

Beiträge zur Kenntniss des Centralnervensystems von Lumbricus.

Von

Benedict Friedländer (Berlin).

Mit Tafel IX und X.

Trotz einer beträchtlichen Zahl von Untersuchungen über das Centralnervensystem unserer gewöhnlichsten Oligochaeten, der Regenwürmer, sind bisher noch manche auf dasselbe bezügliche Fragen unerledigt geblieben. Dies trifft namentlich für die von LEYDIG als »riesige Röhrenfasern« bezeichneten, auf der Dorsalseite des Bauchmarks gelegenen Kanäle zu, über deren Struktur, Verlauf und muthmaßliche Funktion zum Theil weit aus einander gehende Ansichten ausgesprochen worden sind. Diese Gebilde waren es daher, denen ich auf Anregung meines verehrten Lehrers Herrn Professor ARNOLD LANG in Jena hauptsächlich meine Aufmerksamkeit zuwandte.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen kam ich jedoch bald zu der Überzeugung, dass auch abgesehen von diesen »Neuralkanälen«, noch manches Andere von früheren Beobachtern übersehen oder falsch gedeutet wurde. Doch muss ich dabei von vorn herein bemerken, dass ich mich im Großen und Ganzen auf die Untersuchung der *Anordnung der histologischen Elemente* beschränkt habe, ohne in die feinere und feinste Struktur der letzteren selbst einzudringen. Namentlich gilt dies von der viel umstrittenen Struktur der Nervenfasern der Wirbellosen. Auch der sogenannte Sympathicus des Regenwurms war bisher nicht Gegenstand eingehenderer Untersuchung. Wenn ich hier und da einige auf die Histologie im engeren Sinne bezügliche Beobachtungen mittheile, so geschieht dies mehr beiläufig. — Die Litteratur über unseren Gegenstand hat einen so beträchtlichen Umfang erreicht, dass eine zusammenhängende Darstellung der verschiedenen Ansichten der einzelnen Forscher zu weit führen würde. Ein umfangreiches Verzeichnis der in unser Gebiet einschlägigen Litteratur findet man unter

Anderm namentlich in einem neu erschienenen Werke »The Structure and Combination of the histological Elements of the Central Nervous System« by FRIDTJOF NANSEN (1887), so dass ich auf dieses Buch verweisen kann.

Wenn ich aber auf die Beobachtungen und Ansichten früheren Autoren eingehen muss, so thue ich dies zum Zwecke möglicher Vermeidung von unnützen Wiederholungen gesondert bei einem jeden einzelnen Kapitel und zwar meist im Anschluss an meine eigenen Untersuchungen.

Untersuchungsmethoden.

Eine genaue Angabe der angewandten Methoden erscheint gerade hier desswegen besonders geboten, weil man je nach der Art der benutzten Reagentien oft ganz außerordentlich verschiedene Bilder, zum Theil sogar sehr verführerische »Kunstprodukte« erhält.

Will man die Würmer in toto schneiden, so ist es nothwendig, zuvor den sandigen Darminhalt herauszuschaffen, was auch sonst ganz angebracht ist, da beim Zergliedern eines sandhaltigen Regenwurms das Wasser, unter dem die Präparation stattfindet, durch den erdigen Darminhalt getrübt wird und oft erneuert werden muss. Ich bediente mich zu diesem Zwecke einer mir von Herrn Dr. KÜENTHAL in Jena, dem ich auch sonst zu Dank verpflichtet bin, freundlichst mitgetheilten Methode. Ich setzte die Thiere in hohe, mit etwas zerzupftem feuchten Fließpapier angefüllte Glasylinder. Indem sie das Löschpapier fressen und zugleich den Sand von sich geben, sind sie nach etwa zwei Tagen zur weiteren Behandlung geeignet. Im Großen und Ganzen lieferten mir jedoch die in toto geschnittenen Regenwürmer nicht so gute Resultate, wie die in folgender Weise präparirten. Ich betäubte sie mit Wasser, dem etwas Chloroform zugesetzt war, wobei sie sich gut auszustrecken pflegen, schnitt dann unter Wasser, im Paraffin- oder Pechbecken den Hautmuskelschlauch in der dorsalen Medianlinie auf, und steckte die Ränder desselben nach Durchtrennung der Dissepimente auf beiden Seiten mit zahlreichen Nadeln fest. Darauf wurde der Verdauungstractus möglichst entfernt, bis auf den Ösophagus, der sich ohne Verletzung oder wenigstens Verschiebung des Schlundringes kaum fortbringen lässt. Nachdem nun durch einige Spannung die sonst vorhandenen wellenförmigen Biegungen des Bauchmarks ausgeglichen waren, ersetzte ich das Wasser durch eine der Fixirungsflüssigkeiten.

Als solche benutzte ich: 1) Osmiumsäure in 4%iger Lösung. Nach etwa halbstündiger Einwirkung dieser Flüssigkeit ist das Präparat so weit gehärtet, dass man, ohne Verzerrungen befürchten zu müssen.

die Nadeln fortnehmen und den ventralen Theil des Hautmuskelschlauchs mit dem aufliegenden Bauchmark in beliebiger Weise in kleinere Portionen zerschneiden kann. Um Verwechslungen von vorn und hinten vorzubeugen, schnitt ich die Stückchen immer so zu, dass das hintere Ende merklich breiter war. Ich erwähne dies ausdrücklich aus später ersichtlichen Gründen. Die Stücke kommen dann nach VIGNAL'S Vorschrift auf 24 Stunden in ein Fläschchen mit derselben Lösung, werden darauf ausgewaschen, allmählich in immer stärkere Alkoholgrade übergeführt, wobei ich mich mitunter des von FR. E. SCHULZE konstruirten Entwässerungsapparates¹ mit Vortheil bediente, in Toluol gelegt oder in Chloroform eingesenkt, schließlich in Paraffin eingeschmolzen und mit dem Mikrotom zerlegt². Diese Methode liefert sehr schöne Bilder, die auch in Wahrheit sehr brauchbar sind, um die Vertheilung der neurogliaartigen, bindegewebigen Elemente zu studiren. Auch die Ganglienzellen treten deutlich, aber nicht so übersichtlich hervor, wie an gefärbten Präparaten. Für das Gehirn ziehe ich diese Methode allen andern probirten sogar unbedingt vor.

Die Nervenfasern jedoch sind sehr schlecht konservirt, wenn man auch ihren Verlauf an den entsprechenden hell hervortretenden Bindegewebslücken oft sehr gut verfolgen kann.

2) Eine Modifikation dieser Methode, welche ich der Güte des Herrn Dr. von MÄHRENTHAL verdanke, ist folgende:

Die nur eine halbe bis eine Stunde mit Osmiumsäure behandelten Präparate kommen in verdünnten Holzessig (ein Theil auf etwa drei Theile Wasser), der eine schnelle und vollständige Reduktion der Osmiumsäure bewirkt. Die weitere Behandlung ist dieselbe. Das Bindegewebe ist tief blauschwarz geworden. Besonders wichtig ist außer der guten Erhaltung der Formen der Ganglienzellen das deutliche Zutagetreten der später zu besprechenden »medianen Zellen«.

3) Das frei gelegte Bauchmark wird erst mit schwächerem, dann mit stärkerem Alkohol übergossen. Nach halbstündiger Einwirkung von 70%igem Alkohol kann man zur Zerlegung schreiten und die Theilstücke weiter härten. Die Nervenfasern sind bei Anwendung dieser Methode mehr oder minder geschrumpft, gerade desswegen aber leicht von dem umgebenden Bindegewebe zu unterscheiden. Ganglienzellen etc. sind oft ganz gut erhalten.

4) Bessere Resultate als die wässerige concentrirte Quecksilberchloridlösung lieferte mir ein Gemisch derselben mit 50%igem

¹ Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXVI.

² Es ist für die Feststellung vieler Thatsachen durchaus nothwendig, lückenhafte Schnittserien anzufertigen.

Alkohol zu gleichen Theilen. Mit Alkohol nach etwa halbstündiger Einwirkung des Sublimats gut ausgewaschen und wie oben mit Alkohol absol., Chloroform und Paraffin weiter behandelt, zeigten diese Präparate eine ausgezeichnet gute Erhaltung der Nervenfasern, sowie des Inhalts der Neuralkanäle. Eine

Färbung

der mit OsO_4 behandelten Präparate gelingt schwer und wird in der Regel nicht sehr schön, ist auch ziemlich überflüssig. — Was die mit Alkohol gehärteten Stücke betrifft, so werden sie durch ein Zurückbringen in wässrige Farbstofflösungen durch Quellung oft verdorben, indem namentlich die Gestalt der Ganglienzellen verändert wird. Die besten Resultate lieferte mir eine von KÜENTHAL angegebene Modifikation des MAYER'schen Karmins, die darin besteht, dass man statt des 80%igen absoluten Alkohol nimmt. Nach 24stündiger Färbung wurde mit absolutem Alkohol andauernd und nachher mit ganz schwach angesäuertem (Salzsäure) Alkohol kürzere Zeit ausgewaschen. — Die Sublimatpräparate färbte ich mit ausgezeichnetem Erfolge mit GRENACHERscher¹ Hämatoxylinlösung. Nach etwa halbstündiger Einwirkung des Farbstoffs wurde mit schwach salzsaurem 50%igen Alkohol ausgezogen (1—2 Minuten), und die ins Röthliche übergegangene Färbung durch Alkohol mit einigen Tropfen Ammoniak wieder in Blau zurückverwandelt. Ich erhielt so prachtvoll differenzirte Färbungen: Bindegewebe und Nervensubstanz ungefärbt, Ganglienzellen tief blau, die Nucleoli derselben und die Bindegewebskerne noch dunkler. Die beiden zuletzt angeführten Methoden kann man noch durch nachträgliche Gelbfärbung der ungefärbten Elemente mittels Pikrinsäure verbessern. Ich klebte die Schnitte mit Kollodiumnelkenöl auf, löste nach andauernder Erwärmung das Paraffin mit Terpentin oder Xylol auf und tauchte nun nach einer im Jenenser Institute üblichen Methode die Objektträger mit den Schnitten in Terpentin, dem einige Tropfen einer Lösung von Pikrinsäure in absolutem Alkohol beigemischt waren. In Berlin benutzte ich mit gleichem Erfolge statt des Terpentins Xylol². Nach wenigen Sekunden haben sich Nervenfasern, Bindegewebe und namentlich die Muskeln mehr oder weniger intensiv gelb gefärbt. Darauf kommen die Objektträger in Terpentin oder Xylol mit einigen Tropfen Alkohol, wodurch die überschüssige Pikrinsäure, welche sonst leicht in Nadeln auskrystallisirt, fortgebracht wird. Schließlich in reines Terpentin

¹ FLEMING, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. p. 383.

² Es schien mir so, als ob die Pikrinsäure mit Xylol noch schneller und energischer wirkt, als mit Terpentin.

bezw. Xylol zurückgebracht, werden die Präparate in Kanadabalsam eingeschlossen. Besonders die Hämatoxylin-Pikrinsäure-Präparate zeigen eine sehr frappante, blaugelbe Doppelfärbung. Zum Schlusse will ich noch besonders hervorheben, dass sich die hier am meisten in Betracht kommenden histologischen Elemente durch große Hinfälligkeit auszeichnen, und dass daher alle Operationen, Entwässern und Einbetten etc. mit möglichster Schonung und Vorsicht vorzunehmen sind. Es ist mir nicht gelungen, eine Methode ausfindig zu machen, die Alles in gleicher Deutlichkeit zeigte; jede Methode hat ihre besonderen Vorzüge und Nachtheile, so dass ich die bindegewebigen Elemente vorzugsweise an Osmiumsäurepräparaten studirte; eben so gewisse multipolare Ganglienzellen an Osmium-Holzessig-Präparaten; die Anordnung der Ganglienzellen und den Verlauf ihrer Fortsätze an Alkohol-Karmin-Präparaten; die Anordnung der Nervenfasern endlich besonders an Sublimatpräparaten¹.

Größere Anatomie.

In Bezug auf die äußere Gestalt des Centralnervensystems kann ich auf die Untersuchungen früherer Autoren (LEYDIG²) verweisen. Zur allgemeinen Orientirung möge Folgendes genügen.

Vom Oberschlundganglion oder Gehirn gehen zwei Faserstränge aus, welche als Schlundkommissuren den Ösophagus umfassen und unterhalb desselben in das Unterschlundganglion eintreten. An dieses schließt sich dann kontinuierlich der Bauchstrang an. Die gangliösen Anschwellungen des letzteren sind namentlich im vorderen und mittleren Abschnitte des Bauchmarks durchaus nicht scharf von einander abgesetzt, und folgen in sehr kleinen Distanzen auf einander. Von jeder Anschwellung entspringen jederseits drei Nerven, von denen je zwei ganz nahe an einander gerückt erscheinen. Letztere bezeichne ich der Kürze wegen als »Doppelnerv« im Gegensatz zum »einfachen Nerven« (VIGNAL: »nerfs jumeaux« und »nerf simple«). Nur auf einen Punkt will ich näher eingehen, da, wie ich glaube, trotz der scheinbaren Leichtigkeit, diese Frage zu entscheiden, frühere Beobachter meist nicht darauf geachtet haben, und insbesondere VIGNAL hierin gefehlt hat³. Wie angegeben, sind die

¹ Auf diese Weise wurden Fig. 4—5 mit Ausnahme von Fig. 2a kombinirt.

² cf. das Litteraturverzeichnis.

³ FAIVRE stellte bereits eine richtige Reihenfolge auf. In dem im Erscheinen begriffenen Lehrbuche, »Traité d'Anatomie comparée« von CARL VOGT und EMIL YUNG ist die Sache auch nicht völlig korrekt dargestellt, indem der einfache Nerv entspringen soll »de l'intervalle entre deux renflements«; während es besser heißen würde »von der vordersten Partie jeder Anschwellung«.

äußerlich sichtbaren Anschwellungen des Bauchmarks einerseits wenig ausgeprägt, andererseits stehen sie sehr gedrängt, so dass die Frage entsteht, ob beim Regenwurm eine Unterscheidung in Ganglienknoten und verbindende Connective gerechtfertigt erscheint, und ferner, welche Abschnitte man als Ganglienknoten und welche man als Connective aufzufassen hat.

