

# BEITRÄGE ZUR NÄHEREN KENNTNISS

DER

## MORPHOLOGISCHEN ELEMENTE DES NERVENSYSTEMS.

VON

**LUDWIG MAUTHNER.**

VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM 3. FEBRUAR 1860.

### I.

Bei meinen Untersuchungen über das Centralnervensystem, namentlich das der Fische, deren Resultate ich theilweise in den Sitzungsberichten der kais. Akademie (7. Jänner 1859) veröffentlicht habe, mussten die morphologischen Elemente desselben, die Ganglienkugel und die Nervenfaser bald meine vollste Aufmerksamkeit auf sich ziehen, um so mehr, da ich mich bei Anfertigung meiner Präparate jener Methode bediene, deren bedeutungsvolle Zukunft für die genauere Erkenntniss der Nervelemente nicht mehr verkannt werden kann, nämlich der Karmininfiltration von Gerlach.

Gerlach, Stilling und Jacobowitsch haben die Wirkungen des karminsäueren Ammoniaks auf die Elemente des Nervensystems untersucht und beschrieben; aber so wie sie einerseits über die Wirkungen des Farbstoffes auf die verschiedenen Theile der Ganglienkugel und der Nervenfaser nicht übereinstimmende Angaben machen, so haben sie auf der anderen Seite die grosse Wichtigkeit der neuen Methode für die Differential-Diagnostik der Nervelemente nicht erkannt.

Gerlach beschreibt in seinen mikroskopischen Studien 1858 die Wirkungen des Farbstoffes auf die Theile der Nervenzelle ganz allgemein in der Art, dass sich das Kernkörperchen am intensivsten färben sollte; weniger intensiv sollte der Farbstoff auf den Kern, und am wenigsten auf den Inhalt der Zelle wirken. „Von der Zelle“, sagt Gerlach, „erstreckt

sich die Färbung zunächst auf die nahegelegenen grösseren Fortsätze, die nach einer 24stündigen Behandlung mit der diluirten Farbstofflösung die rothe Farbe annehmen. Zur Färbung der feineren, entfernter gelegenen Ramificationen der Fortsätze werden 2—3 Tage erfordert, und zwar ist es sehr leicht nachzuweisen, dass mit der Länge der Zeit die Anzahl der gefärbten feinen und feinsten Ramificationen zunimmt. Die färbende Wirkung des Farbstoffes schreitet also von der Zelle nach der Peripherie der Fortsätze weiter.“

Die Einwirkung des Farbstoffes auf die Nervenfasern ist nach Gerlach eine solche, dass sich die markhaltigen Nervenröhren vollkommen indifferent gegen den Farbstoff verhalten und auch die freien Axencylinder nur sehr schwach gefärbt erscheinen.

Gerlach sagt ferner: Je länger die Hirntheile in der Chromlösung gelegen, um so längere Zeit braucht der Farbstoff, um seine färbende Wirksamkeit auf die Zellen auszuüben, und an harten Präparaten, die Jahre lang in der Chromlösung gelegen, ist die Färbung der Zellenfortsätze wenigstens geradezu unmöglich.“

In seiner Abhandlung „über die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe“ wiederholt Gerlach seine Angaben über die Färbung der verschiedenen Theile der Nervenzelle, so wie, dass „sehr langes Liegen und vollständiges Erhärten der Gewebe in Chromsäure die Empfänglichkeit desselben für die Aufnahme von Farbstoff herabstimmen.“

Mit diesen Angaben von Gerlach stimmt Stilling<sup>1)</sup> nur sehr wenig überein. Er findet, dass der Farbstoff auch die Axencylinder intensiv rothfärbt, eben so wie das Nervenzellenparenchym. Ferner, dass das Kernkörperchen der Nervenzelle sich weder rascher noch intensiver färbt, als die übrigen Gebilde der Nervenzellen, im Gegentheile oft farblos ist, wo die anderen Theile der Nervenzelle gefärbt sind. Dasselbe muss Stilling vom Nucleus der Nervenzelle behaupten. Ferner sah Stilling die Fortsätze viel früher (als es Gerlach angibt), oft gleichzeitig mit dem Nervenzellenparenchym durchtränkt, und er kann durchaus nicht mit Gerlach übereinstimmen, dass zur Färbung der von der Nervenzelle entfernteren Theile eine längere Zeit erforderlich sei, als zur Färbung der nahegelegenen. Endlich fand Stilling keinen Unterschied in der Färbung zwischen solchen Theilen, die nur kurze Zeit und solchen, die Jahre lang in Chromsäurelösung gelegen hatten, bevor sie in die färbende Flüssigkeit eingelegt wurden.

Stilling gibt auch an, dass sich die Hülle der Nerven Elemente nicht färbt, ein Punkt, den Gerlach nicht ausdrücklich erwähnt. — Jacobowitsch (Sitzungsberichte der Pariser Akademie vom 11. October 1858) gibt keine gesonderten Angaben über die Einwirkungen des Farbstoffes auf die einzelnen Theile der Nervenzelle. Von der Nervenprimitivfaser erklärt er, dass nur der Axencylinder derselben gefärbt wird, während Mark und Scheide ungefärbt bleiben.

Es muss im höchsten Grade auffallend erscheinen, dass zwei so ausgezeichnete Forscher, wie Gerlach und Stilling, so verschiedene Resultate über die Einwirkung des Farbstoffes auf die einzelnen Bestandtheile der Nervenzelle und der Nervenfasern erlangt haben, besonders da sich beide genau derselben Methode bedienten. Während Gerlach angibt, dass der Axencylinder nur sehr wenig vom Farbstoffe alterirt wird, erklärt Stilling, dass derselbe tiefroth gefärbt werde. Während Gerlach fand, dass das Kernkörperchen am intensivsten, nach ihm der Kern und am wenigsten das Zellenparenchym gefärbt wird, überzeugte sich Stilling,

<sup>1)</sup> Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarkes. 5. Lief. 1859 pag. 1078.



dass solche Färbungsdifferenzen zwischen den einzelnen Bestandtheilen der Zelle nicht existiren, ja, dass Kern und Kernkörperchen sogar ungefärbt bleiben können, während sich der Inhalt gefärbt zeigt. Gerlach sagt, dass die Färbung der Zellenfortsätze von der Zelle aus fortschreite; Stilling läugnet es. Gerlach gibt an, dass langes Erhärten in Chromsäure die Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe mindert; Stilling konnte dies nicht finden.

Ein solcher Widerspruch in den Angaben der beiden letztgenannten Forscher scheint um so unverständlicher, als die Untersuchung des Gegenstandes selbst keine schwierige genannt werden kann. Es bietet keine Schwierigkeit, einen feinen Schnitt aus irgend einem Theile des Nervensystemes zu machen, denselben in die Farbstofflösung zu bringen und nun einfach zu beobachten, welche Wirkungen der Farbstoff auf die einzelnen Theile der Zelle und der Nervenfaser ausgeübt hat; und andererseits ist ein Irrthum von Seite zweier so ausgezeichneten Mikroskopiker, wie es Gerlach und Stilling sind, geradezu unmöglich.

Einen Schlüssel zur Aufklärung dieser Widersprüche gibt uns Stilling mit seinen eigenen Worten <sup>1)</sup>: „Gerlach könnte mit einigem Rechte einwerfen, dass meine widersprechenden Erfahrungen sich nicht auf die Elemente des kleinen Gehirnes, sondern auf die des Rückenmarkes beziehen. Indessen, wenn es wahr wäre — was ich aber nicht zugebe — dass die Nervenprimitivfasern und Nervenzellen des kleinen Gehirnes sich gegen die Einwirkung der Karminlösung anders verhalten, als diejenigen des Rückenmarkes, so würde das eben beweisen, dass Dasjenige, was Gerlach als ein allgemeines Gesetz der Nerven Elemente aufzustellen scheint, keine allgemeine Giltigkeit hat, vor allem nicht für die Elemente des Rückenmarkes. Ich wage aber die Behauptung, dass die Nerven Elemente in allen übrigen centralen und peripherischen Theilen sich eben so verhalten, wie die des Rückenmarkes, und mannigfache Erfahrungen dienen mir hier zur Stütze.“

Nach meinen hier vorliegenden Untersuchungen allein kann es keinem Zweifel mehr unterliegen, dass es wirklich an sich gänzlich verschiedene Arten von Ganglienzellen gibt und dass auch die Einwirkung des Farbstoffes nicht auf alle Nervenprimitivfasern eine gleiche ist. Das karminsauere Ammoniak ist es, welches uns die Mittel an die Hand gibt, eine Differentialdiagnostik der Ganglienzellen zu begründen, welche um so sicherer ist, als die Einwirkung des Farbstoffes auf die verschiedenen, durch ihr auf bestimmte Stellen beschränktes Vorkommen ausgezeichnete Gruppen von Ganglienkugeln desselben Thieres, so wie auf die Ganglienkugeln verschiedener Thiere eine verschiedene und dabei ausnahmslos constante ist. Welche Erfahrungen mich zu diesem Schlusse berechtigen, werde ich weiter unten ausführlich darstellen. Hier führe ich nur Folgendes an: Weder sind Gerlach's noch Stilling's Angaben über das Verhalten der Bestandtheile der Nerven Elemente gegen Farbstoff allgemein richtig. Es gibt allerdings und zwar ganz bestimmte Ganglienkugeln, deren Kernkörperchen, Kern und Inhalt sich gegen Karmin so verhalten, wie es Gerlach beschreibt; es gibt auch Axencylinder, die von der Farbstofflösung im geringeren Grade afficirt werden, als andere, und es ist unrichtig, wenn Stilling behauptet, es gäbe keine solchen Ganglienkugeln und Axencylinder. Stilling hätte seine Angaben dahin beschränken sollen, zu erklären, dass er solche nicht beobachtet, hat aber, von der Ansicht ausgehend, dass die Elemente des Nervensystems in centralen und peripherischen Organen, aller Wirbelthiere wenigstens, gleich seien, seine Angaben verallgemeinert. Dagegen ist es unrichtig, wenn Gerlach angibt, dass sich die

<sup>1)</sup> Lib. cit. pag. 1078.

Ganglienkugeln überhaupt, also alle Ganglienkugeln in der von ihm beschriebenen Weise gegen Farbstoff verhalten, und dass alle Axencylinder von der Farbstofflösung nur wenig alterirt werden.

Es gibt Ganglienkugeln, deren Inhalt und Kernkörperchen gefärbt werden, während der Kern gänzlich ungefärbt bleibt. Es gibt auch Ganglienkugeln, deren Inhalt gänzlich ungefärbt bleibt. Es gibt Axencylinder, und zwar ist dies die allergrösste Anzahl derselben, die von Karmin tieftroth gefärbt werden.

Was demnach die widersprechenden Angaben Gerlach's und Stilling's über die verschiedene Färbung der Bestandtheile der Nervelemente anbelangt, so sind diese wenigstens theilweise daraus zu erklären, dass Gerlach und Stilling verschiedene Arten von Ganglienkugeln untersucht haben, auf welche der Farbstoff in der That verschieden einwirkte, und dass Beide den Fehler begingen, ihre an bestimmten Ganglienkugeln und Nervenfasern gewonnenen Resultate zu verallgemeinern.

Anders verhält es sich mit Gerlach's und Stilling's Angaben über die Färbung der Zellenfortsätze und die hindernde Einwirkung der Chromsäure auf die Färbung der Elemente. Ich sehe in der That an nicht stark infiltrirten Präparaten vom Fischrückenmarke, an welchen sich einzelne Fortsätze von Ganglienkugeln auf sehr weite Strecken verfolgen lassen, dass die von der Zelle weiter entfernten Theile der Fortsätze, resp. ihre Ramificationen weniger gefärbt sind, als die der Zelle nahegelegenen. Allerdings erscheinen letztere im Allgemeinen intensiver gefärbt, weil sie dicker sind, als die entfernteren Ramificationen. Dennoch ist aber nicht zu verkennen, dass ein Fortschreiten der Färbung von der Zelle nach der Peripherie der Fortsätze existirt. Es sei damit nicht gesagt, dass die Zelle gleichsam die Vermittlerin für die Färbung der Zellenfortsätze abgibt, dass also eine Färbung der Zellenfortsätze nur im Zusammenhange derselben mit der Zelle möglich sei. Wenn man ein infiltrirtes Präparat, vom Rückenmarke z. B. betrachtet, so sieht man, dass jene Zellenfortsätze, deren Zellen nicht in den Schnitt einbezogen wurden, eben so gefärbt erscheinen, wie jene, welche im Präparate noch mit ihren Zellen in Verbindung stehen. Jedoch bei der gänzlichen Dunkelheit, welche noch über die Art und Weise der Einwirkung des Farbstoffes auf die feinsten Gewebselemente herrscht, darf man ein solches Fortschreiten der Färbung vom Stamme der Fortsätze gegen deren Ramificationen hin nicht von vornherein verwerfen.

Eben so stimme ich Gerlach vollkommen bei, dass langes Liegen und Erhärten der Nervelemente in Chromsäure die Empfänglichkeit derselben für die Aufnahme des Farbstoffes bedeutend herabsetzt, aber gerade nicht ganz aufhebt.

Über das Verhalten der Scheiden der Elemente des Nervensystems gegen den Farbstoff finde ich bei Gerlach nichts Ausdrückliches angeführt. Aus seiner Angabe, dass sich die markhaltigen Nervenröhren vollkommen indifferent gegen den Farbstoff verhalten, schliesse ich, dass er die Einwirkung des Farbstoffes auch auf die Scheide der Nervenfasern läugnet. Wie sich die Scheide der Nervenzelle gegen Farbstoff verhält, ist aus Gerlach's Angaben über das Verhalten der übrigen Zellentheile nicht zu ersehen.

Stilling erklärt ausdrücklich, dass die Hülle der Nervenfasern vom Farbstoffe nicht gefärbt würde, und bildet auch die Hülle gefärbter Nervenzellen ab.

Jacobowitsch kennt ebenfalls keine Wirkung des Farbstoffes auf die Scheide der Nervenfasern.

Ich sehe hingegen auf gefärbten Querschnitten peripherischer Nerven, z. B. des *N. trigeminus* vom Hecht, vom Kaninchen, die Scheiden ganz deutlich roth gefärbt, so dass dadurch,



dass sich die roth gefärbten Scheiden und die roth gefärbten Axencylinder gegen das ungefärbte Mark auf's Schärfste abheben, die drei Bestandtheile der Nervenfasern, Axencylinder, Mark und Scheide in einer Weise zur Anschauung kommen, wie man es sich kaum schöner und deutlicher denken kann.

Im Centralnervensystem beobachtet man auf Querschnitten der Nervenfasern viel seltener die Färbung der äussersten Schichte, das ist der Scheide, und zwar nur an sehr stark roth gefärbten Präparaten. Es hat dies wohl theilweise auch darin seinen Grund, dass die Scheiden der centralen Nervenfasern meist viel zarter sind, als die der peripheren, daher eine Anwendung starker Vergrösserungen zu ihrer Beobachtung nöthig ist, dabei natürlich die röthliche Färbung derselben bedeutend geschwächt wird.

Auf Längsschnitten der Fasern ist die Färbung der Scheide nur am Rande derselben deutlich, während sie in der Mitte der Fasern durch das Darunterliegen des ungefärbten Markes beinahe gänzlich aufgehoben wird. Nichts desto weniger erscheinen die Nervenfasern in stark infiltrirten Präparaten nicht vollkommen weiss, sondern besitzen eine röthliche Färbung, welche einerseits von der Färbung der Scheide herrührt, andererseits aber auch davon, weil sich, wie ich gegen Gerlach bemerken muss, das Mark nicht vollkommen indifferent verhält, sondern bei langer Einwirkung des Karmins blassroth gefärbt wird.

Eben so wie die Scheiden der Nervenfasern finde ich die Scheiden, wenigstens der centralen Ganglienkugeln gefärbt. Wir besitzen durch das karminsäure Ammoniak nicht das Mittel, die Scheiden der centralen Ganglienkugeln dadurch kenntlich zu machen, dass der Farbstoff auf sie nicht einwirkt, während das angrenzende Zellenparenchym gefärbt wird. Es ist zwischen der Färbung der äussersten Schichte der centralen Ganglienkugel, d. i. deren Scheide und der des Inhaltes, wenn sich dieser überhaupt färbt, kein Unterschied wahrzunehmen. Nur bei jenen centralen Ganglienkugeln, deren Inhalt sich nicht färbt, sind die Scheiden eben durch ihre röthliche Färbung kenntlich. Übrigens gelingt es auch die Scheiden von solchen Ganglienkugeln, deren Inhalt gefärbt wird, dadurch zur Anschauung zu bekommen, dass sich der Inhalt von ihnen zurückgezogen hat, und dann erkennt man deutlich deren Färbung.

Innere Scheiden peripherer Ganglienkugeln sind in gewissen Fällen ungefärbt.

Auf alle diese Verhältnisse komme ich im Detail bald näher zurück. Wenn ich mich aber hier im Allgemeinen über die Einwirkung des karminsäuren Ammoniaks auf die Theile der Elemente des Nervensystems aussprechen soll, so muss ich sagen:

Das Nervenmark wird erst bei langer Einwirkung des Farbstoffes auf dasselbe in seiner weissen Farbe alterirt.

Zu jener Zeit, wo noch keine Einwirkung des Farbstoffes auf das Nervenmark statt hat, erscheinen die Theile der Nervenzellen in verschiedener Weise, eben je nach der verschiedenen Natur derselben gefärbt.

Es kann Kernkörperchen, Kern und Inhalt gefärbt sein, und zwar so, dass die Färbung des erstren am intensivsten, die des letzteren am schwächsten ist.

Es kann der Inhalt intensiver gefärbt sein, als der Kern, das Kernkörperchen wiederum intensiver als der Inhalt. — Es kann der Kern gänzlich ungefärbt sein, Inhalt und Kernkörperchen gefärbt und zwar mit verschiedener Intensität. — Es kann endlich der Inhalt der Zelle gänzlich ungefärbt sein bei gleichzeitiger Färbung der Kerngebilde.

Ganglienkugeln, deren Kernkörperchen sich gar nicht färbt, wie sie Stilling fand, habe ich noch nicht gesehen, ohne sie desswegen läugnen zu wollen.

Was die Zellenfortsätze betrifft, so sind sie zu dieser Zeit auch bereits mit allen ihren Ramificationen tiefroth gefärbt.

Zu derselben Zeit (nämlich bevor noch die Einwirkung des Farbstoffes auf das Nervenmark begonnen hat) erscheinen Scheide und Axencylinder gefärbt und zwar der letztere tiefroth. Allerdings gibt es Axencylinder, welche sich langsamer färben, als andere; allein sie erscheinen dennoch bereits tiefroth gefärbt, ehe die Wirkung des Farbstoffes auf das Mark beginnt und auch dieses widersteht nicht bei allen Nervenfasern gleich lange Zeit dem Einflusse des Farbstoffes.

Ich füge bei: die Lösungen des karminsaureren Ammoniaks, deren ich mich bediene, sind von verschiedener Concentration. Denn will man nach vierundzwanzigstündiger Behandlung des Objectes mit der Farbstofflösung das schönst gefärbte Präparat erhalten, so muss man die Concentration nach der Natur des Objectes selbst, namentlich aber nach dem Grade der Härtung, welches dasselbe in Chromsäure erlangt hat, richten. Die Erfahrung ist hierin die beste Lehrerin. Man erlangt dabei aus allen Theilen des Nervensystems, dem Rückenmarke, Gehirne, den Ganglien, Präparate, welche abgesehen von den wichtigen Aufschlüssen, die sie uns über die Elemente des Nervensystems geben, das Gepräge des ästhetisch Schönen an sich tragen.

Eine Vorstellung hiervon mögen die dieser Abhandlung beiliegenden, von der Meisterhand meines Freundes des Herrn Dr. Karl Bunzl ausgeführten Zeichnungen geben, da dies weder Gerlach's skizzenhafte Farbenzeichnung, noch weniger Stilling's in braunrothem Tone, weil bei den stärksten Vergrösserungen ausgeführte Abbildungen vermögen.

## II.

„Die Beobachter älterer wie neuerer Zeiten“, sagt Stilling<sup>1)</sup>, „waren von der Gleichheit der morphologischen Elemente bei verschiedenen Thierclassen, wie an den verschiedenen Örtlichkeiten des Nervensystems gewissermassen überrascht.“

Die Forscher auf dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft theilen sich in zwei Parteien, von denen die eine dem Satze huldigt, dass es zwischen den Nervenzellen im Nervensysteme desselben Thieres, so wie der verschiedenen Thiere keine wesentlichen Unterschiede gebe, während die andere aus verschiedenen Momenten sich zum Schlusse berechtigt sieht, zwischen den Nervenzellen nach verschiedenen Rücksichten hin wesentliche Unterschiede anzunehmen.

Im Fische Rückenmarke kennt Owsjannikow, bei Fröschen Kupffer nur eine Art von Ganglienzellen. Von den Nervenzellen im Rückenmarke der Vögel sagt Metzler<sup>2)</sup>: *Cellulae nerveae, quae in avium medulla spinali reperiuntur, neque dispositione, neque forma aliisve ullis rationibus ab eis cellulis differunt, quae in aliis animalium vertebratorum classibus inventae saepiusque descriptae sunt.*

Dass zwischen den Ganglienkugeln in den Ganglien des *Symphaticus* und in den Spinalganglien kein „essentieller“ Unterschied obwalte, sagt Remak<sup>3)</sup> 1838.

Diesen Ansichten nun schliesst sich Stilling<sup>4)</sup> selbst an. Wiewohl er zugibt, dass die auffallenden morphologischen Verschiedenheiten zwischen gewissen Ganglienkugeln (zwischen

<sup>1)</sup> l. c. 4. Lfg. pag. 977. — <sup>2)</sup> De medullae spinalis avium textura. Dorpati 1855 pag. 29. — <sup>3)</sup> Observationes anat. et microsc. de syst. nerv. structura pag. 9. — <sup>4)</sup> l. c. pag. 978.



den runden nächst dem Centralcanale gelegenen Nervenzellen bei *Petromyzon* und den spindelförmigen in der vordern grauen Rückenmarkssubstanz dieses Thieres, zwischen den bipolaren Zellen in den Spinalganglien und den multipolaren im Gehirne und Rückenmarke der Säugethiere, zwischen den grossen in den grauen Vorderhörnern gelegenen und den kleinen in der gelatinösen Substanz vorfindlichen Zellen) der Annahme günstig zu sein scheinen, dass es wesentlich verschiedene Arten von Nervenzellen gebe; und dass man auch voraussetzen müsse, dass die Zellen, welche mit motorischen, und jene, die mit sensitiven Fasern in Verbindung stehen, durch wesentliche Eigenschaften sich von einander unterscheiden (die man aber noch nicht kennt), so erklärt Stilling dennoch, dass alle Unterschiede, die man bis jetzt zwischen den Nervenzellen aufzufinden glaubte, unhaltbar seien, und schliesst, dass „nach allen bisherigen Untersuchungen alle Nervenzellen wesentlich einander gleich sind.“

Und mit dem Letzteren stimme ich auch vollkommen überein. Die bisherigen Untersuchungen, welche meistens eine Eintheilung der Nervenzellen auf deren Form und Grösse und auf die Anzahl der von ihnen abgehenden Fortsätze, auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Scheiden, auf die Beschaffenheit dieser letzteren gründen, haben hierzu wenig Berechtigung, wie Stilling nachweist.

Die Eintheilung der Nervenzellen nach ihrer Form und nach der Anzahl der von ihnen abgehenden Fortsätze war wohl die ursprünglichste. Der heutige Standpunkt der Wissenschaft muss sie gänzlich aufgeben, und es befremdet deshalb um so mehr, wenn Kölliker noch 1859<sup>1)</sup> die Nervenzellen nach ihrer Form in runde, spindelförmige und sternförmige eintheilt und sie andererseits in selbstständige und in Zellen mit blassen Fortsätzen unterscheidet.

Wir sehen daraus, sowie auch aus anderen Stellen<sup>2)</sup>, dass Kölliker *apolare* (d. i. runde, selbstständige) Nervenzellen statuirt. Allein so wie eine *apolare* Nervenzelle nach unserer Einsicht ein physiologisches Räthsel oder vielmehr eine physiologische Unmöglichkeit zu sein scheint, weil die mit keinem Theile des Organismus in Verbindung stehende Zelle auf keinen Theil desselben eine Wirkung haben kann, mithin der Zweck ihrer Existenz ein unverständlicher wäre, so berechtigt uns andererseits der Umstand, dass wir an einzelnen Zellen keine Fortsätze wahrnehmen können, nicht zum Ausspruch, dass diese Zellen keine Fortsätze hätten: wir müssen dabei an die Unzulänglichkeit unserer Präparationsmethoden und unserer optischen Instrumente denken. Auch die Verschiedenheit der Präparationsmethoden hat auf die Beobachtung der Zellenfortsätze einen wesentlichen Einfluss. So habe ich zum Studium des feineren Baues der Ganglienzellen feine Schnitte aus den peripherischen in Chromsäure gehärteten Ganglien gemacht, dieselben mit Karmin infiltrirt und sie hierauf, um sie mit Terpentin durchsichtig zu machen, mit absolutem Alkohol entwässert. An diesen Präparaten, welche in Bezug auf Deutlichkeit und Schönheit, womit man die Ganglienkugeln in allen ihren Theilen erkennt, nichts zu wünschen übrig lassen, sieht man fast nie einen von einer Zelle abgehenden Fortsatz. Es mag dies theils darin seinen Grund haben, dass die Schnitttrichtung zufällig fast niemals in die Richtung der Fortsätze gefallen, theils, was wahrscheinlicher ist,

1) Handbuch der Gewebelehre des Menschen, pag. 95 und 281.

2) l. c. pag. 281. Wenn Bidder nenlich . . . die Ansicht aufstellt, dass die Ganglienzellen als hüllenlose Massen in Erweiterungen von Nervenröhren eingebettet seien, so hat derselbe die Nervenzellen übersehen, welche keine Fasern abgeben etc.

darin, dass dadurch, dass sich der Inhalt der Zellen bei diesen Präparaten fast immer von der äusseren Scheide zurückgezogen zeigt, der Zellenfortsatz nicht mehr in Continuität mit seiner Nervenzelle steht und deshalb nicht mehr direct von ihr ausgehend beobachtet wird.

Es wäre aber ebenso falsch, diese Zellen als *apolare* zu bezeichnen (weil man sich durch Zerzupfen der Ganglien leicht von ihren Fortsätzen überzeugen kann), als es ungerechtfertigt ist, Zellen, an denen man bei was immer für einer Präparationsmethode, sei es beim Zerzupfen des betreffenden Nerventheils, sei es bei Schnitten durch denselben, keine Fortsätze beobachten kann, deshalb als fortsatzlos anzusehen.

Auch hat die Geschichte dieses Gegenstandes es gelehrt, wie, während man ursprünglich alle Nervenzellen als *apolare* betrachtete, von Jahr zu Jahr mit Verbesserung der Präparationsmethoden und Vervollkommnung der optischen Instrumente die Zahl der *apolaren* Nervenzellen ab-, und die der uni-, bi-, und multipolaren zunahm, wie man Nervenzellen, die man anfangs für uni- oder bipolare gehalten, als multipolare erkannte, bis endlich Rudolph Wagner 1854 den Ausspruch that, dass wenigstens beim Menschen und den höheren Wirbelthieren alle Ganglienzellen des Gehirnes und Rückenmarkes multipolar sind.

