

Warten
 Ronkova
 S. 470.



Weitere Studien über die Regeneration der Nemertinen¹⁾.

I. Regeneration bei *Lineus ruber* Müll.

Von

Prof. Dr. Józef Nusbaum und Dr. Mieczysław Oxner,
 Zoolog Insttit. Univ. Lemberg. Oceanogr. Mus. Monaco

Teil IV und V.

Mit 5 Figuren im Text und Tafel XIV—XVI.

Eingegangen am 12. März 1911.



Inhaltsübersicht.

| | Seite |
|---|-------|
| IV. Teil. Die inneren Vorgänge bei der Restitution der Hinterteile, d. h. der kopflosen Fragmente | 350 |
| I. Die Regulation und Regeneration bei der breiten Form (α) | 350 |
| a. Die Regulation des Hinterteiles bei der breiten Form, welche zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchschnitten worden ist | 351 |
| b. Die Regeneration des Hinterteiles der breiten Form, welche zwischen den Gehirnganglien und den Cerebralorganen quer durchschnitten worden ist | 359 |
| II. Die Regeneration der Hinterteile und der Körperfragmente nach einfachen und mehrfachen, hintereinander folgenden Querschnitten bei der dünnen Form (β). | 361 |
| a. Die Regeneration des Hinterteiles von einem Wurme, welcher im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten worden ist | 362 |
| b. Die Regeneration der Körperfragmente, die durch mehrere hinter der Mundöffnung ausgeführte, hintereinander folgende Querschnitte entstanden sind | 369 |

¹⁾ Die drei ersten Teile dieser Studien, welche I. Technisch-methodische Vorbemerkungen, Beobachtungen am Lebenden usw., II. Manche Strukturunterschiede zwischen der breiten und dünnen Form des *Lineus ruber* Müll. usw., und III. Die inneren Vorgänge bei der Regeneration der Vorderteile (Kopfschnitte) des *Lineus ruber* — enthielten, wurden in diesem Archiv, Bd. XXX (Festband I), 1910 veröffentlicht.

Just do
 16950
 31.7.50
 AMP

| | Seite |
|--|-------|
| c. Die Ungleichartigkeit des Regenerationsrhythmus in verschiedenen Körperregionen desselben Individuums | 372 |
| d. Über Encystierung regenerierender Körperfragmente | 380 |
| V. Teil. Die inneren Vorgänge bei der lateralen Regeneration der dünnen Form (β) | 382 |
| Kurze Zusammenfassung | 390 |
| Literaturverzeichnis | 394 |
| Erklärung der Abbildungen | 395 |

Vierter Teil.

Die inneren Vorgänge bei der Restitution der Hinterteile, d. h. der kopflosen Fragmente.

I. Die Regulation und Regeneration bei der breiten Form.

In dem ersten und zweiten Teile (11) dieser Studien (s. S. 90, 91, 101) haben wir ausdrücklich betont, daß die beiden Formen des *Lineus ruber* Müll., welche wir als die breite (α) und dünne (schmale) Form (β) bezeichnet haben, sich sehr verschieden in bezug auf die Regeneration der Hinterteile, welche des Gehirns und der Cerebralorgane beraubt worden sind, verhalten. Wir sprechen hier von Hinterteilen solcher Exemplare, welche auf der Höhe *I—I*, d. h. zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung, oder auf der Höhe *II—II*, *III—III* usw. (s. Textfig. 1a) quer durchschnitten worden sind. Wir sahen, daß im Hinterteile der operierten breiten Form gewöhnlich nur dann noch der Kopfteil sich neu bildet, wenn der Schnitt zwischen dem Gehirn und den Cerebralorganen durchgeführt worden ist (wenn also wenigstens diese letzteren Organe im Hinterteil geblieben sind); wenn aber der Querschnitt zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung, oder hinter derselben, oder noch weiter nach hinten durchgeführt worden ist, wird der Kopfteil der breiten Form im allgemeinen nicht mehr neu gebildet, im schroffen Gegensatz zu dem Verhalten der schmalen Form, wo der Kopfabschnitt immer neu gebildet wird. Es tritt bei der breiten Form nur eine Wundheilung und eine Regulation auf, und nur in Ausnahmefällen erscheinen auch manche regeneratorsche Prozesse. Bei der dünnen Form dagegen vollzieht sich die Neubildung des Kopfteiles nach 10 bis 20 Tagen vollständig. Betrachten wir zuerst die Regulationen bei der breiten Form, welche hinter den Cerebralorganen auf dem Niveau *I—I* quer durchschnitten worden ist.

a. Die Regulation eines Hinterteiles bei der breiten Form, welche zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchschnitten worden ist.

Im ersten Teile unsrer Untersuchungen haben wir in Fig. 25 den Hinterteil der breiten Form, welche im Niveau zwischen Cerebralorganen und Mundöffnung quer durchschnitten worden ist, dargestellt. Wir sahen dort, daß selbst nach 4—5 Monaten hier keine Spur von Regeneration nachzuweisen war. Der Regulationsprozeß besteht hier darin, daß die Wunde sich schließt und die Seitenstämme (Nervenstämme) etwas nach vorn auswachsen, dort keulenförmig anschwellen und sich schließlich miteinander vorn median verbinden; an ihrer Vereinigungsstelle bildet das Nervengewebe eine knopfförmige Verdickung, welche wahrscheinlich das fehlende Gehirn ersetzen soll. Ein neuer Rüssel und ein neues Rhynchodäum werden nicht ausgebildet. Das Rhynchocöl wird vorn blind geschlossen.

Nun betrachten wir diese Verhältnisse etwas näher.

Die allererste Bedeckung der Wunde vollzieht sich ausschließlich infolge einer passiven Expansion des Hautepithels samt dem Bindegewebe und eines einfachen Verschlusses der Körperwand, wobei durch eine starke Zusammenziehung der circulären Muskulatur eine Verengung des vorn blind geschlossenen Körperendes zustande kommt. Im Epithel der Körperwand finden

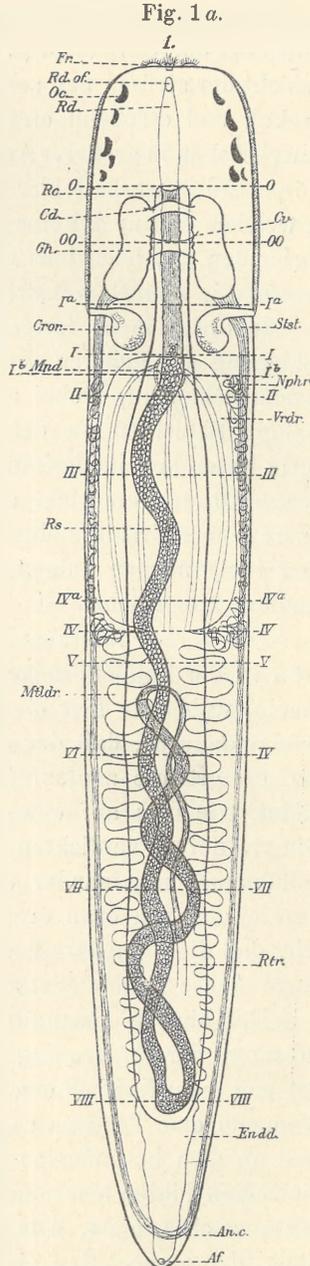


Fig. 1 a. Schema der Querschnitte bei der breiten (a) Form des *Lineus ruber* Müll. Fr Frontalorgan, Rd.of Öffnung des Rhynchodäums, Oc Augen, Rd Rhynchodäum, Rc Rhynchocöl, Cd, Cv dorsale und ventrale Commissur, Gh Gehirn, Cror Cerebralorgan, Stst Nervenstrang, Mud Mund, Nphr Nephridien, Vrdr Vorderdarm, Mldr Mitteldarm, Rtr Retinakel, Endd Enddarm, An.c Analcommissur der Nervenstränge, Af After.

wir hier hauptsächlich außer dem Cylinderepithel die serösen Drüsenzellen der oberen Schicht (s. den II. Teil dieser Studien S. 95); die tiefere Schicht der serösen und schleimigen Drüsen ist hier anfangs nicht entwickelt und erscheint erst später. Bald dringen die lockeren Bindegewebszellen in größerer Anzahl unter das Epithel des vorderen blinden Körperendes, weshalb hier eine kuppelartige Hervorwölbung erscheint, in welcher fast noch keine Spur von Muskelschichten der Körperwand vorhanden ist; höchstens sieht man hier einige longitudinale Muskelfasern, die den Nervensträngen von außen anliegen.

In etwas mehr fortgeschrittenen Stadien findet auch eine Verschiebung der äußeren circulären und äußeren longitudinalen Muskelfaserschicht statt, wobei sie jedoch selbst nach 2 Monaten nur sehr lockere Schichten an der Wundfläche bilden und nur als einzelne zarte Faserchen im lockeren Bindegewebe hervortreten. In viel stärkerem Grade verschiebt sich gegen das Vorderende die viel mächtigere innere circuläre Muskelfaserschicht, welche den Nervensträngen sehr innig median anliegt und samt diesen letzteren nach vorn und medianwärts wächst.

Die beiden lateralen Nervenstränge wachsen, wie erwähnt, nach vorn in die kuppelförmige Hervorwölbung des vorderen Körperendes hinein, wobei sie hier einer Verdickung unterliegen. Diese letztere erfolgt dadurch, daß der corticale Zellenbelag dicker wird und hier und da größere zapfenförmige Einwüchse gegen die Fasersubstanz bildet, wie dies auf einem Horizontalschnitte (Fig. 1) zu sehen ist. Die vorderen verdickten Enden beider Nervenstränge verwachsen vollkommen miteinander und bilden hier eine ansehnliche unpaare Verdickung von etwa ovoider Gestalt. An Horizontalschnitten sehen wir, daß diese unpaare Verdickung ein ovales Gebilde darstellt, dessen lange Achse in der Richtung der medianen Körperachse verläuft.

Der hintere Abschnitt dieser Verdickung besteht aus der Fasersubstanz, der vordere dagegen, der eine stärkere Hervorwölbung bildet und mehr konisch erscheint, besteht aus dem Zellenbelage, dessen Elemente eine Tendenz zur reihenförmigen Anordnung aufweisen, wie dies an dem betreffenden Horizontalschnitte ganz klar zu sehen ist; die Zellen bilden hier nämlich Stränge oder Bündel, die in die Fasersubstanz eindringen. Die unpaare Verdickung vertritt sozusagen die Stelle der mangelnden eigentlichen Gehirnganglien. Es ist das also eine unvollkommene Reparation.

In diesem Zustande kann das Tier eine längere Zeit, 3 und sogar 8 bis 9 Monate verharren, ohne eine eigentliche Regeneration zu

zeigen; es entstehen keine eigentlichen Gehirnganglien, keine Cerebralorgane, kein neuer Rüssel und kein Rhynchodäum, und das Rhynchocöl bleibt an beiden Enden blind geschlossen. Wir sehen also, daß in diesem Falle in der Regel nur gewisse regulatorische Prozesse hervortreten, aber keine Regeneration zustande kommt.

Doch manchmal finden wir auch in diesem Falle, also im Hinterteile der breiten Form, welche im Niveau $I-I$, zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung, quer geschnitten worden ist, gewisse regenerationsprozesse, und zwar die Bildung von etwas primitiven Gehirnganglien oder sogar, obwohl sehr selten, die Ausbildung von vollkommeneren Gehirnganglien und neuen Cerebralorganen; aber auch in diesen Fällen bildete sich kein Rhynchodäum, kein neuer Rüssel, und das Rhynchocöl blieb blind geschlossen. Die Regeneration war also selbst in diesen Fällen nur eine sehr unvollkommene.

Auf 30 (in vivo wurden über 100 Exemplare in dieser Hinsicht untersucht) in Serienschnitte zerlegte Hinterteile der breiten Form, welche am 1. bis 5. August operiert und am 19. September fixiert worden sind und welche im Niveau $I-I$ oder I^b-I^b , d. h. zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung oder im Niveau der Mundöffnung, quer durchschnitten worden sind, fanden wir nur bei zwei Individuen eine Regeneration der Gehirnganglien, und zwar bei einem derselben nur eine sehr unvollkommene und ohne eine Spur von Regeneration der Cerebralorgane, bei einem andern eine vollkommene Regeneration der Gehirnganglien und der Cerebralorgane. Wir sehen also, daß eine solche Regeneration in den betreffenden Fällen ein ziemlich seltenes Ereignis ist.

In Fig. 2 haben wir einen dorso-ventralen Längsschnitt durch das Vorderende eines hinteren Teiles von einem obenerwähnten Individuum vor uns, bei welchem eine unvollkommene Regeneration der Gehirnganglien stattgefunden hat (etwa 48 Tage nach der Operation). Wir sehen hier, daß am vorderen Ende etwas ventral das Hautepithel gar keine Drüsen enthält und etwas verdickt erscheint — diese ganze Region des Hautepithels ist die jüngst gebildete.

Oberhalb und unterhalb dieser Region enthält das Hautepithel nur die serösen Drüsen der oberen Schicht und erst weiter finden wir außerdem auch die tiefe Drüsenschicht. Nun sehen wir, daß mit dem jungen, neu gebildeten Epithel ein neues Ganglion cerebrale (C) zusammenhängt; bei stärkeren Vergrößerungen sieht man klar, daß das Epithel unmittelbar in das Ganglion übergeht, dasselbe ist

also ohne Zweifel ein Produkt des Epithels, wofür auch andre Tatsachen sprechen, welche wir unten kennen lernen werden, und zwar die Regenerationserscheinungen bei der dünnen Form unsrer Species. Das Ganglion, welches hauptsächlich den Ganglia ventralia entspricht, bildet, wie es die Durchmusterung einer ganzen Reihe der betreffenden Schnittserien zeigt, eine einheitliche, unpaarige Masse und unterscheidet sich sehr beträchtlich sowohl der Form, wie auch der Größe nach von den normalen Ganglia ventralia des Gehirns, wie auch von der oben erwähnten Verdickung am Vorderende der vorn zusammengewachsenen Nervenstämmen, da es mit dem Körperepithel zusammenhängt und in eine ventrale, größere, und dorsale, winzige Ganglienmasse differenziert ist. Die erstere hat eine birnförmige Gestalt, ist oben und ventralwärts dünner, unten und dorsalwärts dicker und abgerundet und hängt hier vermittels eines sehr zarten und nur aus Fasersubstanz bestehenden Stranges mit einem andern, viel kleineren und gleicherweise etwa birnförmigen Ganglion zusammen, welches den beiden Ganglia dorsalia bei der normalen Form entspricht und gleicherweise, wie das ventrale Ganglion, eine einheitliche, unpaare Bildung darstellt. Wenn man die Schnittserien durchmusternt, kann man sich leicht überzeugen, daß das ventrale Ganglion unmittelbar seitwärts und hinterwärts in die beiden lateralen Nervenstränge übergeht. Wir können daraus schließen, daß in diesem Falle gleich denjenigen, welche nur eine Regulation darstellen, die beiden lateralen Nervenstränge sich mit ihren Vorderenden verbanden und hier eine unpaare Verdickung bildeten. Diese letztere, durch neue, vom neugebildeten Hautepithel stammende Ectodermelemente bereichert, verband sich innig mit diesem Epithel in demjenigen Bezirke, wo noch immer weiter neue Epithelelemente sich ablösen und sich zu der Ganglienanlage gesellen. Das kleine dorsale Ganglion ist seinerseits als ein Differenzierungsprodukt der größeren ventralen Ganglienmasse zu betrachten.

Wir haben hier also eine sehr interessante, unvollkommene Gehirnregeneration vor unsern Augen, eine Art Tendenz zur Hervorbildung des mangelnden Gehirns, und eine sehr indolente Reparation der Form und Lage dieses letzteren und vielleicht auch der Funktion desselben.

Das oben dargestellte Präparat stammt von einem Individuum, welches im Niveau I^b — I^b , d. h. auf der Höhe der Mundöffnung, durchgeschnitten worden ist, und nun ist hier die Regeneration so indolent, daß sich keine Mundöffnung im Regenerat gebildet hat, ob-

wohl ein Teil (der hintere Abschnitt) der alten Öffnung intakt geblieben ist. Infolge einer starken Zusammenziehung der durchgeschnittenen Vorderdarmwand, welche nur am hinteren Rande der früheren Mundöffnung in das Hautepithel überging, hat sich die Vorderdarmwand vollkommen von diesem letzteren abgerissen und blind geschlossen; gleichzeitig verschloß sich die Wunde am Hautepithel, und zwischen dem blinden Ende des Vorderdarmes und dem Hautepithel ist Bindegewebe hineingedrungen, welches die sekundäre Verbindung des Vorderdarmes und des Hautepithels erschwerte. In Fig. 3 sehen wir das blind geschlossene und aus einem jungen Gewebe bestehende Ende des Vorderdarmes, welches vermittels Bindegewebszellen mit dem Hautepithel, das eine seichte Vertiefung bildet, verbunden ist. Solche Verhältnisse sehen wir an zwei bis drei Sagittalschnitten; an benachbarten Schnitten beiderseits liegt schon das blinde Vorderdarmende weit vom Epithel entfernt (Fig. 2). Das Lumen des blinden Vorderdarmstückes ist äußerst eng. In manchen andern Fällen beim Schnitte $I^b—I^b$ blieb die Mundöffnung bestehen, sie wurde aber immer sehr eng.

Eine viel vollkommenere Regeneration fanden wir bei einem andern Individuum, da sich hier nicht nur die Gehirnganglien in unvergleichlich höherem Grade regeneriert, sondern sich auch neue Cerebralorgane gebildet haben.

Da wir nicht nur in diesem Falle, sondern auch weiter unten über die Regeneration der Cerebralorgane sprechen werden, müssen wir einige Worte über den Bau dieser Organe bei unsrer Art vorausschicken. Dasselbe stimmt fast genau mit den Angaben überein, welche uns DEVOLETZKY und BÜRGER über den Bau dieses Organs bei den Heteronemertinen überhaupt geliefert haben.

