

## XII.

# Die peripherische Nervenzelle und das sympathische Nervensystem.

Eine histiologisch-physiologische Studie.

Von

**Dr. Sigmund Mayer,**

a. ö. Professor der Physiologie und erster Assistent am physiologischen Institut der  
Universität zu Prag.

(Hierzu Tafel VI.)

~~~~~

### Vorwort.

Die in den vorliegenden Blättern mitzutheilenden Ansichten sind hervorgegangen aus Untersuchungen, mit denen ich mich durch volle fünf Jahre beschäftigt habe.

Wenn ich es für nothwendig erachte einige einleitende Worte vor auszuschicken, so geschieht dies nicht sowohl, um dem Inhalte dieser Schrift in irgend einer Weise vorzugreifen, sondern um mich mit dem Leser zu verständigen über einige Punkte, die in derselben nicht zu finden sind und in Betreff welcher der Leser leicht auf unrichtige Vermuthungen kommen dürfte.

Ich bin mir vollständig darüber klar, dass zur endgültigen Lösung der uns beschäftigenden Frage nicht alle Hilfsmittel von mir in Anwendung gezogen worden sind, welche sich hierzu darbieten. Ich bin von der Meinung durchdrungen, dass die Embryologie, die vergleichende Anatomie und Histiologie, die pathologische Anatomie und die Experimentalphysiologie für die durchgreifende Lösung des uns vorliegenden Problemes hätten herbeigezogen werden können. Auf die ausgedehnte Benützung des durch die Untersuchungsmethoden der genannten Disciplinen beizubringenden Materiales habe ich vorderhand Verzicht geleistet. Denn ich kann nicht umhin, hier die Meinung auszusprechen, dass bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Biologie die Gewähr erspriesslicher Resultate der Forschung nur in einer massvollen Beschränkung der gestellten Aufgaben gesucht werden kann.

Ich habe es mir angelegen sein lassen eine ungemein grosse Anzahl von Beobachtungen an wenigen Thierklassen zu sammeln, um so durch Intensität der Arbeit zu ersetzen, was derselben an Extensität abzugehen scheint. Ich bin nicht müde geworden, immer wieder zu denselben einförmigen Versuchsmethoden der Auffaserung, der Maceration und Tinction von Nerven und Nervenknotten zurückzukehren. Kaum hätte ich mir durch so lange Zeit hindurch die hierzu nöthige Ausdauer bewahren können, um endlich zu einer befriedigenden Lösung des Problemcs vorzudringen, wäre ich nicht durch die fortwährend neu herandrängende Fülle der mannigfachen Einzelercheinungen immer auf's neue gefesselt worden und hätte ich mir hierbei nicht die Worte Goethe's ermunternd vorgehalten:

„Und was in schwankender Erscheinung schwebt

„Befestiget mit dauernden Gedanken.“

Aber noch ein anderes Moment fesselte mich an das Problem, welchem die vorliegenden Blätter gewidmet sind.

Es schien mir nach eingehender Beschäftigung mit der Physiologie der Herzbewegung bei dem gegenwärtigen Stande der einschlägigen Fragen unmöglich einen entschiedenen Schritt nach vorwärts auf diesem Gebiete zu versuchen, ehe nicht zuvor die Lehre von der Bedeutung der peripherischen Nervenzelle einer kritischen Beleuchtung unterzogen worden.

Aber nicht allein das Verständniss der Bewegung des Herzens, sondern all' der übrigen Bewegungsphänomene, welche nach Eliminirung des Cerebrospinalorgans noch zur Beobachtung kommen, erfordern eine neuerliche genaue Untersuchung der Rolle, welche hierbei dem peripherischen Gangliensysteme zufällt.

So führte mich schon die erste grössere Untersuchung, die ich auf dem Gebiete der Experimentalphysiologie durchzuführen versuchte (Untersuchungen über Darmbewegungen, gemeinschaftlich mit Dr. v. Basch, Wiener Sitzungsberichte, Bd. LXII. 1870) auf die Bahnen der weiteren Forschung, durch deren in der vorliegenden Schrift mitzutheilende Resultate ich die Hauptfrage einem vorläufigen Abschlusse glaube nahegebracht zu haben.