Ich glaube übrigens auch aus einigen Stellen bei Kölliker schliessen zu können, dass er auf die *apolaren* Nervenzellen jetzt nur wenig Gewicht legt. Der Passus in der 2. Auflage seiner Gewebelehre 1855 pag. 291: „Rudolph Wagner bestreitet jetzt die Existenz von Nervenzellen ohne Fortsätze, ist jedoch die Beweise dafür schuldig geblieben,“ findet sich nicht mehr in der 3. Auflage dieses Buches vom Jahre 1859, und andererseits sagt Kölliker daselbst pag. 317 geradezu und ausdrücklich: „Die vielstrahligen Nervenzellen mit verästelten Fortsätzen, die, wie ich mit Wagner annehmen muss, im Gehirne und Rückenmarke allein vorkommen etc.“ Ich verstehe das so, dass Kölliker im Gehirne und Rückenmarke nur multipolare, also keine *apolaren* und unipolaren Nervenzellen anerkennt; denn nur dieses ist Wagner's Ansicht.

Nach allem dem haben wir kein Recht mehr die Existenz von *apolaren* Ganglienkuugeln anzunehmen. Bei Fischen läugnet sie Owsjannikow<sup>1)</sup>: *non possumus, quin corpuscula gangliosa apolaria arte producta esse censeamus*. Eben so wenig spricht Kupffer bei Fröschen, noch Metzler bei Vögeln von *apolaren* Nervenzellen. Beim Menschen stellt sie ebenfalls Owsjannikow<sup>2)</sup> in Abrede: *neque cellulas apolares aut in medulla spinali, aut in aliis systematis nervosi locis existere concedendum mihi videtur*, und Bidder und Kupffer<sup>3)</sup> bestätigen dieses, indem sie sagen: „Ursprünglich und in ihren natürlichen Verhältnissen strahlenlose, sogenannte *apolare* Nervenzellen kommen nach meiner Überzeugung im Rückenmarke eben so wenig vor, als ich ihre Gegenwart in anderen Theilen des Nervensystems anzuerkennen vermag.“ Die *apolaren* Nervenzellen endlich läugnet auch Stilling<sup>4)</sup> aus ähnlichen Gründen, wie ich sie anführe.

Auf der anderen Seite möchte ich die Angabe Rudolph Wagner's, dass die Nervenzellen im Centralnervensysteme höherer Wirbelthiere sämmtlich multipolar sind, nicht auch auf die niederen Wirbelthiere ausdehnen. Auf Präparaten aus dem Rückenmarke und Gehirne der Fische beobachtet man häufig genug uni- und bipolare Nervenzellen, und wiewohl ich

1) Disq. microsc. de med. spin. textura, imp. in piscibus factitatae. Dorp. 1854, pag. 32.

2) l. c. pag. 37.

3) Untersuchungen über die Textur des Rückenmarkes. 1857, pag. 30.

4) l. c. pag. 979.



nicht läugnen will, dass bei diesen möglicherweise Fortsätze, welche in anderen Ebenen, als der Ebene der Schnittrichtung verlaufen, nicht zur Anschauung kommen, so steht doch durchaus Nichts der Annahme entgegen, diese Zellen als wirklich uni- oder bipolare zu betrachten.

Auch will ich hier erwähnen, dass, wiewohl eine Eintheilung der Ganglienzellen nach ihrer Form in runde, spindelförmige und sternförmige keinen wissenschaftlichen Nutzen hat, doch die Angaben jener Forscher zu berichtigen sind, welche fast gar keinen Unterschied in der Form der Ganglienzellen gelten lassen wollen. So nenne ich nur Owsjannikow, welcher die Ganglienzellen im Fischrückenmarke als „*plerumque forma triangulari instructae*“ bezeichnet<sup>1)</sup> von der Ansicht ausgehend, dass sie in einer Ebene immer 3 Fortsätze absenden. Ich finde die Nervenzellen bei Fischen nicht bloß dreieckig, sondern eben so häufig auch keulenförmig, vieleckig (sternförmig), mitunter auch sichelförmig (Forelle) u. s. f. Mit eben so geringem Rechte bestreitet Owsjannikow die Verschiedenheit der Form der Ganglienzellen beim Menschen pag. 37.

So wie demnach eine anatomische Eintheilung der Nervenzellen in selbstständige und in solche mit blassen Fortsätzen, wie sie uns Kölliker noch 1859 gibt, nicht haltbar ist, so entbehrt andererseits jene Eintheilung derselben, welche ihnen nach der Anzahl ihrer Fortsätze eine verschiedene physiologische Bestimmung vindicirt, vollends aller Berechtigung. Owsjannikow betrachtet nämlich<sup>2)</sup> die unipolaren Ganglienzellen als organische, die bipolaren als sensitive; die mit 4 Fortsätzen als solche, welche der Reflexbewegung dienen (letztere kommen im Rückenmarke der Wirbeltiere vor. Ob sie einen fünften Fortsatz besitzen, davon konnte sich Owsjannikow wenigstens bei Fischen nicht überzeugen), und endlich die multipolaren als solche, „*in quibus voluntas est posita*“. Diese „*actiones psychicas sibi vindicant*“, sie kommen vorzüglich im Gehirne des Menschen und der höheren Wirbeltiere vor, und sind, wie es scheint, unter einander verbunden.

So wie es nun seine Richtigkeit hat, dass Ganglienzellen vorkommen, die nur 1 oder 2, und solche, die vier und mehr Fortsätze besitzen, so ist 1. nicht erwiesen, dass im *Sympathicus* nur unipolare Ganglienzellen vorkommen. Remak<sup>3)</sup> hat schon vor längerer Zeit multipolare Ganglienzellen aus dem *Sympathicus* herauspräparirt, und in neuester Zeit hat Schröder van der Kolk<sup>4)</sup> durch Färbung mit Karmin gefunden, dass die Ganglienzellen im *Sympathicus* meistens multipolar sind, und andererseits scheint es mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass es auch in den verschiedenen Theilen des centralen Nervensystems unipolare Ganglienzellen gebe, deren „sympathische“ Eigenschaften nachzuweisen Owsjannikow schwer fallen dürfte.

2. Die bipolaren Ganglienzellen als sensitive zu bezeichnen, dürfte Owsjannikow der Umstand bewogen haben, dass nach seiner Ansicht in den Spinalganglien nur bipolare Zellen vorkommen. Allein Stannius, Frey, Kölliker und Stilling haben in den verschiedenen Spinalganglien Zellen mit 3 und 4 Fortsätzen gesehen. Mithin müsste man auch solche als sensitive bezeichnen, und wiederum scheint es mir nicht unwahrscheinlich, dass die bipolaren

<sup>1)</sup> l. c. pag. 30.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 40.

<sup>3)</sup> Bau und Functionen der *medulla spinalis* etc. Übersetzt von Dr. Theile. pag. 129.

<sup>4)</sup> Monatsbericht der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Jänner 1854.

Nervenzellen, die man im Centralnervensysteme beobachtet, wirklich solche seien, ohne dass sie desswegen der Sensibilität vorständen.

3. Dass die Ganglienzellen, welche im Rückenmarke vorkommen und der Reflexbewegung dienen, nur 4 oder 5 Fortsätze haben, ist unrichtig. Die Zahl ihrer Fortsätze kann eine viel grössere sein (wovon weiter unten).

Endlich 4. dass die multipolaren Zellen mit mehr als 5 Fortsätzen den psychischen Thätigkeiten vorstehen, ist desshalb nicht zuzugeben, weil multipolare Zellen mit mehr als 5 Fortsätzen auch im Rückenmarke sich finden und man diesen, nach vieler Anderer und meinen Erfahrungen keine psychischen Thätigkeiten zumuthen kann, wie denn überhaupt die Annahme, dass, wenn eine Ganglienkugel einen Fortsatz mehr abgibt, sie nicht mehr der Reflexbewegung dient, sondern eine solche ist, die der Seelenthätigkeit vorsteht, allzu sonderbar erscheint.

Demnach scheint es mir, dass eine Eintheilung der Nervenzellen nach ihrer Form und nach der Anzahl der von ihnen abgehenden Fortsätze weder in anatomischer, noch in physiologischer Hinsicht gerechtfertigt sei.

Dass eine Eintheilung der Nervenzellen nach ihrer Grösse ebenfalls keine ganz feste Grundlage habe, beweist schon Stilling<sup>1)</sup>.

Es ist unrichtig, wenn einige Forscher gar keine Unterschiede in der Grösse der Nervenzellen gelten lassen wollen, wie Owsjannikow. „*Ceterum talem cellularum diversitatem, qualem etiam ad magnitudinem quod attinet, quidam scrutatores sibi observavisse videntur, nos nequaquam invenimus, sed potius omnes inter se pares vidimus*“, sagt Owsjannikow über die Nervenzellen im Rückenmarke der Fische<sup>2)</sup>, und eben so wenig gibt er Grössenunterschiede der Nervenzellen im menschlichen Rückenmarke zu, indem er sagt<sup>3)</sup>: *Quas cellulas si qui viri docti magna magnitudinis diversitate excellere testantur, iis nullo modo assentiri possumus*.

Man muss bei der Beurtheilung der Grösse der Nervenzellen auf Rückenmarksschnitten allerdings behutsam sein. Man sieht nicht selten kleine Ganglienzellen, an denen man keinen Kern und keine Fortsätze nachweisen kann. Das sind nun Segmente von Ganglienzellen, die nicht ganz in den Schnitt einbezogen wurden. Solche muss man, wenn man auf Grössenverhältnisse der Zellen Rücksicht nimmt, von seiner Betrachtung ausschliessen. Dennoch aber bestehen zwischen den Ganglienzellen, welche mit Kern- und Kernkörperchen und mit ihren Fortsätzen, also *in toto*, oder wenigstens in ihrem grössten Durchmesser sich uns darbieten, bedeutende Grössenunterschiede. So kommen in den Vorderhörnern des Rückenmarkes bei Fischen (Hecht) kolossale Nervenzellen von mehr als  $\frac{1}{13}$  Millim. in ihrem Durchmesser vor, und daneben finden sich ganz unzweideutige, mit Fortsätzen versehene Nervenzellen, welche einen um das Drei- bis Vierfache kleineren Durchmesser haben.

Übrigens sind Bidder und Kupffer von der Ansicht Owsjannikow's zurückgekommen, indem sie bedeutende Schwankungen zwischen den Nervenzellen im Rückenmarke statuiren, von 0.030''' — 0.008''' im grössten Durchmesser<sup>4)</sup>.

Diese Verschiedenheiten in der Grösse der Nervenzellen im Rückenmarke nun haben Jacobowitsch bestimmt, dieselben darnach in motorische, in Empfindungs- und sympathische

<sup>1)</sup> l. c. pag. 982.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 32.

<sup>3)</sup> l. c. pag. 37.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 30.



Zellen einzutheilen. Die Unstatthaftigkeit eines solchen Verfahrens hat Stilling<sup>1)</sup> bereits nachgewiesen. Ich hebe nur hervor: So wie die Angabe Jacobowitsch's, dass die grossen multipolaren Nervenzellen in der *medulla oblongata* gänzlich fehlen<sup>2)</sup>, nicht geeignet ist, von vornherein eine gute Meinung für die übrigen Resultate seiner Forschungen beizubringen, so bricht Jacobowitsch dadurch, dass er erklärt<sup>3)</sup>, er könne durchaus nicht dafür eintreten, dass die von ihm sogenannten Bewegungs- und Empfindungszellen nicht auch „andere functionelle Bedeutungen in sich beherbergen“, seinen Benennungen selbst die Spitze ab, denn demnach könnte er nichts dagegen einwenden, wenn Jemand behaupten würde, die motorischen Zellen vermittelten in gleicher Weise die Empfindung und die Empfindungszellen die Bewegung! Was aber die sympathischen Zellen im Rückenmarke betrifft, so ist die Aufstellung derselben so kühn, dass man sich nicht versucht fühlt sie zu widerlegen.

Eine sehr interessante, hierher gehörige Stelle findet sich bei Schröder v. d. Kolk<sup>4)</sup>. Er sagt: „Es ist sehr beachtenswerth, dass die Ganglienzellen für verschiedene Nerven sich in Form und Grösse auch von einander unterscheiden. Die Zellen des *Hypoglossus* unterscheiden sich von jenen des *Accessorius*, und diese wiederum von jenen des *Auditorius*, des *Vagus*, des *Trigeminus*, der Netzhaut, des *nervus cochlearis* u. s. w. Ebenso findet man ganz andere in den Oliven und in der grauen Substanz des *cerbellum*, und diese unterscheiden sich wieder von jenen des grossen Gehirnes.“ Allein hierbei ist zu bemerken, dass diese Unterschiede der Form und Grösse gar nicht näher angegeben sind.

In neuester Zeit fand Max. Schultze in den Scheiden der Ganglienkugeln einen Grund zur folgenden Eintheilung derselben. Er sagt<sup>5)</sup>: *Itaque quatuor cellularum gangliosarum genera discerni licet, inter quae quidem, certe inter tria posteriora, occurrunt quaedam transitorii, ut ita dicam generis:*

1. *cellulae gangliosae nudaе, quae sunt cerebri, medullae spinalis retinaeque;*
2. *cellulae neurolemmate instructae, quae sunt gangliorum sympathici vel potius omnium gangliorum periphericorum cellulis multipolaribus instructorum;*
3. *cellulae vagina praeditae medullari sine neurolemmate, quae sunt cellulae quaedam bipolares nervi acustici;*
4. *cellulae vagina medullari et neurolemmate ornatae, quae sunt cellulae bipolares gangliorum spinalium.*

Eine solche Eintheilung der Ganglienzellen ist nach meinen Erfahrungen nicht zuzugeben, indem alle Ganglienzellen eine Scheide besitzen, man mithin nur Ganglienzellen unterscheiden könnte, welche von einem einfachen Neurilem, und solche, die von Neurilem und Markscheide umgeben sind. Wiewohl ich nun auch von einer Markscheide der Spinalganglienkugeln durchaus nicht überzeugt bin, das Verhalten der Nervenzellen im Gehörnerven aber nicht kenne, so hat selbst, falls sich in Spinalganglien und Gehörnerven jenes von Schultze beschriebene Verhalten der Scheiden vorfindet, eine darauf basirte Eintheilung der Nervenzellen, so wie die Eintheilungen derselben nach ihrer Form, nach ihrer Grösse, nach der Anzahl der von ihnen abgehenden Fortsätze, so wie auch andere Unter-

<sup>1)</sup> l. c. pag. 983.

<sup>2)</sup> Mittheilungen über die feinere Structur des Gehirns und Rückenmarks. 1857. pag. 2.

<sup>3)</sup> l. c. pag. 2, 3.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 129.

<sup>5)</sup> Obs. de retinae struct. penit. 1859. pag. 22.

scheidungen, z. B. jene, welche sich auf die Dimensionen der von den Zellen abgehenden Fortsätze, auf die Pigmentirung der Zellen beziehen, nach meiner Ansicht schon deshalb keinen allzu grossen Werth, weil sie nicht auf die innere Structur, auf die Eigenschaften und den Bau der wesentlichen Theile der Zelle, des Inhaltes, des Kernes und Kernkörperchens Rücksicht nehmen. Es muss schon voraussichtlich klar sein, dass nur jene Eintheilung der Nervenzellen eine dauernde Berechtigung sich vindiciren kann, welche sich auf die verschiedenen Eigenschaften der einzelnen wesentlichen Bestandtheile der Zellen stützt, vorausgesetzt, dass zwischen verschiedenen Nervenzellen wirklich in dieser Hinsicht auffallende und constante Differenzen existiren. Und sie existiren wirklich. Es musste nur das Medium gefunden werden, durch dessen Hilfe diese Verschiedenheiten hervortreten. Die Untersuchung der Nervelemente im frischen Zustande, die Härtung derselben in Chromsäure, chromsauerem Kali, in Alkohol u. s. f. ermöglichte es nicht, in Bezug auf die Eigenschaften ihrer Bestandtheile allgemeine Aufschlüsse zu erhalten, welche uns dargethan hätten, dass es bestimmte Nervenzellen gebe, deren Inhalt, deren Kern oder Kernkörperchen sich ganz verschieden verhalte, als der Inhalt, der Kern oder das Kernkörperchen anderer, eben so bestimmter Ganglienzellen. So konnte Jacobowitsch zwischen seinen Bewegungs- und Empfindungszellen in dieser Hinsicht gar keinen Unterschied finden. „Der Inhalt der motorischen Zellen selbst“, sagt Jacobowitsch<sup>1)</sup>, „wie auch der des Kernes und Kernkörperchens selbst unterscheidet sich, wenigstens mikroskopisch, durch Nichts von dem Inhalte der Empfindungszellen“.

Das obengedachte Medium ist das karminsauere Ammoniak. Wenn Stilling Ganglienzellen sah, deren Inhalt, Kern und Kernkörperchen sich roth färbten, und andere, deren Inhalt sich färbte, während Kern- und Kernkörperchen allein ungefärbt blieben; wenn er ferner Nervenzellen abbildete, deren Inhalt ungefärbt ist bei gefärbten Kerngebilden: so hat er hiermit gänzlich verschiedene Arten von Ganglienzellen gesehen. Denn es ist nicht zu verstehen, dass der Einfluss des Farbstoffes auf dieselbe Art von Nervenzellen bei derselben Behandlung der Objecte einmal ein solcher sein sollte, dass Kern und Kernkörperchen gefärbt werden, und ein anderes Mal ein solcher, dass diese Gebilde ungefärbt bleiben. Wenn Kerne von Nervenzellen bald gefärbt, bald ungefärbt erscheinen, so beweist das eben, dass diese Kerne gänzlich von einander verschieden sind.

Stilling hat nun dieses zwar nicht anerkannt, dennoch aber sagt er<sup>2)</sup>: „Es dürfte die Färbung manchen Beitrag zur Erkenntniss der Bedeutung der Nervenzellen, so wie ihrer einzelnen Theile und ihrer Functionen liefern, indem die so auffallende Imbibition des Nervenzellenparenchyms, mit Ausschluss des *nucleus* und *nucleolus*, in gewissen, mit aller Sicherheit von mir beobachteten Fällen einen wichtigen Fingerzeig für künftige Forschungen abgibt“.

Um auf die Färbung der Nervelemente eine Differentialdiagnose derselben zu stützen, war es vor Allem nothwendig, das centrale und periphere Nervensystem eines und desselben Thieres zu durchforschen, hierauf das Nervensystem anderer Thiere auf dieselbe Weise zu untersuchen und die bei den verschiedenen Thieren gewonnenen Resultate mit einander zu vergleichen.

<sup>1)</sup> l. c. pag. 22.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 1041.



Auf diese Weise habe ich bis jetzt das centrale und periphere Nervensystem eines Wirbelthieres aus der Classe der Fische, des Hechtes nämlich, untersucht. Es war noch nicht thunlich, das centrale und periphere Nervensystem von Thieren aus allen übrigen Thierclassen in allen seinen Theilen auf diese Weise zu studiren, und ich habe mich desshalb hauptsächlich damit begnügt, die Resultate, die ich an den peripheren Ganglien dieser Thiere (des Kalbes, des Kaninchens, der Taube, des Frosches, der Schildkröte, der Forelle, des Hechtes) gewonnen, mit einander zu vergleichen und meine Unterscheidungsmerkmale darauf zu gründen.

Ehe ich die Besprechung der Sache selbst beginne, will ich nicht unerwähnt lassen, dass die von mir gewonnenen Resultate nur einen relativen und keinen absoluten Werth haben, in sofern wir überhaupt durch Untersuchung der Elemente des Nervensystems nach Härtung derselben in Chromsäure oder einem andern Medium, eben so wenig wie beim Zerzupfen von aus ihrem Zusammenhange genommenen Nerventheilen etwas über die Zusammensetzung der Nervenzelle und Nervenfasern im lebenden Zustande erfahren. Ich weiss nicht, ob Nervenzelle und Nervenfasern im lebenden Zustande sich eben so gegen Karmin verhalten und dieselben Unterschiede in dieser Beziehung darbieten, wie im todten Zustande. Es scheint vielmehr, wie aus Gerlach's Abhandlung über die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe hervorgeht, dass der Farbstoff auf die lebenden Gewebe gar keine Wirkung habe: allein so viel kann ich als sicher hinstellen, dass, wenn wir auch nicht wissen, in welcher Weise sich die Nerven Elemente im lebenden Zustande von einander unterscheiden, die Unterschiede, die sie nach dem Tode darbieten, von solcher Art und Beständigkeit sind, dass wir eben daraus auf ihre Verschiedenheit während des Lebens mit Sicherheit schliessen können.

### III.

Im Centralnervensysteme des Hechtes kenne ich 4 wesentlich von einander verschiedene Arten von Nervenzellen, welche sich durch ihr Vorkommen an bestimmten Stellen und durch ihr verschiedenartiges Verhalten gegen Karmin auszeichnen.

Es kommen 1. Nervenzellen vor, welche sich gegen Karmin so verhalten, dass sich Inhalt, Kern und Kernkörperchen färben, und zwar so, dass das Kernkörperchen am intensivsten gefärbt erscheint, während sich der Kern weniger intensiv und der Inhalt am schwächsten färbt. Wiewohl ich über die feinste Elementarstructur der Nervenzelle weiter unten handle, so muss ich doch hier vorwegnehmen, dass der Kern dieser Zellen ein sehr dichtes Gefüge besitzt, nicht als eine Blase mit eingeschlossenem Inhalte erscheint, sondern als ein dichter Körper, welcher in seinem Innern ein noch dichter gefügtes Gebilde, das Kernkörperchen, einschliesst. Bei diesen Ganglienzellen ist desshalb, wenn sie gehörig infiltrirt sind, das Kernkörperchen nicht immer sichtbar; es wird von dem roth gefärbten Kerne, der es einschliesst, bisweilen gänzlich verdeckt.

Diese Ganglienzellen finden sich nur in den Vorderhörnern des Rückenmarkes, so wie in den Fortsetzungen derselben in die *medulla oblongata* und in den Hirnstamm. Fig. 1 stellt uns eine solche (bipolare) Ganglienzelle aus dem Hirnstamme bei 460facher Vergrösserung dar.

2. Eine zweite Art von Nervenzellen verhält sich in Bezug auf die Färbungsintensität ihrer Bestandtheile so, dass der Reihe nach das Kernkörperchen, dann der Inhalt und zuletzt

der Kern kommt. Sie unterscheiden sich auf den ersten Blick von den früheren einerseits dadurch, dass der Kern eine Blase mit eingeschlossenem körnigem Inhalte und sehr deutlichem Kernkörperchen darstellt, andererseits aber auch durch die angegebenen Färbungsdifferenzen ihrer Bestandtheile. Allerdings ist, wenn man auf dickeren Schnitten solche Ganglienzellen *in toto* zur Beobachtung hat, der Kern allseitig vom Inhalte der Art verdeckt, dass man seine eigentliche Färbung dem Inhalte gegenüber nicht erkennt und er in derselben mit letzterem ganz übereinzustimmen scheint. Allein auf dünnen Schnitten, welche auch die Ganglienzellen der Art getroffen haben, dass die Dicke des noch übrig gebliebenen Inhaltes mit der des Kernes ganz oder nahezu übereinstimmt, sieht man es deutlich, dass der Kern weniger intensiv gefärbt ist, als der Inhalt.

Bei scharfer Beobachtung und starken Vergrösserungen erkennt man auch den Grund dieser Erscheinung darin, dass der Inhalt des Kernes aus einer sich nicht färbenden gleichartigen Substanz besteht, in welcher Körner eingestreut sind, die sich roth färben. Da diese Körner aber in dem Kerne viel weniger dicht liegen, als im Inhalte, den sie allein bilden, so geht daraus hervor, dass der Kern im Ganzen genommen eine weniger intensiv rothe Färbung hat. Das Kernkörperchen, welches das dichteste Gefüge besitzt, hat auch entschieden die intensivste Färbung.

Ich muss hier auf eine Angabe Stilling's zurückkommen. Stilling erklärt, dass er die von Gerlach gefundenen Differenzen zwischen der Färbung der einzelnen Nervenzellenbestandtheile nicht bestätigen könne. Hätte Stilling den *sub* 1 beschriebenen Nervenzellen gleiche beobachtet, so hätte er eine solche Färbungsdifferenz unmöglich läugnen können, indem sie bei diesen Zellen allzu auffallend ist. Es wäre aber denkbar, dass Stilling solche Zellen sah, wie ich sie jetzt beschreibe, bei denen allerdings die Farbennüancen viel schwerer zu erkennen sind. Zugleich finde ich, während sich nach Stilling schon bei 360facher Vergrösserung keine Färbungsdifferenz zwischen den Zellenbestandtheilen erkennen lassen soll, mit meinem Mikroskope die Differenz in der Färbung der Zellenbestandtheile bei den schwächsten, wie bei den stärksten (700 — 1000fachen) Vergrösserungen vollkommen gleich, wiewohl der Ton der Färbung bei den verschiedenen Vergrösserungen ein verschiedener (bei schwachen ein hellerer, bei starken ein dunklerer) ist.

Die genannten Ganglienzellen nun finden sich beim Hechte in den Vorderhörnern des Rückenmarkes, aber viel weniger zahlreich, als die *sub* 1 angeführten, welche letzteren die Hauptmasse der Ganglienzellen in den Vorderhörnern bilden. — Erstere bilden ferner die ganze Nervenzellenzone des kleinen Gehirnes. Wenn man durch das ganz kleine Gehirn in was immer für einem Durchmesser einen Durchschnitt macht, so erkennt man, dass dasselbe aus drei Schichten zusammengesetzt ist, die wie die Schalen einer Zwiebel einander einschliessen. Die innerste Schichte besteht aus einer Anhäufung einer unzähligen Masse von kleinen zelligen Gebilden, zwischen denen man mehr oder weniger gesammelte Nervenstränge an einzelnen Stellen durchtreten sieht. Auf diese Schichte folgt nach aussen, dieselbe wie ein Gürtel umgebend, eine zweite aus grossen Ganglienzellen bestehende, deren radiär verlaufende Fortsätze die äusserste dritte Schichte, die radiäre Faserschichte, zusammensetzen. Diese Ganglienkugeln des kleinen Gehirns sind nun sämmtlich von der Art, wie ich sie jetzt *sub* 2 beschrieben habe. An diesen Zellen habe ich noch folgendes Verhalten beobachtet. In einzelnen Fällen nämlich haben sich die Körner, die sich im Kerne finden, von der Wandung des Kernes zurückgezogen und um das Kernkörperchen angehäuft. Dadurch erscheint



der Kern in seiner äusseren Peripherie vollkommen ungefärbt, weiss. Man sieht an dieser Stelle nur die sich gegenüberstehenden Wandungen des Kernes, die sich nicht färben. S. Fig. 2.