Es entspringt jederseits von der tiefsten Stelle der Kopfspalte ein enger Kanal, welcher sich einwärts zwischen oberes und unteres Gehirnganglion einschiebt. An das dorsale Ganglion angelangt, biegt er unter dasselbe nach hinten um. Der Cerebralkanal zerfällt nun in zwei Abschnitte: einen vorderen, kürzeren, und einen hinteren, längeren, wobei dieselben durch die Einmündungsstelle der Ausführungsgänge von zwei Gruppen einzelliger Drüsen (seröser Natur nach unsern Beobachtungen), einer vorderen und einer hinteren, abgegrenzt sind. Der Kanal ist von einem ansehnlichen Ganglienzellenbelage sehr dicht umgeben. Er besteht aus zwei Abschnitten: einem vorderen, der von einer Schicht epithelialer Wimperzellen ausgekleidet ist, und einem hinteren, der mehr nach einwärts umbiegt und von

einem sehr charakteristischen Epithel ausgekleidet ist. An der medialen Seite des (im Querschnitte mehr ovalen) Kanallumens gleicht hier das Epithel fast demjenigen des vorderen Kanalabschnittes (die Unterschiede sind nebensächlicher Natur), an der lateralen Seite des Kanals besteht hier dagegen das Epithel aus sechs charakteristischen Zellen: zwei großen Randzellen, die mit mächtigen konischen Fortsätzen, und vier kleinen Mittelzellen, die mit etwas kleineren solchen Fortsätzen versehen sind. Bei unsrer Art gibt es gleichfalls sechs solche Zellen im lateralen Epithel des betreffenden Abschnittes des Cerebralkanals; die beiden Randzellen sind hier ebenfalls viel größer als die mittleren.

Jetzt kehren wir zu dem oben erwähnten Falle der Regeneration zurück. Die Fig. 4 und 5 stellen Teile der Sagittalschnitte durch eine breite Form von *Lineus ruber* dar, welche am 3. August in der Höhe zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchgeschnitten und am 19. September fixiert worden ist.

In Fig. 5 sehen wir das neu entstandene Gehirn, welches, wie die Durchmusterung der ganzen Schnittserie uns lehrt, aus zwei paarigen Ganglienmassen besteht: einer größeren ventralen und einer etwas kleineren dorsalen. Die Ganglienmassen, d. h. die dorsale und ventrale jeder Seite, verbinden sich vermittels eines dünneren Abschnittes, etwa einer Commissur, welche fast nur aus Fasersubstanz besteht, wobei die Fasern dorso-ventral von einem Ganglion zum andern verlaufen. Da sich hier keine Verlängerung des alten Rhynchocöloms gebildet hat, gibt es auch keine dorsale und ventrale Commissur zwischen den korrespondierenden (gleichnamigen) Ganglien jeder Seite; die beiden dorsalen bilden eine einheitliche Masse und nur durch eine mediane Einsenkung läßt sich eine rechte und linke Hälfte unterscheiden (was sich nur bei der Durchmusterung der ganzen Schnittserie konstatieren läßt). Dasselbe bezieht sich auch auf die ventrale Ganglienmasse, welche ganz unmittelbar in die seitlichen Nervenstränge übergeht.

Die ventrale Masse bleibt noch mit dem Hautepithel, dem sie ihre Entstehung verdankt, in unmittelbarer Verbindung, die dorsale ist schon ganz abgegrenzt von demselben. Nach der Analogie mit Fig. 2 können wir annehmen, daß nur die ventrale, größere Ganglienmasse ein Produkt des Epithels darstellt, die dorsale, kleinere, entwickelt sich aber wahrscheinlich als Differenzierungsprodukt der ersteren. Die Verbindung der ventralen Gehirnganglienmasse mit dem Hautepithel ist in Fig. 4 und 5 zu sehen.

Im betreffenden Stadium beginnt schon die Gehirnmasse sich abzutrennen, weshalb die Verbindung mit dem Hautepithel nicht kontinuierlich erscheint, sondern sozusagen zapfenförmig ist, d. h. das Epithel bildet einige starke, zapfenförmige Verdickungen, welche mit dem Gewebe des Ganglions sich unmittelbar verbinden, indem sie ohne Grenze in die corticale, Zellen enthaltende Abteilung des Ganglions übergehen. In dem ganzen betreffenden Epithelbezirke gibt es keine Drüsen; derselbe stellt eine neugebildete Epithelabteilung am Vorderende des Regenerates dar.

Es sei hier beiläufig erwähnt, daß stellenweise auch außerhalb des Gehirnbezirkes, und zwar ventral und dorsal von demselben, das neugebildete Hautepithel proliferiert, wobei die von demselben sich abtrennenden Zellen in das Bindegewebe hineinwandern (vgl. Fig. 4 und 5) und sich wahrscheinlich in Elemente dieses letzteren verwandeln, wofür weiter unten bei der Beschreibung der Regeneration der Hinterteile der dünnen Form Beweise angeführt werden.

In denselben Schnittserien (wie es in Fig. 4 und 5 zu beobachten ist) sieht man auch die Bildung der neuen Cerebralorgane. Dieselben entstehen durch Einstülpungen des Epithels am vorderen Ende des schwach regenerierenden Hinterteiles des betreffenden Individuums und erscheinen etwas lateral in geringerer Entfernung voneinander, und zwar direkt an der freien Oberfläche des Körpers, bevor noch irgendwelche Spuren von Kopfspalten zum Vorschein gekommen sind.

In Fig. 5 sehen wir, wie die Einstülpung tief eingedrungen ist; der vordere, engere Teil derselben liegt vor dem Gehirn, der hintere, breitere, tiefere, hinter der engen, oben erwähnten Commissur, welche das dorsale Ganglion mit dem ventralen verbindet. An benachbarten Schnitten sieht man eine direkte Verbindung beider Abschnitte.

Der hintere und nach einwärts gekrümmte Abschnitt des Cerebralorgans ist in Fig. 4 zu sehen; wir finden in seinem Lumen die stiftartigen Fortsätze der oben erwähnten großen Zellen an der einen Seite der Wand des Kanals, die ganglienartige Anschwellung der Wand und die Drüsen mit ihren dünnen Ausführungsgängen; alle Teile der Cerebralorgane haben sich also vollkommen regeneriert.

Wir müssen noch auf eine interessante Tatsache unsere Aufmerksamkeit lenken, nämlich auf die Teilnahme des Cerebralorgans selbst an der Bildung der Gehirnganglien. In Fig. 5 sehen wir, daß von dem distalen Abschnitte der Wand der Einstülpung, welche das Cerebralorgan bildet, Züge von Zellen hervorsprossen und in die corticale Substanz (in den Zellenbelag) des Ganglions eindringen; man sieht

das ganz klar an der ventralen Seite der Einstülpung. Den erwähnten Anteil an der Ganglienbildung sieht man noch viel klarer in Fig. 4, wo von der Stelle, in welcher an benachbarten Schnitten das Lumen der Einstülpung hervortritt, ein mächtiger Zellenstreifen in das ventrale Ganglion eindringt; wie die Serienschritte uns zeigen, geht der Streifen aus der Wand der Einstülpung hervor, an der Grenze mit dem nichteingestülpten Teile des Epithels an der Vorderwand des Regenerates.

Bei der gewöhnlichen Regulation der Hinterteile von Individuen der breiten Form, welche im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchgeschnitten worden sind, verschließt sich das durchschnittene Rhynchocöлом blind und die Bildung eines neuen Rüssels (nachdem der alte bei der Operation ausgeworfen worden ist) wird gar nicht eingeleitet. In den beschriebenen Ausnahmefällen wächst das blinde Ende des Rhynchocöloms in Gestalt eines engen Kanals nach vorn, was besonders bei demjenigen Exemplare (zweiter Fall) zu sehen war, wo auch die Regeneration der Cerebralorgane zustande gekommen ist, wie es in der mikrophotographischen Aufnahme Fig. 6 sehr deutlich auftritt. Hier wächst das stark verengte Rhynchocöлом in der antero-ventralen Richtung. Es ist interessant, daß in diesem letzteren Falle auch einige Bilder von uns gesehen wurden, die vielleicht für eine äußerst primitive Neubildungsweise des Rüssels gehalten werden könnten.

An der Ventralwand des Rhynchocöloms erscheint hier eine Verdickung des Epithels, welche aus zwei und stellenweise drei Schichten von saftigen Zellen besteht, wobei von außen her unter das Epithel dieser Verdickung, wie auch in dasselbe, die uns bekannten (s. den I.—III. Teil dieser Studien) Wanderzellen hineindringen, welche mit Reservestoffpartikelchen, vor allem mit Pigmentkörnchen, reich behaftet sind.

Auch in manchen andern, sehr seltenen Fällen (wir haben das nur einmal gesehen bei einem Individuum, das ungefähr am 4. August operiert und am 19. September fixiert worden ist), wo im Hinterteile des zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchgeschnittenen Exemplares der breiten Form weder die Anlagen von Cerebralorganen, noch diejenigen der Gehirnganglien zum Vorschein kamen, war eine Bildung zu sehen, welche vielleicht für eine Anlage des neuen Rüssels gehalten werden könnte.

Und zwar fanden wir bei dem betreffenden Individuum einen sehr starken, soliden, am Sagittalschnitte etwa pilzförmigen Fortsatz

an der ventralen Wand des vordersten Abschnittes des Rhynchocöloms, der aus Epithelzellen bestand. In diesem Fortsatze sahen wir schon eine gewisse Gewebsdifferenzierung, und zwar war die äußere Fläche des weit in das Lumen des Rhynchocöloms hineindringenden Fortsatzes von plattem Epithel bedeckt, im Innern dagegen fanden wir mehr oder weniger abgerundete und saftige Epithelzellen, zwischen welchen auch eine nicht geringe Anzahl von kugligen Wanderzellen vorhanden war, besonders in dem centralen Teile des Gebildes. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß diese pilzförmige Epithelbildung einen besonders modifizierten Rest des alten Rüssels darstellte, was sogar wahrscheinlich ist.

Die hier beschriebenen Fälle einer teilweisen Regeneration der Hinterteile der breiten Form gehören, wie schon oben erwähnt, zu Ausnahmefällen, da gewöhnlich der Hinterteil der breiten Form, welche im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchschnitten worden ist, keine Regeneration aufweist, sondern nur den erwähnten, sehr einfachen Regulationen unterliegt.

b. Die Regeneration des Hinterteiles der breiten Form, welche zwischen den Gehirnganglien und den Cerebralorganen quer durchschnitten worden ist.

In dem Falle, in welchem die breite Form im Niveau zwischen dem Gehirn und den Cerebralorganen quer durchschnitten worden ist, regeneriert nun der Hinterteil fast vollkommen, aber die Regeneration verläuft anfangs etwas eigentümlich. Infolge der starken Zusammenziehung der Wunde kommen die Cerebralorgane samt ihren Ausführungskanälen anstatt lateral mehr vorn zu liegen, und zwar ventral und paramedian, wie wir es z. B. im Text in Fig. 12, besonders aber in Fig. 13 in unserm ersten Teile dieser Studien (dieses Archiv. Bd. XXX [Festbd. I]. S. 82) dargestellt haben. Zwischen den Ausführungsöffnungen beider Kanäle der Cerebralorgane entsteht vorn erst nach 4 Wochen eine zuerst sehr winzige, und nach weiteren 3 Wochen eine $\frac{1}{2}$ mm lange, sehr dünne Knospe. Indem diese letztere wächst und einer Verdickung unterliegt, kommen die Cerebralorgane allmählich in ihre gewöhnliche, laterale Lage (vgl. die Textfig. 15 im ersten Teile dieser Studien). Wenn die Knospe noch verhältnismäßig kurz und dünn ist, etwa in der 8. Woche der Regeneration, ist schon an der Basis derselben die Anlage des Gehirns ganz gut an Schnitten zu beobachten; diese Anlage haben wir (OXNER, 15) bei lebenden Objekten wegen ihrer Farbe als den gelblichen Gewebskomplex oder

als den gelblichen Fleck bezeichnet. An Sagittalschnitten sehen wir, daß die Gehirnanlage zuerst mit dem Ectoderm, d. h. mit dem neugebildeten Hautepithel, zusammenhängt, dem sie ihre Entstehung verdankt.

Sehr interessant ist in dieser Hinsicht die Fig. 7. Wir sehen hier im Sagittalschnitte, daß die ansehnliche Anlage des Gehirns unmittelbar unter dem Epithel liegt, welches an vielen Stellen ohne Grenze unmittelbar in die corticale, d. h. Ganglienzellen enthaltende Schicht der Gehirnanlage übergeht; zwischen diesen Stellen sieht man Lücken, Unterbrechungen im Gewebe; wie wir später sehen werden, erscheint zuerst die Gehirnanlage als eine kontinuierliche Verdickung des Epithels und die Lücken sind ein Ausdruck einer teilweise schon stattgefundenen Abtrennung der Gehirnanlage vom Hautepithel. Oft finden wir im Epithel der betreffenden Stellen Mitosen, wie es in Fig. 8 zu sehen ist. Auch hier können wir bemerken, daß ebenfalls außerhalb der Gehirnanlage, z. B. mehr ventral, das Hautepithel stellenweise proliferiert, wobei die sich hier abtrennenden einzelnen Zellen in das Bindegewebe migrieren, welches in der Nachbarschaft der Wundfläche aus vielen feinen, lose sich verflechtenden Fasern und mit Fortsätzen versehenen Zellen von mesenchymatischem Charakter besteht. Diese lösen, gegen das Körperparenchym migrierenden Zellen nehmen oft sehr bald eine spindelförmige Gestalt an, ehe sie sich noch in das Körperparenchym vertiefen. In Fig. 8 sehen wir sehr schön neben der Gehirnanlage, die vermittels einzelner Brücken von Zellen mit dem Hautepithel verbunden ist, eine Proliferation von Epithelzellen, die eine spindelförmige Gestalt annehmen und sich in das Parenchym vertiefen. Die stark verlängerte, spindelförmige Gestalt mancher dieser Zellen scheint uns dafür zu sprechen, daß dieselben sich nicht nur in Mesenchymzellen des Regenerats, sondern teilweise auch in Muskelzellen verwandeln. In Fig. 9, welche in schwächerer Vergrößerung einen ansehnlichen Teil des in Fig. 8 abgebildeten Präparates darstellt, sehen wir einige Übergänge von solchen verlängerten, spindelförmigen Zellen zu Muskelzellen der longitudinalen Muskelfaserschicht, was für die Richtigkeit unsrer Annahme spricht.

Endlich müssen wir noch hervorheben, daß auch hier der Kanal des Cerebralorgans sich an der Bildung der Gehirnanlage beteiligt, indem von der Wand des distalen Abschnittes dieses Kanals, in nächster Nachbarschaft des Hautepithels oder an der Grenze desselben und des Kanals, Züge von Epithelzellen in die Gehirnanlage

hineinwachsen. Besonders interessant ist in dieser Hinsicht die von uns schon analysierte Fig. 7, wo wir sehr klar sehen, daß von der ventralen Wand des distalen Endes des Cerebralkanals sich eine sehr mächtige Zellenmasse abtrennt und in die corticale Zellenlage der Gehirnanlage übergeht, wobei noch zu bemerken ist, daß diese Zellen stellenweise als Züge, Reihen von Zellen, hervortreten, die etwa fahnenförmig voneinander laufen; diese regelmäßige Anordnung der Zellenreihen verschwindet beim Übergange in die Corticalsubstanz der Gehirnanlage. Die Bildung des Rhynchodäums werden wir bei der Betrachtung der dünnen Form beschreiben, da die betreffenden Prozesse hier wie dort in gleicher Weise verlaufen.

II. Die Regeneration der Hinterteile und Körperfragmente nach einfachen und mehrfachen hintereinander folgenden Querschnitten bei der dünnen Form (β).

Da die dünne Form viel regenerationsfähiger als die breite ist und, wie wir es im ersten Teile unsrer Studien gesehen haben, diese Form in viele, selbst halbmillimeterlange Stücke quer zerschnitten werden kann, von welchen ein jedes in ein vollkommenes Tier regeneriert, so ist das Studium der Regenerationsprozesse bei dieser Form besonders interessant. Wir sahen jedoch, daß selbst hier Vorderstücke der Tiere, welche vor dem Gehirn ($0-0$) quergeschnitten worden sind, wie auch Vorderstücke der Tiere, welche auf der Höhe des Gehirns ($00-00$) in querer Richtung durchgeschnitten wurden, wegen Mangel an Bildungsmaterial keine Regenerationsfähigkeit zeigen. Die Regeneration der Vorderstücke der Tiere, welche zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quergeschnitten worden sind, also die Regeneration der Vorderstücke, welche keine Spuren des Darmes enthalten, verläuft ganz ähnlich, sowohl bei der breiten, wie bei der dünnen Form, und den Verlauf dieser Regeneration haben wir schon in unsrer vorigen Arbeit (Teil I—III) beschrieben.

Es bleibt uns deshalb nur die Regeneration des Hinterteiles des Wurmes, der zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quergeschnitten worden ist ($I-I$), und die Regeneration der Körperstücke, welche aus weiter nach hinten durchgeführten Querschnitten hervorgegangen sind, näher zu betrachten, mit einem Worte: der Hinterstücke der Tiere, welche im Niveau der Linie $II-II$, $III-III$, $IV-IV$ usw. quergeschnitten wurden, oder der Fragmente zwischen $II-II$ und $III-III$, zwischen $III-III$ und $IV-IV$ usw. (Textfig. 1 b).

a. Die Regeneration des Hinterteiles von einem Wurme, welcher im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quergeschnitten worden ist (*I—I*, Fig. 1 *b*).