Die Sache wird dadurch noch schwieriger, dass bei oberflächlicher histologischer Untersuchung es scheinen kann, als ob die Ganglienzellen sich so ziemlich überall fänden. Bei genauerer Durchsicht einer lückenlosen Schnittserie kommt man jedoch bald zu der Einsicht, dass die Ganglienzellen ungleich vertheilt, an gewissen Stellen weit häufiger, als an anderen sind; und es gelingt immer, einige Schnitte ausfindig zu machen, auf welchen sich gar keine oder fast gar keine Ganglienzellen finden; wenn daher auch zugegeben werden muss, dass beim Regenwurm die Sonderung in einzelne Ganglienknoten viel weniger markirt ist, als z. B. bei *Hirudo*, so glaube ich, dass man auch bei *Lumbricus* von Ganglienknoten und (allerdings sehr kurzen) diese verbindenden Connectiven sprechen kann. VIGNAL stellt nun folgende Reihenfolge auf: 1) point de suture de deux ganglions, 2) nerfs jumeaux, 3) nerf simple etc. Demnach würde der auf die Wurzel des einfachen Nerven folgende Abschnitt das Connectiv sein. Hierin kann ich nun VIGNAL durchaus nicht zustimmen. Betrachtet man ein Kanadabalsampräparat (des vorderen Abschnittes z. B.) des Bauchmarks, so sieht man mit größter Deutlichkeit (da nämlich die Kontouren der cuticularen Hülle, der eigentlichen Grenze des Nervensystems, sich im Kanadabalsam deutlich abheben), dass die schmalsten Stellen sich nicht hinter, sondern vielmehr vor den Wurzeln des einfachen Nerven befinden.

Auch ergiebt die histologische Untersuchung an Querschnittserien, dass die schmalsten, von Ganglienzellen freien Zonen sich eben dort befinden, dass demnach diese als die Connective aufzufassen sind. Demnach stelle ich folgende Reihenfolge auf: 1) Connectiv, 2) einfacher Nerv, 3) Doppelnerv etc.

Dieses Versehen VIGNAL's ist mir um so unverständlicher, als er später hervorhebt, dass er sich vor Verwechslungen von vorn und hinten — die ja an eingebetteten Präparaten sehr leicht vorkommen können — besonders gehütet habe¹. — Wie ich diese völlig auszuschließen suchte, habe ich oben angegeben. Wir betrachten nunmehr

¹ VIGNAL, l. c. p. 402 Anm.

die Hüllen des Bauchmarks.

Auch diese sind schon namentlich von CLAPARÈDE und insbesondere von VIGNAL genau untersucht, so dass ich nur zur allgemeinen Übersicht dieselben kurz erwähnen will und im Übrigen auf die Arbeiten der genannten Forscher verweise. Auf eine äußere, epitheliale sehr dünne Lage folgt eine starke, namentlich in den hinteren Partien des Bauchmarks mit Bindegewebe untermischte Schicht von glatten Längsmuskelfasern; in dieser Schicht verlaufen auch die beiden lateralen und das ventrale Hauptblutgefäß des Bauchstranges. Da ihr geronnener Inhalt sich z. B. mit Karmin intensiv färbt, erhält man Bilder fast wie von injicirten Präparaten. Die dritte Hülle ist homogen, kernlos, zeigt eine bedeutende Resistenz gegen starke Alkalien und wird von VIGNAL mit Recht für ein cuticulares Gebilde gehalten¹. Diese drei Hüllen umgeben die beiden Hauptfaserstränge als gemeinsame Scheide. Ein jeder der beiden Hauptfaserstränge besitzt nun noch je eine bindegewebige Separathülle, deren Dicke an den verschiedenen Abschnitten der Ganglien sehr ungleich ist, welche aber im Großen und Ganzen, d. h. abgesehen von den erwähnten, später ausführlicher zu behandelnden Ungleichheiten, körperlich vorgestellt, zwei bindegewebige, parallel neben einander verlaufende Hohlcylinder darstellen. Diese berühren einander in der Mitte nicht, sondern lassen zwischen sich einen medianen Raum frei, welcher zwar größtentheils gleichfalls mit Bindegewebe ausgefüllt ist, aber noch andere, später zu besprechende Elemente nervöser Natur enthält. Er ist natürlich auf der dorsalen und ventralen Seite breiter, als in der Mitte. Der dorsale Theil desselben ist hauptsächlich durch Bindegewebe, der Rest durch die drei Neuralkanäle ausgefüllt, so dass dadurch also ein dorsaler Bindegewebsstrang resultirt, in welchem die Neuralkanäle

¹ Nur am Unterschlundganglion traf ich ein etwas abweichendes Verhalten der drei gemeinsamen Hüllen an, auffallenderweise aber nicht an allen Schnittserien, sondern nur an einer, welche von einem Wurm herrührte, der in toto in Alkohol gehärtet, darauf mit OsO₄ behandelt und dann in der gewöhnlichen Weise behandelt war. Es zeigte sich nämlich eine Duplicität der cuticularen Hülle. Von der, wie gewöhnlich innerhalb der Muskelschicht befindlichen cuticularen Lage gingen zeitweise kleine Bälkchen ab, welche sich außerhalb der muskulösen Hülle zu einer zweiten cuticularen Lage vereinigten, so dass die Muskelfasern zu einigen größeren Zügen vereinigt in den von den beiden cuticularen Schichten und den diese verbindenden Querbrücken eingeschidet lagen. Die auffallende Beobachtung, dass ich diese Duplicität nicht an allen Schnittserien des Unterschlundganglions wahrnahm, erkläre ich mir durch die Annahme kleiner Unterschiede der verschiedenen Arten des Genus Lumbricus (Fig. 9), oder vielleicht verschiedener Altersstadien.

verlaufen. In einem mittleren Abschnitte des medianen Raumes liegt ein an gewissen Abschnitten deutlich gesonderter, bisher wenig beachteter dritter Hauptfaserstrang, um vieles schwächer als die beiden lateralen, den ich kurz als medianen Nerven bezeichne. Die ventrale Partie des medianen Raumes ist wiederum durch Bindegewebe ausgefüllt, welches aber an den verschiedenen Abschnitten der Ganglien verschieden stark entwickelt ist. Letzteres gilt auch von den lateralen Wandungen der Separathüllen. Es hat das seinen Grund darin, dass die ventralen und die lateralen Bindegewebsmassen das Stroma für die Ganglienzellen abgeben und je nach der Anzahl dieser mehr oder minder ausgebildet sind.

Die Struktur des sechsnervigen Bauchmarksganglions (Fig. 4—5).

Die feinere Anatomie des Oberschlundganglions zeigt so viel Abweichendes, diejenige des Unterschlundganglions dagegen schließt sich so eng an die der übrigen Bauchmarksganglien an, dass ich entgegen der natürlichen Reihenfolge mit der Beschreibung der letzteren beginne. Um die vielfach nicht ganz einfachen Verhältnisse klarzustellen, beschreibe ich zunächst eine Serie von Querschnitten, von einem Connectiv an bis zum nächsten, und gebe dann eine Zusammenfassung der gewonnenen Resultate. Ich bemerke dabei ausdrücklich noch einmal, dass es nicht leicht gelingt, an einer Schnittserie Alles mit befriedigender Deutlichkeit zu sehen, und dass ich meiner Beschreibung und den Zeichnungen 4—5 mehrere Schnittserien zu Grunde lege. Welche Methode für jeden einzelnen der histologischen Bestandtheile hauptsächlich angewandt wurde, ist bereits oben angegeben. Betrachten wir zunächst einige

Querschnitte auf dem Niveau eines Connectivs¹ (Fig. 4),

welches, wie angegeben, nicht hinter, sondern vor dem Abgange des einfachen Nerven zu suchen ist.

Indem ich den ersten der zu beschreibenden Querschnitte etwas ausführlicher behandle, kann ich bei den folgenden häufig auf den ersten zurückverweisen.

Zu äußerst sehen wir die drei gemeinsamen Hüllen (h_1 , h_2 , h_3), sowie die Blutgefäße in der mittleren derselben. Namentlich an den lateralen Partien ist die Muskellage stark entwickelt. Ganglienzellen fehlen. Letzterer Punkt, sowie der etwas geringere Durchmesser

¹ Es schien mir ziemlich gleichgültig zu sein, ob man einen der vorderen, mittleren oder hinteren Theile des Bauchstranges beobachtet, abgesehen allein von den alleräußersten Enden.

des ganzen Schnittes unterscheidet ihn auf den ersten Blick von den folgenden. Auf dem Durchschnitte des dorsalen Bindegewebsstranges erblickt man die Neuralkanäle (*mc*, *lc*). Die bindegewebige Separatscheide (*bh*) der beiden Hauptfaserstränge ist schwächer entwickelt, als an den anderen Schnitten, namentlich auf der lateralen und der ventralen Seite, im Zusammenhange mit dem Fehlen der sonst dort befindlichen Ganglienzellen.

Die bindegewebigen Elemente sind nach Osmiumsäurebehandlung dunkelbraun, an Osmiumsäure-Holzessigpräparaten schwärzlich, an Hämatoxylin- und Karminpräparaten nach sorgfältigem Auswaschen der Farbstoffe ungefärbt. Pikrinsäure färbt das Bindegewebe gelblich, aber nicht so stark, wie die Muskeln. Die Kerne (*bk*) treten an Karminpräparaten deutlich, besonders frappant aber nach Hämatoxylinfärbung hervor. Sie lassen an letzteren die Vertheilung des Bindegewebes oft deutlich erkennen.

In den beiden Separathüllen liegen nun die beiden Hauptfaserstränge, deren Querschnitt je nach der Behandlung der Präparate ein sehr verschiedenes Aussehen zeigt.

Osmiumsäurepräparate, insbesondere Osmiumsäure-Holzessigpräparate (Fig. 2a) zeigen ein äußerst zierliches dunkles Netzwerk des bindegewebigen Stromas. In den verschieden großen Maschen derselben erkennt man hier und da die Überreste der bei Osmiumsäurebehandlung sehr schlecht konservierten Substanz der Nervenfasern¹ in Form kleiner, unregelmäßiger, bald mehr dem Centrum, bald mehr der Peripherie der Masche genähert, mehr oder weniger dunkel ge-

¹ Ich gebrauche den Ausdruck »Nervenfasern« synonym mit »Nervenröhre« und verstehe unter beiden die langgestreckten, hell erscheinenden, zum Theil ziemlich dicken nervösen Elemente des Bauchstranges. Als »Nervenfibrillen« dagegen bezeichne ich unmessbar feine Fäserchen, wie sie sich namentlich im Gehirn vorfinden, dessen Hauptmasse sie bilden — ohne damit andeuten zu wollen, dass zwischen beiden ein principieller Unterschied bestände. — Ob wenigstens die Nervenröhren stärkeren Kalibers aus »Primitivröhren« zusammengesetzt sind, und ob sie (oder ev. die letzteren) eine fibrilläre Struktur aufweisen oder nicht, lasse ich dahingestellt, um so mehr ich, wie oben bemerkt, die Entscheidung dieser äußerst schwierigen Frage nicht erstrebte. Ich will nur bemerken, dass ich weder von einer Zusammensetzung aus »Primitivröhren« noch von einer fibrillären Struktur derselben das Geringste gesehen habe. Nur der dunkle Mittelpunkt (siehe unten) vieler Nervenfaserquerschnitte, namentlich der zu den drei Hauptbündeln geordneten, hat mich auf den Gedanken gebracht, ob nicht die centrale und die periphere Partie jeder Nervenröhre ein präformirt verschiedenes Verhalten besitzt — namentlich desshalb, weil gerade an Präparaten, die ich aus anderen Gründen für besonders gut konservirt halte, die angegebene Erscheinung, der dunkle Mittelpunkt des Nervenfaserquerschnittes am deutlichsten ist.

färbter Gerinnsel. (Ohne Vergleichung mit anders behandelten Präparaten können diese zu ganz falschen Vorstellungen führen. Ähnliches gilt, wie wir sehen werden, von den Neuralkanälen und ich vermute, dass Osmiumsäurebilder der letzteren thatsächlich Irrthümer hervorgerufen haben.) Ähnliche Bilder liefern Alkoholpräparate, nur dass hier das bindegewebige Stroma nicht schwarz gefärbt ist, und dass die nervöse Substanz zwar sehr geschrumpft, aber nicht so stark zerstört ist, wie bei Anwendung der Osmiumsäure. Auf gut gelungenen Sublimatpräparaten lässt sich dagegen weit mehr sehen. Die einzelnen Nervenfasern erscheinen auf dem Querschnitte als helle Kreise von verschiedenem Durchmesser, welche gegen einander durch ein etwas weniger hell erscheinendes Netzwerk — wiederum das bindegewebige Stroma — abgegrenzt sind. In dem Centrum der meisten Querschnitte erkennt man sehr deutlich einen dunkleren Mittelpunkt, von dem ich nicht zu behaupten wage, dass er bestimmt kein Kunstprodukt sei.

Beachtenswerth ist ferner das Vorhandensein von besonderen, deutlich abgegrenzten Hauptfaserzügen. Diese treten dadurch hervor, dass hier Nervenröhren etwas größeren Kalibers dicht gedrängt neben einander verlaufen. Ein solches Nervenröhrenbündel erkennt man auf der dorsalen Partie eines jeden der beiden lateralen Hauptstränge (*db*); ein zweites auf der lateralen (*lb*) Seite; ein drittes endlich auf der ventralen¹ (*vb*). Letzteres ist das stärkste von allen und häufig in mehrere kleinere Bündel zerfallen; außerdem sieht man in demselben eine besonders dicke Nervenröhre (*vc*), welche an Durchmesser nicht viel hinter den beiden lateralen Neuralkanälen zurücksteht. Sie fällt nur wegen der weit schwächeren Bindegewebshülle weniger in die Augen. Außer diesen drei Hauptzügen stärkerer Nervenfasern beiderseits sieht man noch hier und da einzelne, die sich von der großen Mehrzahl gleichfalls durch ihren größeren Durchmesser auszeichnen (*f*). Die große Mehrzahl der Fasern lässt dagegen keine Sonderung in einzelne Gruppen zu; sie zeigen einen verschiedenen Durchmesser; die kleinsten sind so klein, dass man sie an dünnsten Schnitten nur mit den stärksten Vergrößerungen (ZEISS $\frac{1}{18}$) deutlich wahrnimmt. Ihre Querschnitte erscheinen aber sämmtlich als helle, wenn auch zum Theil äußerst kleine Kreise, meist mit dem erwähnten dunkleren Mittelpunkt. Wie wir später sehen werden, weicht also die feinere Struktur der

¹ Das dorsale und das ventrale Bündel scheint eine größere Längenausdehnung zu besitzen, als das laterale; erstere, namentlich das ventrale, finden sich sowohl auf Schnitten des hinteren Abschnittes des Unterschlundganglions, wie auch noch in dem letzten Ganglion; das laterale Bündel vermochte ich dagegen dort nicht mehr zu finden (Fig. 9, 11, 6).

sogenannten »LEYDIG'schen Punktsubstanz« des Bauchmarks ganz erheblich von der des Gehirnes ab. Die Hauptmasse dieser besteht nämlich nicht, wie ich vorgreifend bemerke, aus deutlich von einander abgegrenzten Nervenröhren von verschiedenem Durchmesser, sondern vielmehr aus einem Gewirr äußerst feiner Fibrillen. Ich musste dies zum Zwecke besseren Verständnisses schon hier erwähnen, da eine kleine Stelle des Bauchmarkquerschnittes ein ähnliches Verhalten zeigt, nämlich ein kleiner Bezirk der nächsten Umgebung des ventralen Hauptfaserbündels (*p*).

