ZUR

KENNTNIS DER MORPHOLOGIE

DER

SYMPATHISCHEN GANGLIENZELLEN BEIM FROSCH.

VON

A. E. SMIRNOW,
TOMSK.

Mit 6 Abbildungen auf Tafel XVII/XVIII.

Nachdem J. Arnold und L. Beale bei den sympathischen Nervenzellen des Frosches die gerade und die spirale Faser, sowie das eigentümliche Verhalten der letzteren zur Nervenzelle beschrieben hatten, bewies F. B i d d e r mittelst Durchschneidung des N. vagus, dass die spirale Faser kein Fortsatz der Nervenzelle ist, um deren gerade Faser die spirale sich gewöhnlich windet, sondern dass die spirale Faser ein Nervenfortsatz ist, mittelst dessen eine Nervenzelle mit einer anderen oder mit mehreren anderen Zellen in Verbindung tritt. Nachdem darauf P. Ehrlich das Methylenblau zum Färben der Nerven Elemente in die Hand des Histologen gegeben und das Vorhandensein einer spiralen Nerven faser und deren Endigung auf dem Körper der Nervenzelle bestätigt hatte, wiederholte der Student W. N i k o l a j e w die Experimente Bidders unter Anwendung der Ehrlich'schen Färbmethode und gelangte zu demselben Resultate wie der genannte berühmte Dorpatsche Gelehrte. Gegenwärtig kann es als allgemein anerkannt gelten, dass die sympathischen Nervenzellen der Amphibien fast ausschliesslich unipolare Zellen sind, welche einen sogenannten geraden Fortsatz oder Neurit besitzen und dass auf dem Körper dieser Zellen ein Nervenfortsatz einer anderen Zelle oder mehrerer anderer Zellen in Art eines der Oberfläche des Protoplasmas anliegenden und die Zelle umfassenden Netzes (G. Retzius, A. E. Smirnow) oder in anderen Fällen in Art eines äusserst feinen Fibrillenplexus endigt. Bei

den Vögeln und Säugetieren haben die sympathischen Nervenzellen bekanntlich eine zweifache Art von Fortsätzen: a) Protoplasma-Fortsätze oder Dendriten und b) Achsencylinder-Fortsätze oder Neurite. Bei den Amphibien wurde das Vorhandensein von Protoplasma-Fortsätzen entdeckt — und das auch nur als eine seltene Erscheinung — bei den Nervenzellen der Scheidewand und Vorkammerwand des Herzens (L. Gerlach, C. Arnstein, A. E. Smirnow); was aber die eigentlichen sympathischen Nervenzellen der Grenzstränge anbetrifft, so haben G. Schwalbe, B. Feist und A. E. Smirnow die Teilung und die Verzweigung des geraden Fortsatzes dieser Zellen beschrieben. G. Schwalbe scheint sogar geneigt zu sein, diesen Fortsatz für ein Analogon des Protoplasma-Fortsatzes der höheren Wirbeltiere zu halten, indem er die spirale Faser für einen Neurit ansieht. G. Schwalbe sagt namentlich: „Sollte sich die Vermutung bestätigen, dass letztere (die gerade Faser) sich bald nach Art der sogen. Protoplasma-Fortsätze teilt (in der Anmerkung fügt er hinzu: „Diese Teilung der geraden Faser ist in der That von mir neuerdings mit aller Sicherheit beobachtet, u. s. w.), so würden wir auch hier den durch Deiters entdeckten Gegensatz beider Arten von Fortsätzen deutlich erkennen und die bipolaren Ganglienzellen mit Spiralfasern den multipolaren des Säugetiersympathicus vergleichen können.“ (S. 985.) B. Feist bestätigt die Beobachtung G. Schwalbes und fügt auf der Tafel VIII drei Zeichnungen (Fig. 20, 21 u. 22) bei, welche Prof. Schwalbe selbst ausgeführt hat. Nachdem Dr. Feist eine Beschreibung der dargestellten Teilung der geraden Faser gegeben, fährt er fort: „Nach dieser Beobachtung rückt die bipolare Ganglienzelle des Froschsypathicus, in das Schema der multipolaren Hirn- und Rückenmarks Ganglienzellen der Säuger ein, nur mit dem Unterschiede, dass bei jener die verästelten Fortsätze nahe bei einander von einer weit vom Centrum der Zelle entfernten Stelle, der Teilungsstelle der geraden Faser, abgehen, welche letztere hiernach nur eine

lang ausgezogene Partie der Zellsubstanz darstellt.“ — Am 10. und 16. Juni 1890 gelang es mir zum erstenmale die geraden Fortsätze der sympathischen Nervenzellen (*Rana esculenta* und *temporaria*) mit Methylenblau zu färben und die von G. Schwalbe beobachtete Teilung der geraden Fortsätze ebenfalls wahrzunehmen und zu bestätigen; erst im Jahre 1891 publizierte ich diese Bestätigung in meiner Dissertationsschrift und legte zwei Abbildungen (Fig. 1 u. 4) der erwähnten Teilung der geraden Fortsätze bei. Da meine Abhandlung nur in russischer Sprache und dazu als Monographie erschien, so halte ich es nicht für überflüssig, hier einen wiederholten photographischen Abdruck jener Abbildungen im verkleinerten Massstabe ($\frac{1}{2}$ Flächen-dimension) nebst Beschreibung beizufügen, wobei ich anmerke, dass eine derartige Teilung der geraden Fortsätze von mir auch später oftmals beobachtet worden ist. Die beiden obengenannten Abbildungen sind von mir hier unter Fig. 2 bezeichnet, in welcher vier Nervenzellen dargestellt sind, die alle ausser den geraden Fortsätzen auch spiralige Nervenfasern haben; es ist in dieser Figur bei den Zellen „b“ und „c“ auch die die Zelle umschliessende Endigung der spiralen Faser zu erblicken, während an den beiden anderen Zellen („a“ und „d.“) diese Endigung infolge der dunkleren Protoplasmafärbung mehr oder weniger undeutlich erscheint. Die geraden Fortsätze jeder der beiden Zellen, welche in der Zeichnung sub Litt. „b“ und „c“ bezeichnet sind, teilen sich in einiger Entfernung vom Zellkörper in 2 Zweige von ungleicher Breite; von jedem der Zellkörper „a“ und „d“ geht ein dicker Auswuchs aus, welcher in seinem Verlaufe eine ungleiche Breite aufweist und von sich aus wiederum eine Reihe von Zweigen verschiedenen Kalibers abgiebt, von denen einige sich aufs neue teilen. Wenngleich es auch unmöglich ist zu bestimmen, welche von diesen zahlreichen Zweigen Dendriten und welche Neuriten sind, so kann man nichtsdestoweniger doch nicht behaupten, es seien alle diese Zellenauswüchse Protoplasma-