Hier bildet sich der ganze Kopfabschnitt samt dem Gehirn und dem Rhynchodäum neu. Die Regeneration des Gehirns und des Rhynchodäums verläuft hier ähnlich wie im Hinterstück der breiten Form, welche zwischen den Cerebralorganen und dem Gehirn quergeschnitten worden ist (im Niveau *I^a—I^a*, Textfig. 1 *a*); vgl. auch die Textfig. 13, 14, 15, 16, 17 im ersten Teile dieser Studien.

Zuerst kommt es zum Wundverschlusse. Das Epithel bedeckt die Wunde, wobei es zuerst aus einer Schicht kubischer Zellen besteht und gar keine Drüsen enthält; bald erscheint ein knospenartiger Fortsatz, in welchem lockeres Bindegewebe und viele Wanderzellen hervortreten; sehr bald kommt eine große Anzahl von lose liegenden Zellen ectodermalen Ursprunges zum Vorschein, welche das Bildungsmaterial für die Gehirnganglien darstellen. Das Vorderende des Rhynchocöloms wird blind geschlossen, wobei der Rüssel, sobald er bei der Operation nicht ausgeworfen worden ist, einem Zerfalle unterliegt.

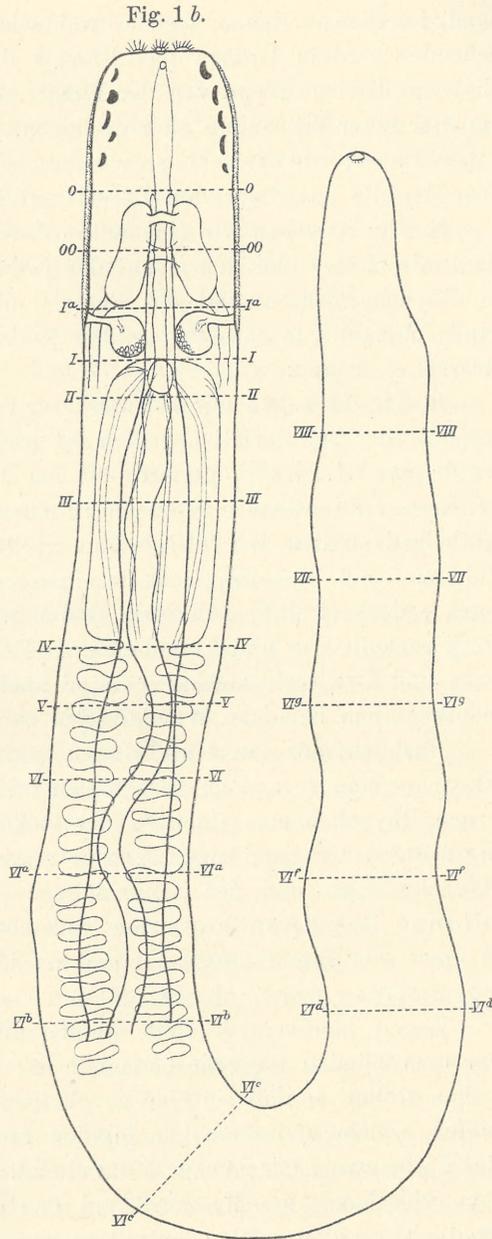
Der Zerfall des an seinem Vorderende ganz freien Rüsselfragmentes, welches im blind geschlossenen Rhynchocölom liegt, erfolgt sehr rasch, und zwar unterliegt der Rüssel einer Involution, gewöhnlich nicht in seiner ganzen Länge gleichzeitig, sondern stellenweise rascher, an andern Stellen etwas langsamer; die Zellen der Rüsseltgewebe lockern sich, manche zerfallen in Körnchen, andre, wie aufgequollen, vergrößern sich, runden sich ab, erhalten ein grobkörniges Plasma und verwandeln sich teils in Rhynchocöloomkörperchen, teils aber werden sie vollkommen den Wanderzellen ähnlich, so daß wir mit sehr großer Wahrscheinlichkeit annehmen dürfen, daß ein Teil derselben wirklich in Wanderzellen übergeht.

Etwas später sieht man in dem noch blind geschlossenen Rhynchocölom eine ganze Masse von Zellelementen liegen, manche mit gelblichen und bräunlichen Pigmentkörnchen und Schollen im Plasma, andre zu größeren Massen zusammengeballt; außerdem sieht man sehr zahlreiche Detrituskörnchen, die die Zellen umgeben, und viele freie Kerne als Reste der zugrunde gegangenen Zellen. Was diese Involutionsprozesse des Rüssels anbelangt, so müssen wir noch hinzufügen, daß zuerst die äußere epitheliale Schicht und die Muskelschicht des Rüssels zugrunde geht; diese beiden Schichten sind schon ganz ge-

lockert und teilweise in Körnchen zerfallen, wenn die innere, aus hohen cylindrischen Zellen bestehende Epithelschicht des Rüssels, die auch viele seröse Drüsen enthält, noch wenige Veränderungen zeigt. Bald beginnt aber auch die innere epitheliale Schicht sich zu verändern, sie zerfällt in mehrere Zellenkomplexe, welche entweder direkt in einzelne Zellen zerfallen, oder, indem sie degenerieren, ihre Kerne verlieren und in ihrem Plasma Schollen, Körnchen und Vacuolen erscheinen lassen und sich in größere Ballen verwandeln.

Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß in das Rhynchocöлом einzelne Wanderzellen von außen hineinwandern und zum Zerfalle der Rüsselgewebe aktiv beitragen, und zwar auf phagocytotischem Wege. Wir halten das deshalb nicht für unwahrscheinlich, weil wir oftmals Wanderzellen im Rhynchocöлом zwischen den Trümmern der Rüsselgewebe fanden, die mit den charakteristischen gelblichen und bräunlichen Pigmentkörnchen prall gefüllt waren; solche Pigmentkörnchen fanden wir aber im normalen Rüssel nicht; diese Wanderzellen sind

Rhynchocöлом zwischen den Trümmern der Rüsselgewebe fanden, die mit den charakteristischen gelblichen und bräunlichen Pigmentkörnchen prall gefüllt waren; solche Pigmentkörnchen fanden wir aber im normalen Rüssel nicht; diese Wanderzellen sind



Lineus ruber, Form β . Schema zur Erläuterung der verschiedenen Querschnittsrichtungen.

vielleicht von außen her eingewandert; in manchen derselben sahen wir Stücke von serösen Drüsen (mit Eosin z. B. sich intensiv rot färbend) im Plasma liegen, welche wahrscheinlich Reste der zugrunde gehenden serösen Drüsen des Rüssels darstellen; sie konnten auf phagocytotischem Wege von den Wanderzellen aufgenommen werden, um hier einer Verdauung zu unterliegen. Ein Teil der Wanderzellen entsteht aber, wie erwähnt, sehr wahrscheinlich aus den Geweben des dem Zerfalle unterliegenden Rüssels selbst.

In Fig. 10 sehen wir eine mikrophotographische Aufnahme eines Sagittalschnittes (der Wurm auf der Höhe $I-I$ quergeschnitten), wo im Rhynchocöлом anstatt des Rüssels eine Detritusmasse und eine große Anzahl von lose zerstreuten Zellen — Zerfallsprodukte des Rüssels — liegen.

In Fig. 11 sehen wir bei stärkerer Vergrößerung einen Teil des Rüssels, der im Zerfall begriffen ist (Schnittebene $I-I$, der Wurm wurde am 24. X. 09 operiert und am 10. XI. 09 fixiert, also am 17. Regenerationstage); in einem Durchschnitte sieht man noch den epithelartigen Bau des Rüssels zum größten Teil erhalten, nebenbei sieht man ein Rüsselfragment durchgeschnitten, dessen Zellen schon stark gelockert sind, außerdem finden wir viele einzelne, zum Teil stark vacuolisierte und körnchenreiche Zellen, einzeln liegende Kernreste und Detrituskörnchen; es sind auch einige typische, mit Pigmentkörnchen beladene Wanderzellen zu sehen.

Nachdem der ganze alte Rüssel zugrunde gegangen ist und das Rhynchocöлом vorn noch geschlossen bleibt, beginnt die Bildung des neuen Rhynchodäums inmitten des lockeren Bindegewebes, welches die Mitte der regenerativen Knospe zwischen dem blinden Ende des Rhynchocöloms und der neugebildeten Körperwand ausfüllt. Die Bildung des Rhynchodäums vollzieht sich in typischen Fällen in einer sehr interessanten Art und Weise, und zwar durch aktive Vermittlung der Wanderzellen.

Zuerst häufen sich viele Wanderzellen im Bindegewebe direkt vor dem blinden Rhynchocölorende an; bald wird die Anzahl derselben größer, so daß sie eine ansehnliche, rundlich-ovale Anhäufung bilden, welche zwischen dem blinden Ende des Rhynchocöloms und der Epithelwand der Knospe Platz nimmt. Diese Wanderzellen, welche von typischem Aussehen sind (vgl. den ersten Teil unsrer Studien), rundlich, rundlich-oval, oder mit sehr wenigen stumpfen Fortsätzen¹⁾

¹⁾ Im lebenden Zustande sind diese Fortsätze ziemlich lang und fein.

versehen sind, einen exzentrisch liegenden, zum größten Teil wandständigen, runden oder rundlich-ovalen Kern besitzen und sehr zahlreiche Pigmentkörnchen im Plasma enthalten, spielen hier eine zweifache Rolle.

Infolge der Bildung einer lokalen Anhäufung lassen die Wanderzellen einen Raum im Bindegewebe entstehen, welcher mit eben diesen Zellen gefüllt ist, der aber das künftige Rhynchodäum darstellt, indem die Wanderzellen selbst in situ zugrunde gehen. Sie spielen also hier zuerst eine histolytische Rolle, und dann, wenn sie selber zerfallen, bilden sie ein Reservestoffmaterial, welches von den Nachbarzellen aufgenommen wird.

Der Zerfall der Wanderzellen erfolgt teilweise so, daß die Zellen zuerst vacuolenreich werden, wobei der Kern von den sich vergrößern den Vacuolen immer weiter gegen die Peripherie gedrängt und abgeplattet wird und immer heller und schwerer bemerkbar erscheint, oder, was viel öfters vorkommt, es findet ein körniger Zerfall des Plasmas statt und der freigewordene Kern ist noch eine längere Zeit in der Detritusmasse zu sehen. An Stelle der auf diese Weise zugrunde gehenden Zellen erscheint ein ansehnlicher, freier, ovoider Raum, mit Pigmentkörnchen und mit Detritus erfüllt, wobei zu bemerken ist, daß er zuerst vorn, d. h. näher der Knospenspitze zu, und erst dann auch nach hinten zu, an der Grenze mit dem blinden, vorderen Rhynchocöloende zu sehen ist.

Äußerst interessant sind in dieser Hinsicht die Fig. 12 und 13. In Fig. 12 haben wir eine photographische Aufnahme eines Sagittalschnittes von einem Wurm vor uns (Querschnitt im Niveau zwischen *I—I* und *VI^b—VI^b*), welcher am 7. XI. operiert und am 11. XI. fixiert worden ist (also am 5. Regenerationstage). Wir sehen hier den erwähnten Raum, der schon vorn fast ganz von Wanderzellen frei ist, hinten aber eine große Anzahl derselben enthält, bei schwacher Vergrößerung; hinter diesem Raume sehen wir das blind geschlossene Vorderende des Rhynchocöloms.

In Fig. 13 sehen wir bei starker Vergrößerung einen Teil des Schnittes aus derselben Schnittserie. Das Bild ist hier sehr interessant. Im hinteren Teile des Raumes liegen links noch sehr zahlreiche Wanderzellen, mehr nach rechts sehen wir schon Zerfallsprodukte der Wanderzellen: viele freie Kerne, zahlreiche Pigmentkörnchen von gelblich-brauner Farbe und Detrituskörnchen; mehr nach vorn sieht man schon spärliche Wanderzellen, der Raum ist frei und mit sehr feinen Detrituskörnchen und einer stellenweise homogenen, strang-

förmig und netzförmig angeordneten Substanz ausgefüllt, in der größere und kleinere vacuolenförmige Räumchen hervortreten. Besonders interessant sind noch die zwei folgenden Momente. Die Parenchymzellen, welche direkt den Raum begrenzen, bilden eine endothelartige, aus stark abgeplatteten Zellen bestehende Schicht, welche die künftige Auskleidung des Rhynchodäums darstellt. Das Epithel des vorderen Körperendes bildet inzwischen einige kleine Vertiefungen, wobei in der Gegend dieser letzteren zahlreiche Wanderzellen zwischen die Epithelzellen eindringen und sehr wahrscheinlich auf phagocytotischem Wege ein Zugrundegehen vieler dieser Zellen verursachen; wir beobachteten nämlich, daß an denjenigen Stellen, wo die Wanderzellen gruppenweise zwischen die Epithelzellen hineintreten, das Epithel niedrig und teilweise zerstört erscheint. Auf diese Weise kommt es, teilweise durch eine Einstülpung des Epithels selbst, teilweise infolge einer aktiven Zerstörung des Epithels durch die Wanderzellen, zur Bildung einer Öffnung an der vorderen Körperspitze, welche endlich in den erwähnten Raum führt. So entsteht das Rhynchodäum und die Öffnung desselben nach außen.

In Fig. 13 sehen wir, besonders an der vorderen Wand des Rhynchodäumraumes, eine endothelartige Anordnung der Parenchymzellen, und im Epithel der Körperwand, wo dasselbe aus niedrigen Zellen besteht, eine starke Vertiefung des Epithels, und nebenbei eine Gruppe Wanderzellen zwischen den hohen Epithelzellen, wobei das Epithel in direkter Nachbarschaft dieser Wanderzellengruppe teilweise zerstört ist. Wir meinen, daß zuerst die Wanderzellen stellenweise das Epithel zerstören, weshalb an diesen Stellen in der Epithelschicht sich Vertiefungen bilden und es auf diese Weise endlich in der ganzen Gegend des vorderen Rhynchodäumendes zur Zerstörung der Epithelwand und zur Bildung einer ansehnlichen Öffnung kommt.

In manchen Fällen fanden wir im vorderen Körperende des Regenerates eine viel geringere Anzahl von Wanderzellen und dann erfolgte die Bildung des Rhynchodäums mit einem geringeren Beiträge dieser Zellen ebenfalls in der Weise, daß die Parenchymzellen eine Auskleidung des zuerst als ein enger Spalt erscheinenden Rhynchodäums bilden, wobei es ebenfalls zur Bildung einer kleinen ectodermalen Einstülpung (Rhynchodäumöffnung) kommt.

Was die Regeneration des Gehirns und der Cerebralorgane im Hinterstücke, das aus einem Individuum hervorging, welches im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung durchgeschnitten worden ist, anbetrifft, so verlaufen die betreffenden Verhält-

nisse bei der dünnen Form wesentlich in derselben Weise, wie in den oben erwähnten Ausnahmefällen bei der breiten Form, mit dem wichtigen Unterschiede jedoch, daß es hier zur ganz vollkommenen Ausbildung der Gehirnganglien kommt. Ein anderer Unterschied besteht darin, daß hier die Gehirnanlage erst dann zum Vorschein kommt, wenn die Bildungszellen sich schon vollkommener vom Körperepithel abgetrennt und differenziert haben.

Zuerst beginnt am vorderen Körperende des Regenerates eine äußerst starke Zellenproliferation seitens des Epithels. Es häufen sich sehr zahlreiche Zellen an, die teils rundlich, teils oval oder spindelförmig erscheinen; das Plasma aller dieser Zellen färbt sich mit Hämatoxylin ziemlich stark, ähnlich wie das Plasma junger Epithelzellen, weshalb in den betreffenden Präparaten schon unter einer Lupe eine intensivere bläuliche Färbung des ganzen vorderen Körperendes zu bemerken ist. Dieses Gewebe entspricht zum größten Teil demjenigen, welches wir im ersten Teile unsrer Arbeit als »grauweißes Gewebe« bezeichnet haben. Und dieses Gewebe vermengt sich mit dem Parenchym und mit andern Bindegewebelementen des alten Abschnittes des Regenerates, um die Bestandteile des Körperparenchyms und der Muskulatur des Regenerates zu bilden. Ein Teil des in Rede stehenden Gewebes ectodermalen Ursprunges bleibt längere Zeit mit dem Epithel verbunden, dann trennt es sich aber vollkommen ab, differenziert sich zu einem zuerst unpaaren, bald aber paarigen Zellenklumpen, in welchem die Zellen eine rundliche Form annehmen, dicht nebeneinander zu liegen kommen und so die Anlage der Gehirnganglien bilden, mit welchen die vorderen Enden der beiden Nervenstränge ziemlich früh verwachsen.

Interessant ist die Fig. 14, welche einen kleinen Teil eines Sagittalschnittes durch das vordere Ende eines Wurmes darstellt, der am 7. XI. 09 auf der Höhe *I—I* (zwischen Cerebralorganen und Mund) durchgeschnitten und am 14. XI. 09 fixiert worden ist (der betreffende Teil stellt eigentlich ein Fragment zwischen *I—I* und *VI—VI* dar). In diesem achttägigen Hinterregenerate sehen wir an dem vordersten Körperende eine rege Epithelproliferation. Etwas mehr hinterwärts treten im Epithel Drüsen hervor, ganz vorn dagegen finden wir dieselben nicht, das Epithel ist hier mehrschichtig, es treten in ihm zahlreiche Mitosen auf und man sieht sehr klar, wie die Produkte des Epithels sich als ansehnliche Zellenanhäufungen in das Körperparenchym vertiefen, und je weiter gegen das Innere des Körpers, desto loser liegen und charakteristische spindelförmige oder schwach

verästelte Gestalten annehmen, mit einem Worte, einen mehr mesenchymatösen Charakter bekommen.