Lange habe ich erwogen, ob es nicht zweckmässiger wäre, meine neugewonnenen Anschauungen über die Bedeutung der peripherischen Nervenzelle und des sympathischen Nervensystemes überhaupt einer Specialarbeit über die Herzbewegung und deren Beziehungen zum Nervensysteme einzufügen. Es erschien mir jedoch nach reiflicher Ueberlegung zweckmässiger, die Resultate meiner Untersuchungen über

die periphere Nervenzelle, als Fragen von grosser Tragweite berührend, vorerst gesondert der Oeffentlichkeit vorzulegen. Ich habe mir hierbei nicht verhehlt, dass es in vielen Punkten sehr förderlich gewesen wäre, die allgemein aufgestellten Principien durch eine Reihe von Einzelthatsachen zu illustriren und gleichsam durch die Application derselben auf specielle Fälle die Allgemeingültigkeit der Theorie zu prüfen. Dieser wichtigen Aufgabe werde ich mich hoffentlich bald unterziehen können, da mir bereits ein umfangreiches Versuchsmaterial in dieser Hinsicht zu Gebote steht.

Wenn ich in den nachfolgenden Blättern in der Berücksichtigung der reichen über unseren Gegenstand bereits existirenden Literatur, insofern dieselbe durch massenhafte Citate documentirt zu werden pflegt, sparsam zu Werke gegangen bin, so bedarf dieses Verfahren einer besonderen Rechtfertigung. Denn ich möchte selbst den Schein vermeiden, es sei mir die Kenntniss der einschlägigen Literatur fremd geblieben, oder ich schätzte die Arbeiten meiner Vorgänger auf diesem Gebiete gering.

In Bezug auf den ersten Punkt möchte ich bemerken, dass ich mir die Kenntniss der früher über die uns beschäftigenden Fragen erschienenen Arbeiten in ausgedehnter Masse verschafft habe.

Was den zweiten Punkt betrifft, so würde es meinerseits ein vollständiges Verkennen der Art und Weise sein, wie die Wissenschaft fortschreitet, wenn ich die Arbeiten meiner Vorgänger geringschätzig beurtheilen wollte, weil die Resultate meiner Untersuchungen ein anderes Ergebniss geliefert haben.

Niemand dürfte besser als ich den hohen Werth zu schätzen wissen, den die Untersuchungen von Ehrenberg, Bidder, Volkmann, R. Wagner, Valentin, Köl liker, Remak, Leydig, Robin, Beale, J. Arnold und vieler Anderer für die Fortentwicklung der uns beschäftigenden Frage gehabt haben. Da jedoch die gebräuchlichen Lehr- und Handbücher die diesbezüglichen Detailangaben mehr oder weniger vollständig aufgenommen haben, so hielt ich es nicht für geboten in dieser kleinen Schrift, die vorwiegend auf die Darlegung eines neuen durch eigene Untersuchungen gewonnenen Standpunktes gerichtet ist, Dinge vorzubringen, die aus der bereits vorhandenen Literatur hinlänglich zu erfahren sind.

Ein gleiches gilt von den Erörterungen über die historische Entwicklung der Lehre von der Bedeutung des sympathischen Nervensystems. Auch hier habe ich nur flüchtig skizzirt, so weit dies für die Gewinnung eines festen Standpunktes, von dem aus die Fragen

anzugreifen sind, nöthig war. Wer sich für die Einzelheiten interessiert, wird in den grossen Handbüchern der Anatomie und Physiologie das Material zur nöthigen Instruction finden.

Viele neuerdings mehrfach discutirte Fragen bezüglich des feineren Baues der peripheren Nervenzelle habe ich, als vorläufig nicht zu unserem Gegenstande gehörig, gar nicht in Betracht gezogen.

Alle diese Unterlassungen habe ich somit absichtlich und aus guten Gründen begangen, und es wäre unrichtig, wollte man aus denselben den Vorwurf mangelhafter Kenntniss des Gegenstandes in allen seinen Einzelheiten ableiten.

