DAS

PERIPHERE NERVENSYSTEM DES AMPHIOXUS

(BRANCHIOSTOMA LANCEOLATUM).

VON

A. S. DOGIEL,
ST. PETERSBURG.

Mit 50 Abbildungen auf den Tafeln XII—XXIX.

Dem Andenken
des grossen russischen Zoologen
A. O. Kowalewsky

gewidmet.

Im Sommer 1899 bot sich mir die Gelegenheit in der biologischen Station in Sewastopol zu arbeiten; ich beschloss die Technik der Nervenfärbung sowohl mit Methylenblau als auch mit Silber bei verschiedenen niederen Tieren zu studieren, und wählte als erstes Untersuchungsobjekt den *Amphioxus*. Dank der Liebenswürdigkeit des Direktors der Station, des verstorbenen Akademikers A. O. Kowalewsky, hatte ich alles für meine Untersuchungen erforderliche zu meiner Verfügung.

Da in der letzten Zeit viele Forscher das Nervensystem des *Amphioxus* studiert haben, so erwartete ich bei Beginn meiner Untersuchung nicht irgend welche neue Befunde zu machen. Die Beobachtungsergebnisse zeigten jedoch alsbald, dass den bereits bekannten Thatsachen noch manche neue zugefügt werden müssen, infolge dessen ich mich veranlasst sah, das Nervensystem des *Amphioxus*, hauptsächlich das periphere, einem genauen Studium zu unterziehen. Es gelang mir nicht die Arbeit während der Ferien in Sewastopol zu beendigen, infolge dessen die Untersuchungen in St. Petersburg weitergeführt wurden — auch hier wiederum erhielt ich das erforderliche lebende Material ausschliesslich Dank der Bemühungen und des Beistandes des verstorbenen A. O. Kowalewsky.

Die ersten Angaben über die Endigungen der peripheren Nerven finden sich bereits bei Quatrefages¹⁾; derselbe machte die Beobachtung, dass eine grosse Anzahl dieser mit besonderen bläschenförmigen Körperchen endigen, und sprach die Ver-

1) Mémoire sur le système nerveux et sur l'histologie du branchiostome ou *Amphioxus*. Annales de sciences naturelles 3 Ser., Zoologie, T. 4, 1845.

mutung aus, dass die letzteren, aller Wahrscheinlichkeit nach, schleimabsondernde Organe darstellen.

In einer epochemachenden Arbeit über die Entwicklung des *Amphioxus*, hat alsdann A. Kowalewsky¹⁾ zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass bei der Larve dieses Tieres die Nerven in sämtlichen, die Körperoberfläche bedeckenden Epithelzellen endigen.

Bald darauf bestätigte Ph. W. Owsjannikow²⁾ bei seinem Studium des peripheren und cerebralen Nervensystems des *Amphioxus*, die Beobachtungen von A. Kowalewsky und wies nach, dass das untere zugespitzte Ende einer Epithelzelle unmittelbar in eine Fibrille übergeht, welche durchaus den Charakter einer Nervenfasern hat. Nach den Beobachtungen von Ph. Owsjannikow sind ausserdem im Verzweigungsgebiet des ersten Nervenpaares, welches er für den N. trigeminus hält, Ganglienzellen gelagert, die die Endorgane dieses Nerven darstellen.

Des weiteren hat L. Stieda³⁾ in seiner ausgezeichneten ausführlichen Monographie über den *Amphioxus* zuerst darauf hingewiesen, dass an den Austrittsstellen der oberen (dorsalen) Wurzeln im Kopfgebiet des Tieres besondere Gebilde mit runden Körpern gelagert sind, welche er für Analoge der Spinalganglien hält. Eine unmittelbare Verbindung der peripheren Nerven mit den Epithelzellen erkennt jedoch Stieda nicht an.

1) A. Kowalewsky, Die Entwicklungsgeschichte des *Amphioxus lanceolatus* oder *Branchiostoma lumbricum*. Inaug.-Diss., St. Petersburg 1865 (russisch).

2) Ph. Owsjannikow, Über das Centralnervensystem des *Amphioxus lanceolatus*. Bull. de l'Acad. Imp. des sciences de St. Petersburg, T. XII, 1868.

3) L. Stieda, Studien über die *Amphioxus lanceolatus*. Mém. de l'Acad. Imp. des sciences de St. Petersburg, T. XIX, sér. 7, 1873.

Gleichzeitig mit Stieda veröffentlicht auch P. Langerhans¹⁾ seine Arbeit, in welcher er ausführlich auf die Frage über die Endigungen der peripheren Nerven beim Amphioxus eingeht. Nach seinen Beobachtungen besteht das Hautepithel aus einer Reihe cylindrischer Zellen, deren freies Ende von einer Cuticula bedeckt ist; zwischen ihnen sind in wechselnder Zahl besondere kleine, langgestreckte Zellen mit grossem ausgezogenen Kern gelagert. Auf ihrer Aussenfläche tragen diese Zellen je ein beträchtlich langes, starres Härchen, welches an seiner Basis in eine längliche Verdickung übergeht; das untere Ende der Zelle zieht sich in einen dünnen Fortsatz aus. Besonders zahlreich sind diese Zellen im Kopfgebiet. Die Äste der peripheren Nerven zerfallen auf ihrem Verlauf zur Haut in feine Fäden, welche durch die sogenannte Grenzmembran der Haut hindurchtreten und sich mit den fadenförmigen Enden der erwähnten Haarzellen vereinigen. Die Epithelzellen mit den Härchen sind somit, nach den Beobachtungen von Langerhans unmittelbar mit den Verzweigungen der peripheren Nerven verbunden — d. h. echte Sinneszellen.

Auf den einander zugekehrten Flächen, der die Mundöffnung umgehenden Tentakeln beschreibt Langerhans besondere Epithelpapillen, deren Elemente sich von den übrigen Epithelzellen der Haut, sowohl durch ihre Länge als auch durch das Vorhandensein einer langen Wimper (Geissel) auf dem oberen Ende einer jeden Zelle auszeichnen. Im Centrum der Epithelpapillen sowie zwischen den Zellen des die Zwischenräume zwischen den Papillen auskleidenden Epithels sind Zellen vorhanden, von denen je ein Sinneshäuschen abgeht. Die erwähnten Zellen müssen nach Langerhans den Sinneszellen zugerechnet werden; ähnliche Elemente findet er auch am Boden

¹⁾ P. Langerhans, Zur Anatomie des *Amphioxus lanceolatus*. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XII, 1876.

des Riechgrübchens. Ausserdem weist Langerhans noch auf die Existenz peripherer Ganglien hin, welche, nach seiner Meinung, mit dem ersten und zweiten Spinalnervenpaar in Zusammenhang stehen, nur im Kopfgebiet vorhanden sind und den von Quatrefages beschriebenen Elementen durchaus entsprechen.

Bei Beschreibung der sensiblen Nerven erwähnt A. Schneider¹⁾, dass ein jeder von ihnen im Rückenmark beginnt, wobei an der Austrittsstelle eine grosse Zahl von Kernen gelagert ist, welche wahrscheinlich den Kernen der Ganglienzellen entsprechen.

J. V. Rohon²⁾ erwähnt in seiner grossen Monographie nur vorübergehend der Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut; nur eine unbedeutende Anzahl derselben steht nach seiner Meinung in unmittelbarem Zusammenhang mit den Epithelzellen der Haut; auch findet er keine Spuren irgend welcher Analoga der Spinalganglien.

Im Jahre 1888 giebt E. Rohde³⁾ eine sehr sorgfältige und ausführliche Beschreibung hauptsächlich des centralen Nervensystems vom *Amphioxus*. Die sensiblen Nerven bestehen nach ihm aus feinen Fasern, auf deren Verlauf Kerne gelagert sind, welche an den Wurzeln offenbar den Charakter nervöser Kerne aufweisen: »Den Spinalganglien der höheren Wirbeltiere entspricht also bei *Amphioxus* eine Ansammlung nervöser Kerne«.

Die Arbeit von Rohde beschliesst die erste Periode der Untersuchung des Nervensystems, einschliesslich der peripheren

¹⁾ A. Schneider, Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere. Berlin 1879.

²⁾ J. V. Rohon, Untersuchungen über *Amphioxus lanceolatus*. Denkschrift der kaiserl. Akad. der Wissenschaften. Wien 1882.

³⁾ E. Rhode, Histologische Untersuchungen über das Nervensystem von *Amphioxus lanceolatus*. Zoologische Beiträge, herausgegeben von Schneider, Bd. II, H. 2, 1888.

Nerven, des Amphioxus. Hinsichtlich der Frage des Vorhandenseins von Analoga der Spinalganglien sowie der Endigung der peripheren Nerven gehen die Ansichten der Forscher, wie es die angeführten Litteraturangaben zeigen, auseinander. Einige von ihnen erkennen an, dass an den Austrittsstellen der sensiblen (dorsalen) Wurzeln oder auf dem Verlauf der Nervenstämmchen Gruppen von Ganglienzellen (besonders im Kopfgebiet) oder von Kernen vorhanden sind, welche Analoga der Spinalganglien darstellen, andere wiederum sprechen sich durchaus gegen das Vorhandensein derartiger Analoga aus. Ebenso verhält es sich auch mit der Frage in Betreff der Beziehung der sensiblen Nerven zum Epithel: einige Forscher behaupten, dass die Endverzweigungen der peripheren Nerven in unmittelbarem Zusammenhang mit sämtlichen Epithelzellen der Haut stehen, andere, dass ein derartiger Zusammenhang nur mit einigen Zellen, den sogenannten Sinneszellen, besteht, wiederum andere erkennen überhaupt keine Beziehung der Nerven zu dem Hautepithel an.

Mit der im Jahre 1891 erschienenen Arbeit des hervorragenden schwedischen Forschers G. Retzius¹⁾ beginnt eine neue Periode des Studiums sowohl des peripheren als auch des centralen Nervensystems vom Amphioxus. Er wandte als erster die neuen Untersuchungsmethoden, hauptsächlich das Verfahren von Ehrlich und von Golgi an; dieselben ermöglichten ihm die bereits vorhandenen Beobachtungen bedeutend zu erweitern und zu vervollständigen. So glänzend jedoch die von Retzius bei Anwendung des Methylenblaus für die Färbung der Elemente des Centralnervensystems erhaltenen Resultate waren, so spärlich waren dieselben hinsichtlich der Endigungen der sensiblen Nerven. In seiner ersten Arbeit berührt G. Retzius nur die Frage, ob beim Amphioxus besondere Spinalganglien vorhanden

¹⁾ G. Retzius, Zur Kenntnis des Centralnervensystems von *Amphioxus lanceolatus*. Biolog. Untersuchungen, N. F., Bd. II, 1891.

sind und spricht sich dabei folgendermaßen aus: »Wie von mehreren Forschern hervorgehoben wurde, giebt es nach dem Austritt der motorischen und sensiblen Wurzeln keine Kommissur zwischen denselben und es lassen sich keine Spinalganglien erkennen; dass man solche Ganglien oder ihre Analoga mehrer-seits angenommen hat, ist in der That schwer verständlich; durch die Methylenblau-Methode lassen sich keine Spinalganglien, keine Ganglienzellen oder analoge Bildungen in den Nerven-wurzeln nachweisen. Diese bestehen nur aus Nervenfasern, deren Ursprung im Centralorgan und periphere Endigung unten besprochen werden sollen« (pag. 38). Auf die Frage, wo denn die Spinalganglien beim *Amphioxus* gelegen sind, antwortet er: »Es giebt deren keine. In den sensiblen Wurzeln sucht man sie vergebens, sowohl innerhalb der Rückenmarksgrenze wie ausserhalb derselben. In dem nächsten Verlauf der sensiblen Zweige trifft man weder einzelne Ganglienzellen noch Gruppen von solchen« (pag. 45). Da Retzius die genannten Ganglien nicht ausserhalb des Rückenmarks findet, so sucht er sie natürlicher Weise im Rückenmark selber, und ist der Meinung, dass denselben kleine bipolare Zellen entsprechen, welche einen ihrer Fortsätze in die rechte, den anderen in die linke Rückenmarkshälfte entsenden. Einer dieser Fortsätze tritt gewöhnlich in die sensible Wurzel ein und zieht mit den sensiblen Wurzeln zur Peripherie. Bisweilen teilt sich ein derartiger Fortsatz zunächst in zwei Ästchen, von denen das eine sich zur Peripherie begiebt, das andere jedoch im Rückenmark bleibt und sich einem parallel der Längsachse des letzteren verlaufenden Faserbündel zugesellt. Der andere Fortsatz einer jeden Zelle endet aller Wahrscheinlichkeit nach mit zahlreichen Verzweigungen in der anderen Rückenmarkshälfte.

Im Jahre 1892 erschien die Mitteilung Hatschek's¹⁾ über

¹⁾ Hatschek, Die Metamerie des *Amphioxus* und des *Amocoetes*. Akad. Anz. Bd. VII, 1892.

die Metamerie des Amphioxus und des Amocoetes, in welcher er unter anderem auch über die Rückenmarksnerven berichtet. Da die Beobachtungen Hatschek's den oben erwähnten Untersuchungen von Retzius widersprechen, und er dieselben in einigen Zeilen formuliert, so führe ich diese hiermit wörtlich an: »Die dorsale Wurzel, welche bekanntlich keine Verbindung mit den ventralen eingeht, steigt nahezu in dem Winkel des Myoseptums gegen die Unterhaut empor und teilt sich dort in einen dorsalen und ventralen Ast. Kleine Nester von Ganglienzellen finden sich besonders an der Teilungsstelle des Nerven, z. T. aber auch schon in dem aufsteigenden Teile und auch in den Ästen. Der aufsteigende Teil ist daher als eine ausgezogene Wurzel zu betrachten und die Spinalganglien, welche wenig konzentriert sind, liegen in der Unterhaut (in unmittelbarer Nähe ihres epithelialen Entstehungsortes«) (pag. 140).

Fusari¹⁾ weist alsdann bei Besprechung der dorsalen Nerven darauf hin, dass im Verlauf derselben nirgends Gebilde angetroffen werden, welche an Nervenzellen erinnerten. Die Hautnerven zerfallen nach Fusari in feine Ästchen, welche unmittelbar unter der Cuticula gelegen sind und nicht selten, besonders in der Bauchhaut, Anastomosen bilden. In der ventralen Region nahm Fusari ausserdem an den Teilungsstellen der Hautästchen Ganglienzellen wahr; einige Ästchen zerfallen hierbei in feine, freidendigende Fibrillen. In den übrigen Teilen der Haut dringen die Nerven durch die Cuticula und können leicht bis zur Basis der Epithelzellen verfolgt werden. Obgleich es Fusari gelang die Langerhans'schen Zellen zu sehen, so konnte er dennoch nicht ihren Zusammenhang mit den Nerven feststellen. Schliesslich giebt Fusari eine recht genaue Be-

1) R. Fusari, Beiträge zum Studium des peripheren Nervensystems von *Amphioxus lanceol.* Internationale Monatsschrift für Anat. und Physiol. Bd. VI, 1889.

schreibung der Körperchen von Quatrefages, welche längs den Ästen des ersten und zweiten Spinalnervenpaares angeordnet sind und seiner Beobachtung nach, Gruppen von Nervenzellen darstellen, welche von einer Hülle — der Fortsetzung der Hülle der Nervenästchen — umgeben sind. Die Innenfläche der Hülle ist mit Endothelzellen ausgekleidet; die Nervenfasern dringen in diese Körperchen ein und verbinden sich mit den Nervenzellen. Vom periphergerichteten Teil gehen 1—3 Ästchen ab, welche desgleichen mit den Nervenzellen in Verbindung stehen und unter dem Epithel endigen oder aber sie »können in ihrem letzten Verlaufe andere ähnliche kleinere Körper enthalten und so anderen Nervenfasern zum Ursprung dienen«.

Im Jahre 1898 erschienen kurz auf einanderfolgend eine ausführliche Monographie von Heymans und v. d. Stricht, über das periphere und cerebrale Nervensystem beim Amphioxus und die Arbeit von Retzius, eine Ergänzung seiner ersten Arbeit.

Heymans und van der Stricht¹⁾ wandten bei ihren Untersuchungen des Nervensystems vom Amphioxus sowohl die Methylenblau- als auch die Golgi-Methode an; beide Verfahren ergaben jedoch, soweit es nach der Arbeit beurteilt werden kann, nur sehr geringe Resultate hinsichtlich der peripheren Nerven. Wie Retzius, so konnten auch sie die letzten Endverzweigungen der sensiblen Nerven in der Haut nicht feststellen; sie weisen darauf hin, dass die von Langerhans beschriebenen sogenannten Sinneszellen bloß zusammengedrückte und veränderte Cylinderzellen darstellen und keine Beziehungen zu den Nerven haben.

¹⁾ Heymans et van der Stricht. Sur le système nerveux de l'Amphioxus et en particulier sur la constitution et la genèse des racines sensibles. Mémoires couronnés et mémoires de savants étrangers publiés par l'Académie Royale de sciences de lettres et de beaux-arts de Belgique. T. LVI, fasc. 3, 1898.

In der Frage über das Vorhandensein irgendwelcher Analoga der Spinalganglien stimmen Heymans und v. d. Stricht den Beobachtungen von Retzius bei, dass denselben besondere sensible, im Rückenmark selber gelagerte Zellen entsprechen.

Die zweite Untersuchung von Retzius¹⁾ über die Endigungsweise der sensiblen Nerven beim Amphioxus ergab wiederum ein negatives Resultat, d. h. Retzius nahm wahr, dass die feinsten Nervenfibrillen in Verzweigungen endigen, welche an der Basis der Epithelzellen der Haut gelegen sind. In den Epithelknospen der die Mundöffnung umgebenden Tentakeln sah Retzius desgleichen nur, dass die Epithelzellen, welche diese Knospen zusammensetzen, in derselben Beziehung zu den Nerven stehen, wie die Elemente der Geschmacks- und Endknospen der höheren Wirbeltiere, dass nämlich die feinen centralen Fortsätze der Epithelzellen mit kleinen Fussstücken endigen. Seine Betrachtungen über die Frage ob der Amphioxus periphere Nervenzellen besitzt, beschliesst Retzius folgendermassen: »Bis jetzt habe ich in der That mit den neuen Färbungsmethoden bei Amphioxus keine wahren peripherischen Sinnesnervenzellen, d. h. Zellen entdecken können, von denen Nervenfasern entspringen« (pag. 120).

Bei der Zusammenstellung der in der letzten Zeit mit Hülfe der neuen Färbungsmethoden gemachten Untersuchungen erweist sich somit, dass sämtliche Forscher mit Ausnahme von Hatschek auf das Nichtvorhandensein sowohl von Analoga der Spinalganglien als auch von peripheren Nervenzellen (Sinneszellen) hinweisen.

