

## Über die Regeneration herausgeschnittener Theile des Centralnervensystems von Regenwürmern.

Von

**Benedict Friedlaender.**

---

Mit Tafel XIII und XIV.

---

Im LVIII. Bande von PFLÜGER'S Archiv habe ich einige Versuche über die Physiologie des Gehirns und des Bauchstranges von Regenwürmern mitgetheilt. Es waren den Würmern Stücke des Bauchstranges, das Unterschlund- oder das Oberschlundganglion ausgeschnitten worden, nach Methoden, welche in jener Mittheilung ausführlich beschrieben sind. Ich wünschte nun zu erfahren, ob und wie jene Verletzungen reparirt werden würden. Da im Verlaufe der physiologischen Versuche ein Verschwinden der charakteristischen Bewegungsstörungen nicht zur Beobachtung gelangte, so war zu erwarten, dass die Wiederherstellung, wenn sie überhaupt zu Stande kam, jedenfalls längere Zeit in Anspruch nehmen würde. Weil nun ferner von gefangenen Regenwürmern meist ein großer Theil ziemlich bald zu sterben pflegt, so operirte ich in den ersten Tagen des August eine größere Zahl auf einmal, und hielt sie in Erde bis zu Anfang Oktober. Es zeigte sich dann, dass die meisten der Thiere mit Bauchmarkslücke noch immer beim Kriechen die charakteristischen Störungen zeigten; nur bei wenigen waren sie so gut wie verschwunden; diejenigen Thiere hingegen, denen das Oberschlundganglion herausgeschnitten war, bewegten sich wie normale Regenwürmer. Die Zahl der Versuchsthierchen war inzwischen stark zusammengeschmolzen, und da sich gerade in jenen Tagen wieder eine große Sterblichkeit einstellte, so fürchtete ich, auch noch den Rest zu verlieren und konservirte daher die wenigen übrig gebliebenen nach den bewährten und früher beschriebenen Methoden gegen Mitte Oktober; einige mit Sublimatalkohol, die anderen mit 10/iger Osmiumsäure. Auch trug ich

Sorge, das eine der Thiere mit Bauchmarksstücke, welches keine Bewegungsstörung mehr zeigte, getrennt zu halten. Die Sublimatpräparate wurden dann mit dem MAYER'schen alkoholischen Karmin gefärbt, dem ich wegen der Bequemlichkeit der Anwendung und seiner sicheren Wirkung den Vorzug zu geben pflege, besonders auch weil man die Präparate beliebig lange Zeit darin liegen lassen kann, ohne Maceration befürchten zu müssen. Schließlich wurden die Theile der Würmer, in denen die verletzten Strecken lagen, in Querschnittsserien zerlegt, da ich auf diese Weise noch die verhältnismäßig beste Ausnutzung des etwas spärlichen Materials zu erreichen hoffte.

Um die früheren Stadien zu erhalten, wurden außerdem im Laufe des Winters eine Anzahl von Bauchmarks- und Gehirnausschnidungen vorgenommen und die Thiere in geeigneten Zwischenzeiten getödtet.

Ehe ich aber zur Beschreibung der Regenerationserscheinungen selbst übergehe, sei es mir gestattet, meine Ansicht über Untersuchungen dieser Art überhaupt auszusprechen. Ganz kurz gesagt, halte ich sie für sehr viel schwieriger, als man zu erwarten geneigt ist, ehe man sie selbst versucht hat.

Die Untersuchungen über die Regeneration, z. B. von peripheren wie auch centralen Theilen des Nervensystems höherer Thiere sind ja sehr zahlreich, und trotzdem ist man selbst bei diesen an sich viel besser gekannten Dingen von einer Übereinstimmung in den wichtigsten Fragen weit entfernt; so sagt z. B. einer der letzten Autoren auf diesem Gebiete, OTTO v. BÜGNER<sup>1</sup>, mit vollem Rechte, dass Betreffs der Entstehungsweise der neuen Fasern »alle nur denkbaren Ansichten über die histologische Regeneration der Nerven und über die Genese der neuen Fasern ihre Vertreter gefunden« haben. Und ähnlich STRÖBE<sup>2</sup> (p. 168): »Fast sämtliche Möglichkeiten, die a priori ausdenkbar sind, haben in Bezug auf diese beiden Punkte [Entstehungsort und Entstehungsweise der jungen Fasern] ihre Vertreter gefunden.«

Es lässt sich auch die Ursache jener Schwierigkeiten in wenigen Worten zusammenfassen. Die Regeneration ist eine ununterbrochene Kette von Veränderungen, die sich als solche der direkten mikroskopisch-histologischen Beobachtung überhaupt entziehen. Durchsichtige Eier von Seethieren kann man unter günstigen Umständen Schritt für Schritt im lebenden Zustande stätig beobachten; von den Regenerationsvor-

<sup>1</sup> O. v. BÜGNER, Über die Degenerations- und Regenerationsvorgänge am Nerven nach Verletzungen. in: ZIEGLER's Beiträge zur patholog. Anatomie und allgem. Pathologie. Bd. X (1894).

<sup>2</sup> H. STRÖBE, Experimentelle Untersuchungen über Degeneration und Regeneration peripherer Nerven nach Verletzungen. in: ZIEGLER's Beiträge etc. Bd. XIII. p. 160—278.

gängen, die für die makroskopische Betrachtung zu klein, für eine unmittelbare mikroskopische Beobachtung aber zu groß und zu undurchsichtig sind, kann man hingegen nur gleichsam mehr oder minder zahlreiche Augenblicksbilder erhaschen, nach denen man die Zwischenstufen, so gut oder vielmehr schlecht das geht, vermuthungsweise ergänzt.

Mit dieser Erklärung bezwecke ich nichts Anderes, als die Nachsicht des Lesers zu erbitten, wenn er sich etwa wegen der Nichtbeantwortung vieler und naheliegender Fragen enttäuscht fühlen sollte. An Präparaten, die für dies oder jenes scheinbar »beweisend« sind, und die leicht zu apodiktischen Behauptungen verleiten könnten, ist kein Mangel. Allein, mir scheint gerade hier die Schwierigkeit der Beurtheilung und zugleich die Verführung zu Voreiligkeiten ganz besonders groß zu sein, und ich ziehe es vor, lieber wenig, aber Siceres, als vieles Fragliche bekannt zu geben. So macht meine Arbeit durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und eine Nachuntersuchung mit noch mehr Aufwand von Material, Zeit und Geduld, vielleicht auch mit besseren Methoden oder besonderen Kunstgriffen mag noch Manches ans Licht bringen.

Litteratur. Die Angaben über Regenerationserscheinungen bilden zusammen eine recht umfangreiche Litteratur; eine reichhaltige Zusammenstellung findet man namentlich in den Jahresberichten von BARFURTH<sup>1</sup>.

Von Untersuchungen, die sich ohne Weiteres mit den hier zu besprechenden vergleichen lassen, sind mir jedoch nur die von LOEB<sup>2</sup> und später von P. MINGAZZINI<sup>3</sup> angestellten Regenerationsversuche an Ascidien bekannt; wenigstens sind es die einzigen, bei denen, so viel ich weiß, die nervösen Centralorgane eines wirbellosen Thieres bei isolirter Ausschneidung auf ihre Reparationsfähigkeit untersucht worden sind. Das Nachwachsen ganzer Körperteile, z. B. auch von Anneliden- Vorder- oder Hintertheilen, mitsammt den zugehörigen Abschnitten des Centralnervensystems, ist denn doch nicht ganz derselbe Fall; eben so wenig lassen sich die ziemlich zahlreichen, meinen Versuchen im Übrigen ähnlichen Experimente an Wirbelthieren als im Wesentlichen identisch ansehen, davon abgesehen, dass, wie die Referate BARFURTH's ergeben, auch dort noch keineswegs eine hinrei-

<sup>1</sup> BARFURTH, Kapitel über »Regeneration«. in: »Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte«, herausgegeben von MERKEL u. BONNET. Bd. I—III. 1894—1893.

<sup>2</sup> LOEB, Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Thiere. Bd. II. p. 37. Würzburg, Hertz, 1892.

<sup>3</sup> P. MINGAZZINI, Sulla rigenerazione nei Tunicati. in: Bollettino della Società di Naturalisti. Napoli 1894.

chende Übereinstimmung der verschiedenen Beobachter erreicht worden ist. Ganz dasselbe gilt, wie schon gesagt, auch von den Untersuchungen über die intimeren Vorgänge bei der Regeneration der peripheren markhaltigen Faser der Wirbelthiere. Trotz der seit langer Zeit sehr oft und von verschiedenen Forschern angestellten Versuche und histologischen Untersuchungen, zeigen noch die jüngsten Angaben aus diesem Jahrzehnt verschiedene und mit einander nicht vereinbare Angaben. Dass wenigstens einige jener Autoren demnach das fragliche Problem, das »Wie« jener Regeneration, nicht gelöst haben können, wird ihnen Niemand zum Vorwurf anrechnen, der sich selbst auf jenem äußerst schwierigen Gebiete versucht hat; das Einzige, was in Zukunft und überhaupt wünschenswerth sein möchte, das wäre eine strengere Scheidung des völlig Sicherem von mehr oder minder unsicheren Vermuthungen oder gar bloßen Annahmen. Ganz sicher sind nun, wie gesagt, wegen der Unmöglichkeit einer kontinuierlichen Verfolgung der histologischen Vorgänge, meist nur die zu einer gewissen Zeit erreichten Zustände; wie aber jene Zustände erreicht wurden, welche Bewegungen, Änderungen etc. stattgefunden haben, das beruht eben gleichsam auf Interpolationen, die zwar im günstigsten Falle einen sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit haben mögen, die aber immerhin doch mehr oder minder problematisch bleiben und daher besser von dem Sicherem auch formell und äußerlich zu trennen sind. Aber selbst hierbei kann man auf Schwierigkeiten stoßen; es wichen nämlich bei meinen Versuchen die einzelnen Thiere in einigen Beziehungen nicht unwesentlich unter einander ab. Nicht kontrollirbare Abweichungen der Art der beigebrachten Verletzung, verschiedenes Alter der Versuchsthiere, individuelle Verschiedenheiten, nicht eruirbare Zufälligkeiten müssen die Ursache jener Abweichungen sein; auch ist zu bedenken, dass die Innehaltung gleicher Zeiten seit der Verletzung noch nicht das gleiche Stadium der Regeneration verbürgt; denn, wie bereits lange bekannt, verhalten sich die Thiere je nach Jahreszeit, Alter, Temperatur und anderen, z. Th. auch schwer zu ermittelnden individuellen Umständen, verschieden in Bezug auf die Geschwindigkeit der Regeneration.

Nur eine sehr große Zahl von Wiederholungen desselben Versuches könnte auch bloß die Frage entscheiden, was denn eigentlich das häufigste, das normale oder typische Verhalten sei. Zwar habe ich manche der hier zu beschreibenden Vorgänge ausnahmslos in wesentlich derselben Weise verlaufen sehen; aber in den Einzelheiten kamen immer und in einigen anscheinenden Hauptpunkten wenigstens mitunter recht ansehnliche Verschiedenheiten vor, so dass ich überzeugt bin, dass die Wiederholung derselben Versuche durch Andere eben Resultate ergeben könnte,

die in so manchen Dingen von meinen vielleicht eben so sehr abweichen, wie meine einzelnen Versuchsthiere unter einander abwichen; dies war auch einer der Hauptgründe, wesswegen ich der photographischen Abbildung auch dieses Mal den Vorzug gegeben habe. Immerhin haben meine Versuche eine Anzahl von sicheren Thatsachen ergeben, die auch in allen Fällen so ziemlich dieselben waren, und die mir ein hinreichendes Interesse zu haben scheinen, um ihre Veröffentlichung zu rechtfertigen. Dabei ist es eigentlich ein Zufall, dass sich manche der wichtigeren jener Thatsachen gerade auf die von mir schon früher ausführlicher beschriebenen LEYDIG'schen Fasern beziehen; in dieser Hinsicht ist demnach die vorliegende Arbeit als die Fortsetzung jener eben erwähnten anzusehen.

Genauer untersucht habe ich die Regeneration des Oberschlundganglions, sowie diejenige von Stücken des Bauchmarks, die ich hinter dem Clitellum extirpirt hatte; mehr cursorisch diejenige des Unterschlundganglions, sowie ganzer Hinter- und Vorderenden, welche letztere ja schon von Anderen wiederholt untersucht worden ist. Die Verheilung von Wunden des Hautmuskelschlauches habe ich an zahlreichen Thieren und an Stadien verschiedenen Alters zu studiren versucht; allein gerade bei diesem scheinbar so einfachen Vorgange traf ich auf die größten Schwierigkeiten und habe desswegen darüber nur wenig zu berichten. Eine der natürlich am allernächsten liegenden Hauptfragen bei Regenerationsversuchen ist die nach dem Woher der regenerirten Gewebspartien; von welchen Zellen oder Bestandtheilen des Körpers überhaupt geht die Regeneration aus? Welches ist die Art und Weise der Umwandlung in solche Gewebelemente, die den ursprünglich entfernten gleichen? Wenn man nun auf völlige Zuverlässigkeit der Beobachtungen hält, so stellen sich eben hier fast unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg; Schwierigkeiten, welche die Regenerationsforschung nur noch mit gewissen embryologischen Untersuchungen theilen dürfte und die darin bestehen, dass sich von irgend welchen, an der Wundstelle vorgefundenen oder nach Ablauf bestimmter Fristen entstandenen Gewebspartien nachher eben nicht mit Sicherheit angeben lässt, woher sie denn eigentlich gekommen seien. Hierbei ist namentlich auch an die von einigen Forschern beobachtete Thatsache zu erinnern, dass mitunter an Wunden Zellen amöboid werden, die das sonst nicht sind; und wenn man nun ferner in Betracht zieht, dass die jungen Zellen sehr verschiedener Gewebsarten einander sehr ähnlich sein können, so wird man fast geneigt sein, jene Fragen für zum Theil nahezu hoffnungslos anzusehen, falls nicht besondere Kunstgriffe erfunden werden.