3. Zur dritten höchst merkwürdigen, durch ihr beschränktes Vorkommen und durch ihr Verhalten gegen Karmin gleich ausgezeichneten Art von Nervenzellen gehören jene, welche im obersten Theile des Rückenmarkes in der centralen grauen Substanz auftreten und sich in das verlängerte Mark und den Hirnstamm fortsetzen. Es sind das jene Zellen, welche ich in meiner vorläufigen Mittheilung über den Bau des Rückenmarkes der Fische<sup>1)</sup> zuerst mit den Worten angebe:

„Im obersten Theile des Rückenmarkes tritt eine eigenthümliche Lagerungsstelle grosser Ganglienkugeln auf. Es findet sich da nämlich auch in der sogenannten *substantia gelatinosa centralis* jederseits neben und hinter dem Centralcanale eine Gruppe solcher Ganglienkugeln vor.“

Alle diese hier liegenden Zellen verhalten sich gegen Karmin so, dass Inhalt und Kernkörperchen sich färben, während der Kern ungefärbt weiss bleibt. Es ist ein wahrhaft überraschender Anblick, wenn man einen sehr dünnen und schön infiltrirten Querschnitt aus dem obersten Theile des Rückenmarkes bei schwacher Vergrösserung betrachtet, so dass die vor und hinter dem Centralcanale gelegenen Ganglienzellengruppen in das Bereich des Sehfeldes fallen. Man sieht da, wie alle die hinter und neben dem Centralcanale gelegenen grossen Ganglienzellen sich durch ihren weissen Kern mit dem eingeschlossenen rothen Kernkörperchen vollkommen scharf abgrenzen gegen die in den grauen Vorderhörnern gelegenen Nervenzellen, welche, da sie zum allergrössten Theile zu den *sub 1* beschriebenen gehören, einen tief roth gefärbten Kern besitzen. Ich habe nur selten in den Vorderhörnern eine Nervenzelle gesehen, deren lichter Kern mich hätte bestimmen können, sie zu dieser Art von Nervenzellen zu rechnen, niemals aber in dieser Ganglienzellengruppe hinter dem Centralcanale eine Zelle mit roth gefärbtem Kerne beobachtet. Allerdings muss man, um sich hiervon zu überzeugen, die feinsten Durchschnitte machen, so dass die Ganglienkugeln nicht *in toto*, sondern nur feine Durchschnitte derselben vorliegen. Denn wiewohl man auch den weissen Kern erkennt, wenn er ringsum von dem roth gefärbten Inhalte verdeckt wird, so kommt man doch zur klaren wirklichen Anschauung der Dinge nur auf Schnitten, wo die Kerne der Ganglienzellen weder nach unten, noch nach oben vom Inhalte bedeckt werden. Was die Differenz der Färbungsintensität zwischen Kernkörperchen und Inhalt betrifft, so ist das Kernkörperchen intensiver gefärbt, was in der grösseren Dichtigkeit seines Gefüges begründet ist.

Diese Nervenzellen finden sich im Centralnervensystem des Hechtes ausschliesslich an der oben bezeichneten Stelle, also in jenen Ganglienzellencolumnen, welche im obersten Theile des Rückenmarkes neben und hinter dem Centralcanale beginnen und nach aufwärts durch die *medulla oblongata* in den Hirnstamm aufsteigen.

Fig. 3 und 4. Zwei solche Ganglienzellen, 460fach vergrössert.

4. Die vierte Art von Nervenzellen endlich, ebenfalls durch ihr Verhalten gegen Karmin sehr ausgezeichnet, findet sich im Rückenmarke gar nicht vor, sondern nur im Gehirne, und zwar gehören sämtliche Ganglienzellen, welche die grossen Hirnhemisphären zusammensetzen, zu dieser Gruppe. Der Inhalt dieser Nervenzellen ist gegen die Aufnahme des Farb-

<sup>1)</sup> Sitzungsbericht der kais. Akademie. 34. Band.

stoffes vollkommen unempfindlich, er bleibt vollkommen weiss, während der Kern, welcher ebenfalls der Einwirkung des Farbstoffes lange Zeit widersteht, sich endlich roth färbt. Ein eigentliches Kernkörperchen habe ich bei diesen Ganglienzellen nie wahrgenommen.

Fig. 5 stellt uns eine solche Zelle, 720fach vergrössert, dar.

Schon eine einfache Betrachtung der naturgetreuen Abbildungen dieser genannten Zellarten kann wohl keinen Zweifel mehr darüber übrig lassen, dass diese vier Arten von Zellen in ihrem histologischen Baue wirklich gänzlich von einander verschieden sind, und der Umstand, dass sie zugleich an bestimmte, beschränkte Standorte gebunden sind, spricht eben so laut dafür, dass mit ihrem verschiedenen anatomischen Baue sich eine verschiedene physiologische Bedeutung verbindet. Diese gänzlich zu ergründen, davon sind wir allerdings noch sehr weit entfernt. Nur so viel ist gewiss: Die in den grauen Vorderhörnern gelegenen, namentlich die *sub 1* angeführten Ganglienzellen schicken Fortsätze ab, welche in Fasern der vordern motorischen Wurzel übergeben, und es ist mir überhaupt nicht zweifelhaft, dass alle Fasern der vordern motorischen Wurzel aus diesen Zellen ihren Ursprung nehmen.

Eben so habe ich Fortsätze der *sub 3* beschriebenen Zellen zahlreich gegen die Austrittsstelle der hintern Wurzel hin verlaufen gesehen, und da ich auch den directen Übergang dieser Fortsätze in markhaltige Fasern der hintern Wurzel beobachtet habe, so entfällt jeder Zweifel darüber, dass es in Wahrheit sensitive Zellen sind.

Es stehen demnach in jedem Falle die *sub 1* angeführten Nervenzellen zur Bewegungssphäre, die *sub 3* beschriebenen, mit dem weissen Kerne ausgezeichneten Zellen zur Empfindungssphäre des Rückenmarkes in einer innigen Beziehung.

Um etwas Näheres über die Bestimmung der weissen Zellen in den Grosshirnhemisphären anzugeben, dazu fehlen mir alle positiven Anhaltspunkte. Aus dem Grunde jedoch, dass diese Zellen im Rückenmarke gänzlich fehlen, die Grosshirnhemisphären aber ausschliesslich mit ihnen angefüllt sind, liegt der Schluss nahe, dass sie irgend welchen psychischen Thätigkeiten vorstehen.

Ich habe jetzt verschiedene Arten von Nervenzellen beschrieben, wie ich sie im Centralnervensysteme des Hechtes vorgefunden, und habe mich veranlasst gesehen mit ihren verschiedenen anatomischen Baue eine verschiedene physiologische Bedeutung zu verbinden. Es ist unbestreitbar, dass im Centralnervensysteme des Hechtes die Ganglienzellen mit tiefroth gefärbtem Kerne und Kernkörperchen zur Motilitätssphäre, die mit weissem Kerne versehenen zur Sensibilitätssphäre in enger Beziehung stehen und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Nervenzellen mit ungefärbtem Inhalte, die im Rückenmarke gänzlich fehlen, psychische Thätigkeiten vermitteln. Ich beschränke aber vorläufig alle diese Angaben auf das Centralnervensystem des Hechtes; ich will nicht behaupten, dass Ganglienzellen mit oben angeführten Attributen, wenn sich solche im Nervensysteme anderer Thiere finden, die gleichen physiologischen Bedeutungen, wie beim Hechte, zu vindiciren seien. Ich mache hier übrigens namentlich darauf aufmerksam, bei der Beobachtung von Nervenzellen mit ungefärbtem Inhalte vorsichtig zu sein, indem sich nicht allzu selten Zellen darbieten, deren Inhalt ungefärbt zu sein scheint, bei denen man aber den Grund hiervon darin zu suchen hat, dass sich der Inhalt von der Scheide allseits zurückzog, wodurch der zwischen Scheide und Inhalt entstandene farblose Raum das Bild eines ungefärbten Zelleninhaltes darbietet.

So viel über die Nervenzellen im Centralorgane des Hechtes. Ich habe oben angeführt, dass ich ausser dem Centralnervensysteme des Hechtes noch die peripherischen Ganglien



dieses Thieres, so wie mehrerer anderer Thiere aus den verschiedenen Classen meiner Untersuchung unterzog. Ich habe hierbei vorzugsweise die *Trigeminus*- und *Vagus*-Ganglien studirt und zwar auf sehr feinen Durchschnitten, die ich durch die Ganglien in verschiedenen Richtungen legte. Dies ist der einzige Weg, um über die Färbung des Kerns und Kernkörperchens deutliche Aufschlüsse zu erhalten. Denn, wenn man die ganzen Ganglienkugeln isolirt und mit Karmin infiltrirt, so umgibt der Inhalt, der in allen Fällen roth gefärbt wird, die Kerngebilde derartig, dass man über ihre eigentliche Färbung nichts erfährt. Es hat sich hierbei gezeigt, dass die Ganglienkugeln in den peripherischen Ganglien eines und desselben Thieres alle von Einer Art sind, und dass sich mit Hilfe der Karmininfiltration zwischen den peripherischen Ganglienkugeln einzelner Thiere sehr bedeutende Unterschiede nachweisen lassen, während andere Thiere in dieser Hinsicht nur unbedeutende Differenzen darbieten. Alle diese Differenzen aber beziehen sich auf die Färbung und den Bau des Kernes und Kernkörperchens, während der Inhalt bei allen mir bekannten peripheren Ganglienkugeln sich gleich verhält, nämlich sich roth färbt.

Die peripherischen Ganglienkugeln des Hechtes sind ausgezeichnet durch einen weissen Kern, und da es von diesen Zellen keinem Zweifel unterliegt, dass sie mit sensiblen Fasern in Verbindung stehen, so wird die Annahme, dass auch die im Centralnervensysteme sich vorfindlichen, mit einem weissen Kerne versehenen Zellen der Sensibilität vorstehen, hierdurch gewichtig gestützt.

Sehr ähnlich diesen Zellen sind jene, welche bei der Forelle, beim Kaninchen und eben so bei der Taube im *ganglion Gasseri* und *ganglion jugulare* vorkommen. Auf feinen Durchschnitten sind die in Rede stehenden Ganglienzellen des Hechtes und des Kaninchens einerseits, von denen der Forelle und der Taube andererseits für den Geübten nicht schwer zu unterscheiden, weil man im Kerne der beiden ersteren höchst selten ein Kernkörperchen erkennt, dasselbe aber im Kerne der beiden letzteren Zellen gewöhnlich sichtbar ist. Die Ganglienzellen des Hechtes unterscheiden sich nun wiederum von denen des Kaninchens dadurch, dass sich im Kerne der letzteren in der Regel keine weiteren Formelemente offenbaren, während im Kerne der Hechtganglienkugeln fast immer rothe, körnige, häufig ausgezeichnet bläschenförmige Gebilde sich zeigen.

Die Ganglienzellen der Forelle und Taube unterscheide ich dadurch, dass bei den ersteren das Kernkörperchen äusserst deutlich, in seiner Intensität die des Inhaltes deutlich übertreffend, excentrisch in der Regel, von keinen körnigen Gebilden unmittelbar umgeben ist, während bei der Taube das ebenfalls oft deutliche Kernkörperchen meist central gelegen, von körnigen Gebilden unmittelbar umgeben ist.

Ich habe beim Kaninchen auch die Zellen des *Sympathicus* auf Durchschnitten untersucht und gesehen, dass sich dieselben in nichts von denen aus dem *Trigeminus*- oder *Vagus*-Ganglion dieses Thieres unterscheiden.

Fig. 6 stellt eine Ganglienzelle aus dem *ganglion vagi* des Hechtes, Fig. 7 eine aus dem *Sympathicus* des Kaninchens, 460fach vergrössert, dar.

Von den vorhergehenden, wie von den nachfolgenden ausgezeichnet sind die Ganglienzellen in den peripherischen Ganglien des Kalbes. Der Kern derselben ist roth und zwar intensiver als der Inhalt, aber weniger intensiv als das Kernkörperchen gefärbt. Die Färbungsdifferenz zwischen Kernkörperchen, Kern und Inhalt ist bei diesen Ganglienkugeln so hervorstechend, dass ich sie zur Beobachtung dieser Differenz besonders empfehle.

Ein ganz anderes und sehr bestimmtes Bild bieten die Ganglienkugeln aus den peripheren Ganglien der Schildkröte (*Emys europaea*) dar. Der Inhalt ist gefärbt, der Kern im Ganzen genommen weiss, zeigt eigenthümliche, faserähnliche Theile, das bläschenförmige Kernkörperchen ist durch ein in seinem Innern eingeschlossenes constantes, sich roth färbendes Gebilde, das ich *Nucleololus* nennen will, ganz besonders charakterisirt. Fig. 11.

Die peripheren Ganglienkugeln des Frosches zeigen in ihrem weissen Kerne Reihen eigenthümlicher, ausgezeichnet roth gefärbter Körner, die sie von allen übrigen beschriebenen Zellen unterscheiden. Fig. 13.

Ich habe bis jetzt nur die genannten Thiere: Hecht, Forelle, Frosch, Schildkröte, Taube, Kalb und Kaninchen untersucht. Ich habe hier auch nur die augenfälligsten Differenzen zwischen ihren peripheren Ganglienzellen angeführt. Eine nähere Beschreibung ihrer elementaren Zusammensetzung werde ich weiter unten zu geben versuchen.

Alle diese Differenzen sind so bedeutend, dass es mit Leichtigkeit gelingt, auf sehr dünnen, in Karmin infiltrirten Schnitten die Ganglienkugeln des Kalbes, des Frosches, der Forelle, der Schildkröte, des Hechtes, der Taube von einander zu unterscheiden, in Wahrheit ein grosser Triumph der Karmininfiltrationsmethode.

Es wird keine weiteren Schwierigkeiten haben, die Ganglienkugeln anderer Thiere auf diese Weise zu untersuchen und zu erforschen, in wie fern sie in ihrem Verhalten gegen Karmin mit den Ganglienkugeln eines der genannten Thiere übereinstimmen, oder in wie weit sie sich durch eigene Unterscheidungsmerkmale von den von mir untersuchten aus- und kennzeichnen.

#### IV.

Nach unserer oben niedergelegten Meinung haben wir kein Recht, fortsatzlose Nervenzellen anzunehmen.

Ich habe hier nun die Resultate ausführlicher zu behandeln, die ich über die Anzahl der von den Nervenzellen abgehenden Fortsätze, über die Richtung ihres Verlaufes und ihre endliche Bestimmung im Fischrückenmarke gewonnen, und welche ich bereits zum Theile in meiner vorläufigen Mittheilung über den Bau des Fischrückenmarkes<sup>1)</sup> veröffentlicht habe.

Die grösste Zahl der dicken Fortsätze, welche von einer Nervenzelle abgehen können, ist noch nicht auf eine bestimmte Ziffer festgestellt. Kölliker sagt<sup>2)</sup>, dass viele Nervenzellen in 2, 3 bis 8 und noch mehr Fortsätze auslaufen, ohne aber ein Maximum anzugeben. R. Wagner<sup>3)</sup> lässt bis 20 Fortsätze von einer Nervenzelle abgehen. Stilling<sup>4)</sup> hat bei „Menschen und Säugethieren in wiederholten Fällen an einzelnen Nervenzellen 2 und mehr bis zu 8 dicken Fortsätzen ganz unzweideutig gefunden“. Dass die Zahl der Fortsätze der multipolaren Zellen im Rückenmarke 8 erreicht, gibt auch Jacobowitsch<sup>5)</sup> an. Schröder v. d. Kolk zeichnet Nervenzellen mit 9 deutlichen Fortsätzen.

Den Angaben dieser Forscher, welche die Zahl der Nervenzellenfortsätze nicht auf eine bestimmte Ziffer beschränken, welche aber sämmtlich acht Fortsätze von Nervenzellen haben

<sup>1)</sup> Sitzungsbericht der kais. Akademie. 34. Band.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 96.

<sup>3)</sup> Neurologische Untersuchungen 1854. pag. 163.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 913.

<sup>5)</sup> l. c. pag. 2.



entspringen gesehen, stehen die Resultate gegenüber, welche Bidder und seine Schüler in diesem Punkte fanden.

Bidder und Kupffer geben in ihrem gemeinschaftlichen Rückenmarkswerke an<sup>1)</sup>, dass sie die Zahl der Nervenzellenfortsätze auf dem Rückenmarksquerschnitte nie über fünf haben hinausgehen gesehen, eine Angabe, die schon desshalb auffallend ist, weil Bidder's Schüler Metzler kurze Zeit vorher im Vogelrückenmarke, wenn auch nicht häufig, Nervenzellen mit sechs Fortsätzen beobachtete<sup>2)</sup>.

Für das Fische Rückenmark erklärt Owsjannikow, dass er von den Nervenzellen in der Ebene des Querschnittes 3, und in aufsteigender Richtung 1 Fortsatz habe abgehen gesehen. Ob die Zellen aber mehr als 4 Fortsätze entsenden, auf diese Frage weiss Owsjannikow nichts Bestimmtes zu erwiedern<sup>3)</sup>.

Ich kann sie dahin beantworten, dass die Zahl der Fortsätze, welche die Nervenzellen im Fische Rückenmarke auf dem Querschnitte darbieten, die Zahl 3 häufig genug übersteigt. Ich habe Nervenzellen mit 4, 5 — 7 in einer Ebene abgehenden Fortsätzen beim Hechte gesehen. Mehr als 7 Fortsätze sah ich noch keine Nervenzelle im Fische Rückenmarke in einer Ebene absenden. Stilling sah dagegen bei *Petromyzon* kolossale Nervenzellen in den grauen Vorderhörnern mit 9 Fortsätzen<sup>4)</sup>.

Dass aber die Zahl der Zellenfortsätze, die von einer Zelle wahrscheinlicher Weise abgehen, nicht auf diese Ziffern zu beschränken sei, darin stimme ich mit Metzler und Stilling ganz überein.

Metzler, welcher bei Vögeln 6 Fortsätze als grösste Anzahl von einer Nervenzelle abgehen sah, sagt<sup>5)</sup>: „*Ceterum, quantum mea fert opinio, major processuum numerus pro normali videtur habendus esse*“. Stilling<sup>6)</sup> theilt die gleiche Ansicht, und zwar, wie Metzler, aus dem Grunde, weil auf dünnen Rückenmarksschnitten nur ein Theil der Nervenzelle und nur die in einer (der Schnitt-) Ebene abgehenden Fortsätze derselben zur Beobachtung kommen, es aber unbegründet wäre, annehmen zu wollen, dass die Nervenzellen in andere Ebenen keine Fortsätze entsenden.

Stilling ist es aus diesem Grunde sogar wahrscheinlich, „dass Nervenzellen, welche in einer und derselben Ebene 6, 8 — 10 dicke Fortsätze zeigen, wenigstens eine noch einmal so grosse Anzahl dicker Fortsätze entsenden, welche nicht zur Beobachtung kommen“. Demnach würde Stilling solchen Zellen wenigstens 30 Fortsätze vindiciren. Ob eine solche Vorstellung in der Natur der Sache begründet ist oder nicht, darüber fälle ich kein Urtheil. Es wird schwerlich gelingen, diesen Punkt vollkommen ins Klare zu bringen. Nur so viel ist gewiss, dass die Angabe Bidder's und Kupffer's, dass man nicht mehr als 5 Fortsätze von einer Nervenzelle abgehen sehen könne, unrichtig ist, und dass man für die Nervenzellen in jedem Falle eine grössere Anzahl von Fortsätzen statuiren müsse, als es bisher gelungen ist direct zu beobachten.

Eben so, wie die Angaben der Dorpater Forscher über die Zahl der von den Nervenzellen abgehenden Fortsätze unhaltbar sind, so sind auch die Resultate, die sie über die

1) l. c. pag. 55.

2) l. c. pag. 31.

3) l. c. pag. 31.

4) l. c. pag. 852.

5) l. c. pag. 31.

6) l. c. pag. 915.

Richtung und den Verlauf, so wie über die endliche Bestimmung der Zellenfortsätze fanden, nur theilweise richtig. Es ist bekannt, dass Bidder und seine Schüler jedem Fortsatze einer jeden Nervenzelle im Rückenmarke aller Thierclassen eine ganz bestimmte Verlaufsrichtung dictirten, während es Keinem der Früheren oder Späteren, die sich mit der mikroskopischen Zusammensetzung des Centralorgans beschäftigten, gelungen ist, das unwandelbare Naturgesetz, nach welchem die im dichten Gewirre verschlungenen Zellenfortsätze des Rückenmarkes verlaufen, zu enthüllen.

Es ist bekannt, dass Bidder und seine Schüler das Gesetz aufgefunden haben wollten, dass von den fünf Fortsätzen, die sie allen Nervenzellen des Rückenmarkes aller Thiere zuschreiben, der eine zu einer Faser der vordern Wurzel, ein zweiter zu einer Faser der hintern Wurzel werde, dass ein dritter Fortsatz, der durch die vordere Commissur hindurchgeht, zur Verbindung zweier in den entgegengesetzten Rückenmarkshälften gelegenen Nervenzellen diene, ein vierter zwei Nervenzellen derselben Rückenmarkshälfte verbinde, und ein fünfter in eine Längsfaser des Rückenmarkes übergehend, zum Gehirne aufsteige.

Namentlich sollten die niederen Wirbelthiere, und ganz vorzüglich die Fische die meisten dieser Verhältnisse aufs Deutlichste zeigen, und wahrlich! wenn man Owsjannikow's Abhandlung liest und seine Abbildungen sieht, so muss Dem, der nicht selbst untersucht hat, ein Zweifel gegen diese klaren, durch ihre Einfachheit überraschenden und bestechenden Resultate kühn erscheinen. Ich aber habe selbst untersucht. Nachdem ich mich gar bald überzeugt, dass der Bau des Rückenmarkes ein viel complicirter ist, als es Owsjannikow angibt, so wie dass er bei verschiedenen Fischen ein verschiedener ist, suchte ich zuerst denselben an einem Fische zu ergründen. Ich habe hierzu den Hecht, der sich in vielen Hinsichten (zur Beobachtung der Nervenzellen und ihrer Fortsätze, zur Verfolgung der Nervenbahnen, der Commissurenfasern etc.) sehr geeignet erwies, ausgewählt, aber ich muss gestehen, dass ich noch lange keine klare Einsicht in den Bau des Rückenmarkes dieses Thieres besitze. Ich hoffe allerdings durch fortgesetzte Studien noch viele Aufschlüsse über eine Reihe dunkler Punkte zu erlangen, aber den Bau des Rückenmarkes selbst dieses niedrigen Wirbelthieres gänzlich zu erforschen, verzweifle ich geradezu.

Das, was ich über den Verlauf und die Bestimmung der Zellenfortsätze im Hechtrückenmarke bis jetzt herausgebracht habe, ist:

Schon aus dem Umstande, dass nicht gerade 3 Fortsätze auf dem Querschnitte des Rückenmarkes von den Nervenzellen abgehend beobachtet werden, sondern dass man eben so oft nur uni- oder bipolare Zellen sieht, in selteneren Fällen aber die Nervenzellen bis 7 Fortsätze absenden, erhellt, dass die Richtung der Fortsätze nicht die ausschliesslich von Owsjannikow angegebene sein kann. Man kann sagen, dass die Fortsätze der Ganglienzellen in den verschiedensten Richtungen nach innen und aussen, vorn und hinten verlaufen. So z. B. gehen von einer Nervenzelle aus der Mitte des Hechtrückenmarkes, welche 7 Fortsätze abschickt, 2 derselben nach vorn und aussen, 1 quer nach aussen und 4 nach rückwärts, von welchen letzteren 2 nach aussen, die anderen 2 mehr nach innen treten.

Über die endliche Bestimmung der einzelnen Fortsätze gilt Folgendes:

Niemals habe ich je eine Ganglienzelle der einen Rückenmarkshälfte mit einer andern der entgegengesetzten Seite durch einen Fortsatz verbunden gesehen, wiewohl ausser Owsjannikow auch Bidder und Kupffer angeben<sup>1)</sup>, dass sich ihnen dieses Verhältniss

<sup>1)</sup> l. c. pag. 91.



„bei niederen Wirbelthieren wenigstens auf dem Querschnitte oft und mit aller Deutlichkeit dargeboten hat“. In einer solchen Angabe aber sind die Dorpater vereinzelt stehen geblieben. Ich wüsste nicht, dass es noch irgend einem andern Forscher geglückt wäre, ein solches Verhältniss direct zu beobachten. Welche Bestimmung die von den Nervenzellen nach innen verlaufenden Fortsätze, welche nach Owsjannikow jene Zellenverbindung herstellen sollen, haben, werde ich weiter unten angeben.

Den Zusammenhang der Nervenzellen derselben Rückenmarkshälfte durch dicke Fortsätze anlangend, muss zuerst darauf aufmerksam gemacht werden, dass in dieser Hinsicht noch sehr bedeutende Meinungsverschiedenheiten zwischen den verschiedenen Mikroskopikern existiren. Die Einen sehen eine solche Verbindung der Nervenzellen im ausgedehntesten Masse, so n. A. Schröder v. d. Kolk, R. Wagner, Bidder und Kupffer, v. Lenhossék und Stilling. — Schröder v. d. Kolk sagt<sup>1)</sup>: „Was den Zusammenhang der multipolaren Ganglienzellen unter einander durch ihre Verbindungsfasern anlangt, so habe ich mich von deren Anwesenheit in einer grossen Menge Präparate aufs Vollständigste überzeugt, und ich darf hoffen, auch der Ungläubigste werde durch diese meine Präparate zur nämlichen Überzeugung gelangen“. Schöne Abbildungen mit zahlreichen Nervenzellenanastomosen erläutern diese Angaben.

Bei Bidder und Kupffer heisst es hierüber<sup>2)</sup>: „Beispiele solcher Commissuren und Brücken zwischen benachbarten Zellen bietet fast jedes Rückenmarkssegment dar, so dass ich nicht begreife, wie dieselben der Beobachtung jemals haben entgehen können“. Da dieser Ausspruch für das Rückenmark aller Thierclassen gilt, so muss es Kupffer selbst wenigstens begreifen, da er kurze Zeit vorher am Froschrückenmark eine solche Verbindung niemals sah<sup>3)</sup>.

Lenhossék<sup>4)</sup> gibt an, dass „die Ganglienkugelfortsätze nicht nur in sofern sie Ganglienzellen einer Ordnung betreffen, sondern auch wechselseitig mit jenen der andern Ordnung auf's Mannigfaltigste anastomosiren und dadurch die Ganglienzellen von der äussersten Spitze des *Conus medullaris* bis in die innersten Gebilde des Gehirnes hinein in allseitige kettenartige Verbindung bringen“.

Stilling endlich erklärt, dass „nach seinen Beobachtungen der Zusammenhang benachbarter Nervenzellen durch dicke Fortsätze in der grauen Rückenmarkssubstanz sämtlicher Thierclassen als unbezweifelbare Thatsache betrachtet werden müsse“<sup>5)</sup>.

In sonderbarem Widerspruche mit den Beobachtungen der genannten Forscher stehen die Angaben anderer, welchen es nicht gelungen ist, solche Nervenzellenanastomosen zu sehen. Ich hebe unter diesen vorzugsweise Kölliker hervor. „Manche beschreiben Anastomosen“, sagt Kölliker<sup>6)</sup>, „und sehen solche, wo andere durchaus nichts Bestimmtes finden, und könnte ich mehrere vielgenannte Autoren namhaft machen, die mir solche Verbindungen zeigten, die ich nicht anerkennen konnte. Obsehon ich noch keine Anastomosen gesehen habe, so will ich dieselben doch nicht bezweifeln, doch muss ich auch hier wieder

1) l. c. pag. 32.

2) l. c. pag. 63.

3) l. c. pag. 30.

4) Neue Untersuchungen über den feineren Bau des centralen Nervensystems des Menschen. 2. Auflage 1858.

5) l. c. pag. 942.

6) l. c. pag. 296.

mit aller Entschiedenheit behaupten, dass Niemand berechtigt ist, aus einzelnen Beobachtungen weitere allgemeine Sätze abzuleiten“.