Zwischen dieser Zellenanhäufung und der vorderen Wand des blind geschlossenen Rhynchocöloms sehen wir in dem betreffenden Präparat einen ovalen, mit feinen Detrituskörnchen erfüllten Raum, in welchem eine Anzahl von Wanderzellen vorhanden ist. Indem wir dieses Verhalten mit demjenigen vergleichen, welches wir in Fig. 13 gesehen haben, kommen wir zu dem Schluß, daß wir es hier mit einem Anfangsstadium der Bildung des Rhynchodäums zu tun haben.

Besonders interessant ist die Tatsache, daß in der hinteren Gegend der erwähnten Zellenanhäufung manche Zellen sich stark verlängern, ihre Kerne nehmen etwa eine birnförmige Gestalt an, indem sie an einem Pole verdickt, an dem andern verdünnt werden, wobei sich an diesem letzteren Pole das Plasma hauptsächlich anhäuft und in eine lange Faser übergeht, welche eine Muskelfaser darstellt, wie die färberischen Reaktionen uns belehren; sie färbt sich z. B. sehr intensiv schwarz mit Eisenhämatoxylin, tief rot mit Eosin, gelblich bei der Anwendung der VAN GIESSONSchen Flüssigkeit. Kurz und gut, wir haben hier die Bildung von Muskelfasern vor uns, welche den Zellen der erwähnten Anhäufung, also den Zellen epithelialen, ectodermalen Ursprunges, ihre Entstehung verdanken. Es sei noch bemerkt, daß in manchen Muskelzellen der Kern klein bleibt, in andern sich stark vergrößert, wie dies in Fig. 14, wo viele solche junge Muskelzellen abgebildet sind, zu bemerken ist.

Die sich anhäufenden Zellen ectodermalen Ursprunges bilden auch, wie schon erwähnt, die Anlagen der Gehirnganglien. Es entsteht eine lokale, dichte Anhäufung dieser Zellen, wie wir es in Fig. 15 sehen, welche vorn noch direkt in die mehr lockere Zellenanhäufung übergeht. In der betreffenden Figur sehen wir, daß das neu entstandene Gehirn den Kanal des regenerierten Cerebralorgans umgibt und daß das ventrale Ganglion sich früher als das dorsale differenziert. In ersterem finden wir schon in der Mitte die Faser-substanz gut entwickelt, während in letzterem, wie die Nachbarschnitte uns belehren, dieselbe erst in Bildung begriffen ist. Wir müssen noch bemerken, daß in vielen Fällen die Anlage der Gehirnganglien näher dem Vorderende des Regenerates hervortritt als in Fig. 15, und in diesen Fällen der Zusammenhang der Gehirnanlage mit der ectodermalen, noch in statu nascendi bleibenden Zellenanhäufung noch augenscheinlicher ist. Die Cerebralorgane regenerieren als

lokale Einstülpungen des neugebildeten Hautepithels, ähnlich wie in dem beschriebenen Ausnahmefall bei der breiten Form.

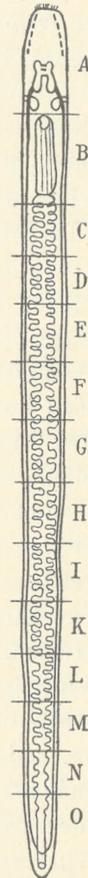
b. Die Regeneration der Körperfragmente, die durch mehrere hinter der Mundöffnung ausgeführte, hintereinander folgende Querschnitte entstanden sind.

Wir haben schon bemerkt, daß bei der dünnen Form alle Körperfragmente, selbst sehr kleine, sogar halbmillimeterlange, die durch die hinter der Mundöffnung ausgeführten Querschnitte entstanden sind, einer vollkommenen Regeneration unterliegen. Schon M. OXNER (14, 15) hat gezeigt, daß, wenn man eine dünne Form in 5 bis 15 solche Fragmente teilt, ein jedes in 15 bis 20 Tagen regeneriert. Die inneren Verhältnisse bei der Regeneration aller dieser Fragmente sind identisch, mit Ausnahme des ersten und des letzten, da dieselben den Vorderdarm (mit oder ohne Mundöffnung), bzw. den Hinterdarm enthalten, alle übrigen, d. h. die mittleren Fragmente, enthalten aber nur Stücke vom Mitteldarm; alle diese Fragmente sind also morphologisch gleichwertig.

In allen diesen Fragmenten vollzieht sich die Regeneration im allgemeinen in einer ganz ähnlichen Weise, wie in dem vordersten kopflosen Hinterstück, welches aus dem Querschnitte zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung hervorgegangen ist, nur müssen hier noch natürlich die mangelnden Abschnitte des Darmkanals regeneriert werden. Wir können also die morphologisch-histologischen Prozesse bei der Regeneration aller betreffenden Körperfragmente im Zusammenhange betrachten. Die Fragmente, welche infolge der Querschnitte II—II, III—III, IV—IV usw. entstanden sind, bezeichnen wir *C*, *D*, *E*, *F* usw., wie es aus der schematischen Fig. 2 zu ersehen ist.

Was den Wundverschluß anbelangt, so sei hier bemerkt, daß in manchen Fällen der Verschluß der Körperwand und der Darmwand gleichzeitig zustande kommt, in andern dagegen die Darmwand sich zuerst provisorisch schließt und durch die noch vorhandene Öffnung in der Körperwand nach außen ein wenig hinausragt, weshalb

Fig. 2.



Schema zur Erläuterung der durch quere Schnitte entstandenen Körperfragmente des *L. ruber*, Form β .

der Verschuß der Körperwand beträchtlich verspätet wird. Sehr oft geht ein Teil der nach außen herausgestülpten Darmwand zugrunde, wobei er in Körnchen und Schollen zerfällt, in welche auch mehr oder weniger zahlreiche Wanderzellen hineintreten, und so bildet sich eine Art provisorischer Kappe, welche die Wunde schließt.

Wir sahen das z. B. in Sagittalschnitten durch Teile des Körperfragments: Schnitt von *VI^e* bis After (siehe das Schema), das am 7. XI. 09 amputiert und von welchem am 12. XI. wieder einige Teile hinten abgeschnitten worden sind, und am 14. XI. fixiert wurden. In jedem Teile des erwähnten Fragments sahen wir an der Wundfläche, daß ein ansehnlicher, nach außen herausgetretener Abschnitt des Darmes vollkommen in Rückbildung begriffen war, und zwar aus rundlichen Zellen, Körnchen und Schollen bestand, und daneben viele Wanderzellen enthielt, wobei hier schon keine Spur eines Lumens zu sehen war und das Ganze eine kompakte Masse bildete. Wenn man die Schnittserie durchmustert, sieht man noch stellenweise einen direkten Übergang dieser zugrundegehenden Masse in die Darmwand.

Nach dem Verschlusse der Wunde bleibt der Darm sowohl vorn wie auch hinten blind geschlossen und in diesem Stadium dringen in die Wand desselben nahe der Wundflächen viele Wanderzellen hinein; ein Teil derselben sammelt sich außerhalb der Darmwand an beiden blinden Enden des Darmes, wo sich, besonders vorn, ansehnliche Ansammlungen dieser Zellen bilden, wie es schon M. OXNER (15) *in vivo* beobachtet hat (vgl. die Fig. 48, 50 in dessen Arbeit). Manchmal bildet sich am blinden Ende des Darmes eine seichte Einbuchtung, in welcher die Anhäufung von Wanderzellen zu liegen kommt. Die Regeneration des Darmes erfolgt immer durch Wachstum der alten Darmwand, wobei jedoch die Wanderzellen teilweise in diese Wand hineindringen und hier zugrunde gehen oder der wachsenden neuen Darmwand sehr eng anliegen und hier endlich einem Zerfalle unterliegen, indem sie in beiden Fällen sehr wahrscheinlich den regenerierenden Geweben Reservestoffmaterialien liefern. Wir schließen das aus der Tatsache, daß in der epithelialen Wand des sich neubildenden Vorderdarmes und Hinterdarmes, und zwar in der nächsten Nachbarschaft des blinden Endes des Darmes, zahlreiche Vacuolen zu sehen sind, in welchen entweder noch wenig veränderte Wanderzellen oder Reste derselben in Gestalt von gelblichen oder bräunlichen Körnchen und Schollen liegen, wie es die Fig. 17 zeigt. Die Vacuolen sind durch sehr dünne, plasmatische, polygonale Felder bildende Wände voneinander abgegrenzt. Die Bilder erinnern uns lebhaft an diejenigen,

die bei der Regeneration des Darmes in dem Vorderteile, der des ganzen Darmes beraubt worden ist, zum Vorschein kommen (s. den ersten Teil unsrer Studien).

Der geschlossene Darm differenziert sich vorn sehr früh in den Vorderdarm, indem hier ein Blindsack mit glatten Wänden entsteht, der zuerst mit einer Schicht kubischen und mehr vorn sogar abgeplatteten Epithels ausgekleidet ist; erst später wird das Epithel cylindrisch. Das blinde dünne Ende des Vorderdarmes wächst nun gegen die Ventralseite, um hier mit dem Hautepithel an einer Stelle zusammenzuwachsen, wo es zum Durchbruche der Mundöffnung kommt. In den betreffenden Fragmenten sahen wir niemals eine Einstülpung des Hautepithels. Mehrmals sahen wir aber, daß das blind geschlossene vordere Ende des Darmes sogar das Hautepithel durchbricht und sich ein wenig nach außen hervorschiebt, und erst später kommt es zum Durchbruche einer Öffnung in dieser Darmwand und zum gleichzeitigen Verwachsen der Ränder dieser Öffnung mit dem Hautepithel.

In Fig. 16 sehen wir einen Sagittalschnitt durch ein Fragment: *IV* bis After (Textfig. 1*b*). Wir finden, daß ein Teil des Mitteldarmes sich schon in einen Vorderdarm differenziert hat, der aus einer viel niedrigeren Epithelschicht besteht und dessen Wand sich intensiver als diejenige des Mitteldarmes färbt. Nun sehen wir weiter, daß die Epithelschicht des Vorderdarmes nahe des blinden Endes desselben sich stark und ohne jeden Übergang verdünnt, so daß sie in eine abgeplattete Epithelschicht übergeht. Dieser Abschnitt des Vorderdarmes tritt durch eine Öffnung in der Epithelschicht der Körperwand nach außen hinaus, wo er sich ein wenig verbreitert und blind endet. Solche Verhältnisse haben wir bei der Regeneration der betreffenden Körperfragmente in mehreren Fällen beobachtet. Erst sekundär kommt es zum Durchbruche einer Mundöffnung und zum Zusammenwachsen des Wundrandes des Vorderdarmes mit dem Hautepithel. In andern, viel häufigeren Fällen kommt es, wie erwähnt, zuerst zum Zusammenwachsen des blinden Vorderdarmendes mit dem Hautepithel und dann zum Durchbruche einer Mundöffnung.

Ganz ähnliche Verhältnisse haben wir auch bei der Bildung des Hinterdarmes und des Afters gesehen. Hier kommt es sogar viel öfter zum Heraustreten des blinden Darmendes nach außen, als bei der Bildung der Mundöffnung.

Was die Regeneration der Gehirnganglien und der Cerebralgane anbetrifft, so erfolgt dieselbe fast in ganz ähnlicher Weise

wie bei der Restitution der Hinterteile derjenigen Exemplare, die zwischen den Cerebrorganen und der Mundöffnung quergeschnitten worden sind. Wir halten es deshalb für überflüssig, hier auf diese Prozesse einzugehen.

Wir müssen nun zwei Momente näher betrachten, die mit der Regeneration der betreffenden Körperfragmente verbunden sind, und zwar die Ungleichartigkeit des Regenerationsrhythmus in verschiedenen Körperregionen und die Encystierung der regenerierenden Körperfragmente, worüber wir schon in unsern vorläufigen Mitteilungen (10, 12) das Wichtigste dargestellt haben. Hier können wir aber noch manche Einzelheiten mitteilen.

c. Die Ungleichartigkeit des Regenerationsrhythmus in verschiedenen Körperregionen desselben Individuums.

Es ist schon von mancher Seite darauf hingewiesen worden, daß bei verschiedenen Tieren die verschiedenen Regionen des Körpers einen differenten Regenerationsrhythmus besitzen können.

So haben z. B. R. GAST und E. GODLEWSKI (4) nachgewiesen, daß, wenn der Stamm von *Pennaria cavolini* aller Hydranten beraubt und in drei Stücke: ein oberes, ein mittleres und ein unteres, zerlegt wird, an dem oberen Stücke sehr viele Hydranten, am mittleren schon weniger, und eine noch geringere Anzahl am unteren Teilstück regeneriert. Wir haben es hier jedoch nicht mit einem einzigen Individuum, sondern mit einem Tierstocke zu tun, ungeachtet noch anderer Differenzen.

Was die einzelnen Tierindividuen anbetrifft, so hat einer von uns (13) nachgewiesen, daß Fragmente eines quer durchschnittenen Körpers des kleinen, sedentären Polychäten *Amphiglena mediterranea* äußerst leicht, sowohl kopfwärts wie auch schwanzwärts, regenerieren, wobei in diesen Fragmenten nach den späteren Untersuchungen von DRIESCH (3) die Geschwindigkeit der Regeneration sich aboralwärts verringert, und zwar sowohl bei den Neubildungen des Kopfes, wie auch bei denen des Schwanzes. Hier sehen wir also ein Beispiel einer Ungleichartigkeit im Regenerationsrhythmus in verschiedenen Körperregionen.

CONRAD MÜLLER (9) konstatierte in seiner schönen Arbeit über Regenerationsversuche an *Lumbriculus variegatus* und *Tubifex rivulorum*, daß bei dem ersteren die kleinsten regenerierenden Teilstücke alle aus der vorderen Körperregion des Wurmes stammen, was nach dem Verfasser als Beweis dafür gelten kann, daß der Wurm in der

vorderen Körperhälfte eine größere Regenerationsfähigkeit entwickelt, als in den hinteren Partien. Dieser Verfasser unterzog aber nicht die Geschwindigkeit der Regeneration verschiedener Körperabschnitte einer näheren Analyse, sondern konstatierte nur, daß die Regeneration des Hinterendes rascher in den Teilstücken aus der vorderen Körperregion, als in solchen aus andern Körperregionen erfolgt.

MORGULIS (7) bespricht das Regenerationsmaß (rate of regeneration) bei *Podarke obscura* (1909) näher. Bei der hinteren Regeneration dauert es immer mehr oder weniger lange (je nach den Individuen und manchen Bedingungen), bevor der Regenerationsprozeß eingeleitet wird, worauf plötzlich die rapide Bildung neuer Segmente erfolgt und dann wieder eine Periode langsamer Regeneration zu konstatieren ist; von da ab nimmt das Regenerationsmaß immer mehr ab, bis endlich ein Stillstand kommt. Hier sehen wir also einen verschiedenen Regenerationsrhythmus in nacheinander folgenden Zeitintervallen in derselben Körperregion. Aber auch ein Unterschied im Regenerationsmaß in verschiedenen Regionen des Körpers läßt sich nach MORGULIS konstatieren, und zwar setzt bei den im Bereiche des Hinterendes recidierten Würmern die Regeneration später ein, als bei solchen, die näher beim Vorderende recidiert worden waren. In einer früheren Arbeit (8) über die Regeneration von *Lumbriculus* (1907) kommt MORGULIS zu dem Schlusse, daß die Regeneration von einem Hinterende des *Lumbriculus* aus um so rascher erfolgt, je weiter vorn am Tiere das Stück lag. Er fand aber, daß am 5. Regenerationstage in allen Fragmenten des in viele Teile zerlegten Körpers von *Lumbriculus*, sowohl aus der vorderen wie aus der hinteren Körperregion, eine Regeneration des Kopfes und Schwanzes sich konstatieren ließ.

In allen erwähnten Untersuchungen wurde darauf keine Aufmerksamkeit gelenkt, ob die aus verschiedenen Körperregionen stammenden und einen differenten Regenerationsrhythmus aufweisenden Körperfragmente einen ähnlichen oder einen differenten Bau zeigten, denn im letzteren Falle könnte natürlich die Differenz in der Regenerationsgeschwindigkeit eben nicht der Verschiedenheit in der Lage, sondern derjenigen im Bau der betreffenden Fragmente zugeschrieben werden.

Um auf die Frage eine exakte Antwort geben zu können¹⁾, ob wirklich nur topographische Verhältnisse der verschiedenen Körper-

¹⁾ Wir haben schon über diese Frage im »Bullet. Internat. de l'Acad. Sc. Cracovie« im Juni 1910 berichtet.

regionen, d. h. ob bloß die Lage derselben und nicht etwa die Differenzen in der Struktur verschiedener Körperabschnitte oder das Vorhandensein von verschiedenen Organen in den nacheinander folgenden Fragmenten für die Verschiedenheiten in dem Regenerations-tempo maßgebend sind, muß man unbedingt zwei Momente ausschließen: den Einfluß der eventuellen Differenz in der Länge der betreffenden Körperfragmente und den Einfluß der Differenz im histologischen Bau, und überhaupt in der Struktur dieser letzteren. Denn es ist ganz selbstverständlich, daß verschieden große Körperfragmente, die also dem Regenerationsprozesse mehr oder weniger Material zur Verfügung stellen, und daß verschieden gebaute Körperfragmente, in denen die Reparation eine differente in bezug auf die Organe sein muß, je nachdem das Fehlende eine kompliziertere oder eine einfachere Bildung darstellt, einen recht verschiedenen Regenerationsrhythmus aufweisen müssen. Bisher haben die Forscher diesen Momenten wenig Beachtung geschenkt und die Fragestellung war nicht klar genug.