Hier erkennt man auch bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen keine kreisförmigen Querschnitte von Nervenfasern, sondern eine Masse äußerst feiner Pünktchen, welche ich für die Querschnitte feinster, zu einem Längszuge angeordneter Fibrillen halte, ähnlich den der Hauptmasse nach allerdings nicht zu erkennbaren Zügen geordneten, im Gehirn befindlichen Fibrillen. Diese Ansicht, dass sich demnach auf der ventralen Seite der nervösen Centralmasse des Bauchstranges thatsächlich eigenartige, von den übrigen abweichende Elemente vorfinden, wird dadurch noch unterstützt, dass an gut gelungenen Osmiumsäurepräparaten mitunter die bezeichnete Stelle deutlich und erheblich dunkler gefärbt ist, als die gesammte Umgebung (Fig. 6, 11). Dass es sich aber um feine Nervenfibrillen handelt, dafür spricht der Umstand, dass ich auf Querschnitten auf dem Niveau eines Nervenabganges, besonders des Unterschlundganglions, beobachtete, wie von der fraglichen Stelle ein dunkler, sehr fein gestrichelter Streifen sich in den Seitennerven biegt (Fig. 9). Auch zeigt sich hier und da an Sublimat-Hämatoxylinpräparaten, dass die angegebene Stelle etwas mehr von dem Farbstoff zurückhält, als die Nervenfasern¹. — In dem mittleren Theile des zwischen den beiden bindegewebigen Separatscheiden liegenden medianen Raumes erblickt man den Querschnitt eines dritten, unpaaren Hauptstranges, der um Vieles schwächer ist, als die beiden lateralen (*mn*), und den ich kurz als »medianen Nerven« bezeichne; er zeigt dieselbe Struktur, wie die beiden letzteren. Die denselben rechts und links von den beiden lateralen Hauptsträngen abgrenzenden Bindegewebslamellen (*ml*) (d. h. die medianen Partien der bindegewebigen Separathüllen der beiden lateralen Hauptstränge) treten sowohl nach Osmiumsäurebehandlung durch ihre dunkle Färbung, als auch an gut gefärbten Präparaten durch ihren Reichthum an Bindegewebskernen deutlich hervor. — Das Verhalten der nervösen Central-

¹ Diese mit OsO₄ dunkel gefärbte, fein fibrilläre Substanz auf der ventralen Partie erreicht auch wieder in den hintersten Segmenten bedeutendere Mächtigkeit und tritt dort auf Querschnitten in eigenartiger Anordnung hervor (Fig. 6).

substanz, die Anordnung stärkerer Nervenfasern zu gesonderten Bündeln zeigt sich auf den nunmehr zu behandelnden Schnitten in gleicher Weise und braucht daher später nicht mehr erwähnt zu werden, mit Ausnahme des medianen Nerven, der complicirtere Verhältnisse eingeht. — Die Zahl der auf einander folgenden Schnitte, welche dem so eben etwas ausführlicher beschriebenen Typus gemäß gar keine Ganglienzellen aufweisen, ist gering, d. h. die Connective sind kurz; schon die nächstfolgenden Schnitte liefern den Durchschnitt durch die Wurzel des einfachen Nerven.

Schnitt durch das Ganglion auf dem Niveau der Wurzel des einfachen Nerven (Fig. 2 und 2a).

Dieser Schnitt hat einen schon etwas größeren Durchmesser als der vorige. Außerdem ist die ventrale Partie der bindegewebigen Separatscheide stärker entwickelt, im Zusammenhange mit dem Auftreten von Ganglienzellen. Bevor ich auf diese eingehe, will ich bemerken, dass ich die ventral liegenden Ganglienzellen als erste Gruppe oder *gr* I, die lateralen als *gr* II bezeichne. An gewissen später zu besprechenden Abschnitten des Ganglions kann man, namentlich nach dem Verhalten der Fortsätze, beide Gruppen in je zwei Untergruppen zerlegen: *gr* I zerfällt dort in einen inneren Theil *gr* 1 und einen äußeren *gr* 2; *gr* II dagegen in einen unteren *gr* 3 und einen oberen *gr* 4, so dass $gr\ I = gr\ 1 + gr\ 2$ und $gr\ II = gr\ 3 + gr\ 4$ ist. Ich wähle diese Bezeichnung, weil ich glaube, dass die mit arabischen Zahlen bezeichneten Gruppen den entsprechenden Gruppen KÜKENTHAL's bei *Travisia* gleichwerthig sind. Ich vereinige aber abweichend von KÜKENTHAL je zwei Gruppen unter einander zu einer größeren, weil die Sonderung in Untergruppen bei *Lumbricus* nur stellenweise evident ist. Außer diesen zwei bzw. vier Gruppen von meist unipolaren, selten bipolaren Zellen giebt es noch eine beschränkte Anzahl von ganz besonderen Ganglienzellen, die uns zum Theil jetzt, zum Theil später des Näheren beschäftigen werden.

Gerade nämlich auf dem Niveau der Wurzel des einfachen Nerven (oder auch schon kurz vorher) finden sich zwei unmittelbar hinter einander liegende Zellen, die sich sowohl durch ihre Gestalt und Lage als auch durch ihre chemische Beschaffenheit als Ganglienzellen besonderer Art erweisen. Ihre konstante Lage in der Medianlinie spricht dafür, dass sie mit den von HERMANN bei *Hirudo* entdeckten, von diesem als **mediane Zellen** bezeichneten Gebilden zu vergleichen sind. Auch KÜKENTHAL hat solche bei *Travisia* gefunden. Diese Zellen (*mz*) zeichnen sich außer ihrer medianen Lage durch ihre

multipolare Gestalt aus. Man kann meist deutlich einen dorsalwärts aufsteigenden, und zwei laterale Fortsätze erkennen. Den weiteren Verlauf derselben mit Sicherheit zu ermitteln, ist mir leider nicht gelungen. Doch glaube ich, dass der dorsale Fortsatz in den dort befindlichen, auf dem jetzt behandelten Schnitt, wie auf dem vorigen sehr deutlich abgegrenzten medianen Nerven geht. Die beiden lateralen Fortsätze treten vermuthlich in die Nervenwurzeln ein. Die zweite mediane Zelle folgt so unmittelbar auf die erste, dass man auf Querschnittserien ihre Duplicität meist nur an dem Vorhandensein zweier Kerne erkennt. Besonders merkwürdig erschien mir außer der konstanten Lage und Form dieser Zellen der Umstand, dass sie sich mitunter mit Karmin um ein Geringes, aber doch deutlich stärker färben, als die andern Ganglienzellen. Bei Weitem am deutlichsten wird diese auf eine abweichende chemische Beschaffenheit (und damit auch auf eine eigenartige Funktion) hinweisende besondere Färbbarkeit an Osmiumsäure-Holzessigpräparaten wahrgenommen, auf welchen auch die Gestalt dieser Zellen am besten konservirt ist (Fig. 2a). An Alkoholpräparaten lässt sich oft die multipolare Gestalt kaum mehr erkennen. Während die übrigen Ganglienzellen erst hellgrau gefärbt sind, sind die medianen Zellen bereits fast schwarz geworden, wie auch ihre Fortsätze, wenigstens am proximalen Ende, so dass ganz überraschende Bilder entstehen¹. Links und rechts an die medianen Zellen schließen sich birnförmige, unipolare Zellen von *gr* I an, welche ihre Fortsätze zunächst dorsalwärts senden. In dem dorsalen Theile der Hauptfaserstränge angelangt, biegen diese dann in der Weise um, dass eine dorsale, zwischen medianen Nerven und Neuralkanälen gelegene Querbrücke (*dbr*) zu Stande kommt, also eine Faserkreuzung, indem die Fortsätze der linken Gruppe sich nach rechts, die der rechten nach links wenden, und so in die Nervenwurzel der gegenüber liegenden Seite wenigstens zum Theil eingehen — ob ganz, konnte ich nicht entscheiden. (Diese Querbrücke ist mitunter erst auf etwas späteren Schnitten zu sehen; so findet sie sich z. B. auf dem gezeichneten Schnitte [Fig. 2a] noch nicht.)

Diese, sowie die später zu beschreibenden, auf dem Niveau des Abgangs der Doppelnerven liegenden Faserquerbrücken werden von

¹ Um sich von der bloßen Existenz der medianen Zellen zu überzeugen, genügt es, ein Stückchen Bauchmark mit Methylenblau in wässriger Lösung zu färben, mit Alkohol zu behandeln und in Nelkenöl oder dgl. in toto bei schwacher Vergrößerung zu betrachten. Die medianen Zellen fallen dann durch ihre Größe und etwas intensivere Färbung auf; ihre Gestalt etc. genauer zu bestimmen, gelingt dabei freilich nicht. Auf Schnittserien sind die medianen Zellen meist die ersten Ganglienzellen überhaupt, die nach den ganglienzelllosen Connectivquerschnitten sich zeigen.

Bindegewebszügen begleitet, und es ist oft schwer, auf Querschnitten sich zu überzeugen, dass außer den Bindegewebelementen auch wirklich Nervenfasern diese Querbrücke zusammensetzen. Wenn man aber mediane Sagittalschnitte von Osmiumsäurepräparaten anfertigt, erhält man die charakteristischen Querschnitte von Nervenfasern in vollständig überzeugender Deutlichkeit und sieht zugleich, dass immer mehrere dicht bei einander liegende Fasern die Querschnitte herstellen. Die Frage, ob an der Bildung dieser und der andern Faserbrücken noch andere Nervelemente als die Fortsätze der erwähnten Ganglienzellen desselben Ganglions sich betheiligen, kann ich nicht entscheiden. — Die Hauptmasse der in den einfachen Nerven eintretenden Fasern entstammt dagegen den beiden Hauptfasersträngen der entsprechenden Seite. — Die nunmehr folgenden

Schnitte zwischen dem einfachen und dem Doppelnerven

zeichnen sich durch das allmähliche Größerwerden des Durchmessers und die Zunahme der Zahl der Ganglienzellen aus; zu der Gruppe *gr* I kommen lateral liegende Zellen, *gr* II hinzu; ihre Fortsätze verlieren sich theilweise in dem Hauptstrange derselben Seite, zum Theil aber gehen sie vermittels der Nervenquerbrücke in den gegenüber liegenden Hauptstrang. Später verschwinden die Querbrücken ganz. Zugleich werden die medianen Bindegewebszüge, die Grenzen der lateralen Hauptstränge und des medianen Nerven undeutlich, um hier und da ganz zu verschwinden, so dass dort der mediane Nerv sowie die lateralen Hauptstränge nicht mehr gesondert sind, sondern einen einzigen Strang darstellen. Bald treten wieder die Faserkreuzungen hervor, und wir gelangen so zu den

Schnitten auf dem Niveau der Wurzel des Doppelnerven (Fig. 3—5).

Hier finden sich wiederum »mediane Zellen«, die aber kein so einfaches Verhalten zeigen, wie die oben beschriebenen. Sie liegen nämlich nicht sowohl etwas hinter einander, sondern vielmehr neben einander, und durch Vergleichung mehrerer entsprechender Präparate halte ich folgende Anordnung für die typische. In der Mitte, genau median, liegt eine Zelle von gleicher Größe und Gestalt wie die zuerst beschriebenen; zu beiden Seiten liegt je eine kleinere, zusammen also drei, durch gleiche Färbbarkeit, wie die oben erwähnten, ausgezeichnet. Im Übrigen sind die Verhältnisse so verwickelt, dass ich hier drei Querschnitte einzeln behandeln will, nämlich a) einen Schnitt auf dem Niveau der ersten Wurzel; b) einen Schnitt, der zwischen beiden Wurzeln hindurchgeht; c) einen Schnitt durch die zweite Wurzel.

a) Schnitt durch die erste Wurzel des Doppelnerven
(Fig. 3).

Dieser Schnitt zeigt noch das einfachste Verhalten. Es sind *gr* I und *gr* II vertreten. Erstere Ganglienzellen senden ihre Fortsätze wenigstens zum Theil in die Nervenwurzel derselben Seite. *gr* II ist [namentlich durch *gr* 4 vertreten, aber die Fortsätze dieser Gruppe kommen meist erst auf den nächsten Schnitten zum Vorschein. Der mediane Nerv ist oft noch ziemlich deutlich gesondert, doch finden sich mitunter stärkere, unregelmäßig schief verlaufende Bindegewebszüge, die ihn in mehrere Bündel spalten, ohne dass ich im Einzelnen ein typisches Verhalten ausfindig machen konnte. Die in die Nervenwurzel eintretenden Fasern entstammen, wie es scheint, sämtlich dem Hauptstrange derselben Seite, und zwar mehr den mittleren und ventralen Partien derselben. Mit großer Wahrscheinlichkeit konnte ich feststellen, dass in die eine Wurzel des Doppelnerven Fortsätze von *gr* I derselben Seite eingehen. Endlich muss ich noch einige kleine multipolare Ganglienzellen erwähnen, welche sich dorsal und ventral von der Nervenwurzel ganz an den lateralen Enden des Schnittes vorfinden und in Bezug auf Färbbarkeit sich an die medianen Zellen anschließen (*mp*).

Ich komme nunmehr zu

b) Schnitten zwischen den zwei Wurzeln des Doppelnerven (Fig. 4).

