues und der systematischen Stellung der Arguliden. *Sitzber. Akad. Wiss. Wien*, Bd. 117. — Daday, F., *Monographie systématique des Phyllopodes anostracés*. *Ann. Sc. Nat.*, S. 9, Bd. 11, 1910. — Leydig, F., Naturgeschichte der Daphniden. Tübingen 1860. — Claus, C., Zur Kenntnis der Organisation und des feineren Baues der Daphniden. *Z. w. Z.*, Bd. 27. — Weismann, A., Beiträge zur Naturgeschichte der Daphniden. I—VII. *Z. w. Z.*, Bd. 27, 28, 30 Suppl. u. 33, 1876—1880. — Lilljeborg, W., *Cladocera Sueciae*. *Nova acta Soc. sc. Upsala*, 1900. — Müller, G. W., Die Ostracoden des Golfs von Neapel. Fauna und Flora Neapel, Bd. 21. — Nowikoff, M., Untersuchungen über den Bau der *Limnadia lenticularis*. *Z. w. Z.*, Bd. 78, 1905. — Claus, C., Beiträge zur Kenntnis der Süßwasser-Ostracoden. *Arb. d. zool. Inst. Wien*, 1892 u. 1895, Bd. 1 u. 2. — Darwin, Ch., *A monograph of the Sub-Class Cirripedia*, 2 Bde. London 1851—1854. — Gruvel, A., *Monographie des Cirripèdes ou Théostracés*. Paris 1905. — Müller, F., Die Rhizocephalen. *Archiv f. Naturgesch.*, 1862. — Delage, Yves, *Evolution de la Sacculine*. *Ar. Zo. Ex. et Gén.*, S. II, Bd. 2, 1884. — Smith, G., *Rhizocephala*, Fauna und Flora des Golfs von Neapel, Bd. 21. — Tornquist, A., Die Arbeiten der drei letzten Jahre über die Organisation und die Entwicklung der Trilobiten. *Zo. Zen.*, Bd. 3, 1896.
- Malacostraken.** Claus, C., *Der Organismus der Phronimiden*. *Arb. d. zool. Instituts Wien*, Bd. 2, 1879. — Nebeski, O., Beiträge zur Kenntnis der Amphipoden der Adria. *Ebenda*, Bd. 3. — Sars, G. O., *An account of the Crustacea of Norway*. I. Amphipoda, 1895. II. Isopoda, 1899, und zahlreiche andere Arbeiten. — Strauß, E., *Das Gammaridenauge*. *Wiss. Ergeb. Deutsch. Tiefsee-Exp.*, Bd. 29. — Giard et Bonnier, J., *Contributions à l'étude des Bopyriens*. Lille 1887. — Thomson, G. M., *On a freshwater Schizopod from Tasmania*. *Transact. Linn. Soc. London* 1895. — Smith, G., *On the Anaspidacea, living and fossil*. *Qu. J. Mic. Sc.*, Bd. 53. — Claus, C., Über den Organismus der Nebaliden und die systematische Stellung

- der Leptostraken. Arb. d. zool. Inst. d. Univ. Wien, Bd. 8, 1888. — Dahl, F., Die Asseln oder Isopoden Deutschlands. Jena 1916. — Boas, J. E. V., Studien über die Verwandtschaftsbeziehungen der Malacostraken. Mor. Ja., Bd. 8, 1883. — Zimmer, C., Untersuchungen über den inneren Bau von *Euphausia superba*. Zoologica, Bd. 26. — Giesbrecht, W., Stomatopoden. Flora und Fauna Neapel, Bd. 43. — Hensen, V., Studien über das Gehörorgan der Decapoden. Leipzig 1863. — Huxley, Th., Der Krebs. Leipzig 1881. — Milne-Edwards, A., Etudes sur les Xiphosoures et les Crustacés de la région Mexicaine. Paris 1881. — Chun, C., Atlantis. Zoologica, Nr. 19. — Doflein, Fr., Brachyura. Wiss. Ergeb. d. Deutsch. Tiefsee-Exped., Bd. 6. — Keeble, F. and Gamble, W., The colour physiology of higher Crustacea. Phil. Transact., B, Bd. 196, 198.
- Prototracheaten, Myriapoden.** Moseley, H. N., On the Structure and Development of *Peripatus capensis*. Philos. Transact., 1875. — Balfour, F. M., The Anatomy and Development of *Peripatus capensis*. Quart. Journ. Microsc. Science, Bd. 23, 1883. — Kennel, J., Entwicklungsgeschichte von *Peripatus Edwardsii* Blanch. und *Peripatus torquatus* n. sp. I. u. II, Arb. aus d. zool. Inst. Würzburg, Bd. 7, 1884. — Bouvier, M. E. L., Monographie des Onychophores. Ann. Sc. Nat., S. IX, Bd. 2 u. 5, 1905 u. 1907. — Newport, G., Monograph of the class Myriopoda, order, Chilopoda. Linn. Transact., Bd. 19, 1845. — Ders., On the nervous and circulatory systems of Myriopoda and Macrurous Arachnida. Phil. Transact. London 1843. — Latzel, R., Die Myriopoden der österreichisch-ungarischen Monarchie, Bd. 1 u. 2. Wien 1880. — Grassi, B., I progenitori degli Insetti e dei Miriapodi. Serie von Aufsätzen in den Akademiedriften von Catania und Rom 1885—1888. — Rossi, G., Sulla organizzazione dei Miriapodi. Ricerche Lab. Anat. Roma, Bd. 9, 1902. — Hennings, Neuere Myriapodenarbeiten. Zo. Zen., Bd. 13. — Verhoeff, Myriapoden (Bronn, Klassen usw.). — Ders., Die Diplopoden Deutschlands. Leipzig 1911—1915.
- Insekten.** Malpighi, Marcello, Dissertatio de bombyce. Londini 1669. — Swammerdam, Bibel der Natur, 1737—1738. Deutsche Ausgabe. Leipzig 1758. — Réaumur, Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes, 12 Vols. Paris 1734—1742. — Rösel von Rosenhof, A., Insektenbelustigungen. Nürnberg 1746—1761. — De Geer, Ch., Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes, 1752—1776. 8 Vols. — Lyonet, P., Traité anatomique de la chenille, 2. Ausg. Haag 1762. — Dufour, L., Zahlreiche Untersuchungen über Bau und Entwicklung der verschiedensten Insekten. Ann. Sc. Natur., 1824—1858. — Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas, Bd. 1: Allgemeiner Teil. Berlin 1914; Bd. II: Urinsekten, Geradflügler, Netzflügler, Käfer, 1923. — Schröder, Chr. (gemeinsam mit anderen Gelehrten), Handbuch der Entomologie. Bisher erschienen 14 Lief. Jena 1912—1924. — Sharp, D., Insects (Cambridge N. H. V. VI). — De Meijere, J. C. H., Hexapoden (Bronn, Klassen usw.). — Henneguy, Felix, Les Insectes. Morphologie, Reproduction, Embryogénie. Paris 1904. — Berlese, A., Gli Insetti, loro organizzazione, sviluppo, abitudini e rapporto coll'uomo. I. Milano 1909, II. 1914. — Handlirsch, A., Die fossilen Insekten und die Phylogenie der rezenten Formen. Leipzig 1906—1908. — Comstock, J. H., and Needham, The wings of Insects. Amer. Natur., Jahrg. 1898, 1899. — Adolph, G. H., Über Insektenflügel. Nova Acta Leopoldina, Bd. 41, 46, 47. — Demoll, R., Die Sinnesorgane der Arthropoden, ihr Bau und ihre Funktion. Braunschweig 1917. — Schwabe, J., Beiträge zur Morphologie und Histologie der tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren. Zoologica, H. 50. — Forel, A., Das Sinnesleben der Insekten. Übersetzung von M. Semon. München 1910. — v. Frisch, K., Über den Sitz des Geruchssinns bei Insekten. Jena 1921. Siehe ferner unter Hymenopteren. — Prochnow, O., Die Lautapparate der Insekten. Guben 1907. — Palmén, J. A., Zur Morphologie des Tracheensystems. Helsingfors und Leipzig 1877. — Ders., Über paarige Ausführgänge der Geschlechtsorgane bei Insekten. Helsingfors 1884. — Bruntz, L., Contribution à l'étude de l'excrétion chez les Arthropodes. Ar. Bio., Bd. 18 u. 20. — De Lacaze-Duthiers, H., Recherches sur l'armure génitale femelle des Insectes. Ann. Sc. Nat., Bd. 12—19. — Meisenheimer, J., Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung. I. Jena 1909. — Kahle, W., Die Paedogenese der Cecidomyiden. Zoologica, Bd. 21. — Siebold, Th. v., Beiträge zur Parthenogenese der Arthropoden. Leipzig 1871. — Marchal, P., Recherches sur la biologie et le développement des Hyménoptères parasites. Ar. Zo., Ex. e Gén., S. IV, Bd. 2, 1904. — Pérez, Ch., Contribution à l'étude des métamorphoses. Bull. sc. France et Belgique, Bd. 37, 1905. Recherches histologiques sur la métamorphose des Muscides. Ar. Zo. Ex. e Gén., S. V, Bd. 4, 1910. — Ders., Observations sur l'histolyse etc. des Vespides. Mém. Acad. Bruxelles 1912. — Heymons, R., Die verschiedenen Formen der Insektenmetamorphose usw. Spengel, Erg. Zool., Bd. 1. — Reuter, O. M., Lebensgewohnheiten und Instinkte der Insekten bis zum Erwachen der sozialen Instinkte. Vom Verfasser revidierte Übersetzung nach dem

- schwedischen Manuskript besorgt von A. u. M. Buch. Berlin 1913. — Fabre, J. H., Bilder aus der Insektenwelt. Autoris. Übersetzung aus Souvenirs entomologiques. Mœurs des Insectes. La vie des insectes. Stuttgart 1912—1913. — Kirchner, O., Blumen und Insekten. Leipzig 1911. — Karny, H., Tabellen zur Bestimmung einheimischer Insekten. Wien 1913—1916.
- Apterygoten.** Lubbock, J., Monograph of the Collembola and Thysanura. London 1873. — Oudemans, J. T., Beiträge zur Kenntnis der Thysanuren und Collembolen. Amsterdam 1888. — Grassi, B., Les ancêtres des Myriapodes et des Insectes. Anatomie comparée des Thysanoures. Archives Ital. Biol., Bd. 11, 1889 (vgl. auch Myriapoden). — Berlese, A., Monografia dei Myrientomata. Redia, Bd. 6, 1910.
- Archipteren.** Hagen, H., Monographie der Termiten. Linnaea Entomol., Bd. 10, 12, 14. — Grassi, B. u. Sandias, A., Costituzione e sviluppo della società dei Termitidi. Atti Acad. Gioenia. Catania 1893—1894. — Holmgren, N., Termitenstudien: 1. Anatomische Untersuchungen, 2. u. 3. Systematik der Termiten, 4. Monographie der Termiten der orientalischen Region. Kgl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, Bd. 44, 46, 48 u. 50. — Escherich, K., Die Termiten oder weißen Ameisen. Leipzig 1909. — (Zusammenfassende Darstellung.) — Ders., Termitenleben auf Ceylon. Jena 1911. — Gerstäcker, A., Morphologie der Orthoptera amphibiotica. Festschr. d. Gesellsch. naturf. Freunde. Berlin 1877. — Tümpel, R., Die Geradflügler Mitteleuropas, mit 23 Tafeln. Neue Aufl. Gotha 1907. — Heymons, R., Grundzüge der Entwicklung und des Körperbaues von Odonaten und Ephemeren. Abhandl. Akad. Berlin 1896. — Pictet, F. J., Histoire naturelle des Insectes névroptères. Famille des Perlides. Genève 1841.
- Orthopteren.** Brunner v. Wattenwyl, C., Prodromus der europäischen Orthopteren. Leipzig 1882. — Zacher, F., Die Geradflügler Deutschlands und ihre Verbreitung (Dermaptera, Oothecaria, Saltatoria). Jena 1918. — De Sinéty, R., Recherches sur la biologie et l'anatomie des Phasmes. Liège 1901. — Cuénot, L., Études physiologiques sur les Orthoptères. Ar. Bio., Bd. 14.
- Neuropteren.** Pictet, F., Recherches pour servir à l'histoire et l'anatomie des Phryganides. Genève 1834. — Brauer, Fr., Die Neuropteren Europas und insbesondere Oesterreichs. Wien 1876. — Ulmer, G., Über die Metamorphose der Trichopteren. Abh. d. Naturv. Vereins Hamburg 1903.
- Coleopteren.** Strauß-Dürkheim, Considérations générales sur l'anatomie comparée des animaux articulés et l'anatomie descriptive du Melolontha vulgaris, mit Atlas. Paris 1828. — Redtenbacher, L., Fauna Austriaca. Die Käfer, 3. Aufl. Wien 1873. — Schiödte, J. G., De Metamorphosi Eleutheratorum. Naturhist. Tidskr., 1862 bis 1883. — Ganglbauer, L., Käfer von Mitteleuropa. Bd. 1—3, 4, 1. Wien 1892 bis 1904. — Calwer, C. G., Naturgeschichte der Käfer Europas, VI. Aufl., herausgeg. von C. Schauffuß, Stuttgart 1910—1912. — Kuhn, P., Illustrierte Bestimmungstabellen der Käfer Deutschlands. Stuttgart 1913. — Korschelt, E., Bearbeitung einheimischer Tiere. I. Der Gelbrand „Dytiscus marginalis“. Leipzig 1924.
- Hymenopteren.** Schmiedeknecht, O., Die Hymenopteren Mitteleuropas. Jena 1907. — André, Ed., Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie 1879—1911, Bd. 1 bis 12. — Schröder, Chr., Die Insekten Mitteleuropas, Bd. 1—3. Hymenopteren. Stuttgart. — Adler, H., Über den Generationswechsel der Eichengallwespen. Z. w. Z., Bd. 35, 1881. — De Saussure, H., Études sur la famille des Vespides, 3 Bde. Paris 1852—1857. — Huber, P., Recherches sur les mœurs des fourmis indigènes. Genève 1810. — Forel, A., Les Fourmis de la Suisse. Zürich 1874. — Ders., Le monde social des Fourmis, 5 Bde. Genf, und zahlreiche andere Arbeiten. — Escherich, K., Die Ameise, 2. Aufl. Braunschweig 1917 (zusammenfassende Darstellung). — Wheeler, W. M., Ants, their structure, development and behavior. New York Columbia University press 1910. — Janet, Ch., Observations sur les guêpes. Paris 1903, sur les fourmis 1904 und zahlreiche andere Schriften. — Wasmann, E., Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen. Zoologica, Bd. 11, 2. Aufl., 1909, nebst zahlreichen anderen Arbeiten. — Ders., Das Gesellschaftsleben der Ameisen. Das Zusammenleben der Ameisen von verschiedenen Arten und von Ameisen und Termiten, 2. Aufl. Münster 1915. — Ferner die Schriften von Emery, Mac Cook und Wheeler. — Dzierzon, Joh., Theorie und Praxis des neuen Bienenfreundes. Brieg 1848. — Buttler-Reepen, H. v., Die stammesgeschichtliche Entstehung des Bienenstaates. Leipzig 1903. — Ders., Leben und Wesen der Biene. Braunschweig 1915. — Dathe, G., Lehrbuch der Bienenzucht. Herausgeg. von R. Dathe und H. Reepen, 5. Aufl. Bensheim 1892. — Zander, E., Handbuch der Bienenkunde, III. Bau, IV. Leben der Biene. Stuttgart 1911, 1913. — Friese, H., Beiträge zur Biologie der solitären Blumenwespen. Zo. Ja., Bd. 5. — Ders., Die Bienen Europas, 6 Bde. Berlin 1895—1901. — Ders. u. Wagner, Zool. Studien an Hummeln. Zo. Ja. Syst., Bd. 29. — Brun, Rudolf, Die Raumorientierung der Ameisen und das Orientierungsproblem im allgemeinen.

- Jena 1914. — Frisch, K. v., Der Farbensinn und Formensinn der Biene. Zo. Ja. Physiol., Bd. 35. — Ders., Über den Geruchssinn der Biene, Ebenda, Bd. 37. — Ders., Über die „Sprache“ der Biene. Ebenda, Bd. 40.
- Rhynchoten.** Heymons, R., Beiträge zur Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Rhynchoten. Nova Acta, Bd. 74, 1899. — Geise, O., Mundteile der Rhynchoten. Ar. f. Naturg., Bd. 44, 1883. — Landois, L., Untersuchungen über die auf dem Menschen schmarotzenden Pediculinen. Z. w. Z., Bd. 14—15, 1864—1865. — Hase, A., Beiträge zu einer Biologie der Kleiderlaus. Berlin 1915. — Melichar, L., Die Cicadinen von Mitteleuropa. Berlin 1896. — Mordwilko, Beiträge zur Biologie der Pflanzenläuse. B. Z., Bd. 27, 28. — Börner, Eine monographische Studie über die Chermiden. 1908. — Janicki, C. v., Ergebnisse der neuen Forschungen in Italien über die Biologie der Phylloxeriden und insbesondere der Reblaus. Zo. Zen., Bd. 15. — Grassi, J. B., Contributo alla conoscenza delle Filosserine. Roma 1912. — Marchal, O., Contribution à l'étude de la biologie de Chermes. Ann. Sc. Nat., S. 9, Bd. 18.
- Dipteren u. Aphanipteren.** Meigen, J. W., Systematische Beschreibung der bekannten zweiflügeligen Insekten, 7 Teile. Aachen 1818—1838. — Leuckart, R., Die Fortpflanzung und Entwicklung der Pupiparen. Abh. naturf. Gesellschaft Halle, Bd. 4, 1858. — Wagner, N., Über die viviparen Gallenmückenlarven. Z. w. Z., Bd. 15. — Weismann, A., Die Metamorphose der *Corethra plumicornis*. Ebenda, Bd. 16. — Becher, E., Zur Kenntnis der Mundteile der Dipteren. Denkschr. d. Akad. Wien, 1882. — Brauer, F., Die Zweiflügler des Museums in Wien. Ebenda, 1880—1883. — Taschenberg, O., Die Flöhe, Die Arten der Insektenordnung Suctoria monographisch dargestellt. Halle 1880. — Landois, A., Anatomie des Hundeflohs. Nova Acta usw., 1867. — Grünberg, K., Die blutsaugenden Dipteren. Jena 1907. — Weinland, E., Über die Schwinger (Halteren) der Dipteren. Z. w. Z., Bd. 51. — Pflugstädt, H., Die Halteren der Dipteren. Z. w. Z., Bd. 100.
- Lepidopteren.** Seitz, A., Die Großschmetterlinge der Erde. Im Erscheinen begriffen. Stuttgart. — Herrich-Schäffer, W., Systematische Beschreibung der Schmetterlinge von Europa, 5 Bde. Regensburg 1843—1855. — Spuler, R., Zur Phylogenie und Ontogenie des Flügelgeäders der Schmetterlinge. Z. w. Z., Bd. 53, 1892. — Haase, E., Untersuchungen über die Mimicry auf Grundlage eines natürlichen Systems der Papilioniden. Zoologica, Bd. 8, 1893—1894. — Dorfmeister, G., Über die Einwirkung verschiedener Wärmegrade auf die Färbung und Zeichnung der Schmetterlinge. Monatsschr. d. Naturw. Vereins Steiermark, Jahrg. 1864, 1880. — Hofmann, E., Die Großschmetterlinge Europas. Stuttgart 1894. — Neue Aufl. von Spuler 1908—1910. Die Raupen der Großschmetterlinge Europas. Stuttgart 1893. Neue Auflage von Spuler 1903—1910. — Standfuß, M., Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge, 2. Aufl. Jena 1896. Nebst zahlreichen experimentellen Untersuchungen über Aberrationen. — Berge, F., Schmetterlingsbuch, IX. Aufl., herausgeg. von H. Rebel, Stuttgart 1910. — Seitz, A., Die Seidenzucht in Deutschland. Stuttgart 1918. — Ferner sind hier zu nennen die Arbeiten von E. Fischer, Gräfin v. d. Linden, Pietet, Weismann.
- Arachnoideen.** Walkenaer, C. A. et Gervais, P., Histoire naturelle des Insectes aptères, 3 Bde. Paris 1837—1844. — Newport, On the structure, relations and development of the nervous and circulatory systems in Myriapoda and macrurous Arachnida. Philos. Transact., 1843. — MacLeod, J., Recherches sur la structure et la signification de l'appareil respiratoire des Arachnides. Ar. Bi., Bd. 5, 1884. — Buxton, B. H., Coxal glands of the Arachnids. Zo. Ja., Suppl. 14, 1913. — Kassianow, N., Die Frage über den Ursprung der Arachnoideenlungen aus den Merostomenkiemen. B. Z., Bd. 34. — Versluys, J. u. Demoll, R., Die Verwandtschaft der Merostomata mit den Arachnida. Proc. Akad. Wet. Amsterdam, Bd. 33, No. 5, 1921. — Gaubert, Paul, Recherches sur les organes de sens et sur les systèmes tégumentaire, glandulaire et musculaire des appendices des Arachnides. Ann. Sc. Nat., S. VII, Bd. 13. — Kobert, Beiträge zur Kenntnis der Giftspinnen. Stuttgart 1901. — Scheuring, L., Die Augen der Arachnoideen. Zo. Ja., Bd. 33, 34. — Warburton, C., Scorpions, Spiders, Mites, Ticks (Cambridge N. H., Bd. 4).
- Arthrogastres.** Dufour, L., Anatomie, physiologie et histoire naturelle des Galéodes. Mém. présent. Acad. Paris, Bd. 17. — Ders., Histoire anatomique et physiologique des Scorpions. Ebenda, Bd. 14. — Heymons, R., Biologische Beobachtungen an asiatischen Solifugen. Abh. d. Akad. Berlin 1902. — Börner, C., Ein Beitrag zur Kenntnis der Pedipalpen. Zoologica, Bd. 17. Stuttgart 1904. — Brauer, A., Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte des Scorpions. Z. w. Z., Bd. 57 u. 59. — Schimkewitsch, W., Über die Entwicklung von *Telyphonus caudatus*, verglichen mit derjenigen anderer Arachniden. Ebenda, Bd. 81. — Roewer, C. F., Die Weber-