Die in den vorliegenden Blättern vorgebrachten Ansichten sind nicht etwa beeinflusst durch eine vorgefasste Meinung von der Unhaltbarkeit der herrschenden Theorie, mit der ich an die Untersuchung herangegangen. Im Gegentheile habe ich die Studien über unseren Gegenstand vor mehr denn fünf Jahren in vollem Zutrauen an die Zuverlässigkeit der früheren Beobachtungen und Schlussfolgerungen begonnen. Stück für Stück aber lösten sich im Verlaufe meiner Untersuchungen die Steine, welche das Fundament der alten Lehre bildeten. So oft ich mich auch genöthigt sah, nach sorgfältiger Erwägung aller Umstände irgend einen Satz der herrschenden Theorie als unhaltbar aus dem Kreise meiner Anschauungen über den uns beschäftigenden Gegenstand endgültig auszuschneiden, immer machte ich auf's neue einen Versuch mit Zugrundelegung des noch übrig bleibenden Restes der gangbaren Ansichten einen neuen, allgemeinen Gesichtspunkt zu gewinnen. In der consequenten Durchführung dieser Versuche aber bin ich, nachdem ich dieselben öfters Wochen und Monate lang gehegt, schliesslich an der ehernen Gewalt der Thatsachen gescheitert, welche endlich zu derjenigen Auffassung hinführten, die in der vorliegenden Schrift ihren vorläufigen Ausdruck findet.

Hier scheint mir nun auch der geeignete Ort zu sein, um einige Bemerkungen so recht *pro domo* zu machen.

In früheren Publicationen\*) über den uns hier beschäftigenden

---

\*) 1) Das sympathische Nervensystem in Stricker's Handbuch.

2) Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystems. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Jahrgang 1872. Bd. 66.

3) Zur Lehre von der Structur der Spinalganglien und der peripherischen Nerven. Anzeiger der Wiener Akademie. Jahrgang 1873. No. VIII—X. Sitzung vom 3. April.

Gegenstand habe ich mehrere Ansichten vorgetragen, für deren Richtigkeit es mir nicht gelungen ist hinlängliche Beweise zu erbringen.

Wenn man hieraus eine Berechtigung herleiten wollte, den neuerdings von mir dargelegten Thesen ein gewisses Misstrauen entgegenzubringen, so möchte ich in Bezug hierauf Folgendes bemerken.

Jeder, der meine früheren Arbeiten aufmerksam gelesen hat, wird gewiss erkannt haben, dass ich unzweifelhafte Beobachtungsergebnisse scharf von Hypothesen zur Erklärung der Befunde getrennt habe. In Bezug auf die von mir mitgetheilten Thatfachen habe ich nun auch nichts zurückzunehmen. Ueber den Grad der Sicherheit der von mir aufgestellten Hypothesen war ich mir vollständig klar, wie dies aus der Art und Weise der von mir gewählten Darstellung vollkommen erhellt.

Ich hätte wohl überhaupt Anstand genommen, die gedachten Hypothesen seiner Zeit in die Arbeit aufzunehmen, wenn ich nicht mehr als einmal die Aussicht aufgegeben hätte, einen befriedigenden Einblick in die vorliegenden verwickelten Verhältnisse zu gewinnen, mit jener Resignation, welcher schon Bidder Ausdruck verliehen hat, wenn er sagt: „Ich gestehe, dass ich nach einer langen Reihe misslungener Versuche, nach vielen nutzlosen Opfern an Zeit und Mühe, die Hoffnung schon ganz aufgegeben, mit den gegenwärtigen Mitteln zu einer befriedigenden Einsicht in diese Verhältnisse zu gelangen und einen Gegenstand schon ganz zu verlassen beschlossen hatte, dessen vollkommene Erledigung planmässig angestellter Forschung für jetzt noch unerreichbar und nur einem glücklichen Zufall vorbehalten schien.“\*)

Nach dem Gesagten wird der Leser leicht beurtheilen können, ob ich der voreiligen Hypothesenmacherei schuldig zu sprechen sei oder nicht.