In Anbetracht dessen wandte ich bei meinen Untersuchungen mein Augenmerk zunächst der Endigungsweise der sensiblen Nerven zu, nebenbei habe ich mich bemüht die Verteilung der

¹⁾ G. Retzius, Die Methylenblaufärbung bei den lebenden Amphioxus. Biolog. Untersuchungen, N. F., VIII, 1898.

Nerven und ihr Verhalten zu den Kiemen, zu dem queren Bauchmuskel u. s. w. genauer festzustellen, gleichzeitig studierte ich auch die motorischen Wurzeln und das Centralnervensystem.

Für die Nervenfärbung benutzte ich die Methode von Golgi, von Apathy und das Methylenblauverfahren; jede dieser Methoden gab mir ein gewisses Material für die Lösung der gestellten Aufgabe. Das Methylenblau und das Silber erwiesen sich dabei als die brauchbarsten Mittel, ersteres für die Färbung des peripheren, letzteres für die Imprägnation des centralen Nervensystems.

Untersuchungsmethode. Um eine Nervenfärbung zu erzielen, brachte ich lebende Tiere in Seewasser, dem ich Methylenblau in Substanz oder in 1 prozentiger Lösung soviel zusetzte, dass es eine schwach blaue Farbe annahm. Da nach dem Zufügen von Methylenblau sich im Wasser blaue oder violette nadelförmige Krystalle bilden, welche die Färbung hindern, so filtrierte ich dasselbe zuerst ehe ich die Tiere hineinsetzte. In einem derartigen Wasser fühlen sich die Tiere recht wohl und leben darin mehrere Tage. In gewissen Zwischenräumen wurde das eine oder das andere Exemplar aus dem Wasser herausgenommen, auf einen Objektträger gebracht und bei schwachen Vergrößerungen untersucht; es erwies sich dabei, dass die sensiblen Nerven sich bereits nach 20—40 Minuten mehr oder weniger intensiv färben. Die Färbung der motorischen Nerven und der Elemente des Centralnervensystems erfolgte bedeutend später — nach einem 1—1½ stündigen Aufenthalt der Tiere im gefärbten Wasser. Bei den aus dem Wasser genommenen *Amphioxus* erscheinen die Nerven, soweit ich habe wahrnehmen können, zunächst schwach gefärbt; die Tinktion wurde vollständiger und intensiver, nachdem die Tiere einige Zeit auf dem Objektträger gelegen hatten; nach Verlauf einer gewissen Zeit erreichte die Färbung das Maximum der

Intensität, worauf allmählich ein Ablassen erfolgte; um nun eine ausreichende Nerventinktion zu erhalten, muss der richtige Augenblick der intensivsten Färbung abgepasst und das Tier alsdann sofort in die Fixierflüssigkeit übertragen werden. Es gelingt jedoch nicht immer diesen Zeitpunkt zu treffen, da der Beobachter gewöhnlich in der Hoffnung eine vollkommeneren Tinktion zu erhalten, das Tier länger als nötig auf dem Objektglase hält, oder aber aus Furcht eines Schwundes der Färbung die Fixierung zu früh vornimmt. Nach meinen Beobachtungen tritt das Ablassen der sensiblen Nerven rascher als dasjenige der motorischen und der Nervenzellen ein, infolge dessen darauf verzichtet werden muss, eine gleich vollständige Färbung der einen und der anderen in demselben Präparat zu erhalten.

Ausser diesem Verfahren wandte ich noch ein anderes an, welches sich besonders günstig in den Fällen erwies, wenn eine Färbung der Nervenzellen erzielt werden sollte. Lebende Amphioxus wurden zu dem Zweck für mehrere ($1\frac{1}{2}$ —2—3) Stunden in eine Schale mit einer schwachen Methylenblaulösung in physiologischer Kochsalzlösung eingelegt; alsdann auf breite Objektgläser übertragen und von Zeit zu Zeit unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung untersucht. Sobald die Nervelemente genügend gefärbt erschienen, erfolgte die Fixierung nach einem der weiter unten angeführten Verfahren. Die Oberfläche der auf dem Objektträger liegenden Tiere muss immer wieder mit denselben schwachen Farbstofflösungen befeuchtet werden, widrigenfalls sich auf der eintrocknenden Hautoberfläche blaue nadelförmige Krystalle bilden, welche die Untersuchung hindern. In der genannten Methylenblaulösung sterben die Tiere recht bald ab und weisen zur Zeit der Fixierung nur schwache Lebenszeichen auf, was jedoch durchaus nicht die Nervenfärbung hindert, wenn dieselbe nur nicht zu lange ausgedehnt wird. Bei der Anwendung des einen oder des anderen Verfahrens muss jedoch im Auge behalten werden, dass die

Tinktion der Nerven nur auf derjenigen Körperseite des Tieres genügend intensiv ist. welche dem Objektglase nicht aufliegt; auf der anderen Seite erscheinen die Nerven bedeutend blasser; dementsprechend müssen die fixierten Präparate dermaßen auf den Objektträger gelegt werden, dass die Seite mit den gefärbten Nerven dem Beobachter zugekehrt ist.

Für die Fixierung der Präparate benutzte ich gewöhnlich eine gesättigte wässrige Lösung von pikrinsaurem Ammonium und das von mir abgeänderte Verfahren von Bethe. In ersterer Lösung verblieben die Tiere gewöhnlich 2—3 Stunden, worauf sie in eine Schale mit einem Gemisch von Ammoniumpikrat und Glycerin zu gleichen Teilen eingelegt und alsdann nach weiteren 10—12 Stunden auf ein Objektglas in mehrere Tropfen desselben Gemisches übergeführt wurden. Dieses Verfahren erwies sich jedoch wenig geeignet für die Klarlegung des Verhaltens der Nerven zu dem Oberflächenepithel, da die Ammoniumpikratlösung das Epithel maceriert und dasselbe sich leicht ablöst. In Folge dessen fügte ich in denjenigen Fällen, wenn das Epithel erhalten werden sollte, der pikrinsauren Ammoniumlösung Osmiumsäure hinzu (auf 50 ccm der ersteren 1 Tropfen einer 1 prozentigen Osmiumlösung) oder aber ich wandte das Verfahren von Bethe an. Das letztere änderte ich in verschiedener Weise ab, je nachdem welche Resultate erzielt werden sollten. Zwecks Erhaltung des Oberflächenepithels insbesondere der Epithelknospen auf den Tentakeln, verfuhr ich folgendermaßen: ich brachte den lebenden Amphioxus nach Färbung der Nerven in 20—30 ccm einer 5 prozentigen Lösung von Ammoniummolybdat, der ein kleiner Tropfen einer 1 prozentigen Osmiumsäurelösung zugefügt war; nach einigen Sekunden erfolgte gewöhnlich der Tod des Tieres, wobei sich die Tentakeln ausdehnten und streckten. Nach 15—20 Minuten wurde das Tier $\frac{1}{2}$ Stunde lang in destilliertem Wasser ausgewaschen, für circa 20 Minuten in Alkohol übertragen, in Bergamottöl und Xylol

aufgehell't und in Damarxylol eingeschlossen. Für das Studium des Verhaltens der Nerven zu den Epithelknospen und dem Hautepithel überhaupt ist es am besten, dem Tiere vor der Überführung in den Alkohol entweder den Kopf oder den Rand der Mundhöhle mit den Tentakeln abzuschneiden und diesen nach der obenangeführten Bearbeitung getrennt vom Rumpf einzuschliessen, um möglichst dünne Präparate zu erhalten, die auch der Beobachtung mit starken Vergrösserungen zugänglich sein können, denn die Tiere müssen in toto untersucht werden, da Schnitte nach dieser Bearbeitung nur schwer angefertigt werden können und wenig instruktive Bilder geben. Werden die Präparate in einer Lösung von molybdänsaurem Ammonium ohne Zusatz von Osmiumsäure fixiert, so löst sich das Epithel ebenso leicht wie bei der Einwirkung von pikrinsaurem Ammonium.

Sollte das Präparat stark aufgehell't werden, um den Verlauf und die Endigungen der motorischen Nerven oder dergl. klar sehen zu können, so nahm ich nicht selten Zuflucht zum kombinierten Fixierungsverfahren. Das Tier wurde zu dem Zweck zunächst in der obenangeführten Weise in Ammoniumpikrat fixiert, alsdann in das Gemisch des letzteren mit Glycerin übergeführt, darauf jedoch nach 3—5 Tagen für 2—3 Stunden in eine 5 prozentige Lösung von molybdänsaurem Ammonium übertragen, in Wasser ausgespült, in Alkohol gehärtet u. s. w., und schliesslich in Xylol-Damarlack eingeschlossen.

Die Methode von Golgi giebt hinsichtlich der Färbung der peripheren Nerven beim Amphioxus nur recht mittelmässige Resultate, in seltenen Fällen erscheinen die Verzweigungen der sensiblen Nerven im Kiemenkorb und die motorischen Nerven gefärbt. In einigen Fällen werden jedoch mit diesem Verfahren sehr gute Präparate der Elemente des centralen Nervensystems erhalten.

Schliesslich versuchte ich auch die Anwendung des Ver-

fahrens von Apathy, ungeachtet jedoch der genauen Befolgung aller Angaben dieses Forschers erhielt ich schlechte Resultate. Möglicherweise liegt die Schuld in diesem Falle an dem Objekt selber, welches überhaupt sich wenig für eine Anfertigung von Schnitten sowie eine weitere Behandlung derselben eignet. Ich versuchte daher für die Färbung der peripheren Nerven die gewöhnlichen Verfahren der Vergoldung (mit Citronensaft und mit Ameisensäure). Im Falle eines Gelingens der Färbung nach einem der erwähnten Verfahren lässt sich das Verhalten der Nerven zu dem Hautepithel sowie zum queren Bauchmuskel erkennen.

Bei Anwendung aller angeführten einander ergänzenden Verfahren der Nervenfärbung, lässt sich vieles in Betreff des Nervensystems vom *Amphioxus* klarlegen. Soviel ich mich jedoch habe überzeugen können, sind als die besten Verfahren diejenigen von Ehrlich und von Golgi anzuerkennen, das erstere für die Färbung der sensiblen und motorischen Nerven, das letztere für das Studium des Centralnervensystems.

I. Dorsale (sensible) Nerven (Figg. 1, 2, 3, 4, 5). Dieselben entspringen, wie bekannt, vom dorsalen Rückenmarksteil, vermittelt zweier Wurzeln; ihre Zahl schwankt nach meinen Beobachtungen zwischen 62—64, wobei die Wurzeln der einen Seite mit denen der anderen abwechseln. Jede Wurzel steigt mehr oder weniger senkrecht nach oben hinauf und teilt sich im Winkel des bindegewebigen Myoseptums kurz vor seinem Austritt aus demselben in zwei Äste, einen dünnen — dorsalen (*R. dorsalis*) und einen dicken — ventralen (*R. ventralis*). Bei weitem nicht alle dorsalen Wurzeln entspringen jedoch bei einem und demselben *Amphioxus*exemplar in der soeben angegebenen Weise; nicht selten treten die dorsalen und ventralen Äste einiger, sogar vieler Wurzeln einzeln, neben einander gelagert, aus dem Rückenmark heraus, oder die Teilung der Wurzel in ihre zwei Äste erfolgt unmittelbar nach dem Austritt aus dem

Rückenmark, oder endlich dieselbe geht in verschiedener Entfernung von letzterem, zwischen ihm und der Austrittsstelle aus dem Myoseptum vor sich (Figg. 4, 5).

Die dorsalen Äste teilen sich gewöhnlich nach einem kurzen Verlauf nach oben, gegen die Rückenflosse hin, gabelförmig in 2—3 Ästchen die sogenannten *R. cutanei dorsales*, von denen jedes sich wiederum alsbald in mehrere wiederholt sich verzweigende Ästchen teilt. Die Verzweigungen der dorsalen Ästchen endigen, wie weiter unten gezeigt werden soll, in der Rückenhaut des Amphioxus. Ausser diesen Hautnerven giebt es noch ähnliche, jedoch nicht von den dorsalen, sondern von den ventralen Ästen, da wo diese nach dem Austritt aus dem Myoseptum, einen Bogen beschreibend, sich nach unten begeben, abstammende Ästchen. Von der convexen Seite der Bogen sondern sich gewöhnlich 1—2 dicke Ästchen ab, welche sich desgleichen in der Rückenhaut verzweigen.

Die ventralen Äste (Figg. 1, 2 und 3) sind bedeutend dicker als die dorsalen, bilden sofort nach dem Austritt aus dem Myoseptum einen Bogen, ziehen nach vorn und unten (die ersten Nervenpaare von dem dritten oder vierten an) und begeben sich darauf nach einer nochmaligen Bogenbildung weiter nach hinten und unten (angefangen vom dritten oder vierten bis zum siebenten bis achten Nervenpaar), oder fast senkrecht nach unten (die mittleren Paare) oder endlich verlaufen nach der Bogenbildung nach unten und hinten (die hinteren Paare); die letzten zwei bis drei Nervenpaare ziehen unmittelbar nach unten und hinten.

Das I. und II. Nervenpaar verzweigt sich ausschliesslich in der Haut des Rostrums und muss daher den rein sensiblen Nerven zugerechnet werden.

Das I. Nervenpaar (Figg. 6, 7, 8, 9, 26) hat gewöhnlich das Aussehen relativ dünner Stämmchen, welche vom vorderen Ende des Rückenmarks entspringen. Die Stämmchen verlaufen

in fast vollkommen gerader Richtung nach vorn zum Ende des Rostrums, geben dabei nach oben und nach unten feine, sich vielfach teilende Ästchen ab und zerfallen schliesslich selbst in mehrere Zweige; sämtliche Äste werden unter allmählicher Teilung dünner und erreichen die oberflächlichste Hautschicht. Das Verbreitungsgebiet diese Äste ist ausschliesslich die Haut des Rostrumendes. Bisweilen sind die beiderseitigen Nervenstämmchen oder aber nur dasjenige einer Seite stark entwickelt und von beträchtlicher Dicke, dieselben teilen sich nach einem kurzen Verlauf nach vorn hin zunächst gabelförmig in zwei Äste; von diesen verläuft der eine gerade nach vorn, der andere nach vorn unten zum Rostrumende, woselbst ein jeder von ihnen allmählich in eine grosse Anzahl feiner Ästchen zerfällt (Fig. 60). In derartigen Fällen ist das Verbreitungsgebiet der Stämmchen nicht nur auf das Rostrumende beschränkt, sondern erstreckt sich auch auf die benachbarten oberen und unteren Hautregionen.

Das II. Nervenpaar (Figg. 6, 7, 8, 9) ist bedeutend stärker entwickelt als das I.; seine Verzweigungen versorgen die übrige Haut des Rostrums und müssen deswegen den für die Innervation des Rostrums, ausschliesslich seines Endes, bestimmten Nerven zugerechnet werden. Nach dem Austritt aus dem Myoseptum erscheint der entsprechende Nerv in Gestalt eines dicken Stammes, welcher sich alsbald oder nach einem mehr oder weniger kurzen Verlauf, gabelförmig in zwei dicke Äste teilt; von diesen zieht der eine nach vorn und etwas nach oben, der andere nach vorn und unten, wobei beide alsbald in mehrere dünnere Äste zerfallen. Letztere teilen sich allmählich dichotomisch in eine grosse Anzahl feiner Ästchen, welche sich zur oberflächlichen Schicht des oberen und unteren Randes, sowie zu den Seitenteilen des Rostrums begeben. Bisweilen geht vom Anfangsteil dieses Nervenpaares, im Falle dasselbe stark entwickelt ist, ein Ast nach unten ab, welcher sich nach kurzem

Verlauf, wiederum in zwei Ästchen teilt; das eine von diesen biegt sich zum unteren hinteren Rande des Rostrums, das andere zerfällt vorher in einige feine Zweige, welche zum Mundrande verlaufen. In anderen Fällen zieht einer dieser letzteren Zweige zum hintersten Rostrumabschnitt, während die übrigen den Mundrand in der Höhe des ersten Tentakels erreichen und an der Bildung des äusseren Nervengeflechtes teilnehmen.

Vor der Teilung des Hauptstammes sondern sich von demselben gewöhnlich 1—2—3 dorsale Ästchen ab; dieselben steigen mehr oder weniger senkrecht nach oben hinauf und zerfallen in mehrere feine Ästchen. Die Verzweigungen der vorderen dorsalen Ästchen erreichen die Haut des oberen Randes des hinteren Rostrumteils: die Verzweigungen der hinteren Ästchen sind in der Haut der Rückenflosse gelagert.

In der Mehrzahl der Fälle beteiligen sich jedoch an der Innervation des Rostrums nicht nur das I. und II. Nervenpaar, sondern auch Äste des III. Paares. Diese Ästchen entspringen, nach meinen Beobachtungen, von dem III. Nervenpaar, dort wo dasselbe am unteren Rande der seitlichen Rumpfmuskeln sich in mehrere Äste teilt (Fig. 1 und 6d), die einen von diesen biegen nach innen um und beteiligten sich an der Innervation des Ringmuskels des Mundes, der Tentakeln u. dergl., die anderen ziehen zu der Haut der unteren Ränder und der der Mundhöhle benachbarten Seitenteile des Rostrums. Im Rostrum verzweigen sich somit das I. und II. und einige Äste des III. sensiblen Nervenpaares.