### Die Verheilung von Wunden des Hautmuskelschlauches.

Schon früher habe ich berichtet, dass in der Regel Schnittwunden des Hautmuskelschlauches bei Regenwürmern in sehr kurzer Zeit verheilen. Bei meinen letzten Versuchen im Winter und mit einer kleineren Art<sup>1</sup>, war dies womöglich in noch höherem Grade der Fall, und ich habe, entgegen meinen früheren Beobachtungen, in einem Falle sogar eine Wunde, welche den Darmtractus verletzt hatte, heilen sehen. Um nun die näheren Vorgänge bei der Wundheilung des Hautmuskelschlauches besser studiren zu können, schnitt ich bei einer Anzahl von Würmern, meist in den vorderen Segmenten, anstatt nur einen Schnitt zu machen, ein Stück des Hautmuskelschlauches von einigen Millimeter Länge und eben so viel Breite ganz heraus. Die Thiere waren immer, wie früher angegeben, alkoholisirt. Schon wenige Stunden nach der Operation, nachdem sich auch die Beweglichkeit wieder eingefunden hat, bedeckt sich die Wundfläche mit einem trüben, zähen, weißlichen Schleime. Am nächsten Tage ist diese Schleimbedeckung bedeutend kompakter geworden, zugleich zieht sie sich beträchtlich zusammen, so dass die Wundfläche bedeutend verkleinert und die angrenzenden Partien einander genähert werden, wobei es natürlich oft zu mehr oder minder auffallenden Verzerrungen kommt. Mit der Zeit wird die Wunde äußerlich immer weniger auffallend, wenn auch die Verzerrung bestehen und die Farbe lange Zeit hindurch ein wenig verschieden bleibt. Untersucht man etwas von dem eben erwähnten Schleime, der die Wunde schon nach ganz kurzer Zeit bedeckt, unter dem Mikroskop bei starker Vergrößerung, so sieht man, dass er größtentheils aus unzähligen Zellen besteht, die sich so dicht an einander gelegt haben, dass man sie meist nur am Rande der Schleimflocke unterscheiden kann. Sie sind äußerst blass, haben viele, spitz zulaufende Pseudopodien, die langsame amöboide Bewegungen machen; kurz, es sind die typischen Leukocyten des Regenwurms, deren Gestalt vielleicht am besten mit derjenigen der Rosskastanien mitsammt der grünen Schale verglichen werden kann. Will man nun diese allem Anschein nach im Wesentlichen nur aus Leukocyten bestehende Wundausfüllung auf Schnitten studiren, so stößt man auf eine technische Schwierigkeit, die darin besteht, dass bei der durch die Abtödtung des Wurmes gesetzten Reizung meist so starke Muskelkontraktionen ausgelöst werden, dass die Wunde aufreißt, und das

<sup>1</sup> Die kleine Art, an der ich die Verheilung der Hautwunden und die früheren Stadien der Gehirnregeneration studirte, war nach der freundlichen Bestimmung eines Exemplares durch Herrn Dr. COLLIN die *Allolobophora caliginosa* (Sav.).

Präparat vollständig verdirbt; um dies zu vermeiden, musste ich wieder zur Alkoholisierung mit etwa 4—5<sup>0</sup>/<sub>10</sub>igem Alkohol meine Zuflucht nehmen, was wohl zu beachten ist, indem hierdurch möglicherweise, wie sogleich aus einander gesetzt werden wird, eine Fehlerquelle eingeführt sein könnte. Das jüngste untersuchte Stadium war 4 Stunden alt und zeigte bereits im Ganzen dasselbe Aussehen wie ein bis zwei Tage alte Stadien.

Auf Querschnitten von Karminpräparaten sieht man Folgendes. Die Wundausfüllung hebt sich sogleich von dem angrenzenden normalen Gewebe durch ihren außerordentlichen Reichthum an gefärbten Zellkernen ab, in dem Grade, dass schon bei makroskopischer Betrachtung des Schnittes die betreffende Stelle durch ihr rötheres Aussehen auffällt. Die Zellkerne sind von deutlich unterscheidbaren Zellleibern umgeben. Beide, Zellen wie Kerne, sind in den peripheren Theilen der Wundausfüllung stark spindelförmig gestreckt, und zwar verläuft der größere Durchmesser bei ihrer großen Mehrzahl in der Verlängerung des angrenzenden Ringmuskelsystems des Wurmes, so dass, von dem viel größeren Kernreichthum abgesehen, die Zellen in der Wundausfüllung fast wie Fortsätze der glatten Fasern des Ringmuskelsystems aussehen; womit natürlich durchaus nicht etwa behauptet werden soll, dass jene Zellen, die, wie gesagt, eben wohl nichts Anderes sein können wie Leukocyten, auf dem Wege seien, sich in Muskelfasern umzuwandeln. Kerntheilungsfiguren habe ich weder bei diesem, noch bei älteren Stadien auffinden können, wohl aber sehr intensiv gefärbte, unregelmäßig geformte Gebilde etwa von Größe der Kerne, oder darunter, die nach Ansicht des Herrn Dr. SCHAUDINN den Eindruck von degenerirenden oder zerfallenden Kernen machen. Dennoch möchte ich aus später ersichtlichen Gründen keineswegs geradezu sagen, dass unter diesen Umständen Kerntheilungsfiguren nicht vorkämen; denn die Ursachen, die zum Übersehen der Mitosen führen können, sind zahlreich und aus später ersichtlichen Gründen habe ich sogar eher Grund anzunehmen, dass Mitosen vorhanden und mir nur aus irgend einem Grunde entgangen seien. In den meisten Fällen reichte die Schicht spindelförmiger Zellen bis zur Wundoberfläche; nur in einem Präparate von 24 Stunden Alter zeigten sich als oberste Schicht einige Lagen fast kugelrunder Zellen mit gleichfalls runden Kernen; diese waren auch entschieden größer als diejenige der Spindelzellen und hatten eine ziemlich gleichmäßige rothe Färbung, während die Kerne der Spindelzellen ein deutliches Chromatingerüst aufwiesen. Ich muss mich jeden Urtheils darüber enthalten, was jene kugeligen Zellen eigentlich für Gebilde seien; man möchte z. B. an amöboid ge-

wordene Epithelzellen denken, die von dem Wundrande des normalen Epidermisepithels stammen und vielleicht zur Regeneration der Epithelzellen dienen könnten. Auch darüber weiß ich nichts, wesswegen jene Schicht runder Zellen meist fehlte; es liegt hier die schon ange-deutete Befürchtung nahe, das jene Zelllage, die ohnehin einen sehr lockeren Eindruck machte, vielleicht bei der Abtödtung oder der Alkoholisierung verloren gegangen sein könnte. Schon in sehr jungen Stadien zeigte es sich, dass das normale Epithel am Wundrande, nicht wie sonst der Ringmuskellage unmittelbar aufliegt, sondern es findet sich, und zwar ausnahmslos, eine ansehnliche Zahl von Zellen zwischen Epidermis und Muskellage, die sich anscheinend dazwischen geschoben haben; ihre Zahl ist unmittelbar am Wundrande am größten und nimmt mit der Entfernung von diesem ab. Trotz Anfertigung und Betrachtung von Präparaten verschiedener Stadien mag ich auch über die Art und Weise der Epithelregeneration keine bestimmte Ansicht äußern; in manchen Fällen war deutlich zu sehen, wie vom Wundrande, d. h. dem normalen Epithel aus eine Schicht immer kleiner werdender Zellen sich über einen Theil der Wunde herüber erstreckte; dies zeigt z. B. das 24 Stunden alte Präparat in Fig. 49. Hiernach würden vielleicht manche Beobachter ein Auswachsen des normalen Epithels über die Wunde als sichere Thatsache aussprechen; ich ziehe aber vor, dies nicht zu thun, da ich anstatt des Schnittes in Fig. 49 auch andere von verschiedenem Aussehen hätte abbilden können. Auch im normalen Epithel am Wundrande habe ich Kerntheilungsfiguren niemals gefunden, will aber auch hier ihr Vorhandensein nicht geradezu bestreiten. An älteren Präparaten, und schon früher an solchen, bei denen nur eine einfache Schnittwunde, aber keine Excision vorgenommen war, geht bereits über die Wunde ein vollständiges Epithel sammt Cuticula; jedoch sind die Epithelzellen sehr viel niedriger als die normalen. Die Grenze zwischen dem normalen Epithel und der Wundoberfläche ist zwar in den ersten Tagen immer deutlich erkennbar, aber doch nicht so scharf, wie man vielleicht glauben möchte. Die dem Wundrande nächsten Epithelzellen sind nämlich oft in der Weise etwas geneigt, dass ihr peripheres Ende nach der Wunde zu weist; je weiter man sich von der Wunde entfernt, um so mehr nähern sich die Zellen ihrer normalen, senkrechten Stellung. Hierzu kommt noch die schon erwähnte, anscheinende Einwanderung von Leukocyten unter die Basis der Epidermiszellen. An einigen Präparaten erstreckte sich von dem normalen Epithel ein ziemlich stark gefärbter Saum über einen Theil der Wundoberfläche; er enthielt Kerne, ließ aber keine Zellgrenzen erkennen. Ich erwähne dies, ohne dafür eine Deutung versuchen zu

wollen; Deutungen zu machen ist leicht, besonders wenn man schon von vorn herein eine vorgefasste Meinung hat; sicher zu gehen ist hier aber sehr schwer.

### Die Regeneration des Oberschlundganglions.

Die Anfang August operirten Würmer hatten bis Mitte Oktober das Oberschlundganglion so vollkommen regenerirt, dass ich beim Ansehen der ersten Präparatenserie fast glaubte, es sei eine Verwechslung vorgekommen, und erst das übereinstimmende Verhalten aller Würmer sowie erneute Beobachtungen und Versuche erlauben mir, es als völlig sicher auszusprechen, dass die Regenwürmer das isolirt ausgeschnittene Oberschlundganglion meistentheils vollständig regeneriren. Noch ehe ich meine ersten Präparate angefertigt hatte, theilte mir der damals in Berlin anwesende Herr Prof. MORGAN mündlich mit, dass er sich bereits früher von derselben Thatsache durch den Versuch überzeugt habe, so dass hierfür also die Priorität dem genannten Herrn gebührt, auch wenn er die Sache nicht publicirt hat. Es war bei meinen Würmern der Hautmuskelschlauch zur Herausnahme des Oberschlundganglions in der Medianlinie geöffnet worden, und die Spuren hiervon noch Mitte Oktober an den Präparaten sichtbar geblieben. Jene Zellen, die sich an der Schnittwunde des Epithels, wie oben angegeben, zwischen Epithel und Ringmuskellage einfinden, waren nämlich noch deutlich sichtbar vorhanden, und zwar zu beiden Seiten der Medianlinie, in ansehnlicher Entfernung von dieser. Betreffs der Gehirnregeneration stand ich also einer völlig vollendeten Thatsache gegenüber und musste daher, zur Erlangung jüngerer Stadien, den Versuch wiederholen.

Ich experimentirte im Winter, wie erwähnt, mit einer anderen viel kleineren Art, der *Allolobophora caliginosa* (Sav.). Zur Untersuchung gelangten Stadien von 5, 8, 14 und 20 Tagen; nach Ablauf dieser Frist etwa war bei jener Art im Winter (November bis Januar) die Regeneration fertig<sup>1</sup>. Die Schnittwunde des Hautmuskelschlauches ist in der oben angegebenen Weise dicht mit kernreichem Gewebe, höchst wahrscheinlich Leukocyten, angefüllt; und ähnliche Zellen nehmen im Ganzen auch die durch die Herausnahme des Gehirns erzeugte Lücke ein. Vielfach haben sie sich auch dort unter Streckung zur Spindelform zu Strängen angeordnet, die von der Schnittwunde an die Leibeshöhle in der Peripherie stellenweise dicht umkleideten. Aber auch in ansehnlicher Entfernung von der Wunde wimmelte die

<sup>1</sup> Es sei auch hervorgehoben, dass ich diese Versuchsthiere im Winter meist in Löschpapier hielt, wodurch möglicherweise die Regeneration verzögert wurde.

ganze Leibeshöhle von anscheinenden Wanderzellen, die sich zwischen den Muskellagen, am Bauchmark und so ziemlich überall in großen Mengen angefundnen hatten. Man erinnere sich nun daran, dass vom Oberschlundganglion des Regenwurms zwei Paare großer Nervenfasersstränge entspringen; das eine Paar wendet sich nach hinten und umzieht dann als Schlundring den Darm, um sich mit dem Unterschlundganglion, und so mit dem ganzen Bauchstrang zu verbinden; das andere Paar geht nach vorn. Natürlich lenkte ich mein Hauptaugenmerk auf die Stümpfe jener großen nach vorn ziehenden Nerven, sowie der Schlundkommissuren. Diese Stümpfe sind nun immer von einer dichten Lage eines kernreichen, kompakten Gewebes umgeben, welches ich gleichfalls als hauptsächlich aus Leukocyten bestehend anzusehen geneigt bin. Ich werde hinfort jenes Gewebe, ohne über seine Herkunft oder Bedeutung damit ein bestimmtes Urtheil abzugeben, einfach als »Regenerationsgewebe« bezeichnen. Sonst hätte ich es ja auch »Leukocytengewebe« nennen können, da ich beim Verheilen der Wunden des Hautmuskelschlauches seine Herkunft aus Leukocyten in hohem Grade wahrscheinlich machen konnte und weil es in den anderen Fällen, in denen es ja gleichfalls an den Wundrändern und von diesen ausgehend, in einem Theil der durch die Ausschneidungen geschaffenen Lücken auftritt, im Wesentlichen eben so aussieht; aber, wie schon gesagt, halte ich die größte Zurückhaltung bei der Interpolirung der muthmaßlichen Vorgänge zwischen verschiedenen Regenerationsstadien für angebracht. — Die Zellen und Zellkerne des Regenerationsgewebes, welche unmittelbar an die Hauptnervenstümpfe angrenzen, sind meist deutlich spindelförmig gestreckt, in der Weise, dass ihre Längsachsen dem Kontour des Nervenstumpfes parallel verlaufen, wie dies auf Fig. 24 einigermaßen zu sehen ist.

Hier ist nun ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass in allen Theilen des Centralnervensystems des Regenwurms solche spindelförmige Zellkerne auch normaler Weise vorkommen, wie u. A. auch ich sie schon in meiner ersten Arbeit beschrieben, abgebildet und als Bindegewebszellkerne bezeichnet habe. Demnach ist es nicht ohne Weiteres möglich, die Herkunft dieser an der Peripherie der Nervenstümpfe liegenden Zellen mit Bestimmtheit zu ergründen, also etwa mit Sicherheit ausschließlich auf Leukocyten zurückzuführen. In jenen Partien kommen Mitosen vor. Niemals habe ich Nervengewebe in der durch die Ausschneidung erzeugten Lücke auftreten sehen, sondern es scheint sich, so weit meine Beobachtungen reichen, das regenerirende Nervengewebe ausschließlich an die Stümpfe des vorhandenen anzusetzen; d. h., wie man zu sagen pflegt, das regenerirte Gewebe »entsteht von dem gleichartigen, vor-

## Über die Regeneration herausgeschn. Theile des Centralnervensyst. von Regenwürmern. 259

handenen aus« — womit aber wenig bewiesen ist, weder in diesem, noch nach meiner Ansicht, in andern Fällen. Ich hätte mich natürlich vor der Behauptung, dass das regenerirte Gewebe von den Leukocyten abstamme — aber ich weiß nicht, wie man diese doch bestehende Möglichkeit ganz widerlegen will. Mag sein, dass die Leukocyten nur zum »provisorischen Wundverschluss« dienen, und dass das regenerirende Gewebe durch ein Auswachsen der Stümpfe des normalen entsteht, wie dies die herrschende, und wohl auch die wahrscheinlichste Annahme ist; mir scheint es jedoch so, als ob eine etwa thatsächliche Umwandlung der den Wundstümpfen anliegenden Leukocyten in andersartige Gewebelemente nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden könne.

