

808

P. G. T.



BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE.

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

N° 5.

Mai

1907.

Sommaire: 21. SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DE L'ACADÉMIE du 7 Mai 1907.

22. M. M. KONOPACKI. Sur la respiration des lombrics.

23. M. HENRI MERCZYNG. Sur le mouvement des liquides à grande vitesse par des conduites très larges.

24. M. A. BOLLAND. Sur la réaction d'aloïne avec oxyhémoglobine.

25. M. K. KLING. Sur l'aldéhyde para-tolylacétique et ses dérivés.

26. M. M. SIEDLECKI. Étude de la structure et du cycle évolutif de *Caryotropha Mesnili*.

26. Mme MARIE SADZEWICZ. Sur l'ainsi dite fatigue photo-électrique des plaques métalliques.

28. M. K. WÓJCIK. Blocs exotiques dans le flysch de Kruhel Wielki près de Przemyśl.

21. SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DE L'ACADÉMIE
DU 7 MAI 1907.

S. E. M. Julien Dunajewski, Vice-Protecteur de l'Académie, ouvre la séance au nom de Son Altesse Impériale et Royale, l'Archiduc François Ferdinand d'Este, Protecteur de l'Académie.

S. E. M. le Comte Stanislas Tarnowski, Président de l'Académie, prononce ensuite une allocution.

Le Secrétaire général, M. Boleslas Ulanowski, donne lecture du compte rendu des travaux de l'Académie pendant l'année écoulée. Il annonce qu'à l'assemblée plénière, tenue le 6 mai, ont été élus:

S. E. M. Casimir Chłędowski, de Vienne, et M. Jean Łoś, professeur à l'Université de Cracovie, membres correspondants de la Classe de philologie; en outre le choix d'un membre étranger pour la même classe sera soumis à la sanction de S. M. l'Empereur. Le nom de ce membre sera publié après que la sanction Impériale aura été obtenue.

M. Jaromir Celakovsky, professeur à l'Université de Prague, membre titulaire étranger; M. Simon Askenazy, professeur à l'Université de Léopol, et M. Frédéric Papée, directeur de la bibliothèque de l'Université de Cracovie, membres correspondants de la Classe d'histoire et de philosophie

M. Antoine Wierzejski, professeur à l'Université de Cracovie, membre titulaire de la Classe des Sciences mathématiques et naturelles.

L'élection de M. Ignace Chrzanowski, de Varsovie, à titre de membre correspondant de la Classe de philologie a été confirmée par S. M. l'Empereur.

M. Léon Marchlewski chargé de la conférence d'usage expose ses idées sur: »La Chimie considérée comme un des éléments du développement économique moderne«.

Le Secrétaire général proclame les noms des lauréats de l'année 1907:

Le prix Probus Barczewski de 2250 couronnes est attribué au prélat Ignace Warmiński pour son ouvrage: »André Samuel et Jean Seklucyan«. Le même prix de 2250 couronnes pour la peinture est décerné à M. Joseph Chelmoński pour l'ensemble de ses tableaux et tout particulièrement pour le dernier qui représente la bataille de »Racławice«.

Enfin le prix Linde, d'une valeur de 675 roubles, est obtenu par M. Casimir Nitsch pour son mémoire: »Les dialectes polonais de la Prusse occidentale«.

La veille de la séance publique, c'est-à-dire le 6 mai, fut tenue la séance plénière administrative semestrielle.

Séance du lundi 6 Mai 1907.

PRÉSIDENCE DE M. K. OLSZEWSKI.

22. M. M. KONOPACKI. *Oddychanie dżdżownic. (Über den Atmungsprozeß bei Regenwürmern).* (*Sur la respiration des lombrics*). Mémoire présenté par MM. K. Kostanecki m. t. et E. Godlewski m. t.

(Mit 15 Figuren).

Die Forschungen der vergleichenden Physiologie über den Atmungsprozeß haben schon vor ziemlich langer Zeit begonnen. Doch der Mangel an zweckmäßigen Forschungsmethoden sowie die ungenügende Entwicklung einer ganzen Reihe von Hilfswissenschaften erschwerten die weitere Entfaltung dieses Wissenszweiges. Erst seit Mitte des XIX. Jahrhunderts, nach den ausgezeichneten Untersuchungen von Regnault und Reiset, werden die Arbeiten auf diesem Gebiete immer zahlreicher.

Die gleichzeitigen Untersuchungen über die Atmung bei Pflanzen, welche gegen Ende des XVIII Jahrhunderts von Ingenhous festgelegt worden ist, trugen viel dazu bei, die allgemeinen diesbezüglichen Vorstellungen zu klären, die man folgendermaßen zusammenfassen kann: Sowohl bei Tieren als auch bei Pflanzen besteht die Atmung in der Aufnahme von Sauerstoff und der Ausscheidung von Kohlendioxyd. Betrachten wir jedoch die gegenwärtige Auffassung des Atmungsprozesses in seiner ganzen Ausdehnung, d. h. nicht nur bei Wirbeltieren, sondern auch bei Wirbellosen und bei Pflanzen, so sehen wir, daß ein beträchtlicher Teil der älteren Theorien sich nicht mehr aufrecht erhalten läßt.

Die Theorie, daß die lebende Zelle ohne Sauerstoffaufnahme nicht bestehen kann, wurde durch die Entdeckung von sauerstofflosen Lebewesen und der Spaltungsatmung erschüttert. Nachdem man eine ganze Reihe von Spaltungsprozessen kennen gelernt, die eine ständige Erscheinung in der Pflanzen- und Tierwelt bilden, nachdem man die Identität der Spaltungsatmung mit den Gährungserscheinungen bei Pflanzen wie auch bei Tieren nachgewiesen hat, muß das so einfache Schema des Gasaustausches der älteren Physiologie in einem ganz anderen Lichte erscheinen. Und so begegnen wir schon der Ansicht (Pütter⁴⁶), daß die Spaltungsatmung der allgemeinste Atmungstypus ist, wobei die funk-

tionelle Energie ohne Vermittlung des Sauerstoffes und nur lediglich durch Spaltungsprozesse produziert wird. Die Sauerstoffaufnahme zum Zwecke des Stoffwechsels ist nur eine spezielle Form der funktionellen Anpassung, die zwar sehr verbreitet und sehr wichtig, jedoch durchaus nicht allgemein ist.

Können wir also angesichts dieser neuen wissenschaftlichen Errungenschaften die Atmung als einen Prozeß auffassen, bei dem Sauerstoff absorbiert und Kohlendioxyd ausgeschieden wird? Müssen wir nicht vielmehr den Begriff erweitern und uns dahin aussprechen, daß die Atmung in der Auslösung von potentieller Energie infolge chemischer Prozesse im Organismus besteht und zwar ohne Rücksicht auf den Austausch von Gasen, der dabei stattfindet? (Jentys ³²). Fast alle Forschungsergebnisse der letzten Zeit sprechen für die Annahme der letzteren Ansicht*).

Die Regenwürmer sind schon oft Gegenstand der Untersuchungen der vergleichenden Physiologie gewesen, die sich auch mit ihrem Atmungsprozeß befaßte. Pott ⁵⁰) hat die Menge des dabei ausgeschiedenen Kohlendioxyds berechnet; Joylet und Regnard ⁶⁴) haben die Sauerstoffabsorption bestimmt. Regnault und Reiset ⁶⁷) sind bei ihren Untersuchungen über die Atmungsintensität einer ganzen Reihe von Tieren zu der Überzeugung gekommen, daß die Größe des Gasaustausches bei der Atmung im Verhältnis zu einer bestimmten Einheit der Zeit und des Körpergewichts bei den Regenwürmern die gleiche ist, wie bei den Fröschen.

*) Theoretisch sehr wichtig ist die letzte Arbeit von Winterstein ⁷⁷). Dieser Forscher hat mit seinen Experimenten die jetzt fast allgemein herrschende Theorie über die Fähigkeit der Organismen, Vorräte von Sauerstoff zu bilden, die ihnen gestatten, einige Zeit ohne Sauerstoff zu leben, widerlegt. Obgleich Wintersteins Theorie schon von einigen seinen Vorgängern teilweise ausgesprochen worden war, hat sie erst seit dem Erscheinen dieser Arbeit bei fast allen, auf den Atmungsprozeß bezüglichen Fragen konsequente und spezielle Anwendung gefunden

„Der Mechanismus der Gewebsatmung, sagt Winterstein, ist in der Weise zu denken, daß die primäre Quelle der Energie von Spaltungsprozessen nicht oxydativer Art dargestellt wird. Die hierbei entstehenden intermediären Produkte (Erstickungs- und Ermüdungsstoffe) werden erst sekundär durch den freien Sauerstoff oxydiert. Diese Oxydation kann sich an die Spaltung unmittelbar anschließen, kann jedoch auch zeitlich und räumlich von dieser getrennt erfolgen, oder durch mehr oder minder lange Zeit, bei manchen Organismen auch dauernd unterbleiben (temporäre und dauernde Anaërobiose).

Mit dem Einfluß der Temperatur auf den Atmungsprozeß bei Regenwürmern hat sich Vernon⁶⁸⁾ beschäftigt; auf seine Untersuchungen werde ich in dem Abschnitt über den Einfluß der Temperatur auf die Atmung ausführlicher zu sprechen kommen.

Indeß erschöpfen all die angeführten Untersuchungen durchaus nicht das ganze Problem und viele Fragen sind bisher überhaupt unberührt geblieben. Als ich also an die vorliegende Arbeit herantrat, habe ich mir zum Ziel genommen, die bereits von anderen begonnenen Forschungen zum Abschluß zu bringen und einige neue Fragen zu berühren, die sich bei der Untersuchung des Atmungsprozesses aufdrängen. Die bisherigen Arbeiten haben sich darauf beschränkt, nur eine Phase des Atmungsprozesses, entweder die der Sauerstoffabsorption oder die der Kohlendioxydausscheidung zu berücksichtigen, nirgends habe ich dagegen eine gleichzeitige Berücksichtigung beider Prozesse und die Feststellung des Atmungsquotienten gefunden. Ebenso fehlen Anhaltspunkte über den Atmungsprozeß bei den verschiedenen Gattungen innerhalb der großen Gruppe der Regenwürmer.

Somit war der Zweck der vorliegenden Arbeit:

1) Die Untersuchung beider Phasen des Atmungsprozesses und die Bestimmung des Quotienten unter normalen Bedingungen (sofern die Bedingungen, unter denen die Versuche angestellt werden, normal genannt werden können);

2) die Nachprüfung der Untersuchungen Vernon's über den Einfluß der Temperatur auf den Atmungsprozeß und die Feststellung der Abhängigkeit des Quotienten von der Temperatur;

3) die Ermittlung des Einflusses verdünnter Luft auf den Atmungsprozeß und auf das Verhältnis beider Phasen des Prozesses zueinander;

4) die Feststellung, ob bei Regenwürmern auch Spaltungsatmung stattfinden kann;

5) die Untersuchung über den Einfluß von CO₂ auf das Leben der Regenwürmer;

6) die Untersuchung über den Einfluß von Verwundungen und erheblicheren Verstümmelungen auf den Atmungsprozeß.

Die Versuche habe ich mit drei Gattungen von Regenwürmern angestellt: mit *Lumbricus terrestris*, *L. communis* und *L. rubellus*, und stets darauf Rücksicht genommen, ob der Verlauf des Atmungsprozesses je nach der Gattung ein verschiedener war.

Die vorliegende Arbeit habe ich in dem Institut für beschreibende Anatomie des Herrn Prof. Kostanecki unter der Leitung des Herrn Prof. Godlewski jun. ausgeführt. Viele wertvolle Ratschläge verdanke ich Herrn Prof. Godlewski sen., der mir auch seine Apparate freundlichst zur Verfügung stellte.

Versuchsmethoden.

Zu meinen Versuchen habe ich mich der von Prof. Godlewski (sen.)²¹⁾ hergestellten und von ihm selbst ursprünglich zu Untersuchungen über die Atmung bei Pflanzen benutzten Apparate (Fig. 1.) bedient. Diese besitzen vor allem den Vorzug, daß sie gleichzeitige Beobachtung der Sauerstoffabsorption und der Kohlendioxydausscheidung ermöglichen.

Die erstere wird gasometrisch, d. h. aus der Volumverminderung der in dem Apparat befindlichen Gase bestimmt. Das ausgeschiedene Kohlendioxyd wird von Kalilauge, die sich in einem kleinen Gefäß im Apparat selbst befindet, absorbiert, darauf mittels Baryumchlorid gefällt und aus der Menge des gefällten Baryumkarbonats berechnet. Die von mir benutzten Apparate bestehen aus einem Kolben (*A*) der der Form nach dem Erlenmeyerschen ähnlich sieht. Auf den Hals des Kolbens ist eine Glaskappe (*h*) aufgeschliffen, mittels deren der Kolben dicht verschlossen werden kann. In die Kappe sind zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren eingeschmolzen, deren senkrechte Schenkel in die Kappe münden, während die wagerechten hervorragen. Ihre äußeren, freien Enden sind zugeschliffen, um mit weiteren, gleichfalls geschliffenen Rohrstutzen verbunden werden zu können. Das eine Rohr ist an seinem unter der Kappe befindlichen Ende hakenförmig gebogen und dient zum Aufhängen des Gefäßes mit Kalilauge. Um luftdichten Verschuß der Verbindungsstellen, sowohl der Kappe mit dem Kolbenhals als auch der Glasröhren untereinander zu sichern, wurden kurze, beiderseits mit Pfropfen oder mit Plastilin versehene, mit Quecksilber gefüllte Röhrechen aufgesetzt. Fig. 1 zeigt den Apparat im Querschnitt. Rohr *a* war mit dem an einem Ende zugeschmolzenen Röhrechen *d* verschlossen, Rohr *b* mit *c* verbunden, dessen freies Ende in ein Gefäß (*g*) mit Quecksilber eingesenkt war. Nach sorgfältiger Zusammenstellung aller Teile konnte der Apparat vollständig luftdicht verschlossen werden.

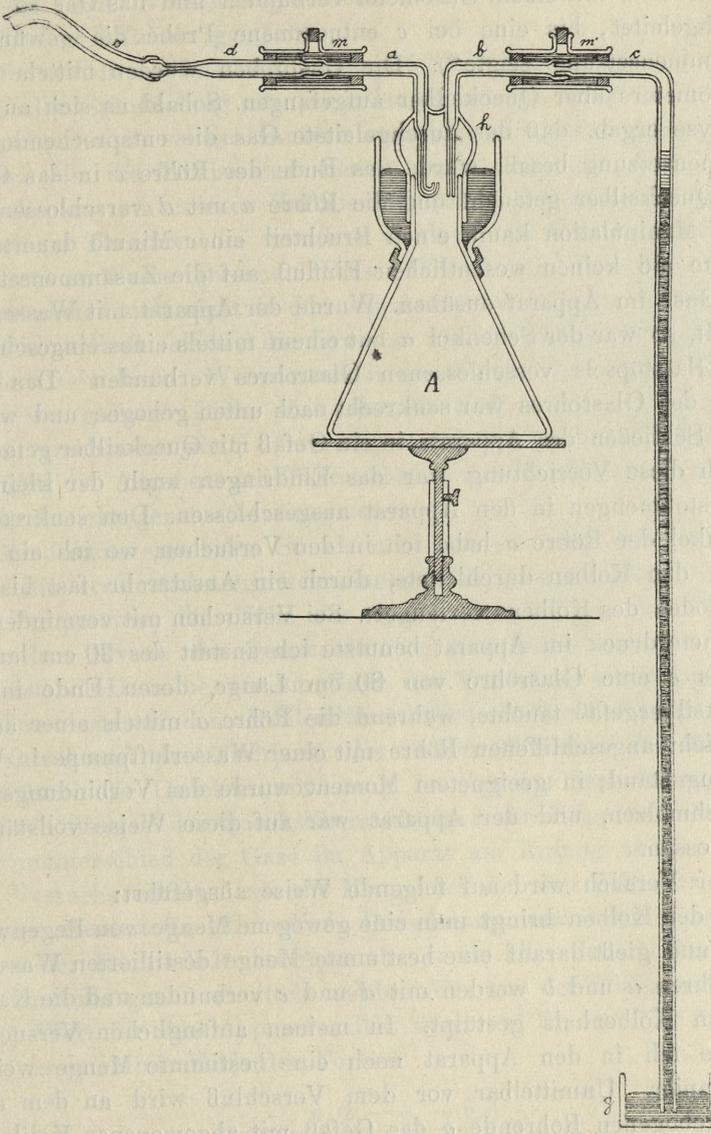


Fig. 1.

Um ihn nun mit Gas zu füllen, wurde der horizontale Schenkel der Röhre *a* mit einem Gasometer verbunden und das Gas so lange durchgeleitet, bis eine bei *c* entnommene Probe die gewünschte Zusammensetzung zeigte^{*)}. Die Gasproben wurden mittels eines Eudiometers über Quecksilber aufgefangen. Sobald es sich aus der Analyse ergab, daß das durchgeleitete Gas die entsprechende Zusammensetzung besaß, wurde das Ende der Röhre *c* in das Gefäß mit Quecksilber getaucht und die Röhre *a* mit *d* verschlossen. Da diese Manipulation kaum einen Bruchteil einer Minute dauerte, so konnte sie keinen wesentlichen Einfluß auf die Zusammensetzung der Gase im Apparat ausüben. Wurde der Apparat mit Wasserstoff gefüllt, so war der Schenkel *a* mit einem mittels eines eingeschliffenen Glasstöpsels verschlossenen Glasrohres verbunden. Das freie Ende des Glasrohres war senkrecht nach unten gebogen und wurde beim Schließen des Apparats in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht. Durch diese Vorrichtung war das Eindringen auch der kleinsten Sauerstoffmengen in den Apparat ausgeschlossen. Den senkrechten Schenkel der Röhre *a* habe ich in den Versuchen, wo ich ein Gas durch den Kolben durchleitete, durch ein Ansatzrohr fast bis auf den Boden des Kolbens verlängert. Bei Versuchen mit vermindertem Barometerdruck im Apparat benutzte ich anstatt des 20 cm langen Rohres *c* eine Glasröhre von 80 cm Länge, deren Ende in ein Quecksilbergefäß tauchte, während die Röhre *a* mittels einer anderen dicht angeschliffenen Röhre mit einer Wasserluftpumpe in Verbindung stand; in geeignetem Moment wurde das Verbindungsrohr zugeschmolzen, und der Apparat war auf diese Weise vollständig geschlossen.

Der Versuch wird auf folgende Weise ausgeführt:

In den Kolben bringt man eine gewogene Menge von Regenwürmern und gießt darauf eine bestimmte Menge destillierten Wassers; die Röhren *a* und *b* werden mit *d* und *c* verbunden und die Kappe auf den Kolbenhals gestülpt. In meinen anfänglichen Versuchen brachte ich in den Apparat noch eine bestimmte Menge weißes Fließpapier. Unmittelbar vor dem Verschuß wird an dem aufwärtsgebogenen Rohrende *a* das Gefäß mit abgewogener Kalilauge

^{*)} Bei späteren Versuchen nahm ich davon Abstand, jedesmal das Gas zu analysieren, da ich mich überzeugt hatte, daß nach Durchleitung von 8–10 l Gas der Apparat ganz gefüllt war.

aufgehängt und das Ende der Röhre *c* in das Quecksilbergefäß getaucht. Alle Verbindungsstellen werden schließlich noch mit Quecksilber luftdicht gemacht.

Der auf diese Weise zusammengestellte Apparat wird mindestens eine halbe Stunde lang oder auch länger zwecks Ausgleichung der Temperaturen in seinem Inneren und seiner Umgebung stehen gelassen. Um die Temperatur messen zu können, war dicht neben dem Apparat ein zweiter Kolben aufgestellt, der verschlossen und mit einem Thermometer versehen war und auf dessen Boden sich stets etwas Wasser befand. Diese Einrichtung, bei welcher das Thermometer sich nicht in dem Apparat selbst befindet, ist insofern nicht vorteilhaft, als sie die Ursache von allerdings geringfügigen Fehlern sein kann. Wenn nämlich die Wände der beiden Kolben nicht von gleicher Dicke sind oder die Kolben selbst nicht gleich dicht verschlossen sind, so werden, zumal bei raschem Temperaturwechsel, die Angaben des Thermometers mit den Temperaturen im Apparat nicht genau übereinstimmen.

Mindestens eine halbe Stunde muß man verstreichen lassen, ehe man die erste Ablesung vornimmt. Wir notieren dabei die Zeit, die Temperatur, die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre *c* über dem Niveau des Quecksilbers in dem Gefäß und den Barometerstand. Dasselbe wird am Ende des Versuches wiederholt.

Das ausgeschiedene Kohlendioxyd wird von der Kalilauge absorbiert, während die Absorption des Sauerstoffs seitens der Würmer sich durch die Druckverminderung im Apparat bemerkbar macht, was ein Steigen der Quecksilbersäule in *c* zur Folge hat. Aus dem Volumunterschied der Gase im Apparat am Anfang und am Ende des Versuchs erhalten wir die Menge des von den Würmern absorbierten Sauerstoffs. Um diese Berechnung anzustellen, muß vor allem der Rauminhalt des Apparats, sowie aller darin befindlichen Gegenstände genau ermittelt werden. Der aus der Differenz gefundene Wert für den Apparat selbst wird auf 0° und 760 mm Barometerstand mit Hilfe der Formel:

$$v_0 = \frac{v, (b - b_1 - b_{11})}{760 (1 + 0.00366 t)}$$

zurückgeführt, wobei *v*, den Rauminhalt des Apparats und der Röhren ohne die darin befindlichen Gegenstände, *b* den Barometerstand, *b*₁ den Niveauunterschied des Quecksilbers in der Röhre *c*

und in dem Gefäß und endlich $b_{,,}$ die Tension des Wasserdampfes im Inneren des Apparats bezeichnet.

Fehler bei der Berechnung der Gasvolumina können aus verschiedenen Gründen entstehen: aus ungenauer Bestimmung des Rauminhalts des Apparats und der darin befindlichen Gegenstände und aus falscher Ablesung der Temperatur oder des Atmosphärendrucks. Die von mir benutzten Kolben hatten einen Rauminhalt von ungefähr 350, 500 und 700 ccm. Nach den Angaben von Jentys³¹⁾ verursacht ein Irrtum in der Temperaturablesung um 1° C bei einem Kolbeninhalt von 350 ccm einen Fehler von 1·1 ccm in der Berechnung des absorbierten Sauerstoffs. Eine fehlerhafte Ablesung des Barometerstandes um 1 mm ergibt einen Unterschied von 0·32 ccm in der Bestimmung des Sauerstoffvolumens. Verhältnismäßig gering ist dagegen der Fehler, der aus der ungenauen Ermittlung des Apparatinhalts resultiert. Ein Irrtum um 1 ccm bei der Berechnung des Kolbeninhalts verursacht nämlich bei bedeutendem Temperatur- und Druckunterschied zwischen der ersten und der zweiten Ablesung einen Fehler von kaum 0·02 ccm.

Die Bestimmung der ausgeschiedenen Kohlensäure geschah immer, wie bereits oben erwähnt, auf chemischem Wege. Zu diesem Zweck wurde beim Öffnen des Apparats das Kalilaugegefäß schnell herausgenommen und die Kalilauge in ein Kölbchen mit 10% Chlorbaryumlösung gegossen; das Gefäß wurde stets mit destilliertem Wasser nachgespült, und dieses gleichfalls in das Kölbchen nachgegossen. Das gefällte Baryumkarbonat wurde abfiltriert, getrocknet und geglüht. Aus dem Gewicht des ausgeglühten BaCO_3 wurde die Menge des von der Kalilauge absorbierten CO_2 berechnet. Von der ganzen Menge mußte jedoch die Verunreinigung der Kalilauge mit CO_2 und der Luft im Apparat abgezogen werden. Die Kaliumhydratlösung von durchschnittlichem spez. Gewicht 1·2—1·3 wurde in einer Flasche unter einer Glasglocke aufbewahrt. Unter derselben Glocke befand sich gleichzeitig ein offenes Gefäß mit konz. Kalilauge, um die Kohlensäure aus der Luft unter der Glocke zu absorbieren. Doch auch bei diesen Vorsichtsmaßnahmen mußte man die Kalilauge von Zeit zu Zeit, je nach der Häufigkeit des Gebrauchs, auf ihre Reinheit hin prüfen. Dieselbe Sorgfalt erschien bei der Bestimmung des Kohlensäuregehalts der Luft im Apparat angezeigt. Ich habe mich nämlich überzeugt, das am Abend bei Lampenlicht der Gehalt der Kalilauge an Kohlendioxyd größer war,

als am Tage. Der Unterschied belief sich auf 0·0005, bisweilen sogar auf 0·0010 auf 1 g KOH. Als Durchschnittsmenge nahm ich 0·05% CO₂ in der Luft an.

Dieser Methoden bediente ich mich auf grund der Versuche von Godlewski (sen.)²¹⁾, Godlewski (jun.)²⁸⁾, Jentys³¹⁾ und Krzemieniewski³⁶⁾.

Vor Beginn des Versuches mußten die Regenwürmer entsprechend präpariert werden. Sie wurden nämlich nicht direkt, nachdem sie dem Erdboden entnommen waren, zu den Versuchen benutzt, sondern erst einige Tage lang in Glasgefäßen mit genügend befeuchteten kleinen Fließpapierstreifen gehalten, bis die in ihrem Verdauungskanal enthaltenen, bedeutenden Erdmengen allmählich ausgeschieden waren. Diese Maßregel erwies sich als notwendig, da die große Menge der darin enthaltenen Bakterien einen nachteiligen Einfluß auf die quantitativen Ergebnisse der Untersuchung hätte ausüben können. Das feuchte Fließpapier wird von den Würmern ziemlich gierig verschlungen, unverdaut ausgeschieden und reinigt beim Passieren den Darmkanal. Auch während der ganzen Zeit des Versuchs wurden die Regenwürmer in Glasgefäßen mit reichlicher Menge feuchten Fließpapiers aufbewahrt. Auch sonst bekamen die Tiere nichts weiter zu essen, konnten jedoch bei dieser Ernährungsweise Wochen, ja Monate lang ohne sichtbare Zeichen irgend welcher Erkrankung aushalten. Alle drei oder vier Tage wurde das Papier durch frisches ersetzt und das Gefäß jeden Tag mit Wasser durchgespült. Vor jedesmaligem Gebrauch zu Versuchszwecken wurden die Würmer gründlich mit Wasser gespült; es war dies das einzige mir zu Gebote stehende Mittel, um den Einfluß von Mikroorganismen auf die Versuchsergebnisse zu beseitigen. Die Regenwürmer sind nämlich gegen alle bekannten, antiseptischen Mittel so empfindlich, daß schon kleine Gaben imstande waren, sie zu reizen und Störungen in ihrem Lebensprozeß hervorzurufen. Ich nahm die Sterilisierung der Apparate in der Weise vor, daß ich die Kolben mit Sublimatlösung spülte; bevor jedoch die Würmer hineingebracht wurden, mußten die Kolben mit destilliertem Wasser gut nachgespült werden, da schon geringe Spuren von Sublimat auf die Tiere tödlich wirkten. Selbstverständlich könnten diese antiseptischen Vorkehrungen bei längerer Dauer der Versuche keineswegs genügen; jedoch bei der kurzen Dauer von höchstens zwei bis drei Tagen bei meinen Versuchen

konnten die schädlichen Einflüsse als minimal betrachtet werden. Gewöhnlich wurden 2—6 g Würmer, die vor dem Wägen gut mit Fließpapier abgetrocknet waren, zu einem Versuch genommen und ihnen 5 ccm frisch abgekochtes destilliertes Wasser zugesetzt.

Verlauf der Versuche.

Ebenso wie eine ganze Reihe von Wurmern, besitzen auch die Regenwürmer keine besonderen Atmungsorgane. Ein dichtes Netz von Blutgefäßen reicht bis an die Haut und verzweigt sich sogar in der Epidermis. Da man bisher keine spezielle Lokalisierung dieser Hautgefäße gefunden hat, so darf man die Behauptung aufstellen, daß bei diesen Tieren die ganze Körperoberfläche als Atmungsorgan funktioniert. Eine derartige Einrichtung der Atmungsorgane muß jedoch mannigfache Ungleichmäßigkeiten in diesem Prozesse zur Folge haben, die von einer ganzen Reihe von äußeren Einflüssen abhängig sind. Schon ein geringer, lokaler Reiz, der eine Gefäßkontraktion an irgend einer Körperstelle verursacht, kann einen Einfluß auf den Atmungsprozeß ausüben. Die Bewegung, wie überhaupt jede Muskeltätigkeit muß sich bei diesen Tieren nicht nur in einer Steigerung der Atmungsintensität bemerkbar machen, sondern sie muß auch Einfluß auf die Kontraktion und die Erweiterung der Hautgefäße ausüben. Alle diese Umstände zusammen können zum Teil die häufigen und oft sehr beträchtlichen Schwankungen der Atmungsintensität nicht nur bei Regenwürmern selbst, sondern auch bei anderen Tieren erklären, bei denen die Hautatmung eine größere Rolle spielt. Aubert⁴⁾ hat bei seinen Untersuchungen über das Atmen bei Fröschen so bedeutende Intensitätsschwankungen dieses Prozesses festgestellt, daß sie nicht Fehlern in den Versuchen zugeschrieben werden konnten, sondern im Verhalten des Frosches selbst begründet erscheinen. Bei längerer Dauer des Versuchs werden diese Ungleichmäßigkeiten ausgeglichen, bei kürzerer sind sie aber auffallend. Ähnliche Angaben über bedeutende Intensitätsschwankungen des Atmungsprozesses bei Fröschen finden wir auch bei Molesehott^{*)} und Schultz^{**)}. Daß das Verhalten des Tieres den Atmungsprozeß beeinflussen kann, ergibt sich aus einer Tatsache, die ich bei Regenwürmern bemerkt habe: so oft sie nämlich in eine Atmo-

*) und **) nach Aubert.

sphäre von vermindertem Partialdruck des Sauerstoffs gebracht wurden, streckten sie sich ganz bedeutend, als ob sie auf diese Weise ihre Atmungsoberfläche vergrößern wollten. Diese Erscheinung läßt sich dahin deuten, daß die Würmer beim Strecken gleichzeitig ihre Blutgefäße ausdehnen; der Blutstrom wird dadurch dünner und die unmittelbar mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommende Blutmenge wird größer.

Noch ein Umstand darf nicht außer acht gelassen werden. Die Würmer befanden sich während der Versuche sowohl in gewöhnlicher Luft als auch in künstlichen Atmosphären die ganze Zeit über in geschlossenen Gefäßen. Dauerte nun der Versuch viele Stunden, so verringerte sich das Sauerstoffquantum, und die Versuchsbedingungen im Apparat wurden hierdurch verändert. Da die Gefäße nicht gelüftet wurden, so häuften sich darin verschiedene Produkte des Stoffwechsels an, die in größerer Menge einen schädlichen Einfluß auf die Lebensprozesse der Tiere ausüben konnten.

Kontrollversuche wurden in der Weise angestellt, daß durch die Apparate Luft durchgeleitet wurde, wobei CO_2 in Pettenkofer'schen Röhren mittels $\text{Ba}(\text{OH})_2$ und in Liebig's Kaliapparat aufgefangen wurde. Die Resultate waren quantitativ fast dieselben wie bei den gewöhnlichen Methoden (Tab. I. Nr. 23, 24, 25).

Die Ergebnisse meiner Versuche habe ich in einer Reihe von Tafeln zusammengestellt, die ich dann graphisch durch entsprechende Kurven veranschaulicht habe. Auf den Tafeln wurden folgende Daten verzeichnet: Versuchsdauer, Temperatur, absolute Menge des Gasaustausches; hauptsächlich aber kam es nur darauf an, eine bestimmte Einheit dieses Austausches festzustellen, denn erst aufgrund eines solchen Prinzips konnten Vergleiche in betreff der Atmungsintensität unter verschiedenen äußeren Verhältnissen angestellt werden. Als eine solche Einheit wählte ich die in 24 Stunden absorbierte Sauerstoff- und die in gleicher Zeit ausgeschiedene Kohlendioxydmenge in ccm auf 1 g Körpergewicht der Regenwürmer. Bei Versuchen mit anormalem Atmosphärendruck wurden die Druckverhältnisse auch in den Apparaten stets in Millimetern angegeben *). Besondere Aufmerksamkeit verdienen die Tempera-

*) Da der Druck im Apparat — wie bereits erwähnt — am Anfang und am Ende des Versuchs nicht der gleiche war, so sind die in den Tafeln und Kurven verzeichneten Ziffern Durchschnittszahlen dieser beiden Druckhöhen.

turverhältnisse, die, wie wir später sehen werden, sehr großen Einfluß auf die Versuchsergebnisse haben.

Die Kurven wurden aus arithmetischen Mittelwerten der in den Tafeln verzeichneten Zahlen hergeleitet. In den Tafeln selbst war ich stets bestrebt, das Verhältnis zwischen der Kohlendioxyd- und der Sauerstoffmenge zu bestimmen, um daraus den Atmungsquotienten zu finden.

(Siehe Tab. I. Seite 569).

In der Tabelle I sind die Versuchsergebnisse über den Atmungsprozeß bei *Lumbricus terrestris* und *L. communis* in normalen Verhältnissen zusammengestellt. Die Versuchsdauer war ziemlich verschieden und schwankte zwischen 10 St. 20 M. und 74 St. 20 M. Trotzdem bemerken wir hier keine Unterschiede in der Atmungsintensität oder dem Atmungsquotienten, Unterschiede, die man dem Einfluß irgend eines aus der längeren oder kürzeren Versuchsdauer innerhalb der erwähnten Grenzen sich ergebenden Faktors zuschreiben mußte. Ein solcher Einfluß konnte von Mikroben bei so ungenügenden Sterilisationsbedingungen bei der langen Dauer des Versuches sich deutlich bemerkbar machen; wir sehen indessen, daß dies trotz der verschiedenen Dauer der Versuche in keinem Fall eingetreten ist. Daraufhin sind wir berechtigt, ihn als sehr gering anzunehmen und können ihn in unserer Rechnung vernachlässigen.

Die Ergebnisse der Versuche 19, 20, 21, 22, welche mit einer anderen Gattung von Regenwürmern (*L. communis*) angestellt wurden, unterscheiden sich ein wenig von den Zahlen der übrigen Versuche, welche in der Tab. I zusammengestellt sind.

Schon der Umstand allein, daß die als Versuchsobjekte dienenden Würmer bedeutend kleiner waren als *L. terrestris* und somit bei gleichem Gesamtgewicht eine größere Anzahl von Tieren oder eine größere Atmungsoberfläche in Betracht kam, auch wenn wir die erhöhte Temperatur, in der die Versuche angestellt wurden, außer acht lassen, bewirkte die Verschiedenheit der Atmungsintensität bei diesen zwei Gattungen (Fürth¹⁹).

Die Mittelwerte der auf der Tab. I zusammengestellten Resultate der Experimente betragen: für *Lumbricus terrestris* in der Temperatur 18°—19° C — 1.233 ccm des absorbierten O und 1.028 ccm des ausgeschiedenen CO₂, für *L. communis* in der Temperatur 19.8°—23.8° — 2.033 ccm des absorbierten O und 1.629 ccm des

TABELLE I.
Der Atmungsprozeß bei Lumbricus terrestris und L. communis in normalen Verhältnissen.

Versuchs- Nr.	Versuchsdauer		t°	Die absolute Menge		Sauerstoff- absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stunden in cem	CO ₂ -Aus- scheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.		der Sauerstoff- absorption in cem	der CO ₂ -Aus- scheidung in cem				
1	43	10	18°20'—16°40'	5·706	4·214	1·055	0·777	0·736	L. terrestris = 3·025 gr
2	74	20	17°0'—17°40'	11·542	9·239	1·304	1·047	0·802	2·819 gr
3	46	—	18°20'—17°6'	8·457	6·172	1·008	0·728	0·722	4·376 gr
4	65	45	18°	12·812	10·040	1·052	0·822	0·781	"
5	71	—	18°30'—17°8'	14·726	14·596	1·385	1·371	0·989	3·552 gr
6	73	—	18°40'	15·096	9·350	1·174	0·730	0·621	4·188 gr
7	43	10	18°40'—18°7'	10·135	9·126	1·323	1·191	0·900	"
8	41	45	20°	12·113	9·796	1·449	1·175	0·811	4·736 gr
9	22	—	21°50'—19°9'	5·965	4·898	1·065	0·874	0·819	5·878 gr
10	41	45	20°	15·139	12·474	1·252	1·017	0·812	6·858 gr
11	22	20	21°50'—19°9'	8·164	5·694	1·632	1·133	0·694	5·204 gr
12	10	20	19°80'—20°30'	3·134	2·417	1·435	1·107	0·771	4·831 gr
13	22	35	20°40'	6·665	4·694	1·434	1·013	0·706	"
14	39	25	22°50'—20°20'	9·114	6·748	1·289	0·979	0·759	4·245 gr
15	23	—	20°40'—19°20'	4·138	3·662	1·000	0·887	0·887	"
16	10	25	19°80'—20°30'	2·892	1·950	1·399	0·934	0·667	4·545 gr
17	22	35	20°40'	5·314	3·436	1·203	0·779	0·647	"
18	22	50	20°40'—19°20'	4·414	3·887	1·333	1·171	0·878	"
19	62	25	20°60'—19°80'	14·484	11·840	2·136	1·752	0·821	3·402 gr
20	65	25	21°50'—22°9'	25·140	18·347	1·687	1·231	0·729	10 W. L. communis = 2·573 gr
21	78	15	20°30'—22°60'	13·282	10·643	1·804	1·405	0·779	13 W. " 5·419 gr
22	39	05	22°20'—23°8'	9·549	8·204	2·607	2·128	0·859	9 W. " 2·288 gr
23	22	—	16°	—	—	—	0·925	—	2 L. terrestris = 10·427 gr
24	23	25	16°	—	—	—	1·245	—	"
25	24	—	20°	—	—	—	1·137	—	" 11·349 gr

ausgeschiedenen CO_2 auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stunden berechnet. Die bei unseren Versuchen mit *Lumbricus terrestris* erhaltenen Zahlen sind etwas kleiner als die Zahlen Potts⁵⁰⁾, welcher für CO_2 auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stunden bei $18^\circ\text{--}19^\circ\text{C}$ 1.591 cem erhielt, und mit den Zahlen Jolyets und Regnards⁶⁴⁾, nach denen die Einheit der Sauerstoffabsorption bei gleichen Temperaturen 1.7 cem beträgt. Dafür stimmen aber ihre Resultate mit den Ergebnissen der Versuche mit *Lumbr. communis* vollständig überein; und da Pott nicht die Gattung der Regenwürmer, mit denen er seine Versuche gemacht hat, angibt, sondern nur sagt, daß er 11 Würmer genommen, die zusammen 9.57 gr gewogen hätten, so bin ich geneigt anzunehmen, daß in diesem Fall *Lumbricus communis* in Betracht kommt. Bei unseren Versuchen unterlag der Atmungsquotient, d. h. das Verhältnis des ausgeschiedenen CO_2 zu der absorbierten Sauerstoffmenge, bedeutenden Schwankungen; er betrug 0.621 bis 0.989, vorwiegend waren die Zahlen 0.7—0.8, so daß wir diese für beide Gattungen bei einer Temperatur von $18^\circ\text{--}22^\circ\text{C}$ als normal betrachten können.

Im weiteren Verlauf der Arbeit will ich den Atmungsprozeß unter verschiedenen äußeren Verhältnissen untersuchen, um festzustellen, ob das Verhältnis beider Atmungsphasen zueinander sich unter diesen Umständen verändert, oder ob es konstant bleibt, denn daraus werden wir uns überzeugen können, inwiefern und unter welchen Umständen die Sauerstoffabsorption von der Kohlendioxydausscheidung abhängig oder unabhängig ist.

Der Einfluß der Temperatur.

Loeb⁴⁰⁾ hebt den engen Zusammenhang zwischen der Schnelligkeit des Verlaufs biologischer Prozesse bei kaltblütigen Tieren und den Temperaturänderungen in der umgebenden Atmosphäre hervor. Gleichzeitig mit einer Temperaturerhöhung nimmt auch die Lebensintensität dieser Tiere zu; alle Funktionen, somit auch die Atmung erfahren eine Steigerung. Dieses Gesetz gilt sowohl für kaltblütige Wassertiere als auch für Landtiere. Jolyet und Regnard haben gefunden, daß bei Fischen eine Temperaturerhöhung von 2° bis 30° eine zehnfache Steigerung der Intensität in der Sauerstoffaufnahme zur Folge hat. Aubert³⁾ und Moleschott beobachteten dieselbe Erscheinung beim Frosch beim Prozeß der Kohlendioxydausscheidung. Nach

Vernon⁶⁸⁾ erhöht sich die Kohlensäureproduktion innerhalb der Temperaturgrenzen von 2° bis 30° bei der Weinbergschnecke auf das 10- bis 13-fache. bei Regenwürmern auf das 4—6-fache. Winterstein⁶⁹⁾ fand, daß die Sauerstoffabsorption bei *Rhizostoma* bei 35° 3½-mal größer ist als bei 11°.

Meinungsunterschiede bestehen jedoch zwischen diesen Autoren bezüglich der Frage, ob die Steigerung der Atmungsintensität konstant ist und mit gewisser Gesetzmäßigkeit verläuft, oder ob es bestimmte Temperaturgrenzen gibt, innerhalb deren die gleiche Intensität bestehen bleibt, um bei einer weiteren Temperaturerhöhung wieder zu steigen. Vernon führte eine ganze Reihe dabingehender Versuche durch, auf grund deren er zu dem Schlusse gelangt, daß bei vielen kaltblütigen Tieren die graduelle Temperaturerhöhung nicht gleichen Schritt mit gesteigerter Produktion von Kohlendioxyd hält, sondern daß für jede Tiergruppe bestimmte Temperaturgrenzen bestehen, innerhalb deren die Kohlendioxydausscheidung konstant bleibt. Für Regenwürmer sollen diese Grenzen zwischen 10° — 22½°C, für Weichtiere zwischen 20° — 30°, für den Frosch (*Rana esculenta*) zwischen 15° — 20° liegen. Eine derartige Einrichtung ist nach Vernon von gewissem Nutzen. Würden nämlich die Lebensprozesse vollständig von der Temperatur abhängen, so müßten die kaltblütigen Tiere ihr ganzes Verhalten der Temperatur und nicht ihren Bedürfnissen anpassen. Beim kalten Wind wären sie unfähig, sich z. B. vor ihren Feinden zurückzuziehen, bei warmen Winden dagegen wären sie außerstande, die infolge der gesteigerten Intensität des Stoffwechsels erhöhten Bedürfnisse ihres Organismus zu befriedigen. Für einige kaltblütige Landtiere jedoch, wie z. B. für *Periplaneta orientalis*, sowie für Wassertiere hat dieses Gesetz nach Vernon keine Geltung.

Eine ganze Reihe anderer Autoren teilt jedoch nicht die Ansicht Vernons, obgleich ich andererseits nirgends einen direkten Widerspruch gegen seine Ausführungen gefunden habe.

Meine Versuche stehen, wenigstens soweit sie die Regenwürmer betreffen, im Widerspruch mit der Behauptung Vernons, daß diese Tiere bei Temperaturen zwischen 10° und 22½°C gleiche Mengen von Kohlendioxyd ausscheiden.

Die Versuche habe ich in der bereits oben beschriebenen Weise durchgeführt. Ich beobachtete gleichzeitig die Sauerstoffabsorption und die Kohlendioxydausscheidung. Zu Versuchen in höheren Tem-

peraturen, bis gegen 30°, bediente ich mich eines Thermostaten in Prof. Nowaks Institut.

Ich war stets bemüht, die Temperatur in jedem einzelnen Versuche möglichst konstant zu erhalten; die Schwankungen überstiegen niemals 3° C.

(Siehe Tab. II, Seite 574—575).

Tabelle II, in der die Ergebnisse von 41 Versuchen zusammengestellt sind, zeigt eine kontinuierliche und gleichmäßige Steigerung des Atmungsprozesses, und zwar sowohl der Sauerstoffaufnahme, wie der Kohlensäureabgabe. Diese Steigerung steht im geraden Verhältnis zu dem Steigen der Temperatur.

Gewisse Schwankungen in der Intensität des Atmungsprozesses machen sich, wie ich schon früher darauf hingewiesen habe, in jedem einzelnen Versuche, bei jeder einzelnen Temperatur bemerkbar, wenn auch die Durchschnittszahlen aus mehreren Versuchen sich ausgleichen. Wenn man aber die Ergebnisse der bei verschiedenen Temperaturen ausgeführten Versuche vergleicht, so sieht man die Unterschiede so deutlich auftreten, daß sie auf eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in der Intensitätssteigerung des Atmungsprozesses im Zusammenhang mit dem Steigen der Temperatur hinweisen. Dagegen zeigten sich die Quotienten in den Grenzen von ca. 2°—24° C von der Temperatur unabhängig; erst oberhalb dieser Grenze verringert er sich ein wenig, um im Durchschnitt auf 0.66 stehen zu bleiben. Aus unseren Versuchen ergibt sich, daß die Intensität der Sauerstoffaufnahme bei 29.5° C siebenmal größer als bei 2.5° C, die Intensität der Kohlendioxydabgabe 5.4-mal größer ist.

Die Kurve *P* (Fig. 2) zeigt den Verlauf des Atmungsprozesses im Zusammenhang mit der Temperatur. Auf der Ordinatenaxe sind die Intensitäten bei den Atmungsphasen eingezeichnet, die Abszisse zeigt die Temperaturen. Die angeführten Zahlen sind arithmetische Mittel aus mehreren Versuchen. Die als kontinuierliche Linie gezeichnete Kurve bezeichnet die Sauerstoffabsorption, die unterbrochene Linie stellt die Kohlendioxydausscheidung dar. Aus beiden Kurven ersieht man deutlich die ständige Steigerung der Sauerstoffabsorption und der Ausscheidung von CO₂ in dem Maße, wie die Temperatur steigt.

Wir können uns jetzt die Frage vorlegen, ob eine gewisse Gesetzmäßigkeit in dieser Abhängigkeit des Atmungsprozesses von der

Temperatur besteht, oder ob der erstere vollständig unabhängig, wenn auch der letzteren parallel, verläuft.

In der physikalischen Chemie kennen wir ein von van't Hoff ausgesprochenes Gesetz, wonach eine Erhöhung der Temperatur

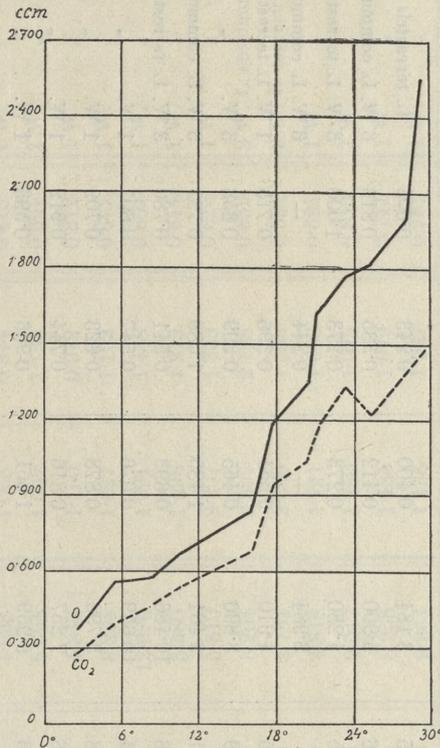


Fig. 2.

um 10° eine 2—3-fache Beschleunigung der Reaktion zur Folge hat. Dieses Gesetz hat auch in einigen biologischen Prozessen Bestätigung gefunden. Auf grund der Arbeiten von Matthaei hat es Kanitz³⁵⁾ in dem Prozesse der Kohlenstoffassimilation bei *Prunus laurocerasus var. rotundifolia* bestätigt gefunden. Abbig¹⁾ und Herzog³⁰⁾ konstatierten dieselbe Gesetzmäßigkeit beim Frosch, sowie bei *Echinus* und *Sphaerechinus*, und zwar auf grund der Arbeiten O. Hertwigs über die Entwicklung des Frosches und Peters über die Entwicklung der Echinoiden. Auf die Arbeiten von Filehne gestützt, beweist Abbig²⁾ die Gültigkeit dieses Gesetzes für den Prozeß der Kohlendioxydausscheidung beim Frosch innerhalb der

TABELLE II.
Der Einfluß der Temperatur auf den Atmungsprozeß.

Versuchs- Nr.	Versuchs- dauer		t°	Die absolute Menge der Sauerstoff- absorption		Sauerstoff- absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stunden in cem	CO ₂ -Aus- scheidung in cem	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.		in cem	in cem				
1	69	30	3·4° — 1·5°	5·205	3·184	0·400	0·243	0·608	L. terrestris = 4·430 gr
2	69	30	"	7·176	5·900	0·412	0·335	0·813	6 W. L. communis = 5·931 gr
3	69	—	4·1° — 1·3°	4·275	4·280	0·273	0·273	1·000	3 W. L. terrestris = 5·352 "
4	66	45	3·7° — 1·3°	—	3·984	—	0·244	—	6 W. L. communis = 5·699 "
5	70	35	5° — 6°	6·795	4·910	0·554	0·396	0·715	1 W. L. terrestris = 4·115 "
6	76	05	9·4° — 6·8°	10·339	8·890	0·465	0·399	0·858	3 W. " 6·910 "
7	66	25	9·8° — 8·1°	12·861	9·401	1·485	1·088	0·732	3 W. L. communis = 3·087 "
8	66	25	"	13·406	10·486	0·693	0·541	0·780	3 W. L. terrestris = 6·910 "
9	69	10	11·5° — 10°	13·184	10·659	0·676	0·547	0·807	1 W. " 6·729 "
10	26	40	15·8°	5·328	3·792	0·878	0·623	0·709	1 W. " 5·354 "
11	37	20	16·4°	7·896	7·257	0·816	0·744	0·912	1 W. " 6·059 "
12	38	50	16·2° — 16·4°	11·703	6·959	1·661	0·986	0·593	1 W. " 4·232 "
13	71	35	16·8° — 16°	7·842	6·418	0·865	0·704	0·813	1 W. " 3·025 "
14	43	10	18·2° — 16·4°	5·706	4·214	1·055	0·777	0·736	" " "
15	69	40	17·7° — 17·4°	11·542	9·239	1·304	1·047	0·802	1 W. " 2·819 "
16	46	—	18·2° — 17·6°	8·457	6·172	1·008	0·728	0·722	1 W. " 4·376 "
17	65	45	18° — 18·1°	12·812	10·040	1·052	0·822	0·781	" " "

18	71	05	14:726	14:596	1 385	1:371	0:989	1 W. L. terrestris = 3 552 gr
19	73	--	15:096	9:350	1:174	0:730	0:621	1 W. " 4:188 "
20	43	20	10:135	9:126	1:323	1:191	0:900	" " "
21	41	45	12:113	9:796	1:449	1:175	0:811	1 W. " 4:731 "
22	41	45	15:139	12:474	1:252	1:017	0:812	1 W. " 6:858 "
23	22	05	5:965	4:898	1:065	0:874	0:819	1 W. " 5:878 "
24	22	20	8:164	5:694	1:632	1:133	0:694	1 W. " 5:204 "
25	25	25	5:954	4:842	1:160	0:942	0:812	1 W. " 4:736 "
26	25	30	12:102	8:204	1:627	1:102	0:677	1 W. " 6:858 "
27	47	15	16:138	12:980	1:791	1:438	0:804	1 W. " 4:326 "
28	25	05	8:653	5:580	1:896	1:219	0:644	1 W. " 4:212 "
29	24	20	9:368	5:810	2:207	1:369	0:620	1 W. " 4:099 "
30	39	05	9:549	8:204	2:507	2:128	0:859	9 W. L. communis = 2:288 "
31	15	05	4:592	2:734	2:606	1:555	0:591	2 W. L. terrestris = 2:624 "
32	43	50	7:792	4:848	1:721	1:088	0:621	1 W. " 2:440 "
33	44	10	11:083	9:017	1:260	1:025	0:813	1 W. " 4:702 "
34	47	15	12:064	8:958	1:455	1:079	0:741	1 W. " 4:171 "
35	47	15	11:973	9:364	1:136	1:037	0:781	1 W. " 4:559 "
36	25	40	8:474	5:699	1:679	1:133	0:674	1 W. " "
37	24	10	7:021	4:735	1:616	1:093	0:661	1 W. " 4:171 "
38	23	40	5:295	3:500	2:174	1:434	0:659	1 W. " 2:448 "
39	24	--	11:944	7:970	2:561	1:479	0:665	1 W. " 4:450 "
40	22	35	8:586	5:492	1:934	1:239	0:639	1 W. " 4:610 "
41	22	35	7:011	4:638	2:200	1:459	0:663	1 W. " 3:305 "

Temperaturgrenzen zwischen 14° und 25° . Oberhalb dieser Grenzen steigt Θ_{10} bedeutend. Nach Clausen ¹⁵⁾ findet van't Hoff's Gesetz Anwendung für denselben Prozeß bei einer ganzen Reihe von Pflanzen, nach Pflüger ²⁾ sogar beim Kaninchen in den Temperaturen zwischen 38.6° bis 40.6° , wo $\Theta_{10}=1.9$ ist. Dieselbe Abhängigkeit von der Temperatur stellt Snyder ^{*}) für die Häufigkeit der Herzschläge bei der kalifornischen Schildkröte fest.

Die Ergebnisse meiner Arbeit sind folgende:

TABELLE III.

Sauerstoffabsorption in ccm	Θ_{10}	Temperatur	Ausscheidung von CO_2 in ccm	Θ_{10}
0.362		2.5°	0.274	
	2.05			2.21
0.676		10.7°	0.546	
	1.99			1.92
1.344		20.4°	1.049	
	1.99			1.45
2.561		29.5°	1.479	

Obige Zahlen bezeichnen die Intensität beider Phasen des Atmungsprozesses in ccm auf 1 gr Körpergewicht der Würmer in 24 Stunden.

Auf grund der in Tab. III dargestellten Resultate sind wir zu der Behauptung berechtigt, daß van't Hoff's Gesetz auch bei dem Atmungsprozesse bei Regenwürmern seine volle Geltung hat. Diese meine Ergebnisse stimmen mit denen, die Pütter ⁷⁸⁾ in seiner letzten Arbeit erhielt, überein.

Sein Gesetz von dem Einfluß der Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat van't Hoff aus rein chemischen Erscheinungen hergeleitet. Heute sehen wir, daß es auch für viele biologische Prozesse bewiesen worden ist, und daß, wie Tamman ^{**)} gezeigt hat, auch organische Fermente diesem Gesetz unterworfen sind. Diejenigen biologischen Prozesse, für welche das van't Hoff'sche Gesetz bestätigt worden ist, lassen sich gegenwärtig nicht einfach als rein

*) nach Loeb ⁴⁰⁾.

***) nach Loeb ⁴⁰⁾.

chemische Prozesse auffassen. Loeb glaubt, daß es Fermentationsprozesse sind. Die Bewährung dieses Gesetzes für den Atmungsprozeß wäre ein Beweis mehr dafür, daß auch die Atmung ein enzymatischer Prozeß ist.

Der Einfluß von Verwundungen auf die Atmung der Regenwürmer.

Aus Untersuchungen Stichs⁵⁴⁾ und anderer Autoren wissen wir, daß Verwundungen bei Pflanzen eine Steigerung der Atmungsintensität bewirken. In der Tierphysiologie habe ich jedoch diese Frage betreffende Angaben nirgends gefunden. Aus diesem Grunde habe ich es unternommen, einige Versuche in dieser Richtung durchzuführen. Die Regenwürmer eignen sich dazu vorzüglich, und zwar um so mehr, da bei ihnen sehr schnell nach der Verwundung Regenerationsprozesse stattfinden, so daß man gleichzeitig auch den Einfluß dieser Prozesse auf das Atmen studieren kann.

Ist uns die Intensität des Atmungsprozesses vor der Operation bekannt, so geben uns die kurz nach der Operation angestellten Beobachtungen eine Aufklärung über den Einfluß der Verwundung; einige Tage lang fortgesetzte Versuche werden uns den Einfluß der Regenerationsprozesse zeigen. Da ich die Würmer auf die Weise verwundete, daß ich ihnen bald je einige vordere, bald je einige hintere Segmente wegschnitt, so hätte man erwarten können, daß die Ergebnisse verschieden ausfallen würden. Durch Abtrennung der vorderen vier oder fünf Glieder wird das Gehirnganglion samt der Schlundkommissur d. h. derjenige Teil des Nervensystems, den man dem Gehirn der höheren Tiere gleichstellen könnte, weggesehnt; die Amputation der hinteren Segmente verursacht dagegen die Beseitigung einer Anzahl von Segmentganglien, von denen nur Nerven nach denjenigen Segmenten ausgehen, in denen sich die Ganglien selber befinden.

Man kann also auf grund dieser Versuche noch die Frage entscheiden, ob die Gehirnganglien bei Regenwürmern in dem Atmungsprozeß eine andere Rolle spielen als die übrigen Segmentganglien, d. h. ob sie in dieser Beziehung die Bedeutung eines Nervenzentrums für den ganzen Organismus besitzen.

Die Versuche wurden folgendermaßen angestellt: Ein- oder zweimal untersuchte ich den Atmungsprozeß des Wurmes vor der Operation, alsdann nach der Operation innerhalb 21--24 Stunden

und schließlich noch einige Male in verschiedenen Zeitintervallen. Die Versuchsbedingungen waren beim Abschneiden sowohl der

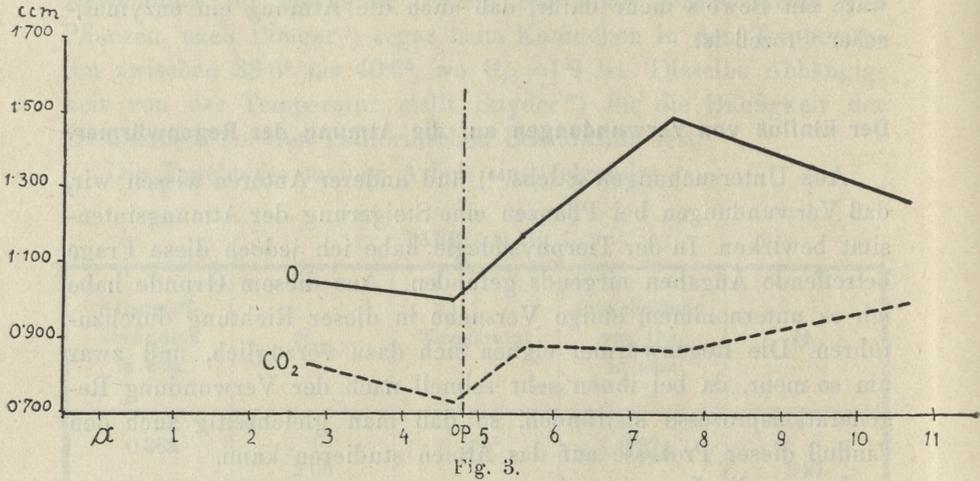


Fig. 3.

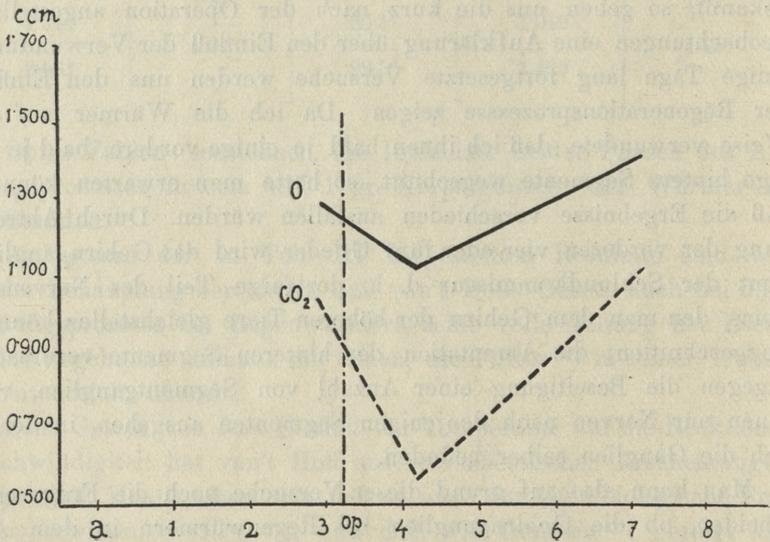


Fig. 4.

vorderen als auch der hinteren Segmente vollständig dieselben. Ich war bestrebt, die Temperatur in jeder Serie auf gleicher Höhe zu erhalten, um etwaige Unterschiede, die das Ergebnis beeinflussen könnten, auszuschalten.