Fortsätze und folglich im gegebenen Falle den geraden Fortsatz für ein Analogon des Protoplasma-Fortsatzes der Ganglienzelle der Wirbeltiere halten, wie dieses G. Schwalbe kund gethan hat, denn dieser Fortsatz ist der einzige Neurit der sympathischen Nervenzellen der Amphibien; bei den beschriebenen Zellen ist der gerade Fortsatz einer der Zweige des Zellenauswuchses jeder der beiden Nervenzellen „a“ und „d“. Diese Ansicht findet, meiner Meinung nach, eine hinreichende Begründung in den nachfolgenden Ausführungen dieses Artikels.

Das Vorhandensein von Protoplasma-Fortsätzen bei den Nervenzellen im Grenzstrange des N. sympathicus des Frosches wurde von mir im Jahre 1899 mit unzweifelhafter Gewissheit an einem der sympathischen spinalen Nervenknötchen bei einem kleinen braunen Grasfrosch aus der Umgegend der Stadt Tomsk konstatiert. Hierbei konnte man ganz deutlich die Dendriten und den Neurit oder den sogenannten geraden Nervenfortsatz unterscheiden. Das Präparat ward durch die Methylenblaufärbung nach der Methode Ehrlichs erhalten, wobei die Färbung mittelst des von mir zuerst zu diesem Zweck empfohlenen Pikrokarmins Hoyers fixiert wurde. Die Zeichnung von diesem Präparate, welche mittelst der Camera lucida Abbe-Reicherts abgenommen und in derselben Grösse photographiert wurde, füge ich hier unter Fig. 1 bei und gebe im Texte die genaue Beschreibung derselben.

Fünf Nervenzellen, welche in der gegebenen Figur abgebildet sind, färbten sich durch Methylenblau äusserst deutlich, während die Mehrzahl der übrigen Nervenzellen des Knötchens entweder gar keine Farbe annahmen oder sich nur mehr oder weniger schwach färbten. Die Zellkörper, welche mit einem feinen kernhaltigen Häutchen bedeckt sind (in der Zeichnung nicht abgebildet), das sich ununterbrochen auf die geraden und spiralen Fasern fortsetzt (dort, wo die letztere dank der Färbung sichtbar ist), bestehen aus dem Protoplasma und einem Kerne mit einem

oder zwei kleinen Kernkörperchen von ungleichmässigem Umfang. Wie man bei starker Vergrösserung wahrnehmen kann, besteht das Protoplasma dem Anscheine nach erstens aus einer gleichartigen Grundsubstanz, zweitens aus kleinen Körnchen, welche in dieser anscheinend gleichartigen Substanz eingesprengt sind, und drittens aus äusserst feinen Fäserchen. Die Körnchen, welche in Reihen geordnet sind, bilden gleichsam einen netzförmigen körnigen Canevas, in dessen Maschen eine anscheinend gleichförmige Substanz Platz greift; die Körnchen sind in der ganzen Dicke der Zelle verteilt, obgleich man aus der Zeichnung den Eindruck gewinnt, als ob die Körnchen nur an der Peripherie des Protoplasmas der Zellen belegen sind. Zuweilen verbinden sich die angrenzenden Körnchen so eng miteinander, oder sie fliessen möglicherweise dergestalt ineinander, dass es scheinbar zur Bildung von Fäden kommt, es formt sich ein netzartiges Fädchengeflecht, in dessen Knotenpunkten hier und da die körnigen Anhäufungen sich einlagern, die durch ihre Grösse hervorragen und welche ähnlich oder vielleicht sogar identisch sind mit den sogenannten Flemming-Nisslschen Körpern (siehe die Zellen „c“, zum Teil „d“).

An den Präparaten der sympathischen Ganglienknotten des Frosches, welche in Äthylspiritus gehärtet wurden, nachdem sie zuvor der Einwirkung verschiedener Flüssigkeiten (namentlich der Flemming-Hermannschen und einer gesättigten Sublimatlösung) ausgesetzt und die Schnitte durch eine Lösung von Toluidinblau und darauf von Eosin oder Erythrosin gefärbt waren (— diese Färbmittel waren von mir bereits im Jahre 1895 in der Oktober-Session der Gesellschaft der Neuropathologen und Psychiater bei der Kasanschen Universität zur Anwendung empfohlen worden —), treten die Nisslschen Körper in der gegebenen Zelle sehr deutlich und in ihrer ganzen Masse hervor, wobei auch viele andere Strukturen mehr oder weniger genau wahrgenommen werden können, wie dieses schon Schaffer.

Held, Lenhossék und andere Forscher bei den Nervenzellen in verschiedenen Nerven-Gebieten und bei verschiedenen Wirbeltieren gezeigt haben.