Die dünne Form des *Lineus ruber* stellt für solche Studien ein ausgezeichnetes Objekt dar, und zwar sowohl wegen der äußerst großen Regenerationsfähigkeit derselben, wie auch der ziemlich großen Länge ihres Körpers und des absolut einheitlichen Baues in der ganzen Länge desselben, mit Ausnahme der Kopfreion (einschl. Vorderdarm) und der Schwanzregion des Tieres. Denn der lange Körper des Wurmes kann, wie wir es schon oben mitgeteilt haben, in sehr viele, selbst 1 mm lange Fragmente quer (auch längs, siehe weiter unten) geteilt werden, welche alle vollkommen regenerieren, mit Ausnahme derjenigen jedoch, die aus dem Querschnitte vor dem Gehirn, durch die Gehirnganglien oder durch den hintersten Körperabschnitt (auf der Höhe des Enddarmes) hervorgegangen sind, mit andern Worten, mit Ausnahme der Fragmente, welche den vordersten, vor dem Gehirn liegenden Teil des Körpers darstellen, quergeschnittene oder überhaupt verletzte Gehirnganglien enthalten, oder die nur den Enddarm besitzen.

Sehr kleine, 1 bis 3 oder 4 mm lange Körperfragmente unterliegen dabei sehr oft einer Encystierung, was wir unten näher besprechen werden. Für unsre Frage ist das aber insofern sehr wichtig, weil diese Encystierung den ganzen Regenerationsprozeß beträchtlich verzögert, weshalb solche winzige Körperfragmente sich in technischer Hinsicht etwas schwerer dazu eignen, um das Tempo der Regeneration in verschiedenen Gegenden des Körpers näher zu analysieren.

Man sieht sich bei solchen kleinen Fragmenten gezwungen, die Bildung der Cyste durch sehr häufiges Schütteln des Gefäßes oder durch Einwirkung des Tageslichtes künstlich zu verhindern (OXNER, 15). Wir zogen daher etwas größere Körperfragmente in Betracht.

Das Vorderstück, welches aus einem Querschnitt vor der Mundöffnung (zwischen dieser und den Cerebralorganen) hervorgegangen ist, regeneriert zwar vollkommen, aber dieses Fragment enthält keine Spur vom alten Darne; hier bildet sich während der Regeneration der neue Darm aus der Rhynchocöломwand mit Beihilfe von Wanderzellen oder in selteneren Fällen aus diesen Zellen selbst, also aus Elementen mesodermalen Ursprunges, wie wir es im ersten Teile unsrer Studien nachgewiesen haben. Dieses Fragment hat also sehr viel, in recht komplizierter Weise, neu zu bilden, und zwar bedeutend mehr, als die aus weiter nach hinten liegenden Körperteilen, ebenfalls durch Querschnitte entstandenen Fragmente. Wir bemerken hier, daß für *L. ruber* β die Neubildung des Gehirns einer viel geringeren Kraftleistung (Energieverbrauch, Umdifferenzierung, Dedifferenzierung und einfache Differenzierung bei echter Regeneration) bedarf, als dies für die Neubildung des total abgeschnittenen Darmes (durch komplizierte Umbildungen) der Fall ist. Diejenigen Fragmente, welche Teile des Mitteldarmes enthalten, zeigen alle einen identischen Bau. Lassen wir deshalb für den betreffenden Zweck das ganze Vorderstück (bis einschließlich Vorderdarm) unberücksichtigt und ziehen nur eine Anzahl von Fragmenten in Betracht, die durch eine Reihe von Querschnitten durch den Wurmkörper in der Mitteldarmregion entstanden sind. Ein jedes der 8 bis 12 oder in manchen Fällen sogar 20 von uns angefertigten Körperfragmente zeigte bald nach der Operation folgenden Bau.

Die Körperwand und das Mitteldarmstück waren vorn und hinten offen, die Nervenstränge waren an beiden Enden stumpf abgeschnitten, in jedem Fragmente war ein entsprechend langes Stück des Rhynchocöломs (welches sich rasch schließt) vorhanden; die Blutgefäße, das Körperparenchym und während der Geschlechtsreife die mit Geschlechtsprodukten gefüllten Gonaden zeigten ganz gleiche Verhältnisse in jedem Fragmente. Endlich waren alle diese Körperfragmente von gleicher Länge. Hier waren also die obigen zwei Bedingungen erfüllt, da wir den weitaus größten Teil des Wurmkörpers in eine Anzahl von Körperfragmenten von gleicher Größe und von ganz gleichem Bau zerlegt haben. Dessenungeachtet erwies es sich, daß in gleichen Zeitintervallen der Zustand der Re-

generation, d. h. der Grad derselben, in Fragmenten aus verschiedenen Körpergegenden ein recht differenter war.

Da hier aber die Zeit, die Größe und der Bau der Fragmente gleich waren und nur ihre Lage (L) im Verhältnis zur Längsachse des ganzen Wurmkörpers eine differente war, so können wir sagen, daß *ceteris paribus* der Regenerationsrhythmus (R) der Körperfragmente eine Funktion der Lage ist:

$$R = fL.$$

Nun erwies es sich, daß die größte Regenerationsgeschwindigkeit dem mittleren Körperfragment zukommt; je weiter wir aber

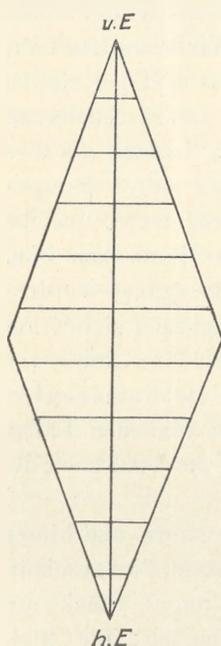
kopfwärts oder caudalwärts gehen, desto jünger erscheint die Regenerationsstufe der betreffenden Fragmente, wenn auch schließlich ein jedes Fragment seine vollkommene Regeneration erreicht; nur ist die Dauer verschieden.

Wenn wir die betreffenden Körperfragmente in der Richtung von vorn nach hinten mit den Buchstaben (B), C , D , E , F , G , H , I , K , L , M , N bezeichnen (A bezeichnet das Kopfsegment vor dem Munde, B das Fragment, welches den Vorderdarm enthält), so können wir die Regenerationsgeschwindigkeit durch folgende Formel ausdrücken:

$$(B) \langle C \langle D \langle E \langle F \langle G \langle H \rangle I \rangle K \rangle L \rangle M \rangle N,$$

d. h. die Regenerationsgeschwindigkeit des mittleren Körperfragmentes H ist größer als die der benachbarten G und I , die Regenerationsgeschwindigkeit dieser letzteren größer als die von F und K usw. Wenn wir durch eine gerade Linie die Länge des Wurmkörpers und durch eine Reihe von zu dieser Linie senkrechten, queren Linien die Regenerationsgeschwindigkeit bezeichnen, so bekommen wir das nebenstehende Schema (Textfig. 3).

Fig. 3.



Schema zur Erläuterung des verschiedenen Regenerationsrhythmus der Körperfragmente des *L. ruber*, Form β .

Dabei ist $G = I$, $F = K$, $E = L$ usw.

Aus diesem Schema ist ersichtlich, daß in der Mitte des Körpers die Regenerationsgeschwindigkeit am größten ist, während sie oralwärts und caudalwärts abnimmt.

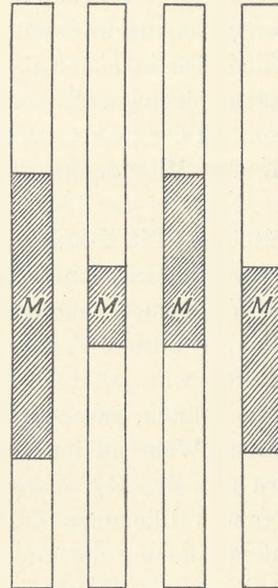
Die obigen Verhältnisse haben wir bei allen von uns untersuchten, sehr zahlreichen Exemplaren beobachtet. Obwohl aber die relative Regenerationsgeschwindigkeit der einzelnen Fragmente immer der oben erwähnten Regel folgt, ist die absolute Zeitdauer der Regeneration der Stücke bei einzelnen Individuen eine differente; im allgemeinen erhielten wir eine vollkommene Regeneration der Stücke in der Zeit von 2 bis 3 Wochen, wobei am frühesten selbstverständlich die Wundheilung stattfindet, dann die Regeneration des Gehirns und der Cerebralorgane eingeleitet wird und am spätesten die Mundöffnung bzw. die Analöffnung zur Entwicklung kommt. Das neue Rhynchodäum erscheint ungefähr in der Zeit, in welcher die Gehirn-anlage und die Anlage der Cerebralorgane schon ganz gut ausgesprochen sind. So fanden wir z. B. die Gehirnganglien und die Cerebralorgane in vielen Fällen schon am 10. bis 12. Tage entwickelt, das Rhynchodäum am 12. bis 14., die Mundöffnung aber erst am 18. Tage nach der Operation neugebildet.

Es ist auch interessant, daß das mittlere Körperfragment schneller regeneriert als die benachbarten, auch wenn es nicht in ganz gleichem Abstände von den beiden Körperenden liegt, jedoch die Mitte des Körpers einschließt und ungeachtet, ob es länger oder kürzer ist, wie wir es aus dem Schema Textfig. 4 ersehen, wo mit *M* das am schnellsten regenerierende Körperfragment bezeichnet ist.

Einige Beispiele mögen diese Ungleichheit im Regenerationsrhythmus der Körperfragmente aus verschiedenen Körperregionen illustrieren.

Bei einem Individuum, das am 7. XI. 09 von vorn nach hinten in eine Reihe von Fragmenten (*A*), *B*, *C*, *D*, *E* usw. quer zerlegt worden war, und zwar so, daß *E* der Mitte des Körpers entstammte, konnte man nach 10 Tagen (am 16. XI.) wahrnehmen, daß das Vorderende eines jeden Fragmentes sehr verschieden in dem Regenerationsprozesse fortgeschritten war. So war bei *B* die Rhynchodäumenanlage

Fig. 4.



Schema. Erläuterung im Text.

noch kaum zu bemerken, das Gehirn war noch nicht entwickelt, da das Hautepithel am Vorderende des Regenerates erst zu proliferieren begann, und der Darm war vorn blind geschlossen, ohne irgendwelche Spuren einer Differenzierung zu zeigen. Bei *C* war schon das Rhynchodäum vorhanden, aber vorn noch geschlossen, ein Rüssel war noch nicht neugebildet, die Gehirnanlage war bedeutend größer, aber die Cerebralorgane waren noch nicht entwickelt und es war keine Differenzierung des Vorderdarmes (aus der Wand des noch blind geschlossenen Mitteldarmes) zu beobachten. In *D* öffnete sich schon fast das Rhynchodäum nach außen, indem es vorn von einer äußerst dünnen Wand begrenzt war, welche eine seichte Einstülpung des Hautepithels darstellte. Alles andre war wie in *C*.

In *E* konnte man schon in dem Gehirn eine Differenzierung in ventrale und dorsale Cerebralganglien sehr klar sehen und außerdem waren die Cerebralorgane schon vollständig entwickelt; der vorderste Darmabschnitt war schon zum Vorderdarm differenziert und unterschied sich in histologischer Hinsicht sehr klar von dem weiter nach hinten folgenden Mitteldarm, dessen Produkt er darstellte. Wir sehen also, daß der Regenerationsprozeß um so rascher fortschreitet, je näher wir dem Mittelpunkt des Körpers kommen.

Noch besser illustriert der folgende Fall die betreffenden Verhältnisse. Ein Exemplar von *Lineus ruber* wurde am 24. XI. 09 quer in zwölf gleich lange Fragmente zerlegt, welche am 10. XII. 09, also am 17. Regenerationstage fixiert wurden, und nun konnte man sehen, daß das mittlere Fragment am weitesten in der Regeneration fortgeschritten war, während die Fragmente, welche kopfwärts und caudalwärts folgten, successive immer schwächer in Regeneration begriffen waren. Während im mittleren Körperfragmente das neugebildete Gehirn aus den Gg. dorsalia und ventralia bestand, die Cerebralorgane vollkommen entwickelt waren, das Rhynchodäum sich nach außen öffnete, die Anlage des neuen Rüssels gut entwickelt, der Vorderdarm vollkommen differenziert und mit einer Mundöffnung versehen und außerdem ein Enddarm differenziert war, welcher sich jedoch noch nicht nach außen öffnete, obwohl das Hinterende desselben dem Hautepithel nahe anlag, fanden wir in den nächstliegenden vorderen und hinteren Körperfragmenten, daß die Cerebralorgane noch schwächer differenziert waren und der Vorderdarm sehr nahe dem Epithel der Bauchseite anlag, aber noch blind geschlossen war. Die Mundöffnung war also nur in dem Fragmente aus der ganz mittleren Körpergegend entwickelt.

In den noch mehr vorn oder noch mehr hinten liegenden Körperfragmenten war das Gehirn successive immer schwächer entwickelt und in den zwei vordersten und zwei hintersten konnten wir nur eine rege Epithelproliferation am Vorderende des Körpers beobachten, eine Anhäufung von Ectodermzellen, aus denen sich erst später die Gehirnganglien bilden sollten. In diesen Fragmenten war auch nur die erste Spur einer Differenzierung des Vorderdarmes zu sehen und das Rhynchodäum war noch nicht vorhanden. Der hier angeführte Fall zeigt uns also ganz unzweideutig, daß die Regenerationsgeschwindigkeit in den mittleren Abschnitten des Wurmkörpers viel größer ist, als in den mehr vorderen oder mehr hinteren. Wir müssen aber noch hinzufügen, daß oft die Differenz in dem Regenerationsgrade direkt benachbarter Körperfragmente, und zwar besonders wenn dieselben sehr klein sind, d. h. wenn der Körper des Wurmes in eine größere, z. B. 15 bis 20 ausmachende Zahl der Stücke quergeschnitten worden ist, weniger scharf hervortritt, so daß ein Unterschied im Zustande der Regeneration erst beim Vergleiche etwas weiter voneinander abstehender Fragmente zu konstatieren ist; im allgemeinen findet man aber immer die Regel geltend, daß die mittleren Fragmente weiter in der Regeneration begriffen sind, als die mehr dem Vorderende oder dem Hinterende genäherten Stücke.

Die obigen Verhältnisse halten wir für sehr interessant und zwar besonders deshalb, weil sie sehr wahrscheinlich im innigen Zusammenhange mit der beim *Lineus* stark ausgeprägten »starrten und un-reversiblen« Polarität der Richtung (PRZIBRAM, 1910) im Körper und den Teilstücken desselben sind.

Ein Körperfragment z. B. aus der Gegend des Mitteldarmes, welches vorn und hinten einen ganz identischen Bau besitzt und somit strukturell nicht polarisiert zu sein scheint, weist dennoch potentiell eine stark ausgesprochene Polarität auf, weil, wie wir es auch an lebenden Objekten konstatieren konnten, immer am Kopfende des Fragmentes das Gehirn, der Vorderdarm, die Mundöffnung und das Rhynchodäum, am Caudalende der Enddarm und After sich bildet.

Wir können also sagen, daß in jedem Körperfragmente zwei Pole existieren, von denen der vordere die Tendenz hat, andre Organe zu produzieren als der hintere. Es existieren an beiden Polen verschiedene Bildungspotenzen, gewissermaßen verschiedene Bildungsspannungen, welche wir mit + und — wie am Magnetstabe bezeichnen können, obwohl wir ausdrücklich betonen, daß wir damit durchaus

nicht irgendeine Ähnlichkeit zwischen diesem und einem strukturell polarisierten Organismus bezeichnen wollen.

Es ist deshalb selbstverständlich, daß z. B. in einem hinteren Körperfragmente, das nur den hintersten Abschnitt des Mitteldarmes und den Enddarm enthält, der Organismus eine gewisse Bildungsspannung überwinden muß, um hier, nahe dem Hinterpole, auch Organe zu bilden, welche normal dem vorderen Pole des intakten Wurmkörpers angehören. Dasselbe bezieht sich auch auf die ganz vorderen Körperfragmente, welche mehr positiv angelegt sind und trotzdem auch Organe regenerieren sollen, die mehr dem negativen, d. h. dem hinteren Pole des intakten Wurmkörpers angehören. In dieser Hinsicht ist die Bildungspotenz, die Bildungsspannung in den Fragmenten aus der mittleren Körperregion an beiden Polen des Fragmentes ziemlich gleich.

Es wäre vielleicht möglich, hierdurch, wenigstens teilweise, diese auffallende Tatsache zu erklären, daß eben in den mittleren Körperfragmenten die Regenerationspotenz rasch ausgelöst wird und daß das betreffende Fragment schnell und energisch zu regenerieren beginnt, daß dagegen mit der Entfernung nach dem vorderen oder dem hinteren Körperpole eine längere Zeit verstreichen muß, bis gewisse entgegengesetzte Bildungsspannungen überwunden und ausgeglichen sind, und daß erst dann der Regenerationsprozeß eingeleitet wird, weshalb hier der letztere mehr Zeit in Anspruch nimmt. Schließlich müssen wir noch hinzufügen, daß die Regenerationsprozesse viel rascher an allen vorderen (dem Kopf zugewandten), als an allen hinteren (caudal gerichteten) Flächen erfolgen, und endlich, daß das gleiche von den Querflächen gilt, die rascher regenerieren als die Seitenflächen (hervorgegangen aus Längsschnitten).

d. Über Encystierung regenerierender Körperfragmente.

Wenn der Körper des Wurmes *Lineus ruber*, Form β , in kleine, kopflose Stücke von $\frac{1}{2}$ bis 5 mm Länge quergeschnitten wird, so bilden sich am meisten Cysten, in welchen das Fragment solange mehr oder weniger knäueförmig zusammengewickelt liegen bleibt, bis es sich durch Regeneration und Morphallaxis etwa in eine kleine Miniatur des vollkommenen Wurmes verwandelt hat, wonach es aus der geplatzen Cyste herauskriecht. Bei größeren regenerierenden Körperstücken unterbleibt gewöhnlich die Encystierung, obwohl sie auch hier in seltenen Fällen und unter besonderen Bedingungen vorkommt. Die Cysten bilden sich überhaupt nur dann, wenn die kleinen

Fragmente ganz ruhig, bewegungslos und ungestört liegen. Einer Encystierung unterliegen auch fast immer die Hälften der in Längsrichtung (median) durchgeschnittenen kleinen Fragmente. Endlich müssen wir bemerken, daß auch die nichtoperierten Individuen der dünnen Form, wenn sie sehr lange in hungerndem Zustande verharren (bei der breiten Form haben wir die Bildung der Cysten im Hungerzustande nicht beobachtet) und von äußeren Reizen, die die Körperbewegung veranlassen könnten (Erschütterung, Licht usw.), frei sind.