In einem späteren (14 Tage alten) Stadium war es zur Bildung von neuer Nervenfasermasse in der Querrichtung des Wurms gekommen; die Fasermasse war dicht mit massenhaften kleinen Zellkernen umgeben, und das Ganze offenbar die Anlage des neuen Oberschlundganglions.

Am meisten Licht wirft vielleicht auf die Art und Weise der Regeneration eine Missbildung, die ich an einem Exemplar einer anderen größeren unbestimmten Art<sup>1</sup>, der das Oberschlundganglion herausgeschnitten war, und dessen Altersangabe leider verloren ging, an einer vollständigen Schnittserie mit Sicherheit beobachtete. Hier waren nämlich die beiden nach vorn gehenden Nerven mit den gleichseitigen Schlundkommissuren verwachsen, aber es war zu keiner queren Bildung, d. h. zu keiner eigentlichen oder normalen Gehirnregeneration gekommen; dafür hatten sich auf beiden Seiten ansehnliche Anschwellungen gebildet, mit zahlreichen kleineren und größeren Ganglienzellen, also, wenn man so will, ein doppeltes, symmetrisches Oberschlundganglion. Es sei dabei auch noch bemerkt, dass dieser Wurm vor seiner Tödtung die von mir beschriebene Bewegungsstörung der Würmer ohne Oberschlundganglion eben so wenig zeigte, wie die Würmer, die ein normales, unpaares Gehirn regenerirt hatten; so weit also unsre allerdings erst kaum in den allerersten Anfängen stehenden Kenntnisse der Funktionen des Oberschlundganglions reichen, scheint nicht nur eine histologische, sondern auch eine physiologische Regeneration stattzufinden, und dabei jenes abnorme, paarige Gehirn dieselben Dienste zu leisten, wie das normale, unpaare.

### Die Regeneration von Bauchmarksstücken.

Am ausführlichsten habe ich die Regeneration von Stückchen des Bauchmarks studirt, die ich hinter dem Clitellum, nach den früher mitgetheilten Methoden, entfernt hatte.

<sup>1</sup> Wahrscheinlich, aber nicht sicher *Lumbricus herculeus*.

Die Regeneration nimmt mindestens eine lange Zeit in Anspruch, und es ist einigermaßen fraglich, ob sie immer, d. h. auch bei sehr langen Excisionen zum Erfolge, nämlich zum Zusammenwachsen der beiden Stümpfe führt; von meinen Würmern war dies nach  $2\frac{1}{2}$  Monaten nur bei einem einzigen Exemplare der Fall, und zwar gerade bei demjenigen, an dem ich vor der Abtödtung keine Bewegungsstörung mehr mit Sicherheit bemerken konnte, was entschieden dafür spricht, dass es hier gleichfalls zur Wiederherstellung auch der Funktionen kommt. In allen anderen Fällen waren zwar beide Bauchmarksstümpfe ein Stück weit nachgewachsen, allein sie hatten einander noch nicht erreicht; vermuthlich war das ursprünglich entfernte Stück Bauchmark in dem zuerst erwähnten Thiere besonders kurz gewesen.

Ein Mangel meiner Versuche bestand nun auch darin, dass die Stelle der ursprünglichen Durchschneidung nicht mehr mit Sicherheit festzustellen war; auch fürchte ich, dass eine hierfür ausreichende Versuchsanordnung nach Art der an peripheren Wirbelthiernervenfasern von manchen angewandten Durchschnürungen, mit Zurücklassung des dazu benutzten Haares oder Fadens in unserem Falle nicht leicht anwendbar sein dürfte.

Die beiden Bauchmarksstümpfe werde ich nach ihrer Lage im Wurme bezeichnen, also das hintere Ende des vorderen Bauchmarkstheils als den vorderen oder den oralen, das vordere Ende des hinteren Abschnittes als den hinteren oder den aboralen Stumpf. Eine wesentliche Verschiedenheit beider habe ich nicht bemerkt; jedenfalls wachsen beide nach, wenschon es mir an meinen verhältnismäßig nicht sehr zahlreichen Präparaten so vorkam, als ob der vordere Stumpf etwas schneller regenerire. Wir werden nunmehr am besten zuerst eine Schnittserie, beispielsweise eines vorderen Stumpfes, verfolgen und so weit vorn beginnen, dass wir zuerst noch ein ziemlich normal aussehendes Stück Bauchmark antreffen. Fig. 8 ist ein solches; jedoch sieht man schon hier eine Abweichung, in so fern sich unter den großen LEYDIG'schen Fasern vier viel kleinere, aber im Wesentlichen übereinstimmende befinden, die zu einem kleinen Bündel dicht zusammengelagert sind. Von der medianen großen LEYDIG'schen Faser geht ein Ast ventralwärts ab, was man ja bekanntlich auch beim normalen Bauchmark an bestimmten Stellen regelmäßig beobachtet; hier hingegen fällt denn doch der ungewöhnliche Durchmesser des abgehenden Seitenastes auf und dieser biegt sich nicht, wie sonst, zu den früher von Anderen und auch von mir beschriebenen Nervenquerbrücken, sondern er communicirt offenbar mit den eben erwähnten, überzähligen,

kleinen LEYDIG'schen Fasern, die ihrerseits gleichfalls in der Längsrichtung verlaufen.

Fig. 7, ein der vorderen Durchschneidungsstelle schon etwas näherer Schnitt, zeigt wiederum die kleinen überzähligen Fasern, sonst aber wenig Abweichung von normalen. Die nun in einigem Abstände folgenden Schnitte weisen hingegen bereits dasjenige Verhalten auf, durch welches sich die regenerirten Partien am auffallendsten von den normalen unterscheiden. Die großen LEYDIG'schen Fasern gehen eine reiche, anscheinend regellose Verästelung ein, so dass man auf dem Querschnitt anstatt der gewöhnlichen Dreizahl eine viel größere Menge erblickt. Zugleich ist erwähnenswerth, dass auf einer kleinen Strecke die beiden lateralen LEYDIG'schen Fasern ihr Lumen einbüßen, und nur aus einem Zuge von Marksubstanz bestehen (Fig. 6 u. 44) — es liegt die Vermuthung nahe, dass hier die Stelle der ursprünglichen Verwundung zu suchen sei; doch muss ich bemerken, dass ich solche lumenlosen Strecken auf meinen Präparaten nur an den lateralen LEYDIG'schen Fasern und niemals an den medianen gefunden habe. Nähern wir uns dem Stumpfe noch mehr, so verlieren die LEYDIG'schen Fasern mehr und mehr ihre Individualität und sind von den gewöhnlichen Fasern schließlich nicht mehr zu unterscheiden (Fig. 4—4).

Zugleich nimmt der Querschnitt des gesammten Bauchmarks sehr beträchtlich an Durchmesser ab; Fig. 4—8 sind bei nahezu gleicher Vergrößerung aufgenommen (vgl. den Maßstab).

Hingegen nimmt die Dicke der Bauchmarksscheiden, besonders der Muskelscheide, absolut (und noch mehr relativ) außerordentlich zu; zuletzt sieht man den Querschnitt eines kompakten, mit Muskelfasern und Blutgefäßen reichlich versehenen Gewebes, in dessen Mitte sich ein kleines Bündel von Nervenfasern vorfindet (Fig. 1 u. 2); das Nervengewebe wird aber spärlicher und spärlicher, um endlich ganz zu verschwinden, ohne dass man genau angeben könnte, auf welchem Schnitte sich die letzten Fasern befinden. Der bindegewebige und muskulöse Strang ist auf dieser Schnittserie inzwischen mit dem großen ventralen Blutgefäße verschmolzen (Fig. 1), zugleich auch mit der Muskulatur der ventralen Seite der Leibeswand. — Der hintere Stumpf derselben Serie, die dort leider unvollständig war, schien sich im Wesentlichen ganz eben so zu verhalten; so zeigt z. B. Fig. 9, ein Schnitt aus dem hinteren Stumpfe, sogar eine ganz besonders reichliche Verzweigung der LEYDIG'schen Fasern. — Wie wir aber bald sehen werden, wichen einige andere Serien in manchen Beziehungen so sehr ab, dass es einigermäßen schwer zu sagen ist, was als das Typische

oder Normale anzusehen sei. Zuvor aber sei noch auf eine andere Thatsache hingewiesen, die mir schon längst aufgefallen war, und die eigentlich schon in meinen früheren Arbeiten hätte erwähnt werden sollen; sie bezieht sich auf das Aussehen der Osmiumpräparate des Regenwurmbauchstranges und gilt auch wohl für andere ähnliche Objekte. Ich meine das recht verschiedene Aussehen desselben Gegenstandes, ja verschiedener Schnitte derselben Serie, je nach der besseren oder schlechteren Erhaltung der Achsencylindersubstanz. Man kann drei Haupttypen des scheinbaren Strukturbildes unterscheiden. In manchen Fällen ist die Achsencylindermasse so stark geschrumpft, ja anscheinend zerstört, dass sie nur hier und da überhaupt sichtbar ist, jedenfalls aber nicht besonders auffällt; dann erscheinen also die Röhren — ich setze hier die Bekanntschaft mit dem allgemeinen Bau des Bauchstranges natürlich voraus — so gut wie leer; auf Querschnitten erblickt man dann demnach ein dunkles Netzwerk, dessen Maschenräume ganz hell erscheinen. Das sieht man besonders gut auf der Photographie Fig. 13 meiner Arbeit in dem früheren Jahrgange (Bd. LVIII) dieser Zeitschrift. In anderen Fällen ist die Achsencylindermasse etwas besser erhalten, jedoch noch immer stark geschrumpft, so dass die Achsencylinder auf dem Querschnitte als Pünktchen erscheinen, die ungefähr in der Mitte der Maschenräume liegen; dieses gleichfalls sehr charakteristische Bild sieht man auf manchen der diesmal beigegebenen Photographien, wie beispielsweise Fig. 8 und 9 recht gut.

In dem dritten, übrigens entschieden selteneren Falle endlich ist die Achsencylindersubstanz noch besser erhalten und so gut wie gar nicht geschrumpft; sie erfüllt demnach die Achsenräume (d. h. auf dem Querschnitt die Maschenräume) vollständig; und wenn sie, was dann meist der Fall ist, zugleich durch die Osmiumsäure gebräunt ist, so sieht der ganze Bauchmarksquerschnitt kompakt aus (Fig. 10).

Nur bei geeigneter Beleuchtung und genauerem Zusehen findet man auch in diesem Falle die gleiche Struktur wie sonst. Über die Ursachen dieser Verschiedenheiten im Erhaltungszustande der Achsencylindermasse kann ich nur daran erinnern, dass ich besonders bei Palaemon ein leicht verständliches Zusammentreffen einer besseren Erhaltung mit den dünnen, einer schlechteren Erhaltung mit den dickeren Markscheiden vorfand; doch müssen wohl noch andere Ursachen wirksam sein.

Was nun meine anderen, noch nicht beschriebenen Schnittserien durch regenerirte Bauchmarksstrecken betrifft, so ist zunächst diejenige zu erwähnen, bei der es zu einer vollständigen Heilung, d. h. zu einem

Zusammenwachsen der beiden Stümpfe gekommen war; sie zeigte außer dem schon Angeführten nichts Besonderes; die regenerirte Strecke war bedeutend schmaler und die LEYDIG'schen Fasern wiesen die charakteristischen Verzweigungen auf (Fig. 10 und 17). Auffallende Leukocytenanhäufungen fanden sich keine.

An einer dritten Serie, deren Konservationszustand aus unbekanntem Gründen leider sehr viel zu wünschen übrig ließ, war ein recht abweichendes Verhalten zu beobachten, so weit die Sache überhaupt deutlich zu verfolgen war. Das orale Ende verlief nämlich theilweise innerhalb der Längsmuskulatur; vielleicht hatte sich das vorwachsende Ende gleichsam verirrt; das alleräußerste Ende war allerdings wieder frei in der Leibeshöhle, wenn auch beträchtlich außerhalb der Medianlinie; es war stellenweise ganz außerordentlich dünn, indem auf ansehnlichen Strecken der größte Durchmesser auf  $\frac{1}{10}$  mm, ja bisweilen auf  $\frac{1}{30}$  mm sank. Doch kann ich wegen der missrathenen Konservirung Alles dies nur mit einiger Reserve mittheilen, obwohl ich meiner Sache ziemlich sicher bin.

Eine vierte Serie, die mit Sublimataalkohol und Karmin präparirt war, stimmte mit der zuerst beschriebenen in so fern überein, als auch hier der Bauchstrang in ein Regenerationsgewebe hineinwucherte; allein es waren die Verhältnisse dadurch verändert, dass dieses Regenerationsgewebe von einer Unmenge kleiner Nematoden durchsetzt war (Fig. 22) und sich noch ein beträchtliches Stück über das äußerste kenntliche Ende des Bauchstranges fortsetzte. Ferner hatte sich in den geschädigten Segmenten (außer dem Regenerationsgewebe am Bauchmarkstumpfe) ein ganz ähnliches Gewebe in der einen Hälfte der Leibeshöhle gebildet, das einen wahrhaft kolossalen Umfang erreichte und von unzähligen Nematoden wimmelte (Fig. 23). Außer diesen kleinen Nematoden, die aller Wahrscheinlichkeit nach mit den oft erwähnten, aber noch immer nicht hinreichend studirten »Regenwurmtrichinen« (*Pelodera pellio*, vgl. z. B. ANTON SCHNEIDER, Monographie der Nematoden p. 154) identisch sein dürften, fanden sich etwa vier bis sechs andere, viel größere Nematoden in dem ventralen Hauptblutgefäße, dessen Lumen sie stellenweise fast ganz einnahmen (Fig. 22—26).

So bot diese Serie in der That ein sehr wunderliches Aussehen; an der Stelle, wo sonst der Bauchstrang liegt, befindet sich ein kompakter Strang kernreichen Gewebes mit massenhaften Nematoden, der Anfangs noch in der Mitte ein dünnes Bündel hineinwuchernder Nervenfasern erkennen lässt, übrigens aber reichliche Blutgefäße (Fig. 22) enthält; weiterhin findet sich auf der Seite, auf vielen Schnitten, fast die eine ganze Hälfte der Leibeshöhle einnehmend, derselbe Gewebstypus,

mit noch zahlreicheren Nematoden (Fig. 23), während das Lumen des ventralen Gefäßes durch eine andere Nematodenart stellenweise fast verstopft ist (vgl. Fig. 22, 25, 26).

Auf die Nematoden im Blutgefäße werde ich später näher eingehen, da es sich möglicherweise um eine noch nicht beschriebene Art handeln könnte; und nachdem ich so kurz die beträchtlichen Abweichungen meiner einzelnen Versuchsthiere von einander skizzirt habe, seien die gemeinsamen Eigenthümlichkeiten der regenerirten Bauchmarksstrecken systematisch beschrieben.