Bei Fischen konnte Owsjannikow<sup>1)</sup> auch keine solchen Nervenzellen-Anastomosen direct beobachten. „*Num in utroque medullae spinalis dimidio cellulae inter se fibris conjungentibus cohaereant id quod non solum perquam verosimile, verum etiam ratione physiologica omnino necessarium videtur, ad hanc quaestionem adhuc nihil certi est quod respondeamus*“.

Es ist gewiss, dass im menschlichen Rückenmarke solche Nervenzellen-Anastomosen existiren. Ich habe sie namentlich an Lenhossék's trefflichen Präparaten in schönster Weise gesehen, und es ist Kölliker's Ausspruch, dass die Abbildung, welche Lenhossék von solchen Anastomosen gibt, „wegen der Zahl der gezeichneten Anastomosen im höchsten Grade das Misstrauen erregt“<sup>2)</sup>, gänzlich ungerechtfertigt, da man sich leicht bei der Betrachtung der Präparate von der Richtigkeit der Abbildungen überzeugen kann.

Allein bei Fischen habe ich, wiewohl ich die Zellenfortsätze auf Rückenmarksquerschnitten auf sehr weite Strecken, durch das ganze Rückenmark hindurch verfolgt habe, nicht nur nie eine auffallende Zellenanastomose gesehen, sondern auch nicht einmal Bilder beobachtet, welche auf eine solche hätten schliessen lassen. Übrigens wurde im Fische Rückenmarke überhaupt noch niemals eine solche Beobachtung gemacht. Bidder und Kupffer geben allerdings das Vorkommen der Nervenzellen-Anastomosen ganz allgemein, also für alle Wirbelthierclassen, an; ich zweifle aber, dass sie sie direct bei Fischen gesehen haben. Und so wie ich einerseits Stilling's Aussprüche, dass bei der Entscheidung der vorliegenden Frage Eine positive Thatsache Tausende von negativen widerlegt, vollkommen beistimme, so halte ich doch dafür, dass seine Angabe, es müsse der Zusammenhang benachbarter Nervenzellen durch dicke Fortsätze in der grauen Rückenmarkssubstanz sämmtlicher Thierclassen, also auch der Fische als unbezweifelbare Thatsache betrachtet werden, vorläufig nicht ganz begründet ist, weil eben bis jetzt im Fische Rückenmarke keine solche directe Zellenverbindung beobachtet wurde, es aber sehr gewagt wäre, von dem Verhalten der Nervenzellen im Rückenmarke der höchst organisirten Thiere und des Menschen auf das Verhalten derselben im Fische Rückenmarke zu schliessen. Owsjannikow's Angabe, welcher bei *Petromyzon* die Verbindung zweier Zellen einmal zu sehen glaubte: *Semel tantum ejusmodi ramulum (cellulae fusiformis) quintum cum cellulae rotundae ramulo conjungi animadvertisse videbamur*<sup>3)</sup>, kann füglich ganz unberücksichtigt gelassen werden.

Sämmtliche Nervenzellenfortsätze, welche ich im Fische Rückenmarke verfolgen konnte, verliefen entweder, meistens indem sie sich theilten, aber ohne in feinste Fasern zu zerfallen, bis zur Peripherie des Rückenmarkes, wo ich über ihr letztes Ende gar nichts Bestimmtes weiss, oder sie gingen in Nervenprimitivfasern über.

Die Theilung der Nervenzellenfortsätze im Rückenmarke ist eine von den meisten Forschern zugegebene und beobachtete Thatsache. Auch R. Wagner, welcher 1854 die Nervenzellenfortsätze sämmtlich in Nervenprimitivfasern übergehen oder zur Verbindung benachbarter Ganglienzellen dienen liess, und keine sich verästelnden, freien Ausläufer der Zellen annahm, ist jetzt von dieser seiner Ansicht zurückgekommen. Er sagt in seinen kritischen und

<sup>1)</sup> l. c. pag. 31.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 296.

<sup>3)</sup> l. c. pag. 20.



experimentellen Untersuchungen über die Functionen des Gehirnes (Göttinger Nachrichten pag. 80) im Jahre 1859:

„Die multipolaren Ganglienzellen der Centraltheile geben theils (meist nicht ramificirte) Fortsätze ab, welche in genuine Primitivfasern oder Commissurenfasern übergehen, theils (und zwar in Mehrzahl) ramificirte Fortsätze, welche aus der diffusen molecularen grauen Substanz unmittelbar entspringen und hier im innigsten Contact mit den Blutgefässen stehen.“

Vor Allen aber läugnen die Theilung der Fortsätze Bidder und einige seiner Schüler. Owsjannikow sagt zwar von den Fortsätzen der im Verlaufe der Müller'schen Fasern bei *Petromyzon* eingeschalteten bipolaren runden Ganglienzellen: *Quibus e medulla spinali exemptis, duos illos, quos diximus, ramulos, in permultas fibras minutissimas diffundi apparet*<sup>1)</sup>; er kann aber nicht umhin zu erklären, „*ramulos diffissos arte producta esse*“<sup>2)</sup>.

Kupffer läugnet im Froschrückenmarke eine Zuspitzung oder freie Endigung der Zellenfortsätze, wie sie Kölliker angibt, oder eine Theilung derselben in feinste Fibrillen gesehen zu haben<sup>3)</sup>. Und wiewohl Metzler die Theilung der Nervenzellenfortsätze im Vogelrückenmarke als etwas Häufiges bezeichnet, *Saepe fit, ut processus... in plures ramos dividantur*<sup>4)</sup>, läugnen Bidder und Kupffer in ihrer gemeinsamen Arbeit die Theilung der Nervenzellenfortsätze für alle Thierclassen gänzlich.

Bidder und Kupffer sagen<sup>5)</sup>, dass sie die von Kölliker hervorgehobene Theilung, Verzweigung und fortgehende Verästelung der Fortsätze theils für ein Kunstproduct, theils für das Resultat der Verwechselung von Bindegewebskörperchen und deren Ausläufern mit Nervenzellen und deren Fortsätzen halten müssen!

Sie fahren fort, dass „ihnen allerdings diese Formen bekannt wären, dass sie sie aber nur an Präparaten, die aus frischem Rückenmarke durch Ausbreitung seiner grauen Masse mit Nadeln gewonnen wurden, und auch hier keineswegs bei allen Zellen und allen Fortsätzen derselben fanden“.

„Nie sind uns dagegen“, heisst es weiter, „solche Theilungen an Chromsäurepräparaten begegnet; hier läuft jeder von einer Nervenzelle ausgehende Fortsatz, obgleich er bei diesem Abgange wohl mit seinem Nachbar zusammenstossen und dadurch der Zelle eine gestreckte Form ertheilen kann — und selbst dann, wenn er sich durch die ganze Dicke des Rückenmarkes verfolgen lässt, immer ungetheilt und ungeschmälert weiter.“

Diese Angabe nun ist absolut unrichtig. An meinen Chromsäure-Karminpräparaten aus dem Fische Rückenmarke kann sich Jeder mit grösster Leichtigkeit überzeugen, dass es Zellenfortsätze gibt, die sich dichotomisch oder trichotomisch theilen und sich dabei verschmälern.

Jene Zellenfortsätze nämlich, welche nicht in Nervenprimitivfasern der vordern oder hintern Wurzel oder in Längsfasern des Rückenmarkes übergehen, also solche, welche ihrer Richtung nach, nach vorn und aussen und quer nach aussen verlaufen, auch ein Theil jener, die nach hinten und aussen ziehen (ein anderer Theil dieser letzteren geht mit aller Wahrscheinlichkeit in Fasern der hintern Wurzel über) verlaufen allerdings einestheils ungetheilt

<sup>1)</sup> I. c. pag. 19.

<sup>2)</sup> I. c. pag. 33.

<sup>3)</sup> De medullae spin. textura in ranis. Dorpati 1854, pag. 21.

<sup>4)</sup> I. c. pag. 34.

<sup>5)</sup> I. c. pag. 59.

(oder wenigstens, ohne dass ihre Theilung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes sichtbar wird), indem sie sich, wenn auch nicht bedeutend, verschmälern, in mehr weniger gekrümmter Richtung gegen die Peripherie des Rückenmarkes und erreichen dieselbe; andererseits aber theilen sie sich in geringerer oder grösserer Entfernung von ihren Nervenzellen, worauf dann ihre Theilungsäste den weiteren Weg gegen die Peripherie des Rückenmarkes verfolgen. So habe ich Zellenfortsätze von ihrem Ursprunge aus der Zelle bis zur Peripherie des Rückenmarkes in einer directen Entfernung von  $\frac{3}{5}$  Millimeter, die Krümmungen des Fortsatzes nicht mitgerechnet, mit grösster Evidenz verfolgt, welche keine sichtbare Theilung darboten und sich nur unbedeutend verschmälerten. Eine solche Beobachtung ist aber viel schwieriger, als jene der Theilung von Fortsätzen. Diese Theilungen zeigen sich selten nahe an der Zelle. So schickt in einem solchen Falle z. B. eine mit einem weissen Kerne versehene Zelle (aus der centralen grauen Substanz) einen dicken Fortsatz nach aussen, welcher noch ehe er den Breitedurchmesser der Zelle an Länge übertroffen hat, sich in 2 Äste theilt, deren einer nach vorn und aussen zieht, der andere nach rückwärts und aussen verläuft. Häufig sind dagegen die Theilungen der Zellenfortsätze in grösserer Entfernung von ihrer Nervenzelle. Es gelingt namentlich auf mit Karmin infiltrirten Präparaten die Zellenfortsätze auf sehr weite Strecken zu verfolgen und man kann dabei ihre Theilungen mit grösster Deutlichkeit sehen. Um nur einzelne Fälle, bei denen ich gemessen habe, anzugeben, so schickt z. B. eine Nervenzelle im grauen Vorderhorn des Hechtrückenmarkes einen Fortsatz nach innen zur vordern Nervenwurzel, 2 nach aussen. Der eine von diesen theilt sich nach einem Verlaufe von 0.09 Millim. in 2 schwächere Äste. Eine andere spindelförmige Zelle sendet 2 sehr dicke Fortsätze ab, den einen in der Richtung von vorn und aussen, den andern nach rückwärts und aussen. Ersterer spaltet sich, nachdem er  $\frac{1}{4}$  Millim. weit ungetheilt verlaufen, in 3 Äste, welche einen vollkommenen Dreifuss bilden. Der eine dieser Äste, der höher gelegene, ist bedeutend schwächer, als die beiden anderen tiefer gelegenen. Der andere Fortsatz genannter Zelle, welcher nach rückwärts und aussen verläuft, theilt sich erst nach einem ungetheilten Verlaufe von nahezu  $\frac{1}{2}$  (0.43) Millim. in 2 Zweige, die man dann noch weit nach aussen verfolgen kann.

Was die Verschmälernng der Zellenfortsätze betrifft, so ist zu bemerken, dass sie grösstentheils in Form eines Dreieckes aus der Nervenzelle hervorgehen, so dass sie unmittelbar an ihrer Ursprungsstelle breiter sind, als nachdem sie eine kurze Strecke weit verlaufen. In manchen Fällen ist diese Verschmälernng des Fortsatzes bald nach seinem Entspringen aus der Zelle eine sehr eclatante. So schickt eine kolossale, über  $\frac{1}{13}$  Millimeter im Durchmesser haltende Nervenzelle aus dem grauen Vorderhorne des Hechtes 3 Fortsätze nach vorne, von denen der mittlere an seiner Basis eine Breite von  $\frac{1}{25}$  Millim. hat, sich aber bald bis zur Breite von  $\frac{1}{130}$  Millim. verdünnt. Abgesehen von dieser Verschmälernng, welche die meisten Zellenfortsätze gleich oder bald nach ihrem Austritte aus der Nervenzelle erfahren, verlaufen jene, welche in Nervenprimitivfasern übergehen, ungeschnälert weiter, jene, welche Theilungen zeigen, behalten bis zu ihrer Theilung ihre gleiche Dicke, jene endlich, welche ich ungetheilt bis zur Peripherie des Rückenmarkes verfolgt habe, zeigen dabei eine, wenn auch nicht immer bedeutende Verschmälernng gegen die Peripherie des Rückenmarkes hin.

Die Theilungsäste zeigen nicht, wie es Metzler für das Vogelrückenmark angibt<sup>1)</sup>, die gleiche Dicke, wie der Fortsatz, aus dem sie entspringen, sondern sie sind jeder einzeln

<sup>1)</sup> l. c. pag. 34.



immer schmaler, als der Stamm, wiewohl ihre Breite zusammengenommen die des Stammes immer übertrifft. Die Theilungsäste sind bald gleich dick, bald von verschiedener Dicke. Warum man übrigens diese letzteren Verhältnisse beim Zerzupfen der Nerventheile leichter erkennen soll, als bei Untersuchung auf dünnen Durchschnitten, wie dies Stilling<sup>1)</sup> angibt, ist nicht einzusehen.

Ein grosser Theil der Nervenzellenfortsätze erreicht also getheilt oder ungetheilt die Peripherie des Rückenmarkes. Was hier aus diesen Fasern schliesslich wird, weiss ich nicht anzugeben. Dass aber die Zellenfortsätze die Bedeutung von wahren Nerven, nämlich nackter (d. i. von keiner Markscheide, wohl aber von einer Hülle umgebener) Axencylinder haben, wird aus dem Folgenden klar werden.

Da ich eine Zertheilung der Zellenfortsätze in feinste Fasern oder eine spitzige Endigung derselben in der grauen Rückenmarkssubstanz bei Fischen niemals beobachtet habe, so habe ich jetzt nur noch von jenen Fortsätzen zu handeln, die in Nervenprimitivfasern übergehen. Wir wollen nun sehen, wie sich ein solches Verhältniss im Allgemeinen gestaltet.

Alle neurologischen Forscher stimmen jetzt darin überein, dass aus den Ganglienkugeln der peripherischen Ganglien markhaltige Nervenfasern hervorgehen. Ebenso musste es von vornherein vom physiologischen Standpunkte aus einleuchtend sein, dass die Nervenfasern, welche das Centralorgan bilden helfen und aus demselben hervorgehen, aus den Ganglienkugeln desselben ihren Ursprung nehmen, also, dass die Letzteren Fortsätze absenden, welche in markhaltige Nervenfasern übergehen. Zahlreich sind bereits die Beobachtungen, welche das wirkliche Stattfinden eines solchen Verhaltens im Gehirne und Rückenmark der verschiedenen Thierclassen feststellen, und dennoch ist dieser Punkt noch immer einer der dunkelsten in der Anatomie des Centralorgans, namentlich desshalb, weil die Ansichten der verschiedenen Forscher über die Art und Weise des Übergangs des Nervenzellenfortsatzes in die markhaltige Nervenfaser so sehr differiren, und weil es ausgezeichneten Beobachtern noch nicht geglückt ist, ein solches Verhalten überhaupt, beim Menschen wenigstens mit Bestimmtheit zu sehen. So lesen wir in Kölliker's Handbuch der Gewebelehre vom Jahre 1859, pag. 295: „Frägt man, welche thatsächlichen Grundlagen für diese Behauptungen (dass Zellenfortsätze in markhaltige Nervenfasern übergehen und dass die Ganglienzellen selbst durch dicke Fortsätze anastomosiren) vorliegen, so fällt die Antwort sehr bescheiden aus. Was nämlich die Nervenursprünge von den Zellen im Rückenmarke betrifft, so kann nicht bezweifelt werden, dass solche vorkommen, und ich werde am wenigsten dieselben bestreiten, da ich wohl der erste war, der einen solchen Ursprung aus dem Marke des Frosches beschrieb und abbildete. Auf der andern Seite muss ich mit Bestimmtheit gegen die mich aussprechen, welche die Beobachtungen solcher Ursprünge für leicht erklären oder gar genaue Angaben über das Verhalten der Wurzeln zu den Nervenzellen machen. Ich habe mich viel mit dem menschlichen Marke beschäftigt und häufig nach Nervenursprüngen gesucht und doch muss ich bekennen, noch nie mit Bestimmtheit die Fortsetzung eines blassen Fortsatzes einer Zelle in eine dunkel contourirte echte Nervenfaser gesehen zu haben. Eben so wenig habe ich etwas der Art bei Anderen gesehen“. Auch ist es Kölliker bisher nicht geglückt, den Ursprung von Nervenfasern im Gehirne des Menschen mit Bestimmtheit zu sehen (pag. 316).

<sup>1)</sup> l. c. pag. 944.

Aus diesem geht hervor, dass Kölliker allerdings ein Entspringen von Nervenfasern aus Nervenzellen des Centralnervensystems annimmt, dass er aber (was auch aus anderen Stellen zu ersehen ist) über die Art und Weise des Übergangs des Zellenfortsatzes in die Markfaser selbst keine Erfahrung hat.

Die Dorpater Schule war es, welche zuerst den Übergang von Zellenfortsätzen in Nervenfasern in ausgedehntester Masse feststellte, gestützt auf Beobachtungen im Rückenmark aller Thierclassen und des Menschen.

Den Übergang der Nervenzellenfortsätze in Fasern der vorderen und hinteren Spinalnervenzellen beobachtete Owsjannikow bei Fischen l. c. pag. 30: *Ex quavis cellula... ramulos in tres regiones abire videmus, quorum unum... usque ad anteriores nervorum radices certo planeque persequi possumus. Ramulus secundus... continuo ad posteriores nervorum spinalium radices pergit.*

In gleicher Weise beobachtete Owsjannikow bei Fischen den Übergang von Zellenfortsätzen in Längsfasern des Rückenmarks.

Bei Fröschen sah Kupffer diesen Übergang der Zellenfortsätze in die Fasern der vorderen und hinteren Spinalnervenzellen (l. c. pag. 21). — Metzler glaubt an dasselbe Verhältniss in dem Rückenmark der Vögel, wiewohl es ihm nicht gelingen wollte, einen deutlichen Übergang eines Nervenzellenfortsatzes in eine Nervenfaser zu beobachten. Schilling<sup>1)</sup> sah beim Menschen in sehr seltenen Fällen, aber mit Bestimmtheit den Übergang von Fasern der vorderen Nervenwurzel in Ganglienkugeln des grauen Vorderhorns und Owsjannikow will dasselbe beobachtet haben (pag. 36 und 37).

Es befremdet gewissermassen, dass man in Bidder's und Kupffer's gemeinschaftlichem Werke über das Rückenmark vom Jahre 1857 jene Beobachtungen widerrufen findet, welche Kupffer kurze Zeit vorher mit Bestimmtheit gemacht zu haben erklärte. „*Fibram nerveam, quae postea sit lineis duplicibus circumdata, forma nudi axis cylindri e cellula gangliosa exire, et ipse non in ranarum modo, sed etiam mammalium quorundam medulla quam certissime mihi persuasi*“, sagt Kupffer im Jahre 1854, und 3 Jahre darauf erklärt er und Bidder, dass sie bei Fröschen eben so wenig, als bei Vögeln und Säugethieren den Übergang von Nervenzellenfortsätzen in dunkelrandige Fasern der Nervenwurzeln jemals direct beobachten konnten (l. c. pag. 60)!

Owsjannikow's Angaben über das Verhalten der Nervenzellenfortsätze im Rückenmark der Fische aber werden in dieser Arbeit bestätigt. „Bei Fischen lässt sich der ununterbrochene Übergang der Zellenfortsätze des grauen Vorderhorns in die vorderen Nervenwurzeln mit aller Bestimmtheit und Entschiedenheit beobachten... Über diesen Zusammenhang der Nervenwurzeln mit den Zellen der Vorderhörner bei den Fischen kann so wenig auch nur eine Spur eines Zweifels bestehen, dass allen histologischen Erfahrungen eine gleiche Sicherheit gewünscht werden könnte“ (pag. 60).

Nach diesem war wenigstens der Übergang von Nervenzellenfortsätzen in dunkelrandige Nervenfasern im Mark der Fische sichergestellt. Für's menschliche Rückenmark nun hat Stilling in neuester Zeit dieses Verhältniss für sicher hingestellt, begünstigt durch die zahlreichsten Beobachtungen, die bisher ein Forscher in diesem Punkte im menschlichen Rückenmark gemacht hat. „Den unmittelbaren Übergang von Nervenzellenfortsätzen in Nervenfasern habe ich bei neueren Untersuchungen, auf welche ich lange Zeit und grosse Mühe

<sup>1)</sup> De med. spin. textura Dorpati 1852. pag. 29.



verwendet habe, in so zahlreichen Fällen gesehen, dass ich dieses Verhältniss nunmehr als über jeden Zweifel erhaben betrachten muss. Ich finde, dass die Fortsätze der Nervenzellen in Quer- wie in Längsfasern sämtlicher weisser Rückenmarksstränge übergehen, also integrierende Theile der Vorder-, Seiten- und Hinterstränge bilden helfen. Ferner beobachtete ich direct den Übergang der dicken Nervenzellenfortsätze des grauen Vorderhorns in die vorderen centralen Bahnen der Spinalnerven. Den directen Zusammenhang einer Nervenprimitivfaser der hinteren Wurzeln mit einer Nervenzelle der grauen Substanz zu beobachten, ist mir bis jetzt nicht gelungen, obwohl ich auch dieses Verhältniss statuiren“ (pag. 929).

Diese im Jahre 1858 veröffentlichten Beobachtungen bestätigen also jene, welche andere Forscher, wie Schröder v. d. Kolk, Rudolph Wagner, Remak, J. v. Lenhossék hierüber im menschlichen Rückenmarke machten. Mittelst Anwendung der Karmininfiltration wurde ein solches Verhältniss von Gerlach und Berlin constatirt. Gerlach (Mie. Studien 1858, pag. 18) kommt bei seinen Untersuchungen über den Bau der Windungen des kleinen Gehirnes zum Schlusse, „dass der Ursprung, oder wenn man will, das centrale Ende jener Nervenfasern, welche aus dem kleinen Gehirne treten . . . in den Nervenzellen der grauen Substanz der Kleinhirnwindungen gesucht werden müsse“; und Berlin (Beitrag zur Structurlehre der Grosshirnwindungen 1858) hat den Übergang von Zellenfortsätzen in markhaltige Nervenfasern im Gehirne eines 5monatlichen Kindes direct beobachtet (pag. 21).

Ich bin nun in der Lage, den Übergang von Nervenzellenfortsätzen in markhaltige Nervenfasern für das Centralnervensystem der Fische zu bestätigen. Es ist allerdings eine solche Beobachtung im Fischrückenmarke nicht so leicht, als sie Owsjannikow hinstellt, und es sind auch seine näheren Angaben über jene Fortsätze, welche in die Fasern der vorderen Spinalnervenzellen übergehen sollen, für das Mark der von mir bis jetzt untersuchten Fische durchaus unrichtig. Ich verweise hierüber auf meine kurze Mittheilung über den Bau des Rückenmarkes der Fische und erwähne hier nur Folgendes: Nicht die nach vorn und aussen von den Ganglienzellen des grauen Vorderhorns abgehenden Fortsätze sind es, welche in markhaltige Fasern der vorderen Nervenwurzel übergehen, sondern es sind die nach vorn und innen abgehenden Fortsätze der Ganglienzellen, welche in die Bahn der vorderen Nervenwurzel eintreten.

Mit grösster Sicherheit habe ich solche Fortsätze in markhaltige Fasern der vorderen Nervenwurzel übergehen gesehen. Eben so sicher sah ich den Übergang von Zellenfortsätzen in markhaltige Längsfasern des Rückenmarkes. Ich habe ferner von den Zellen, welche neben und hinter dem Centralcanale im obersten Theile des Rückenmarkes und in der *medulla oblongata* liegen, Fortsätze regelmässig gegen die Austrittsstelle der hinteren Wurzel verlaufen gesehen, den directen Übergang solcher Fortsätze in markhaltige Fasern der hinteren Wurzel aber nur in einzelnen Fällen beobachtet.

Ein ausgezeichnetes Object zur Beobachtung des Übergangs von Nervenzellenfortsätzen in markhaltige Nervenfasern ist das kleine Gehirn der Fische (des Hechtes). Die Ganglienkugeln, welche die mittlere Zone des kleinen Gehirns bilden, entsenden die grösste Anzahl ihrer Fortsätze in die aus markhaltigen Fasern bestehende äusserste radiäre Faserschichte. Alle diese Fortsätze gehen in markhaltige Nervenfasern über und die directe Beobachtung dieses Überganges auf gelungenen, schön infiltrirten Präparaten ist durchaus nicht schwer.

Das Vorkommen eines solchen Verhaltens, dass nämlich Zellenfortsätze in markhaltige Fasern übergehen, steht demnach, wenigstens für das Centralnervensystem der Fische, ausser

allem Zweifel. Die nächste Frage ist die, in welcher Weise der Übergang eines Nervenzellenfortsatzes in eine markhaltige Nervenfaser bewerkstelligt wird.

Man kann von vornherein verschiedene Vorstellungen hiervon haben. Man kann sich einerseits vorstellen, dass der Zellenfortsatz bereits jene Elemente enthält, welche bei seiner Umwandlung in eine markhaltige Faser sich in Axencylinder und Mark sondern, oder man kann andererseits annehmen, dass der Nervenzellenfortsatz in die markhaltige Faser nur als ein Theil derselben eintritt und zwar so, dass er dabei seine histologischen Eigenschaften beibehält, oder so, dass er dieselben ändert.

Alle diese drei verschiedenen Ansichten fanden ihre Vertreter. Stilling lässt den Nervenzellenfortsatz in Mark und Axencylinder sich sondern. Die Dorpater sind es namentlich, welche den Zellenfortsatz als Axencylinder in die markhaltige Nervenfaser eintreten lassen, so dass er dabei seine ursprünglichen Eigenschaften beibehält (mithin vor seinem Eintritte in die Nervenfasern selbst als nackter Axencylinder anzusehen ist).

Rudolph Wagner endlich beschreibt ebenfalls den Übergang des Zellenfortsatzes in den Axencylinder der markhaltigen Faser, jedoch so, dass er ihn dabei seine histologischen Eigenschaften ändern lässt.

Stilling sagt l. c. pag. 929: „Beim Übergange eines Nervenzellenfortsatzes in eine Nervenprimitivfasern beobachtet man bei genügender (360 — 900facher) Vergrößerung, dass Elementarröhren, welche den Axencylinder und das Nervenmark der Nervenprimitivfasern constituiren, in ununterbrochener Continuität in den Nervenzellenfortsatz eintreten und in das Nervenzellenparenchym übergehen, hierin sich fächerförmig ausbreiten und mit den Elementarröhren der Nervenzellen sich auf die mannigfaltigste Weise verbinden“. „Eine bestimmte Grenze zwischen Nervenzellenfortsatz und Nervenprimitivfasern ist häufig anscheinend vorhanden und durch eine dunkle Contour gleich einer Querlinie, oder einer, den Nervenzellenfortsatz nahe der Nervenzelle umgebenden, dunkeln, mehr oder weniger gezähnelten Kreislinie angedeutet. Oft sieht man keinerlei solche Grenzen, der breite Nervenzellenfortsatz geht — sich verschmälernd — ohne irgend einen Unterschied seiner optischen Phänomene an den verschiedenen Stellen seines Verlaufes darzubieten, in die Nervenprimitivfasern über, so dass eine Grenzstelle zwischen Nervenzellenfortsatz und Nervenprimitivfasern nirgends anzugeben ist. Dieses Verhältniss der Nervenprimitivfasern und der Nervenzellen habe ich sowohl im Rückenmark des Menschen und der Säugethiere, wie bei allen übrigen Wirbelthierclassen in der grauen Substanz beobachtet und solches überall im Wesentlichen gleich gefunden, wie ich denn auch dies nämliche Verhältniss an der Übergangsstelle der Nervenprimitivfasern in die Nervenzellen der peripherischen Ganglien und Spinalganglien bei den sämtlichen Classen der Wirbelthiere gesehen habe“.