Die Cysten der Regenerate können nicht einfach als schleimiges Hautsecret gleich demjenigen eines Röhrchens, wie solches z. B. bei *Tubulanus* von JOUBIN (5) und andern beobachtet worden ist, oder als eine gewöhnliche Schleimhülle betrachtet werden. Sie sind viel komplizierter und weisen manche Eigentümlichkeiten auf, welche bei der gewöhnlichen Schleimabsonderung der Hautdrüsen, auch im Falle einer Erhärtung dieses Schleimes, nicht zur Beobachtung kommen, obwohl die Schleimabsonderung eine so gewöhnliche Erscheinung bei den Nemertinen bildet.

Da wir in einer speziellen Arbeit (12, 1910) die Bildung dieser Cysten bei regenerierenden Nemertinen beschrieben und durch Abbildungen illustriert haben, werden wir hier nur sehr kurz die wichtigsten Momente hervorheben.

Wir finden nämlich in den erwähnten Cysten folgende Eigentümlichkeiten in bezug auf ihre Entstehung und ihre Struktur:

1) Die Cysten werden successive schichtenweise gebildet, weshalb die Wand derselben einen mehr oder weniger ausgeprägten konzentrischen Schichtenbau zeigt.

2) An der Bildung der Cystenwand beteiligen sich sowohl die Schleimdrüsen, wie auch die Eiweißdrüsen des Hautepithels, und zwar die oberflächliche und die tiefe Schicht dieser letzteren, weshalb die Cyste aus schleimiger und eiweißartiger Substanz besteht, was sich leicht durch färberische Wirkungen konstatieren läßt. Bei der Färbung z. B. mit Hämatoxylin und Eosin tingieren sich manche Partien der Cystenwand bläulich, andre rötlich, bei Färbung mit Eisenhämatoxylin und Nachfärbung mit Orange tingieren sich manche Partien der Cystenwand bläulich oder schwärzlich, andre gelblich, bei Anwendung von Mucinkarmin färbt sich die Cystenwand nur stellenweise rötlich usw. Wir müssen hier bemerken, daß der gewöhnliche »Schleim« nach unsern Beobachtungen gleicherweise aus mucinhaltiger und seröser Substanz besteht.

3) In der sich bildenden Cystenwand erscheinen außerdem Zellelemente, die in derselben zugrunde gehen, und zwar: a) viele Wanderzellen dringen in die Cyste hinein, von denen zahlreiche mit Pigmentkörnchen beladen sind, b) stellenweise werden auch ganze Partien von Hautepithel vom Körper des Wurmes abgelöst, um Bestandteile der Cystenwand zu werden und hier zugrunde zu gehen, c) ganze Drüsenzellen, namentlich die Eiweißdrüsen, dringen hier und da in die Cyste hinein, d) wenn die Geschlechtsprodukte reif sind, dringen auch oft ganze Massen derselben in die Substanz der Cyste hinein, wo sie gleicherweise einem Untergange unterliegen; wir haben das wenigstens in bezug auf männliche Geschlechtsprodukte konstatiert, und endlich e) können auch fremde Körper aus dem durchschnittenen Darne oder durch die Afteröffnung manchmal gleicherweise in die Cyste hineintreten, z. B. die im Darne parasitierenden Gregarinen.

Fünfter Teil.

Die inneren Vorgänge bei der lateralen Regeneration der dünnen Form (β).

Die beim lebenden Tiere sich abspielenden Vorgänge bei der lateralen Regeneration hat schon M. OXNER (15) beschrieben. Hier möchten wir nur einige innere, histologische Prozesse betrachten, welche bei dieser Regeneration zustande kommen.

Zuerst müssen wir aber die von OXNER in vivo beobachteten Vorgänge kurz wiederholen.

Die seitliche Regeneration bei der Form α (breite Form). Die durch den longitudinalen, sagittalen Schnitt durch den ganzen Körper (Schnitt $MI-MI$, Textfig. 5) entstandenen zwei Hälften (die rechte und linke) verheilen ihre Wunden nach 4 bis 5 Tagen, wobei jede Hälfte an der Wundfläche einer starken Beugung unterliegt. Nach einem Monat ist die Regeneration schon weit fortgeschritten; man sieht schon einen Vorderdarm, einen Mitteldarm und den Rüssel; das Cerebralorgan entsteht etwas später. Es ist aber merkwürdig, daß die mangelnde Gehirnhälfte nicht regeneriert, selbst wenn schon alle andern Organe der mangelnden Hälfte neu gebildet worden sind.

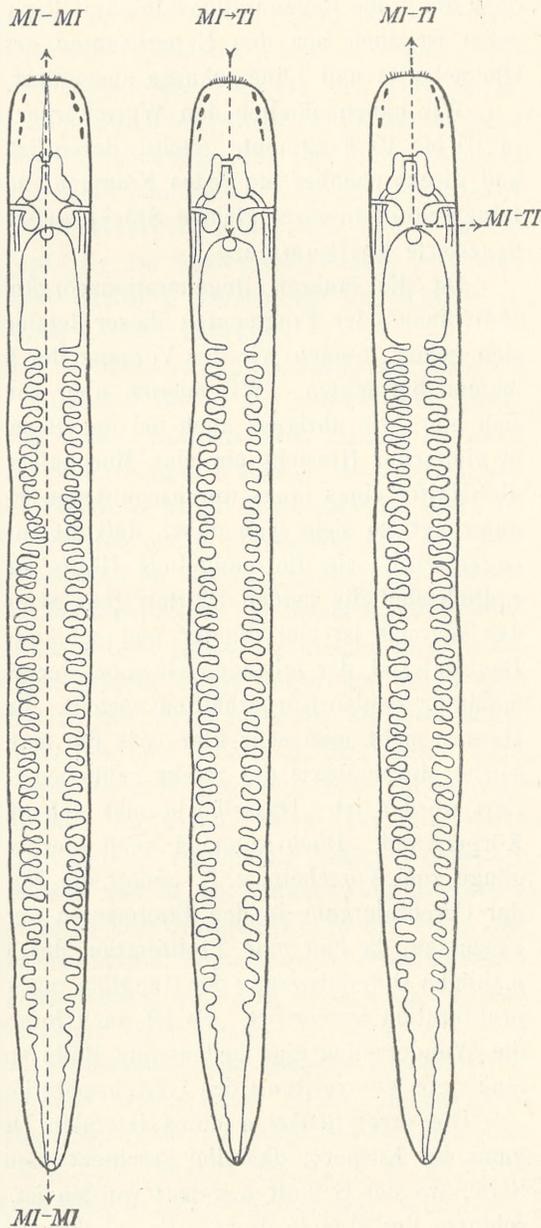
Der Wurm wurde nur sagittal angeschnitten, von dem vorderen Körperende bis zur Mundöffnung (Schnitt $MI \rightarrow TI$, s. Textfig. 5). Es erfolgt eine vollkommene Verwachsung der beiden Hälften des angeschnittenen Vorderkörperteiles; der Rüssel, wenn exstirpiert, regeneriert binnen 7 bis 8 Tagen. Selbst nach einem Monat bleibt noch

ein longitudinaler Streifen, längs dessen der Schnitt durchgeführt worden ist, unpigmentiert.

Durch einen Längs- und Querschnitt wurde ein Teil des Kopfes mit der Hälfte des Gehirns (samt einem Cerebralsorgane) abgetragen (Schnitt *MI-TI*, Textfig. 5). Die mangelnde Gehirnhälfte regeneriert auch hier nicht, andre mangelnde Organe werden dagegen neu gebildet; der Nervenstrang an der operierten Seite verlängert sich nach vorn und verbindet sich direkt mit der übrig gebliebenen Gehirnhälfte. Über einige andre Schnitte siehe die betreffende Arbeit von OXNER (15).

Bei der dünnen Form (Form β) wurden dieselben Schnitte ausgeführt, wobei sich gezeigt hat, daß die Regeneration in derselben Weise wie bei der Form α verlief; jedoch mit zwei Ausnahmen, und zwar erstens dauert hier die Regeneration, wie überhaupt bei der dünnen Form, viel kürzer

Fig. 5.



Schema zur Erläuterung der longitudinalen Schnitte bei der Seitenregeneration des *L. ruber*, Form β .

als bei der breiten Form, und zweitens besitzt hier das durchschnittene Gehirn die Fähigkeit zur vollständigen Reparation. Wir haben schon oben die große Regenerationsfähigkeit der dünnen Form betont. Dieselbe ist auch aus den Experimenten ersichtlich, bei welchen die Querschnitte und Längsschnitte ausgeführt worden sind.

Wir haben nämlich den Wurmkörper zuerst in querer Richtung in 10 bis 15 Fragmente geteilt, deren jedes 3 bis 5 mm lang war, und direkt nachher ein jedes Fragment noch durch einen sagittalen Längsschnitt in zwei gleiche Stücke geteilt; jedes dieser Stücke regenerierte vollkommen.

Da die inneren Regenerationsvorgänge bei den längsgeteilten Individuen oder Fragmenten dieser letzteren in gleicher Weise vor sich gehen, können wir den Vorgang der Regeneration nur im allgemeinen betrachten. Wir müssen aber vor allem bemerken, daß es sich hier, wie übrigens auch bei der Reparation der Querfragmente, in vielfacher Hinsicht um eine Morphallaxis¹⁾ handelt. Wenn z. B. die Hälfte eines längs durchschnittenen Fragments einer Reparation unterliegt, so sieht man dabei, daß die intakte Hälfte in dem Maße enger wird, wie die mangelnde Hälfte zum Vorschein kommt, und endlich sind die beiden Hälften ganz symmetrisch, aber der Körper des Wurmes ist viel dünner und schlanker als vor der Operation. Das Material der lebenden Gewebe der einen Hälfte wurde gleichmäßig in beiden Körperhälften verteilt. Bei der Restitution z. B. des Darmes sieht man sehr klar, wie die mangelnde Hälfte durch eine solche Morphallaxis der intakt gebliebenen Hälfte des Darmes repariert worden ist. Dasselbe bezieht sich auch auf die Reparation der Körperwand. Doch kommen auch hier echte regeneratorsche Vorgänge zum Vorschein, z. B. gehört die Neubildung des Gehirns und der Cerebralorgane in den Fragmenten der dünnen Form zu solchen Prozessen, da hier eine Proliferation des Hautepithels und eine allmähliche Differenzierung der Ganglien aus den Produkten dieser Zellproliferation hervortritt. Es ist auch interessant, daß hier ebenfalls die Wanderzellen eine bedeutende Rolle spielen, daß also auch hier eine tiefe Verarbeitung des Gewebsmaterials zustande kommt.

Die erste Reaktion eines lateralen Durchschnittes ist die Beugung des Körpers; dasselbe geschieht namentlich konkav nach der Seite, wo der Schnitt angelegt worden ist, was zum leichteren Verschlusse der Wunde dient. Es scheint uns eine Regel zu sein, daß

¹⁾ Siehe den I., II. und III. Teil unsrer Arbeit.

mehr oder weniger gleichzeitig ein Zusammenkleben der Darmwände und der Körperwände zustande kommt; manchmal aber findet das provisorische Zusammenkleben der Darmwandränder etwas früher statt als dasjenige der Körperwand, weshalb durch die Spalte zwischen den noch nicht zusammengeklebten Rändern der Körperwand die Darmwand hier und da nach außen hervortritt, wobei hier manche epitheliale Bestandteile derselben zugrunde gehen und einem körnigen Zerfalle unterliegen; da dabei auch eine Anzahl von Parenchymzellen durch die Spalte nach außen hervortritt, bildet sich hier etwa ein provisorischer zelliger Pfropf, der die Spalte verschließt; erst nach einiger Zeit kommt es zum definitiven Verschlusse der Wunde, in dem Maße, als derselbe einem Zerfalle unterliegt.

Das neugebildete Epithel der Körperwand besteht zuerst aus einer Schicht abgeplatteter oder kubischer Zellen mit ansehnlichen, rundlichen Kernen (Fig. 19). In dieser Epithelschicht sieht man einen gut entwickelten Saum aus verdichtetem Plasma, in welchem die Grenzen zwischen einzelnen Zellen nicht gut unterscheidbar sind; die basalen Enden der Zellen verlaufen oft in Fortsätzen, die sich hier und da dichotomisch verästeln und in die darunterliegende Schicht des sehr lockeren Bindegewebes hineinragen. In dieser Epithelschicht sieht man anfangs keine Drüsenzellen; zuerst erscheinen einzelne Eiweißdrüsen, die noch in der Schicht selbst liegen und wenig von andern Epithelzellen differieren, das Secret erscheint als feine Körnchen oder als größere Kügelchen, die sich z. B. mit Eosin stark färben. Erst später erscheinen die tiefer liegenden Eiweißdrüsen und am spätesten die Schleimdrüsen der tiefen Schicht, die in Paketen liegen. Ob das neugebildete Epithel regelmäßig Zellen produziert, die sich von demselben ablösen und in das Bindegewebe migrieren, wie wir es bei der Regeneration der Hinterstücke in der Nähe der Gehirnanlage ganz klar gesehen haben, können wir mit vollkommener Sicherheit nicht sagen. Doch fanden wir es in einigen Fällen ganz unzweideutig, und zwar besonders bei denjenigen Exemplaren, welche infolge der Encystierung verhältnismäßig sehr langsam regenerierten. So z. B. bei einem Exemplare, welches aus einem Längsschnitte (Sagittalschnitte) eines Fragments *II* bis *VI* (siehe das Schema) hervorgegangen ist, das am 8. XII. 09 operiert und am 2. II. 10 fixiert wurde, also fast 2 Monate in Regeneration begriffen war, fanden wir, daß das Epithel der neugebildeten Körperwand stellenweise verdickt war und daß von demselben Zellenstreifen sich in die Tiefe zogen, wobei die Lage der Kernspindeln darauf hinwies, daß sich wirklich

manche Epithelzellen senkrecht zur Oberfläche teilen. Wir sahen auch an diesen Stellen verschiedene Übergänge von den in die Tiefe gerückten Epithelzellen zu verästelten Bindegewebeelementen. Solche Stellen (Fig. 20) scheinen uns darauf hinzuweisen, daß auch hier eine Ablösung von Epithelzellen stattfindet und daß dieselben teilweise in Bindegewebeelemente umgewandelt werden. Eine solche Umwandlung von Epithelementen in Bindegewebeelemente und wahrscheinlich auch in Muskelemente (s. weiter) haben wir dagegen viel klarer in der Nähe der Gehirnanlage bei der Regeneration der Querfragmente (s. oben), wie auch derjenigen Querfragmente, die noch median in Längsrichtung durchgeschnitten worden sind, beobachtet, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Nachdem schon das neue Epithel an der operierten Seite des Körpers gebildet ist, ruht es eine gewisse Zeit auf einer sehr lockeren Schicht Bindegewebe, welches das Körperepithel vom Darmepithel trennt; an dieser Körperseite sind noch keine Muskelfasern, fast keine Drüsenzellen, besonders die der tiefen Schicht, und kein Nervenstrang vorhanden, wie auch keine Blutgefäße und Nieren.

Das lockere Bindegewebe, welches an der operierten Körperseite den ganzen Raum zwischen dem Körperepithel und Darmepithel ausfüllt, ist sehr charakteristisch; besonders in einigen Fällen fanden wir es äußerst zart und blaß. Wie die Fig. 18 bei sehr schwacher und Fig. 19 bei stärkerer Vergrößerung zeigt, besteht das Gewebe aus ganz lose liegenden, spindelförmigen oder verästelten Zellen mit sehr feinen Ausläufern; zwischen den Zellen sieht man sehr feine, unregelmäßig verlaufende Bindegewebsfaserchen. Die Kerne der Bindegewebszellen sind verhältnismäßig groß, oval oder länglich-oval, mit einem Kernkörperchen und wenig Chromatinkörnchen. Ganz neben der Epithelwand des Darmes sieht man stark spindelförmig verlängerte Zellen, welche sehr wahrscheinlich junge Muskelzellen darstellen. Außerdem finden wir in dem betreffenden Gewebe die uns bekannten Wanderzellen mit kleinerem, gewöhnlich polständig gelagerten Kerne und mit sehr zahlreichen gelblich-bräunlichen oder ganz dunklen Körnchen gefüllt. Endlich finden wir auch in dem Bindegewebe etwas verästelte oder rundliche Zellen, in deren Plasma eine einzige oder mehrere größere Kugeln gelagert sind, die sich ganz ähnlich färben wie das Secret der serösen Drüsenzellen der Körperwand (z. B. intensiv rot mit Eosin); da diese Zellen ganz ähnlich aussehen wie diejenigen, welche wir bei der Regeneration der Vorderstücke nahe am hinteren Ende des Regenerats, wo zahlreiche Wanderzellen sich an-

häufen, gesehen haben, so sind wir der Meinung, daß es sich auch hier um veränderte Wanderzellen handelt, welche Teile von Hautdrüsen oder ganze Drüsenzellen phagoeytotisch aufgenommen haben.

Was die Quelle der erwähnten Elemente des Bindegewebes anbetrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, daß dieselben dem Parenchym der intakten Körperseite ihre Entstehung verdanken. Teilweise aber verdanken, wie schon oben erwähnt, in manchen Fällen einzelne Zellen des Gewebes dem neugebildeten Epithel der regenerierten Körperseite ihre Entstehung.