In Bezug auf das gröbere morphologische Aussehen ist zuerst der in allen Fällen bedeutend verjüngte Durchmesser hervorzuheben; eine Erscheinung, die bei sehr vielen Regenerationen vorkommt, von der ich aber nicht weiß, ob sie schon von irgend Jemand besonders hervorgehoben worden ist, was mir bei dem großen Umfang der Regenerationslitteratur vielleicht entgangen sein könnte. Selbstverständlich ist jenes Nachwachsen in verjüngtem Maßstabe keineswegs, denn es wäre eine allmähliche Verlängerung der Organ- oder Thierstümpfe im normalen Durchmesser von vorn herein eben so gut denkbar. Bekannt muss im Übrigen die Erscheinung auf jeden Fall sein; denn die ganz dünnen nachwachsenden Kopfenden oder Schwanzenden ganzer Anneliden, beispielsweise der Hinterenden der Regenwürmer oder der Köpfe und Schwänze der Eunicide *Diopatra napoletana* u. a. sind in hohem Grade auffallend. Ferner scheinen Unregelmäßigkeiten in der Segmentirung d. h. dem normalen Wechsel eines einfachen und eines doppelten Nerven häufig vorzukommen; doch muss ich hierbei darauf aufmerksam machen, dass mitunter von dem dünnen, nachgewachsenen Bauchmarke so außerordentlich starke Nerven entsprangen (vgl. Fig. 44), dass ich nicht sicher bin, ob sich nicht etwa einer der alten segmentalen Nerven, die ja bei der Operation größtentheils zurückbleiben konnten, erhalten hatte und mit dem nachwachsenden Bauchmarke verschmolzen war.

Ferner ist eines eigenthümlichen Verhaltens des sogenannten Leibeshöhlenendothels Erwähnung zu thun. Normalerweise bildet dieses als äußere Begrenzung der Leibeshöhle einen dünnen, einschichtigen Überzug der inneren Oberfläche der Längsmuskulatur; seine Zellen und Kerne unterscheiden sich übrigens kaum merklich von denen des Regenerationsgewebes oder auch den allenthalben verbreiteten Zellkernen meist spindelförmiger Gestalt, die sich sowohl in der Muskulatur, als auch dem Bauchstrange und Gehirn vorfinden. Im normalen Regenwurme bildet jedenfalls jenes Endothel einen einschichtigen, ganz dünnen Belag. In den Segmenten hingegen, in denen zur Entfernung von Bauchmarksstückchen ein medianer Schnitt durch den Hautmuskelschlauch

gemacht war, ist das Endothel nach  $2\frac{1}{2}$  Monaten wenigstens meist in zwei Lamellen vertreten, die durch eine Zwischenschicht von ansehnlicher Dicke von einander getrennt sind. Diese Zwischenlage (Fig. 44) zeigt mitunter einen ziemlich deutlich geschichteten Bau und färbt sich mit Osmiumsäure hellgraubräunlich, mit Karmin (an Sublimatalkoholpräparaten) hellroth. Sehr oft gehen von dem inneren Endothelblatte Stränge zum regenerirten Bauchstrange, die auf den ersten Blick auf Querschnitten fast wie segmentale Nerven aussehen, aber sicherlich keine sind, da sie keine Spur von Nervenfasergewebe enthalten (Fig. 40, 42, 43).

Im Übrigen zeigt die Struktur des nachgewachsenen Bauchmarks, was das Aussehen der faserigen Elemente anbetrifft, keinen wesentlichen Unterschied von den normalen Partien. Nur schien mir das vorher erwähnte, »kompaktere« Aussehen etwas häufiger zu sein (Fig. 40), als bei dem normalen Bauchstrange; doch kommen in beiden Fällen alle drei Typen vor, so dass ich annehme, dass hier nur unwesentliche Abweichungen in Folge von Zufälligkeiten der Konservation etc. vorliegen. Höchstens könnte man daran denken, dass vielleicht die regenerirten jungen Fasern weniger markhaltig seien, als die alten, und daher die Osmiumsäure leichter eindringen ließen. Jedenfalls kann aber diese oft auf einer und derselben Serie vorkommende Verschiedenheit der scheinbaren Struktur im Anfange leicht irre führen. Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die Vorzüge der Photographie gegenüber den Zeichnungen hinweisen. Es ist ja richtig, dass die Photographie nicht in allen Fällen anwendbar ist; vor Allem kommt es natürlich darauf an, dass das ganze zu photographirende mikroskopische Bild mit hinreichender Annäherung in einer einzigen Ebene liege. Ferner kann man ja auf solchen Zeichnungen, die mehr zur Illustration, als zum Beweise dienen sollen, das Eine oder das Andere etwas hervorheben, während die Photographie in dieser Beziehung die Dinge eben so abbildet, wie sie sind. Allein gerade hierin liegt auf der anderen Seite auch ein gewaltiger Vortheil; gerade bei der bildlichen Darstellung der sogenannten »LEYDIG'schen Punktsubstanz« haben die meisten Beobachter ihre Ansicht in die Zeichnungen mehr oder minder künstlerisch hineingebracht; und es liegt hierin sogar kaum ein Vorwurf; denn eine ganz exakte Wiedergabe jedes Pünktchens und jedes Strichelchens bei verwickelten histologischen Strukturen ist ja fast unmöglich. Ich glaube nun, dass einige der dieser Arbeit beigegebenen Photographien mit besonderer Deutlichkeit und nicht anzuzweifelnder Objektivität für diejenige Auffassung der nervösen Centralsubstanz — wenigstens beim Regenwurme — eintreten, wie ich sie in meiner vorigen Arbeit aus einander gesetzt habe. Freilich ver-

langen Photographien eine genauere und mühevollere Betrachtung, als Lithographien nach Zeichnungen, da jene eben Alles, Wesentliches und Unwesentliches zeigen; zudem sehen sie meist auch wenig künstlerisch schön aus. Wenn jedoch die Reproduktion hinreichend gut ausfällt, so möchte ich z. B. Fig. 7—9 und 41—43 allen Denjenigen empfehlen, die sich für die Struktur der nervösen Centralorgane bei Wirbellosen überhaupt interessieren.

Von den faserigen Theilen des regenerirten Bauchstrangs verlangen nun noch die drei LEYDIG'schen Fasern eine eingehendere Besprechung, da die bei ihnen regelmäßig vorkommenden Abweichungen vom normalen Bau sowohl an sich, wie auch im Hinblick auf ähnliche Dinge bei der Regeneration markhaltiger Fasern bei Wirbelthieren von besonderem Interesse sind. Auch hier möchte ich mir eine kleine Abschweifung erlauben. Die Natur der LEYDIG'schen Fasern ist bekanntlich bis auf die letzten Jahre eine Streitfrage gewesen, an deren Bearbeitung sich eine beträchtliche Zahl von Beobachtern, wenn auch meist nur gelegentlich versucht und oft gar wunderliche Ergebnisse zu Tage gefördert hat. Jetzt, nachdem eingehendere Specialuntersuchungen vorliegen, erscheint es kaum glaublich, dass jene markhaltigen Nervenfasern des Regenwurms und anderer Anneliden der Anlass zu so vielen und so groben Irrthümern geworden sind, denen nicht etwa nur Anfänger, sondern mitunter auch namhafte Histologen unterlagen; und alles Das fast nur aus dem Grunde, dass sich jene LEYDIG'schen Fasern entgegen dem Dogma vom Vorkommen markhaltiger Fasern nur bei Wirbelthieren, bei Wirbellosen vorfinden, und dass sie in einigen unwesentlichen Beziehungen, wie besonders durch auffallende Größe, abweichen. Wenn sie sich aber beispielsweise im Rückenmark irgend eines beliebigen Wirbelthieres fänden, so wären sie sicherlich niemals verkannt und höchstens als Fasern von ungewöhnlichen Dimensionen beschrieben worden. Von frühern Beobachtern abgesehen, die gern auch bei Anneliden so etwas wie eine Chorda dorsalis zu besitzen wünschten — (daher der frühere Name »Neurochord«) — und in Ermangelung von etwas Besserm komischerweise auf jene markhaltigen Nervenfasern verfielen, hat namentlich EISIG in seiner Capitellidenmonographie aus einigen verfehlten Auslegungen mikroskopischer Bilder ein an sich ganz geistreiches Gebäude von Irrthümern aufgeführt, deren Widerlegung Angesichts der geringen Verbreitung und schweren Beschaffbarkeit des *Mastobranchus* beinahe eine Sache des Zufalls zu nennen war; und wenn jener Zufall nicht eingetreten wäre, so würde voraussichtlich die EISIG'sche Degenerationshypothese nicht nur von ARN. LANG, sondern ganz allgemein angenommen worden sein; um so mehr, als die Irrthümer

EISIG's, wie ich ausdrücklich anerkenne, nicht nur sehr verzeihlich waren, sondern auch für alle Diejenigen, die sich nicht vergleichend und speciell mit jener Sache beschäftigt hatten, recht bestechend sein mussten. Die allerletzten Fehler anderer Autoren hingegen waren freilich sehr viel gröber und sind schon früher gekennzeichnet worden. Gegenwärtig können aber jene Dinge nun wohl als endgültig überwunden angesehen werden; und anstatt die LEYDIG'schen Fasern — (von ihrer ganz hypothetischen Specialfunktion und von Einzelheiten natürlich abgesehen) — auf ihr Wesen hin zu erforschen, muss jetzt umgekehrt ihre Natur als markhaltiger Nervenfasern vorausgesetzt werden und sie selbst können wegen ihrer Größe als ein zu Specialuntersuchungen besonders geeignetes Beispiel markhaltiger Fasern gelten.

Verfolgt man eine Querschnittsserie von dem normalen Bauchmark ausgehend, in Richtung auf die regenerirte Partie, so findet man, — das war an allen meinen Serien ohne Ausnahme zu beobachten — eine sonst ganz normal aussehende Stelle, an der eine Verzweigung der LEYDIG'schen Fasern beginnt; diese ist somit das erste und zunächst einzige Anzeichen dafür, dass man sich dem regenerirten Theile nähert. Die regenerative Verzweigung beispielsweise der medianen Faser unterscheidet sich nun dadurch von den schon früher bekannten, normalen segmentalen<sup>1</sup> Verzweigungen, dass die abgehenden Ästchen in unserem Falle erstens oft einen viel ansehnlicheren Durchmesser haben, und dass sie zweitens nicht sowohl ventralwärts ziehen, sondern alsbald längs umbiegen; sie ziehen in der Richtung auf das nachwachsende Ende; ob etwa auch ein Umbiegen nach dem anderen Ende vorkommt, weiß ich nicht. Zu der ersten Verzweigung gesellen sich auf den nun folgenden Schnitten sehr bald andere; ich konnte dabei auch öfters sehen, dass die mediane Faser mit der ersten überzähligen Faser noch später wiederholt durch Seitenäste in Verbindung tritt. Bald kommen nun auch Verzweigungen der seitlichen Fasern hinzu — mitunter mögen auch diese den Anfang machen; die überzähligen Fasern theilen sich weiter. Dabei kommen die auffallendsten Verlagerungen vor, indem z. B. die Fasern mitunter nicht, wie normalerweise, neben, sondern unter einander verlaufen. Immerhin finden sich auch im regenerirten Theile die LEYDIG'schen Fasern vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, in der dorsalen Hälfte des Bauchstrangs. So weit nun meine Beobachtungen über den Modus der Verzweigung reichen, so glaube ich ihn

<sup>1</sup> Die normalen segmentalen Verzweigungen der LEYDIG'schen Fasern, über die wohl CERFONTAINE bisher das Genaueste mitgetheilt hat, mögen vielleicht mit den sog. »Collateralen« der Fasern des Wirbelthier Rückenmarks verglichen werden.

am kürzesten kennzeichnen zu können, wenn ich sage, dass so ziemlich alle denkbaren Anastomosen vorkommen. Die Fasern anastomosiren sämmtlich mit einander, indem sie sich bald hier, bald da durch die Verzweigungen mit einander in Verbindung setzen; zugleich ist der Verlauf eines jeden der Zweige nicht gerade, sondern mannigfach geschlängelt; ferner kommen alle nur denkbaren Größen vor zwischen eigentlichen Kolossalfasern, solchen mittlerer Dicke und endlich solchen, die sich von den gewöhnlichen Fasern nicht mehr mit Bestimmtheit unterscheiden lassen und das um so weniger, als auch die Entwicklung der durch die Osmiumsäure geschwärzten Markscheiden gleichfalls alle nur denkbaren Übergänge zeigt. Die Entwicklung der Markscheide ist von der Dicke der Fasern ziemlich unabhängig; es kommen Fasern von ansehnlichem Kaliber vor, deren Markscheide fast unerkennbar ist, während es auf der anderen Seite auch ganz dünne Fasern mit recht dicker Scheide giebt. Hierin ähnelt ein Querschnitt durch das regenerirte Bauchmark bald an Verhältnisse, die man meist bei Palaemon beobachtet, bald an gewisse Polychäten. Jene Ununterscheidbarkeit der Ästchen und Verzweigungen der LEYDIG'schen Fasern von ganz gewöhnlichen Nervenfasern wäre natürlich ein weiterer Wahrscheinlichkeitsbeweis für die von mir im Anschlusse an LEYDIG vertretene Auffassung der Kolossalfasern, wenn anders es eines solchen gegenwärtig noch bedürfte.

Auch darin erinnern die regenerirten Fasern an die Nervenfasern des Palaemonbauchstrangs, dass man sehr oft auf demselben Schnitte solche mit gut erhaltener und ziemlich stark gebräunter und solche mit fast zerstörter Inhaltmasse findet, wie dies z. B. auf Fig. 11 im Vergleich mit Fig. 9 deutlich sichtbar ist. — Die schon erwähnten, lumenlosen Abschnitte der seitlichen Fasern bereiten sich durch ein allmähliches Engerwerden des Achsenraumes auf der Schnittserie vor; solche Partien fanden sich auf mehreren Serien mit größter Deutlichkeit, wie es beispielsweise auf Fig. 6 und 14 sichtbar ist. Es ist hierbei wohl darauf zu achten, dass sich jene achsencylinderlosen Abschnitte immer erst in größerer Nähe der Excisionsstelle finden, nachdem die Verzweigungen schon begonnen haben, so dass also die nervöse Leitung, die auf dem normalen Wege wegen Fehlens des Achsencylinders als unterbrochen angesehen werden muss, nach dem Zusammenheilen der Stümpfe eben durch jene Seitenäste vor sich gehen kann. Auch liegt, wie schon erwähnt, und wie später noch wahrscheinlicher gemacht werden wird, die Vermuthung nahe, dass jene lumenlosen Abschnitte die Stelle der ursprünglichen Durchschneidungen bezeichnen. Die Verzweigungen der LEYDIG'schen Fasern sind oft so reich, dass man auf

manchen Präparaten bis zu einem Dutzend »riesiger« Faserquerschnitte vorfindet, wobei man dann die Zahl deswegen nicht genau angeben kann, weil es, wie gesagt, keine erkennbare Grenze zwischen den dickeren, dünneren und dünnsten Verzweigungen der LEYDIG'schen und den gewöhnlichen Fasern giebt.