Sie zeigen von allen das komplizierteste Verhalten. Was zunächst die Ganglienzellen betrifft, so sind alle Gruppen entwickelt und deutlich von einander gesondert. *gr* 4 ist durch mehrere multipolare, wie mir scheint, bipolare Zellen von beträchtlicher Größe vertreten; auch *gr* 2, die äußere ventrale Gruppe, enthält hier und da eine kleinere deutlich bipolare Zelle. *gr* 3 ist schwächer entwickelt. *gr* 4 endlich ist in der Regel auf einem jeden Schnitt durch drei unmittelbar über einander liegende Zellen vertreten. Außerdem finden sich wiederum in den lateralen Bindegewebsmassen (welche hier die beiden Wurzeln des Doppelnerven von einander trennen), die schon auf dem vorigen Schnitte erwähnten, kleinen multipolaren Ganglienzellen vom Typus der medianen Zellen. Vor Allem charakterisirt ist dieser Schnitt aber durch das Vorhandensein zweier Nervenquerbrücken, einer stärkeren dorsalen (*dbr*), und einer viel schwächeren ventralen (*vbr*), welche mit den sie begleitenden Bindegewebszügen den medianen Nerven in drei über einander liegende Äste (*mn*₁, *mn*₂, *mn*₃) spalten. An der Bildung dieser Nervenquerbrücken nehmen Theil die Fortsätze

sowohl von *gr* I, als auch von *gr* II; ob auch andere Fasern in diese Querbrücken eingehen, kann ich eben so wenig entscheiden, wie es mir möglich war, den Verlauf jedes einzelnen Ganglienzellfortsatzes gesondert mit Sicherheit zu verfolgen. Da aber eine bloße Verbindung von rechts und links gelegenen Ganglienzellgruppen durch einen Faserzug ohne periphere Endigungen nicht verständlich erschiene, so glaube ich es als sehr wahrscheinlich hinstellen zu dürfen, dass die Nervenbrücken aus den dicht über- und neben einander verlaufenden Fortsätzen der beiderseitigen Ganglienzellgruppen bestehen, in der Weise, dass sich die Fortsätze der linken Gruppe nach rechts, die der rechten nach links wenden. Während ich den peripheren Verlauf der die ventrale Brücke bildenden Fasern nicht verfolgen konnte und daher zu der Annahme neige, dass diese Fasern nach ihrer Kreuzung umbiegen und longitudinal verlaufen, gelang es mir auf den nun folgenden

c) Schnitten durch die zweite Wurzel des Doppelnerven
(Fig. 5)

eine Verbindung der dorsalen Querbrücke mit den Nervenwurzeln wahrzunehmen. — Da ferner unten die Fasern der beiden Nervenquerbrücken, so weit sie von *gr* I herrühren, zu einem gemeinsamen Bündel Anfangs vereinigt sind, und die Verfolgung eines einzelnen Ganglienzellfortsatzes kaum gelingt, so kann ich nicht angeben, von den Fortsätzen welcher Ganglienzellen von *gr* I die ventrale Brücke eigentlich gebildet wird. Doch glaube ich nach Beobachtung zahlreicher Präparate, dass es die inneren Zellen der ventralen Gruppe (*gr* 1) sind, deren Fortsätze vornehmlich in diese Querbrücke eingehen, vielleicht außerdem von *gr* 3; die dorsale Brücke wäre dann ein Produkt der Fortsätze von *gr* 2 und sicherlich von *gr* 4.

Die Feststellung dieser Verhältnisse ist aus vielen Gründen nichts weniger als einfach. Im Übrigen zeigt nun speciell der Schnitt durch die zweite Wurzel des Doppelnerven folgende Eigenthümlichkeiten. Hier finden sich die medianen Zellen. Die Nervenwurzel bezieht ihre Fasern hauptsächlich aus den dorsalen Partien (im Gegensatz zur ersten Wurzel des Doppelnerven) des Hauptstranges derselben Seite; sie empfängt aber, wie schon angegeben, auch Fasern aus der dorsalen Querbrücke, also von der gegenüber liegenden Seite. Die ventrale Querbrücke ist auf diesem Niveau meist schon wieder verschwunden. Der mediane Nerv ist nicht mehr deutlich abgegrenzt, indem die trennenden Bindegewebslamellen unvollständig sind (oft einseitig) oder fehlen. Außerdem habe ich gerade auf dem Niveau dieses Schnittes, durch die zweite Wurzel des Doppelnerven später genauer zu be-

sprechende Öffnungen des medianen Neuralkanals an mehreren Präparaten mit Sicherheit konstatiren können. Sie finden sich median auf der Ventralseite des Kanals und deuten auf eine Verbindung des Kanal-inhalts mit der dorsalen Faserbrücke hin (*oe*). — Die nun folgenden

**Schnitte zwischen dem Doppelnerven und dem darauf folgenden (nächsten)
Connectiv**

werden immer kleiner; die Ganglienzellen verhalten sich wie auf der Strecke zwischen einfachen und doppelten Nerven; die Faserkreuzungen verschwinden, und durch die allmähliche Abnahme der Zahl der Ganglienzellen, sowie durch die wiederum deutliche Sonderung des medianen Nerven ist endlich das zuerst beschriebene Bild erreicht; wir haben die auf die zuerst beobachtete folgende Kommissur erreicht.

Es wird, glaube ich, zur Übersicht und Verständlichkeit beitragen, wenn ich die gewonnenen Resultate kurz zusammenfasse mit besonderer Berücksichtigung der von früheren abweichenden. Die Nervenfasern im Bauchstrang sind zunächst, abgesehen vom medianen Nerven, zu zwei lateralen Hauptsträngen geordnet. Sie bestehen aus Nervenfasern verschiedener Dicke. Man erkennt in jedem der Hauptstränge ein dorsales, ein laterales und ein ventrales Bündel dicht neben einander liegender, etwas dickerer Fasern. Die ventrale Gruppe enthält eine besonders dicke Nervenröhre. In der Umgebung der letzteren befindet sich eine differente Gewebspartie, wahrscheinlich ein Bündel feinsten Fibrillen, ähnlich denen des Gehirns. Zwischen den beiden lateralen Hauptsträngen verläuft ein bedeutend schwächerer, unpaarer, medianer Strang, der bisher merkwürdigerweise ganz übersehen, oder nicht als das, wofür ich ihn halte, nämlich als Homologon des medianen Nerven der Hirudineen sowohl als der Arthropoden aufgefasst zu sein scheint. LEYDIG suchte ihn vergebens und war über das vermeintliche Fehlen desselben beim Regenwurm so überrascht, dass er die Ansicht aussprach, die drei riesigen Röhrenfasern möchten vielleicht den medianen Nerven des Regenwurms darstellen. VIGNAL musste den medianen Nerven sehen, da er mit Osmiumsäure arbeitete; er hat ihn auch thatsächlich gesehen und sein Zeichner hat ihn ganz richtig abgebildet. Im Text liest man aber nur von »une ou deux autres plus petites colonnes de fibres nerveuses, qui occupent toujours le centre de la cloison«, ohne dass die Vermuthung ausgesprochen wäre, dass dieses Faserbündel der längst gesuchte mediane Nerv von Lumbricus ist. Ich verweise übrigens auf die Schrift KÜKENTHAL'S (p. 46). Dieser hat den medianen Nerven bei *Travisia* gefunden; PRUVOT bei *Hyalinoecia tubicola* (Eunicide). Diese Forscher stimmen darin unter sich sowohl

als mit mir überein, dass der mediane Nerv an Querschnitten der *Connective* am besten begrenzt ist und im Ganglion stellenweise wenigstens seine selbständige Existenz verliert. Das Vorhandensein eines medianen Nerven bei Anneliden und speciell bei *Lumbricus* ist aber wohl sicherlich von hohem Interesse sowohl im Hinblick auf die Hirudineen, als auf die Arthropoden. Der mediane Nerv von *Lumbricus* ist bereits auf Querschnitten der ersten, d. h. der auf das Unterschlundganglion folgenden Kommissur in vollständiger Ausbildung zu sehen. — Die drei Nervenwurzeln erhalten vornehmlich, die erste Wurzel des Doppelnerven sogar, wie es mir scheint, ausschließlich, ihre Fasern aus den lateralen Hauptsträngen derselben Seite. Der einfache Nerv dagegen, sowie die zweite Wurzel des Doppelnerven beziehen einen Theil ihrer Fasern durch Faserquerbrücken aus der gegenüber liegenden Seite. Die erste Wurzel des Doppelnerven entsteht vorwiegend aus Fasern der ventralen Partien der Hauptstränge, die zweite ist mehr dorsalen Ursprungs. Das Vorhandensein von Faserkreuzungen (meinen Nervenquerbrücken *dbv* und *vbr*) ist vielfach vermuthet und vielfach bezweifelt worden. Die Autoren drücken sich betreffs dieses Punktes meist sehr zurückhaltend aus. — In jedem Ganglion finde ich eine beschränkte Anzahl größerer multipolarer Ganglienzellen von konstanter Lage und besonderer chemischer Beschaffenheit, höchst wahrscheinlich vergleichbar den medianen Zellen von *Hirudo* (HERMANN) und *Travisia* (KÜKENTHAL). Die Eintheilung der übrigen Ganglienzellen — abgesehen von den kleinen multipolaren in der Umgebung der Wurzeln des Doppelnerven, — welche vorwiegend birnförmige Gestalt und meist nur einen Fortsatz besitzen, in je eine ventrale Gruppe *gr I* und eine laterale *gr II* ist augenscheinlich berechtigt. Die Sonderung in Untergruppen *gr 1*, *gr 2*, *gr 3*, *gr 4* dagegen ist nur stellenweise deutlich und gründet sich hauptsächlich auf den Verlauf der Fortsätze.

Die Neuralkanäle.

Über diese drei schon mehrfach erwähnten, im dorsalen Bindegewebsstrange des Bauchmarks gelegenen Gebilde sind sowohl in Bezug auf ihre Struktur, als auch auf ihren Verlauf, besonders aber ihre muthmaßliche Funktion so verschiedene Ansichten aufgestellt worden, dass ich diese erst kurz erwähnen will. Dabei kommen nicht nur frühere Untersuchungen über den Regenwurm in Betracht, sondern auch eine Anzahl von Arbeiten über verschiedene andere Würmer.

LEYDIG ist der Erste gewesen, der diese Organe bei *Lumbricus* einer genauen Untersuchung unterworfen hat. Er bezeichnet dieselben als

»riesige dunkelrandige Nervenfasern« und glaubt, dass die mittlere Substanz dem Achsencylinder, die Rindenschicht aber der Markscheide der Vertebraten-Nervenfasern entspräche. An dem »Achsen-cylinder« glaubt er ein feinstreifiges Aussehen als Andeutung einer Zusammensetzung aus fibrillärer Substanz wahrzunehmen. Er sah ferner bei *L. agricola* eine gabelige Theilung der medianen Faser, sowie ein Eindringen der Gabeläste in die jederseitige Schlundkommissur, Letzteres wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit. Die lateralen Fasern dagegen vermochte er nicht weiter zu verfolgen, fand aber zwischen ihnen eine Querkommissur.

CLAPARÈDE hatte schon vor LEYDIG bei einigen anderen Oligochaeten dieselben Gebilde gesehen, sich aber über ihre dorsale Lage getäuscht und dieselben in die Achse des Bauchstranges verlegt. Hierin lässt er sich von LEYDIG berichtigen, weicht aber sonst von ihm in mehreren Punkten ab. Er möchte die Neuralkanäle vor Allem nicht unbedingt für dunkelrandige Nervenfasern erklären. Er (wie auch seine sämtlichen Nachfolger) findet weder die von L. angegebene Gabelung der medianen Faser noch eine Fortsetzung in die Schlundkommissuren, sondern sieht alle drei, und zwar die lateralen früher, als die mediane, im Unterschlundganglion zugespitzt aufhören. Die Querkommissur LEYDIG's zwischen den ersteren konnte er nicht entdecken, ohne jedoch die Möglichkeit der Existenz einer solchen zu bestreiten. Da dieser Verlauf der drei Röhren für die Auffassung derselben als nervöse Gebilde nicht günstig ist, während die physikalische Beschaffenheit mehr dafür spricht, will er LEYDIG zwar nicht mit Bestimmtheit widersprechen, hält die Natur derselben aber ganz mit Recht für fraglich. Bemerkenswerth ist noch, dass CLAPARÈDE die »Markscheide« nicht mit derjenigen echter Nervenfasern übereinzustimmen scheint, wegen der auf Querschnitten mitunter sichtbaren Schichtungsstreifen, die auf eine Mehrheit der Hüllen hinweisen. Er hält diese für durchwegs kernlos und schätzt ihre Zahl auf 12—15.

In neuerer Zeit hat namentlich VIGNAL die Neuralkanäle des Regenwurms behandelt. Sie beginnen nach ihm wie nach CLAPARÈDE im Unterschlundganglion, sind Anfangs dünn, nehmen während ihres Verlaufes schnell und bedeutend an Durchmesser zu und verschwinden in den letzten Ganglien, »sans qu'il soit possible d'établir avec précision dans lesquelles«. Die Endigung geschieht »par une pointe fine«. Die mit Osmiumsäure sich dunkel färbende Hülle besteht nach ihm aus einer »matière grasse«, welche jedoch vom Myelin der Nerven der Wirbelthiere verschieden ist. Der Inhalt ist eine homogene Masse. Bei Durchmusterung einer großen Anzahl von Querschnitten sah er hin und wieder

»un fin tube, venant des colonnes (d. h. die beiden Hauptnervenstränge) déboucher dans l'un ou dans l'autre tube géant (Neuralkanal)«. In Bezug auf ihre Funktion spricht er nur die Ansicht aus, dass sie wohl dazu dienen möchten, die Solidarität der verschiedenen Theile und namentlich der beiden Hälften des Bauchstranges zu sichern, um so mehr, als er die von CLARKE u. A. angeführten Faserbrücken verwirft.

Alle diese Autoren stimmen darin überein, dass sie die fraglichen Gebilde mit größerer oder geringerer Bestimmtheit für riesige Nervenfasern halten. Dem gegenüber wurde in neuester Zeit die Ansicht aufgestellt, dass es sich hier vielleicht um ein Organ handle, welches dem Centralnervensystem als feste Stütze dienend mit der Chorda dorsalis (man denke sich das Thier auf die Dorsalseite gelegt) zum mindesten als Analogon zu vergleichen wäre. Hierin thut sich besonders VEJDOVSKÝ hervor, auf den ich noch einmal zu sprechen komme.

Andererseits waren zwei Forscher bemüht, die nervöse Natur der Neuralkanäle durch den Nachweis eines Zusammenhanges mit Ganglienzellen zu erhärten, womit die ganze Angelegenheit in ein wesentlich neues Stadium getreten ist.