Von dem beschriebenen Verhalten des I., II. und III. Nervenpaares zu dem Rostrum habe ich häufig mannigfaltige Abweichungen wahrnehmen können, welche entweder die beiderseitigen Nerven betrafen oder jedoch häufiger nur auf der einen Körperseite des Tieres beobachtet wurden. Nicht selten ist z. B. das II. Nervenpaar schwach entwickelt; die Verzweigungen desselben versorgen alsdann mit denjenigen des I. Paares bloß den

oberen und vordersten Teil des Rostrums (Fig. 6 b). In diesen Fällen innervieren die Äste des III. Paares den unteren Teil des Rostrums. Gewöhnlich giebt dabei der III. Nerv nach seinem Austritt aus dem Myoseptum 2—4 dorsale Ästchen zur Rückenflosse ab, worauf er alsbald in 2—3 dicke Äste zerfällt; die letzteren ziehen nach vorn und unten, teilen sich allmählich in zahlreiche Ästchen und verzweigen sich schliesslich im angegebenen Teil des Rostrums. Recht häufig war im Gegenteil das II. Nervenpaar dermaßen stark entwickelt, dass seine Verzweigungen das ganze Rostrum mit Ausnahme dessen vordersten Abschnittes versorgten (Fig. 6 c); der untere hintere Abschnitt des Rostrums erhielt ausserdem bisweilen noch einige Ästchen des III. Paares (Fig. 6 d). In einigen selteneren Fällen stellte das III. Nervenpaar nur dünne Stämmchen dar, die nach dem Austritt aus dem Myoseptum sich sofort in 3—4 dorsale Ästchen teilten (Fig. 7); diese verzweigten sich ausschliesslich in der Haut der Rückenflosse; die ventralen Äste fehlten (Fig. 7). Die Haut des unteren hinteren Rostrumabschnittes wurde in diesen Fällen von Zweigen des IV. Paares versorgt. Nach dem Austritt aus dem Myoseptum gaben dabei die Nervenstämmchen des letzteren Paares zunächst 2—3 dorsale Äste ab; die ventralen Äste teilen sich alsbald in zwei Zweige, von denen der dicke vordere nach vorn und unten zieht und sich in der Haut des unteren hinteren Rostrumteils verzweigt; eine oder zwei dieser Verzweigungen verliefen bisweilen nach hinten und zerfielen in der Wand der Mundhöhle in feine Ästchen (Fig. 7). Das III. Nervenpaar erschien nicht selten als zwei feine Stämmchen, welche nach dem Austritt aus dem Myoseptum 2—3 dorsale Ästchen abgaben; der feine ventrale Ast begab sich in diesen Fällen nach vorn und unten und zerfiel noch vor dem Rostrum in mehrere Hautästchen (Fig. 8 a und 8 b); an der Innervation des unteren hinteren Rostrumabschnitts beteiligte sich hierbei ein Zweig des IV. Nervenpaares oder aber

Zweige des stark entwickelten II. Paares. In seltenen Fällen endlich habe ich an meinen Präparaten beobachten können, dass die Rostrumhaut einen Teil der Nerven von Zweigen des V. Paares erhielt (Fig. 9). Das II. Paar war hierbei stark entwickelt, das III. und IV. Paar wurde von dünnen Stämmchen gebildet; das III. Paar begab sich nach dem Austritt aus dem Myoseptum nach oben und verzweigte sich, wie ein dorsaler Ast in der Flossenhaut; das IV. Paar war desgleichen schwach entwickelt und teilte sich nach dem Austritt aus dem Myoseptum in 1--2 dorsale und einen dünnen ventralen Ast. Die ersteren verzweigten sich in der Flossenhaut, der letztere zog nach vorn und unten gegen das Rostrum hin, erreichte jedoch gewöhnlich dasselbe nicht, sondern zerfiel in mehrere feine, für die Haut des vorderen Rumpfabschnittes bestimmte Ästchen (Fig. 9). Der Nervenstamm des V. Paares teilte sich alsbald nach Abgabe 3--4 dorsaler Ästchen in 2 dicke Zweige, von denen der eine nach vorn hin zog und in der Haut des hinteren unteren Rostrumteils in einzelne Ästchen zerfiel; der andere Zweig verlief nach unten und hinten zur Wand der Mundhöhle; von ihm zogen nicht selten 2--3 feine Ästchen zum Rostrum.

Aus der gegebenen Beschreibung der Nervenverteilung im Rostrum ist ersichtlich, dass an der Innervation desselben ausser dem I. und II. Nervenpaare und Ästchen des III. Paares sich auch das gesamte III. Paar und Teile des IV. oder V. sensiblen Nervenpaares beteiligen können.

Sämtliche, das Rostrum versorgende aus der Teilung der Nervenstämme hervorgegangene Ästchen verflochten sich unter einander in der oberflächlichsten Hautschicht und bildeten unmittelbar unter der Glasschicht der Haut ein dichtes Geflecht; die dickeren Ästchen anastomosieren ausserdem während ihres Verlaufs zur Haut mit einander.

Das III., IV., V. . . . VIII. Nervenpaar (Fig. 1) versorgen mit ihren Verzweigungen den vorderen, auf das Rostrum

folgenden Teil des Rumpfes, einen Teil der Rückenflosse und die Wand der Mundhöhle mit den Tentakeln. Die dorsalen, besonders jedoch die ventralen Äste dieser Nerven sind dicker als die entsprechenden Äste sämtlicher übrigen Nerven. Die grösste Mächtigkeit weisen gewöhnlich der IV., V. und VI. Nerv auf.

Die dorsalen Äste offenbaren den allgemeinen Charakter aller entsprechenden Äste; sie verzweigen sich in der Haut der Rückenflosse und des Rückens und gehören sämtliche den sensiblen Nerven an.

Die ventralen Äste (Fig. 1) enthalten sowohl sensible als auch motorische Nervenfasern; jeder Ast bildet nach dem Austritt aus dem entsprechenden Myoseptum einen mehr oder weniger stark gewölbten Bogen, dessen Convexität nach vorn gerichtet ist; am meisten convex gebogen erscheinen gewöhnlich die Äste des III., IV., V. und teilweise des VI. Nervenpaares. Die genannten Äste teilen sich in mehr oder weniger weiter Entfernung von der Austrittsstelle gabelförmig in zwei dicke und ebenso gebogene Zweige, welche längs den Seiten des Rumpfes entweder nach unten und etwas nach hinten — beim III., IV. und V. Nervenpaar — oder fast senkrecht nach unten (bisweilen auch nach vorne und unten) — beim VI., VII. und VIII. Nervenpaar — bis zum unteren Rande der seitlichen Rumpfmuskeln ziehen. Auf diesem Verlauf sondern sich von den erwähnten Nervenästen unter verschiedenen Winkeln einerseits kurze sich in den entsprechenden Hautteilen verästelnde Zweige andererseits recht lange mit den Hauptästen bis zum unteren Rande der Rumpfmuskeln verlaufende ab; an dem Muskelrande zerfallen die Hauptäste in der Regel in 2 — 3 — 4 Ästchen verschiedener Dicke, welche von rechts nach links in die Mundhöhlenwand eintreten. Einige der letzteren sind, soviel ich habe wahrnehmen können, oberflächlich an der äusseren Fläche der Mundhöhlenwand gelegen, andere und zwar dickere

Ästchen verlaufen im Gegenteil tiefer, näher zur inneren Fläche der letzteren. Sämtliche Ästchen ziehen jedoch nach vorn und unten zum Rande der Mundhöhle, wobei sie sich mehrfach teilen. Die auf diese Weise entstandenen verschieden dicken Nervenästchen verlaufen teilweise zum Mundrande, teilweise jedoch anastomosieren sie untereinander und bilden somit in der Mundhöhlenwand ein weitmaschiges Nervengeflecht. Die oberflächlichen sowie die dickeren tiefen Ästchen erreichen den Rand der Mundhöhle, zerfallen daselbst in eine grosse Anzahl verhältnismässig dicker Ästchen sowie feiner varicöser Fäden und bilden längs dem ganzen Mundrande zwei recht dichte Nervengeflechte — ein äusseres und ein inneres, das erstere ist an der äusseren (Fig. 1 und 10), das andere an der inneren Oberfläche des Randes der Mundöffnung (Fig. 1 und 11) angeordnet, wobei jedoch beide Geflechte untereinander vermittelt Anastomosen verbunden sind und gleichsam zwei unvollständige Nervenringe bilden (Fig. 1). An der Bildung des äusseren Geflechtes beteiligen sich hauptsächlich feine oberflächliche Ästchen der oben erwähnten Nervenpaare, an der Bildung des inneren tiefe, dicke Ästchen derselben. Das zweite Geflecht ist zuerst von Fusari beschrieben worden und als »inneres Netz« bezeichnet worden. Die Maschen beider Geflechte sind eng von unregelmässig vieleckiger Form; die von jedem Geflecht eingenommene Hautzone entspricht ungefähr dem Raum zwischen den Basen der Skeletteile in den Tentakeln und dem freien Mundrande. Zwischen den Randnervengeflechten ist ein zirkulärer Muskel, der Ringmuskel des Mundes gelagert. Von jedem Randgeflecht gehen Nervenästchen ab, welche in die Haut der Tentakel eindringen; entsprechend der Grössenzunahme der letzteren, d. h. in der Richtung von vorn nach hinten, nehmen auch die Nervenästchen an Mächtigkeit und Länge zu (Figg. 1, 10, 11, 12). Vom äusseren Geflecht verlaufen zu den Tentakeln weit mehr Ästchen, als von dem inneren, doch sind dieselben

dünnere als die Ästchen des inneren Geflechts. In den Tentakeln verlaufen die letzteren bis zu deren Spitzen und geben auf diesem Verlauf eine grosse Anzahl kurzer Seitenästchen ab, welche nach abermaliger Teilung sich untereinander verflechten und in der dünnen Hautschicht der Tentakel ein engmaschiges Geflecht bilden (Figg. 10, 12). Von den Randgeflechten, besonders von dem äusseren entpringen ausserdem noch feine Äste zu dem Ringmuskel des Mundes; hier zerfallen dieselben wie aus der Fig. 11 ersichtlich in eine Menge mehr oder weniger dünner varicöser Fäden, welche ein neues engmaschiges Geflecht bilden. Dieses ist gleichwie der von ihm umspinnene Muskel zwischen dem äusseren und inneren Randgeflecht gelagert und kann somit Zwischengeflecht genannt werden. Das innere Randgeflecht sowie dasjenige des Muskels habe ich besonders deutlich in den Fällen wahrnehmen können, wenn die eine Seite (die rechte oder linke) der Mundhöhlenwand mittelst einer Scheere entfernt worden war.

Bei der Betrachtung des *Amphioxus* von der linken Seite, auf welcher, wie oben erwähnt, die Nervenstämmchen des III., IV., V. und teilweise auch des VI. Paares bedeutend stärker entwickelt sind, als auf der rechten Seite und eine beträchtliche Dicke erreichen können, lässt sich leicht folgendes wahrnehmen. Erstens teilt sich der ventrale Ast des III. Nerven am unteren Rande der Seitenmuskeln gabelförmig in zwei dicke Äste; der eine vordere Ast biegt häufig nach vorheriger Abgabe 2 bis 3 Ästchen zum Rostrum und zum äusseren Geflecht bogenförmig um den Rand des Muskels herum, begiebt sich dabei mehr an der Innenfläche der Mundhöhlenwand gelagert auf die rechte Hälfte derselben und senkt sich alsdann schräg zum Rand der Mundöffnung herab. Hier sondert sich von dem genannten Aste ein Ästchen ab, welches die Basis des ersten Tentakels erreicht und von hier aus an dem rechten Mundhöhlenrande längs den Basen der Tentakelskeletteile verläuft, während

der Ast selber nach hinten und unten zieht (Fig. 1). An der Basis des 4., 5. oder 6. Tentakels vereinigt sich der letztere mit dem soeben beschriebenen Ästchen und verläuft an dem rechten Mundrande, wobei er ungefähr in der Höhe des von dem basalen Skelettteilen der Tentakeln gebildeten Ringes gelagert ist. Der andere hintere Ast dringt in die tiefe Schicht der linken Mundhöhlenwand, zieht nach hinten und unten, erreicht die Basis des 2. Tentakels, erstreckt sich darauf, in einer Höhe mit dem oben beschriebenen Ästchen gelagert, längs dem linken Rande der Mundhöhle und geht allmählich auf den rechten Rand herüber, wo er mit dem erwähnten Ast der rechten Seite zusammentrifft und sich demselben zugesellt (Fig. 1). Auf den Verlauf dieser Äste des III. linken Nerven an dem Randteil der Mundhöhle gesellen sich zu denselben allmählich unter spitzem Winkel Ästchen, welche aus der Teilung der ventralen Äste des IV., V., VI., VII. bisweilen auch des VIII. Nerven der rechten und linken Seite hervorgegangen sind, sowie ebensolche Ästchen des III. Nervenpaares. Die genannten Ästchen teilen sich gewöhnlich bevor sie sich den erwähnten Ästen des III. Paares beigesellen gabelförmig in 2 oder 3 Zweige. Längs dem gesamten Rande der Mundöffnung wird auf diese Weise ein geschlossener Nervenring oder richtiger ein Geflecht gebildet, welches eine schmale Zone im Gebiet der Basen des Tentakelskeletts einnimmt; dasselbe besteht aus relativ dicken Ästen.

Von diesem Nervenring oder Geflecht gehen Ästchen ab, welche das bereits oben beschriebene Randgeflecht bilden. Dieses unterscheidet sich von dem äusseren Geflecht hauptsächlich dadurch, dass es gleichsam in eine gewisse Anzahl von Abschnitte geteilt ist, wobei jeder Abschnitt (Fig. 1 und 11) zwischen der Basis des Skeletts eines Tentakels und den Verlängerungen dieses und der mit ihm benachbarten Basis, sowie dem entsprechenden Randteil der Mundhöhle gelagert ist. Die Maschen dieses Geflechts sind mehr oder weniger parallel der

Längsaxe der Skelettteile der Tentakeln ausgezogen; das Geflecht besteht aus Ästchen verschiedener Dicke, den dickeren von ihnen sind flache, kernhaltige Zellen angelagert. Vermittelst einer geringen Zahl von Anastomosen vereinigen sich die einzelnen Abschnitte des inneren Randgeflechtes miteinander, so dass de facto die einzelnen Abschnitte ein Geflecht bilden.

Zum Randteil der rechten Mundhöhlenwand gehen nicht selten zwecks Bildung des inneren Nervengeflechtes Äste des III. und IV. spinalen Nervenpaares oder aber vorwiegend Äste des IV. Paares. Im ersteren Fall teilt sich das III. Nervenpaar bald nach dem Austritt aus dem Myoseptum gabelförmig in 2 Äste — einen vorderen und einen hinteren. Der vordere Ast zieht nach vorn und unten und teilt sich unterhalb des unteren Randes des Rumpfmuskels in zwei Zweige, von denen der eine sich in der Haut des unteren hinteren Rostrumabschnittes verzweigt, während der andere tiefe zum linken Mundhöhlenrande verläuft. Der zweite hintere Ast des III. Nervenpaares teilt sich in der Nähe des unteren Randes des Rumpfmuskels in einen oberflächlichen und einen tiefen Zweig; der erstere dünnere verläuft nach unten zum linken Mundhöhlenrande und gesellt sich dem oben beschriebenen ähnlichen Ästchen zu, der zweite dicke und tiefe Zweig biegt um den linken Rand der Rumpfmuskeln, woselbst er mit dem vorderen Ast des IV. Paares zusammentrifft und sich mit demselben zu einem dicken Ast vereinigt; alsdann zieht derselbe auf die rechte Seite der Mundöffnung, senkt sich allmählich schräg zu dem Rande der letzteren hinab und teilt sich bisweilen auf seinem Verlauf gabelförmig; nachdem jedoch die auf diese Weise entstandenen Teiläste die Basen der Tentakelskelettteile auf der Höhe des 3., 4. oder 5. Tentakels erreicht haben, vereinigen sie sich wiederum zu einem Ast, welcher den rechten Rand der Mundöffnung umgiebt. Auf der Höhe der erwähnten Tentakel sondert sich von diesem Ast gewöhnlich ein feines Ästchen ab, welches

längs dem rechten Rand nach vorn verläuft und an der Basis des ersten Tentakels auf den linken Rand hinüberzieht, wo es sich mit einem der tiefen Ästchen des III. linken Paares verbindet.

Das IV. Paar teilt sich am Rande der Seitenmuskeln in zwei dicke Äste, von denen der eine (vordere), wie bereits oben erwähnt, sich mit dem hinteren Ast des III. Paares vereinigt, während der andere zum Velum zieht; von letzterem sondert sich gewöhnlich ein Ästchen ab, welches an der Bildung des linken Nervenringes teilnimmt. Die ventralen Äste des IV. und V. linken Nervenpaares zerfallen, wie oben angegeben, an dem unteren Rande der Rumpfmuskeln in mehrere verschiedene dicke Äste, von denen einige zum Randteile der Mundhöhle hinziehen, wo sie an der Bildung des Randgeflechtes teilnehmen, während ein Nervenast, gewöhnlich der mächtigste, um den Rand der Rumpfmuskeln biegt und nach hinten und oben zum Ringmuskel des Velum verläuft (Fig. 13); an demselben verlaufen die genannten Äste des IV. und V. Paares nach unten und zerfallen alsdann allmählich in eine grosse Zahl von Ästchen, welche ein dichtes, für den Ringmuskel bestimmtes Nervengeflecht bilden (Fig. 13). Nicht selten entspringen die betreffenden Äste auch aus dem V., VI., VII und aus dem Ramus visceralis des VIII., bisweilen sogar aus einem Ramus visceralis des ventralen Astes des IX. Paares; gewöhnlich entsenden jedoch die Rami viscerali des VIII. und IX. Paares nur feine Ästchen zum Velum (Fig. 13b). Im Fall der oben beschriebenen Anomalien des III. und IV. Nervenpaares finden natürlich dementsprechende Abweichungen in der Innervation der Wandungen der Mundhöhle statt; ist z. B. das III. Paar schwach entwickelt und innerviert es ausschliesslich das Rostrum, so nimmt seine Stelle das IV. Paar ein.

Der mittlere Rumpfteil des Amphioxus, von dem Ringmuskel an bis zum Porus abdominalis, wird von den dorsalen

und ventralen Ästen des VII., VIII. oder IX. bis zu dem XXXIX. oder XLI. Nervenpaares einschliesslich versorgt (Fig. 2). Sämtliche dorsale Äste dieser Nerven sind recht gut entwickelt und verzweigen sich in der Haut der Rückenflosse und des Rückens. Die ventralen Äste sind dicke längs den Seitenteilen des Rumpfes hinziehende Stämmchen, welche auf ihrem Verlauf verschieden lange und verschieden dicke Ästchen zur Haut abgeben und in der Mehrzahl der Fälle am unteren Rande des Rumpfmuskels oder in einiger Entfernung von demselben unter spitzen Winkeln in 2 — 3 — 4 Zweige zerfallen. Einige von ihnen ziehen weiter nach unten und teilen sich gabelförmig in dünnere Ästchen; die letzteren verzweigen sich teilweise in der Bauchhaut, teilweise erreichen sie den Rand der Längsfalte, biegen bogenförmig nach innen und zerfallen endlich in den Falten in eine grosse Anzahl von Hautästen. Dieselben sind ausschliesslich aus sensiblen Fasern zusammengesetzt und stellen die sog. *Rami cutanei* der ventralen Äste dar (Fig. 2). Die übrigen ein oder zwei Zweige der ventralen Äste dringen in die Kiemenhöhle ein und bilden die *Rami viscerales* derselben; jeder von ihnen teilt sich seinerseits in ein absteigendes Ästchen, *R. visceralis descendens*, oder (nach Heymans) den queren Visceralnerv und in ein aufsteigendes Ästchen, *R. visceralis ascendens* (Fig. 2).