TABELLE IV.
Der Einfluß von Verwundungen auf den Atmungsprozeß bei Regenwürmern.

Versuchsnummer	t°	Versuchsdauer		Sauerstoffabsorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stunden in cem	CO ₂ -Ausscheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
		St.	M.				
Ser. I.	18° — 18.1°	65	45	1.052	0.822	0.781	Vor der Amputation der hinteren Segmenten.
	18.2° — 17.6°	46	—	1.008	0.728	0.722	
	17.8° — 17.6°	22	25	1.193	0.872	0.731	
		48	10	1.490	0.871	0.584	
	17.7° — 17.4°	74	20	1.276	1.000	0.783	
Ser. II.	17.7° — 17.4°	74	20	1.304	1.047	0.802	Nach der Amputation.
	17.6° — 17.8°	27	30	1.115	0.585	0.524	
		71	05	1.424	1.133	0.795	
Ser. III.	18.3° — 1.8°	10	20	1.435	1.107	0.771	Vor der Amputation.
	19.8° — 20.3°	22	35	1.434	1.013	0.706	
	20.4° — 20.5°	21	25	1.074	0.885	0.824	
	20.6° — 20.6°	23	05	1.434	1.073	0.748	
	20.8° — 20.2°	38	05	0.934	0.875	0.936	
Ser. IV.	20.6° — 20°	45	50	1.159	0.874	0.754	Nach der Amputation.
	20.6° — 20.2°	39	25	1.289	0.979	0.759	
	22.5° — 20.2°	22	50	1.000	0.887	0.887	
	20.4° — 19.2°	23	35	0.713	0.906	1.270	
	19.4° — 19.2°	23	35	0.713	0.906	1.270	
		23	35	0.713	0.906	1.270	

Versuchsnummer	t°	Versuchsdauer		Sauerstoffabsorption auf 1 gr Körpergewicht in 2½ Stunden in cem	CO ₂ -Ausscheidung in cem	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
		St.	M.				
Ser. IV.	19.2°—18.8°	22	40	1.041	1.001	0.961	Nach der Amputation Vor der Amputation von 4—5 vorderen Segmenten.
		71	05	1.385	1.371	0.989	
Ser. V.	18.3°—17.8°	24	10	—	0.815	—	Nach der Amputation.
		47	40	1.479	0.960	0.649	
3	18.2°—18.4°	43	10	1.141	0.972	0.851	Nach der Amputation.
		43	10	1.170	0.730	0.621	
Ser. VI.	18.4°—18.7°	73	—	1.170	1.191	0.900	Vor der Amputation.
		43	10	1.323	0.896	0.530	
2	18.4°—18.7°	22	10	1.692	1.310	0.815	Nach der Amputation.
		72	—	1.607	0.930	0.667	
Ser. VII.	19.2°—18.8°	10	25	1.399	0.779	0.647	Vor der Amputation.
		22	35	1.203	0.726	0.803	
1	19.8°—20.3°	21	20	0.898	1.017	1.244	Nach der Amputation.
		23	05	0.817	1.066	1.015	
4	20.4°—20.5°	38	10	1.190	0.848	0.712	Vor der Amputation.
		39	25	1.805	1.331	0.737	
Ser. VIII.	22.5°—20.2°	22	50	1.333	1.171	0.878	Nach der Amputation.
		23	35	0.849	1.322	1.557	
2	20.4°—19.2°	22	40	1.039	1.243	1.196	Nach der Amputation.
		22	40	1.039	1.243	1.196	

Die Versuchsergebnisse habe ich in der Tab. IV zusammengestellt und sie durch die Kurven Nr. VII, VIII, IX, X und Nr. XI, XII, XIII, XIV (Fig. 3—10) veranschaulicht. Die Kurven Nr.

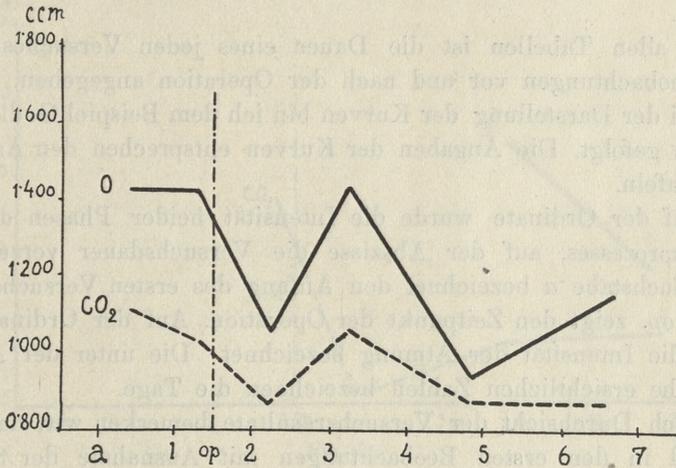


Fig. 5.

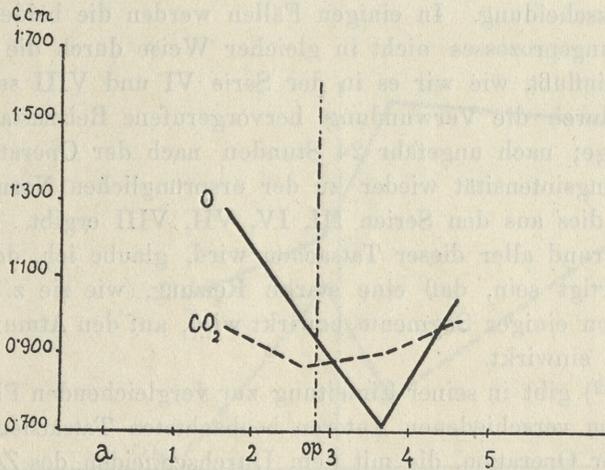


Fig. 6.

VII, VIII, IX, X entsprechen den Serien I, II, III, IV und die Kurven Nr. XI, XII, XIII, XIV den Serien V, VI, VII, VIII. Die Versuche wurden nur mit *Lumbricus terrestris* angestellt und zerfallen in 8 Serien. Von diesen umfassen die ersten vier die Ver-

suchsergebnisse nach der Operation der hinteren Segmente, die letzten vier dagegen zeigen uns die Resultate nach Abtrennung der vorderen 4—5 Segmente, also der Gehirnganglien (Nussbaum ⁶²) Bd. I).

In allen Tabellen ist die Dauer eines jeden Versuches sowie die Beobachtungen vor und nach der Operation angegeben.

Bei der Darstellung der Kurven bin ich dem Beispiel Godlewskis sen. ²⁵) gefolgt. Die Angaben der Kurven entsprechen den Angaben der Tafeln.

Auf der Ordinate wurde die Intensität beider Phasen des Atmungsprozesses, auf der Abszisse die Versuchsdauer verzeichnet. Der Buchstabe *a* bezeichnet den Anfang des ersten Versuches. Die Linie *op.* zeigt den Zeitpunkt der Operation. Auf der Ordinatenaxe wird die Intensität der Atmung bezeichnet. Die unter der Abszissenaxe ersichtlichen Zahlen bezeichnen die Tage.

Nach Durchsicht der Versuchsergebnisse bemerken wir, daß sich überall in den ersten Beobachtungen mit Ausnahme der Serie I die Atmungsintensität nach der Operation vermindert und zwar sowohl die Intensität der Sauerstoffabsorption wie die der Kohlendioxydausscheidung. In einigen Fällen werden die beiden Phasen des Atmungsprozesses nicht in gleicher Weise durch die Verwundung beeinflußt, wie wir es in der Serie VI und VIII sehen.

Der durch die Verwundung hervorgerufene Reizzustand währt nicht lange; nach ungefähr 24 Stunden nach der Operation kehrt die Atmungsintensität wieder zu der ursprünglichen Norm zurück, wie sich dies aus den Serien III, IV, VII, VIII ergibt.

Auf grund aller dieser Tatsachen wird, glaube ich, der Schluß gerechtfertigt sein, daß eine starke Reizung, wie sie z. B. durch Amputation einiger Segmente bewirkt wird, auf den Atmungsprozeß hemmend einwirkt.

Loeb ⁴²) gibt in seiner Einleitung zur vergleichenden Physiologie einige von verschiedenen Autoren beobachteten Tatsachen an, daß nach einer Operation, die mit dem Durchschneiden des Zentralnervensystems verbunden war, bei vielen wirbellosen Tieren sogar eine momentane Unterbrechung des Atmungsprozesses eintrat. Der Grund dafür ist jedoch nach Loeb nicht in der Beseitigung irgend welcher Atmungszentren zu suchen, sondern diese Erscheinung ist nur als bloße Folge des operativen Eingriffes an und für sich, d. h. als Folge der Erschütterung anzusehen, von der das Nervensystem

angegriffen wird. Ebenso nimmt auch Jennings³³⁾ an, daß starke Reize bei Regenwürmern Störungen im Blutkreislauf bewirken und somit das Atmen und andere Lebensprozesse beeinflussen können.

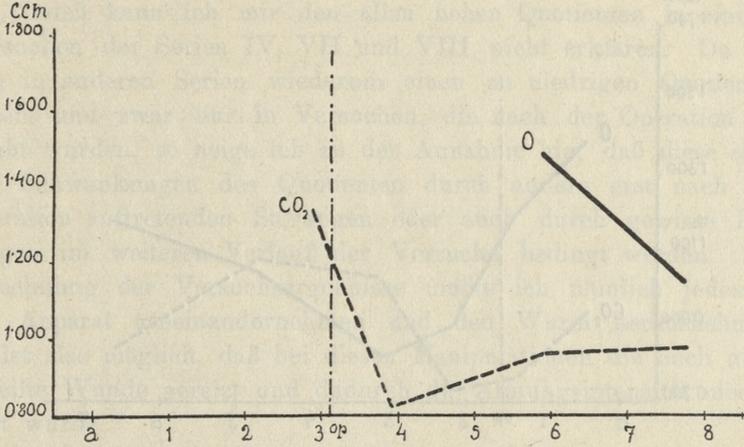


Fig. 7.

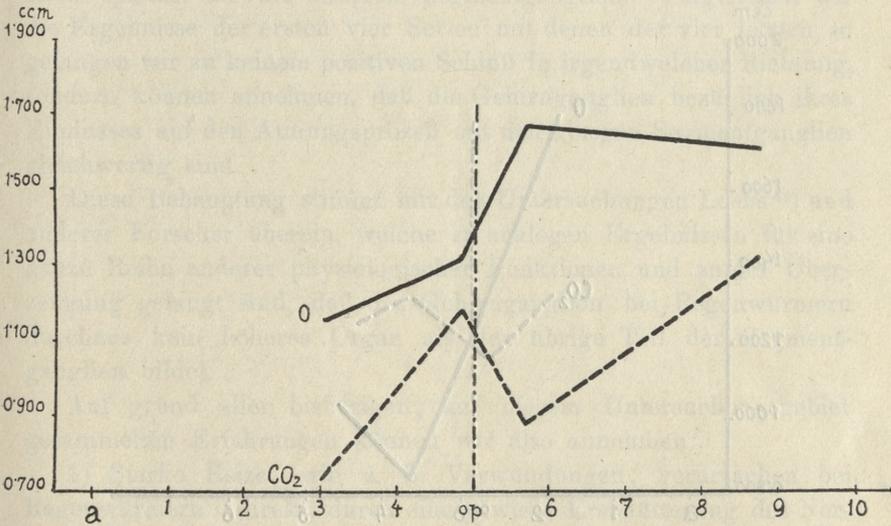


Fig. 8.

Bei Regenwürmern läßt sich nur schwer feststellen, ob das Atmen nach der Operation vollständig unterbrochen wird, oder ob diese Funktion für eine gewisse Zeitdauer nur geschwächt wird.

In ihrem Verhalten nach der Operation ließen sich absolut keine Erscheinungen beobachten, die von starken inneren Störungen zeugten.

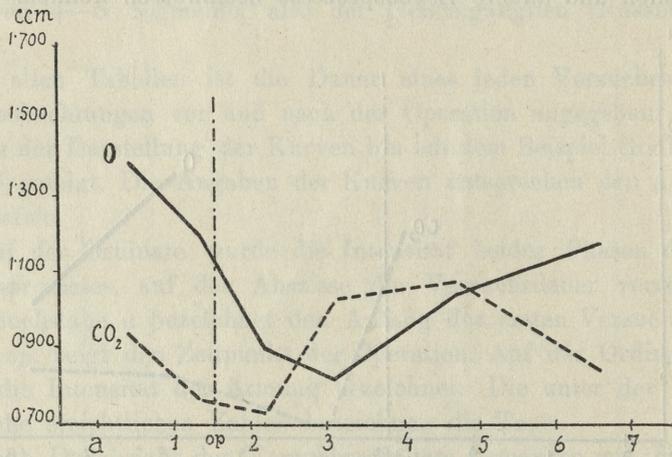


Fig. 9.

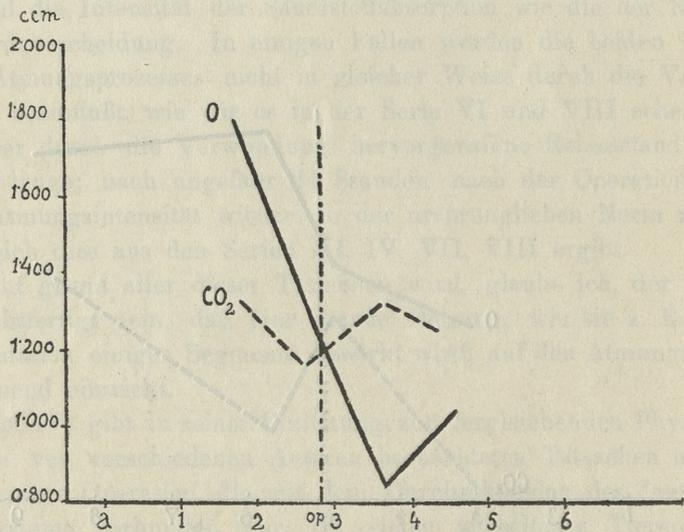


Fig. 10.

Die weiteren, während einiger Tage nach der Operation angestellten Versuche ergaben keine charakterischen Änderungen in dem Atmungsprozeß, die man dem Einfluß der stattfindenden Regenera-

tionsprozesse zuschreiben könnte. Diese Beobachtung bezieht sich sowohl auf die Tiere, denen nur einige hintere Segmente entfernt, als auch auf diejenigen, denen die Gehirnganglien abgetrennt wurden. Indeß kann ich mir den allzu hohen Quotienten in einigen Versuchen der Serien IV, VII und VIII nicht erklären. Da wir aber in anderen Serien wiederum einen zu niedrigen Quotienten finden, und zwar nur in Versuchen, die nach der Operation gemacht wurden, so neige ich zu der Annahme hin, daß diese starken Schwankungen des Quotienten durch andere erst nach der Operation auftretenden Störungen oder auch durch gewisse Reizungen im weiteren Verlauf der Versuche bedingt werden. Zur Berechnung der Versuchsergebnisse mußte ich nämlich jedesmal den Apparat auseinandernehmen und den Wurm herausnehmen. Es ist also möglich, daß bei diesen Manipulationen die noch nicht geheilte Wunde gereizt und dadurch die Atmungsintensität modifiziert wurde.

Es erübrigt noch, die dritte Frage zu entscheiden, d. h. ob die Gehirnganglien bei Regenwürmern im gegebenen Fall eine andere Rolle spielen, als die anderen Segmentganglien. Vergleichen wir die Ergebnisse der ersten vier Serien mit denen der vier letzten, so gelangen wir zu keinem positiven Schluß in irgendwelcher Richtung, sondern können annehmen, daß die Gehirnganglien bezüglich ihres Einflusses auf den Atmungsprozeß mit den übrigen Segmentganglien gleichwertig sind.

Diese Behauptung stimmt mit den Untersuchungen Loeb's⁴²⁾ und anderer Forscher überein, welche zu analogen Ergebnissen für eine ganze Reihe anderer physiologischer Funktionen und zu der Überzeugung gelangt sind, daß das Gehirnganglion bei Regenwürmern durchaus kein höheres Organ als der übrige Teil der Segmentganglien bildet.

Auf grund aller bisherigen, auf diesem Untersuchungsgebiet gesammelten Erfahrungen können wir also annehmen:

1) Starke Reize, wie z. B. Verwundungen, verursachen bei Regenwürmern indirekt, durch eine gewisse Erschütterung des Nervensystems, eine Verminderung der Intensität des Atmungsprozesses, welche ungefähr 24 Stunden dauert.

2) In den nächsten vier Tagen nach der Operation lassen sich keine Änderungen in dem Atmungsprozeß beobachten, die man dem Einfluß der Regeneration zuschreiben könnte.

3) Der Einfluß des Gehirns auf den Atmungsprozeß bei Regenwürmern unterscheidet sich in nichts von dem Einfluß der anderen Segmentganglien.

Einfluß von Kohlëndioxyd auf Regenwürmer.

Gleichzeitig mit den obigen Untersuchungen habe ich einige Versuche angestellt, um den Einfluß von CO_2 auf Regenwürmer zu bestimmen. Die Lebensbedingungen dieser Würmer im Erdboden, wo fortwährend sehr intensive Fäulnisprozesse stattfinden, weichen nämlich von den Lebensbedingungen der auf der Erdoberfläche und der in gewöhnlicher Atmosphäre lebenden Tiere so sehr ab, daß sie unmöglich ohne Einfluß bleiben konnten.

Die Kohlendioxydmenge der Luft beträgt bis 0.04%. Bei 1% stellen sich bei Tieren und Menschen gewisse Störungen, wie Schwäche, Übelkeit ein, bei einem Gehalt von 10% ist das Leben bereits ernst gefährdet. Im Erdboden indessen, besonders in bestimmter Tiefe, steigt die Kohlendioxydmenge in hohem Grade. Nach Angaben der Agrikulturchemie^{70 69)} beträgt bisweilen die Kohlensäuremenge in den Tiefen von 20—60 cm 3.84% bis 10%. Sie hängt übrigens von sehr vielen Umständen ab und variiert infolgedessen ziemlich bedeutend. Den größten Einfluß übt das Düngen aus, da das Faulen des Düngers den Gehalt an CO_2 erhöht; ein zweiter Umstand, von dem die Kohlensäuremenge abhängt, ist der Stand der Witterung. Ein starker Wind beschleunigt, stilles Wetter verlangsamt den Gasaustausch im Erdboden. Die Regenwürmer halten sich am häufigsten in schlammigem, ziemlich feuchtem Boden auf, und zwar in Tiefen von 20—30 cm, *Lumbricus terrestris* sogar etwas tiefer.

Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt: im Gasometer bereitete ich mir ein Gasgemenge aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlëndioxyd. Der Sauerstoff war darin in demselben Verhältnis vorhanden wie in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, enthalten, d. h. ca 20%, die Kohlendioxydmenge wurde nach Belieben variiert. Mit dem Gasgemenge füllte ich kleine, an beiden Enden mit Glasröhren versehene Glasgefäße, deren passend zugeschlossene, mit Vaseline bestrichene Glasdeckel einen luftdichten Verschluss bildeten. Die Glasröhren wurden mittels Kautschukröhren und Schraubenklemmen verschlossen. Vor dem Verschließen des

Gefäßes sowie nach beendetem Versuch führte ich eine Analyse der Gase, und zwar speziell auf Kohlendioxyd, aus. Den Würmern wurde gewöhnlich etwas Wasser in das Gefäß gegeben. Diese Versuche ergaben folgende Resultate:

TABELLE V.

Versuchsnummer	Gehalt der Atmosphäre an CO ₂ am Anfang und am Ende	Versuchsdauer	Bemerkungen
1	12.9—13.36%	110 St.	2 Würmer, Lumbr. terr. und commun. Beide lebten, keine Narkose.
2	19.5%—19.6%	96 St.	3 L. terr. tot, 2 L. commun. lebend, keine Narkose.
3*)	25%—23%	72 St.	1 L. terr. tot, 2 L. commun. und 1 L. terr. lebend, keine Narkose.
4	27.6%—28.16%	71 St.	2 L. terr. und 1 L. commun. tot, 3 L. com. lebend, keine Narkose.
5	30.6%	86 St.	2 L. terr. u. 1 L. com. tot, 4 L. com. lebend, keine Narkose.
6	37.8—41%	69 St. 30 M.	2 L. terr. reagierten nach 1 St. nicht auf Wärme, L. com. sehr schwach, nach einigen Stund. steigerte sich die Irritabil., 1 L. terr. war tot, 1 L. terr. und 1 L. com. lebten, reagierten aber sehr schwach.
7*)	59%—54%	16 St. 30 M.	Nach 1 St. vollst. Narkose, die aber nach einigen St. schwand, 2 L. terr. tot, 1 L. terr. lebte.
8	100%	8 St.	3 L. terr. und 1 L. com. lebten noch einige Studen, nach 10—15 Min. trat vollständige Narkose ein.
9	100%	20 St.	L. terr. tot, L. com. lebte noch eine kurze Zeit lang, vollst. Narkose nach 10—15 Min.

*) Die Ursache der kleineren Differenz in dem Gehalte der Atmosphäre an CO₂ zwischen dem Anfang und dem Ende in den Versuchen 3 und 7 ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß der zur Verbindung dienende Schlauch nicht ganz luftdicht schloß.

Aus diesen Versuchen ergibt sich die große Widerstandsfähigkeit der Regenwürmer, da sie fähig sind, einige Tage lang in einer Atmosphäre von 30% CO₂ ohne irgendwelche Spuren von Narkose zu leben. Bei 40% CO₂ verfallen die Würmer nach mehreren Minuten in einen Zustand von Empfindungslosigkeit und reagieren nicht einmal auf ziemlich starke Wärmereize. Nach einigen Stunden erholen sie sich jedoch wieder und reagieren alsdann nicht nur auf äußere Reize, sondern bewegen sich sogar im Apparat, selbst ohne jede äußere Reizung. Doch sogar auch diese Menge von Kohlendioxyd ist für die Würmer nicht so sehr schädlich, denn nach 69-stündigem Aufenthalt im Apparat in dem besagten Gasgemenge lebten noch zwei von ihnen, wenn auch mit deutlichen Zeichen von Funktionsstörungen. In Gemengen, die über 50% CO₂ enthalten, leben die Würmer fast ebenso lange, wie in reiner Kohlensäure. Aber auch dieser Gehalt der Atmosphäre an CO₂ tötet sie nicht sofort, sondern sie können darin noch 20 und mehr Stunden leben. Der Unterschied in dem Verhalten der Würmer in den Versuchen 7, 8 und 9 besteht darin, daß im Versuch 7, bei welchem gegen 20% Sauerstoff in dem Apparat vorhanden war, die Narkose nur vorübergehend auftrat und nach einigen Stunden wieder verschwand, während bei reinem Kohlendioxyd die Narkose andauerte und die Würmer sich weder selbst bewegten noch auf äußere Reize reagierten; die Reizbarkeit trat erst nach Entfernung des Kohlendioxyds und nach Einführung des Sauerstoffs wieder auf.

Weinland ⁵¹⁾, welcher in seinen Untersuchungen über *Ascaris lumbricoides* gefunden hat, daß diese Tiere in reiner Kohlendioxyd Atmosphäre länger leben als in Wasserstoff oder Luft, erklärt diese Erscheinung durch Anpassung der Würmer an das Leben im Darm des Wirtes, wo die Kohlendioxydmengen bedeutende Höhen erreichen. Was die Regenwürmer anbelangt, so können wir auch hier auf grund der obigen Versuche eine bedeutende Anpassungsfähigkeit an die gesteigerte Menge CO₂ konstatieren.

Einfluß von Partialdruckänderungen des Sauerstoffs der Luft auf den Atmungsprozeß.

Änderungen im Partialdruck des Sauerstoffs der Luft können wir durch Verdünnung der Luft, also durch Verminderung des Barometerdruckes, oder durch Verringerung des Sauerstoffgehalte

in einem anderen, neutralen Gase (Stickstoff oder Wasserstoff) bei normalem Druck herbeiführen.

In der physiologischen Literatur sind Arbeiten über den Einfluß verminderten Barometerdrucks nur in spärlicher Anzahl vorhanden. Mit dieser Frage befassen sich die Arbeiten von Bert⁷⁾, der in seinen diesbezüglichen Untersuchungen mit einer ganzen Reihe von Wirbeltieren die Vermutung aussprach, daß die Tiere in verdünnter Luft nicht infolge mechanischer Einflüsse einer solchen Luft erstickten, sondern nur aus Mangel an Sauerstoff.

Größeres Interesse erweckte der Einfluß des verminderten Partialdrucks des Sauerstoffs. Müller⁶⁶⁾ fand, daß die Grenze, bei der die Säugetiere nicht mehr leben können, 3% Sauerstoff in der Luft beträgt. Bei 14% bemerkt man in den Funktionen noch fast keine Störungen. Verschiedene Forschungsergebnisse über das Verhalten der Menschen unter diesen Umständen finden wir zusammengestellt in der Physiologie von Landois³⁷⁾.

Schon bei Regnault und Reiset⁶⁷⁾ finden wir Angaben, daß die Intensität des Gasaustausches in verdünnter Luft oder bei vermindertem Partialdruck des Sauerstoffes im allgemeinen in sehr weiten Grenzen (50%—6% des Sauerstoffgehaltes in der Atmosphäre) von diesen Faktoren unabhängig ist. A. Loewy⁷³⁾ gelangte bei Untersuchung dieser Frage bei Menschen zu folgenden Resultaten: „Der respiratorische Gaswechsel ist in sehr weiten Grenzen unabhängig von der Zusammensetzung der respirierten Luft. Verdichtung derselben bis 1400 mm Hg, Vermehrung ihres Sauerstoffgehaltes bis über das Doppelte, Verdünnung der Atmosphäre oder Verminderung ihres Sauerstoffgehaltes bis zu dem Grade, daß die alveolare Sauerstoffspannung ca. 40—45 mm Hg beträgt, vermochte die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme nicht zu ändern. Demgemäß blieb auch der respiratorische Quotient konstant“.

Die Arbeiten von Rosenthal⁴⁸⁾ stehen jedoch im Widerspruche mit allen bisherigen Resultaten. Er entging dem von seinen Vorgängern begangenen Fehler und kürzte die allzu lange Dauer der Versuche ab, durch welche immer eine Regulierung der Atmungsintensität mittels schnellerer oder langsamerer Atmungsbewegungen stattfand. Seine eigenen Versuche haben dagegen gezeigt, daß die Intensität der Sauerstoffabsorption von den Partialdruckänderungen dieses Gases abhängig ist. Er hat gleichfalls festgestellt, daß auch der Atmungsquotient keine konstante Größe ist, sondern zwischen 0.403

und 1·960 variiert. Aber schon durch neuere Angaben von Schaternikoff ⁷⁴⁾ wurden Rosenthals Behauptungen widerlegt.

Mit Rosenthals Ergebnissen stimmen die Resultate, die Thunberg ⁷⁶⁾ in seinen Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Sauerstoffpartialdrücke auf den Atnungsprozeß bei *Limax agrestis*, *Tenebrio molitor* und *Lumbricus terrestris* erhielt, überein.

Was seine Untersuchungen über den *Lumbricus* betrifft, so stimmen seine Resultate mit den meinigen nicht überein. Nach Thunberg absorbieren die Würmer bei 96% Sauerstoffgehalt den Sauerstoff energischer als in normaler Atmosphäre. Bei mir aber geht dieser Prozeß ganz umgekehrt vor; die Intensität der Atmung bei Regenwürmern wird in reiner Sauerstoffatmosphäre sogar schwächer. Diesen Widerspruch der Resultate erkläre ich durch verschiedene Bedingungen der Experimente und hauptsächlich durch ungleiche Dauer derselben. Thunbergs Experimente dauerten höchstens 3·5 Stunden, in den meinigen dagegen verweilten die Regenwürmer einige zwanzig Stunden und noch bedeutend länger in reinem Sauerstoff. Wenn wir aber die Resultate von Thunberg auf Taf. 29, 31 und 32 in Betracht ziehen, so werden wir sehen, daß sich der Unterschied in der Intensität der Atmung nur in der ersten oder zweiten halben Stunde wahrnehmen läßt, denn schon in den nächsten Stunden unterscheidet sie sich nicht von der Atmungsintensität in normaler Atmosphäre.

Ich bin geneigt zu vermuten, daß diese Steigerung der Intensität der Atmung nicht nur eine temporäre ist. Ein ähnlicher Fall wurde bei Pflanzen beobachtet in der hier schon zitierten Arbeit von Johannsen. Thunberg selbst sagt: „so wäre es möglich, daß eine Vermehrung der Sauerstoffkonzentration . . . Störungen der normalen Zelltätigkeit bewirken könnten“, aber solche Störungen können erst nach einiger Zeit vorkommen und konnten auch vielleicht die Verminderung der Atmungsintensität in meinem Versuche verursachen.

Am Schluß seiner Arbeit sagt noch Loewy: „Sinkt die alveolare Sauerstoffspannung unter ca. 40—45 mm Hg, ändert sich der Gaswechsel so wie auch sonst, wenn die Sauerstoffzufuhr gegenüber dem Verbrauch nicht ausreicht. Die Kohlensäureausscheidung steigt, die Sauerstoffaufnahme bleibt zurück, der respiratorische Quotient steigt“.

Dieselbe Erscheinung wurde noch im Jahre 1879 von Fried-

länder und Herter ⁷²⁾ bemerkt, und in letzten Zeiten von Jaquet ⁷¹⁾ und Kempner ⁷⁵⁾ bestätigt. Kempner sucht sie auf diese Weise zu erklären, daß in Organismen außer den Oxydations- noch Spaltungsprozesse stattfinden, welche bei vermindertem Partialdrucke des Sauerstoffes die Ursache der stärkeren CO₂-Ausscheidung sind.

In dem weiteren Verlauf meiner Versuche erschien es mir interessant, zu ermitteln: ob der Einfluß der verdünnten Luft nur in der Verminderung des partiellen Drucks des Sauerstoffs besteht, oder ob dieselbe als mechanischer Faktor wirkt; auf welche Weise und in welchem Grade die Atmungsintensität von vermindertem Barometerdruck abhängt; wie sich bei diesen Änderungen der Atmungsquotient verhält.

In meinen Versuchsergebnissen habe ich auch große Analogien mit den Resultaten gefunden, die verschiedene Botaniker bei ihren Untersuchungen für viele Pflanzengruppen erhalten haben. Berts und Wielers ⁵⁸⁾ Arbeiten haben gezeigt, daß der Einfluß verdünnter Luft auf den Keim- und Wachstumsprozeß der Pflanzen in der partiellen Druckänderung des Sauerstoffs zu suchen ist. Godlewski sen. ²¹⁾, Jentys ³¹⁾, und Stieh ⁵⁴⁾ haben nachgewiesen, daß die Atmungsintensität bei Pflanzen in dem Grade abnimmt, als der Partialdruck des Sauerstoffs sich vermindert; die zwei letztgenannten Forscher haben überdies gefunden, daß der Atmungsquotient bei stärkebildenden Pflanzen in einer Atmosphäre von 5% Sauerstoff bedeutend — bis über 1.00 — steigt.

Zu Versuchsobjekten wählte ich dieselben drei Gattungen von Regenwürmern, wie in den vorhergehenden Untersuchungen. Auch die Apparate blieben dieselben, nur daß ich statt des Rohres *c* ein anderes, 80 cm langes Rohr mit dem Apparat in Verbindung brachte. Die Wassersaugpumpe ermöglichte eine rasche Auspumpung der Luft aus dem Apparat bis zu einem Druck von einigen Zehnteln Millimeter.

Da es sich darum handelte, den Atmungsprozeß, auf den ein Schwächezustand der Würmer einen beeinträchtigenden Einfluß hätte ausüben können, zu erforschen, so mußte vorerst eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Lebensfähigkeit der Regenwürmer in verdünnter Luft vorgenommen werden, um später jegliche, daraus resultierenden Fehler eliminieren zu können.

Bevor ich zu der Besprechung meiner Versuchsergebnisse übergehe, muß ich noch ein Moment hervorheben. Die von mir unter-

und 1:960 variiert. Aber schon durch neuere Angaben von Schaternikoff⁷⁴⁾ wurden Rosenthals Behauptungen widerlegt.

Mit Rosenthals Ergebnissen stimmen die Resultate, die Thunberg⁷⁶⁾ in seinen Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Sauerstoffpartialdrücke auf den Atmungsprozeß bei *Limax agrestis*, *Tenebrio molitor* und *Lumbricus terrestris* erhielt, überein.

Was seine Untersuchungen über den *Lumbricus* betrifft, so stimmen seine Resultate mit den meinigen nicht überein. Nach Thunberg absorbieren die Würmer bei 96% Sauerstoffgehalt den Sauerstoff energischer als in normaler Atmosphäre. Bei mir aber geht dieser Prozeß ganz umgekehrt vor; die Intensität der Atmung bei Regenwürmern wird in reiner Sauerstoffatmosphäre sogar schwächer. Diesen Widerspruch der Resultate erkläre ich durch verschiedene Bedingungen der Experimente und hauptsächlich durch ungleiche Dauer derselben. Thunbergs Experimente dauerten höchstens 3·5 Stunden, in den meinigen dagegen verweilen die Regenwürmer einige zwanzig Stunden und noch bedeutend länger in reinem Sauerstoff. Wenn wir aber die Resultate von Thunberg auf Taf. 29, 31 und 32 in Betracht ziehen, so werden wir sehen, daß sich der Unterschied in der Intensität der Atmung nur in der ersten oder zweiten halben Stunde wahrnehmen läßt, denn schon in den nächsten Stunden unterscheidet sie sich nicht von der Atmungsintensität in normaler Atmosphäre.

Ich bin geneigt zu vermuten, daß diese Steigerung der Intensität der Atmung nicht nur eine temporäre ist. Ein ähnlicher Fall wurde bei Pflanzen beobachtet in der hier schon zitierten Arbeit von Johannsen. Thunberg selbst sagt: „so wäre es möglich, daß eine Vermehrung der Sauerstoffkonzentration . . . Störungen der normalen Zelltätigkeit bewirken könnten“, aber solche Störungen können erst nach einiger Zeit vorkommen und konnten auch vielleicht die Verminderung der Atmungsintensität in meinem Versuche verursachen.

Am Schluß seiner Arbeit sagt noch Loewy: „Sinkt die alveolare Sauerstoffspannung unter ca. 40—45 mm Hg, ändert sich der Gaswechsel so wie auch sonst, wenn die Sauerstoffzufuhr gegenüber dem Verbrauch nicht ausreicht. Die Kohlensäureausscheidung steigt, die Sauerstoffaufnahme bleibt zurück, der respiratorische Quotient steigt“.

Dieselbe Erscheinung wurde noch im Jahre 1879 von Fried-

länder und Herter⁷²⁾ bemerkt, und in letzten Zeiten von Jaquet⁷¹⁾ und Kempner⁷⁵⁾ bestätigt. Kempner sucht sie auf diese Weise zu erklären, daß in Organismen außer den Oxydations- noch Spaltungsprozesse stattfinden, welche bei vermindertem Partialdrucke des Sauerstoffes die Ursache der stärkeren CO₂-Ausscheidung sind.

In dem weiteren Verlauf meiner Versuche erschien es mir interessant, zu ermitteln: ob der Einfluß der verdünnten Luft nur in der Verminderung des partiellen Drucks des Sauerstoffes besteht, oder ob dieselbe als mechanischer Faktor wirkt; auf welche Weise und in welchem Grade die Atmungsintensität von vermindertem Barometerdruck abhängt; wie sich bei diesen Änderungen der Atmungsquotient verhält.

In meinen Versuchsergebnissen habe ich auch große Analogien mit den Resultaten gefunden, die verschiedene Botaniker bei ihren Untersuchungen für viele Pflanzengruppen erhalten haben. Berts und Wielers⁵⁸⁾ Arbeiten haben gezeigt, daß der Einfluß verdünnter Luft auf den Keim- und Wachstumsprozeß der Pflanzen in der partiellen Druckänderung des Sauerstoffes zu suchen ist. Godlewski sen.²¹⁾, Jentys³¹⁾, und Stich⁵⁴⁾ haben nachgewiesen, daß die Atmungsintensität bei Pflanzen in dem Grade abnimmt, als der Partialdruck des Sauerstoffes sich vermindert; die zwei letztgenannten Forscher haben überdies gefunden, daß der Atmungsquotient bei stärkebildenden Pflanzen in einer Atmosphäre von 5% Sauerstoff bedeutend — bis über 1:00 — steigt.

Zu Versuchsobjekten wählte ich dieselben drei Gattungen von Regenwürmern, wie in den vorhergehenden Untersuchungen. Auch die Apparate blieben dieselben, nur daß ich statt des Rohres *c* ein anderes, 80 cm langes Rohr mit dem Apparat in Verbindung brachte. Die Wasserausgumpumpe ermöglichte eine rasche Auspumpung der Luft aus dem Apparat bis zu einem Druck von einigen Zehnteln Millimeter.

Da es sich darum handelte, den Atmungsprozeß, auf den ein Schwächezustand der Würmer einen beeinträchtigenden Einfluß hätte ausüben können, zu erforschen, so mußte vorerst eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Lebensfähigkeit der Regenwürmer in verdünnter Luft vorgenommen werden, um später jegliche, daraus resultierenden Fehler eliminieren zu können.

Bevor ich zu der Besprechung meiner Versuchsergebnisse übergehe, muß ich noch ein Moment hervorheben. Die von mir unter-

suchten Würmer gehören einer Familie an, und doch bestehen, wie schon aus Tab. VI ersichtlich, gewisse Unterschiede in ihren Lebensprozessen. Diese Unterschiede kommen in der verschiedenen Widerstandskraft gegen den schädigenden Einfluß verdünnter Luft zum Ausdruck, worauf ich im weiteren Verlauf meiner Abhandlung noch oft zurückkommen werde.

Bei der Zusammenstellung der Tab. VI war es meine Absicht, Anhaltspunkte betreffs der Zeitdauer zu finden, die die Würmer in verschiedenen Druckverhältnissen zu verbringen fähig sind. Da ich mich auf grund der vorhergehenden Untersuchungen über den Temperatureinfluß überzeugt habe, daß die Lebensfunktionen der Würmer in enger Beziehung zur Temperatur stehen, so mußte ich auch in den vorliegenden Untersuchungen diesen Faktor berücksichtigen.

Zu den Versuchen benutzte ich alle drei Arten von Regenwürmern. Die einzelnen Rubriken in der Tabelle sind mit diesbezüglichen, erklärenden Überschriften versehen.

(Siehe Tab. VI, Seite 593).

Aus Tab. VI ersehen wir, daß sogar sehr stark, bis zum Quecksilberdruck von 1 oder 2 mm verdünnte Luft die Würmer nicht tötet. *Lumbricus terrestris* bewegt sich noch gegen zwei Stunden lang, *Lumbr. rubellus* oder *communis* sogar noch mehrere Stunden lang; jedoch nach gewisser Zeit, die für jede der drei Gattungen und für jeden Luftdruck verschieden ist, verlieren die Tiere jede Empfindungsfähigkeit und verfallen in einen scheinodähnlichen Zustand. Wenn ein in diesem Zustande befindlicher Wurm noch rechtzeitig in normalen Luftdruck gebracht wird, so gewinnt er nach einer halben Stunde, oft aber auch später, je nach der Dauer des Scheintodzustandes, seine Empfindungsfähigkeit wieder und kann noch eine Zeit lang leben. Diese Lebensdauer ist wieder abhängig von den Störungen, die der Wurm in den anormalen Druckverhältnissen erlitten hat. Der Augenblick, wo der Wurm noch lebte, aber seine Reizfähigkeit verloren hatte, ließ sich fast nie genau feststellen. Ich konnte keine sicheren Anhaltspunkte für den Eintritt des Scheintodes gewinnen. Die Bewegungslosigkeit bei schwachen mechanischen Reizen war durchaus kein untrügliches Zeichen hierfür; etwas verlässlicher war die Änderung der Hautfärbung, wenn die lebhaft opalisierende Färbung sich trübte, und schließlich die Ver-

TABELLE VI.
Die Lebensdauer der Regenwürmer in verdünnter Luft.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		Barometerdruck am Anfang und am Ende des Versuchs	t°	Bemerkungen
	St.	M.			
1	207	25	371.7—331	18.3°—21°	1 <i>L. terrestris</i> = 7.632 gr, tot kurz vor der Öffnung des Apparates. Es sind 39.304 ccm O geblieben.
2	91	05	318.3—264.6	18°—19.6°	Einige Würmer <i>L. rubellus</i> = 4.262 gr, alle lebten. Es sind nur 3.13 ccm Sauerstoff geblieben.
3	94	40	287.5—253.9	18.3°—21.5°	1 <i>W. L. terr.</i> = 5.204 gr lebte. Es sind 9.85 ccm O geblieben.
4	50	—	279.8—266.7	18°—19.6°	2 <i>W. L. terr.</i> = 1.321 gr lebten. Es sind 44.057 ccm O geblieben.
5	40	20	189	20.6°	2 <i>W. L. terr.</i> = 2.245 gr. Nach 16 St. 20 M. lebte der kleinere nicht mehr. Nach der Öffnung des Apparates lebte auch der andere nicht mehr.
6	41	—	172.1—139.1	17.3°—19.6°	10 <i>W. L. rubellus</i> lebten. Es ist 1.096 ccm O geblieben.
7	50	55	89.1—74.7	18°—19.6°	16 <i>W. L. rubell.</i> Nur zwei lebten nicht mehr. Es sind 3.014 ccm O geblieben.
8	7	05	28.5°	21°—22.6°	2 <i>W. L. terr.</i> = 12.390 gr. Sie reagierten selbst auf starke Reize nicht. Es waren keine Spuren von Beschädigungen bemerkbar.
9	19	—	28	20.2°	4 <i>W. L. communis</i> und 1 <i>W. L. rubell.</i> Zwei lebten noch.
10	9	35	21.4—20.4	18.8°—18.5°	2 <i>W. L. terr.</i> = 5.774 gr. Beide lebten.
11	10	25	15.5—14.3	18.1°—18.8°	6 <i>W. L. communis</i> = 4.961 gr. Alle lebten.
12	16	30	14.8—13.4	17.6°—18°	8 <i>W. L. comm.</i> = 4.528 gr. Alle lebten.
13	3	45	2	19.2°	1 <i>W. L. terr.</i> = 4.691 gr. Reagierte sehr schwach, obgleich er viele Beschädigungen der Haut und Exkavationen zeigte.
14	3	30	1.3	21.2°	2 <i>W. L. terr.</i> = 9.042 gr. Beide reagierten sehr schwach. Viele starke Beschädigungen der Haut und Exkavationen waren sichtbar.
15	16	20	1.3	19.4°	20 <i>W. L. rubell.</i> Die Mehrzahl lebte.
16	15	55	1.1	17.2°—19.6°	16 <i>W. L. rubell.</i> 10 Würmer lebten noch.
17	7	40	3.7	6°	1 <i>W. L. terr.</i> = 2.732 gr. Lebte noch lange und ohne sichtbare Spuren der Beschädigung.
18	43	10	0.5	6.4°—7.25°	5 <i>W. L. rubellus</i> ; zwei Würmer lebten noch, starben jedoch bald nach Öffnung des Apparates.

langsamung des Blutumlaufs in dem Rückengefäß; doch alle diese Anzeichen waren nicht sicher genug. Ich bediente mich eines anderen Mittels; ich erwärmte gelinde den Apparat an der Stelle, wo der Wurm lag, und da diese Tiere gegen thermische Reize sehr empfindlich sind, so reagierten sie schon bei sehr geringer Temperaturerhöhung (ca 30°) mit einer Kontraktion des ganzen Körpers, sofern sie noch kräftig genug waren, oder mit einer lokalen Kontraktion bei bedeutender Schwäche. Doch dieses Mittel war nicht immer anwendbar, z. B. wenn der Wurm nicht in der Nähe der Gefäßwände, sondern in der Mitte des Apparats lag, und ich fürchten mußte, daß der Apparat bei stärkerer Erhitzung springen könnte.

Meiner Meinung nach können wir zur Erklärung dieses Phänomens des Scheintodes Pflügers⁴⁵⁾ Deutung einer analogen Erscheinung heranziehen, welcher Gelegenheit hatte, einen Frosch zu beobachten, der nach längerem Aufenthalt in sauerstoffloser Atmosphäre seine Irritabilität vollständig verloren hatte und bei dem einzelne Muskeln ohne Anteilnahme des Nervensystems dennoch einer Kontraktion fähig waren. Diese Tatsache diente ihm zur Aufstellung der Behauptung, daß diese Erscheinung auf einer Lähmung des Nervensystems durch Sauerstoffmangel beruht. Pflügers Behauptung wird noch durch die Untersuchungen Baglionis⁵⁾ gestützt, welcher gezeigt hat, daß das Nervensystem fast bei allen Tiergruppen zur Erhaltung seiner funktionellen Leistungsfähigkeit bedeutend mehr Sauerstoff nötig hat als alle anderen Gewebe des Organismus. Die Erscheinung des Scheintodes und deren Abhängigkeit von der Temperatur bemerkte auch Aubert⁴⁾ beim Frosch. Er erklärt sich diese Tatsache durch den Aufbrauch der aufgespeicherten Sauerstoffmengen, die stets im Organismus vorrätig sind und den Tieren gestatten, sich auch ohne äußere Sauerstoffzufuhr eine Zeit lang zu behelfen.

Bis zu einer gewissen Grenze der Verdünnung zeigt der makroskopische Befund der infolge verdünnter Luft eingegangenen Würmer keine charakteristischen Merkmale. Erst unter 20 mm Quecksilberdruck beginnt auf dem Körper der Würmer noch vor dem Tode starke lokale Hyperämie und Exkavationen aufzutreten, die Gefäße dehnen sich stark aus, bis sie schließlich wahrscheinlich platzen und dunkelblaue Flecke an gewissen Körperstellen sichtbar werden. Außerdem erscheinen stets gleichfalls lokale Bläschen, die nach und nach platzen; an diesen Stellen sieht man alsdann die

inneren Organe stark beschädigt. Der ganze Körper erscheint stark aufgebläht, die Hauthüllen werden äußerst dünn und vollständig durchsichtig. Daß der Grund dieser übermäßigen Aufblähung und der ganzen Reihe der beschriebenen Symptome in der Ausscheidung von Gasen im Inneren des Körpers zu suchen ist, davon zeugt die Tatsache, die man an dem beschädigten Wurm bei ziemlich raschem Einleiten der Luft in den Apparat beobachten kann. Der aufgeblähte Wurm wird dann vollständig platt und erst nach Verlauf von einigen Minuten erlangt er seine ursprüngliche zylindrische Form wieder. Es muß noch bemerkt werden, daß die geschilderten Symptome zuerst in dem vorderen Körperteil des Wurmes, unmittelbar vor dem Sattel (clitellum) auftreten. Obgleich alle diese Erscheinungen, die dem Tode oder Scheintode der Regenwürmer während ihres Aufenthaltes in sehr verdünnter Luft vorausgehen, auf rein physikalischen Charakter der Störungen hindeuten scheinen, so zeugt dennoch die strikte Abhängigkeit dieser Erscheinungen von der Temperatur unzweideutig davon, daß auch chemisch-biologische Prozesse einen sehr nachdrücklichen Einfluß auf das Zustandekommen dieser Phänomene ausüben.

Wenn wir die Zeiten miteinander vergleichen, nach welchen Todessymptome bei verschiedenen Temperaturen eintreten, so erhalten wir folgende Ziffern.

TABELLE VII.

t°	Lebensdauer	Druck im Apparat in mm	Θ_{10}	
17·2°—19·6°	15 St. 55 M.	1·2	2·7	Lumbricus rubellus
6·4° - 7·25°	43 St. 10 M.	0·5		
19·2°	3 St. 30 M.	1·6	2 18	Lumbricus terrestris
6°	7 St. 40 M.	3 7		

Auf grund dieser Tabelle können wir mit Recht behaupten, daß das Abhängigkeitsverhältnis des Einflusses verdünnter Luft auf den Organismus von der Temperatur genau dasselbe ist, wie es sich

in chemischen Reaktionen kundgibt, d. h. daß es dasselbe Verhältnis ist, wie es in van Hoff's Gesetz zum Ausdruck kommt.

Zwecks Entscheidung der Frage des Einflusses verdünnter Luft auf die Atmungsintensität muß festgestellt werden, ob hier nur der verminderte Partialdruck des Sauerstoffs, wie Bert behauptet, tätig ist, oder ob die verdünnte Luft als mechanischer Faktor wirkt.

Die zur Entscheidung dieser Frage nötigen Versuche wurden auf folgende Weise durchgeführt. Zuerst untersuchte ich den Atmungsprozeß in verdünnter, atmosphärischer Luft, alsdann in Gasgemischen aus Wasserstoff und Sauerstoff, in denen der Prozentgehalt an Sauerstoff beständig derart vermindert wurde, daß der Partialdruck des Sauerstoffs der künstlichen Atmosphären dem Partialdruck desselben in verdünnter atmosphärischer Luft entsprach. Fernerhin wurde noch eine ganze Reihe folgender Versuche angestellt: ich füllte den Apparat mit Sauerstoff, den ich nachher allmählich auspumpte und verdünnte. Aus diesen Versuchen wollte ich entnehmen, bis zu welchen unteren Grenzen die Atmungsintensität vom Barometerdruck unabhängig ist und einzig und allein vom Partialdruck des Sauerstoffs abhängt.

I. Serie.

Diese Serie umfaßt die Versuche über die Atmungsintensität in verdünnter Luft. Die Ergebnisse derselben habe ich in den Tabellen VIII, VIII a, IX und X zusammengestellt*). Aus den Ziffern der Tabelle VIII habe ich die Kurve Fig. 11, aus denen der Tabelle X die Kurve Fig. 12 hergeleitet. Da ich bereits auf grund der Angaben der Tabelle VI wußte, wie lange die Würmer verschiedenen Druck auszuhalten imstande sind, so setzte ich jeden Versuch nur so lange fort, als der Wurm noch keine Anzeichen von Störungen aufwies. Bei der Zusammenstellung der Tabellen berücksichtigte ich also die Versuchsdauer, die Temperatur, die am Beginn und am Ende des Versuchs notiert wurde; die Einheit der Atmungsintensität, die unverändert blieb, wie es sich bereits aus den Tabellen I und II ergibt; endlich auch den Quotienten, d. h. das Verhältnis der Einheit der Kohlendioxydausscheidung zu der Einheit der Sauerstoffabsorption. Die Ziffern, aus denen ich die Kurven hergeleitet habe, sind teils Durch-

*) Tabel. VIII und VIII a beziehen sich auf *Lumbricus terrestris*, IX auf *Lumbr. rubellus* und X auf *Lumbr. communis*.

schnittszahlen aus mehreren Versuchen, teils direkt den Tabellen entnommen. Die ersten Punkte der Kurven, d. h. diejenigen Zahlen, die sich auf die Atmungsintensität in Druckverhältnissen über 730 mm beziehen, sind Versuchen über den Atmungsprozeß in normalen Verhältnissen entnommen.

(Siehe Tabellen VIII, VIII a, IX und X Seite 598—599).

Tabl. VIII und X und die daraus hergeleiteten Kurven Fig. 11 und 12*) zeigen, daß die Verminderung der Atmungsintensität bei

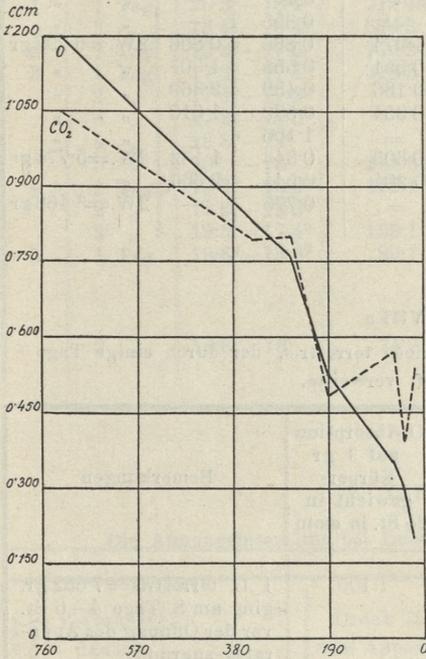


Fig. 11.

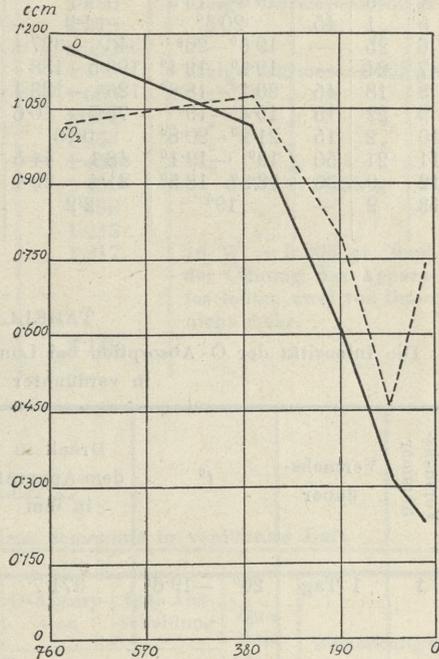


Fig. 12.

Lumbricus terrestris und *communis*, und zwar sowohl was die Sauerstoffabsorption, als auch was die Kohlendioxydausscheidung anbelangt, der Luftverdünnung direkt proportional ist. Doch die Verminderung der Intensität beider Atmungsphasen ist nicht gleichwertig: die CO₂-Ausscheidung vermindert sich in schwächerem

*) Tabelle VIII und Kurve (Fig. 11) beziehen sich auf *Lumbr. terrestris*; Tabelle X und Kurve (Fig. 12) auf *Lumbr. communis*.

TABELLE VIII.

Die Atmungsintensität bei *Lumbricus terrestris* in verdünnter Luft.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Druck in dem Apparat in mm	O-Absorption	CO ₂ -Ausscheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.			auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stund. in ccm.			
1	23	—	21° —20°	343 —327·6	0·756	0·725	0·961	2W.=8·638 gr
2	23	45	20·4° —19·4°	205·2 —194·7	0·494	0·428	0·866	" "
3	23	—	19·6°	125·8 —119	0·355	0·408	1·149	" "
4	5	—	19·6° —19·9°	45	—	0·447	—	" "
5	1	45	20·3°	1·3	—	0·355	—	" "
6	25	—	19·6° —20°	343 —327·1	1·074	0·866	0·806	2W.=6·702 gr
7	24	—	19·6° —19·4°	196·5 —188	0·551	0·555	1·007	" "
8	18	45	20·1° —18·8°	126 —123·1	0·186	0·439	2·360	" "
9	22	15	19·4° —19°	75·7 —70·6	0·354	0·570	1·610	" "
10	2	15	21·2° —20·8°	0·76	—	1·106	—	" "
11	21	50	19° —19·1°	48·1 —44·5	0·303	0·343	1·132	2W.=5·774 gr
12	9	35	18·8° —18·5°	21·4 —20·4	0·204	0·544	2·666	" "
13	2	—	19°	2·2	—	0·775	—	2W.=3·466 gr

TABELLE VIII a.

Die Intensität der O-Absorption bei *Lumbricus terrestris*, der durch einige Tage in verdünnter Luft verweilt.

Versuchsnummer	Versuchsdauer	t°	Druck in dem Apparat in mm	O-Absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 St. in cmm	Bemerkungen
1	1 Tag	20° —19·6°	371·7	1·105	1 L. terrestris=7·632 gr, ging am 8. Tage 4—6 St. vor der Öffnung des Apparates zugrunde.
	2 "	19·6° —20·3°	—	0·811	
	3 "	20·3° —21°	—	0·889	
	4 "	21° —20·6°	—	1·012	
	5 "	20·6° —18·9°	—	0·748	
	6 "	18·9° —21·5°	—	0·748	
	7 "	20·5°	—	0·462	
	8 "	21·5° —19·7°	331	0·462	
2	1 Tag	20·6° —18·9°	287·5	0·811	1 W. l. terrestris=5·204 gr, lebte.
	2 "	18·9° —21·5°	—	1·009	
	3 "	21·5° —18·3°	—	0·502	
	4 "	18·3° —19·7°	253·9	0·584	
3	1 Tag	18·9° —18°	279·8	0·943	2 W. l. terrestris=11·321 gr. Beide lebten.
	2 "	18° —18·4°	266·7	0·745	

TABELLE IX.

Die Intensität der O-Absorption bei *Lumbricus rubellus*, der durch einige Tage in verdünnter Luft verweilte.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Druck in dem Apparat in mm	O-Absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 St. in cem	Bemerkungen
	St.	M.				
1	1	Tag	20.2 ⁰ —18.4 ⁰	719.48	2.280	Einige Würmer=4.452 gr
	2	"	18.4 ⁰ —18.4 ⁰	689.3	2.273	
2	1	Tag	19.2 ⁰ —19.6 ⁰	722.2	2.550	" " "
3	1	Tag	17.9 ⁰ —17.4 ⁰	318.3	1.486	Einige Würmer=4.262 gr
	2	"	17.4 ⁰ —17.2 ⁰	—	1.565	
	3	"	17.2 ⁰ —18.8 ⁰	—	1.464	
	4	"	18.8 ⁰ —19 ⁰	—	1.663	
	5	"	19 ⁰ —18 ⁰	264.8	1.453	
4	1	Tag	19.6 ⁰ —18.6 ⁰	172.1	1.461	6 W. = 5.955 gr
	2	"	18.6 ⁰ —19.3 ⁰	—	1.398	
	3	"	19.3 ⁰ —17.4 ⁰	139.1	1.213	
5	1	Tag	19.6 ⁰ —18.8 ⁰	89.1	1.217	16 W. = 5.006 gr. Nach der Öffnung des Apparates lebten zwei von ihnen nicht mehr.
	2	"	18.8 ⁰ —18 ⁰	74.7	2.120	

TABELLE X.

Die Atmungsintensität bei *Lumbricus communis* in verdünnter Luft.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Druck in dem Apparat in mm	O-Absorption	CO ₂ -Ausscheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.			auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stund. in cem			
1	24	10	17.5 ⁰ —17.6 ⁰	364.6—353.5	0.984	1.045	1.062	8W.=5.073 gr
2	25	20	17.8 ⁰ —18.6 ⁰	189.8—182.8	0.638	0.799	1.252	" "
3	24	15	17.8 ⁰ —18.2 ⁰	351.6—341.7	1.076	1.102	1.024	8W.=4.528 gr
4	16	30	17.6 ⁰ —18 ⁰	14.8—13.4	0.217	0.800	3.686	" "
5	25	40	18 ⁰ —18.6 ⁰	185—180.5	0.583	0.779	1.336	7W.=4.899 gr
6	25	25	17.5 ⁰ —18 ⁰	87.6—83.8	0.494	0.431	0.872	" "
7	25	10	16.6 ⁰ —16.7 ⁰	89.6—87	0.214	0.414	1.934	8W.=5.250 gr
8	24	50	17.6 ⁰ —18 ⁰	89.5—85.1	0.334	0.488	1.461	9W.=6.235 gr
9	25	35	16.6 ⁰ —16.8 ⁰	87.4—85.7	0.220	0.496	2.254	7W.=5.071 gr
10	10	25	18.1 ⁰ —18.8 ⁰	15.5—14.3	0.266	0.691	2.597	6W.=4.961 gr

Grade als die Sauerstoffabsorption, so daß schon beim halben Barometerdruck der Quotient steigt und den Wert 1 überschreitet, um bei sehr geringem Druck die Werte 2 und sogar 3 zu erreichen. Charakteristisch ist dabei der Umstand, daß die CO_2 -Ausscheidung nur bis zu einer gewissen Grenze mit der Verminderung der Sauerstoffabsorption gleichmäßig abnimmt; bei einer Druckreduktion auf ca. 100 mm und unterhalb dieser Grenze hört die Verminderung der CO_2 -Abgabe auf, ja sie steigt sogar und erreicht die Höhe, die sie bei normalem Barometerdruck einnimmt.