SPENGL war der Erste, welcher bei einer Anzahl von Polychaeten fand, dass die Neuralkanäle die mit besonderen Scheiden versehenen Fortsätze ventral liegender, kolossaler Ganglienzellen seien. Im Einzelnen verweise ich auf SPENGL's »Oligognathus Bonelliae«. Oligochaeten (*Lumbricus*) untersuchte er mit negativem Erfolge.

Der zweite Forscher, der die Neuralkanäle einiger Polychaeten in organischer Verbindung mit »kolossalen« Ganglienzellen sah, ist RÖHDE; und zwar ist nach ihm jeder Neuralkanal der Fortsatz je einer, bald vorn, bald hinten, bald in dem mittleren Theile des Bauchstranges gelegenen Ganglienzelle von außergewöhnlicher Größe und bei den einzelnen Arten konstanter Lage. Ihre Fortsätze haben im Anfange durchaus noch nicht den bedeutenden Durchmesser und das sonstige Aussehen der Neuralkanäle, sondern gewinnen beides erst in ihrem Verlaufe, und zwar dadurch, dass die bindegewebige Scheide, welche Anfangs dem Zellfortsatz unmittelbar anlag, sich später abhebt und erweitert, um zwischen sich und dem Achsencylinder einen flüssigkeitserfüllten Hohlraum frei zu lassen. In diesem verläuft also der Achsencylinder gleichsam flottirend, unter manchen Lageveränderungen. Sein Querschnitt ist zackig und giebt zahlreiche feine Fasern nach der Peripherie zu ab, welche die peripheren Bahnen darstellen. Wie wir sehen werden, verhält sich die Sache wenigstens bei *Lumbricus* anders, während ich die von RÖHDE ausgesprochene Vermuthung, die betreffenden Ganglienzellen

würden sich beim Regenwurm voraussichtlich nicht vorn, wo man sie wahrscheinlich bisher vornehmlich gesucht hat und zwar vergebens, sondern vielmehr hinten befinden, wenigstens zum Theil bestätigen kann.

Auf der anderen Seite hält aber der schon erwähnte VEJDOVSKÝ in seiner großen Arbeit: »System und Morphologie der Oligochaeten« an der chordaartigen Natur der Oligochaeten-Neuralkanäle fest: die SPENGEI'schen Angaben bezweifelt er durchaus; die erwähnte Schrift ROHDE's ist erst später erschienen. Interessant in hohem Grade war mir aber die Angabe VEJDOVSKÝ's, dass die Ausbildung des Hautmuskelschlauches mit derjenigen der Neuralkanäle in umgekehrter Korrelation steht: Je stärker diese, um so schwächer jene und umgekehrt (bei verschiedenen Arten). Ich komme darauf unten zurück.

In neuester Zeit endlich tritt LEYDIG wiederum für die nervöse Natur ein; eben so NANSEN, beide aber aus anderen Gründen, ohne einen Zusammenhang mit Ganglienzellen nachzuweisen, welch letzterer allein geeignet ist, die Streitfrage endgültig zu entscheiden. In Bezug auf NANSEN ist noch zu erwähnen, dass er eine Zusammensetzung der Neuralkanäle aus Primitivröhren erblickt. Er erklärt aber selbst deren Beobachtung für äußerst schwierig. Die Hüllen der Kanäle hält dieser Forscher für bindegewebiger Natur. Endlich muss ich hier noch der großen Monographie der Capitelliden EISEN's Erwähnung thun, welche ich erst erhielt, nachdem vorliegende Arbeit im Ganzen abgeschlossen war.

Zu meinen eigenen Untersuchungen übergehend, will ich besonders hervorheben, dass gerade hier die verschiedenen Reagentien ganz erstaunlich verschiedene Bilder geben und dass daher bei Anwendung nur einer der gebräuchlichen Härtungsflüssigkeiten Täuschungen durch Kunstprodukte in dieser oder jener Hinsicht fast unvermeidlich erscheinen. Im Übrigen setze ich zunächst einen beliebigen Theil des Organs voraus, jedoch mit Ausschluss des vorderen und hinteren Endes. Zunächst betrachten wir

die Hüllen der Neuralkanäle.

Bei Anwendung der von VIGNAL empfohlenen Methode einer 24stündigen Einlegung in 4%ige Osmiumsäure erhält man folgende Bilder. Die Hülle der Neuralkanäle stellt sich als ein nach innen und nach außen, einerseits von den Inhaltsgebilden, andererseits vom dorsalen Bindegewebsstrang scharf abhebender, dunkelbraun (oder bei nachträglicher Einwirkung von Holzessig tiefblauschwarz) gefärbter, ziemlich breiter Ring dar, an welchem in der Regel nichts Weiteres zu erkennen ist (Fig. 2a).

Nur hier und da, namentlich im Unterschlundganglion, erblickt man die schon früher beschriebenen Schichtungen (Fig. 9). Da nun gerade fettartige Substanzen sich mit Osmiumsäure schwarz färben, so lag allerdings die Vermuthung nahe, dass man es hier mit einer »matière grasse« zu thun habe, um so mehr, als hierdurch eine Ähnlichkeit mit den markhaltigen Fasern der Wirbelthiere sich ergeben würde. Ganz anders stellt sich die Sache aber an Alkohol- und an Sublimatpräparaten dar. Wie ich glaube durch die eintretende Schrumpfung des Inhalts findet nämlich ein Auseinanderblättern der Hüllen statt. Man erkennt ein maschiges Gefüge feiner Fasern in mehr oder weniger ausgesprochener konzentrischer Anordnung (Fig. 4—5 außer 2a). Diese sitzen hier und da an dem geschrumpften Inhaltsgebilde an, nach außen aber gehen sie in das Gewebe des dorsalen Bindegewebsstranges ohne scharfe Grenze über. Kerne sind zwar selten, bei Durchmusterung einer größeren Anzahl von Schnitten, namentlich gut gefärbter, gelingt es jedoch unschwer, selbst in unmittelbarer Nähe des Inhalts Kerne aufzufinden, die sich in nichts von den gewöhnlichen Bindegewebskernen unterscheiden. Sublimatpräparate unterscheiden sich nur dadurch von Alkohol-gehärteten Stücken, dass bei jenen wegen der geringeren und gleichmäßigeren Schrumpfung die Abblätterung der Hüllen nicht selten ein sehr zierliches Bild entstehen lässt, indem sich in ziemlich gleichen Abständen regelmäßige Faserbogen an den geschrumpften Inhalt ansetzen (Fig. 4). Nach alledem bin ich überzeugt, dass hier von einer fettartigen Substanz, welche mit dem Myelin auch nur die entfernteste Ähnlichkeit besäße, gar keine Rede sein kann. Die allerdings sehr in die Augen fallende Schwarzfärbung mit OsO_4 , welche man gegen meine Ansicht — die auch NANSSEN zu theilen scheint — ins Feld führen könnte, erkläre ich mir in folgender Weise. Es ist schon öfter erwähnt worden, dass die Bindegewebsfasern im Bauchmark sich durch OsO_4 sehr dunkel färben. Denkt man sich nun eine große Anzahl der sonst mehr einzeln vorkommenden Fasern dicht an einander gerückt, so ist es ganz gut verständlich, dass dadurch ein kompakter, schwarzer Ring vorgetäuscht werden kann, besonders da die Osmiumsäure keine Schrumpfung des Inhalts hervorruft, wie Alkohol und auch Sublimatalkohol es thun. Für meine Ansicht, dass die Scheiden der Neuralkanäle keine fettartige Masse, sondern Bindegewebe sind, spricht auch der Umstand, dass z. B. die Bindegewebslamellen, welche namentlich an den Kommissuren den medianen Nerven abgrenzen, und welche sich gleichfalls durch ihren Reichthum an Fasern auszeichnen, oft kaum minder durch Osmiumsäure geschwärzt werden, als die Hüllen der Neuralkanäle. VIGNAL führt nun noch als einen Beweis für die »matière grasse« die Beobachtung an, dass nach vorhergehender

Behandlung mit Alkohol und Äther die Schwärzung nicht so intensiv ausfalle, wie bei unmittelbarer Einwirkung auf die frischen Gewebe. Ich halte diesen Beweis für nicht stichhaltig, da es einem Jeden, der mit Osmiumsäure gearbeitet hat, bekannt sein dürfte, dass die Dunkelfärbung durch dieses Reagens an Alkoholpräparaten überhaupt lange nicht so schnell und so stark auftritt, wie bei Einwirkung auf die frischen Gewebe, auch da, wo gar kein Fett oder dgl. vorhanden ist — aus welchem Grunde, vermag ich allerdings nicht anzugeben. — Ich komme somit zu dem Resultate, dass die Hüllen der Neuralkanäle nichts Anderes sind, als ein sehr faserreiches und kernarmes, in ganz dicht um einander liegenden, concentrischen Lagen geschichtetes Bindegewebe.

Inhalt der Neuralkanäle.

Größeren Täuschungen womöglich noch als bei Beurtheilung der Natur der Scheiden ist man bei Untersuchung des Inhalts dieser bindegewebigen Röhren ausgesetzt. Wenn man ein abgetrenntes Stückchen des Bauchmarkes in Wasser untersucht, so gelingt es leicht durch vorsichtigen Druck auf das Deckglas, einen Theil des Inhalts, namentlich der medianen, dickeren Röhre in Form einer cylindrischen Masse herauszupressen. Es ist dies eine scheinbar wenigstens ganz homogene, namentlich keine Strichelung zeigende Masse. Nach nicht langer Zeit zerfällt sie unter dem Einflusse des Wassers in große, äußerst zähflüssige Tropfen, welche bei ihrer Bewegung durch Drücken auf das Deckglas oft einen langen Schweif nach sich ziehen. Aus den dünneren, lateralen Röhren presst man oft gleich Anfangs lediglich solche zähflüssige Tropfen hervor.

Verdünnte Essigsäure scheint Anfangs eine Art Gerinnung zu bewirken, bei Anwendung stärkerer Säure wird die Masse ganz durchsichtig und löst sich auf, was Kalilauge gleich Anfangs hervorruft. Alles spricht für die plasmatische Natur der Masse. — Osmiumsäurepräparate zeichnen sich dadurch aus, dass von dem ganzen Inhalt überhaupt sehr wenig, oft gar nichts übrig geblieben ist. Bei Anwendung der VIGNAL'schen Methode sieht man höchstens nur hier und da verschieden geformte Gerinnsel, die man alsbald als Kunstprodukte erkennt, wenn man das höchst verschiedenartige Aussehen derselben auf selbst ganz nahe bei einander liegenden Schnitten beobachtet. Osmiumsäure konservirt eben diese Substanz nicht, deren geringe Resistenz gegen Wasser ich schon angeführt habe. Die nachfolgende Behandlung mit Alkohol etc. bringt nun noch die Überbleibsel zur Schrumpfung. Bemerkenswerth ist, dass an den hinteren und vorderen verjüngten Enden der Kanäle

der Inhalt sich besser erhält; mitunter sieht man hier eine homogene, ungefärbte Masse, die das ganze Lumen ausfüllt.

Schwieriger als solche zu entlarven sind die Kunstprodukte, welche sich nach kurzer Einwirkung der Osmiumsäure mit nachfolgender Reduktion durch Holzessig einzustellen pflegen. Einerseits ist die Zerstörung nämlich dann noch nicht so weit gegangen, und andererseits sind die reichlicheren Reste in Folge der stärkeren Reduktion durch den Holzessig etwas geschwärzt und dann durch die Alkoholeinwirkung zu einer ziemlich kompakten, auf dem Querschnitt zackigen Figur zusammengeschrumpft, welche bald mehr den Rändern, bald mehr dem Centrum genähert, bald von einem undeutlichen Gerinnsel umgeben ist, bald frei in dem Lumen der Röhre liegt. Man könnte durch diese Bilder sehr leicht zu der Annahme verführt werden, dass ein Achsencylinder von viel geringerem Durchmesser als der der umgebenden Röhre in dieser von einer Flüssigkeit umspült flottirte und hier und da feine Fasern nach der Peripherie abgäbe. Ich führe dies desswegen so umständlich an, weil ROHDE (der freilich mit anderen Reagentien gearbeitet hat) ganz ähnliche Figuren abbildet und zu der erwähnten Ansicht thatsächlich gelangt ist. Natürlich kann ich, da ich Polychaeten auf diesen Punkt hin nicht untersucht habe, und daher nicht weiß, ob sich die Sache bei den von ROHDE untersuchten Arten nicht vielleicht wirklich so verhält, nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass auch die RONDE'schen Bilder Kunstprodukte seien.