An der Stelle, wo gewöhnlich vom Zellkörper die gerade Faser — der Neurit der gegebenen Zelle — hervorgeht, teilen sich auch die obenerwähnten Fäserchen deutlich ab und sie erscheinen als einfache Fortsetzung der Achsencylinder-Fibrillen in den Zellkörper (resp. aus demselben). Bei der kegelförmigen Basis des geraden Fortsatzes gehen diese Fibrillen fächerartig auseinander, wobei sie sich miteinander verflechten; in ihrem ferneren Verlaufe im Zellkörper entziehen sie sich meistens der Beobachtung wegen ungenügender Differenzierung von den übrigen, ebenfalls durch Methylenblau gefärbten Bestandteilen des Protoplasmas der Nervenzelle (siehe die Zellen „a“, „b“ und „c“). Die geraden Fortsätze aller fünf Zellen nehmen ihren Verlauf nach einer Richtung und an den Präparaten kann man ihren Gang von einem zu dem anderen unterhalb belegenen benachbarten Knötchen verfolgen, wobei diese Fortsätze in ihrem ganzen von mir verfolgten Verlaufe als marklose Fasern erscheinen. Bei drei Zellen — und zwar bei den Zellen „a“, „b“ und „c“ — gehen von ihren geraden Fortsätzen feine Kollateralen ab, welche sich in ihrem Verlaufe vielfach verzweigen; einige von diesen Verzweigungen stehen, wie es scheint, in naher Beziehung zu den Nervenzellen desselben Knötchens, wie z. B. die Kollateral-Verzweigung bei den Zellen „d“ und „e“. Das Vorhandensein solcher Kollateralen bei dem Neurit der sympathischen Nervenzellen des Frosches wurde bisher, soviel mir bekannt, noch nicht beobachtet und beschrieben. Aber als hauptsächliche und bemerkenswerte Eigentümlichkeit des beschriebenen Präparates erscheint das Vorhandensein von unzweifelhaften Protoplasma-Fortsätzen bei den Nervenzellen der Grenzstränge des N. sympathicus des Frosches. Bei den Zellen „c“, „d“ und „e“ der bewegten Figur sind Dendriten wahrnehmbar. Die Zelle „e“ erscheint

gleichsam als Anfangsbildung von Protoplasma-Fortsätzen in Art von kurzen, oft sich verzweigenden Ästchen des Zellkörpers, welche von einem begrenzten Punkte der Peripherie des Protoplasmas ausgehen. Bei der Zelle „d“ erblicken wir einen Protoplasma-Fortsatz von einer in seinem Verlaufe ungleichmässigen Breite; dieser Fortsatz verzweigt sich oftmals in kurze Ästchen und durchkreuzt sich mit dem Neurit derselben Zelle. Der Zellkörper „e“ geht in einen dicken Auswuchs über, von welchem nach einer Richtung ein Neurit ausgeht, nach der anderen aber Dendriten, die ihren Anfang von beiden Seiten des Protoplasma-Auswuchses sogleich über der kegelförmigen Basis des Nervenfortsatzes nehmen; die Dendriten zerfallen in ihrem Verlaufe vielfältig in Zweige von verschiedener Dicke und verschiedenem Umriss. Im gegebenen Falle haben wir ein Beispiel, wo der Neurit von dem mit den Dendriten gemeinsamen Protoplasma-Auswuchse des Zellkörpers abgeht. Bei allen beschriebenen Zellen („e“, „d“ und „c“) bilden die Protoplasma-Fortsätze nur eine Verbreitung des Zellkörpers nach seiner Umgebung und zeigen mehr oder weniger deutlich alle Struktureigenheiten eines Nervenzellprotoplasmas, wie dieses schon längst von vielen hervorragenden Forschern in Bezug auf die Dendriten der Nervenzellen im allgemeinen und derjenigen der Säugetiere im besonderen nachgewiesen ist. (Siehe die Arbeiten von R. y Cajal, A. Koelliker, v. Gehuchten, M. Lenhossék und vieler and.) Bei Durchmusterung der Nervenzellen „e“, „d“ und „c“ können wir, obgleich an toten Objekte, gleichsam die verschiedenen Phasen der Entwicklung oder der Bildung der Protoplasma-Fortsätze und zwar an einem erwachsenen Tiere wahrnehmen; unwillkürlich erinnert man sich hierbei an die Hypothese des Herrn M. Duval und die Gedanken wenden sich wie von selbst zu der Voraussetzung von der Fähigkeit des Protoplasma der Nervenzellen zur Fortsatzbildung, welche Ähnlichkeit hat mit der Bildung solcher Fortsätze durch die amöboiden Elemente

und durch viele einzellige freilebende Organismen. Das Nervenelement, welches mit den übrigen mannigfaltigen Zellen am meisten kompliziert verbunden erscheint, tritt als Individuum auf, das meistens einen allgemein verbindenden Centralpunkt einer vielzelligen Kolonie bildet und gleichzeitig gleichsam seine phylogenetische Selbständigkeit bewahrt. Nur die Untersuchung einer lebenden Nervenzelle kann einzig und allein die Richtigkeit oder das Irrtümliche der soeben ausgesprochenen Ansicht darthun.

Die Nervenzellen des Froschherzens ähneln ihrer Struktur nach den Nervenzellen der Grenzstränge des N. sympathicus. Hier wird jede Nervenzelle, welche einen Neurit (geraden Fortsatz) hat, von einer anderen Zelle durch eine Faser innerviert, die oft um den geraden Fortsatz zahlreiche spiralige Windungen bildet und auf dem Zellkörper mit einer denselben umschliessenden Oberflächenendausbreitung endigt. Diese umschliessenden Oberflächennetze habe ich bereits vor 10 Jahren an den Nervenzellen in fast allen Abschnitten des Froschherzens beobachtet, namentlich im Sinus venosus, in der Scheidewand (in den Ludwig und Bidderschen Knoten) und in der Vorkammerwand, nur konnte ich mich eine lange Zeit nicht von dem Vorhandensein des erwähnten Netzes auch an den Nervenzellen der Ganglia ventricularia Johannes Dogiels in der Herzkammer überzeugen, bis es mir vor fünf Jahren gelang, auch hier eine gute Färbung dieses Netzes zu erlangen, wodurch ich dann wiederholt und allendlich mich davon überzeugen konnte, dass auch bei den Nervenzellen Prof. J. M. Dogiels die Nervenendigungen in Art eines das Protoplasma dieser Zellen umschliessenden Netzes anzutreffen seien.