In den Tabellen VIII a und IX habe ich die Intensität der Sauerstoffabsorption bei ein und demselben Wurm in dem Zeitraum von einigen Tagen zusammengestellt, wobei der Apparat die ganze Zeit über nicht auseinandergenommen wurde. Aus dieser Zusammenstellung können wir Schlüsse ziehen auf die Schwankungen in der Intensität der Sauerstoffaufnahme seitens eines einzigen Individuums, was uns wiederum einiges Licht auf die Angaben der Tabellen VIII und X werfen kann. Tab. IX enthält die Versuchsergebnisse über *Lumbricus rubellus*. Da mir eine verhältnismäßig geringe Anzahl dieser Würmer zur Verfügung stand, so konnte ich keine vergleichenden Parallelversuche über das Verhalten dieser und der übrigen Gattungen von Würmern anstellen. Doch können wir bereits aus den Angaben der Tab. IX und durch Vergleich derselben mit den Angaben der Tab. I und II den Schluß ziehen, daß die Atmungsintensität dieser Gattung etwas größer ist als die der zwei anderen Gattungen von Regenwürmern. Das Verhalten von *Lumbricus rubellus* in verdünnter Luft und seine Widerstandsfähigkeit gegen äußerst geringen Barometerdruck sind dem Verhalten und der Widerstandsfähigkeit von *Lumbricus communis* ganz analog.

II. Serie.

Die Versuche mit verschiedenen Gasgemischen habe ich in derselben Art angestellt, wie die bereits geschilderten Versuche über den Atmungsprozeß in normaler Luft, nur mit dem Unterschied, daß ich den Apparat mit dem entsprechenden Gasgemisch füllte, das ich mir vorher im Gasometer zusammengestellt und analysiert hatte. Die Gemische bestanden aus Sauerstoff und Wasserstoff. Der erstere wurde in einer Retorte aus $\text{KClO}_3 + \text{MnO}_2$ dargestellt und zwecks Reinigung durch mit KOH und Wasser gefüllte Waschflaschen geleitet. Wasserstoff wurde im Kippischen Apparat aus Zink

und Schwefelsäure entwickelt und gleichfalls in Waschflaschen mit KOH, KMnO_4 und Wasser gereinigt. Die so hergestellten Gase leitete ich in entsprechenden Mengenverhältnissen in einen Gasometer ein und wartete sodann mehrere Stunden lang, bis sie gehörig miteinander vermischt waren. Vor dem Versuch entnahm ich dem Gasometer eine Probe zur Analyse. Der Sauerstoff wurde mittels einer alkalischen Pyrogallussäurelösung in einem Eudiometerrohr über Quecksilber vollständig gebunden und auf diese Weise der jeweilige Sauerstoffgehalt des bereiteten Gasgemenges bestimmt.

Sowohl bei dieser Versuchsserie als auch bei den Versuchen in verdünnter Luft war ich stets bestrebt, die Temperatur an der Umgebung der Apparate möglichst konstant zu erhalten. Trotz aller Sorgfalt betrug jedoch die Temperaturunterschiede bis 3 Grad, was wohl einen gewissen Einfluß auf die Versuchsergebnisse ausüben konnte.

(Siehe Tabellen XI, XII, XIII u. XIII a Seite 602—605).

Die Tab XI und XII, sowie die Kurven Fig. 13 und Fig. 14 geben uns Aufschluß über die Ergebnisse der Versuche. Tab. XI und Kurve Fig. 13 beziehen sich auf *Lumbricus communis*, Tab. XII und Kurve Fig. 14 auf *Lumbricus terrestris*. Sowohl die Tabellen wie auch die Kurven sind nach denselben Gesichtspunkten zusammengestellt, wie in Serie I des vorliegenden Abschnitts. In den Tabellen sind außer dem Prozentgehalt des Sauerstoffs in den Gasgemengen noch die dem Partialdruck des Sauerstoffs entsprechenden Werte für den Barometerdruck des gegebenen Gasgemisches angegeben.

Wenn wir diese Daten mit denen der Versuche in verdünnter Luft vergleichen, so bemerken wir nicht nur eine strikte Analogie in dem Charakter der Kurven, sondern in sehr vielen Fällen sogar eine Übereinstimmung der Atmungsintensität in verdünnter Luft mit jener in der künstlichen Atmosphäre von normalem Barometerstand, wenn auch der Partialdruck des Sauerstoffs geringer war.

Nur ein Unterschied zwischen den Ergebnissen der Versuche in verdünnter Luft und denen in künstlichen Gasgemengen springt in die Augen, nämlich der größere Quotient bei den letzteren. Diese Vergrößerung ist eine Folge der intensiveren Ausscheidung von Kohlendioxyd im Vergleich mit demselben Prozeß in verdünnter Luft. In der Sauerstoffabsorption tritt dagegen dieselbe Änderung

TABELLE XI.

Die Atmungsintensität bei Lumbricus communis in Gasgemischen bei vermindertem Partialdrucke des Sauerstoffs.

Versuchs- nummer	Versuchs- dauer		t°	% Verhält- nis des Sauerstoffs in dem Apparate	Entsprechender Barometerdruck in dem Apparate in mm	O-Absorp- tion auf 1 gr. Körpergewicht in 24 Stund. in cem	CO ₂ -Aus- scheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.							
1	27	20	18° — 17.4°	20%	73	0.868	0.878	1.011	5 W. = 4.865 gr
2	41	15	17.3° — 18°	10%	365	0.892	0.967	1.084	" "
3	25	50	18° — 17.8°	4.7%	180	0.582	0.715	1.228	" "
4	26	55	18.2° — 17.6°	2.5%	92	0.379	0.434	1.147	" "
5	15	—	17° — 16.8°	0%	0	—	0.435	—	" "
6	6	30	17°	0%	0	—	0.639	—	" "
7	27	20	18° — 17.4°	20%	730	1.345	1.338	0.994	6 W. = 3.890 gr
8	41	45	17.2° — 18°	10%	365	1.209	1.314	1.086	" "
9	25	15	18.2° — 17.8°	4.7%	180	—	0.999	—	" "
10	23	15	18.2° — 17.7°	2.5%	92	—	0.746	—	" "
11	11	30	17.4°	0%	0	—	0.974	—	" "
12	8	35	17.4°	0%	0	—	0.876	—	" "

TABELLE XII.

Die Atmungsintensität bei Lumbricus terrestris in Gasgemischen bei vermindertem Partialdrucke des Sauerstoffes.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Sauerstoffgehalt in dem Apparate	Entsprechender Barometerdruck in dem Apparate in mm	O-Absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stund. in ccm	CO ₂ -Ausscheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.							
1	29	35	15.2°—15.7°	10%	365	1.041	0.807	0.775	1 W. = 3.596 gr
2	24	10	16° — 16.2°	5%	182	0.407	0.691	1.697	" "
3	24	55	16.4°—15.6°	2 1/2%	91	0.280	0.787	2.810	" "
4	4	—	16.5°—15.4°	0%	0	—	1.461	—	" "
5	29	10	15.2°—15.7°	10%	365	0.778	0.740	0.951	2 W. = 4.102 gr
6	24	45	16° — 16.2°	5%	182	0.413	0.731	1.769	" "
7	25	20	16.4°—15.6°	2 1/2%	91	0.333	0.567	1.702	" "
8	4	—	16°	0%	0	—	0.877	—	" "

TABELLE XIII.

Die Lebensdauer der Regenwürmer in dem Wasserstoffgase.

Versuchs- nummer	Versuchs- dauer		t°	B e m e r k u n g e n
	St.	M.		
1	6	53	18°	2 Würmer. <i>Lumbr. terrestris</i> = 7·142 gr. Tot.
2	5	54	18°	4 W. <i>L. terr.</i> Sie wogen: 2·355 gr, 1·140 gr, 0·697 gr und 0·123 gr. Nach 3 St. 24 Min. reagierten die 3 kleineren nicht mehr. Nach der Öffnung des Apparates lebte einer noch immer.
3	6	—	18°	3 W. <i>L. terr.</i> von verschied. Größe im Gesamtgewicht von 3·949 gr. Nach 2 St. reagierte der kleinste nicht mehr; nach 4 St. 15 M. hörte der zweite, nach der Öffnung des Apparates auch der dritte auf zu reagieren.
4	28	15	3°	3 W. <i>L. terr.</i> Sie wogen 2·735 gr, 1·412 gr und 0·310 gr. Nach 7 St. 15 M. lebten noch alle, nach 17 St. 15 M. war der dritte tot, nach 18 St. 45 M. hörte auch der zweite auf zu reagieren; nach 25 St. 15 M. lebte der dritte; nach 28 St. 15 M. reagierte er auch nicht mehr.
5	38	30	19°	5 W. <i>L. rubellus</i> . Nach 24 St. 30 M. lebten zwei Würmer nicht mehr. Nach 35 St. 30 M. lebte einer noch.
6	93	—	3°—5°	26 W. <i>L. rubellus</i> . Nach der Öffnung des Apparates lebten 5 Würmer nicht mehr.
7	42	50	18°	3 W. <i>L. communis</i> . Sie wogen 1·254 gr, 0·529 gr u. 0·364 gr. Nach 14 St. 30 M. lebten noch alle, nach 16 St. 50 M. reagierte der dritte nicht mehr, nach 22 St. 30 M. lebten die beiden ersten noch; nach 38 St. 30 M. reagierte der erste nicht mehr; nach 42 St. 50 M. reagierte auch der zweite nicht mehr.
8	38	—	18°	3 W. <i>L. communis</i> , im Gesamtgewicht von 2·695 gr. Nach 16 St. 30 M. lebten alle, nach 17 St. 15 M. reagierte der kleinste nicht mehr, nach 24 St. lebten die beiden übriggebliebenen noch; nach 38 St. lebten auch diese nicht mehr.

TABELLE XIII a.

Die Lebensdauer der Regenwürmer in verdünntem Wasserstoffgase.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Druck in dem Apparate in mm	Bemerkungen
	St.	M.			
1	2	10	19·6°	254·1	<i>L. terrestris</i> = 4·123 gr. Nach der Öffnung des Apparates lebte der Wurm nicht mehr. Vor dem Verlöten des Apparates verweilte er 1 Stunde hindurch im Wasserstoffgase.
2	6	35	18·5°	256·7	6 W. <i>Lumbr. rubellus</i> . Eine halbe Stunde hindurch wurde vor dem Verlöten des Apparates Wasserstoff durchgeleitet. Nach der Öffnung bewegte sich nur einer noch.
3	8	30	17·8°—19·1°	254·1	4 W. <i>L. rubellus</i> . Durch den Apparat wurde vor dem Schließen desselben Wasserstoffgas 20 M. lang durchgeleitet. Nach Beendigung des Experiments lebten zwei nicht mehr.
4	9	40	16·9°—19·7°	259	5 W. <i>L. rubellus</i> . 3 Würmer lebten bis zum Schluß des Versuches noch. Wasserstoffgas wurde 45 M. lang durchgeleitet.
5	8	40	18·6°	129·9	5 W. <i>L. rubellus</i> . Nach Beendigung des Experiments lebten zwei Würmer noch. Wasserstoff wurde 30 M. lang durchgeleitet.
6	20	15	15·8°—17·3°	1·4	6 W. <i>L. rubellus</i> . Am Schlusse lebten noch 4 Würmer. Wasserstoff wurde 30 M. lang durchgeleitet.

ein wie in den Versuchen mit vermindertem Barometerdruck. Wir sehen gleichfalls dasselbe Steigen der Kurve für Kohlendioxyd bei

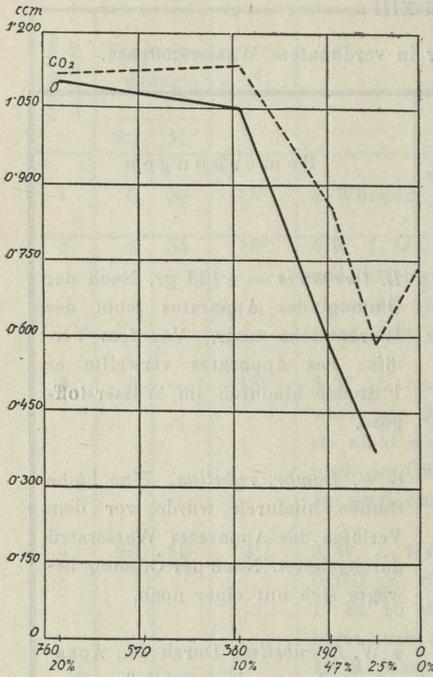


Fig. 13.

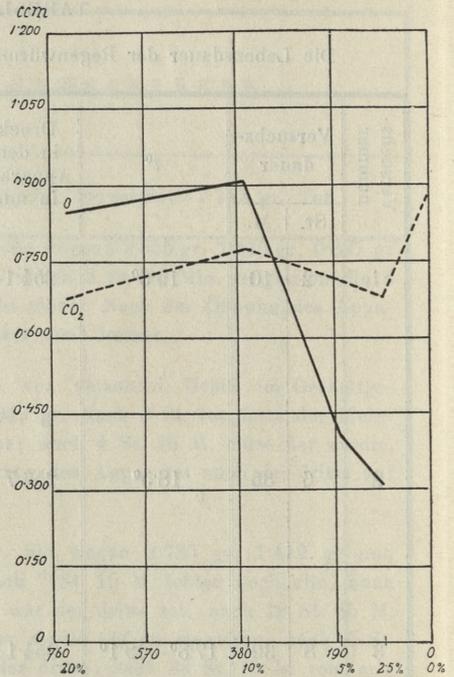


Fig. 14.

einem Partialdruck des Sauerstoffs, der einem Atmosphärendruck von ungefähr 100 mm Quecksilbersäule entspricht.

III Serie.

Um jedoch die möglichst niedrigsten Grenzen des Barometerdrucks zu bestimmen, bei denen noch diese Abhängigkeit der Atmungsintensität von dem Partialdruck des Sauerstoffs bestehen bleibt, habe ich noch eine Reihe weiterer Versuche durchgeführt. Da aufgrund der I und II Versuchsserie die Abhängigkeit der Atmungsintensität von verdünnter Luft und vom Partialdruck des Sauerstoffs bereits bekannt war, so wollte ich mich in den vorliegenden Versuchen durch gleichzeitige Verminderung sowohl des Barometer- als auch des Partialdrucks des Sauerstoffs überzeugen, ob die Atmungsintensität bei gleichzeitiger Wirksamkeit beider Faktoren nur von einem derselben oder teilweise von beiden abhängen wird.

Zu diesem Zweck füllte ich den Apparat mit Sauerstoff, verband ihn schnell mit einer Saugpumpe und verdünnte den Sauerstoff bis zu den verlangten Druckhöhen. Die Resultate dieser Versuchsreihe zeigt Tab. XIV und Kurve Fig. 15. Die Versuche wurden nur mit *Lumbricus terrestris* durchgeführt. Tab. XIV, XIV a und XV sind in ähnlicher Weise, wie die vorhergehenden zusammengestellt, enthalten jedoch neben den Angaben über den Sauerstoffpartialdruck noch Ziffern, welche den entsprechenden Barometerdruck angeben.

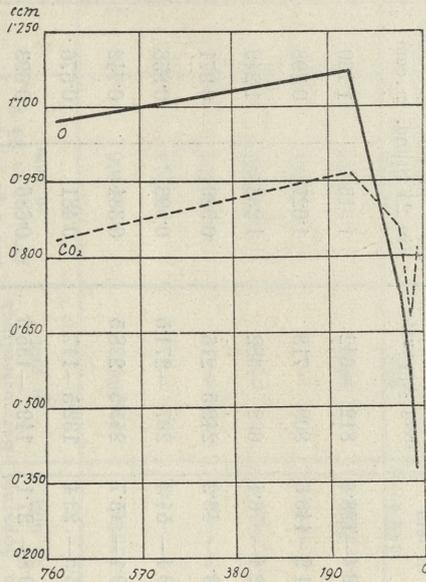


Fig. 15.

Auch Kurve Fig. 15 ist ähnlich wie die früheren hergeleitet. Die Daten bei einem Druck von 730 mm sind als Durchschnittszahlen der Tab. XV entnommen.

Tab. XIV a gibt uns ein Bild der Schwankungen im Atmungsprozeß eines Individuums während seines mehrtägigen Aufenthalts im Apparat. Einige so starke Schwankungen wie am 6. Tage im ersten Versuch werden wohl einem Fehler in der Berechnung zuzuschreiben sein, zumal sonst absolut keine Anhaltspunkte vorliegen, um diesen Riesensprung zu erklären. Dasselbe läßt sich wohl von dem Versuch 10, Tab. XIV sagen. Die durch nichts begründete

TABELLE XIV.

Die Atmungsintensität bei Lumbricus terrestris in reinem Sauerstoff jedoch bei verschiedenem Drucke.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Druck in dem Apparate in mm	Barometerdruck, entsprechend dem Partialdrucke des Sauerstoffes in dem Apparate	O-Absorption auf 1 gr Körpergewicht in 2½ Stund. in ccm	CO ₂ -Ausscheidung	Quotient CO ₂ /O	Bemerkungen
	St.	M.							
1	69	50	20·2°—21·1°	162·4—128·4	812 — 642	1·315	1 130	0·859	1 W. = 3 886 gr
2	70	15	20·2°—21·1°	161·9—143·6	809 — 718	1·027	0·798	0·777	2 W. = 4·086 gr
3*)	142	35	17·2°—19·4°	132·4—76·4	662 — 382	1·236	1·249	1·010	1 W. = 3 377 gr
4	21	30	18·8°—18·4°	49·9—43·2	249·5—216	0·929	0·971	1 045	2 W. = 3·435 gr
5	26	10	18·8°	59·4—54·3	297 — 271·5	0·893	0·856	0·958	2 W. = 3·466 gr
6	33	40	19° — 17·3°	49·1—45·7	245·5 228·5	0·384	0·742	1·932	1 W. = 3·687 gr
7	18	25	18·4°—18°	26·5—23·4	132·5—117	0·481	0·676	1·405	"
8	17	—	18·4°—18°	29·8—27·1	149 — 135·5	0·686	0·693	1·010	3 W. = 3·462 gr
9	22	42	14·7°	13·6—12	68 — 60	0·367	0·829	2 258	1 W. = 3·067 gr
10	22	15	14·7°	15·8—15·4	79 — 77	0 070	0 819	11·700	1 W. = 3·125 gr

*) Nach der Öffnung des Apparates reagierte der Wurm nicht.

TABELLE XIV a

Die Intensität der O-Absorption bei Lumbricus terrestris, der durch einige Tage in dem Apparate bei verschiedenem Partialdrucke des Sauerstoffes und verschiedenem Barometerdrucke verweilte.

Versuchsnummer	Versuchsdauer	t°	Druck im Apparate in mm	Entsprechender Barometerdruck in mm	O-Absorption auf 1 gr Körpergewicht in 24 St. in ccm	Bemerkungen
1	1 Tag	18·8°—18·3°	132·4	662	0·966	1 W. L. terrestris = 3·377 gr
	2 "	18·3°	—	—	1·044	
	3 "	18·3°—17·8°	—	—	1·101	
	4 "	17·8°—18·2°	—	—	0·938	
	5 "	18·2°—17·3°	—	—	0·994	
	6 "	17·3°—18·1°	76·4	382	2·039	
2	1 Tag	20·2°—19·3°	162·4	812	1·309	1 W. L. terrestris = 3·886 gr
	2 "	19·3°—20·3°	—	—	1·407	
	3 "	20·3°—21·1°	128·4	642	1·210	
3	1 Tag	20·2°—19·3°	161·9	809	0·892	2 W. L. terrestris = 4·086 gr
	2 "	19·3°—20·3°	—	—	0·979	
	3 "	20·3°—21·1°	143·6	718	1·215	

TABELLE XV.

Die Atmungsintensität bei *Lumbricus terrestris* in fast reiner Sauerstoffatmosphäre.

Versuchsnummer	Versuchsdauer		t°	Die absolute Menge		O-Absorption		Quotient CO_2/O	Bemerkungen
	St.	M.		O-Absorption	CO_2 -Ausscheidung	in 1 gr Körpergewicht	in 24 Stand. in cem		
1	41	10	20.4°—17.6°	12.770	8.433	1.033	0.679	0.657	2 W. = 7.084 gr
2	25	30	18.8°—17.2°	14.825	10.938	1.733	1.277	0.736	2 W. = 7.892 gr
3	76	35	17.4°—19.4°	22.345	15.724	1.072	0.754	0.704	2 W. = 6.487 gr
4	46	05	20.4°—20.8°	15.931	11.964	1.030	0.774	0.751	2 W. = 7.965 gr
5	46	40	18.6°—18.5°	11.134	11.622	0.705	0.726	1.029	" "
6	42	—	18.2°—16.5°	12.658	11.392	0.897	0.807	0.899	" "

Verminderung der Sauerstoffabsorption beruht jedenfalls auch in diesem Versuch auf einem Fehler, denn die Kohlendioxydausscheidung stimmt hier mit jener in Versuch 9 vollständig überein.

Tab. XIV zeigt Resultate, die in vollem Einklang mit den Angaben der Tab. XI und XII stehen, d. h. bei ungleichmäßiger Verminderung des Barometerdrucks und des Sauerstoffpartialdrucks erhalten wir für die Atmungsintensität dieselben Werte, wie in den Versuchen mit vermindertem Sauerstoffpartialdruck allein; ebenso beginnt die Kohlendioxydausscheidung, in Übereinstimmung mit den früheren Versuchen, bei einem Partialdruck zu steigen, welcher einem Druck von 100 mm normaler Luft entspricht und vom Barometerdruck als solchem unabhängig ist.

Fassen wir die bisher erhaltenen Resultate zusammen, so können wir auf grund der Tab. VIII und X feststellen, daß die Atmungsintensität bei Regenwürmern in dem Maße sinkt, als der Barometerdruck kleiner wird, wobei sich sowohl die Sauerstoffabsorption als auch die Kohlendioxydausscheidung in gleichem Grade verringern. Die Gleichmäßigkeit dieser Erscheinung für beide Phasen des Atmungsprozesses dauert jedoch nur so lange fort, bis der Atmosphärendruck ungefähr auf die Hälfte gesunken ist; unterhalb dieser Grenze verringert sich die Kohlendioxydausscheidung in langsamerem Tempo als die Sauerstoffabsorption; aus diesem Grunde steigt der Quotient bis über 1; bei ungefähr 100 mm hört die Kohlensäureausscheidung nicht nur zu sinken auf, sondern beginnt sogar zu steigen, um bei 2 mm fast dieselbe Höhe zu erreichen, die sie bei Normaldruck einnimmt.

Zur Erklärung der Bedeutung beider Faktoren, die eine Rolle in diesem Versuchen spielen können, d. h. des verminderten Barometerdrucks als eines mechanischen Faktors sowie des verminderten Partialdrucks des Sauerstoffs dienen die Tab. XI, XII und XIV. Alle zusammengestellten Daten sprechen in voller Übereinstimmung miteinander dafür, daß bis zu einem Druck von 12 mm auf die Atmungsintensität nur der verminderte Partialdruck des Sauerstoffs Einfluß hat; der verminderte Atmosphärendruck spielt als mechanischer Faktor in diesem Prozesse entweder gar keine Rolle oder eine so minimale, daß sie bei unseren Untersuchungsmethoden gänzlich verschwindet.

Wir können jedoch nicht dasselbe von der Bedeutung des verminderten Barometerdrucks als physikalisch-mechanischen Faktors

für die Lebensprozesse im allgemeinen sagen. Bei der Vergleichung der Lebensdauer der Würmer in reinem Wasserstoff und in verdünnter Luft bei einem Druck von 2–0.5 Millimeter bemerken wir ganz bedeutende Unterschiede; ebenso lebten *Lumbr. terrestr.* bei 5% Sauerstoffgehalt in der Luft 4–5 Tage, während dieselben Würmer bei einem Druck von 189 mm schon nach 40 Stunden tot waren. Ferner zeigen sich niemals bei Regenwürmern, die in Wasserstoff sterben, die früher geschilderten makroskopischen Todessymptome, die jedoch stets bei sehr niedrigem Barometerdruck auftreten. Diese Symptome weisen einen rein mechanischen Charakter auf. Auch in der Literatur finden wir Angaben, daß Tiere, die aus großen Meerestiefen an die Oberfläche gebracht werden, unter deutlichen Anzeichen mechanischer Verletzungen infolge der Druckunterschiede der Gase im Innern der Gewebe und in der äußeren Umgebung sterben. Bert erwähnt, daß bei einer plötzlichen Dekompression von 10 Atmosphären Tiere sofort starben. Bei näherer Untersuchung fand dieser Autor eine bedeutende Gasansammlung in den Gefäßen und sogar in der Bauchhöhle, die infolgedessen stark aufgebläht erschien. Stark aufgebläht war auch das Bindegewebe zwischen den Muskeln und das subkutane Bindegewebe. Obgleich nicht in so hohem Grade, spielt wohl auch hier dieser Faktor eine gewisse Rolle. Tab. XIII a zeigt uns die Ergebnisse der Versuche über die Lebensdauer der Tiere in verdünntem Wasserstoffgas. Vergleichen wir Tab. VI und Tab. XIII mit Tab. XIII a so sehen wir, daß bei gleichzeitiger Einwirkung beider Faktoren, d. h. bei Sauerstoffmangel und vermindertem Barometerdruck, die Tiere kürzer leben, als wenn jeder der Faktoren einzeln wirksam ist.

IV. Serie.

In Tab. XV sind die Ergebnisse der Versuche über die Atmungsintensität der Regenwürmer in einer Atmosphäre von fast reinem Sauerstoff zusammengestellt. Kurve Fig. 15 ist der graphische Ausdruck für die Abhängigkeit der Atmungsintensität von den Änderungen des Sauerstoffpartialdrucks, die sowohl die Verminderung als auch die Vergrößerung dieses Druckes umfassen. Eine ganze Reihe von diesbezüglichen Versuchen an Tieren sowie an Pflanzen hat gezeigt, daß eine Steigerung des Sauerstoffpartialdruckes in sehr verschiedener Weise auf die Lebensprozesse der Organismen einwirkt. Pütter⁴⁷⁾ behauptet, daß ähnlich wie jedes in über-

mäßiger Menge dem Organismus zugeführte Nahrungsmittel schädlich auf denselben wirkt, so auch der Sauerstoff, der doch ein Nahrungsmittel in Gasgestalt ist, schädlich sein kann. Diese Behauptung hat Pütter in seinen Untersuchungen über *Spirostomum ambiguum* bewiesen, indem er gezeigt hat, daß diese Tiere nur in den Grenzen zwischen 31 bis 160 mm Partialdruck des Sauerstoffs leben können. Sobald also die Sauerstoffmenge des umgebenden Mediums dieses Maximum übersteigt, fängt er an, schädlich, ja direkt tödlich zu wirken.

Bert ⁷⁾ hat gleichfalls gefunden, daß auch andere Tiere ihre Maxima des Sauerstoffpartialdrucks besitzen, obgleich diese bedeutend höher liegen als bei *Spirostomum ambiguum*. Oberhalb dieses Druckes gehen die Tiere unter Erscheinungen der Erstickung (Lehmann ³⁹⁾ oder der Vergiftung, wie es andere (Bert) annehmen, zugrunde.

Der schädliche Einfluß des gesteigerten Partialdrucks des Sauerstoffs auf die höheren Tiere äußert sich in der Verlangsamung fast aller Lebensfunktionen, in Konvulsionen und endlich in vollständiger Lähmung, auf welche der Tod folgt.

Ohne gegenwärtig auf diese Frage näher eingehen zu können, da sie nicht in den Bereich meiner Untersuchungen gehört, will ich nur kurz den Einfluß reinen Sauerstoffs auf den Atmungsprozeß berühren. Die diese Frage betreffenden Literaturangaben sind sehr karg. Rosenthal erhielt für Säugetiere bei einem Partialdruck, der größer war als der normale, eine Steigerung der Absorptionintensität, verbunden mit einer bedeutenden Verminderung des Quotienten. Auch Thunberg fand bei den Regenwürmern und anderen kaltblütigen Tieren in der Atmosphäre von 96% Sauerstoff eine Zunahme der Intensität der Sauerstoffabsorption. Die Angaben über das Verhalten von Pflanzen in diesen Umständen sind zwar in reichlicherer Menge vorhanden, sind aber wenig übereinstimmend. Godlewski ²¹⁾ und Borodin ¹²⁾ fanden eine Zunahme der Atmungsintensität, Johansen ³⁴⁾ im Gegenteil — eine Abnahme der Intensität dieses Prozesses in reiner Sauerstoff-Atmosphäre.

Aus meiner Tab. XV geht hervor, daß reiner Sauerstoff auf das Atmen der Regenwürmer einen nachteiligen Einfluß ausübt, indem er diesen Prozeß etwas schwächt. Der Niveauunterschied der Kurven für reinen Sauerstoff und für Sauerstoff bei normalem Atmosphärendruck läßt sich zum Teil durch den Unterschied der

Temperaturen, in denen die Versuche angestellt wurden, erklären. Die Versuche in reinem Sauerstoff fanden bei 18° C, die anderen dagegen bei 20·5° statt. Der Quotient bleibt jedoch in beiden Fällen unverändert.

Noch eine Frage will ich bei dieser Gelegenheit berühren. Bei der Besprechung der chemischen Seite des Atmungsprozesses behauptet Rosenthal, daß die chemische Affinität zwischen Hämoglobin und Sauerstoff nur bis zu einer ganz bestimmten Grenze des Partialdruck des Sauerstoffs ausreicht, um die Bindung des letzteren dem Organismus zu ermöglichen. Bei einem Sauerstoffdruck von 10 mm Quecksilbersäule ist die Affinität des Hämoglobins nicht mehr hinreichend, um Sauerstoff binden zu können, und bei noch größerer Druckverminderung zerfällt sogar das Oxyhämoglobin in Hämoglobin und Sauerstoff. In meinen Versuchen ging jedoch noch bei 14·3 mm Barometerdruck, d. h. bei 3 mm Sauerstoffdruck die Sauerstoffabsorption ohne jede sichtbare Störung von statten. Die Untersuchungen über die Zusammensetzung des Blutes der Regenwürmer haben aber erwiesen, daß deren Blutfarbstoff gleichfalls aus Hämoglobin besteht. Nur ist dieses Hämoglobin nicht mit gewissen geformten Elementen verbunden, sondern im Plasma selbst aufgelöst, dem es die entsprechende Färbung verleiht (Fürth). Entweder muß also die Sauerstoffabsorption seitens der Regenwürmer bei einem Sauerstoffdruck von weniger als 10 mm dem Hämoglobin zugeschrieben werden, wodurch Rosenthals Behauptung ihren Halt verliert, oder es muß angenommen werden, daß diese Funktion bei Regenwürmern irgend einer anderen Substanz zukommt, die eine stärkere Affinität zum Sauerstoff besitzen würde als Hämoglobin. Diese Frage ist bis jetzt noch nicht entschieden worden.

Intramolekulare Atmung.

Wie aus den in Tab. XIII zusammengestellten Versuchsergebnissen ersichtlich ist, können Regenwürmer eine Zeit lang ohne Sauerstoff leben, ohne dabei die Fähigkeit, sich zu bewegen, zu verlieren oder eine Schädigung ihrer Lebensfunktionen zu erleiden. Diese Tatsache hat schon Bunge¹³⁾ in seinen Versuchen bemerkt. Er untersuchte außer den Regenwürmern noch eine beträchtliche Anzahl von anderen Würmern, Krebsen und Schnecken und stellte fest, daß die Fähigkeit, ohne Sauerstoff zu leben, vielen Tieren

zukommt; besonders zeichnen sich in dieser Richtung Würmer aus, die im Schlamm leben und Schmarotzer, die ihren Aufenthalt im Darmkanal warmblütiger Tiere haben. Alle diese Tiere scheiden während der ganzen Zeit, in der sie keinen Sauerstoff aufnehmen, reichliche Mengen von Kohlendioxyd aus und überdies eine in den Flüssigkeiten, in denen sie sich aufhalten, lösliche Säure, die von Bunge nicht näher untersucht worden ist. Einer der ersten, welcher die Bedeutung des Sauerstoffs für die lebende Tierzelle erforscht hat, war Hermann ⁶⁵⁾. Er stellte fest, daß ein herausgeschnittener Muskel viele Stunden lang ohne Sauerstoff leben kann, wobei er Kohlendioxyd ausscheidet und Arbeit zu leisten fähig ist. Diese Tatsachen wurden bald darauf durch Auberts ³⁾ und Pflügers ⁴⁵⁾ Untersuchungen über die Frösche bestätigt, durch welche gezeigt wurde, daß diese Tiere mehrere Stunden lang ohne äußere Sauerstoffzufuhr leben können und daß sie gleichzeitig Kohlendioxyd in derselben Menge ausscheiden wie in Gegenwart von Sauerstoff. Aubert hat überdies noch bemerkt, daß die Lebensdauer des Frosches in sauerstoffloser Atmosphäre der Temperatur der Umgebung umgekehrt proportional, die CO₂-Ausscheidung dagegen direkt proportional ist, daß jedoch die absolute Menge von CO₂, die durch den Frosch ohne Hervorrufung von Störungen in seinem Organismus ausgeschieden werden kann, stets dieselbe bleibt. Daraus folgert er, daß sich im Organismus stets eine ganz bestimmte Vorratsmenge von Sauerstoff befindet, der nach Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr von außen eine gewisse Zeit lang (je nach der Temperatur) die Funktionsfähigkeit des Organismus erhalten kann. Anders faßt Pflüger diese Erscheinung der Lebensfähigkeit der Tiere ohne Sauerstoffabsorption auf. Da zahlreiche Untersuchungen nirgends in den Geweben des Organismus freien Sauerstoff nachgewiesen haben, da man im Gegenteil gezeigt hat, daß bei Hunden nach einer eine Minute lang dauernden Unterbrechung der Zufuhr von Sauerstoff zu der Lunge keine Spur desselben im Blute gefunden werden konnte, so nimmt dieser Autor an, daß wir es in dieser ganzen Erscheinung mit intramolekularer Atmung, d. h. mit Atmung auf Kosten des intramolekularen Sauerstoffs zu tun haben. Diese Annahme Pflügers, die allerdings diesen Prozeß nicht näher erklärt, hat eine vorzügliche Bestätigung und Erläuterung in den Arbeiten Weinlands ⁵¹⁾ gefunden. Die an *Ascaris* von diesem Autor durchgeführten Untersuchungen haben unzweifelhaft bewiesen, daß die

in einer Wasserstoffatmosphäre von diesen Würmern ausgeschiedene Kohlensäure und Valeriansäure Produkte des Zerfalls von Kohlehydraten sind, die sich im Körper der Würmer befinden. Dieser Zerfall kann angesichts des Mangels des Sauerstoffzuflusses von außen lediglich nur durch Spaltungsprozesse, die durch irgendwelche, vorläufig noch unbekannte Fermente verursacht werden, zustande kommen.

Diese Vermutung Weinlands, daß das Wesen der intramolekularen Atmung in Gährungserscheinungen zu suchen ist, finden wir durch Stoklasas⁴⁹⁾ Forschungen bestätigt.

In Anbetracht der bisherigen Forschungsergebnisse wird uns Pütters⁴⁶⁾ Standpunkt gerechtfertigt erscheinen, wenn er eine zweifache Form des tierischen Atmungsprozesses unterscheidet: die Atmung, die auf der Oxydation gewisser Verbindungen im Organismus beruht und eine andere, die in der Spaltung von Nährsubstanzen besteht. Diese letztere Atmungsform hat Pütter bei einer ganzen Reihe von Protozoën nachgewiesen und zieht daraus den Schluß, daß es keinem Zweifel mehr unterliegen kann, daß einige Protozoën ihre Lebensenergie direkt aus dem Eiweiß schöpfen können, ohne äußere Sauerstoffzufuhr zu benötigen und daß sie dieses sauerstofflose Leben eine längere Zeit hindurch zu führen imstande sind. Da man nun keinesfalls annehmen kann, daß die im Organismus aufgespeicherten Sauerstoffvorräte ausreichen könnten, das Leben so lange zu erhalten, so muß man der Ansicht beipflichten, daß diese Organismen ihre Lebensenergie aus hydrolytischen Spaltungsprozessen schöpfen.

Bedeutend zahlreicher sind die botanischen Forschungen auf diesem Gebiete. Die Spaltungsatmung ist für eine ganze Reihe von Pflanzen, von einzelligen bis zu höchst entwickelten, nachgewiesen worden. Samen, Blätter und frische Früchte vermögen eine Zeit lang ohne Sauerstoff zu leben und CO_2 zu produzieren. Die Gärung durch Hefe und Bakterien ist nach Pasteur durch intramolekulare Atmung dieser Organismen verursacht. Godlewski²⁶⁾ hat auch festgestellt, daß die intramolekulare Atmung der Samen von Erbsen, Bohnen, Weizen mit der Alkoholgärung vollkommen identisch ist; ferner, daß Erbsensamen fähig sind, Rohrzucker zu invertieren und den Invertzucker zur ihrer intramolekularen Atmung zu verwenden, wobei sie Alkohol und Kohlendioxyd ausscheiden. Diese Tatsachen, daß Zucker invertiert und Stärke hy-

drolysiert wird, zeugen davon, daß trotz Sauerstoffabwesenheit Fermente in den Pflanzen entstehen können.

Vergleichen wir nun die Resultate der Untersuchungen über intramolekulare Atmung bei Pflanzen und bei Tieren, so sehen wir, daß die Ergebnisse vollständig analog sind; die intramolekulare Atmung ist also eine allgemein verbreitete, sowohl der pflanzlichen wie auch der tierischen Zelle, also der lebenden Zelle überhaupt eigentümliche Erscheinung.

Meine Untersuchungen über die Fähigkeit der Regenwürmer, ohne Sauerstoff zu leben, sind insofern noch nicht abgeschlossen, als ich bisher nur ein einziges von den Zerfallprodukten, die von den Regenwürmern in sauerstoffloser Atmosphäre ausgeschieden werden, kennen gelernt habe, nämlich das Kohlendioxyd, während ich von anderen Produkten vorläufig nichts zu sagen vermag. Auf grund der Allgemeinheit der Erscheinung der Spaltungsatmung, sowie auf grund einiger den Regenwürmern und anderen ohne Sauerstoff lebenden Organismen gemeinsamer Merkmale glaube ich jedoch berechtigt zu sein, die bei diesen Würmern beobachtete Erscheinung als intramolekulare Atmung aufzufassen. „Wenn wir unter den Begriff der intramolekularen Atmung — sagt Godlewski sen.²⁶⁾ — jeden organischen Stoffwechsel in der pflanzlichen Zelle ziehen, bei dem eine gewisse Menge Kohlendioxyd frei wird unter gleichzeitiger Bildung einer an Sauerstoff ärmeren Verbindung als diejenige, die der Spaltung unterlag, so gibt es in dem Leben der Zelle unzweifelhaft so manchen chemischen Prozeß, der unter diesen Begriff fällt. So oft in der Pflanze eine an Sauerstoff reichere Substanz in eine sauerstoffärmere übergeht, wie z. B. Kohlehydrate in Fette, Harze oder ätherische Öle, wird ebenso oft ein solcher Übergang von einer Abspaltung einer gewissen Menge von Kohlendioxyd von der ursprünglichen Substanz begleitet, wobei jedoch dieses Kohlendioxyd seine Entstehung nicht der Oxydation durch den Sauerstoff der Luft verdankt, sondern auf Kosten des Sauerstoffs der Substanz gebildet worden ist, somit auf dieselbe Weise, wie in der intramolekularen Atmung“. Wenn wir diese Behauptung auch auf die Erscheinungen der Tierwelt anwenden, so bin ich berechtigt, das Atmen der Regenwürmer in sauerstoffloser Atmosphäre als intramolekulare Atmung zu bezeichnen.

Dagegen könnte man jedoch einwenden, daß vielleicht die Regenwürmer während ihres Aufenthaltes in der Wasserstoffatmosphäre

auf Kosten des in ihrem Blut in Form von Oxyhämoglobin angesammelten Sauerstoffs leben, daß also das ausgeschiedene Kohlendioxyd ein Produkt des letzteren sei. Um diesen Einwand nicht unbeantwortet zu lassen, habe ich eine Reihe von Berechnungen derjenigen Sauerstoffmengen, die in dem Blut der Würmer angesammelt sein könnten, angestellt. Griffiths²⁹⁾ gibt an, daß die Sauerstoffmenge im Blut von *Lumbricus* auf 100 cem Blut gegen 13 cem beträgt. Die Blutmenge bei Regenwürmern ist noch nicht bestimmt worden, doch wenn wir auch die höchste Zahl nehmen, die Cybulski¹⁶⁾ angibt, d. h. daß das Blut den neunten Teil des ganzen Körpergewichts des Wurmes ausmacht — was jedoch in Wirklichkeit sicherlich zu hoch gegriffen ist — und wenn wir auf grund der Angaben der Tabelle XVII die möglichen Sauerstoffmengen, die in dem Blut der Würmer enthalten sein können, berechnen*), so erhalten wir die in Tab. XVI verzeichneten Ziffern.

TABELLE XVI.

Versuchsnummer	Die mögliche Menge des im Blut des Wurmes vorhandenen Sauerstoffes	Die absolute Menge der CO ₂ -Ausscheidung in cem	Quotient CO ₂ /%	Bemerkungen
1	0·068	1·313	19·3	6 W. <i>Lumbr. communis</i> = 4·865 gr
2	0·068	0·822	12·1	" " " "
3	0·050	0·873	17·4	1 W. <i>Lumbr. terrestris</i> = 3·596 gr
4	0·057	0·611	10·7	2 W. " " = 4·102 gr
5	0·054	1·789	33·1	6 W. <i>Lumbr. communis</i> = 3·890 gr
6	0·054	1·190	22·0	" " " "

Die zweite Rubrik dieser Tabelle zeigt uns die absoluten Mengen des von den Würmern während des Versuchs ausgeschiedenen Kohlendioxyds. Die Unterschiede zwischen der möglichen Menge des anwesenden Sauerstoffs und derjenigen des ausgeschiedenen CO₂ sind hier überall so bedeutend, daß der gemachte Einwand, das in die Wasserstoffatmosphäre ausgeschiedene CO₂ könnte möglicher-

*) Bei allen Berechnungen habe ich das spezifische Gewicht von 1·030 angenommen.

weise von den im Blut befindlichen Vorräten von Sauerstoff herkommen, sich auf keinen Fall aufrecht erhalten läßt.

Somit müssen wir annehmen, daß das ausgeschiedene Gas ein Produkt von Prozessen ist, die sich ohne Anteilnahme von Sauerstoff abspielen und befähigt sind, die Lebensfunktionen des Organismus eine Zeit lang in Tätigkeit zu erhalten.

Um die Intensität der Kohlensäureausscheidung bei der intramolekularen Atmung zu untersuchen, führte ich die Versuche in derselben Weise durch, wie ich sie mit verschiedenen Gasgemengen angestellt hatte. Ich füllte also den Apparat mit Wasserstoff, den ich direkt aus dem Kipp'schen Apparat einleitete. Vor dem Verschließen des Apparats entnahm ich Proben zur Analyse, um mich mittels pyrogallussäuren Kalis zu überzeugen, ob noch Sauerstoff im Apparat vorhanden war. Sobald die Analyse ergab, daß kein Sauerstoff mehr zugegen war, wurde der Apparat verschlossen. Die Versuche setzte ich nur bis zu dem Augenblick fort, wo die Tiere keine Irritabilität mehr zeigten. Dabei benutzte ich die Erfahrung der Ergebnisse der auf Tab. XIII zusammengestellten Versuche.

TABELLE XVII.

Versuchsnummer	t°	CO ₂ -Ausscheidung auf 1 gr Körpergewicht in 24 St. in cem	Bemerkungen
1	23°—24°	1.105	1 W. Lumbricus terrestris = 5.929 gr
2	"	1.248	2 W. " " = 8.209 gr
3	19°	0.752	2 W. " " = 8.166 gr
4	19°—20°	1.288	1 W. " " = 2.223 gr
5	15.4°—16.5°	1.461	1 W. " " = 3.596 gr
6	16°	0.817	2 W. " " = 4.102 gr
7	17.4°	0.974	6 W. Lumbricus communis = 3.890 gr
8	"	0.876	" " " " " "
9	17°—16.8°	0.435	5 W. " " " " = 4.865 gr
10	17°	0.639	" " " " " "
11	6.7°	0.424	2 W. Lumbricus terrestris = 6.670 gr
12	7.5°	0.480	2 W. " " = 7.095 gr
13	3°—5°	0.582	Lumbricus rubellus = 8.324 gr

Die Resultate der neuen Versuchsserie zeigt Tab. XVII. Den Angaben dieser Tabelle nach zu urteilen, können wir annehmen, daß die Intensität der CO₂-Ausscheidung bei intramolekularer Atmung

demselben Prozeß bei der Sauerstoffatmung fast gleich ist. Aus derselben Tabelle ersehen wir weiter, daß der Prozeß der intramolekularen Atmung in einer bestimmten Weise von der Temperatur abhängt.

Auf die Abhängigkeit der intramolekularen Atmung von der Temperatur bei Pflanzen hat schon Godlewski sen.²⁶⁾ aufmerksam gemacht, indem er festgestellt hat, daß bei Erbsensamen die Kohlendioxydausscheidung in höherer Temperatur viel energischer stattfindet als bei niedrigerer. Chudiakows¹⁷⁾ Untersuchungen bestätigen die Angaben Godlewskis, und dieser Autor hat überdies festgestellt, daß die Abhängigkeit der intramolekularen Atmung von der Temperatur dieselbe ist wie die der Sauerstoffatmung; außerdem fand er, daß die Dauer der intramolekularen Atmung der Temperatur umgekehrt proportional ist, d. h. in höheren Temperaturen kürzer dauert als in niedrigeren. Dieselbe Tatsache konstatiert auch Aubert für die Frösche.

TABELLE XVIII.

t°	CO ₂ -Ausscheidung auf 1 gr Körpergewicht in 24 Stund. in ccm	Θ_{10}	B e m e r k u n g e n
16 ^o	1.169	3.0	Die Daten sind Durchschnittszahlen der Versuche Nr. 5, 6 und 11, 12 Tab. XVII.
7	0.452		

Die in den Tabellen XVII und XVIII zusammengestellten Versuchsergebnisse für das Verhalten der Regenwürmer bestätigen nicht nur die strikte Abhängigkeit der intramolekularen Atmung von der Temperatur, sondern stellen auch innerhalb dieser Abhängigkeit eine gewisse Gesetzmäßigkeit fest, welche alle chemischen und enzymatischen Prozesse kennzeichnet (Loeb⁴⁰⁾ und durch Hoffs Gesetz ausgedrückt wird. Wenn wir nun auf grund der Angaben der Tab. XIII das Abhängigkeitsverhältnis der Lebensdauer der Würmer oder der Dauer der intramolekularen Atmung zu der Temperatur bestimmen, so sehen wir — wie aus der Tab. XIX ersichtlich — daß es der Temperatur umgekehrt proportional ist, jedoch wieder mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit, und zwar

mit derselben, wie sie für die Intensität der intramolekularen Atmung selbst konstatiert worden ist.

TABELLE XIX.

t°	Die Lebensdauer in Wasserstoff	Θ_{10}	B e m e r k u n g e n
18°	6 St.	2.9	} Lumbricus terrestris
3°	26 St. — 27 St.		
19°	24 St. — 38 St.	2.5—1.7	} Lumbricus rubellus
3°—5°	93 St.		

Wir sehen also, daß der Prozeß der intramolekularen Atmung bei Regenwürmern ein beschränkter Prozeß ist, d. h. daß nur eine bestimmte Menge einer gewissen Substanz zersetzt und nur eine bestimmte Menge Kohlendioxyd dabei frei wird. Die Intensität dieses Prozesses und seine Dauer wird vollständig gesetzmäßig von der Temperatur geregelt.

Fassen wir gegenwärtig die Ergebnisse der Versuche mit vermindertem Druck ins Auge, die in den Tabellen VIII, X, XI, XII, XIV und in den entsprechenden Kurven zusammengestellt sind, so sehen wir überall eine gemeinschaftliche Erscheinung. Bei der Verminderung des Partialdrucks des Sauerstoffs bis auf die Hälfte steigt der Atmungsquotient, unterhalb dieser Grenze behält er den Wert $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}} > 1$ bei, manchmal erreicht er sogar den Wert 2. Bei einem Partialdruck, der einem Atmosphärendruck von etwa 100 mm entspricht, hört die Ausscheidung von CO_2 auf zu sinken, ja sie beginnt sogar zu steigen und erreicht eine Höhe, die diesem Prozesse in normalen Druckverhältnissen ungefähr entspricht. Dieses Steigen des Quotienten geschieht auf Kosten der ungleichmäßigen Schwächung beider Phasen des Atmungsprozesses.

Ich finde eine vollständige Analogie zwischen meinen Versuchen und den Ergebnissen der bereits zitierten Arbeiten von Loevy, Friedländer und Herter, Jaquet, Kempner, Jentys³¹⁾ und Stich⁵⁴⁾ und glaube, sie auf dieselbe Weise deuten zu können, wie Godlewski sen.²⁶⁾ die Ergebnisse der Arbeit von Jentys erklärt hat:

„Daß die normale Atmung die intramolekulare nicht ausschließt, sondern daß beide nebeneinander bestehen können, davon zeugen Jentys' Versuche... Offenbar kann dieses Übergewicht der CO_2 -Ausscheidung über die Sauerstoffabsorption nur dadurch erklärt werden, daß neben der normalen Atmung, die infolge des geringen Sauerstoffgehaltes in der Luft geschwächt ist, gleichzeitig in den Pflanzen intramolekulare Atmung stattfindet“.

In einer Reihe von Versuchen über den Einfluß des verminderten Drucks auf die Atmung habe ich gezeigt, daß der Einfluß verdünnter Luft lediglich auf dem Einfluß des verminderten Partialdrucks des Sauerstoffs beruht. Dieses Ergebnis stimmt mit der Ansicht Höbers⁶³⁾ überein, der die Organismen mit verdünnten Lösungen vergleicht und behauptet, daß die Reaktionsgeschwindigkeit sowohl in verdünnten Lösungen wie in Organismen gar nicht oder nur in geringem Grade von der Steigerung oder Verringerung des Barometerdrucks abhängt, sofern an der Reaktion kein Gas teilnimmt. Findet dies jedoch statt, so geht das Gas je nach seinem Partialdruck schneller oder langsamer in Lösung, und indem es auf diese Weise eine Änderung seiner Konzentration erleidet, beeinflusst es auf die eine oder die andere Weise den Verlauf der Reaktion in der Lösung. Da wir es nun in vorliegendem Falle gerade mit Gasen zu tun haben, so werden Änderungen in ihren äußeren Druckverhältnissen in dem Organismus als Änderungen des Partialdrucks dieser Gase zur Geltung kommen. Im besondern handelt es sich hier nur um Sauerstoff.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob in der Abhängigkeit der Organismen vom Partialdruck des Sauerstoffs irgend eine Gesetzmäßigkeit obwaltet, oder ob der Einfluß äußerer Druckänderungen auf die Organismen ein ungleichmäßiger, veränderlicher ist. Aus der physikalischen Chemie wissen wir, daß die Geschwindigkeit der Reaktion zwischen Phosphor und Sauerstoff sowie zwischen Azetaldehyd und Sauerstoff bei einem Druck unter einer Atmosphäre der Wurzel aus dem Partialdruck des Sauerstoffs proportional ist. Diese Tatsachen haben mich auf den Gedanken gebracht, die entsprechenden Berechnungen zu meinem Versuche durchzuführen.

Die Berechnungen haben ergeben, daß eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Abhängigkeit der Absorption des Sauerstoffs von seinem Partialdruck besteht. Die Gesetzmäßigkeit läßt sich durch die Formel ausdrücken:

$$\frac{a_1}{a} = \frac{\sqrt{p_1}}{\sqrt{p}}, \quad a_1 = \frac{a}{\sqrt{p}} \sqrt{p_1}, \quad a_1 = k \sqrt{p_1}$$

wo a und a_1 die Sauerstoffabsorption, p und p_1 den bekannten Partialdruck des Sauerstoffs und k einen bekannten, von den individuellen Eigenschaften des untersuchten Organismus abhängigen Faktor bedeuten.

Als Beispiel einer solchen Berechnung mögen folgende aus Tab. X Versuche 3 und 4 entnommenen Zahlen dienen: Bei einem Druck von 346 mm beträgt die Atmungsintensität 1·076; bei einem Druck von 14 mm muß also die Absorption auf grund der obigen Formel:

$$\frac{x}{1\cdot076} = \frac{\sqrt{14}}{\sqrt{346}}, \quad \text{oder } x = 0\cdot216 \text{ ccm.}$$

Die Resultate dieser Berechnungen habe ich in Tab. XX zusammengestellt. Die Zahlen der dritten Reihe geben die berechneten Ergebnisse, die der vierten die gefundenen Versuchsergebnisse. Sie beziehen sich auf die Sauerstoffabsorption von 1 gr Körpergewicht der Würmer in 24 Stunden.

TABELLE XX.

Versuchsnummer	Druck in mm	Menge des absorbierten Sauerstoffs auf 1 gr Körpergewicht in 24 St.		Bemerkungen
		berechnet	gefunden	
1	357·5	0·930	1·209	6 W. L. communis = 3·890 gr
2	178	0·613	0·582	5 W. " = 4·865 gr
3	90	0·423	0·379	" " = "
4	186	0·722	0·407	1 W. L. terrestris = 3·596 gr
5	92	0·286	0·280	" " = "
6	183	0·547	0·413	2 W. " = 4·102 gr
7	89	0·288	0·333	" " = "
8	200	0·584	0·494	2 W. " = 8·638 gr
9	122	0·385	0·355	" " = "
10	21	0·204	0·204	2 W. " = 5·774 gr
11	186	0·708	0·638	8 W. L. communis = 5·073 gr
12	86	0·399	0·494	7 W. " = 4·899 gr
13	14	0·216	0·217	7 W. " = 4·528 gr
14	192	0·813	0·551	2 W. L. terrestris = 6·702 gr
15	73	0·339	0·354	" " = "

Aus Tab. XX ersehen wir, daß auf 15 Versuche nur in 4 Fällen die aus der theoretischen Berechnung resultierenden Zahlen von den gefundenen Versuchsergebnissen stärker abweichen; es sind dies die Versuche 1, 4, 6 und 14. Die Sauerstoffverdünnung war bei diesen Versuchen verhältnismäßig geringer als bei den übrigen. Es läßt sich gleichfalls feststellen, daß je kleiner der Druck, desto größer die Übereinstimmung der theoretischen Berechnung mit den Versuchsergebnissen ist. Die Unterschiede zwischen Versuch und Theorie lassen sich sehr gut durch die Schwankungen der Atmungsintensität, von denen ich am Anfange meiner Arbeit gesprochen habe, sodann aber auch durch die Inkonstanz der Temperatur erklären. Gewisse Ungenauigkeiten konnten gegebenen Falls nicht vermieden werden, absorbierten doch die Tiere während der Versuchsdauer einen Teil des Sauerstoffs in dem Apparat, wodurch der Partialdruck verringert wurde, ferner sind die Angaben über die Sauerstoffmengen in den Versuchen mit Gasgemischen nur annähernd richtig (Durchschnittszahlen), wengleich sie von der Wirklichkeit nicht allzu sehr abweichen. Obschon ich in diesen Berechnungen für die Druckverhältnisse die Durchschnittszahl des Drucks am Anfang und am Ende des Versuchs setzte, so wurde der Fehler dadurch nicht beseitigt, da ein solches Verfahren an und für sich eine Ungenauigkeit in sich begreift. Wenn wir nun all die angeführten Ungenauigkeiten und überdies noch die von dem Verhalten der Würmer selbst abhängigen Intensitätsschwankungen berücksichtigen, so müssen wir auf grund der elf Versuche eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Abhängigkeit der Intensität der Sauerstoffabsorption von dem Partialdruck dieses Gases annehmen.

Nun drängt sich uns aber unwillkürlich die Frage nach dem Grund dieser Gesetzmäßigkeit auf. Da ich in der ganzen biologischen Literatur kein einziges analoges Faktum finden konnte, so nahm ich wiederum zu der physikalischen Chemie Zuflucht; diesmal fand ich aber auch hier keine Erklärung für diese Erscheinung. Aus der Lehre von den Fermenten (Höber⁶³) S. 303 wissen wir jedoch, daß die Menge des vom Katalysator absorbierten Gases genau von dem Partialdruck dieses Gases abhängt. Diese Abhängigkeit deckt sich aber nicht mit der Formel von Henrys Gesetz von der Gasabsorption in Lösungen, d. h. sie ist nicht dem Druck, sondern der Quadratwurzel aus dem Partialdruck dieses Gases oder

seinem Atomdruck proportional. Wenn wir diese Tatsachen der physikalischen Chemie mit den Ergebnissen meiner Versuche vergleichen, so drängt sich uns die Vermutung auf, daß wir im Atmungsprozeß mit irgend welchen Substanzen zu tun haben, die sich dem äußeren Sauerstoff gegenüber ähnlich wie Katalysatoren verhalten, wie z. B. Palladium bei der Bildung von Knallgas. Diese Gesetzmäßigkeit läßt sich nur bei geringem Druck — von ungefähr 200 mm an — beobachten.

Der Unterschied jedoch zwischen dem Verhalten von Organismen in bezug auf den Partialdruck des Sauerstoffs und zwischen irgend einem Katalysator ist ziemlich bedeutend. Die Organismen befolgen das Gesetz von der Gasabsorption erst bei verhältnismäßig niedrigem Druck, unterhalb 200 mm, während innerhalb sehr weiter Grenzen, und zwar von dem Druck des reinen Sauerstoffs oder einem Luftdruck von 5 Atmosphären an bis zu einer halben Atmosphäre, die Sauerstoffabsorption lediglich von dem Organismus selbst abhängig ist. Darin offenbart sich die regulatorische Fähigkeit der Organismen bezüglich der Sauerstoffaufnahme aus der umgebenden Atmosphäre.

Pflüger⁴⁵⁾ (1875) hat in einer seiner früheren Arbeiten die Meinung ausgesprochen, daß die lebende Zelle die Größe des Sauerstoffverbrauchs von selber regelt und daß deshalb die Intensität der Sauerstoffabsorption innerhalb weiterer Grenzen von dem Partialdruck dieses Gases unabhängig ist.

Meine Versuche deuten jedoch darauf hin, daß diese regulatorische Fähigkeit nur ein beschränktes Wirkungsgebiet umfaßt. Die Beschränktheit dieser Fähigkeit würde auch mit der Theorie von Driesch²⁰⁾ übereinstimmen, welcher annimmt, „daß bei jeder Organismenart das Regulatorische nur gewisse Felder seines Geltungsbereichs hat“.