Betrachtet man nämlich Alkohol- oder noch besser Sublimatpräparate, so sieht man in den drei Röhren eine scheinbar homogene, mit den gewöhnlichen Farbstoffen (Karmin, Hämatoxylin) sich kaum färbende Masse, welche das Lumen ziemlich vollständig ausfüllt und zwar bei Sublimatpräparaten vollständiger als bei Alkoholpräparaten. Die Auseinanderblätterung der bindegewebigen Scheide, die bei OsO_4 -Behandlung, wie angeführt, in der Regel nicht eintritt, macht es mir jedoch wahrscheinlich, dass auch an den Sublimatpräparaten noch eine geringe Schrumpfung stattgefunden hat, und dass ursprünglich die ganze Röhre von dem homogenen Inhalt erfüllt war. Karmin und Hämatoxylin färben sie, wie schön angeführt und wie auch VIGNAL es richtig angiebt, nicht oder kaum; Pikrinsäure gelblich, Eosin roth. Ich will nicht verschweigen, dass ich nun allerdings, wenn auch sehr undeutlich, namentlich an Alkohol-Karminpräparaten, noch weniger auffallend an Sublimat-Hämatoxylinpräparaten ein dunkleres Centrum erkannte; aber immer nur stellenweise. Desswegen neige ich auch zu der Ansicht, dass auch hier Kunstprodukte vorliegen. Endlich muss ich noch einiger vereinzelter Vorkommnisse Erwähnung thun. Hier

und da sieht man nämlich auf einzelnen Schnitten einer Serie, während die Mehrzahl das beschriebene, gewöhnliche Ansehen bietet, in der Inhaltsmasse namentlich des medianen Kanals eigenthümliche, strahlige Figuren, die unter einander erhebliche Abweichungen zeigen. Ich kann mir diese aber sehr gut künstlich entstanden denken, wenn ich annehme, dass jene Zerstörung, welche wir der Einwirkung des Wassers folgen sahen, an den betreffenden Stellen schon begonnen hatte, ehe die erhärtenden Flüssigkeiten einwirken konnten; etwa während der Entfernung des Verdauungstractus. — Weniger leicht kann ich mich über eine andere Erscheinung fortsetzen, welche ich freilich nur einmal an einem Alkoholkarminpräparat beobachtet habe, die mir aber so merkwürdig vorkommt, dass ich eine besondere Abbildung davon gegeben habe (Fig. 40). Es war nämlich in dem homogenen Inhalt der medianen Röhre ganz deutlich ein Körper zu erkennen, der einer kleinen, tripolaren Ganglienzelle auffallend ähnlich sah, und auch einen deutlich roth (wenn auch nicht sehr intensiv) gefärbten Kern besaß. Da eine Andeutung derselben Gestalt auch auf dem folgenden Schnitt sich noch zeigte, war die Annahme ausgeschlossen, dass etwa durch die Mikrotomklinge eine Ganglienzelle in das Innere des Kanals gerathen sei. — Die von NANSEN beobachtete Beschaffenheit des Inhalts, der nach diesem aus Primitivröhren bestehen soll, konnte ich trotz aller angewandten Mühe niemals erkennen; Präparate, die irgend wie auf etwas Derartiges hinzuweisen schienen, musste ich regelmäßig aus anderen Gründen für Kunstprodukte halten. Auch muss ich gestehen, dass die Möglichkeit, den Inhalt als einheitliche Masse aus frischen Präparaten herauszudrücken, doch sehr gegen eine solche Zusammensetzung spricht. Freilich ist Alles dies nicht vollständig beweisend; und da NANSEN selbst seine Beobachtung als außerordentlich schwierig angiebt, so gebe ich gern die Möglichkeit zu, dass ich eben aus diesem Grunde nichts davon sehen konnte. —

Im Ganzen bin ich also zu der Ansicht gekommen, dass der Inhalt der drei Neuralkanäle eine homogene plasmatische Masse ist.

Verlauf der Neuralkanäle; Zusammenhang mit Ganglienzellen.

Ich komme nun zu den Beobachtungen, welche ich für die Natur der Neuralkanäle als entscheidend betrachte. Es handelt sich dabei um den Nachweis, dass jener Inhalt derselben, der bisher als plasmatische, homogene Masse figurirte, nichts ist, als die mit einander, wie es scheint, völlig verschmolzenen Ausläufer von Ganglienzellen eigener Art. Von den angewandten Untersuchungsmethoden ist die 24stündige Einlegung in 1%ige Osmiumsäure bei Weitem

die beste: die geschwärzten Scheiden und das helle Innere — sei es, wie gewöhnlich, ein mit wenigen Gerinnseln erfüllter Hohlraum, sei es, wie es an den verjüngten vorderen und hinteren Enden die Regel ist, eine völlig ungefärbte Substanz — erlauben die Neuralkanäle gerade an den am meisten in Betracht kommenden dünnen Enden mit weit größerer Deutlichkeit zu verfolgen, als die anderen Methoden. Ich beginne mit der Beschreibung des hinteren Endes, da ich hier die beweiskräftigsten Resultate erhielt, will aber zuvor eine ganz besondere kleine technische Schwierigkeit erwähnen, die vielleicht eine Hauptschuld daran trägt, dass man bisher die im Folgenden zu beschreibenden Thatsachen übersehen konnte. Wie gesagt, ist Osmiumsäure allem Anderen vorzuziehen. Dieses Reagens dringt aber bekanntlich wenig in die Tiefe — und dann treten leicht Macerationen ein, die Alles verderben. Eröffnet man dagegen, wie oben angegeben, den Wurm in der dorsalen Medianlinie und nimmt den Darm heraus, um der Osmiumsäure das Eindringen zu erleichtern, so hat dies am Hinterende viele Schwierigkeiten und es geht kaum ohne Verletzungen oder Verzerrungen ab, welche die Untersuchung, insbesondere die Anfertigung genauer lückenloser Querschnittserien sehr erschweren. Am meisten würde ich daher empfehlen, die letzten $\frac{3}{4}$ cm etwa nicht aufzuschneiden, das Übrige wie gewöhnlich zu präpariren, 4%ige Osmiumsäure auf das mit Nadeln befestigte Präparat bis zur genügenden Härtung einwirken zu lassen ($\frac{1}{2}$ —1 Stunde), dann das ganze Hinterende (etwa 2 cm) abzuschneiden, die Nadeln zu entfernen, und das Präparat 24 Stunden in einem Fläschchen mit 4%iger OsO_4 zu belassen; schließlich eine lückenlose Schnittserie von hinten anfangend (Paraffin) herzustellen, sodann auf die nunmehr zu bezeichnenden Punkte genau zu achten, wobei es unerlässlich ist, wenigstens auf dem Niveau der Wurzeln der Doppelnerven Schnitt für Schnitt durchzusehen.

Der mittlere Neuralkanal scheint sich hinten wirklich unmerklich zu verlieren; die beiden anderen aber erweisen sich als die Fortsätze eigenthümlicher Ganglienzellen, welche in geringer Entfernung vom hintersten Ende zu suchen sind, d. h. nach dem Abgange des letzten Seitennerven (Fig. 7)¹. Diese Ganglienzellen sind durchaus nicht »kolossal«, sondern stehen sogar wenigstens hinter den größeren, gewöhnlichen Zellen noch zurück (*gz*). Sie liegen, je eine ventral-lateral und fallen sofort sehr auffallend dadurch in die Augen, dass sie im Gegensatz zu den andern, tief gebräunten Zellen fast ganz ungefärbt geblieben sind. Der Kern hat eine zackige Gestalt oder nimmt diese wenigstens bei der angewandten Be-

¹ cf. Anm. auf p. 80.

handlung an. Er besitzt einen deutlichen Nucleolus und ist von einer Zone fein granulirten Zellplasmas umgeben. Diese Zellen sind unipolar, ihre breiten Fortsätze heben sich gleichfalls durch sehr helle Färbung deutlich ab; sie verlaufen unter einigen Schlängelungen dorsalwärts, um, an der gewöhnlichen Stelle der lateralen Neuralkanäle angelangt, rechtwinklig nach vorn umzubiegen, eine bindegewebige Hülle zu erhalten und fortan als »Neuralkanäle« zu imponiren. Zunächst sind sie aber noch dünn — woher, fragte ich mich also, kommt die außerordentliche Volumzunahme — da die Rohde'sche Erklärung für Lumbricus wenigstens nicht zutreffen kann. Der Dickenzuwachs hat vielmehr darin seinen Grund, dass die Kanäle in ihrem weiteren Verlaufe noch die Fortsätze anderer Ganglienzellen von wesentlich gleicher Beschaffenheit aufnehmen. An allen den Stellen der hinteren Bauchmarkspartie nämlich, wo der Doppelnerv entspringt, liegt auf jeder Seite je eine Ganglienzelle vom gleichen Typus, wie die soeben beschriebenen (Fig. 6). Diese sind aber oft wenigstens erheblich größer, ohne jedoch auf das Prädikat »kolossal« Anspruch erheben zu können (*gz*). Auch konnte ich wenigstens in einem Falle mit Sicherheit konstatiren, dass sie bipolar waren; leider war es mir jedoch unmöglich, den Verlauf des einen Fortsatzes — des inneren — zu beobachten¹. Die anderen Fortsätze der beiden Zellen begeben sich nun, gleichfalls unter Schlängelungen, in den lateralen Neuralkanal derselben Seite, gehen dabei aber vorher sehr komplicirte und äußerst merkwürdige Verhältnisse ein. Sie sind nämlich durch eine quere Anastomose mit einander verbunden. Außerdem geht von letzterer ein Ast in den medianen Kanal ab. Dieses Verhalten habe ich an mehreren Serien beobachtet und habe überall mit größerer oder geringerer Deutlichkeit dieselbe Anordnung vorgefunden. Weniger bestimmt, aber doch auch als wahrscheinlich muss ich eine Verbindung des Anastomosenskomplexes mit den Wurzeln des gerade dort abgehenden Doppelnerven hinstellen. Dass ich dies nicht so genau verfolgen konnte, hat darin seinen Grund, dass nicht Alles und gerade diese Verbindung durchaus nicht ganz auf demselben Niveau sich findet, so dass man gerade hier eine größere Anzahl von Schnitten kombiniren muss, wobei Irrthümer doch nicht ganz ausgeschlossen erscheinen. In einem Falle bog sogar der aus dem medianen Kanal ventralwärts austretende Ast rechtwinklig um, um eine Strecke weit (unglücklicherweise brach gerade da die Schnittserie ab) dem medianen Kanal parallel und etwas unterhalb desselben longitudinal zu verlaufen. Da er auch eine bindegewebige Scheide und

¹ In einem Falle sah ich eine Gabelung dieses Fortsatzes, ohne jedoch den weiteren Verlauf der Gabeläste feststellen zu können.

beträchtlichen Durchmesser besaß, hatte man hier also den ungewohnten Anblick von vier Neuralkanälen. Beiläufig erwähne ich, das Herr Dr. COLLIN, der gleichzeitig über *Criodrilus lacustris* arbeitete, die Freundlichkeit hatte, mir ein ganz ähnliches Präparat dieses nahe verwandten Wurmes vorzulegen, an dem gleichfalls und in gleicher Weise vier Neuralkanäle vorhanden waren. — Verlassen wir nun diese hinteren Segmente und wenden uns zu den mittleren Theilen. Da muss ich zunächst vor Allem hervorheben, dass ich dort nirgends einen Zusammenhang mit Ganglienzellen auffinden konnte. Auch wäre eine so auffallende Thatsache wohl auch früheren Beobachtern kaum entgangen. In welchem Ganglion nun aber der letzte Zusammenhang — von hinten nach vorn gezählt — mit Ganglienzellen stattfindet, habe ich bisher nicht konstatiert: um es zu erfahren, wird es nothwendig sein, da Längsschnitte aus gewissen Gründen weit weniger vortheilhaft sind, sich die Mühe nicht verdrießen zu lassen und eine sehr lange, lückenlose Querschnittsserie herzustellen.

In den von mir untersuchten mittleren Strecken fand ich häufig auf dem Niveau eines Nervenabganges Öffnungen der Neuralkanäle sowohl des medianen wie der lateralen. Einige Bilder deuteten wenigstens für den medianen Kanal darauf hin, dass ein Zusammenhang mit den dort befindlichen dorsalen Faserbrücken stattfindet. Da nun letztere wiederum mit den Seitennerven in Verbindung stehen, dürften wir hier vielleicht die peripheren Leitungsbahnen des merkwürdigen nervösen Organs vor uns haben.

Verfolgen wir nun endlich die Neuralkanäle bis in das Unterschlundganglion, so fällt außer der allmählichen, aber ziemlich schnell zunehmenden Verjüngung die Inkonstanz der Lage auf. Während sonst überall der mittlere Kanal genau median und die lateralen in durchaus symmetrischer Vertheilung liegen, hört dies hier auf: die Kanäle schlängeln sich, wenn auch nicht gerade sehr erheblich (Fig. 9, 44). Die beiden lateralen Kanäle geben recht zahlreiche, ventral ziehende Ästchen ab, deren Verlauf im Weiteren desswegen nahezu unbestimmbar ist, weil gerade dort sich massenhafte, genau eben so aussehende Ganglienzellfortsätze vorfinden, so dass Verwechslungen nicht zu verhüten wären. Zudem verlieren alle drei Kanäle ihre bindegewebige Scheide um so mehr, je weiter wir nach vorn vordringen; zuletzt fast vollständig. Die im Zusammenhang mit der Abgabe der erwähnten Ästchen auf ein Minimum zusammengeschmolzenen lateralen Kanäle verlieren sich endlich gänzlich. Anders verhält sich der mediane Kanal. Dieser giebt gleichfalls ventrale Seitenästchen ab, die sich in der Regel, vielleicht immer, alsbald gabelig theilen (Fig. 44). Ehe ich hier mit meiner Beschreibung fort-

fahre, will ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dass mir nunmehr der sonst schier unerklärliche Zwiespalt zwischen LEYDIG und seinen Nachfolgern — insbesondere CLAPAREDE verständlich geworden zu sein scheint. LEYDIG hatte vermuthlich eines jener ventralen Ästchen des medianen Kanals gefunden, dabei aber übersehen, dass der Hauptkanal noch über die Wurzel dieses Astes hinaus nach vorn zieht, und daher geglaubt, dieser selbst theile sich gablig. Spätere suchten diese vermeintliche Gabelung des medianen Kanals natürlich nun so, dass sie zunächst den mittleren Neuralkanal so weit wie möglich nach vorn verfolgten und fanden dann freilich nichts Derartiges.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zu einem der ventralen Ästchen mit seinen zwei gabligen Seitenzweigen zurück. Ihre Verfolgung ist sehr schwierig, aus denselben Gründen, wie oben für die Äste der lateralen Kanäle angegeben. In einem Falle gelang es mir trotzdem mit einiger Sicherheit zu beobachten, wie diese gabligen Äste sich zu je einer gewöhnlichen Nervenröhre begaben und mit dieser anastomosirten. Diese Nervenröhre konnte ich nun aber zu meinem Erstaunen sowohl nach vorn, wie nach hinten von der Vereinigungsstelle mit dem Neuralkanalaste eine Strecke weit verfolgen; leider, aber begreiflicherweise nur eine Strecke weit. — So wird nun der mediane Kanal in Folge der Abgabe von Seitenästen immer dünner und dünner, und ist zuletzt von einem gewöhnlichen Ganglienzellfortsatz nicht mehr zu unterscheiden. Zugleich giebt er sowohl seine mediane, wie seine dorsale Lage auf und biegt sich in die eine Hälfte der vorderen Partie des Unterschlundganglions. Zuletzt sah ich ihn eine Richtung auf eine Ganglienzellgruppe einschlagen, die an der Vereinigungsstelle der Schlundkommissuren zum Unterschlundganglion liegt. Unter diesen Ganglienzellen befinden sich auch einige, welche mit den erwähnten Centren der lateralen Kanäle im Hinterende in so fern Ähnlichkeit besitzen, als sie ziemlich auffallend hell aussehen. Einen Zusammenhang aber mit Sicherheit zu konstatiren, war ein Ding der Unmöglichkeit, weil hier wiederum sehr zahlreiche Ganglienzellfortsätze völlig gleichen Aussehens Verwechslungen fast unvermeidlich machen. Ich neige aber zu der Annahme, dass hier thatsächlich ein Zusammenhang besteht.