Dies gilt um so mehr, je mehr man sich dem nachwachsenden Ende selbst nähert; wie aus den beiden z. Th. photographirten Serien (vgl. Fig. 4—8 und Fig. 11—13) hervorgeht. Die Verzweigungen der LEYDIG'schen Fasern kommen übrigens nicht nur im einzeln regenerirten Bauchmark vor, sondern ich habe sie auch im Bauchmarke eines nachgewachsenen Vorder- wie Hinterendes vorgefunden. Hier waren die LEYDIG'schen Fasern in dem dünnen nachgewachsenen Schwanzende selbst, eben so im nachgewachsenen Vorderende, allerdings nur wenig entwickelt und unscheinbar; die erwähnten Verzweigungen fanden sich aber an derjenigen Stelle deutlich vor, an der das nachgewachsene Ende in den durch bedeutenderen Durchmesser kenntlichen alten Stumpf überging, wo sich also die ursprüngliche Regenerationsknospe gebildet haben musste.

Von der näheren Beschaffenheit der Verzweigungen will ich noch erwähnen, dass sich — scheinbar paradoxer Weise — nicht selten eine Faser in zwei spaltet, um nach ganz kurzem Verlaufe wieder zu einer zu verschmelzen; auch sind mitunter die Scheidewände schon vor dem Zerfall in gesonderte Fasern in der Weise sichtbar, wie das z. B. Fig. 17 zeigt.

Das beschriebene Verhalten der LEYDIG'schen Fasern bei der Regeneration ist nun zunächst deswegen interessant, weil es offenbar die Chancen des Zusammentreffens der Enden vermehrt; indem die zahlreichen Verzweigungen auf einander zuwachsen, kann es sich viel leichter ereignen, dass zwei einander beinahe oder ganz erreichen, als wenn nur eine einzige vorwachsende Spitze vorhanden wäre. Freilich würde man auch hier wohl bei tieferem Eindringen auf einen Richtungsreiz stoßen in dem von HERBST ausgeführten Sinne. Übrigens wird man annehmen, dass (wenn anders die drei normalen LEYDIG'schen Fasern verschiedene Funktionen besäßen, d. h. beispielsweise verschiedene Partien des Körpers versorgten), durch die Bildung der beschriebenen Anastomosen und Ästchen, die Lokalisation leiden müsse. Allein auch diese könnte ganz gut nachträglich gleichfalls wieder hergestellt werden, indem etwa gewisse Bahnen später degenerirten. Jedenfalls sieht die Verzweigung der LEYDIG'schen Fasern ganz so aus, wie eine jener »zweckmäßigen« d. h. erhaltungsgemäßen Reaktionen des Organismus, indem durch sie zunächst einmal die Wiederherstellung der nervösen

Leitung, wenn auch etwa zunächst auf Kosten der in diesem Falle kaum wahrscheinlichen Lokalisation erleichtert wird. Ein weiteres Interesse ergibt sich ferner aus dem Vergleich mit dem aus manchen Arbeiten schon längst bekannten Verhalten der markhaltigen Fasern der Wirbelthiere. So weit mir dieses aus der Litteratur bekannt geworden ist, so scheint es vollständig mit dem der LEYDIG'schen Fasern übereinzustimmen. So sagt z. B. NEUMANN<sup>1</sup> p. 334: »In der großen Mehrzahl der Fälle findet man als Fortsetzung der alten Fasern eine neue Faser, indess kommt es auch vor, dass sich zwei ausgebildete Fasern an die alte Faser anschließen. Eine größere Zahl habe ich nie gesehen, wenn auch allerdings dieselbe im weiteren Verlauf der Fasern sich auf drei bis vier steigern kann. Es steht dies in Übereinstimmung mit den Angaben EICHHORST's, welcher durchschnittene Froschnerven bis zu dem Eintritt der Faserneubildung untersuchte; er fand hier ebenfalls gewöhnlich nur eine und hebt mit Recht den Gegensatz hervor, in welchem diese Thatsache zu den Befunden bei Kaninchen steht, indem man hier nach Durchschneidung die alten Fasern in ganze Bündel neuer Fasern übergehen sieht.« (Von mir gesperrt.)

Die zelligen Elemente treten in den regenerirten Partien, wenigstens in denen mit verjüngtem Durchmesser, entschieden in den Hintergrund, obwohl sie durchaus nicht fehlen. Es finden sich Ganglienzellen vor, allein an Zahl und an Größe bleiben sie offenbar hinter den normalen zurück. Um so auffallender ist das Vorkommen einer ansehnlichen Zahl jener charakteristischen Ganglienzellen, welche zuerst im Hinterende als Ursprungsstätten der Achsencylinder der LEYDIG'schen Fasern bekannt wurden. Im normalen Regenwurm kenne ich sie nur aus dem Hinterende und dem Vorderende; und auch CERFONTAINE erwähnt sie an keiner anderen Stelle; dennoch möchte ich nicht bestimmt behaupten, dass sie in den mittleren Abschnitten des normalen Regenwurms fehlten. Immerhin fanden sie sich in den regenerirten Partien in einer verhältnismäßig großen Zahl und, im Gegensatze zu den meisten anderen Ganglienzellen, in sehr guter Ausbildung (Fig. 4 und 6). Ja, an manchen Stellen konnten sie geradezu als »Riesenzellen« gelten, da sie etwa eben so groß, wie im normalen Wurm, das Bauchmark aber viel dünner war. Den Zusammenhang mit dem Achsencylinder der LEYDIG'schen Fasern konnte ich zwar hier nicht sicher ermitteln, doch gehört dazu eben auch ein besonders glücklich geführter Schnitt. Jedoch ist der Zusammenhang beim normalen Regenwurme mit Sicherheit nachgewiesen und das Aussehen der

<sup>1</sup> NEUMANN, Über Degeneration und Regeneration zerquetschter Nerven. in: Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVIII (1880). p. 302.

Zellen an Osmiumpräparaten so äußerst charakteristisch, dass man mit größter Wahrscheinlichkeit annehmen darf, dass jene Zellen auch im regenerirenden Bauchmarke die Bedeutung haben, die Achsencylindersubstanz der LEYDIG'schen Fasern zu liefern.

### Jüngere Stadien der Bauchmarksregeneration.

Die früheren Vorgänge bei der Bauchmarksregeneration studirte ich an einigen Schnittserien von einwöchentlicher Dauer der Regeneration. Einen wesentlichen Unterschied zwischen oralem und aboralem Stumpf habe ich auch hier nicht gefunden. Gehen wir eine Schnittserie von einem Punkte an durch, der noch ein ansehnliches Stück von der Schnittstelle entfernt ist, so bemerken wir als erstes Anzeichen von Abnormität ein schwer zu definirendes Aussehen des ganzen Bauchmarksquerschnittes; er sieht so aus, als wenn die nervöse Substanz vermindert wäre, d. h. es sind die Röhrenquerschnitte sehr klein und anscheinend etwas zusammengesunken; der ganze Bauchstrang sieht desswegen ein wenig kompakter aus als normalerweise. Nähern wir uns nun der Schnittstelle etwas mehr, so fallen drei verschiedene Dinge auf, die sämmtlich für die Regenerationserscheinungen oder für die histologische Struktur des Bauchstranges von Interesse sind. Erstens fand ich nämlich schon auf dem einwöchentlichen Stadium in einem Falle und zwar, vermuthlich zufälligerweise, an dem aboralen Stumpfe, eine deutliche Verzweigung der medianen Faser in ziemlicher Entfernung von der Schnittstelle; und da der abgehende Ast von auffallender Dicke und mit sehr starker Markscheide versehen war, auch in der Längsrichtung des Bauchstranges verlief, so kann ich mit Bestimmtheit annehmen, dass es sich nicht etwa um einen der normalen Äste handelte, sondern der erste Beginn der für die Regeneration charakteristischen Verzweigungen war. Demnach beginnen also diese nicht an der Schnittstelle, sondern in einiger Entfernung von dieser. Schon auf diesem Niveau der Serie, auffallender aber noch in größerer Nähe der Schnittstelle, hatte sich das Aussehen des gesammten Bauchmarksquerschnittes stark verändert. Es fand sich nämlich auf den Osmiumpräparaten eine große Menge von tief geschwärzten Massen, die stellenweise in Form sehr kleiner Tröpfchen allenthalben verbreitet waren und so dem ganzen Querschnitt bei schwacher Vergrößerung ein schwärzliches granulirtes Aussehen verliehen; an anderen Stellen aber waren die schwarzen Massen größer, hatten die Form unregelmäßiger Bröckchen und Klümpchen, die sich nicht etwa nur in der Nähe der LEYDIG'schen Fasern, sondern im ganzen Bauchmark zerstreut fanden. Nun ist aus den Untersuchungen über die Degeneration und Regene-

ration der peripheren markhaltigen Wirbelthiernervenfaser der sogenannte Zerfall des Markes wohlbekannt und die eben erwähnte Beobachtung kann sich kaum anders deuten lassen als durch die Annahme, dass es sich um etwas Ähnliches handele; hierdurch erhält aber die in meiner vorigen Arbeit (diese Zeitschr. Bd. LVIII, p. 673) ausgesprochene Vermuthung eine weitere Stütze: Es besitzen nicht nur die LEYDIG'schen Fasern, sondern auch die gewöhnlichen Fasern im Bauchmarke des Regenwurms in ihren Wandungen eine nervenmarkartige Substanz; jedoch ist diese quantitativ und qualitativ, in dem in meiner Neapler Arbeit (Mitth. d. Zool. Stat. zu Neapel, Jahrg. 1889) erläuterten Sinne, allerdings nur sehr wenig ausgebildet. Ich zweifle nicht im geringsten daran, dass diese meine Meinung bei manchen (und sogar bei Kennern des Regenwurmbauchmarks) einiges Bedenken erregen wird; allein ich bitte hierüber nicht abzuurtheilen, ehe man sich mit der verschiedenen Ausbildung des Markes überhaupt vertraut gemacht hat, und verweise desswegen besonders auf meine Neapler Schrift. In gewissem Sinne kommt Angesichts dieser Verschiedenheiten in der quantitativen und qualitativen Ausbildung des Markes die Frage, ob eine Faser »markhaltig« sei oder »nicht markhaltig«, allerdings beinahe auf die berühmte Frage der Sophisten hinaus, wie viel Körner einen Haufen ausmachten — allein, nach den soeben mitgetheilten Beobachtungen halte ich es für noch wahrscheinlicher als vorher, dass die Regenwurmnervenfaser immerhin noch genug Mark enthalten, um eben, wenn auch cum grano salis, als »markhaltig« zu gelten. Freilich könnte man ja die beschriebenen, durch Osmiumsäure geschwärzten Bröckchen und Tröpfchen auch als die Produkte einer »fettigen Degeneration« deuten, die etwa auch von anderen Dingen als von den fraglichen Markscheiden herrühren könnten; mir scheint jedoch meine Erklärung mit anderen Beobachtungen besser zusammenzutreffen und daher wahrscheinlicher zu sein, wenn sie auch der herrschenden Meinung widerspricht.

Je mehr wir uns nun auf der Serie der Schnittstelle nähern, um so mehr umgibt sich der Bauchstrang mit einer eigenthümlichen Scheide, die bald dicker wird als der Bauchstrang selbst, der seinerseits immer dünner, besonders dorsoventral zusammengedrückt und an Markbröckchen immer reicher erscheint. Die erwähnte Scheide besteht aus dem früher beschriebenen Regenerationsgewebe und dürfte im Wesentlichen, wie ich vermuthete<sup>1</sup>, eben aus Leukocyten bestehen; manche Theile von ihr, namentlich die ventralen, zeigten auf den Osmium-

<sup>1</sup> Ich bitte hier, wie überall in dieser Arbeit, das als Vermuthung Bezeichnete von dem als sicher Mitgetheilten wohl zu unterscheiden.

präparaten ein fein faseriges Aussehen (Fig. 15 und 16), das ich auf die spindelförmige Streckung jener Leukocyten zurückzuführen geneigt bin. Jenes faserige Gewebe zog dann, wie auch auf Fig. 15 zu erkennen ist, in die Schnittwunde des Hautmuskelschlauches hinein; wie ja regelmäßig die durch Ausschneidungen entstandenen Lücken, besonders aber die frischen Wundflächen und -Stümpfe mit Regenerationsgewebe erfüllt und überkleidet werden. Die dorsalen Partien jener Umhüllung des Bauchstrangs zeigten stellenweise eine besondere Verdickung, wie auf Fig. 15 ersichtlich. Es fanden sich dort auch mit Blut gefüllte Hohlräume von zackigem Querschnitt (vgl. Fig. 15) vor, die, wie ich vermute, den Anfang der Vascularisirung darstellen, d. h. später eine besondere Gefäßwand und damit einen regelmäßigeren Querschnitt erhalten; denn auf vorgertückteren Stadien fand ich immer in dem Regenerationsgewebe ziemlich reichliche Gefäße vor. Stellenweise lagen in dem Regenerationsgewebe bereits auf dem eine Woche alten Stadium vereinzelte Nematoden der kleineren Art. Sublimat-Karminpräparate ließen auch hier in dem Regenerationsgewebe einen großen Kernreichtum erkennen. Was meine photographischen Abbildungen betrifft, so sei noch darauf hingewiesen, dass sich die erwähnten, auf den Präparaten äußerst deutlichen Marktröpfchen natürlich nicht gut abbilden, weil sie schwärzliche Zeichnungen auf dunkelbräunlichem Grunde darstellen. Immerhin ist auf Fig. 15 zu sehen, dass der Bauchstrang im Positiv bedeutend dunkler gekommen ist, wie das Regenerationsgewebe; und jener Farbenunterschied rührt größtentheils von der Anwesenheit der hier allenthalben vertheilten kleinen Mark- oder Fetttröpfchen her.

#### Kursorische Beobachtungen an einem regenerirten Unterschlundganglion.

Wie früher mitgetheilt, verursacht die Entfernung des Unterschlundganglions oder der ersten Bauchmarksganglien überhaupt — ich bin nicht sicher, wie viele Ganglien außer dem Unterschlundganglion ausgeschnitten worden waren — verhältnismäßig schwere Bewegungsstörungen; allein auch dieser Verlust wird regenerirt, indem sich die Schlundkommissuren wiederum mit dem vorderen Bauchmarksende in Verbindung setzen. Ich habe nur ein einziges Versuchsthier dieser Art nach 2 $\frac{1}{2}$  Monaten geschnitten und dabei gefunden, dass die Kontinuität wieder hergestellt war; doch fiel auf, dass die Schlundkommissuren, die sonst in einem sehr kurzen Bogen den Verdauungskanal umziehen, um sich mit dem Unterschlundganglion in Verbindung zu setzen, in jenem Falle einen merklich längeren Verlauf hatten, sogar eine Strecke weit unter dem Darne, ohne sich zu vereinigen entlang

zogen, so dass ich nicht genau weiß, ob sich das Unterschlundganglion im strengen Sinne des Wortes wiedergebildet hatte. Das erste vorhandene Ganglion zeigte freilich die für die regenerirten Bauchmarksstrecken so charakteristische Verzweigung der LEYDIG'schen Fasern; demnach glaube ich annehmen zu dürfen, dass auch hier sowohl der Bauchmarksstumpf nach vorn, als auch die Stümpfe der Schlundkommisuren nach hinten gewachsen, diese jedoch schneller vorgeschritten seien als jener.