Doch mit dem gegebenen Falls eintretenden Verlust einer regulatorischen Fähigkeit tritt im Organismus eine andere in Kraft. Wir sehen nämlich aus den Tabellen VIII, X, XI, XII, XIV, daß in denjenigen Druckverhältnissen, in denen die Sauerstoffabsorption in starkem Maße sich verringert, der Quotient beträchtlich steigt, und zwar infolge der Vergrößerung der Kohlendioxydausscheidung. Diese Tatsache deutet unzweideutig darauf hin, daß in dem Organismus gewisse Prozesse, höchstwahrscheinlich Spaltungsprozesse irgendwelcher Substanzen stattfinden, bei denen Kohlendioxyd frei

wird. Es ist dies, wie bereits gesagt, die intramolekulare Atmung. In dem Auftreten dieses Prozesses sehen wir die zweite regulatorische Fähigkeit des Organismus. Sobald derselbe nicht imstande ist, die nötige Sauerstoffmenge der umgebenden Luft zu entnehmen, schöpft er dieses Gas aus anderen Quellen und zwar aus der Spaltung gewisser Substanzen, die im gegebenen Organismus vorrätig sind, oder auch, wie die Versuche Pütters⁴⁶⁾ und Godlewskis²⁶⁾ lehren, aus gewissen Nährsubstanzen, die dem Organismus von außen her zugeführt werden. Bei der Besprechung der Atmungsregulierung sagt Driesch²⁰⁾: „Man nennt den Prozeß, der bei O-Mangel zunächst eintritt, bekanntlich intramolekulare Atmung; er besteht in der Zersetzung gewisser, sonst unzersetzt bleibender Stoffe“.

Wir können also, glaube ich, feststellen, daß die Regenwürmer gewisse regulatorische Fähigkeiten besitzen, die ihnen gestatten, eine Zeit lang ohne Sauerstoff zu leben. Die erste dieser Fähigkeiten würde darin bestehen, die Abhängigkeit der an dem Atmungsprozeß teilnehmenden Enzyme von Partialdruck des Sauerstoffs aufzuheben oder zu beschränken. Die zweite wäre das Auftreten der intramolekularen Atmung. Wie Versuche zeigen, läßt sich eine genaue Grenze für den Moment des Auftretens dieser zwei regulatorischen Funktionen nicht nachweisen; im Gegenteil, wo die Wirksamkeit der einen aufhört, tritt schon gleichzeitig die andere in Kraft.

Schlußfolgerungen.

Wenn wir alles bisher Gesagte zusammenfassen, so gelangen wir zu folgenden Endergebnissen:

- 1) Die Atmungsintensität bei Regenwürmern ist von gewissen Gattungseigentümlichkeiten abhängig und darum verschieden für *Lumbricus terrestris*, *L. communis* und *L. terrestris*.
- 2) Der Atmungsquotient schwankt in normalen Bedingungen zwischen 0·6—0·9, beträgt im Mittel 0·750 und ist zwischen den Temperaturgrenzen 2·5°—24° C von der Temperatur unabhängig.
- 3) Die Atmungsintensität ist der Temperatur direkt proportional.
- 4) Innerhalb der Grenzen von 2·5°—29·5° C verläuft die Steigerung der Atmungsintensität genau nach dem Gesetze, welches für chemische Reaktionen gilt, d. h. nach dem Gesetze van't Hoff's.

5) Bei normaler Sauerstoffmenge in der umgebenden Atmosphäre ist ein Kohlensäuregehalt derselben bis zu 50% dieses Gases für die Regenwürmer von sehr geringem Nachteil. Sie können darin ohne stärkere Narkose ungefähr drei Tage leben. Bei einem Gehalt von über 50% leben die Regenwürmer ebenso lang wie in reinem Kohlendioxyd; auch diese Menge bewirkt keine vollständige Narkose, hingegen tritt diese in reinem Kohlendioxyd schon nach 10—15 Minuten ein.

6) Verwundungen, verbunden mit Durchschneidung des Zentralnervensystems, verursachen bei den Würmern eine starke Nervenerschütterung, welche den Atmungsprozeß in der Weise beeinflusst, daß sie dessen Intensität auf die Dauer von ungefähr 24 Stunden vermindert.

7) Regenerationsprozesse haben keinen Einfluß auf das Atmen.

8) Die Gehirnganglien haben für den Atmungsprozeß der Regenwürmer dieselbe Bedeutung wie die übrigen Segmentganglien.

9) Der Einfluß verdünnter Luft auf den Atmungsprozeß beruht lediglich auf dem Einfluß des verminderten Partialdrucks des Sauerstoffs. Der mechanische Faktor der Luftverdünnung spielt in diesem Falle keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle.

10) Die Atmungsintensität bleibt innerhalb der Grenzen zwischen dem Druck des reinen Sauerstoffs und ungefähr einer halben Atmosphäre unverändert; bei kleinerem Druck wird sie geringer.

11) Bei niedrigen Druckverhältnissen richtet sich die Verminderung der Sauerstoffabsorption nach dem für Enzyme aufgestellten Gesetz, welches durch die Formel ausgedrückt wird: $a = k\sqrt{p}$.

12) Bei geringem Druck verringert sich die Kohlendioxydausscheidung, jedoch nur bis einem Druck von 100 mm; unterhalb dieser Grenze beginnt die Ausscheidung sich zu vergrößern.

13) Aus den Schlüssen Nr. 11 und 12 folgt, daß in dem Maße, wie der Partialdruck des Sauerstoffs sinkt, der Atmungsquotient bis über 1 steigt und sogar die Werte 2 oder 3 erreicht.

14) Die Regenwürmer können je nach der Gattung 6—30 Stunden ohne Sauerstoff leben, wobei sie Kohlendioxyd fast mit derselben Intensität ausscheiden, wie in normalen Verhältnissen.

15) Aus den Punkten 13 und 14 geht hervor, daß die Regenwürmer zu intramolekularer Atmung befähigt sind; diese kann gleichzeitig mit der Sauerstoffatmung stattfinden.

16) Die intramolekulare Atmung ist ebenso wie die Sauerstoff-

atmung von der Temperatur abhängig und richtet sich nach dem Gesetze van't Hoff's.

17) Die Punkte 4, 11 und 16 zeugen von dem enzymatischen Charakter des Atmungsprozesses.

18) Aus den Punkten 10, 13, 14 und 15 folgt, daß die Regenwürmer gewisse regulatorische Fähigkeiten in ihren Atmungsfunktionen besitzen, die ihnen gestatten, auch bei vermindertem Sauerstoffpartialdruck zu leben.

19) Die Dauer der intramolekularen Atmung ist der Temperatur umgekehrt proportional.

Literatur.

- 1) Abbe R. „Der Temperatureinfluß auf die Entwicklungsgeschwindigkeit animalischen Lebens“. *Zeitsch. f. Elektrochemie*, Nr. 33, 1905.
- 2) — „Noch ein Beitrag zum Temperatureinfluß auf Lebensprozesse“. *Zeitschr. f. Elektrochemie*, Nr. 46, 1905.
- 3) Aubert H. „Über den Einfluß der Temperatur auf die Kohlensäureausscheidung und die Lebensfähigkeit der Frösche in sauerstoffloser Luft“. *Pflüger's Archiv* Bd. 26. 1881.
- 4) — „Über der Verhalten der in sauerstofffreier Luft paralysierten Frösche und ein darauf gegründetes einfaches Verfahren, die Reflexmechanismen bei erhaltener Erregbarkeit der motorischen Nerven und der Muskeln stundelang zu lähmen“. *Pflüg. Arch.* Bd. 27. 1882.
- 5) Baglioni S. „Über das Sauerstoffbedürfnis des Zentralnervensystems bei Seetieren“. *Zeitsch. f. allg. Physiol.* Bd. V. 1905.
- 6) Barratt Wakelin. „Die Kohlensäureproduktion von *Paramecium aurelia*“. *Zeitsch. f. allg. Phys.* Bd. V. 1905.
- 7) Bert P. „Recherches experimentales sur l'influence que les changement dans la pression barometrique exercent sur les phenomenes de la vie“. *Comptes rend.* T. 74, 75, 1872.
- 8) Bayer H. „Zur Kenntnis des Stoffwechsels in den nervösen Zentren“. *Zeitsch. f. allg. Phys.* Bd. I, 1901.
- 9) — „Das Sauerstoffbedürfnis der Nerven“. *Zeitschr. f. allg. Physiol.* Bd. II. 1902.
- 10) Bondy O. „Untersuchungen über die Sauerstoffaufspeicherung in den Nervenzentren“. *Zeitschr. f. allg. Phys.* Bd. III, 1903.
- 11) Bounhiol. „Recherches experimentales sur la respiration des Annelides. Études du *Spirographis Spalanzanii*“. *Compt. rend.* T. 132, 1901.
- 12) Borodin. „Vorläufige Mitteilung über die Atmung in reinem Sauerstoffgase“. *Botanische Zeitung.* Jahrg. 39. S. 127, 1881.
- 13) Bunge G. „Über das Sauerstoffbedürfnis der Schlammbewohner“. *Zeitsch. f. physiol. Chemie.* Bd. XII, 1888.
- 14) — „Weitere Untersuchungen über die Atmung der Würmer“. *Zeitschr. f. physiol. Chemie.* Bd. XIV, 1889.

- 15) — „Über das Sauerstoffbedürfnis der Darmparasiten“. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. VIII, 1883.
- 16) Cybulski N. „Fizyologia człowieka“. 1895.
- 17) Chudiakow. „Landwirtschaftliche Jahrbücher“. Bd. 23, 1894.
- 18) Clausen. „Landwirtsch. Jahrbücher“. Bd. 19, 1890 (nach Höber).
- 19) Fürth O. „Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere“. 1903.
- 20) Driesch H. „Die organischen Regulationen“. 1901.
- 21) Godlewski E. (sen.). „Studia nad oddychaniem roślin“. Rozpr. Akad. Um. w Krakowie. T. VII, 1883
- 22) — „O nitryfikacyi amoniaku i źródłach węgla podczas żywienia się fermentów nitryfikacyjnych“. Rozpr. Akad. Um. w Krakowie. 1896.
- 23) — „Ein neuer Atmungsapparat“. Botan. Zeitung Nr. 47, 1882.
- 24) — „Dalszy przyczynek do znajomości oddychania śródcząstkowego roślin“. Rozpr. Akad. Um. w Krakowie. 1905.
- 25) — „Studia nad wzrostem roślin“. Rozpr. Akad. Um. w Krakowie. 1891.
- 26) — i Polseniusz. „O śródcząstkowym oddychaniu nasion pogrążonych w wodzie i tworzeniu się w nich alkoholu“. Rozpr. Akad. Um. Kraków. 1901.
- 27) Godlewski E. (jun.). „O wpływie tlenu na rozwój organizmów i o wymianie gazów w pierwszych stadyach rozwoju zarodka u Rana temporaria“. Tymczasowa notatka. 1900. Rozpr. Akad. Um. Kraków.
- 28) — „Die Einwirkung des Sauerstoffes auf die Entwicklung von Rana temporaria und Versuch der quantitativen Bestimmung des Gaswechsels in den ersten Entwicklungsstadien“. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. XI, 1901.
- 29) Griffiths A. B. „On the Blood of the Invertebrata“. Proceed. of the R. Society of Edinburgh. Bd. XVIII und XIX, 1890—91 und 1891—92.
- 30) Herzog R. „Über den Temperatureinfluß auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Organismen“. Zeitschr. f. Elektrochemie Nr. 46, 1905.
- 31) Jentys St. „O śróddrobinowym oddychaniu u roślin“. Kosmos. 1883.
- 32) — „Über den Einfluß hoher Sauerstoffpressungen auf das Wachstum der Pflanzen“. Unters. aus d. botan. Institut. in Tübingen. Bd. II, 1888.
- 33) Jennigs H. S. „Modifiability in behavior“. The Journal of Experimental Zoölogy. Vol. VIII, 1906.
- 34) Johannsen W. „Über den Einfluß hoher Sauerstoffspannung auf die Kohlensäureausscheidung einiger Keimpflanzen“. Unters. aus d. botan. Institut in Tübingen. Bd. I, 1881—85
- 35) Kanitz A. „Über den Einfluß der Temperatur auf die Kohlendioxyd-Assimilation“. Zeitschr. f. Elektrochemie Nr. 42, 1905.
- 36) Krzemieniewski S. „Über den Einfluß von Mineralnährsalzen auf den Verlauf der Atmung bei keimenden Samen“. Rozpr. Akad. Um. w Krakowie. 1902.
- 37) Landois L. „Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 1891.
- 38) Lehmann K. „Die Wirkung hoher Sauerstoffdrucke auf tierische Gebilde“. Pflüger's Archiv. Bd. 27, 1882.
- 39) — „Über den Einfluß des komprimierten Sauerstoffes auf die Lebensprozesse der Kaltblütler und einige Oxydationsvorgänge“. Pflügers Arch. Bd. 33. 1889.
- 40) Loeb J. „Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen“. 1906. Leipzig.

- 41) — Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen des Sauerstoffmangels“. Pflügers Archiv Bd. 62, 1895.
- 42) — „Wstęp do fizjologii i psychologii porównawczej“. 1906.
- 43) Pfeffer W. „Über intramolekulare Atmung“. Unters. aus d. botan. Institut zu Tübingen. Bd. I, 1881—85.
- 44) — „Pflanzenphysiologie“. Bd. I, 1897.
- 45) Pflüger E. „Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen“. Pflügers Archiv Bd. 10, 1875.
- 46) Pütter A. „Die Atmung der Protozoën“. Zeitschr. f. allg. Phys. Bd. V, 1905.
- 47) — „Die Wirkung erhöhter Sauerstoffspannung auf die lebendige Substanz“. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. III, 1903.
- 48) Rosenthal J. „Untersuchungen über den respiratorischen Stoffwechsel“. Archiv f. (Anat) und Phys. 1902 u. Suppl.-Band, 1902.
- 49) Stoklasa J., Černý F., Jelinek J., Šimaček E. und Vitek E. „Alkoholische Gärung im Tierorganismus und Isolierung gärungserregender Enzyme aus Tiergeweben“. Pflüg. Arch. Bd. 101, 1904.
- 50) Pott. „Vergleichende Untersuchungen über die Mengenverhältnisse der durch Respiration und Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Tierespezies in gleichen Zeiträumen“. Landwirtsch. Versuchstationen. Bd. 18, 1875.
- 51) Weinland E. „Über Kohlehydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, ein tierischer Gährungsprozeß“. Zeitschr. f. Biol. Bd. 42, 1901.
- 52) — „Über ausgepreßte Extrakte von *Ascaris lumbricoides* und ihre Wirkung“. Zeitschr. f. Biologie Bd. 43, 1902.
- 53) — Ritter A. „Über Bildung von Glykogen aus Kohlehydraten bei *Ascaris*“. Zeitschr. f. Biol. Bd. 43, 1902.
- 54) Stich Conrad. „Die Atmung der Pflanzen bei verminderter Sauerstoffspannung“. Flora. Neue Reihe 49. Jahrg. G. R. 74. Jahrg. 1891.
- 55) Verworn M. „Die Biogenhypothese“. Jena 1903.
- 56) — „Allgemeine Physiologie“. 1903.
- 57) — „Die Lokalisation der Atmung in der Zelle“. Festschr. zum siebenzigsten Geburtstage von E. Haeckel. Jena 1904.
- 58) Wieler A. „Die Beeinflussung des Wachstums durch verminderte Partialpresung des Sauerstoffs“. Untersuchung. aus d. botan. Institut zu Tübingen. Bd. I, 1881—85.
- 59) Winterstein H. „Über die Kohlensäuredyspnoe“. Zeitsch. f. allg. Physiol. Bd. III, 1903.
- 60) — „Wärmelähmung und Narkose“. Zeitschr. f. allg. Phys. Bd. V, 1905.
- 61) Zunz und Geppert. „Zur Frage von der Atemregulation bei Muskel-tätigkeit“. Pflügers Arch. Bd. 62, 1895.
- 62) Nusbaum J. „Zasady anatomii porównawczej“. 1899.
- 63) Höber R. „Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe“. 1902.
- 64) Jolyet et Regnard. „Recherches physiologique sur la respiration des animaux aquatiques“. Arch. de Physiologie II Ser. 1877. (Nach Fürth).
- 65) Hermann. „Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln“. 1867. (Nach Landois).
- 66) Müller W. „Sitzungsberichte d. Wiener Akad. d. Wissensch. Mathemat.-naturwissensch. Klasse XXXIII, 1858. (Nach Landois).

- 67) Regnault et Reiset. „Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes“. Annal. de Chimie. 3 ser. 26. 1849. (Nach Fürth).
- 68) Vernon. „The rotation of the respiratory exchange of cold blooded animals to temperature“. Journ. of Physiol. 21. 1897. (Nach Fürth).
- 69) Boussingault M. „Agronomie, Chimie agricole et Physiologie“. 1861. T. 2.
- 70) Schlösing T. „Zasady chemii rolniczej“. 1899.
- 71) Jaquet A. „Der respiratorische Gaswechsel“. Ergebnisse der Physiologie I Abt. 1903.
- 72) Friedländer C. und Herter A. „Über Wirkung des Sauerstoffmangels auf den tierischen Organismus“. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 3, 1879.
- 73) Loewy A. „Über Respiration und Zirkulation unter verdünnter und verdichteter, sauerstoffarmer und sauerstoffreicher Luft“. Pflüg. Arch. Bd. 58, 1894.
- 74) Schatarnikoff M. „Zur Frage über die Abhängigkeit des O₂-Verbrauches von dem O₂-Gehalte in der einzuatmenden Luft“. Archiv f. (Anat) und Physiol. Suppl.-Band. 1904.
- 75) Kempner. „Einfluß des O-Gehaltes der Luft auf die tierische Oxydation“. Arch. f. (Anat.) und Physiol. 1884.
- 76) Thunberg T. „Der Gasaustausch einiger niederer Tiere in seiner Abhängigkeit vom Sauerstoffpartiardruck“. Skandinavisches Arch. f. Physiologie Bd. XVII, 1905.
- 77) Winterstein H. „Über den Mechanismus der Gewebsatmung“. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 6, Heft 3, 4, 1907.
- 78) Pütter A. „Der Stoffwechsel des Blutegels (*Hirudo medicinalis*)“. I. Teil. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. 6, Heft 3, 4, 1907.

23. M. HENRI MERCZYNG. *Bieg cieczy w rurociągach przy znacznem przecięciu żyły i znacznej chyżości. (Sur le mouvement des liquides à grande vitesse par des conduites très larges)*¹⁾. Mémoire présenté par M. L. Natanson m. t. à la séance du 4 mars 1907.

§ 1. Le problème du mouvement d'un liquide par les tuyaux, étudié depuis longtemps, consiste dans la recherche de la relation qui existe entre la vitesse du mouvement et la pente hydraulique dans le tuyau. Si, sous la pression H agissant dans un réservoir CD (fig. 1), le liquide se meut dans la conduite AB avec une vitesse v , nous avons:

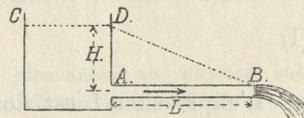


Fig. 1.

$$v = f(H, d, L, C) \quad (1)$$

1) Voir la note préliminaire sur le même sujet aux Comptes Rendus de l'Acad. d. Sc. de Paris, vol. 144, p. 70, 1907.

où d est le diamètre du tuyau, L la longueur de la conduite et C une constante qui représente les propriétés physiques du liquide et des parois de la conduite.

En introduisant l'expression de la pente hydraulique par unité de longueur $i = \frac{H}{L}$, la relation 1) devient:

$$(2) \quad v = f(i, d, C).$$

Dans les cas des conduites de diamètre appréciable, où les vitesses varient dans une même section, v représente la vitesse moyenne, dont le produit par l'aire de la section donne le débit observé par l'unité de temps.

La solution du problème consiste dans la détermination de la fonction f .

§ 2. Cette solution est très simple dans le cas du mouvement des liquides dans les tubes capillaires suffisamment longs. Elle a été déterminée, comme on sait, par Poiseuille¹⁾. Si nous admettons, ce qui représente le cas le plus simple, que les parois de la conduite sont mouillées par le liquide, nous avons la formule bien connue pour le débit Q d'un tube capillaire d'un rayon intérieur r_0 et d'une longueur L , sous la pression H , le coefficient de viscosité étant μ :

$$(3) \quad Q = \frac{\pi H}{8 \mu L} \cdot r_0^4.$$

En introduisant la pente hydraulique $i = \frac{H}{L}$ et la vitesse moyenne:

$$V = \frac{Q}{\pi r_0^2},$$

nous avons:

$$(I) \quad i = \frac{8}{r_0^2} \mu \cdot V.$$

L'expression I est donc la solution cherchée dans le cas de Poiseuille. Elle établit que, dans ce cas, la pente hydraulique est proportionnelle à la vitesse moyenne. Le facteur de la vitesse V est proportionnel au coefficient de la viscosité et inversement proportionnel au carré du rayon du tuyau.

¹⁾ Mémoires des Savants étrangers, t. IX, 1846.

§ 3. Déjà Poiseuille a remarqué que la relation simple I est seulement applicable dans le cas de petites vitesses et de petits diamètres. Si le tuyau devient plus large et les vitesses plus grandes, les lois du mouvement sont beaucoup plus compliquées. Osborne Reynolds¹⁾ a établi par la voie expérimentale la limite extrême de la vitesse, c'est-à-dire la vitesse critique jusqu'à laquelle le phénomène suit encore la loi de Poiseuille. Cette vitesse critique qui a été trouvée proportionnelle au coefficient de viscosité, inversement proportionnelle au diamètre de la conduite et au poids spécifique du liquide, est très petite pour les conduites plus larges; par exemple pour les conduites de 0.38 m et 0.5 m de nos expériences (v. ci-dessous) elle donne seulement des valeurs de 1 à 1½ cm/sec environ. Donc, pour les vitesses dépassant la limite indiquée, nous avons à établir une autre solution que celle donnée par Poiseuille. La complexité du problème rend une solution théorique extrêmement difficile. Le liquide ne se meut pas dans ce cas par filets parallèles à l'axe de la conduite, comme dans le cas de Poiseuille; nous constatons au contraire des mouvements irréguliers, tourbillonneux, où les filets liquides s'entrecroisent et se choquent; il est probable que dans ce cas, outre la perte de force vive occasionnée par la viscosité, il y a encore des pertes occasionnées par les chocs.

L'étude classique de ces phénomènes entreprise par M. Darcy²⁾ a établi la loi expérimentale qui lie la pente hydraulique et la vitesse moyenne dans les limites de ses expériences. Darcy a expérimenté avec 22 conduites d'un diamètre variant entre 1.22 cm et 50 cm, pour les vitesses moyennes ne surpassant pas 2—3 mèt/sec en général. Dans quelques expériences seulement du nombre total 198 nous retrouvons les vitesses surpassant 4 mèt/sec, pour la vitesse suivante dans l'ordre de grandeur ($d = 29.7$ cm). 3.16 mèt/sec.

Pour les limites expérimentales citées, Darcy a établi sa loi, d'après laquelle:

¹⁾ Philosophical Magazine 1883. et Papers on mechanical and physical subjects, Cambridge 1901. Les travaux d'Osborne Reynolds sur la vitesse critique ont été confirmés aussi par Couette, 1890, Etudes sur le frottement des liquides, Ann. de Ph. et Ch. v. 21, p. 433. Cfr. aussi Lorentz, Abhandlungen über theoretische Physik 1906, p. 43.

²⁾ Mémoires des Savants étrangers 1857. „Recherches expérimentales relatives au mouvement de l'eau dans les tuyaux“. Ce travail conserve encore toute sa valeur scientifique; entre les recherches plus récentes — très nombreuses — on peut encore citer les travaux de Mr. Smith, effectués en Amérique en 1880.

$$(II) \quad i = a V^2 + b V$$

où i est la pente hydraulique, V la vitesse moyenne, a et b des constantes qui dépendent du diamètre de la conduite, à savoir:

$$(4) \quad a = \alpha + \frac{\beta}{D}, \quad b = \alpha_1 + \frac{\beta_1}{D^2}.$$

L'expression de la pente hydraulique en fonction du diamètre du tuyau a été donnée aussi par M. Maurice Lévy¹⁾.

§ 4. La formule binomiale de Darcy²⁾ ne précise pas la valeur des constantes en fonction des propriétés physiques du liquide, c'est-à-dire de sa viscosité et de son poids spécifique. Guidé par certaines vues théoriques, l'auteur du présent a entrepris en 1889 une recherche expérimentale sur le mouvement de deux liquides différents par les mêmes conduites. En expérimentant avec l'eau et le pétrole, se mouvant par trois conduites de 21.2 mm, de 26.2 mm et de 45.25 mm de diamètre, avec des vitesses jusqu'à 2 met/sec, on a pu constater, que dans la formule binomiale de Darcy le coefficient de V^2 est proportionnel au poids spécifique, le coefficient de V — au coefficient de viscosité³⁾.

Donc, d'après Merczyng:

$$(III) \quad i = a_1 \delta V^2 + b_1 \mu V$$

où δ est le poids spécifique du liquide, μ le coefficient de viscosité, a_1 et b_1 des constantes qui dépendent seulement du diamètre du tuyau et de l'état de ses parois. L'expression III lie immédiatement le phénomène de Poiseuille avec le cas de Darcy. Si on dépasse la vitesse critique, nous avons dans la courbe représentant la fonction $i = f(v)$ un point de rupture: la ligne droite est coupée et par l'addition du terme $a_1 \delta V^2$ ⁴⁾ devient une hyperbole.

§ 5. Mais si nous procédons encore plus loin dans l'étude du

¹⁾ Annales des ponts et chaussées 1867.

²⁾ La formule binomiale a été proposée avant Darcy par beaucoup d'autres savants, p. ex. Prony, Weissbach etc., mais elle n'a été établie d'une façon scientifique que par Darcy.

³⁾ Ueber die Bewegung von Flüssigkeiten: Wasser und Petroleum in weiten Röhren (Pogg. Ann. 1890).

⁴⁾ Le terme $a_1 \delta V^2$ représente la perte de force vive dans les chocs des mouvements tourbillonneux, qui doit être proportionnelle à la masse du liquide et au carré de vitesse; le terme $b_1 \mu V$ donne la perte due au frottement.

phénomène, on arrive à un régime du mouvement qui est plus complexe que celui donné par la formule binomiale. Pour les vitesses très grandes et surtout pour une grande section de la veine liquide, le mouvement dans les conduites devient encore plus tumultueux. Dans ce régime, outre les chocs dans les entrecroisements des veines liquides, nous avons eu une influence plus prononcée des frottements des tourbillons. Ces tourbillonnements développant des frottements extraordinaires donnent naissance à une perte de force vive plus considérable. D'un autre côté, comme l'a déjà remarqué M. Boussinesq¹⁾, cette agitation tumultueuse dépend de la vitesse et croît aussi avec la section transversale. En tout cas les frottements des tourbillons dépendent aussi de la vitesse, d'une façon très complexe.

En général nous pouvons poser:

$$i = f(v) = A_1 v + A_2 v^2 + A_3 v^3 + \dots \quad (a)$$

Pour le régime de Poiseuille tous les coefficients, sauf A_1 , sont égaux à 0:

$$i_p = A_1 v. \quad (b)$$

Pour le régime de Darcy, les coefficients depuis A_3 deviennent égaux à zéro:

$$i_D = A_1 v + A_2 v^2. \quad (c)$$

Enfin, nous pouvons prévoir à priori un régime plus complexe pour les grandes sections et les grandes vitesses, où le nombre des coefficients sera plus grand. On pourra peut-être remplacer dans ce cas la série (a) par une fonction exponentielle fractionnaire de la forme suivante:

$$i = a v^m,$$

où a et m sont des constantes²⁾.

¹⁾ Essai sur la théorie des eaux courantes, § III (Mémoires des Savants étrangers 1877, v. 23).

²⁾ O. E. Meyer (Pogg. Ann. Jubelband, 1874) a proposé une formule (pour une conduite de 7 mill. et de 3 kilomètres de longueur), qui selon notre façon d'exprimer les fonctions donnera: $\frac{i^2}{v} = \alpha + \beta i$, où α et β sont des constantes.

En variant un peu l'expression de Meyer on arrivera peut-être à une concordance satisfaisante entre l'expérience et la formule.

§ 6. Pour étudier le cas considéré — grandes vitesses et grandes sections transversales de la conduite — par la voie expérimentale, nous avons choisi deux conduites, dont l'une d'un diamètre intérieur de 0·5 m, l'autre de 0·38 m. Ces conduites, pour obtenir une ligne horizontale, étaient posées sur des flotteurs sur l'eau. Grâce à cette disposition on a pu aligner les conduites en ligne droite ou en courbe d'un rayon donné. Les conduites étaient en acier, sans dépôts, composées de tronçons de 7·5 m de longueur; les raccordements étaient d'un même diamètre, flexibles, en cuir. La longueur de chaque conduite était de 200 mètres environ, mais dans quelques expériences cette longueur était plus petite (de 110 mètres environ).

Pour faire passer l'eau par la conduite on a employé des pompes centrifuges de 300 chevaux-vapeur (environ).

Chaque expérience consistait en deux déterminations: celle de la vitesse et celle de la pente hydraulique correspondante. La vitesse moyenne était mesurée par le débit dans un temps donné. Comme dans nos expériences nous avons des débits allant jusqu'à 1 m³ par seconde, la mesure devenait bien difficile. On a construit deux réservoirs d'une capacité de 50 m³ chacun, au-dessous du niveau de l'eau; le liquide venant de la conduite était dirigé à un moment donné sur le réservoir; et lorsque celui-ci était rempli d'eau, on dirigeait le tronçon final de la conduite hors le réservoir. Ces manipulations très difficiles pour ces grands débits étaient effectuées à l'aide d'une grue.

Pour avoir la vitesse, il a fallu connaître le temps pendant lequel le réservoir était rempli. Le temps était mesuré avec un chronomètre à secondes donnant des lectures précises à $\frac{1}{5}$ seconde. Cette précision était suffisante, parce que la durée de chaque expérience n'était pas moindre à 20—25 secondes; dans ce cas l'erreur possible dans la lecture du temps ne dépassait pas 1% du résultat. Comme dans ce genre d'expériences toutes les mesures ne sont pas plus précises que jusqu'à $\frac{1}{100}$ du résultat final, nous pouvons admettre cette limite d'erreur.

Pour mesurer la pente hydraulique, on a employé des manomètres et des piézomètres. Pour les conduites de 200 mètres nous avons établi deux postes de mesure, au commencement et au milieu de la conduite; pour les conduites d'environ 100 mètres de longueur on a supprimé le poste intermédiaire. La mesure de la pres-

sion était faite simultanément au manomètre et au piézomètre, pour contrôler ces deux données; mais pour la conduite de 200 mètres on a supprimé le piézomètre au commencement de la conduite, vu que la pression surpassait une colonne d'eau de 10 mètres, et la tourelle piézométrique avait seulement cette hauteur.

On a trouvé que la colonne piézométrique oscillait pendant les mesures jusqu'à 2‰; la limite d'erreur que donnaient les manomètres ne surpassant pas ce chiffre, on a pu admettre leurs indications comme suffisamment exactes pour ce genre d'expériences. La pression déterminée directement par la lecture des piézomètres et des manomètres était augmentée, pour le calcul des pentes, du rayon de la conduite (pour avoir les chiffres se rapportant à l'axe de la conduite) et diminuée de la hauteur de la vitesse $\left(\frac{v^2}{2g}\right)$, ce qui pour nos vitesses donnait jusqu'à 0.8 m.

La pression observée H diminuée de la hauteur due à la vitesse $\frac{v^2}{2g}$ donnait la pente pour le filet supérieur de la conduite. Pour avoir la pente correspondante au filet central, il fallait ajouter encore $\frac{d}{2}$, c'est-à-dire le rayon de la conduite. L'expression:

$$h' = H - \frac{v^2}{2g} + \frac{d}{2}$$

donnait enfin la pente cherchée $i = \frac{h'}{L}$, qui est donnée dans les tables. Pour les mélanges sableux la pente correspondante au filet central n'était pas exactement la pente moyenne pour une tranche donnée, car le sable s'accumulait surtout dans la partie inférieure de la conduite; mais la correction nécessaire n'était pas grande.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les pressions étaient déterminées par les indications des manomètres et des piézomètres. Quoique les „tourelles“ piézométriques flottantes dépassassent un peu en hauteur 10 m, elles n'étaient pas suffisamment hautes dans une série d'observations, surtout pour les grandes vitesses; dans ce cas on a fait l'observation à l'aide des manomètres seulement. La lecture au piézomètre contrôlait alors l'indication des manomètres au milieu de la conduite.

§ 7. Nos expériences peuvent être séparées en deux groupes dis-

tincts. Dans le premier nous avons étudié les lois du mouvement de l'eau pure, dans l'autre nous avons recherché celles du mélange sableux. Les résultats obtenus pour l'eau pure pouvaient être comparés à l'aide d'extrapolations avec les résultats donnés par les formules d'autres savants. Dans la plus grande partie de cas nous avons opéré avec une conduite en ligne droite, mais dans deux expériences on a étudié les pentes hydrauliques pour un rayon donné de courbure, et aussi pour une conduite en *S*, où le rayon de courbure change le signe.

L'autre groupe d'expériences se rapporte, ainsi que nous venons de le dire, aux mélanges sableux. Si l'eau se meut à une vitesse de 3 m à 4 m, les matières solides, grâce à un phénomène hydrodynamique bien connu, peuvent rester en suspension dans le tuyau en quantité donnée, et on peut le transporter avec l'eau. Pour les vitesses indiquées l'eau peut transporter jusqu'à 20 pour 100 de sable pur en suspension, et le mélange conserve le caractère essentiel d'un fluide. On a obtenu le mélange en enfonçant l'aspirateur de la pompe centrifuge dans le lit de la rivière. Pour chaque expérience il a fallu mesurer outre la vitesse et la pente hydraulique encore la quantité de sable en suspension dans le mélange. Cette mesure était difficile; la seule méthode, qui donnait des résultats satisfaisants consistait dans la détermination de la quantité de sable restée au fond du réservoir après l'expérience, lorsque l'eau au-dessus du sable était déjà tout à fait claire.

En tout cas il est nécessaire pour ces expériences que le sable soit pur, dépourvu d'argile; une petite quantité d'argile peut troubler les résultats. Ainsi qu'il a été dit, la longueur de la conduite était de 200 m environ. Dans quelques expériences elle était de 100 m environ.

§ 8. Résultats des mesures.

I. Eau pure.

1. Conduite de 0·38 m en ligne droite.

Expérience		vitesse	mèt. sec.	Pente par unité de longueur	Durée de l'expérience	Longueur de la conduite
A ₁ ,			3·07	0·0380	56·0 sec.	202·68 m
"	B ₁ ,	"	3·52	0·0427	60·2 "	202·1 "
"	C ₁ ,	"	4·00	0·0565	56·0 "	100·0 "

2. Conduite de 0.50 m en ligne droite.

		mèt. sec.	Pente par unité de longueur	Durée de l'expérience	Longueur de la conduite
Expérience	A ₂ , vitesse	2.80	0.0376	39.7 sec.	200.0 m
"	B ₂ , "	3.26	0.0387	34.0 "	200.0 "
"	C ₂ , "	4.36	0.0539	22.1 "	111.04 "

II. Mélanges sableux.

1. Conduite de 0.38 m en ligne droite.

	mèt. sec.	Quantité de sable dans l'eau pour 100	Pente par unité de longueur	Durée de l'expérience	Longueur de la con- duite
Exp. A ₁ ' , vit.	3.18	12.8	0.0396	53.0 sec.	202.1 m
" B ₁ ' , "	3.40	15.0	0.0412	45.0 "	202.1 "
" C ₁ ' , "	3.88	11.5	0.0588	36.8 "	100.0 "

La même conduite en ligne courbe ¹⁾.

Expérience A, pour une longueur de la conduite 202.1 m, dont 65 m. alignés en droite et le reste en arc de cercle d'un rayon de 22.5 m.

	mèt. sec.	Quantité de sable dans l'eau	Pente par unité de longueur	Durée de l'expérience
Vitesse	3.22	3.0	0.0422	53.1 sec.

Expérience B, pour une longueur 202.1 m. de la conduite courbée en S avec un rayon moyen de courbure ± 30 m.

	mèt. sec.	Quantité de sable dans l'eau pour 100	Pente hydraulique par unité de longueur	Durée de l'expérience
Vitesse	2.76	14.8	0.0496	52.5 sec.

2. Conduite de 0.50 m en ligne droite.

	mèt. sec.	Quantité de sable dans l'eau pour 100	Pente hydraulique par unité de longueur	Durée de l'expérience	Longueur de la con- duite
Exp. A ₂ ' , vit.	2.87	12.6	0.0410	38.6 sec.	200.0 m
" B ₂ ' , "	3.20	16.7	0.0412	31.6 "	198.77 "
" C ₂ ' , "	3.47	13.5	0.0435	28.9 "	198.77 "
" D ₂ ' , "	3.60	18.8	0.0460	30.8 "	200.0 "
" E ₂ ' , "	3.86	16.7	0.0587	25.8 "	111.04 "

¹⁾ Les expériences A et B n'ont pas été publiées dans les Comptes Rendus.

Toutes les expériences sont représentées dans les tables graphiques annexées au Mémoire. La première table donne les résultats des mesures pour l'eau pure en lignes courbes pour les deux conduites. La seconde représente les courbes pour l'eau et les mélanges sableux dans la conduite de 0·5 m; dans la troisième enfin nous avons les mêmes courbes pour la conduite de 0·38 m.

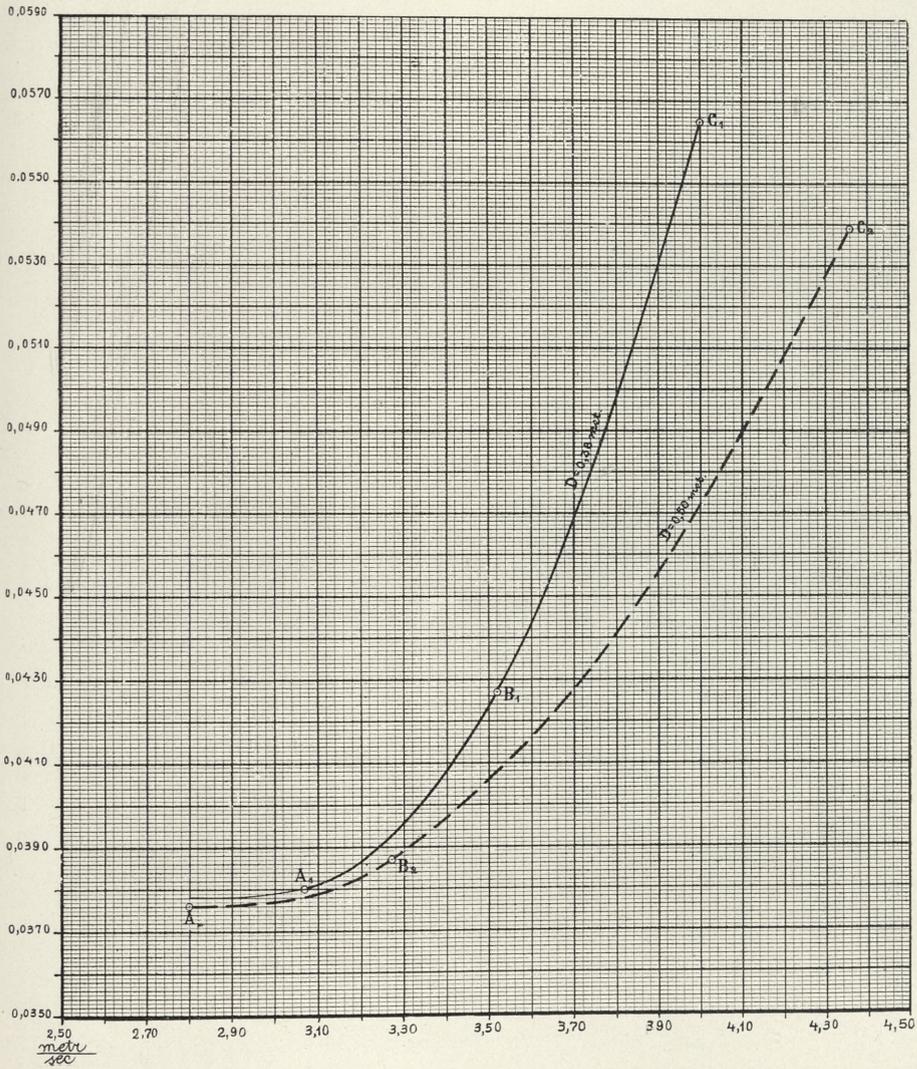
§ 9. Les résultats définitifs des expériences peuvent être formulés, comme il suit:

1. Le mouvement des liquides pour les grandes vitesses et pour les conduites larges ne suit ni la formule de Poiseuille, ni la formule binomiale de Darcy, confirmée pour le pétrole par Merezynng. Les courbes représentées dans les tables ne sont pas des droites, ainsi que le demanderait la théorie de Poiseuille, ni des courbes du second ordre. Si l'on suppose que les expériences peuvent être représentées par des courbes du second degré, un calcul, effectué d'après la méthode des moindres carrés, donne des écarts trop grands pour toutes les quatre courbes. On peut donc supposer que nous avons ici un régime à part, plus compliqué que le régime de Darcy, et que l'influence des tourbillons est dans ce cas encore plus prononcée que dans le cas de Darcy. La pente hydraulique en fonction de la vitesse s'exprime dans notre cas d'une façon plus compliquée que ne la suppose la formule binomiale.

2. Il résulte du caractère à part du régime hydrodynamique pour les grandes vitesses et les grandes sections, que les données expérimentales obtenues pour des vitesses moyennes ne peuvent pas être extrapolées pour notre cas. Par exemple les tables de Darcy, extrapolées jusqu'à 3 mètre/sec, donnent pour une vitesse de 2·80 mètre/sec et pour une conduite de 0·50 m. une pente seulement de 0·0167, tandis que cette pente est en réalité plus que double (0·0376).

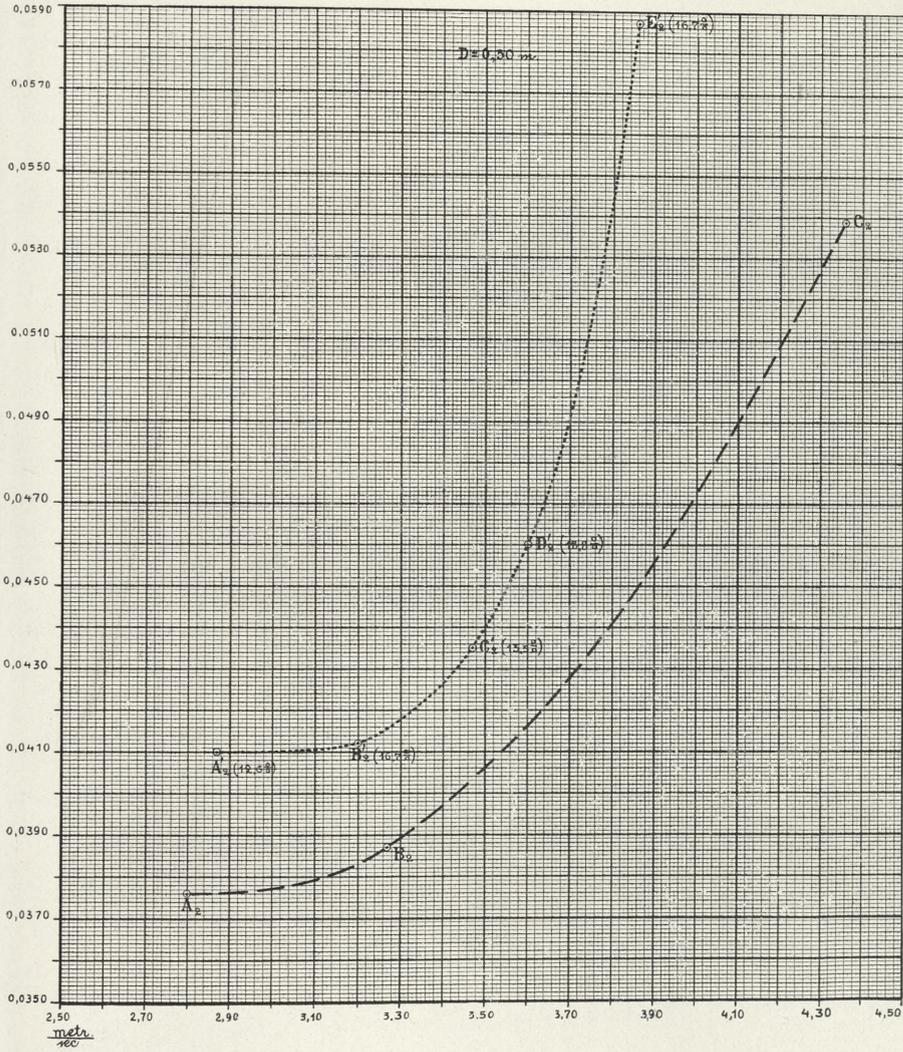
3. Nos courbes confirment les résultats de Darcy et de M. Maurice Lévy en ce qui concerne l'influence du diamètre de la conduite: la pente croît pour la même vitesse, si le diamètre devient plus petit.

4. L'influence du sable en suspension dans l'eau en mouvement n'a pas d'influence sur le caractère général du phénomène; cependant la pente est plus grande que pour l'eau pure. Pour des quantités de sable allant jusqu'à $\frac{1}{6}$ de volume de l'eau (presque $\frac{1}{3}$ de la masse) la pente augmente seulement de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{10}$ du résultat pour l'eau pure.



H. Merczyng.

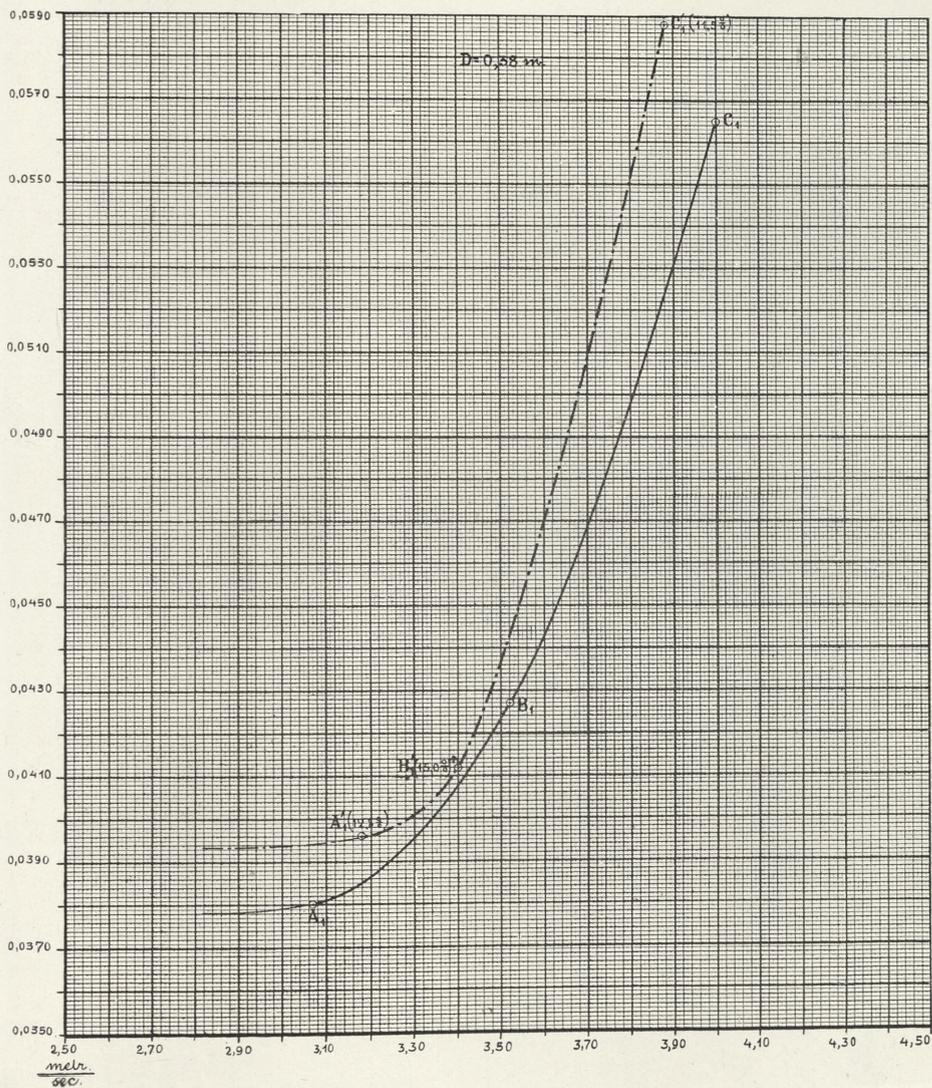
Drukarnia Univ. Jagiell. w Krakowie.



H. Merczyng.

Drukarnia Univ. Jagiell. w Krakowie.





H. Merczyng.

Drukarnia Umie. Jagiell. w Krakowie.



5. L'influence de la courbure de la conduite est très prononcée. La veine liquide à grande section et à grande vitesse tend à prendre un alignement en droite.

En résumé, nos expériences prouvent que dans le cas étudié nous avons un régime encore plus complexe que le régime de Darey.

-
24. M. A. BOLLAND. *O aloinowej reakcyi oksyhemoglobiny. (Über die Aloidreaktion des Oxyhämoglobins). (Sur la réaction d'aloïne avec oxyhémoglobine)*. Mémoire présenté par M. L. Marchlewski m. t.

Das Aloin, der wirksame Bestandteil des Aloë, gibt in alkoholischer Lösung mit Terpentinöl in Gegenwart von Hämoglobin eine rosenrote, bezw. violettrote Färbung, welche zuerst von Klunge¹⁾ beobachtet wurde. Diese Blutaloinreaktion wurde von Rossel²⁾ zum Blutnachweis im Harn, sowie in Auswurfstoffen empfohlen. Zum Blutnachweis für forense Zwecke empfiehlt sie Schaer in seinen „Bemerkungen über Blutreaktionen mit Guajakharz und Aloin“³⁾, nachdem er sich mit den Aloëreaktionen in zwei Abhandlungen⁴⁾ ausführlich befaßt hat. In den „Bemerkungen“ schlägt er vor, statt der Aloëlösung eine Lösung von Aloin auch in Chloralhydrat anzuwenden und weist auf die Vorteile dieser Blutreaktion hin. Mit bezug auf die Guajakreaktion empfiehlt Schaer bei der Ausführung der Blutaloinreaktion die Anwendung derselben Vorsichtsmaßregeln, die bei der Blutguajakreaktion eingehalten werden müssen. Demzufolge habe ich in meiner Abhandlung „Über die Guajakreaktion des Oxyhämoglobins“⁵⁾ bei der Besprechung der chemischen Reaktionen des Blutes, welche in der gerichtlichen Analyse Verwendung finden können, bereits angedeutet, daß die Aloidreaktion als ganz analoge Reaktion der Guajakreaktion betrachtet wird und daß die Deutung beider Reaktionen gemeinschaftliche Fehlerquellen haben soll. Beim Studium der Aloidreaktion interessierten mich — ähnlich

1) Schweiz. Wochenschr. f. Chemie u. Pharmazie, 1882 u. 1883.

2) Ibidem 1901.

3) Zeits. f. anal. Chemie 1902.

4) Arch. d. Pharm. 1900.

5) Bull. Acad. Crac. 1907 — III.

wie damals — folgende Fragen, auf welche ich in der oben erwähnten Literatur keine Antwort finden konnte:

1) Ob es gewisse Eisenverbindungen gibt, welche mit alkoholischer Aloinlösung unmittelbar nicht reagieren, sondern — ähnlich wie Blut — erst nach Zugabe des Terpentinöls;

2) Ob die dadurch entstandene Zweideutigkeit bei den Blutbestimmungen mit Hilfe der Zitronensäure (wie ich dies bei der Guajakreaktion vorgeschlagen habe) behoben werden kann;

3) Ob die Zitronensäure bei Blutbestimmungen neben denjenigen Eisenverbindungen, die direkt mit Aloin reagieren, mit Vorteil anwendbar wäre.

Dieselben Fragen beschäftigten mich bei dem oben zitierten Studium der Guajakreaktion des Hämoglobins; die experimentelle Beantwortung derselben geschah genau auf dieselbe Weise wie dort. Mit bezug auf jene Abhandlung werde ich heute nur die wichtigeren Ergebnisse des Studiums über die Aloinreaktion des Hämoglobins mitteilen.

Experimenteller Teil.

I.

Nach Schaers Vorschlag wurde eine Lösung von 1 gr Aloin (Mercks) in 1 Liter 90%-igen Alkohol verwendet. Meine ursprüngliche Hämoglobininlösung enthielt 0.007 gr Hämoglobin (Mercks) in 1 cm³; außerdem wurde noch eine zehnfach verdünnte Lösung verwendet ($\frac{\text{Hämoglobin}}{10}$); das Terpentinöl war ein rohes, genügend insoliertes und ozonisiertes Produkt.

Bei Anwendung von 1 cm³ Aloinlösung und 1 cm³ Terpentinöl liegt das Substanzminimum, welches überhaupt eine sichtbare Reaktion hervorzurufen imstande ist, zwischen 0.5—0.75 cm³ der zehnfach verdünnten Hämoglobininlösung; dies entspricht 0.00035—0.00053 gr, im Durchschnitt 0.00044 gr Hämoglobin in einer Verdünnung von 1:6000. Bei Anwendung von 5 cm³ Aloinlösung waren 2 cm³ der zehnfach verdünnten Hämoglobininlösung nötig, um eine sichtbare Reaktion zu erzeugen. Dies entspricht gleichfalls einer Verdünnung von 1:6000, welche als äußerste Verdünnungsgrenze anzusehen ist; da jedoch bei Anwendung größerer Mengen von Aloinlösung größere Hämoglobinvolumina nötig sind, erscheint es zweckmäßig, mit kleineren Mengen der Aloinlösung zu arbeiten.

Was die anzuwendende Terpentingölmenge anbelangt, so ist bei der Aloinreaktion, ähnlich wie bei der Guajakreaktion, ein Überschuß des Terpentingöls nicht anzuwenden, da dieser die Empfindlichkeit der Reaktion infolge der Vermehrung des Gesamtvolums ungünstig beeinflußt. Demzufolge arbeitete ich stets mit 1 cm³ Terpentingöl.

Im allgemeinen läßt sich — was die Blutaloinreaktion anbelangt — folgendes hinzufügen:

Die rosenrote, zuweilen auch violettrote Färbung der Flüssigkeit unterhalb der Terpentingölschichte tritt nicht im ersten Augenblick, sondern nach einer Weile auf. Die Färbung ist sehr charakteristisch, wenn die ursprüngliche Flüssigkeit nicht allzu rot, bezw. rotbraun gefärbt war; ich würde deshalb vorschlagen, in Fällen, in welchen die untersuchte Flüssigkeit zu viel Farbstoff enthält, die Flüssigkeit bis zur hellgelben Farbe zu verdünnen; war Hämoglobin Ursache der ursprünglichen Färbung, so erscheint trotz der Verdünnung die unzweideutige Aloinreaktion.

Die erhaltenen Aloinreaktionen sind oft sehr dauerhaft, jedenfalls dauerhafter als die Guajakreaktionen; die rosenrote Färbung blieb zuweilen auch 24 Stunden unverändert.

Die Aloinlösung gibt mit Hämoglobin ohne Terpentingöl auch nach längerem Stehen gar keine Farbenreaktion.

II.

In meiner Abhandlung „Über die Guajakreaktion des Oxyhämoglobins“ habe ich mitgeteilt, daß die heutzutage empfohlenen und angewandten Extraktionsflüssigkeiten für Blutflecke wie Chloralhydrat, Essigsäure aber auch sogar Ammoniak derartige Ferroverbindungen enthalten können, welche sich der Guajaktinktur gegenüber genau wie Hämoglobin verhalten, also mit der Tinktur direkt nicht reagieren, sondern erst nach Zusatz von Terpentingöl die bekannte Blaufärbung hervorrufen und dadurch die Brauchbarkeit und Unzweideutigkeit der Guajakreaktion bei Blutuntersuchungen für gerichtliche Zwecke in Frage stellen. Ich habe die Wirkungsweise derartiger Ferroverbindungen in jener Abhandlung mit Hilfe des Ferroammonsulfates studiert und habe auch beim Studium der Aloinreaktion dasselbe Salz verwendet.

Es wurde 0.3079 gr Merck'sches chemisch reines krist. Eisen-

ammonsulfat in 250 cm³ gelöst; jeder cm³ enthielt also 0.00123 gr dieses Salzes = 0.000176 gr Fe'' in Oxydulform.

Dieses Salz liefert tatsächlich eine Aloinreaktion, welche die Blutaloinreaktion vortäuschen und zu gleichen Mißverständnissen führen kann, wie dies bei der Guajakreaktion der Fall war. Es wurde bei dieser Reaktion, ähnlich wie bei der Guajakreaktion, gefunden, daß die Reaktionsintensität (welche auch bei dieser Reaktion eine Funktion der Reaktionsgeschwindigkeit ist) mit der wachsenden Menge des vorhandenen Ferrosalzes nur bis zu einer gewissen Grenze wächst, oberhalb deren die Reaktionsintensität mit der wachsenden Menge des vorhandenen Ferrosalzes sinkt; bei Anwendung von 1.7 cm³ obiger Ferroammonsulfatlösung, d. i. 0.0003 gr Fe'' ist kaum (mit 1 cm³ Aloinlösung) eine Spur, bei Anwendung von 1.8 cm³ (= 0.00032 gr Fe'') gar keine Reaktion zu sehen.

Da nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse über die Aloinfärbungen diese als Oxydationsprodukte des Aloins anzusehen sind und sowohl das Hämoglobin wie die Ferroverbindungen als katalytisch wirkende Substanzen zu betrachten wären — glaube ich auf grund obiger Tatsachen die Vermutung wiederholen zu dürfen (welche ich in bezug auf die analogen Verhältnisse beim Studium über die Guajakreaktion auszusprechen mir erlaubte), daß bei Anwendung größerer Mengen des Ferrosalzes nur ein Teil desselben als Katalysator fördernd für die Reaktion zur Wirkung gelangt, während der restliche Teil — der zu fördernder Wirkung nicht gelangt — als Reduktionsmittel hemmend auf die Reaktion einwirkt. Dies dürften — meiner Ansicht nach — die Gründe sein, denen zufolge oberhalb einer gewissen Grenze mit der wachsenden Menge des Ferrosalzes die Reaktionsintensität sinkt und denen zufolge 1 cm³ Aloinlösung durch 1.8 cm³ obiger Ferrosalzlösung überhaupt nicht gerötet wird. Eine Bestätigung meiner Ansicht sehe ich in dieser Tatsache, daß bei Anwendung größerer Menge Aloinlösung, größere Ferrosalzmengen die Reaktion hervorrufen. Wenn Schaer in seiner Abhandlung¹⁾ ausdrücklich betonen mußte, daß er mit Hilfe von Ferrosalz und Superoxyd keine Aloinreaktion erhalten konnte, so vermute ich, daß er zu große Quantitäten Ferrosalz angewendet hat.

¹⁾ Arch. f. Pharm. 1900.

Das Substanzminimum der Ferrosulfatlösung, welches die Reaktion hervorruft, beträgt 0.3 cm^3 der zwanzigfach verdünnten, ursprünglichen Lösung; dies entspricht $0.00000264 \text{ gr Fe}''$. Bei Anwendung dieses Minimums erschien die Aloinreaktion als prächtig tiefviolette Färbung von langer Haltbarkeit; violette Färbungen habe ich gleichfalls gesehen, auch bei Anwendung größerer Mengen Ferrosalz, jedoch nur im ersten, kurz dauernden Reaktionsstadium, nach welchem die violette Färbung in eine rote umschlug. Da bei Anwendung großer Ferrosalzmengen gelbe, bezw. gelbbraune Färbungen erhalten werden, Färbungen die auch aus der rosenroten Aloinfärbung nach längerem Stehen entstehen, glaube ich die Ansicht aussprechen zu können, daß die Aloinreaktion in 3 Stufen verläuft, und zwar charakterisiert sich die erste Stufe durch ein violettes, die zweite durch ein rosenrotes, die dritte durch ein gelbes, bezw. gelbbraunes Oxydationsprodukt.