Der absteigende Ast (Fig. 2, 14 und 16) (querer Visceralnerv) eines jeden Nerven dringt in die Kiemenhöhle ein, biegt nach innen um und verläuft auf der Oberfläche des Bauchmuskels in querer Richtung zur Mittellinie, den gleichen Ästen der anderen Seite entgegen. Auf seinem Verlauf giebt jeder dieser Äste eine grosse Anzahl verschieden dicker Seitenästchen ab, welche sich vielfach teilen, unter einander und mit den entsprechenden Verzweigungen benachbarter absteigender Äste verflechten und ein engmaschiges Geflecht bilden, welches

sich sehr leicht in Methylenblau färbt. Das Geflecht ist zunächst über den Kiemen oder den Geschlechtsorganen, falls letztere bereits entwickelt sind, gelagert, darauf liegt es jedoch unmittelbar der oberen (dorsalen) Fläche des Bauchmuskels auf. Die Maschen derselben haben eine unregelmässige vieleckige Form und sind besonders eng um den *Porus abdominalis* herum (Fig. 2, 14 und 16). Die Ästchen bestehen je nach ihrer Dicke aus einer grösseren oder geringeren Menge von Fibrillen, die aus einem Ästchen in andere benachbarte übergehen; in den durch die Vereinigung der Ästchen gebildeten Winkeln sind kleine ovale oder dreieckige Kerne eingelagert, welche sich häufig mit Methylenblau färben und in Folge dessen sehr deutlich hervortreten. Von den das Geflecht bildenden Ästchen gehen ausserdem sehr dünne Fäden ab, welche von einem Ästchen zum andern herüberziehen und damit die Maschen des Geflechts noch mehr einengen. Diese feinen, bisweilen varicösen Fäden sind bereits von *Fusari* an mit Goldchlorid bearbeiteten Präparaten gesehen und beschrieben worden. Ausser diesen Fäden sondern sich jedoch von dem Geflecht, welches als das *ventrale Grundgeflecht* zu bezeichnen wäre, noch weitere feine Ästchen und Fäden ab, welche zu dem queren Bauchmuskel ziehen und in eine grosse Anzahl sich vielfach teilender feinsten Fädchen zerfallen, die mit kleinen varicösen Verdickungen besetzt sind (Fig. 14 und 15). Diese Fädchen umspinnen soweit ich wahrnehmen können, den queren Muskel in einem äusserst dichten Geflecht, welches durchaus dem von mir beschriebenen Geflecht in dem Ringmuskel des Mundes analog ist. Ob nun von diesem Geflecht irgendwelche Fädchen abgehen, die auf der Oberfläche der Muskelfasern endigen, habe ich nicht feststellen können. Ihrem Charakter nach erinnern die Verzweigungen der visceralen Äste der ventralen Nerven wie es mir scheint an das Verhalten der Nerven zu den glatten Muskeln bei höheren Tieren. *Heymans* weist da-

rauf hin, dass von dem Nervengeflecht (dem Grundgeflecht nach meiner Bezeichnung) sich Fasern absondern, welche in die Zwischenräume zwischen den Lamellen des queren Muskels eindringen und mit Anschwellungen analog den Endigungen der Nervenfasern in den glatten Muskeln endigen. Ungeachtet einer ausgezeichneten Nervenfärbung habe ich jedoch niemals sehen können, dass unmittelbar vom Grundplexus Nervenfasern in die Septa zwischen den Muskelfasern abgingen und auf den letzteren mit Verdickungen endigten. Heymans nimmt ferner an, dass in den Fasern dieses Muskels, obgleich er den quergestreiften Muskeln zugezählt wird, eine Querstreifung wie in den Fasern der seitlichen Rumpfmuskeln nicht wahrzunehmen ist. Auf meinen, nach Apathy's Verfahren bearbeiteten Präparaten sowie auf Schnitten von Präparaten, die in dem Gemisch von Lenhossèk fixirt und nach M. Heidenhain gefärbt waren habe ich ohne Mühe eine deutliche Querstreifung der Fasern des queren Muskels feststellen können, welcher somit seinem Bau nach unzweifelhaft zu den quergestreiften Muskeln gehört.

Die vom Grundgeflecht sich absondernden, oben beschriebenen feinsten Nervenfädchen färben sich mit Methylenblau sehr schwer, so dass sie nur auf sehr günstigen Präparaten wahrnehmbar sind. Damit erklärt es sich, wahrscheinlich, dass z. B. Heymans in seiner Monographie weder Zeichnungen noch eine genauere Beschreibung dieser den Bauchmuskel umflechtenden Fädchen giebt. Das Grundgeflecht wird gewöhnlich in der Richtung von vorn nach hinten allmählich dichter, beim *Porus abdominalis* endlich besteht es aus äusserst engen Maschen (Fig. 2), wobei es die erwähnte Öffnung umflecht. An der Bildung dieses Geflechtes nehmen die Verzweigungen der absteigenden Äste der letzten zwei Paar dorsaler Rumpfnerven, d. h. des XXXIX. und des XL. Paares, bisweilen auch des XXXVIII. und XXXIX. teil. Ausserdem jedoch sondern sich von dem XLI. und XLII. oder vom XL und XLI. Nerven-

paar dicht am Rande des seitlichen Rumpfmuskels ein oder zwei viscerale Ästchen ab, welche um den Rand des Muskels biegen, in Windungen zum Porus abdominalis hinziehen und desgleichen an der Bildung des erwähnten Geflechts (Fig. 17) teilnehmen.

Die aufsteigenden Äste (Fig. 2 und 16) entspringen von den ventralen Nerven, angefangen vom IX. bis zum XXXI. Paar inclusive. In Gestalt ziemlich dicker Stämmchen biegen dieselben um den unteren Rand der seitlichen Rumpfmuskeln und verlaufen in der Mehrzahl der Fälle in der Richtung nach vorn und oben; nach Bildung eines Bogens ziehen sie alsdann nach oben und hinten zum Lig. denticulatum und teilen sich in mehrere feine Ästchen; diese zerfallen ihrerseits in feine, mit Varicositäten besetzte Fäden, die in den Kiemenbögen nach vorn und unten verlaufen, wobei sie in dem die Unterlage des Epithels der Kiemenbögen darstellenden Bindegewebe gelagert sind. Am Ende der Kiemenbögen teilen sich die Fäden nicht selten gabelförmig in zwei feinste Fädchen mit bogenförmigem Verlauf (Fig. 16). Gewöhnlich ziehen diese Nervenfasern nach unten mehr oder weniger parallel der Richtung der das Gerüst des Kiemenkorbes darstellenden derben Stäbchen. An Methylenblau- sowie an Golgi-Präparaten lässt sich ausserdem leicht wahrnehmen, dass von diesen Nervenfasern sich ausserdem auf dem ganzen Verlauf derselben eine grosse Anzahl varicöser Fädchen verschiedener Dicke absondert. Dieselben teilen sich wiederum mehrfach, ziehen längs den Querleisten des Kiemenkorbes von einem Kiemenbogen zum andern (Fig. 17), verflechten sich unter einander und bilden ein dichtes Nervengeflecht, welches, soviel ich nach meinen Präparaten beurteilen kann, unter dem Epithel in dem subepithelialen Bindegewebe gelegen ist.

Besondere Beachtung verdient jedoch, meiner Meinung nach, die Thatsache, dass im Verlauf der dickeren Ästchen dieses Geflechtes besondere Nervenzellen eingelagert sind, derer, soviel

mir bekannt kein Forscher des Nervensystems vom Amphioxus Erwähnung thut. Auf Methylenblaupräparaten ist bereits zu sehen, dass den längs den Querleisten des Kiemenkorbes verlaufenden Nervenästchen, recht grosse runde oder ovale Kerne anliegen (Fig. 16), um welche bisweilen eine geringe Menge Protoplasma zu erkennen ist. Welcher Art Zellen diese Kerne angehören lässt sich jedoch nur an Längsschnitten durch nach Golgi bearbeitete Amphioxus feststellen. Auf derartigen Präparaten lässt es sich erkennen, dass die genannten Kerne kleinen spindelförmigen und eckigen Zellen angehören, von deren Ecken einige (3—6 und mehr) recht dicke Fortsätze abgehen, welche allmählich in eine grosse Anzahl feiner varicöser und sich von neuem teilender Zweige zerfallen (Fig. 18). Bisweilen ist ein Fortsatz dünner und länger als die übrigen; derselbe teilt sich auch in eine gewisse Anzahl Ästchen, erinnert jedoch gewissermaßen an einen Nervenfortsatz. Nichtsdestoweniger bin ich der Meinung, dass sämtliche Fortsätze dieser Zellen unter einander gleich sind, und wenn auch der eine oder andere dünner und länger erscheint, so hängt dieses wahrscheinlich von dem angewandten Verfahren ab. Sämtliche Fortsätze gesellen sich gewöhnlich den in den Kiemenbögen gelagerten Nervenästchen und -fäden zu und verlieren sich unmerklich zwischen denselben. Diese Nervenzellen werden, so viel ich habe wahrnehmen können, überall im Kiemenkorb längs den Nerven angetroffen bis dicht an der Anheftungsstelle des Kiemenkorbes an das Lig. denticulatum. Was nun die Frage anbetrifft, welcher Zellenart diese sternförmigen Elemente zuzurechnen sind, so halte ich dafür, dass dieselben den sympathischen Zellen im Darmgeflecht des Neunauges (Sakusseff¹⁾) analog und dass wahrscheinlich der-

¹⁾ Über die Nervenendigungen am Verdauungskanal der Fische. Arbeiten der Naturforscher-Gesellschaft in St. Petersburg; zool. u. physiol. Abteilung, Bd. XXVIII, Lief. 4.

artige Zellen auch im Verlauf der Eingeweidennerven, vielleicht auch der Ästchen des Bauchgeflechtes angeordnet sind. Da sich diese Zellen jedoch äusserst schwer färben, so kann ihre Anwesenheit vorläufig nur in dem Kiemengeflecht wahrgenommen werden.

Sämtliche von den dorsalen Nerven des hinteren der Kiemenbögen entbehrenden Rumpfteils abgehende visceralen Äste geben desgleichen nicht nur absteigende, sondern auch aufsteigende Ästchen ab. Darauf weist bereits Heymans hin, doch gelang es ihm nicht den Lauf derselben zu verfolgen; nach meinen Beobachtungen begeben sich die erwähnten Ästchen unzweifelhaft zum Darmkanal, worüber weiter unten ausführlich berichtet werden wird.

Den Schwanzteil des Amphioxus (Fig. 3) innervieren die dorsalen und ventralen Äste sämtlicher übrigen dorsalen Nerven angefangen vom XXXIX. resp. XL. Paar. Die dorsalen Äste sind überhaupt stark entwickelt, besonders jedoch im Gebiet der oberen und unteren Flosse und des Anus. Sie verlaufen teils senkrecht, teils schräg nach oben und verzweigen sich hauptsächlich in der Rücken- und Flossenhaut, wobei die gegenseitigen Äste sich einander auf ihrem Verlauf zum scharfen oberen Rückenrande allmählich nähern. Die dorsalen Äste der 2—3 letzten Nervenpaare sind stark nach hinten gegen das Schwanzende geneigt und erstrecken sich fast parallel demselben. Die ventralen Äste sind dünner als die des Rumpfes und ziehen von dem XL. bis XLI. Paar an fast gerade nach unten, bilden alsdann einen nach vorn convexen Bogen und verlaufen darauf nach unten und hinten; die ventralen Äste der letzten zwei Nervenpaare ziehen nach unten und stark nach hinten.

Vom Anfangsteil eines jeden Nervenastes an bis zum unteren Rande der Rumpfmuskeln sondern sich allmählich Seitenäste ab, welche sich in der Haut des Schwanzteils verzweigen. Am Rande des Muskels oder in einiger Entfernung

von demselben teilt sich ein jeder Hauptast unter spitzem Winkel in 2 — 3 — 5 feinere Ästchen; von diesen verlaufen 1 — 2 — 3 unter allmählicher Teilung zur Haut der unteren Flosse, woselbst sie in ihre Endäste zerfallen (Fig. 3). Die übrigen (1 — 2 — 3) Ästchen der ventralen Zweige sämtlicher übrigen Nervenpaare vom XL. resp. XLI. bis zum LIII. resp. LIV. inclusive biegen um den unteren Rand der Muskelsegmente und ziehen entweder nach oben oder nach vorn resp. hinten und oben und stellen die aufsteigenden visceralen Ästchen dar (Fig. 3 und 9a und 9b). Gewöhnlich sind sie von verschiedener, bisweilen von beträchtlicher Dicke; die Ästchen des XL. und XLI. Nervenpaares steigen längs der inneren Oberfläche der Muskelsegmente herauf und beteiligen sich an der Bildung des Grundgeflechts des ganzen Muskels. Die aufsteigenden Äste der Nervenpaare vom XLI.—XLII. an ziehen nach oben und zerfallen allmählich in eine grosse Zahl sich wiederholt teilender Ästchen, welche den ganzen Enddarm bis zum Anus umflechten. Die Wand des Anus innervieren Ästchen des LI., LII. und LIII. Nervenpaares; sie zerfallen in zahlreiche äusserst feine, leicht varicöse Fädchen, die sich unter einander verflechten und ein dichtes Geflecht in der Anuswand bilden (Fig. 3). Das Verhalten der aufsteigenden visceralen Äste zum Enddarm tritt besonders deutlich hervor, wenn im Darm einige Menge Inhalt nachgeblieben ist.

Nicht selten biegen jedoch sämtliche oder einige aufsteigende viscerele Ästchen nach der Ablösung von dem ventralen Ast am Rande der seitlichen Rumpfmuskeln oder in einiger Entfernung von denselben, nicht um den Rand der Muskelsegmente herum, sondern dringen durch die Myosepta in geringerer oder weiterer Entfernung vom Rande der Segmente, um sich alsdann zur Wand des Enddarms zu begeben (Fig. 19a u. 19b). Wenn nun sämtliche aufsteigenden visceralen Äste eines Nervenpaares in der eben beschriebenen Weise verlaufen, so können sie leicht

die falsche Vorstellung erwecken, dass die hinteren Nervenpaare die genannten Ästchen vollkommen entbehren.

Nachdem ich nun den Verlauf sämtlicher ventralen Spinalnervenpaare, soweit er sich aus meinen Präparaten klarstellen liess, beschrieben und auf das Verhalten derselben zu dem Ringmuskel des Mundes, zum queren Bauchmuskel und zu den Kiemen hingewiesen habe, möchte ich noch einige Abweichungen des normalen Verlaufs der Spinalnerven berühren. Häufig nähern sich zwei benachbarte ventrale Äste zweier spinaler Rumpf- oder Schwanznerven, z. B. XXXVI und XXXVII resp. anderer mehr oder weniger nahe bei der Durchtrittsstelle durch die entsprechenden Myosepta einander allmählich und vereinigen sich, worauf sie sich wieder trennen und in gewöhnlicher Weise weiter verlaufen. Durch die Vereinigung wird somit eine X-Figur gebildet; an der Vereinigungsstelle findet ein Tausch der Nervenfasern statt. Nicht selten geht von einem ventralen Ast unter spitzem oder rechtem Winkel eine ihm an Dicke gleichkommende Anastomose ab, die sich zum benachbarten ventralen Ast biegt und sich mit demselben vereinigt, wodurch die Figur eines ∇ oder H gebildet wird. Diese Anastomose habe ich häufig an den Ästen des XXXVIII und XXXIX. oder des XXXIX. und XL., sowie anderer spinaler Nervenpaare beobachtet. In vielen Fällen habe ich wahrnehmen können, dass von einem spinalen Nerven, nach der Teilung desselben in einen dorsalen und ventralen Ast, in fast querer Richtung ziemlich dicke Ästchen zu der entsprechenden Stelle des benachbarten Nerven hinzogen (Fig. 19c). Derartige Ästchen könnten Rami communicantes der Spinalnerven genannt werden. Bisweilen ist endlich eines der ventralen Ästchen schwach entwickelt und innerviert bloß einen unbedeutenden Hautabschnitt. In diesen Fällen ist einer der benachbarten ventralen Äste stärker als gewöhnlich entwickelt: er erscheint dicker und giebt einen mehr oder weniger dicken Zweig zu dem Hauptgebiet ab,

welcher von dem unentwickelten ventralen Ast nicht versorgt wird. Häufig sind auch zwei dem unentwickelten Ast benachbarte ventrale Äste dicker als gewöhnlich und beide entsenden Zweige zu demjenigen Hautgebiet ab, welche von dem unentwickelten Ast nicht innerviert wird. Nicht selten fehlen überhaupt an einem Spinalnervenpaare die ventralen Äste; dieselben werden alsdann von entsprechend langen und dicken Ästen benachbarter Nervenpaare ersetzt, welche vor oder unmittelbar nach der Teilung der letzteren in dorsale und ventrale Äste von ihnen abgehen. Die beschriebenen Anomalien sind häufig symmetrisch, d. h. sowohl auf der rechten als auch auf der linken Körperseite des Tieres.

Spinalganglienzellen (Fig. 20—23). Bei der Durchsicht hunderter Exemplaren von erwachsenen *Amphioxus* nahm ich wahr, dass ausschliesslich des ersten Nervenpaares, sämtliche Spinalnerven mit besonderen Gebilden, welche an die Spinalganglien der Wirbeltiere erinnern, in Verbindung stehen. Die genannten Gebilde färben sich mit Methylenblau oder Toluidinblau, je nach der Einwirkungsdauer des Farbstoffs auf dieselben, mehr oder weniger intensiv; bisweilen treten sie un-
gemein deutlich in die Erscheinung.

Zwecks Färbung dieser Gebilde führte ich lebende *Amphioxus* in eine physiologische Kochsalzlösung über, welcher so viel einer 1 procentigen Methylenblaulösung oder einer gesättigten Toluidinblaulösung zugesetzt war, dass dieselbe eine dunkelblaue oder dunkelviolette Farbe erhielt. In der genannten Lösung müssen die Tiere 3—6 Stunden verbleiben; 1 Stunde vor der Beendigung der Färbung nahm ich dieselben heraus und brachte sie auf Objectträger, wobei ich sie von Zeit zu Zeit mit derselben Lösung anfeuchtete. In Seewasser, welchem Methylenblau oder Toluidinblau zugesetzt ist, färben sich diese Gebilde nicht, selbst wenn die Tiere 1—4 Tage in demselben verbleiben; sehr selten ist eine schwache Färbung einiger Ge-

bilde zu erkennen. In Goldchlorid¹⁾ färben sie sich verhältnismässig leicht und treten sehr deutlich hervor; zu dem Zweck jedoch muss der Amphioxus mit einem scharfen Rasiernmesser der Länge nach geteilt werden und aus ihm vorsichtig die Rumpfmuskulatur und die Chorda dorsalis nach Möglichkeit entfernt werden. Der Grund, weswegen die Spinalganglienanlagen in einer physiologischen Kochsalzlösung nach Zusatz der oben erwähnten Farbstoffe zu derselben sich am leichtesten färben, liegt möglicherweise darin, dass unter der Einwirkung dieser Lösung sich stellenweise das Oberflächenepithel ablöst, infolge dessen der Farbstoff leichter in die Gewebe eindringt als bei intactem Epithel.