Im Jahre 1891 schrieb ich: „Nach meinen Untersuchungen stellt es sich heraus, dass die grosse Mehrzahl der Nervenzellen des Herzens der Amphibien (*Rana temporaria* und *R. esculenta*)

ihrer Konstruktion nach zu den sympathischen Nervenzellen gehören. . . Bipolare, namentlich aber multipolare Zellen gehören hier zu sehr seltenen Bildungen.“ Leo Gerlach hat, wie bereits oben erwähnt, zuerst im Jahre 1876 die multipolaren Zellen im Froschherzen beschrieben; eine Darstellung dieser Zellen giebt der Autor in den Figuren 5a und 5b auf der seinem Artikel beigefügten Tafel der Abbildungen; aber bei der Betrachtung der soeben erwähnten Figuren lässt sich schwerlich annehmen, dass L. Gerlach es wirklich mit multipolaren Zellen zu thun hatte. Aber wie dem auch sein mag, der Autor beschreibt bei seinen multipolaren Zellen die gerade Faser und das unmittelbar unter der Zellhülle belegene zarte Fasernetz, welches dem von J. Arnold beschriebenen ähnlich ist und in eine spirale Faser übergeht, die Gerlach mit Recht für ein Nervengebilde hält. Prof. C. Arnstein beschreibt in der Arbeit Nikita Lawdowskys neben den unipolaren auch die bipolaren und die multipolaren Zellen im Froschherzen, und zwar in der Scheidewand der Vorkammer des Herzens. In der Fig. 3 auf der dieser Arbeit beigefügten Tafel stellt er zwei multipolare Zellen dar, welche miteinander durch eine Protoplasmabrücke verbunden sind. In meiner oben erwähnten Arbeit schrieb ich (S. 93): „Was aber die bipolaren und multipolaren Zellen der Vorkammer des Herzens anbetrifft, so habe ich sie als seltene Exemplare an Präparaten beobachtet, welche mit Osmium, Essigsäure mit Osmium und namentlich mit Chlorgold bearbeitet waren; an mit Methylenblau gefärbten Präparaten konnte ich sie nicht wahrnehmen.“ In den Monaten Juni und Juli des laufenden Jahres (1899) gelang es mir zum erstenmal nach Injektion von Methylenblau in das Blut des Frosches eine Färbung der multipolaren Nervenzellen in der Vorkammer des Herzens, in der Scheidewand zwischen den Vorkammern und namentlich in den kleinen Nervenknötchen, welche an der Grenze zwischen den Vorkammern und der

Herzkammer der *Rana temporaria* belegen sind, zu beobachten. Wenn die durch Methylenblau selten gelingende Färbung der multipolaren Zellen des Froschherzens uns auch nicht berechtigt über die Anzahl solcher Zellen in dem genannten Organe ein Urteil zu fällen, so kann man doch in Berücksichtigung dessen, dass die Nervenzellen der Remakschen, C. Ludwigschen, F. Bidderschen und J. Dogielschen Knoten sich durch Methylenblau vergleichsweise leicht färben lassen und dabei ausser dem gefärbten geraden Fortsatze, welcher von dem gleichfalls gefärbten Zellkörper ausgeht, gar keine Spur von Dendriten zeigen, mit einiger Gewissheit und Ausschluss eines groben Irrtums schliessen, dass die Anzahl multipolarer Nervenzellen hier nicht gross sein kann. Die mittlere Grösse der multipolaren Zellkörper ist geringer als die Grösse der unipolaren Zellen; sehr selten trifft man unter ihnen Zellen an, welche an Grösse sogar die grösseren unipolaren Zellen der Knoten der Scheidewand und des Sinus venosus übertreffen, wie dieses aus Fig. 3 ersichtlich ist. Dem Anscheine nach muss man als bemerkenswerte Eigentümlichkeit dieser Zellen ihre zusammengesetztere Innervation anerkennen. Das Gesagte kann man, meiner Ansicht nach, am besten durch ein Beispiel klar machen, und zwar durch Beschreibung einer der multipolaren Nervenzellen des Herzens. Diese Beschreibung wird zugleich auch eine Erklärung des in Figur 3 Dargestellten bilden.

Die Fig. 3 stellt einen kleinen Abschnitt des Nervengeflechts aus fast ausschliesslich marklosen Fasern dar, eines Geflechts, welches in der Tiefe des Endokardiums im Grenzgebiet zwischen den Vorkammern und der Herzkammer der *Rana temporaria* belegen ist. Die Zeichnung ist mit Hülfe der Camera lucida Abbé Reicherts bei Okul. 4 und Obj. 8a des Reichertschen Mikroskops abgenommen. Mitten in dem Nervengeflecht ist in einem seiner Zwischenräume eine durch Methylenblau hell ge-