Es wäre mir ein leichtes gewesen viele Tafeln mit Abbildungen der verschiedensten Formen von Nervenzellen und Nervenfasern anfertigen zu lassen. Ich habe die Beigabe vieler Abbildungen unterlassen, weil eine durchgreifende ikonographische Bearbeitung des Gegenstandes erst dann der Wissenschaft von Nutzen sein wird, wenn wir der Vielheit der Formen ein besseres Verständniss entgegenzubringen vermögen, als dies bis jetzt der Fall war. Dieses Verständniss anzubahnen ist ein Hauptzweck der vorliegenden Arbeit.

---

\*) F. H. Bidder, Zur Lehre von dem Verhältniss der Ganglienkörper zu den Nervenfasern. Neue Beiträge. Nebst einem Anhang von Dr. A. W. Volkmann. Leipzig, 1847.

Die Frage nach der Bedeutung des sympathischen Nervensystem's beschäftigt seit langer Zeit die Anatomen und Physiologen. Der heftige Streit, der in den 40er und 50er Jahren über den Gegenstand auf's Neue entbrannt war, hat endlich einer gewissen Stagnation Platz gemacht.

Wenn es mir gelungen sein sollte, auf's Neue die Aufmerksamkeit der Forscher auf ein wichtiges Capitel der Biologie gerichtet zu haben, dessen durchgreifende Bearbeitung das Zusammenwirken vieler Kräfte erfordert, so würde ich mich hinlänglich belohnt finden für den grossen Aufwand an Zeit und Mühe, welche ich der Bearbeitung dieses Gegenstandes gewidmet habe.

Prag, im Juni 1875.

---

## I.

### Von dem Verhalten der peripherischen Nervenfasern.

Bei der Untersuchung eines so verwickelten Gegenstandes, wie es der ist, welcher uns in den vorliegenden Blättern beschäftigen soll, wird es erspriesslich sein, die Betrachtungen an einen relativ einfachen Befund anzuknüpfen. Als solcher stellt sich uns ein im Jahre 1847 von Bidder, Robin und Wagner fast gleichzeitig beschriebener Fall dar, demzufolge eine Ganglienzelle in den Verlauf einer markhaltigen Faser eingeschaltet erscheint. Dieses Verhältniss, zuerst aufgedeckt an den Ganglien und hinteren Wurzeln von Hirnnerven (vagus und trigeminus) bei Fischen, gab Anlass zu der allgemeinen Annahme von der Existenz bipolarer Zellen, d. h. solcher Zellen, die nach entgegengesetzten Richtungen in Fortsätze auslaufen, welche alsbald den Character unzweifelhafter markhaltiger Nervenfasern annehmen sollen.

Wir wollen hier nicht darauf eingehen, die Ansichten kritisch zu beleuchten, die sowohl von den Entdeckern des geschilderten Verhaltens als auch von späteren Forschern über dasselbe ausgesprochen wurden. Ueber einen Theil derselben ist die Wissenschaft in ihrer Weiterentwicklung schon längst hinweggeschritten. Ich will daher vom Standpunkte der modernen Anschauungen überhaupt und nicht durch die Brille irgend einer bestimmten herrschenden Ansicht über die Natur der Nervenzellen den oben angeführten Bidder'schen Be-

fund, — ich glaube zum ersten Mal wieder seit 27 Jahren — einer Erörterung unterziehen.

Betrachten wir die Bilder, wie sie sich an den von Bidder und R. Wagner geschilderten Localitäten gewinnen lassen, so ergibt sich aus denselben folgende Anschauung. Die normale, aus Schwann'scher Scheide, Markumhüllung und Axencylinder bestehende Nerven-faser zeigt plötzlich eine Veränderung ihres Aussehens. Worin besteht dieselbe? Das am Meisten und sofort auffallende ist die Verbreiterung der Faser. Zweitens vermissen wir an der verbreiterten Stelle das eigenthümliche optische Verhalten, welches die Anwesenheit von Nervenmark documentirt. Drittens ist die erwähnte verbreiterte Stelle der Faser mit einem deutlichen Kerne versehen, den man füglich mit Recht als einen Zellkern im Sinne der Schwann'schen Zellentheorie auffassen kann. Die Schwann'sche Scheide schmiegt sich der geschilderten Veränderung der Nerven-faser an und zeigt in ihrem Verhalten keine Aenderung. Denken wir uns nun einmal den Fall, dass uns die langen Discussionen über den Bau und die Bedeutung der Nervenzellen unbekannt wären und dass wir nur ausgerüstet mit der Fähigkeit zu Beobachten und zu Schliessen an den oben besprochenen Befund herangingen, so würden sich, meiner Ansicht nach, ohngefähr folgende Betrachtungen daran knüpfen lassen.