- knechte der Erde. Systematische Bearbeitung der bisher bekannten Opiliones. Mit 1212 Abbild., 1116 Seiten. Jena 1923.
- Araneen.** Simon, E., *Arachnides de la France*, 7 Bde. Paris 1874—1884. — Ders., *Histoire naturelle des Araignées*, 2. éd. Paris 1892—1903. — Bösenberg, W., *Die Spinnen Deutschlands*. Zoologica, Bd. 35. — Bertkau, Ph., *Über das Cribellum und Calamistrum*. Arch. f. Naturg. 1882. — Ders., *Über den Verdauungsapparat der Spinnen*. Ar. mik. An., Bd. 24. — Ders., *Beiträge zur Kenntnis der Sinnesorgane der Spinnen*. Ebenda, Bd. 27. — Purcell, W. F., *Development and Origin of the respiratory organs in Araneae, and Phylogeny of the tracheae in Araneae*. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 54. — Widmann, E., *Über den feineren Bau der Augen einiger Spinnen*. Z. w. Z., Bd. 90.
- Acarinen. Linguatuliden, Tardigraden.** Neumann, G., *Révision de la famille des Ixodidés*. Mém. Soc. zool. de France, Bd. 10, 12, 14, 1897—1901. — Piersig, R., *Deutschlands Hydrachniden*. Zoologica, H. 22. — Thor, Sig., *Recherches sur l'anatomie comparée des Acariens prostigmatiques*. Ann. Sc. Nat., S. VIII, Bd. 19. — Nordenskiöld, E., *Zur Anatomie und Histologie von Ixodes redivivus*, 1—3, Zo. Ja., Bd. 25, 27, 32. — Reuter, Enzio, *Zur Morphologie und Ontogenie der Acariden*. Act. Soc. Sc. Fennicae, Bd. 36, No. 4, 1909. — Leuckart, R., *Bau und Entwicklungsgeschichte der Pentastomen*. Leipzig und Heidelberg 1860. — Spencer, *The anatomy of Pentastomum teretiusculum*. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 34. — Plate, H. L., *Beiträge zur Naturgeschichte der Tardigraden*. Zool. Jahrb., Bd. 34, 1888. — Shipley, A., *Tardigrada und Pentastomida* (Cambridge N. H., Bd. 4).
- Xiphosuren.** Packard, A. S., *The anatomy, histology and embryology of Limulus polyphemus*. Mem. Boston. Soc. Nat. Hist. Boston 1880. — Lankester, E., *Ray, Limulus an Arachnid?* Qu. J. Mic. Sc., Bd. 21, 1881. — Kingsley, J. J., *The embryology of Limulus*. Journ. Morph., Bd. 7, 8, 1892—1893.
- Wirbeltiere.** Owen, R., *On the anatomy of Vertebrates*, 3 Bde. London 1866—1868. — Stannius, H., *Handbuch der Anatomie der Wirbeltiere*, 2. Aufl. Berlin 1854. (Fische, Amphibien, Reptilien.) — de Terra, P., *Vergleichende Anatomie des menschlichen Gebisses und der Zähne der Vertebraten*. Jena 1911. — Boas, J., *Ein Beitrag zur Morphologie der Nägel, Krallen, Hufe und Klauen der Säugetiere*. Mor. Ja., Bd. 11. — Maurer, F., *Die Epidermis und ihre Abkömmlinge*. Leipzig 1895. — Gegenbaur C., *Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelsäule der Amphibien und Reptilien*. Leipzig 1862. — Goette, A., *Beiträge zur vergleichenden Morphologie des Skelettsystems der Wirbeltiere*. Ar. mik. An., Bd. 15. — Schauinsland, H., *Die Entwicklung der Wirbelsäule nebst Rippen und Brustbein in Hertwig*, Handb. vergl. Entwicklungsgesch., Bd. 3. — Oken, *Über die Bedeutung der Schädelknochen*. Jena 1807. — Goethe, *Zur Morphologie. II. Das Schädelgerüst auf sechs Wirbeln aufgebaut*. 1824. — Gegenbaur, C., *Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere, III. Heft. Das Kopfskelett der Selachier*. Leipzig 1872. — Ders., *Die Metamerie des Kopfes und die Wirbeltheorie des Kopfskeletts*. Mor. Ja., Bd. 13, 1888. — Dohrn, A., *Studien zur Urgeschichte des Wirbeltierkörpers*. Mitt. aus der zool. St. zu Neapel, Bd. 3, 4, 6, 15, 17. — Gaupp, E., *Die Metamerie des Schädels*. Ergebnisse der Anat. u. Entw.-Gesch., Bd. 7, 1897. — Ders., *Alte Probleme und neuere Arbeiten über den Wirbeltierschädel*. Anat. Arb., Abt. II, Bd. 10. — Ders., *Die Entwicklung des Kopfskeletts*. Hertwig, Handbuch vergl. Entwicklungsgesch., Bd. 3, Abt. 2. — Ders., *Beiträge zur Morphologie des Schädels*. Schwalbe, Morph. Arb., Bd. 2 u. 3. — Ders., *Das Hyobranchialskelett der Wirbeltiere*. Merkel-Bonnet, Erg. Anat. u. Entw., Bd. 14. — Ders., *Die Reichertsche Theorie (Hammer, Amboß u. Kieferfrage)*. Ar. An. u. Ph., Jahrg. 1912, S. B. — Parker, W. K. u. Bettany, *Die Morphologie des Schädels*. Stuttgart 1879. (Genauerer darüber in Parkers Einzelmonographien, erschienen in den Philos. Transactions, 1869—1885.) — Fuchs, H., *Über Knorpelbildung in Deckknochen, nebst Untersuchungen und Betrachtungen über Gehörknöchelchen, Kiefer und Kiefergelenk der Wirbeltiere*. Arch. Anat. Phys., Anat. Abt. 1909, Suppl. — Versluys, J., *Das Streptostylie-Problem und die Bewegungen im Schädel der Saurapsiden*. Zo. Ja., Suppl. XV, Bd. 2. — Ders., *Über die Phylogenie der Schläfengruben und Jochbogen bei den Reptilien*. Sitzber. Heidelberger Akad. Festschrift für M. Fürbringer. — Gegenbaur, C., *Über die Kopfnerven von Hexanchus usw.* Jen. Z., Bd. 6, 1871. — Kupffer, C., *Studien zur vergleichenden Entwicklungsgeschichte des Kopfes der Cranioten*. 1. Heft: *Entwicklung des Kopfes von Acipenser Sturio*, 1893. 2. Heft: *Die Entwicklung des Kopfes von Ammocoetes Planeri*, 1894. 3. Heft: *Die Entwicklung der Kopfnerven von Ammocoetes Planeri*, 1895. 4. Heft: *Zur Kopfentwicklung von Bdellostoma*. München u. Leipzig 1900. — Froriep, Au., *Über ein Ganglion des Hypoglossus und Wirbelanlagen in der Occipitalregion*. Ar. An. u. Phys., 1882. — Fürbringer, M., *Über die spino-occipitalen Nerven der Selachier und Holocephalen und ihre vergleichende Morphologie*.

- Festschr. f. C. Gegenbaur, 1896. — Gegenbaur, C., Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Schultergürtel der Wirbeltiere, Carpus, Tarsus und Brustflosse der Fische. Leipzig 1864—1865. — Ders., Über das Archipterygium. Jen. Z., Bd. 7, 1872. — Tacher, J., Median and paired fins, a contribution to the history of vertebrate limbs. Transact. of the Connecticut Acad., Bd. 3, 1878. — Mivart, St., Notes on the fins of Elasmobranchs etc. Transact. Zool. Soc. of London, 1879, Bd. 10, Part 10. — Mollier, S., Die paarigen Extremitäten der Wirbeltiere. Anat. Hefte, 1893, 1. Abt., Heft 8, 16 u. 24 (s. auch Dohrn und Balfour). — Braus, H., Tatsachen aus der Entwicklung des Extremitätenskeletts bei den niederen Formen. Festschr. f. Haeckel, Jena 1904. — Ders., Die Entwicklung der Form der Extremitäten und des Extremitätenskeletts. Hertwigs Handb. vergl. Entw.-Gesch., Bd. 3. — Severtzoff, A. N., Studien über die Entwicklung der Muskeln, Nerven und des Skeletts der niederen Tetrapoden. Bull. Soc. Imp. Natur. Moscou, Jahrg. 1907. — Rabl, C., Bausteine zu einer Theorie der Extremitäten der Wirbeltiere. I. Leipzig 1910. — Burckhardt, R., Der Bauplan des Wirbeltiergehirns. Morph. Arbeit., herausgeg. von Schwalbe, Bd. 4, 1894, Heft 2. — Ders., Das Zentralnervensystem der Selachier als Grundlage für eine Phylogenie des Vertebratengehirns. Nova Acta Leop. Ac., Bd. 73. — Kupffer, K., Die Morphogenie des Zentralnervensystems. O. Hertwigs Handb. vgl.-exper. Entw.-Gesch. d. Wirbeltiere, Bd. II, 3. — Edinger, L., Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere, 2. Aufl., Bd. 1, 1904; Bd. 2, 1908. — Leydig, F., Über Organe eines sechsten Sinnes. Nov. Act. Acad. Caes. Leop., Bd. 34, 1864. — Schulze, F. E., Über die Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen und Amphibien. Ar. mik. An., Bd. 6, 1870. — Merkel, Fr., Über die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbeltiere. Rostock 1880. — Allis, E. Phelps, The anatomy and development of the lateral line system in *Amia calva* Journ. Morph., Bd. 2, und eine Reihe weiterer Veröffentlichungen. — Nagel, A., Vgl. phys. u. anat. Unters. über den Geruchs- u. Geschmackssinn und ihre Organe usw. Zoologica, Heft 18. Stuttgart 1891. — Gaupp, E., Ontogenese u. Phylogenese des schallleitenden Apparates bei den Wirbeltieren. Ergebn. d. Anat. u. Entw.-Gesch., Bd. 8, 1898. — Retzius, G., Die Gehörgänge der Wirbeltiere. I. Das Gehörorgan der Fische und Amphibien. Stockholm 1881. — II. Das Gehörorgan der Reptilien, Vögel und Säugetiere. Stockholm 1884. — Rathke, H., Über die Entwicklung der Arterien, welche bei den Säugetieren von den Bogen der Aorta ausgehen. Ar. An. u. Phys., 1843. (Vgl. auch die übrigen Arbeiten Rathkes). — Boas, J., Über die Arterienbogen bei Wirbeltieren. Mor. Ja., Bd. 13, 1888. — Hochstätter, F., Die Entwicklung des Blutgefäßsystems in Hertwig, Handb. vergl. Entw.-Gesch., Bd. 3. — Goette, A., Über den Ursprung der Lungen. Zo. Ja., Bd. 21, 1905. — Moser, F., Beiträge zur vergl. Entw.-Gesch. der Wirbeltierlunge. Ar. mik. An., Bd. 60, 1902. — Heiß, R., Bau und Entwicklung der Wirbeltierlunge. Ergebn. Anat. u. Entw., Bd. 24. — Müller, J., Bildungsgeschichte der Genitalien usw. Düsseldorf 1830. — Semper, G., Das Urogenitalsystem der Plagiostomen und seine Bedeutung für die übrigen Wirbeltiere. Arb. a. d. zool. Inst. Würzburg, Bd. 2, 1875. — Balfour, F., On the origin and history of the urogenital organs of Vertebrates. Journ. of Anat. u. Physiol., Bd. 10, 1876. — Rückert, J., Entwicklung der Exkretionsorgane in Ergebnissen der Anat. u. Entw.-Gesch. Bd. 1, Wiesbaden 1891. — Felix, W., Entw.-Gesch. des Exkretionsystems. Von der Rückert'schen Arbeit an. 1888—1904, Ergebn. d. Anat. u. Entw.-Gesch., Bd. 13, 1903. — Ders., Die Entwicklung der Harn- und Geschlechtsorgane in Hertwig, Handb. vergl. Entw.-Gesch., Bd. 3. — Audigé, J., Contribution à l'étude des reins des Poissons téléostéens. Ar. Zo. Ex. e Gén., S. V, Bd. 4. — Brauer, A., Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung und Anatomie der Gymnophionen. Zo. Ja., Bd. 10, 12, 16, Suppl. 7. — Rabl, C., Über die Entwicklung des Urogenitalsystems der Selachier. Mo. Ja., Bd. 24. — Schreiner, K. E., Entwicklung der Amniotenniere. Z. w. Z., Bd. 71. — Zarnik, B., Vergleichende Studien über den Bau der Niere von *Echidna* und der Reptilienniere. Jen. Z., Bd. 46, 1910. — Gerhardt, U., Der gegenwärtige Stand der Kenntnisse von den Copulationsorganen der Wirbeltiere, insbesondere der Amnioten. Spengel, Erg. Zo., Bd. 1.
- Acrancier, Cyclostomen, Dipneusten.** Müller, Joh., Über den Bau und die Lebenserscheinungen des *Branchiostoma lubricum*. Abhandl. d. Berl. Akad. 1842. — Kowalewsky, A., Entwicklungsgeschichte des Amphioxus. Mém. Acad. St. Pétersbourg, Bd. 11, 1867. Forts. Ar. mik. An., Bd. 13, 1877. — Hatschek, O., Studien über die Entwicklung des Amphioxus. Arb. d. zool. Inst. Wien, Bd. 4, 1881, dazu einige weitere Arbeiten. — Spengel, J. W., Beitrag zur Kenntnis der Kiemen des Amphioxus. Zo. Ja., Bd. 4, 1890. — Legros, R., Contributions à l'étude de l'appareil vasculaire de l'Amphioxus. Mitt. Zool. St. Neapel, Bd. 15, 1902. — Goodrich, S., On the structure of the excretory organ of Amphioxus. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 45. —

- Boveri, Th., Die Nierenkanälchen des Amphioxus. Zo. Ja., Bd. 5, 1893. — Willey, A., Amphioxus and the ancestry of Vertebrates. New York 1894. — Franz, V., Systematische Revision der Acanthier. Jen. Z., Bd. 58. — Ders., Haut, Sinnesorgane u. Nervensystem der Acanthier. Jen. Z., Bd. 59. — Müller, J., Vergl. Anatomie der Myxinoideen. Berlin 1834—1845. — Cole, F. J., A monograph on the general Morphology of the Myxinoïd fishes. Transact. Roy. Soc. Edinb., Bd. 41 u. 45. — Parker, W. K., On the Skeleton of the Marsipobranch Fishes. Philos. Transact. 1883. — Dean, Bashford, Embryology of *Bdellostoma stouti*. Festschr. f. Kupffer, Jena 1899. — Ahlborn, F., Untersuchungen über das Gehirn der Petromyzonten. Z. w. Z., Bd. 39, 1883. — Bischoff, Th., *Lepidosiren paradoxa*. Leipzig 1840. — Hyrtl, J., *Lepidosiren paradoxa*. Abh. d. böhm. Gesellsch. d. Wiss., 1845. — Kerr Graham, J., The development of *Lepidosiren paradoxa*, Part I and II with a note upon the corresponding Stages in the development of Protopterus annectens. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 45, 46. — Budgett, J. S., On the breeding habits of some West African Fishes, with an account of the external features in development of Protopterus annectens, and a description of the Larva of *Polypterus laparadei*. Transact. Zool. Soc., Vol. 6, P. 2. London 1901. — Günther, A., *Ceratodus*. Phil. Transact. London 1871. — Über *Ceratodus* handeln ferner zahlreiche Abhandlungen in Semon, Zool. Forschungsreisen in Australien, Bd. 1.
- Fische.** Cuvier et Valenciennes. Hist. nat. des poissons. 22 Bde., 1828—1848. — v. Siebold, Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. Leipzig 1863. — Vogt, C. u. Hofer, Br., Die Süßwasserfische von Mitteleuropa, nebst einem Atlas kolorierter Tafeln. Leipzig 1909. — Günther, Handbuch der Ichthyologie, übersetzt von G. v. Hayek. Wien 1886. — Dean, Bashford, Fishes Living and Fossil. New York 1895. — Jordan and Evermann, The fishes of North and Middle America, 4 Bde. Washington 1896—1900. — Brauer, A., Die Tiefsee-Fische. Wiss. Ergebn. deutsch. Tiefsee-Exped., Bd. 15. — Goode, G. B. and Bean, T. H., Oceanic Ichthyology. Mem. Mus. comp. Zool. Harv. Coll., Bd. 22. — Zugmayer, E., Poissons provenant des campagnes du Yacht Princesse Alice. Monaco 1911. — Bridge, T. W., Fishes (Cambridge N. H. VIII). — Lönnberg, E., Favaro, G., Mozejko, B. (Bronn, Klassen usw.). — Daniel, J. F., The Elasmobranch Fishes. Berkeley 1922. — Müller, J., Über den Bau und die Grenzen der Ganoiden. Berlin 1846. — Hertwig, O., Über den Bau und die Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier. Jen. Z., Bd. 8. — Ders., Über das Hautskelett der Fische. Mor. Ja., Bd. 2, 1876; Bd. 5, 1879; Bd. 7, 1881. — Müller, Joh. u. Henle, J., Systematische Beschreibung der Plagiostomen. Berlin 1841. — Dean, Bashford, Chimaeroid fishes and their development. Carnegie Inst. 1906. — Hasse, C., Das natürliche System der Elasmobranchier auf Grundlage des Baues und der Entwicklung ihrer Wirbelsäule. Jena 1879. Besonderer Teil. I. und II. Lieferung. Jena 1882. Ergänzungsheft 1885. — Allis, E. Ph. jr., The cranial anatomy of the mailcheeked fishes. Zoologica, Heft 57. — Assheton, R., The development of *Gymnarchus niloticus*. Budgett memorial. Cambridge. — Rabl-Rückhardt, Das Großhirn der Knochenfische und seine Anhangsgebilde. Ar. An. u. Ph., 1883. — Stannius, H., Das periphere Nervensystem der Fische. Ber. Biolog. Versuchsstation München, Bd. I. — Brauer, A., Die Leuchtorgane der Fische. Verh. D. Z. G. 1904. — Balfour, F. M. and Parker, W. N., On the structure and development of *Lepidosteus*. Philosoph. Transact. 1882, P. II. — Schauinsland, Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Zoologica, Bd. 39. — Fritsch, G., Die elektrischen Fische usw. I. *Malapterurus electricus*. Leipzig 1887. II. Die Torpedineen. Leipzig 1890. — Ewart, J., The electric Organ of the Skate. Philos. Transact., Bd. 179, 1888. — Ballowitz, E., Das elektrische Organ des afrikanischen Zitterwelses. Jena 1899. — Moroff, Th., Über die Entwicklung der Kiemen bei Knochenfischen. Ar. mik. An., Bd. 55. — Mayer, P., Über den Spiraldarm der Selachier. Mitt. d. zool. Stat. zu Neapel, Bd. 22, 1897. — Rückert, J., Über die Entstehung der Exkretionsorgane bei Selachiern. Ar. mik. An. u. Phys., 1888. — Borcea, J., Recherches sur le système urogénital des Elasmobranches. Ar. Zo. Ex. e Gén., S. IV, Bd. 4. — Audigé, J., Contributions a l'étude des reins des Poissons téléostéens. Ar. Zo. Ex. e Gén., S. V, Bd. 4. — Brock, J., Beiträge zur Anatomie und Histologie der Geschlechtsorgane der Knochenfische. Mor. Ja., Bd. 4, 1878. — Kobert, K., Über Giftfische und Fischgifte. Stuttgart 1905. — Baglioni, S., Der Atmungsmechanismus der Fische. Z. f. allgem. Phys., Bd. 7. — Ders., Zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. Ebenda, Bd. 8. — Beaufort, L. F. de, Die Schwimmblase der Malacopterygii. Mor. Ja., Bd. 39. — Grassi, B., Reproduction of common eel (*Anguilla vulgaris*). Qu. J. Mic. Sc., Bd. 39. — Ders., Metamorphose der Muraenoiden. Systematische und ökologische Untersuchungen. Jena 1913.