färbte multipolare Nervenzelle von grösserem Umfange sichtbar. Von dem Zellkörper gehen fünf oder sechs Dendriten und ein ziemlich dicker Neurit („n“) aus. Den letzteren kann man eine beträchtliche Strecke weit unter den anderen marklosen Nervenfasern und Stämmchen des Nervenplexus verfolgen. Zugleich mit den Stämmchen biegt sich dieser Neurit zur Herzkammer, d. h. zur Peripherie des Organs. Die Dendriten, welche vom Zellkörper abgehen, haben eine verschiedene Dicke und sind verschieden entwickelt, wie dieses direkt aus der Zeichnung ersichtlich ist, in ihrem Verlaufe verzweigen sie sich wiederholt und, wie es den Anschein hat, endigen sie bald nach ihrem Austritte aus dem Zellkörper frei in dem umliegenden Gewebe. In dem Zellkörper ist ein durchsichtiger Kern mit zwei kleinen Kernchen und einem Liniengerüst sichtbar, in dessen Maschen auf dem Präparate hier und da kleine Körnchen und Klümpchen von Chromatin wahrzunehmen sind, die in der Zeichnung nicht wiedergegeben wurden. An die Zelle treten einige dieselbe innervierende Nervenfasern heran. Leider ist bei dieser Abbildung der Gang dieser die Nervenzellen inner-
vierenden Fasern im Innern der Stämmchen nicht vollkommen deutlich zu erblicken, aber auf anderen Präparaten der multipolaren Zellen des Herzens, wo die Zelle selbst und ihre Dendriten sowie der Neurit weniger intensiv und nicht bis zu den letzten Verzweigungen der Dendriten gefärbt waren, konnte man zuweilen wahrnehmen, dass einige (2—3) abgesonderte Nervenfasern an die Zelle herantreten und an der Bildung der Nervenendigung auf dem Zellkörper sowie der Protoplasmafortsätze Anteil nehmen; diese Nervenfasern waren selbstverständlich insoweit abgesondert, um ihren sichtbaren isolierten Gang auf dem Präparate genau verfolgen zu können. Auf der gegebenen Figur bemerkt man einerseits die herantretende spirale Nervenfasern, welche den Neurit der Nervenzelle umwindet und andererseits gehen aus einem anderen Stämmchen des Nerven-

geflechts zwei Nervenfasern hervor, von denen die eine sich in zwei Zweige teilt. Diese letzteren beiden Nervenfasern umflechten die Dendriten und den Zellkörper, indem sie sich in ihrem Verlaufe auf der Oberfläche des Zellkörpers und der Dendriten mannigfaltig und reichlich wiederum verzweigen. Zufolge der Anteilnahme der spiralen Faser und der erwähnten beiden anderen Nervenfasern bildet sich auf der Oberfläche des Zellkörpers und seiner baumartigen Auswüchse ein verwickeltes, das Protoplasma der Zelle umschliessendes Endgeflecht, welches die gegebene multipolare Zelle innerviert. Ob die gegebene oder überhaupt irgend welche multipolare Nervenzelle des Froscherzens durch dieses Nervenendgeflecht mit einigen anderen Nervenzellen oder nur mit der einen Zelle in Verbindung steht, deren Achsencylinderfortsatz durch seine Verzweigung einige vereinzelte Nervenfasern simuliert, darüber kann selbstverständlich in dieser rein histologisch-anatomischen Arbeit kein Urteil abgegeben werden; aber dennoch wird diese Arbeit für den Physiologen, welcher seine Experimente auf anatomischer Grundlage ausführt, vielleicht von einigem Nutzen sein.

Jede sympathische Nervenzelle des Frosches hat, so viel mir aus der Litteratur und meinen eigenen Beobachtungen bekannt, nur einen Nervenfortsatz, den sogen. geraden Fortsatz J. Arnolds. Über die Beziehung dieses Fortsatzes zu seiner eigenen Nervenzelle und über seine Struktur wird fortan die Rede sein. J. Arnold sagt: „Der Achsencylinder der zu einer Ganglienzelle des Sympathicus tretenden Nervenfasern durchsetzt deren Substanz und endigt in dem Kernkörperchen“. L. Beale anerkennt den Übergang des geraden Fortsatzes in den Zellkörper; seiner Meinung nach ist der Fortsatz mit dem mittleren Teil des Zellkörpers verbunden. Die Beobachtungen Kollmanns und Arnsteins und Courvoisiers erklären nicht mit Bestimmtheit die Beziehung des geraden Fortsatzes zu den Bestandteilen seiner Zelle, obgleich Courvoisier den geraden Fortsatz auch bis zum

Kern herauführt. G. Schwalbe sagt, dass der gerade Fortsatz sich bis in den Zellkörper verlängert. A. Key und G. Retzius lassen die Frage über den Anfang des geraden Fortsatzes unbeantwortet. Johannes Dogiel schloss sich, wie es scheint, anfangs der Meinung derjenigen Forscher an, welche wie G. Schwalbe glauben, dass der gerade Fortsatz in seinen Zellkörper übergeht, aber in seiner im Verein mit Türnänzew publizierten Arbeit sagt er: „Die Frage nach dem Ursprung des geraden Fortsatzes der Nervenzelle und nach dem in derselben durch Methylenblau hervortretenden Netz bleibt zur Zeit noch unbeantwortet“. A. E. Smirnow gelangte auf Grund seiner Beobachtungen im Jahre 1891 zu folgenden Ergebnissen: 1. Der gerade Fortsatz jeder sympathischen Nervenzelle der Amphibien bildet eine unmittelbare Verlängerung der Zellkörpersubstanz, oder mit anderen Worten: die Substanz des Zellkörpers erstreckt sich in eine Zugabe, welche gerader Fortsatz genannt wird. 2. Der gerade Fortsatz erscheint sogleich nach seiner Bildung aus dem Zellkörper als nackter Achsencylinder, welcher in einer mit der spiralen Faser gemeinsamen Hülle liegt. . . Auf seinem weiteren Gange kann sich der gerade Fortsatz mit einer Markscheide von verschiedener Dicke überziehen, was bald in der Nähe des Zellkörpers, bald und noch häufiger in beträchtlicher Entfernung von demselben stattfindet; der gerade Fortsatz aber umgiebt sich sehr selten mit einer Markscheide, in der grossen Mehrzahl der Fälle ist ein Übergang des geraden Fortsatzes in eine markhaltige Nervenfasernicht zu beobachten, der gerade Fortsatz erscheint in seinem ganzen, oft weit ausgedehnten Verlaufe als blasse Remaksche Faser. 3. Der gerade Fortsatz kann sich wiederholt teilen und in feine Zweige zerfallen, wobei ein solches Zerfallen in Zweige in verschiedener Entfernung vom Zellkörper beginnt; eine Verzweigung beobachtete ich nur an marklosen geraden Fortsätzen der sympathischen Nervenzellen des Frosches. 4. Der Achsencylinder des