Von der Dorpater Schule, welche die Nervenzellenfortsätze als nackte Axencylinder ansieht, behauptet zunächst Owsjannikow über die Art und Weise, wie, und über die Stelle, wo der Übergang der Zellenfortsätze in markhaltige Fasern im Fische Rückenmark vor sich geht, l. c. pag. 32: „*Ramuli ad nervorum radices pertinentes, demum postquam ex medulla spinali egressi sunt, medulla nervali instrui videntur. Fibrae ad cerebrum adscendentes sensim ac paulatim post introitum in substantiam albam medulla circumdantur*“.

Bei Kupffer heisst es hierüber für das Froschrückenmark (pag. 21): „*Neque jam intra substantiam cineream partes circumjacentes processui peculiarum efformant vaginam, sed demum inter substantiae albae fibras longitudinales in lacuna, quam processus permeat, tela conjunctiva*



*arctius applicatur, quo facto, e medullae spinalis peripheria specie tabuli nervei lati, medulla vaginacque instructi, provenit“.*

Metzler (l. c. pag. 32) konnte es im Rückenmarke der Vögel nicht gelingen, sicher zu beobachten, „*processus in fibrarum nervearum axis cylindros directo transire*“.

Dagegen bestätigen Bidder und Kupffer (l. c. pag. 60) das Eintreten des Zellenfortsatzes als Axencylinder in die Wurzelfasern der Spinalnerven bei Fischen: „Die Fortsätze dringen in die für den Durchtritt der vordern Wurzeln bestimmten Lücken der weissen Substanz, durchsetzen dieselben ihrer ganzen Länge nach, so dass sich ihre Contouren ohne Unterbrechung scharf und deutlich abzeichnen, gehen endlich in eines der Wurzelbündel hinein, die an der Peripherie des Rückenmarkes anhaften und lassen sich manchmal mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bis in den Axencylinder einer Wurzelfaser verfolgen“.

Rudolph Wagner, der Vertreter der Ansicht, dass der Zellenfortsatz zwar in den Axencylinder übergehe, aber mit Änderung seiner histologischen Eigenschaften, spricht sich darüber mit den Worten aus: „Im Allgemeinen gehen nur die feinen und feinsten Fibrillen in die Fortsätze der Ganglienzellen über, indem sich die doppelten Contouren der Markhülle bis zum Verschwinden an einander legen, wo dann der Axencylinder sich in den Ganglienzellenfortsatz metamorphosirt. Beide zeigen eine dem geübten Auge erkennbare histologische Verschiedenheit“.

Den Übergang von Nervenzellenfortsätzen in die Axencylinder markhaltiger Fasern glaubt auch Berlin (l. c. 21) für das menschliche Gehirn annehmen zu können. Er spricht sich aber nicht weiter darüber aus, ob der Zellenfortsatz als solcher oder mit Änderung seiner Eigenschaften zum Axencylinder wird.

Meine directen Beobachtungen am Centralnervensystem der Fische lehren mich, dass wenigstens da niemals eine andere Art des Überganges eines Zellenfortsatzes in eine markhaltige Faser stattfindet, als in der Weise, wie sie die Dorpater Forscher beschrieben haben, und wie sie auch Bilharz (das elektrische Organ des Zitterwelses 1857, pag. 21) für den Ursprung der elektrischen Faser aus dem Rückenmarke des Zitterwelses fand, also in der Art, dass der Zellenfortsatz, ohne die Eigenschaften seiner Grösse und Form oder seiner histologischen Zusammensetzung zu ändern, als Axencylinder in eine markhaltige Faser eintritt, oder richtiger gesagt, dass der Zellenfortsatz, welcher der eigentliche Nerve ist, bei seinem Austreten aus der grauen Substanz, resp. der Ganglienzellschichte mit einer Markscheide umgeben wird und als markhaltige Nervenfasern weiter läuft.

Präparate vom Rückenmarke und kleinen Gehirne stellen die Sache ausser jeden Zweifel. So z. B. zeigt eines meiner Präparate, ein Querschnitt aus dem obern Theile des Rückenmarkes des Hechtes, folgendes Bild: Das in karminsauerem Ammoniak infiltrirte Präparat ist stark gequetscht. Dadurch erscheinen die Markscheiden der Fasern der central verlaufenden vordern Nervenwurzel in eine gleichartige, graulich-weiße Masse umgewandelt. In dieser Masse sieht man die Axencylinder der Fasern in der Richtung der vordern Nervenwurzel, also von der vor dem Centralcanale gelegenen Commissur aus nach vorn und aussen an der Grenze zwischen grauer und weisser Substanz, bis zu ihrem Austritte aus dem Rückenmarke hinziehen. Es sind scharf begrenzte, durch ihre rothe Färbung ausgezeichnete Fasern. Durch den Druck in eine Ebene gezwängt, sind sie so auseinander getreten, dass man sie sogar sehr leicht zählen kann (es sind deren im besagten Schnitte zehn an der Zahl). In

dem nach aussen von der centralen Bahn der vorderen Nervenwurzel gelegenen Vorderhorne sieht man unter den zahlreichen Ganglienkugeln daselbst eine grosse viereckige Ganglienkugel, welche nebst Fortsätzen nach vorn und aussen und hinten und aussen einen solchen nach vorn und innen schickt. Diesen Fortsatz nun sieht man zu dem Bündel obgenannter Axencylinder sich hinbegeben und mit ihnen (sich durch Nichts von ihnen unterscheidend) also in der vordern Nervenwurzel bis zum Austritt aus dem Rückenmarke verlaufen. Man verfolgt ihn dabei nahezu 1 Millimeter weit.

An anderen Präparaten aus dem Rückenmarke sehe ich, wie die nach innen verlaufenden Zellenfortsätze, um zum gesammelten Strange der vordern Nervenwurzel zu gelangen, die verschiedensten Wege einschlagen. So geht in einem Falle ein solcher Zellenfortsatz um die hintere Peripherie der kolossalen Faser im Bogen herum und verschwindet dann im Nervenstrange, welcher die vordere Nervenwurzel darstellt.

Gegen Owsjannikow, Bidder und Kupffer, welche bei Fischen die Zellenfortsätze erst beim Austreten aus dem Rückenmarke mit einer Markscheide sich umgeben lassen, muss ich bemerken, dass die Zellenfortsätze, welche zur vorderen Wurzel gehen, wenigstens bei den von mir untersuchten Fischen, bereits im Rückenmarke mit Mark umgeben werden. Alle Fasern der vordern Nervenwurzel sind bereits während ihres centralen (Quer-) Verlaufs markhaltig. Man überzeugt sich hiervon am schönsten auf Längsschnitten, welche die centralen Bahnen der vordern Nervenwurzeln, soweit sie in querrer Richtung verlaufen, senkrecht treffen. Hat man solche Längsschnitte mit karminsauerem Ammoniak infiltrirt, so sieht man, dass alle Fasern der vordern Nervenwurzel breite, markhaltige Fasern sind, man sieht die Querschnitte der roth gefärbten Axencylinder und jeden von einer breiten ungefärbten weissen Markscheide umgeben.

Der Zellenfortsatz zeigt bei seinem Eintreten in die vordere Nervenwurzel durchaus keine Änderung seiner Form, Grösse oder seiner histologischen Eigenschaften, wie Wagner annimmt. Ich habe ferner den Zellenfortsatz im Fischrückenmarke niemals in der Weise in eine markhaltige Faser übergehen gesehen, wie sie Stilling für alle Wirbelthierclassen, also auch für die Fische beschrieben hat. Weder wandelt er sich in Mark und Axencylinder um, noch ist sein Übergang in die markhaltige Faser durch ein optisches Phänomen, durch eine dunkle Contour oder eine gezähnelte Kreislinie ausgezeichnet. und eben so wenig ist es begreiflicher Weise möglich, dass der Zellenfortsatz, da derselbe nur als ein Theil (Axencylinder) in die markhaltige Faser eintritt, in dieselbe „sich verschmälernd“ übergehe, da die nun gebildete markhaltige Faser natürlich um die ganze Dicke der Markschichte breiter ist, als der ursprüngliche Zellenfortsatz.

Auch müsste man auf Karminpräparaten den sich rothfärbenden Zellenfortsatz in weisses Mark und rothen Axencylinder sich scheiden sehen.

Stilling kannte die Einwirkungen des Farbstoffes auf Zellenfortsatz, Axencylinder und Nervenmark. Und in der That, ich muss gestehen, es ist mir nicht recht begreiflich, wie sich Stilling's Abbildungen mit seinen Angaben vereinbaren lassen.

Ein einziger Blick auf die auf Tafel 25, Fig. 10 des Stilling'sehen Atlases abgebildete, mit Karmin gefärbte bipolare Ganglienkugel aus dem Rückenmarke des *Petromyzon fluviatilis* genügt, um zu sehen, dass Stilling das Entspringen der Nervenfaser aus der Ganglienzelle in ganz anderer Weise abbildet, als er es beschreibt. Erstens sieht man, dass



Stilling die Nervenfasern nicht in der von ihm beschriebenen Weise aus dem Nervenzellenfortsatze hervorgehen, sondern als solche, das heisst, mit gesondertem Mark und Axencylinder aus der Nervenzelle entspringen lässt. Und zweitens fällt es sogleich in die Augen, dass das Mark in gar keine, auch nicht die geringste Beziehung zum eigentlichen Nervenzellenparenchym tritt, und dass nur der Axencylinder ausschliesslich und allein aus dem Nervenzellenparenchym hervorgeht (wie ich es beschrieben habe).

Stilling beschreibt auch in der That in der Erklärung der genannten Abbildung den aus der Zelle hervorgehenden Fortsatz als Axencylinder. Es war wohl schwer, den roth gefärbten Fortsatz für etwas Anderes als den Axencylinder zu erklären. Da aber, wo Stilling eine nicht mit Farbstoff infiltrirte Ganglienzelle mit ihren Fortsätzen abbildet (auf Taf. 25, Fig. 1), hält er das, was man an diesem Fortsatze ausser der Hülle zu unterscheiden vermag, für Nervenmark und lässt nun in diesem Falle das Nervenmark in das Nervenzellenparenchym eintreten, erklärend, dass ein Axencylinder nicht deutlich zu erkennen sei.

Fig. 3, 4 und 13 derselben Tafel sind Nervenzellen aus dem elektrischen Gehirnappen des Zitterrochens mit ihren Fortsätzen und mit anliegenden Nervenprimitivfasern abgebildet. Stilling erklärt hierbei das eine Mal die Identität der Zellenfortsätze mit den Nervenprimitivfasern für „auffallend genug“, in dem andern Falle lässt sich nach Stilling die Identität der Fortsätze mit den Nervenprimitivfasern „nicht wohl verkennen“. Ich muss gestehen, dass ich zwischen den roth gefärbten Zellenfortsätzen und den ungefärbten Nervenprimitivfasern keine hinlänglich auffallende Identität finden kann.

Denselben Übergang von Zellenfortsätzen in die Axencylinder der markhaltigen Fasern beobachtet man, wie im Rückenmarke, im kleinen Gehirne der Fische (des Hechtes). Die Querschnitte der Axencylinder der markhaltigen Fasern, welche die radiäre Faserschichte des kleinen Gehirns bilden, entsprechen dem Querschnitte der Ganglienzellenfortsätze, welche in diese radiäre Faserschichte hinein und in die markhaltigen Fasern derselben übergehen.

Aus allem dem geht die hohe Bedeutung des Axencylinders in physiologischer Hinsicht hervor. Da der Axencylinder allein es ist, welcher, wie man dies wenigstens im Centralnervensystem der Fische sieht, mit der Ganglienkugel in Verbindung steht, da man andererseits da, wo man Nervenendigungen kennt, ebenfalls häufig die Nervenfasern zuletzt ihr Mark verlieren sieht, wie in den Pacinischen Körperchen, an den letzten Ästen der Muskelnerven, in der Retina vieler Thiere<sup>1)</sup>: so kann kein Zweifel bestehen, dass der Axencylinder im Allgemeinen der wesentlichste Theil des Nerven ist, und wenn Lieberkühn 1849 (l. c. pag. 14) die Frage unentschieden lässt: „*quid cylindrus axis sit, utrum aliquid coagulatione productum an organon totius nervi dignissimum*“, so muss die Frage jetzt dahin beantwortet werden, dass der Axencylinder wirklich das *organon totius nervi dignissimum* sei<sup>2)</sup>.

Es bleibt noch eine Frage zu erledigen. Wie verhält es sich mit der Hülle des Zellenfortsatzes?

Owsjannikow sagt darüber für das Fischen Rückenmark Folgendes l. c. pag. 32: „*Cellulae gangliosae ramuli, qui decursu posteriore in nervorum axes cylindratos transeunt, intra substantiam cineream, nulla circumdati medulla, ipsa vagina involuti cernuntur*“.

<sup>1)</sup> S. Max. Schultze. De retinae struct. pen. 1859.

<sup>2)</sup> Schultze sagt kürzlich l. c. pag. 20: *Cellulas gangliosae nihil aliud esse quam tumores cylindrorum axis nucleo instructos contendo.*

Bidder und Kupffer (l. c. pag. 56) läugnen sowohl die Hülle der Ganglienzellen, als auch die der Zellenfortsätze in der grauen Substanz des Rückenmarkes.

Daran, dass die centralen Ganglienzellen und die Zellenfortsätze in der grauen Substanz eine Hülle besitzen, und dass die Hülle der Ganglienkugel in die der Fortsätze unmittelbar übergehe, kann ich nicht mehr zweifeln, seit ich (es ist dies eine der seltensten, vielleicht die einzige Beobachtung dieser Art) dieses Verhältniss direct beobachtet habe. Bei einer Ganglienzelle im grauen Vorderhorne des Rückenmarkes von *Lota vulgaris* hat sich vielleicht durch Einwirkung der Chromsäure, nicht blos der Zelleninhalt von der Scheide zurückgezogen, sondern es hat sich auch die Scheide des Zellenfortsatzes von demselben abgehoben in der Weise, wie es in Fig. 15 naturgetreu bei 460facher Vergrösserung abgebildet ist. Dieser Befund lässt keinen Zweifel mehr übrig, dass die Scheide der Ganglienkugel in die des Fortsatzes unmittelbar übergehe, dass also der Fortsatz in der grauen Substanz von einer Scheide eng umschlossen wird, und dass bei dessen Übergang in eine markhaltige Faser die Scheide von ihm ab- und zwischen beiden nun das Mark auftritt. Demnach ist das ganze Verhältniss des Überganges eines Zellenfortsatzes in eine markhaltige Faser für das Fischrückmark klar.

Es muss jetzt zunächst ein anderer Gegenstand unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, die Erörterung der Frage nämlich, in welcher Weise der Fortsatz aus der Nervenzelle entspringt, aus welchem Theile derselben er hervorgeht. Ich wende mich hier sofort zu jenen Angaben, welche in neuerer Zeit Harless (Müller's Archiv, 1846), Axmann (*Diss. inaug.* 1847), Lieberkühn (*De struct. gangl. penitionis* 1849), Guido Wagner (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, 1858) hierüber gemacht haben. Während frühere Forscher von dem Zusammenhange der Fortsätze und Nervenfasern mit den Ganglienzellen nichts Weiteres sahen, als dass sie mit dem Inhalte derselben in Verbindung ständen, haben die letztgenannten den directen Zusammenhang der Nervenfasern, resp. des Axencylinders mit dem Kerne und dem Kernkörperchen der Ganglienzelle beobachtet und abgebildet.

Harless beobachtete dieses Verhalten an den Ganglienkugeln des elektrischen Gehirnlappens des Zitterrochen. Axmann sagt: „*In aliis casibus, praecipue in ranae et cuniculi gangliis, quorum telae cellulosa aceto mollitae erant et contentum coagulatum, fibrae primitivae cum cellula clara (i. e. nucleo) connexum perspicue discernere potui*“ (pag. 8).

„*Aliquoties contigit*“, sagt Lieberkühn von den Zellen in den Froseganglien, „*ut fibram nerveam in nucleum intrantem viderem; nucleus apparuit globulus fibrae nerveae adhaerens, quasi amplificata sive intumescens fibra*“. „*In aliis cellulis fibram in nucleum finientem vidi et filum fibra inclusum pergens ad nucleolum*“ (pag. 12). — „*Quidnam est illud filum? Non dissentit ulla re a cylindro axis Purk.*“

Guido Wagner bestätigt dasselbe Verhältniss für die Ganglien einiger niederer Thiere.

Diese vereinzelt Beobachtungen letztgenannter Forscher sind auch bis jetzt vereinzelt geblieben. Andere, welche die grösste Aufmerksamkeit zur Beobachtung ähnlicher Verhältnisse verwendeten, konnten sie niemals auffinden. Namentlich ist es Stilling, welchem es weder bei seiner Untersuchung des elektrischen Gehirnlappens des Zitterrochen gelingen konnte, den von Harless gegebenen Bildern ähnliche zu finden, noch auch glücken wollte bei der Untersuchung der Ganglien des Frosches, Ochsen und Hammels, Axmann's und Lieberkühn's Angaben zu verifiziren. Stilling sieht sich deshalb genöthigt, Harless' und Axmann's Abbildungen als schematisch, Lieberkühn's Abbildungen „meistentheils als



nicht ganz getreu“ zu bezeichnen, pag. 813. G. Wagners Angaben und Zeichnungen erscheinen ihm nichts weniger als überzeugend (pag. 1189).

Den Zweifeln Stilling's schliesst sich Kölliker 1859 an (pag. 282), ohne jedoch die mögliche Existenz der letztbesprochenen Verhältnisse zu läugnen. Es wird Stilling gewissermassen Wunder nehmen, dass er jenes Verhältniss, dessen Richtigkeit er auf das Eifrigste bestreitet, nämlich das Entspringen von Zellenfortsätzen aus dem Kerne der Zellen, selbst auf das Deutlichste abgebildet und mit den unzweideutigsten Worten beschrieben hat.

Taf. 26. Fig. 24 seines Atlases bildet Stilling „ein feines Segment aus den grauen Hinterhörnern des Froschrückenmarkes, Chromsäure-Karminpräparat“ ab. In der Erklärung dieses Präparates heisst es: „Man erkennt an diesem feinen Segmente 6 Nervenzellen. In jeder dieser Nervenzellen erkennt man mehr oder weniger deutlich das helle Nervenzellenparenchym, ferner den gefärbten *Nucleus*, welcher in der obersten Zelle rechts einen auffallenden Fortsatz zeigt“.

Und in der That sieht man da aus dem Kerne der Zelle einen förmlichen Fortsatz hervorgehen, welcher sich von anderen Zellenfortsätzen durch nichts unterscheidet.

Eben so zeichnet Stilling (auf derselben Tafel, Fig. 23) Ganglienzellen aus den grauen Hinterhörnern des *Squalus*-Rückenmarks, und man sieht da auch aus den roth gefärbten Kernen einige Ganglienkugelfortsätze hervorgehen! Hierzu habe ich nichts weiter beizufügen.

Es ist übrigens ungerecht, mit Stilling annehmen zu wollen, dass Lieberkühn Dinge abgebildet hätte, die er nicht gesehen; auch theilt mir Prof. Brücke mit, dass er sich jetzt noch eines Lieberkühn'schen Präparates ganz so wie es in Fig. 1 bei Lieberkühn abgebildet ist, erinnere. Dagegen, Scheinursprünge für wahre gehalten zu haben, verwahrt sich Lieberkühn ausdrücklich. Er sagt: *Foco microscopii sursum et deorsum moto facile discerni potest, num filum illud vere in nucleolum intret necne solum intrare videatur*, pag. 12. Wie gross übrigens die Möglichkeit einer solchen Täuschung ist, habe ich selbst erfahren, und Fig. 16 und 17 zwei Faserursprünge aus dem Kerne von Nervenzellen abgebildet, welche man leicht hätte geneigt sein können für wahre Faserursprünge zu halten, während es in der That doch nur scheinbare waren. Fig. 16 stellt eine Nervenzelle aus der Zone der Ganglienzellen des kleinen Gehirns vom Hecht dar. Ich beobachtete sie auf einem in Karmin gefärbten Durchschnitte des kleinen Gehirns. Man sieht in das Parenchym der Nervenzelle eine Faser eintreten, welche sich mit vollkommen scharfen Begrenzungslinien, durch ihre blassröthliche Färbung vor dem dunkler gefärbten Zellinhalt ausgezeichnet, bis zu der äussern geschlossenen Contour des Kerns verfolgen lässt, ein Bild, wie es den von Lieberkühn gegebenen ganz ähnlich ist. Die feinste Einstellung mit dem ausgezeichnetsten Mikroskope bei den verschiedensten Vergrösserungen liess keinen Zweifel an der Echtheit des Bildes aufkommen. Da wendete ich das Präparat. Nun sah ich, dass die Faser gerade da, wo sie aus dem Kerne zu entspringen schien, durchschnitten war, erkannte bei feiner Einstellung sogar den Querschnitt an der Durchschnitfläche und fand zugleich, dass sie von einer andern Zelle entsprang, die man bei der ersten Lage des Präparates nicht beobachten konnte. Bei dieser ersten Lage des Präparates erzeugte also der Umstand, dass die hierbei unter der Ganglienzelle liegende Faser durch den Zellinhalt hindurch sichtbar war und genau an der Kernecontour aufhörte, das Bild eines Faserursprungs aus dem Kerne der Nervenzelle.

Fig. 17 stellt ein ähnliches Bild dar, genommen aus einem Durchschnitte des *Ganglion Gasseri* vom Kalb. Hier erwies sich der Zellenfortsatz, welcher bei schwachen Vergrösse-

rungen aus dem Kerne zu entspringen schien, bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen als das Segment des Inhaltes einer ursprünglich über der besprochenen Ganglienzelle gelagerten Ganglienkugel (deren grösseres Segment durch den Schnitt nicht in das Präparat einbezogen wurde).

Eben so sah ich im Hechtrückenmarke das Kernkörperchen der mit einem sich nicht färbenden Kerne versehenen Ganglienkugeln einige Male mit Fasern in Verbindung stehen, habe aber auch diesen Zusammenhang durch Anwendung starker Vergrösserungen als einen bloss scheinbaren erkannt.

Lieberkühn zeichnet die Contour des Kernes gegen die Abgangsstelle der Faser hin immer, in allen Fällen, vollkommen geschlossen. In den beiden Fällen, wo ich wirklich den Ursprung von Fasern aus dem Kerne peripherischer Ganglienzellen beobachtet habe, war die Contour des Kernes gegen die abgehende Faser hin vollkommen geöffnet, der Kern stellte eine birnförmige Erweiterung der Faser dar. Es ist mir nämlich in der That geglückt, zwei Ganglienkugeln zu beobachten, aus deren Kerne eine Faser zweifellos entsprang. Beide Ganglienkugeln waren aus dem *Vagus-ganglion* des Kalbes. Die Präparate, an denen ich sie beobachtete, waren mit Karmin gefärbte Durchschnitte von in Chromsäure gehärteten *Vagus-Ganglien* des Kalbes. Man sah in beiden Fällen aus dem roth gefärbten Kerne einen blassroth gefärbten Fortsatz hervorgehen, welchen man in beiden Fällen durch den Zellinhalt hindurch, und in einem Falle auch weit ausserhalb der Ganglienkugel verfolgen konnte. In dem einen Falle verschmälerte sich der aus dem Kerne hervortretende Fortsatz beiläufig in der Weise, wie der Fortsatz der in Fig. 5 gezeichneten Ganglienkugel. In dem anderen Falle behielt er innerhalb und ausserhalb der Ganglienzelle jene Breite, die er gleich beim Austreten aus dem Kerne besessen. In beiden Fällen war die sonst scharf begrenzte Contour des Kernes gegen die abgehende Faser hin vollkommen geöffnet. Herr Prof. Brücke, die Herren Doctoren Bollett und Stricker haben sich von der Richtigkeit der Bilder überzeugt, leider konnte ich dieselben später nicht wieder auffinden, um sie abbilden zu lassen.

Ein Faserursprung aus der geschlossenen Contour des Kernes einer centralen Ganglienzelle, den ich auch für einen wirklichen halte, betrifft eine weisse Ganglienkugel aus den Grosshirnhemisphären des Hechtes. Die Fortsätze dieser Ganglienzellen beobachtet man überhaupt nur in höchst seltenen Fällen. In dem abgebildeten Falle Fig. 5 sieht man einen konischen, blassröthlichen Fortsatz aus dem Kerne entspringen. Er lässt sich nicht über die Scheide der Ganglienkugel hinaus verfolgen. Der Fortsatz scheint sich in die Mitte des Kernes einzusenken, wesshalb die Contour des letzteren von oben her gesehen, geschlossen erscheint. Es ist unwahrscheinlich, dass dieser Ursprung ein scheinbarer sei, weil man den röthlich gefärbten Fortsatz, falls er nicht in den Kern einträte, in dem ungefärbten Inhalte der Ganglienkugel leicht müsste verfolgen können.

Nach diesen meinen Beobachtungen kann es also keinem Zweifel mehr unterliegen, dass es wirklich Fälle gibt, wo man Ursprünge von Zellenfortsätzen, resp. von Nervenfasern aus dem Kerne von Nervenzellen beobachten kann, und wiewohl ich gerade an den Ganglienzellen des Frosches niemals ein solches Verhältniss beobachtet habe, so ziehe ich dasselbe doch nicht in Zweifel; auch theilt mir mein Freund Dr. Stricker mit, er habe bei Froschlarven häufig das Entspringen von Fasern aus dem Kerne von Nervenzellen gesehen.

In der grössten Mehrzahl der Fälle aber sieht man die Fortsätze sowohl der centralen, als der peripherischen Ganglienzellen nur mit dem Inhalte derselben in Verbindung treten.



## V.

Wenn ich in dem nachfolgenden Capitel, welches namentlich über die elementare Zusammensetzung der Nervenzelle und der Nervenfasern handelt, so weit dieselbe mit den heutigen Hilfsmitteln der Präparation und der heutigen Leistungsfähigkeit der optischen Instrumente erkannt zu werden vermag, einem Manne entgegenrete, dessen unsterbliche Verdienste auf dem Gebiete der Erforschung des feineren Baues des Centralnervensystems ich gewiss der erste anerkenne, wenn ich nämlich den von Stilling in neuerer Zeit über die feinste Zusammensetzung der Nerven-elemente gegebenen Auseinandersetzungen nicht nur selbst nicht beipflichten kann, sondern sie überhaupt als nicht stichhaltig und in der Natur der Sache nicht begründet bezeichne: so glaube ich dies mit folgender Berechtigung thun zu können.

Die Gründe, dass vor Stilling noch Niemand jene Zusammensetzung der Nerven-elemente erkannte, die er auffand, sucht Stilling hauptsächlich darin, dass die früheren Beobachter sich nicht ausreichender Methoden bedienten, namentlich nicht jener, die er selbst anwendete, ferner dass sie das als Norm Anzusehende als etwas Zufälliges oder Aussergewöhnliches betrachteten und nicht beachteten, und endlich, dass sie sich zu schwacher Vergrößerungen bedienten.