Muthmaßliche Funktion der Neuralkanäle.

Nach den soeben dargestellten Beobachtungen glaube ich, dass die alte Streitfrage über die Natur der Neuralkanäle des Regenwurms zu Gunsten LEYDIG's und seiner Anhänger entschieden ist. Besonders beweiskräftig dürfte dabei der Nachweis

des Zusammenhanges mit Ganglienzellen sein. Dazu kommt die Gleichheit des chemischen Verhaltens des Inhalts der Neuralkanäle und der gewöhnlichen Nervenröhren. Dieser Inhalt besteht, wie wir gesehen haben, aus Ganglienzellfortsätzen, welche nach meiner Ansicht zu einem homogenen Ganzen verschmolzen sind, für den Fall einer Bestätigung der NANSSEN'schen Ansicht jedoch vom Vorhandensein von Primitivröhren ein Bündel solcher darstellen würden. Die zugehörigen Ganglienzellen zeichnen sich zwar — im Gegensatz zu den Befunden SPENGLER's und RÖHDE's bei Polychaeten — nicht durch kolossale Größe aus, wohl aber durch andere, oben angeführte Charaktere. Letztere Thatsache, wie auch der so auffallende Verlauf und die übrigen Eigenthümlichkeiten dieser demnach mit Recht als »riesige Röhrenfasern« von LEYDIG bezeichneten Gebilde macht es sehr wahrscheinlich, dass sie auch eine ganz besondere Funktion haben. Welcher Art diese aber sein mag, darüber dürften wohl allein Versuche am lebenden Thier Aufschluss geben können, welche jedoch aus naheliegenden Gründen sehr schwierig sein möchten. Ohne solche Versuche Hypothesen darüber aufzustellen, erscheint als ein müßiges Beginnen. Jedenfalls sind aber die Neuralkanäle, um es noch einmal zu wiederholen, nervöse Gebilde. Dies schließt nun aber nicht im mindesten die Annahme aus, dass ihre starke, bindegewebige Scheide nebenbei auch zur Stützung des ganzen Bauchstranges dienen mag. Es ergibt sich nämlich erstens aus mathematisch-mechanischen Gründen, dass ein Cylinder, dessen periphere Wände aus resistentem Stoffe — hier also dicht geschichteten Bindegewebslamellen — bestehen, eine zum Verhältnis des Materialaufwandes sehr beträchtliche Biegefestigkeit besitzt. Zweitens aber wird meine Vermuthung, dass diese Eigenschaft der Neuralkanäle für das ganze Nervensystem erheblich ist, durch die Angabe VEJDOVSKÝ's gestützt, dass die Ausbildung des Hautmuskelschlauchs in umgekehrter Korrelation mit derjenigen der Neuralkanäle bei den verschiedenen Arten der Oligochaeten steht. Somit glaube ich also, dass die Neuralkanäle oder besser eigentlich ihre Hüllen in so fern eine Nebenfunktion ausüben, als sie ebenso wie die Längsmuskulatur Knickungen des Bauchstranges bei Kontraktionen des Wurmes zu verhindern geeignet sind.

Unterschlundganglion (Fig. 9 und 11).

Nachdem wir nun so das Bauchmark im Allgemeinen und die Neuralkanäle im Speciellen kennen gelernt haben, erübrigt noch eine Besprechung des Gehirns, der Schlundkommissuren mit dem sogenannten

Sympathicus¹, sowie des Unterschlundganglions. Ich beginne mit dem letzteren, da es sich eng an die übrigen Ganglien des Bauchmarks anschließt. An Schnittserien konnte ich nicht weniger als sieben Nervenwurzeln jederseits unterscheiden; die dritte und vierte sowie die sechste und siebente sind einander sehr genähert und erinnern durchaus an die beiden Wurzeln des Doppelnerven der gewöhnlichen Ganglien. Der dritte und sechste sind nämlich vorwiegend ventralen Ursprungs, der vierte und siebente hingegen dorsalen. Der zweite und der fünfte Nerv dagegen dürfte als homodynam dem einfachen Nerven des gewöhnlichen Ganglions aufzufassen sein; der erste Nerv, der zudem sehr schwach ist, wäre dann eine Bildung eigener Art und vielleicht genetisch den Schlundkommissuren beizuzählen. Nach dieser Auffassung wäre die Masse, die als langgestrecktes, ungegliedertes Unterschlundganglion sich darstellt, ein Verschmelzungsprodukt zweier Bauchmarksganglien. Verfolgen wir nun eine Querschnittserie durch das Unterschlundganglion (Osmiumsäurebehandlung am günstigsten). Unmittelbar an der Vereinigungsstelle der Schlundkommissuren fällt ein Haufen größerer Ganglienzellen auf, von denen ich bereits die Vermuthung ausgesprochen habe, dass sie vielleicht das Centrum des medianen Neuralkanals darstellen möchten. Besonders hervorheben will ich noch den Umstand, dass die LEYDIG'sche Punktsubstanz der vorderen Hälfte des Unterschlundganglions sehr merklich von derjenigen der hinteren Hälfte abweicht. Erstere besteht nämlich vorwiegend aus feinsten Fibrillen — wie die des Gehirns, letztere dagegen zeigt bereits dieselbe Struktur, wie die der gewöhnlichen Ganglien, d. h. besteht aus zahlreichen parallel laufenden Nervenröhren, während die fein fibrilläre Substanz auf einige Stellen der ventralen Partie beschränkt bleibt. Diese treten nach Osmiumsäurebehandlung durch ihre viel dunklere Farbe deutlich hervor. Aus ihr entspringt ein starker Ast des dritten und des sechsten Nerven (Fig. 9), die wie angegeben, eben so wie die ersten Wurzeln der gewöhnlichen Doppelnerven, vorwiegend ventralen Ursprungs sind. Er tritt als dunkler Streif, der sich in die Nervenwurzel fortsetzt, sehr deutlich hervor. Der Übergang der nervösen Centralsubstanz der vorderen Hälfte in die der hinteren findet so statt, dass die Anfangs spärlichen Nervenfasern immer zahlreicher werden, unter gleichzeitiger Einschränkung der fibrillären Substanz auf die ventralen Partien. Die Nervenfasern unterscheiden sich in nichts von den Ganglienzellfortsätzen und ich habe die Überzeugung gewonnen, dass sie sämtlich solche sind,

¹ Diesen habe ich bisher nicht näher untersucht.

oder auch theilweise — die dickeren namentlich — Verschmelzungsprodukte mehrerer.

Die Ganglienzellen sind so zahlreich und stehen an den ventralen und den lateralen Seiten so gedrängt (Fig. 11), dass eine Unterscheidung in Gruppen kaum thunlich ist. Nach dem Abgange des vierten Nerven findet eine sehr beträchtliche Abnahme der Zahl der Ganglienzellen statt, was gleichfalls für die Bedeutung dieser Stelle als ursprünglichen Connectivs zwischen zwei Ganglien spricht. Die bindegewebigen Septen, welche im übrigen Bauchmark die beiden Hauptfaserstränge unter sich und vom medianen Nerven trennen bis auf die angegebenen Stellen, sind im vorderen Theile des Unterschlundganglions nicht vorhanden oder unvollständig (Fig. 11). Eine deutliche Sonderung in drei Faserstränge tritt erst in dem auf das Unterschlundganglion folgenden Connectiv auf.

Die Schlundkommissuren entspringen an derselben Stelle des Gehirns, wie die beiden nach vorn gehenden starken Nerven. Außer fein fibrillärer Substanz enthalten sie bereits einige stärkere Nervenfasern, deren Ursprung theilweise jedenfalls im Gehirn zu suchen ist, wovon später. Sie enthalten nur stellenweise einige kleine Ganglienzellen und geben nach innen, nach dem Schlunde zu, mehrere Nervenästchen ab, welche dort in das von kleinen, schwer zu konservirenden Ganglienzellen reiche Centrum des sogenannten Sympathicus eintreten.

Gehirn (Fig. 8 und 12).

Der Bau des Oberschlundganglions oder Gehirns weicht in so vielen Punkten von demjenigen der Bauchmarksganglien ab, dass ich die Beschreibung desselben zum Schlusse aufgespart habe. — Bekannt ist bereits, dass die Ganglienzellen vornehmlich sich in einer dorsalen Rindenschicht vorfinden; ferner, dass die Schlundkommissuren im Gehirn sich als deutlich erkennbare Faserstränge fortsetzen, so dass dieses eine Art von Querkommissur besitzt (VIGNAL u. A.). WALTER spricht ferner von kleinen und großen Ganglienzellen. — Ich beginne wieder mit der Beschreibung einer Querschnittserie mit der Vorbemerkung, dass Osmiumsäurepräparate möglichst großer Thiere hier bei Weitem die besten Bilder liefern; ferner, dass es darauf ankommt, möglichst genau quer zu schneiden, da an schief geführten Schnitten die Übersichtlichkeit der Verhältnisse wesentlich leidet. — Zunächst erhält man die Querschnitte der beiden nach vorn abgehenden Nerven, deren proximale Enden durch Einlagerung zahlreicher kleiner Ganglienzellen sich als Lobi des Gehirns darstellen. Auf den späteren Querschnitten lassen sich auch im Allgemeinen zwei verschiedene Elemente unterscheiden: eine fein fibrilläre

central und ventral gelegene »Punktsubstanz«; zweitens Ganglienzellen. An gefärbten Präparaten (Karmin) erkennt man außerdem allenthalben eingestreute Bindegewebskerne, welche auf das Vorhandensein einer neurogliaartigen Gerüstsubstanz auch im Gehirn deuten. Besonders zahlreich sind sie zwischen den Ganglienzellen und auf der ventralen Seite, welche sogar vorwiegend aus bindegewebsartigen Elementen zusammengesetzt erscheint (Fig. 12 *bi*). Was nun zunächst die Ganglienzellen betrifft, so lassen sich mit größter Deutlichkeit verschiedene Arten und verschiedene Gruppen unterscheiden. Die ganze dorsale Partie des Gehirns stellt eine hauptsächlich aus Ganglienzellen bestehende Rindenschicht dar. Diese Ganglienzellen zeichnen sich namentlich durch die Schwierigkeit aus, sie zu konserviren. Schon die Grenzen der einzelnen Zellen sind schwer zu erkennen; die Zahl ihrer Fortsätze zu bestimmen oder auch letztere nur deutlich zu sehen, war mir unmöglich. Aus der Zahl dieser im Ganzen sehr kleinen Zellen (*Rz*) heben sich einzelne größere ab, die von birnförmiger Gestalt und unipolar sind (*Rz*₁). Sie senden deutlich wahrnehmbare Fortsätze in die centrale Substanz. Außer diesen »Ganglienzellen der dorsalen Rindenschicht«, wie man sie bezeichnend nennen könnte, finden sich nun aber im Gehirn Gruppen von großen, birnförmigen, unipolaren und im Gegensatz zu den anderen, äußerst scharf kontourirten Ganglienzellen mit sehr breiten Fortsätzen, welch' letztere einen dorsalen und einen ventralen Faserstrang zusammensetzen, die erst kurz vor ihrem Eintritte in die Schlundkommissuren zu je einem einheitlichen Strange sich vereinigen. Beiderseits unterscheidet man eine dorsale und eine ventrale Gruppe. Nach Allem, was ich beobachtet habe, muss ich annehmen, dass hier eine vollständige Faserkreuzung stattfindet; alle Zellen der rechten Seite senden ihre Fortsätze in die linke Schlundkommissur und umgekehrt, vielleicht mit Ausnahme der gleich zu erwähnenden, äußeren ventralen Gruppe, bei der mir die Sache zweifelhaft erscheint. Es finden sich auch Fasern, die schräg von der einen Kommissur zur anderen ziehen (Fig. 8 *K*), so dass ein ziemlich verwickeltes Bild entsteht, wenn es glückt (was bei mir einmal der Fall war), der Hauptsache nach Alles auf einem einzigen Schnitt zu überblicken. Sowohl die dorsale, wie die ventrale Gruppe der »großen Ganglienzellen des Gehirns«, wie ich diese kurz nennen will, theilt sich in je zwei Unterabtheilungen, welche nicht nur durch das Verhalten ihrer Fortsätze sich unterscheiden, sondern auch oft räumlich etwas getrennt sind. Ich bezeichne

die innere ventrale Gruppe als *Gr* 1

die äußere » » » *Gr* 2

die äußere dorsale Gruppe als *Gr 3*

die innere » » » *Gr 4*

Ihre Fortsätze verhalten sich nun folgendermaßen (Fig. 8):

Gr 4 sendet ihre Fortsätze in den ventralen Faserstrang, den man auch als ventrale Wurzel der Schlundkommissuren bezeichnen könnte; wahrscheinlich rühren auch einige der vom ventralen Faserstrang zum dorsalen schief aufwärts ziehenden Fasern von *Gr 4* her.

Gr 2 sendet ihre Fortsätze der Hauptsache nach in die große Querkommissur nach Vereinigung des dorsalen Faserstranges mit dem ventralen.

Gr 3 sendet die Fortsätze in den ventralen Strang.

Gr 4 endlich liefert Fasern sowohl für den dorsalen, als auch für den ventralen Strang. Wahrscheinlich rührt auch ein Theil der schiefen Fasern von *Gr 4* her. —

Die nervöse Centralsubstanz oder LEYDIG'sche Punktsubstanz des Gehirns besteht aus wirr durch einander geschlungenen Fäserchen, deren Ursprung ich in den kleinen Ganglienzellen der Gehirnrinde vermute. Sie bilden in ihrer Gesamtheit eine zusammenhängende Masse, an der jedoch zwei differente Partien zu unterscheiden sind (Fig. 8 und 12 *P* und *P*₁). Der Unterschied beider beruht vor Allem auf einem verschiedenen, chemischen Verhalten, welches nach Osmiumsäurebehandlung sehr frappant zu Tage tritt. Von der heller braun gefärbten Hauptmasse (*P*) hebt sich nämlich eine weit dunkler gefärbte Partie ab (*P*₁), welche, umgekehrt wie die Faserstränge, einen nach hinten konvexen Bogen beschreibt, dessen Höhenlage dem Zwischenraum zwischen dem dorsalen und dem ventralen Faserstrange entspricht. Die Abgrenzung gegen die Hauptmasse ist oft recht scharf; ab und zu erblickt man einzelne, von der dunklen Masse sich abzweigende Bälkchen. Auch mit Karmin färbt sich diese bogenförmige Partie dunkler als das Übrige, wenn auch nicht so beträchtlich, wie mit Osmiumsäure. Dabei konnte ich auch sehen, dass die Fibrillen der dunkleren Substanz zu Zügen, welche dem Verlaufe des ganzen Bogens gleichgerichtet sind, einigermaßen geordnet erscheinen, während diejenigen der helleren Partie anscheinend ganz wirr durch einander geknäuelte sind. Es ist wunderbar, dass VIGNAL diesen Unterschied der Färbbarkeit durch Osmiumsäure, mit der er gleichfalls viel gearbeitet hat, ganz übersehen zu haben scheint. Er erwähnt ihn nirgends.