Die genannten Gebilde sind unmittelbar an der Austrittsstelle der Spinalnerven aus den Myosepta und nicht an der Austrittsstelle derselben aus dem Rückenmark gelagert; sie liegen somit, wie Hatschek mit Recht constatiert sehr oberflächlich in dem Bindegewebe der Haut. Infolge dieser oberflächlichen Lagerung sind sie äusserst deutlich bei Betrachtung in toto des mit Methylenblau oder Toluidinblau gefärbten Amphioxus wahrnehmbar; aus demselben Grunde lassen sie sich auch leicht in Zusammenhang mit den Nervenstämmchen isolieren, wenn man bei einem gefärbten und in Ammoniumpicrat fixierten Tiere vorsichtig die Haut von den unterliegenden Teilen abtrennt, die Nervenstämmchen lösen sich in diesen Fällen mit-samt den erwähnten Gebilden zusammen mit der Haut ab.

Diese Gebilde bestehen aus einer Anhäufung oder einer Gruppe besonderer augenscheinlich Zellelemente; an jedem Spinalnerven (ausgenommen, wie erwähnt, des ersten Paares) sind zwei Gruppen dieser Elemente angeordnet. Die eine der-

¹⁾ Das Tier wurde zunächst in Citronensaft (für 10–15 Min.) eingelegt, darauf für 25–30 Min. in eine $\frac{1}{2}$ procentige Goldchloridlösung und schliesslich in Ameisensäure (1 Teil auf 4 Teile aq. dest.) für 12–24 Stunden bis zur Reduction des Goldes übergeführt.

selben liegt an dem ventralen, die andere an dem dorsalen Ast, fast unmittelbar an der Austrittsstelle derselben aus dem Myoseptum (Fig. 20—21). Nicht selten liegt jedoch einem Spinalnerven eine Gruppe dieser Elemente und zwar am häufigsten dem dorsalen Ast an, oder aber wenn die Teilung des Nerven in einem ventralen oder dorsalen Ast nach dem Austritt desselben aus dem Myoseptum erfolgt im Teilungswinkel (Fig. 20).

Jede Gruppe besteht aus 3—5 oder 6—7, bisweilen auch mehr Elementen; in der Mehrzahl der Fälle sind die Gruppen nicht an den dorsalen oder ventralen Ästen selber der Spinaläste angeordnet, sondern an den Teilungswinkeln der dorsalen Äste in dünnere Zweige resp. an den Abgangsstellen dünnerer Zweige von dem Anfangsteil der ventralen Äste. Ausser an diesen hauptsächlich und beständigen Anhäufungsstellen dieser Elemente lassen sich fast an jedem Spinalnervenpaare noch einzelne Elemente oder kleinere Gruppen zu 2—3—4 Elemente an recht weit von der Austrittsstelle der dorsalen oder ventralen Äste aus dem Myoseptum gelegenen Gebieten auffinden (Fig. 20). Dieselben hängen sowohl an den Hautzweigen der dorsalen Äste als auch an den Hautstämmen, sowie an den Hautzweigen der ventralen Äste wie die Beeren an den Stielen. Einzelne Elemente wurden sogar an den Hautzweigen der ventralen Äste in der Nähe des unteren Randes der seitlichen Rumpfmuskeln, d. h. beträchtlich weit von dem gewöhnlichen Fundort derselben angetroffen. Die Form dieser Elemente ist äusserst mannigfaltig: rund, oval, birnförmig, pilzförmig, bisweilen unregelmässig; im letzteren Falle erinnern sie ihrer Form nach an die Zellen mit keulenförmigen Fortsätzen, welche zuerst von mir in den Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere beschrieben worden sind (Fig. 20—22). Eine jede Gruppe dieser eigentümlichen Elemente umgibt, soviel ich habe wahrnehmen können, einen oder mehrere Nervenzweige oder aber den ventralen oder dorsalen Hauptast, wobei sie dem letzteren

fest anliegt; infolge dessen wird nicht selten ein Anblick erhalten, als durchziehe ein Nervenzweig eine Gruppe derartiger Elemente. Bei genauerer Beobachtung des Verhaltens einzelner Elemente einer Gruppe ist es nicht schwer festzustellen, dass einzelne von ihnen mit ihren verschmälerten Teilen den Nervenästchen unmittelbar anliegen, andere sich mit letzteren vermittels eines mehr oder weniger kurzen und dicken Fortsatzes verbinden (Fig. 20—22). Dasselbe lässt sich auch von den einzelnen im Verlauf der Nervenästchen gelegenen Elementen aussagen. Die Grösse der Elemente schwankt beträchtlich, neben kleinen von 0,008—0,016 mm werden Elemente von beträchtlicher Grösse bis zu 0,032—0,056 mm angetroffen. Die Menge der einzelnen oder zu Gruppen im Verlauf eines Spinalnervenpaares angeordneten Elemente, steht meinen Beobachtungen nach, in enger Beziehung zu der Dicke der dorsalen und ventralen Äste eines Nervenpaares. Den ersten Paaren (besonders dem II. VIII., X. Paar) gehören somit eine grössere Menge und ausserdem grössere Elemente zu; an den Schwanznerven werden vorwiegend kleine Elemente angetroffen, welche zudem sich nicht in dermaßen grosse Gruppen wie an den vorderen Nervenpaaren anordnen. Die Gruppen dieser Elemente sind symmetrisch auf der rechten und linken Seite des Tieres gelagert, was leicht an einem Exemplar festgestellt werden kann, wenn man dasselbe bei schwacher Vergrösserung zunächst von der einen und dann von der anderen Seite betrachtet. Noch besser kann man sich von der symmetrischen Lagerung der genannten Gebilde überzeugen, wenn man das vordere oder hintere Körperende eines gefärbten und in pikrinsaurem Ammonium fixierten Tieres vorsichtig auf die Bauchseite stellt und darauf unter einem leichten Druck auf das Deckglas dermaßen ausbreitet, dass beide Körperseiten des Tieres teilweise sichtbar sind. Die vermittels einer Zeichenkammer möglichst genau angefertigten Figg. 20, 21 können besser als jegliche Beschreibung eine Vorstellung von

der Form der Grösse und der Anordnung der genannten Elemente geben.

Was nun endlich die Frage nach der feineren Structur dieser Elemente, welche die von mir als Spinalganglienanlagen angesprochenen Gebilde zusammensetzen, anbetrifft, so habe ich dieselbe leider aus Mangel an Material nicht genügend studieren können. Bei genügender Färbung erscheinen diese Elemente mehr oder weniger intensiv tingiert; ungefärbt oder sehr schwach gefärbt bleibt nur derjenige Abschnitt eines jeden Elementes, von welchem ein mehr oder weniger dicker Fortsatz abgeht oder welcher unmittelbar einem Nervenästchen anliegt. Bei der Betrachtung mit starken Vergrösserungen lässt sich wahrnehmen, dass an der Zusammensetzung der Elemente eine grosse Anzahl feiner und gröberer Körnchen (Schollen) von runder oder ovaler Gestalt teilnimmt; letztere färben sich gewöhnlich in Methylenblau sehr intensiv, infolge dessen sie den Elementen ein körniges Aussehen verleihen; sie ähneln durchaus den Tigroidkörnern der Nervenzellen (Fig. 22). Die Körner und Schollen sind augenscheinlich in einer homogenen Substanz eingelagert, in welcher es mir nicht gelang, die Anwesenheit von Fibrillen festzustellen, möglicherweise weil keine ausreichende Färbung erzielt werden konnte. Wie bereits oben erwähnt wurde, verbinden sich diese Gebilde mit den Nervenstämmchen und -ästchen mittelst grösstenteils kurzer und beträchtlich dicker Fortsätze, oder aber sie sind den Ästchen dicht angelagert (Fig. 22). In letzterem Fall lässt sich dennoch bei sorgfältiger Untersuchung ein sehr kurzer und breiter Fuss, welcher gleichsam mit dem Nervenästchen zusammenfliesst, erkennen. Über das weitere Schicksal der Fortsätze kann ich vorläufig nichts Bestimmtes aussagen.

In einigen Elementen kann man ein oder zwei runde oder ovale Kerne wahrnehmen, die entweder schwächer oder stärker als die umgebende Substanz gefärbt sind (Fig. 22 d); im all-

gemeinen muss jedoch gesagt werden, dass die Kerne bei weitem nicht in allen Elementen deutlich sichtbar sind. Möglicherweise ist dieser Umstand von der Anwesenheit einer grossen Zahl gefärbter Körner und Schollen, welche den Kern verdecken, bedingt, oder aber der Kern färbt sich schwer mit Methylenblau oder Toluidinblau.

Behufs Klarlegung der Structur dieser Elemente fixierte ich Amphioxusexemplare in verschiedenen Flüssigkeiten (Sublimat, Alkohol mit Formalin, Osmiumsäure u. a.), bettete sie in Celloidin und Paraffin ein und fertigte Serien von Längs- und Querschnitten an. An den mit verschiedenen Farbstoffen gefärbten Schnitten waren jedoch diese Elemente nur in seltenen Fällen deutlich sichtbar, infolge dessen der Bau derselben nicht studiert werden konnte. Dasselbe gilt auch von Schnitten, welche mit Goldchlorid nach Apathy's Verfahren behandelt worden sind.

In Anbetracht dessen, dass erstens diese, die Spinalganglienanlagen bildenden Elemente nur an denjenigen Exemplaren des Amphioxus vollkommen deutlich hervortreten, welche in schwachen Methylenblaulösungen (in physiologischer Kochsalzlösung) gefärbt oder mit Goldchlorid behandelt worden sind, dass zweitens in denselben die Anwesenheit von Kernen schwer festgestellt werden kann, neigte ich lange Zeit dahin, dieselben für Kunstproducte zu halten. Die engen Beziehungen der Fortsätze dieser Gebilde zu den Nervenstämmchen, ihre symmetrische Anordnung die allmähliche Grössen- und Mengenabnahme derselben in der Richtung vom Kopf zum Schwanz des Tieres, ihr Fundort, die Anwesenheit von Körnern und Schollen, bisweilen auch von Kernen in denselben und anderes sprechen, wie mir scheint, mehr zu Gunsten dessen, dass diese Elemente in der That vorhanden und keine Kunstproducte sind.

Würden diese Gebilde infolge der Einwirkung der mit Methylenblau versetzten physiologischen Kochsalzlösung entstanden sein, so würden dieselben nicht an bestimmten Stellen

auftreten, sondern überall im Verlauf der Nerven; bei einer Verlängerung der Aufenthaltsdauer der Tiere in der Lösung müsste auch ein Zunehmen der Zahl der einzelnen Elemente sowie der Gruppe derselben zu erwarten sein. Statt dessen habe ich jedoch wahrgenommen, dass nach einem Verbleib der Tiere in der Lösung im Verlauf eines Tages (in der Kälte); diese Elemente in der Mehrzahl der Fälle ungefärbt blieben oder schwach gefärbt erschienen, wobei ihre Menge, ihre Gestalt, der Fundort u. a. unverändert sich erhielten. Die genannten Elemente färben sich ferner gut mit Goldchlorid, sind bisweilen an mit Osmiumsäure behandelten Tieren sichtbar und sind in beiden Fällen dort zu finden, wo sie auch an Methylenblaupräparaten gefunden werden. Sämtliche aufgezählten Thatsachen lassen sich am ehesten in der Weise auslegen, dass die beschriebenen Elemente Analoga von Spinalganglien darstellen, welche beim *Amphioxus* möglicherweise in einer embryonalen Entwicklungsform vorhanden sind. Eine endgiltige Entscheidung der Frage über die Natur dieser Gebilde ist jedoch natürlich nur dann möglich, wenn die Structur derselben und ihre Beziehung zu den Nerven sicherer bestimmt sein wird.

Ausser den beschriebenen Gebilden sind, wie bekannt, im Verlauf der Zweige des I. und II. Paares, zuerst von Quatrefages entdeckte Zellen vorhanden (Fig. 23—24). Dieselben sind von runder, ovaler, birnförmiger oder spindelförmiger Gestalt und bald in Gruppen von 2—3, bald einzeln, in der Mehrzahl der Fälle in den Teilungswinkeln sämtlicher an der Innervation des Rostrums teilnehmender Nervenästchen angeordnet. Bei der Anordnung in Gruppen sind die Zellen gewöhnlich übereinander gelagert, infolge dessen ihre sich berührenden Flächen mehr oder weniger abgeplattet erscheinen. Da sich im Rostrum das I., II., ein Teil der Äste des III. Nervenpaares und im Falle einer mangelhaften Entwicklung oder der Abwesenheit des III. Paares auch Äste des IV. Nervenpaares verzweigen, so ist es klar, dass

die genannten Zellen an den Ästen der erwähnten Nerven liegen. Eine besonders grosse Anzahl von Zellen ist an den periphersten Abschnitten der Nervenästchen angeordnet, ist folglich unmittelbar unter der structurlosen Hautschicht gelagert. Diese Zellen färben sich in Methylenblau sehr rasch und erst dann kann man sich eine klare Vorstellung machen von der ungeheuren Menge dieser Zellen, mit denen häufig sämtliche peripheren Verzweigungen der ersten Spinalnervenpaare im Rostrum dicht besetzt sind. Eine jede Zelle enthält gewöhnlich einen verhältnismässig nicht grossen runden oder ovalen Kern; die Zelle selber oder Gruppen von Zellen sind augenscheinlich von einer dünnen, structurlosen Hülle, deren Innenseite abgeplattete Kerne anliegen, umgeben (Fig. 24). Die Zellkerne und die Hülle treten besonders deutlich an Präparaten, welche in Methylenblau gefärbt in pikrinsaurem Ammonium fixiert und alsdann in Pikrocarmin nachgefärbt sind. In vielen Fällen, besonders wenn die Zellen einzeln gelagert sind, habe ich wahrnehmen können, dass von denselben ein dünner Fortsatz abgeht, welcher unmittelbar in ein Nervenästchen übergeht (Fig. 24b). An diesen Fortsätzen hängen die Zellen wie die Beeren an den Stielen. Die Zellen von Quatrefoies sind gewöhnlich nicht gross; nicht selten jedoch werden besonders im Verlauf der dicken Nervenstämme auch bedeutend grössere Elemente angetroffen. Welcher Kategorie von Zellen die genannten Gebilde zugezählt werden müssen ist vorläufig schwer zu sagen, nichtsdestoweniger muss jedoch bemerkt werden, dass dieselben durchaus den oben beschriebenen kleinen Gebilden, welche an den Verzweigungen der dorsalen und ventralen Äste sämtlicher übrigen Spinalnervenpaare gelagert sind, ähneln.

Im Anschluss an die Zellen von Quatrefoies muss ich schliesslich noch derjenigen besonderen Gebilde gedenken, welche nicht selten im Verlauf der gröberen Verzweigungen des I. und II. Nervenpaares angetroffen werden, und zwar häufiger an der

Austrittsstelle derselben als an den Verzweigungen, wobei sie entweder auf beiden Seiten des Kopfes oder aber nur auf der einen vorhanden sind. Dieselben sind gewöhnlich von beträchtlicher Grösse und verschiedenartiger — runder, ovaler, birnförmiger oder kolbenförmiger Gestalt; mittelst eines dicken und kurzen oder langen Fortsatzes verbinden sie sich mit den Nervenstämmchen (Figg. 25, 26). Diese offenbar kernlosen Gebilde bestehen aus einer homogenen Substanz, in welcher zahlreiche feine und gröbere, sich in Methylenblau mehr oder weniger intensiv färbende Körnchen eingelagert sind, ihr Fortsatz weist eine deutliche fibrilläre Structur auf; nicht selten können die Fibrillen von dem Fortsatze aus in das Gebilde selber verfolgt werden, woselbst sie offenbar sich nach verschiedenen Seiten hin zerstreuen. In einigen Fällen lässt sich um die betreffenden Gebilde die Anwesenheit einer dünnen structurlosen Hülle, in Gestalt einer doppelt contourierten, die Umrisse der Gebilde scharf umgrenzenden Linie feststellen. Nicht selten sind diese Gebilde in Gruppen zu 2 oder 3 gelagert, wobei von jedem ein Fortsatz abgeht, welcher sich bisweilen alsbald mit anderen Fortsätzen zu einem Stämmchen vereinigt. Zuweilen sind um ein grösseres Gebilde mehrere kleinere gruppiert oder sämtliche sind annähernd von gleicher und zwar beträchtlicher Grösse. Ich habe diese Gebilde nicht in sämtlichen Exemplaren vom *Amphioxus* jedoch mindestens in $\frac{1}{3}$ aller von mir untersuchten Tiere angetroffen. Die genannten Gebilde sind durchaus denjenigen gleich, welche sich zu Gruppen vereint im Verlauf sämtlicher spinaler Nerven finden; sie unterscheiden sich von ihnen nur durch ihre Grösse. Ob nun die Gebilde beständig vorhanden sind und ob sie vielleicht besondere Nervenapparate darstellen, oder ob sie Kunstproducte sind, darüber kann ich vorläufig nichts positives aussagen.

Die Endigungen der Hautnerven (Rami cutanei) der dorsalen und ventralen Nervenäste der Spinal-

nerven (Fig. 27—30). Den rein sensiblen in der Haut endigenden Nerven gehören die Verzweigungen des I., II., bisweilen auch III. Nervenpaares sowie die letzten, angefangen von LIII bis LIV an. Sämtliche übrigen Nervenpaare enthalten, wie bereits oben angegeben sowohl motorische als auch sensible Fasern. Rein sensible Äste ohne Beimengung motorischer Fasern sind die *Nervi cutanei dorsales (laterales et ventrales)*; dieselben ziehen unter allmählicher Teilung zur oberflächlichen Hautschicht, wobei sie beständig verschieden lange und dicke Ästchen abgehen, welche, indem sie mit benachbarten ähnlichen Ästchen anastomosieren, ein mehr oder weniger dichtes Hautgeflecht bilden; dieses tritt besonders deutlich in der ventralen Hautregion hervor, wo die ventralen Äste einer Körperseite des Tieres unter beständiger Teilung und miteinander anastomosierend von der Seitenfläche auf die untere Körperfläche übergehen und daselbst sich mit den gleichen Verzweigungen der andersseitigen Nerven verbinden (Fig. 27). Das genannte Geflecht der Hautnerven könnte Grundgeflecht genannt werden.

