Die Struktur der Nervenzellen im Sympathicus der Amphibien.

Von

Alexis Smirnow,

Prosectorgehilfe am histologischen Laboratorium der Universität Kasan.

Hierzu Tafel XXIV und XXV.

Seitdem Ebrlich (1) in dem Methylenblau ein Mittel gefunden hat die Nervenfasern in vivo zu färben, habe ich auf Vorschlag von Prof. Arnstein diese Methode vielfach zum Studium von Nervenendigungen benutzt. Die Resultate unserer Studien hat Prof. Arnstein (2) 14./26. December 1886 dem hiesigen naturforschenden Vereine vorgelegt und die dieser Abhandlung beigegebenen Abbildungen, sowie mikroskopische Präparate demonstirt. Ausserdem sind die Resultate unserer Bemühungen im Anat. Anzeiger 1887 Nr. 5 und 17 kurz mitgetheilt worden. Hier findet man auch Angaben über die Struktur der sympathischen Ganglienzellen und wenn ich es bis jetzt unterlassen habe, die einschlägigen Beobachtungen in extenso zu publiciren, so geschah es in der Absicht, eine Monographie über das periphere Nervensystem des Frosches zu liefern. Vor einigen Wochen bekam ich durch die Güte von Prof. Arnstein eine Publication von Gustaf Retzius (3) zu Gesicht, in welcher dasselbe Thema behandelt, und auf meine im Anat. Anzeiger mitgetheilten Beobachtungen vielfach Bezug genommen wird. Ich entschliesse mich daher, den auf die Ganglienzellen sich beziehenden Theil meiner Studien ausführlicher zu publiciren in der Hoffnung, einiges Licht auf die wenn auch nicht in ihrer Existenz, so doch in ihrer Bedeutung und Entwicklung noch immer räthselhaften Spiralfasern zu werfen.

Die sympathischen Nervenzellen habe ich untersucht beim Frosch (*R. temporaria* u. *esculenta*) und bei der Kröte (*Bufo vulgaris*) und zwar in dem Grenzstrang, im Gaumen, in der Lunge, in der Vorhofsscheidewand und in der Harnblase.

Die sympathischen Nervenzellen bei Amphibien besitzen an den namhaft gemachten Lokalitäten zwei Fortsätze, einen geraden

und einen Spiralfortsatz. Letzterer wurde gleichzeitig von L. Beale (4) und J. Arnold (5) 1863 entdeckt. Letztgenannter Forscher (6) lässt den Spiralfortsatz an der Zelle in ein System feinsten Fäden übergehen. Ein Theil dieser Fäden liegt der Zelloberfläche an, ein anderer dringt in die Zellsubstanz ein und kann bis an das Kernkörperchen zu verfolgen sein. Das umspinnende Netz wurde von Kollmann und Arnstein (7) und auch von Courvoisier (8) bestätigt. Die übrigen Forscher verhielten sich hingegen ablehnend. Courvoisier (8) beschrieb ausserdem Verbindungsfäden, die von dem umspinnenden Netze von Zelle zu Zelle gehen. Es wurden nicht nur die Fäden des Oberflächennetzes, sondern von einigen Forschern auch die Spiralfasern als nervöse Gebilde in Abrede gestellt, trotzdem dass Axel Key und Gustaf Retzius (9) an den Spiralfasern in einigen Fällen eine Myelinscheide demonstrieren konnten. Die zahlreichen und zum Theil sehr guten Abbildungen von Spiralfasern, die seit ihrer Entdeckung durch Arnold und Beale von verschiedenen Forschern (G. Retzius, Ranvier u. A.) gegeben wurden, beweisen, dass es gar nicht so schwer hält, bei einigem technischen Geschick auch ohne specifische Färbung vollkommen beweisende Präparate zu erhalten. In den Figuren 14, 15 und 16 sind Präparate abgebildet, die mit Säuren behandelt waren und zwar zu einer Zeit, wo Infusionen von Methylenblau noch unbekannt waren. Anders verhält es sich mit dem Oberflächennetz. Die Fäden dieses Netzes sind so fein und so schwer darzustellen, dass gerechte Zweifel an ihrer nervösen Natur aufsteigen mussten. Die Folge hat aber gelehrt, dass auch in dieser Beziehung diejenigen Autoren, die positive Angaben gemacht hatten, richtig beobachtet haben.

Es hat sich nämlich herausgestellt, dass sowohl die Spiralfasern, als die zugehörigen, netzförmig verbundenen, die Nervenzelle umspinnenden Fäden nach Infusionen von Methylenblau Farbe annehmen, und da von allen faserigen Gebilden *intra vitam* nur Nervenfasern durch Methylenblau gefärbt werden, so ist die nervöse Natur der in Rede stehenden Gebilde unumstösslich erwiesen.