geraden Fortsatzes und dessen Zweige haben einen fibrillenartigen Bau und zwischen den Fibrillen liegt eine verschiedene Quantität einer körnigen Substanz mit Körnchen von verschiedener Grösse; sowohl die Fibrillen als auch die Körnchen, vielleicht von einer interfibrillaren Substanz, färben sich durch Methylenblau zuweilen sehr intensiv; bei dem Übergang des geraden Fortsatzes in die Substanz des Zellkörpers gehen die Fibrillen kegelförmig auseinander und verschwinden entweder in dem durchweg gefärbten Zellkörper, oder sie werden in ihrer grellen Färbung bei ihrem Übergange in die ungefärbte Zellkörper-Substanz kurz abgerissen. (Siehe die hier wiederholt abgezeichnete Fig. 4 aus meiner Arbeit vom Jahre 1891).

Seit dem Jahre 1891 bis zur gegenwärtigen Zeit habe ich hunderte von Präparaten, die ich von den sympathischen Nervenknotten des Frosches gefertigt, zu meiner Verfügung gehabt und nun kann ich mit voller Überzeugung das oben Gesagte bestätigen, nämlich dass in der grossen Mehrzahl der Fälle ein Übergang des geraden Fortsatzes in eine markhaltige Nervenfasernicht zu bemerken war, die gerade Faser verblieb auf ihrem ganzen sichtbaren, oft sehr ausgedehnten Gange stets eine marklose Faser. Die bereits von J. Arnold, L. Beale, Courvoisier, Kollmann und Arnstein beobachtete Anwesenheit einer Markscheide an dem geraden Fortsatze erhielt eine verneinende Erwiderung von Friedländer, Hoffmann, Axel Key u. G. Retzius, welche kein einziges Mal eine Markscheide an dem geraden Fortsatze erblicken konnten. Die Anwesenheit einer Markscheide an den geraden Fortsätzen der sympathischen Nervenzellen ist eine beständige Erscheinung, aber keine allgemeine bei allen Zellen; die Markscheide ist, wie es scheint, nur bei einigen dieser Zellen vorhanden und dazu in verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung; bei den geraden Fortsätzen einiger Zellen erscheint die Markscheide in Art einer zarten, feinen Hülle in dem ganzen sichtbaren Verlaufe des Fortsatzes, bei

anderen erreicht sie rasch einen so grossen Umfang, dass der gerade Fortsatz als dicke markhaltige Faser erscheint, ähnlich den sensiblen Nervenfasern, welche ich an dem Herzen, der Harnblase und dem Kleinhirn der Säuger schon längst beobachtet und zum Teil beschrieben habe. Eine der Nervenzellen des Grenzstranges einer *Rana temporaria* aus dem Jahre 1883 stelle ich hier in der Abbildung 5 dar. Bei dieser Zelle ist der dicke, markhaltige gerade Fortsatz und die feine markhaltige spirale Faser sichtbar, deren Endigung auf dem Zellkörper aber aus Mangel einer unterschiedlichen Färbung und daher Differenzierung unsichtbar ist. Das Präparat ist mit Osmiumsäure bearbeitet. Der Anfang der Markscheide befindet sich hier sehr nahe bei dem Ausgangspunkte des Neurits. Und so findet es immer — wie meine Untersuchungen gezeigt haben — in denjenigen Fällen statt, wo die Markscheide an dem geraden Fortsatze stark entwickelt erscheint. In einigen Fällen tritt die Markscheide an dem geraden Fortsatze in beträchtlicher Entfernung vom Zellkörper auf und dann erscheint die Myelinhülle als feiner Belag des Achsencylinders, den man gewöhnlich an diesem auf eine weite Strecke hinaus verfolgen kann. Vom morphologischen Gesichtspunkte aus könnte ich die sympathischen Nervenzellen der Amphibien in ihrer Beziehung zum Neurit oder zum geraden Fortsatz in drei Gruppen einteilen: 1. in Nervenzellen mit einem marklosen Fortsatze, 2. in Nervenzellen mit einem feinen markhaltigen Neurit und 3. in Nervenzellen mit einem dicken Myelin-Achsencylinder-Fortsatze.

Aus allem von mir in Bezug auf die Morphologie der sympathischen Nervenzellen der Amphibien Gesagten, kann man meiner Ansicht nach, folgende Hauptergebnisse deduzieren:

1. Die grosse Mehrzahl der Nervenzellen des Grenzstranges des N. sympathicus, gleich wie auch der Nervenzellen des Herzens beim Frosche haben nur einen Fortsatz, und zwar den Neurit oder die gerade Faser Arnolds.

2. Die multipolaren Nervenzellen erscheinen, dem Anschein nach, sowohl in den Knoten des Grenzstranges, sowie auch im Herzen der Amphibien nur in geringer Anzahl.

3. Im Froschherzen werden die multipolaren Nervenzellen in verschiedenen Abschnitten angetroffen, namentlich wurden sie von mir in der Vorkammerwand, in der Scheidewand zwischen den Vorkammern und in der Umgebung zwischen den Vorkammern und der Herzkammer beobachtet.

4. Bei scharf hervortretenden multipolaren Nervenzellen kann man die komplizierte Innervation der Zellkörper und ihrer Dendriten beobachten; hieran nehmen, dem Anscheine nach, teil entweder die Nervenfortsätze der verschiedenen Nervenzellen, oder wenigstens verschiedene Zweige eines und desselben Neurits.