#### Kursorische Untersuchung eines ganzen nachgewachsenen Vorder- und Hinterendes.

Das meiste hierhin Gehörige ist wohl schon bekannt; so namentlich das Vorkommen von Mitosen im Epithel des Darmes, der Epidermis, der Zellen in der Leibeshöhle (die namentlich die äußerste Schwanzspitze fast vollständig ausfüllen), sowie auch in den nervösen Centralorganen; ja sogar im Gehirn, das sonst ganz so aussah, wie das eines normalen Wurmes, fand ich eine vereinzelte, aber zweifellose Mitose. Für die Verifikation und z. Th. auch die Auffindung der Mitosen bin ich dem hierin besonders geübten Herrn Dr. SCHAUDINN zu Dank verpflichtet, der auch eine ZEISS'sche apochromatische Ölimmersion zur Hand hatte. Ich will ferner noch hervorheben, dass in dem regenerirten Bauchmarke eine Zellenart vorkommt, die im normalen Marke fehlt. In diesem gibt es außer Ganglienzellen nur noch kleine, spindelförmige Zellkerne, die wohl von allen Beobachtern gesehen und von mir früher als »Bindegewebszellen« bezeichnet wurden. In dem regenerirten Marke fielen nun noch außerdem kleine rundliche Zellkerne auf, die meist nesterartig in Haufen bei einander lagen. Auch ist erwähnenswerth, dass sich stellenweise die Ganglienzellschicht weiter median und dorsal erstreckte, als dies normalerweise vorkommt. Die beiden zuletzt erwähnten Dinge sieht man auf Fig. 48. In dem regenerirten Vorderende fiel an der Übergangsstelle zwischen alter und regenerirter Strecke die ganz kolossale Entwicklung der Blutgefäße auf, die einen großen Theil der Querschnitte einnahmen.

---

Theoretische Erwägungen über die Bedeutung der beschriebenen Regenerationserscheinungen wie der Regeneration überhaupt will ich hier nicht anknüpfen. Doch sei darauf hingewiesen, dass wir es hier mit einem der (allerdings sehr zahlreichen) Fälle zu thun hatten, bei denen eine Art der Verletzung reparirt wird, die in der Natur nicht oder kaum vorkommen kann, deren Reparationsfähigkeit also von keinem »Vortheil« für die Erhaltung der Art, und daher wenigstens speciell

als solche nicht »angezüchtet« worden sein kann. Mit dieser Bemerkung (auf die mir Manche erwidern würden, dass eben eine allgemeine Regenerationsfähigkeit wegen ihrer Nützlichkeit »angezüchtet« worden sei) will ich aber nicht andeuten, dass ich ein Anhänger der teleologischen Auffassung und Deutung sei, die von manchen hervorragenden und sehr verdienstvollen Forschern neuerdings wieder der herrschenden Schulmeinung zum Trotze vertreten wird.

Wohl aber will ich auch diese Gelegenheit nicht vorübergehen lassen um mich, Betreffs rein histologischer Fragen, ganz ausdrücklich wenigstens zu den Grundanschauungen zu bekennen, die von LEYDIG besonders in seinem Werke »Zelle und Gewebe« (Bonn 1885), speciell am Schlusse, aus einander gesetzt werden und der sich in der Hauptsache NANSEN, ROHDE, sowie auch ich bereits in meinen früheren Schriften, wenn auch weniger bestimmt, angeschlossen haben. Auch möchte ich, da ich nunmehr die Nervenhistologie einstweilen zu verlassen gedenke, das Augenmerk der späteren Beobachter auf zwei Punkte hinlenken, die mir zwar ganz besonders schwierig, aber um so wichtiger zu sein scheinen. Erstens musste ich die interessante Frage nach der Struktur des reizleitenden Plasmas, also der Achsencylinder, d. h. in unserem Falle der »Inhaltsmasse der LEYDIG'schen Fasern« offen lassen. Von den einigermaßen fraglichen Strukturen, die in ähnlichen Gebilden von Anderen, besonders von NANSEN gesehen worden sind, habe zwar auch ich gelegentlich Einiges bemerkt und theilweise auch beschrieben, aber niemals mit völliger Sicherheit unterscheiden können, was davon präformirt und was Kunstprodukt war. Auch die Frage nach dem Vorhandensein eines präformirten Gerüstes in der Scheide der LEYDIG'schen Fasern, also ein Analogon zu der Frage des Neurokeratingerüstes der Wirbelthiernervenfasern, konnte ich nicht mit Sicherheit beantworten. Von besonderer Wichtigkeit erscheint mir ferner die Frage nach der Ursprungsweise der großen Fasern in der sogenannten Punkt- oder von ROHDE sogenannten Centralsubstanz. ROHDE hat uns darüber bei Hirudineen werthvolle Aufschlüsse ertheilt; ich möchte aber auch hier wieder die Beobachter auf Palaemon hinweisen, der mir in dieser, wie auch in anderer Hinsicht ein ganz ausgezeichnetes Objekt zu sein schien. Der Querschnitt der Kommissuren zeigt nämlich dort eine sehr große Zahl zum Theil sehr dicker, stark markhaltiger Fasern; die Ganglien viel weniger Fasern und dafür eine Masse von Punktsubstanz. Wie vollzieht sich der Übergang, der hier stattfinden muss, abgesehen von den durch das Ganglion hindurchpassirenden Fasern? Ich glaube, dass auch hier LEYDIG in seinem erwähnten Buche, das ich unvergleichlich höher schätze als manche der modernen

Prachtwerke und Untersuchungen mit der Chromsilber- oder auch der Methylenblaumethode, speciell auf p. 204 u. ff. das Richtige getroffen hat. Das reizleitende Plasma des Thierkörpers, wie dieser überhaupt, bildet ungeachtet seines verwickelten inneren Baues nicht nur physiologisch (wie auch manche der neuen Arbeiten auf dem Gebiete der experimentellen Embryologie wahrscheinlich machen), sondern auch histologisch und anatomisch in viel höherem Grade ein einheitliches Ganzes, als Viele glauben. Die Lebewesen bestehen mit nichten wie Maschinen aus vielen gleichsam aus einander nehmbarē Theilen. — Natürlich ist bei solchen Untersuchungen aber vor einer unkritischen Anwendung gewisser Methoden ganz besonders zu warnen, worüber an anderer Stelle Ausführlicheres berichtet werden wird (in diesem Jahrgange der Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie).

#### **Anhang, betreffend die in den Regenwürmern gefundenen parasitischen Nematoden.**

Wie auf p. 263/64 mitgetheilt, fand sich in einer der Schnittserien, theils in dem Regenerationsgewebe, das den Bauchmarksstumpf umgab, theils in einem eben so aussehenden ähnlichen Gewebe in der Leibeshöhle, eine ganz kolossale Menge kleiner Nematoden vor, die aller Wahrscheinlichkeit nach mit der oft genannten *Pelodera pellio* identisch sein dürften, wenn sich nämlich nicht etwa unter jenem Namen mehr als bloß eine Art verbergen sollte. Auf den zwar sehr zahlreichen, aber regellos geführten Schnitten war natürlich das nähere Studium jenes Nematoden mindestens sehr schwierig, besonders auch desswegen, weil die Nematoden wegen der Dicke und Undurchlässigkeit ihrer Cuticula Färbungen aller Art einen großen Widerstand entgegengesetzten. Die schon erwähnten Nematoden ganz anderen Aussehens in dem ventralen Blutgefäß haben mir viel Arbeit gemacht, ohne dass es mir gelungen wäre, die Materialien zu einer ausreichenden Beschreibung zu gewinnen. Die Species des betreffenden Regenwurms war nicht bestimmt; ferner war gerade bei jener Schnittserie ein Versehen beim Aufkleben der Schnitte vorgekommen, so dass eine große Zahl einzelner Schnitte des Nematoden beim Auflösen des Paraffins fortschwamm und nur die Hohlräume in dem geronnenen Blute des Gefäßes übrig ließ. Ganz besonders gingen aber aus begreiflichen Gründen gerade die kleinen Schnitte durch die Vorder- und Hintertheile des Parasiten fast sämmtlich verloren, und die wenigen übrigen liegen so ungünstig, dass eine sichere Bestimmung der Gestalt jener für die Nematodensystematik wichtigsten Abschnitte nicht recht mög-

lich war. Das Einzige, was auf meinen Präparaten in ausreichender Weise vertreten ist, ist eine größere Zahl von Querschnitten und schiefen, regellosen Längsschnitten durch die mittleren Theile des Wurmkörpers. Meist fanden sich im Querschnitte des ventralen Hauptblutgefäßes des Regenwurms zwei Nematodenquerschnitte, wie Fig. 22 und 25 zeigt. In anderen, selteneren Fällen war nur ein einziger sichtbar (Fig. 26). In dem ersteren Falle konnte ich nun mitunter nachweisen, dass die beiden Querschnitte von einem und demselben Nematoden herrührten, da ich eine Umbiegungsstelle auf der Serie fand. Aber ich weiß nicht, ob das in allen Fällen zutrifft, da eben meine Serie zu unvollständig ist. Was ich nun an dem mangelhaften Materiale feststellen konnte, ist Folgendes: Die Cuticula ist sehr dick und zeigt, wie namentlich an den erwähnten Umbiegungsstellen zu sehen war, eine feine Längs- und Querriefung. Sie muss eine ganz erstaunliche Undurchlässigkeit haben, da die Thiere auch nicht eine Spur der Karminfärbung angenommen hatten. (Die Serie rührte von einem Regenwurme her, der mit Sublimatalkohol gehärtet und mit MAYER'schem Karmin gefärbt war.)

Dafür aber hatten die Nematoden, selbst auf ziemlich dünnen Schnitten, eine sehr ausgesprochene Eigenfärbung und ein starkes Lichtbrechungsvermögen, so dass sie im allerhöchsten Grade auffallend waren. Anfangs wusste ich nicht, was jene fast das ganze Lumen ausfüllenden, bräunlichgelben, hornartig aussehenden Gebilde sein könnten. In der Mitte sieht man einen ovalen Kranz von etwa 10 epithelzellartigen Figuren mit deutlichen Grenzen und einem engen Lumen — jedenfalls das Darmepithel des Nematoden. Von den Schmalseiten des Ovals erstreckt sich unter fächerartiger Verbreitung ein System feiner Linien bis zur Cuticula — vermutlich das Muskelsystem. An die Langseiten des ovalen Darmes dagegen schließt sich, gleichfalls bis zur Cuticula gehend, eine durchsichtigere Partie an, die ein ziemlich weitläufiges, feines Netzwerk erkennen lässt und wahrscheinlich die sogenannten Seitenfelder darstellen dürfte. Ein jedes ist in der Mitte durch eine vom Darne zur Cuticula sich erstreckende Lamelle in zwei Hälften getheilt. In den Seitenfeldern finden sich dunklere (d. h. dunkler bräunliche, da von Karminfärbung, wie gesagt, ganz und gar nichts zu sehen ist!) Kerne, vielleicht Zellkerne. Da, wo die Mittellamelle die Cuticula erreicht, hat diese eine auf dem Querschnitte als Ecke vorspringende Verdickung, die also am ganzen Nematoden offenbar als seitliche Kante entlang ziehen muss und möglicherweise so etwas ist, wie die sogenannten Seitenmembranen mancher Nematoden.

Alles das kann man an Fig. 25 und 26 ganz gut erkennen. An

manchen Schnitten, die wegen ihres geringeren Durchmessers von dem Vorder- oder Hintertheil des fraglichen Thieres stammen mussten, hatte der Darm einen dreieckigen Querschnitt, wahrscheinlich der bei manchen Nematoden dreikantige Pharynx. Wenn man einen der Schnitte, wie Fig. 22 betrachtet, wo der große Nematodenquerschnitt im Blutgefäße, eine Masse von kleinen aber im Regenerationsgewebe am Bauchmarksstumpfe sichtbar ist, kommt man unwillkürlich auf den Gedanken, dass hier zwei Generationen derselben Art vorliegen möchten. Jedoch dürfte, wie gesagt, die kleine Art mit *Pelodera pellio* identisch sein, welche beim Faulen des Regenwurms geschlechtsreif werden soll. Desswegen, und weil weder der eine noch der andere Geschlechtsorgane zu haben schien, so neige ich doch zu der Ansicht, dass es sich um zwei verschiedene Arten, die nichts mit einander zu thun haben, handeln möchte. Beim Durchsehen von mancher Litteratur über Nematoden habe ich keinerlei Angabe über einen Blut- oder Gefäße bewohnenden Nematoden beim Regenwurme finden können; immerhin wäre es jedoch bei dem großen Umfange und der Verzettelung der Nematodenlitteratur möglich, dass ich eine Angabe übersehen habe. Hierzu kommt nun noch die Unvollständigkeit meines Materials und der vielfach zu beklagende Mangel an guten Abbildungen. Sonst wäre es vielleicht möglich gewesen, nach dem allgemeinen Habitus mangels der eigentlich systematischen Merkmale die Zugehörigkeit des Parasiten zu der einen oder der anderen Gruppe wenigstens vermuthungsweise festzustellen. Vielleicht kann ein specieller Nematodenkenner aus meinen Abbildungen einige systematische Anhaltspunkte gewinnen. Mit allem Vorbehalt möchte ich für den Parasiten den Namen »*Lumbricicola vasorum*« vorschlagen; falls es sich später gelegentlich herausstellen sollte, dass er zu einer bereits beschriebenen Gattung gehört, so könnte mein provisorischer Gattungsname zur Speciesbezeichnung gemacht werden. Selbst die Länge des Thieres konnte ich aus den angegebenen Gründen nicht bestimmen; auch die Dicke nur annäherungsweise, wegen der oft vorkommenden, auf Schrumpfung hindeutenden, asymmetrischen Verzerrungen. Die ungefähre Dicke beträgt  $\frac{1}{10}$  mm.

Im Anfange erwähnte ich bereits, dass von den operirten Regenwürmern ein großer Theil nachträglich, d. h. über zwei Monate nach der Operation einging. Nach Auffindung der Nematoden liegt natürlich der Gedanke nahe, dass entweder der Blutgefäßnematode oder die massenhafte Ansiedelung der *Pelodera* die Todesursache gewesen sein könnte. Denn eine unmittelbare Folge der Operation konnte die große Sterblichkeit nicht sein, wegen der Länge der inzwischen verstrichenen

Zeit. Wohl aber könnte sie eine indirekte Folge sein. Die Zerstörung der nervösen Centralorgane in einigen Segmenten hat vielleicht die Bedingungen für die Ansiedelung oder Vermehrung der Nematoden verbessert, wie ja z. B. die Zerschneidung von Gliedmaßenerven in den betroffenen Gliedern auch außer Gefühls- und Bewegungsstörungen allerlei Nachtheile mit sich zu bringen pflegt. —

### Resultate.

Zur Bequemlichkeit derjenigen Leser, denen die Kenntnisnahme der hauptsächlichen Ergebnisse genügt, stelle ich diese hier zusammen.