- Amphibien.** Rüssel von Rosenhof, *Historia naturalis Ranarum nostrantium*, 1758. — Hoffmann, C. K., *Amphibien* (Bronn, Klassen usw. 1873—1878). — Gadow, *Amphibien* (Cambridge N. H. VII). — Schreiber, *Herpetologia Europaea*, 2. Aufl. Jena 1912. — Leydig, F., *Die anuren Batrachier der deutschen Fauna*. Bonn 1877. — Ders., *Die Molche der württembergischen Fauna*. Arch. f. Naturg., Bd. 23. — Rusconi, M., *Amours des Salamandres aquatiques*. Milan 1821. — Ders., *Histoire natur., développement et métamorphose de la Salamandre terrestre* Paris 1854. — Ders. u. Configliachi, *Del Proteo anguineo di Laurenti*. Monografia. Pavia 1818. — Boulenger, G. A., *The tailless Batrachians of Europe*. London 1897—1898. — Gaupp, E., *Ecker u. Wiedersheim, Anatomie des Frosches*. Braunschweig 1896—1904. — Hempelmann, Fr., *Der Frosch*. Leipzig 1910. — Hertwig, O., *Über das Zahnsystem der Amphibien*. Bonn 1874. — Göppert, E., *Die Morphologie der Amphibienripen*. Festschr. f. Gegenbaur, Leipzig 1896. — Stöhr, Ph., *Zur Entwicklungsgeschichte des Urodelenschädels*. Z. w. Z., Bd. 33. — Lühe, M., *Über lunglose Urodelen*. Zool. Centrbl., Bd. 7, 1900. — Schulze, F. E., *Über die inneren Kiemen der Batrachierlarven*. Akad. d. Wiss. Berlin 1888. — Maurer, F., *Die Kiemen und ihre Gefäße bei anuren und urodelen Amphibien usw.* Mor. Ja., Bd. 14. — Boas, J., *Über den Conus arteriosus und die Arterienbogen der Amphibien*. Ebenda, Bd. 7. — Chauvin, v., *Über das Anpassungsvermögen der Larven von Salamandra atra*. Z. w. Z., Bd. 37. — Dies., *Über die Verwandlungsfähigkeit des mexikanischen Axolotls*. Z. w. Z., Bd. 41. — Kammerer, P., *Experimentelle Untersuchungen*. Ar. Entw.-M., Bd. 22, 25, 28, 29, 33, 36. — Goette, *Entwicklungsgeschichte der Unke*. Leipzig 1875. — Sarasin, P. u. F., *Zur Entwicklungsgeschichte und Anatomie der ceylonischen Blindwühle Ichthyophis glutinosa*. Wiesbaden 1887—1890. — Wiedersheim, R., *Die Anatomie der Gymnophionen*. Jena 1879. — Brauer, A., *Erster Beitrag zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Blindwühlen*. Zo. Ja., Bd. 10, 12, 16.
- Reptilien.** Bojanus, *Anatome testudinis europaea*. Vilnae 1819—1821. — Duméril et Bibron, *Erpétologie générale*. Paris 1834—1854. — Günther, A., *Contrib. to the Anatomy of Hatteria (Rhynchocephalus)*. Philos. Trans., 1867. — Hoffmann, C., *Reptilien* (Bronn, Klassen usw. 1890). — Gadow, *Reptilien* (Cambridge N. H.). — Leydig, F., *Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier*. Tübingen 1872. — Ders., *Über die einheimischen Schlangen*. Zool. u. anat. Bemerkungen. Abh. Senck. G., Bd. 13. — Steinheil, F., *Die europäischen Schlangen, Kupferdrucktafeln u. Photographien*. Jena 1913. — Siebenrock, F., *Synopsis der rezenten Schildkröten*. Zo. Ja., Suppl. X. — Rathke, H., *Entwicklungsgeschichte*. 1. Der Natter. 2. Der Schildkröte. 3. Der Krokodile. Königsberg 1837. Braunschweig 1848 u. 1866. — Schreiber, *Herpetologia Europaea*, II. Aufl. Jena 1912. — Fuchs, H., *Über den Bau u. die Entwicklung des Schädels der Chelone imbricata*. T. I. Stuttgart 1915. — Goette, A., *Über den Wirbelbau bei den Reptilien und einigen anderen Wirbeltieren*. Z. w. Z., Bd. 62. — Kahn, R., *Zur Lehre von der Atmung der Reptilien*. Ar. An. u. Phys., 1902. — Milani, A., *Beiträge zur Kenntnis der Reptilienlunge*. Zo. Ja., Bd. 7 u. 10. — Voeltzkow, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Reptilien*. Abh. Senck. G., Bd. 26. — Schauinsland, H., *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Wirbeltiere (behandelt außer Chamäleon und Hatteria auch Holocephalen)*. Zoologica. Stuttgart 1903. — Dendy, A., *On the structure, development and morphological interpretation of the pineal organs and adjacent parts of the brain in the Tuatara (Sphenodon punctatus)*. Philos. Transact. S. B., Bd. 201.
- Vögel.** Evans, A. H., *Birds*, 1899 (Cambridge N. H. IX.) — Gadow, *Vögel* (Bronn, Klassen usw.) 1891. — Naumann, *Naturgeschichte der Vögel Deutschlands*. Neue Aufl. 1897—1905. — Hartert, F., *Die Vögel der palaarktischen Fauna (im Erscheinen)*. Berlin 1903—1912. — Nitsche, *System der Pterylographie*, herausgeg. von Burmeister. Halle 1840. — Fürbringer, M., *Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, zugleich ein Beitrag zur Anatomie der Stütz- und Bewegungsorgane*. Amsterdam 1888. — Pycraft, W. P., *A history of birds*. Animal life and evolutionary natural history, 2 Bde. London 1910. — Parker, T. Jeffrey, *Observations on the Anatomy and Development of Apteryx*. Philos. Transact., Bd. 182. — Davis, H., *Zur Entwicklung der Feder und ihre Beziehungen zu anderen Integumentgebilden*. Mo. Ja., Bd. 15, 1889. — Keibel, F., *Zur Ontogenie und Phylogenie von Haar und Feder*. Anat. Hefte, 2. Abt., 1895. — Schaub, S., *Das Gefieder von Rhynchochaetes jubatus*. Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. G., Bd. 49. — Campana, *Recherches de l'Anatomie, de Physiologie et d'Organogénie pour la Détermination des Lois de la Genèse et de l'Évolution des Espèces animales*. 1. Mémoire. *Physiol. de la respiration chez les oiseaux etc.* Paris 1875. — Fischer, G., *Vergleich. anat. Untersuchungen über den Bronchialbaum der Vögel*. Zoologica, Bd. 19. — Häcker,

- V., Der Gesang der Vögel, seine anat. und biol. Grundlagen. Jena 1900. — Reichenow, A., Die Vögel, Handbuch der systematischen Ornithologie. Stuttgart I 1913, II 1914. — Ders., Die Kennzeichen der Vögel Deutschlands. Neudamm 1902.
- Säugetiere.** Giebel, Leche u. Göppert. Säugetiere (Bronn, Klassen usw.). — Beddard, F. E., Mammalia (Cambridge N. H. X.) — Geoffroy, St. Hilaire, E. et Cuvier, Fred., Histoire naturelle des Mammifères. Paris 1819—35. — Flower and Lydekker, An Introduction to the study of Mammals living and extinct. London 1891. — Weber, M., Die Säugetiere. Einführung in die Anatomie und Systematik der rezenten und fossilen Mammalia. Jena 1904. — Hennings, R., Die Säugetiere Deutschlands. Leipzig 1909. — Schöff, E., Die wildlebenden Säugetiere Deutschlands. Neudamm 1911. — Trouessart, E. L., Faune des mammifères d'Europe. Berlin 1910. — Ders., Catalogus Mammalium. Berolini 1898. — Keller, C., Die Abstammung der ältesten Haustiere. Zürich 1902. — Ders., Studien über die Haustiere der Mittelmeerinseln. Zürich 1911. — Ellenberger u. Baum, Handbuch der vergl. Anatomie der Haustiere, 14. Aufl. Berlin 1915. — Fürbringer, M., Zur Frage der Abstammung der Säugetiere. Festschr. f. Ernst Haeckel, Jena 1904. — Krause, W., Anatomie des Kaninchens, 2. Aufl. Leipzig 1884. — Gerhardt, U., Das Kaninchen. Leipzig 1911. — Boas, J., Ein Beitrag zur Morphologie der Nägel, Krallen, Hufe und Klauen der Säugetiere. Mor. Ja., Bd. 9. — Ders., Ohrknorpel und äußeres Ohr der Säugetiere. Kopenhagen 1912. — De Meijere, J., Über die Haare der Säugetiere. Mor. Ja., Bd. 21. — Schwalbe, G., Über den Farbenwechsel winterweißer Tiere. Morphol. Arbeiten, Bd. 2. — Friedenthal, H., Tierhaaratlas. Jena 1911. — Toldt, K., Über eine beachtenswerte Haarsorte und über das Haarformsystem der Säugetiere. Ann. Naturh. Hofmuseums, Bd. 24. Wien 1910. — Gegenbaur, C., Zur Kenntnis der Mammalorgane der Monotremen. Leipzig 1886. — Bresslau, E., Die Entwicklung des Mammarapparats der Monotremen, Marsupialier und einiger Placentaler. Semon, Zool. Forschungsreisen, Bd. 4. — Ders., Der Mammarapparat. (Entwicklung und Stammesgeschichte.) Ergebn. Anat. u. Entw., Bd. 19, 1909. — Flower u. Gadow, An introduction to the osteology of the Mammalia. London 1885. — Matthes, E., Neuere Arbeiten über das Primordialeranium der Säugetiere. Ergebn. Anat. u. Entwickl., Bd. 23, 24. — Leche, Studien über die Entwicklung des Zahnsystems bei den Säugetieren. Mor. Ja., Bd. 19, 1892; ferner Zoologica, 1895 u. 1907; Zo. Ja., Bd. 28, 38. — Schlosser, M., Die Differenzierung des Säugetiergebisses. B. Z., Bd. 10, 1890. — Johnson, G. L., Contributions to the comparative anatomy of the mammalian eye. Phil. Transact. B., Bd. 194. — Semon, R., Zoologische Forschungsreisen in Australien (auch erschienen in den Denkschriften d. med.-naturw. Ges. Jena). Bd. III u. IV: Monotremen und Marsupialier, monographische Bearbeitungen der Organe und der Entwicklung der Monotremen und Marsupialier durch zahlreiche Autoren. — Lydekker, R., Handbook to the Marsupialia and Monotremata. London 1894. — Hill, J. P., The placentation of Perameles. Qu. J. Mic. Sc., Bd. 40. — Ders., On the foetal membranes, placentation and parturition of the native cat. (Dasyurus viverrinus.) Anat. Anz., Bd. 18. — van den Broek, A. J. P., Untersuchungen über die weiblichen Geschlechtsorgane der Beuteltiere. Petrus Camper Deel 3. 1905. — Dobson, G. E., A monograph of the Insectivora. London 1883—1900. — Allen, H., A monograph of the Bats of North America. Bull. U. S. Nat. Mus., 1893. — Ders., History of North American Pinnipeds. U. S. Geol. Survey, 1880. — Lydekker, R., Handbook to the Carnivora. London 1895. — Tullberg, T., System der Nagetiere. Upsala 1899. — Schlosser, M., Beiträge zur Kenntnis der Stammesgeschichte der Huftiere. Mor. Ja., Bd. 12. — Scott, W. B., A history of Land Mammals on the western Hemisphere. London 1913. — Sclater and Thomas, The book of Antelopes. London 1894—1900. — Rüttimeyer, L., Versuch einer natürlichen Geschichte des Rindes. Abh. der Schweiz. paläont. Gesellsch., Bd. 22, 1877 ff. — Salensky, W., Osteol. und odontograph. Untersuchungen an Mammut und Elefanten. Russ. m. 25 Taf. (Ausgrab. d. Mammut-Kadavers 1903). Auszug deutsch. B. Z., Bd. 23. — Kükenthal, Vergl. anatom. Untersuchungen an Sirenen in Semons Forschungsreisen. Jena 1897. — Ders., Vergl. anatom. und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Waltieren. Jena 1889 u. 1893. Weitere Untersuchungen. Jen. Z., Bd. 45 u. 51. — Weber, M., Studien über Säugetiere. Ein Beitrag zur Frage nach dem Ursprung der Cetaceen. Jena 1886. H. Teil. Jena 1898. — Hentschel, E., Die Meeressäuger. — Selenka, E., Menschenaffen. Studien über Entwicklung und Schädelbau, fortgesetzt von Keibel, Strahl u. Walkhoff, Wiesbaden 1898—1903. — Dubois, E., Pithecanthropus erectus. Eine menschenähnliche Übergangsform aus Java. Batavia 1894. — Schwalbe, G., Studien über Pithecanthropus erectus. Zeitschr. f. Anthr. u. Morph., 1899. Der Neandertalschädel. Bonn 1901. — Ders., Die Vorgeschichte des Menschen. Braunschweig 1904. — Klaatsch, H., Die Fortschritte der Lehre von den fossilen

Knochenresten des Menschen in den Jahren 1900—1903. Merkel u. Bonnet, *Ergebn. der Anat. u. Entw.-Gesch.*, Bd. 12. — Ders., *Die Fortschritte von der Lehre der Neandertalrasse (1903—1908)*. Ebenda, Bd. 17. — Ders., *Der Werdegang der Menschheit und die Entstehung der Kultur*. Berlin 1920. — Gorjanovic-Kramberger, *Der diluviale Mensch von Krapina in Kroatien*. Wiesbaden 1907. — Birkner, F., *Die ältesten menschlichen Knochenreste*. Beitr. zur Anthropol. Bayerns, Bd. 17. — Wiedersheim, R., *Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit*. Freiburg i. B., 1893, englisch 1896, 4. Aufl., 1908. — v. Buttel-Reepen, *Aus dem Werdegang der Menschheit*. Jena 1911. — Leche, W., *Der Mensch, sein Ursprung und seine Entwicklung*, II. Aufl. Jena 1922. — Boule, M., *L'homme fossile de la Chapelle aux Saints*. Paris 1913. — Fischer, E., 1. *Anthropogenese*, 2. *Fossile Hominiden*. *Handw. d. Naturw.*, Bd. 1, Bd. 4. — Martin, R., *Lehrbuch der Anthropologie*. Jena 1914.

Register.

- Aale 555.
Aasgeier 597.
Abdomen 381, 463.
Abdominalia 407.
Abramis 555.
Abranchier 361.
Abraxas 462.
Acantharien 183.
Acanthia 458.
Acanthias 549.
Acanthobdella 297.
Acanthocephalen 282.
Acanthocystis 180.
Acanthoderus 28, 448.
Acanthoden 550.
Acanthometra 183.
Acanthophrakten 183.
Acanthopteren 555.
Acarinen 472.
Acephalen 343.
Acephalocysten 272.
Aceraten 390, 464, 475.
Acerentomon 445.
Acerentulus 445.
Achatina 366.
Acherontia 463.
Achromatin 57.
Achtheres 46, 398.
Acinetinen 206.
Acipenser 551.
Acoelen 253.
Acontien 234.
Acranier 527.
Acraspede Meduse 229.
Acrididen 449.
Actäon 361.
Actiniarien 239.
Actinophrys 180.
Actinosphaerium 180.
Aculeaten 455.
Aculeus 444, 453.
Adamsia 160, 239.
Adephag 451.
Adler 597.
Aeginiden 226.
Aeolidia 362.
Aepyornis 592.
Äquatorialplatte 61.
Aequorea 226.
Äsche 555.
Aeschna 446.
Aethalium 187.
Äthiopische Region 167.
Affen 631.
Afterskorpione 469.
Afterspinnen 470.
Agamiden 575.
Aglossen 566.
Aglyphen 578.
Aggregaten 197.
Alauda 596.
Albatros 594.
Albertus Magnus 7.
Alca 595.
Alcedo 596.
Alciopiden 292.
Alcippe 407.
Aleyonarien 238.
Alyconella 304.
Aleyonium 238.
Aldrovandi 8.
Alima 415.
Allantois 525, 567.
Allectoriden 595.
Alligator 580.
Allotherien 614.
Alluvium 169.
Alosa 554.
Alytes 566.
Amaul 555.
Amblypoden 629.
Amblystoma 565.
Ambulacralgefäßsystem
318.
Ameisen 456.
Ameisenbär 619.
Ameisenigel 613.
Ameisenlöwe 450.
Ameiva 575.
Ametabole Insekten 439.
Amia 552.
Ammocoetes 532.
Ammoniten 169, 376.
Amnion 525, 567.
Amnioten 567.
Amoeba 55, 179.
Amöbinen 179.
Amoebosporidien 198.
Amphacanthé 555.
Amphibien 557.
Amphibiotica 445.
Amphidet 344.
Amphidiskten 215.
Amphigonie 127.
Amphihelia 240.
Amphilina 269.
Amphineuren 342.
Amphioxus 527.
Amphipnous 553.
Amphipoden 411.
Amphiporus 272, 274.
Amphisbaena 575.
Amphistomum 261.
Amphithoë 417.
Ampullaria 364.
Anabas 553.
Anacanthinen 555.
Anaërob 92, 158.
Analog 11, 90.
Anamnien 527.
Anas 594.
Anaspides 409, 551.
Anaxon 122.
Anchitherium 629.
Andrias 565.
Androctonus 469.
Anelasma 406.
Anemonia 239.
Angarakontinent 164.
Angiostomen 577.
Angiostomum 278.
Anquilla 555.
Anquillula 278.
Anguis 575.
Animale Organe 109.
Anisomyarier 350.
Anisopoden 413.
Ankylostomum 279.
Anneliden 285.
Annulaten 575.
Anobium 451.
Anodonta 351.
Anomodontien 581.
Anomotraca 409.
Anomuren 420.
Anopheles 194, 460.
Anopla 273.
Anoplocephala 271.
Anoplotherien 629.
Anser 594.
Antarktische Region 167.
Antedon 335.
Antennen 383.