Die Verzweigungen der Hautäste erreichen schliesslich die unmittelbar unter dem Epithel gelegene homogene Hautschicht woselbst sie unter allmählicher Verjüngung sich in der Mehrzahl der Fälle der Beobachtung entziehen. Bei gelungener Färbung ist es jedoch nicht schwer festzustellen, dass die genannten Ästchen, welche scheinbar in der oben erwähnten Hautschicht endigen, in der That in senkrechter Richtung durch besondere Öffnungen (resp. Kanäle) in letztere hindurchtreten und deren Oberfläche erreichen. Daselbst zerfallen sie in 3—4 und mehr feine Ästchen, welche strahlenförmig auseinandergehen, wobei sie auf der Oberfläche der homogenen Schicht unmittelbar unter dem Epithel gelegen sind (Fig. 28). Auf ihrem Verlauf zerfallen die genannten Ästchen allmählich in eine grosse Zahl sich wiederholt teilender feinsten Zweige und varicösen Fäden, welche beide gleichfalls unter dem Epithel liegen und, indem

sie sich mit gleichartigen Verzweigungen anderer benachbarter Äste verbinden, ein dichtes engmaschiges Geflecht bilden. Da dieses Geflecht unmittelbar unter dem Epithel angeordnet ist, so könnte es subepitheliales Geflecht genannt werden. An denjenigen Stellen des Präparats, an denen das Epithel erhalten und das subepitheliale Geflecht gefärbt ist, sieht man leicht, dass von dem Geflecht selber sich eine Menge feinsten varicöser Fädchen absondern, welche in die Zwischenräume zwischen die Epithelzellen eindringen, dabei feinste Seitenfädchen abgeben, die Epithelzellen umflechten und zwischen ihnen endigen (Fig. 28 und 29). Diese intraepithelialen Nervenfädchen habe ich sowohl auf Quer- und Längsschnitten als auch auf optischen Schnitten bis fast an die freie Oberfläche des Präparates verfolgen können.

In Bezug auf die Nervenendigungen im Epithel sagt Heymans: »la fibre nerveuse, en traversant et après avoir traversé la cuticule conjonctive se ramifie sous et entre les cellules cutanées (pl. VI, fig. 20); ce sont ces ramifications qui sont terminales et qui nous ont paru s'arrêter, sans présenter d'organe spécial, entre et peut-être, dans les cellules épithéliales ordinaires« (l. c. p. 33). Meine Beobachtungen stimmen mit der Beschreibung von Heymans nicht überein; aus der Zeichnung, welche diese Beschreibung illustrieren soll, lässt sich im Grunde nicht nur das Verhalten der Nerven zum Epithel nicht eruiren, sondern es bleibt auch vollkommen unklar, wo die darin dargestellten Nerven gelagert sind.

Die von mir beschriebenen Endigungen der Hautnerven habe ich an verschiedenen Stellen in der Haut beobachtet: im Rostrum in der Haut des mittleren Körperabschnittes und des Schwanzes. An Präparaten, welche in ausreichender Weise mit Methylenblau gefärbt und in einer Ammoniummolybdatlösung mit Osmiumsäure (siehe Methode) fixiert waren, sind jedoch im Epithel noch besondere Nervenapparate, welche dem Typus der

peripheren Nervenzellen angehören, zu erkennen. Diese Zellen sind aller Wahrscheinlichkeit nach in der gesamten Haut des Amphioxus verstreut, besonders deutlich können sie jedoch im Kopfgebiet, im Rostrum und in den Tentakeln wahrgenommen werden; in dem Falle, dass dieselben mit Methylenblau intensiv gefärbt sind, lässt es sich leicht feststellen, dass jede Zelle aus einem spindelförmigen Körper, welcher sich in zwei Fortsätze — einen peripheren und einen centralen — erstreckt, besteht (Fig. 30). Im verdickten Teil des Zellkörpers ist ein verhältnismässig grosser, die Hauptmasse des betreffenden Zellteils bildender, mit Methylenblau gewöhnlich intensiv gefärbter, Kern gelegen. Der periphere Fortsatz erscheint als mehr oder weniger dicker, kurzer Cylinder oder Stäbchen, welcher bis dicht an die Oberfläche des Epithels heranreicht und entweder stumpf oder zugespitzt endigt (Fig. 30); niemals habe ich beobachten können, dass sich dieser Fortsatz in Gestalt eines Fadens über die freie Oberfläche des Präparates hinaus erstreckte. Der centrale Fortsatz zieht in senkrechter oder geneigter Richtung nach unten in die untergelegene bindegewebige Schicht der Haut, windet sich bisweilen in verschiedenem Masse und erscheint in Gestalt eines feinen, nicht selten sehr kurzen und varicösen Fadens (Fig. 30). Ist die Zelle nahe an der unterliegenden Bindegewebsschicht gelagert, so ist der centrale Fortsatz sehr kurz, umgekehrt, wenn die Zelle an die Peripherie heranrückt, so ist der äussere Fortsatz kürzer und dicker. Diese Zellen werden von den sie umgebenden Zellen etwas zusammengedrückt und erinnert dann an die »abgeplatteten Epithelzellen« von Heymans. Am schwierigsten ist die Entscheidung der Frage nach dem Verbleib der centralen Fortsätze genannter Zellen, von dieser Entscheidung hängt jedoch die Bestimmung der Natur dieser Zellen ab, d. h. ob sie Nervenzellen darstellen oder wie Heymans annimmt bloss abgeplattete Epithelzellen. Ungeachtet mancher Schwierigkeiten gelang es mir doch an einigen Präparaten deut-

lich wahrzunehmen, dass die centralen Fortsätze der genannten Zellen durch die homogene subepitheliale Schicht hindurchtreten und in Gestalt feiner varicöser Fäden sich unmittelbar den Nervenästchen zugesellen (Fig. 30); besonders deutlich lässt sich dieses Verhalten im Rostrum erkennen. Somit ist es, meiner Meinung nach, zweifellos, dass zwischen den Epithelzellen der Haut noch besondere periphere Nervenzellen vorhanden sind, deren Anwesenheit im Epithel der Haut vieler niederer Tiere z. B. der Würmer von M. Lenhossèk, Retzius u. a. bewiesen worden ist.

Die Nervenendigungen in den Tentakeln (Fig. 31 und 32). Die Nervenstämmchen und -ästchen der Tentakeln entstammen, wie bereits oben angegeben, zweier im Bindegewebe der Haut am Rande der Mundöffnung gelegenen Nervengeflechten, dem äusseren und dem inneren (Fig. 10 und 12). Von dem ersteren erhalten die Tentakeln eine grössere Anzahl (3, 4, 5) jedoch viel dünnerer Nervenzweige als von letzterem. Die genannten Ästchen ziehen gewöhnlich längs den Tentakeln, im Bindegewebe der Haut, wobei sie sich wiederholt teilen; die infolge dieser Teilungen entstandenen feinen Ästchen und varicösen Fädchen verflechten sich untereinander, anastomosieren mit einander und bilden ein dichtes Geflecht, welches nur in den Enden der Tentakeln weniger deutlich erscheint (Fig. 10—12). Von diesem Plexus sondern sich feinste Ästchen zum Epithel ab, woselbst sie, wie ich es habe häufig wahrnehmen können, in der oben angegebenen Weise endigen. Ein besonderes Interesse stellte jedoch für mich die Endigungsweise der Nerven in den Epithelpapillen der Tentakel dar. Diese Gebilde haben eine kegelförmige oder knospenförmige Gestalt, sind recht nahe bei einander, fast längs dem ganzen Tentakel von der Basis bis zur Spitze desselben zwischen den cylindrischen Epithelzellen der Haut angeordnet (Fig. 31). Ihre Grösse und Höhe nimmt, soviel ich habe wahrnehmen können, allmählich in der Richtung von der Basis zum

Ende der Tentakeln ab; im Endteil desselben sind sie dermaßen niedrig, dass sie kaum von dem umgebenden Epithel unterschieden werden können. Nicht selten ist neben einer grossen, hohen Knospe eine kleine gelegen; die Menge derselben hängt von der Länge der Tentakeln ab, in langen Tentakeln habe ich bis 16—17 Papillen auf jeder Seite eines Tentakels zählen können. Der Bau der Papillen ist besonders gut an denjenigen Präparaten klarzulegen, welche in Osmiumsäure fixirt, und in Pikrocarmin gefärbt worden sind. Zu dem Zweck legte ich den Kopfteil eines Amphioxus in eine schwache ($\frac{1}{100}$ %) Osmiumsäurelösung für 5—10 Minuten ein, worauf das Präparat in destilliertem Wasser ausgewaschen und im Verlauf von 12 bis 18 Stunden in Picrocarmin gefärbt wurde. Nachdem das Präparat alsdann in Wasser leicht abgespült war, schnitt ich den Randteil den Mundes mit dem Tentakeln ab, und schloss denselben in angesäuertem Glycerin ein. Behufs Isolierung der Epithelzellen der Papillen wurde das gefärbte Präparat bisweilen in Glycerin zerzupft. Derartige Präparate lassen deutlich erkennen, dass eine jede Papille aus zahlreichen schmalen und langen Zellen von spindelförmiger Gestalt mit einem recht grossen ovalen Kern zusammengesetzt ist (Fig. 31, 32). Vom äusseren Pol der Zelle erstreckt sich ein langer peripherer Fortsatz, in Gestalt eines stellenweise verdickten, mit grossen Varicositäten besetzten Stäbchens oder Fadens. Das freie Ende des Fortsatzes erscheint verdickt und entbehrt jeglicher Anhänge. Der innere Zellpol zieht sich in einen mehr oder weniger langen, bald glatten, bald mit kleinen Varicositäten besetzten Faden aus. Die Zellen ordnen sich in den Papillen dermaßen an, dass die Zellkörper einiger näher zur Basis der Papille, die Zellkörper anderer wiederum höher mehr nach aussen gelegen sind, infolge dessen in der Papille 2—3 Reihen ovaler Kerne wahrgenommen werden (Fig. 31). Von der Lagerung der Zelle hängt die Länge ihrer Fortsätze ab, wobei die peripheren Fortsätze sich allmäh-

lich in der Richtung zur Papillenspitze einander nähern und schliesslich die Spitze selber bilden. Die Länge der Zellen ist natürlich ausserdem direkt von der Höhe der Papillen abhängig. In den Zwischenräumen zwischen den Anhäufungen dieser eigenartigen Zellen sind gewöhnlich Zylinderepithelzellen mit einem Kern im Basalteil und einem Cuticularsaum an der freien Fläche gelegen (Fig. 31 und 32). Die Enden der Tentakel sind mit längeren Epithelzellen bedeckt, zwischen denen sich stellenweise die oben beschriebenen schmalen Zellen gruppieren; die peripheren Fortsätze derselben ragen häufig über das Epithel hinaus, infolgedessen derartige Zellgruppen die Gestalt von Papillen annehmen (Fig. 32 b).

An vielen mit Methylenblau gefärbten und in einer Ammoniummolybdatlösung mit Osmiumsäure fixierten Präparaten war es mir möglich die Beziehung des centralen Fortsatzes der Epithelzellen in den Papillen zu den Nerven klarzulegen. Eine grössere oder geringere Anzahl dieser Zellen färbt sich gewöhnlich mit Methylenblau sehr intensiv; die centralen Fortsätze derartiger Zellen lassen sich alsdann von der Basis der Papille in das unterliegende Bindegewebe der Tentakel verfolgen (Fig. 31 und 32). Hier biegen die Fortsätze bogenförmig in der Richtung zur Basis der Tentakeln um und erstrecken sich nicht selten in Gestalt dünner varicöser Fädchen auf beträchtliche Strecken hin. Bisweilen kann man wahrnehmen, dass der eine oder der andere Fortsatz nach längerem oder kürzerem Verlauf sich zu einem Ästchen des Nervengeflechts in den Tentakeln hinzugesellt (Fig. 32 c). Sind in einigen Papillen viele dieser Zellen gefärbt so ist es nicht schwer festzustellen, dass sämtliche centralen Fortsätze nach einer bogenförmigen Windung unter der Basis der Papille oder in einiger Entfernung von derselben sich zu einem Bündel feiner varicöser Fädchen vereinigen und sich dem Nervengeflecht in den Tentakeln beigesellen. An denselben Präparaten kann ausserdem noch konstatiert werden,

dass zwischen den gewöhnlichen Zylinderepithelzellen des von den Papillen nicht besetzten Tentakelanteils sich zahlreiche der eben beschriebenen Zellen finden; sie unterscheiden sich von den letzteren dadurch, dass ihre peripheren Fortsätze bedeutend kürzer sind (Fig. 31 und 32a). An den Enden der Tentakeln, woselbst die Epithelzellen länger sind, erscheinen auch die zwischen ihnen gelagerten peripheren Nervenzellen länger. Ebensolche Zellen habe ich auch zwischen den Epithelzellen des Mundrandes gefunden. Diese Zellen unterscheiden sich somit von den Zellen der Epithelknospen durch die Kürze ihres peripheren Fortsatzes; sie sind durchaus analog den oben beschriebenen überall zwischen den Epithelzellen des Kopfes und des Rostrums verstreuten Zellen. Auf Grund meiner Beobachtungen nehme ich somit an, dass zwischen den, das Rostrum, den Kopf, den Mundrand und die Tentakeln bedeckenden Epithelzellen eine Menge peripherer Nervenzellen angeordnet sind; in den Tentakeln sammeln sie sich ausserdem in einzelnen Gruppen, die sog. Epithelpapillen oder Knospen an, welche jedoch besser Nervenknospen genannt werden könnten. Diese Zellen ähneln durchaus den Riechzellen der Wirbeltiere und sind den in der Haut verschiedener niederer Tiere beschriebenen peripheren Nervenzellen analog.

Das Flimmer-(Riech)grübchen (Fig. 33) ist wie bekannt beim Amphioxus häufiger auf der linken Seite gelagert nahe dem vorderen Ende des Centralnervensystems. So viel ich wahrnehmen können, ist dasselbe von runder oder ovaler Form; an den Boden desselben tritt ein kurzer jedoch beträchtlich dicker Nervenstamm (Fig. 33), der mit der Verdickung des Rückenmarks in Verbindung steht. Auf den in Osmiumsäure fixierten und in Pikrocarmin gefärbten Präparaten ist ersichtlich, dass das Grübchen mit denselben hohen Zylinderepithelzellen ausgekleidet ist wie die Enden der Tentakel. An besonders gelungenen Methylenblaupräparaten kann leicht die

vollkommene Analogie dieser Zellen mit den peripheren Nerven nachgewiesen werden. Der dünne centrale Fortsatz dieser Zellen lässt sich bisweilen bis zu seinem Eintritt in ein Nervenstämmchen verfolgen. Zwischen derartigen Zellen sind ausserdem gewöhnliche Epithelzellen, offenbar Stützzellen, angeordnet. Die angegebenen Thatsachen sind meiner Meinung nach dermassen auszulegen, dass das sog. Flimmergrübchen von Köl liker beim *Amphioxus* ein besonderes, möglicherweise ein dem Riechorgan der Fische analoges Sinnesorgan darstellt und deswegen besser »Riechgrübchen« genannt werden müsste.

Am Schluss meiner Beschreibung der spinalen Nerven erachte ich es für notwendig, die, wie mir scheint, nicht endgültig entschiedene Frage nach der Herkunft der sensiblen Fasern zu berühren. Stellen sie die peripheren Fortsätze besonderer sei es nun der von Retzius zuerst beschriebenen oder irgend welcher anderer, im Rückenmarck gelegenen Zellen dar, oder ist ihr Ursprung ausserhalb des Rückenmarks zu suchen? Retzius und nach ihm sämtliche neueren Forscher halten diese Frage für entschieden, indem sie das Vorhandensein irgendwelcher peripherer Nervenzellen und besonderer Spinalganglien leugnen und die oben erwähnten sternförmigen Zellen für Analoga der letzteren ansehen. An Methylenblaupräparaten besonders jedoch an Golgipräparaten hatte ich die Möglichkeit, den Verlauf der sensiblen Fasern auf beträchtliche Strecken hin zu verfolgen und kann in dieser Frage nur folgendes aussagen: auf den ersten Präparaten ist nicht schwer wahrzunehmen, dass erstens die Fasern des I. und II. Nervenpaares in das vordere Rückenmarksende eindringen und alsbald in mehrere Bündel zerfallen, die ihrerseits sich in einzelne Fasern auflösen (Fig. 34). Sämtliche dieser Fasern erscheinen in Gestalt dünner varicöser Fäden und unterscheiden sich durchaus nicht von den, die anderen Nervenpaare zusammensetzenden Fasern. Diese letzteren durchkreuzen sich zweitens nach dem Eintritt in das

Gehirn untereinander, während einige sich in Form eines $\perp$ oder Y in zwei Ästchen — ein aufsteigendes und ein absteigendes teilen; alle erstrecken sich darauf auf eine grössere oder geringere Strecke in der Längsrichtung des Rückenmarks. Obgleich ich vielfach die von Retzius als Analoga der Spinalganglienzellen beschriebenen Zellen mit Methylenblau gefärbt erhalten habe so ist es mir dennoch nicht gelungen den Verlauf eines ihrer Fortsätze in die ventralen Wurzeln festzustellen.

Das Golgi-Verfahren giebt in dieser Hinsicht bessere Resultate; auf derartigen Präparaten und zwar auf Längsschnitten parallel der oberen oder seitlichen Rückenmarksfläche, sind leicht eine grosse Anzahl feiner Nervenfasern zu erkennen, welche in den oberen (dorsalen) und seitlichen Teilen des Rückenmarks verlaufen; dieselben sind mit kleinen Varicositäten besetzt, recht dünn und können bisweilen auf weite Strecken hin verfolgt werden (Fig 35 und 36). Auf den Schnitten sind nicht selten neben genannten Fasern auch die aus dem Rückenmark austretenden Wurzeln sichtbar; in diesen Fällen lässt es sich leicht feststellen, dass einige der Fasern an der Austrittsstelle der Wurzel einen mit der Convexität gegen die Wurzel gerichteten Bogen beschreiben und dabei unter rechtem oder spitzem Winkel je einen Seitenast abgeben, welcher in die Wurzel eintritt, während die Fasern selber noch auf einer bedeutenden Strecke im Rückenmarke verlaufen und schliesslich sich der Beobachtung entziehen (Fig. 35). Einige feine Fasern verlaufen am Ursprunge mehrerer (2, 3, 4) Wurzeln vorbei und geben jede ein Seitenästchen ab, während wiederum andere auf ihrem ganzen Verlauf augenscheinlich keine Seitenäste zu den Wurzeln entsenden. Des weiteren habe ich nicht selten beobachten können, dass diese Seitenästchen nach einem längeren, oder kürzeren Verlauf sich gabelförmig in zwei oder drei Fasern teilten, von denen eine im Spinalnerv selber gelagert war, während die anderen in einen

Seitenast des letzteren eindringen (Fig. 36). Bisweilen teilte sich eine dieser feinen Fasern an der Austrittsstelle einer sensiblen Wurzel oder in einiger Entfernung von derselben gabelförmig in mehrere Äste, von denen ein oder zwei in die Wurzel verliefen (Fig. 35, 36, 37, 38), während die übrigen im Rückenmark weiter zogen. Leider waren diese Fasern nur auf einer verhältnismässig kurzen Strecke mit Silber imprägniert; zweifellos gehörten sie jedoch dem Typus von Fasern an, die in die Wurzeln Seitenästchen entsenden. Schliesslich ist dem Gesagten noch hinzuzufügen, dass ich auf vielen Präparaten derartige dünne, varicöse, im dorsalen Teil des Rückenmarks gelegene Fasern von der einen Seite zur anderen habe herüberziehen sehen; an der Peripherie des Rückenmarks zerfielen dieselben alsdann in eine grosse Anzahl sich wiederholt teilender Fädchen (Fig. 39). Diese Verzweigungen stellen offenbar Endverzweigungen dar; welche Art von Nerven dermassen endigen ist jedoch sehr schwer zu sagen; mir ist es nicht gelungen dieselben bis zu irgendwelchen Zellen zu verfolgen.