Methode. Ich gebrauche $\frac{1}{4}$ —1—4% Lösung von Methylenblau und zwar löse ich den Farbstoff in einer $\frac{1}{2}$ Lösung von Chlornatrium. Ich injicire eine halbe oder volle Pravaz-Spitze einem Frosche in die *vena cutanea magna*, einer Kröte in die *vena abdominalis*. Nach einer halben bis einer ganzen Stunde,

manchmal auch nach 3 Stunden wurden die betreffenden Theile ausgeschnitten und der Luft ausgesetzt. Darauf wurde bei schwacher Vergrößerung die Intensität der Färbung geprüft. Erwies sich die Färbung als ungenügend, so wurde das Präparat noch eine Zeitlang an der Luft belassen und mit der physiologischen Chlornatriumlösung benetzt, um das Eintrocknen zu verhindern. Nach Eintritt der maximalen Färbung wurde letztere mittelst Jod ($1\text{ J} + 2\text{ KJ} + 300\text{ H}_2\text{O}$), oder Pikrocarmin (Alexis Smirnow), oder pikrinsaurem Ammoniak (Alexander Dogiel) in wässriger saturirter Lösung fixirt. Hier verblieben die Präparate $\frac{1}{2}$ —2 Stunden je nach der Grösse und Consistenz und wurden dann in chemisch reines Glycerin nach Behandlung mit Jod oder in angesäuertes Glycerin nach Behandlung mit Pikrocarmin gebracht. Die mit pikrinsaurem Ammoniak behandelten Präparate wurden eingeschlossen in Glycerin mit einem Zusatz von 1% einer gesättigten Lösung von pikrinsaurem Ammoniak.

Was zunächst das die Nervenzellen umspinnende Netz anlangt, so ist es nur mittelst Methylenblau mit genügender Klarheit zu demonstrieren, da sowohl die Zellkapsel und der Zellkörper ungefärbt bleiben. Man sieht feine varicöse Fäden sowohl an der oberen, dem Beobachter zugekehrten Zellfläche, als an der unteren Fläche der Zelle verlaufen. Diese varicösen Fäden anastomosiren untereinander und bilden somit ein echtes Nervennetz, das den Zellkörper allseitig umstrickt. Die Maschen des Netzes sind sehr mannigfaltig gestaltet. Das Netz erscheint bald dichter, bald lockerer (Fig. 1, 2, 3, 4 und 5). Häufig sind die Fäden nicht netzförmig angeordnet, sondern laufen um die Zelle wie die Fäden eines Knäuels (Fig. 1, 5 u. 17 b). Die Fäden sind verschieden dick und die Varicositäten verschieden gross. An den grösseren Varicositäten sieht man gewöhnlich 1—2 stärker gefärbte Tropfen, die gewöhnlich an den Polen der ovalen Varicosität liegen (Fig. 2 und 3). Die Fäden liegen dem Zellkörper unmittelbar an und bilden ein geschlossenes Netz (Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 7 u. 8). Freie knopfförmige Endigungen, wie sie Ehrlich (1), Aronson (10) und Michael Lawdowsky (11) beschreiben, kommen nur an Präparaten vor, die ungenügend gefärbt waren, oder sich wieder entfärbt hatten, bevor das Fixationsmittel eingewirkt hatte. Darauf hat Prof. Arnstein (2) bereits 1887 in der oben citirten Mittheilung hingewiesen und Prof. Retzius bestätigt unsere Angaben in seiner

jüngst erschienenen Abhandlung. Wenn nun die netzförmige Anordnung der pericellulären Fäden ausser Zweifel steht, so müssen weiter noch 2 Fragen discutirt werden. Die erste bezieht sich auf die von J. Arnold (6) beschriebenen intracellulären Fäden, die bis in den Kern hineinreichen, die zweite auf die von Courvoisier (8) beschriebenen Verbindungsfäden, die von Zelle zu Zelle gehen. Was die intracellulären Arnold'schen Fäden anlangt, so haben wir sie bis jetzt nicht färben können, auch G. Retzius ist es nicht gelungen; daraus folgt aber noch nicht, dass sie nicht existiren. Wenn es 25 Jahre gedauert hat, bis man das Arnold'sche ¹⁾ Oberflächennetz klar und deutlich demonstrieren konnte, so haben wir gegenwärtig kein Recht, die intracellulären Fäden in Abrede zu stellen, um so mehr als das Methylenblau sowohl den Zellkörper, als den geraden Fortsatz ungefärbt lässt. Es ist also immerhin möglich, dass die in Frage stehenden Fäden existiren, aber aus uns unbekannten Gründen keine Färbung annehmen. Jedenfalls ist zu bedenken, dass bei Nichtexistenz der intracellulären Fäden der Zusammenhang zwischen Nervenzelle und Oberflächennetz aufgehoben wird, es bleibt nur Contact übrig. Ob das in physiologischer Beziehung genügt, bleibt dahingestellt. Existirt zwischen Nervenzelle und Oberflächennetz kein Zusammenhang, so ist auch die Spiralfaser, die aus dem Oberflächennetz entspringt, kein Zellfortsatz, sondern nur ein Fibrillenbündel, dessen Zugehörigkeit zur Nervenzelle sehr fraglich wird. Oberflächennetz und Spiralfaser gehören übrigens nicht unbedingt zusammen. Letztere fehlen im Sympathicus der Säuger, während das Oberflächennetz sehr schön ausgebildet ist. Aronson (10) beschreibt eine Oberflächenausbreitung von Fäden an den Zellen der sympathischen Hals- und Bauchganglien, sowie an den Herzganglien des Kaninchens. An den Lungenerven der Säuger habe

1) Aronson (10) bemüht sich vergeblich den Beweis zu führen, dass die sich durch Methylenblau färbenden Fäden mit denen von Arnold beschriebenen nicht identisch sind. Ein Vergleich der Arnold'schen Bilder mit den Fig. 2 u. 4 von G. Retzius (3) so wie mit unseren Abbildungen Fig. 3, 4 u. 7 lässt gar keinen Zweifel in Bezug auf die Identität aufkommen. Es ist selbstverständlich, dass Arnold an seinen ungefärbten Präparaten weniger vollkommene und weniger klare Bilder vor sich hatte. Ausserdem sind die Arnold'schen Abbildungen etwas schematisch.

ich Nervenzellen gesehen, an denen das Oberflächennetz sehr schön entwickelt war. Auch an den Nervenzellen des centralen Nervensystems namentlich des Kleinhirns sind in neuester Zeit von Ramón y Cajal (12) unter dem Namen „nids pericellulaires“ Bildungen beschrieben worden, die in dieselbe Kategorie gehören.