- Antennaten 390.
 Antennendrüse 389, 393.
 Antheomorpe 233.
 Anthomedusen 226.
 Anthomyia 460.
 Anthozoen 232, 249.
 Anthropinen 633.
 Anthropoiden 633.
 Antilocarpa 628.
 Antilope 628.
 Antimeren 124.
 Antipathes 239.
 Anuren 566.
 Aphanipteren 461.
 Aphis 459.
 Aphrodite 293.
 Apiarien 455.
 Aplacophoren 343.
 Aplysia 362.
 Aplysilla 216.
 Aplysina 216.
 Apodes (Fische) 555.
 Apodes (Holothuriern) 232.
 Apodes (Rhizocephalen) 407.
 Apogamie 174.
 Apolemia 228.
 Apollo 463.
 Appendicularien 308.
 Aptenodytes 595.
 Apteren 447.
 Apterogenen, Apterygoten 444.
 Apteryx 592.
 Apus 401.
 Aquila 597.
 Arachnoideen 463.
 Araneen 470, 472.
 Arca 350.
 Arcella 57, 186.
 Archaeopteryx 42, 597.
 Archaeozoische Zeit 169.
 Archenteron 94.
 Archanneliden 293.
 Archigetes 269.
 Archigonie 126.
 Archipteren 445.
 Architeuthis 367, 376.
 Aretogaea 166.
 Areyria 187.
 Ardea 595.
 Arenicola 293.
 Argas 473.
 Argiope 307.
 Argonauta 370, 377.
 Argulus 398.
 Argyroneta 472.
 Arion 366.
 Aristoteles 5.
 Aristoteles 5.
 Arktische Region 167.
 Armadillo 412.
 Aromia 452.
 Art 19.
 Artemia 401.
 Arterien 101.
 Arthrogastris 467.
 Arthropoden 379.
 Arthrostraca 408.
 Articulaten (Arthropoden) 379.
 Artiodactylen 627.
 Ascaloboten 575.
 Ascalaphus 450.
 Ascaris 278.
 Ascidia 312.
 Ascidiaeformes 309.
 Asconen 214.
 Ascothoraciden 407.
 Ascyssa 214.
 Asellus 413.
 Asiphonier 345.
 Aspergillum 352.
 Aspidiotus 459.
 Aspidochiroten 332.
 Aspidocotylen 257.
 Asseln 411.
 Astacus 420.
 Asterias 325.
 Asterina 324.
 Asteroideen 322.
 Astraea 240.
 Astropecten 325.
 Astrospartus 326.
 Astur 597.
 Asymmetrische Tiere 122.
 Asymmetron 530.
 Atlanta 365.
 Atheca 580.
 Athene 597.
 Atok 291.
 Atoll 238.
 Atta 457.
 Atypus 472.
 Auchenia 628.
 Auerhuhn 594.
 Auerochse 628.
 Auge 116, 393, 508.
 Aulacanthen 184.
 Aulosphären 184.
 Aurelia 231.
 Auricularien 320.
 Auster 350.
 Australische Region 165.
 Autoflagellaten 188.
 Autogamie 174, 181.
 Autolytiden 290.
 Autophagen 591.
 Autostylie 550.
 Auxieranium 535.
 Aves 582.
 Aviculiden 350.
 Avicularia 472.
 Avicularien 304.
 Axolotl 565.
 Azteca 457.
 Azygobranchier 363.
 Babesia 195, 473.
 Bachstelze 596.
 Bacillus 448.
 Baer, Karl Ernst von 13.
 Bär 621.
 Bärtierchen 477.
 Balaena 623.
 Balaenoptera 623.
 Balanus 452.
 Balanoglossus 300.
 Balantidium 204.
 Balanus 406.
 Balistes 556.
 Bandwürmer 261.
 Barbus 555.
 Barch 555.
 Basiliscus 575.
 Basommatophoren 366.
 Bastarde 23.
 Bathinella 409.
 Bathybenthal, Bathypelagial 168.
 Bathygnomus 413.
 Batoidei 549.
 Batrachier 566.
 Bauchfell 99.
 Bdellostoma 531.
 Befruchtung 134.
 Bekassine 595.
 Benthal 168.
 Beroë 243.
 Beuteltiere 616.
 Beuteltiere 614.
 Biber 625.
 Bienen 453, 455.
 Bienenlaus 461.
 Bilateral symmetrische Tiere 122.
 Bilharzia 260.
 Bindesubstanzen 74.
 Biogenet. Grundgesetz 45.
 Biologie 4.
 Biorhiza 454.
 Bipalium 254.
 Bipinnarien 320.
 Birgus 416, 420.
 Birkhuhn 594.
 Bison 628.
 Bivalven 343.
 Blanus 575.
 Blasenwürmer 261.
 Blastoderm 148.
 Blastoideen 335.
 Blastula 148.
 Blatta 448.
 Blattfüßler 400.
 Blattläuse 459.
 Blendlinge 23.
 Blennius 556.
 Blepharoplast 188.
 Blindschleiche 575.
 Blindwühlen 567.
 Blut 78, art. venös 101.
 Blutegel 297, 300.
 Blutgefäßsystem 101.
 Boa 577.
 Bockkäfer 452.
 Bojanussches Organ 348.
 Bombinator 566.
 Bombyx 463.
 Bonellia 296.
 Boophilus 195, 473.

- Bopyriden 413.
 Borkenkäfer 452.
 Borstenwürmer 285.
 Bos 628.
 Bostrychus 452.
 Botaurus 595.
 Bothriocephalus 263, 269.
 Bothryllus 312.
 Brachiolarien 320.
 Brachionus 275.
 Brachiopoden 305.
 Brachse 555.
 Brachycera 461.
 Brachyuren 420.
 Braconiden 454.
 Bradypus 619.
 Bradytherien 618.
 Branchiobdella 300.
 Branchiopoden 398.
 Branchiostoma 527.
 Branchipus 401.
 Branchiuren 398.
 Branta 405.
 Braula 461.
 Bremsen 461.
 Brevilinguien 575.
 Brillenschlange 578.
 Brissus 330.
 Brontosaurus 581.
 Brotschabe 448.
 Brüllaffe 633.
 Bryozoen 302.
 Bubo 597.
 Bucerontiden 596.
 Buddenbrockia 208.
 Bücherskorpione 470.
 Büchlerlaus 447.
 Bufo 566.
 Büffel 628.
 Buffon 16.
 Bugula 304.
 Bulbus arteriosus 546.
 Bunodontien 608, 627.
 Bussard 597.
 Buteo 597.
 Buthus 469.
 Byrsophleps 252.
 Byssus 347.
 Bythotrephes 402.
 Cacospongien 216.
 Caenolestes 165, 616.
 Calaniden 397.
 Calappa 420.
 Calcispongien 214.
 Callima 27.
 Calliphora 461.
 Calopteryx 446.
 Calosoma 451.
 Calyconecten 228.
 Calycephoren 228.
 Cambarus 420.
 Cambrium 169.
 Camelopardalis 628.
 Camelus 628.
 Campanularia 219, 226.
 Campodea 381, 444.
 Camponotinen 456.
 Canalis neurentericus 312, 500.
 Cancer 421.
 Canis 622.
 Cannostomen 232.
 Canthariden 451.
 Capillaren 100.
 Capillitium 187.
 Caponiden 471.
 Capra 628.
 Caprella 412.
 Caprimulgiden 597.
 Carabiden 451.
 Carapax 578.
 Carbon 169.
 Carassius 555.
 Carcharias 549.
 Carcharodon 549.
 Carchesium 205.
 Carcinus 421.
 Cardium 351.
 Carinaria 365.
 Carinaten 592.
 Carinella 272.
 Carmarina 226.
 Carnivoren 620.
 Carpoecapsa 462.
 Carpom 187.
 Caryophyllaeus 269.
 Caryophyllia 239.
 Castor 624.
 Casuarinus 592.
 Catarhinen 633.
 Cathartae 597.
 Catocala 463.
 Catometopen 421.
 Cavia 625.
 Cavicornia 628.
 Cavolinia 362.
 Cebus 633.
 Cecidomyiden 460.
 Cemorja 363.
 Centriole 59.
 Centrodorsale 333.
 Centrosomen 59.
 Cephalaspiden 551.
 Cephalodiscus 301.
 Cephalophoren 353.
 Cephalopoden 366.
 Cephalothorax 381, 463.
 Ceraospongien 215, 216.
 Cerambyx 452.
 Ceratium 191.
 Ceratodus 557.
 Cercarie 258.
 Cercomonas 190.
 Cercopithecus 633.
 Cerebralganglion 339.
 Cerebratulus 274.
 Cerianthus 239.
 Cervus 628.
 Cestoden 261.
 Cestodarien 269.
 Cestum 243.
 Cetaceen 622.
 Chaetoderma 343.
 Chaetognathen 283.
 Chaetogordius 293.
 Chaetopoden 285.
 Chalicodoma 455.
 Chamäleon 576.
 Chamiden 351.
 Charadriiformes 595.
 Charybdaea 232.
 Cheliceraten 475.
 Cheliceren 464.
 Chelifer 470.
 Chelonier 578.
 Chelonia 579.
 Chelura 411.
 Chelys 580.
 Chermes 459.
 Chlasterneurie 356.
 Chilina 365.
 Chilognathen 425.
 Chilomonas 188.
 Chilopoden 426.
 Chimaera 550.
 Chiromys 631.
 Chironets 575.
 Chiropteren 620.
 Chitinschicht 380.
 Chiton 342.
 Chlamydoconcha 343.
 Chlamydoselache 549.
 Chlamydozoa 199.
 Chloëopsis 446.
 Choanoflagellaten 190.
 Choloepeus 619.
 Chondrilla 212.
 Chondrioderma 187.
 Chondrostei 550.
 Chorda dorsalis 48, 309, 484.
 Chordonier 308.
 Chorioidea 119, 509.
 Chorioidealdrüse 540.
 Chorion 616.
 Chromatin 57.
 Chromidien, Chromidialnetz, Chromidialapparat 58.
 Chromatophoren 370, 534.
 Chromomonadinen 190.
 Chromosomen, Individualität, Verschiedenartigkeit 62.
 Chrysomelinen 452.
 Chrysomitren 228.
 Chrysopa 450.
 Chylusgefäße 102.
 Cicadarien 458.
 Cicindela 451.
 Ciconia 595.
 Ciliaten 199.
 Cilioflagellaten 191.
 Ciliophora 176.
 Cimex 458.
 Cingulaten 619.
 Cione 312.

- Cirroteuthiden 377.
 Cirrothauma 367.
 Cirrus 107, 256.
 Cirripeden 403.
 Citigraden 472.
 Cladoceren 401.
 Cladocora 240.
 Clamatores 596.
 Clarias 553.
 Clathrulina 180.
 Clavellina 312.
 Clepsidrina 198.
 Clepsine 300.
 Clitellum 293.
 Cloëopsis 446.
 Clupea 554.
 Clypeastriden 330.
 Cnethocampa 463.
 Cnidarien 216.
 Cnidosporidien 198.
 Cocciden 459.
 Coccidium 195.
 Coccinella 452.
 Coccosteiden 551.
 Coecus 459.
 Coecyges 596.
 Cochenillelaus 459.
 Codonocladium 188.
 Coecilia 567.
 Cölenteraten 209.
 Cölenteron 210.
 Cölhelminthen 283.
 Coelodendrum 184.
 Cölom 99.
 Coeloplana 243.
 Coeloria 240.
 Cönosark 219, 236.
 Coenurus 272.
 Coleopteren 450.
 Colibri 596.
 Collare 189, 212.
 Collembolen 444.
 Collozoum 183.
 Collyrichum 259.
 Coloborhombus 30.
 Coluber 578.
 Colubriformia 577.
 Columba 594.
 Colymbus 595.
 Comatuliden 332.
 Compsognathus 582.
 Conchylis 462.
 Condylarthren 622.
 Conjunctiva 511.
 Conochilus 275.
 Conus arteriosus 546.
 Convoluta 253.
 Copelaten 308.
 Copepoden 395.
 Coraciformes 597.
 Corallium 236, 238.
 Cordylophora 224.
 Coregonus 555.
 Corium 92, 482.
 Cornaeuspongien 215.
 Cornea 119, 509.
 Coronaten 232.
 Coronella 578.
 Coronula 406.
 Corrodentien 446.
 Cortisches Organ 512.
 Corvus 596.
 Corycäiden 397.
 Cormomorpha 226.
 Cossus 463.
 Costia 190.
 Cottingiden 596.
 Cottus 553.
 Cotyledonen 617.
 Cotylosaurier 581.
 Crangon 420.
 Crania 307.
 Craspedote Meduse 220.
 Craspedotella 191.
 Crassatella 344.
 Crassilinguien 575.
 Crenilabrus 555.
 Creodontien 622.
 Crevettinen 411.
 Crex 595.
 Cricotus 581.
 Crinoideen 332.
 Crocodilus 580.
 Chromatophoren 370.
 Crossopterygier 552.
 Crotalus 578.
 Crustaceen 390.
 Cryptobranchus 565.
 Cryptocephala 292.
 Cryptochiton 342.
 Cryptodiren 580.
 Cryptoniscus 413.
 Cryptopentameren 451.
 Cryptotetrameren 451.
 Cteniza 472.
 Ctenophoren 240.
 Ctenoplana 243.
 Cubomedusen 232.
 Cuculus 596.
 Cucumaria 330.
 Culeita 325.
 Culex 460.
 Cumaceen 409.
 Cunina 226.
 Curculioniden 452.
 Cursores 592.
 Cursorien 448.
 Cuticula 67, 171.
 Cutis 92.
 Cuvier 12, 16.
 Cyamus 412.
 Cycas 351.
 Cyclobranchier 363.
 Cyclocnemarien 240.
 Cyclometopen 420.
 Cycloposthium 205.
 Cyclops 44, 396.
 Cyclorhaphen 461.
 Cyclostoma 364.
 Cyclostomen 530.
 Cydippe 243.
 Cygnus 594.
 Cymbulia 362.
 Cymothoiden 413.
 Cynips 454.
 Cynocephalus 633.
 Cynthia 312.
 Cypraea 364.
 Cypridina 402.
 Cyprinodonten 555.
 Cyprinus 555.
 Cypselomorphen 596.
 Cypselus 596.
 Cyrtiden 184.
 Cysticeroid 268.
 Cysticercus 266, 269.
 Cystid 302.
 Cystoideen 335.
 Cystoflagellaten 191.
 Cystoneceten 228.
 Cytoidea 176.
 Cytomorpha 176.
 Cytopharynx 171, 200.
 Cytopyge 171, 200.
 Cytosporidien 193.
 Cytostom 171.
Dachs 621.
 Dactylopterus 556.
 Dactylethra 566.
 Danaiden 29.
 Daphnia 399, 402.
 Darm 93.
 Darmfaserblatt 151.
 Darwin (Charles) 18.
 Darwin (Erasmus) 16.
 Dasselbeulen 461.
 Dasypus 619.
 Dasyurus 615.
 Daudebardia 365.
 Davainea 271.
 Decapoden 367, 415.
 Decidia 617.
 Deciduaten 617.
 Decticus 449.
 Degeeria 444.
 Deilephila 463.
 Deima 332.
 Delphinus 623.
 Demodex 473.
 Dendrochiroten 332.
 Dendrocoelum 254.
 Dendrolimus 463.
 Dentalium 352.
 Denticeten 623.
 Dermansysus 473.
 Dermatobia 461.
 Dermapteren 448.
 Dermochelys 580.
 Derotremen 565.
 Descendenztheorie 15.
 Desmognathus 561.
 Desmodont 344.
 Desoria 444.
 Desorsche Larve 273.
 Determinanten 137.
 Deuteromit 197.
 Deuterostomier 249.

- Devon 169.
 Diaptomus 397.
 Diastole 101.
 Diastylis 409.
 Diblasterien 217.
 Diboethriocephalus 269.
 Dibranchiaten 376.
 Dichobune 629.
 Dicotyles 627.
 Dicrocoelium 260.
 Dicyclia 333.
 Dicyemiden 208.
 Dicyonodon 581.
 Didelphier 614.
 Didelphys 616.
 Didunculus 594.
 Didus 594.
 Difflugia 186.
 Digenea 257.
 Diluvium 169.
 Dimyarier 344, 350.
 Dingo 165.
 Dinobryon 190.
 Dinoflagellaten 191.
 Dinornis 592.
 Dinosaurier 581.
 Dinotherium 630.
 Diodon 556.
 Dioecocestus 263.
 Diomedea 594.
 Diotocardier 363.
 Diphyceerk 46, 539.
 Diplodocus 581.
 Diplopoden 425.
 Diplopteren 455.
 Diplozoon 156, 257.
 Dipneumones 472, 557.
 Dipneusten 556.
 Diporpa 156, 257.
 Diprotodontien 616.
 Dispadiden 578.
 Dipteren 459.
 Dipyliidium 270, 272.
 Disciden 183.
 Discina 307.
 Discodactylen 566.
 Discodermia 215.
 Discomedusen 231.
 Disconanthen 228.
 Discoplacentalier 618.
 Distomum 259.
 Diurni 596.
 Dochmius 279.
 Dolichoderinen 456.
 Doliolum 314.
 Dolychoglossus 300.
 Domestikation 25.
 Donacia 452.
 Dondersia 343.
 Doris 361.
 Dorsch 555.
 Dorylinen 456.
 Doryphora 452.
 Dotterstock 251.
 Draco 575.
 Draunculus 281.
 Drepanidotaenia 272.
 Dreyssenia 350.
 Drohnen 442, 456.
 Dromaeus 592.
 Dromedar 628.
 Dromia 420.
 Dronten 594.
 Drosseln 596.
 Drüsen 68.
 Drüsenmagen 95.
 Dryophis 578.
 Dugong 631.
 Dujardin 14, 53.
 Dytisciden 451.
 Dynastes 451.
 Dysodont 344.
 Ecardines 307.
 Echidna 614.
 Echinocardium 330.
 Echinococcus 272.
 Echinocyamus 330.
 Echinodermen 317.
 Echinoideen 326.
 Echinometriden 329.
 Echinorhynchus 282.
 Echinospaerites 335.
 Echinus 329.
 Echiurus 296.
 Echsen 574.
 Ecton 457.
 Ectoblast 148.
 Ectoderm 94, 149.
 Ectoparasiten 159.
 Ectoprocten 302.
 Ectosark 178.
 Edelkoralle 238.
 Edelfalke 597.
 Edentaten 618.
 Edriophthalmen 408.
 Edwardsia 239.
 Effodientien 618.
 Egelwürmer 297.
 Eichhorn 10.
 Eichhörnchen 624.
 Eidechsen 575.
 Eiderente 594.
 Eigenwarme Tiere 102.
 Eimeria 196.
 Einsiedlerkrebs 160, 420.
 Eintagsfliege 445.
 Eireife 132.
 Eisbär 621.
 Eisvögel 596.
 Eiszeit 169.
 Eizelle 71.
 Elapiden 578.
 Elaspoden 332.
 Elastisches Gewebe 76.
 Elateren 187.
 Elateriden 451.
 Elasmobranchier 547.
 Elch 628.
 Elektrische Organe 110, 539.
 Elephas 630.
 Elysia 361.
 Elytren 432.
 Emys 580.
 Encope 330.
 Encystierung 175.
 Endostyl 308.
 Enopla 274.
 Entamoeba 179.
 Ente 594.
 Entenmuschel 405.
 Enterocoel 99.
 Enteropneusten 300.
 Enteroxenus 332.
 Entoblast 148.
 Entocolax 332.
 Entoconcha 332, 364.
 Entocnemarien 240.
 Entoderm 94, 149.
 Entomobrya 444.
 Entomotraken 394.
 Entoniscus 413.
 Entoparasiten 159.
 Entophagen 454.
 Entoprocten 302.
 Entosark 178.
 Entosternum 464.
 Entovalva 332.
 Enzyme 96.
 Eosentomon 445.
 Eozän 169.
 Eozoon 169, 186.
 Epanorthiden 616.
 Epeira 472.
 Ependym 113.
 Ephemera 445.
 Ephippium 402.
 Ephippodonta 343.
 Ephydatia 215.
 Ephyra 231.
 Epiblast 149.
 Epiblemum 472.
 Epidermis 91, 482.
 Epigenesis 13.
 Epimerit 197.
 Epiphragma 355.
 Epiphysis 503.
 Epistylis 203.
 Epithelgewebe 65.
 Epithelmuskelzellen 83.
 Epitoc 290.
 Eporosen 240.
 Equus 626.
 Erbllichkeit 36.
 Erichthus 415.
 Erinaceus 619.
 Eristalis 461.
 Ernährung, Organe derselben 92.
 Errantien 292.
 Erycephaliden 462.
 Eryophyiden 473.
 Eryops 581.
 Erythropis 191.
 Esel 627.
 Esox 555.
 Essigälchen 278.
 Estheriden 401.