Die erste hier sich aufdrängende Frage würde wohl die sein, ob die zu discutirenden Erscheinungen an den Nervenfasern zwischen Ganglion und Hirn\*) ein Vorkommen darstellt, das ohne jegliche Analogie mit den peripherischen Nervenfasern anderer Körperbezirke dasteht. Oder wenn wir die Frage anders formuliren wollen, so würde sie sich also stellen: Wir sehen an einem bestimmten Orte die Nerven-faser ihre bekannten Eigenschaften plötzlich derart ändern, dass das Nervenmark verschwindet und in einer verbreiterten marklosen Stelle ein Kern auftritt. Haben nun die Nervenfasern anderer Orte so conservative Neigungen, dass sie unter keiner Bedingung ein ähnliches Verhalten zeigen?

Man sieht alsbald ein, dass mit der Art und Weise der Beantwortung dieser Frage ein wesentlicher Gesichtspunkt für die Beurtheilung der uns beschäftigenden eigenthümlichen Organisation im Nervensysteme gegeben werden muss. Zu dem Behufe müssen wir die Nerven

---

\*) Wir haben hier, der Einfachheit der Betrachtung wegen, Bilder vor Augen, welche sich aus der hinteren Wurzel der schon genannten Hirnnerven, und schwieriger aus den Nervenknoten selbst, darstellen lassen.

überhaupt in ihrem peripherischen Verlaufe der mikroskopischen Analyse unterziehen. Gehen wir also an's Werk!

Zerzupfen wir ein feines Nervchen oder ein von einem grösseren Nerven abgestreiftes Nervenfaserbündelchen aus einem zweifellosen Cerebrospinalnerven und zwar in einer sogenannten indifferenten Zusatzflüssigkeit, so erhält man, bei Thieren aus den höheren und niederen Classen der Wirbelthiere u. a. folgende Anschauungen.

Die Zusammensetzung der Nervenfaser aus Schwann'scher Scheide Mark und Axencylinder erleidet an gewissen Stellen in der Weise eine Veränderung, dass das Mark wie eingedrückt erscheint und der Raum zwischen der Markgrenze und der Schwann'schen Scheide durch eine feingranulirte blasse Substanz, die ganz an die Substanz der Ganglienzellen erinnert, ausgefüllt wird. Studirt man diese im Verlaufe der Nervenfasern auftretenden Veränderungen derselben genauer, so wird man bald zu der Ueberzeugung gelangen, dass man es hier mit Bildungen zu thun hat, welche offenbar eine grössere Berücksichtigung verdienen, als sie seither, da man sie ganz kurz als Kerne der Schwann'schen Scheide abfertigte, gefunden haben.