Die dünnen Nervenfasern stellen, so weit ich beurteilen kann, die Hauptfasermasse im dorsalen und teilweise auch in den lateralen Rückenmarksteilen dar. Neben ihnen verlaufen jedoch, wenngleich auch in bedeutend geringerer Zahl, dickere, direkt, augenscheinlich ohne irgendwelche Seitenäste abzugeben, in die Wurzeln übergehende Fasern (Fig. 37).

Nach meinen Beobachtungen sind somit in den dorsalen (sensiblen) Wurzeln dreierlei Fasern enthalten: erstens Seitenäste dünner, sich teilender Nervenfasern des Rückenmarks; zweitens dünne, keinerlei Seitenäste auf ihrem Verlauf in dem Rückenmark abgebende, Fasern; drittens dicke Nervenfasern. Von welchen Zellen die ersteren herkommen, kann ich nicht angeben, augenscheinlich entsprechen sie jedoch den Fortsätzen der von Retzius für Analoga der Spinalganglienzellen gehaltenen Zellen. Zu Gunsten dieser Ansicht spricht hauptsächlich

die Teilung dieser Fasern im Rückenmark und in den Wurzeln, wobei die Teiläste zur Peripherie hinziehen, infolgedessen sie im Rückenmark gelegenen Zellen angehören müssen. Gegen die erwähnte Annahme spricht jedoch die Beobachtung, dass, obgleich sich diese Fasern bisweilen auf weite Strecken hin mit Silber imprägnierten, wobei sie an vielen Wurzeln unter Abgabe von Seitenästen verliefen, dieselben auf ihrem Verlauf mit gar keinen Zellen in Berührung traten. In selteneren Fällen konnte im Verlauf dieser Fasern freilich eckige oder unregelmäßig gestaltene, an Zellen erinnernde Verdickungen wahrgenommen werden; in Anbetracht dessen, dass bei dem Verfahren von Golgi häufig verschieden gestaltene Niederschläge an den Nerven gefunden werden, kann ich die erwähnten Gebilde nicht für Zellkörper, welche den Spinalganglienzellen von Retzius entsprechen könnten, halten.

Die sich nicht teilenden zweiten dünneren Fasern der Wurzeln stellen möglicherweise centrale Fortsätze peripherer Nervenzellen dar. Die dicken Nervenfasern der Wurzeln gehören offenbar den wenigen motorischen Fasern an, welche sich in geringer Zahl den sensiblen Fasern der Wurzeln beigesellen.

Diese bei weitem nicht vollständigen Befunde habe ich bei der Untersuchung der dorsalen Wurzeln mit Hilfe der Methylenblaufärbung vorwiegend jedoch nach Behandlung des Amphioxus nach der Golgimethode erhalten.

Ventrale (motorische) Wurzeln. Bevor ich über die motorischen Wurzeln berichten werde, halte ich es für notwendig festzustellen, dass die Aussenfläche sämtlicher Rumpfmuskeln mit einem einschichtigen Plattenepithel bedeckt ist. Die Grenzen zwischen den Zellen heben sich nach der Färbung mit Methylenblau sehr scharf in Gestalt dunkelblauer gezählter Linien hervor. Die Zellen sind gewöhnlich von unregelmäßiger Gestalt, häufig mehr oder weniger in die Länge gezogen, mit je einem verhältnismäßig nicht grossen runden oder ovalen Kern (Fig. 40).

G. Retzius hat als erster diese Zellen an Präparaten, welche mit salpetersaurem Silber behandelt waren, gefunden, doch hatte er die Kerne nicht gesehen und nahm an, dass diese Zellen unmittelbar unter dem Zylinderepithel der Haut angeordnet sind. Wie oben bereits angegeben, liegen diese Zellen in der That viel tiefer und bedecken die Muskeln des Rumpfes. Zu Gunsten dieses Verhaltens spricht der Umstand, dass an denjenigen Stellen, an denen die ventralen Äste der Spinalnerven herantreten, die Epithelzellen bei einer Tubuseinstellung, welche die Nervenäste deutlich erkennen lässt, undeutlich erscheinen und umgekehrt, infolge dessen sie tiefer als die letzteren gelegen sein müssen. Nicht selten werden mit dem Methylenblau auch einige Muskelfasern und gleichzeitig auch die Grenzen zwischen den Epithelzellen gefärbt, in welchen Fällen wahrgenommen wird, dass die letzteren in Reihen (Bändern), entsprechend dem Verlauf der Muskelfasern, angeordnet sind (Fig. 40 b). Schliesslich sind, soviel ich habe beobachten können die Epithelzellen nur in den Körpergebieten des Amphioxus vorhanden, in welchen auch Muskeln sich finden, und überschreiten die Grenze der letzteren nicht. Nach meinen Beobachtungen kleidet das platte Epithel nicht nur die Aussenfläche der Muskeln aus, sondern auch die Innenfläche der Hülle, welche die dicken ventralen Äste der Spinalnerven umgiebt. Die Zellen sind hier, wie aus der Fig. 40 c ersichtlich, klein, ihre Ränder sind häufig stark gezähnt. Die Anwesenheit von flachen Epithelzellen auf der epineuralen Scheide weist meiner Meinung nach auf das Vorhandensein, mindest um die dicken Nervenbündel, eines perineuralen Lymphraumes hin.

Da sich die ventralen Wurzeln sowohl mit Methylenblau als auch nach dem Golgi-Verfahren färben, so gelingt es häufig nicht nur die Endigungen der Nervenfasern derselben in den Muskeln, sondern auch ihren Verlauf auf einer gewissen Strecke im Rückenmark zu sehen. Die Dicke der Wurzeln nimmt all-

mählich in der Richtung von vorn nach hinten, entsprechend der Grössenzunahme der Muskelsegmente, zu; die grösste Dicke erreichen die ersteren ungefähr in der Mitte des Rumpfes, worauf sie zum Schwanzende hin wieder allmählich an Dicke abnehmen. Eine jede Wurzel besteht aus zwei Ästen — einem dünneren dorsalen — *Ramus dorsalis* und einem dicken ventralen — *Ramus ventralis* —, welche beide im Rückenmark gemeinsam entspringen und ungefähr in der Mitte zwischen zwei, ein Muskelsegment abgrenzenden, Myosepta das Rückenmark verlassen. Der dorsale und ventrale Ast einer Wurzel besteht, wie es auch vielen Methylenblaupräparaten wahrzunehmen ist, aus recht dicken glatten Nervenfasern, welche nur selten Varicositäten aufweisen. An Golgipräparaten erscheinen die motorischen Fasern nicht nur bedeutend dicker, sondern auch stark varicos, wobei die spindelförmigen Varicositäten nicht selten eine beträchtliche Grösse erreichen. Der Umstand, dass derartige Varicositäten beständig an Golgipräparaten beobachtet werden, dagegen bedeutend seltener an Methylenblaupräparaten, deutet meiner Meinung nach darauf hin, dass die gröberen derselben Kunstprodukte sind bedingt durch die Einwirkung der Reagentien auf die Fasern.

Nach dem Austritt aus dem Rückenmark dringt der dünne dorsale Ast einer jeden Wurzel von der Innenseite in den oberen (dorsalen) Abschnitt des Muskelsegmentes ein und zieht nach oben und hinten unter beständiger Abgabe einzelner Fasern (Fig. 41); diese letzteren verlaufen in den Zwischenräumen zwischen den Muskelfasern, winden sich mannigfaltig und endigen, wie weiter unten berichtet werden soll, in besonderen motorischen Apparaten. Da sich die Nervenfasern nur allmählich von dem dorsalen Ast absondern und die ersten von ihnen zu den vorderen, die folgenden zu den mehr nach hinten gelegenen Teilen des erwähnten Muskelabschnittes ziehen, so ist es verständlich, dass die, den hintersten Teil eines dorsalen

Astes bildenden Fasern auf einer beträchtlichen Strecke ein recht dickes Nervenbündel darstellen. Nur in dem hintersten Teil des obersten Abschnittes eines Muskelsegmentes zerfällt das Nervenbündel in einzelne Fasern (Fig. 41). Jeder dorsale Ast nimmt infolge dessen die Gestalt eines halbgeöffneten Fächers an, dessen ungeöffneter Teil hinten gelegen ist. Der beträchtlich dickere ventrale Ast einer Wurzel tritt von der Innenseite in den seitlichen Abschnitt des Muskelsegments ein, verläuft zunächst nach unten und etwas nach vorn, beschreibt darauf einen Bogen und zieht weiter nach unten und hinten. Da die Verlaufsrichtung eines ventralen Astes von der Form des seitlichen Abschnittes eines Muskelsegments abhängt, so ist derselbe in dem vorderen und hinteren Rumpfabschnitt des Amphioxus weniger gebogen als in dem mittleren. Auf ihrem Verlauf geben die ventralen Äste, ebenso wie die dorsalen, beständig Fasern in die Muskelsegmente ab, welche zwischen den Muskelfasern hinziehen und sich hierbei in grösserem oder geringerem Masse winden. Einige Fasern biegen sofort nach ihrem Abgange vom Nervenstämmchen nach oben ab und endigen in den Muskelfasern des oberen seitlichen Abschnittes eines Muskelsegmentes; andere Fasern verlaufen nach aussen, wieder andere nach unten u. s. w., wobei einige Fasern sich dichotomisch in zwei Zweige teilen. Auf diese Weise wird das ganze Muskelsegment von zahlreichen Nervenfasern durchzogen, welche in verschiedenen Teilen des Segmentes in verschiedener Entfernung von der Aussenfläche desselben endigen; die peripheren Enden vieler Fasern erreichen die Aussenfläche und versorgen die Muskelfasern der äussersten Schicht des Segmentes mit motorischen Apparaten. Infolge der allmählichen Abgabe von Fasern zu den Muskeln erhalten die ventralen Äste eines jeden Segmentes das Aussehen eines halbgeöffneten Fächers, mit Ausnahme des hinteren Endabschnittes, welcher sich allmählich in einzelne Fasern auflöst; diese ziehen nach verschiedenen Richtungen in den Zwischenräumen zwischen den Muskelfasern.

Die Endigungsweise der motorischen Fasern ist sowohl an Silberpräparaten als auch insbesondere an Präparaten, welche in Methylenblau gefärbt und in pikrinsaurem Ammonium fixiert worden sind, zu erkennen. Im ersteren Fall gelingt es bisweilen auf Längsschnitten parallel der Seitenfläche oder längs der Rückenseite des Amphioxus die Fasern von ihrer Austrittsstelle aus dem Rückenmark bis zu den Endigungen in den Muskelfasern zu verfolgen (Fig. 42). Auf derartigen Präparaten erscheinen die Fasern, wie bereits oben erwähnt ist, als dicke, glatte, häufiger jedoch als stark varicöse Fäden, welche nach einer grösseren oder geringeren Anzahl Windungen unter allmählicher Verjüngung an eine Muskelplatte (Faser) herantreten, woselbst jede Nervenfasern eine verhältnismässig grosse kegelförmige Verdickung bildet, dessen Basis unmittelbar der Oberfläche einer Muskelplatte anliegt (Fig. 42). Bisweilen sind nur diese eigenartigen Verdickungen der Nervenfasern braunrot oder schwarz gefärbt, in welchem Fall die Grenze zwischen ihnen und den Muskelplatten deutlich zu erkennen ist. Sehr häufig jedoch färben sich auch gleichzeitig mit den motorischen Apparaten die entsprechenden Muskelplatten; in derartigen Fällen ist die Grenze zwischen beiden — dem motorischen Apparat und der Muskelplatte — äusserst schwer festzustellen, beide stellen gleichsam ein Ganzes dar (Fig. 42). Ein Unterschied ist nur dann wahrnehmbar, wenn die Muskelplatte braun gefärbt ist, die Nervenendigung dagegen schwarz oder umgekehrt. Ist die Muskelplatte braun gefärbt, so offenbart dieselbe mehr oder weniger deutlich die Querstreifung. Bisweilen erscheint ein motorischer Apparat leicht quergestreift, was aller Wahrscheinlichkeit nach vom Druck der benachbarten Muskelplatten auf denselben abhängt. Meine Befunde bestätigen somit die Beobachtungen von Heymans, dem es gelang, die motorischen Endapparate sowohl nach dem Golgi-Verfahren als auch mit Methylenblau zu färben; auf den Figuren bildet Heymans jedoch nur Endapparate aus Golgipräparaten ab.

Das Methylenblau färbt die motorischen Endapparate verhältnismässig leicht, besonders in den peripher gelegenen Muskelplatten der Muskelsegmente (Fig. 43). Auf derartigen Präparaten lässt sich erkennen, dass von den dorsalen oder ventralen Ästen der motorischen Wurzeln sich allmählich Fasern absondern, welche, wie aus der Fig. 43 ersichtlich, sich auf dem Verlauf zwischen den Muskelfasern mannigfaltig winden und alsdann auf der Oberfläche einer Faser in Form eines mehr oder weniger hohen Kegels endigen (Fig. 43 und 44). Letzterer färbt sich mit Methylenblau ebenso intensiv wie die Nervenfasern selber, erscheint homogen und hebt sich mehr oder weniger deutlich von der Muskelfaser ab, je nachdem ob letztere gefärbt oder ungefärbt ist. Im ersteren Fall ist der Kegel, ebenso wie auf Golgipräparaten, durch die Abwesenheit einer Querstreifung von der Muskelfaser zu unterscheiden. Auf meinen Präparaten habe ich nicht selten die Basis dieser motorischen Apparate sehen können, wobei ich mich überzeugt habe, dass derselbe keine Verdickung oder Platte darstellt, sondern einen seitlich etwas zusammengedrückten Kegel, dessen Grundfläche der Oberfläche der Muskelplatte anliegt (Fig. 43 und 44). Derselbe könnte somit »motorischer Endkegel« genannt werden. Bei der Vergleichung zweier Endkegel, von denen der eine nach Golgi der andere mit Methylenblau gefärbt ist, bei gleicher Vergrösserung lässt sich leicht feststellen, dass der erstere ein Gebilde von beträchtlicher Grösse ist, an dem nicht selten eine Querstreifung wahrgenommen wird, während der zweite bedeutend kleiner und homogen oder körnig ist. Die beigegebenen Figg. 42, 43 und 44 illustrieren am besten diese Unterschiede. Eine derartige Verschiedenheit der Grösse und teilweise auch der Struktur eines Nervenapparates bei verschiedener Färbung desselben ist meiner Meinung dadurch zu erklären, dass bei dem Golgi-Verfahren die Verdickung der Faser sowie der motorischen Endkegel der grossen Menge des Silberniederschlags oder

dem Umstande zuzuschreiben ist, dass fast alle Mal mit dem Kegel auch die anliegenden Abschnitte der Muskelplatte mitgefärbt werden; zu Gunsten der letzteren Annahme spricht auch die Querstreifung des grösseren Teils des Kegels; ausgenommen ist die Spitze desselben, welche somit an den Golgipräparaten den wirklichen Nervenapparat darstellt, während die übrige Masse der Muskelplatte angehört. Eine Bestätigung dieser Annahme bildet auch der Umstand, dass der obere Teil des Kegels gewöhnlich dunkler, in seltenen Fälle sogar vollkommen schwarz gefärbt erscheint. Aus dem Gesagten folgt somit, dass die von Heymans gegebenen Abbildungen, sowie meine den Golgipräparaten entnommenen Figuren nicht den Thatsachen entsprechen.

Die Frage nach dem Verlauf der motorischen Fasern im Rückenmark, sowie welchen Zellen dieselben entstammen, ist, so viel mir bekannt, bis jetzt noch nicht entschieden. Retzius giebt an, dass an der Austrittsstelle einer jeden Wurzel aus dem Rückenmark ein kleiner, im optischen Durchschnitt körniger Vorsprung vorhanden ist, in welchem diese Fasern sich verlieren. Das körnige Aussehen dieses Vorsprungs ist nach der Meinung von Retzius dadurch bedingt, dass derselbe aus sich verflechtenden Nervenfibrillen besteht; nachdem sich die motorischen Fasern in diesem Vorsprung in äusserst dünne Fäserchen verwandelt haben, treten sie als solche wahrscheinlich in das Rückenmark ein. Auf Grund seiner Beobachtungen nimmt Heymans an, dass die motorischen Fasern ihren Ursprung von Zellen, die den Riesenzellen von Retzius analog sind, nehmen, er ist der Meinung, dass einige der Ästchen, in welche das Ende des Hauptfortsatzes dieser Zellen zerfällt, in die motorischen Wurzeln eintreten, somit zu motorischen Fasern werden: »nous croyons qu'une ou plusieurs de ces ramifications se continuent dans la fibre radiculaire motrice (fig. 62, pl. IX)« (l. c. p. 66). Die Figuren von Heymans sind jedoch, wie

Retzius mit Recht bemerkt, dermaßen wenig beweiskräftig, dass sie nur die Vorzüge des Golgi-Verfahrens schmälern können.