Was die Erscheinung der Muskelfaserschichten in der regenerierenden Körperseite anbetrifft, so kommen zuerst die tieferen Schichten zu Gesicht, und zwar die innere longitudinale und die innere circuläre Schicht, und erst dann erscheinen auch die äußeren Schichten, was in denjenigen Fällen, in welchen das neugebildete Epithel Bindegewebelemente proliferiert, eben mit dieser Tatsache verknüpft ist, da direkt unter dem Gewebe eine gewisse Zeit hindurch noch indifferentes junges Gewebe epithelialen Ursprunges sich anhäuft. So fanden wir z. B. beim lateralen Fragment, welches infolge eines medianen Längsschnittes des Querfragments *VI^b* bis *VI^d* entstanden und encystiert worden ist, am 9. Regenerationstage (am 20. II. operiert und am 28. II. fixiert), daß in der regenerierten Körperhälfte die tiefen Muskelschichten schon teilweise sichtbar waren, besonders die innere longitudinale Schicht, während von den äußeren noch keine Spur sichtbar und unter dem Hautepithel eine Anhäufung von vielen indifferenten Zellen zu beobachten war, welche ohne jede Abgrenzung in das Epithel, und zwar in die tiefere Zellschicht desselben, überzugehen schienen.

Was die Regeneration des Darmes anbetrifft, so kommt es zuerst, wie schon angegeben wurde, zu einem provisorischen Zusammenkleben der freien Ränder des längs durchschnittenen Darmes und dann zur definitiven Vervollständigung der Darmwand, wobei zahlreiche Wanderzellen, mit Reservestoffpartikelchen beladen, in die Wand des sich neu bildenden Darmteiles hineindringen, um hier, wie auch anderorts, zugrunde zu gehen.

Sehr interessant ist in dieser Hinsicht die Fig. 19, wo wir in der neugebildeten Darmwand, die hier eine Verdickung bildet (vgl. auch die Fig. 18), zahlreiche Wanderzellen sehen. In der Verdickung finden wir peripherwärts ein Cylinderepithel, in dem stellenweise die Kerne in zwei, drei Schichten liegen und ziemlich stark verlängert erscheinen. Medial besteht die Verdickung aus einem sehr hellen

und stellenweise stark vacuolisierten Plasma, in welchem einzelne Kerne, stark lichtbrechende Schollen, die übrigens auch in der normalen Epithelwand des Mitteldarmes zu finden sind, und außerdem zahlreiche Wanderzellen liegen, welche auch in den mehr peripheren Partien der regenerierenden Darmwand hervortreten. Manche Wanderzellen enthalten sehr zahlreiche, uns bekannte, gelblich-bräunliche Pigmentkörnchen, andre — stark lichtbrechende, größere Schollen einer sich gleich den serösen Drüsenzellen intensiv färbenden Substanz. Manche Wanderzellen sind mit einem polständig gelagerten Kern versehen, andre sind schon kernlos, ohne distinkte Grenzen, und so finden wir verschiedene Übergänge zu bloßen Anhäufungen der Pigmentkörnchen, die, teilweise in Vacuolen liegend, einer Resorption unterliegen. Wir sehen also, daß hier, ganz ähnlich wie bei der Regeneration des Darmes, am hinteren oder vorderen Ende eines Fragments eine Art Diphagocytose (vgl. den I.—III. Teil unsrer Arbeit, Nr. 11) stattfindet, da die mit Reservestoffen beladenen Wanderzellen in der wachsenden jungen Darmwand zugrunde gehen.

Was die Neubildung der Gefäße und Nierenkanälchen in der regenerierenden Hälfte des Körpers bei der lateralen Regeneration anbetrifft, so können wir etwas Näheres in dieser Hinsicht nicht mitteilen. Auf Grund unsrer Präparate können wir aber mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die einen oder andern den entsprechenden Organen der intakt gebliebenen Körperhälfte ihren Ursprung verdanken. In einem gewissen Stadium, manchmal früher, in andern Fällen viel später, etwa in den letzten Tagen der Regeneration, sieht man beiderseitige Organe symmetrisch in beiden Hälften des Körpers entwickelt, es ist uns aber nicht gelungen, die Bildungsquelle derselben zu eruieren. Das ziemlich momentane Erscheinen dieser Organe ohne irgendwelche sich beobachten lassende Zwischenstadien spricht dafür, daß dieselben einfach in die operierte Hälfte hineinwachsen und sich nicht *in situ* bilden. Die Frage bleibt jedoch noch offen. Was dagegen die Bildung des Nervenstranges in der sich neu bildenden Körperhälfte anbelangt, so wächst dieser vom Gehirn aus, indem er vom ersten Anfang an mit diesem letzteren im innigsten Zusammenhange bleibt; der übriggebliebene Nervenstrang der intakten Hälfte des Körpers wächst früh mit der sich am Vorderende des Fragments bildenden Gehirnanlage zusammen.

Was die Bildung der Gehirnganglien und der Cerebralorgane in den längs entzweigeschnittenen Körperfragmenten aus den mittleren Körpergegenden anbelangt, so haben wir hier ähnliche Prozesse

beobachtet, wie an Querfragmenten des Körpers ohne Gehirn und ohne Cerebralorgane oder im Hinterstück des Körpers nach dem Schnitte zwischen den Cerebralorganen und Mundöffnung. In allen diesen Fällen regeneriert, wie wir es schon oben dargelegt haben, das Gehirn vom Hautepithel aus, welches am Vorderende des Regenerates einer regen Proliferation unterliegt; die Cerebralorgane entstehen ebenfalls als lokale Einstülpungen des neugebildeten Hautepithels.

Zur Illustration dieser Verhältnisse möge die Fig. 21 genügen, wo wir bei einem in der Cyste eingehüllten regenerierenden Körperfragmente, welches aus dem Querfragmente *III* bis *VI*, das noch in Längsrichtung median durchschnitten wurde, entstanden ist, das Gehirn in statu nascendi sehen (operiert am 8. XII. 1909, fixiert am 10. I. 1910).

Wir sehen hier sehr schön, daß am Vorderende des Regenerates das Körperepithel direkt und ohne jede Grenze in eine große Zellenanhäufung übergeht, welche jederseits die Anlage der Gehirnganglien bildet. In der Mitte sieht man eine schlitzförmige Einstülpung des Epithels, welche dem Rhynchodäum entspricht; in der Tiefe der Einstülpung liegen einige Wanderzellen; eine ansehnliche Rüsselanlage ist schon gebildet.

Im Epithel des Vorderendes des Körpers sind nur die oberflächlichen Eiweißdrüsen entwickelt, mehr hinterwärts auch spärliche tiefe Eiweißdrüsen, von Schleimdrüsen (der tiefen Schicht) ist zurzeit noch keine Spur zu sehen. In derjenigen Partie des Epithels, wo dasselbe in einer regen Proliferation begriffen ist, sind die Drüsen entweder gar nicht vorhanden (links in der betreffenden Figur), oder sie sind nur sehr spärlich. Viele Eiweißdrüsenzellen entleeren in großem Maße ihren Inhalt nach außen gegen die schon vorhandene dünne Cyste, und zwar zum Zweck der Verstärkung der Cyste (s. oben). Hinter der Gehirnanlage sehen wir an demselben Präparate paarige, schon sehr gut entwickelte Anlagen der Cerebralorgane. Hinter diesen letzteren vergrößert sich die Anzahl der Drüsen im Hautepithel sehr bedeutend.

Wir haben schon früher gesehen, daß bei der Regeneration der Hinterstücke in der nächsten Umgebung der Gehirnanlage das Epithel viele Zellen proliferiert, die in Parenchymelemente übergehen, indem sie einen mesenchymatischen Charakter bekommen. Ganz dasselbe haben wir auch hier bei der Regeneration der Querfragmente, die noch außerdem in Längsrichtung in zwei seitliche Teile durch-

geschnitten wurden, beobachtet. Auch hier, in der nächsten Umgebung der oben erwähnten starken Anhäufung von Epithelzellen, welche die Gehirnanlage bilden, haben wir Zellen epithelialen Ursprunges gesehen, die in die Tiefe hineindringen, spindelförmig oder verästelt werden und somit ganz den Charakter junger mesenchymatischer Elemente erhalten. Sehr interessant ist in dieser Hinsicht die Fig. 22, die einen Teil des Horizontalschnittes aus der nächsten Nachbarschaft der Gehirnanlage darstellt und derselben Schnittserie angehört, wie der schon von uns besprochene Schnitt Fig. 21. Wir sehen hier, daß vom Epithel der Körperwand etwa zapfenförmige, aus Zellenreihen bestehende Fortsätze in die Tiefe gegen das Körperparenchym hineindringen und hier in einzelne Zellen zerfallen, welche mit langen, zarten Fortsätzen versehen sind, indem sie vollkommen den mesenchymatischen Elementen des jungen Parenchymgewebes gleich werden.

Zwischen diesen Zellen finden wir manche, die einen gegen den einen Pol stärker verlängerten und verdünnten Kern besitzen und hier in einen längeren Fortsatz übergehen, der sich mit manchen Farbstoffen, z. B. mit Eisenhämatoxylin oder mit Eosin, stärker tingiert. Wir haben Grund anzunehmen, daß diese Elemente junge Muskelzellen darstellen. Daß dieselben ebenfalls epithelialen (ectodermalen) Ursprunges sind, gleich den Bindegewebelementen, dafür spricht die Tatsache, daß wir solche Zellen mit sich stark färbendem Fortsatze manchmal auch in dem Epithel selbst angetroffen haben, sowohl in der Nachbarschaft der Gehirnanlage, wie auch lateral im neugebildeten Epithel der regenerierten Seitenhälfte des Körpers, wo das Epithel stellenweise stärker proliferiert, wie es in Fig. 20 zu sehen ist.

Kurze Zusammenfassung.

1) Im kopflosen Hinterteile der operierten breiten Form (α) des *Lineus ruber* Müll. wird gewöhnlich der Kopfteil nur dann neu gebildet, wenn der Schnitt zwischen dem Gehirn und den Cerebralorganen durchgeführt worden ist. Wenn aber der Querschnitt zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung oder weiter nach hinten durchgeführt ist, wird der Kopfteil nicht mehr neu gebildet. Im kopflosen Hinterteile der operierten dünnen Form des *Lineus ruber* Müll. (Form β) regeneriert dagegen der Kopf in allen diesen Fällen vollkommen. Bei der breiten Form kommt es nur zu einem Wundverschlusse und zur Regulation in Fällen, in welchen keine

Regeneration zustande kommt. In seltenen Ausnahmefällen kommt auch bei der breiten Form neben der Regulation eine unvollständige Regeneration (s. 3) zustande.

2) Die Regulation des Hinterteiles bei der breiten Form (Form α), welche zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer durchgeschnitten worden ist, besteht in folgendem:

a. Es erfolgt ein Wundverschluß der Körperwand.

b. Die Seitenstämme (Nervenstränge) wachsen etwas nach vorn, schwellen hier keulenförmig an und verbinden sich median miteinander, wobei an ihrer Vereinigungsstelle das Nervengewebe eine knopfförmige Verdickung bildet, welche vielleicht das fehlende Gehirn ersetzen soll.

c. Das Rhynchocöl wird vorn blind geschlossen, wobei kein neuer Rüssel und kein neues Rhynchodäum ausgebildet werden; ein Fragment des eventuell übriggebliebenen Rüssels wird resorbiert.

d. Im Zustande oben erwähnter Regulation kann das Tier eine längere Zeit, 3 und sogar 8 bis 9 Monate, ohne irgendwelche Regeneration verharren.

3) In Ausnahmefällen beobachteten wir jedoch im Hinterteile der breiten Form, welche im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten worden ist, gewisse regeneratoische Prozesse, und zwar die Neubildung etwas primitiver Gehirnganglien oder sogar die Bildung von vollkommeneren Gehirnganglien und neuer Cerebralorgane, aber selbst in diesen Fällen bildet sich kein Rhynchodäum, kein neuer Rüssel, und das Rhynchocöl bleibt vorn blind geschlossen. Eine solche unvollkommene Regeneration fanden wir nur bei 6% der untersuchten Individuen der breiten Form, alle andern Individuen, also 94%, zeigten nur eine Wundheilung und die oben erwähnten Regulationen.

In den erwähnten Ausnahmefällen bildet sich die Gehirnanlage aus der neugebildeten Hautepithelknospe der vorderen Körperspitze; diesem Epithel verdanken auch die Cerebralorgane ihre Neubildung.

4) Die Regeneration des das Gehirn entbehrenden Hinterteiles der breiten Form des *Lineus ruber* Müll., welche zwischen den Gehirnganglien und den Cerebralorganen quer durchgeschnitten worden ist, also der Cerebralorgane nicht entbehrt, erfolgt auf folgende Weise:

a. Infolge der starken Zusammenziehung der sich schließenden Wunde kommen die Cerebralorgane etwas ventral und paramedian zu liegen. Zwischen den Ausführungsöffnungen beider Kanäle der

Cerebralorgane wächst eine zuerst winzige, dann etwas größere Regenerationsknospe nach vorn. Erst allmählich nehmen die Cerebralorgane ihre gewöhnliche laterale Lage an. Etwa in der 8. Regenerationswoche erscheinen paarige Anlagen des Gehirns.

b. Die Gehirnganglien verdanken ihre Entstehung dem neugebildeten Hautepithel der Regenerationsknospe.

c. Außerdem beteiligt sich auch das Epithel der Ausführungskanäle der Cerebralorgane, und zwar der distalen Abschnitte dieser Kanäle, an der Bildung der Gehirnganglien.

d. Außerhalb der Gehirnanlage, in nächster Nachbarschaft mit derselben, proliferiert stellenweise das Epithel der Regenerationsknospe, wobei die sich abtrennenden einzelnen Zellen in der Richtung des Parenchyms migrieren und Fortsätze ausbildend, sich in mesenchymatische Bindegewebelemente, teilweise aber auch in Muskelzellen verwandeln. Das Rhynchodäum entsteht wie bei 5.

5) Während der Regeneration der kopflosen Hinterteile bei der dünnen Form (Form β) des *Lineus ruber* kommen folgende Prozesse zum Vorschein:

a. Nicht nur größere Hinterstücke, sondern selbst halbmillimeterlange Quer- oder Längsfragmente regenerieren vollkommen. Nur Stücke, welche ein halbiertes Gehirn enthalten, regenerieren nicht.

b. Bei der Regeneration des kopflosen Hinterteiles eines Wurmes, welcher im Niveau zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten worden ist, erfolgt die Neubildung des Gehirns und des Rhynchodäums ganz ähnlich wie im Hinterteile der breiten Form (Form α), welche zwischen den Cerebralorganen und dem Gehirn quer durchgeschnitten wird. Es erfolgt der Wundverschluß, das Rhynchocöl wird blind geschlossen, die zurückgebliebenen Teile des Rüssels (sobald derselbe nicht vollkommen ausgestoßen wurde) unterliegen einer Involution, wobei manche Zellen der Rüsselgewebe sich teils in Rhynchocölomlkörperchen, teils in Wanderzellen verwandeln. Die Bildung des neuen Rhynchodäums vollzieht sich inmitten des lockeren Bindegewebes, welches die Regenerationsknospe zwischen dem blinden Ende des Rhynchocöloms, der Gehirnanlage und der Körperwand ausfüllt. Die Bildung des Rhynchodäums vollzieht sich in typischen Fällen durch die Vermittlung der sich vor dem blinden Rhynchocölomlende stark anhäufenden Wanderzellen, die dann einem Zerfalle unterliegen und einen von Detrituskörnchen erfüllten Raum freilassen, der dann von einer Schicht Parenchymzellen umgeben wird. Die äußere Öffnung des Rhynchodäums bildet sich teils infolge einer

aktiven lokalen Zerstörung des Epithels durch die Wanderzellen, teils durch eine kleine Einstülpung des Epithels und eine Durchbrechung desselben. Die Gehirnanlage bildet sich aus dem Epithel der Regenerationsknospe. Dieses Epithel liefert auch hier Bindegewebelemente und Muskelemente.

6) Die Regeneration der Körperfragmente der dünnen Form, die durch eine Reihe von hinter der Mundöffnung ausgeführten Querschnitten entstanden sind, vollzieht sich im allgemeinen auf ähnliche Weise, wie im vorigen Falle (5). Doch kommen hier manche Eigentümlichkeiten zum Vorschein.

a. In manchen Fällen kommen hier der Körperwandverschluß und der Darmwandverschluß gleichzeitig zustande, in andern verschließt sich zuerst die Darmwand und ragt durch die noch vorhandene Öffnung der Körperwand nach außen, wobei oft ein Teil des nach außen hervorgestülpten Darmwandgewebes zugrunde geht.

b. Wenn der Darm nach vorn und hinten blind geschlossen ist, dringen in die Wand desselben nahe den Wundflächen viele Wanderzellen (parenchymatischen Ursprunges) hinein. Die Regeneration des Darmes erfolgt durch Wachstum der alten Darmwand, wobei die in diese Wand hineingetretenen und hier zugrunde gehenden Wanderzellen den regenerierenden Geweben Reservestoffmaterialie liefern.

c. Der geschlossene Darm differenziert sich früh vorn in den Vorderdarm, wobei das blinde Ende dieses letzteren sich gegen die Ventralseite richtet und an einer Stelle mit dem Hautepithel verwächst, und dort kommt es auch zum Durchbruche der Mundöffnung. Auf ähnliche Weise entsteht die Afteröffnung.

d. Die Gehirnganglien verdanken dem Hautepithel des vorderen Körperendes ihre Entstehung. Auch unterliegt dieses Epithel einer Proliferation zum Zwecke der Bildung von Bindegewebelementen und Muskelementen. Die Cerebralgane sind ebenfalls Produkte des neugebildeten Hautepithels.