1) Regenwürmer regeneriren nicht nur, wie bekannt, eine Anzahl abgeschnittener, vorderer oder hinterer Segmente, mitsammt den in ihnen enthaltenen Organen, sondern auch einzeln herausgeschnittene Stücke des Centralnervensystems, insbesondere das Oberschlundganglion, sowie auch Strecken des Bauchmarks.

2) Alle diese Regenerationen kommen in der Weise zu Stande, dass sich die angeschnittenen Stümpfe verlängern, bis sie zusammenwachsen, was wahrscheinlich (und im Einklange mit der herrschenden Ansicht) so aufzufassen ist, das sich die regenerirten Partien durch Auswachsen der angeschnittenen, normalen, bilden.

3) In allen Wunden und an allen Stümpfen kommt es zur Bildung eines kompakten, kernreichen Gewebes, das aller Wahrscheinlichkeit nach aus Leukocyten besteht; die regenerirenden Gewebe scheinen in dieses »Regenerationsgewebe« gleichsam hineinzuwachsen; die Bedeutung des Regenerationsgewebes (oder der dasselbe wahrscheinlich zusammensetzenden Leukocytenanhäufungen) muss einstweilen dahingestellt bleiben.

4) Alle langgestreckten Organe oder Stücke — Vorder- oder besonders Hinterenden, wie auch einzeln herausgeschnittene Bauchmarksstrecken — wachsen Anfangs mit bedeutend verjüngtem Durchmesser nach. Diese Thatsache scheint eine sehr allgemeine Verbreitung zu haben.

5) Bei allen Regenerationen kommen gelegentlich Abweichungen von dem normalen Typus vor; z. B. gelangten zur Beobachtung eine symmetrische Doppelbildung des Oberschlundganglions sowie Unregelmäßigkeiten in der Segmentirung nachgewachsener Bauchmarksstrecken.

6) Eine regelmäßig vorkommende Abweichung besteht darin, dass die drei unter dem Namen der LEYDIG'schen Fasern bekannten, dicken, mit starken Markscheiden versehenen Fasern auf der Dorsalseite des Bauchstrangs, die bekanntlich bis auf die jüngste Zeit den wunder-

lichsten Missdeutungen unterlagen, in den nachgewachsenen Bauchmarkspartien reiche Verästelungen eingehen; in den regenerirten Stücken des Bauchmarks findet sich also immer eine viel größere Zahl dieser Fasern vor, so dass jede der Fasern des normalen Bauchmarks durch eine Mehrzahl von regenerirten fortgesetzt erscheint; auch hierin zeigt sich die schon früher nachgewiesene Übereinstimmung der LEYDIG'schen Fasern mit den markhaltigen Fasern der Wirbelthiere.

7) Die hellen Ganglienzellen, deren Ausläufer den Achsencylinder der LEYDIG'schen Fasern bilden, werden gleichfalls in ansehnlicher Zahl regenerirt; ihre Anordnung legt den Gedanken nahe, dass sie lediglich die Bildung der Achsencylindersubstanz (des reizleitenden Plasmas) zu besorgen haben.

8) Manche der Einzelheiten sprechen wiederum entschieden zu Gunsten der neueren LEYDIG'schen Auffassung des Centralnervensystems, der sich in den wesentlichen Punkten ROHDE, NANSEN und der Verfasser angeschlossen haben.

9) Einige Ergebnisse dieser Untersuchung sind geeignet, die in meiner letzten Arbeit ausgesprochene Vermuthung zu stützen, dass auch die gewöhnlichen Fasern im Bauchmarke des Regenwurms eine wenn auch nur sehr wenig entwickelte Markscheide besitzen; eine scharfe Grenze zwischen markhaltigen und marklosen Fasern lässt sich überhaupt nicht ziehen.

10) Bei einigen der Regenwürmer mit Bauchmarkslücke fanden sich massenhafte parasitische Nematoden, wahrscheinlich *Pelodera pellio*, die namentlich im Regenerationsgewebe, aber auch sonst in der Leibeshöhle, in ein kompaktes Gewebe eingeschlossen, zur Beobachtung kamen. Ob diese gewaltige Vermehrung mit den Schädigungen der Thiere in Folge der Bauchmarksdefekte ursächlichen Zusammenhang hat, muss dahingestellt bleiben. — Bei einem der Thiere mit Bauchmarkslücke fanden sich einige Nematelminthen anderer Art und beträchtlicherer Größe in dem ventralen Hauptblutgefäße vor; sie gehören möglicherweise einer noch nicht beschriebenen Art an.

---

Auch dieses Mal bin ich Herrn Geheimrath Prof. Dr. F. E. SCHULZE für Überlassung eines Arbeitsplatzes und mancherlei Förderung, eben so auch den Herren DrDr. v. MÄHRENTHAL, HEYMONS und SCHAUDINN zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

Berlin, im Mai 1895.

---

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel XIII und XIV.

Sämmtliche Abbildungen sind auf mechanische Weise nach eigenen photographischen Aufnahmen mit den ZEISS'schen Apochromaten hergestellt, die meisten mit demjenigen von 4 mm Brennweite. Der beigegebene Maßstab (hundertstel Millimeter) gilt nur für Fig. 4—13; auch ist er wegen vorgekommener, wenschon geringfügiger Änderungen des Camera-Auszuges nicht ganz, wohl aber hinreichend genau.

Fig. 4—8 stellen einige Querschnitte von einer Schnittserie durch einen 2 $\frac{1}{2}$  Monate alten, oralen Regenerationsstumpf dar; Fig. 11—13 sowie Fig. 16 dessgleichen von einer anderen Schnittserie.

Fig. 4. Schnitt unweit des äußersten Endes des vorwachsenden Bauchmarks. Die abnorm dicke Muskelscheide ist mit einem Strange von Regenerationsgewebe verschmolzen, in dem hier und da Blutlakunen — vermuthlich den Anfang der Vascularisation darstellend — angeschnitten sind. Der Strang von Regenerationsgewebe geht nach links oben in die Scheide des großen ventralen Blutgefäßes (dieses selbst zur Raumersparnis nicht abgebildet), nach unten, wenn auch weniger intim, in den ventralen Hautmuskelschlauch über.

Fig. 2. Dessgleichen, aber etwas weiter nach vorn (im Wurmkörper). Das Nervengewebe ist bereits stärker, deutlicher und charakteristischer ausgebildet. Links ein angeschnittener segmentaler Nerv. Kolossale Entwicklung der Muskelscheide.

Fig. 3. Dessgleichen, noch weiter nach vorn. Der Querschnitt hat bereits einen sehr viel bedeutenderen Durchmesser, aber im Wesentlichen noch ein ähnliches Aussehen, wie die vorigen. Muskelscheide nicht mehr so abnorm stark entwickelt. Einige Nervenröhren heben sich bereits in Folge ihres beträchtlicheren Durchmessers von den übrigen ab.

Fig. 4. Dessgleichen, noch weiter nach vorn. Dieser Schnitt ähnelt bereits ganz den normalen, bis auf die Anordnung der LEYDIG'schen Fasern. Rechts eine der zu diesen gehörigen Ganglienzellen.

Fig. 5. Dessgleichen, noch weiter vorn. Verzweigungen der medianen LEYDIG'schen Faser. Die beiden medianen haben ihr Lumen, d. h. also den Achsencylinder fast ganz eingebüßt.

Fig. 6. Ähnlich dem vorigen, doch haben die Verzweigungen der medianen Faser aufgehört, es ist nur eine von entsprechend größerem Querschnitte vorhanden. In der ventralen Partie drei der zu den LEYDIG'schen Fasern gehörigen Ganglienzellen.

Fig. 7. Ähnlich den beiden vorigen; die beiden medianen Fasern haben bereits einen deutlichen Achsencylinder. In der Medianlinie etwa, ein wenig unter den normalen LEYDIG'schen Fasern, liegt ein kleines Bündel von vier markhaltigen Fasern, die in der Größe zwischen den gewöhnlichen und den kolossalen Fasern stehen.

Fig. 8. Verbindungsast zwischen der medianen LEYDIG'schen Faser und den vier überzähligen kleineren markhaltigen Fasern.

Fig. 9. Ein Schnitt von derselben Serie, aber aus dem aboralen Regenera-

tionsstumpfe. Außerordentlich viel Querschnitte durch die Verästelungen der LEYDIG'schen Fasern, deren man, je nachdem man die kleineren mitrechnen will oder nicht, 8 bis 42 zählt.

Fig. 40. Schnitt durch die aborale Regenerationszone eines Wurmes, dessen beide Bauchmarksenden vollständig zusammengeheilt waren. Etwa acht Querschnitte durch LEYDIG'sche Fasern oder ihre regenerativen Verästelungen. Einige von ihnen zeigen einen wohl erhaltenen, andere, wie das bei Osmiumsäurepräparaten die Regel ist, einen fast ganz zerstörten Achsencylinder.

Fig. 41. Schnitt durch den oralen Stumpf einer anderen Serie. Links geht ein unverhältnismäßig starker Nerv ab, vielleicht einer der alten segmentalen Nerven. Einige Nervenfasern von etwas stärkerem Kaliber fallen auf, aber sie präsentiren sich noch nicht als »Kolossalfasern«.

Fig. 42 u. 43. Zwei Schnitte derselben Serie, wie der vorige, aber weiter nach vorn. Die LEYDIG'schen Fasern präsentiren sich schon als solche, doch finden sich, außer den beachtenswerthen Verlagerungen, manche Übergangsformen zwischen den »eigentlichen« Kolossalfasern und gewöhnlichen Fasern.

Fig. 44. Schnitt derselben Serie, doch noch viel weiter nach vorn. Die LEYDIG'schen Fasern haben bereits ihre normale Lage, doch haben die beiden seitlichen kein Lumen. Sehr zahlreiche Mittelformen zwischen gewöhnlichen und Kolossalfasern.

Alle bisher erwähnten Präparate waren mit Osmiumsäure hergestellt. Fig. 6 bis 43, besonders aber Fig. 9 zeigt die Struktur des Bauchmarksgewebes besonders gut.

Fig. 45. Aus dem oralen Stumpfe einer 8 Tage alten Regeneration des Bauchmarks. Bauchmarksgewebe degenerirt, durch massenhafte Marktröpfchen (bei  $OsO_4$ -Behandlung) geschwärzt. Dicke Scheide aus Regenerationsgewebe um den ganzen Bauchstrang, besonders aber auf seiner dorsalen Seite. Auf der ventralen Seite erstreckt sich das Regenerationsgewebe in die Wunde des Hautmuskelschlauches hinein.

Fig. 46. Dessgleichen, aber aus dem aboralen Stumpfe.

Fig. 47. Schnitt durch die LEYDIG'schen Fasern der regenerirten Partie eines ganz geheilten Wurmes (desselben wie Fig. 40), mit Scheidewänden im Achsencylinder der medianen LEYDIG'schen Faser.

Fig. 48. Schnitt durch eines der vorderen Ganglien eines Regenwurms, der das ganze Vorderende regenerirt hatte. Die Vertheilung der Ganglienzellen ist etwas anders als gewöhnlich; außerdem finden sich Nester rundlicher, kleiner Zellkerne, die in dem normalen Bauchmarke fehlen.

Fig. 49. Regeneration einer 24 Stunden alten Wunde des Hautmuskelschlauches. Das Regenerationsgewebe ist vor Allem durch den großen Kernreichthum ausgezeichnet.

Fig. 20. Verheilte Schnittwunde durch den Hautmuskelschlauch von 44 Tagen Dauer. Über dem Schnitte hat sich, wie das meist der Fall ist und im Text zu erwähnen vergessen wurde, eine kantentartig vorspringende Verdickung gebildet. Das Epithel, wenn auch viel niedriger als beim normalen Wurme, überzieht bereits die ganze Wunde.

Fig. 21. Regenerirende Schlundkommissur von 5 Tagen Dauer. Zellen und Zellkerne des Regenerationsgewebes haben sich spindelförmig gestreckt, so dass ihr längerer Durchmesser den Umrissen des Stumpfes gleichgerichtet ist.

Fig. 22. Schnitt aus dem Stumpfe eines  $2\frac{1}{2}$  Monate alten Regenerationssta-

## Über die Regeneration herausgeschn. Theile des Centralnervensyst. von Regenwürmern. 283

diums des Bauchmarks. Dieses ist von einer umfangreichen Hülle von Regenerationsgewebe umgeben, in der sich massenhafte kleine Nematoden, wahrscheinlich *Pelodera pello*, angesiedelt haben. Nur in der Mitte ist ein wenig Nervengewebe unterscheidbar; im Regenerationsgewebe sieht man zahlreiche Blutgefäße. Im ventralen Hauptblutgefäße finden sich die Schnitte der im Text ausführlicher besprochenen, größeren Nematodenart. Einer der Schnitte (der untere) ist etwas schief gegangen. Sublimat-Karminpräparat.

Fig. 23. Schnitt derselben Serie; die Hälfte der Leibeshöhle ist fast ganz von einem dem Regenerationsgewebe ähnlichen, dichten Gewebe erfüllt, das wahrscheinlich, wie auch dieses, im Wesentlichen aus Leukocyten besteht. Es finden sich in ihm zahllose Nematoden der kleinen Art.

Fig. 24. Schnitt durch dasselbe Gewebe bei stärkerer Vergrößerung (etwa dem Maßstab von Fig. 4—8 entsprechend). Man sieht, wie dicht die Nematoden liegen.

Fig. 25. Schnitt durch das ventrale Blutgefäß desselben Regenwurms, mit zwei Schnitten durch den fraglichen größeren Nematoden. Vergrößerung etwa wie der vorige Schnitt.

Fig. 26. Dessgleichen, aber mit nur einem Schnitte durch den großen Nematoden, bei noch stärkerer Vergrößerung. Auf diesem und dem vorigen Bilde erkennt man fast alle im Texte erwähnten Eigenthümlichkeiten dieses Nematoden.

## Erklärung der Umrisszeichnungen.

In den Pausen bedeutet:

- B*, das ventrale Hauptblutgefäß;
- Ba*, Bauchstrang;
- b*, Blutlücke im Regenerationsgewebe;
- C*, seitliche Cuticula-Kante des im Text beschriebenen Blutgefäßparasiten;
- D*, verdicktes Leibeshöhlenendothel;
- e*, das regenerirte junge Epidermisepithel;
- f*, faseriges Regenerationsgewebe;
- G*, Grenze zwischen normalem und Regenerationsgewebe;
- Lf*, LEYDIG'sche Fasern. Oft sind nur ihre Umrisse skizzirt, ohne Hinzufügung von Buchstaben. Eine Unterscheidung zwischen den Verzweigungen der LEYDIG'schen Fasern und den dickeren unter den gewöhnlichen Fasern ist oft nicht möglich;
- Lz*, die hellen Ganglienzellen, deren Fortsätze die Achsencylinder der LEYDIG'schen Fasern bilden;
- n*, Nervengewebe;
- N*, Nematoden;
- NG*, mit Nematoden erfülltes Gewebe;
- r*, Regenerationsgewebe;
- sch*, Bauchmarksscheide;
- S*, Seitenfelder der Blutgefäßnematoden;
- vf*, ventrale Riesenfaser; sie finden sich auf fast allen Schnitten, sind aber nur auf einem bezeichnet; ich habe sie früher gelegentlich beschrieben;
- Z*, abnorme Zelleinlagerungen im Bauchstrange, vgl. den Text.