5. Die Nervenfasern, welche die sympathischen Nervenzellen des Frosches innervieren, haben gewöhnlich eine Markscheide und endigen auf dem von ihm innervierten Zellkörper unter deren Hülle und an den Protoplasmafortsätzen — falls solche vorhanden sind — in Art eines umschliessenden, netzartigen Zellenendgeflechts.

6. Eine und dieselbe Nervenfasern innerviert, indem sie sich in ihrem Verlaufe mannigfaltig verzweigt (siehe Fig. 6), nicht nur eine, sondern eine ganze Gruppe von sympathischen Nervenzellen, was durch die beigefügte Zeichnung erwiesen wird, welche einem meiner bereits im Jahre 1890 angefertigten Präparate entnommen wurde. Dasselbe beobachtet man auch in Bezug auf die Nervenzellen des Herzens der Amphibien wie der Säugetiere ¹⁾.

7. Der gerade Fortsatz oder Neurit stellt eine unmittelbare Verlängerung des Zellkörpers dar und hat einen deutlich aus-

¹⁾ Siehe meinen Artikel im Anatomischen Anzeiger. Bd. X. 1895. S. 744.

gesprochenen fibrillenartigen Bau. In denjenigen Fällen, wo vom Zellkörper Protoplasmafortsätze ausgehen, geht der Neurit zuweilen aus dem mit den Dendriten gemeinschaftlichen Protoplasmaauswuchse des Zellkörpers hervor.

8. Die Neurite der sympathischen Nervenzellen des Grenzstranges haben feine Collaterale, welche in ihrem Verlaufe im gegebenen Ganglion sich verzweigen und, dem Anscheine nach, zu anderen Nervenzellen desselben Nervenknötchens in Beziehung stehen.

9. Der gerade Fortsatz oder Neurit erscheint entweder in beträchtlich weiter, oder möglicherweise in seiner ganzen Ausdehnung als eine marklose Faser, oder aber er umgiebt sich früher oder später nach seiner Abtheilung vom Zellkörper mit einer Markscheide, welche in dem ganzen, der Beobachtung zugänglichen Verlaufe des geraden Fortsatzes bald dick, bald sehr fein zu sein pflegt.

10. Alle geraden Fasern oder Neurite der sympathischen Nervenzellen der Amphibien kann man in drei Gruppen einteilen: 1. in marklose Neurite (die Mehrzahl), 2. in Neurite mit einer feinen Markscheide und 3. in Nervenfortsätze mit einer dicken Myelinscheide.

Litteraturverzeichnis.

1. Arnold, J., a) Zur Histologie der Lunge. Virchows Archiv, Bd. 28, Heft 5 u. 6. 1863. — b) Über die feineren histologischen Verhältnisse der Ganglienzellen in dem Sympathicus des Frosches. Virchows Archiv Bd. 32, Heft 1. 1865. — c) Ein Beitrag zur feineren Struktur der Ganglienzellen. Virchows Archiv, Bd. 41, 1867.
2. Arnstein, C., a) Nikita Lawdowsky. Über die Fortsätze der Nervenzellen in den Herzganglien. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. 29 (Separatabdruck), 1887. — b) Die Methylenblaufärbung als histologische Methode. Anatomischer Anzeiger Nr. 5 u. 17, 1887.
3. Beale, L. S., On the structure and formation of the so-called apolar, unipolar, and bipolar Nerve-cells of the frog. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Vol. 153, Part. II, 1864.
4. Bidder, F., a) Über funktionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentren im Froschherzen. Archiv. f. Anat., Physiol. u. wissenschaftl. Medizin. 1852. — b) Zur näheren Kenntniss des Froschherzens und seiner Nerven. Ebendasselbst. 1866. — c) Parotis und Sympathicus. Briefl. Mitteilung. Archiv f. Anat. u. Phys. 1867. — d) Die Endigungsweise der Herzweige des N. vagus beim Frosch. Ebendasselbst 1868.
5. Courvoisier, L. G., a) Beobachtungen über den sympathischen Grenzstrang. Archiv. f. mikrosk. Anat. Bd. 2. 1866. — b) Über die Zellen der Spinalganglien, sowie des Sympathicus beim Frosche. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 4, 1868.
6. Dogiel, J., Von den zahlreichen diesbezüglichen Arbeiten dieses bekannten Gelehrten verweise ich hier nur auf seine umfangreiche und ausführliche Monographie unter dem Titel: „Vergleichende Anatomie, Physiologie und Pharmakologie des Herzens.“ Kasan 1895. (Russisch). In dieser Arbeit führt mein hochverehrter Lehrer, Professor Johannes Dogiel eine umfangreiche Litteratur über die beregte Frage an und giebt eine Zusammenstellung der erlangten Daten.
7. Duval, M., Comptes rendus à la Société de Biologie. 2 et 9 févr. 1895.
8. Ehrlich, P., Über die Methylenblaureaktion der lebenden Nervensubstanz. Deutsche medizinische Wochenschrift Nr. 4, 1886.