In den Grenzen, in denen das Ferrosalz überhaupt zur Erzeugung der Aloinreaktion anzuwenden ist, kann die erste, aber auch die erste und die zweite Reaktionsstufe je nach der angewandten Ferrosalzmenge so schnell verlaufen, daß sie als Farbenreaktion nicht zu erkennen ist.

Wenn ich schließlich das zur Erzeugung der Aloinreaktion erforderliche Substanzminimum des Ferrosalzes mit dem Substanzminimum des Hämoglobins vergleiche, komme ich zu der Vermutung, daß die Blutaloinreaktion nicht dem Molekül des Hämoglobins überhaupt, sondern dem dort vorhandenen Eisen zuzuschreiben ist. Das Fe'' -minimum beträgt in beiden Fällen zirka $2 \cdot 10^{-6} \text{ gr Fe}$.

III.

Um mittels der Aloinreaktion das Hämoglobin neben denjenigen Ferroverbindungen nachweisen zu können, welche ähnlich wie Hämoglobin die Aloinlösung erst nach Terpentinölzusatz röten, sollte — wie bei der Guajakreaktion — dem Systeme eine Substanz hinzugefügt werden, welche die Reaktionsfähigkeit der Ferroverbindungen lähmen würde, ohne diejenige des Hämoglobins wesentlich zu beeinträchtigen. Es wurde hier, ähnlich wie dort, die Zitronensäure für diesen Zweck in Anspruch genommen. Es wurden 5.7918 gr krist. Zitronensäure Mereks zu 500 cm^3 Wasser ge-

löst; jeder cm^3 enthielt 0.0116 gr Zitronensäure $\left(\frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{1}\right)$. Außerdem wurde noch eine zwanzigfach verdünnte Lösung $\left(\frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}\right)$ verwendet, von der 1 cm^3 0.00058 gr krist. Zitronensäure enthielt.

Die hier durchgeführten Versuche wurden auf dieselbe Weise angestellt, wie dies bei der Guajakreaktion beschrieben wurde, und deshalb sollen sie hier speziell nicht mitgeteilt werden. Es ergab sich bei Anwendung verschiedener Mengen des Ferrosalzes und der Zitronensäure und bei Anwendung von 1 cm^3 Aloinlösung und 1 cm^3 Terpentinöl, daß durch Zusatz von 2.6 cm^3 der $\frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}$ die Aloinreaktion, welche durch Ferroverbindungen überhaupt zu erzielen wäre, als charakteristische rosenrote Farbenreaktion nicht auftreten kann. Diese $2.6 \text{ cm}^3 \frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}$ lähmten die Reaktionsfähigkeit sämtlicher Ferrosalmengen in den Grenzen von 1.7 cm^3 der ursprünglichen Lösung und 0.3 cm^3 einer zwanzigfach verdünnten. Außerhalb dieser Grenzen ist die Anwendung der Zitronensäure unnötig, da — wie oben mitgeteilt — außerhalb dieser Grenzen bei Anwendung von 1 cm^3 Aloinlösung auch ohne Zitronensäure keine Aloinreaktion (Farbenreaktion) auftritt.

Nun sollte festgestellt werden, wie obige $2.6 \text{ cm}^3 \frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}$ die Blutaloinreaktion beeinflussen. Zu diesem Zwecke wurden verschiedene Mengen Hämoglobinlösung mit $2.6 \text{ cm}^3 \frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}$, 1 cm^3 Aloinlösung und 1 cm^3 Terpentinöl vermischt, es stellte sich jedoch heraus, daß die Zitronensäure nicht nur die Empfindlichkeit der Blutaloinreaktion nicht verringert, sondern diese um das Doppelte steigerte, indem die Hälfte der früher angegebenen Menge und zwar nur 0.0002 gr Hämoglobin in einer Verdünnung von 1:24.000 eine wahrnehmbare, rosenrote Färbung liefert.

Da die Zitronensäure die Reaktionsfähigkeit der Ferroverbindungen der Aloinlösung gegenüber lähmt, während sie die Reaktionsfähigkeit des Hämoglobins steigert, wurde das Verhalten der Gemische von Ferroverbindungen und Hämoglobin in Gegenwart von $2.6 \text{ cm}^3 \frac{\text{C}_6 \text{H}_8 \text{O}_7}{20}$ studiert.

Im allgemeinen muß bemerkt werden, daß bei der Aloinreaktion die Anwesenheit der Ferroverbindungen die Empfindlichkeit der Blotaloinreaktion beeinträchtigt. Es konnten jedoch noch 0·0003 gr Hämoglobin stets erkannt werden, auch neben 1·7 cm³ der ursprünglichen Ferrosalzlösung und in Gegenwart von 2·6 cm³ der $\frac{C_6 H_8 O_7}{20}$.

Diese Versuche berechtigen mich, für Untersuchungen von Blut auch neben aloinrötenden Ferroverbindungen mittels der Schaer'schen Aloinreaktion folgenden Vorgang vorzuschlagen:

Das corpus delicti wird mit 1 cm³ konz. NH₃ durch 24 Stunden befeuchtet, der Ammoniak an der Luft verdunsten gelassen, mit 3—4 cm³ H₂O aufgenommen, auf ein kleines Volum eingedampft, mit 2·6 cm³ einer 0·06%-igen Zitronensäurelösung angesäuert; nachher wird 1 cm³ einer 0·1%-igen Aloinlösung und 1 cm³ Terpentinöl zugesetzt. Erscheint nach 10—15' die Aloinfärbung, so ist sie dem Hämoglobin mit Ausschluß der bewußten Ferroverbindung zuzuschreiben.

IV.

Anhangsweise mögen noch folgende Versuche mitgeteilt werden:

Die durch Eisenammonsulfat erzeugte, rosenrote Färbung wird durch nachherigen Zusatz von Zitronensäure nicht zerstört; im Gegenteil konnte ich beobachten, daß durch einen nachträglichen Zusatz dieser Säure die Färbung schöner und deutlicher hervortritt.

Eisenchloridlösung gibt mit der Aloinlösung auch ohne Terpentinöl die Aloinreaktion. Bei Anwendung von 2 cm³ der Aloinlösung und 1—2 cm³ einer Eisenchloridlösung (0·007 gr in 1 cm³) wurden sofort braune Färbungen bemerkt, die jedoch durch Zusatz entsprechender Mengen Zitronensäure in hellgelb übergeführt wurden.

Bei Anwendung von nur 0·1 cm³ obiger Lösung wurde eine rosenrote Färbung erzielt, die durch nachträglichen Zusatz von Zitronensäure schöner und deutlicher wurde. Ebenso schöne, deutliche und dauerhafte Färbungen resultierten, wenn anstatt 0·1 cm³ der ursprünglichen Eisenchloridlösung 1, 0·5 und 0·1 cm³ einer zehnfach verdünnten Eisenchloridlösung verwendet wurden.

Das in diesem letzten Abschnitte beschriebene Verhalten der

Aloinreaktion weicht von dem der Guajakreaktion ab; die Zitronensäure versagt also ihre Dienste in Gegenwart von Eisenverbindungen, die direkt mit der Aloinlösung ohne Terpentinöl die Aloinreaktion geben, was bei der Guajakreaktion nicht der Fall war; das ganze übrige Verhalten der Aloinreaktion weist die vollste Analogie mit der Guajakreaktion auf.

Ich glaube durch Einführung der Zitronensäure bei der Aloinreaktion die letzte, durch gewisse Ferroverbindungen so oft verursachte Zweideutigkeit und Unsicherheit behoben zu haben, wodurch die Aloinreaktion als sichere, sehr empfindliche Blutreaktion auch in Gegenwart von Ferroverbindungen besonders für die forense Analyse anzuwenden wäre.

Tarnopol, Laboratorium der Staats-Oberrealschule, im März, 1907.

25. M. K. KLING. O aldehydzie para-tolylooctowym i jego pochodnych. (*Über den Para-totylazetaldehyd und seine Derivate*). (*Sur l'aldehyde para-tolylacétique et ses dérivés*). Mémoire présenté par M. B. Radziszewski m. c.

Der zum erstenmal von Canizzaro¹⁾ erhaltene und von Radziszewski²⁾ näher beschriebene Phenylazetaldehyd legte den Gedanken nahe, die Darstellung des bis nun unbekanntem p-Tolylazetaldehyds zu versuchen.

Die gewöhnliche — von den genannten Forschern benutzte — Methode der trockenen Destillation eines Gemenges der Kalziumsalze der p-Tolylessigsäure und Ameisensäure unter gewöhnlichem Drucke, ergab keine befriedigenden Resultate. Erst bei Verwendung der Bariumsalze und bei Destillation im Vakuum wurde die Ausbeute derart verbessert, daß die zur Charakterisierung des neuen Individuums nötige Menge erhalten wurde.

Zwar haben in den letzten Jahren K. Auwers und G. Keil³⁾ Versuche angestellt, um den für ihre Zwecke nötigen Aldehyd — nach der von Erlenmeyer und Lipp⁴⁾ zur Darstellung des Phenyl-

¹⁾ S. Cannizzaro, Ann. 119, 254.

²⁾ B. Radziszewski, Ber. d. d. chem. Ges. 9, 372.

³⁾ K. Auwers und G. Keil, Ber. d. d. chem. Ges. 36, 3904 und 3909.

⁴⁾ E. Erlenmeyer u. A. Lipp, Ann. 219, 180 und 185.

azetaldehyds benutzten Methode — zu erhalten, „jedoch entstanden von diesem Aldehyd nur stets geringe Mengen“, so daß sie auf jede nähere Charakteristik dieses Körpers verzichteten.

Als Ausgangsmaterial diente das aus der Fabrik Kahlbaum in Berlin bezogene p-Xylol, welches nach Radziszewski¹⁾ und Schramm²⁾ in das p-Xylylbromid und dieses durch Einwirkung alkoholischer Cyankaliumlösung in p-Xylylcyanid³⁾ übergeführt wurde.

Das Nitril wurde nach zwei Methoden verseift. Die erste, welche der von Staedel⁴⁾ für Phenylelessigsäure gebrauchten und auf Einwirkung verdünnter Schwefelsäure beruhenden analog ist, erwies sich als weniger praktisch als die von Ruhemann⁵⁾ empfohlene, nach der das Nitril mit einem konzentrierten, alkoholischen Kali drei Stunden lang erwärmt wird. Nach dem Verjagen des Alkohols löst man das Reaktionsprodukt in Wasser und fällt mittels Salzsäure die p-Tolylessigsäure aus. Dabei erwies sich dreistündiges Verseifen als nicht hinreichend und ungefähr fünfständiges Erwärmen mit Kalilauge als notwendig. Das erhaltene Rohprodukt wurde durch Destillation gereinigt und in das Bariumsalz übergeführt. Das getrocknete Salz wurde mit einem Überschuß von ameisen-saurem Barium (das Doppelte der theoretisch berechneten Menge) innig vermischt und portionsweise (30—40 g) unter vermindertem Druck (17—50 mm) destilliert. Das Destillat stellt eine schwere, orange-gelbe Flüssigkeit mit grüner Fluoreszenz dar. Unter den Reinigungsmethoden des Rohproduktes erwies sich die Destillation mit Wasserdämpfen als die zweckmäßigste. In der Vorlage, welche zur Verhinderung der Oxydation von einem schwachen Kohlen-säurestrom durchströmt war, sammelten sich schwere, fast farblose Tropfen von einem den Aldehyden eigentümlichen Geruche und eine Wasseremulsion des obigen Aldehyds. Die Anwesenheit des Aldehyds wurde mit Tollens'schem⁶⁾ Reagens konstatiert. In dem Destillationskolben blieb eine orange-braune, zähe Flüssigkeit zurück, welche sogar in einer Kältemischung nicht erstarrte. Das Produkt der Destillation mit Wasserdämpfen, das beim Stehen an ei-

¹⁾ B. Radziszewski, Ber. d. d. chem. G s. **15**, 1747.

²⁾ J. Schramm, Ber. d. d. chem. Ges. **18**, 1276.

³⁾ M. Senkowski, Monatsh. f. Chem. **9**, 854.

⁴⁾ W. Staedel, Ber. d. d. chem. Ges. **19**, 1949.

⁵⁾ A. Ruhemann, Ber. d. d. chem. Ges. **24**, 3965.

⁶⁾ B. Tollens, Ber. d. d. chem. Ges. **14**, 1950; **15**, 1635.

nem kalten Orte in weiße, zentrisch gruppierte Nadeln erstarrte, wurde zwecks Reinigung in Äther gelöst, mit entwässertem Glaubersalz getrocknet und nachher unter vermindertem Druck destilliert, wobei im Destillationsgefäße eine orange gefärbte Flüssigkeit zurückblieb. Die Menge derselben war bedeutend größer bei der Destillation unter gewöhnlichem Druck oder bei längerer Destillation, was die Vermutung nahe legte, daß die zähe Flüssigkeit aus den Polymerisationsprodukten des Aldehyds bestand.

Der auf diese Weise gereinigte Aldehyd stellt einen weißen, schwer kristallisierbaren Körper dar, der eine Neigung zu starken Überkältungen besitzt und sogar keinen scharfen Schmelzpunkt aufweist. Schon beim Feststampfen in Kapillarröhrchen wird die Substanz ein wenig durchsichtig; bei langsamem Erwärmen beginnt sich etwas über 40° C ein Meniskus zu bilden und die Substanz schmilzt unscharf in den Grenzen von einigen Graden.

Was den Siedepunkt unter gewöhnlichem Drucke anbelangt, muß hervorgehoben werden, daß bei der Destillation größerer Quantitäten ein Teil des Aldehyds unangegriffen bei 221—222° C übergeht. Nachher wird die Flüssigkeit gelblich und der Siedepunkt steigt immer höher.

Unter vermindertem Druck läßt sich der Siedepunkt ganz genau bestimmen und beträgt bei 17 mm Druck 109° C.

Der p-Tolylazetaldehyd ist sehr leicht in Äther, mäßig in Chloroform und Alkohol, ziemlich schwer in Benzol und Ligroin löslich und in Wasser fast unlöslich.

Beim Stehen an der Luft oxydiert er ziemlich langsam zu p-Tolylessigsäure.

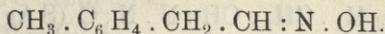
Er besitzt einen charakteristischen, mit der Verdünnung veränderlichen Geruch. Geschmolzen und erwärmt besitzt er einen scharfen Aldehydgeruch, in bedeutender Verdünnung hingegen einen angenehmen, an Flieder erinnernden Geruch.

Mit Natriumbisulfid gibt er das in Wasser ziemlich schwerlösliche Salz der entsprechenden Oxysulfosäure.

I. 0.1796 g Subst.: 0.5288 g CO₂, 0.1191 g H₂O.
 II. 0.2365 g Subst.: 0.6950 g CO₂, 0.1578 g H₂O.

C₉H₁₀O Ber. C 80.60%, H 7.52%, O 11.88%.
 Gef. { I. „ 80.33%, „ 7.46%, „ 12.12%.
 II. „ 80.21%, „ 7.61%, „ 12.18%.

p-Tolylazetaldoxim.



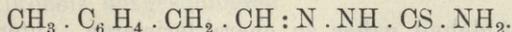
Der p-Tolylazetaldehyd wurde nach der bekannten Methode¹⁾ im Kohlensäurestrom²⁾ oximiert und das Rohprodukt aus Äther umkristallisiert. Es bildet schöne, farblose, flache Prismen, die bei 126—126·5° C schmelzen.

Es ist leicht in Äther, Chloroform, mäßig in Benzol und Ligroin löslich und in Wasser fast unlöslich.

0·1637 g Subst.: 14·39 cm³ N₂; *t* = 18° C; *b* = 738 mm.

C ₉ H ₁₁ NO	Ber. N 9·42%.
Gef. „	9·69%.

Thiosemikarbazon des p-Tolylazetaldehyds.



Das zur Darstellung des Thiosemikarbazons nötige Thiosemikarbazid wurde nach der gewöhnlichen Methode von Freund und Schander³⁾ aus saurem Hydrazinsulfat und Kaliumsulfocyanat erhalten.

1 Mol. Aldehyd in Alkohol gelöst wurde mit konzentrierter, ziemlich warmer, wässriger Lösung von 1 Mol. Thiosemikarbazid versetzt. Nach 28-stündigem Stehen in Zimmertemperatur wurde der Alkohol verjagt und es schied sich ein ziemlich gelb gefärbtes Rohprodukt ab. Die gelbe Farbe verschwindet beim Waschen des Rohproduktes mit Äther, in welchem der Karbazon schwer löslich ist. Nachher wurde es aus einem 50% Alkohol umkristallisiert; es bildet kleine, rhombische Schuppen, die in Chloroform, Azeton und heißem Alkohol leicht, dagegen in kaltem Alkohol, in Äther und Benzol schwerer löslich sind, fast unlöslich dagegen in Wasser.

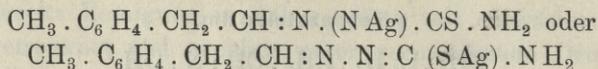
Das Thiosemikarbazon wurde nicht analysiert, sondern direkt in das:

¹⁾ H. Meye, Anal. u. Konst. org. Verb. 422.

²⁾ J. Petraczek, Ber. d. d. chem. Ges. 15, 2783.

³⁾ Freund und Schander, Ber. d. d. chem. Ges., 29, 2500; Schander, Dissert. Berlin 1896, S. 17; ferner H. Meye, Anal. u. Konst. org. Verb., 433; L. Marchlewski, Teorye i met. bad. wsp. chem., org. 45.

Silbersalz des Thiosemikarbazons des p-Tolylazetaldehyds



übergeführt.

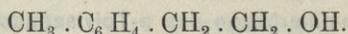
Dieses wird aus der alkoholisch-wässrigen Lösung des Thiosemikarbazons mit Silbernitrat gefällt. Es stellt einen weißen, käsigem Körper dar, der nach dem Abfiltrieren mit absolutem Alkohol und Äther gewaschen und im Vakuumexsikkator unter Vermeidung des Lichtes getrocknet wurde.

0.1166 g Subst.: 0.0388 g Ag.

$\text{C}_{10} \text{H}_{12} \text{N}_3 \text{S Ag}$ Ber. Ag 34.34%.

Gef. „ 34.13%.

p-Tolyläthylalkohol.



Um den Aldehyd näher zu charakterisieren, unterwarf ich ihn der Reduktion in der Voraussetzung, den entsprechenden primären — im vorigen Jahre zum erstenmal von K. Ciesielski¹⁾ beschriebenen — Alkohol zu erhalten. Die Reduktion wurde auf elektrolytischem Wege unter Benützung der Schwefelsäure als Elektrolyt, Alkohol als Lösungsmittel und Aldehyd als Depolarisator durchgeführt.

Um größere Mengen des Alkohols zu erhalten, unterwarf ich statt des schwer zugänglichen Aldehyds die leicht zu beschaffende p-Tolylessigsäure der elektrolytischen Reduktion nach der Methode von C. Mettler²⁾.

Im Kathodengefäße befand sich eine Lösung von 30 g Schwefelsäure, 70 g Alkohol und 25 g p-Tolylessigsäure; in dem Anodengefäße 30% wässrige Schwefelsäure.

Die Ausbeute der Reaktion war in hohem Grade durch sorgfältige Präparierung der Kathodenoberfläche wesentlich beeinflusst. Diese war aus Bleiblech von 90 cm² Oberfläche, die — um die aktive Oberfläche zu vergrößern — mittels Messer geritzt war, angefertigt. Sodann wurde die Kathode mit einer Schichte von Blei-

¹⁾ K. Ciesielski, Bull. int. de l'Acad. d. sc. d. Cracovie, 1906, 274.

²⁾ C. Mettler, Ber. d. d. chem. Ges., 38, 1745—1753 und 2810; ferner Zeitschrift f. Elektrochem., 12, 886.

schwamm bedeckt, indem man sie in verdünnter Schwefelsäurelösung abwechselnd der Oxydation und Reduktion unterwarf.

Stromdichte: 2·6 Amp/qdm,

Temperatur: 20—40° C,

Strommenge: 60 Amp.-Stunden.

Das Reaktionsprodukt wurde mit Wasser verdünnt, mit Äther ausgeschüttelt, mit entwässertem Glaubersalz getrocknet und nachher destilliert.

Der Siedepunkt erwies sich als bedeutend höher als der von Ciesielski (220—221° C) angegebene. Er betrug 244—245° C. In Anbetracht eines so großen Unterschiedes der Siedepunkte muß man annehmen, daß Ciesielski mit einem Gemisch von primärem und sekundärem Alkohol nach der Methode der Einwirkung der salpetrigen Säure auf primäre Amine, welche bei hochmolekularen Aminen gleichzeitig die primären und sekundären Alkohole liefert, arbeitete. Bei der obigen Methode dagegen ist die Bildung des sekundären Alkohols ausgeschlossen.

Weitere Untersuchungen über analoge o- und m-Aldehyde sollen den Gegenstand einer späteren Arbeit bilden.

Lemberg. Aus dem chem. Universitätslaboratorium des Herrn Prof. Radziszewski.

26. M. M. SIEDLECKI m. c. **O budowie i rozwoju *Caryotropha mesnili*.** (*Über die Struktur und die Lebensgeschichte von *Caryotropha mesnili**). (*Étude de la structure et du cycle évolutif de *Caryotropha Mesnili**). Mémoire présenté à la séance du 6. Mai 1907.

(Planche XIII—XV).

In einer kurzen vorläufigen Mitteilung, die wir im Jahre 1902 in diesem Bulletin publiziert haben, wurden nur die wichtigsten Momente aus der Entwicklung von *Caryotropha mesnili*, einer neuen, von uns gefundenen Coccidie, angegeben. In der vorliegenden Abhandlung beabsichtigen wir, den Zeugungskreis dieses interessanten Tieres näher zu besprechen und bei dieser Gelegenheit die Aufmerksamkeit auf einige cytologisch und biologisch wichtige Einzelheiten zu lenken; wir wollen auch bei dieser Gelegenheit einige frühere Anschauungen ergänzen oder modifizieren.

Gegenstand und Methode der Untersuchung.

Caryotropha mesnilii lebt im Innern der frei in der Leibeshöhle von *Polymnia nebulosa* Mont. schwebenden und zu Bündeln geordneten Spermatogonien und Spermatocyten. Wir haben Polymnien aus dem Golf von Neapel, von Triest und von Wimereux am Kanale La Manche untersucht. Eine stärkere Infektion haben wir jedoch nur bei den aus Neapel stammenden Tieren gefunden; in dieser Gegend scheint *Caryotropha* sehr häufig vorzukommen, denn dort ist durchschnittlich jedes dritte Wirtstier infiziert. In anderen *Terebelliden* haben wir niemals unser Coccidium gefunden; es wird auch von de St. Joseph nicht angegeben. Es ist wohl möglich, daß *Caryotropha* ein charakteristisches Merkmal der Fauna des Golfs von Neapel darstellt.

Man findet *Caryotropha* nur und ausschließlich in diesen *Polymnien*, in denen die Leibeshöhle mit männlichen Geschlechtszellen erfüllt ist. Trotz eifrigen Suchens haben wir niemals dieses Coccidium bei Exemplaren gefunden, bei denen die Leibeshöhle nur die weiblichen Geschlechtsprodukte enthielt; der Zeugungskreis belehrte uns zugleich, daß *Caryotropha* nur in den Spermatogonien sich entwickeln kann. Da jedoch die geschlechtsreifen Tiere in vier Monaten des Jahres, nämlich vom Januar bis April (nach Lo Biancos Angaben) am häufigsten sind, so erscheint diese Zeit auch zum Studium der Parasiten am günstigsten.

Das Herausholen der Parasiten aus der Leibeshöhle der Wirtstiere gestaltet sich sehr einfach; es genügt mit einer scharfen Schere einen Schlitz in der Wand des Körpers zu machen, und man bekommt, wenn dabei der Darm unverletzt geblieben ist, die Coccidien ganz rein in ihrem natürlichen Medium, d. i. in von Blut umspülten Spermatogonienbündeln. Auf diese Weise gewinnt man lebende Untersuchungsobjekte, und, wenn man sie auf Deckgläschen gleichmäßig aufstreicht und sogleich fixiert, auch die schönsten Präparate ganzer Tiere. Diese beiden Untersuchungsmethoden lassen uns aber im Stich, wenn es sich um Untersuchung aller Einzelheiten der Struktur handelt; die *in toto* gemachten Präparate sind in den meisten Fällen zu dick und zu wenig durchsichtig; die lebenden Tiere dagegen scheinen sehr empfindlich zu sein und eignen sich deshalb gar nicht zu Kulturen in feuchten Kammern. Ein in seinem natürlichen Medium sich befindendes Coccidium ist immer von den manchmal beweglichen Geschlechtszellen des Wirtstieres um-

geben; dieser Umstand erschwert sehr die Beobachtung des lebenden Tieres und hat uns oft verhindert, einige auf den Präparaten gefundene Stadien auch auf lebensfrischem Materiale zu kontrollieren.

Die besten Resultate erhielten wir bei der Untersuchung der Schnittserien durch den fixierten und in Paraffin eingebetteten Inhalt der Leibeshöhle der Wirtstiere. Zu diesem Zwecke wurden die Würmer vorsichtig der Länge nach aufgeschnitten und die in Tropfen austretende Flüssigkeit sogleich in ein Röhrchen mit Fixierflüssigkeit aufgefangen, wo sie sofort gerann und sich in Form eines flockigen Niederschlages am Boden des Gefäßes absetzte. Nach einiger Zeit, je nach den Eigenschaften der Fixierflüssigkeit wurde diese vorsichtig abgegossen und der ausgezeichnet fixierte Niederschlag weiter behandelt. Das Waschen, das Durchführen durch Alkohole von sehr langsam steigender Konzentration bis zum absoluten geschah immer durch Dekantieren oder Zentrifugieren des Niederschlages. Aus dem absoluten Alkohol wurden die Objekte entweder durch Chloroform und Benzol direkt in leicht schmelzbares Paraffin übertragen und nach zwei- bis dreimaligem Wechseln desselben durch Eintauchen des Röhrchens in kaltem Wasser darin eingebettet; oder es wurde zuerst die ganze Masse der Parasiten samt den Geschlechtszellen mit Zelloidin durchtränkt und erst dann in Paraffin eingebettet.

Als Fixierflüssigkeiten dienten vor allem das Flemmingsche und Hermannsche Gemisch, dann Sublimat in Seewasser konzentriert mit oder ohne Essigsäurezusatz. Die Sublimatpräparate wurden am häufigsten mit Hämalaun nach Mayer und nachträglich mit Eosin-Orange gefärbt; nach den Chromsäuregemischen bewährten sich am besten Safranin und in der letzten Zeit auch Azur-Eosin nach Gemsa. Auch Eisenhämatoxylin nach Heidenhain gab in vielen Fällen sehr gute Resultate. Aus allen Präparaten wurden immer lückenlose Schnittserien von 5—10 μ Schnittdicke angefertigt.

Kurze Darstellung des Zeugungskreises von *Caryotropha mesnili*.

(Siehe das Schema im Text).

Den Ausgangspunkt des Zeugungskreises bildet ein Sporozoit, (1) der ein längliches, ovoides Gebilde darstellt. Derselbe dringt in eine Zelle aus dem Spermatogonienbündel des Wirtstieres hinein

(2), beginnt sogleich zu wachsen (3) und verursacht eine starke Hypertrophie der Wirtszelle. Durch das Wachstum, welches jetzt schnell vor sich geht, kann das Coccidium eine ansehnliche Größe erreichen (4) und, immer im Inneren der Wirtszelle verbleibend, kann es die ungeschlechtliche Vermehrung beginnen. Sein Kern zerfällt in eine Menge von Körnchen und Stäbchen, die zusammen eine Chromidialmasse bilden, dann zieht er sich in die Länge aus (5) und teilt sich durch einfache Durchschnürung. Wiederholte Teilungen führen zur Kernvermehrung: die neuentstandenen Kerne verteilen sich mehr oder weniger regelmäßig auf der Oberfläche des Parasiten (6) und bilden Ausgangspunkte zur Formation der sogenannten *Cytomeren*, d. i. einkerniger, völlig getrennter Zellen, die jedoch zum selbständigen Leben nicht befähigt sind (7). Auf der Oberfläche des Körpers dieser Cytomeren teilt sich ihr Kern mehreremale nacheinander (8); durch nachträgliche Differenzierung des Protoplasmas entstehen aus jedem Cytomere viele, kleine Sichelkeime (*Merozoiten*), die zu Bündeln angeordnet, an kleinen Restkörpern haften (9). Die reifen Merozoiten (10) haben das Vermögen, in gesunde Spermatogonien einzudringen (11) und wiederum eine sehr starke Hypertrophie derselben hervorzurufen. Durch schnelles Wachstum (12—13) und zugleich erfolgende Differenzierung sind die dadurch entstehenden Coccidien imstande, sich zu gleicher Form zu entwickeln, wie diejenigen Tiere, die aus den Sporozoiten sich entwickelt haben (4). Durch die geschilderten Vorgänge kann sich also der ungeschlechtliche Zyklus wiederholen (4—13). Aus den Merozoiten können aber auch geschlechtlich differenzierte Individuen entstehen, und zwar auf zweierlei Weise. Die zu weiblichen Zellen sich entwickelnden Merozoiten dringen in eine Wirtszelle ein (14), wachsen rasch zu großen Coccidien heran und häufen sehr viele Reservestoffe in der Form von plastischen Körnern und Fett an (15—16); endlich verlassen sie die hypertrophierte Zelle als fertig ausgebildete und mit einer Membran umgebene *Makrogameten* (♀ 17). Andere Merozoiten dringen ebenfalls in die Spermatogonien ein, werden durch Wachstum größer und bilden im Protoplasma recht spärliche Reservestoffe (18—19). Ihr Kern teilt sich einigemal nacheinander (20—21) und die neuentstandenen Kerne bilden den Ausgangspunkt zur Entstehung einer Anzahl von Mikrogametocyten (22). Auf der Oberfläche der letzteren entwickeln sich nach vorangegangener Kernteilung die *Mikrogameten* (23), welche die Wirtszelle ver-

lassen können und zu den Makrogameten wandern (24, 25). Die nach der Befruchtung (26) entstehende *Oocyste* zeichnet sich durch eine starke, von allen Seiten geschlossene Membran aus; ihr Kern teilt sich (27) mehrmals und durch nachfolgende Teilung des Pro-

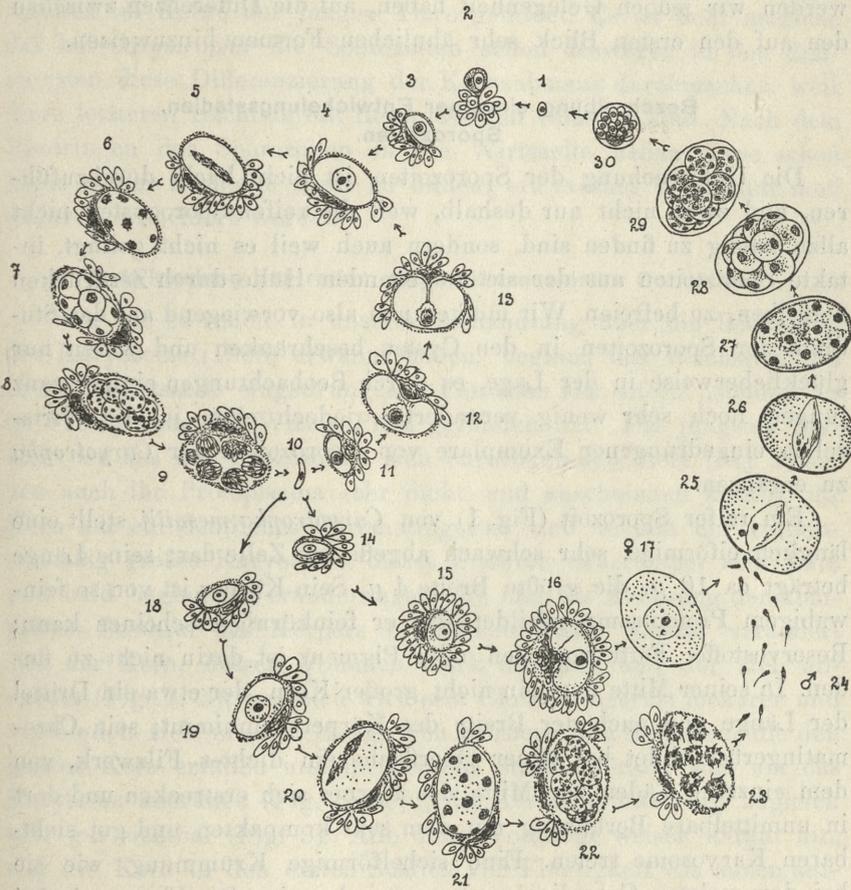


Fig. 1.

toplasmas bilden sich *Sporocysten* aus, die sich mit einer Membran umgeben und in denen die Kernteilungen weiter vor sich gehen (29). In jeder einzelnen Sporocyste (30) bilden sich einige *Sporozoit*en aus (gewöhnlich 12). Auf solche Weise schließt sich der ganze Zeugungskreis von *Caryotropha mesnili*.

In der vorläufigen Mitteilung vom Jahre 1902 haben wir die Geschlechtszellen aus den reifen aber noch nicht differenzierten In-

dividuen abgeleitet; nähere Untersuchungen haben uns jedoch belehrt, daß dieselben von Merozoiten abstammen. Ihre Entwicklung, sowie auch die Entstehung der Merozoiten verläuft in vielen Stadien auf eine ganz ähnliche Weise; in der weiteren Beschreibung werden wir jedoch Gelegenheit haben, auf die Differenzen zwischen den auf den ersten Blick sehr ähnlichen Formen hinzuweisen.

Beschreibung einzelner Entwicklungsstadien. Sporozoiten.

Die Untersuchung der Sporozoiten ist nicht leicht durchzuführen, und zwar nicht nur deshalb, weil die reifen Sporocysten nicht allzu häufig zu finden sind, sondern auch weil es nicht gelingt, intakte Sporozoiten aus der sie umgebenden Hülle durch Zerdrücken derselben, zu befreien. Wir mußten uns also vorwiegend auf das Studium der Sporozoiten in den Cysten beschränken und waren nur glücklicherweise in der Lage, es durch Beobachtungen einiger ganz junger, noch sehr wenig veränderter, jedoch eben in die Wirtszellen eingedrungener Exemplare von Sporozoiten der *Caryotropha* zu ergänzen.

Ein reifer Sporozoit (Fig. 1) von *Caryotropha mesnili* stellt eine länglich eiförmige, sehr schwach abgeflachte Zelle dar; seine Länge beträgt ca 10 μ , die größte Breite 4 μ . Sein Körper ist von so feinvabigem Protoplasma gebildet, daß er feinkörnig erscheinen kann; Reservestoffe, Fettkörperchen oder Pigment ist darin nicht zu finden. In seiner Mitte liegt ein nicht großer Kern, der etwa ein Drittel der Länge und auch der Breite des Körpers einnimmt; sein Chromatingerüst bildet bei seiner Oberfläche ein dichtes Filzwerk, von dem einzelne Fäden zur Mitte des Kernes sich erstrecken und dort in unmittelbare Berührung mit dem sehr kompakten und gut sichtbaren Karyosome treten. Eine sichelförmige Krümmung, wie sie bei den meisten Coccidien vorkommt, oder eine Bandform, wie bei *Adelea zonula* (nach Moroff), oder aber ein fadenförmig ausgezogener Körper, wie bei vielen Gregarinen (nach Léger), ist hier also nicht zu sehen. Wir können vermuten, daß auch die Bewegungen beim Eindringen des Sporozoiten in die Wirtszelle von denen abweichen müssen, wie sie bei anderen Tieren beschrieben worden sind; leider haben wir diesen Vorgang nicht direkt beobachtet.

Interessant ist das Vorkommen des ausgebildeten Karyosoms im Kerne der Sporozoiten der *Caryotropha*. In dieser Hinsicht ist Ca-

ryotropha den Gregarinen ähnlich, bei denen sich nach Léger und Duboscq oft das ganze Chromatin des Sporozoiten-Kernes im Karyosom befindet. Bei den Coccidien hingegen wird das Karyosom oft (Schaudinn u. a.) erst nach dem Eindringen des Sporozoiten im Kerne der jungen Tiere gebildet. Es ist wohl möglich, daß bei *Caryotropha* die Sporozoiten schon deswegen in den Sporocysten diese Differenzierung der Kernsubstanz durchmachen, weil diese letzteren reichlich mit Reservestoffen versehen sind. Nach dem Eindringen der Sporozoiten in die Wirtszelle haben diese schon keine neuen Kernteile mehr zu bilden; ein rasches Wachstum muß dadurch erleichtert werden.

Entwicklung der reifen, nicht differenzierten Coccidien.

Wie wir es schon in unserer Abhandlung über die Bedeutung des Karyosoms (1905) erwähnt haben, beginnt das Wachstum des in eine Wirtszelle eingedrungenen Parasiten fast sofort, nachdem er im Protoplasma des Wirtes Platz gefunden hat. Die jüngsten Stadien der aus den Sporozoiten sich entwickelnden Tiere (Fig. 2) haben auch ihr Protoplasma sehr dicht und anscheinend körnig, ihr Kern hat ein deutliches Chromatingerüst und umfaßt ein verhältnismäßig großes Karyosom; dieses Stadium dauert aber sehr kurz und bald beginnen Veränderungen, die man als Auflösung der kompakten Struktur des Körpers bezeichnen kann. Zuerst verändert sich der Kern, dessen Volumen stark zunimmt und der sich abrundet (Fig. 2, 3); zugleich wird sein Chromatingerüst lockerer und verwandelt sich in eine Menge von Körnern und Stäbchen, die den ganzen Kern erfüllen und meistens strahlenförmig sich um das Karyosom anordnen (Fig. 3, 4, 5); die Kernmembran wird zugleich sehr gut sichtbar (Fig. 5). Alle diese Vorgänge weisen darauf hin, daß der Kern in den ersten Stadien viel Flüssigkeit von außen aufnimmt.

Ganz analog verhält sich auch das Protoplasma; zwar bleibt es in der ersten Zeit (Fig. 2, 3) noch scheinbar körnig, bald aber erscheinen kleine, allmählich größer werdende Vakuolen darin, und die körnige Struktur wird typisch wabig. Auch dieser Vorgang kann nur durch Einführung größerer Quantitäten von Flüssigkeit erklärt werden. In dieser Hinsicht ist ein wachsendes Coccidium den Pflanzenzellen ähnlich, in denen die Phase der Streckung durch Wasseraufnahme geschieht. *Caryotropha* hat zwar keine feste

Membran, jedoch kann man sich sein Wachstum durch Wasseraufnahme ebenso vorstellen, wie es z. B. von Schapper für die Zellen der Froschlarven beschrieben wurde.

Die Flüssigkeit, die in eine wachsende *Caryotropha* eindringt, muß natürlicherweise viel Wasser enthalten und dieses kann von großer Bedeutung für den Stoffwechsel des jungen Tieres sein. Ein Sporozoit stellt, solange er in der Sporocyste eingeschlossen ist, ein Ruhestadium des Parasiten dar; als ein solches muß er sich durch recht langsamen Stoffwechsel auszeichnen; sein kompakter, dickflüssiger, wahrscheinlich wenig Wasser enthaltender Körper ist auch dazu gut geeignet. Reichliche Aufnahme von Wasser, welches als Lösungsmittel in allen Reaktionen unbedingt nötig ist, bildet den Anfang der neuen Phase des Lebens, den Beginn des regen Stoffwechsels, dessen morphologischer Ausdruck das nun eintretende, lebhaftes Wachstum ist.

Trotz dieses Wachstums bleibt der Parasit immer von seiner Wirtszelle umgeben und verursacht in derselben verschiedene Veränderungen, die wir weiter unten näher besprechen werden. Durch diese Veränderungen ist aber die Ernährung des Coccidiums gesichert, es wächst also immer stärker und erreicht schließlich ansehnliche Dimensionen. Es wird etwa 90 μ lang bei 50 μ Breite; sein Protoplasma ist wabig, und der Kern besteht aus einer dicken Membran, welche ein körniges Chromatin einschließt. Das Karyosom, das ebenfalls sich vergrößert hat, teilt sich gewöhnlich in einige kleinere, kugelförmige Körperchen, wahrscheinlich durch Knospung. Die kleinsten Teile des Karyosoms zerfallen weiter und verbinden sich mit dem Kernchromatin auf ähnliche Weise, wie es von Woodcock bei *Cystobia irregularis* Minch., von Berndt bei *Gregarina cuneata*, oder von Caullery und Mesnil bei *Selenidium*, beschrieben worden ist.

Gleichzeitig mit dem Wachstum und den Kernveränderungen kann man im Protoplasma die Bildung von Chromidialstäbchen und Körnern beobachten. Diese treten aus dem Kerne heraus, jedoch nach ihrer Bildung schließt sich die Kernmembran; sie erscheinen in Form von kurzen Fäden oder als Körner, die manchmal so klein sind, daß sie nur dem Protoplasma eine für das Chromatin charakteristische Färbbarkeit verleihen. Mittels Azur-Eosin ist es sehr leicht, diese Chromidien nachzuweisen und zu studieren; sie verbinden sich manchmal zu Gebilden, die lebhaft an die von Lé-

ger bei *Ophryocystis* beschriebenen Chromidien erinnern. Wir glauben, daß diese Chromidien bei *Caryotropha* mit den Wachstumsvorgängen, beziehungsweise mit dem Stoffwechsel im Zusammenhang stehen; man muß sie deswegen als *Chromidien sensu stricto* (Goldschmidt), oder *Trophochromidien* (Mesnil) bezeichnen.

Nachdem *Caryotropha* schon die oben angegebenen Dimensionen erreicht und alle Wachstumsvorgänge abgeschlossen hat, stellt sie ein reifes, nicht differenziertes Individuum dar (Fig. 6) Sie verharrt aber in diesem Stadium nicht lange; bald beginnt eine neue Periode ihres Lebens, die der ungeschlechtlichen Fortpflanzung.

Die Schizogonie von *Caryotropha mesnili*.

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung verläuft immer nur im Innern einer stark hypertrophierten Wirtszelle; trotz dieser Umhüllung ist es sehr leicht, am lebenden Objekte diese Tiere zu erkennen, die sich zur Schizogonie vorbereiten. Sie sind nämlich sehr durchsichtig und ihr Protoplasma ist von allen Körnchen frei. Auf gefärbten Präparaten sieht ihr Körper sehr klar aus, hat gar keine gefärbten Körner und keine Spur von irgendwelchen Reservestoffen. Das Trophochromidium verschwindet, weil es wahrscheinlich während des Wachstums vollkommen verbraucht worden ist.

In diesem hellen Protoplasma beginnen jetzt die Kernteilungen. Das Chromatingerüst, das früher (Fig. 6) schon ziemlich locker war, verwandelt sich jetzt durch weitere Zerkleinerung der Chromatinstäbchen in eine körnige Masse; die Kernmembran wird ebenfalls aufgelockert und beginnt zu verschwinden, indem ihr Chromatin sich ebenso wie das Kerngerüst in Körnchen auflöst. Das Karyosom zerfällt in einige kleinere Kügelchen, die jedoch in diesem Stadium sich nicht mehr mit dem übrigen Chromatin vereinigen. Der ganze Kern verschiebt sich langsam nach der Oberfläche des Coccidiums hin; sobald er diese erreicht, verschwindet seine Membran gänzlich und er stellt eine körnige, nicht scharf vom Protoplasma abgegrenzte Masse dar, die deswegen mit Recht als Chromidialmasse bezeichnet werden kann.

Jetzt beginnt die eigentliche Teilung (Fig. 7), die mittels einer einfachen Durchschnürung der ganzen Chromidialmasse zustande kommt. Dabei wandern die beiden Tochterkerne so auseinander, daß sie im Äquator des Coccidiums zu beiden Seiten seines Körpers unter seiner Oberfläche verbleiben. Obwohl der ganze Vorgang aufs

Einfachste verläuft, führt er dennoch zur Entstehung zweier ganz gleicher Kerne; sogar die kleinen Karyosome teilen sich so, daß jeder Tochterkern die gleiche Masse ihrer Substanz bekommt.

Die aus der ersten Teilung hervorgegangenen Kerne runden sich nicht ab, sondern beginnen sogleich neue Teilungen, welche im Prinzip denselben Verlauf haben wie die erste (Fig. 8). Nur die Karyosome, die zuerst ganz gut sichtbar waren, zerfallen immer mehr und werden schließlich von den Körnern und Stäbchen des Chromatins gänzlich verdeckt. Wahrscheinlich vereinigen sie sich mit dem Chromatingerüst und tragen so zu dessen Verstärkung bei (Fig. 8). Nach mehrmaliger Durchschnürung der Kernsubstanz entstehen auf der Oberfläche des Coccidium etwa 10—16 gleich große Kerne, die ein sehr dichtes, pilzartiges Chromatingerüst aufweisen (Fig. 9), vom Protoplasma nicht scharf abgegrenzt sind und in denen nur sehr selten ein Karyosom im Innern zu sehen ist. Sie behalten also ihre eigentümliche Chromidialstruktur.

Die Teilungen des Kernes von *Caryotropha* verlaufen ohne Bildung der Membran auf der Oberfläche des Parasiten und immer im Inneren der Wirtszelle; diese Merkmale reichen ganz aus, um solche Stadien von anderen, z. B. von der Bildung der Sporocysten zu unterscheiden.

Nachdem die Kerne schon ihre Teilungen beendet und sich auf der Oberfläche des Parasiten mehr oder weniger regelmäßig verteilt haben, beginnt die Teilung des Protoplasmas. Tiefe, auf der Oberfläche des Körpers entstehende Furchen schnüren das Tier in soviel Territorien ab, als es Kerne gegeben hat. Es entstehen (Fig. 10) etwa 10—16 kleinere, dicht aneinander gelagerte Zellen, die alle denselben Raum behalten, wie ihn früher ein ungeteiltes Coccidium einnahm. Ein Restkörper wird bei diesem Vorgange nicht gebildet.

Die neuentstandenen Zellen sind rundlich und haben gegen 28 μ Durchmesser; ihr Protoplasma ist sehr dicht und kleinwabig, jedoch ganz rein und ohne Körnchen. Der Kern liegt immer nahe an der nackten Oberfläche; manchmal ist auch ein karyosomähnliches Körperchen zu sehen. Wir haben in unserer vorläufigen Mitteilung diese Zellen als „Mononto- oder Schizontocyten“ bezeichnet, da sie als Mutterzellen jener Gebilde funktionieren, die für die *Monogonie* oder *Schizogonie* charakteristisch sind. Lühe hat aber in seinem Referate mit Recht hervorgehoben, daß diese Namen nicht gut und

nicht glücklich von uns gewählt wurden, da sie eine Verwirrung in den Begriff der Schizonten bringen könnten. Wir wollen also unsere frühere Nomenklatur aufgeben und von nun an die eben beschriebenen Gebilde mit einem indifferenten Namen als *Cytomeren* bezeichnen. In Wirklichkeit sind diese Zellen nur als Teilstücke des *Coccidium*s zu betrachten, da sie zum selbständigen Leben nicht befähigt sind.

Sobald die Cytomeren ihre Entwicklung beendet haben, beginnen ihre Kerne, sich von neuem zu teilen und zwar auf dieselbe Weise, wie wir es bei den ganzen Tieren gesehen haben (Fig. 10), das ist durch einfache Durchschnürung der körnigen Chromatinmasse, in der nur einige größere Stäbchen sichtbar sind. Manchmal (Fig. 11 bei *) verteilt sich das Chromatin ziemlich regelmäßig an beiden Enden des sich teilenden Kernes und bleibt nur durch eine lichtere Substanz verbunden. Solche Teilungen führen schließlich zur Entstehung von etwa 30 neuen Kernen auf der Oberfläche eines jeden Cytomeren (Fig. 11 u. Phot. 11 a). Das Protoplasma dieser Zellen zieht sich indessen ein wenig zusammen, wodurch der Zusammenhang der Cytomeren aufgelockert wird und diese kleiner werden. Eine Membran wird aber auf ihrer Oberfläche nicht gebildet.

Jetzt entstehen um jeden Kern protoplasmatische Territorien, die sich mit Furchen von den nebenliegenden abgrenzen. Es bilden sich warzenförmige Höcker auf den Cytomeren (Fig. 12); in jedem Höcker wird ein Kern eingeschlossen. Durch tiefes Einschneiden der Grenzfurchen wird jeder Cytomer in sichelförmige Körperchen, die echten Merozoiten, geteilt, die noch an einem kleinen Restkörper haften (Fig. 13) und zusammen ein Bündel darstellen.

Die Bündel der Merozoiten liegen in der Wirtszelle so, daß sie von einer Flüssigkeit umgeben sind, die wiederum in einem scharf abgegrenzten Raume eingeschlossen ist. Diese Flüssigkeit wird dadurch gebildet, daß bei der Entstehung der Merozoiten (Fig. 12) das Protoplasma sich stark verdichtet, und seine Waben sich zusammenziehen; das Protoplasma verliert dabei einen Teil der Flüssigkeit, welche nunmehr jene freien Räume um die Merozoiten erfüllt. An der Grenze der Räume lagern sich Körnchen von dem Protoplasma der Wirtszelle ab und auf diese Weise kommt es zur Bildung einer körnigen Grenzsicht (Fig. 12, 13), die zwischen und um die Merozoitenbündel sichtbar wird. Diese Schicht ist jedoch

auf den ersten Blick von der dicken Membran, die in anderen, viel späteren Stadien auf dem Coccidium entsteht, leicht zu unterscheiden.

Die reifen Merozoiten (Fig. 14) sind längliche, gekrümmte Zellen von zirka 10—12 μ Länge und gegen 3 μ Breite; ihr Körper ist auf dem Querschnitte leicht oval; ein Ende ist zugespitzt, das andere dick und abgerundet.

Das Protoplasma der Merozoiten ist dickflüssig und stark lichtbrechend; nur an dem dickeren Ende ist eine Wabenstruktur zu unterscheiden; auf der zugespitzten Körperseite liegt gewöhnlich eine klare und kleine Vakuole. Der Kern ist in diesen Zellen sehr stark färbbar; sein Chromatingerüst so dicht, daß man darin keine Details wahrnehmen kann; natürlich ist also auch das Karyosom nicht zu sehen.

Die Beobachtung der lebenden Merozoiten von *Caryotropha* in ihrem natürlichen Medium unter den zahlreichen Geschlechtszellen des Wirtstieres ist sehr schwer; wir konnten nur soviel beobachten, daß diese Sichelkeime beweglich sind und ihre Bewegungen ebenso zu verlaufen scheinen, wie es schon von vielen Forschern bei anderen Coccidien beschrieben worden ist (z. B. Schaudinn, Siedlecki, Moroff etc.). Als bewegliche Keime vermögen die Merozoiten in neue Zellen einzudringen und auf solche Weise die Autoinfektion des Tieres zu verursachen.

Die Bildung der Merozoiten ist bei fast allen Coccidien und sogar bei einigen Gregarinen (Mesnil und Caullery, Léger, Dogiel) gut bekannt. In allen beschriebenen Fällen handelt es sich bei diesem Vorgange um Teilung des ganzen Körpers des Tieres in Sichelkeime, die gewöhnlich an einem einzigen Restkörper haften. Nur bei *Caryotropha* entsteht zuerst die Generation der Cytomeren, und erst aus diesen die Merozoiten. Oberflächlich betrachtet sind die Stadien der Cytomeren denen der Sporocysten ähnlich; es besteht jedoch zwischen beiden ein wesentlicher Unterschied, nämlich die sexuellen Vorgänge, welche der Bildung der Sporocysten vorausgehen müssen. Die Cytomeren können auch nicht als eine parthenogenetisch entstandene Generation aufgefaßt werden, denn bei ihrer Bildung fehlt jede Spur von solchen oder ähnlichen Kernvorgängen, welche bei der Parthenogenese anderer Protozoen (Schaudinn) beschrieben worden sind. Wir glauben, daß

die Cytomeren nur die Bedeutung haben, daß durch ihre Entstehung die Oberfläche des Coccidiums stark vergrößert wird. Aus der Fig. 13 ist ersichtlich, daß bei der Bildung von Merozoiten sehr wenig Protoplasma zur Formation der Restkörper verbraucht wird und daß fast der ganze Körper des Tieres in Sichelkeime verwandelt wird; es bilden sich gegen 300 Keime aus einem Coccidium. Die Oberfläche des ungeteilten Parasiten wäre viel zu klein, um für eine solche Menge von neuen Zellen den Ausgangspunkt zu bilden. Es ist also eine rein mechanische Bedeutung, die den Cytomeren zukommt; es ist wohl möglich, daß eben deshalb diese Zellen nicht zum selbständigen Leben befähigt sind.

Die Kernteilung, die die Bildung der Merozoiten einleitet, besteht, wie wir gesehen haben, in einer einfachen Durchschnürung des in kleine Stäbchen und Körner aufgelösten Chromatingerüstes. Da der Kern dabei nicht scharf vom Plasma abgegrenzt ist, so soll er mit Recht (nach Mesnil) als eine Chromidialmasse bezeichnet werden. Es wäre aber zu entscheiden, ob dieser Kern als ein *Chromidium sensu stricto* (Goldschmidt), das von Mesnil als *Trophochromidium* bezeichnet wurde, oder aber als *Idiochromidium* (Mesnil, *Sporetium*-Goldschmidt) bezeichnet werden soll? Das eigentliche *Trophochromidium* entsteht wirklich während des Wachstums von *Caryotropha* in Form von Körnern und Stäbchen zwischen den Alveolen des Protoplasmas; es verschwindet aber vor der ersten Kernteilung, wie wir es schon betont haben. Die Kernteilungen führen zwar zur Bildung neuer Zellen, diese müssen sich aber nicht immer in geschlechtlich differenzierte Individuen verwandeln. Also weder als ein echtes *Trophochromidium* noch als ein *Idiochromidium* kann der Kern von *Caryotropha* bezeichnet werden. Er erinnert jedoch während der Teilungsvorgänge lebhaft an jene Kerne, die von Caullery und Mesnil bei *Föttingeria*, von Gonder bei *Opalinopsis* und *Chromidina* beschrieben und von Mesnil als „amöboide Kerne“ bezeichnet worden sind. Die Art der Kernteilung selbst hat manchmal sehr viel Ähnlichkeit mit der amöboiden Bewegung.

Wir haben schon oben betont, daß *Caryotropha* das einzig bekannte Coccidium ist, bei dem die Merozoitenbildung in zwei Etap-

pen verläuft. Es ist aber nicht unmöglich, daß ein ebensolcher Vorgang sich auch bei jenem Coccidium findet, das im Jahre 1902 unter dem Namen *Klossiella muris* von Smith und Johnston beschrieben worden ist. Die beiden Autoren beschreiben bei *Klossiella* nur die sog.: *Sporogonie*; jedoch die Abbildungen, die diese Stadien darstellen sollen, erinnern lebhaft an die Bildung der Merozoiten bei *Caryotropha*. Wir sind mit Lühe der Ansicht, daß die *Sporocysten* und *Sporozoiten* bei *Klossiella* in Wirklichkeit als einen Cytomeren und Merozoiten analoge Bildungen zu betrachten sind.

Das Wachstum der Merozoiten.

Wir haben schon gesehen, daß die Merozoiten in neue Wirtszellen eindringen können; in einem Bündel von Spermatogonien der *Polymnia* kann sich aber nur ein Merozoit ansiedeln. Dort angelangt, verursacht er in der Wirtszelle Veränderungen, auf die wir weiter unten näher kommen werden. Auf den ersten Blick kann man aber leicht einen wachsenden Merozoiten von einem wachsenden Sporozoiten unterscheiden (Fig. 2. 3. 4 und 15, 16). Wir haben in unserer Abhandlung über die Bedeutung des Karyosoms ausführlich das Wachstum der *Caryotropha* geschildert; die Mitteilungen in jener Abhandlung beziehen sich fast ausschließlich auf das Wachstum des Merozoiten, wir wollen sie daher jetzt nur kurz wiederholen und ergänzen.

In einem eben in die Wirtszelle eingedrungenen Merozoiten (Fig. 15) ist noch seine ursprüngliche Form, sein dichter Vorderteil und sein alveoläres Protoplasma am Hinterende sichtbar. Die ersten Veränderungen beginnen mit Auflockerung des Kernes, der sich stark vergrößert, so daß er manchmal die ganze Breite des Coccidiums einnimmt (Fig. 15). Sein Chromatingerüst erscheint in Form von Fäden und Stäbchen, die durch Zusammenflechten eine dichte Kernmembran bilden. Das Karyosom erscheint anfangs als ein kompaktes Körperchen, dann bilden sich aber in seinem Innern zwei deutlich abgegrenzte Schichten. Alle diese Veränderungen beweisen klar, daß das Wachstum sehr schnell vor sich geht. Der wachsende Parasit reizt die Wirtszelle sehr stark; diese führt ihm reichlich Nährstoffe zu (siehe unten) und beschleunigt seine Entwicklung und sein Wachstum. Da aber die beiden Körperenden des Parasiten am schnellsten wachsen, nimmt er eine nierenförmige Gestalt an (Fig. 16). Im Protoplasma vergrößern sich die Alveolen sehr beträchtlich

und weisen eine radiäre Anordnung auf, deren Mitte der Kern bildet (Fig. 16, 18). Die sich immer vergrößernden Körperenden biegen sich nach jener Seite um, wo sich der Kern der Wirtszelle befindet (Fig. 17) und umschließen ihn von beiden Seiten. Schließlich wird die Krümmung des Körpers so stark, daß zwischen seinen beiden Enden nur eine spaltförmige Lücke bleibt, über welcher der stark hypertrophierte Kern der Wirtszelle zu liegen kommt (Fig. 18, Photogr. 18 a, 18 b).

Der Kern des Parasiten hat sich aber unterdessen stark verändert. Wie wir schon (1905) beschrieben haben, wird das Kerngerüst aufgelockert; die dickeren Chromatinbrocken lösen sich in Fäden und Stäbchen auf, und die Kernmembran wird auch zur Bildung kleiner Körnchen und Fädchen verbraucht. Auf diese Weise verliert der Kern seine scharfen Umrisse und ein großer Teil seines Chromatins geht in das Protoplasma über. Es wird also ein *Trophochromidium*, ebenso wie bei dem Wachstum des Sporozoiten, nur viel stärker gebildet. Es strahlen vom Kerne (Fig. 18, Photogr. 18 a, b) protoplasmatische Stränge aus, in denen Chromatin (mittels Azur-Eosin) leicht nachzuweisen ist.

Das Karyosom, das ursprünglich ganz einheitlich war, zerfällt in zwei deutliche Schichten, eine oberflächliche und eine Markschichte (Fig. 16 und die Figuren aus unserer Abhandlung von 1905). Die Rindenschichte zerfällt in Stäbchen und Fäden, vereinigt sich mit dem Kerngerüste und ergänzt auf diese Weise jenes Chromatin, das in das Protoplasma ausgewandert ist. Der innere Teil des Karyosoms verdichtet sich und bildet dadurch ein vollständig neues Karyosom (Fig. 18). Alle diese Prozesse spielen sich zu jener Zeit ab, als der Kern sich dicht an der Oberfläche des Tieres befindet und jene Stelle berührt, über welcher sich der hypertrophierte Kern der Wirtszelle befindet. Sobald aber ein neues Karyosom gebildet wird, beginnt eine vollständige Rekonstruktion des Kernes. Dieser wandert nach der Mitte des Körpers; sein Chromatingerüst wird neu aufgebaut und von einer Membran umgeben; endlich nimmt er dieselbe Gestalt an wie der Kern eines reifen, nicht differenzierten Individuums an (Fig. 6). Durch Streckung der eingebogenen Körperwand wird das Coccidium zu einer ovoiden Zelle.

Schon früher (1905) haben wir nachgewiesen, daß alle Kernveränderungen im wachsenden Coccidium dafür sprechen, daß das

Karyosom bei *Caryotropha* ein den vegetativen Lebenserscheinungen dienender Kernteil und zugleich ein Chromatinreservestoff ist; wir wollen also jetzt nicht mehr darauf eingehen.