- Euborlasia 273.
 Eucepoda 397.
 Eucyrtidium 184.
 Eudendrium 226.
 Eudoxia 228.
 Euglena 188, 190.
 Englypha 186.
 Eulen (Schmetterlinge) 462.
 Eulen (Vogel) 597.
 Eumenes 455.
 Eunice 292.
 Eupagurus 420.
 Euphausia 414.
 Euplectella 215.
 Euryaliden 326.
 Eurystomen 475.
 Euscorpius 469.
 Euspongia 216.
 Eustachius 10.
 Exkretionsorgane 103.
 Exocoetus 555.
 Exuvie 380.
Fabricius ab Aquapendente
 10.
 Facettenauge 386.
 Fadenwürmer 275.
 Falco 597.
 Fasan 594.
 Fasciola 260.
 Fasciolopsis 261.
 Faultiere 619.
 Favia 240.
 Fecampia 254.
 Feder 582.
 Federling 447.
 Felis 622.
 Fermente 96.
 Fierasfer 332, 555.
 Filaria 281.
 Filibranchier 350.
 Fingertier 631.
 Finken 596.
 Finnen 261, 266.
 Fische 532.
 Fischotter 621.
 Fissilinguier 575.
 Fissipedier 621.
 Fissurella 363.
 Flabellum 239.
 Flagellaten 187.
 Flamingo 575.
 Fledermäuse 620.
 Fleischbentler 615.
 Fliegen 461.
 Fliegende Fische 555.
 Fliegende Hunde 620.
 Flöhe 461.
 Flohkrebs 411.
 Flügelschnecken 362.
 Flunder 555.
 Flußkrebs 415, 420.
 Flustra 304.
 Foraminiferen 184.
 Forelle 554.
 Forficula 448.
 Formica 456.
 Fossorien 455.
 Fregata 595.
 Fringilla 596.
 Froschlurche 566.
 Frösche 566.
 Frugivoren 620.
 Fuchs (Vanessa) 463.
 Fuchs (Vulpes) 622.
 Fulgora 459.
 Fuligo 187.
 Fungia 239.
 Funiculus umbilicalis 617.
 Funktionswechsel 11, 90.
 Furca 392.
 Furchungsprozeß 145.
 Furcula 584.
Gabelgemse 628.
 Gadus 555.
 Galen 9.
 Galeodes 468.
 Galeopithecus 619.
 Gallen (Galläpfel) 454.
 Gallinacei 593.
 Galton 32.
 Gallinago 590.
 Gallus 593.
 Gammarus 411.
 Gamasus 382, 473.
 Ganglienknötchen 112.
 Ganglienzellen 85.
 Ganoiden 551.
 Gans 594.
 Garneelen 420.
 Gasterosteus 555.
 Gastrochäniden 352.
 Gastrophilus 461.
 Gastropoden 353.
 Gastrovaskularsystem 98,
 210.
 Gastrula 148.
 Gaumenkauer 537.
 Gavialis 580.
 Gazelle 628.
 Gecarcinus 421.
 Geckonen 575.
 de Geer 10.
 Gehirn 112, 501.
 Gehörorgan 115, 434.
 Geier 597.
 Geißelinfusorien 187.
 Geißelkammern 212.
 Geißelskorpione 468.
 Gelasimus 421.
 Gemmulae 215.
 Gemse 628.
 Generatio spontanea 126.
 Generationswechsel 130,
 222, 290, 314.
 Genostoma 252.
 Genotypus 34.
 Geoffroy St. Hilaire 12, 17.
 Geocores 458.
 Geodia 215.
 Geometra 462.
 Geonemertes 274.
 Geophilus 426.
 Geotria 532.
 Geotrupes 451.
 Gephyreen 295.
 Geruchsorgane 115.
 Geryoniden 226.
 Geschlechtsorgane 105.
 Geschmackorgane 115.
 Gessner 8.
 Gewebe 64.
 Geweih 628.
 Gibbon 633.
 Gigantocypris 403.
 Gigantorhynchus 282.
 Gigantostraca 475.
 Giraffe 628.
 Glandiceps 300.
 v. Gleichen-Rußwurm 10.
 Gletscherfloh 444.
 Glia 113.
 Gliederfüßler 379.
 Gliedertiere 379.
 Glires 623.
 Globigerina 185.
 Glochidien 349.
 Glomeris 426.
 Glossina 191, 461.
 Glossobalanus 300.
 Glossosiphonia 300.
 Glugea 199.
 Glycera 80.
 Glyptodonten 619.
 Gnathobdellen 300.
 Godwanaland 164.
 Goethe 11, 16.
 Goetze 10.
 Goldfisch 555.
 Gonochorismus 106.
 Gonophore 224.
 Gonothea 224.
 Gordius 282.
 Gorgonia 238.
 Gorilla 633.
 Gradflügler 447.
 Gräten 552.
 Grallatores 595.
 Grapholitha 462.
 Gregarinarien 196.
 Gressorien 448.
 Grew, Nehemia 51.
 Grille 449.
 Gromia 55, 186.
 Grus 595.
 Gryllotalpa 449.
 Gryllus 449.
 Cryptotherium 619.
 Guaninkristalle 534.
 Gürteltiere 619.
 Gulo 621.
 Gunda 254.
 Gymnarchus 516.
 Gymnodonten 556.
 Gymnophionen 567.
 Gymnorhinen 620.
 Gymnosomata 362.

Gymnotus 555.
Gypaëtes 597.
Gyriniden 451.
Gyrinophilus 561.
Gyrodactylus 257.

Haare 597.
Haarsterne 332.
Habicht 597.
Haeckel 19.
Haemalbögen 486.
Haemamoeba 195.
Haementaria 300.
Haemodipsa 300.
Hämoglobin 79.
Haemopsis 300.
Hämosporeidien 194.
Hänfling 596.
Häutung 380.
Hai 547.
Halbaffen 631.
Halicore 630.
Halieryptus 297.
Haliomma 183.
Haliotis 363.
Halisarca 215.
Halla 292.
Haller 13.
Halteren 460.
Hamiglossen 364.
Hapale 633.
Haplosporidien 199.
Harnstoff 92.
Harnsäure 92.
Hase 624.
Hatteria 574.
Hauptkern 201.
Hausen 551.
Haushuhn 593.
Haustellum 459.
Haut 91, 482.
Hautfaserblatt 151.
Hautflügler 453.
Hecht 555.
Hectocotylus 375.
Hedytiden 362.
Heilbutt 555.
Heimchen 449.
Helioporaceen 239.
Heliozoen 179.
Helix 366.
Hemielytren 432, 458.
Hemimetabole Insekten 439.
Hemipteren 457.
Heptanchus 559.
Heringe 555.
Hermaphroditismus 106,
127.
Hermelin 621.
Herpestes 622.
Herpobdella 300.
Herrentiere 631.
Herz 100, 340, 388, 436, 518.
Hesperornis 597.
Heterakis 279.
Heterocerk 46, 539.

Heteroconchen 351.
Heterocotylea 256.
Heterodera 278.
Heterodont 344.
Heterogonie 131, 257.
Heteromera 451.
Heteromyarier 344, 350.
Heteronereis 290.
Heteronomie 125, 381.
Heterophyes 260.
Heteropoden 364.
Heteropteren 457.
Heterosyllis 290.
Heterotrichen 204.
Heuschrecken 449.
Hexactinelliden 214.
Hexacorallien 234, 239.
Hexanchus 559.
Hexapoden 427.
Hipparion 629.
Hippobosca 461.
Hippocampus 556.
Hippokrates 9.
Hippopotamus 627.
Hippospongia 216.
Hippursäure 92.
Hirsche 628.
Hirschkäfer 451.
Hirudineen 297.
Hirudo 300.
Hirundo 596.
Höhlenbär 622.
Hörner 626.
Holarktische Region 166.
Holoblastische Eier 147.
Holocephalen 550.
Holometabole Insekten 439.
Holostomum 259.
Holothurien 330.
Holo-trichen 203.
Holzbock 473.
Homalomyia 461.
Homarus 420.
Homaxon 123.
Homo 633.
Homocerk 46, 539.
Homoiotherme Tiere 103.
Homolog 11, 90.
Homomyarier 350.
Homonom 125.
Homopteren 458.
Hoplone-mertinen 274.
Hormiphora 243.
Hormone 107.
Huchen 554.
Huf 483.
Huftiere 625.
Hühner 593.
Hummel 455.
Hummer 420.
Hund 622.
Hundelaus 447.
Huxley 19.
Hyaena 622.
Hyalaea 362.
Hyalonema 215.

Hyalospongien 214.
Hydra 217, 225.
Hydrachna 473.
Hydranth 219.
Hydrarien 224.
Hydrocaulus 219.
Hydrocorallinen 225.
Hydrocores 458.
Hydrodromici 458.
Hydroidpolyp 217.
Hydromedusen 217.
Hydrometra 458.
Hydrophiden 578.
Hydrohiza 219.
Hydrotheca 220.
Hydrozoen 217.
Hyla 566.
Hylobates 633.
Hylobius 452.
Hylodes 564.
Hylurus 452.
Hymenolepis 270.
Hymenopteren 453.
Hyocrinus 335.
Hyostylie 537.
Hyperinen 411.
Hyperoartien 532.
Hyperotreten 531.
Hypoblast 149.
Hypobranchialrinne 308,
516.
Hypoderma 461.
Hypophysis 311, 503.
Hypotrichen 205.
Hyracoidea 629.
Hyracotherien 629.
Hystricomorphen 625.
Hystrix 625.

Ibis 595.
Ichneumon 622.
Ichneumoniden 454.
Ichthyodorulithen 547.
Ichthyophis 567.
Ichthyophthirius 204.
Ichthyornis 597.
Idioplasmata 136.
Idiosepsius 376.
Igel 619.
Iguaniden 581.
Iguanodon 581.
Imago 439.
Impennes 595.
Imperforaten 186.
Inaequitelen 472.
Indeciduat 617.
Infusorien 199.
Ingluvies 95.
Inia 622.
Insekten 427.
Insektivoren 619.
Insessores 591.
Integripalligen 351.
Intertarsalgelenk 586.
Inuus 633.
Invagination 149.

- Ips 452.
 Irene 226.
 Irreguläres 329.
 Iris 119, 509.
 Isis 238.
 Isocrinus 333.
 Isodont 344.
 Isogameten 173.
 Isolierung, geographische 48.
 Isopoden 411.
 Ixodes 195, 473.
Jacobson'sches Organ 508.
 Janthina 360.
 Johannsen 33.
 Julius 426.
 Jura 169.
Kabeljau 555.
 Käfer 450.
 Käferschnecken 342.
 Kältestarre 56.
 Känguruh 616.
 Käuzchen 597.
 Kakadu 595.
 Kaltblüter 102.
 Kamel 628.
 Kampf ums Dasein 26.
 Kaninchen 624.
 Kapschwein 618.
 Karasche 555.
 Karpfen 555.
 Karpfenläuse 398.
 Karyogamie 173.
 Karyokinese 61.
 Karyosomen 58.
 Katze 622.
 Kaulquappe 564.
 Kaumagen 95, 589.
 Keimblätter 148.
 Keimblättertheorie 13.
 Keimepithel 105.
 Keimstock 106, 251.
 Kernteilung 61.
 Kiebitz 595.
 Kieferbogen 492.
 Kieferregel 300.
 Kieferkauer 537.
 Kieferspinner 463.
 Kielschnecken 364.
 Kiemen 97, 338, 390.
 Kiemenbogen 492, 537.
 Kiementübler 398.
 Kieselschwämme 214.
 Kileh 555.
 Kiwi 592.
 Klapperschlange 578.
 Klettervogel 595.
 Klippschliefer 629.
 Kloake 96, 524.
 Kloakentiere 613.
 Knochen 77.
 Knochenfische 535, 546.
 Knorpel 76.
 Knorpelfische 535, 546.
 Knorpelganoiden 550.
 Knospung 60, 129.
 Koadaptation der Teile 31.
 Koenenia 469.
 Kohlweißling 463.
 Koloradokäfer 452.
 Kometenform 323.
 Kommissur 112.
 Kondor 597.
 Konjugation 174, 201.
 Konnektive 112.
 Konunga 410.
 Kopulation 173.
 Kontraktile Vakuole 172.
 Konvergente Züchtung 159.
 Korallentiere 232.
 Kormoran 595.
 Korrelation 11.
 Krabben 420.
 Krähe 596.
 Krallenaffen 633.
 Kralle 483.
 Kranich 595.
 Kratzer 282.
 Krätzmilben 473.
 Krebse 415, 420.
 Krebstiere 390.
 Kreide 169.
 Kreiswirbler 304.
 Kreuzotter 578.
 Kreuzspinne 472.
 Kriechtiere 567.
 Kröten 566.
 Krokodilier 580.
 Kropf 95, 589.
 Kuckucke 596.
 Küchenschabe 448.
 Kugelseln 412.
Laberdan 555.
 Labia 448.
 Labidosaurus 581.
 Labriden 555.
 Labyrinth 512.
 Labyrinthodonten 565.
 Lacerta 575.
 Lachesis 578.
 Lachse 554.
 Laemargus 548.
 Lämmergeier 597.
 Laemodipoden 411.
 Läuse 447.
 Lagena 512.
 Lagopus 594.
 Lama 628.
 Lamarck 11, 17.
 Lamellibranchiaten 343.
 Lamellicornier 451.
 Lamelliostres 594.
 Lambliä 188, 191.
 Lamna 483.
 Lamniden 549.
 Lampyrus 451.
 Languste 420.
 Larus 594.
 Larve 152, 441.
 Laternaria 459.
 Laterne des Aristoteles 329.
 Latroectes 470, 472.
 Laubfrösche 566.
 Laufkäfer 451.
 Laufvögel 592.
 Laverania 195.
 Leander 420.
 Leber 96.
 Leberegel 259.
 Lebertran 555.
 Leuwenhoek 10.
 Leguane 575.
 Leishmania 191.
 Lemur 631.
 Lentospora 199.
 Lepas 415.
 Lepidopleurus 343.
 Lepidopteren 462.
 Lepidosaurier 573.
 Lepidosiren 557.
 Lepidosteus 551.
 Lepisma 444.
 Leptocardier 527.
 Leptocephaliden 554.
 Leptodiscus 191.
 Leptodora 402.
 Leptomedusen 225.
 Leptoplana 254.
 Leptoptilus 595.
 Leptostraca 408.
 Leptus 473.
 Lepus 624.
 Lerchen 596.
 Lernaea 398.
 Lernaecocera 398.
 Lernaepodiden 398.
 Lernanthropus 396.
 Leuchtkäfer 451.
 Leuchtorgane 120, 534.
 Leuckart 14.
 Leucetta 213.
 Leucochloridium 259.
 Leuconen 213.
 Libellula 445.
 Ligula 269.
 Limacina 362.
 Limax 366.
 Limicolen 294.
 Limnadia 401.
 Limnaea 365.
 Limnocnida 224.
 Limnocodium 224.
 Linnoria 413.
 Limulus 475.
 Lineus 273.
 Linguatuliden 474.
 Lingula 307.
 Linkia 323.
 Linné 7, 15.
 Lithistiden 215.
 Lithodomus 350.
 Locusta 449.
 Löwe 622.
 Lohblüte 187.
 Lohmanella 208.

- Loligo 367, 376.
 Longipennes 594.
 Lophius 556.
 Lophobranchier 556.
 Lophocalix 122.
 Lophophor 304.
 Lophopoden 304.
 Lophyrus 454.
 Lori 631.
 Loricaten 420.
 Lota 555.
 Lovensche Larve 289.
 Loxosoma 302.
 Lucanus 451.
 Lucernaria 232.
 Luchs 622.
 Lucioperca 555.
 Lumbricus 294.
 Lungen 97, 514.
 Lungenschnecken 363.
 Lurche 557.
 Lurchfische 556.
 Luscinia 596.
 Lutra 621.
 Lycosa 472.
 Lyell 17.
 Lymantria 106, 463.
 Lymphe 78.
 Lymphdrüsen, lymphoide
 Organe 80.
 Lymphgefäße 102.
 Lyonet 10.
 Lytta 451.
Machilis 444.
 Macrobiotus 477.
 Macrochiropteren 620.
 Macrodrili 294.
 Macrogameten 173.
 Macrophthalmia 532.
 Macropoden 554.
 Macropus 616.
 Macrosiphon 459.
 Macruren 419.
 Mactra 344.
 Madenwurm 278.
 Madrepora 240.
 Madreporenplatte 318.
 Maeandrina 240.
 Magen 95.
 Maifisch 555.
 Maikäfer 451.
 Maja 420.
 Maki 631.
 Makrelen 556.
 Malacobdella 274.
 Malacocotylea 257.
 Malacodermen (Anthozoen)
 239.
 Malacopteren 554.
 Malacostraken 394, 408.
 Malapterurus 555.
 Malaria 195, 460.
 Mallophagen 447.
 Malmignatte 470, 472.
 Malpighi 10, 51.
 Mammalia 597.
 Mammut 630.
 Manatus 630.
 Mandibel 383, 428.
 Manis 618.
 Manitherien 618.
 Manteltiere 307.
 Mantis 415, 448.
 Marabu 595.
 Marder 621.
 Margaritana 351.
 Marienkäferchen 452.
 Marsipobranchier 530.
 Marsupialier 614.
 Mastigamoeba 178.
 Mastigophoren 187.
 Mastodon 630.
 Mauerschwalben 596.
 Maulesel 627.
 Maultiere 627.
 Maulwurf 619.
 Maulwurfsgrille 449.
 Maus 625.
 Maxille 383, 428.
 Meckel 11.
 Medinawurm 281.
 Meduse 217.
 Meerkatze 633.
 Meerleuchten 191.
 Meerschweinchen 625.
 Megachile 455.
 Megalobatrachus 565.
 Megalopalarve 419.
 Megapodius 594.
 Megascolides 294.
 Megastoma 191.
 Megatherium 619.
 Mehlwurm 451.
 Meisen 596.
 Meleagrina 350.
 Meleagris 594.
 Meles 621.
 Meloë 451.
 Melolontha 451.
 Melophagus 461.
 Melopsittacus 595.
 Membranaceen 458.
 Mendelsches Gesetz 139.
 Menobranchus 565.
 Menopoma 565.
 Menschen 633.
 Memuriden 596.
 Mephitis 621.
 Mermithiden 282.
 Meroblastische Eier 147.
 Merogonie 137.
 Meryhippus 629.
 Mesenchym 150.
 Mesenterialfilamente 234.
 Mesenterium 99.
 Mesenteron 95.
 Mesepithel 150.
 Mesoblast 150, 245.
 Mesoderm 94, 211.
 Mesohippus 629.
 Mesonephros 521.
 Mesostomum 254.
 Mesozoische Zeit 169.
 Metagam 174.
 Metagenesis 130.
 Metameren 124.
 Metamorphose 152, 289,
 419, 439, 564.
 Metanauplius 419.
 Metanephros 522.
 Metazoen 209.
 Methone 29.
 Miastor 438, 460.
 Microchiropteren 620.
 Microdrili 294.
 Microgameten 173.
 Microgaster 454.
 Microhydra 224.
 Microlepidopteren 462.
 Microlestes 614.
 Microplana 254.
 Micropterygiden 462.
 Microstomum 254.
 Microtelyphoniden 469.
 Miesmuschel 350.
 Migrationstheorie 38.
 Mikrosporidien 199.
 Milben 472.
 Miliola 186.
 Millepora 225.
 Millepora 520.
 Mimry 28.
 Miocän 169.
 Miohippus 629.
 Miracidium 257.
 Mistkäfer 451.
 Mitochondrien 59, 137.
 Mitosis 61.
 Moa 592.
 Mönch 596.
 Möritherien 630.
 Möven 594.
 Mohl 52.
 Molche 565.
 Molze 565.
 Mollusca 337.
 Molpadia 332.
 Molukkenkrebs 475.
 Monactinelliden 215.
 Monascidien 312.
 Monaxonie 124.
 Moniezia 270, 271.
 Monocaulus 225.
 Monocyclica 335.
 Monocystis 198.
 Monodelphier 616.
 Monodon 623.
 Monogenea 256.
 Monogonie 128.
 Monomyarier 344, 350.
 Monopneumones 557.
 Monopyleen 184.
 Monorhinen 530.
 Monospermie 134.
 Monostomum 261.
 Monothalamien 185.
 Monotocardier 363.

- Monotremen 613.
 Monstrilliden 397.
 Montée 554.
 Moostierchen 302.
 Mordacia 532.
 Morphologie 2.
 Moschus 629.
 Moschusochse 628.
 Moskito 460.
 Motacilliden 596.
 Motten 462.
 Mücken 460.
 Müller, Joh. 14.
 Müller, O. F. 10.
 Müllerscher Gang 522, 609.
 Muriciden 364.
 Mus 625.
 Muscarien 461.
 Muschelkrebse 402.
 Muscheltiere 343.
 Musivisches Sehen 387.
 Muskelgewebe 82.
 Mussa 240.
 Mustela 621.
 Mustelus 548.
 Mutationstheorie 34.
 Mycetes 633.
 Mycetozoen 186.
 Mygale 472.
 Mygnimia 29.
 Myiden 352.
 Myocommata (Myotome)
 481.
 Myomorphen 625.
 Myriamida 290.
 Myriapoden 424.
 Myrientomata 444.
 Myrmecocystis 456.
 Myrmecophaga 619.
 Myrmecophilien 457.
 Myrmeleontiden 450.
 Myrmicinen 456.
 Mysis 414.
 Mysisstadium 415.
 Mystacoceten 623.
 Mytilus 350.
 Myxidium 199.
 Myxine 531.
 Myxobolus 198.
 Myxomyeceten 186.
 Myxospongien 215.
 Myxosporidien 198.

 Nachtigall 594.
 Nachtraubvögel 597.
 Nachtschwalben 596.
 Naegeli 39.
 Nagana-Seuche 190, 461.
 Nagel 483.
 Nagetiere 623.
 Nais 294.
 Naja 578.
 Najaden 351.
 Nandu 592.
 Narcomedusen 226.
 Narwal 623.

 Nashorn 626.
 Nashornvögel 596.
 Nassellarien 184.
 Natantia 419.
 Natatores 594.
 Nattern 578.
 Naupliusstadium 45, 394,
 419.
 Nausithoë 232.
 Nautilus 369, 376.
 Neanderthaler 634.
 Nearktische Region 166.
 Nebalia 409.
 Nebenkern 201.
 Nebenniere 524.
 Necator 280.
 Necrophorus 451.
 Necturus 565.
 Needhamsche Schläuche
 374.
 Nekton 168.
 Nematelminthen 275.
 Nematoden 275.
 Nemertes 274.
 Nemertinen 272.
 Nemocera 460.
 Neogaea 166.
 Neomenia 343.
 Neophron 597.
 Neosporidien 198.
 Neotenie 153, 565.
 Neotropische Region 166.
 Neps 458.
 Nephelis 300.
 Nephridien 104, 247.
 Nephrops 420.
 Nereis 290, 292.
 Nervengewebe 84.
 Nervensystem 110, 499.
 Nesselkapseln 216.
 Nesseltiere 216.
 Nestflüchter 591.
 Nesthocker 591.
 Netzflügler 449.
 Neunauge 532.
 Neurapophysen 485.
 Neuronen 87.
 Neuropteren 449.
 Neuzeit 169.
 Nidamentaldrüsen 374.
 Niere 105, 521.
 Nierentrichter 340.
 Nilpferd 626.
 Niphargus 411.
 Noctiluca 191.
 Noctua 463.
 Nocturni 597.
 Nomartha 618.
 Nonne 463.
 Non-Ruminantien 627.
 Nosema 199.
 Notidaniden 548.
 Notodelphys (Amure) 564.
 Notodelphys (Copepode)
 397.
 Notogaea 165.