9. Feist, B., Beiträge zur Kenntnis der vitalen Methylenblaufärbung des Nervengewebes. Arch. f. Anat. u. Phys. 1890. Anat. Abt. I. u. II. Heft.
10. Friedländer, Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg, herausgeg. von A. v. Bezold. Zweites Heft 1867.
11. Van Gehuchten, Anatomie du Système nerveux de l'homme. 2. édition. 1897.
12. Gerlach, L., Über die Nervenendigungen in der Muskulatur des Froschherzens. Virchows Archiv, 66. Bd. 1876.
13. Held, H., Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze. Archiv f. Anat. u. Phys. Anat. Abt. H. 3—4, 1897. Supplement-Bd. dieses Archivs. Anat. Abt. 1897.
14. Hoffmann, C. H., Nederlandsch Archief voor Genees- en Natuurkunde D. IV. Citiert nach der Arbeit von Axel Key u. G. Retzius; Studien in der Anatomie des Nervensystems u. s. w. Zweite Hälfte. Erste Abt. S. 124.
15. Axel Key u. Gustav Retzius, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Zweite Hälfte. 1876.
16. Koelliker, A. von, Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Bd. 2. Sechste umgearbeitete Auflage. 1896.
17. Kollmann u. Arnstein, Zeitschrift für Biologie. Bd. 2, 1866.
18. Lenhossék, M. v., a) Der feinere Bau des Nervensystems. 2. Aufl. 1895. — b) Über den Bau der Spinalganglienzellen des Menschen. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. Bd. 29, Heft 2, 1897.
19. Nikolajew, W., Zur Frage über die Innervation des Froschherzens. Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abt. Supplement-Band 1893.
20. Retzius, Gustav, Zur Kenntnis der Ganglienzellen des Sympathicus. Separatabdruck aus den Verhandlungen des biologischen Vereins in Stockholm. (Biologiska Föreningens Förhandlingar). Bd. II, Novembr. 1889. Nr. 1—2. Stockholm 1890.
21. Schaffer, Karl, Kurze Anmerkung über die morphologische Differenz des Achsencylinders im Verhältnisse zu den protoplasmatischen Fortsätzen bei Nissls Färbung. Neurologisches Centralblatt Bd. 12, Nr. 24, 1893.
22. Schwalbe, G., Lehrbuch der Neurologie 1881.
23. Smirnow, A. E., a) Materialien zur Histologie des peripherischen Nervensystems der Batrachier. Kasan 1891. (Russisch). Hier ist auch eine umfangreiche Litteratur über diesen Gegenstand angeführt. — b) Über die sensiblen Nervenendigungen im Herzen bei Amphibien und Säugetieren. Anat. Anz. Bd. 10, Nr. 23, 1895, S. 744. — c. Die Struktur der Nervenzellen im Sympathicus der Amphibien. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 25.

Erklärung der Abbildungen.

Alle Figuren sind von den Präparaten, zum Teil mittelst der Camera lucida, bei entsprechender Vergrößerung abgenommen und die Zeichnungen darauf von meinem hochverehrten Kollegen, Herrn W. W. Saposchnikow, Professor der Botanik an der kaiserl. Universität zu Tomsk, photographisch hergestellt worden, für welche mühevollen Arbeit ich ihm hierdurch meinen verbindlichsten Dank sage.

Die Fig. 1, 2, 3, 4 u. 5 bedürfen keiner weiteren Erklärung, da ihre Beschreibung bereits im Texte dieses Artikels gegeben ist. Ich weise hier nur auf die Methoden hin, nach welchen die Präparate für die gegebenen Abbildungen gewonnen wurden und auf die Darstellungsweise der letzteren. Alle Präparate wurden nach Injektion von Methylenblau in einer wässrigen Lösung von 0,5% Cl Na in das Blutgefäß-System des Frosches erlangt. Die Abbildungen wurden zum Teil mittelst der Camera lucida Abbé-Zeiss' oder Reicherts gefertigt. Im Speziellen war die Darstellungsweise dieser Figuren folgende:

Die Fig. 1 ist mittelst der Camera lucida Abbé-Zeiss' unter dem Mikroskop von C. Zeiss, Okul. 4, Obj. E gezeichnet. Diese Figur wurde in gleicher Grösse wie die Zeichnung photographiert. Die Fig. 2 wurde zuerst bei 11 Wasserimmersionssystem und Okul. 3 Hartnacks dargestellt und darauf in zur Hälfte verkleinertem Massstabe umgezeichnet, von welcher Zeichnung dann die Photographie gefertigt ward, welche wiederum in zur Hälfte verkleinerten Flächendimensionen abgenommen wurde. Die Fig. 3 ist unter dem Mikroskop C. Reicherts bei Okul. 4 und Obj. 8a mittelst der Camera lucida Abbé-Reicherts dargestellt und mit der Zeichnung in gleicher Grösse photographiert. Die Fig. 4 ist unter dem Mikroskop C. Zeiss', Okul. 3, Obj. F bei auf 160 mm herausgezogenem Tubus gezeichnet. Die Fig. 5 stellt eine isolierte sympathische Nervenzelle von einem der Ganglienknotten des Grenzstranges der *Rana temporaria* dar, welche durch eine 1% wässrige Lösung von Hyperosmiumsäure bearbeitet war. Zeichnung unter dem Mikroskop Seiberts, Okul. II, Obj. V. Die Photographie ist in zur Hälfte verkleinertem Flächendimension hergestellt.

Fig. 6. Ein sympathischer Nervenknotten der *Rana esculenta*. Sichtbar sind zwei Rami communicantes. In dem Nervenknötchen ist eine sehr grosse Zahl sich abtheilender, grösstenteils markhaltiger Nervenfasern enthalten, welche an den Czermak-Ranvier'schen Einschnürungen in 2, 3, ja sogar 4 Zweige zerfallen. Diese Zweige sind bald von einer Myelinscheide umgeben, bald erscheinen einige von ihnen als marklose Fasern. Eine und dieselbe Nervenfasern verzweigt sich zuweilen in solcher Weise wiederholt in ihrem Verlaufe. Die Zweige einer und derselben Nervenfasern gehen in die spiraligen Nervenfasern zweier, dreier sympathischer Nervenzellen über, auf deren Protoplasmaoberfläche sie eine Endausbreitung bilden. Auf solche Weise ist hier faktisch die Innervation einiger Zellen durch die Zweige einer und derselben Nervenfasern sichtbar. Das Präparat ist hergestellt, nachdem 3 Stunden zuvor Methylenblau in die Vena cutanea major injiziert worden war und durch pikrinsaures Ammonium fixiert. Hartnacks Mikroskop Okul. 3, Obj. 4. Die Photographie ist in einem um $\frac{1}{5}$ der Grösse der Zeichnung verkleinerten Massstabe aufgenommen.