Durch diese Beobachtungen ist das Oberflächennetz der sympathischen Nervenzellen beim Frosch seines exklusiven Characters entkleidet und dem Verständniss näher gebracht. Die zweite Frage, ob die von Courvoisier (8) beschriebenen Verbindungsfäden existiren, müssen wir entschieden bejahen. Trotzdem dass sie sich mit Methylenblau färben, sind sie doch nicht leicht darzustellen, weil sie bei der Präparation leicht abreißen, letztere ist aber unumgänglich, weil die Verbindungsfäden nicht deutlich hervortreten, solange die Zellen nahe bei einander liegen oder sich unmittelbar berühren. In den Figuren 6 und 17 sind solche Verbindungsfäden abgebildet. Ich komme auf dieselben noch zurück bei der Beschreibung der Spiralfaser. Vorläufig sei nur noch bemerkt, dass Aronson (10) diese Verbindungsfäden auch bei Säugern ausdrücklich anerkennt und abbildet. Retzius (3) hingegen erwähnt ihrer nicht.

Was nun die Spiralfasern anlangt, so sind sie so häufig beschrieben und abgebildet worden, dass ich mich kurz fassen kann. An Methylenpräparaten treten sie äusserst scharf schon bei schwacher Vergrößerung hervor (Fig. 9 a). Bei starker Vergrößerung kann man ihren Ursprung aus den pericellulären Fäden, die hier, an dem verjüngten Theile der Zelle, besonders dicht liegen, genau verfolgen (Fig. 6 a, 7, 17 b). Manchmal wird das Bild durch eine starke Körnelung getrübt (Fig. 9), doch findet man immer Zellen, an denen die pericellulären Fäden sich zu dickeren Fäden vereinigen und die letzteren schliesslich zu einer Spiralfaser zusammentreten (Fig. 1, 2, 4, 5, 6, 7). Die Spiraltouren beginnen häufig schon an der Zelle, manchmal erst an der Ursprungsstelle des geraden Fortsatzes. Die Zahl der Windungen ist, wie schon die ersten Beobachter melden, eine sehr verschiedene (Fig. 1, 3, 7, 12 u. 13). An kleineren Zellen können die Windungen ganz fehlen, indem die dünnere, aus den pericellulären Fäden entstandene Faser mit der dickeren geraden Faser parallel läuft.

In einer gewissen Entfernung von der Zelle trennen sich beide Fasern, wobei die Spiralfaser häufig Theilungen eingeht

(Fig. 3, 5 und 17). Letzteres geschieht entweder nahe an der Zelle, oder in einer grösseren Entfernung von ihr. An Osmiumpräparaten sieht man, allerdings in sehr seltenen Fällen, das Auftreten einer Myelinscheide an der Spiralfaser. Die Myelinscheide ist in solchen Fällen immer sehr dünn, wie das für die sympathischen Fasern charakteristisch ist (Fig. 15). Da in gewissen Fällen auch die gerade Faser myelinhaltig wird (Fig. 16), so kann die Myelinscheide nicht als Kriterium benutzt werden bei der Entscheidung der Frage, welche von den Fasern centripetal und welche centrifugal verläuft. Der Nachweis der Myelinscheide ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da das Myelin gewöhnlich in einer bedeutenden Entfernung von der Zelle auftritt und die Fortsätze nahe an der Zelle abreißen. Der gerade Fortsatz senkt sich in den Zellkörper. Ob er bis an den Zellkern reicht, wie Arnold (6) u. A. meinen, oder, sich verbreiternd, mit dem Zellkörper verschmilzt, lässt sich an Methylenblaupräparaten nicht entscheiden, da sowohl Zellkörper als gerader Fortsatz ungefärbt bleiben. In letzter Zeit ist es mir gelungen, auch den geraden Fortsatz zu färben. Wenn man durch Infusion von Methylenblau den Frosch tötet und 24 Stunden liegen lässt, so bekommt man, wenn man die Ganglien der Luft aussetzt, eine sehr intensive Färbung der Spiralfaser und eine weniger intensive Färbung der geraden Faser. Es ist mir aber bis jetzt nicht gelungen, den Fortsatz bis in die Zelle hinein zu verfolgen. In den Fällen, wo der Zellkörper mitgefärbt war, ging er, sich verjüngend, in den gefärbten, geraden Fortsatz über (Fig. 10). Ich bekam Bilder wie sie Beale (4) zeichnet. Man wird somit gut thun, diese Frage noch offen zu lassen, da die übrigen Methoden auch keine beweisende Bilder liefern. An Chromessigsäure- und an Chlorgoldpräparaten sieht man in seltenen Fällen einen hellen Streifen von dem geraden Fortsatz bis in die Nähe des Kerns verlaufen (conf. Arnstein (13) dieses Archiv Bd. 29. p. 611), in den meisten Fällen sieht man aber keine Spur davon.

Was nun die Richtung anlangt, in welcher die beiden Fortsätze verlaufen, so haben schon die ersten Beobachter der Spiralfaser die Divergenz derselben mit der geraden Faser notirt. Doch sind die Beweise nicht vollgiltig, insofern als sie sich hauptsächlich auf isolirte Zellen beziehen, an denen die Fortsätze mehr oder minder verschoben sind. Ich habe mir viel Mühe gegeben

die beiden Fortsätze innerhalb der Nervenstämmen zu verfolgen und gebe in den Figuren 11 und 14 Abbildungen von Präparaten, an denen man die Fortsätze in situ eine Strecke weit verfolgen konnte. Es hat sich dabei herausgestellt, dass alle Spiralfasern im Nervenstämmchen immer in einer Richtung verlaufen, die geraden Fortsätze in der entgegengesetzten.