Alle diese Vorwürfe können mich bei meinen Untersuchungen nicht treffen. Vor allem habe ich mich derselben Methode wie Stilling bedient. Ich habe die feinste Zusammensetzung der Ganglienkugel und Nervenfasern auf feinen Quer- und Längsschnitten von in Chromsäure gehärteten Nerventheilen, die ich auch, wie Stilling, mit Karmin infiltrirte, untersucht.

Es kann mir ferner nicht zur Schuld gelegt werden, gewisse Faserungsverhältnisse im Gewebe der Nerven-elemente nicht hinlänglich beachtet und gewürdigt zu haben, da ich doch Stilling zu meinem Vorgänger habe und mithin namentlich auf solche Verhältnisse, wenn sie sich in der That dargeboten hätten, meine grösste Aufmerksamkeit hätte verwenden müssen. Und endlich habe ich mit eben so starken Vergrößerungen, wie Stilling gearbeitet, ich habe mich einer 7—1100fachen Vergrößerung bedient.

Wenn Max. Schultze in seiner Abhandlung über den feineren Bau der *retina* den Satz ausspricht<sup>1)</sup>, dass Stillings über den Bau der Nerven-elemente vorgebrachten Ansichten „positas esse in erroribus, ortis ex solutionibus acidi chromici adhibitis“, so kann ich ihm darin nicht beistimmen. Denn trotzdem, dass ich die Nerventheile in Chromsäure gehärtet und mich eben so starker Vergrößerungen wie Stilling bedient habe, so konnte ich doch nicht finden, dass sich jener Zusammenhang der feinsten Elemente der Nervenzelle und Nervenfasern, wie ihn Stilling angibt, selbst bei dieser Behandlungs- und Beobachtungsweise darbietet, wornach der Grund von Stilling's vereinzelt dastehenden Beobachtungen nicht in seiner Methode zu suchen ist.

Ich glaube ihn vielmehr in der geringeren Güte von Stilling's Mikroskopen zu finden, und stütze mich darauf, dass seine Instrumente bei den stärksten Vergrößerungen Farbenerscheinungen zeigen. Über alle diese von Stilling ausführlich beschriebenen und physikalisch erklärten Farben, welche die einzelnen Elemente der Nervenzelle und Nervenfasern

<sup>1)</sup> l. c. pag. 4.

bei starken Vergrößerungen dar bieten sollen, habe ich gar keine Erfahrung, da die von mir angewendeten Mikroskope (ausgezeichnete Plössl'sche Instrumente, deren stärkstes, von Plössl erst in neuester Zeit construirtes Objectivlinsenspiel mit den verschiedenen Ocularen eine 5—1100fache Vergrößerung gestattet) bei den stärksten, 1100fachen Vergrößerungen mir an meinen, sowohl mit, als ohne Terpentin behandelten Präparaten keine anderen, als die natürlichen Absorptionsfarben zeigten.

Indem ich das eben Gesagte vorausschicke, will ich jetzt der Reihe nach den feinsten Bau der Nervelemente beschreiben, wie er sich nach Erhärtung derselben in Chromsäure und bei steigenden Vergrößerungen unter dem Mikroskope darbietet.

Wie viele von diesen Erscheinungen der Chromsäurewirkung zuzuschreiben sind, werde ich mich bemühen, wo möglich jedesmal anzugeben.

### Der feinere Bau der Nervenzelle <sup>1)</sup>).

Scheide, Inhalt, Kern und Kernkörperchen, das sind die gröberen Bestandtheile der Nervenzelle, von sehr verschiedener physiologischer Bedeutung, denn während die Scheide nur eine zellgewebige Umhüllung des Ganzen darstellt, sind Inhalt, Kern und Kernkörperchen die wahrhaft nervösen Elemente, von denen es aber nicht bekannt ist und wahrscheinlich niemals bekannt werden wird, wie sie sich in die Nerventhätigkeit theilen und welches von ihnen für die Erzeugung derselben das wesentlichste Gebilde ist.

1. Dass sämtliche Nervenzellen der peripheren Ganglien eine Scheide besitzen, ist eine von allen Forschern anerkannte Thatsache. Ob aber den centralen Nervenzellen eine Scheide zuzuschreiben sei, darüber haben sich die Mikroskopiker bis zum heutigen Tage noch nicht geeinigt, denn während die Scheiden der centralen Nervenzellen von den Einen direct beobachtet wurden, werden sie von den Andern gänzlich geläugnet. Zu den Letzteren gehören ausser Stannius, welcher die Hülle der centralen Nervenzellen bei *Petromyzon* vermisste, und R. Wagner, der sie bei denen des elektrischen Gehirnlappens des Zitterrochens nicht finden konnte, namentlich Bidder und Kupffer, und in der allerjüngsten Zeit Max. Schultze.

Bidder und Kupffer sagen <sup>2)</sup>: „Die Zellen sind im Rückenmarke von einer besonderen, ihnen eigenthümlich angehörenden Hülle nicht umgeben, sondern in die zahlreichen und verschieden gestalteten Hohlräume der gemeinsamen bindegewebigen Grundlage des Rückenmarkes eingelagert“; und an einer anderen Stelle <sup>3)</sup>: „Ein scharfer, dunkler Contour, der optische Ausdruck einer besonderen, die Zellen umgebenden häutigen Hülle findet sich durchaus nicht“.

Max. Schultze erklärt die Ganglienzellen des Gehirnes, Rückenmarkes und der *retina* für *cellulae gangliosae nuda* <sup>4)</sup>, das heisst, für solche, die von keiner eigenen Membran umgeben sind.

Den Übergang von den genannten Forschern, welche keine eigene Membran centraler Nervenzellen gesehen haben, zu jenen, welche eine solche mit aller Bestimmtheit beobach-

<sup>1)</sup> Siehe Stilling, l. c. pag. 776 — 831.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 31.

<sup>3)</sup> l. c. pag. 56.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 22.



teten, bilden diejenigen, welche eine Zellmembran bloß gesehen zu haben glauben, so namentlich Kölliker, der noch in neuester Zeit sagt<sup>1)</sup>: „Ich glaube an den grossen vielstrahligen Nervenkörpern im Rückenmarke und kleinen Gehirne des Menschen und auch hier und da an anderen eine Membran zu sehen“, und „dass es auch im Centralorgane gelingt, unter Zuziehung von Reagentien an den grösseren Zellen die Membran ziemlich bestimmt zu sehen“<sup>2)</sup>.

Dagegen nimmt Stilling die Existenz der Scheiden an den Nervenzellen im ausgedehntesten Masse an. „Die Hülle oder Scheide der Zelle“, sagt Stilling, „findet sich an einer jeden Nervenzelle mehr oder weniger deutlich“. Von den anderen Forschern, welche eine Membran centraler Zellen sahen, will ich nur Kupffer und Owsjannikow nennen.

Kupffer, welcher 1857 die Hülle der Zellen im Rückenmarke gänzlich läugnet, fand sie 1854 im Froschrückenmarke, wo er sie als „eine äusserst zarte Haut“ bezeichnet<sup>3)</sup>.

Owsjannikow erkannte sie im Fische Rückenmarke an solchen Präparaten, wo der Zelleninhalt sich von der Scheide zurückgezogen hatte. „*Acidi chromici effectu diutius continuato imprimis si solutionem paulo magis concentratam in usum vocaveris, cellulae nervae substantia paululum corrugatur, ita ut vaginam suam, qua statu recenti artissime cincta est, jam non totum expleat. Itaque praesertim in segmentis transversis cellulae circumferentia pellucida sunt circumdatae*“<sup>4)</sup>.

Diese Beschreibung Owsjannikow's von der Einwirkung der Chromsäure auf den Zelleninhalt ist sehr naturgetreu. Auch mir ist es gelungen, an einzelnen Präparaten, welche von lange in Chromsäure gehärteten Rückenmarken gewonnen wurden, Nervenzellen zu beobachten, deren Inhalt sich von der Scheide ganz oder theilweise zurückgezogen hat, so dass die letztere dadurch auf's Deutlichste sichtbar wurde. Wenn man solche Bilder, wie sie Fig. 14 und 15 abgebildet sind, nur einmal gesehen hat, so kann man wahrlich an der Existenz der Scheiden der centralen Zellen nicht mehr zweifeln. Beide (in Fig. 14 und 15 abgebildeten) Nervenzellen finden sich in Chromsäure-Karminpräparaten aus dem Rückenmarke von *Lota vulgaris*. In beiden Fällen hat sich der Inhalt von der Scheide der Zelle derartig zurückgezogen und um die Kerngebilde angehäuft, dass die letzteren ganz verdeckt und durchaus nicht zu erkennen sind. Die ebenfalls roth gefärbten Scheiden aber sind ganz ausgezeichnet zu sehen. Ich verwahre mich ausdrücklich gegen Bidder und Kupffer, dass die von mir beobachteten Scheiden etwa „die Grenze des an die Hohlräume (in welchen die Zellen eingebettet sein sollen) anstossenden Bindegewebes“ seien. Diese Scheiden haben mit den Fasern der grauen Substanz (dem Bindegewebe der Dorpater), welche über und unter ihnen hinweg gehen, gar nichts gemein.

Übrigens sind die roth gefärbten Scheiden der mit ungefärbtem Inhalte versehenen Gehirnzellen häufig ohne Weiteres deutlich zu sehen. An den Ganglienzellen mit roth gefärbtem Inhalte nun, bei denen sich der Inhalt von der Scheide nicht zurückgezogen hat, (und das ist ja die allergrösste Mehrzahl derselben), sieht man allerdings häufig bei starken Vergrösserungen als äusserste Begrenzung eine blassrothe Doppelcontour, welche durch ihre geringere Färbungsintensität sich von dem Inhalte unterscheidet. Allein ohne die directe

<sup>1)</sup> l. c. pag. 282.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 280.

<sup>3)</sup> l. c. pag. 18.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 32.

Beobachtung isolirter Scheiden könnte man diese geringere Färbungsintensität des äussersten Theiles der Ganglienzellen daraus erklären, dass der Inhalt der sphäroidischen Zelle an der äusseren Zellenbegrenzung den geringsten Durchmesser, mithin die schwächste Färbung zeigt. Wenn man aber einmal die isolirten Scheiden zweifellos beobachtet hat, so ist Einem auch einleuchtend, dass diese äusserste, bei starken Vergrösserungen als schwachrothe Doppelcontour erscheinende Schichte der Zelle nichts anderes, als die Zellmembran ist.

Die Erfahrung, dass man die Zellenscheiden besonders deutlich an solchen Zellen beobachtet, deren Inhalt sich von denselben zurückgezogen hat, hat auch Stilling gemacht. „Die Hülle der Zelle findet sich insbesondere deutlich an denjenigen Zellen, deren Parenchym durch die Wirkung der Chromsäure . . . zusammengeschrumpft und aus diesem Grunde von der umgebenden Masse der benachbarten Nervensubstanz, resp. von seiner Hülle zurückgezogen oder . . . abgerissen, gleichsam isolirt worden ist“.

Über die Scheiden der peripherischen Ganglienkugeln ist Nachfolgendes zu bemerken. Kölliker sagt von den Nervenzellen in den peripherischen Ganglien<sup>1)</sup>: „Durch ein besonderes Gewebe werden die einzelnen Zellen in ihrer Lage erhalten und von ihren Nachbarn und den Nervenröhren getrennt, welches an isolirten Zellen wie eine besondere Hülle derselben erscheint und daher auch äussere Scheide derselben genannt wird, in der That jedoch ein das ganze Ganglion durchziehendes System von vielfach verbundenen kleinen Scheidewänden darstellt, die die einzelnen Zellen zwischen sich aufnehmen und nur seltener als bestimmt abgegrenzte Hülle einzelner Kugeln auftritt“.

Wenn man durch ein in Chromsäure gehärtetes peripherisches Ganglion, z. B. das *Trigeminus*- oder *Vagus*-Ganglion des Frosches oder des Kaninchens einen feinen Durchschnitt macht, denselben mit Karmin infiltrirt, und nachdem man ihn mit Alkohol entwässert und mit Terpentin durchsichtig gemacht hat, unter dem Mikroskope betrachtet, so bietet sich Einem ein schönes Bild dar. Fast alle Ganglienkugeln zeigen sich von ihren äusseren Scheiden zurückgezogen. Man sieht, die in Masse neben einander liegenden Ganglienzellen von einem zierlichen roth gefärbten Maschenwerke durchbrochen. Meistens findet sich in der Mitte jeder Masche eine Ganglienkugel, öfters sind erstere aber auch leer, indem die ursprünglich da befindlichen Zellen aus dem dünnen Schnitte herausgefallen sind. Man erkennt da gar bald, dass diese äusseren Scheiden nicht seltener als bestimmte abgegrenzte Hüllen einzelner Ganglienkugeln auftreten; sondern dass jede Ganglienzelle eine ihr eigenthümliche äussere Scheide besitzt, dass niemals zwei Ganglienkugeln in einer äusseren Scheide beisammen liegen. Die Fig. 13 abgebildeten Ganglienzellen und äusseren Scheiden sind vom Rande eines Präparates genommen, welches ein Durchschnitt durch das Ganglion *Gasseri* des Frosches ist. Aus der mittleren der drei Scheiden ist die Ganglienzelle herausgefallen, in der obersten und untersten, nicht ganz erhaltenen, weil am Rande des Durchschnittes gelegenen Scheide findet sich je eine Ganglienkugel, deren Inhalt sich von ihr zurückgezogen.

Dass aber diese äusseren Scheiden die wirkliche und eigentliche Bedeutung von Scheiden haben, davon überzeugt man sich am besten auf solchen Gangliendurchschnitten, wo die Ganglienzellen nicht in Masse neben einander, sondern nur vereinzelt liegen, so z. B. auf einem Durchschnitte durch das *Trigeminus*-Ganglion der Forelle. Die vereinzelt liegenden Ganglienzellen zeigen hier ganz kolossale, von dem umgebenden Nerven- und Bindegewebe sehr scharf

<sup>1)</sup> l. c. pag. 329.



abgegrenzte intensiv roth gefärbte äussere Scheiden. Die äussere Scheide einer solchen Fig. 9 abgebildeten Zelle ist eine von den schwächeren. Öfter aber sieht man die faserige Membran, welche diese Scheiden constituirt, sich sogar spalten, und eine Insel einschliessend sich wieder vereinigen. Es ist kein Zweifel, dass diese äusseren Scheiden der Ganglienzellen die Isolirung derselben gegen ihre Nachbarn und gegen anderes Gewebe weit besser bewirken, als die sogenannten inneren oder eigentlichen Scheiden.

Diese sind auf Durchschnitten durch die Ganglien entweder gar nicht sichtbar (sie blieben dann an den äusseren Scheiden haften, während der Inhalt sich zurückzog), oder sie erscheinen auch bei starken Vergrösserungen nur in der Form einer einfachen, den Inhalt scharf begrenzenden Linie, oder endlich sie sind von messbarer Breite, sie zeigen bei stärkeren Vergrösserungen ausgezeichnete Doppelcontouren, wie namentlich die sich nicht färbenden inneren Scheiden der Zellen aus den peripherischen Ganglien des Kalbes.

Was nun die feinste Structur dieser Gebilde anbelangt und zwar, was zunächst die der Scheiden der Nervenzellen im Centralorgane betrifft, so erscheinen dieselben, sowohl die Scheiden der weissen Gehirnzellen, als jene der Zellen im Rückenmarke, welche dadurch, dass sich der Inhalt von innen zurückzog, isolirt sichtbar wurden, bei schwachen Vergrösserungen als einfache scharf begrenzte Linien, bei Anwendung höherer, 450 — 1100 facher Vergrösserungen als Gebilde, welche eine scharf begrenzte, vollkommen geschlossene, den Zelleninhalt rings umkreisende Doppelcontour besitzen, aus welcher weder nach aussen in die benachbarte Nervensubstanz, noch nach innen gegen das eigentliche Parenchym der Zelle hin irgend welche Verbindungsfasern abgehen.

In dieser Doppelcontour ist selbst bei Anwendung stärkster Vergrösserungen keine weitere Structur mit Sicherheit zu erkennen, so dass man diese Membran immerhin als structurlose Membran bezeichnen mag. Die von Stilling gegebene Beschreibung des feinsten Baues der Nervenzellenhülle, welcher gemäss dieselbe aus einem unentwirrbaren Filze sogenannter Elementarröhrchen bestehen, an zahlreichen Stellen eine Unterbrechung der Doppelcontour darbieten, und endlich Fortsätze nach aussen und innen abschicken soll, kann ich in keinem einzigen Punkte bestätigen.

Namentlich in Betreff des letzteren Punktes, nämlich der Verbindung der Zellenhülle mit dem Zellenparenchyme durch Fasern, eines Gegenstandes von physiologischer Wichtigkeit, kann ich mit grosser Bestimmtheit versichern, dass eine solche Verbindung nicht existirt. Der leere Raum, welcher zwischen Zellenhülle und Inhalt entsteht, wenn sich letzterer von ersterer zurückzieht, ist nicht, wie Stilling angibt, blos ein scheinbar leerer Raum, in welchem man bei Anwendung stärkster Vergrösserungen ein Fasergewirre hinziehen sieht, sondern er ist es wirklich, wie ich dies auf sehr dünnen Segmenten aus der grauen Rückenmarkssubstanz, wo sich jene Verhältnisse darbieten, sattsam erkannt habe. Wenn die Segmente nicht allzu dünn sind, sieht man allerdings bei starken Vergrösserungen feine Fasern in diesem Zwischenraume hinziehen, welche aber nichts anderes, als die darüber und darunter liegenden Fasern der grauen Substanz sind, welche für Verbindungsfasern zwischen Hülle und Parenchym zu halten, ich mich wohl gehütet habe.

Es wäre auch eine solche Verbindung immerhin merkwürdig, wenn gerade nicht unmöglich, da die Scheiden der Nervenlemente nichts als bindegewebige Umhüllungen sind, welche die Bestimmung haben, die Nervenfasern und Nervenzellen gegen das umgebende Gewebe zu isoliren. Ich schliesse dies namentlich daraus, dass die Scheiden der centralen Nervenzellen

sich in ihrem Baue eigentlich durch nichts unterscheiden von den äusseren Scheiden vieler peripherischer Ganglienkugeln, welche für etwas Anderes, als für Bindegewebe zu halten, wohl noch Niemand in den Sinn gekommen ist.

Eine Stelle bei Stilling muss ich hier aber wörtlich anführen<sup>1)</sup>: „Was die Unwesentlichkeit der Hülle betrifft, die Kölliker anführt, so wird er gewiss nicht darauf bestehen wollen. Was uns bisher unwesentlich vorkam, lag nur in unserer willkürlichen Idee, allenfalls auf den Scheingrund basirt, dass es Ganglienkugeln ohne Hülle gebe (in den Centraltheilen). Diese Ansicht ist aber ebenfalls unhaltbar; und an einer Ganglienkugel ist die Hülle nicht unwesentlicher, als ihr *Nucleus* etc. Wir kennen ja noch viel zu wenig die Bedeutung, welche der Zellmembran zukommt, als dass wir uns unterfangen dürften, solche für einen unwesentlichen Theil zu erklären. Endlich wird Kölliker gewiss auch zugeben, dass zwischen Zellmembran und Zelleninhalt der Ganglienkugel irgend eine Verbindung bestehen müsse. Denn eine Ganglienkugel in einer Zellmembran eingeschlossen und ohne alle andere Verbindung ausser dem blossen Contacte — hätte für die Wissenschaft gar keinen Sinn. Die Ganglienkugel würde dann wie ein fremder Körper in der Zellmembran eingeschlossen sein“.

Nun ist es aber den meisten Andern ausser Stilling klar, dass die Ganglienkugel wirklich als ein fremder Körper in ihrer zellgewebigen Hülle liegt. Wenn aber eine von einer bindegewebigen Hülle eingeschlossene Ganglienkugel (deren Hülle aber, wie sich von selbst versteht, nicht gegen die Fortsätze abschliesst, sondern sich auf dieselben fortsetzt) für die Wissenschaft gar keinen Sinn hat, so hat auch das von seinen Häuten eingeschlossene Gehirn, der von seinem Neurilem umgebene periphere Nerve ebenfalls für die Wissenschaft gar keinen Sinn, da es bis jetzt noch nicht bekannt ist, dass Hirnhäute oder Neurilem nervöse Gebilde wären, welche in einem organischen Zusammenhange mit dem Nervengewebe des Gehirnes oder des peripherischen Nerven ständen, da mithin Gehirn und Nerve als fremde Körper in ihren Umhüllungen liegen.

Wenn übrigens die Scheiden centraler Ganglienzellen aus demselben Nervengewebe, wie der Zelleninhalt, beständen, so wäre nicht leicht zu verstehen, warum durch die Wirkung concentrirter Chrmsäure gerade nur die Elementarröhrchen des Inhaltes verschrumpften, während die Scheide dadurch nicht afficirt würde. Ich erkläre mir die Erscheinung, dass auf Präparaten, welche in concentrirter Chrmsäure gelegen hatten, der Inhalt öfter von der Scheide zurückgezogen erscheint, einfach dadurch, dass der Inhalt, welcher aus verschiedenen Eiweisssubstanzen besteht, durch intensivere Wirkung der Chrmsäure rascher geronnen und stärker geschrumpft ist, während natürlich eine solche Wirkung auf die zellgewebige Scheide ausblieb.

Die inneren Scheiden peripherer Ganglienkugeln sind structurlose Membranen. Sie zeigen, wie oben erwähnt, bei starken Vergrösserungen theils einfache, theils aber ausgezeichnete Doppelconturen. Zur Demonstration von Scheiden letzterer Art empfehle ich besonders die Ganglien des Kalbes. An Chrmsäure-Karminpräparaten aus solchen Ganglien erkennt man die Scheiden bei schwachen und starken Vergrösserungen desshalb besonders gut, weil sie sich nicht färben. Sie umgeben bei stärkeren Vergrösserungen als eine glänzend weisse,

<sup>1)</sup> L. c. pag. 832.



nirgends unterbrochene Doppelcontour, welche weder nach aussen, noch nach innen Fortsätze abschickt, den roth gefärbten Zelleninhalt, wie dies Fig. 10 zeigt.

Die äusseren Scheiden peripherer Ganglienzellen endlich erscheinen entweder als structurlose Membranen (Frosch, Kaninchen) oder mit deutlich faserigem Gefüge (Forelle), manchmal auch ausgezeichnet gefasert (Schildkröte), oder endlich sie bestehen, wie man sich besser an frischen, als an Chromsäurepräparaten überzeuge, aus Zellen, die nach Art der Epithelialzellen an einander gelagert sind (Kalb)<sup>1)</sup>.

2. Der Inhalt der Nervenzellen bietet bei den stärksten Vergrösserungen eine dreifache Elementarstructur dar. Er zeigt entweder auch bei der schärfsten Beobachtung keine Spur von einer inneren Structur und erscheint demgemäss als eine gleichartige Masse, oder er bietet eine körnige Textur dar, und zwar gehören die Körner, die ihn zusammensetzen, einerseits zu den feinsten ihrer Art, sind als Elementarmolecüle zu betrachten, oder sie sind von grösseren messbaren, wenn auch immer noch ausserordentlich kleinen Dimensionen.

Von erst genannter Beschaffenheit, ohne alle erkennbare Structur ist der sich nicht färbende Inhalt schon früher besprochener Gehirnzellen. Dieser erscheint auch bei den stärksten Vergrösserungen als eine weisse homogene Masse, welche jeder Erkenntniss ihres molecularen Baues Trotz bietet.

Eine äusserst feinkörnige Zusammensetzung zeigt der sich roth färbende Inhalt der centralen Ganglienzellen. In diesem könnte man bei Anwendung mittelstarker Vergrösserungen (200—500), wenn man eine vorgefasste Meinung für die Existenz der Stilling'schen Elementarröhrchen mitbrächte, solche sogar zu sehen glauben, indem der Inhalt hierbei ein sehr undentlich feinst faseriges Gewebe zeigt. Aber gerade bei Anwendung der stärksten (7 bis 1000fachen) Vergrösserungen kann man erkennen, dass diese anscheinend feinsten Fasern Aneinanderreihungen von Körnchen feinsten, molecularer Art sind, und dass man wirklich das ganze Gewebe des Inhaltes als aus feinsten Elementarkörnern zusammengesetzt betrachten muss. Der roth gefärbte Inhalt der centralen Nervenzellen bot mir immer das gleiche und zwar das eben beschriebene Bild dar.

Von gröberer Textur ist endlich der Inhalt der meisten peripheren Ganglienkugeln. Die Körner derselben,  $\frac{1}{1500}$  —  $\frac{1}{2000}$  Millim. im Durchmesser, sind in vielen Fällen bei 450facher Vergrösserung recht deutlich wahrzunehmen.

Die Anwendung höchster Vergrösserungen lehrt uns über die Structur dieser Körner nichts weiter, als dass sich in ihrer Mitte eine dunklere Stelle erkennen lässt. Die peripheren Ganglienkugeln mancher Thiere eignen sich besonders zur Beobachtung letzterer Verhältnisse, so die des Kalbes und des Frosches, bei welchen letzteren der Inhalt in einigen Fällen einer Maulbeere nicht unähnlich sich zeigte.

Der Aggregatzustand des Inhaltes ist ein mehr weniger fester, was daraus hervorgeht, dass er sich mit dem Messer schneiden lässt. Der Inhalt der centralen Zellen überbietet den der peripherischen an Dichtigkeit, indem er durch Druck sogar zum Zerreißen, Zerklüften gebracht werden kann, was bei dem minder festen Inhalte der peripheren Zellen nicht gelingt.

Dass ich nach dem kurz vorher Gesagten eine Zusammensetzung des Zelleninhaltes, wie sie Stilling beschreibt, nicht zugeben kann, ist selbstverständlich. Eben so habe ich die von Stilling beschriebene Doppelcontour des Inhaltes und die Fortsätze, durch welche der-

<sup>1)</sup> Siehe Kölliker, l. c. pag. 329.

selbe einerseits mit der Scheide, andererseits mit dem Kerne zusammenhängen soll, niemals gesehen.

Ich glaube, dass gegen die Zusammensetzung des Inhaltes aus Elementarröhrchen auch ein Verhalten der centralen Zellen spricht, welches schon Kupffer im Frosehrückenmarke richtig beobachtete<sup>1)</sup>. „*Si lamellula vitrea res microscopio submissas tegente cellulam solitariam presseris, haec ab initio satis elasticam se exhibet, pressione adaucta autem perrupta planitiem rupturae praebet laevem, ne minimo quidem fluidi vestigio deprehensam*“.

In der That sind in den Fällen, wo der Zelleninhalt durch Druck Risse erhalten hat, die Rissränder glatt, und zwischen denselben findet sich (allerdings keine Spur einer Flüssigkeit, aber auch) keine Spur von Elementarröhrchenfragmenten, es besteht da vielmehr ein leerer Raum.