 Notonecta 458.
 Notoryctes 616.
 Nototrema 564.
 Nucleus 56.
 Nucleiden 350.
 Nudibranchia 361.
 Nummuliten 186.
 Nyctotherus 204.

 Ocapia 167, 628.
 Ocellaten 226.
 Oecocorallien 238.
 Octopodiden 367, 376.
 Octopus 370, 376.
 Odontoglossen 364.
 Odontoleen 597.
 Odontotormen 597.
 Oedipoda 449.
 Ögopsiden 374.
 Ökologie 4.
 Ösophagus 97.
 Östriden 461.
 Ohrenrobbe 622.
 Ohrwürmer 448.
 Ophiopleura 309.
 Oken 13.
 Oligocän 169.
 Oligochäten 293.
 Olme 565.
 Oniscus 413.
 Ontogenie 3.
 Onychophoren 422.
 Operipatus 424.
 Opalina 203.
 Operculum 355.
 Ophiactis 326.
 Ophididen 555.
 Ophidier 576.
 Ophiocephalus 553.
 Ophioenida 326.
 Ophiocoma 326.
 Ophioglypha 326.
 Ophiophagus 578.
 Ophiothela 326.
 Ophiothrix 326.
 Ophisaurus 575.
 Ophiuroideen 325.
 Ophryoscolex 205.
 Opisthobranchier 361.
 Opisthoglyphen 578.
 Opisthopatus 424.
 Opisthorchis 260.
 Opossum 616.
 Orang Utan 633.
 Orbitelen 472.
 Orchestia 410.
 Ordensbänder 463.
 Oreasteriden 325.
 Orgyia 462.
 Orientalische Region 167.
 Ornithodelphier 613.
 Ornithoderus 473.
 Ornithopoden 581.
 Ornithorhynchus 614.
 Orohippus 629.
 Orthonectiden 208.

- Orthonurie 357.
 Orthopteren 447.
 Orthorhaphen 460.
 Orycteropus 618.
 Oscarella 215.
 Oscines 596.
 Osphradium 339, 349.
 Ostracion 556.
 Ostracoden 402.
 Ostrea 350.
 Otaria 622.
 Otis 595.
 Oudenodon 581.
 Ovibos 628.
 Ovicellen 304.
 Ovipare Tiere 153.
 Ovis 628.
 Ovomammalien 613.
 Ovovivipare Tiere 153.
 Oxyrhynchen 420.
 Oxystomen 420.
 Oxyuris 278.
 Ozobranchus 299.

 Paarhufer 627.
 Pachydermen 626.
 Pachytylus 449.
 Pacinische Körperchen 113, 506.
 Paedogenesis 127, 438.
 Pagurus 160, 420.
 Paläaden 407.
 Paläarktische Region 165.
 Palaemon 420.
 Palaemonetes 419.
 Paläontologie 4.
 Paläospondylus 532.
 Paläozoische Zeit 169.
 Palinurus 420.
 Palolowurm 290.
 Palpigraden 469.
 Paludicellen 304.
 Paludina 364.
 Pancreas 96.
 Panorpa 450.
 Pantopoden 475.
 Panzerkrebse 413.
 Panzerwelse 555.
 Papageien 595.
 Papiernautilus 377.
 Papilio 463.
 Paracentrotus 329.
 Paradiesvögel 30, 596.
 Paradoxides 408.
 Paragonimus 261.
 Paramaecium 202, 203.
 Paranaspides 410.
 Paraseison 275.
 Parasitica 397.
 Parasitismus 158.
 Pariden 596.
 Parietalganglion 339, 349.
 Parietalorgan 503, 572.
 Parnassius 463.
 Parthenogenesis 127, 438.
 Parthenogonidien 189.

 Passeres 596.
 Patella 355, 363.
 Pauropoden 426.
 Pavian 633.
 Pavo 594.
 Pearson 32.
 Pecora 628.
 Pecten 350.
 Pedalganglion 339.
 Pedaten 332.
 Pedicellarien 318.
 Pedicellina 302.
 Pediculaten 556.
 Pediculus 447.
 Pedipalpen 468.
 Peitschenwurm 280.
 Pelagia 231.
 Pelagische Tiere, Pelagial 168.
 Pelagothuriden 332.
 Pelamydrus 578.
 Pelecanus 595.
 Peleocyipoden 343.
 Pelias 578.
 Pellicula 200.
 Pelmatozoen 335.
 Pelobates 566.
 Pelomyxa 179.
 Peltogaster 406.
 Penaeus 420.
 Pennatula 238.
 Pentaerinus 335.
 Pentamera 451.
 Pentastomum 475.
 Pentatomiden 458.
 Pentremites 335.
 Pepsin 96.
 Pepton 96.
 Perameles 615.
 Perca 555.
 Perdix 594.
 Pereiopoden 384.
 Perennibranchiaten 564.
 Perforaten 186, 240.
 Perforatorium 72.
 Pericard 100.
 Perichaeta 293.
 Periderm 219.
 Peridinium 191.
 Periophthalmus 553.
 Peripatoides 424.
 Peripatopsis 424.
 Peripatus 44, 424.
 Periplaneta 448.
 Periproet 326.
 Peripyleen 183.
 Perischoëchiniden 329.
 Perissodactylen 626.
 Peristaltik 97.
 Peristom 204, 326.
 Perithoracalraum 308.
 Peritoneum 99.
 Peritrichen 204.
 Perla 445.
 Perlen 346, 350.
 Perm 169.

 Perlmuttertschicht 345.
 Peromedusen 232.
 Peropoden 577.
 Petaurus 616.
 Petromyzon 532.
 Pfau 594.
 Pfeilschwänze 475.
 Pfeilwürmer 283.
 Pferd 627.
 Pierdeegel 300.
 Pflanzenbeutler 616.
 Pflanzentiere 209.
 Phaenotypus 33.
 Phaeodarien 184.
 Phalangioideen 470.
 Phalangistiden 616.
 Phalangium 470.
 Phalacrocorax 595.
 Phallusia 312.
 Phanerocephala 293.
 Phaneroglossen 566.
 Pharyngognathen 555.
 Pharynx 95.
 Phascolomys 616.
 Phascolosoma 295.
 Phasmiden 448.
 Phenacodonten 629.
 Phialidium 226.
 Philichthys 44.
 Philonexiden 377.
 Philopterus 447.
 Philosamia 463.
 Phleboteraten 362.
 Phoca 622.
 Phoenicopterus 595.
 Pholas 352.
 Phoronis 302.
 Phototaxis 116.
 Phronima 411.
 Phryganea 450.
 Phrynichus 468.
 Phrynus 468.
 Phthirus 447, 458.
 Phylactolämen 304.
 Phyllium 28, 448.
 Phyllopoden 400.
 Phyllorhinen 620.
 Phyllosoma 420.
 Phylloxera 459.
 Phylogenie 4, 40.
 Physalia 228.
 Physeter 623.
 Physiologie 3.
 Physoclisten 554.
 Physoneeten 228.
 Physophora 228.
 Physopoden 447.
 Physostomen 554.
 Phytophagen 616.
 Phytophthiren 458.
 Picarien 596.
 Pieris 463.
 Pildium 273.
 Pimpla 454.
 Pinguin 595.
 Pinna (Flosse) 538.

- Pinna (Muschel) 350.
 Pinnipedier 622.
 Pinnotheres 421.
 Pinnulae 334.
 Pipa 566.
 Piroplasma 195.
 Pisces 532.
 Piscicola 300.
 Pisidium 351.
 Pithecanthropus 634.
 Placenta 616.
 Placentalier 616.
 Placocephalus 254.
 Placodermen 551.
 Plagiaulax 614.
 Plagiostomen 547.
 Plagiotremen 573.
 Plakina 215.
 Planaria 254.
 Planipennien 450.
 Plankton 168.
 Planorbis 365.
 Plamula 152.
 Plasmodien 186.
 Plasmodiophora 187.
 Plasmodium 195.
 Plasmodroma 176.
 Plasmogamie 173.
 Plastron 578.
 Platanista 622.
 Plathelminthen 250.
 Plattwürmer 250.
 Platyrhinen 633.
 Plectognathen 556.
 Pleistocän 169.
 Pleopoden 383.
 Plerocercoid 266.
 Plerocercoides 270.
 Plesiosaurus 581.
 Plethodon 561.
 Pleuracanthiden 547.
 Pleuralganglion 339.
 Pleuralrippen 496.
 Pleurobrachia 243.
 Pleurobranchia 262.
 Pleurodiren 580.
 Pleurodont 575.
 Pleuronectes 555.
 Pleurotomaria 363.
 Plinius 7.
 Pliocän 169.
 Pliohippus 629.
 Plumatella 304.
 Plumularia 226.
 Pluteus 320.
 Pneumatizität 587.
 Pneumatophor 226.
 Pneumodermon 362.
 Podiceps 595.
 Podocnemis 580.
 Podophrya 60, 206.
 Podophthalmen 408, 413.
 Podura 444.
 Poikilotherme Tiere 102.
 Pollicipes 405.
 Polybostrychus 291.
 Polycelis 254.
 Polychäten 291.
 Polycladen 254.
 Polyclonia 230.
 Polycystideen 197.
 Polydesmus 426.
 Polyergus 457.
 Polygordius 293.
 Polymitarceys 445.
 Polymorphismus 157, 228.
 Polynoë 293.
 Polyodon 551.
 Polypen 217.
 Polypag 451.
 Polyphemiden 402.
 Polypid 302.
 Polyplacophoren 342.
 Polypodium 224.
 Polyprotodontien 615.
 Polypterus 551.
 Polyspermie 134.
 Polystomella 186.
 Polystomum 257.
 Polythalamien 186.
 Polytrema 531.
 Polyzoen 302.
 Ponerinen 456.
 Pontocypris 394.
 Porcellio 413.
 Poriferen 211.
 Porites 240.
 Porospora 196.
 Porpita 228.
 Porto-Santo-Kaninchen 38.
 Postabdomen 381.
 Potamobius 420.
 Pottwal 623.
 Praya 228.
 Priapulus 297.
 Primaten 631.
 Pristis 549.
 Proboscidiar 629.
 Procellariden 594.
 Proctodaeum 95.
 Proechidna 614.
 Progam 174.
 Proglottis 261.
 Promorphologie 121.
 Pronephros 522.
 Proporus 253.
 Prorostomus 630.
 Prosaurier 573.
 Proselachier 550.
 Prosimien 631.
 Prosobranchier 363.
 Prosopygier 302.
 Prostoma 148.
 Proteolepas 407.
 Proteroglyphen 578.
 Proteus 565.
 Protisten 176.
 Protobranchier 350.
 Protoconchen 350.
 Protodrilus 293.
 Protolippus 629.
 Protomerit 197.
 Protonephridien 103, 247.
 Protoplasma 53.
 Protopterus 557.
 Protostomier 249.
 Protozoen 171.
 Protracheaten 422.
 Protrachula 249.
 Prozessionsspinner 463.
 Psammonyx 186.
 Pseudoelektrische Organe 110.
 Pseudonavicellen 197.
 Pseudoneuropteren 445.
 Pseudopodien 54, 177.
 Pseudopus 575.
 Pseudoscorpionideen 469.
 Psidovermis 362.
 Psittaci 595.
 Psociden 447.
 Psorospermien 199.
 Psyche 463.
 Pteraspiden 551.
 Pterocladen 594.
 Pterodaetylus 581.
 Pteromys 624.
 Pteropoden 362.
 Pteropus 620.
 Pterosaurier 581.
 Pterotrachea 365.
 Pterygotus 476.
 Ptilometra 333.
 Ptyalin 96.
 Ptychodera 300.
 Pulex 461.
 Pulmbranchia 365.
 Pulmonaten 365.
 Pupiparen 461.
 Puppenformen 440.
 Purpurschnecken 364.
 Putorius 621.
 Pycnogonum 475, 477.
 Pygopodes 594.
 Pygostyl 586.
 Pyrophorus 451.
 Pyrosoma 312.
 Python 577.
 Pythonaster 325.
 Pythonomorphen 576.
Quadrilatera 421.
 Quadrula 185.
 Quagga 627.
 Qualle 217, 231.
 Quappe 555.
 Quartär 169.
 Querder 532.
 Quetelet 32.
Raben 596.
 Radialsymmetrie 124, 317.
 Radiaten 209, 217.
 Radiolarien 181.
 Radiozoum 191.
 Radula 340, 357.
 Rädertiere 274.

- Rainey-Mieschersche
 Schläuche 199.
 Raja 549.
 Ralliden 595.
 Ramphastiden 596.
 Rana 566.
 Ranatra 458.
 Rangifer 628.
 Rankenfüßler 403.
 Raphidia 450.
 Raptatores 596.
 Rasse 19.
 Ratiten 592.
 Ratte 625.
 Raubtiere 620.
 Raubvögel 596.
 Raupen 442, 462.
 Réaumur 10.
 Rebhuhn 594.
 Reblaus 459.
 Redia 257.
 Reflexbogen 84.
 Regeneration 128, 225.
 Regenwürmer 294.
 Regulares 329.
 Reh 628.
 Reiher 595.
 Renken 555.
 Renntier 628.
 Reptantia 420.
 Reptilien 567.
 Retina 119, 509.
 Rhabdites 277.
 Rhabdocölen 254.
 Rhabdome 117, 509.
 Rhabdonema 278.
 Rhabdopleura 301.
 Rhachiglossen 364.
 Raphidia 450.
 Rhea 592.
 Rhinoceros 626.
 Rhinoderma 564.
 Rhinodontiden 549.
 Rhinolophus 620.
 Rhinosporidium 199.
 Rhiptoglossen 575.
 Rhizocephaliden 406.
 Rhizoerinus 335.
 Rhizopoden 176.
 Rhizostoma 232.
 Rhodites 454.
 Rhombus 555.
 Rhopalocera 463.
 Rhopalonema 226.
 Rhynchobdellen 300.
 Rhynchocephalen 573.
 Rhynchodesmus 254.
 Rhynchonella 305.
 Rhynchoten 457.
 Rhytina 631.
 Richtungskörperchen 133.
 Riesenkänguruh 616.
 Riesenschlangen 577.
 Rind 628.
 Rindenläuse 459.
 Ringelechsen 567.
 Ringelnatter 578.
 Ringelwürmer 285.
 Rippenquallen 240.
 Robbe 622.
 Rochen 549.
 Rodentien 625.
 Rösel von Rosenhof 10.
 Rohrdommel 595.
 Rosenkönig 454.
 Rostellum 262.
 Rotalia 177, 186.
 Rotatorien 274.
 Ruderfüßler 395.
 Rudisten 351.
 Rückenmark 112, 500.
 Rückfalltyphus 191.
 Rüsselegel 300.
 Rüsselkäfer 452.
 Rugosen 240.
 Ruminantien 627.
 Rundwürmer 275.
 Rupicapra 628.
 Sabelliden 293.
 Saccobranchus 553.
 Sacconereis 291.
 Sacculina 406.
 Sägefische 549.
 Säugetiere 597.
 Sagitta 284.
 Saibling 554.
 Salamandra 565.
 Salamandrina 561.
 Salinella 208.
 Salmo 554.
 Salpa 314.
 Salpaeformes 313.
 Saltatorien 448.
 Saltigraden 472.
 Samia 463.
 Sandkäfer 451.
 Sandviper 578.
 Sanguinicola 272.
 Sapphirina 397.
 Sarcocystis 199.
 Sarcode 54, 176.
 Sarcodinen 176.
 Sarcophaga 461.
 Sarcophilus 615.
 Sarcopsylla 461.
 Sarcoptes 473.
 Sarcorhamphus 597.
 Sarcosporidien 199.
 Sardine 555.
 Sauerwurm 462.
 Saugnäpfe 254, 262.
 Saugwürmer 254.
 Saurier 574.
 Sauropsiden 582.
 Saururen 597.
 Scalarien 354.
 Scalpellum 405.
 Scansores 595.
 Scaphopoden 352.
 Scarabaeus 451.
 Schabe 448, 462.
 Schaeffer 10.
 Schaf 628.
 Schalendrüse 389, 393.
 Schellfisch 555.
 Scheltopusik 575.
 Scherenasseln 413.
 Schiffsbohrwurm 352.
 Schildkröten 579.
 Schildläuse 459.
 Schildpatt 482, 580.
 Schimpanse 633.
 Schistosomum 260.
 Schizocardium 300.
 Schizocöl 102.
 Schizodont 344.
 Schizogonie 174, 193.
 Schizopoden 414.
 Schlafkrankheit 191, 461.
 Schlangen 576.
 Schlangensterne 325.
 Schleiden 13, 52.
 Schleie 555.
 Schleiereule 597.
 Schleifenkanäle 104, 248.
 Schleimpilze, Schleimtiere
 186.
 Schlundring 112.
 Schlupfwespen 454.
 Schmetterlinge 462.
 Schnabelkerfe 457.
 Schnabeltier 614.
 Schnaken 460.
 Schnecken 353.
 Schneefloh 444.
 Schneehuhn 594.
 Schnepfenvögel 595.
 Schnurwürmer 272.
 Scholle 555.
 Schreivögel 596.
 Schultze, Max 14, 53.
 Schuppen 484, 533, 573.
 Schuppentier 618.
 Schwämme 211.
 Schwärmer 463.
 Schwalben 596.
 Schwalbenschwanz 463.
 Schwan 594.
 Schwann 13, 52.
 Schwanzlurche 564.
 Schwein 627.
 Schwertfisch 556.
 Schwimmblase 544.
 Schwimmfuß 391.
 Schwimmvögel 594.
 Scinciden 575.
 Sciuromorphen 624.
 Sciurus 624.
 Sclera 119, 386, 509.
 Sclerodermen (Korallen)
 239.
 Sclerodermen (Fische) 556.
 Sclerophyllia 239.
 Sclerostomum 279.
 Sclerotome 481.
 Scoleiden 250.
 Scolex 261.

- Scelopax* 595.
Scolopendra 426.
Scolopendrella 426.
Scomber 555.
Scomberesociden 555.
Scorpaena 556.
Scorpionideen 469.
Scutigera 426.
Scyllarus 420.
Scyphomedusen 228.
Scyphopolyp 228.
Scyphostoma 228.
Scyphozoen 228.
Sedentaria 293, 472.
Seebarsche 556.
Seehund 622.
Seeigel 326.
Seekühe 630.
Seelöwe 622.
Seenadel 556.
Seepferdchen 556.
Seerosen 239.
Seeschwalbe 594.
Seesterne 322.
Seewalzen 330.
Seezunge 555.
Segestria 472.
Segmentalorgane 104, 248.
Segmentierung 124, 481.
Sehorgane 116.
Sehzellen 116.
Seison 275.
Seitenlinie der Fische 507, 541.
Selache 549.
Selachier 547.
Selektionstheorie 30.
Selenodontien 627.
Semaeostomen 231.
Sepia 368, 376.
Sepioladen 376.
Septen 233.
Serosa 526.
Serpula 293.
Serranus 556.
Sertularia 226.
Sesien 463.
Sialis 450.
Siderone 27.
v. Siebold, Karl Theodor 14.
Silicispongien 214.
Silphiden 451.
Silur 169.
Silurus 555.
Simia 633.
Simuliden 460.
Singvögel 596.
Sinnesorgane 113.
Sinupalliaten 351.
Siphonapteren 461.
Siphonen 345.
Siphonophoren 226.
Siphonostomata 397.
Siphonostomen 363.
Sipunculus 297.
Siredon 565.
Siren 565.
Sirenen 630.
Sirex 454.
Sittiche 595.
Skelett 91, 484.
Solea 555.
Solen 352.
Solenococenen 352.
Solenocyten 103, 288.
Solenogastres 342.
Solenoglyphen 578.
Solpuga 467.
Somateria 594.
Sommereier 275, 400.
Sonnentierchen 179.
Sorex 619.
Spaltfuß 391.
Spanische Fliege 452.
Spanner 462.
Spatangus 330.
Spatulariden 551.
Spechte 596.
Spelerpes 561.
Sperling 596.
Spermatophore 474.
Spermatozoen 71.
Sphaerechinus 329.
Sphaerium 351.
Sphaerogastres 470.
Sphaeroma 413.
Sphaerophrya 206.
Sphaerozoum 183.
Sphenodon 574.
Sphex 455.
Sphinx 463.
Spinaciden 549.
Spinnen 470.
Spinnentiere 463.
Spinner 463.
Spirobolus 426.
Spirobranchier 306.
Spirochaete 191.
Spirographis 293.
Spirorbis 293.
Spirula 370, 376.
Spitzmaus 619.
Splanchnopleura 97.
Splenomegalie 191.
Spondylus 350.
Spongiae 211.
Spongilla 211, 215.
Sporenblase 187.
Sporocyste 257.
Sporogonie 174, 193.
Sporosacs 223.
Sporozoen 193.
Sporozoite 194.
Springwurm 278.
Sprosser 596.
Sprotten 555.
Spulwurm 278.
Spumellarien 183.
Squalides 548.
Squamipennes 556.
Squatina 549.
Squatinorajiden 549.
Squilla 415.
Staatenbildung 157, 442.
Stachelbäuter 317.
Stachelschwein 625.
Staphyliniden 451.
Statoblasten 304.
Statolith, Statocyste 116, 332.
Staublaas 447.
Stauromedusen 232.
Steganopodes 595.
Stegocephalen 565.
Stegomyia 460.
Steinadler 597.
Steinbock 628.
Steinbutt 555.
Steinkanal 318.
Stelmatopoden 304.
Stemma 389.
Stenops 631.
Stenostoma 94, 254.
Stentor 204.
Stephanoceros 275.
Stephanoscyphus 232.
Stephoideen 184.
Steppenhuhn 594.
Sterlet 551.
Sterna 594.
Stichling 555.
Stichopus 332.
Stieglitz 596.
Stigmen 421.
Stinktier 621.
St.-José-Schildlaus 459.
Stockbildung 156.
Stockfisch 555.
Störe 551.
Stolo prolifer 314.
Stomatopoden 414.
Stomodaeum 95.
Storch 595.
Strauße 592.
Strepsipteren 452.
Streptostylie 573.
Strickleiternnervensystem 112, 379.
Strigops 596.
Strix 597.
Strobila 231, 261.
Strongylocentrotus 329.
Strongyloides 278.
Strongylus 279.
Strudelwürmer 252.
Struthio 592.
Sturmvogel 594.
Stylaria 294.
Stylaster 225.
Stylochus 253.
Stylomatophoren 366.
Stylonychia 205.
Stylops 453.
Stylorhynchus 198.
Subungulaten 629.
Suctorien 206.
Südatlantis 164.
Surrakrankheit 190.