Es fragt sich nun weiter, welche von den Fasern gegen die Peripherie und welche central verläuft? Diese Frage wird von den Autoren verschieden beantwortet. Da die Zellfortsätze in den Nervenstämmen nicht verfolgt werden konnten, so versuchte man aus den Degenerationserscheinungen nach Durchschneidungen Schlüsse auf die Verlaufsrichtung zu ziehen. Die Experimentatoren kamen jedoch zu entgegengesetzten Resultaten. Bidder (14) hält die Spiralfaser für centripetal, Courvoisier (8) für centrifugal. Ehrlich (1) glaubt aus dem Verhalten der Spiralfaser zu Methylenblau den Schluss ziehen zu müssen, dass sie centripetal verläuft. Prof. Arnstein (2 u. 13) glaubt, dass die Spiralfaser gegen die Peripherie verläuft, weil sie die dünnere ist und nicht selten Theilungen eingeht, während er an der geraden Faser nie Theilungen gesehen hat. Mir ist es aber in der letzten Zeit gelungen, mittelst der oben angeführten Modification in der Färbemethode den gefärbten geraden Fortsatz bis an eine T-förmige, in einem Nervenstämmchen gelegene Theilung zu verfolgen (Fig. 11)¹⁾.

Ich trete meinerseits der Ansicht von Prof. Arnstein bei und zwar aus folgenden Gründen: mehrmals fand ich, dass sowohl in dem Grenzstrange des Sympathicus, als auch in der Herzscheidewand die Spiralfasern der Ganglienzellen entweder vor

1) Es bleibt vorläufig dahingestellt, ob die T-förmige Theilung der geraden Faser im Sympathicus ein gewöhnliches Vorkommniss ist, wie bei den Spinalganglien. In unserem Falle lag die Theilung in der Nähe der Zelle und konnte somit, bei entsprechender Färbung, leicht demonstriert werden. Andererseits haben wir häufig beim Frosch sympathische Zellen isolirt, an denen die gerade Faser auf langer Strecke erhalten war, ohne dass eine Theilung nachgewiesen werden konnte (Fig. 9 b und 16). An den Zellen der Spinalganglien liegt die Theilungsstelle des Fortsatzes häufig ziemlich weit von dem Zellkörper. Möglicherweise ist die Theilung der geraden Faser in weiter Entfernung von der Zelle für den Sympathicus die Regel und das von mir abgebildete Verhalten ein seltenes Vorkommniss. Mit der Klarstellung dieses Verhaltens bin ich gegenwärtig beschäftigt.

oder nach stattgehabter Theilung sich zu Nachbarzellen begaben und mit deren Fortsätzen anastomosirten (Fig. 17), mithin als Verbindungsfasern zwischen peripheren Nervenzellen auftraten, wie dies bereits Ranvier (15) für die Nervenzellen der Vorkammerscheidewand bei Amphibien angenommen hatte. Ich sah ferner, wie die Spiralfaser einer Nervenzelle einen Nebenzweig entsendete und wie dieser letztere die Kapsel einer Nachbarzelle durchsetzte, um sich mit dem diese Nervenzelle umspinnenden Fadennetze zu vereinigen (Fig. 17); wiederholt traf ich, sowohl nach der Chlorgold-, als auch bei der Methylenblaubehandlung, Präparate aus der Vorhofsscheidewand vom Frosche und von der Kröte, wo die Spiralfaser einer Nervenzelle in ihrem Verlaufe in Gemeinschaft mit den nächst liegenden Nervenfasern ein Netz bildete, aus welchem sodann feine Nervenfasern entsprangen, die zu den Muskeln des genannten Organes verliefen. Ferner sehen wir in Fig. 18 eine sympathische Nervenzelle aus der Herzscheidewand des Frosches; der Fortsatz dieser Ganglienzelle ist wegen seines Ursprungs aus dem die Zelle umspinnenden Fadennetze als Spiralfaser anzusprechen, wiewohl er keine Spiraltouren um den geraden Fortsatz beschreibt, welcher letzterer nur undeutlich sichtbar war und deshalb nicht mit abgebildet ist. Diese Nervenzelle gehört zu den, mit zwei Fortsätzen versehenen, unipolaren Nervenzellen, auf welche Prof. Arnstein (13) in der von ihm veröffentlichten Arbeit seines Schülers N. Zawdowsky hingewiesen hat. Dieser, der Spiralfaser völlig analoge, in das Oberflächennetz übergehende Zellfortsatz theilt sich nach längerem Verlaufe in zwei ungleich dicke Zweige, welche an die Herzmuskeln herantreten. In der Herzscheidewand der Amphibien beobachtete ich, ähnlich wie auch Prof. Arnstein (13), bipolare Nervenzellen, deren Ausläufer nach verschiedenen Richtungen hin verliefen: der eine ging (wahrscheinlich in centripetaler Richtung) in ein Nervenstämmchen über, während der andere sich zu den Muskeln (gegen die Peripherie) begab, wie dies aus Fig. 21 ersichtlich ist. An den gangliösen Plexus der Gaumenschleimhaut der Amphibien, wo das periphere und das centrale Ende der Nervenstämmchen verhältnissmässig leicht unterscheidbar sind, gelang es Professor Arnstein (2) und mir nicht selten nachzuweisen, dass die Spiralfasern in peripherer Richtung verliefen. Endlich fand ich mehrmals, sowohl in dem Grenzstrange des Sympathicus (Fig. 8), als

auch in der Gaumenschleimhaut, in der Lunge und in der Harnblase des Frosches sympathische Nervenzellen, die den Blutgefäßen dicht anlagen oder zum Theil von der Adventitia derselben umgeben waren. Die Spiralfasern dieser Ganglienzellen legten sich an die Gefäßwand an und zogen an derselben entlang, entweder ohne sich zu theilen oder indem sie Theilungen eingingen; die so entstandenen Theilungsfäden anastomosirten vielfach mit den Nervenfasern des in der Gefäßadventitia gelegenen vasomotorischen Nervengeflechts¹⁾).