Dass der Inhalt mit der Zellenhülle in keiner innigen Verbindung steht, habe ich oben gezeigt. Verbindungsröhrchen zwischen Kern und Inhalt habe ich ebenfalls nie direct beobachtet; dass aber eine innige Verbindung zwischen Kern und Inhalt überhaupt nicht existirt, habe ich mich öfters zu überzeugen Gelegenheit gehabt. An dem Rande eines Präparates aus dem *sympathicus* des Kaninchens (Fig. 8) ist von einer Ganglienkugel nur die Hälfte ihres Inhaltes in Form eines Halbmondes zurückgeblieben, während der andere Theil des Inhaltes sammt dem Kerne von dem Messer hinweggenommen wurde. Wäre die Verbindung des Kernes mit dem Inhalte eine innige, so könnte der Kern wohl schwerlich aus der Nische des Inhaltes, in welcher er steckt, in der Art heraus gehoben werden, dass der rückbleibende Inhalt eine sehr scharf begrenzte, der Form des Kernes vollkommen entsprechende Contour darbietet. Es müssten, wenn der Kern gewaltsam vom Inhalte losgerissen würde, Spuren einer solchen Trennung am rückbleibenden Inhalte sichtbar sein. Er könnte unmöglich die dem Kerne genau entsprechende halbkreisförmige Contour an dieser Stelle darbieten, und es müssten wenigstens Spuren von zerrissenen Elementarröhrchen sichtbar sein. Allein der dem Kerne ursprünglich zugekehrte Rand des Inhaltes zeigte nichts von allem dem.

In anderen Fällen ist der Inhalt der Zellen durch die Wirkung der Chromsäure so geschrumpft, dass er den Kern nicht mehr gänzlich bedeckt, und dieser mit einem kleinen Theile, zuweilen grossentheils, aus dem Inhalte herausragt. Fig. 13. Wie schon ein solches Zusammenziehen des Inhaltes beweist, dass er mit dem Kerne nur in loser Verbindung stehen kann, so wird die Annahme, dass der Kern in gar keine Verbindung mit dem Inhalte tritt, dadurch zur Evidenz erhoben, dass man an der vom Inhalte entblösten Contour des Kernes nicht die Spur einer Unterbrechung, oder abgerissener Elementarröhrchen entdeckt.

Schliesslich weiss ich nicht mit Sicherheit anzugeben, wie viel von diesem körnigen oder punktförmigen Ansehen des Zelleninhaltes als Product eines Gerinnungsprocesses oder der Chromsäurewirkung anzusehen, wie viel davon in der Natur der Sache begründet ist. Der Umstand, dass auch der Inhalt von frisch aus dem Zusammenhange genommenen Nervenzellen zuweilen ein körniges Ansehen darbietet, lässt vermuthen, dass die körnige Textur desselben, wie sie sich an Chromsäurepräparaten zeigt, zum Theile in der Natur der Sache begründet sein mag. Es ist aber auch möglich, dass sie blos der Ausdruck der Gerinnung der den Zelleninhalt constituirenden Eiweissstoffe ist. Und wenn auch mit der Annahme einer solchen Gerinnung, wie Stilling sagt, Nichts erklärt ist, so dürfen wir uns desshalb doch nicht

<sup>1)</sup> l. c. pag. 18.



verleiten lassen, uns eine irrige Vorstellung von der Zusammensetzung des Inhaltes im lebenden Zustande zu machen. Diese Zusammensetzung des Zelleninhaltes im Leben kennen wir durchaus nicht.

3. Der Kern der Zelle ist entweder ein dicht gefügtes Gebilde, oder er stellt eine Blase mit mehr oder weniger dicker structurloser Wandung dar. In ihrem Innern ist diese Kernblase, ausser dass sie ein oder zwei Kernkörperchen enthält, entweder mit sich roth färbenden Körnern dicht angefüllt, oder es stellt ihr Inhalt eine gleichartige, structurlose, in Karmin sich nicht färbende Masse dar, in welcher bald gar keine oder nur sehr wenige, bald eine grössere Menge sich mehr oder weniger rothfärbender Körner und Bläschen, auch anscheinend faserartige Gebilde sichtbar sind.

Wir sehen daraus, dass der Zellenkern mannigfache Charaktere auf Chromsäure-Karminpräparaten darbieten kann, und er ist es namentlich, dessen Verschiedenheiten mich zur Begründung einer Differentialdiagnose der Ganglienkugeln führten.

Ein dicht gefügtes Gebilde stellt der Kern der von mir im Centralnervensystem des Hechtes sub. 1 beschriebenen (motorischen) Zellen dar. Er ist von einer einfachen scharfen Contour gegen den Inhalt abgegrenzt. Bei schwachen und mittelstarken Vergrösserungen ist in seinem Gefüge keine weitere Structur zu erkennen. Bei den stärksten Vergrösserungen kann man noch eine Zusammensetzung desselben aus den feinsten Molecularkörnern gewahren. Er bietet also die gleiche Structur, wie der Inhalt der meisten centralen Nervenzellen überhaupt dar; nur muss man gestehen, dass er noch dichter gefügt ist, als jener.

Ein entschieden bläschenartiges Gebilde aber ist der Kern der im Centralnervensysteme des Hechtes sub 2, 3 und 4 beschriebenen Zellen, so wie sämtlicher von mir untersuchten peripheren Ganglienkugeln.

Die äussere Contour, welche die Kernblase darbietet, ist entweder eine einfache oder eine doppelte. Sie ist eine einfache bei den centralen sub 2 und 3 beschriebenen Zellen des Hechtes und bei vielen peripheren Ganglienkugeln, eine ausgezeichnet doppelte aber bei den weissen Zellen im Gehirne, und häufig bei den peripheren Ganglienkugeln des Kalbes und Frosches. Es kann kein Zweifel bestehen, dass diese äussere Contour des Kernes der Ausdruck der Dicke seiner Wandung ist. Hat letztere eine bestimmte Zartheit erreicht, so bietet die Kernblase auch bei den stärksten Vergrösserungen keine deutliche Doppelcontour dar. Diese Contour ist nicht immer glatt, sondern sie zeigt bisweilen grössere oder geringere Ein- und Ausbiegungen, ist manchmal förmlich gezackt. Diese Zackungen der Contour sind zweifelsohne Chromsäurewirkung, indem der Inhalt des Kernes verschrumpfend die schwache Wandung in verschiedener Weise nach sich zieht. Bei jenen Ganglienkugeln aber, deren Kern eine dicke Wandung besitzt, lässt sich diese oft schon bei schwachen (280fachen) Vergrösserungen als eine Doppelcontour erkennen. Diese Doppelcontour des Kernes, wie sie sich so ausgezeichnet bei oben angeführten Ganglienzellen findet, hat demnach mit der von Stilling beschriebenen, bei den stärksten Vergrösserungen erscheinenden Doppelcontour des Kernes nichts gemein. Die Contour des Kernes, sowohl die einfache als die doppelte, ist immer (mit Ausnahme einiger von jenen Fällen, wo Fasern aus dem Kerne entspringen) vollkommen geschlossen und schiebt weder nach aussen, noch nach innen Verbindungsröhrchen.

Der Inhalt des Kernes stellt entweder eine durchsichtige, sich nicht färbende Masse dar, in welcher keine weiteren Spuren einer Organisation zu entdecken sind. Im ausgezeichneten Grade zeigen dieses Verhalten die Kerne der Ganglienzellen des *Sympathicus* des

Kaninchens. Oder es treten in dieser farblos durchsichtigen Substanz einzelne sich roth färbende Körner von molecularen oder messbaren Dimensionen auf. Häufig zeigt sich dieses in den mit weissem Kerne versehenen Nervenzellen im Hechtrückenmarke, in den weissen Kernen der Ganglienkugeln der Taube, der Forelle. Diese rothen Körner können auch in Reihen zusammentreten, wie sich dies so ausgezeichnet bei den Ganglienkugeln des Frosches nicht selten zeigt.

Es können ferner diese im Kerne auftretenden Gebilde den Charakter von kleinen Bläschen haben, indem sie eine dunklere äussere Contour und eine hellere Mitte darbieten. Solche Bläschen zeigen sich in dem Kerne der Zellen der peripheren Ganglien des Hechtes, der Schildkröte.

In allen diesen Fällen ist die Anzahl der in der Grundsubstanz des Kernes auftretenden roth gefärbten Gebilde nicht so gross, dass der Kern nicht immer noch den Charakter eines weissen Kernes bewahren würde.

Allein es können weiters diese Körner in der Grundsubstanz des Kernes sich so anhäufen, dass letztere dadurch im Ganzen eine rothe Färbung erhält. Dabei können die rothen Körner im Kerne bei starken Vergrösserungen noch deutlich von einander getrennt erscheinen, der Kern ist dann weniger intensiv gefärbt, als der gleichfalls roth gefärbte Inhalt, wie bei den Ganglienzellen des kleinen Gehirnes und gewissen Zellen im Rückenmarke des Hechtes; oder es ist der Kern mit roth gefärbten Körnern dicht angefüllt, wie bei den peripherischen Ganglienkugeln des Kalbes. Ein solcher Kern bietet dann eine intensivere Färbung als der Inhalt dar, und zwar aus dem Grunde, weil die Körner des Kernes, welche einen grösseren Durchmesser besitzen, als jene des Inhaltes, und von denen jedes einzelne sich tiefer mit Karmin infiltrirt, dicht neben einander gelagert sind.

Schliesslich finden sich noch anscheinend faserähnliche Gebilde in weissen Kernen vor. Es ist dies unter den von mir untersuchten Ganglienkugeln nur bei denen der Schildkröte der Fall. Von der äusseren geschlossenen Contour des Kernkörperchens sieht man nämlich bei den Ganglienkugeln von *Emys europaea* nicht selten 1, 2 oder mehr bis 5 sehr feine dunkle, dunkelrothe Streifen gegen die Peripherie des Kernes ziehen, und mehr oder weniger von derselben entfernt, oder an der Peripherie selbst zu kleinen da sich befindlichen Bläschen treten. Diese Streifen sind die einzigen röhrigen oder faserigen Gebilde, die ich mit Sicherheit im Parenchyme des Kernes gewahrte, es sind die einzigen Gebilde, welche eine Ähnlichkeit mit den von Stilling beschriebenen Elementarröhrchen haben: aber selbst diese Streifen zerfallen bei Anwendung höchster Vergrösserungen in Reihen von Elementarkörnchen, wie denn eine solche Zusammensetzung derselben schon darin angedeutet ist, dass man in seltenen Fällen schon bei 450facher Vergrösserung Reihen elementarer, durch sehr kleine, aber noch erkennbare Zwischenräume getrennter Körner im Zellenkerne beobachtet, welche bei schwächeren Vergrösserungen als oben besagte Streifen sich manifestirten.

Bei allen diesen verschiedenen, jetzt beschriebenen Arten von Kernen wäre es nur bei jenen mit dem dichten Gefüge, vielleicht noch bei denen, welche mit gröberen Körnern ganz dicht erfüllt sind, möglich, mit Mikroskopen bester Art die von Stilling gegebenen Structurverhältnisse des Kernes sehen zu wollen. Allein in den ausgezeichnet bläschenförmigen Gebilden mit der dicken Wandung, den scharf abgegrenzten Körnern und Bläschen, einen Filz von Elementarröhrchen sehen zu wollen, ist schwer möglich.



Es fragt sich noch, wie viele von den beschriebenen Structurverhältnissen des Kernes in Wirklichkeit begründet, und wie viele dem Chromsäureeffect zuzuschreiben sein mögen. Es ist dieses sehr schwer zu entscheiden, namentlich in wie weit der Aggregatzustand der Kerne mit dem dichten Gefüge durch die Wirkung der Chromsäure geändert wird. Aber auch, in wie ferne die gröberen Körner, wie sie der Inhalt des Kernes bei den Kalbsganglienkugeln darbietet, in wie fern die im Kerne so vieler anderer Ganglienkugeln beobachteten Körner und Bläschen, so wie anscheinend röhriken Gebilde (Reihen von Elementarkörnchen) als in der Natur der Sache begründet, oder als Chromsäurewirkung oder Gerinnungsproduct anzusehen sind, weiss ich nicht anzugeben. Es sei dem aber, wie ihm wolle, so Viel ist gewiss, dass, wenn jene Körnern und Bläschen ähnlichen Gebilde im Kerne nicht auch im lebenden Zustande existiren, die moleculare Anordnung der Theilchen in dem Kerne der verschiedenen Ganglienkugeln eine derartig constant verschiedene ist, dass nach Erhärtung in Chromsäure und Färbung in Karmin der Inhalt des Kernes der verschiedenen Ganglienkugeln sich in constant verschiedener Weise verändert, so zwar dass dadurch die Aufstellung differential-diagnostischer Merkmale der verschiedenen Ganglienzellen ermöglicht wird.

Schliesslich erwähne ich, dass sich in jeder Ganglienkugel in der allergrössten Mehrzahl der Fälle nur Ein Kern findet, welcher mehr oder weniger excentrisch, beim Kalbe ausgezeichnet central steht. Zwei Kerne in einer Ganglienkugel habe ich nur ein einziges Mal bei einer Zelle aus dem *Trigeminus ganglion* der Forelle beobachtet.

4. Der *Nucleolus*, das Kernkörperchen, ist entweder ein äusserst dicht gefügtes Gebilde, oder es ist eine Blase, welche dann in ihrem Innern noch einen fünften, bläschenförmigen Bestandtheil der Ganglienzelle, welchen ich *Nucleololus*, des Kernkörperchens Kern, nennen will, einschliesst.

Ein sehr dicht gefügtes Gebilde ist der *Nucleolus* aller von mir untersuchten Nervenzellen mit Ausnahme der peripheren Ganglienkugeln der Schildkröte, welche eben einen bläschenförmigen *Nucleolus* mit eingeschlossenem *Nucleololus* besitzen.

Der *Nucleolus* mit dichtem Gefüge zeigt eine scharf begrenzte einfache äussere Contour, welche aber nicht immer eine vollkommene Kreislinie, in vielen Fällen ein deutliches Viereck, öfters ein Achteck darbietet. Aus dieser Contour gehen weder nach aussen, noch nach innen irgend welche Fortsätze ab.

Bei einer bestimmten Einstellung des *Nucleolus* in den *Focus* des Mikroskopes kann man an ihm häufig eine centrale Schichte erkennen. Diese centrale Schichte, welche dann dunkler gefärbt erscheint, als die periphere, ist von dieser durch eine hinlänglich scharfe Contour abgegrenzt. Sie bietet verschiedene Formen dar. Sie erscheint entweder nahezu in Form eines Kreises, oder in Form eines mehr oder weniger regelmässigen, auch ganz unregelmässigen Dreieckes oder Vieleckes.

Was die feinste Zusammensetzung der *Nucleoli* dieser Art, sowohl von deren centralen, als deren peripherischen Schichte betrifft, so ist dieselbe mit den heutigen optischen Instrumenten durchaus nicht zu erkennen. Man kann nicht einmal sagen, dass sich bei stärksten Vergrösserungen eine feinste moleculare Anordnung nachweisen liesse.

Ein Gebilde ganz anderer Art ist der *Nucleolus* der peripherischen Ganglienkugeln der Schildkröte. Wenn man die Ganglienkugeln (vom *G. Gasseri* z. B.) von *Emys europaea* auf einem in Karmin infiltrirten Durchschnitte untersucht, so erkennt man in dem weissen Kerne derselben im Allgemeinen bläschenförmige Gebilde, ferner Körner und auch (oben

besprochene) faser- oder röhrenähnliche Theile. Unter den Bläschen, welche sich durch eine rothe äussere Contour und eine helle Mitte kennzeichnen, ragt, wenn sich mehrere derselben in einem Kerne finden, eines durch seine Grösse hervor. Es entspricht dieses Bläschen dem *Nucleolus*. Wenn man denselben mit 450facher und steigender Vergrösserung betrachtet, so erkennt man in seiner Mitte ein roth gefärbtes, über  $\frac{1}{1500}$  bis  $\frac{2}{1500}$  Millim. im Durchmesser haltendes kreisrundes Gebilde, welches sich dadurch, dass es im Centrum heller erscheint, als an der Peripherie, ebenfalls als ein Bläschen offenbaret.

Dieser im Centrum des *Nucleolus*-Bläschens gelegene *Nucleololus* charakterisirt es von den anderen im Kerne gelegenen Bläschen und ist eben nur jenes von diesen Gebilden als *Nucleolus* zu betrachten, welches in seinem Inneren den *Nucleololus* zeigt.

Der *Nucleolus* der peripheren Ganglienkugeln der Schildkröte zeigt demnach auf Karminpräparaten bei stärkeren Vergrösserungen deutlich 3 Schichten. Die innerste, roth gefärbte Schichte entspricht dem *Nucleololus*, die mittlere, weisse, ungefärbte stellt uns den sich nicht färbenden Inhalt des *Nucleolus*-Bläschens dar, und die äusserste endlich, in Form einer rothen, vollkommen geschlossenen, gewöhnlich ein Vieleck darstellenden Doppelcontour ist nichts Anderes als der Ausdruck der Dicke der Wandung des Kernkörperchens.

Stilling beschreibt den *Nucleolus* als ein aus 3 Schichten bestehendes Gebilde. Der *Nucleolus* soll eine innerste rothe, eine mittlere blaue und eine äussere orangegelbe Schichte besitzen. Über diese Farbenerscheinungen kann ich nicht urtheilen, da mein Mikroskop, wie ich bereits oben erwähnt, auch bei den stärksten Vergrösserungen keine Spur anderer Farbenerscheinungen zeigt, als solcher, welche in der Färbung des Präparates selbst begründet sind. Ich verwahre mich aber gegen Stilling feierlich, dass das von mir als *Nucleololus* beschriebene, in Karmin sich roth färbende Gebilde etwa ganz und gar eine Interferenzerscheinung sei, oder dass wenigstens seine Farbe nicht durch Karmin bewirkt würde, sondern dieselbe Ursache hätte, wie die rothe Färbung der von Stilling beschriebenen centralen *Nucleolus*-Schichte. Es kann nämlich gegen die wirkliche Existenz und die wirklich von Karmin bewirkte rothe Färbung des *Nucleololus* desshalb kein Zweifel Platz greifen, weil wenn man einmal weiss, wo man denselben zu suchen hat, man ihn schon bei 200facher Vergrösserung erkennt.

Wie weit der Aggregatzustand der dicht gefügten *Nucleoli* durch Chromsäure verändert wird, ist mir nicht bekannt. Der mit einem *Nucleololus* versehene bläschenförmige *Nucleolus* scheint durch Chromsäure keine Änderung zu erleiden.

Die Anzahl der in einem Kerne vorkommenden *Nucleoli* anlangend, so findet sich in der überwiegenden Mehrzahl der Zellenkerne nur Ein *Nucleolus*. Zwei und mehrere Kernkörperchen in einem Kerne wurden jedoch schon von vielen Forschern beobachtet. Stilling hält dagegen das Vorkommen eines doppelten *Nucleolus* für zweifelhaft. „Bei Anwendung der stärksten Vergrösserungen wird man unzweideutig finden, dass die vermeintlichen doppelten *Nucleoli* nicht vollkommen einander gleich sind. Einer derselben wird immer grösser oder schärfer erscheinen; der andere oder die anderen kleiner oder blässer, weniger scharf hervortretend. Die blässer und kleineren, undeutlicher erscheinenden *Nucleoli*, die neben dem entschieden scharf als solchen sich documentirenden *Nucleolus* auftreten, sind daher wahrscheinlich nicht als *Nucleoli* anzusehen, sondern als die Quer- oder Schrägdurchschnittsflächen von Axencylindern, resp. deren Fortsätzen innerhalb der Nervenzellen zu deuten.“



Ich kann dagegen versichern, dass sich in höchst seltenen Fällen wirklich 2 *Nucleoli* in einem Kerne finden, die sich weder durch Grösse, noch durch irgend eine andere Eigenschaft von einander unterscheiden. Ich habe dieses bei einer Ganglienkugel des Kalbes und bei einer der Schildkröte gesehen.

Auf den doppelten *Nucleolus* in dem Kerne einer Kalbsganglienkugel wurde ich dadurch aufmerksam gemacht, dass ich bei der Musterung der auf einem Chromsäure-Karminpräparate aus dem *Ganglion Gasseri* des Kalbes enthaltenen Ganglienkugeln, deren Kernkörperchen immer ganz ausgezeichnet central stehen, eine Zelle gewahrte, in deren Kerne der *Nucleolus* nicht central, sondern nahezu wandständig gelagert war. Die Einstellung des Mikroskopes ändernd, fand ich nun an der gegenüberliegenden Wand des Kernes ein zweites mit allen Charakteren des *Nucleolus* ausgestattetes Gebilde, einen zweiten *Nucleolus*, der sich auch in seiner Grösse von dem zuerst beobachteten nicht unterschied.

Eben so sah ich in einem Falle in dem Kerne einer Ganglienkugel von *Emys europaea* 2 *Nucleoli*, jeden durch einen *Nucleolus* ausgezeichnet.

Mehr als 2 *Nucleoli* habe ich in einem *Nucleus* nicht beobachtet. Eine eigenthümliche Erscheinung ist, dass im Kerne der weissen Gehirnzellen sich ein *Nucleolus* niemals deutlich meiner Beobachtung darbietet, wiewohl diese Zellen wahrscheinlich eben so ihren *Nucleolus* besitzen, wie alle anderen.

5. Über die Structur der dicken, von der Nervenzelle abgehenden Fortsätze habe ich nur zu bemerken, dass sich an ihnen, wenn man sie in ihrer Continuität untersucht, entweder gar keine Structur nachweisen lässt, oder dass man eine feinste moleculare Anordnung, wie an dem Inhalte der Nervenzellen, erkennen kann. Die dicken Fortsätze der centralen, mit einem roth gefärbten Inhalte versehenen Zellen sind in der That wahrhafte Fortsetzungen des Zellinhaltes, mit dem sie allein in Verbindung stehen.

An den weissen Zellen in den Grosshirnhemisphären habe ich nie mit Sicherheit Fortsätze abgehen gesehen, mit Ausnahme eines einzigen Falles, in welchem der Fortsatz aus dem Kerne entsprang. Das Entspringen von Fortsätzen aus dem Kerne habe ich auch zweimal an peripheren Ganglienkugeln beobachtet, wie ich es früher beschrieben habe.

Da die Zellenfortsätze sich von Axencylindern markhaltiger Fasern durch nichts Wesentliches unterscheiden, so muss von ihrem mikroskopischen Verhalten auf dem Querschnitte dasselbe gelten, wie von den Axencylindern, wovon weiter unten.

Was die von Stilling beschriebenen feinsten Fortsätze der Nervenzellen sind, weiss ich nicht. Ich habe sie nie beobachtet.

### Der feinere Bau der Nervenfasern<sup>1)</sup>.

Es ist eine sehr missliche und wenig dankbare Sache, die von anderen Forschern gewonnenen Resultate als unbegründet hinzustellen, namentlich wenn man sich dabei darauf basiren muss, dass man jene Dinge nicht gesehen, welche die Anderen gesehen. Denn es ist klar, dass eine positive Beobachtung immer mehr Werth hat, als eine ganze Reihe negativer Angaben. Eben so misslich ist es auch gewiss, bei dem beständigen Fortschreiten der Wissenschaft wiederum einen Schritt rückwärts zu gehen; zu erklären, dass die endlich aufgedeckte feinste Zusammensetzung eines Organs nicht existire, und dass man nach dem heutigen

<sup>1</sup> Siehe Stilling, l. c. pag. 701—775.

Standpunkte der Wissenschaft über die feinste Zusammensetzung des in Rede stehenden organischen Gebildes eigentlich gar nichts wisse.

Und dennoch bin ich eben im Begriffe, Beides zu thun. Ich muss einerseits nach meinen Untersuchungen eine Reihe von Vorkommnissen, welche Stilling an den einzelnen Bestandtheilen der Nervenprimitivfaser fand, als nicht existirend, läugnen, andererseits aber die ganze Theorie Stilling's über die feinste Zusammensetzung der einzelnen Theile der Nervenfasers, der Hülle sowohl als des Markes und des Axencylinders, als nicht begründet bezeichnen, um schliesslich zu gestehen, dass ich über die feinste Anordnung der molecularen Bestandtheile der Nervenfasers nichts vorzubringen weiss.

Ich thue dies namentlich gestützt auf unzweifelhafte Präparate und auf die Vortrefflichkeit meines Mikroskops. Wieder muss ich hier erwähnen, dass eine ganze Reihe der Stilling'schen Beobachtungen ihren alleinigen Grund hat in der geringeren Güte seiner Mikroskope, dass ich alle die von ihm in der Nervenfasers gesehenen Farbenscheinungen, so wie andere als Interferenzerscheinungen gedeutete Phänomene mit meinem Mikroskope auch bei 1100facher Vergrösserung zu meiner grossen Befriedigung nicht auffinden konnte.

Ich will nun in Kürze das mittheilen, was man über die Structur der Nervenprimitivfaser auf Chromsäurepräparaten aus dem Fischrückensmarke und von peripherischen Nerven mit besten und stärksten Vergrösserungen erfahren kann. Auf eine ausführlichere historische Darstellung dieses Gegenstandes kann ich hier nicht eingehen, um so weniger, als man bei Stilling ohnehin alles Vorzubringende auf das Schönste zusammengestellt findet.

1. Was zunächst die Hülle der Nervenfasern und vor allem deren Existenz im centralen Nervensystem betrifft, so wird sie daselbst von Denjenigen geläugnet, welche auch an den centralen Nervenzellen keine Hülle aufzufinden vermochten, also namentlich von Bidder und Kupffer und Max. Schultze.

Bidder und Kupffer sagen<sup>1)</sup>: „Zuerst die Untersuchung des Rückenmarkes der Fische und namentlich des *Petromyzon* haben mich zur Überzeugung gebracht, dass selbst die breitesten Rückenmarksfasern eine besondere, jeder einzelnen Faser eigene Hülle nicht besitzen, dass vielmehr eine dem ganzen Rückenmarke zukommende bindegewebige Grundlage gleich einem Schwamme zahlreiche in verschiedenen Richtungen hinziehende Hohlräume darbietet, in welche die Nervenfasern eingebettet sind. Eine selbstständige Primitivscheide, durch welche die die Nervenfasers constituirenden Theile zusammengehalten werden, fehlt hier also ganz.“

Bei M. Schultze heisst es hierüber<sup>2)</sup>: „*Admodum sane difficile est hac in re certum quiddam et omni dubitatione liberum decernere. Specie quidem, mea sententia, hoc commendatur, ut a fibris cerebri et medullae spinalis vaginam externam abesse judicemus.*“

Mit diesen Ansichten kann ich nicht übereinstimmen. Es ist allerdings richtig, dass es ungemein schwierig ist, sich von der Existenz der Scheiden der Nervenfasern im Centralnervensystem mit Sicherheit zu überzeugen, allein wenn Einem dieses auch nur ein einziges Mal gelungen ist, so wird man dann wohl nicht mehr geneigt sein, sie läugnen zu wollen.

Wenn man einen mit Karmin infiltrirten Durchschnitt aus dem Fischrückensmarke, z. B. vom Hecht oder der Forelle betrachtet, so erkennt man, dass die Querschnitte der einzelnen

<sup>1)</sup> l. c. pag. 25.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 5.