An meinen nach dem Verfahren von Golgi behandelten Präparaten habe ich feststellen können, dass die motorischen Fasern, ohne sich in einzelne Fäden aufzulösen und ohne irgendwelche Netze zu bilden, unmittelbar in den ventralen Teil des Rückenmarks und zwar von der äusseren Fläche desselben eindringen, wobei sie sich an der Eintrittsstelle etwas verjüngen, alsbald jedoch von neuem als beträchtlich dicke glatte oder varicöse Fasern darstellen. Nachdem sie in mehr oder weniger starken Bündeln in das Rückenmark eingetreten sind wenden sie sich, wie es auch an Methylenblaupräparaten leicht zu erkennen ist, in einem Bogen nach hinten zum Schwanzteil des Tieres, wobei sie auf der ventralen Seite des Markes auf eine längere Strecke hin verfolgt werden können (Fig. 45 und 46). Einige dieser Fasern biegen von unten um den Centralkanal herum und ziehen von rechts nach links resp. von links nach rechts herüber, stellen somit gewissermaßen Kommissurenfasern dar (Fig. 47). Leider ist es mir jedoch nicht gelungen, die motorischen Fasern bis zu ihrem Ursprung von irgend welchen Zellen zu verfolgen.

Die von Retzius ausführlich und genau beschriebenen Riesenzellen färben sich im Vergleich mit anderen Zellen verhältnismässig leicht mit Silber infolge dessen ich den Verlauf ihres Hauptfortsatzes auf weite Strecken verfolgen konnte, derselbe erscheint in Gestalt einer recht dicken, mit spindelförmigen Verdickungen besetzten Faser, welche auf ihrem Verlauf eine grosse Anzahl Seitenäste (Collateralen) abgibt (Figg. 46, 48 und 49), die ihrerseits in Gestalt feiner Fäden nach allen Richtungen — nach innen, nach aussen, nach oben und nach unten abgehen und nach kurzem Verlauf in eine Menge sich abermals teilender varicöser Fädchen zerfallen. Auf parallel zum Rücken des Tieres gerichteten Schnitten lässt sich häufig erkennen, dass

diese Fasern zu beiden Seiten des Centralkanal verlaufen, dass sie somit in den Seitenteilen des Rückenmarks angeordnet sind, wobei sie auf ihrem gesamten Verlauf Collateralen abgeben (Fig. 49). Von diesen letzteren erreichen viele unter fortgesetzter Teilung beinahe die äusserste Peripherie des Rückenmarks, wo sie in eine grosse Zahl feiner Endäste zerfallen, welche sich untereinander verflechten und einen dichten Plexus bilden. Den Hauptfortsatz der Riesenzellen konnte ich in einigen Präparaten auf sehr weite Strecken verfolgen, wobei derselbe, sich allmählich (wenn auch in geringem Masse) verjüngend, schliesslich in eine grosse Zahl sich vielfach teilender und unter einander verflechtender, feiner Ästchen und Fäden zerfällt (Fig. 50). Derartige Endverzweigungen des Hauptfortsatzes von Riesenzellen sind sowohl im mittleren als auch im Schwanzteil des Rückenmarks vorhanden.

Heymans hat offenbar desgleichen die Endverzweigungen des Hauptfortsatzes der Riesenzellen gesehen, doch kann leider aus den beigegeben Figuren (Taf. XII, Fig. 55) keine Vorstellung von den Endigungen gewonnen werden. Heymans nimmt ausserdem an, dass einige Ästchen dieser Endverzweigungen in die motorischen Wurzeln eintreten. Auf Grund meiner Beobachtungen bin ich der Meinung, dass die Endverzweigungen des Hauptfortsatzes der Riesenzellen keine Beziehung zu den motorischen Wurzeln haben und aus dem Rückenmark nicht heraus-treten.

In Berücksichtigung der mitgeteilten Befunde ist somit anzunehmen, dass die motorischen Fasern ihren Ursprung nicht von den Riesenzellen, sondern von anderen Zellen des Rückenmarks nehmen; möglicherweise gehören hierzu diejenigen von mir gefundenen runden oder ovalen Zellen, welche in der Nähe des Centralkanal gelagert sind. Von derartigen Zellen entspringt in der Mehrzahl der Fälle ein recht dicker Fortsatz, welcher nach Abgabe einiger kurzen Seitenäste zur Peripherie

zieht und nach kürzerem oder längerem Verlauf sich T-förmig in zwei Äste teilt. Der eine derselben ist kurz und zerfällt als bald in eine grosse Zahl sich gleichfalls teilender Ästchen, während der andere lange und dickere, ohne sich zu verzweigen parallel der Längaxe des Markes hinzieht und nicht selten auf weite Strecken von der Zelle verfolgt werden kann. Diese Äste gleichen sehr denjenigen dicken Fasern, welche mit den Hauptfortsätzen der Riesenzellen von Retzius verlaufen; sie unterscheiden sich von ihnen nur durch ihre geringere Dicke und und durch das offenbare Fehlen von Seitenästen (Fig. 46). Diese Fasern bilden mit den Hauptfortsätzen der Riesenzellen die Hauptfasermasse des ventralen Teiles des Rückenmarks; ihnen gesellt sich nur eine geringe Menge feiner varicöser Fasern, welche auch in den motorischen Wurzeln verlaufen und den oben beschriebenen sensiblen Fasern gleichen.

Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass im vordersten Rückenmarksende eine Anhäufung multipolarer Zellen gelagert ist, in Folge dessen die Annahme zulässig ist, dass dieser Rückenmarksteil gewissermassen dem Gehirn analog ist.

Am Schlusse meiner Arbeit angelangt, bin ich mir durchaus bewusst, dass mit ihr die Frage nach dem peripheren und um so mehr dem centralen Nervensystem lange nicht erschöpft ist, der Mangel an Material gestattete es mir jedoch nicht, die Frage in allen Einzelheiten zu bearbeiten. Bei der nächsten Gelegenheit hoffe ich nichtsdestoweniger die Lücken auszufüllen.

Erklärung der Abbildungen.

Allgemein gültige Figurenbezeichnungen.

I—LXVI. dorsale (sensible) Nervenpaare; v. = ventrale Wurzeln; d. = dorsale Wurzeln; rd. = rami dorsalis; rv. = rami ventrales; rc. = r. cutanei; rvd. = rami viscerales descendentes; rva. = rami viscerales ascendentes; rcv. = rami cutanei ventrales; ms. = Muskelsegmente; r. = rostrum; v. = velum; t. = Tentakel; sc. = Skelett der Tentakel; o. = Mundrand; ep. = Epithelknospen; enp. = äusseres Nervengeflecht; inp. = inneres Nervengeflecht; zp. = Zwischennervengeflecht; pa. = porus abdominalis; end. = Teil des Enddarms mit dem anus (a); q. = Zellen von Quatrefoies; ch. = chorda; rm. = Rückenmark.

Sämtliche Figuren sind vermittelt der Oberhäuser'schen Zeichenkammer angefertigt worden.

Fig. 1. Ein Teil des Kopfes vom Amphioxus von der linken Seite: 1. oberflächliche Äste, welche das äussere Nervengeflecht bilden; 2. tiefe Äste, welche das innere Nervengeflecht bilden; 3. tiefe Äste, welche von der linken Seite der Mundhöhlenwand zur rechten hinüberziehen; 4. Äste zum velum; 5. Nervenring. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.

Fig. 2. Der hintere Teil des mittleren Rumpfabschnittes, linke Körperseite. Methylenblau. Obj. 2 Reichert.

Fig. 3. Schwanzteil, linke Seite. Methylenblau. Obj. 1a Reichert.

Fig. 4 und 5. Austritt der dorsalen Wurzeln aus dem Rückenmark. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.

Fig. 6: a, b, c, d. Vordere Kopfabschnitt des Amphioxus. Anomalien des I., II., III. Spinalnervenpaares. Methylenblau. Fig. a ist mit Obj. A. Zeiss gezeichnet, die übrigen Figuren mit demselben Objectiv, dessen Frontallinse abgeschraubt worden war.

Fig. 7, 8a und b, 9. Vordere Kopfabschnitt eines Amphioxus. Anomalien der ersten fünf Nervenpaare: 1) eines der im Verlauf des I. und II. Nervenpaares angeordneten besonderen Gebilde (conf. Text.). Methylen-

blau. Obj. A. Zeiss mit abgeschraubter Frontallinse. Fig. 8a stellt die rechte, Fig. 8b die linke Kopfseite des Tieres dar.

Fig. 10. Randteil der Mundhöhlenwand mit drei Tentakeln. Es ist ein Teil des äusseren Nervengeflechtes mit den von demselben zu den Tentakeln verlaufenden Ästchen sichtbar. 1. Nervengeflecht in den Tentakeln. In den Epithelknospen sind die peripheren Nervenzellen sichtbar. Methylenblau. Obj. 4 Reichert.

Fig. 11. Randteil der linken Mundhöhlenwand. Es ist ein Teil der inneren und des Zwischengeflechtes, sowie ein Teil des Nervenringes (1), welcher Ästchen zu den Tentakeln und für die Bildung des inneren Geflechtes entsendet sichtbar. Obj. C. Zeiss.

Fig. 12. Teil eines Tentakels mit dem Nervengeflecht, welches vorwiegend von Ästen des äusseren Geflechtes gebildet wird. Methylenblau. Obj. 5 Reichert.

Fig. 13. Ein Teil des Kopfes eines Amphioxus; das Nervengeflecht im velum (1), welches von tiefen Ästen (2) des V., VI. und VIII. Nervenpaares gebildet wird. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.

Fig. 14 und 15. Unterer Bauchteil des mittleren Rumpfabschnittes vom Amphioxus. Das ventrale Grundnervengeflecht (1) mit den sich von ihm absondernden dünnen Ästchen, welche das zweite dichte Nervengeflecht (2) bilden; letzteres umflieht den queren (Bauch) Muskel; auf Fig. 15 das letztere Geflecht bei stärkerer Vergrösserung gezeichnet. Methylenblau. Fig. 14 mit A. Zeiss gezeichnet, Fig. 15 mit Obj. 6 Reichert.

Fig. 16. Ein Teil des mittleren Rumpfabschnittes vom Amphioxus. Es ist ein Teil des ventralen Grundgeflechtes (1) und die zu den Kiemenbögen ziehenden Ästchen (2) sichtbar. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.

Fig. 17a und b. Nervengeflecht in den Kiemenbögen. Golgiverfahren. Fig. a mit Obj. C. Zeiss, Fig. b mit Obj. 6 Reichert gezeichnet.

Fig. 18a und b. Nervenzellen auf den Verlauf der Nervenästchen, welche das Geflecht in den Kiemenbögen bilden. Fig. a stellt einen Teil des oberen Abschnittes des Kiemenkorbes dar. Golgiverfahren. Obj. 6 Reichert.

Fig. 19a, b und c. Fig. a und b viscerele Äste des XLII.—XLVI. Spinalnervenpaares zum Enddarm; die Ästchen d verlaufen in den Zwischenräumen zwischen den Muskelsegmenten und begeben sich alsdann zum Darm. Fig. c stellt eine Anastomose (c) der ventralen Äste des LX. und LXI. Spinalnervenpaares dar. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.

- Fig. 20. Vordere Rumpfabschnitt des Amphioxus, gefärbt mit Methylenblau. Es sind die Spinalganglienanlagen (s) sichtbar, sowie die dem Anfangsteil des II. Nervenpaares angelagerten Gebilde (1). Obj. 3 Reichert.
- Fig. 21. Teil des mittleren Rumpfabchnittes des Amphioxus von der Rücken-
seite gesehen. Spinalganglienanlagen (s) im Verlauf der dorsalen und
ventralen Äste des Spinalnerven. Methylenblau. Obj. A. Zeiss.
- Fig. 22a, b, c. und d. Spinalganglienanlagen (Analoge der Spinalgangl.) auf
dem Verlauf der Spinalnerven des mittleren Abschnittes vom Amphioxus.
1. Den Spinalganglienzellen analoge Elemente; 2. Kerne. Methylenblau.
Alle Fig. mit Obj. C. Zeiss, ausschliesslich Fig. d, welches mit der
homog. Immers. $\frac{1}{12}$ Zeiss gezeichnet worden ist.
- Fig. 23. Ein Teil des Kopfes vom Amphioxus. s. Spinalganglienanlagen und
eines der besonderen Gebilde (1) an einem Ästchen des II. Nerven-
paares. Methylenblau. Obj. 3 Reichert.
- Fig. 24a und b. Fig. a. Randteil des Rostrums. 1. Nervenästchen mit den
an ihnen sitzenden Zellen von Quatrefages; 2. Kerne auf dem Verlauf
der Nervenästchen; 3. Kapsel mit angelagerten Kernen (21). Methylen-
blau, Ammoniummolybdat mit Osmiumsäure.
Fig. b. Nervenästchen mit Zellen von Quatrefages. Methylenblau,
Ammoniumpicrat mit Osmiumsäure. Beide Präparate mit Obj. E. Zeiss
gezeichnet.
- Fig. 25 und 26. Die besonderen Gebilde (conf. Text), welche bisweilen auf
dem Verlauf des I. und II. Spinalnervenpaares angetroffen werden.
Methylenblau. Fig. 26 mit Obj. 6, Fig. 27 mit Obj. 3 Reichert
gezeichnet.
- Fig. 27. Geflecht, gebildet von den Verzweigungen der rami cutanei ventrales
der Spinalnerven. Teil der Bauchregion vom Amphioxus. Methylen-
blau. Obj. A. Zeiss.
- Fig. 28. Verzweigungen der rami cutanei ventrales, welche das subepitheliale
Nervengeflecht bilden. 1. Hautepithel; 2. Stellen des strahlenförmigen
Zerfalls der Nervenästchen in feine Ästchen und Fäden nach dem
Durchtritt durch die strukturlöse Schicht der Haut, letztere bilden das
subepitheliale Geflecht; 3. interepitheliale Nervenfäden. Methylenblau.
Obj. 8a Reichert.
- Fig. 29. Teil eines Durchschnittes der Haut vom Kopf eines Amphioxus
mit dem dieselbe bedeckenden Epithel: 1. periphere Nervenzellen;
2. interepitheliale Nervenfäden; 3. Nervenäste in der Haut. Methylen-
blau. Obj. 9 Reichert.

- Fig. 30. Teil des rostrums. 1. Epithel; 2. periphere Nervenzellen; 3. Nervenästchen; 4. Zellen von Quatrefages. Methylenblau, Ammoniummolybdat mit Osmiumsäure. Obj. 9 Reichert.
- Fig. 31. Teil eines Tentakels. Es sind die Epithelknospen mit den dieselben zusammensetzenden Nervenzellen (1) sichtbar, letztere auch in dem die Zwischenräume zwischen den Knospen auskleidenden Epithel. Methylenblau, Ammoniumpicrat. Obj. 5 Reichert.
- Fig. 32a, b und c. Fig. a mittlere Teil eines Tentakels; Fig. b Tentakelende; Fig. c Epithelknospe. 1. Periphere Nervenzellen; 2. Epithel; 3. Nervenästchen. Methylenblau, molybdänsaures Ammonium mit Osmiumsäure. Obj. 9 Reichert.
- Fig. 33. Flimmer- (Riech-) Grübchen mit dem an dasselbe herantretenden Nervenstämmchen (1). Osmiumsäure mit Picrocarmin. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 34. Teil des vorderen Körperendes eines Amphioxus; rechte Körperseite. Verlauf der Nervenfasern der ersten drei Nervenpaare im Rückenmark. Methylenblau. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 35. Austritt der dorsalen Wurzeln aus dem Rückenmark. 1. Hautepithel. Längsschnitt. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 36. Verlauf sensibler Fasern im Rückenmark und ihre Teilung (1) in den dorsalen Wurzeln. Schwanzabschnitt vom Amphioxus, Längsschnitt. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 37. Austritt der dorsalen Wurzeln aus dem Rückenmark: 1. dünne (sensible) und 2. dicke (motorische) Nervenfasern. Schwanzteil des Rückenmarks. Längsschnitt. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 38. Teilung der sensiblen Fasern (1) im Rückenmark und Eintritt derselben in die dorsalen Wurzeln. Schwanzteil des Rückenmarks. Längsschnitt. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 39. Endigung einer sensiblen Faser (1) im Rückenmark. Längsschnitt. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 40a, b und c. Fig. a und b. Plattenepithel auf der äusseren Fläche der Rumpfmuskeln. Fig. c. Dasselbe Epithel auf der inneren Fläche der Spinalnervenhülle. 1. Muskelfasern; 2. Nervenstämmchen. Methylenblau. Obj. E. Zeiss.
- Fig. 41. Verzweigungen des dorsalen Astes (1) des XVII. motorischen Nervenpaares in dem oberen Teil eines Muskelsegmentes. Methylenblau. Obj. A. Zeiss. Halbausgezogener Tubus.
- Fig. 42. Endigungen (1) motorischer Nervenfasern in den Rumpfmuskeln. Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.

- Fig. 43. Endigungen motorischer Fasern (1) des ventralen Astes eines dorsalen Nerven in einem seitlichen Muskelsegment. 2. Muskelfasern. Methylenblau. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 44a und b. Endigungen motorischer Nervenfasern (1) in Muskelfasern des Rumpfes. Methylenblau. Obj. E. Zeiss.
- Fig. 45. Austritt einer ventralen Wurzel (v) aus dem Rückenmark. Methylenblau. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 46. Teil eines Längsschnittes aus dem mittleren Abschnitt des Rückenmarks. 1. Motorische Nervenfasern; 2. Fortsätze der Riesenzellen von Retzius mit Collateralen. Golgiverfahren. Obj. A. Zeiss.
- Fig. 47. Teil eines Längsschnittes aus dem Schwanzabschnitt des Rückenmarks. 1. Dicke (motorische) Nervenfasern, welche von einer Seite des Rückenmarks auf die andere hinüberziehen und mit Verzweigungen endigen. Golgiverfahren. Obj. A. Zeiss.
- Fig. 48. Teil eines Längsschnittes des Rückenmarkes parallel der Seitenfläche des Körpers eines Amphioxus. Riesenzellen von Retzius mit Fortsätzen (1). Golgiverfahren. Obj. C. Zeiss.
- Fig. 49. Teil eines Längsschnittes des Rückenmarks. 1. Fortsätze der Riesenzellen von Retzius mit Collateralen. Golgiverfahren. Obj. A. Zeiss.
- Fig. 50. Teil eines Längsschnittes durch den Schwanzabschnitt des Rückenmarks. 1. Endigung des Fortsatzes einer Riesenzelle von Retzius. Golgiverfahren. Obj. A. Zeiss. Halbausgezogener Tubus.
- Auf Fig. 35, 36, 37, 38, 39, 46, 47, 48, 49 und 50 ist das Rückenmark im Längsschnitt parallel dem Rücken des Amphioxus dargestellt.

Anmerkung. Die Figg. 1, 2, 3, 4, 5, 6a, b, c, d, 7, 8a, b, 9, 10, 11, 13, 19a, b, c, 20, 21, 27, 34, 35, 36 sind bei der Wiedergabe der Zeichnungen verkleinert worden.