- Sus 627.
 Swammerdam 10.
 Sycandra 213.
 Sycon 213.
 Syllis 290.
 Sylvia 596.
 Symbiose 159.
 Symbranchus 553.
 Sympathicus 113, 504.
 Sympathische Färbung 28.
 Symphilen 159, 426, 443.
 Synapta 332.
 Synascidien 312.
 Syncaryon 173.
 Syncytien 63, 173.
 Syngamus 279.
 Syngnathus 556.
 Syphilis 191.
 Syrinx 588.
 Syrrium 597.
 Syrphiden 461.
 Syrphaptes 594.
 Systole 101.

 Tabanus 461.
 Tachina 461.
 Taenia 264, 270.
 Taenioglossen 364.
 Tagfalter 463.
 Tagraubvögel 596.
 Talpa 619.
 Tanais 413.
 Tanystomen 461.
 Tapirus 626.
 Tardigraden 475, 477.
 Tarentola 575.
 Tarentula 472.
 Tarsius 631.
 Taschenkrebse 406, 421.
 Tastorgane 114.
 Tatusia 619.
 Tauben 594.
 Tausendfüßler 424.
 Taxodont 344.
 Tectibranchier 362.
 Tegeneria 472.
 Teichmuscheln 351.
 Teilung 129.
 Tejiden 575.
 Teleostier 552.
 Teleostomen 550.
 Tellina 351.
 Telosporidien 194.
 Telyphonus 468.
 Tenebrio 451.
 Tenthrediniden 454.
 Teras 454.
 Terebella 293.
 Terebra 453.
 Terebrantien 454.
 Terebratula 307.
 Teredo 352.
 Termiten 446.
 Terricolen 294.
 Tertiär 169.

 Testacelliden 365.
 Testicardines 307.
 Testudo 580.
 Tethyodeen 309.
 Tethys 361.
 Tetrabranchiaten 376.
 Tetracorallien 240.
 Tetractinelliden 215.
 Tetrameren 452.
 Tetrao 594.
 Tetrapneumones 472.
 Tetrarhynchus 269.
 Tetrastemma 274.
 Tetrasticten 471.
 Tetraxonier 215.
 Tettix 449.
 Texasfieber 195.
 Thalamophoren 184, 186.
 Thalassicolla 183.
 Thaliaceen 313.
 Thaumetopoca 463.
 Thecosomen 362.
 Therodontien 581.
 Theromorphen 581.
 Theropoden 581.
 Thethyodeen 309.
 Thomas Cantimpratensis 7.
 Thoracostraca 408, 413.
 Thorax 381.
 Thrips 447.
 Thunfisch 556.
 Thylacinus 615.
 Thymallus 555.
 Thymus 516.
 Thynnus 556.
 Thyreoidea 516.
 Thysanopteren 447.
 Thysanozoon 254.
 Thysanuren 444.
 Tialfiella 243.
 Tiara 220.
 Tiefseefauna 168.
 Tiergeographie 47, 163.
 Tiger 622.
 Tillodontien 625.
 Tinamiden 594.
 Tinca 555.
 Tinea 462.
 Tintenfische 366, 371.
 Tipula 460.
 Tokogonie 127.
 Tornaria 301.
 Torpedo 549.
 Tortrix 462.
 Totenkopf 463.
 Toxodontien 629.
 Toxoglossen 364.
 Trachea 516.
 Tracheaten 421.
 Tracheen 421, 435.
 Tracheenkiemen 422.
 Tracheenlungen 466.
 Trachomedusen 226.
 Trachynemiden 226.
 Tragulus 628.
 Trappe 595.

 Trematoden 254.
 Trembly 225.
 Trepang 332.
 Triarthrus 407.
 Trias 169.
 Triaxonier 215.
 Triblasterien 250.
 Triceratops 581.
 Trichechus 622.
 Trichina 281.
 Trichinella 281.
 Trichocephalus 280.
 Trichoysten 200.
 Trichodectes 447.
 Trichomonas 190.
 Trichoplax 208.
 Trichopteren 450.
 Trichotracheliden 280.
 Tricladen 252.
 Tridaena 351.
 Trigla 556.
 Trilobiten 169, 407.
 Trimeren 452.
 Trionchoideen 579.
 Trionyx 580.
 Tripyleen 184.
 Tristicten 471.
 Triton 565.
 Tritoniaden 361.
 Trochiliden 596.
 Trochophora 249, 289.
 Trochus 363.
 Troctes 447.
 Troglodytes 633.
 Trombidium 473.
 Tropicaparasit 195.
 Tropidonotus 578.
 Truthahn 594.
 Trutta 554.
 Trypanoplasma 191.
 Trypanosoma 190.
 Trypanosyllis 290.
 Tryphaena 463.
 Trypsin 96.
 Tsetsefliege 190.
 Tubicinellen 403.
 Tubicolae 293.
 Tubificiden 294.
 Tubinares 594.
 Tubiporaceen 239.
 Tubitelae 472.
 Tubularia 226.
 Tukane 596.
 Tunicaten 307.
 Turbellarien 252.
 Turdiden 596.
 Tylenchus 278.
 Tylopoden 628.
 Tympanale Gehörgane 434, 449.
 Typhentheorie 11.
 Typhlomolge 565.
 Typhlops 577.
 Typhlotriton 565.
 Tyranniden 596.
 Tyroglyphus 473.

Uca 421.
 Uferaas 451.
 Uhu 597.
 Ulmaris 230, 231.
 Unguis 483.
 Ungula 483.
 Ungulaten 625.
 Unio 351.
 Unke 566.
 Unpaarhufer 626.
 Urdarm 94, 148.
 Ureteren 523.
 Urflügler 445.
 Urinatorens 594.
 Urinsekten 444.
 Urmollusken 342.
 Urmund 148.
 Urnatella 302.
 Urniere 522.
 Urodelen 564.
 Urogenitalsystem 106, 520.
 Ursus 621.
 Urtiere 171.
 Urwirbel 498.
 Urzeugung 40, 126, 175.
 Vagabunden 472.
 Valvata 364.
 Vampyrus 620.
 Vanellus 595.
 Vanessa 363.
 Varanus 575.
 Variabilität 31.
 Varietät 19.
 Vasa Malpighi 389, 433, 465.
 Vegetative Organe 92.
 Velella 228.
 Veligerlarve 341.
 Velum 221.
 Venen 101.
 Venusgürtel 243.
 Venus 351.
 Vererbung 136.
 Vermes 245.
 Vermetiden 358.
 Vermilinguien 575.
 Vertebraten 481.
 Vertumnus 362.
 Vervollkommungsprinzip 39.
 Vesal 10.
 Vesparien 455.
 Vespertilio 620.
 Vibracularen 304.

Vielfraß 621.
 Viperiden 578.
 Visceralganglion 339, 349.
 Visceralskelett 492.
 Viverra 622.
 Vivipare Tiere 153.
 Vögel 582.
 Vogelspinnen 472.
 Volvox 190.
 Vorniere 522.
 Vortex 254.
 Vorticella 205.
 de Vries 34.
 Vulpes 622.
 Vultur 597.
 Wabenkröte 566.
 Wachtelkönig 595.
 Wärmestarre 56.
 Wagner, Moritz 19, 38, 49.
 Waldheimia 307.
 Wallace 19, 48.
 Walrat 622.
 Walroß 623.
 Waltiere 622.
 Walzenspinnen 467.
 Wanderheuschrecken 449.
 Wanzen 457.
 Warmblüter 102.
 Wasserasseln 413.
 Wassergefäße 103, 247.
 Wasserjungfern 445.
 Wasserkäfer 451.
 Wasserlungen 332.
 Watvögel 595.
 Weberknecht 470.
 Webspinnen 470.
 Wechselwarme Tiere 102.
 Weichtiere 337.
 Weisel 442, 455.
 Weismann 137.
 Weiße Ameisen 446.
 Weißfische 555.
 Welse 555.
 Wespen 455.
 Wickler 462.
 Wiederkäuer 627.
 Wiesel 621.
 Wildente 594.
 Wildgans 594.
 Wimperinfusorien 199.
 Windig 463.
 Winterreier 274, 400.
 Wirbeltiere 481.
 Wisent 628.

Wolf 622.
 Wolff Caspar Friedrich 13.
 Wolfischer Körper 521.
 Wombat 616.
 Wotton 7.
 Wrisberg 10.
 Würmer 245.
 Wurzelfüßler 176.
 X-Chromosomen 144.
 Xenarthra 618.
 Xenophyophoren 186.
 Xenopus 566.
 Xenos 453.
 Xiphias 556.
 Xiphosuren 475.
 Xyclopa 455.
 Xylotropha 463.
 Zahnflücker 618.
 Zander 555.
 Zebra 627.
 Zecken 473.
 Zelle 51.
 Zellentheorie, Geschichte derselben 13, 51.
 Zellkern 56.
 Zellteilung 60.
 Zellulose 308.
 Zentralkörperchen 59.
 Zeuglodonten 623.
 Zibethkatze 621.
 Ziege 618.
 Ziegenmelker 596.
 Zitteraal 555.
 Zitterrochen 549.
 Zitterwels 555.
 Zoantharien 239.
 Zoantheen 239.
 Zoarces 556.
 Zoëa 394, 419.
 Zoophagen 615.
 Zoophyten 209.
 Zooxanthellen 183.
 Zuchtwahl 25.
 Zuckergast 444.
 Zunge 357.
 Zungenwürmer 474.
 Zweiflügler 459.
 Zwergmännchen 274, 397, 404.
 Zwischenkiefer 493.
 Zwitterdrüse 106 359.
 Zygaena 543.
 Zygobranchier 363.
 Zygote 173.



- Sus 627.
 Swammerdam 10.
 Sycandra 213.
 Sycon 213.
 Syllis 290.
 Sylvia 596.
 Symbiose 159.
 Symbranchus 553.
 Sympathicus 113, 504.
 Sympathische Färbung 28.
 Symphilen 159, 426, 443.
 Synapta 332.
 Synaseidien 312.
 Syncaryon 173.
 Syncytien 63, 173.
 Syngamus 279.
 Syngnathus 556.
 Syphilis 191.
 Syrinx 588.
 Syrnum 597.
 Syrphiden 461.
 Syrrhaptēs 594.
 Systole 101.

 Tabanus 461.
 Tachina 461.
 Taenia 264, 270.
 Taenioglossen 364.
 Tagfalter 463.
 Tagraubvögel 596.
 Talpa 619.
 Tanais 413.
 Tanystomen 461.
 Tapirus 626.
 Tardigraden 475, 477.
 Tarentola 575.
 Tarentula 472.
 Tarsius 631.
 Taschenkrebse 406, 421.
 Tastorgane 114.
 Tatusia 619.
 Tauben 594.
 Tausendfüßler 424.
 Taxodont 344.
 Tectibranchier 362.
 Tegeneria 472.
 Teichmuscheln 351.
 Teilung 129.
 Tejiden 575.
 Teleostier 552.
 Teleostomen 550.
 Tellina 351.
 Telosporidien 194.
 Telyphonus 468.
 Tenebrio 451.
 Tenthrediniden 454.
 Teras 454.
 Terebella 293.
 Terebra 453.
 Terebrantien 454.
 Terebratula 307.
 Teredo 352.
 Termiten 446.
 Terriolen 294.
 Tertiär 169.

 Testacelliden 365.
 Testicardines 307.
 Testudo 580.
 Tethyodeen 309.
 Tethys 361.
 Tetrabranchiaten 376.
 Tetracorallien 240.
 Tetractinelliden 215.
 Tetrameren 452.
 Tetrao 594.
 Tetrapneumones 472.
 Tetrarhynchus 269.
 Tetrastemma 274.
 Tetrasticten 471.
 Tetraxonier 215.
 Tettix 449.
 Texasfieber 195.
 Thalamophoren 184, 186.
 Thalassicolla 183.
 Thaliaceen 313.
 Thaumetopoca 463.
 Thecosomen 362.
 Therodontien 581.
 Theromorphen 581.
 Theropoden 581.
 Thethyodeen 309.
 Thomas Cantimpratensis 7.
 Thoracostraca 408, 413.
 Thorax 381.
 Thrips 447.
 Thunfisch 556.
 Thylacinus 615.
 Thymallus 555.
 Thymus 516.
 Thynnus 556.
 Thyreoidea 516.
 Thysanopteren 447.
 Thysanozoon 254.
 Thysanuren 444.
 Tialfiella 243.
 Tiara 220.
 Tiefseefauna 168.
 Tiergeographie 47, 163.
 Tiger 622.
 Tillodontien 625.
 Tinamiden 594.
 Tinea 555.
 Tinea 462.
 Tintenfische 366, 371.
 Tipula 460.
 Tokogonie 127.
 Tornaria 301.
 Torpedo 549.
 Tortrix 462.
 Totenkopf 463.
 Toxodontien 629.
 Toxoglossen 364.
 Trachea 516.
 Tracheaten 421.
 Tracheen 421, 435.
 Tracheenkiemen 422.
 Tracheenlungen 466.
 Trachomedusen 226.
 Trachynemiden 226.
 Tragulus 628.
 Trappe 595.

 Trematoden 254.
 Trembly 225.
 Trepang 332.
 Triarthrus 407.
 Trias 169.
 Triaxonier 215.
 Triblasterien 250.
 Triceratops 581.
 Trichechus 622.
 Trichina 281.
 Trichinella 281.
 Trichocephalus 280.
 Trichocysten 200.
 Trichodectes 447.
 Trichomonas 190.
 Trichoplax 208.
 Trichopteren 450.
 Trichotracheliden 280.
 Tricladen 252.
 Tridacna 351.
 Trigla 556.
 Trilobiten 169, 407.
 Trimeren 452.
 Trionychoideen 579.
 Trionyx 580.
 Tripyleen 184.
 Tristicten 471.
 Triton 565.
 Tritoniaden 361.
 Trochiliden 596.
 Trochophora 249, 289.
 Trochus 363.
 Troctes 447.
 Troglodytes 633.
 Trombidium 473.
 Tropicaparasit 195.
 Tropidonotus 578.
 Truthahn 594.
 Trutta 554.
 Trypanoplasma 191.
 Trypanosoma 190.
 Trypanosyllis 290.
 Tryphaena 463.
 Tiger 96.
 Tsetsefliege 190.
 Tubicinellen 403.
 Tubicolae 293.
 Tubificiden 294.
 Tubinares 594.
 Tubiporaceen 239.
 Tubitelae 472.
 Tubularia 226.
 Tukane 596.
 Tunicaten 307.
 Turbellarien 252.
 Turdiden 596.
 Tylenchus 278.
 Tylopoden 628.
 Tympanale Gehörorgane 434, 449.
 Typentheorie 11.
 Typhlomolge 565.
 Typhlops 577.
 Typhlotriton 565.
 Tyranniden 596.
 Tyroglyphus 473.

- Uca 421.
 Uferaas 451.
 Uhu 597.
 Ulmaris 230, 231.
 Unguis 483.
 Ungula 483.
 Ungulaten 625.
 Unio 351.
 Unke 566.
 Unpaarhufer 626.
 Urdarm 94, 148.
 Ureteren 523.
 Urflügler 445.
 Urinatorens 594.
 Urinsekten 444.
 Ermollusken 342.
 Urmund 148.
 Urnatella 302.
 Urniere 522.
 Urodelen 564.
 Urogenitalsystem 106, 520.
 Ursus 621.
 Urtiere 171.
 Urwirbel 498.
 Urzeugung 40, 126, 175.
- Vagabunden** 472.
 Valvata 364.
 Vampyrus 620.
 Vanellus 595.
 Vanessa 363.
 Varanus 575.
 Variabilität 31.
 Varietät 19.
 Vasa Malpighi 389, 433, 465.
 Vegetative Organe 92.
 Velella 228.
 Veligerlarve 341.
 Velum 221.
 Venen 101.
 Venusgürtel 243.
 Venus 351.
 Vererbung 136.
 Vermes 245.
 Vermetiden 358.
 Vermilinguinen 575.
 Vertebraten 481.
 Vertumnus 362.
 Vervollkommnungsprinzip 39.
 Vesal 10.
 Vesparien 455.
 Vespertilio 620.
 Vibracularen 304.
- Vielfraß 621.
 Viperiden 578.
 Visceralganglion 339, 349.
 Visceralskelett 492.
 Viverra 622.
 Vivipare Tiere 153.
 Vögel 582.
 Vogelspinnen 472.
 Volvox 190.
 Vorniere 522.
 Vortex 254.
 Vorticella 205.
 de Vries 34.
 Vulpes 622.
 Vultur 597.
- Wabenkröte** 566.
 Wachtelkönig 595.
 Wärmestarre 56.
 Wagner, Moritz 19, 38, 49.
 Waldheimia 307.
 Wallace 19, 48.
 Walrat 622.
 Walroß 623.
 Waltiere 622.
 Walzenspinnen 467.
 Wanderheuschrecken 449.
 Wanzen 457.
 Warmblüter 102.
 Wasserasseln 413.
 Wassergefäße 103, 247.
 Wasserjungfern 445.
 Wasserkäfer 451.
 Wasserlungen 332.
 Watvögel 595.
 Weberknecht 470.
 Webspinnen 470.
 Wechselwarme Tiere 102.
 Weichtiere 337.
 Weisel 442, 455.
 Weismann 137.
 Weiße Ameisen 446.
 Weißfische 555.
 Welse 555.
 Wespen 455.
 Wickler 462.
 Wiederkäufer 627.
 Wiesel 621.
 Wildente 594.
 Wildgans 594.
 Wimperinfusorien 199.
 Windig 463.
 Winterer 274, 400.
 Wirbeltiere 481.
 Wisent 628.
- Wolf 622.
 Wolff Caspar Friedrich 13.
 Wolffischer Körper 521.
 Wombat 616.
 Wotton 7.
 Wrisberg 10.
 Würmer 245.
 Wurzelfüßler 176.
- X-Chromosomen** 144.
 Xenarthra 618.
 Xenophyphoren 186.
 Xenopus 566.
 Xenos 453.
 Xiphias 556.
 Xiphosuren 475.
 Xylocopa 455.
 Xylotropha 463.
- Zahnlücker** 618.
 Zander 555.
 Zebra 627.
 Zecken 473.
 Zelle 51.
 Zellentheorie, Geschichte derselben 13, 51.
 Zellkern 56.
 Zellteilung 60.
 Zellulose 308.
 Zentralkörperchen 59.
 Zenglodonten 623.
 Zibethkatze 621.
 Ziege 618.
 Ziegenmelker 596.
 Zitteraal 555.
 Zitterrochen 549.
 Zitterwels 555.
 Zoantharien 239.
 Zoantheen 239.
 Zoarces 556.
 Zoëa 394, 419.
 Zoophagen 615.
 Zoophyten 209.
 Zooxanthellen 183.
 Zuchtwahl 25.
 Zuckergast 444.
 Zunge 357.
 Zungenwürmer 474.
 Zweiflügler 459.
 Zwergmännchen 274, 397, 404.
 Zwischenkiefer 493.
 Zwitterdrüse 106, 359.
 Zygæna 543.
 Zygobranchier 363.
 Zygote 173.