Fig. 1.

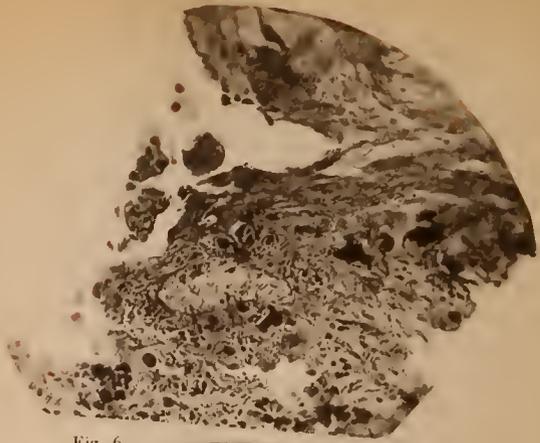


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 6.



Fig. 5.

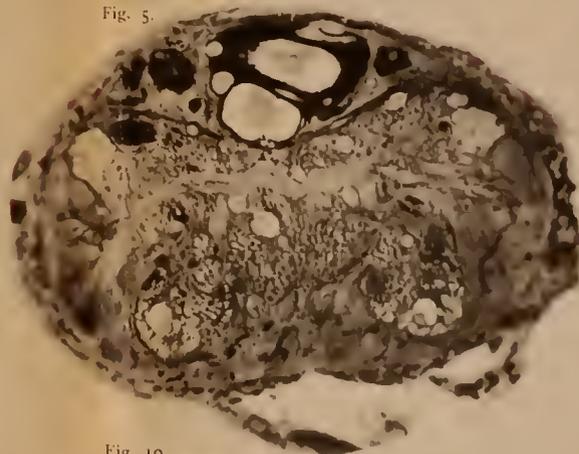


Fig. 7.

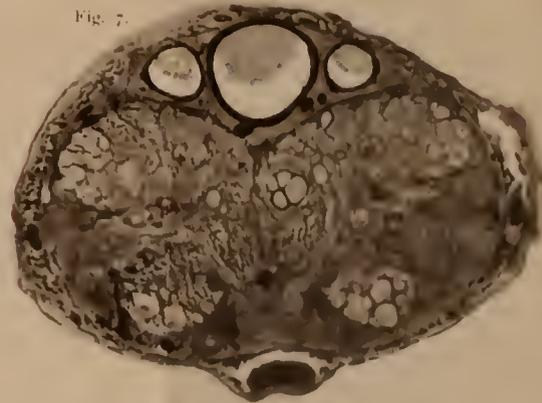


Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.





Fig. 1.

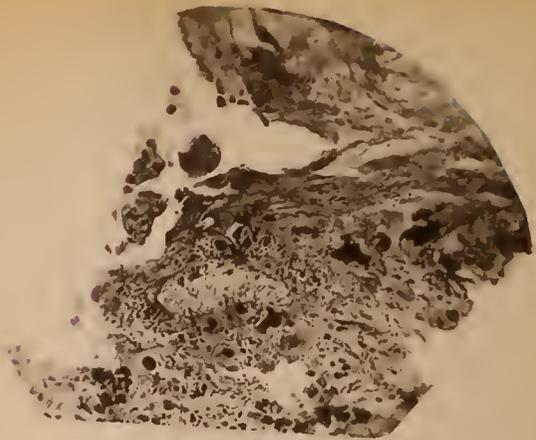


Fig. 2.

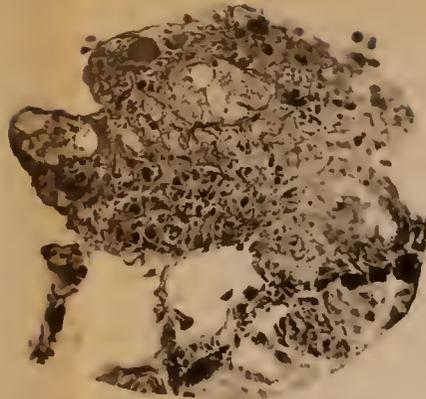


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 6.

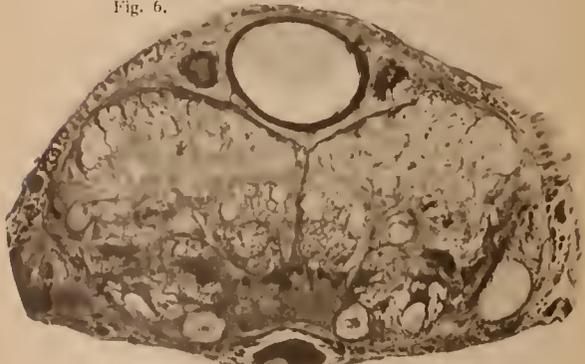


Fig. 5.

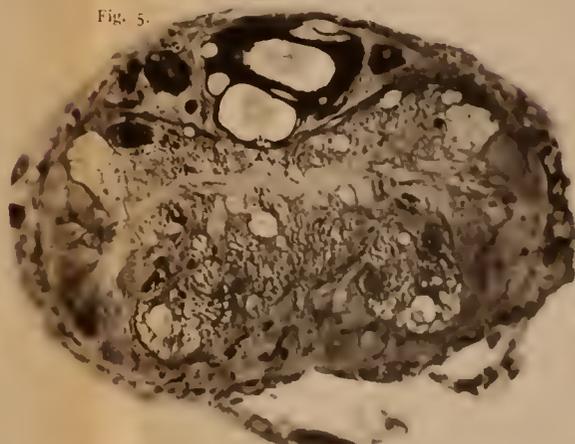


Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



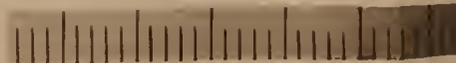
Fig. 11.



Fig. 12.

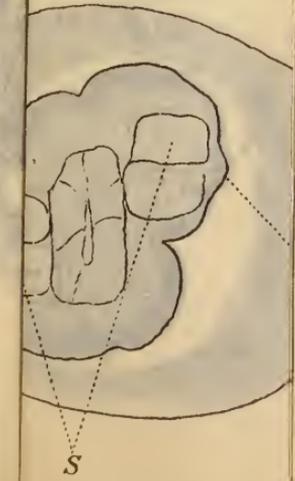
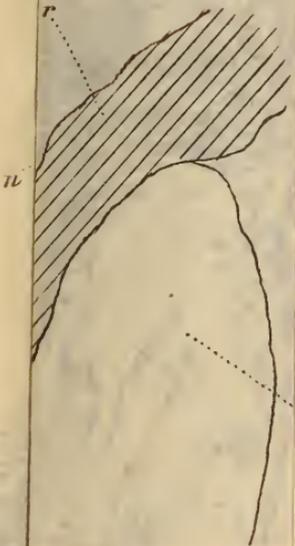


Fig. 13.

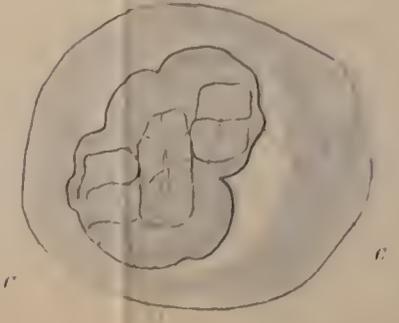
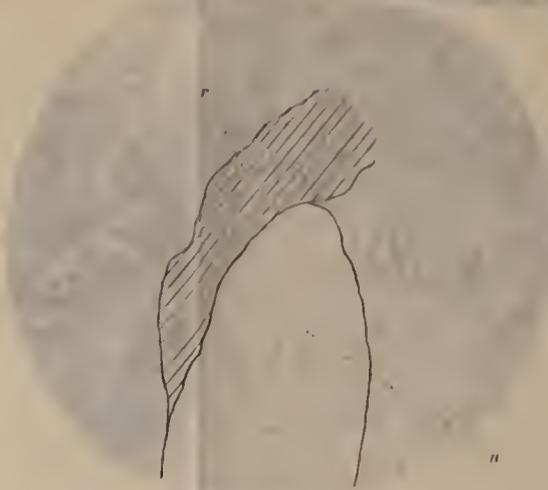
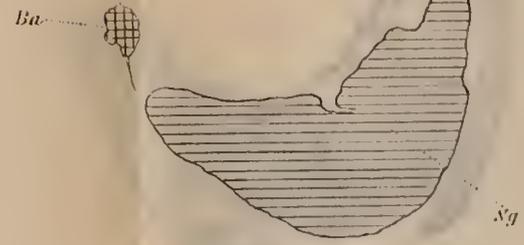
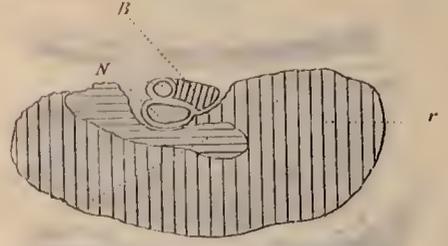
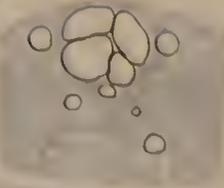
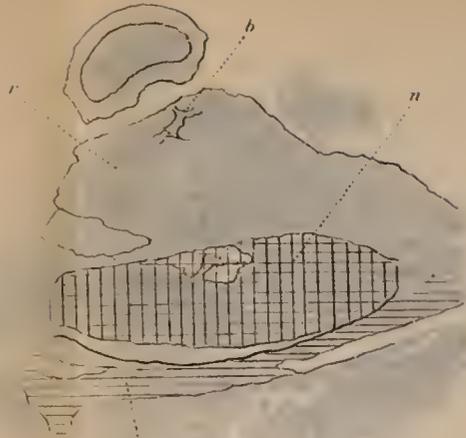
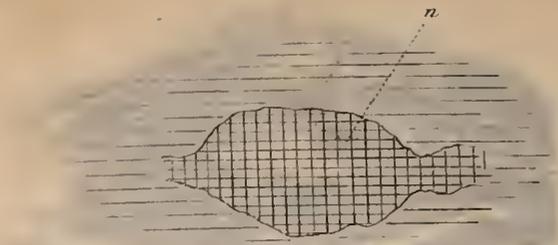




O

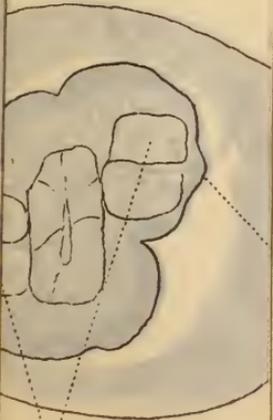
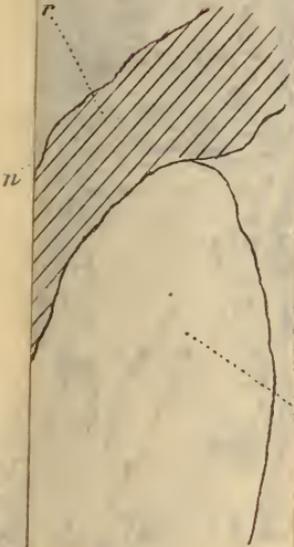








O



S



Fig. 16.



Fig. 22.

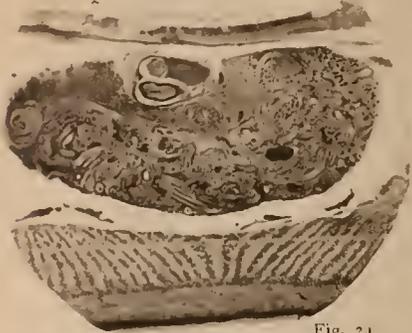


Fig. 24.



Fig. 15.

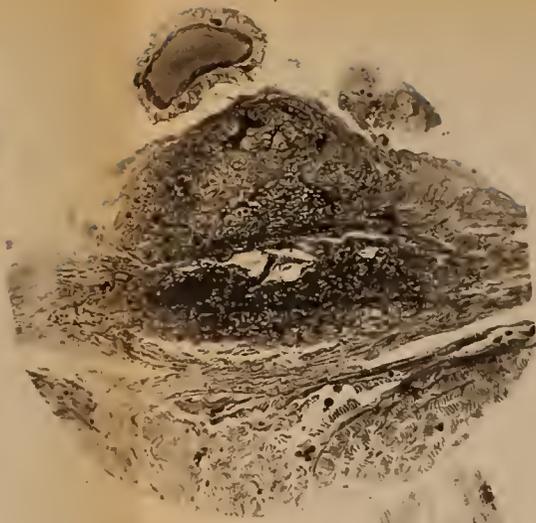


Fig. 23.



Fig. 25.

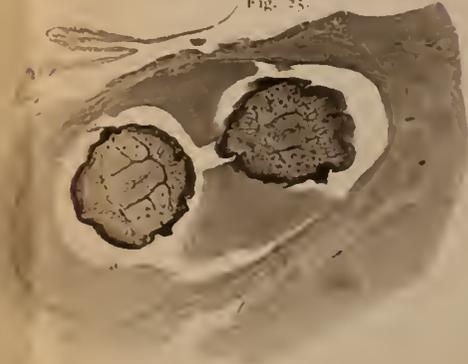


Fig. 14.



Fig. 21.

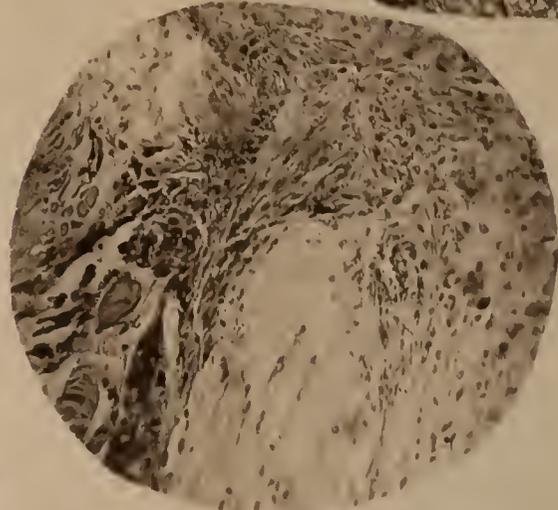


Fig. 17.



Fig. 19.

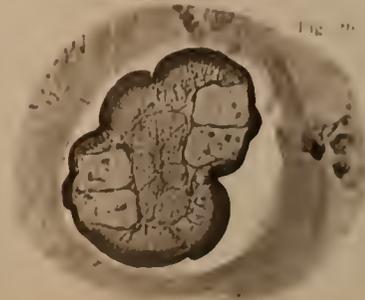


Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1895

Band/Volume: [60](#)

Autor(en)/Author(s): Friedlaender Benedict

Artikel/Article: [Über die Regeneration herausgeschnittener Theile des Centralnervensystems von Regenwürmern, 249-283](#)