Zum Schluss gebe ich eine Übersicht der gewonnenen

Resultate.

1) Die kurzen Connective zwischen den dicht an einander liegenden Ganglien des Bauchstranges von *Lumbricus* liegen vor den Ab-

gangsstellen der einfachen Nerven (entgegen der Reihenfolge VIGNAL's. Schon FAIVRE gab dieselbe richtig an).

2) In jedem Ganglion liegt eine beschränkte Anzahl von großen, multipolaren Ganglienzellen von konstanter Lage und eigenthümlicher chemischer Beschaffenheit, wahrscheinlich vergleichbar den medianen Zellen von *Hirudo* (HERMANN) und von *Travisia* (KÜKENTHAL).

3) In jedem Ganglion finden auf dem Niveau der Nervenabgänge Faserkreuzungen statt (»Nervenquerbrücken«).

4) Die Seitennerven beziehen mit Ausnahme der ersten Wurzel des Doppelnerven ihre Fasern zum Theil aus den eben erwähnten Querbrücken. Die erste Wurzel des Doppelnerven ist vorwiegend ventralen Ursprungs, die zweite vorwiegend dorsal.

5) Im Bauchmark von *Lumbricus* verläuft zwischen beiden Hauptfasersträngen ein dritter, schwächerer, unpaarer, der namentlich auf Querschnitten der Connective als »medianer Nerv« deutlich abgegrenzt ist.

6) In den beiden lateralen Hauptfasersträngen des Bauchmarks treten je drei Gruppen eng an einander liegender, stärkerer Nervenfasern hervor; in der ventralen Gruppe liegt eine besonders dicke Nervenröhre. In der Nähe der letzteren befindet sich eine differente Gewebspartie, ähnlich den Fibrillen des Gehirns.

7) Das Unterschlundganglion ist wahrscheinlich ein Verschmelzungsprodukt zweier Bauchmarksganglien.

8) Die Hüllen der Neuralkanäle sind rein bindegewebiger Natur und mit dem Myelin der Wirbelthiernerven nicht zu vergleichen. Sie tragen — als Nebenfunktion — vermuthlich dazu bei, Knickungen des Bauchstranges bei Kontraktionen des Wurmes zu verhüten.

9) Der Inhalt der Neuralkanäle besteht aus Ganglienzellfortsätzen, welche wahrscheinlich zu einer homogenen Masse mit einander verschmolzen sind.

Die beiden lateralen Neuralkanäle beginnen im hinteren Ende des Bauchmarks als Fortsätze zweier ventral gelegener Ganglienzellen von besonderer Beschaffenheit, aber nicht ungewöhnlicher Größe¹. In ihrem weiteren Verlaufe

¹ Neuerdings von mir angefertigte Schnittserien haben mich zu der Überzeugung gebracht, dass dieses Verhalten nicht in allen Fällen genau zutrifft. Die Neuralkanäle erstrecken sich mitunter noch über diesen am weitesten nach hinten gelegenen Zusammenhang mit Ganglienzellen hinaus ein wenig fort, um blind zu enden. Diese Verschiedenheiten erklären sich vermuthlich durch verschiedene Wachstumsstadien. Für die ganze Auffassung der Neuralkanäle scheinen sie mir

nehmen sie noch die Fortsätze anderer Ganglienzellen gleicher Beschaffenheit auf, welche auf dem Niveau der Wurzeln der Doppelnerven in den hinteren Ganglien auf der Ventralseite in symmetrischer Vertheilung liegen. Vor dem Eintritt in die Neuralkanäle gehen die Fortsätze derselben complicirte Anastomosen sowohl mit einander, als auch mit dem medianen Kanal ein.

40) Die nervöse Centralsubstanz des Gehirns weicht wesentlich von der des Bauchmarks ab. Das Gehirn besitzt einen weit complicirteren Bau, als bisher angenommen wurde.

Zum Schlusse spreche ich auch an dieser Stelle den Herren, welche durch Mittheilung von Methoden, Überlassung von Litteratur etc. meine Arbeit gefördert haben, insbesondere meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. FR. E. SCHULZE, für die warme Theilnahme, die er meinen Untersuchungen entgegenbrachte, meinen verbindlichsten Dank aus.

Berlin, im Februar 1888.

Litteraturverzeichnis¹.

- E. CLAPARÈDE, Histologische Untersuchungen über den Regenwurm. in: Diese Zeitschrift. Bd. XIX. p. 563. 1868.
- J. LOCKHARD CLARKE, On the Nervous system of Lumbricus terrestris. in: Proc. of the Royal Society of London. Vol. VIII. p. 343. London 1857.
- ERNEST FAIVRE, Études sur l'histologie comparée de quelques animaux inférieurs. Paris 1857. Baillière et fils.
- HERMANN, Centralnervensystem von Hirudo medicinalis. Gekrönte Preisschrift. München, E. Stahl, 1875.
- W. KÜKENTHAL, Über das Nervensystem der Opheliaceen. Habilitationsschrift etc. Jena, Gustav Fischer, 1887.
- LEYDIG, Vom Bau des thierischen Körpers. Tübingen 1864.
- FR. NANSEN, The structure and combination of the Histological Elements of the Central Nervous System. 1887.
- E. ROHDE, Histolog. Untersuchungen über das Nervensystem der Polychaeten. Zool. Beiträge. Breslau 1887.
- J. RORIE, On the anatomy of the Nervous System in the Lumbricus terrestris. in: Quarterly Journal of Microscop. Science. Edited by LANCASTER and BUSK. Vol. III. London 1863.

ziemlich belanglos zu sein, da die weiter nach vorn hin folgenden Zusammenhänge mit Ganglienzellen niemals zu fehlen scheinen.

¹ Eine ausführliche Zusammenstellung der einschlägigen Litteratur findet man u. a. in der angeführten Schrift NANSEN's: »The structure and combination etc.«, chronologisch geordnet.

- SPENGEL, Oligognathus Bonelliae. in: Mittheil. d. Zool. Station zu Neapel. Bd. III.
 VEJDovsky, System und Morphologie der Oligochaeten.
 VIGNAL, Recherches histologiques sur les centres nerveux de quelques invertébrés.
 in: Archive d. zool. expér. (LACAZE DUTHIERS). Série 2. 1883.
 G. WALTER, Mikroskop. Studien über das Centralnervensystem wirbelloser Thiere.
 Bonn 1863.

Erklärung der Abbildungen.

In allen Zeichnungen bedeutet:

<i>mz</i> , mediane Ganglienzelle;	<i>vbr</i> , ventrale	} Nervenquerbrücke;
<i>ml</i> , mediane (Bindegewebs-) Lamellen;	<i>dbr</i> , dorsale	
<i>mn</i> , medianer Nerv;	<i>h₁</i> , äußere epitheliale	} gemeinsame Scheide;
<i>mc</i> , medianer Neuralkanal;	<i>h₂</i> , mittlere muskulöse	
<i>lc</i> , lateraler Neuralkanal;	<i>h₃</i> , innere cuticulare	
<i>gr 1</i> , innere } ventrale Ganglienzellgruppe	<i>bh</i> , innerste, bindegewebige Separathülle	} der zwei, bezw. drei Hauptfaserstränge;
<i>gr 2</i> , äußere } <i>gr I</i> ;		
<i>gr 3</i> , untere } laterale Ganglienzellgruppe	<i>Rz</i> , kleine Ganglienzellen der Gehirn-	} rinde;
<i>gr 4</i> , obere } <i>gr II</i> ;		
<i>db</i> , dorsales } Nervenröhrenbündel;	<i>Gr 1</i> , innere	} ventrale Gruppe großer uni-
<i>lb</i> , laterales }	<i>Gr 2</i> , äußere	
<i>vb</i> , ventrales }		} dorsale Gruppe großer uni-
<i>vc</i> , große, ventrale Nervenröhre;	<i>Gr 3</i> , äußere	
<i>p</i> , Punktsubstanz;	<i>Gr 4</i> , innere	} polarer Ganglienzellen im Gehirn;
<i>lg</i> , laterales Gefäß;		
<i>vg</i> , ventrales Gefäß;	<i>P</i> und <i>P₁</i> , zwei Modifikationen der LEY-	} dig'schen Punktsubstanz im Gehirn;
<i>gs</i> , Gefäßschlingen;	<i>Ve</i> , ventrale	
<i>bk</i> , Bindegewebskern;	<i>Dc</i> , dorsale	} Kommissur im Gehirn;
<i>gz</i> , Ganglienzellen, deren Fortsätze in die		
Neuralkanäle treten;	<i>K</i> , schief verlaufende Fasern derselben.	

Tafel IX und X.

Fig. 1. Querschnitt durch ein Connectiv. Ganglienzellen fehlen. Kombinationsbild.

Fig. 2. Querschnitt durch ein Ganglion auf dem Niveau der Wurzel des einfachen Nerven. Kombinationsbild.

Fig. 2a. Dasselbe, nach einem Osmiumsäure-Holzessigpräparat (ein Schnitt).

Fig. 3. Querschnitt durch ein Ganglion auf dem Niveau der ersten Wurzel des Doppelnerven. Kombinationsbild. *mp*, kleinere multipolare Ganglienzellen vom Charakter der medianen Zellen.

Fig. 4. Querschnitt zwischen beiden Wurzeln des Doppelnerven geführt. Kombinationsbild. Beide Faserquerbrücken (*dbr* und *vbr*) entwickelt. Medianer Nerv in drei Bündel (*mn₁*, *mn₂*, *mn₃*) gespalten.

Fig. 5. Querschnitt, der die zweite Wurzel des Doppelnerven trifft. Kombinationsbild.

Fig. 6. Querschnitt durch eines der letzten Ganglien auf dem Niveau des Abganges des Doppelnerven. Zwei eigenartige, hell aussehende Ganglienzellen (*gz*) senden ihre Fortsätze in die Neuralkanäle. Nach einigen auf einander folgenden Schnitten kombinirt. Osmiumsäurepräparat.

Fig. 7. Ursprung der beiden lateralen Neuralkanäle aus zwei Ganglienzellen (*gz*) im Hinterende des Bauchstranges. Nach zwei auf einander folgenden Schnitten kombinirt. Osmiumsäurepräparat (Schnitt nach dem Abgange des letzten Seitenerven). In Fig. 6 und 7 sind die Fortsätze der Ganglienzellen, so weit sie auf den einzelnen Schnitten in continuo sichtbar sind, violett umrandet.

Fig. 8. Querschnitt durch das Oberschlundganglion; aus einigen auf einander folgenden Schnitten kombinirt, jedoch mit Zugrundelegung eines Schnittes. Osmiumsäurepräparat.

Fig. 9. Schnitt durch das Unterschlundganglion auf dem Niveau des sechsten Nerven. Osmiumsäurepräparat.

Fig. 10. Ganglienzellähnliches Gebilde (?) in der Inhaltsmasse des medianen Neuralkanals. Alkohol-Karminpräparat.

Fig. 11. Schnitt durch das Unterschlundganglion, kombinirt nach zwei auf einander folgenden Schnitten. Gabelförmige Theilungen eines vom medianen Neuralkanal ventral abzweigenden Ästchens. Osmiumsäurepräparat.

Fig. 12. Etwas schief geführter Querschnitt durch das Oberschlundganglion, zur Demonstration der zwei Modifikationen der LEYDIG'schen Punktsubstanz.

Fig. 3.

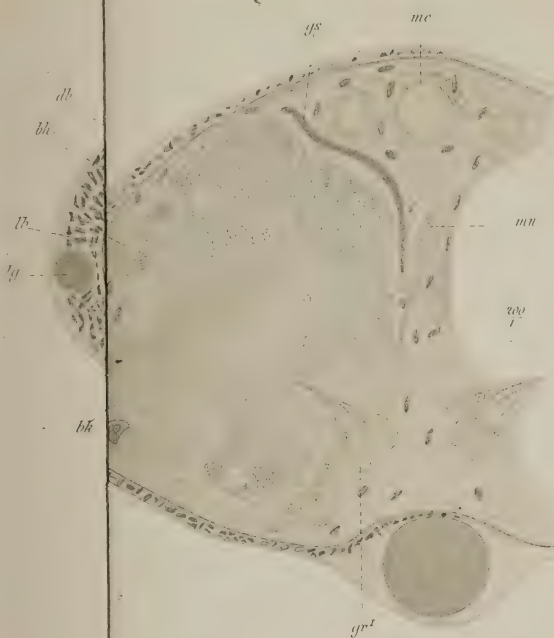


Fig. 2^a



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.



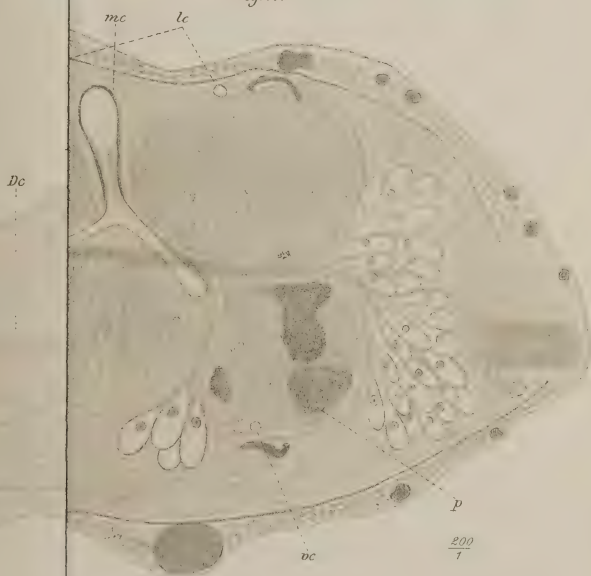
Fig. 2^a.



Fig. 9.



Fig. 11.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [47](#)

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

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des Centralnervensystems von Lumbricus. 47-84](#)