Ein aus dem Merozoiten entwickeltes Coccidium ist von einem aus dem Sporozoiten entwickelten nicht zu unterscheiden. Es kann wiederum die Bildung der Merozoiten anfangen, die zu einer neuen Generation führen muß. Es fragt sich aber, ob dieser ungeschlechtliche Entwicklungszyklus sich mehrmals wiederholen kann oder nicht? Da wir niemals eine sehr starke Infektion des Wirtstieres beobachtet haben, glauben wir, daß die Zahl der Merozoiten sich niemals sehr stark vergrößert; daraus aber kann man schließen, daß die ungeschlechtliche Vermehrung des Parasiten sich nicht vielmals wiederholen muß.

Die geschlechtliche Vermehrung.

1. Die Bildung der Makrogameten.

Wir haben in der vorläufigen Mitteilung angedeutet, daß die Differenzierung der geschlechtlichen Individuen durch eine Umwandlung der reifen, undifferenzierten Individuen geschieht. Auf Grund neuerer Untersuchungen konnten wir aber feststellen, daß es die Merozoiten sind, die den Ausgangspunkt zur Bildung der beiden Geschlechter bei *Caryotropha* darstellen. Wir konnten zwar keine weiblichen und keine männlichen Merozoiten unterscheiden, aber sobald dieselben sich in den Wirtszellen zu entwickeln beginnen, treten schon die Differenzen der beiden Geschlechter an ihnen deutlich hervor. Die Anhäufung, Verteilung und Verbreitung von Fetttröpfchen und chromatoiden Granula bildet die sichersten, unterscheidenden Merkmale; Fixierung mit Osmiumsäuregemischen und Färbung mit Azur-Eosin sind also die geeignetsten Methoden zu ihrer Untersuchung.

Der geschlechtliche Dimorphismus wurde schon mehrmals bei *Coccidien* beschrieben; aus den ausführlicheren Schilderungen ist aber zu entnehmen, daß diese Erscheinung in verschiedenen Phasen des Lebens der betreffenden Tiere auftreten kann. So z. B. bei *Adelea zonula* (Moroff), *Eimeria schubergii* (Schaudinn) und *Caryotropha*, entwickeln sich die Geschlechtstiere aus den Merozoiten unmittelbar vor dem Geschlechtsakte; bei *Adelea ovata* (Siedlecki) und *Cyclospora caryolytica* (Schaudinn) werden die

Sporozoiten schon in ganz verschiedene Tiere verwandelt, die sich durch Teilung vermehren können und sich erst nach Bildung einer oder mehrerer Generationen zu Geschlechtszellen entwickeln. Es können sich also die sekundären Geschlechtscharaktere entweder zugleich mit der geschlechtlichen Reife oder viel früher, je nach der Gattung der Coccidien, entwickeln; in dieser Hinsicht scheint bei den Protozoën dieselbe Mannigfaltigkeit zu herrschen wie bei den Metazoën.

Die Entwicklung der Makrogameten könnte man als ein Wachstum des Merozoiten, jedoch mit gleichzeitiger Anhäufung der Reservestoffe bezeichnen.

Sobald ein Merozoit in einer neuinfizierten Spermatogonie die Wabenstruktur des Protoplasmas erreicht und ein deutliches Karyosom im Kerne aufweist, beginnt seine Form sich merklich zu verändern. Sein Kern vergrößert sich nie so stark wie in den Merozoiten, die zur Bildung der reifen, aber nicht differenzierten Individuen führen (Fig. 15, 16); im Gegenteil er bleibt kleiner (Fig. 19), hat ein ziemlich kompaktes Karyosom und eine deutliche Membran. Das Chromatingerüst wird aber sehr aufgelockert und zerfällt in so kleine Partikeln, daß diese nur auf gut gelungenen Präparaten nachzuweisen sind. Die Oberfläche des ganzen ovoiden Körpers weist manchmal ganz kleine, unregelmäßig verlaufende Falten auf. Die Alveolen des Protoplasmas sind klein, zwischen ihnen kommt oft eine feinkörnige Substanz zum Vorschein; in dieser Substanz sieht man ein sehr deutliches Chromidium in Form von Stäbchen und Körnchen, die sich oft zu größeren Konkretionen vereinigen (Fig. 19).

Zu gleicher Zeit mit der Entwicklung von Chromidialstäbchen entsteht im Protoplasma ein sich sehr stark färbender Faden, der manchmal sehr rätselhaft aussieht (Fig. 20 und Photogr. 32 rechts). Er liegt gewöhnlich an der Seite des Kernes, verläuft schräg durch den Körper und berührt mit einem Ende die Oberfläche des Parasiten. Gekrümmt oder langgestreckt liegt der Faden immer zwischen den Alveolen, verursacht aber keine spezielle Anordnung derselben um sich. Auf dem Querschnitte und mit Safranin gefärbt sieht er wie ein sehr feines Röhrchen aus; mittels Azur-Eosin kann man aber seine feinkörnige Struktur nachweisen. Er entsteht

in Kerne aus einem anfangs spindelförmig aussehendem Chromatinkörper, der dann in das Protoplasma auswandert und sehr stark in die Länge wächst. Er ist also ein echter, den von Léger bei *Ophryocystis* beschriebenen ähnlicher Chromidialfaden. Es ist möglich, daß der spärliche Chromatingehalt des Kernes durch die Entstehung solcher Chromidialgebilde verursacht wird. Während des Wachstums des Coccidiums wird dieser Faden immer dünner und verschwindet schließlich in dem Protoplasma.

Gleichzeitig mit dem *Trophochromidium* entstehen im Protoplasma reichliche Reservestoffe zweierlei Art. Die einen gleichen, ihrer Lagerung und Färbbarkeit nach, den sogenannten „plastischen Granula“, die schon bei vielen Sporozoën beschrieben worden sind und eiweißartige Reservestoffe darstellen. Sie sind nicht sehr zahlreich und finden sich meistens an beiden Enden des verlängerten Körpers des Parasiten.

Die zweite Art der Körnchen ist in lebenden Tieren gelblich, stark lichtbrechend und liegt gewöhnlich zwischen den Alveolen des Protoplasmas. Sie werden durch Osmiumsäure sehr stark geschwärzt und lösen sich in Xylol und stärkerem Alkohol auf. Es sind also Fetttröpfchen, die jedoch nicht als Degenerationsprodukt bei *Caryotropha* erscheinen, sondern sich als Reservestoffe anhäufen. Die meisten Fetttröpfchen liegen an der Oberfläche des Körpers mit den sog. plastischen Körnchen vermengt (Fig. 20, 21, Phot. 31).

Außer den schwarzgefärbten Körnchen finden sich auch solche, die in Osmiumsäure nur braun tingiert werden und zugleich sich mit Safranin schwach rot färben. Ihre Bedeutung werden wir weiter unten näher besprechen.

Die Bildung von Fett als Reservestoff kommt bei den Sporozoën sehr selten vor. Bei *Caryotropha* entsteht Fett immer zuerst in dem Teile des Protoplasmas zwischen dem Kerne des Coccidiums und der Stelle der Oberfläche des Körpers, wo der hypertrophierte Kern der Wirtszelle liegt (Phot. 31). Wenn zwei Kerne der Wirtszelle auf dem Coccidium liegen, so entsteht aus jedem je eine Reihe von Fettkörnchen in der Richtung des Coccidienkernes (Phot. 32).

Das Wachstum des ganzen Körpers geht langsam, jedoch gleichzeitig mit der Anhäufung der Reservestoffe vor sich; *Caryotropha* bleibt immer oval und erreicht schließlich dieselbe Größe, wie reife, nicht differenzierte Individuen. Sobald aber dies geschehen ist und

sobald sich nur ein genügender Vorrat von Reservestoffen angehäuft hat, wird *Caryotropha* rundlicher und kürzer.

Jetzt bildet sich um den Körper herum eine Membran. Sie entsteht zuerst an jener Seite des Körpers, die von dem hypertrophierten Kerne der Wirtszelle nicht berührt wird; Sie breitet sich aber nach allen Seiten aus und umhüllt den ganzen Körper mit Ausnahme jener Stelle, wo der hypertrophierte Wirtskern liegt. An der Stelle wird das Mikropyle gebildet; dieses besteht also und bezeichnet jenen Körperteil, durch welchen früher das Material für die Reservestoffe in das Coccidium gelangte (Fig. 22).

Alle eben geschilderten Vorgänge tragen nicht nur zur Vergrößerung der *Caryotropha* bei; sie erschöpfen auch die Wirtszelle so, daß diese nur eine dünne Schichte auf der Oberfläche des Parasiten bildet. Endlich wird sie zerissen, *Caryotropha* gelangt in die Leibeshöhle von *Polymnia nebulosa* und liegt darin frei.

Nachdem das Coccidium schon die Wirtszelle verlassen und sich so zum Makrogameten entwickelt hat, beginnen sofort die Reifungsvorgänge. Der Kern, der früher in der Mitte des Körpers lag (Phot. 32), rückt der Oberfläche des Körpers näher und berührt diese, indem er sich dicht unter der Mikropyle streckt. In seinem Chromatingerüste bilden sich Fäden aus, die den Kern der Länge nach durchsetzen. Das Karyosom wird sehr dicht und scheint ein wenig kleiner zu sein als in den früheren Stadien. Sobald der Kern die Oberfläche berührt, wird das Karyosom in das Protoplasma ausgestoßen und zerfällt dort sehr rasch in einige kugelige Gebilde (Fig. 22). Das zerfallene Karyosom ist nicht lange im Protoplasma sichtbar, wahrscheinlich wird es zerkleinert und vollständig resorbiert. Im Kerne, der jetzt ohne Karyosom geblieben, aber sein Chromatingerüst deutlich erhalten hat, sind manchmal 2—3 rundliche Körnchen sichtbar, die wahrscheinlich nur als verdichtete Chromatinbrocken zu deuten sind.

Die ganze Entwicklung des Makrogameten besteht aus zweierlei Vorgängen: die erste Phase bilden: Wachstum, Anhäufung der Reservestoffe und Membranbildung, den zweiten Vorgang, der sich im freien Coccidium abspielt, die Rekonstruktion des Kernapparates. Wir haben schon früher (1905) den letztgenannten Vorgang näher besprochen und betont, daß die Ausstoßung des Karyosoms, die als morphologischer Ausdruck der Umbildung des

Kernes auftritt, als Befreiung des Kernes von vegetativen Teilen anzusehen ist. Wir wollen deshalb in diesem Prozesse keine Homologie mit den Reduktionsvorgängen erblicken, die bei den Eiern der Metazoën gefunden werden. Der ganze Vorgang bildet eine Vorbereitung des Makrogameten zum Geschlechtsakte.

Die geschlechtliche Vermehrung.

II. Die Bildung der Mikrogameten.

Den Ausgangspunkt zur Bildung der männlichen Geschlechtszellen bilden, ebenso wie für die weiblichen, die Merozoiten. Nach ihrem Eindringen in die Wirtszellen beginnen sie zu wachsen, ihr Kerngerüst wird aufgelöst und es bildet sich ein Trophochromidium in ihrem Protoplasma aus. Jedoch sind diese Veränderungen niemals so bedeutend, wie während der Entstehung der Makrogameten. Im Kerngerüste bleibt ziemlich viel Chromatin und das Karyosom teilt sich in einige kleinere Körperchen. Das Wachstum der Coccidie vollzieht sich ziemlich rasch; die Alveolen des Protoplasmas werden stark vergrößert und zwischen ihnen kommen „plastische Granula“ und Fettkörperchen, jedoch in geringer Zahl, zum Vorschein. Die Veränderungen der Wirtszelle, die durch einen solchen Parasiten verursacht werden, sind zwar bedeutend, aber doch nicht so groß wie während der Bildung von Makrogameten. Schließlich erreicht ein solcher Parasit die gleiche Größe und Gestalt wie ein reifes, indifferentes Individuum.

Es ist nicht schwer, ein in Mikrogameten sich verwandelndes Tier vom Makrogameten oder wachsendem indifferenten Merozoiten zu unterscheiden. Der letztgenannte zeichnet sich durch sein leichtes und reines Protoplasma aus. Im Makrogameten sind die Reservestoffe in großer Menge angehäuft und der Kern ist an Chromatin sehr arm; endlich hat eine wachsende, männliche *Caryotropha* nur wenig Vorratskörnchen und ihr Kern ist dem des indifferenten Individuums sehr ähnlich.

Sobald ein solches männliches Tier seine volle Größe erreicht hat, beginnt sein Kern, die scharfen Umrisse zu verlieren, sein Chromatingerüst löst sich in Körnchen und Stäbchen auf und die so entstandene Kernmasse beginnt sich zu teilen. Ebenso wie wir schon bei der Bildung von Cytomeren gesehen haben, dehnt sich der Kern in die Länge und schnürt sich in der Mitte durch. Durch mehrmaliges Wiederholen desselben Vorganges bilden sich

auf der Oberfläche des Coccidiums etwa 10—16 einfach gebaute Kerne. Tiefe Furchen zerschneiden den Körper des Tieres in so viele Abschnitte, als es Kerne gegeben hat. Es entstehen auf diese Weise Cytomeren, die sich jedoch von den Mutterzellen der Merozoiten deutlich unterscheiden. Diese Cytomeren werden zu eigentlichen Mutterzellen der männlichen Geschlechtszellen; sie können als Mikrogametocyten bezeichnet werden.

Das Protoplasma der Mikrogametocyten ist sehr dicht und enthält immer Reservekörnchen. An den mit Osmiumsäuregemischen fixierten und mit Azur-Eosin gefärbten Präparaten kann man sehr gut die „plastischen Granula“ und das Fett unterscheiden. Die Oberfläche dieser Zellen verdichtet sich so stark, daß die wabige Struktur sich dadurch verwischt (Fig. 23). In dieser oberflächlichen Schichte gehen Kernteilungen weiter vor sich (Fig. 23), bis endlich auf jedem Mikrogametocyten etwa 20—30 kleinere und sehr kompakte Kerne entstehen.

Die Struktur der neuen Kerne ist so dicht, daß nur in Ausnahmefällen ein karyosomähnliches Körperchen darin sichtbar wird; gewöhnlich sehen sie wie kleine, dichte, nebeneinander stehende Sternchen (24 a) aus. Um jeden solchen Kern bildet sich eine verdichtete Protoplasmaanhäufung, die sich von der Oberfläche als ein kleiner Hügel abhebt (Fig. 24 a, b). Die früher sternchenähnlichen Kerne verdichten sich sehr stark (Fig. 24 b, c) und nehmen zuerst eine flache und runde (Fig. 24 c), dann aber durch Krümmung eine pilzhutförmige Gestalt an (Fig. 24 c, d). Zugleich rückt der Kern ganz nahe an die Oberfläche des Protoplasmas.

In diesem Stadium erscheint plötzlich unter dem hutförmigen Kerne ein kleines, rundes Körperchen, das sich sehr stark mit Chromatinfarbstoffen färbt. Anfangs (Fig. 24 d) liegt dieses Körperchen in der nächsten Nähe des Kernes, dann entfernt es sich von ihm, kommt in das Protoplasma vorwärts (24 e) und schließlich in den wabigen Teil des Mikrogametocyten. Nach kurzer Zeit ist dieses Körnchen schon nicht mehr zu sehen, wahrscheinlich zerfällt es oder wird aufgelöst. Dieses kleine Körperchen stellt das Karyosom der männlichen Zelle dar und wird jetzt aus dieser ausgestoßen. Dieser Vorgang tritt in allen Kernen eines Cytomeren fast gleichzeitig ein und erinnert lebhaft an ganz ähnlich verlaufende und bei *Cyclospora caryolytica* beschriebene Prozesse.

Gleichzeitig mit der Ausstoßung des Karyosoms wird auch die Gestalt des Kernes und der plasmatischen Territorien, in denen sie sich befinden, sehr stark verändert. Die Kerne nehmen die Gestalt eines langgezogenen Fingerhuts an und schließen (Fig. 24 d, e, f) mit ihrem breiteren Ende eine kleine Portion des Protoplasmas ein; an der Spitze des so veränderten Kernes bleibt ebenfalls eine kleine Quantität des Protoplasmas haften. An den beiden plasmatischen Teilen bilden sich lange Geißeln und zwar am Vorderende eine kürzere, am Hinterende eine lange, die an ihrer Basis ein kleines, stark färbbares Körperchen aufweist; dieses sieht einem bei manchen Flagellaten und bei *Cyclospora* beschriebenen Blepharoplasten sehr ähnlich.

Auf diese Weise kommt die Bildung der Mikrogameten zustande (Fig. 25 a u. b). Dieselben werden gleichzeitig auf allen Cytomeren gebildet, so daß nach ihrer Entstehung *Caryotropha* in mehrere Kugeln zerfällt, deren Oberfläche mit reifen Mikrogameten besetzt ist. Die Kugeln selbst bilden die sog. Restkörper. Der ganze Vorgang spielt sich in der Wirtszelle ab. Die reifen Mikrogameten liegen darin in einem mit Flüssigkeit erfüllten Raume zwischen Restkörpern und dem Protoplasma der Wirtszelle; der freie Raum scheint oft von einer Membran umgeben zu sein (Fig. 25 a): es handelt sich aber nur um Verdichtung des Protoplasmas der Wirtszelle an der Grenze der früheren Cytomeren.

Reife Mikrogameten (Fig. 25 b) haben eine unregelmäßig ovale, stark abgeflachte und gekrümmte Gestalt. Ihr kompakter Kern nimmt den größten Teil des Körpers ein; an dessen beiden Enden bilden sich zwei Geißeln, die aus protoplasmatischen Basalstücken entspringen. Bei der Färbung mit Stoffen, die eine schwache Aufquellung verursachen, sind die Geißeln nicht zu sehen und die Mikrogameten nehmen eine länglich ovale Gestalt an.

Die Länge des Körpers des Mikrogameten beträgt zirka 4μ , bei etwa $2\frac{1}{2} \mu$ Breite; die längere Geißel hat etwa 6μ , die kürzere 4μ Länge. Aus einem Coccidium bilden sich ca. 300 Mikrogameten auf einmal aus

Das Auffinden und Erkennen der lebenden Mikrogameten, die nach dem Verlassen der Wirtszelle frei zwischen den Spermatozoën des Wirtstieres sich befinden, ist nicht möglich; man muß bei der Beobachtung ihrer Bewegungen sich nur auf jene Exemplare beschränken, die noch in der Wirtszelle liegen. Soweit unsere Beob-

achtungen reichen, scheinen sich die Mikrogameten der *Caryotropha* auf ähnliche Weise zu bewegen, wie es schon bei anderen Coccidien beschrieben wurde.

Die Bildung der Mikrogameten vollzieht sich bei *Caryotropha* in zwei Phasen, von denen als erste die Entstehung der Mikrogametocyten, als zweite die Ausbildung reifer, männlicher Zellen zu nennen ist. Bei *Adelea* (*Siedlecki, Léger, Pérez, Moroff*) und *Klossia helicina* (*Laveran*) wurde zwar auch die Generation der Mikrogametocyten beschrieben, sie scheint jedoch gänzlich verschieden zu sein. Wir glauben, daß bei *Caryotropha* die Entstehung der Mutterzellen der Mikrogameten vor allem die Vergrößerung der Oberfläche des Coccidiums verursacht und natürlich dadurch die Bildung einer sehr großen Anzahl von männlichen Individuen erleichtert. Bei *Adelea* scheint die konstante Zahl (4) der Mikrogameten auf einer Mutterzelle noch auf einen Reifungsvorgang zu deuten. Die Entstehung der Mikrogameten bei *Caryotropha* ist demnach mehr dem *Eimreia*-Typus ähnlich und unterscheidet sich von diesem durch Bildung von vielen Restkörpern und vor allem dadurch, daß die Kernteilung die zur Bildung der Mikrogameten führt, eine direkte Teilung der Chromidialmasse ist und nicht auf multiple Weise verläuft.

In den Kernen, aus denen nachher die Mikrogameten entstehen, ist ein Karyosom nicht oder nur selten zu sehen. Dennoch wird er bei weiteren Vorgängen ausgestoßen und zwar in derselben charakteristischen Form, die er gewöhnlich besitzt. Offenbar ist er in den kompakten Kernen doch immer vorhanden, oder er wird darin gebildet. Seine Ausstoßung fassen wir (in Übereinstimmung mit *Schaudinn*, der ähnliches bei *Cyclospora caryolytica* beschrieben hat) als eine Art von Chromatinreduktion auf. Da hier aber keine Reduktion der Chromosomenzahl stattfinden kann, so glauben wir, daß es sich um Ausstoßung jenes Kernteiles handelt, der bei den generativen Vorgängen überflüssig sein könnte, also um Ausstoßung des vegetativen Kernteiles. Die ausgesprochen vegetative Funktion des Karyosoms bei *Caryotropha* macht diese Vermutung sehr wahrscheinlich.

Die Restkörper besitzen nach der Auswanderung der Mikrogameten einen sehr kompakten Körper, in dem Spuren von Chromatin

und unverbrauchten Reservestoffen sich befinden; sie sind dem Zerfall und Untergang gewidmet. Sie stellen also den somatischen Teil, der nach der Bildung der generativen Zellen selbst zugrunde geht. Der Zerfall des Körpers in einen somatischen und einen generativen Teil ist bei den Sporozoën keine seltene Erscheinung. Die Bildung der Restkörper bei den Coccidien, die so schön von Léger beschriebene Einteilung des Körpers bei *Ophryocystis* vor der Kopulation, sogar die Abstoßung eines Körperteiles bei der Schizogonie einiger Gregarinen (*Dogiel*); das alles sind Erscheinungen gleicher Ordnung. Endlich sieht man auch bei *Neosporidien* eine gute Abtrennung des vegetativen Körperabschnittes von dem generativen, in dem sogar geschlechtliche Vorgänge zustande kommen können (*O. Schröder*). Dieselbe Erscheinung also, die bei den Metazoën so hoch sich entwickelt hat, ist, wie auch schon *Calkins* betont hat, bei den Protozoën auch deutlich zu sehen.

Wir haben die Zahl der sich aus einer *Caryotropha* entwickelnden Mikrogameten auf 300 angegeben; dieselbe Zahl konnten wir auch bei der Bildung der Merozoiten beobachten, was auf Serienschnitten durch entsprechende Stadien leicht feststellen ist. Die gleiche Zahl der beiden Zellenarten, ähnliche Wachstumsvorgänge und die im Prinzip ähnliche Art der Chromatinreduktion führen zum Schluß, daß die Gameten beiderlei Geschlechter cytologisch gleichwertig sind.

Die geschlechtliche Vermehrung.

III. Befruchtung und Entstehung der Sporozoiten.

Es ist leicht begreiflich, das eine direkte Beobachtung der Befruchtungsvorgänge von *Caryothropha* in ihrem natürlichen Medium, d. i. zwischen den beweglichen Spermatozoiten des Wirtstieres unmöglich ist; es ist uns auch nicht gelungen, in künstlichem Medium die Zusammenschmelzung der Gameten *in vivo* zu beobachten. Die mikroskopischen Präparate von diesbezüglichen Stadien lassen aber keinen Zweifel über den Verlauf dieser Vorgänge bestehen.

Wir haben schon gesehen, daß in einem reifen Makrogameten der Kern sich dicht unter dem Mikropyle nahe an der Oberfläche des Körpers befindet (Fig. 22). Bei dieser Zellöffnung findet man immer einige Mikrogameten, die noch an der Membran des Makrogameten haften; offenbar handelt es sich also um Verschmelzung

der männlichen Elemente mit den weiblichen (Fig. 26). Nur ein einziger Mikrogamet dringt aber in den Kern des Makrogameten ein; die übrigen bleiben an der Membran haften. Sobald die männliche Zelle mit dem Kerne der weiblichen in Berührung kommt, löst sich der männliche Kern in einen Knäuel von Chromatinfäden auf (Fig. 26); zugleich zieht sich der ganze Körper des Coccidiums so zusammen, daß er sich dadurch von der Membran ein wenig abhebt. Das Mikropyle schließt sich so, daß in den späteren Stadien das Tier von einer einheitlichen Membran umgeben ist.

Das neueingeführte Chromatin nimmt die Form von langen Fäden an, die sich im Kern auszubreiten beginnen; der weibliche Teil des neuen Kerngerüsts weicht vor dem männlichen zurück und auf diese Weise kommt es zur Verlängerung des ganzen Kernes, der dadurch die bei anderen Coccidien schon beschriebene Spindelform annimmt (Fig. 26). Eine scharfe Trennung des weiblichen Chromatins von dem männlichen läßt sich nicht nachweisen; im Gegenteil, es scheint bald zur Vereinigung beiderlei Kernteile zu kommen. Gewöhnlich sind außer den Chromatinfäden im Kerne auch 1 bis 2 kleine, runde, kleinen Karyosomen ähnliche Körperchen sichtbar; vielleicht entsprechen sie den Bildungen, die *Moroff* unter dem Namen von „Nukleozentrosomen“ beschrieben hat.

Nachdem das Chromatingerüst der beiden Kerne schon nicht mehr zu unterscheiden ist, wird der befruchtete Kern ein wenig kürzer, aber nur soviel, daß er sich von beiden Seiten des Körpers löst. Das Coccidium, das jetzt als *Oocyste* bezeichnet werden kann, beginnt sich zur Teilung vorzubereiten. Der Kern rundet sich nicht ab; im Innern der langausgezogenen Kernmembran beginnt das Chromatingerüst, in kurze Stäbchen und Körner zu zerfallen, die sich nun an beiden Enden des Kernes ansammeln. Dann verschwindet die Membran selbst und wird in dieses lockere Chromatingerüst verwandelt; endlich stellt der Kern eine nicht scharf umgrenzte Chromidialmasse dar. Diese nimmt die Querachse des Coccidiums ein und schnürt sich in der Mitte durch (Fig. 27). Manchmal, wenn sich der Kern sehr stark verlängert, lagert er sich etwas schief im Körper des Tieres ein (Fig. 27). Die beiden neuentstandenen Kerne rekonstruieren sich gänzlich und erzeugen eine gut sichtbare Membran. Diese löst sich aber bei der nächsten Teilung wiederum auf und wiederum werden die Kerne in eine dichte Chromidialmasse umgewandelt. Dieser Vorgang wiederholt

sich bei jeder Teilung; schließlich bilden sich etwa 16 gut umschriebene Kerne auf der Oberfläche der Oocyste aus.

Die angehäuften Reservestoffe verteilen sich jetzt gleichmäßig auf der Oberfläche des Tieres. Um einen jeden Kern herum bilden sich tiefe Furchen, die den Körper in so viele Abschnitte teilen, als Kerne sich darin befanden (Fig. 28): Die Oocysten werden ohne Restkörperbildung in *Sporocysten* umgewandelt.

Von dem Momente an ist eine weitere Untersuchung der Sporocysten dadurch sehr erschwert, daß sie in verschiedenen Reagentien sehr leicht schrumpfen und sich mit einer dicken, nicht genügend durchsichtigen und undurchdringlichen Membran umgeben. Nur auf sehr gelungenen Präparaten war es zu sehen, daß der Kern sich auf der Oberfläche des Protoplasmas weiter teilt und daß die Reservestoffe in der Mitte der Sporocyste sich anhäufen (Fig. 29). Schließlich kommt es zur Bildung von 12 Kernen, die eine dichte Struktur besitzen.

Um die Kerne der Sporocysten herum bilden sich sehr dichte protoplasmatische Territorien, die von Reservestoffen ganz frei bleiben. Diese plasmatischen Bezirke ziehen sich in die Länge aus und werden zu *Sporozoiten*, die den Restkörper meistens von einer Seite umgeben (Fig. 20). Auf diese Weise wird der Entwicklungszyklus von *Caryotropha mesnili* geschlossen.

Die ganze Entwicklung von *Caryotropha mesnili* zeigt viele Differenzen im Vergleich mit anderen Coccidien. Die Bildung von Cytomeren die zur Vergrößerung der Oberfläche des Tieres beitragen, die recht primitiven Kernteilungsvorgänge, der Wegfall von multipler Kernteilungsweise, und schließlich die nicht scharfe Trennung von Kern und Protoplasma in vielen Stadien — alles unterscheidet *Caryotropha* von anderen Coccidien. Aber die meisten der zitierten Charaktere sind mit der äußerst primitiven Struktur verknüpft. Es ist wohl möglich, daß eben diese Struktur infolge der parasitären Lebensweise zustande gekommen ist.

Über das Verhältnis des Parasiten zum Wirtstiere.

In obiger Beschreibung haben wir nur die Veränderungen, die in dem Coccidium selbst zu sehen sind, eingehend besprochen; selbstverständlich aber muß ein Parasit, der fast während der gan-

zen Entwicklung in der Wirtszelle verbleibt, in derselben eine starke Reaktion hervorrufen.

Wir haben schon oben gesehen, daß man in den Spermatogonien von *Polymnia nebulosa* junge Stadien von *Caryotropha mesnili* finden kann, die noch fast gar nicht von den Sporozoiten zu unterscheiden sind (Fig. 2*). Die infizierten Zellen sind aber 4—5 mal größer als die normalen; man bekommt den Eindruck, als wenn der Sporozoit, der in einer Wirtszelle selbst aufzuquellen beginnt, dieselbe sehr stark ausdehne. In dem Stadium ist der Parasit von einer dünnen protoplasmatischen Schichte umgeben; der Kern der Wirtszelle wird stark aus seiner Lage verdrängt (Fig. 2, 3). Der immer schneller wachsende Parasit muß natürlicherweise die Wirtszelle sehr stark reizen; ob es sich aber um einen mechanischen oder einen chemischen, einen direkten oder indirekten Reiz handelt, wollen wir vorläufig nicht entscheiden; das eine ist sicher, daß die infizierte Zelle stark zu wachsen beginnt. Zuerst wird ihr Kern hyperchromatisch und hypertrophisch; sein Volumen vergrößert sich um das Vielfache (Fig. 5), wobei aber seine Struktur nicht sehr stark verändert wird. Im Zusammenhange damit steht auch das rasche Wachstum des Protoplasmas; dieses wird aber viel lockerer als in den intakten Zellen, sieht wasserreich aus und färbt sich sehr schwach; es umgibt den Parasiten mit einer dicken Schichte.

Der Einfluß des Parasiten beschränkt sich aber nicht nur auf die unmittelbar befallene Zelle; auch die anderen in demselben Bündel sich befindenden Spermatogonien werden zum raschen Wachstum gereizt und erreichen binnen kurzer Zeit eine sehr beträchtliche Größe; ihr Körper bleibt aber völlig normal (vergl. Fig. 2, 3 u. 5). Daß auch nicht infizierte Zellen in Mitleidenschaft gezogen werden, erklärt sich aus ihrem Zusammenhange auch während der normalen Entwicklung. Durch das schnelle Wachstum und das Aufblähen der Wirtszelle werden alle Spermatogonien in einem Bündel stark aneinander gepreßt und in stark turgeszenten Zustand versetzt; es ist möglich, daß eben deswegen nur ein Parasit in einem Bündel zu finden ist.

Ganz ähnliche Veränderungen wie von dem Sporozoiten können auch vom Merozoiten hervorgerufen werden; der letztere scheint aber viel schneller mit der befallenen Zelle zwischen die Spermatogonien einzudringen und kann dieselben leichter auseinander-

spreizen (Fig. 15). Die Spermatogonien, die zu Bündeln geordnet waren, indem sie mit ihren Enden aneinander hafteten, trennen sich während des weiteren Wachstums der infizierten Zelle voneinander, und haften nunmehr nur an der hypertrophierten Zelle gleich wie auf einer rundlichen Unterlage (Fig. 20).

Während dieser Umordnung der Spermatogonien zerreißen an einigen die Zellwände; ihr Protoplasma kommt deswegen in unmittelbare Berührung mit dem der befallenen Zelle und unterliegt sogleich denselben Veränderungen, wie sie vom Parasiten hervorgerufen werden (Fig. 20). Die unmittelbare Berührung der Zellen führt zu ihrer vollständigen Verschmelzung und somit zur Entstehung einer vielkörnigen Riesenzelle infolge der schädlichen Aktion des Parasiten. Die Kerne der Riesenzelle liegen anfangs frei nebeneinander, bald aber beginnen sie auch zu verschmelzen, entweder indem sie sich mit ihren langen Fortsätzen berühren (Fig. 19 und Phot. 19a), oder sich mit der ganzen Breite aneinander pressen, oder aber indem ein Kern von den anderen umwachsen wird. Die Verschmelzungsarten sind recht verschieden, aber der Effekt ist immer gleich, d. i. die Bildung einer Riesenzelle mit einem Riesenkern (Fig. 19, 20, 21).

Die intakten Zellen umschließen jetzt die Riesenzelle gänzlich und bilden zusammen eine einheitliche Schichte, welche einem Zylinderepithelium täuschend ähnlich aussieht. (Fig. 20, 21, Phot. 19a). Die Bildung dieser epithelioiden Schichte kann zugleich mit der Entstehung der Riesenzelle erfolgen (Fig. u. Phot. 19) oder erst nachträglich zustande kommen.

Die Zahl der Spermatogonien, die den Parasiten samt der Riesenzelle umgeben, vergrößert sich sehr beträchtlich während der obenbeschriebenen Vorgänge (Fig. 5 u. Fig. 21) durch Teilung der Spermatogonien, die schon nach der Bildung der Riesenzelle erfolgt (Fig. 4 u. Phot. 4a). Die zur Teilung führenden Kernveränderungen kommen gleichzeitig in allen Spermatogonien und in der befallenen Zelle zustande. Während in den intakten Zellen die Chromosomen auf gewöhnliche Weise sich bilden und anordnen, kommt es in der Riesenzelle zwar zur Bildung von normal aussehenden Chromosomen, dieselben liegen aber in einem unregelmäßigen Haufen (manchmal zu Hunderten) auf und neben dem Parasiten (Fig. u. Phot. 4) im wässerig aussehenden Protoplasma. Nach dem Muttersternstadium kommt es in

den intakten Zellen zur Bildung von Tochtersternen und zur vollkommenen normalen Zellteilung; in der Riesenzelle vermehrt sich nur die Zahl der chromatischen Elemente und der Teilstücke des Riesenkernes, im Protoplasma lassen sich aber keine Spuren einer Teilung nachweisen. Der rekonstruierte Kern der infizierten Zelle nimmt eine lappige Gestalt an und wird noch größer als vorher. Dieser Umstand, daß die karyokinetische Teilung zu gleicher Zeit in allen Spermatogonien eines Bündels und in der Riesenzelle beginnt, beweist, daß die infizierte Zelle trotz der Veränderungen im Bau und der Anwesenheit des Parasiten in ihrem Innern doch den Zusammenhang mit anderen Spermatogonien nicht verloren hat und noch gegen jene Reize empfindlich geblieben ist, die bei intakten Zellen die karyokinetische Teilung verursachen.

Die durch Teilung auf der Oberfläche der Riesenzelle entstandenen Spermatogonien werden niemals zu Spermatozyten oder gar zu Spermatozoiten umgestaltet. Sie bewahren hingegen den Charakter der Epithelzellen und bilden eine kompakte epithelioide Schichte (Fig. 21). Die Infektion hat also dieses Bündel von Zellen so umgestaltet, daß die Zellen nunmehr einer weiteren Differenzierung nicht mehr fähig sind, aber unvermindert ihr Teilungsvermögen bewahren; dabei haben die Spermatogonien denselben Charakter erworben, den sie während der embryonalen Entwicklung gehabt haben. Diese Metaplasie der Spermatogonien ist umsomehr interessant, als sie zur Zeit der geschlechtlichen Reife des Wirtstieres erfolgt.

Es geschieht oft, daß die Spermatogonien sich nicht genügend rasch teilen, oder nicht gänzlich auseinandergespreizt werden; in diesen Fällen sieht man auf der Oberfläche der Riesenzelle nur einzelne Gruppen von Zellen, die radiär um einen Punkt angeordnet liegen (Fig. 6, 7, 16); die Riesenzelle umschließt aber den Parasiten vollständig. Sie bildet für denselben ein natürliches Medium in dem er fast sein ganzes Leben verbleibt (Fig. 2—13, 19—21, Phot. 11 a). Allmählich wird aber die Wirtszelle so ausgenützt, daß gewöhnlich, nachdem der Parasit die Grenze seines Wachstumsvermögens erreicht hat, nur eine dünne protoplasmatische Hülle von derselben übrig bleibt. Die an der Riesenzelle haftenden Spermatogonien fallen teilweise oder ganz (Fig. 23) ab; offenbar kommt

nach der Hypertrophie eine Degeneration und Atrophie zustande.

Wir haben bis jetzt nur die Veränderungen geschildert, die in den Wirtszellen unter dem Einfluß des Parasiten entstehen, ohne jedoch von dem innigen Verhältnis zu sprechen, welches zwischen den Kernen des Parasiten und der Wirtszelle zustande kommt. Es handelt sich um eine morphologisch nachweisbare Abhängigkeit der beiden Kerne voneinander, die nicht nur an Präparaten, sondern auch an lebenden Objekten sehr deutlich zu sehen ist. Besonders klar tritt aber diese Abhängigkeit in zweierlei Stadien hervor, nämlich während des raschen Wachstums, das zur Entstehung der indifferenten Individuen aus den Merozoiten führt und während der Anhäufung von Reservestoffen im Makrogameten. Wir wollen also nur diese zwei Stadien näher betrachten.

Wie wir schon gesehen haben, nimmt der Umfang des Kernes einer Spermatogonie nach dem Eindringen eines Merozoiten sehr beträchtlich zu (Fig. 15); zugleich nimmt er eine charakteristische Stellung an der langen Seite des wachsenden Parasiten ein. Die infizierte Zelle unterliegt einer sehr starken Hypertrophie und wächst allmählich zur Riesenzelle an, sein großer Kern bleibt aber immer an derselben Stelle des Körpers des Coccidiums haften und (Fig. 16) kommt oft in eine kleine Delle an dessen Oberfläche zu liegen. Jetzt beginnt die Periode des schnellsten Wachstums des Parasiten; die beiden Enden seines Körpers vergrößern sich sehr stark und biegen sich zugleich um, so daß sie den Kern der Wirtszelle von beiden Seiten zu umwachsen beginnen. Gleichzeitig bildet sich zwischen dem Kerne des Parasiten und derjenigen Stelle seiner Oberfläche, wo sich der Wirtskern anschmiegt, ein sehr dichter, protoplasmatischer Strang (Fig. 16); man bekommt den Eindruck, als wenn es zwischen beiden Kernen eine Strömung im Protoplasma gäbe. Der Kern und das Karyosom des Coccidiums zerfällt eben in dieser Zeit, so wie wir es schon oben (und 1905) beschrieben haben, und ein Teil des Chromatins wird an das Protoplasma abgegeben; man sieht oft eine radiäre Anordnung der Waben um den Kern von *Caryotropha* herum (Fig. 16, 18 und Phot. 18 a, b), die als ein Ausdruck der vom Kerne ausgehenden, chromatinreichen Strömungen anzusehen ist. *Caryotropha* sieht in diesem Stadium, von

der Seite des Wirtskernes aus gesehen, sehr charakteristisch aus (Fig. 17). Man sieht ihre beiden Körperenden, welche den Riesenkern umwachsen; infolgedessen bildet sich eine tiefe Einsenkung im Coccidienkörper in die der Wirtskern zu liegen kommt. Durch weiteres Wachstum wird die Einsenkung zu einer schmalen Spalte, die auf den Längsschnitten durch das Coccidium gleichwie ein intrazellulärer Kanal aussieht (Fig. 18, Phot. 18 a, b). Über der so gebildeten Spalte liegt der Riesenkern: das untere Ende dieses spaltförmigen Kanals reicht bis zum Kerne des Parasiten; auf solche Weise entsteht eine unmittelbare Verbindung zwischen dem Kerne der *Caryotropha* und dem der hypertrophierten Wirtszelle. Solche Bilder wie auf der Figur und Photographie 18 sind sehr häufig zu sehen; den Namen „*Caryotropha*“ haben wir infolge der Beobachtung solcher Stadien gewählt.

Auf grund der obenangeführten morphologischen Tatsachen lassen sich einige Schlüsse auf die Physiologie des Parasiten ziehen. Wir haben überhaupt bis jetzt keinen besseren Weg, um in das physiologische Geschehen eines in einer Zelle eingeschlossenen Parasiten einzudringen als die morphologische Forschung.

Wie wir schon gesehen haben, beginnt das Wachstum des Sporozoiten und des Merozoiten mit sehr rascher Zunahme an Volumen, besonders an dem des Kernes (Fig. 15) infolge der Aufnahme von Flüssigkeit; in dieser muß natürlicherweise das Wasser den Hauptbestandteil bilden. Eine solche Wasseraufnahme kann aber nur unter der Bedingung zustande kommen, wenn zwischen dem Parasiten und der umgebenden Flüssigkeit eine Differenz im osmotischen Drucke entsteht; die Aufquellung des Kernes der wachsenden *Caryotropha* weist also auf das Vorhandensein osmotisch aktiver Stoffe in seinem Innern. Das Wachstum durch Flüssigkeitsaufnahme kann aber nur so lange dauern, solange die Druckdifferenz zwischen der Zelle und seinem Medium besteht und solange der äußere Druck größer ist als der Turgor in der Zelle; die Zunahme der Turgeszenz kann aber dadurch verhindert werden, daß die osmotisch aktiven Stoffe in der Zelle in unlösliche oder osmotisch inaktive Verbindungen übergeführt werden. Alle diese Bedingungen scheinen bei dem Wachstum von *Caryotropha* völlig zur

Geltung zu kommen. Wir wissen, daß die Perioden des schnellsten Wachstums zur Zeit der direkten Verbindung des Coccidienkernes mit dem der Wirtszelle mittels des spaltförmigen Kanals verläuft. Der Parasitenkern berührt dann die Oberfläche des Körpers, er kann also direkt aus der Umgebung Stoffe aufnehmen. Er quillt auf, wird locker und verliert seine ihn scharf vom Protoplasma abhebende Grenzschichte; ein Teil seines Chromatins geht in das Protoplasma über. *Caryotropha* nimmt also mit ihrem Kerne die flüssigen Stoffe aus dem Verbindungskanal auf, was nur durch osmotische Druckdifferenz zwischen ihrem Kerne und der umgebenden Flüssigkeit zu erklären ist; die Stoffe im spaltförmigen Kanal können aber vor allem aus den Produkten der Tätigkeit des Wirtskernes bestehen; die Arbeit des Wirtskernes wird also direkt vom Parasitenkerne ausgenützt. Zugleich werden aber vom Coccidienkerne die Stoffe in das Protoplasma abgegeben und zwar als Chromidialsubstanz. Offenbar werden die vom Kerne aufgenommenen Produkte in eigenes Chromatin umgewandelt und in dieser Form gehen sie in das Protoplasma über. Die Alveolen des Protoplasmas vergrößern sich sehr bedeutend; wahrscheinlich werden darin die aufgenommenen Stoffe aufgespeichert. Während des raschen Wachstums bildet *Caryotropha* viel mehr Enchylena in den Waben als von jener Substanz, aus welcher die Wabenwände bestehen.

Das Wachstum dauert nur so lange, als der Kern des Parasiten den Verbindungskanal berührt; hat er sich einmal zurückgezogen, so wird das nierenförmige Coccidium rundlich und die aufgespeicherten Stoffe werden nun verarbeitet; infolge des Verschwindens des Chromidiums wird das Protoplasma hell und durchsichtig, seine Alveolen werden, wie wir schon gesehen haben, bedeutend kleiner und der Kern gänzlich rekonstruiert. Alle diese Vorgänge, die nach der Periode der Nahrungsaufnahme erfolgen, können als morphologischer Ausdruck der Periode der Assimilation aufgefaßt werden.

Eine andere Reihe von Veränderungen sieht man am wachsenden Makrogameten, in dem die Reservestoffe angehäuft werden. Auch bei diesen Zellen (Fig. 20, Phot. 31) lagert sich der Wirtskern auf einer Seite des Parasiten auf; manchmal drückt er sich sogar in eine kleine Delle auf dem Coccidium ein. Trotz der innigen Be-

rührung des Wirtskernes mit *Caryotropha* kommt es aber doch niemals zur Bildung des Verbindungskanals zwischen den beiden Kernen. Jedoch entsteht zwischen dem Coccidiumkerne und jener Stelle der Oberfläche des Parasiten, an die sich der Wirtskern anschmiegt, ein Strang von dichtem Protoplasma, in dem zuerst die als Reservestoffe dienenden Fettkörnchen entstehen. Diese Körnchen (Phot. 31) sind unter der Oberfläche des Coccidiums sichtbar, scheinen aber später seinem Kern näher zu rücken und erst nachher ziehen sie sich weiter in das Protoplasma zurück. Auf grund dieser Beobachtungen kann man den Schluß ziehen, daß *Caryotropha* während des Ansammelns der Reservestoffe direkt die Arbeit des Wirtskernes ausnützt. Zerfällt der Wirtskern zufälligerweise in 2 Teile, so ziehen sich zwei Stränge von Fettkörnchen von den beiden Teilen in der Richtung nach dem Parasitenkern hin (Phot. 32).

Die Entstehung von Fett im Protoplasma von *Caryotropha* könnte auf zweierlei Weise erklärt werden: entweder könnte hier eine direkte Aufnahme von Fett in Emulsionsform stattfinden, oder es handelt sich um eine Synthese aus Rohstoffen, die von der Wirtszelle geliefert werden.

Für die erste Möglichkeit könnte der Umstand sprechen, daß man manchmal ziemlich zahlreiche Fettkörnchen zwischen den Spermatogonien, die sich um die Wirtszelle gruppieren, nachweisen kann. Man könnte also eine direkte Übermittlung von Fett vermuten, wie sie etwa von seiten der Follikelzellen stattfindet. Diese einfache Erklärung ist aber nicht anzunehmen, da man niemals in der Wirtszelle selbst eine größere Menge von Fett finden kann, sondern höchstens und ausnahmsweise nur einzelne kleine Körnchen.

Es bleibt also nur die Möglichkeit übrig, daß das Fett durch Synthese im Coccidium selbst entsteht. In jungen Makrogameten findet man Fettkörner nur im dichten Protoplasma zwischen beiden Kernen; in älteren (Phot. 31, 32) findet man sie vorwiegend in der Umgebung des Coccidienkernes; diese Verteilung der Fettkörnchen weist darauf hin, daß sie als Produkt des Stoffwechsels des Parasiten entstehen.

Wir haben schon oben betont, daß es solche Fetttröpfchen im *Coccidium* gibt, die mit Osmiumsäure nur gebräunt werden, aber auch Safraninfärbung aufweisen. Manchmal überwiegt die letztere so stark, daß man nur eine Spur der Osmiumwirkung erkennen kann. Es finden sich also alle Übergänge zwischen den „plastischen“ Granula und den Fettkörnchen. Die letzteren scheinen also nicht aus Fett allein gebildet zu werden, sondern aus einem *Stroma* in dem erst Fett eingelagert wird; das *Stroma* scheint aus Proteinstoffen zu bestehen, ähnlich den plastischen Granula. Die Fettkörnchen der *Caryotropha* weisen also eine ebensolche Struktur, wie die Dotterkörnchen in den Eizellen auf; damit ist auch ihre Bedeutung als Reservestoffe sehr leicht verständlich.

Die Lagerung und die Beschaffenheit der Fettkörnchen bei *Caryotropha* weist darauf hin, daß dieselben als Produkt des Stoffwechsels des Parasiten entstehen müssen. Das Material zu ihrer Bildung kommt aber aus der Wirtszelle; solche Bilder wie die Photographie 31 und 32 lassen keinen Zweifel darüber zu. In welcher Form aber dieses Material zugeführt sein muß, das läßt sich auf grund einer morphologischen Untersuchung allein nicht erklären.

Wenn wir also schon nachgewiesen haben, daß das Wachstum durch die Verarbeitung der aufgenommenen Stoffe und die Fettbildung auch durch eigenen Stoffwechsel des Parasiten bedingt wird, so kommen wir zu dem Schluß, daß *Caryotropha* zwar die von der Wirtszelle gebildeten Stoffe auf osmotischem Wege aufnimmt, daß diese aber nicht unverändert einverleibt, also nicht direkt assimiliert werden, sondern nur daß sie als Nahrung dienen, die vor der Assimilation vollkommen umgewandelt wird. Diese Nahrung wird vorwiegend von dem Kerne der Wirtszelle vorbereitet; es ist somit der Stoffwechsel des Parasiten von dem der Wirtszelle abhängig.

Auf grund obiger Erwägungen werden auch gewisse Eigentümlichkeiten im Bau der *Caryotropha* verständlich. Wir wissen, daß dieselbe nur eine ovoide Gestalt behält, solange sich der Wirtskern nicht an ihrer Oberfläche ansetzt. Von diesem Augenblicke an bekommt *Caryotropha* eine eigentümliche Orientierung des Körpers.

Sie beginnt nur von dieser Seite des Körpers Nahrungsstoffe aufzunehmen, wo sich der Wirtskern befindet; der Raum zwischen ihrem Kerne und dem der Wirtszelle wird als eine Art von Körperachse differenziert. An dieser Achse entlang werden die Nährstoffe aufgenommen; an beiden Seiten derselben Achse vollzieht sich das Wachstum ganz symmetrisch; während der Reifung des Makrogameten verlängert sich sein Kern in der Richtung der Achse ebenso nach der Befruchtung fällt die Kernspindel mit der Achse zusammen; das Mikropyle bildet sich an einem Ende derselben Achse. Es ist also ganz klar, daß infolge der vorwiegend auf einer Körperseite stattfindenden Nahrungsaufnahme *Caryotropha* eine andere Symmetrie und einen anderen Körperbau aufweist als fast alle anderen Coccidien. Diese Erscheinung erinnert sehr an die Orientierung der Eizellen infolge der speziellen Ernährungsbedingungen (Korschelt, Boveri, Wheeler, u. v. a.) und bildet einen Beweis für die Bedeutung der Ernährung als eines morphogenetischen Faktors.

Unter den *Coccidien* finden wir nur vereinzelte Beispiele der Veränderung der Körperform infolge der Ernährung. Das beste Beispiel dafür bildet *Coccidium mitrarium* Lavéran et Mesnil, das sich auf Zellen entwickelt, und *Adelea dimidiata coccidioides* Léger et Duboscq. Die *Gregarinen* bieten noch schönere Beispiele dafür, wie es besonders aus der Abhandlung von Léger über *Taeniocystis mira* klar zu ersehen ist.

Die durch die Parasiten in den Wirtszellen hervorgerufenen Veränderungen wurden schon des öfteren behandelt. In unserer Abhandlung von 1901 haben wir die damaligen Resultate der diesbezüglichen Forschungen eingehender besprochen. Dann wurde dasselbe Thema, jedoch nur bezüglich der Gregarinen, von Léger und Duboscq (1902 u. 1904) näher bearbeitet; in Abhandlungen von Schaudinn, Caullery, Mesnil, Laveran, Smith u. Johnson, Woodcock, Brasil, Minchin, Lühe, u. v. A. finden wir viele Beobachtungen oder Diskussion der Verhältnisse, die in einer infizierten Zelle zustande kommen können. Fast alle Autoren stimmen darin überein, daß ein Parasit eine infizierte Zelle in einem Reizzustand versetzen und zu deren Hypertrophie führen kann; nach dem übermäßigen Wachstum tritt aber eine Degenera-

tion ein. Die Bildung von vielkernigen Zellen wurde nur von Léger und Duboscq (1904) nachgewiesen; wahrscheinlich findet derselbe Vorgang auch im Darne von *Grylломорpha* infolge der Aktion von *Gregarina davinii* statt. Bei *Stylorhynchus oblongatus* und *St. longicollis* wurde ein Zusammenhang des Epimerits der Gregarine mit dem Wirtskerne beobachtet. Die beiden zuerst genannten Autoren haben auch eine eigentümliche Wirkung von *Ptercephalus* auf die Epithelzellen konstatiert; der große Parasit, der sich auf der Oberfläche der Epithelschichte auflagert, verhindert die darunter liegenden Zellen, ihre Sekretion in das Darmlumen zu ergießen. Léger u. Duboscq glauben, daß dadurch die Epithelzellen, die weder vom Darmlumen eine Nahrung erhalten können, noch ihre sekretorische Tätigkeit entwickeln können, deshalb jung bleiben und infolge der Reizung sich teilen können. Alle obenangeführten Tatsachen sind aber nicht direkt mit den infolge der *Caryotropha* auftretenden Veränderungen vergleichbar, denn nirgends kommt es zu einem so innigen Zusammenhange des Parasiten mit der Wirtszelle wie bei unserem Coccidium. (Natürlicherweise kommen hier die Kernparasiten, z. B. *Cyclospora caryolytica*, *Stenophora*, *Cytoryctes variolae* u. s. w. nicht in Betracht). Wir finden aber in der botanischen Literatur ein schönes Beispiel, das sehr an die Vorgänge bei *Caryotropha* erinnert, nämlich die intrazelluläre *Mycorhiza*. Nach den Angaben von Janse, Groom und besonders von Shibata dringt ein Myceliumfaden in eine Pflanzenzelle hinein und wächst geradeaus in der Richtung nach dem Wirtskerne; dieser wird (nach Shibata) stark hypertrophisch und weicht vor dem Pilzfaden. Der Pilz wächst aber immer in der Richtung des Kernes und kommt mit demselben in innige Berührung; sein Wachstum ist also offenbar von dem Stoffwechsel des Wirtskernes abhängig. Obwohl die weiteren Vorgänge bei *Mycorhiza* ganz anders sind, so finden sich doch in der Periode des raschen Wachstums des Pilzes viele Ähnlichkeiten mit dem Wachstum von *Caryotropha*.

Die Frage nach der Art und Weise der Einwirkung des Parasiten auf die Wirtszelle ist nicht leicht zu beantworten. Ein in eine Zelle eindringender Parasit, der sich sogleich stark vergrößert, muß sie mechanisch reizen. Schaudinn glaubt auch darin die erste Ursache der Reizung zu erblicken; jedoch das wichtigste Moment der Einwirkung des Parasiten auf die Wirtszelle besteht darin, daß

der Parasit der Wirtszelle viel Substanz entzieht und daß diese infolgedessen für ihren eigenen Bedarf und für den Parasiten arbeiten muß, was sich als Hypertrophie äußert. Dieser Auffassung schließt sich auch Léger und Duboscq an; in unserer Abhandlung von 1901 haben wir betont, daß der in der Wirtszelle wohnende Parasit alle seine Produkte der Dissimilation in dieselbe abgeben muß und ihr auf diese Weise einen chemischen Reiz erteilt.

Die auf grund der Untersuchung von *Caryotropha* gesammelten Beobachtungen haben uns belehrt, daß nicht alle in der Wirtszelle beobachteten Veränderungen auf eine Ursache zurückgeführt werden dürfen. Im ersten Augenblicke nach dem Eindringen des Parasiten kann man an einen mechanischen Reiz denken, der aber nicht durch die Bewegungen des Sporozoiten oder Merozoiten, sondern durch die plötzliche Wasserentziehung und den Druck, den der schnell wachsende Parasit auf die Zelle ausüben muß, verursacht wird. In den späteren Stadien kann die Nahrungsentziehung als Reiz auf die Wirtszelle wirken, aber eine gleichzeitige chemische Einwirkung des wachsenden Parasiten ist auch sehr wahrscheinlich. Man kann also verschiedene Ursachen anführen, die wahrscheinlich gleichzeitig auf die Wirtszelle einwirken können.

Wenn durch die Annahme verschiedenartiger Einwirkung des Parasiten auf die Wirtszelle die Reaktion in derselben verständlich wird, so bleibt jedoch die Hemmung der Differenzierung der die Riesenzelle umgebenden Spermatogonien völlig ohne Erklärung. Wir müssen auch offen erklären, daß die morphologische Forschung uns in dieser Hinsicht nicht viel versprechend erscheint, denn es handelt sich um Lösung der äußerst schwierigen Frage nach der eigentlichen Ursache, die den Spermatogonien das Differenzierungsvermögen, nicht aber das Vermehrungsvermögen raubt, oder — wenn man sich der von R. Hertwig eingeführten Ausdrücke bedienen wollte — der Frage nach der Rückkehr von der *organotypen* in die *cytotypen* Teilungsweise. Auf grund der von uns geschilderten Tatsachen könnte man viele Vermutungen aussprechen. So z. B. wäre die Annahme möglich, daß alle Zellen in einem Spermatogonienbündel infolge der Infektion in einen Hungerzustand geraten und deswegen zur cytotypen Teilung gereizt werden; wir müssen aber sogleich bemerken, daß es auch nicht ausgeschlossen erscheint, daß die der Riesenzelle anhaftenden Spermatogonien von derselben Nahrungsstoffe im Überschuß beziehen und sich deswegen

schnell vermehren können. Wir wollen also diese Frage unentschieden lassen, da wir in der Morphologie des Vorganges zu wenig Anhaltspunkte für deren Lösung finden; wir begnügen uns mit der Feststellung der Tatsache, daß infolge der Anwesenheit des Parasiten hochdifferenzierte Zellen nicht nur zur weiteren Differenzierung unfähig werden, sondern auch in einen viel primitiveren Zustand zurückkehren und den embryonalen Charakter wieder erreichen; es liegt also eine durch den Parasiten verursachte *Metaplasie* vor.

Die Erscheinungen der Hypertrophie der Zellen, der Hyperchromatose der Kerne, der Bildung der Riesenzellen, der lebhaften Vermehrung des umgebenden Gewebes und schließlich der Metaplasie der Spermatogonien, die alle unter der Einwirkung von *Caryotropha* zustande kommen, erinnern lebhaft an ebensolche Vorgänge, die in Neoplasmen, besonders in malignen Geschwülsten angetroffen werden. Wir wollen es aber mit Nachdruck betonen, daß wir diese Erscheinungen nicht zu Gunsten der Parasitentheorie der Geschwülste anführen. Zwar kommen alle obenangeführten Tatsachen unter dem Einfluß des Parasiten zustande, jedoch kann man sich ihn so denken, daß der Parasit die Lebensbedingungen der infizierten Zellen vollständig verändert; nicht der Parasit selbst, sondern nur die veränderten Lebensbedingungen wären also als Ursache der anormalen Entwicklung der Spermatogonien anzuführen. Wir glauben, daß, wenn eine andere Ursache (z. B. andauernder Hungerzustand oder übermäßige Ernährung oder aber rein chemische Reize) auf dieselbe Weise die Lebensbedingungen der Zellen zu verändern imstande wäre, wie es der Parasit getan hat, auch ähnliche Effekte erwartet werden müßten, wie sie unter dem Einfluß des Parasiten zustande kommen.

Die Veränderungen im Kerne von *Caryotropha*, die während des Wachstums dieses Tieres zu sehen sind, bilden einen neuen Beweis für die Bedeutung des Kernes für die konstruktiven Prozesse in der Zelle. Aus den Arbeiten von Korschelt, Hoffmann, Haberlandt u. A., die vorwiegend die Morphologie des Kernes studierten und aus den mehr physiologischen Arbeiten von Gruber, Balbiani, M. Nussbaum, Vervorn, Hofer etc., ist es schon längst bekannt, daß der Kernapparat in der Zelle bei allen

Vorgängen die zur Sekretion, zum Wachstum, zur Regeneration, Membranbildung und überhaupt zur Konstruktion führen, eine sehr aktive Rolle spielt. Bei *Caryotropha mesnili* tritt diese Bedeutung des Kernes mit aller Klarheit zutage.

Die Funktion des Kernes von *Caryotropha* ist aber, wie wir schon gesehen haben, an die des Wirtskernes innig gebunden. Da aber der Stoffwechsel in jeder Zelle mit der Funktion ihres Kernes im Zusammenhange steht, so ergibt sich daraus die Frage nach dem Verhältnis des Stoffwechsels von *Caryotropha* zu dem Stoffwechsel der Wirtszelle.