7) Bei der Regeneration der Fragmente aus verschiedenen Körpergegenden kann man eine Ungleichartigkeit des Regenerationsrhythmus konstatieren. Die mittleren Körperfragmente regenerieren am schnellsten, die mehr nach vorn oder nach hinten folgenden immer länger, wobei jedes Körperfragment in dem Sinne polarisiert ist, daß es immer vorn den Kopf, hinten den Schwanz bildet.

8) Kleine Körperfragmente, die in der Ruhe und in Dunkelheit liegen bleiben, encystieren sich, wobei die Cyste schichtenweise entsteht, ein Ausscheidungsprodukt der serösen und schleimigen Drüsen

der Körperwand darstellt und außerdem zellige Elemente enthält, die vom Körper in dieselbe eindringen (Wanderzellen, stellenweise seröse Drüsenzellen und Epithelzellen) und hier bald zugrunde gehen.

9) Bei der lateralen Regeneration der Körperfragmente kommt es bei der dünnen Form zu einer vollständigen Restitution beider Körperhälften. Das lateral sich bildende Körperepithel enthält zuerst keine Drüsen, dann entstehen in ihm die serösen Drüsenzellen der oberen Schicht und erst zuletzt die serösen und schleimigen Drüsen der tiefen Schicht. In der regenerierenden Körperseite erscheinen zuerst die tieferen Muskelschichten und erst später die mehr oberflächlichen. Bei der Restitution des fehlenden Darmes spielen auch hier die Wanderzellen eine nicht unwichtige Rolle, indem sie zahlreich in die sich restituierende Darmwand hineindringen und hier zugrunde gehen. Die Regeneration der Gehirnganglien und der Cerebralorgane erfolgt, ähnlich wie bei der Regeneration der Querfragmente, aus dem Epithel der Körperwand des vorderen Körperendes.

10) Bei der Restitution aller Körperfragmente haben wir es mit eigentlicher Regeneration und mit einer Morphallaxis zu tun. Aus dem Fragmente, welches in dem Maße, als es sich restituiert, immer dünner wird, entsteht eine Miniatur des erwachsenen Wurmes, wobei die normalen Verhältnisse der Größe der einzelnen Körperteile hergestellt werden.

Literaturverzeichnis.

- 1) BÜRGER, O., Die Nemertinen des Golfes von Neapel. Fauna u. Flora d. Golfes v. Neapel. 22. Monogr. 1895.
- 2) CARLGREN, O., Zur Regeneration von Prostoma Dag. (Tetrastoma Ehrbg.). Zool. Stud. Tullberg. 1907.
- 3) DRIESCH, H., Regenerierende Regenerate. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. 21. 1906.
- 4) GAST, R., und GODLEWSKI, E., Die Regenerationserscheinungen bei Pennaria cavolinii. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. 16. 1903.
- 5) JOUBIN, L., Les Némertiens, in »Faune France«. Paris 1894.
- 6) KORSCHULT, E., Regeneration und Transplantation. Jena 1907.
- 7) MORGULIS, S., Contributions to the physiology of regeneration. 1. Exper. on Podarke obscura. Journ. Exper. Zool. Vol. 7. 1909.
- 8) — Observations and experiments on regeneration in Lumbriculus. Journ. Exper. Zool. Vol. 4. 1907.
- 9) MÜLLER, CONRAD, Regenerationsversuche an Lumbriculus variegatus und Tubifex rivulorum. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. 26. 1903.
- 10) NUSBAUM, J., und OXNER, M., Über die Ungleichartigkeit des Regenerationsrhythmus in verschiedenen Körperregionen desselben Tieres. Bullet. Intern. de l'Acad. de Cracovie. Juin 1910.

- 11) NUSBAUM, J., und OXNER, M., Studien über die Regeneration der Nemertinen. I. Regeneration bei *Lineus ruber* (Müll.). I.—III. Teil. Archiv f. Entw.-Mech. Bd. 30 (Festbd. I). 1910.
- 12) — — — Über Encystierung regenerierender Nemertinen. Biolog. Centralbl. Bd. 30. 1910.
- 13) NUSBAUM, J., Vergleichende Regenerationsstudien. Über die Regeneration der Polychaeten *Amphiglena mediterranea* Leyd. und *Nerine cirratulus* Delle Ch. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 79. 1905.
- 14) OXNER, M., Sur deux modes différents de régénération chez *Lineus ruber* (Müll.). Compt. Rend. Ac. Sc. Paris. 1909.
- 15) — — — Études sur la Régénération chez les Némertiens. I. La Régénération chez *Lineus ruber* (Müll.). Introduction. Observations biologiques. Annales de l'Institut Océanographique à Monaco. T. I. Fasc. 8. 1910.

Erklärung der Abbildungen.

Buchstabenbezeichnung.

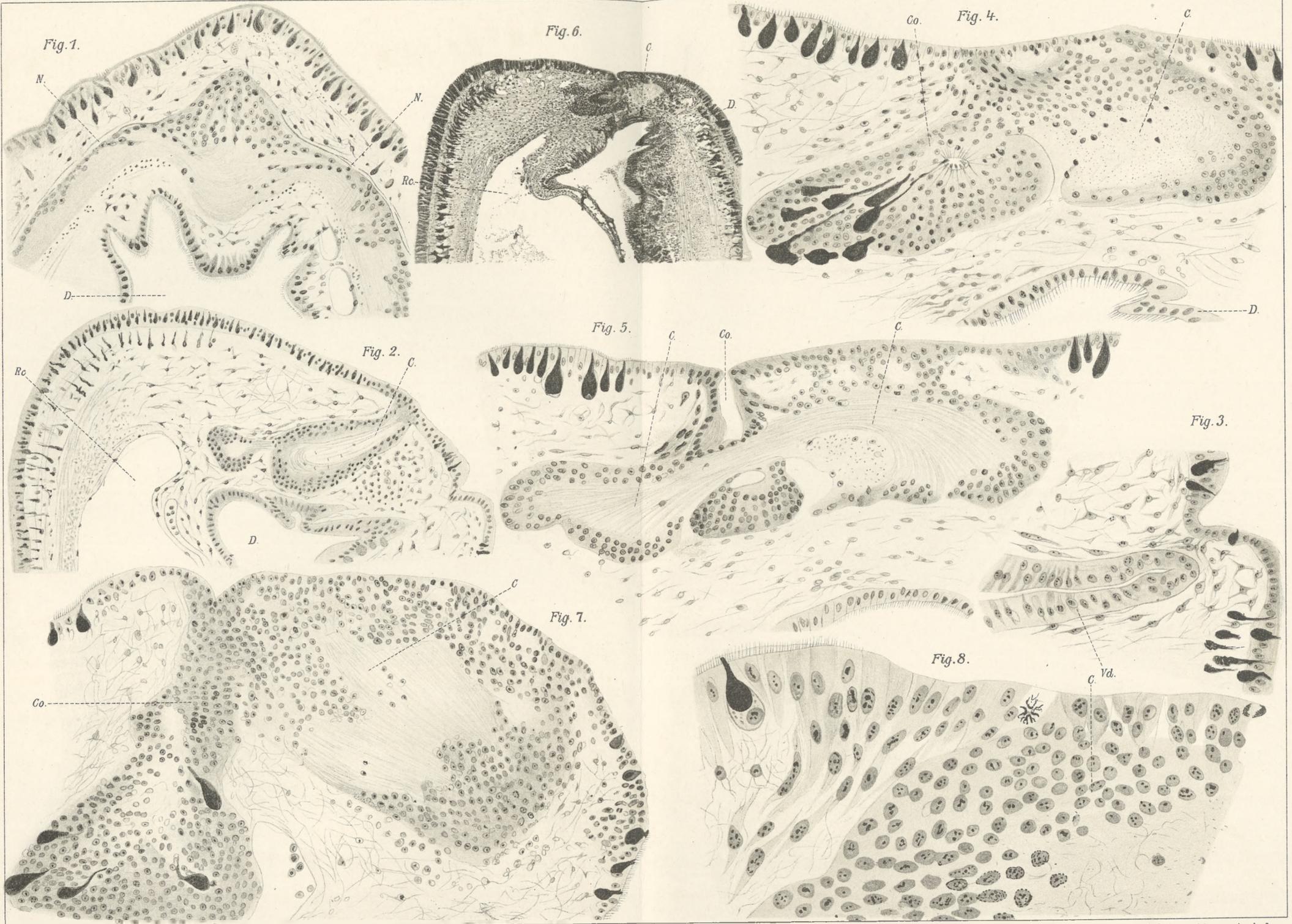
| | |
|--------------------------|------------------------|
| <i>C</i> Gehirnganglien, | <i>O</i> Mundöffnung, |
| <i>Co</i> Cerebralorgan, | <i>Re</i> Rhynchocöl, |
| <i>D</i> Darm, | <i>Rd</i> Rhynchodäum, |
| <i>Ep</i> Hautepithel, | <i>R</i> Rüssel, |
| <i>Md</i> Mitteldarm, | <i>Vd</i> Vorderdarm. |

Tafel XIV—XVI.

- Fig. 1. Ein Teil eines Horizontalschnittes durch *L. ruber*, Form α ; der Wurm wurde zwischen den Cerebralorganen und dem Mund quer geschnitten (am 3. Aug. operiert, am 19. Sept. fixiert). (Oc. 1 S. 6 mm, REICH. Zeichenprisma.)
- Fig. 2. Ein Teil eines Sagittalschnittes durch *L. ruber*, Form α ; das Tier wurde auf der Höhe der Mundöffnung quer geschnitten; Regenerationszeit wie oben. (Oc. 6 S. 16 mm, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 3. Ein Teil eines Nachbarschnittes aus derselben Serie wie Fig. 2. (Oc. 4 S. 4 mm, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 4. Ein Teil eines Sagittalschnittes durch *L. ruber*, Form α . Der Wurm wurde zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten. Regenerationszeit wie in Fig. 1. (Oc. 4 S. 4 mm, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 5. Ein Teil eines Sagittalschnittes durch *L. ruber*, Form α . Der Wurm wurde zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten. Regenerationszeit wie in Fig. 1. (Oc. 4 S. 4 mm, Zeichenprisma.)
- Fig. 6. Ein benachbarter Schnitt aus derselben Serie wie Fig. 5, bei 100facher Vergrößerung. (Mikrophotographische Aufnahme.)
- Fig. 7. Ein Teil eines Sagittalschnittes durch *L. ruber*, Form α . Der Wurm wurde zwischen dem Gehirn und den Cerebralorganen quer geschnitten (operiert am 2. VIII., fixiert am 19. IX.). (Oc. 4 S. 4 mm, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 8. Ein Teil des kopflosen Hinterteiles eines Sagittalschnittes durch *L. ruber*, Form α , in der Gegend der Gehirnanlage. Der Wurm wurde zwischen dem Gehirn und den Cerebralorganen quer geschnitten (am 2. VIII. operiert, am 19. IX. fixiert). (Oc. 4 S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)

- Fig. 9. Ein größeres Stück desselben Sagittalschnittes wie in Fig. 8 bei schwächerer Vergrößerung. (Oc. 6 S. 16 mm, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 10. Ein Sagittalschnitt durch einen Hinterteil von *L. ruber*, Form β . Der Wurm wurde zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten. Eine mikrophotographische Aufnahme bei Vergr. 88.
- Fig. 11. Ein Zerfall des Rüssels (von einem Schnitt durch den Hinterteil von *L. ruber*, Form β , der zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten worden ist, 17. Tag nach der Operation). (Oc. 2, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 12. Ein Teil des Sagittalschnittes durch ein Körperfragment I bis VI^b eines *L. ruber*, Form β , 5 Tage nach der Operation. Mikrophotographische Aufnahme bei Vergr. 100.
- Fig. 13. Ein Teil des Präparates Fig. 12 bei stärkerer Vergrößerung. (Oc. 2, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 14. Ein Teil des Sagittalschnittes (Vorderende) durch ein Körperfragment I bis VI eines *L. ruber*, Form β , 8 Tage nach der Operation. (Oc. 2, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 15. Ein Teil des Sagittalschnittes (Vorderende) durch ein Hinterfragment des *L. ruber*, Form β , welcher zwischen den Cerebralorganen und der Mundöffnung quer geschnitten worden ist, 19 Tage nach der Operation. (Oc. 2, hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 16. Ein Teil eines Sagittalschnittes durch das Körperfragment VI^e bis After von einem *L. ruber*, Form β , 16 Tage nach der Operation. (Oc. 4 S. 6 mm, REICHERT Zeichenprisma.)
- Fig. 17. Ein Teil eines Querschnittes durch den sich bildenden Vorderdarm im Fragment VI^c bis VI^e von einem *L. ruber*, Form β , 12 Tage nach der Operation. (Comp. Oc. 6, S. hom. Imm. 2 mm, Apert. 1,30, Apochrom. ZEISS, Zeichenprisma.)
- Fig. 18. Ein Querschnitt (etwas horizontal) durch ein Körperfragment des *L. ruber*, Form β . Ein Körperfragment VI^b bis VI^d wurde sagittal in zwei Hälften (Schnitt M I—I) längs geschnitten; 8 Tage nach der Operation. (Oc. 6 S. 16 mm, Ap. 0,30, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 19. Ein Teil eines Nachbarschnittes aus derselben Serie wie Fig. 18. (Oc. 4, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 20. Ein Teil des Querschnittes durch das lateral neugebildete Körperepithel vom Körperfragment II bis VI, das noch sagittal in zwei Hälften (M I—I) längs geschnitten worden ist. *L. ruber*, Form β . (Oc. 6, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 21. Ein Teil des Horizontalschnittes eines in der Cyste eingehüllten Körperfragments III—VI, das noch sagittal (M I—I) längs geschnitten worden ist. *L. ruber*, Form β . (Oc. 6 S. 4 mm, Ap. 0,95, ZEISS Zeichenprisma.)
- Fig. 22. Ein Teil des Nachbarschnittes durch das Körperepithel aus derselben Serie wie Fig. 21. (Oc. 6, S. hom. Imm. $\frac{1}{12}$, ZEISS Zeichenprisma.)







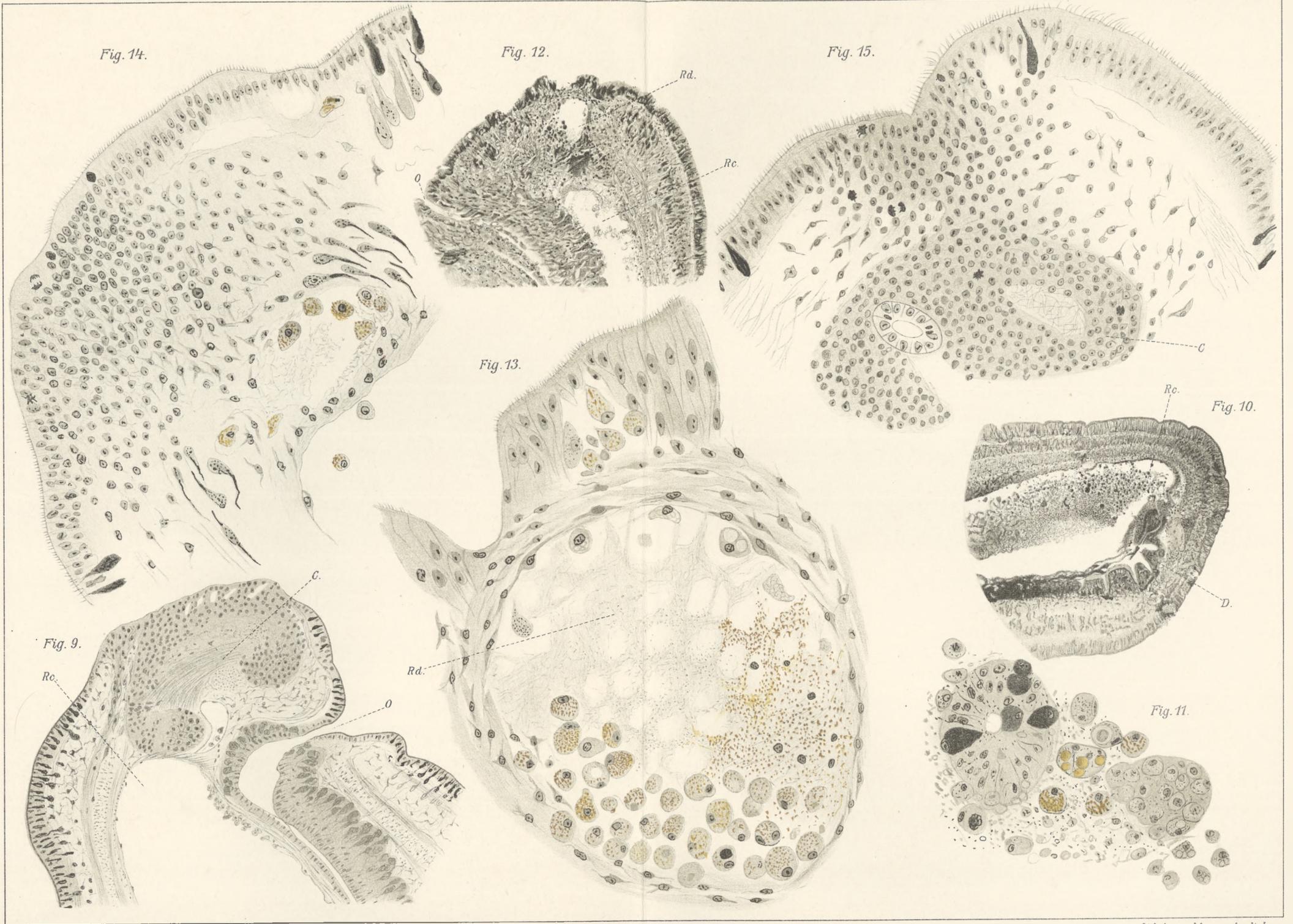


Fig. 14.

Fig. 12.

Fig. 15.

Fig. 13.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Nusbaum gez.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.