Auf Grund der eben mitgetheilten Thatsachen gelange ich zu dem Schlusse, dass die Spiralfasern gegen die Peripherie hinziehen und dass sie Nervenfibrillen enthalten, welche letztere, je nach dem Fundorte der Nervenzellen, zu verschiedenen peripheren Gebilden in Beziehung treten. So dienen diese Fibrillen zur Herstellung von Anastomosen zwischen den Nervenzellen, indem sie sich entweder mit den Fortsätzen anderer Zellen verbinden oder in das, an der Oberfläche der Ganglienzellen gelegene Faden-netz übergehen, oder sie verlaufen zu der Herzmuskulatur, oder endlich als Vasomotoren zu den Blutgefäßen. Hierbei verhält sich gewöhnlich derart, dass ein Theil der aus einer Spiralfaser hervorgegangenen Fibrillen zur gegenseitigen Verbindung der Nervenzellen unter einander dient, während die übrigen Fibrillen derselben Spiralfaser, theils zu den Muskeln, theils zu den Gefäßen hinziehen. Gustaf Retzius stellt die Hypothese auf, dass die Spiralfasern zur Verbindung der sympathischen Ganglienzellen mit den cerebrospinalen Nervenfasern bestimmt seien, — eine ihrer Bedeutung nach sehr verlockende Hypothese, welche indess bis jetzt noch der thatsächlichen Begründung entbehrt. Vor Allem muss die Richtung festgestellt werden, in welcher die Spiralfaser verläuft: ob in centripetaler oder in centrifugaler Richtung.

1) Vergleiche auch die Angaben und Abbildungen von Alexander Geberg (16), die sich auf die Vasomotoren der Vogeliris beziehen.

Was die Frage über die Entstehungsweise der Spiralfasern sowie über die Bedeutung des Oberflächennetzes betrifft, so scheint eine Lösung derselben nur auf dem Wege der ontogenetischen und phylogenetischen (G. Retzius (3)) Entwicklung möglich zu sein. L. Ranvier (17) und Prof. C. Arnstein (13) glauben die Entstehungsweise der Spiralfasern auf mechanische Momente zurückführen zu können und ist es im Hinblick darauf sehr wünschenswerth, die allmähliche Entwicklung der sympathischen Ganglienzellen und deren Fortsätze bei den Amphibien zu verfolgen; andererseits aber gewinnt in dieser Beziehung auch der phylogenetische Weg eine grosse Bedeutung, worauf insbesondere G. Retzius hinweist, mit dessen Anschauung ich in Anbetracht dessen vollkommen übereinstimme, dass es mir gelungen ist, das Fadennetz an der Oberfläche der Ganglienzellen sowie auch die aus demselben hervorgehenden Spiralfasern nicht nur in dem Sympathicus bei Amphibien, sondern auch bei Reptilien (*Triton cristatus*, *Lacerta agilis*) nachzuweisen ¹⁾.

In den Ganglien des sympathischen Grenzstranges und nach meinen Beobachtungen (18) auch an den Lungenerven begegnet man bei Fröschen, sowie bei Kröten constant, jedoch in wechselnder Anzahl, räthselhaften Gebilden, welche von Sigmund Mayer (19) ausführlicher beschrieben und von ihm „Zellennester“ benannt worden sind. Diese Zellennester stellen verschiedenartig geformte und verschieden grosse Conglomerate von kleinen, dicht aneinander liegenden und mit grossen bläschenförmigen Kernen versehenen Zellen dar, welche von einer gemeinsamen Bindegewebskapsel umhüllt werden. Bei der Methylenblaubehandlung wird ein innerhalb der Kapsel gelegenes und die Zellen umspinnendes Nervenetz sichtbar, welches dem von uns mehrfach erwähnten Oberflächennetze der sympathischen Ganglienzellen vollkommen ähnelt. Diese Fäden umspinnen in Form eines gemeinsamen Netzes das gesammte Zellenconglomerat und dringen auch zwischen

1) Was die Säuger anlangt, so habe ich bereits erwähnt, dass ich an den Lungenerven Ganglienzellen mit umspinnenden Fäden gesehen habe. Aus diesem Oberflächennetze entspringen feine Fasern, die zum Theil gerade, zum Theil gewunden verlaufen. Doch habe ich niemals gesehen, dass diese Fäden zu einer charakteristischen fibrillären Spiralfaser zusammentreten, wie das bei Amphibien der Fall ist.

die einzelnen Elemente des Zellennetzes ein. Dieses Nervennetz entsendet eine, zwei oder auch mehrere durch Methylenblau sich färbende Fäden, welche gewöhnlich in ein naheliegendes Nervenstämmchen übergehen (Fig. 19 u. 20), mitunter aber zu einem benachbarten gleichartigen gangliösen Gebilde sich begeben, um mit dessen Oberflächennetze zu anastomosiren (Fig. 20). Abgesehen von diesen dünnen, in Methylenblau sich färbenden Fäden, bemerkt man an den Zellennestern nicht selten (besonders nach Behandlung mit Osmium und Essigsäure) auch stärkere Fasern, welche aus diesen Zellennestern ihren Ursprung nehmen und in einem nahe liegenden Nervenstämmchen sich verlieren.