Nervenprimitivfasern äusserst scharf gegen einander abgegrenzt sind. Man sieht, wie die Nervenröhren, namentlich der Seiten- und Hinterstränge von den Fasern des weit ausgedehnten Fasernetzes, welches von der grauen Substanz zur Peripherie des Rückenmarkes ausstrahlt, auf das Vielfältigste durchbrochen werden, auf die schönste Weise, indem die sich roth färbenden Fasern (theils Axencylinder, theils Bindgewebsfasern) zwischen den weissen Durchschnitten des Nervenmarkes in überraschender Weise sich kennzeichnen. Durch dieses Fasernetz nun wird namentlich in den Seiten- und Hintersträngen fast jede Nervenröhre von der danebenliegenden getrennt, vollkommen isolirt. In den Vordersträngen aber zeigt dieses Fasernetz eine viel geringere Entwicklung. Nur im obersten Theile des Rückenmarkes kann da eigentlich von einem solchen die Rede sein. Im übrigen Rückenmarke liegen die Nervenfasern in den Vordersträngen dicht neben einander, durch scharfe Contouren gegen einander abgegrenzt und von keinem Zwischengewebe durchbrochen. Es kann also wenigstens bei den Fasern der Vorderstränge der (von mir untersuchten) Fische von einer gemeinsamen bindegewebigen Grundlage, in welcher die einzelnen Axencylinder mit ihrer Markscheide stecken sollen, nicht die Rede sein, und es kann sich nur darum handeln, ob man an der äussersten Peripherie des Markes der Fasern eine eigene Schichte zu erkennen im Stande ist, die man als Scheide ansehen könnte. In der Mehrzahl der Fälle nun ist dieses nicht der Fall. Das um den rothen Axencylinder gelagerte weisse Nervenmark zeigt in seiner äussersten Schichte kein anderes Verhalten, als an anderen Stellen. In einigen wenigen Fällen jedoch sehe ich auf Präparaten, die sehr tief mit Karmin infiltrirt sind, als äusserste Begrenzung des weissen Nervenmarkes eine sehr deutliche rothe Contour, welche sich sowohl gegen das Mark der Faser, der sie angehört, als gegen das der Nachbarn schon durch ihre rothe Farbe sehr scharf abgrenzt. Dass diese rothe Contour als Nervenscheide zu deuten ist, darüber kann um so weniger ein Zweifel bestehen, als man sich auf mit Karmin infiltrirten Durchschnitten peripherer Nerven mit Leichtigkeit überzeugen kann, dass sich die Scheide derselben immer als eine rothe Contour, welche das Nervenmark umgibt, charakterisirt.

Nach diesen einzelnen Beobachtungen muss ich die Existenz der Scheide der Nervenfasern im Fischrückenmarke allgemein feststellen. Sie ist aber immer eine sehr zarte Membran, und selbst bei den riesenhaften, von mir im Fischrückenmark und Gehirne aufgefundenen, von Stieda<sup>1)</sup> als Mauthner'sche Nervenfasern aufgeführten Fasern, welche im Hirnstamme sogar einen Breitedurchmesser von  $\frac{1}{8}$  Millim. erreichen, ist sie nicht immer deutlich als eine äusserste rothe Contour zu erkennen.

Stilling sieht die Scheide an allen, selbst den feinsten Nervenfasern des Rückenmarkes. Nichts desto weniger bezeichnet er sie nicht als eine eigene, vom Nervenmarke getrennte Schichte, sondern er lässt sie aus den äussersten Elementarröhren, welche auch das Mark zusammensetzen sollen, bestehen, ohne dass man eigentlich, nicht einmal aus seinen Abbildungen erkennt, wo das Mark aufhört und die Scheide beginnt.

An peripheren Nervenfasern wird die Existenz der Scheide von allen Forschern angenommen. Namentlich auf Durchschnitten peripherer Nerven, die mit Karmin infiltrirt sind erkennt man sie sehr ausgezeichnet dadurch, dass sie sich wie der Axencylinder, wenn auch weniger intensiv, wie dieser, roth färbt. Ich wundere mich sehr, dass Stilling dieses Verhalten der peripheren Scheiden nicht erkannte.

<sup>1)</sup> Über das Rückenmark und einzelne Theile des Gehirns von *Esox Lucius* L. Dorpat 1861. Taf. I. Fig. IV. t.

Was nun die feinste Zusammensetzung der Nervenscheiden betrifft, so ist an der Scheide der centralen Zellen keine Spur einer Structur zu entdecken. Da man diese Scheiden nicht auf Längsschnitten der Fasern studiren kann, weil man sie da wegen des darüber oder darunter liegenden Markes unmöglich isolirt zu erkennen vermag, so ist man hierbei auf die wenigen Beobachtungen derselben auf dem Nervenfaserschnitt beschränkt. In einer Membran aber, welche nicht viel mehr als  $\frac{1}{1500}$  Millim. in ihrem Dikedurchmesser hat, können wir, das müssen wir uns zugestehen, mit den heutigen Hilfsmitteln der Optik keine feineren Structurverhältnisse aufdecken.

Auch die peripherischen Nervenscheiden erscheinen in den meisten Fällen als structurlose Membranen, in einigen Fällen jedoch, z. B. auf Querschnitten der Trigeminafasern des Hechtes, wo sie ausserordentliche Dimensionen erreichen, zeigen sie ganz deutlich eine Zusammensetzung aus feinen Bindegewebsfasern.

Eine Zusammensetzung der Scheiden aus Elementarröhrchen, wie dies Stilling sah, kann ich demnach nicht zugeben, und eben so wenig, dass die Nervenscheiden nach innen mit dem Nervenmark und nach aussen mit den benachbarten Nervenfasern durch Röhrchen in Verbindung stehen. Die rothe Contour centraler und peripherer Scheiden bleibt bei centralen und peripheren Nervenfasern gegen das weisse Mark so prägnant abgegrenzt, dass von einer Verbindung der ersteren mit dem letzteren wirklich keine Rede sein kann. Die Verbindung benachbarter Fasern anlangend, so müssen dabei die Lagerungsverhältnisse derselben berücksichtigt werden. Entweder es sind die Nervenröhrchen, wie in den Seiten- und Hintersträngen des Fische Rückenmarkes und häufig in peripherischen Nerven, durch zahlreiche zwischen ihnen durchsetzende Fasern von einander getrennt, dann sehe ich nicht und begreife ich auch nicht, wie sich die Nervenröhrchen durch dieses Fasernetz hindurch Verbindungsröhrchen zuschicken sollten, oder es liegen die Nervenfasern ganz dicht mit scharf begrenzten Contouren neben einander, dann finde ich zwischen ihnen absolut keinen Raum, in welchem Verbindungsfasern von einer Nervenröhre zur anderen hinziehen könnten. Der Umstand, dass die Fasern des Centralorgans so schwer isolirbar sind, beweist nicht, dass sie durch Fasern mit einander zusammenhängen. Es ist ja gewiss, dass sie da, wo sie dicht neben einander liegen, durch irgend ein Medium, um mich eines rohen Ausdruckes zu bedienen, gleichsam zusammengekittet sein müssen; und eben so gewiss ist es, dass das geschickteste Zerzupfen centraler Faserbündel in Anbetracht der Kleinheit und Zartheit des Objectes (der einzelnen Nervenröhrchen) immer als ein rohes erscheinen muss, und es mithin kein Wunder ist, wenn man dabei die einzelnen Fasern mehr oder weniger verletzt. Dass das mehr oder weniger leichte Isoliren der Fasern von der grösseren oder geringeren Festigkeit jenes Bindemittels, so wie von der grösseren oder geringeren Zartheit des Objectes abhängt, ersieht man daraus, dass man die peripheren Fasern, welche starke Scheiden besitzen und meist allseitig zwischen Bindegewebsfaserzügen stecken, leichter isoliren kann als die centralen Fasern, und dass man auch unter den letzteren die mächtigsten und stärksten, so die kolossalen Fasern des Fische Rückenmarkes ohne Schwierigkeit von der Umgebung abpräpariren kann.

Die grössere oder geringere Zartheit der Scheiden ist auch wahrscheinlich der Grund, warum die Nervenfasern des Centralorgans und der Peripherie in verschiedener Weise in Erscheinung treten, wenn sie aus dem Zusammenhange genommen und etwa mit Wasser behandelt wurden. Erstere bieten dabei bekanntlich nicht selten ein varicöses, perlschnurartiges Ansehen dar, letztere sind durch das Auftreten einer Doppelcontour ausgezeichnet,



wobei ihre äussere Begrenzungslinie nicht verbogen wird. Es mag dies nun darin seinen Grund haben, dass der gerinnende Inhalt centraler Fasern, wenn sie nicht im innigen Zusammenhange mit einander stehen, sondern isolirt sind, die zarte Scheide nach sich zieht, während bei peripheren Nerven die stärkere Scheide einem solchen Zuge Widerstand zu leisten vermag, deshalb nicht ein- und ausgebogen wird.

Die Scheide der Nervenfasern wird wohl allgemein als zum Bindegewebssysteme gehörig angesehen. Sie hat den Zweck, die einzelnen Nervenfasern gegen einander zu isoliren und möglichst vor äusseren Schädlichkeiten zu schützen. Die Meinung Stilling's, dass die Scheiden der Nervenfasern nervöses Gewebe seien, müsste, da es allbekannt ist, dass sie im Centralorgane zarter sind als im peripherischen Nervensysteme, zur Annahme führen, dass beim Austritte einer jeden Nervenfaser aus dem Centralorgane sich an derselben eine neue äusserste aus Nervengewebe bestehende Schichte anbilde! Es kann wahrlich bei der allgemeinen Verbreitung des Bindegewebes wohl weniger Wunder nehmen, dass die im Centralorgane durch eine knöcherne Kapsel geschützte Faser bei ihrem Austritte aus derselben, wo sie zwischen mehr oder weniger nachgiebigen, äusseren Schädlichkeiten mehr ausgesetzten Theilen gelegen ist, eine Verstärkung der sie schützenden Scheide durch stärkere Entwicklung der sie constituirenden bindegewebigen Elemente erhält.

2. Das Nervenmark stellt auf dem Querschnitte der Nervenfasern auf Chromsäure-Karminpräparaten entweder eine vollkommen gleichartige weisse Masse dar, oder es zeigen sich in dieser Masse concentrische Schichtungen. Man beobachtet nämlich nicht selten im Nervenmark dunkle, krumme Linien, welche grössere oder kleinere Segmente von mit der äusseren Peripherie der Nervenfaser mehr oder weniger concentrischen Kreislinien darstellen, niemals aber radiär verlaufen. Nur in den allerseltensten Fällen entsprechen diese krummen Linien einem ganzen geschlossenen Kreisumfange. Gewöhnlich lassen sie sich nur durch einen Quadranten, oder die Hälfte eines Kreises verfolgen. Diese dunkeln Linien nun sind der Ausdruck der Schichtung des Markes, eben nach der Richtung dieser Linien hin. Diese Schichtung des Nervenmarkes, welche bei vielen Fasern gar nicht sichtbar, bei anderen nur angedeutet ist, kann bei manchen so weit schreiten, dass das ganze Mark aus lauter schmalen, concentrisch gelagerten Streifen zu bestehen scheint.

Es ist kein Grund vorhanden, diese concentrische Schichtung des Markes als durch eine Gerinnung desselben oder durch Chromsäurewirkung hervorgebracht anzusehen. Man müsste sonst (wie dies auch Stilling aus einem ähnlichen Grunde bemerkt) bei dem constanten Bilde, welches die Schichtungen des Markes zeigen, den Elementarmoleculen desselben die eigenthümliche Tendenz vindiciren, in jenen concentrischen Schichten einerseits von- und andererseits zu einander treten, wenn die Nervenfasern in Chromsäure gehärtet werden.

So wie ich also die Markscheide nicht als eine einfache, aus einer structurlosen Masse bestehende, sondern vielmehr als eine aus zahlreichen concentrischen Schichten zusammengesetzte Umhüllung des Axencylinders ansehe, so bestreite ich doch eine Zusammensetzung derselben aus faser- oder röhrenartigen Gebilden, wie das Stilling beschreibt, und muss gestehen, dass die von mir auf dem Querschnitte schon bei schwächeren Vergrösserungen beobachteten, auf der Continuität der Fasern aber sich nicht darbietenden concentrischen Schichtungen des Markes mit den Elementarröhren Stilling's nichts gemein haben. Eine einfache Vergleichung meiner mit den Stilling'schen Abbildungen über diesen Gegenstand wird unsere verschiedenen Ansichten hierüber klarer auseinander setzen, als eine lange Erörterung der Sache selbst.

Gerade die Beobachtung dieser concentrischen Schichten aber ist es wahrscheinlich, welche Stilling veranlasste, nicht blos im Nervenmarke, sondern auch im Axencylinder und der Scheide der Nervenfasern, so wie in allen Theilen der Nervenzelle einen Filz von Elementarröhren zu sehen.

In Bezug auf die wirkliche Existenz der Elementarröhren beruft sich Stilling hauptsächlich darauf, dass man „die Elementarröhren isolirt beobachten könne, indem man auf Längsschnitten aus dem Rückenmarke oder Nervenstämmen ohne Schwierigkeit solche Nervenprimitivfasern präpariren kann, an welchen der Axencylinder, von seinem Nervenmarke grossentheils befreit, lange Strecken vorsteht, während von ihm einzelne Elementarröhren in grösserer oder geringerer Zahl frei auslaufen. Auch sieht man an isolirten Nervenprimitivfasern und zwar an den Endstücken von Nervenprimitivfasern, an denen ausser den einzelnen Elementarröhren kein weiterer Theil der Nervenprimitivfaser, auch nicht einmal der Axencylinder mehr vorhanden ist, im Raume des sogenannten Nervenmarkes ganz isolirt verlaufende Elementarröhren“.

Diese thatsächlichen Beobachtungen mögen ganz richtig sein, allein es ist klar, dass diese vermeintlichen Röhren eben so gut Theile einzelner Markschichten sein können<sup>1)</sup>.

3. Der dritte und wesentlichste Bestandtheil der Nervenfaser ist der Axencylinder, deshalb der wesentlichste, weil wir oben gesehen haben, dass man sich im Fischrückensmarke und Gehirne davon überzeugen kann, dass nur der Axencylinder allein (nicht das Mark) von der Nervenzelle seinen Ursprung nimmt. Von der Präexistenz des Axencylinders wird man übrigens auf Querschnitten des Rückenmarkes, Chroomsäure-Karminpräparaten, in überraschender Weise überzeugt, indem man da in der Mitte einer jeden der weissen Fasern eine rothe Stelle, als Durchschnittsfläche ihres Axencylinders erkennt.

Der Axencylinder bietet auf dem Querschnitte in der Regel eine Kreisform oder ein Oval dar. In seltenen Fällen erscheint er vieleckig, manchmal ausgezeichnet sternförmig.

Auf Querschnitten des Rückenmarkes der Fische, der Forelle oder des Hechtes, erkennt man bei Anwendung 450facher und höherer Vergrösserungen, dass der Axencylinder aus zwei in einander steckenden Cylindern besteht. Der Querschnitt des inneren, soliden Cylinders ist dunkler roth gefärbt, als der des äusseren Hohlcylinders, und ist von diesem durch eine dunkle Contour eben so scharf abgegrenzt, wie letzterer durch eine scharfe Contour gegen das Nervenmark hin sich abhebt.

Dies ist die einzige feinere Zusammensetzung des Axencylinders, welche man zu erkennen vermag. Weder bietet der Axencylinder in seiner Continuität, noch auch seine beiden Schichten auf dem Querschnitte irgend welche erkennbare feinere Textur dar, ja man ist in der Regel nicht einmal im Stande, eine feinste moleculare Anordnung zu entdecken.

Stilling beschreibt drei Schichten des Axencylinders. Auf welche Weise es ihm aber gelungen ist, in dem Axencylinder einen Filz von Elementarröhren zu sehen, ist mir unverständlich. Verbindungsröhren des Axencylinders mit dem Nervenmarke konnte ich niemals

<sup>1)</sup> Ich lese so eben in Schmidt's Jahrbüchern Bd. 105, 1860, Nr. 1 ein Referat von H. Meissner über eine Arbeit, den Bau der Nervenfasern betreffend, welche Jos. Lister und W. Turner im mikrosk. Journ. Oct. 1859 veröffentlicht haben. Die Verfasser besprechen, so viel ich aus dem Referate entnehme, die Art und Weise, auf welche sie dazu kamen, sich zu überzeugen, dass der Axencylinder der Nervenfasern in Karmin roth gefärbt würde, das Nervenmark aber nicht, eine mir längst bekannte Thatsache, welche übrigens vor Lister durch Stilling, Jacobowitsch und Schroeder der Öffentlichkeit übergeben wurde. Das faserige Ansehen der Nervenfasern, welche Lister beobachtete, ist nach ihm nur durch eine moleculare Anordnung von Fetttheilchen herbeigeführt.



finden. Ich habe mich vergebens bemüht, sowohl auf dem Querschnitte, als in der Continuität der Nervenfasern, auch nur eine Spur solcher Verbindungsröhren zwischen Axencylinder und Marke zu entdecken. Auf dünnen Querschnitten erscheinen mir die Axencylinder bei allen Einstellungen des Mikroskopes immer so scharf gegen das Mark abgegrenzt, wie dies Fig. 18 und 20 zeigen. Namentlich habe ich mich aber an sehr feinen Längsschnitten aus dem Fischrückenmarke, welche an einzelnen Stellen so dünn sind, dass der Axencylinder kaum vom Marke nach oben und unten bedeckt ist, und auf denen die Axencylinder, durch ihre rothe Farbe ausgezeichnet, auf beliebig weite Strecken, durch das ganze Präparat hindurch, verfolgt werden können, hinlänglich überzeugt, dass solche Verbindungsröhren zwischen Mark und Axencylinder in der That nicht existiren. Ich sehe selbst bei 1100facher Vergrößerung kein anderes Bild, als wie es Fig. 19 darstellt; selbst bei 1100facher Vergrößerung erscheint die Contour des Axencylinders vollkommen scharf abgegrenzt von dem daneben liegenden Nervenmarke.

Abgesehen davon, dass die Röhren, welche aus dem Axencylinder in das Mark laufen sollen, bei ihrem Übertritte in dasselbe ihre physicalischen Eigenschaften derart ändern müssten, dass sie sich in Karmin nicht mehr roth färben, beweist die Beobachtung, dass an isolirten Axencylindern sich Fetzen von Markstreifen (Elementarröhren) finden, nur, dass zwischen Mark und Axencylinder ein innigerer, durch irgend ein Bindemittel bewirkter Contact besteht, den gewiss Niemand läugnen wird, obwohl wir die Natur dieses Bindemittels nicht kennen. Dass aber selbst dieser Contact zwischen Mark und Axencylinder nicht bei allen Fasern ein sehr inniger ist, dafür ist mir das ein hinlänglicher Beweis, dass auf Querschnitten des Fischrückenmarkes die Axencylinder der beiden kolossalen Fasern sehr häufig durch den Schnitt herausgehoben werden, so dass man an ihrer Stelle einen leeren Raum findet.

Der Axencylinder bietet in seinem Verlaufe im Fischrückenmarke nur geringe Änderungen seiner Breite dar. Anscheinend stellenweise Versmälnerungen habe ich dadurch bewirkt gesehen, dass der Axencylinder sich wahrscheinlich in Folge der Messerführung stellenweise um seine Axe drehte. Bedeutende Varicositäten des Axencylinders, so wie Theilungen desselben habe ich im Fischrückenmarke nie beobachtet, eben so wenig als ich auf dem Querschnitt einer Faser den Durchschnitt mehrerer Axencylinder (des Stammes mit seinen Ästen), wie Stilling, gewahrte. Vor solchen, wie mir scheint, zum Theile irrigen Angaben wird künftighin die Infiltration mit Karmin schützen. So viel über den Axencylinder der Nervenfasern.

Nach allen dem muss ich über den Bau der Nervenprimitivfasern Folgendes sagen:

Jede Nervenprimitivfaser bestehet aus 3, wie es scheint, wesentlich von einander verschiedenen Bestandtheilen, der Hülle, dem Marke und dem Axencylinder.

Die Hülle der Nervenfasern ist entweder eine structurlose oder deutlich bindegewebige Membran.

Das Mark trotz jeder Erkenntniss seines inneren Baues, es ist nur durch eine eigenthümliche concentrische Schichtung ausgezeichnet.

Der Axencylinder, der wesentlichste Bestandtheil des Nerven, bestehet aus 2 in einander steckenden Cylindern, welche weder mit einander, noch mit dem Nervenmarke in irgend einer Verbindung stehen, und an denen eine feinste Elementartextur nicht zu erkennen ist.

Schliesslich habe ich noch zu erwähnen, dass, wie ich dies im Beginne meiner Schrift bereits angedeutet, der Einfluss des Karmins nicht auf alle Markfasern ein gleicher ist. Ich

habe gewisse Faserzüge im Gehirn der Fische beobachtet, auf deren Axencylinder das Karmin noch gar nicht einzuwirken begonnen, während alle umgebenden Gewebe (mit Ausnahme des Nervenmarkes) bereits tiefroth infiltrirt waren. Ich habe ferner durch Vergleichung des Sympathicus mit dem Trigemini und dem Rückenmarke beim Kaninchen mich überzeugt, dass das Mark der Sympathicus-Fasern für die Aufnahme des Farbstoffes viel leichter zugänglich ist, als das der Fasern des Trigemini (der peripheren Nerven überhaupt) und das der Fasern des Rückenmarkes. Ich kann ferner nicht umhin, zu gestehen, dass so wie bestimmte Nervenfasern desselben Thieres in ihrer Breite ganz bestimmte, wenn auch oft geläugnete, Verschiedenheiten darbieten, eben so die Nervenfasern der verschiedenen Thiere oft Differenzen zeigen, von denen ich aber dasselbe erklären muss, was Hannover über die verschiedenen Nervenzellen sagte, nämlich: *Il est plus difficile d'expliquer ces différences, que d'en faire soi-même l'observation.*



## ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

- Fig. 1. Nervenzelle (*bipolar*) aus dem Hirnstamme des Hechtes. Kernkörperchen am Intensivsten, weniger intensiv der Kern. am schwächsten der Inhalt gefärbt. 460mal vergrössert.
- Fig. 2. Nervenzelle aus dem kleinen Gehirne des Hechtes. Die Körner des Kernes, sonst gleichmässig in demselben vertheilt, haben sich zum Theile um den *Nucleolus* zusammengezogen, welcher desshalb nicht sichtbar ist. Einzelne Körner blieben an der Kernwandung haften. 460mal vergrössert.
- Fig. 3. Nervenzelle aus der centralen grauen Substanz aus dem obersten Theile des Rückenmarkes vom Hecht. Der Kern enthält in der farblosen Grundsubstanz nur wenige sich roth färbende Molecularkörnchen. Der excentrische *Nucleolus* zeigt eine centrale Schichte. 460mal.
- Fig. 4. Eine ähnliche Zelle. Der Kern erscheint röthlich gefärbt wegen des darunter liegenden rothen Inhaltes. Centrale und periphere Schichte des vieleckigen *Nucleolus*. 460mal. Der *Nucleolus* der beiden letztbeschriebenen Zellen zeigt keine auffallend tiefere Färbung als der Inhalt, weil beide Zellen bei jener Einstellung des Mikroskopes gezeichnet wurden, bei welcher die centrale Schichte des *Nucleolus* sichtbar ist, wobei aber die Färbungs-differenzen zwischen Kernkörperchen und Inhalt nahezu verschwimmen.
- Fig. 5. Zelle aus dem Grosshirne des Hechtes. Scheide und Kern gefärbt, zeigen ausgezeichnete vollkommen geschlossene Doppelcontouren. Inhalt ganz ungefärbt. Aus dem Kerne entspringt ein blassrother konischer Fortsatz. 720mal vergrössert.
- Fig. 6. Ganglienkugel aus dem *G. vagi* des Hechtes. Kern weiss, enthält bläschenförmige Gebilde. *Nucleolus* nicht sichtbar. 460mal.
- Fig. 7. Ganglienkugel aus dem *Sympathicus* des Kaninehens. Äussere Scheide roth gefärbt. Kern vollkommen farblos ohne Kernkörperchen. 460mal.
- Fig. 8. Halbmondförmiges Stück des Inhaltes einer solchen Ganglienkugel. 460mal.
- Fig. 9. Ganglienkugel aus dem *Trigeminus ganglion* der Forelle. Doppelter Kern. Inhalt, Kern und Kernkörperchen (centrale und periphere Schichte) zeigen keine erheblichen Färbungs-differenzen, weil die Ganglienkugel in einem dickeren Schnitte gelegen war, wesshalb der Kern roth erscheint, und weil sie bei jener Einstellung des Mikroskopes gezeichnet wurde, wo beide Schichten des Kernkörperchens sichtbar sind, wesshalb die überwiegende Färbungsintensität des letzteren verschwindet. 460mal.
- Fig. 10. Ganglienkugeln aus dem *Ganglion Gasseri* des Kalbes. Die äussere Scheide scheint (auf dem Durchschnitte) eine homogene Membran, mit roth gefärbten Körnern besetzt, zu sein. Innere Scheide ungefärbt, zeigt, so wie die Kernwandung ausgezeichnete Doppelcontour. Kernkörperchen mit beiden Schichten. Desshalb die so überwiegende Färbungsintensität desselben nicht hervortretend. 460mal.
- Fig. 11. Ganglienkugel aus dem *Ganglion Gasseri* von *Emys europaea*. Äussere Scheide ausgezeichnet faserig. Innere Scheide nicht sichtbar; Inhalt nach einer Seite zum grössten Theile zusammengezogen. Der Kern, auf den dünnsten Schnitten ungefärbt, erscheint röthlich aus bekannten Gründen. Doppelcontour des *Nucleolus* vieleckig. Rother, bläschenförmiger *Nucleolus*. 720mal.
- Fig. 12. Eine ähnliche Ganglienkugel. Vom Kernkörperchen gehen wie die Speichen eines Rades faserähnliche Gebilde (Reihen von Elementarkörnern) ab, die zu kleinen Bläschen treten. 460mal.
- Fig. 13. Ganglienkugeln aus dem *Ganglion Gasseri* des Frosches. Rothe äussere Scheiden. Der roth gefärbte Inhalt, sehr deutlich körnig, hat sich zum Theile vom Kerne zurückgezogen. Kerne mit ausgezeichneten Doppelcontouren schliessen in ihrem ungefärbten Inhalte rothe Körner ein, die den *Nucleolus* zum Theile verdecken. 460mal.

- Fig. 14. Nervenzelle aus dem Rückenmarke von *Lota vulgaris*. Der Inhalt hat sich von der dadurch deutlich sichtbaren Scheide zurückgezogen. 460mal.
- Fig. 15. Eine ähnliche Zelle. Man sieht den Übergang der Zellenscheide in die Scheide des Zellenfortsatzes. 460mal.
- Fig. 16 und Fig. 17 stellen scheinbare Faserursprünge aus dem Kerne zweier Ganglienkugeln dar. Fig. 16: 460mal. Fig. 17: 280mal
- Fig. 18. Querschnitt einer Nervenfasers aus den Vordersträngen des Hechtrückenmarks. Scheide roth gefärbt. Concentrische dunkle Linien im Marke als Ausdruck der Marksichtung. Axencylinder mit centraler, tiefer gefärbter, und peripherer Schichte. 720mal.
- Fig. 19. Längsschnitt einer Nervenfasers aus dem Hechtrückenmarke. 1100mal vergrößert. Die Contour des Axencylinders ist vollkommen scharf gegen das Mark abgegrenzt.
- Fig. 20. Querschnitt einer kolossalen Faser aus dem Hirnstamm der Forelle. Zahlreiche Marksichtungen. Der Axencylinder zeigt keine centrale Schichte. 460mal.



Fig. 2.

Fig. 3

Fig. 1

Fig. 4

Fig. 6

Fig. 10.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 5.

Fig. 9.

Fig. 13.

Fig. 16

Fig. 11

Fig. 12

Fig. 15

Fig. 14

Fig. 14

Fig. 20.

Fig. 17

Fig. 19

Digitized by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA). Downloaded from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/ on 01/11/2014 at 10:11:11 AM