Wir haben schon gesehen, daß die Produkte der Tätigkeit des Wirtskernes von der *Caryotropha* aufgenommen werden. Zwar unterliegen sie einer nachherigen Verarbeitung im Körper des Coccidiums selbst, jedoch das rasche Wachstum des Parasiten und die große Menge von Reservestoffen, die angehäuft werden, beweisen, daß von der Wirtszelle nur sehr leicht assimilierbare Stoffe zugeführt werden müssen. Diese können aber nur dann entstehen, wenn der Stoffwechsel der Wirtszelle dem des Parasiten sehr ähnlich verläuft, oder, anders gesagt, wenn der Parasit dem Stoffwechsel der Wirtszelle vollkommen angepaßt ist. In dieser Hinsicht erinnert *Caryotropha* an manche Eizellen der höheren Tiere, die nach Korschelt von den Nährzellen Material zum Wachstum und Reservestoffe bekommen.

Bei *Caryotropha* läßt sich die Anpassung des Parasiten an den Stoffwechsel der Wirtszelle, wie wir gesehen haben, sogar morphologisch nachweisen; diese Tatsache macht uns auch das Vorkommen dieses Tieres verständlich. Wie schon oben betont wurde, findet man *Caryotropha* nur in *Polymnia nebulosa* und nur in den Spermato gonien; sogar in weiblichen Individuen derselben Gattung ist dieses Coccidium nicht zu finden; es ist aber klar, daß dieses Tier nirgends dieselben Lebensbedingungen finden kann, denen es so streng angepaßt ist, als nur eben in den männlichen Zellen von *Polymnia nebulosa*.

Die enge Begrenzung des Vorkommens des Parasiten infolge seiner strengen Anpassung an den Stoffwechsel der Wirtszelle erlaubt uns, manche allgemeine Schlüsse auf das Leben der Parasiten zu ziehen. Es ist ja gut bekannt, daß manche Parasiten streng an eine Art des Wirtstieres gebunden sind, während andere sich

leicht auf verschiedene Arten der Wirtstiere übertragen lassen, und manche nur auf die systematisch nächstverwandten Arten übertragbar sind. Von den Blutparasiten sind die in den Blutkörperchen lebenden am schwersten überimpfbar (die Hämosporidien); durch leichtere Übertragbarkeit zeichnen sich die im Blutplasma lebenden Tiere aus; es ist aber bekannt, daß das Blutplasma verschiedener Arten weniger Differenzen in chemischer Zusammensetzung aufweist als die Blutkörperchen derselben Arten (Bunge). Von den Darmparasiten können die mit einem gut entwickelten, eigenen Verdauungsapparat und eigener Verdauung ausgestatteten Parasiten sehr leicht verschiedene Tierarten infizieren (z. B. verschiedene Nematoden), während diejenigen, welche ihre Nahrung direkt mit der Körperoberfläche aufnehmen (z. B. Taenien, Echinorhynchen und vielleicht auch Gregarinen), die also von der Verdauung und von dem Stoffwechsel des Wirtstieres mehr abhängig sind, gewöhnlich auch an eine Art des Wirtstieres gebunden sind. Von den intrazellulären Parasiten wissen wir noch zu wenig; es scheint aber, daß sie gewöhnlich nur in einer Tierart schmarotzen können. Wir können in den Rahmen der vorliegenden Abhandlung nicht näher auf die einzelnen Beispiele eingehen; daraus jedoch, was schon oben betont wurde, geht klar hervor, daß die Übertragbarkeit eines Parasiten auf verschiedene Tierarten um so weniger möglich ist, je mehr der Stoffwechsel des Parasiten von dem des Wirtstieres abhängig wird¹⁾. *Caryotropha mesnili* stellt ein Beispiel eines solchen Parasiten dar, bei dem die obenbesprochene Abhängigkeit *ad extremum* entwickelt ist und sich sogar morphologisch nachweisen läßt.

Auf welche Weise sich der Wirt gegen den Parasiten verteidigt, geht klar aus der obigen Beschreibung hervor. *Caryotropha* ist fast ihr ganzes Leben in einer Zelle eingeschlossen; die Spermatogonien aus dem infizierten Bündel umgeben die Wirtszelle mit einer einheitlichen Schichte; die schädliche Wirkung des Parasiten

¹⁾ Den normalerweise eintretenden Wirtswechsel könnte man auf diese Weise erklären, daß der Parasit in verschiedenen Stadien des Lebens an den Stoffwechsel verschiedener Tiere angepaßt ist; darüber gibt es aber bis jetzt leider zu wenig Untersuchungen.

erstreckt sich also nur auf die nächste Umgebung und nicht auf den ganzen Organismus des Wirtes.

Sobald aber der Parasit die Wirtszelle verläßt, wird er von den Fagocyten überfallen, wie wir es schon (1903) beschrieben haben. Die in der Leibeshöhle von *Polymnia nebulosa* sich befindenden Oocysten werden von den Fagocyten eingeschlossen (II), können sich aber noch eine Zeit lang weiter entwickeln. Endlich aber können sie der schädlichen Aktion nicht länger widerstehen, ihre Membran wird gelblich oder sogar bräunlich; ebenso werden auch die Sporocysten stark verändert, ihre runde und glatte Oberfläche wird ge-

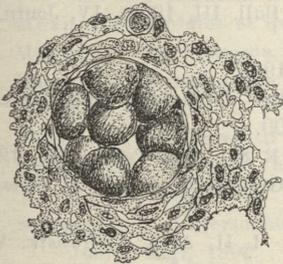


Fig. 2.

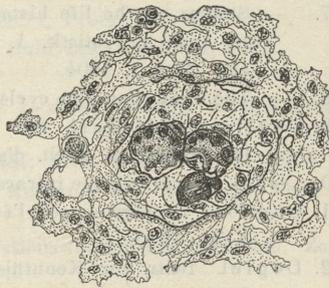


Fig. 3.

faltet (III), schließlich degeneriert der ganze Inhalt der Oocyste und wird von den Fagocyten aufgenommen. Auf diese Weise werden viele Parasiten vernichtet.

Diejenigen Oocysten, die den Angriff der Fagocyten glücklich überstanden haben, oder von denselben gar nicht berührt worden sind, werden mit den Geschlechtszellen nach außen entleert. Wir glauben, daß die Infektion neuer Wirtstiere dadurch zustande kommt, daß die *Polymnia*, die von allerlei Detritus lebt, die Sporocysten verschluckt und dieselben im Darme zum Bersten oder Auflösen bringt. Die freien Sporozoitien müßten zuerst die dünne Darmwand durchbohren, um in die Leibeshöhle zu gelangen. Leider war es nicht möglich, den Weg experimentell zu erforschen.

Die Stellung im Systeme der Sporozoën ist für *Caryotropha mesnili* Sied. leicht zu charakterisieren. Sie gehört zu den Coccidien und der Familie der *Polysporocystidae*; sie stellt eine besondere Art und Gattung vor.

Verzeichnis der berücksichtigten Arbeiten.

1. Berndt. Beitrag zur Kenntnis der... Gregarinen. Arch. f. Protistk. I, 1902.
2. Boveri. Über die Polarität des Seeigeleies. Verh. d. phys. nat. Vereines. Würzburg XXXIV, 1901.
3. Brasil. Recherchss sur le cycle évolutif des Selenidiidae. Arch. f. Protistk. VIII, 1907.
4. Calkins G. N. The Protozoa. N. York, 1901
5. — The phylogenetic significance of... Protozoan nuclei. Ann. N. Y. Ac. Sc. XI, 1898.
6. — Life history of *Cyrtoryctes variolae*. Journ. of med. Research. XI, 1904.
7. — Studies on the life history of Protozoa: I, Arch. f. Entwmech. XV, 1902; II, Arch. f. Protistk. I, 1902; III, Biol. Bull. III, 1902; IV, Journ. of exp. Zool. I, 1904.
8. — The Protozoan life cycle. Biol. Bull. XI, 1906.
9. Caullery et Mesnil. Sur un mode particulier de division nucléaire chez les Grégarines. Arch. d'anat. mic., III, 1900.
10. — — Le parasitisme intracellulaire etc... C. R. Soc. Biol. Paris, LIII, 1901.
11. Cuénot. Recherches sur l'évolution... des Grégarines. Arch. de Biologie, XVII, 1900.
12. Dogiel. Beitr. zur Kenntnis der Gregarinen: I, II, Arch. f. Protistk. VII, 1906 und VII, 1907.
13. D zewiecki. Über vegetative Vorgänge im Kern und Plasma er Gregarinen. Arch. f. Protistk. III, 1903.
14. Goldschmidt. Die Chromidien der Protozoën. Arch. f. Protistk. V, 1904.
15. — und Popoff. Die Karyokinese der Protozoën. Arch. f. Protik. VIII, 1907.
16. Gonder. Beitr. zur Kenntnis der Kernverhältnisse bei den... Infusorien. Arch. f. Protistk. V, 1904.
17. Groom. On *Thismia aseroë* and its Mycorhiza. Ann. of. Bot. IX, 1905.
18. Gurwitsch. Morphologie und Biologie der Zelle, Jena, 1904.
19. Hertwig R Die Protozoën und die Zelltheorie. Arch. f. Protistk. I, 1902.
20. — Über physiologische Degeneration bei Protozoën Sitzber. der Ges. f. Morph. u. Phys. München, 1900
21. — Über physiologische Degeneration bei *Actinosphaerium Eichhorni*. Festschrift f. E. Haeckel. Jena, 1904.
22. Hoffmann. Über die Ernährung der Embryonen von *Nassa mutabilis*. Z. f. wiss. Zool. LXXII, 1902.
23. Janse. Les endophytes radicaux des quelques plantes javanaises. Ann. de Jard. bot. de Buitenzorg, XIV, 1896.
24. de Saint Joseph. Les Amélides polychètes des côtes de France. Ann. de Sc. natur. Zoologie, III, 1906.
25. Korschelt. Beitr. zur Morphologie und Physiologie des Zellkernes. Zool. Jahrb. IV, 1891.
26. Laveran et Mesnil. Sur quelques particularités de l'évolution d'une grégarine. C. R. Soc. Biol. Paris, LII, 1900.

27. — — Sur quelques Protozoaires parasites d'une tortue d'Asie, C. R. Ac. Sc. Paris, CXXXV, 1902.
28. Léger. Les schizogregarines des Trachéates. I, Arch. f. Protistk. VIII, 1907.
29. — et Duboscq. Nôtes biologiques sur les Grillons. Arch. d. zool. exp. et gen. Nôtes, 1899.
30. — — Les Grégarines et l'épithelium intestinale. Arch. de Parasitologie, VI, 1902.
31. — — Recherches sur les Myriapodes de Corse. Arch. d. zool. exp. et gen. N. Ser. I, 1902.
32. — — Nouvelles recherches sur les grégarines et l'épithelium. Arch. f. Protk. IV, 1904.
33. Lo Bianco. Notizie biologiche. Mitt. zool. Stat. Neapel, 1899.
34. Lühe. Die Coccidienliteratur. Zool. Zentrbl. X, 1903.
35. — Bau und Entwick. der Gregarinen. Arch. f. Protk. IV, 1904.
36. Mesnil. Chromidies et questions connexes. Bull. Inst. Past. III, 1905.
37. Minchin. The Sporozoa. London, 1903.
38. Moroff. Untersuchungen über die Coccidien. I, *Adelea zomula*. Arch. f. Protk. VIII, 1906.
39. Pérez. Le cycle évolutif de l'*Adelea mesnili*. Arch. f. Protistk. II, 1903.
40. Schaudinn u. Siedlecki. Beiträge zur Kenntnis der Coccidien. Verh. d. d. zool. Ges. 1897.
41. Schaudinn. Untersuchungen über Generationswechsel bei Coccidien. Zool. Jahrb. XXI, 1900.
42. — Studien über krankheitserregende Protozoën I. Arb. a. d. kais. Gesamte, XVIII, 1902.
43. — Untersuchungen über die Fortpflanzung einiger Rhizopoden, Ebendasselbst XIX, 1903.
44. — Generations- und Wirtswechsel bei Trypanosoma und Spirochaete. Ebendasselbst XX, 1904.
45. Shibata. Cytologische Studien über die endotrophen Mycorhizen. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVII, 1902.
46. Siedlecki. Étude cytologique et cycle évolutif de l'*Adelea ovata*. Ann. Inst. Past., 1898.
47. — Contribution à l'étude des changements cellulaires etc. Arch. d'anat. micr. IV, 1901.
48. — Cycle évolutif de la *Caryotropha mesnili*. Bull. de l'Ac. d. Sc. de Cracovie, 1902.
49. — Quelques observations sur le rôle des amibocytes, etc. Ann. de l'Inst. Past., 1903.
50. — Über die Bedeutung des Karyosoms. Bull. de l'Ac. d. Sc. Cracovie, 1905.
51. Smith and Johnson. On a Coccidium: *Klossiella muris*... Jour. of exp. Med. VI, 1902.
52. Schröder. Beitr. zur Entwicklungsgesch. der Myxosporidien. Verh. d. med. naturw. Vereins, Heidelberg, A. F. VIII, 1907.
53. Thon. Über den feineren Bau von *Didinium nasutum*. Arch. f. Protistk. V, 1905.

54. Woodcock. The life cycle of „Cystobia“ irregularis. Quart. Journ. of micr. Sc. L, 1906.

55. Verworn. Psychophysiologische Protistenstudien. Jena, 1899.

Figurenerklärung.

Alle Figuren auf den beiden ersten Tafeln sind aus 5–10 μ dicken Schnitten gezeichnet, mittels eines apochromatischen Immersionsobjektives von Zeiss (Ap. 1:30 und Brennw. 2'00) und der komp. Okulare 6 und 12; die Photographien auf der Tafel XV. wurden mit demselben Objektiv, mit einer kleinen Vertikalkamera aufgenommen. Die Figuren 1, 14, 24 u. 25 b entsprechen einer Vergrößerung von 1500; alle anderen sind 760-fach vergrößert. Die Photographien 4 a, 11 a, 19 a, 31 u. 32 sind 750-fach vergrößert; Phot. 18 a ist 600-fach und 18 b 1800-fach. Die Konturen der Zeichnungen wurden mit dem Abbéschen Zeichenapparat aufgenommen.

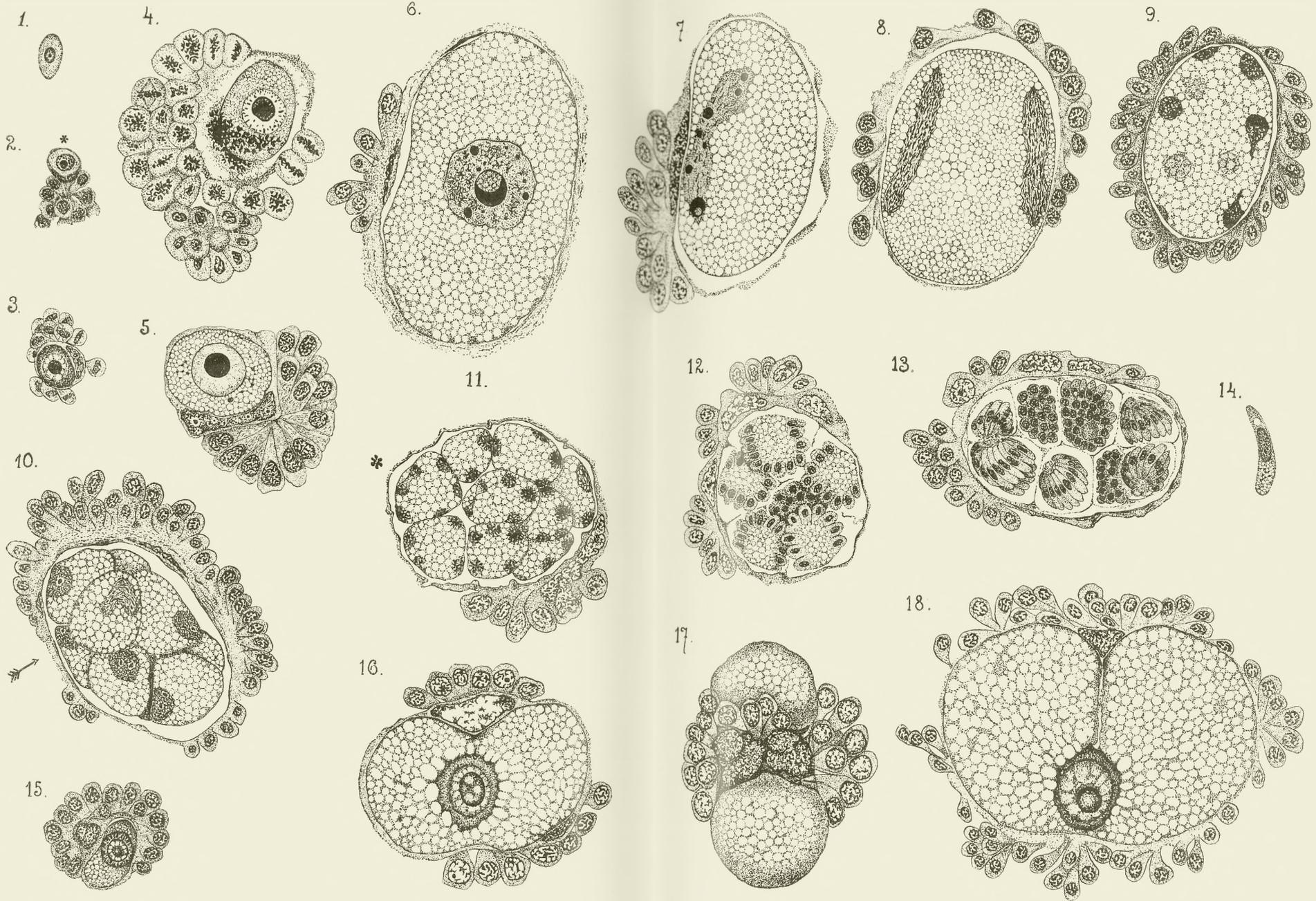
Tafel XIII.

- 1) Reifer Sporozoit aus einer intakten Sporocyste.
- 2) Junges Coccidium in einer Spermatogonie (bei *).
- 3) Älteres Stadium der Fig. 2.
- 4) Ein Spermatogonienbündel in karyokinetischer Teilung^o begriffen. Der Riesenkern in Chromosomen geteilt.
- 5) Caryotropha in einer hyperchromatischen Zelle.
- 6) Reifes, indifferentes Individuum.
- 7) Erste Kernteilung des Coccidiums.
- 8) Zweite Kernteilung.
- 9) Weitere Kernteilungen.
- 10) Stadium der Cytomeren; in der Richtung von \rightarrow ist die erste Teilung des Cytomerenkernes sichtbar.
- 11) Weitere Kernteilungen in den Cytomeren; bei * eine sehr deutliche Teilung.
- 12) Beginn der Bildung von Merozoiten.
- 13) Merozoiten in der Wirtszelle.
- 14) Ein reifer Merozoit.
- 15) Ein eben in eine Wirtszelle eingedrungener Merozoit.
- 16) Stadium des raschen Wachstums des Coccidiums.
- 17) Dasselbe Stadium wie Fig. 16, nur von der Seite des Wirtskernes aus gesehen.
- 18) Coccidium, in dem der Verbindungskanal zwischen dem Wirtskerne und seinem eigenen Kerne sichtbar ist.

Tafel XIV.

- 19) Caryotropha in einer Wirtszelle mit der sich andere Zellen vereinigen.
- 20) Ein anderes Stadium der Fig. 19. Im Protoplasma ein Chromidialfaden.



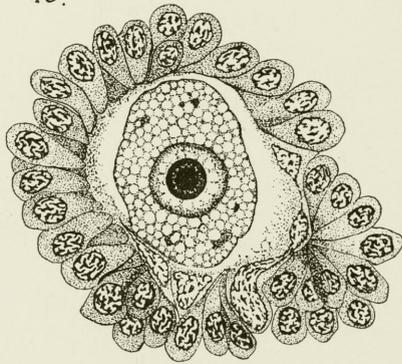


M. Siedlecki.

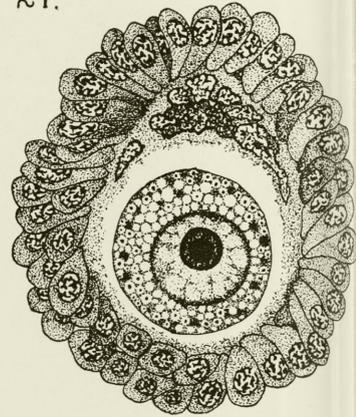
DRUKARNIA UNIWERSYTETU JAGIELLOŃSKIEGO W KRAKOWIE.



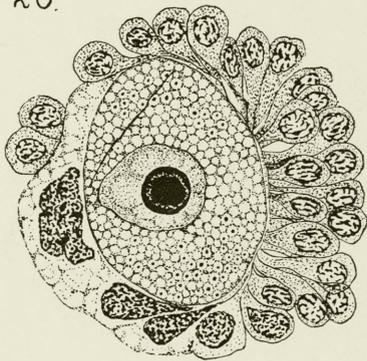
19.



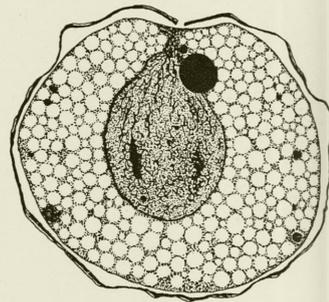
21.



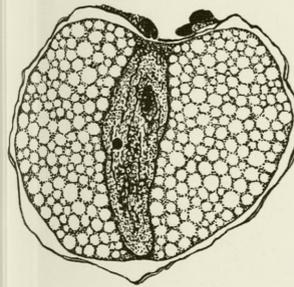
20.



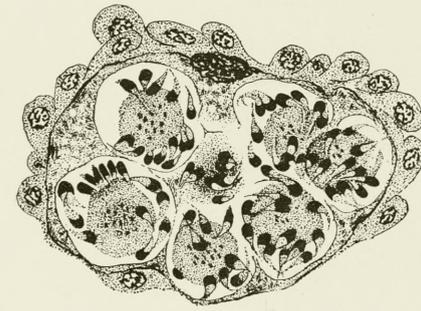
22.



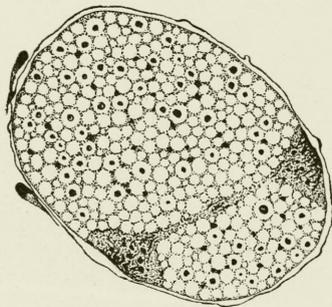
26.



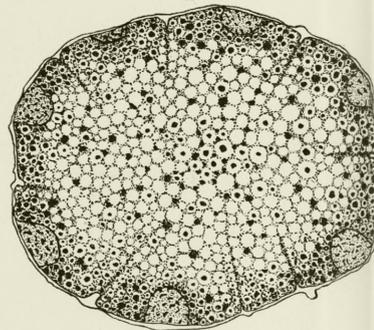
25.



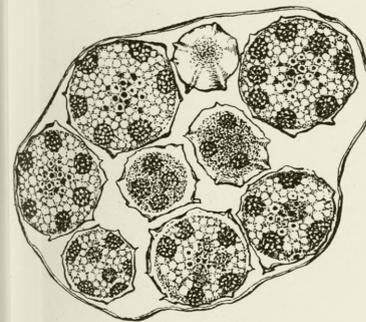
27.



28.



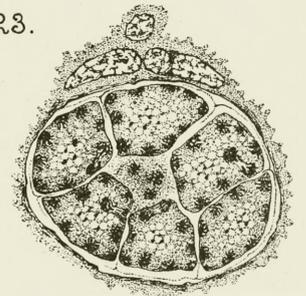
29.



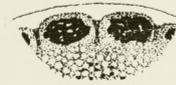
30.



23.



a



b

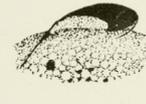


c

24.



d



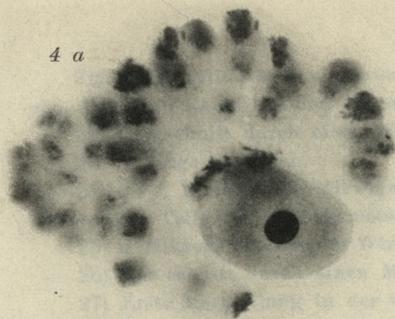
e



f



4 a



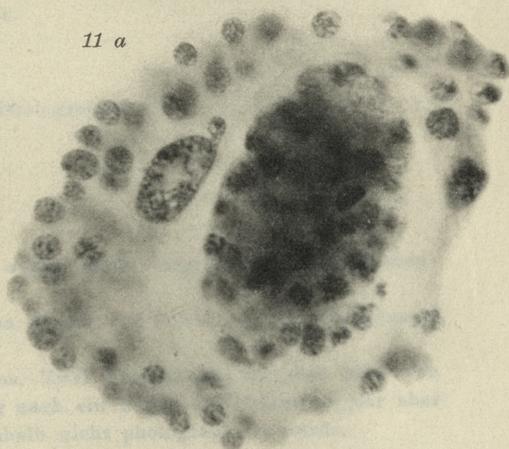
32



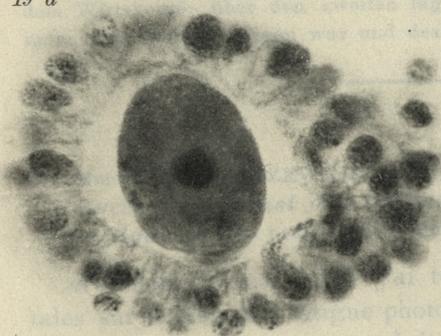
31



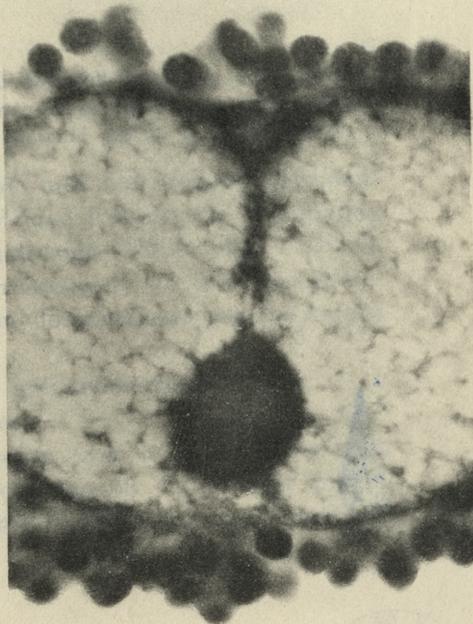
11 a



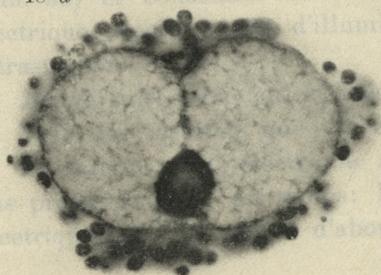
19 a



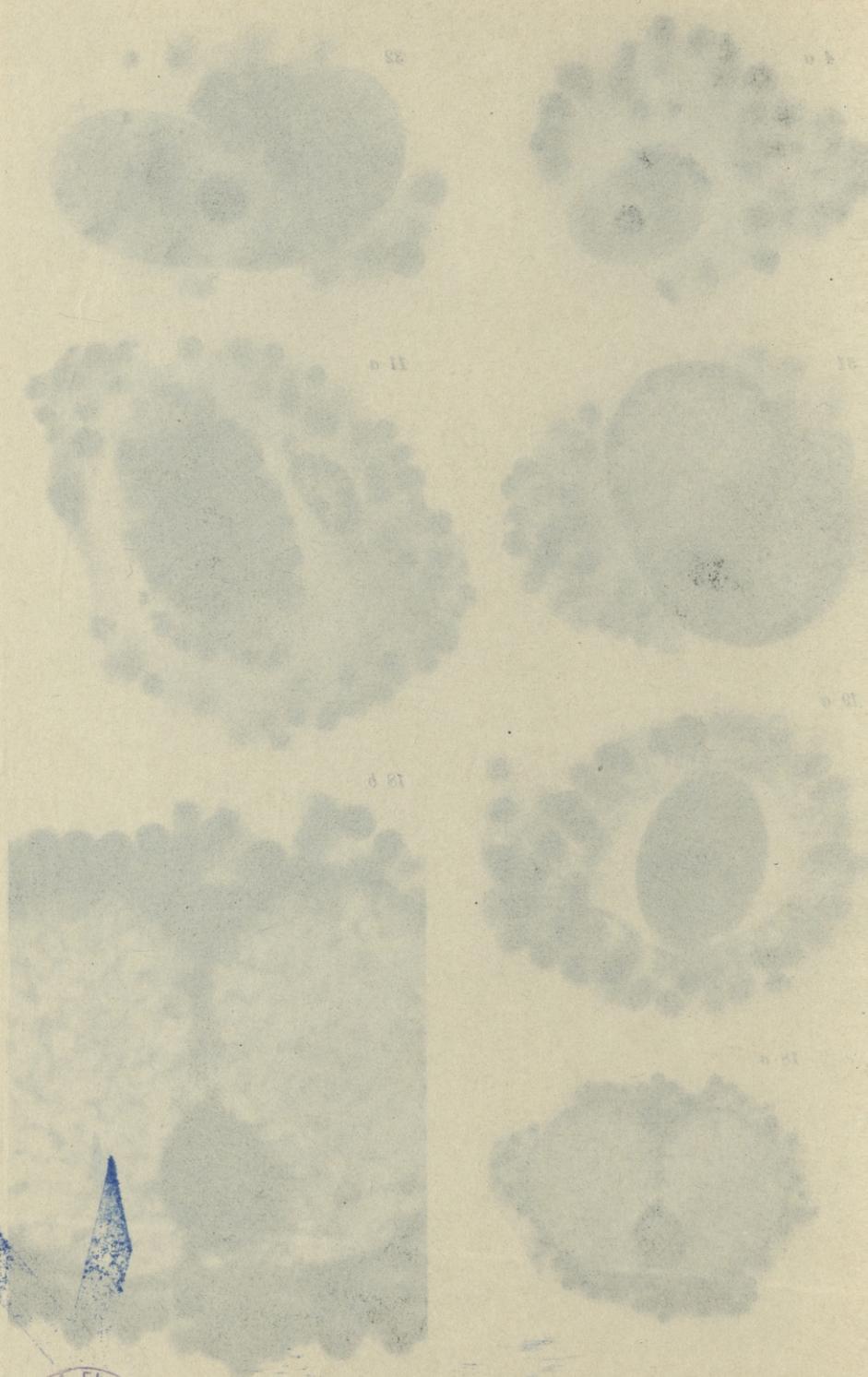
18 b



18 a



M. Siedlecki fot.



- 21) Querschnitt durch eine von den epithelioiden Zellen umgebene Caryotropha. Der freie Raum um den Parasiten ist infolge der Reagentien entstanden.
- 22) Querschnitt durch einen Makrogameten; Ausstoßung des Karyosoms.
- 23) Mikrogametocyten.
- 24) *a-f.* Bildung der Mikrogameten; *d, e* Ausstoßung des Karyosoms. — Es wurden nur Teile des Mikrogametocyten gezeichnet.
- 25) *a* Mikrogameten in der Wirtszelle, *b* Mikrogameten von zwei Seiten gesehen.
- 26) Que schnitt durch einen Makrogameten unmittelbar nach der Befruchtung.
- 27) Erste Kernteilung in der Oocyste.
- 28) Entstehung der Sporocysten.
- 29) Sporocysten in der Oocystenhülle.
- 30) Sporocyste mit Sporozoiten.

Tafel XV (Photographisch).

- 4 *a*) Entspricht der Zeichnung 4.
- 11 *a*) " " " 11.
- 18 *a*) " " " 18.
- 19 *a*) " " " 19.
- 18 *b*) Der mittlere Teil der Fig. 18 *a* sehr stark vergrößert, um den Verbindungskanal zu zeigen.
- 31) Entwicklung des Makrogameten. Strang von Fettkörnern im Protoplasma zwischen beiden Kernen gut sichtbar.
- 32) Entwicklung des Makrogameten. Zwei Fettstränge; der eine geht von dem Wirtskerne; über den zweiten lag auch ein Teil des Wirtskernes, der aber in anderer Fläche gelegen war und deshalb nicht photographiert wurde.

27. Mme MARIE SADZEWICZ. O znużeniu fotoelektrycznym płyt metalowych. (*Sur l'ainsi dite fatigue photo-électrique des plaques métalliques*). Note préliminaire. Mémoire présenté par M. A. Witkowski m. t.

Au mois de mai 1906 j'ai terminé mes recherches expérimentales sur l'ainsi dite fatigue photo-électrique des plaques métalliques, phénomène accompagnant celui de Hallvachs (Hallvachs — Wied. Ann. 33) et consistant dans le décroissement du courant photo-électrique avec le temps d'illumination de la cathode par des rayons ultra-violets.

Je me suis servie de la méthode galvanométrique.

Voici les résultats que j'ai obtenus.

La fatigue photo-électrique augmente avec le temps, mais n'est pas proportionnelle au temps: le décroissement du courant photo-électrique est plus rapide d'abord, ensuite le courant ne décroît que

peu. Le degré de la fatigue ne dépendant pas de l'intensité primitive du courant photo-électrique, de l'état électrique de la plaque pendant l'illumination, ni de sa sensibilité photo-électrique, — le phénomène de fatigue ne fait pas part des phénomènes électriques proprement dits, (il est plutôt un phénomène lumineux) et n'est pas en liaison étroite avec le phénomène de Hallvachs.

La fatigue ne consiste pas uniquement dans le changement des qualités physiques de la surface métallique sous l'action de la lumière (corrosion); l'absorption de l'ozone sur la surface du métal n'est pas, non plus, la cause principale de la fatigue, car ce phénomène a lieu à un degré considérable dans tous les gaz (oxygène, hydrogène, azote, acide carbonique) que j'ai examinés. D'autre part, en changeant l'état de l'atmosphère qui entoure la plaque, on observe un changement remarquable dans le degré de la fatigue. J'ai observé qu'ayant enlevé partiellement l'atmosphère de la surface de la plaque métallique, en la couvrant immédiatement, pendant l'illumination, d'une lame de quartz, la fatigue n'a presque plus lieu; en faisant passer par la cellule photo-électrique un courant abondant de gaz, la fatigue est bien moindre que dans le même gaz restant en repos. L'atmosphère de gaz entourant la plaque illuminée est donc le facteur indispensable dans le phénomène de la fatigue. Les rayons ultra-violet, étant un facteur important et favorable à la fatigue, ne sont pas cependant indispensables pour que ce phénomène ait lieu (ce phénomène se produit aussi dans l'obscurité, quoique à un degré bien plus faible).

Le phénomène de la fatigue a lieu dans la couche limite où le métal et le gaz se touchent.

D'ailleurs il est encore difficile de décider, si c'est l'hypothèse de l'absorption du gaz sur la surface du métal, absorption favorisée par les rayons ultra-violet, ou bien une autre hypothèse quelconque qui rendrait compte le mieux de l'action de ces trois facteurs.

Ces recherches ont été poursuivies dans le laboratoire de l'Institut de Physique à Léopol.

Qu'il me soit permis d'exprimer ici ma reconnaissance sincère à M. le Professeur I. Zakrzewski, Directeur de l'Institut, pour la bienveillance et l'intérêt avec lequel il suivait mon travail et pour les bons conseils qu'il m'a prodigués.

28. M. K. WÓJCIK. *Exotica fliszowe Kruhela Wielkiego pod Przemyślem. (Exotische Blöcke im Flysch von Kruhel Wielki bei Przemyśl). (Blocs exotiques dans le flysch de Kruhel Wielki près de Przemyśl)*. Erschienen im Jahre 1906 in den Berichten der physiographischen Kommission, Band XLII.

I.

Einleitung.

Aus dem Jahre 1876 stammt von Prof. J. Niedźwiedzki die erste Mitteilung über den Jura von Kruhel Wielki, einer ungefähr 5 km von Przemyśl entfernten Ortschaft¹⁾. Seit dieser Zeit wiederholten sich in der geologischen Literatur Nachrichten über diesen Gegenstand. Fast jeder Geologe, der sich mit der karpatischen Klippenfrage, beziehungsweise mit der der exotischen Blöcke wie auch mit der Verbreitung des Jura in Polen beschäftigte, erwähnte Kruhel als ein klassisches Beispiel einer nordkarpatischen Klippe.

Wenn man von dem glazialen sowie dem eozänen Drift-Erklärungsversuch der großen Anhäufung von exotischem Material in der Gegend von Przemyśl absieht²⁾, kann man die überaus mannigfachen Ansichten über die Genese der nordkarpatischen Klippen und zum Teil auch über die der exotischen Blöcke in drei Hauptgruppen einteilen.

Niedźwiedzki betrachtet die nordkarpatischen Klippen und vor allem die von Kruhel als echte, an Ort und Stelle entstandene, jurassische Korallenklippen, die dann in der Kreide- und Eozänzeit das Material für die exotischen Blöcke in den sie umhüllenden Flyschbildungen lieferten. Dieser Meinung haben sich die meisten Geologen angeschlossen, und Kruhel Wielki speziell ist von Prof.

¹⁾ J. Niedźwiedzki: *Spostrzeżenia geol. w okolicy Przemyśla*. Kosmos, Lemberg 1876.

— *Beiträge z. Geologie d. Karpaten*. J. d. g. R. A. 26, Wien 1876.

— *Przyczynek do geologii pobrzeża Karpat przemyskich*. Kosmos, Lemberg 1901.

²⁾ Jack. Horne: *Glacial Drift in the North-Eastern Carpathians*. *Quarterly Journal*. London 1877.

A. Rzehak: *Die jurassischen Kalkgerölle im Diluvium v. Mähren u. Galizien*. J. g. R. A. 29, Wien 1879.

L. Szajnocha¹⁾ und mit noch größerem Nachdruck von Prof. R. Zuber²⁾ in seiner letzten Notiz erwähnt worden. Eine ähnliche Bemerkung über den Kruhel findet sich selbstverständlich in der Arbeit des letztgenannten Autors über die Herkunft der exotischen Blöcke des ostkarpatischen Flysches³⁾. Am ausführlichsten wird aber die Klippenfrage in obengenannter Weise von Prof. V. Uhlig besonders in seiner letzten diesen Gegenstand betreffenden Arbeit behandelt⁴⁾. Er erwähnt in dieser Arbeit die Klippe von Kruhel zu wiederholten Malen und betrachtet dabei die Flyschbildungen der Gegend von Przemyśl, nämlich die Schichten von Pralkowce, als Klippenhülle.

Eine andere jetzt für die Nordalpen fast allgemein anerkannte Ansicht über die Genese der Klippen ist auch in die Karpaten-Geologie von Prof. M. Lugeon eingeführt⁵⁾ und von Herrn M. Limanowski weiter entwickelt und verallgemeinert worden⁶⁾. Nach dem letzteren sollen die nordkarpatischen Klippen und die exotischen Blöcke entweder aus fernem Süden oder Südwesten stammende, von dem Untergrunde abgelöste und in die karpatischen Flyschgesteine gebrachte Elemente sein, oder sie sollen Reste einer über den Flysch überschobenen Decke südlichen Ursprungs bilden. Nach dieser Theorie ließen sich die schon von Hohenegger zitierten und sämtlichen Karpaten-Geologen bekannten Tatsachen leichter erklären, daß manche nordkarpatische Klippen durch Steinbruchbetrieb gänzlich ausgebeutet worden sind, ohne jede Spur einer Verbindung mit dem Untergrunde zu zeigen. Sie mußten also als wurzellose Blockklippen im Flysch stecken.

Wenn sowohl die erste als auch die andere Theorie den Jura der nordkarpatischen Klippen als einen Teil des der südeuropäischen

¹⁾ W. Szajnocha: Atlas geol. Galicyi. Heft XIII. Krakau 1901.

²⁾ R. Zuber: Notatki geologiczne. Kosmos. Lemberg. 1905.

³⁾ R. Zuber: Neue Karpatenstudien. J. d. g. R. A. 52. Wien 1902.

⁴⁾ V. Uhlig: Über die Klippen d. Karpaten. Congrès géol. intern. C. R. IX. S. Vienne. 1903.

— Bau u. Bild d. Karpaten. Wien 1903.

⁵⁾ M. Lugeon: Les nappes de recouvrement de la Tatra et l'origine des Klippes des Carpathes. Bul. de labor. géol. de l'université de Lausanne. Lausanne 1903.

⁶⁾ M. Limanowski: Rzut oka na architekturę Karpat. Kosmos. Lemberg 1905.

— Sur la genèse des Klippes des Carpathes. Bul. de la Soc. géol. de France. Paris 1906.

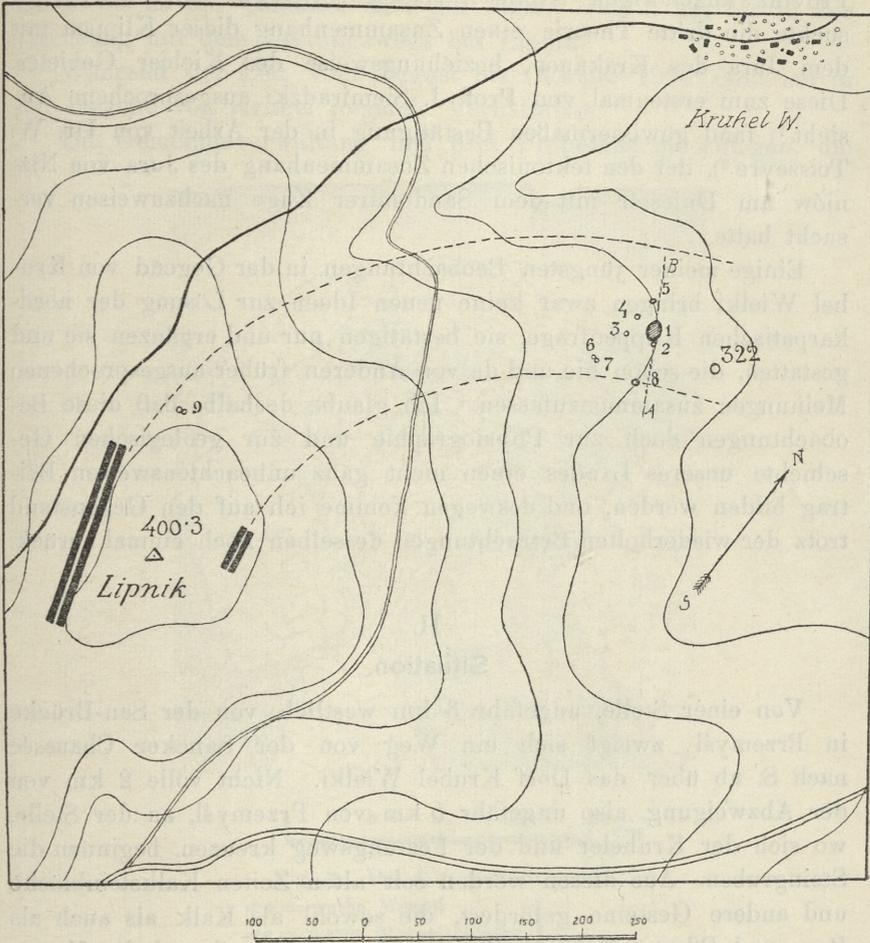


Fig. 1. Situationskizze.

Die Zahlen im Maßstabe sind in Metern angegeben.

- 1-9 = die im Text besprochenen Aufschlüsse.
 1 = Juraklippe
 2 = der 12 m tiefe Schacht
 3 = " 8 " " "
 4 = " 4 " " "
 5 = die auf Fig. 3. dargestellte Entblößung
 6 = " " " 4. " "
 7 = " " " 5. " "
 8 = " " " 6. " "
 9 = " " " 8. " "
 11 = die größeren Konglomerat-Aufschlüsse
 A B = Profilinie.

Provinz angehörigen Alpin-Karpatischen Zuges betrachteten, so suchte die dritte Theorie einen Zusammenhang dieser Klippen mit dem Jura des Krakauer, beziehungsweise des Kielcer Gebietes. Diese zum erstenmal von Prof. J. Siemiradzki ausgesprochene Ansicht¹⁾ fand gewissermaßen Bestätigung in der Arbeit von Dr. W. Teisseyre²⁾, der den tektonischen Zusammenhang des Jura von Nizniów am Dniester mit dem Sandomirer Zuge nachzuweisen versucht hatte.

Einige meiner jüngsten Beobachtungen in der Gegend von Kruhel Wielki bringen zwar keine neuen Ideen zur Lösung der nord-karpatischen Klippenfrage, sie bestätigen nur und ergänzen sie und gestatten, die schon hie und da von Anderen früher ausgesprochenen Meinungen zusammenzufassen. Ich glaube deshalb, daß diese Beobachtungen doch zur Physiographie und zur geologischen Geschichte unseres Landes einen nicht ganz unbeachtenswerten Beitrag bilden werden, und deswegen komme ich auf den Gegenstand trotz der wiederholten Betrachtungen desselben noch einmal zurück.

II.

Situation.

Von einer Stelle, ungefähr 3 km westlich von der San-Brücke in Przemyśl, zweigt sich ein Weg von der Sanoker Chaussée nach S. ab über das Dorf Kruhel Wielki. Nicht volle 2 km von der Abzweigung, also ungefähr 5 km von Przemyśl, an der Stelle, wo sich der Kruheler und der Festungsweg kreuzen, beginnen die Steingruben. Aus diesen werden seit alten Zeiten Kalksteinblöcke und andere Gesteine gefördert, die sowohl als Kalk als auch als Bau- und Pflaster-Material für die Stadt Przemyśl und die Umgebung dienen. Solche Steingruben befinden sich auf dem ganzen flachen Lipnik-Hügel sowie auf dem schwach geneigten Abhange von Kruhel. Auf dem Kruheler Abhange befindet sich ebenfalls die von Niedźwiedzki entdeckte Juraklippe.

¹⁾ J. Siemiradzki: Über die Gliederung u. Verbreitung d. Jura in Polen. Jahrb. d. G. R. A. 29. Wien 1889.

— Szkic geol. król. Polsk. Pamiętnik fizyogr. XI. Warschau 1891.

— Geologia ziem polskich. Lemberg 1903.

²⁾ W. Teisseyre: Der paläozoische Horst v. Podolien u. die umgebenden Senkungsfelder. Beiträge z. Pal. u. Geol. Öster. u. d. Orients. 15. Wien 1903.

Ein näherer Weg führt zu diesen Brüchen über die Tatarska-Gasse bis zu der Chaussée und auf dieser etwa 3 km bis zu der Kreuzung mit dem Festungswege bei Lipnik.

Während der Zeit vom August bis Oktober 1906 fand ich in der Gegend von Kruhel folgende Verhältnisse.

Die Gemeindeverwaltung ließ drei Probeschächte anlegen, um

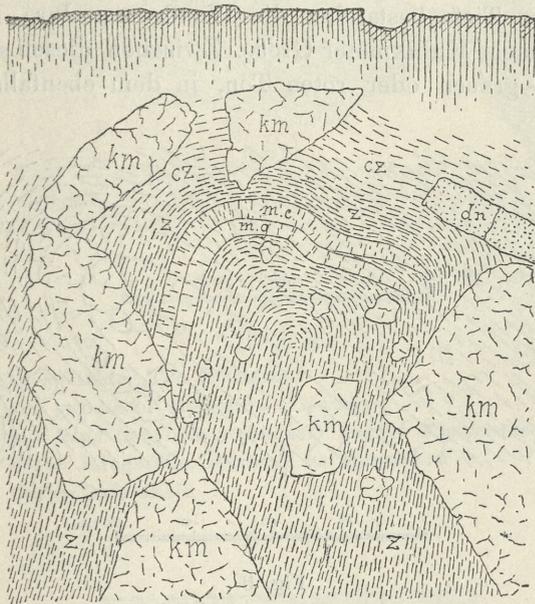


Fig. 2. Der 4 m tiefe Schacht.

<i>mg</i> = weiße Mergel	} Flysch
<i>me</i> = weiße Mergelschiefer	
<i>z</i> = grünlicher Mergelton	
<i>cz</i> = roter Ton	
<i>km</i> = Jurablöcke (Kimmeridge)	
<i>dm</i> = Nulliporendolomit (Trias)	

sich endlich einmal zu überzeugen, ob die Kruheler Klippe, die das Eigentum der Stadt bildet, sich tatsächlich in die Tiefe erstreckt und ob sich die Exploitation des Kalksteins in größerem Betriebe lohnen wird. Man stützte sich dabei hauptsächlich auf die fachmännischen Erklärungen von Prof. Niedźwiecki und Prof. Zuber. Im Augenblicke als ich diese Schächte sah, war einer von ihnen

4 m, der andere mehr als 8, der dritte ungefähr 12 m tief. Der 8-metrig Schacht war 12 m SW. von der Klippe entfernt, der 12-metrig dagegen befand sich dicht an ihrer Ostseite. Die zwei tieferen Schächte hatten $1\frac{1}{2}$ m, der seichteste 3 m im Geviert.

In diesen Schächten fand ich keine Spur, die eine Ausbreitung der Klippe nach der Tiefe andeuten könnte. Auf allen Seiten und in der ganzen Tiefe bestanden die Wände aus Jura-Blöcken von einem oder mehr Kubikmeter Größe. Zwischen diesen sah man grünen, dunkel-grauen oder roten Ton, in dem ebenfalls eine mehr

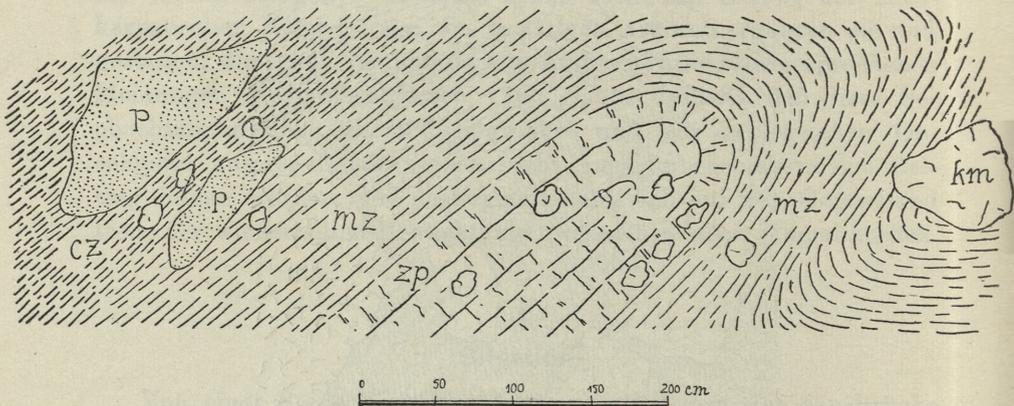


Fig. 3.

<i>mg</i> (im Kerne der Antikline) = weiße Mergel	} Flysch
<i>zp</i> = gelblicher Sandstein	
<i>mz</i> = grünlicher Mergelton	
<i>km</i> = Jurablöcke (Kimmeridge)	
<i>p</i> = mürber Sandstein.	

oder minder große Anzahl von kleinen meist gut abgerundeten Jura-Geröllen steckte. Diese überwältigten den Ton, besonders die im westlichen Schachte stellenweise so sehr, daß das die Wand bildende Gestein ganz einem wirklichen, nur ziemlich lose verbundenen Konglomerat glich. Eine Fortsetzung der in den Schächten auftretenden Tone bildet die Tonpartie, die die Klippe von Osten umhüllt und noch im vorigen Jahre sie an der nördlichen Seite teils von oben umhüllte.

Die beiden oben beschriebenen Schächte existieren jetzt leider nicht mehr. Der tiefere ist von selbst einige Tage später einge-

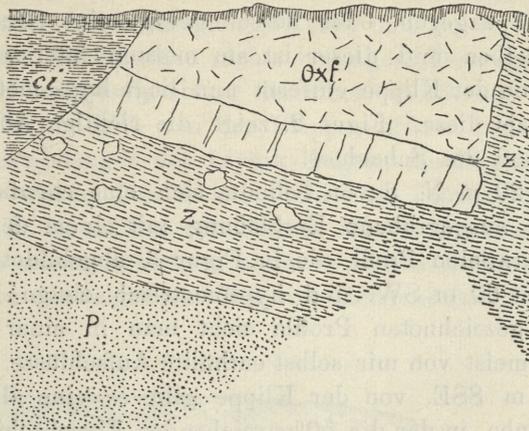


Fig. 4.

ci = dunkler Ton (Plistozän)
z = grünlicher Mergelton (Flysch)
p = Sand (möglicherweise sehr mürber Flyschsandstein)
km = Juragerölle, zerstreut im Mergelton
Oxf = Oxfordkalk.

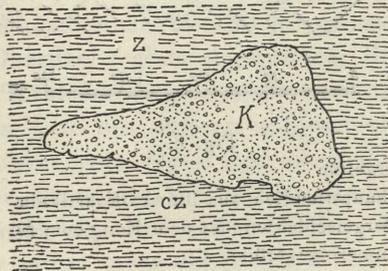


Fig. 5.

z = grünlicher Mergelton } Flysch
cz = roter Ton }
k = Oolithkonglomerat (Kellaway).

stürzt, der andere ist von den Arbeitern verschüttet worden. Der dritte Schacht dagegen, oder besser gesagt eine Grube, soll unverschüttet bleiben und dieser ist am meisten interessant. Er ist 20 m NW. von der Klippe entfernt und liegt hypsometrisch einige Meter tiefer als diese. Figur 2. zeigt die richtige Abbildung der südlichen Wand des Schachtes.

Ungefähr 20 m N. davon befindet sich eine ebenfalls von den Steinarbeitern ausgegrabene Entblößung mit einem dem oben angegebenen parallelen Profil, die in Figur 3. abgebildet ist.

Nicht volle 60 m SW. und hypsometrisch einige Meter höher als die oben gezeichneten Profile sieht man in einer Steingrube zwei fernere, meist von mir selbst enthüllte Aufschlüsse. Fig. 4 u. 5.

Etwa 40 m SSE. von der Klippe gibt es eine alte, ziemlich große Steingrube, in der die 50° streichenden Flyschschichten sicht-

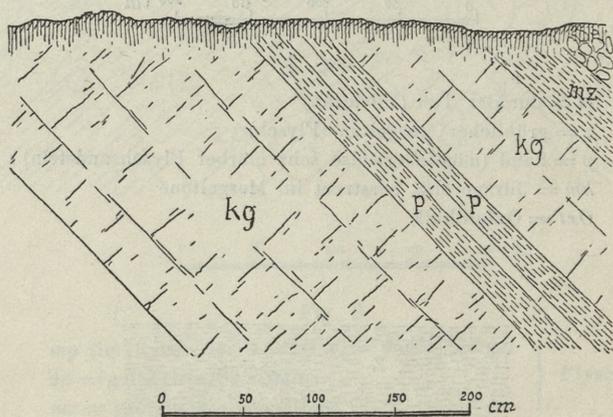


Fig. 6.

mz = grünlicher Mergelton

kg = Konglomerat, hauptsächlich aus Jurakalkpartikeln

p = Sandstein- u. Mergelschichten mit dem Konglomerat wechselnd
oben rechts lose Kimmeridgegerölle.

} Flysch

bar sind. Das Einfallen der Schichten ist 60° NW. (Fig. 6). Später im Herbst wurden an dieser Stelle die Arbeiten wieder aufgenommen und die mächtigen, mit weichen Sandsteinen und Mergelschichten wechselnden Konglomeratbänke aufgeschlossen.

Außer den beschriebenen Aufschlüssen befindet sich auf dem Kruheler Abhänge eine größere Anzahl von kleinen Gruben und

Steinbrüchen. Indessen stecken die Blöcke, die hier gewonnen werden, im Ton oder Lehm in solcher Weise, daß sie zur Aufklärung der geologischen Verhältnisse nichts beitragen. Deswegen erscheint eine ausführlichere Beschreibung derselben überflüssig.

Ungefähr 500 m SW. von der Klippe entfernt liegt eine große Partie des Westabhanges des Lipnik-Hügels, die durch Steinbrüche aufgeschlossen wurde. Den Abhang bildet ein deutlich geschichtetes Konglomerat. Es ist auf der verwitterten Oberfläche ziemlich mürbe und innerhalb seiner Schichten kommen selten linsenförmige Einlagerungen von dunkelgrauem Ton vor. Meistens ist dieses Konglo-

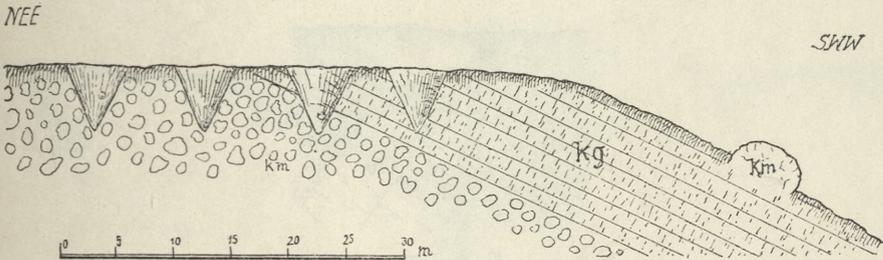


Fig. 7.

kg = Konglomerat (Flysch).

km = Jurablöcke und Gerölle (Kimmeridge).

merat feinkörnig; nur hie und da gibt es etwas größere Stücke und ich fand nur einmal einen 25—30 m³ großen Block. Dieser auf der sichtbaren Oberfläche glatt abgerundete Block steht bezüglich der Größe der Kruheler Klippe nicht viel nach. Er befindet sich ungefähr in der Mitte des unteren aufgeschlossenen Teiles des Lipnik-Abhanges unweit vom Jägerhause oberhalb des von Kruheli Wielki nach Helicha führenden Weges. Das Streichen der Konglomeratschichten ist 165°, das Fallen 25° W. Ihre Mächtigkeit kann man auf 10 m oder etwas mehr schätzen.

Auf dem flachen Scheitel des Berges gibt es viele durch Exploitation von Jurablöcken entstandene Steingruben. Die Wände der dem Westabhange am nächsten liegenden Gruben bildet dasselbe Konglomerat, das am Abhange entblößt ist. Die Wände der etwas weiter östlich gelegenen Gruben zeigen in ihrem oberen Teile ein Konglomerat, welches tiefer in ein anderes aus immer größeren und loser verbundenen Geröllen und Blöcken bestehendes

übergeht. Sowohl am Grunde dieser Gruben, wie auch in den noch östlicher gelegenen sieht man auf der ganzen Höhe schon nur fast ganz lose in Ton steckende und meist große Blöcke. Die Verhältnisse sind denen in den Schächten und Aufschlüssen oberhalb Kruhel gleich.

Fig. 7. stellt das Profil des Abhanges und der Steingruben am Lipnik-Berge dar.

Etwa 50 m N. und hypsometrisch einige Meter tiefer als die entblößten Konglomeratschichten findet man den auf Fig. 8 dargestellten Aufschluß. Auf dem Lipnik-Scheitel ungefähr 120 m E.

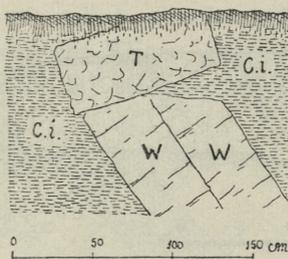


Fig. 8.

ci = roter Ton (Flysch)

W = Kohlenkalk

T = Triasdolomit.

von dem westlichen Berggehänge ist in den letzten Zeiten ein mit Ton-, Mergel- und Sandsteinschichten wechselndes Konglomerat-Komplex aufgeschlossen worden. Sein Streichen und Einfallen entsprechen vollständig denen des Konglomerats vom Lipnik-Gehänge, seine Beschaffenheit, d. i. die Mächtigkeit und das Wechseln mit anderen Schichten entspricht dem Aufschlusse am Abhange oberhalb Kruhels.

Auf grund aller dieser Aufschlüsse kann man leicht den Schluß ziehen, daß dieses ganze, petrographisch so mannigfaltige Material den Flyschbildungen angehört.

Manche Jurablöcke, zu denen auch der große Block bei dem Jägerhause gehört, bilden Komponenten des feinkörnigen Konglomerates am Lipnik-Abhange.