Auf Grund dieser Beobachtungen an den Zellnestern lässt sich mit Sicherheit behaupten, dass diese Gebilde Anhäufungen von sympathischen Nervenzellen sind, welche von einer gemeinsamen Bindegewebskapsel eingeschlossen werden. Was jedoch die Bedeutung dieser Gebilde anlangt, so bleibt sie immerhin noch räthselhaft. Betrachten wir diese Zellennester als Anhäufungen dicht beisammen liegender nervöser Zellenelemente, welche einem jugendlichen Altersstadium angehören, so liesse sich gewissermaassen die Entstehungsweise der Spiralfasern auf mechanischem Wege (Prof. C. Arnstein (13)) aus dem behinderten Längswachsthume der Nervenfortsätze herleiten; ebenso liesse sich unter der gegebenen Voraussetzung auch die Entwicklung der Verbindungsfäden erklären, welche zwischen den einzelnen, vollkommen ausgebildeten sympathischen Ganglienzellen angetroffen werden. Hier verbinden sie entweder die Spiralfasern unter einander oder die pericellulären Fäden benachbarter Zellen. Lassen wir die oben gemachte Voraussetzung gelten, so können wir auch die in den Figuren 7 u. 17 abgebildeten Verhältnisse von diesem Gesichtspunkte aus erklären. In Fig. 7 sehen wir zwei sympathische Nervenzellen aus dem Lungenhilus des Frosches, deren Spiralfasern unter einander in Verbindung stehen, was dadurch erklärt werden kann, dass diese Zellen sich in einer gewissen Theilungsphase befinden: auf die Theilung der Zellen folgt die Theilung (Längsspaltung) der Spiralfasern. Fig. 17 stellt drei sympathische Ganglienzellen aus dem oberen Abschnitte des Grenzstranges dar. Die Zellen sind von verschiedener Grösse; ihre Spiralfortsätze stehen untereinander in Verbindung und ausserdem anastomosirt der eine dieser Fortsätze auch mit dem Oberflächen-

netze einer der Ganglienzellen, ein Verhalten, welches sich gleichermaßen durch ihren primären Ursprung aus den Zellennestern erklären lässt. Wie dem aber auch sei, immerhin erscheinen diese räthselhaften Zellennester als Gebilde, deren Erforschung wahrscheinlich auch zur Klarlegung der Spiralfasern und der Verbindungsfäden beitragen wird.

Literaturverzeichniss ¹⁾.

- 1) Ehrlich, Ueber die Methylenblaureaction der lebenden Nervensubstanz. Deutsche medic. Wochenschrift. Nr. 4. 1886.
- 2) C. Arnstein, Die Methylenblaufärbung als histologische Methode. Anat. Anzeiger. Nr. 5 und 17. 1887.
- 3) Gustaf Retzius, Zur Kenntniss der Ganglienzellen des Sympathicus. Verhandl. des biolog. Vereins in Stockholm. Bd. II. November 1889. Nr. 1—2.
- 4) L. Beale, Quarterly Journal of microscop. Science. III. Philosoph. Transactions. Vol. 153. Proceed. of the royal society. 1865.
- 5) J. Arnold, Zur Histologie der Lunge. Virchow's Archiv. Bd. XXVIII. Heft 5 u. 6. 1863.
- 6) J. Arnold, Ueber die feineren histolog. Verhältnisse der Ganglienzellen in dem Sympathicus des Frosches. Virchow's Archiv. Bd. XXXII. Heft I. 1864 und Ein Beitrag zur feineren Struktur der Ganglienzellen. Virchow's Arch. Bd. 41. 1867.
- 7) Kollmann und Arnstein, Zeitschrift für Biologie. Bd. 2. 1866.
- 8) Courvoisier, Beobachtungen über den sympathischen Grenzstrang. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. II u. IV.
- 9) Axel Key und Gustaf Retzius, Studien in der Anatomie des Nervensystems und Bindegewebes. II. 1876.
- 10) Hans Aronson, Beiträge zur Kenntniss der centralen und peripheren Nervenendigungen. Inaug.-Dissert. 1886.
- 11) Michael Zawdowsky, Weitere Beobachtungen über Nervenendigungen etc. Beilage zum LXI. Band der Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg. 1889 (russisch).

1) Enthält nur die im Text citirten Arbeiten.

- 12) Ramón y Cajal, Internationale Monatschrift f. Anat. u. Physiol. Bd. VI. u. VII.
- 13) C. Arnstein: Nikita Zawdowsky, Ueber die Fortsätze der Nervenzellen in den Herzganglien. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XXIX.
- 14) Bidder, Archiv f. Anat. und Physiologie. 1867. Heft I.
- 15) L. Ranvier, Traité techn. d'Histologie. VI Fascicule. 1882.
- 16) A. Geberg, Internationale Monatsschrift für Anatomie u. Physiol. Band I.
- 17) L. Ranvier, Leçons sur l'Histologie du Système nerveux. Tome II.
- 18) Alexis Smirnow, Ueber Nervenendknäuel in der Froschlunge. Anatom. Anzeiger. Nr. 9. 1888.
- 19) S. Mayer, Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. Bd. VI. II. Heft und Stricker's Handbuch der Gewebelehre.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXIV und XXV.