DRUCK VON ANT. KÄMPFE IN JENA

Allgemeine Biologie. Von **Oscar Hertwig**. Sechste und siebente, verbesserte und erweiterte Auflage, bearbeitet von Oscar Hertwig †, o. Prof. der Anatomie in Berlin und Günther Hertwig, ao. Prof. der Anatomie in Rostock i. M. Mit 496 teils farbigen Abbild. im Text. XVII, 822 S. gr. 8° 1923 Gmk 10.—, geb. 12.50

Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1920, Nr. 30: Hertwigs „Allgemeine Biologie“ bedarf einer besonderen Empfehlung nicht mehr. Es wird nicht viele Biologen geben, seien es nun Naturwissenschaftler im engeren Sinne, oder seien es über ihr Fachgebiet hinaus interessierte Mediziner, denen das Buch unbekannt geblieben ist. Wer sich über Morphologie und Biologie der Zelle, dieses Thema im weitesten Sinne gefaßt, unterrichten will, der findet in der „Allgemeinen Biologie“ ein außerordentlich reiches Tatsachenmaterial zusammengetragen und wohl verarbeitet, und auch der Spezialist auf dem Gebiete kann manche Anregung aus dem Buche schöpfen. Nachtsheim.

Das Werden der Organismen. Zur Widerlegung von Darwins Zufallstheorie durch das Gesetz in der Entwicklung. Von Prof. Dr. **Oscar Hertwig**, Berlin. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 115 Abbild. im Text. XX, 686 S. gr. 8° 1922 Gmk 10.50, geb. 13.—

Biolog. Zentralblatt, 37. Bd., Nr. 3: . . . O. Hertwigs Buch, das so geschrieben ist, daß es auch dem gebildeten Laien zugänglich ist, wird jeder lesen müssen, der sich für allgemeine Biologie ernstlich interessiert, der Forscher wird die darin enthaltenen Hypothesen an seinen Befunden messen müssen, und die Geschichte der Abstammungslehre wird das Werk zu ihren wertvollsten zählen. P. Buchner.

Zur Abwehr des ethischen, des sozialen, des politischen Darwinismus. Von Prof. Dr. **Oscar Hertwig**, Berlin. Zweite Auflage. V, 121 S. gr. 8° 1921 Gmk 2.—

Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Begründet 1894 von **Ed. Strasburger**, **F. Noll**, **H. Schenck**, **A. F. Wilh. Schimper**. Sechzehnte, umgearbeitete Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. Hans Fitting, Bonn, Prof. Dr. Ludwig Jost, Heidelberg, Prof. Dr. Heinrich Schenck, Darmstadt, Prof. Dr. George Karsten, Halle-Wittenberg. Mit 844 zum Teil farbigen Abbild. im Text. VIII, 685 S. Lex. 8° 1923 Gmk 9.—, geb. 11.—

Monatshefte für den naturwiss. Unterricht, Bd. X, Heft 10/11: . . . Es erübrigt sich, über das an erster Stelle aller Lehrbücher der Botanik stehende Buch und seine vollendete Abrundung und große Reichhaltigkeit noch weiteres zu sagen. Bastian Schmid.

Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten. Von Prof. Dr. **Walter Schoenichen**. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 261 Abbild. im Text. X, 227 S. gr. 8° 1921 Gmk 4.—, geb. 5.50

Literarisches Zentralblatt für Deutschland. 1918, Nr. 34: Das Buch ist hauptsächlich aus den Bedürfnissen des Schulunterrichts hervorgegangen und soll vor allem dem Kandidaten des höheren Schulamts zugute kommen. Es eignet sich besonders für den Beginn des biologischen Studiums und hat wie alles, was Schoenichen macht, Hand und Fuß. Da er den Stoff meisterhaft beherrscht, ist es natürlich ein Vergnügen, seinen Ausführungen zu folgen, die von Trockenheit nichts erkennen lassen. Jede höhere Schule sollte das Werk für den biologischen Unterricht anschaffen. Wie wird einem hier alles, wie man zu sagen pflegt, auf dem Präsentierteller entgegengebracht, was man früher mühsam zusammen suchen mußte.

Elemente der Tierphysiologie. Ein Hilfsbuch für Vorlesungen und praktische Übungen an Universitäten und höheren Schulen, sowie zum Selbststudium für Zoologen und Mediziner. Von Dr. **Walter Stempell**, o. ö. Prof. der Zoologie, vergleich. Anatomie u. Physiologie, Direktor d. zool. Instituts d. Universität Münster i. W., und Dr. **Albert Koch**, Privatdoz. d. Zool. a. d. Univers., Vorst. d. Zool. Abtlg. d. Anstalt f. Pflanzenschutz d. Landwirtschaftskammer f. d. Provinz Westfalen zu Münster i. W. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 373 Abbild. im Text. XXX, 762 S. gr. 8° 1923 Gmk 10.—, geb. 12.—

Lebensdauer, Altern und Tod. Von Dr. **E. Korschelt**, Prof. der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Marburg. Dritte, umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 221 Abbild. im Text. VII, 387 S. gr. 8° 1924 Gmk 10.—, geb. 11.50

Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung. Von Prof. **Johannes Meisenheimer**, Leipzig.

- I. Über den Zusammenhang primärer und sekundärer Geschlechtsmerkmale bei den Schmetterlingen und den übrigen Gliedertieren. Mit 55 Abbild. im Text und 2 Taf. VIII, 150 S. gr. 8° 1909 Gmk 6.50
- II. Über den Zusammenhang zwischen Geschlechtsdrüsen und sekundären Geschlechtsmerkmalen bei Fröschen. Mit 20 Abbild. im Text. 28 S. gr. 8° 1912 Gmk 1.—
- III. Die Vererbung von Art- und Geschlechtsmerkmalen bei *Biston*-Artkreuzungen. Mit 50 Abbild. im Text und Tafel 1—5. (Sonderabdruck aus „Zoologische Jahrbücher“, Abt. f. allg. Zool. u. Phys., Band 41.) 90 S. gr. 8° 1924 Gmk. 10.—

Anleitung zu makroskopisch-zoologischen Übungen. Von Dr. **H. F. Nierstrasz**, Prof. an der Reichsuniversität zu Utrecht und Dr. **Chr. Hirsch**, Privatdozent an der Reichsuniversität zu Utrecht. Zwei Hefte.

- Heft 1: **Wirbellose Tiere.** VII, 103 S. gr. 8° 1922 Gmk 1.50, geb. 3.—
Heft 2: **Wirbeltiere.** Mit 1 Abbild. im Text und 11 Abbild. auf 2 Tafeln. X, 124 S. gr. 8° 1924 Gmk 4.50, geb. 6.—

Dieser Führer weicht in vielen Punkten von den sonst gebräuchlichen ab. Er behandelt nur wenige Tiere, diese aber werden makroskopisch tiefer durchgearbeitet als gewöhnlich. Ferner fehlen die Abbildungen; die Aufgabe der Anleitung ist nämlich, sehen zu lehren; die Bilder sollen von Studierenden selbst gesehen und nicht nachgezeichnet werden. So gibt dieses Buch nicht eine Beschreibung des betreffenden Tieres, sondern eine Anleitung, selbständig Bild für Bild zu entwerfen. Damit kehren die Verfasser bewußt zur alten Methode der zoologischen Arbeit zurück, weil sie die beste Grundlage gibt.

Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. Von Dr. **Ludwig Plate**, Prof. der Zool. u. Dir. des phylet. Museums an der Univers. Jena. Vier Teile.

Erster Teil: **Einleitung, Cytologie, Histologie, Promorphologie, Haut, Skelette, Lokomotionsorgane, Nervensystem.** Mit 557 teilweise farbigen Abbildungen im Text. VI, 629 S. gr. 8° 1922 Gmk 9.—, geb. 11.—

Zweiter Teil: **Die Sinnesorgane der Tiere.** (Einleitung, Tastorgane, Seitenorgane. Statische Organe. Gehörorgane der Wirbellosen. Stotakustischer Apparat der Wirbeltiere. Temperaturorgane. Geruchs- und Geschmacksorgane. Lichtwirkungen. Augen der Evertebraten. Übersicht über die Augen der Wirbellosen. Das Farbsehen der Tiere. Die Augen der Wirbeltiere.) Mit 726 teilweise farbigen Abbildungen im Text. IX, 806 S. gr. 8° 1924 Gmk 22.—, geb. 24.50

(Der 3. und 4. Teil befindet sich in Vorbereitung.)

Lehrbuch der Histologie und der mikroskopischen Anatomie des Menschen.

Mit Einschluß der mikroskopischen Technik. Von Dr. **Philipp Stöhr**, o. ö. Professor der Anatomie und Direktor der anat. Anstalt in Würzburg. Zwanzigste Auflage. Neu bearbeitet von Dr. **Wilhelm v. Möllendorff**, o. ö. Professor der Anatomie in Kiel. Mit 397 zum Teil farbigen Abbildungen im Text. XII, 487 S. gr. 8° 1924 Gmk 9.—, geb. 10.50

Centralblatt für Pathologie 1922, Nr. 23: Ein Buch wie das vorliegende bedarf keiner besonderen Empfehlung. Es hat sich in jeder Hinsicht bewährt. . . . Die neue Auflage zeigt gegenüber der 18. recht verändertes Aussehen; sie zeichnet sich wie diese durch die sachliche, klare und leicht faßbare Art der Darstellung aus, bringt aber sehr viel Neues und entspricht vollkommen den Anforderungen, die auch von physiologischer und klinischer Seite heute an ein Buch gestellt werden, das den histologischen Bau des menschlichen Körpers schildert. Die Ergebnisse der neueren Arbeiten sind durchweg verwertet. . . . Der Bildschmuck des Werkes hat sich sehr vorteilhaft verändert; eine große Zahl neuer, zum Teil sehr guter Abbildungen ist eingefügt, eine Reihe der veralteten Skizzen ist verschwunden. . . . H. Stieve, Halle a. S.

Lehrbuch der Paläozoologie. Von **O. Abel**, o. ö. Prof. der Paläobiologie an der Universität Wien. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 700 Abbild. im Text. XIV, 523 S. gr. 8^o 1924 Gmk 14.—, geb. 16.—

Die Eroberungszüge der Wirbeltiere in die Meere der Vorzeit. Von **O. Abel**, o. ö. Prof. der Paläobiologie, Vorstand des Paläobiologischen Institutes der Universität Wien. Mit Titelbild u. 52 Abb. VII, 121 S. gr. 8^o 1924 Gmk 4.50

Inhalt: Einleitung. — Die Ichthyopterygier. — Die Thalattosaurier. — Die Pleurosaurier. — Die Sauropterygier. — Die Placodontier. — Die Meereskrokodile. — Die Meeresschildkröten. — Die Mosasaurier. — Die Meeresschlangen. — Die marinen Flugsaurier. — Die Meeresvögel. — Desmostylus. — Die Wale. — Die Robben. — Der Seeotter. — Die Sirenen. — Schlußbetrachtungen.

Die Furcht vor der Mathematik und ihre Überwindung. Von Dr. **Felix Auerbach**, Prof. der Physik an der Universität Jena. III, 68 S. 8^o 1924 Gmk 1.50

Geschichte der Organismen. Von Dr. **Victor Franz**, Prof. an der Universität Jena und Inhaber der Ritter-Professur für Phylogenie. Mit 683 Abbild. im Text und 1 Tafel. XIII, 948 S. gr. 8^o 1924 Gmk 36.—, geb. 39.—

Inhalt: Einführung. — Vorbetrachtungen: Das Organismenleben als Naturerscheinung. 1. Das Organismenleben in Zeit und Raum. 2. Mechanismus und Zweckmäßigkeit. 3. Körper und Geist. — I. Hauptstück: Urgeschichte des Organismenlebens. 1. Die mutmaßlichen Anfänge des Organismenlebens. 2. Urgeschichte des Zellentums. — II. Hauptstück: Die Geschichte der Pflanzenstämme. 1. Die Geschichte der Algen. 2. Die Geschichte der Pilze. 3. Die Geschichte der Flechten. 4. Die Geschichte der Einzeller, Protisten oder Monadomorpha. 5. Die Geschichte der höheren Pflanzen. — III. Hauptstück: Die Geschichte der Tierstämme. 1. Die Geschichte der Nesseltiere. 2. Die Geschichte der Schwämme. 3. Die Geschichte der Würmer. 4. Die Geschichte der Muschellinge. 5. Die Geschichte der Weichtiere. 6. Die Geschichte der Krebse. 7. Die Geschichte der Spinnenkerfe. 8. Die Geschichte der Kerbtiere. 9. Die Geschichte der Pfeilwürmer. 10. Die Geschichte der Eichelwürmer. 11. Die Geschichte der Sterniere oder Stachelhäuter. 12. Die Geschichte der Rückgrattiere (Lanzettfische, Manteltiere, Fische, Lurche, Kriechtiere, Vögel, Säugetiere). — Register.

Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Von Dr. **R. Hesse**, o. Prof. der Zoologie und vergleichenden Anatomie und Direktor des Zoologischen Instituts an der Universität Bonn. Mit 135 Abbild. im Text. XII, 613 S. gr. 8^o 1924 Gmk 16.—, geb. 18.—

Inhalt: I. Die ökologischen Grundlagen der Tierverbreitung. — II. Die Verbreitung der Meerestiere. — III. Die Verbreitung der Tiere in den Binnengewässern. — IV. Die Verbreitung der Lufttiere. — Literaturnachweis. Autoren- und Sachregister.

Klima und Entwicklung. Versuch einer Bioklimatik des Menschen und der Säugetiere. Von Dr. **K. Olbricht**. Mit 11 Abbild. auf 4 Tafeln. III, 74 S. gr. 8^o 1923 Gmk 3.—

Inhalt: Einleitung. 1. Erdgeschichte und Lebewelt. 2. Der Einfluß des Klimas auf die Lebewesen. 3. Die Ausbreitung der Säugetiere. 4. Die Ausbreitung des Menschengeschlechts und die Entwicklung der menschlichen Kultur. 5. Das bioklimatische Gesetz.

Die Rassengeschichte der Wirtschaftstiere und ihre Bedeutung für die Geschichte der Menschheit. Von Dr. **F. P. Stegmann von Pritzwald**, o. Prof. d. Tierzuchtlehre an der Universität Jena. Mit 108 Abbild. im Text. VIII, 371 S. gr. 8^o 1924 Gmk 12.—, geb. 13.50

Inhalt: 1. Das Haustier im allgemeinen. 2. Das Rind. 3. Das Schaf. 4. Die Ziege. 5. Das Schwein. 6. Das Pferd. 7. Der Esel. 8. Das Kamel. 9. Das Lama und die Alpaca. 10. Der Wisent. 11. Der Büffel. 12. Das Reh. 13. Das Kaninchen. 14. Der Elefant. 15. Die Kulturvölker und ihre Wirtschaftstiere: Das älteste Kulturvolk und seine Haustiere. Die Semiten und ihre Haustiere. Die Ägypter, die Iberer, die Nordeuropäer in Asien und ihre Haustiere. Die Pfahlbauten und ihre Haustiere. Die finnischen Völker, die Mongolen, die Kelten, die Griechen, die Römer, die Slawen, die Germanen und ihre Haustiere. Amerika und seine Haustiere. — Schlußbetrachtungen. — Verzeichnis der zitierten Literatur, der Autoren- und Personennamen, der geographischen Namen, der Abbildungen. Sachregister.

Handwörterbuch der Naturwissenschaften

Herausgegeben von

Prof. Dr. **E. Korschelt**-Marburg (Zoologie), Prof. Dr. **G. Linck**-Jena (Mineralogie und Geologie), Prof. Dr. **F. Oltmanns**-Freiburg i. Br. (Botanik), Prof. Dr. **K. Schaum**-Leipzig (Chemie), Prof. Dr. **H. Th. Simon**-Göttingen (Physik), Prof. Dr. **M. Verworn**-Bonn (Physiologie), Dr. **E. Teichmann**-Frankfurt a. M. (Hauptredaktion)

Zehn Bände • 1912—1915

Auf 12030 Seiten Text: 777 selbständige Aufsätze m. 8863 Abbildungen u. 627 Biographien, verfaßt von 400 Mitarbeitern. 360 Seiten (= 1080 Spalten) Sachregister

Gmk 200.—, geb. in Halbleder Gmk 280.—

Verlag von Gustav Fischer in Jena

Die Überzeugung, daß die Naturwissenschaft eine einheitliche Wissenschaft ist, deren Zusammenhang nicht verlorengehen soll, hat das Entstehen des H. d. N. veranlaßt und seine zusammenfassende Bearbeitung geleitet.

400 Mitarbeiter haben ihr Bestes dazu beigetragen, um eine Enzyklopädie der Naturwissenschaften in vorher unbekannter Art zu schaffen. Die einzelnen Artikel sind von Gelehrten verfaßt, die gerade in dem von ihnen bearbeiteten Spezialgebiet besonders bewandert sind. In gedrängter Form geben also hier vorzügliche Sachkenner Überblicke über die einzelnen Wissenszweige der Naturwissenschaften. Wir finden hier in alphabetischer Reihenfolge chemische neben zoologischen, botanische neben mineralogischen, physiologische neben physikalischen Artikeln.

Jedes Gebiet ist in einer solchen stofflich-sachlichen Abgrenzung gegeben, daß einerseits wissenschaftlich abgerundete Darstellungen ermöglicht, andererseits praktisch brauchbare Artikel in größerer Anzahl unter eigenen Stichworten erzielt wurden. Nur auf diese Weise konnte etwas entstehen, was über die bisherigen literarischen Bearbeitungen hinausging, konnten zusammenfassende Aufsätze geschrieben werden, die gemeinsame Fragen verschiedener Teilgebiete der Naturwissenschaften unter einheitlichen Gesichtspunkten behandelten.

Die Beiträge sind mit den Namen des Verfassers unterzeichnet und mit einer großen Anzahl instruktiver Abbildungen ausgestattet; eine kurze Inhaltsübersicht am Anfang jedes Artikels erleichtert das Auffinden bestimmter Fragen und am Schluß wird die Literatur angegeben, mit deren Hilfe auch ein Eindringen in die Spezialprobleme möglich ist.

Im Alphabet eingereiht sind ferner Biographien, die bei aller Kürze doch einen genügenden Überblick über Leben und Wirken bedeutender Forscher geben.

Ein außerordentlich ausführliches und gründlich durchgearbeitetes, 360 Seiten (= 1080 Spalten) umfassendes Sachregister ermöglicht ausgiebigste Benutzung und müheloses Auffinden sämtlicher Stellen, in denen ein Gegenstand behandelt oder erwähnt wird.

„Eins der glänzendsten, inhaltreichsten und für das wissenschaftliche Leben bedeutungsvollsten Werke der deutschen Gelehrtenwelt.“

Literar. Jahrbes. d. Dürerbundes 1916/17

„... eine Kulturtat von höchster Bedeutung ...“

Technische Monatshefte

„... eine hervorragende Schöpfung deutschen Geistes und deutschen Gelehrtenfleißes ...“

Rheinische Hochschulzeitung

„... ein Werk, das weit in alle Welt hinausgehen wird, um dort von deutschem Gelehrtenfleiß und deutscher Gründlichkeit Kunde zu geben ...“

Neue Freie Presse, Wien

„... eine Bibliothek im kleinen, die über alle Fragen des großen Gebietes der Naturwissenschaften Aufschluß erteilt ...“

Zentralblatt für Zoologie

„... ein monumentales Werk, dem die Literatur anderer Völker Ähnliches bisher nicht an die Seite zu stellen hat.“

Mikrokosmos

„... Es ist staunenregend, was hier an naturwissenschaftlichem Wissen und Können zusammengetragen worden ist ...“

Apotheker-Zeitung

„Das H. d. N. ist ein neuer glänzender Beweis von der Größe der geistigen Macht, über die das deutsche Volk verfügt.“

Pharmazeutische Post, Wien

„... eine der großartigsten Unternehmungen auf dem Gebiete der Bibliographie... der Ausdruck einer lückenlosen Wiedergabe der heute geltenden naturwissenschaftlichen Tatsachen und Erfahrungen.“

Wiener klin. Wochenschrift

Diesem Heft liegt ein Prospekt bei vom Verlag **Gustav Fischer** in Jena betr. die Sammlung „**Vegetationsbilder**“, hrsg. von G. Karsten und H. Schenck.