Dagegen die anderen aus den Gruben am Lipnik Scheitel und weiter NE. oberhalb von Kruhel Wielki geförderten Blöcke sind gewöhnliche exotische Blöcke. Sie stecken entweder als abgerundete Blöcke in deutlich geschichteten Tonen und Mergeln, was auf Fig. 2 und 3 sichtbar ist, oder wenn ihr Material weich und mürbe war, ist ihr peripherer Teil in dem sie umhüllenden Flysch gewissermaßen verflossen, was aus den Fig. 5 und teils aus Fig. 4 besonders aber aus dem faunistischen Gehalte der betreffenden geschlammten Flyschproben ersichtlich ist.

Manchmal bilden diese Blöcke nur eine große Anhäufung von

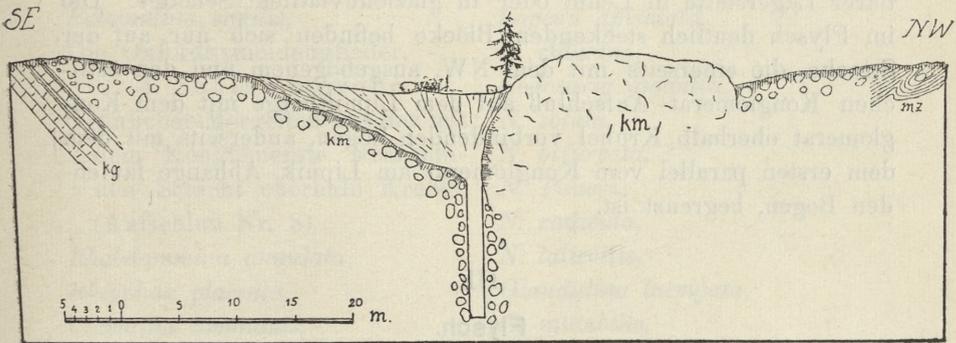


Fig. 9 Profil längs AB in der Situationsskizze.

kg = Konglomerat
 mz = grünlicher Mergelton und weißer Mergel } Flysch
 km = lose liegende Jurablöcke (meist Kimmeridge).

exotischem, ziemlich lose miteinander verbundenem Material, so wie es Prof. Uhlig aus den Westgalizischen Karpaten, aus den Bonarówka-Schichten beschrieben hat ¹⁾. Die Kruheler Gesteinsanhäufung ähnelt auch dem ostkarpatischen Konglomerat aus Słoboda rungórska, unterscheidet sich jedoch von dem letzteren dadurch, daß wenn auch die Mannigfaltigkeit seiner Komponenten ziemlich groß ist, darin der Masse nach die Jurablöcke doch bei weitem sämtliche anderen Gesteine überwiegen.

Hierher gehört selbstverständlich auch der Block, der von Prof. Niedźwiecki als anstehende, dem Untergrunde angehörende Klippe

¹⁾ V. Uhlig: Ergebnisse geologischer Aufnahmen in den westgalizischen Karpaten. J. d. G. R. A. 38. Wien 1888. S. 235–244.

betrachtet wird. Der an der Oberfläche sichtbare Teil dieses Blockes besitzt jetzt folgende Ausmaße. In der Richtung NS. 17·30 m, in der Richtung WE. 9·40 m und die sichtbare Höhe 7 m. Daß dieser Block aber tatsächlich keine in der Tiefe wurzelnde Klippe ist, ergibt sich aus der Beschreibung der Probeschächte sowie auch aus der Zusammenstellung des folgenden Profils (Fig. 9)

Die ganze Umgebung von Krudel Wielki bis auf 3—4 km im Umkreis ist mit neuen oder alten Gruben und Steinbrüchen wie besät, aus denen die Jurablöcke gewonnen werden. Diese Blöcke befinden sich jedoch auf sekundärer, oder richtiger gesagt, auf tertiärer Lagerstätte in Lehm oder in glaziofluviatilen Schotter. Die im Flysch deutlich steckenden Blöcke befinden sich nur auf der Strecke, die einerseits mit dem NW. ausgebogenem und den östlichen Konglomerat-Aufschluß auf dem Lipnikberge mit dem Konglomerat oberhalb Krudel verbindenden Bogen, andererseits mit dem dem ersten parallel vom Konglomerat am Lipnik-Abhänge laufenden Bogen, begrenzt ist.

III.

Flysch.

Als erste spezielle Aufgabe unserer Arbeit betrachten wir die Altersbestimmung der das oben angeführte exotische Material führenden Flyschbildungen. Der Flysch der Krudeler Gegend besteht aus schwarzen, grauen und roten Tonen, aus hellgrünlichen, gelblich weißen und fast ganz weißen Mergeln. Außerdem gehören dazu die dünn geschichteten, mürben Sandsteine sowie zuweilen mächtige Konglomeratbänke, die meistens aus oberjurassischen, gewöhnlich Stramberger Kalk genannten Kalkgeröllen zusammengesetzt sind.

Die Konglomerate und Sandsteine von Krudel lieferten keine Fauna, die Ton- und Mergelproben dagegen nach dem Schlämmen folgende mikro-faunistische Resultate:

- | | |
|--|---|
| 1. Schlammprobe. | 2. Schlammprobe. |
| Dunkler Ton aus dem Konglomerate vom Lipnik-Gehänge. | Roter Ton aus dem Aufschluß Nr. 7. |
| <i>Rhabdammina annulata</i> , | Die Kelloway-Bryozoën und einige nicht bestimmbare Foraminiferen. |
| <i>Ammodiscus serpens</i> , | |
| <i>Trochammina acervulata</i> . | |

3. Schlammprobe.

Grünlicher Mergelton aus dem
Aufschluß Nr. 6.

Bigenerina capreolus,
Clavulina Szabói,
C. parisiensis v. *humilis*,
Gaudryina Reussi,
Bolivina melettica,
Pleurostomella eocena,
Cristellaria gladius,
Pulvinulina similis,

Die Oxfordkrinoidenglieder.

4. Schlammprobe.

Grünlicher Mergelton aus der mit
dem Konglomerate wechselnden
Schicht oberhalb Kruhel.
(Aufschluß Nr. 8).

Rhabdammina annulata,
Rheophax placenta,
Clavulina communis,
Ammodiscus polygyrus,
Trochammina coronata,
T. aceroulata,

Bruchstücke von Kelloway-Bryo-
ozoën?

5. Schlammprobe.

Grauer, die Kruheler Klippe um-
hüllender Ton.

Unbestimmbarer Fischzahn und
capitulum femoris eines Reptils
oder Amphibiems.

Gaudryina chilostoma.

6. Schlammprobe.

Hellgelblicher Mergel aus dem
Aufschluß Nr. 4.

Nodosoria acuta,
Bigenerina capreolus,
Clavulina parisiensis,
C. communis,

C. budensis,
Gaudryina Reussi,
Bolivina melettica,
Allomorphina macrostoma,
Pulvinulina elegans,
Orbitoides dispansa,
O. aspera.

7. Schlammprobe.

Weißer Mergel aus dem Ausschluß
Nr. 5.

Lagena apiculata,
L. cidarina,
Nodosaria gigantea,
N. soluta,
N. bifurcata,
N. Paueri,
N. radricula,
N. laticollis,
Glandulina laevigata,
G. mutabilis,
G. subinflata,
Bigenerina pennatula,
Clavulina Szabói,
C. budensis,
C. parisiensis,
C. „ v. humilis,
Gaudryina Reussi,
G. rugosa,
G. subrotundata,
G. siphonella,
Verneuilina variabilis,
V. propinqua,
Bulimina pupoides,
Polymorphina ovata,
P. gibba,
Flabellina budensis,
Pullenia bulloides,
Bolivina melletica,
Cristellaria arcuata,

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| <i>C. propinqua,</i> | <i>T. conglobata,</i> |
| <i>C. Kochi,</i> | <i>T. deformis,</i> |
| <i>C. depauperata,</i> | <i>T. contorta,</i> |
| <i>C. confusa,</i> | <i>T. coronata,</i> |
| <i>C. prominula,</i> | <i>T. stommata,</i> |
| <i>C. crepidula,</i> | <i>T. nucleolus,</i> |
| <i>C. irregularis,</i> | <i>T. acervulata,</i> |
| <i>C. cymboides,</i> | <i>Cyclammmina retrosepta,</i> |
| <i>C. elegans,</i> | <i>Rotalia orbicularis,</i> |
| <i>C. minima,</i> | <i>Pulvinulina elegans,</i> |
| <i>Marginulina pediformis,</i> | <i>Discorbiua Bertheloti,</i> |
| <i>M. subbullata,</i> | <i>Truncatulina grosserugosa,</i> |
| <i>Ammodiscus polygyrus,</i> | <i>T. propinqua,</i> |
| <i>A. serpens,</i> | Bryozoën und Ostracoden. |
| <i>Allomorphina macrostoma,</i> | 8. Schlä m p r o b e. |
| <i>Trochammmina elegans,</i> | Roter Ton aus dem Aufschluß |
| <i>T. variolaria,</i> | Nr. 9 lieferte keine Fossilien. |
| <i>T. lamellosa,</i> | |

Siehe Tab. Seite 713—714.

Die aus den einzelnen Punkten stammenden untersuchten Proben zeigen eine überaus große Mannigfaltigkeit der Formen, als auch besonders großen Reichtum an Individuen. Vergleichen wir dagegen die ganze Foraminiferenfauna mit anderen, sowohl karpatischen als auch fremden Faunen, so zeigt sie — trotz ihrer Mannigfaltigkeit — eine nahe Verwandtschaft nur mit paläogenen Faunen.

Sämtliche Formen, 71 an der Zahl, sind entweder nach den von Kruhel Mały stammenden Exemplaren (27) oder aus anderen paläogenen Karpatenbildungen (Wola Łużańska, Krosno, Dukla u. a.) (38) oder nach der Fauna aus Clavulina Szabó-Schichten aus der Gegend von Budapest (34) oder aber nach den Formen, die zwar aus anderen Gegenden, aber aus demselben Horizont stammen, bestimmt. Mit Ausnahme weniger neuen Foraminiferen, die an anderer Stelle beschrieben werden sollen, gibt es in der Kruheler Fauna keine einzige aus dem Paläogen nicht bekannte Form.

Das Vorkommen der ganzen Foraminiferenfauna und besonders das Auftreten der Leitfossilien wie:

Die Foraminiferen aus sämtlichen Schlämmpfropfen
mit den Formen aus anderen Gegenden zusammengestellt.

		Schubert Inocer.	Hantken					Lieb.	Friedberg Inocer.	Grzybowski							
			Gümbel Eozän	Clav. Szab. Offen	Euganeen	Meeralpen	Ob. Ital. Alpen			Schubert Val di Non	Priabona	Biarritz	Uhlig Wola Luž.	Gorlice	Krosno	Dukla	Wadowice
	<i>Rhabdamminidae.</i>																
1	Rhabdammina annulata Rzeh.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	<i>Saccaminidae.</i>																
2	Lagena apiculata Reuss	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
3	L. cidarina Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	<i>Hyperaminidae.</i>																
4	Rheophax placenta Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Nodosaridae.</i>																
5	Nodosaria gigantea Htk.	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	N. soluta Reuss	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+
7	N. bifurcata Orb.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	N. Paueri Gümb.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
9	N. radicula Lin.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
10	N. laticollis Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
11	N. acuta Orb.	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
12	Glandulina laevigata Orb.	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	G. mutabilis Reuss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
14	G. subinflata Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	<i>Opistho-Dischistidae.</i>																
15	Bigenerina capreolus Orb.	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+
16	B. pennatula Batsch.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Opistho-Trischistidae.</i>																
17	Clavulina Szabó Htk.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	C. budensis Htk.	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	C. parisiensis Orb.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	C. " v. humilis Brady	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	C. communis Orb.	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	Gaudryina Reussi Htk.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	G. rugosa Ork.	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
24	G. subrotundata Schwag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
25	G. chilostama Reuss.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
	<i>Trischistidae.</i>																
26	Verneuilina variabilis Brady	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	V. propinqua Brady	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Tritaxia tricarinata Reuss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Buliminidae.</i>																
29	Bulimina pupoides Orb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	+
30	Polymorphina ovata Orb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	P. gibba Orb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+
32	Bolivina melettica Andr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Pullenia bulloides Orb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
34	Pleurostomella eocena Gümb.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

		Schubert Inocer.	Gümbel Eozän	Hantken				Lieb.		Grzybowski							
			Clav. Szab. Ofen	Euganeen	Meeralpen	Ob. Ital. Alpen	Schubert Val di Non	Pria bona	Biarritz	Friedberg Inocer.	Uhlig Wola Łuż.	Gorlice	Krosno	Dukla	Wadowice	Wójcik Kruhel M.	
	<i>Fronidularidae.</i>																
35	Flabellina budensis Htk.	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	
	<i>Cassidulinidae.</i>																
36	Cristellaria arcuata Orb.	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	
37	C. propinqua Htk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
38	C. Kochi Reuss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	C. depauperata Reuss	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	
40	C. confusa Segu.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
41	C. prominula Reuss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
42	C. crepidula Ficht. Moll.	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	
43	C. irregularis Htk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
44	C. gladius Reuss	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	
45	C. cymboides Orb.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	
46	C. elegans Htk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
47	C. minima Htk.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
48	Marginulina pediformis Bornem.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	
49	M. subbullata Htk.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
	<i>Cornuspiridae.</i>																
50	Ammodiscus polygyrus Reuss	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	
51	A. serpens Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	
	<i>Chilostomellidae.</i>																
52	Allomorphina macrostoma Karr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
	<i>Haplophragmidae.</i>																
53	Trochammina elegans Rzeh.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
4	T. variolaria Grzyb.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
55	T. lamellosa Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
56	T. deformis Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
57	T. conglobata Brady	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
58	T. contorta Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
59	T. stommata Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
60	T. coronata Brady.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
61	T. nucleolus Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
62	T. acervulata Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
63	Cyclamina retrosepta Grzyb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	
	<i>Rotalidae.</i>																
64	Rotalia orbicularis Terqu.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
65	Pulvinulina elegans Orb.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	
66	P. similis Htk.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
67	Discorbina Bertheloti Orb.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	
68	Truncatul. grosserugosa Gümb.	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	
69	T. propinqua Reuss	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
	<i>Nummulitidae.</i>																
70	Orbitoides dispansa Sow.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	
71	O. aspera Gümb.	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	

*Clavulina Szabói,**C. budensis,**Orbitoides dispansa,**O. aspera,**Gaudryina Reussi,*

kann als genügender Beweis für das unteroligozäne Alter der Schichten der Gegend von Kruhel Wielki und zwar für dessen Angehörigkeit zu den *Clavulina Szabói*-Schichten gelten.

Die in Rede stehenden Flyschbildungen sind nicht nur auf die Kruheler Gegend beschränkt, sondern erstrecken sich in der Umgebung von Przemyśl weithin. Vor einigen Jahren habe ich das Alter dieser Bildungen, nämlich der Konglomerate, Tone und Mergel auf grund einer Fauna von Kruhel Mały als unteroligozän¹⁾ bestimmt. Jene Fauna aber stammte nur aus Schichten, die dem Fukoiden-Mergelkomplexe angehören, und nicht aus den Mergeln selbst. Jetzt findet jene Bestimmung Bestätigung, da die Mergelproben ebenfalls dasselbe Alter ergeben.

Es steht also fest, daß ein Teil der Mergel der Umgebung von Przemyśl samt den mit ihnen im Zusammenhange auftretenden Konglomeraten und Tonen dem Unteroligozän angehören. Es muß also die Bemerkung von Prof. Wiśniowski²⁾, daß die oligozänen Bildungen in der Gegend von Przemyśl und Dobromil nur eine stark gepreßte Antiklinale inmitten der sie umgebenden, oberkretazischen Mergel bilden und deshalb unter den sehr stark verbreiteten Kreideschichten nur eine untergeordnete Rolle spielen sollten, dahin korrigiert werden, daß die Schichten der Umgebung von Przemyśl unteroligozän sind und daß man unter diesen die Kreideschichten in der Gegend von Prątkowce, Węgierka u. Leszczyny, sowie an manchen in der letzten Zeit von mir gefundenen Punkten unweit von Krasice, Korytniki und Hołubla nur hie und da als ein den übrigen Flyschbildungen ganz fremdes Element sieht.

Die Flyschbildungen von Kruhel Wielki wie die des größten Teiles der Przemyśler Karpaten streichen anders als in dem übrigen Teil der Ostkarpaten, nämlich entweder 165—180° mit dem

¹⁾ K. Wójcik: Die unteroligozäne Fauna v. Kruhel Mały bei Przemyśl. Bull. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie, 1903.

²⁾ T. Wiśniowski: Über das Alter der Inoceramenschichten in d. Karpaten, Bull. d. Acad. d. Sc. de Cracovie 1905.

westlichem Einfallen oder 45—60° mit dem Einfallen gegen N. Nur die weichen Mergel- und Tonschichten fallen nicht gleichmäßig, obzwar ihr Streichen, wenn es nur lesbar ist, auch den härteren Schichten, nämlich den Konglomeraten und Sandsteinschichten folgt.

Unzweifelhaft als Flysch von Kruhel muß der Raum betrachtet werden, welcher auf der Situationsskizze (Fig. 1) von Bögen eingefasst ist, die das dichteste Auftreten von exotischen Blöcken bezeichnen. Die von dem inneren Bogen eingefassten Schichten bilden das Liegende, die mit dem äußeren bezeichneten das Hangende. Der Raum zwischen beiden Konglomerat-Bänken wird von den Ton- und Mergelschichten mit exotischen Blöcken oder von den letzteren lose angehäuft eingenommen.

IV.

Exotica.

Aus dem von mir gesammelten, exotischen Material von Kruhel Wielki und Lipnik sind folgende Geistenstypen ausgeschieden worden.

1. Devonkalk.

Schwarzer, dichter, ein wenig bituminöser Kalkstein. Er zeigt makro- und mikroskopisch mit den außerkapatischen Gesteinen verglichen, eine auffallende Übereinstimmung mit dem Devonkalkstein von Dębnik bei Krzeszowice, westlich von Krakau. Fossilien hat er jedoch bis heute nicht geliefert, obzwar er an verschiedenen Stellen am Kruhel-Gehänge in mehreren etwa 1 bis 2 Kubikmeter großen Blöcken und in ziemlich großer Menge von kleinen, wahrscheinlich durch Zertrümmerung größerer Blöcke entstandenen Bruchstücken gefunden worden ist.

2. Kohlenkalk.

Es ist ein entweder hellgrauer, sehr dichter oder grauer, rotgefleckter Kalkstein, der sowohl makro- als auch mikroskopisch mit dem Kohlenkalk aus Czerna bei Krzeszowice verglichen vollständig identisch erscheint. Manchmal ist es ein grauer Kalkstein, weniger hart als der vorige und ein wenig verwittert, sogar etwas porös auf der Oberfläche. Dieser letztere erinnert an den Kohlenkalk aus Łączany Dół bei Paczoltowice nördlich von Krzeszowice. Ich habe darin folgende Fossilien gefunden:

Syringopora reticulata Gldf.,
Zaphrentis cornucopiae Edw. u. Haime,
Spirifer sp.

Der fossilienleere Kalkstein ist von rotem Flyschton umgeben in der Entblößung Nr. 9 in zwei etwa 50 cm mächtigen und 1 m hoch sichtbaren Bänken gefunden worden. Wie weit sich diese Bänke in die Tiefe und in die Länge erstrecken, ist unmöglich zu bestimmen. Einen mit meist schlecht erhaltenen Fossilien erfüllten Kalkstein fand ich als lose liegenden, etwa ein m³ großen, rundlichen Block unweit von der Entblößung Nr. 9 liegen. Einige kleinere Blöcke sind auch bei dem Aufschluß Nr. 7 gefunden worden. Unweit von dem letzteren fand ich einen lose liegenden, verwitterten und gut erhaltenen Spirifer, den ich jedoch trotz seiner guten Erhaltung spezifisch leider nicht bestimmen konnte.

3. Permo-triadisches Karniowicer Konglomerat.

Ein Konglomerat aus Bruchstücken verschiedener Dolomiten und Kalksteine, die manchmal mit Jaspis erfüllt sind, sowie aus Bruchstücken verschiedener Sandsteine und anderer makroskopisch nicht näher bestimmbarer Gesteine. Dieses Konglomerat entspricht ganz den permotriadischen Konglomeraten der Gegend von Karniowice, nördlich von Krzeszowice. Den Bestandteilen nach habe ich das Konglomerat nicht näher studiert, weil die Komponenten des lokalen Karniowicer Konglomerats bis jetzt eingehend nicht untersucht worden sind. Ich begnügte mich nur mit makroskopischem Vergleiche des Kruheler Materials mit dem Gestein von Karniowice.

Die lose liegenden Konglomerat-Blöcke sind neben dem tiefsten Aufschluß oberhalb Kruhel gefunden worden.

4. Schaumkalk.

Teils kompakter, teils poröser, teils konglomeratisch gebildeter Kalkstein, erinnert sehr an den Schaumkalk, der so oft in der germanisch-polnischen Trias im oberen Teile des Wellenkalks auftritt. Von den Fossilien lieferte ein Block nur schwer bestimmbare Brachiopoden (*Terebratula vulgaris?*). Diese nicht großen Blöcke sind in der Nähe des Kohlenkalks gefunden worden.

5. Erzführender Dolomit.

Grauer, rostig grauer oder gelblicher Mergeldolomit. Das Gestein ist von härteren Adern durchwachsen, zwischen denen sich die verwitterten Mergelpartien loslösen. Deshalb wird es porös oder kavernös. Das Gestein erinnert sehr an die erzführenden Triasdolomite aus dem westlichen Krakauer Gebiete.

Dieses Gestein ist mit dem Kohlenkalk zusammen in der Entblößung Nr. 9 als ein etwa 1 m breiter und 60 cm dicker Block in rotem Flyschtone gefunden worden. Außerdem fanden sich auch an anderen Stellen manche kleinere Blöcke.

6. Nulliporendolomit.

Gelblichgrauer Dolomit, unbestimmbare Nulliporen enthaltend. Schon beim makroskopischen Vergleiche desselben mit einem Trias-Nulliporendolomit aus dem westlichen Teile des Krakauer Gebietes, z. B. aus der Gegend von Siersza, ist die Ähnlichkeit auffallend. Aber noch größer wird die Übereinstimmung beim Vergleich mikroskopischer Schliffe.

Der Nulliporen-Dolomit ist als ein Block von einer Länge von etwa 1 m und einer Dicke von 30 cm in dem Aufschlusse Nr. 4 gefunden worden.

7. Kellaway-Quarzit.

Ein Quarzit oder sehr dichter, feinkörniger Quarzsandstein, gleicht vollständig dem Sandsteine, der in der Gegend von Czatkowice bei Krzeszowice das Liegende der Kellaway-Oolith bildet.

Ich fand ihn in mehreren mittelgroßen Blöcken sowohl oberhalb von Kruhel wie auch auf dem Lipnik.

8. Kellaway-Oolith.

Gelbliches Oolithkonglomerat, welches teils fast ausschließlich aus Muscheldetritus besteht, teils aber ein normaler Oolith ist. Aus der Unmasse der darin enthaltenen Bruchstücke von Molluskenschalen und anderen Fossilien sind folgende Formen bestimmt worden:

Ostrea Amor Orb.,

Ostrea sp.,

Lima strigillata Lbe.,

Anomia callovionsis Parona Bo-
nar.,

Myoconcha sp.,

<i>Oxytoma inaequivalve</i> v. <i>Münsteri</i>	<i>Belemnites</i> sp.,
Bronn,	<i>Harpoceras?</i> sp. (Bruchstück),
<i>Cucullea Goldfussi</i> Römer,	<i>Pentracicus</i> sp.,
<i>Corbis crassicosta</i> Orb.,	<i>Serpula</i> sp.

Außerdem fanden sich darin viele verschiedene Krinoidenglieder, Echinidenstacheln, Bryozoën sowie Otolithe und Fischzähne.

Sowohl der petrographische Charakter des Gesteins wie auch der Erhaltungszustand der Fauna (manche Formen mit Perlmutterglanz) sind dem Oolith der Krakauer Gegend zum Verwechsell ähnlich, daß z. B. *Oxytoma Münsteri* von den aus Czatkowice oder Zalas bei Krzeszowice stammenden Exemplaren kaum zu unterscheiden ist.

Das Gestein ist in der Entblößung Nr. 7 als ein etwa 1 m³ großer Block gefunden worden.

9. Oxfordkalk.

Weißer oder hellgrauer, in dem unteren Teile bankig abgesonderter, im oberen etwas knolliger, mergeliger Kalkstein. Stellenweise enthält das Gestein eine Unmasse von Krinoiden- und Echinidenresten und ist deshalb sehr mürbe, besonders an den Verwitterungsflächen. Dieser Kalkstein lieferte eine sehr reiche und ziemlich gut erhaltene Fauna, woraus ich vorläufig folgende Formen bestimmen konnte:

<i>Belemnites hastatus</i> Blainv.,	<i>P. consociatus</i> Buk.,
<i>Belemnites</i> sp.,	<i>P. promiscus</i> Buk.,
<i>Harpoceras Delmontanum</i> Opp.,	<i>Perisphinctes</i> sp.,
<i>Oppelia flexuosa</i> Münst.,	<i>Aspidoceras perarmatum</i> Sow.,
<i>O. Paturattensis</i> Grep.,	<i>Hinnites</i> sp.,
<i>Oppelia</i> sp.,	<i>Lima</i> sp.,
<i>Cardioceras cordatum</i> Sow.,	<i>Aucella impressa</i> Quenst.,
<i>C. cordatum</i> v. <i>quadratooides</i> Nik.,	<i>Cucullaea concinna</i> Quenst.,
<i>C. cordatum-excavatum</i> Teiss.,	<i>Pleurotomaria</i> sp.,
<i>C. excavatum</i> Sow.,	<i>Terebratula</i> sp.,
<i>C. Rouilleri</i> Nik.,	<i>Waldheinia Delmontana</i> Opp.,
<i>C. alternans</i> Quenst.,	<i>Rhynchonella Czestochovae</i> Roem.,
<i>Perisphinctes convolutus</i> Quenst.,	<i>R. lacunosa</i> Orb.,
<i>P. Marsyas</i> Buk.,	<i>Cidaris filograna</i> Agass.,
<i>P. Claromontanus</i> Buk.,	<i>C. coronata</i> Gldf.,

Glypticus sulcatus Gldf.,
Asterias jurensis Quenst.,

Pentacrinus sp.,
Scyphia Goldfussi Quenst.,

dann noch Aptychen und verschiedene schwer bestimmbare Krinoidenglieder und Echinidenstacheln.

Die ganze Fauna ist nach der Arbeit von G. Bukowski¹⁾ über den Czenstochauer Jura bestimmt worden. Es fehlen darin nur einige nicht schlecht erhaltene Formen und vor allem die aus der Gattung *Oppelia*, obzwar sie sowohl in der Gegend von Czenstochau, von wo ich Exemplare habe, wie auch in der Krakauer Gegend im unteren Oxford ziemlich häufig sind. Ich konnte deshalb diese Formen nicht bestimmen, und ich beabsichtige eine ausführlichere Beschreibung der Oxford-Fauna von Kruhel bei Gelegenheit der Beschreibung der Fauna aus dem unteren Oxford der Gegend von Krakau zu geben.

Oxfordkalk ist in zwei 2—3 Kubikmeter großen Blöcken in der Entblößung Nr. 7 und in der Nähe gefunden worden.

10. Stramberger Kalk.

Am häufigsten am Kruhel und Lipnik, sowie in der Gegend von Przemyśl und sehr verbreitet im ganzen Karpatenflysche ist der s. g. Stramberger Kalk. Es ist ein sehr feinkörniger, dichter, weißer oder hellgrauer, manchmal grünlich gefärbter Kalkstein. Das Gestein ist sehr hart und nur stellenweise von weichem Mergel durchwachsen.

Die Fossilien kommen darin sehr selten vor. Ich fand nur unbestimmbare Molluskenabdrücke und Kerne sowie Korallen, die jedoch nur in Schliffen untersucht werden können. Auf grund der unzähligen und mit großer Mühe in der Kruheler Klippe und am Zniesienie, unweit von Przemyśl, gesammelten Fossilien bestimmte Prof. Niedźwiecki vor Jahren den Kruheler Kalk als Tithon. Die Fauna jedoch, wie es Prof. Siemiradzki gezeigt hatte, gehört dem unteren Kimmeridgien an und läßt sich mit den Faunen der Klippen von Inwałd, Andrychów und Roczynty in Westgalizien identifizieren. Den ganzen, nordkarpatischen Klippenzug betrachtet sodann Siemiradzki als eine litorale Bildung des mittelpolnischen Jura.

¹⁾ G. Bukowski: Über die Jurabildungen v. Czenstochau in Polen. Beiträge z. Paläontol. u. Geol. Österr.-Ungarns u. d. Orients. V. Wien 1887.

Mithin würden die Blöcke von Kruhel und Lipnik und mit ihnen auch fast das ganze Juramaterial der Flyschkonglomerate uns ein Äquivalent des Krakauer Felsenkalks, jedoch in der neri-neen-korallen Fazies, darstellen.

V.

Schlüsse.

Wenn wir von manchen größeren, in den deutlich geschichteten, weichen Bildungen steckenden Blöcken vorläufig absehen, so zeigt uns die vollendete Abrundung der meisten, besonders der am häufigsten vorkommenden und vielleicht auch der härtesten der Stramberger Kalke, daß unser exotisches Material hauptsächlich nicht auf tektonischem Wege in den Flysch gelangt ist. Diese Abrundung kann nur auf die Wirkung des Wassers zurückgeführt werden. Unsere Blöcke müssen also in die Flyschbildungen direkt vom Meeresufer, in dem sich der Flysch abgesetzt hatte, hineingekommen sein. Ferner spricht für diesen Ursprung der exotischen Blöcke auch der Umstand, daß die lose nebeneinander liegenden Blöcke in normale, feinkörnige Konglomerate übergehen, die hauptsächlich aus denselben Komponenten, aus denen die exotischen Blöcke bestehen, zusammengesetzt sind. Die Konglomerate kommen in mehreren, mit feinen Sandstein-, Ton- und Mergelschichten abwechselnden Bänken vor. Sie können also keine tektonische Breccie bilden.

Wenn wir annehmen wollen, daß die Flyschbildungen der Przemysler Gegend an einer ihrer heutigen Lage nahen Stelle abgesetzt worden sind, so muß die Fortsetzung des Sandomirer Gebirgszuges das Ufer des Flyschmeeres dieser Gegend gebildet haben. So stellte sich diese Verhältnisse Prof. Siemiradzki vor. Er betrachtete nämlich die Kruheler Juraklippe als Fortsetzung des Piotrków-Kielcer Jurazuges und den Jura von Nizniów am Dniestr als Fortsetzung der Radom-Sandomirer Jurabildungen.

Wenn also Pasma Łysogórskie (das Polnische Mittelgebirge) das Ufer des Flyschmeeres gebildet hatte, so sollten wir im Flysch die Gesteine dieses Gebirges als exotische Blöcke finden. Man hat aber bekanntlich bis jetzt am Kruhel und in dem Karpatenflysch überhaupt keine Spur vom Sandomirer Kambrium oder Silur und ebensowenig irgend eine Spur von Kielcer Devon oder von marinem, aus Kajetanów nördlich von Kielce bekanntem Perm gefunden. Da-

gegen aber finden sich am Krübel und Lipnik auf einem von nicht einmal 1 km² großen Raum in kolossaler Menge und Masse Gesteine fast sämtlicher Gebirgsbildungen des Krakauer Gebietes.

Es gab also entweder solche Bildungen, die sich heute im Krakauer Gebiete finden, im Paläogen während der Flyschbildung auch an der Verlängerung des Sandomirer Gebirges, also in der Gegend von Przemyśl, oder es kann sich der Flysch des Nordkarpatenrandes nicht an der Stelle, wo er sich heute findet, gebildet haben.

Die erste Annahme, nämlich daß es in Paläogen in der Przemyśler Gegend solche Bildungen gab, welche sich im Krakauer Gebiete finden, hat sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich.

Das Polnische Mittelgebirge (Pasma Łysogórskie) stellt uns seit der voroberkretazischen Zeit eine große Antikline dar, deren Kern die altpaläozoischen Bildungen und deren Flügel die Trias- und Juraschichten bilden. Diese Flügel konvergieren in nordwestlicher Richtung ungefähr in der Gegend von Piotrków. Dasselbe war vermutlich auch auf der südöstlichen Seite der Fall. Wenn die ältesten, nämlich die kambrischen Bildungen bei Sandomierz und Nadbrzezie vorkommen, so ist das ein Beweis dafür, daß sich an dieser Stelle die stärkste Aufwölbung befand und daß die jüngeren Bildungen auch von SE. diese umfassen mußten. Es mußte sich also der Sandomirer Zug in dieser Richtung, wenn schon nicht bis nach Przemyśl und Jaroslau, so doch jedenfalls nicht sehr weit von diesen Ortschaften fortgesetzt haben. Wo wäre also für die Bildungen, die tatsächlich in Flysch als exotische Blöcke vorkommen, der Platz zu suchen?

Viel einfacher ist die andere Annahme, nämlich daß der Flysch sich nicht an der Stelle gebildet hat, wo er sich jetzt befindet.

Das Krakauer geologische Gebiet reicht heute südlich ungefähr bis zur Weichsel und östlich bis zur Stadt Krakau. Wenn dieses Gebiet während der Dauer des Flyschmeeres ebenso weit gereicht hat, also wenn der Flysch, der die Krakauer exotischen Blöcke enthält, sich nicht weit südlicher von der heutigen Weichsel abgesetzt hat, so muß er direkt in östlicher Richtung vorgeschoben worden sein, wenn seine Schichten nach Przemyśl gelangen konnten. Die Flyschfalten müßten in diesem Falle senkrecht zu der östlichen Richtung, also NS. streichen. Indessen finden wir im östlichen Teile der Karpaten, ungefähr von Wieliczka an, fast ausschließlich NW—SE Streichen mit dem Einfallen gegen SW. Die Richtung

der Kraft, die die Flyschschichten getaltet und eventuell verschoben hatte, ging also natürlicherweise von SW—NE. Aus dieser Richtung müssen die Flyschschichten in ihre heutige Lage verschoben worden sein und in dieser Richtung von Przemyśl müssen die mit den Krakauer identischen Gebirgsarten während der Bildung des Flysches sich befunden haben.

Daraus ergibt sich der einfache Schluß, daß der Wieluń-Krakauer Gebirgszug im Paläogen sich gegen SE. fortsetzte und wenigstens bis zur Kreuzung der von Przemyśl in südwestlicher Richtung ziehenden, dem Streichen der Karpaten senkrechten Linie mit der Richtung der Krakauer Gebilde reichte.

Die südöstliche Fortsetzung des Krakauer Zuges bildete also im Alttertiär das nordöstliche Ufer des Flyschmeeres und der Karpatenflysch setzte sich auf dem Raum ab, der heute von dem südlichen Teile der Westkarpaten eingenommen ist, und in demselben Becken, in dem sich die paläogenen Bildungen des nordwestlichen und mittleren Ungarns abgesetzt haben.

Daraus erklärt sich auch diese auffallende petrographische Ähnlichkeit mancher Karpatenbildungen mit denen Mittel- und Nord-Ungarns und vor allem mit den Clavulina-Szabói-Schichten der Gegend von Budapest. Dies gilt in erster Linie für die mergeligen Schichten von Kruhel Mały und Kruhel Wielki und die der Gegend von Przemyśl überhaupt. Die weißen oder gelblichweißen Ofener Mergel sind petrographisch von den Mergeln der Gegend von Przemyśl fast gar nicht zu unterscheiden. Die kieseligen Einlagerungen in den ersteren, mit ihrem grünlich-gelblichen Anflug auf der verwitterten Oberfläche, mit Gipskristallen und vor allem mit eingelagerten Melettaschuppen, wie ich sie im Park des Statistischen Amtes in Budapest gesehen habe, entsprechen unseren Menilit-schichten in der teilweise mergeligen Ausbildung. Noch auffallender als die petrographische Beschaffenheit ist die mikrofaunistische Ähnlichkeit der beiden verglichenen Bildungen.

Die Annahme der südöstlichen Fortsetzung des Krakauer Gebirgszuges gestattet uns, mit Hilfe der älteren Beobachtungen noch andere Schlüsse zu ziehen.

In der Kreideperiode setzte sich der Krakauer Zug von Krakau gegen SE. fort. Nordöstlich von diesem zog sich demselben

parallel das Kielce-Sandomirer Gebirge. Zwischen beiden Gebieten breitete sich eine Mulde aus, in der die oberkretazischen Bildungen abgesetzt worden waren. Wie weit gegen SE sich dieses Kreidemeer zog, ob es die Kielce-Sandomirer Insel von der südöstlichen Seite umspülte und mit dem Podolisch-Lubliner Gebiete sich vereinigte, oder ob es sich weit gegen SE. fortsetzte, entzieht sich unserer Kenntnis. Jedenfalls spricht nichts gegen die Annahme, daß die Bildungen der Miechower (Krakauer) Kreide sich wenigstens so weit südöstlich fortsetzten, als der Krakauer vorkretazische Gebirgszug reichte.

Also auf der ganzen Verlängerung des heutigen Miechower Beckens bestehen nordische Kreidebildungen, oder haben sich dort, wo sie im Paläogen teilweise denudiert worden sind, wenigstens in Denudationsresten erhalten.

Sämtlichen in den Mittelkarpaten beschäftigten Geologen war es seit jeher bekannt und es wurde neulich von Wiśniowski überzeugend nachgewiesen¹⁾, daß der faunistische Charakter der Kreidebildungen von Pralkowce, Węgierka und Leszczyny ausgesprochen nordeuropäisch ist. Dasselbe gilt auch für ihren petrographischen Charakter. Prof. Szajnocha versuchte schon früher die Mergel von Węgierka mit der podolischen, beziehungsweise mit der Krakauer Kreide nicht nur faunistisch, sondern auch auf grund der petrographischen Beschaffenheit²⁾ zu identifizieren.

Wenn auf dem von den Nordkarpaten eingenommenen Raume sich die Miechower Kreide abgesetzt haben mußte und wenn in den Karpaten und in erster Linie in der Gegend von Przemyśl, von welcher hier hauptsächlich die Rede ist, die Bildungen der oberen Kreide mit dem nördlichen Charakter konstatiert wurden, so ist die Identität dieser beiden Bildungen augenfällig.

In der Miozänzeit sind bei der Faltung der heutigen Karpaten die paläogenen Bildungen aus ihrer südwestlichen Lage über den südöstlichen Teil des Krakauer paläozoisch mezozoischen Zuges über-

¹⁾ T. Wiśniowski: Über d. Alter d. Inocer. Sch. in d. Karpaten. Bull. d. Acad. d. Sc. d. Cracovie 1905.

— Über d. Fauna d. Spasser Schiefer in d. Ostkarpaten Galiziens. Bull. d. Acad. d. Scien. d. Crac. 1906.

²⁾ W. Szajnocha: Warstwy z Węgierki pod Przemyślem. Kosmos. Lemberg 1899.

— Atlas geolog. Galicyi. H. XIII. Krakau 1901.

geschoben worden. Bei dieser Schiebung der Flyschschichten konnten manche vom Untergrunde, der früher das Ufer des Flyschmeeres gebildet hatte, abgerissene Gesteinsblöcke in den Flysch hineingebracht worden sein. Die in unseren Abbildungen Fig. 2 und 4 und besonders in Fig. 8 dargestellten Blöcke können als solche tektonisch in den Flysch hineingebrachten Fremdlinge betrachtet werden. Nach Überwindung des Krakauer Zuges bedeckte der Flysch den nordöstlich liegenden oberkretazischen Becken. Mit der Zeit ist die Überschiebungsdecke stellenweise so stark denudiert worden, daß die überdeckten, lokalen Kreidebildungen in Form von geologischen Fenstern ganz fremdartig aus ihrer Umgebung herausragen.

Die Annahme der südöstlichen Fortsetzung des Krakauer Zuges ermöglicht uns die Erklärung der auffallenden Widersinnigkeit der Schichtenlagerung, der oberen Kreide und der paläogenen Bildungen der Gegend von Przemyśl.

Die Idee der Fortsetzung der Sudetischen Gebirgsbildungen im weiteren Sinne und speziell der Krakauer in Form eines vindelischen Walles ist nicht neu. Wir finden im Gegenteil in der karpatischen Literatur eine ganze Reihe von geologischen Arbeiten, in denen dieser Gegenstand auf grund des Auftretens der exotischen Blöcke von verschiedenen Standpunkten behandelt wird. Ohne auf die spekulativen Betrachtungen der einzelnen Autoren einzugehen, will ich nur die positiven Tatsachen erwähnen, die auf unseren Gegenstand Bezug haben.

Aus der Reihe der exotischen Blöcke des Karpatenflysches, die sich mit den Krakauer Gebilden vergleichen lassen, sind bis jetzt folgende beschrieben worden.

1. Oberdevonkalk mit *Spirifer Verneuilli* in den paläogenen Bildungen von Karpętna SE. von Teschen gefunden¹⁾.

2. Kohlenkalk mit *Productus cf. giganteus*, von Prof. Niedzwiedzki bei Pobieszczany südöstlich von Wieliczka als lose liegender Block gefunden²⁾.

Kohlenkalk mit *Productus sp.*, von Prof. Uhlig bei Trzemesna

¹⁾ Hohenegger: Geognostische Karte d. Nordkarpaten. Gotha 1861. S. 35—37.

²⁾ J. Niedzwiedzki: Beitrag z. Kenntnis d. Salzformation v. Wieliczka und Bochnia. Lemberg 1883—91. S. 41.

südöstlich von Tarnów und Zwiernik, südwestlich von Pilzno in den Bonarówka-Schichten gefunden¹⁾.

3. Ein Sandsteinblock aus der produktiven Kohlenformation mit *Calamites Suckowi* von Dr. Tietze, bei Bachowice zwischen Zator und Wadowice im Cieżkowicer Sandstein gefunden²⁾.

Die an verschiedenen Stellen in meist deutlich paläogenen Karpaten-Sandsteinen gefundenen Steinkohlenblöcke (auf galizischen Boden in der größten Masse bei Bircza in der Nähe von Przemyśl).

4. Ein hellgrauer, mergeliger, an die Oxfordstufe erinnernder Kalkstein mit Ammonitendurchschnitt (*Perisphinctes sp. ind.*), von Uhlig am Ropauer bei Gorlice im Cieżkowicer Sandstein gefunden³⁾.

Ein Kalkstein mit verschiedenen Ammoniten, worunter manche an *Perisphinctes biplex* erinnern, und mit Crinoiden- und Echinidenresten von Tietze bei Bachowice gefunden. Nach der Beschreibung von Tietze entspricht das Gestein dem Oxfordkalk aus Kruehel Wielki, also auch dem Krakauer vollständig⁴⁾.

5. Inwalder und Stramberger Kalk, von fast sämtlichen im Karpatenflysch arbeitenden Geologen zitiert. Ob aber das ganze exotische Material, welches als Stramberger Kalk zitiert wird, tatsächlich zu demselben Gestein gehört, ist fraglich.

Die auf den schlesischen und mährischen Teil des Karpatenflysches bezügliche Literatur und die vielen Daten über das Auftreten verschiedener exotischer Blöcke und besonders der der Kohlenformation und teilweise auch der Jurablöcke, nämlich die zahlreichen Arbeiten von Hohenegger, Stur, Rzehak, Tietze u. a. m., habe ich vorläufig nicht berücksichtigt.

Auf grund dieser Daten war jeder von den zitierten Geologen überzeugt, daß die exotischen Blöcke nur von den noch jetzt im Krakauer Gebiete existierenden Bildungen stammen müssen. In der Tertiärzeit setzten sich nach denselben Autoren diese Bildungen ostwärts fort in Form eines vindelizischen Walles, der das Karpatenflyschmeer von dem außerkarpatischen Gebiete scheidet.

Die oben erwähnten, exotischen Blöcke sind nicht weit von Kra-

¹⁾ V. Uhlig: Ergebnisse d. geolog. Aufn. in westgaliz. Karpaten. J. G. R. A. B. XXXVIII. 1888. S. 238.

²⁾ E. Tietze: Beiträge z. Geologie v. Galizien. J. G. R. A. B. XLI. 1891. S. 24—33.

³⁾ V. Uhlig: J. G. R. A. 1888. S. 239.

⁴⁾ E. Tietze: J. G. R. A. 1891. S. 24—34.

kau gefunden worden. Der östlichste, von Uhlig angegebene Punkt befindet sich südwestlich von Pilzno, also ein wenig südöstlich von Tarnów. Die Annahme einer so nicht weit reichenden Fortsetzung der Krakauer Bildungen gegen Osten war nicht so unnatürlich, wie es jetzt sein müßte, nachdem ich die Krakauer Gesteine bei Przemyśl, also auf direkter Verlängerung des Kielce-Sandomirer Zuges, gefunden habe.

Unsere Annahme der südöstlichen und nicht der östlichen Fortsetzung der Krakauer Gebilde widerspricht auch der vor wenigen Jahren von Prof. Zuber aufgestellten Theorie¹⁾ über die Herkunft der exotischen Blöcke des ostkarpatischen Flysches durchaus nicht. Im Gegenteil beide ergänzen und stützen einander, wenn wir uns bei der Zuberschen Annahme die Fortsetzung des Dobrudschazuges nicht bogenförmig bis zu dem Sandomirer Zuge gezogen, sondern ein wenig gegen SW. verschoben denken, so daß er sich geradlinig bis SW. von der Gegend von Przemyśl mit der Fortsetzung der Krakauer Gebilde vereinigt.

¹⁾ Neue Karpatenstudien. J. d. g. R. A. 52. Wien 1902.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Pod redakcją
Sekretarza Wydziału matem.-przyrod. Józefa Rostafińskiego.

Kraków. 1907. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, pod zarządkiem J. Filipowskiego.

24 Czerwca 1907.



LITERATUR

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. ...
16. ...
17. ...
18. ...
19. ...
20. ...
21. ...
22. ...
23. ...
24. ...
25. ...
26. ...
27. ...
28. ...
29. ...
30. ...
31. ...
32. ...
33. ...
34. ...
35. ...
36. ...
37. ...
38. ...
39. ...
40. ...
41. ...
42. ...
43. ...
44. ...
45. ...
46. ...
47. ...
48. ...
49. ...
50. ...
51. ...
52. ...
53. ...
54. ...
55. ...
56. ...
57. ...
58. ...
59. ...
60. ...
61. ...
62. ...
63. ...
64. ...
65. ...
66. ...
67. ...
68. ...
69. ...
70. ...
71. ...
72. ...
73. ...
74. ...
75. ...
76. ...
77. ...
78. ...
79. ...
80. ...
81. ...
82. ...
83. ...
84. ...
85. ...
86. ...
87. ...
88. ...
89. ...
90. ...
91. ...
92. ...
93. ...
94. ...
95. ...
96. ...
97. ...
98. ...
99. ...
100. ...

LITERATUR:

- 1) Arloing et Renaut. Sur l'état des cellules glandulaires de la sous-maxillaire après l'excitation prolongée de la corde de tympan. Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. Paris T. 88. 1879.
- 2) Batelli Andrea e Giacomini Ercole. Struttura istologica delle glandole salivari degli uccelli. Seconda commun. Atti e. Rendic. della Accad. med. chir. di Perugia, Vol. 1. Fasc 2, 3. 1889.
- 3) Bermann Isidor. Über tubulöse Drüsen in den Speicheldrüsen. Inaug. Diss. Würzburg. 1878.
- 4) — Weitere Mittheilungen über tubulöse Drüsen in den Speicheldrüsen. Sitzb. der Phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. 1878.
- 5) — Über die Zusammensetzung, der gland. submaxillaris aus verschiedenen Drüsenformen und deren functionelle Structurveränderungen Würzburg 1878.
- 6) Bernard Claude. Recherches d'anatomie et de physiologie comparées sur le glandes salivaires chez l'homme et les aimaux vertébrés. Compt. Rend. de l'Acad. de sc. Paris. T. 34. 1852.
- 7) Biedermann W. Zur Histologie und Physiologie der Schleimsekretion. Sitzungsber. der Wiener Acad. der Wissensch. Mathem.-naturw. Kl. 3 Abt. T. 94. 1886.
- 8) G. Bizozero u. Vassale G. Über den Verbrauch der Drüsenzellen der Säugethiere in erwachsenen Thieren. Med. Centralbl. 1885.
- 9) — Über die Erzeugung und die physiologische Regeneration der Drüsenzellen bei den Säugethieren. Arch. f. path. Anat. u. Physiol. von. R. Virchow CX.
- 10) Bockendahl A. Über Kerntheilungen in der glandula submaxillaris des Hundes und deren Zusammenhang mit der Secretion. Mittheil. f. d. Ver. Schleswig-Holst. Ärzte in Kiel. Jg. 3. H. 9. 1889.
- 11) Boll. Fr. Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der acinösen Drüsen. Inaug. Diss. Berlin. 1869.
- 12) Born G. Leopold Auerbach †. Anat. Anz. T. XIV.
- 13) Buffalini G. Sulla destinatione fisiologica del corpo semilunare di Gianuzzi. Giornale intern. delle scienze mediche. Nuova Serie. Anno primo. Vol. 2. Sem. 2. Napoli 1879.
- 14) Chievitz. J. H. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Speicheldrüsen. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. Jg. 1885.
- 15) Cholodkowsky N. Zur Kenntnis der Speicheldrüsen der Vögel. Zool. Anz. Jg. 15. 1892.
- 16) — Zur Anatomie der Speicheldrüsen der Vögel. Rev. d. scienc. natur. St. Petersbourg. T. 3. Nr. 6. 1893.
- 17) Ebner V. v. Über die Anfänge der Speichelgänge in den Alveolen der Speicheldrüsen. Arch. f. mikr. Anat. T. 8. 1872.
- 18) Ellenberger u. Hofmeister. Die histologische Einrichtung der Speicheldrüsen der Pferde. Bericht über Veterinärwesen im K. Sachsen. J. D. Jahr. 1881. Drezno 1882.

- 19) Ewald Anton. Beiträge zur Histologie u. Physiol. der Speicheldrüsen des Hundes. Inaug. Diss. Berlin 1870.
- 20) Fischer A. Zur Kritik der Granula-Methoden. Anat. Anz. 1893--94. T. IX i X.
- 21) Giacomini Ercole. Sulle glandule salivari degli uccelli. Ricerche anat-emb. Monit. zool. ital. Anno 1. N. 8-10. Siena 1890.
- 22) Falcone C. Contributo alla istogenesi ed alla struttura delle glandole salivari. Monit. Zool. Ital. Anno IX. No. 1. 1898.
- 23) Flemming W. Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. Arch. f. mikr. Anat. T. XXXVII.
- 24) Gurwitsch. A. Morphologie u. Biologie der Zelle. Jena. G. Fischer 1904. Cap. V. A.
- 25) Grot. F. Über den Bau der Speicheldrüsen. Protokolle der Sitzung. der II. Versamml. russ. Naturf. u. Ärzte. Warszawa 1876 (Ref. Hoyer a w Schwalbe Jahresb).
- 26) Hebold Otto. Ein Beitrag zur Lehre von der Secretion und Regeneration der Schleimzellen. Inaug. Diss. Bonn 1879.
- 27) Heidenhain M. Über die erste Entstehung der Schleimpröpfe beim Oberflächenepithel des Magens. Anat. Anz. 1900. T. XVIII.
- 28) Heidenhain R. Über einige Verhältnisse des Baues und der Thätigkeit der Speicheldrüsen. Med. Centralblatt No. 9. 1866.
- 29) — Beiträge zur Lehre von der Speichelsekretion. Studien des physiol. Instit. zu Breslau H. 4. Lipsk 1868.
- 30) Held Hans. Beobachtungen am thierischen Protoplasma. I. Drüsengranula u. Drüsenprotoplasma. Arch. f. Anat. u Physiol. Anat. Abt. 1899.
- 31) Henle J. Über den Bau der Drüsen. Vers. der Naturf. u. Aerzte in Freiburg. i. B. 1898.
- 32) Herman F. Über regressive Metamorphose des Zellkerns. Anat. Anz. Jg. 3.
- 33) Hoyer H. (sen). Über den Nachweis des Mucins in Geweben mittelst der Färbemethode. Arch. f. mikr. Anat. T. XXXVI.
- 34) Klein E. Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur des Zellkerns und der Lebenserscheinungen der Drüsenzellen. Ctrbl. f. d. med. Wiss. No. 17. 1876.
- 35) Klebs G. Über den Einfluss des Kerns in der Zelle. Biol. Ctrbl. No. 7.
- 36) Kolossow. A. Eine Untersuchungsmethode des Epithelgewebes und die erhaltenen Resultate. Arch. f. mikr. Anat. T. LII.
- 37) Krause R. Beiträge zur Histologie der Speicheldrüsen. Arch. f. mikr. Anat. T. XXXIX.
- 38) — Zur Histologie der Speicheldrüsen. Arch. f. mikr. Anat. XXXV.
- 39) Küchenmeister Hellmuth. Über die Bedeutung der Gianuzzischen Halbmonde. Arch. f. mikr. Anat. T. 46. 1895.
- 40) Kultschizky N. Zur Histologie der Speicheldrüsen. Protok. d. 7. Vers. russ. Naturf. u Aerzte in Odessa 1883 (po rusku).
- 41) — Zur Lehre vom feineren Bau der Speicheldrüsen. Zeitschr. f. wiss. Zool. T. 41. 1885.
- 42) Kunze. Beitrag zum histologischen Bau der grösseren Speicheldrüsen bei den Haussäugethieren. Deutsche Zeitschr. f. Thiermed. T. 10. 1884.

- 43) Laguesse E. et Jouvencel E. Description histologique, des glandes salivaires chez un supplicié. *Bibl. anat.* T. 7. 1899.
- 44) Langley J. N. On the structure of mucous salivary glands. *Proc. of the Royal Soc.* Vol. 40. 1886.
- 45) — On the histology of the mucous salivary and on the beaviourh of their mucous constituents. *Journ. of. Physiol.* Vol. 10. 1889.
- 46) Laserstein Siegfried. Über die Anfänge der Absonderungswege in den Speicheldrüsen und im Pankreas. *Aus d. physiol. Inst. zu Rostock. Arch. ges. Phys.* T. 55. 1894.
- 47) Lawdowsky M. Aus Anlass der neuen Untersuchungen über den Bau der Speicheldrüsen und über die morphologischen Erscheinungen in denselben bei der Absonderung. *Militärärztl. Journ.* 1880.
- 48) — Zur feineren Anatomie und Physiologie der Speicheldrüsen insbesondere der Orbitaldrüse *Arch. f. mikr Anat.* T. 13. 1876.
- 49) Lazarus. A. Über secretorische Function der Stäbchenepithelien in den Speicheldrüsen. *Arch. f. d. ges. Physiol.* T. 42. 1888.
- 50) List H. J. Über Becherzellen und Leydig'sche Zellen (Schleimzellen) *Arch. f. mikr. Anat.* 26. 1886.
- 51) Loewenthal N. Zur Kenntniss der Glandula submaxillaris einiger Säugthiere. *Anat. Anz.* 9. 1894.
- 52) — Historisch kritische Notiz über die Gl. Submaxillaris. *Anat. Anz.* 10. 1895.
- 53) Maximow Alexander. Beiträge zur Histologie und Physiologie der Speicheldrüsen. *Arch. f. mikr. Anat.* 58.
- 54) Mayer P. Über Schleimfärbung. *Mitth. d. Zool. Station zu Neapel.* T 12. 1896.
- 55) Merkel F. Die Speicheldrüsen. *Rectoratsprogramm.* Lipsk 1883.
- 56) Müller E. Zur Anatomie der Speicheldrüsen (Aus der histol. Anstalt d. Carol. med.-chir. Inst. zu Stockholm) *Nordkist med. Arkiv.* No. 19. 1893. *Ny Föld.* T. 3.
- 57) — Über Secretcapillaren. *Arch. f. mikr. Anat.* 45. 1895.
- 58) — Drüsenstudien 1. Die serösen Speicheldrüsen. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* *Anat. Abth.* H. $\frac{5}{6}$ 1896.
- 59) — Drüsenstudien 2. *Zeitschr. f. wiss. Zool.* T. 64. Z. 4. 1898.
- 60) Nussbaum M. Über den Bau und die Thätigkeit der Drüsen. Die Fermentbildung in den Drüsen. I. Mitteilung. *Arch. f. mikr. Anat.* T. 13. 1876.
- 61) — II. Mitteilung. *Arch. f. mikr. Anat.* T. 15. 1878.
- 62) — III. Mitteilung. *Arch. f. mikr. Anat.* T. 16. 1879.
- 63) Oppel. A. Lehrbuch der vergleichenden mikr. Anatomie der Wirbelthiere. *Część III.* 1900.
- 64) Paneth J. Bemerkungen zu dem Aufsätze des Herrn Schiefferdecker: „Zur Kenntniss des Baues der Schleimdrüsen“. *Arch. f. mikr. Anat.* 34. 1884.
- 65) Paulsen E. Bemerkungen über Secretion und Bau der Schleimdrüsen. *Arch. f. mikr. Anat.* 28. 1886.
- 66) Pflüger E. Über die Epithelien der Gl. Submaxillaris. *Med. Ctrbl.* T. 4. 1866.
- 67) — Die Speicheldrüsen. *Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben* 1871.
- 68) Ranvier L. Etude anatomique des glandes commes sous les noms des sous-

- maxillaire et sublinguale chez les mammiferes. Arch. de Physiol. Année 18. 1886.
- 69) — Des vacuoles des cellules caliciformes, des mouvements de ces vacuoles, et des phénomènes intimes de la sécrétion du mucus. Compt. rend. de l'Acad. d. Sc. d. Paris. T. 104. 1887.
- 70) Retzius G. Über die Anfänge der Drüsengänge und die Nervenendigungen in den Speicheldrüsen des Mundes. Biol. Untersuch. N. F. T. 3. Z. 9. Stockholm 1892.
- 71) Schiefferdecker P. Zur Kenntnis des Baues der Schleimdrüsen. Arch. f. mikr. Anat. 23. 1884.
- 72) Schultze F. E. Epithel und Drüsenzellen. Arch. f. mikr. Anat. T. 3. Z. 1867.
- 73) Schulze O. Grundriss der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Säugethiere. Lipsk. Wilh. Engelmann 1897.
- 74) Solger B. Zur Kenntnis der secernierenden Zellen der Gl. submaxillaris des Menschen. Anat. Anz. 9.
- 75) — Über den feineren Bau der gl. submaxillaris des Menschen mit besonderer Berücksichtigung der Drüsengranula. Festschr. z. 70. Geburtstag von Carl. Gegenbaur T. 2. 1896.
- 76) Stöhr Ph. Über Schleimdrüsen. Sitz.-ber. d. Phys. med. Ges. zu Würzburg. No. 6, 7. 1884.
- 77) — Über Schleimdrüsen. Festschr. für A. v. Kölliker, zur Feier seines 70. Geburtstages. 1887.
- 78) — Über Randzellen und Secretcapillaren. Arch. f. mikr. Anat. T. 47. 1896.
- 79) Wildt August. Ein Beitrag zur mikroskopischen Anatomie der Speicheldrüsen. Aus dem anat. Inst. zu Bonn. Inaug. Diss. Bonn 1894.
- 80) Zimmermann K. W. Beiträge zur Kenntnis einiger Drüsen und Epithelien Arch. f. mikr. Anat. 52.
- 81) Reichel P. Über die morphologischen Veränderungen der Tränenrüsen bei ihrer Tätigkeit. Arch. f. mikr. Anat. T. 17.
- 82) Ogata M. Die Veränderungen der Pancreaszellen bei der Secretion. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1883.
- 83) Noll Alfred. Das Verhalten der Drüsengranula bei der Sekretion der Schleimzelle und die Bedeutung der Gianuzzi'schen Halbmonde. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. Suppl.-Bd. 1902.