- Fig. 1. Nervenzelle aus dem Grenzstrange des Froschsympathicus. Die Zellkapsel ist vollkommen farblos und enthält Kerne. Die Zelle enthält einen Kern mit Kernkörperchen. Aus dem Zellkörper entspringt ein gerader fibrillärer Fortsatz. Aus den stark gewundenen pericellulären Fäden setzt sich die Spiralfaser zusammen. Letztere ist viel feiner, als die gerade Faser. Spiralfaser und pericelluläre Fäden erscheinen blau. Die Färbung mit Methylenblau ist fixirt mittelst Pikrocarmin. Reichert 8 a. Oc. 3.
- Fig. 2. Nervenzelle aus dem Plexus in der Gaumenschleimhaut des Frosches. Man sieht den hellen bläschenförmigen Kern mit Kernkörperchen. Das gefärbte Oberflächennetz besteht aus sehr feinen varicösen Fäden. Die Varicositäten sind verschieden gross und verschieden geformt und enthalten Tröpfchen, die durch Methylenblau stark gefärbt sind. Aus diesem Netze entwickeln sich 3 gefärbte dünne Fasern, die anfangs mit der geraden, ungefärbten Faser in einer Richtung verlaufen. Eine von ihnen verläuft an ihrer Ursprungsstelle spirallig. Eine andere sehr feine Faser biegt von der geraden Faser ab, um in einem benachbarten Nervenstämmchen in entgegengesetzter Richtung zu verlaufen. In den umgebenden Nervenstämmchen sind nur einige Fasern gefärbt, die meisten sind ungefärbt. Fixirt mit pikrinsaurem Ammoniak. Reichert 8 a. Oc. 3.

- Fig. 3. Nervenzelle aus dem Grenzstrange des Sympathicus vom Frosch. In der ungefärbten Zellkapsel sieht man Kerne. In dem hellen runden Kerne sieht man ein stark lichtbrechendes Kernkörperchen. Das feine Oberflächennetz bildet ziemlich regelmässige eckige Maschen. Die Spiralfaser scheint myelinhaltig zu sein und theilt sich in 2 Fasern, die sich an die gerade Faser legen. Methylenblau fixirt mit Jod. Zeiss. Oelimmersion $\frac{1}{12}$. Oc. 3.
- Fig. 4. Nervenzelle aus der Harnblase der Kröte (*Bufo vulgaris*). In der ungefärbten Zelle liegt der helle runde Kern. Das gefärbte Oberflächennetz geht in die gefärbte Spiralfaser über. Der gerade Fortsatz ist nicht gezeichnet, weil er sehr verschwommen erschien. Die Färbung fixirt mit pikrinsaurem Ammoniak. Reichert 8 a. Ocul. 3.
- Fig. 5. Nervenzelle aus der Vorhofsscheidewand des Froschherzens. Die Kapsel liegt der Zelle unmittelbar an und enthält Kerne. Der Kern der Nervenzelle besitzt 2 Kernkörperchen. Die pericellulären Fäden sind grösstentheils an dem verjüngten Theile der Zelle zusammengedrängt. Aus den spiraligen Windungen entwickeln sich 2 gefärbte Fasern, die sich bald theilen. Die Zweige der einen dickeren Faser verlaufen mit dem ungefärbten geraden Fortsatz parallel. Die Zweige der anderen Faser verlassen die Nervenscheide und biegen seitwärts um. Das sind wahrscheinlich Verbindungsfäden. Färbung mit Methylenblau fixirt mit Jod. Zeiss. F. Ocul. 3.
- Fig. 6. Vier Nervenzellen aus dem hilus pulmonum des Frosches. Die Zellen sind verschieden gross. An den Zellen *a* und *b* sieht man den Uebergang der pericellulären Fäden in die Spiralfaser. *m* Mastzelle, deren Granula durch Methylenblau gefärbt sind. Der Kern ist ungefärbt. Färbung fixirt durch pikrinsaures Ammoniak. Hartnack 7. Ocul. 3.
- Fig. 7. Zwei Nervenzellen aus dem hilus pulmonum des Frosches. An der Oberfläche der beiden Zellen sieht man ziemlich regelmässig, netzförmig angeordnete Fäden, die in je einer Spiralfaser zusammenlaufen. Die beiden Spiralfasern vereinigen sich bei ihrem Uebergang in das Nervenstämmchen zu einer gemeinsamen Faser, die im Stämmchen weit verfolgt werden konnte. Die Färbung ist mit pikrinsaurem Ammoniak fixirt. Hartnack 7. Oc. 3.
- Fig. 8. Nervenzelle aus einem kleinen, in dem lockeren adventitiales Gewebe der Aorta gelegenen Ganglion des Sympathicus vom Frosch. Die aus dem Oberflächennetz entspringende Spiralfaser entfernt sich von dem geraden Fortsatze und legt sich an ein Capillargefäss. Methylenblau und pikrinsaures Ammoniak. Reichert 8 a. Oc. 3 halbausgezogener Tubus.

- Fig. 9 a. Ein Nervenstämmchen des sympathischen Grenzstranges mit Ganglienzellen vom Frosch. An zwei Zellen *a* und *b* sieht man Spiralfasern, die im Stämmchen in einer Richtung verlaufen. An der Zelle *a* sieht man auch den geraden Fortsatz, der in der entgegengesetzten Richtung verläuft. *c. c.* Pigmentzellen. Methylenblau und pikrinsaures Ammoniak. Hartnack 4. Oc. 3.
- Fig. 9 b. Zelle *a* aus demselben Präparat. Zeiss F. Oc. 3. Die pericellulären Fäden sind grösstentheils körnig zerfallen. Aus der körnigen Zone treten die Spiralfaser und der gerade Fortsatz hervor. Beide Fasern sind im Stämmchen auf weiter Strecke zu verfolgen und verlaufen in entgegengesetzter Richtung.
- Fig. 10. Zelle aus dem sympathischen Grenzstrange des Frosches. Zellkörper und Zellkern intensiv mit Methylenblau gefärbt. Die Zellkapsel farblos. Aus einer conischen Fortsetzung des Zellkörpers entspringt die intensiv gefärbte gerade Faser. Von der feinen Spiralfaser sieht man nur Andeutungen, da sie bereits abgeblasst war. Prolongirte Färbung, fixirt mit pikrinsaurem Ammoniak. Hartnack 7. Oc. 3.
- Fig. 11. Nervenzelle aus demselben Präparat bei derselben Vergrösserung gezeichnet. Der gerade Fortsatz senkt sich in ein Nervenstämmchen und theilt sich T-förmig. Von einer Spiralfaser ist nichts zu sehen.
- Fig. 12 u. 13. Nervenzellen aus der Vorhofsscheidewand des Herzens von *Bufo vulgaris*. Man sieht sowohl den gewundenen als den geraden Fortsatz. Chlorgoldbehandlung nach Löwit. Seibert V. Oc. II.
- Fig. 14. Ein Nervenstämmchen aus dem Grenzstrange des Sympathicus vom Frosch. An den meisten der im Stämmchen gelegenen Zellen sieht man sowohl die Spiralfaser, als den geraden Fortsatz. Alle Spiralfasern verlaufen in einer Richtung, alle gerade Fasern in der entgegengesetzten.
- Fig. 15. Nervenzelle aus dem Grenzstrange des Sympathicus vom Frosch. Die Spiralfaser wird bereits in ihrem gewundenen Theil myelinhaltig, trennt sich darauf von der geraden Faser, erhält eine besondere Schwann'sche Scheide mit Kern und zeigt weiter eine Ranvier'sche Einschnürung. Osmium 1 0/0. Hartnack Wasserimmersion X 1. Oc. 3.
- Fig. 16. Eine Nervenzelle aus dem Grenzstrange vom Frosch. Die beiden Fortsätze sind auf langer Strecke isolirt. Der gerade Fortsatz wird myelinhaltig und zeigt Schnürringe. An der kürzeren Spiralfaser ist kein Myelin nachzuweisen. Osmium 1/2 0/0. Seibert V. Oc. 2.
- Fig. 17. Drei Nervenzellen aus dem oberen (vorderen) Theile des sympathischen Grenzstranges vom Frosch. In den Zellen *a* u. *b* sieht man pericelluläre Fäden. Von der Spiralfaser der Zelle *b* tritt ein

Nervenfaden *d* ab, der durch die Kapsel der Zelle *a* dringt und mit den pericellulären Fäden dieser Zelle in Verbindung tritt. Die Spiralfaser der Zelle *a* dringt durch die gemeinsame Scheide und geht wiederholt Theilungen ein. Man sieht an ihr 3 Zweigfasern. Die Spiralfaser der Zelle *c* theilt sich in 2 ungleich dicke Fasern, von denen die feinere sich wiederum theilt und in die Spiralfaser *e* der Zelle *b* übergeht. Diese 3 Zellen sind somit durch Zweige ihrer Spiralfasern untereinander verbunden. Methylenblau u. Jod. Reichert 8 a. Oc. 3.

- Fig. 18. Nervenzelle aus der Vorhofscheidewand des Froschherzens. Diese Zelle liegt einem Ganglion an. Aus den pericellulären Fäden entwickelt sich eine dünne Nervenfasern, die aber keine Spiralwindungen macht, wie das gewöhnlich der Fall ist bei Zellen, welche, wie diese weit vorgeschoben, peripherisch liegen. Der Fortsatz theilt sich in 2 Nervenfäden, die an die Muskelzellen der Scheidewand herantreten. Methylenblau u. Jod. Reichert 8 a. Oc. 3.
- Fig. 19. Zellennest einer kleinen Arterie anliegend; aus dem hilus pulmonum des Frosches. Man sieht ein Gewirr von varicösen Fäden, die den ganzen in der gemeinsamen Kapsel gelegenen Zellenhaufen umstricken. Aus diesem Fadennetz tritt nur eine Nervenfasern durch die Kapsel in das benachbarte Nervenstämmchen. Methylenblau u. Pikrocarmin. Reichert 8 a. Oc. 3.
- Fig. 20. Zwei Zellennester mit pericellulären Fäden; aus dem hilus pulm. des Frosches. Durch dünne Nervenfäden sind die beiden Zellennester unter sich und mit dem Nervenstämmchen verbunden. Methylenblau u. Pikrocarmin. Reichert 8 a. Oc. 3.
- Fig. 21. Eine bipolare Nervenzelle aus der Vorhofscheidewand des Froschherzens. Ein Fortsatz senkt sich in ein Nervenstämmchen ein, der andere theilt sich in zwei ungleich dicke Fasern, die sich zu den Muskeltrabekeln begeben und hier wiederholt Theilungen eingehen. Osmium (1 %) + Essigsäure (1/2). Hartnack Wasserimmersion XI. Oc. 3.

Z u s a t z.

Das Manuscript war bereits abgeschlossen, als mir die Arbeit von Feist (Arch. f. Anat. und Physiologie 1. und 2. Heft 1890) zukam. Ich behalte mir vor, auf die Ausführungen des Verfassers