Der erste Umstand, der bei der näheren Untersuchung der sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide auffällt ist der, dass dieselben in Bezug auf ihre Grösse den mannigfachsten individuellen Schwankungen unterliegen. Man kann bei Fröschen viele Exemplare untersuchen und sieht nur schwache Andeutungen in Form schmaler blasser Zonen zwischen Schwann'scher Scheide und Nervenmark. Und wiederum sind es andere Fälle, in denen die Markzone auf ein Minimum reducirt erscheint und die Nervenfaser augenblicklich an der betreffenden Stelle sich wesentlich anders, denn an den benachbarten Theilen präsentirt. Denn es erscheint die Faser dort merklich verbreitert und mehr oder weniger in ihrem Umfange von einer von Scheide und Mark leicht unterscheidbaren Substanz wie umflossen. Besonders instructiv sind in dieser Beziehung diejenigen Fälle, in denen man die in Frage stehenden Bildungen nicht sowohl im Profil als vielmehr auch von der Fläche mit zu Gesichte bekommt. Hat man nun aber einmal seine Aufmerksamkeit diesem Punkte in Bezug auf die Structur der Nervenfaser zugewendet, so wird man sehr bald auf eine Eigenthümlichkeit dieser sogenannten Kerne aufmerksam werden, die für ihre Auffindung und ihr näheres Studium sehr günstig ist. Bei *rana temporaria* oft ausserordentlich scharf ausgesprochen, aber auch bei *rana esculenta* häufig in hinreichender Klarheit erscheint die Substanz der uns beschäftigenden Kerne durchsetzt von pigmentirten



Körnchen, welche zuweilen ein hellleuchtendes gelbliches oder rostfarbenes Colorit besitzen. Während die Kerne, wenn sie pigmentlos sind, in den Fällen, wo sie nur von der Fläche aus sichtbar sind, wegen ihrer Blässe und besonders wegen der Nachbarschaft des Nervenmarkes sich sehr leicht der Beobachtung entziehen können, giebt sich die Anwesenheit derselben durch das Vorhandensein des Pigments mit der grössten Leichtigkeit, schon unter Zuhilfenahme von schwächeren Vergrösserungen (Object V. Hartnack) zu erkennen. Unwillkürlich wird man durch dieses Verhalten an die gewöhnlichen peripherischen Nervenzellen des Frosches erinnert, deren Diagnose sich der in dergleichen Untersuchungen geübte Mikroskopiker ebenfalls unter schwierigen Verhältnissen und schon beim Gebrauche schwacher Vergrösserungen hauptsächlich aus dem Vorhandensein der eigenthümlichen Pigmentirung derselben zu construiren versteht.

Wichtiger als die Pigmentirung der sogenannten Kerne erscheint eine weitere Eigenschaft derselben, welche für die hier in Betracht kommenden Gesichtspunkte sehr wesentlich ist. Man kann sich nämlich sehr leicht überzeugen, dass die grösseren der zur Beobachtung kommenden Kerne nichts weniger als „freie Kerne“ sind, sondern in ihrem Innern noch einen deutlichen Kern bergen. \*) Die Form dieses Kernes ist ganz gewöhnlich elliptisch, seltener sind seine Contouren kreisrund. Je mehr die sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide im Profil erscheinen und den Contour der Scheide auszubuchten streben, desto deutlicher wird das Bild des Kernes. Zusatz von verdünnter Essigsäure lässt durch Hervorbringung einer Granulation den Innern deutlicher hervortreten. Es ergibt sich somit, dass die zwischen Mark und Scheide vorfindlichen Bildungen entweder freie Kerne oder aber kernhaltige Zellen darstellen.

Kehren wir nun zu dem Ausgangspunkte unserer Betrachtungen zurück, so können wir, vom Standpunkte der dargestellten Thatsache die oben aufgeworfene Frage beantworten. Es lautet aber die Antwort: Im Verlaufe markhaltiger von der Schwann'schen Scheide umschlossener peripherischer Nervenfasern, welche unzweifelhafte Bestandtheile des Cerebrospinalsystems bilden, zeigen die Fasern nicht allenthalben ein und dasselbe, in ihrem ganzen Verlaufe unabänder-

---

\*) Die zellige Natur der sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide ist auch von Ranvier, von Axel Key und Retzius in der jüngsten Zeit hervorgehoben, aber in ihrer allgemeinen Bedeutung nicht weiter discutirt worden.

lich sich gleichbleibendes Aussehen. Der Inhalt der Schwann'schen Scheide zeigt vielmehr an gesonderten Stellen der Continuität der Faser eine Anhäufung von Substanz, die sich vom Nervenmark scharf unterscheidet, aber keineswegs durch irgend einen anderen Gewebsbestandtheil von demselben getrennt ist; indem nun das Nervenmark seine physikalischen und chemischen Eigenschaften ablegt, geht es ebenso in die beschriebenen Kerne über, wie an den Pforten der Körperhöhlen das Epithel der äusseren Haut in das Epithel der Schleimhäute übergeht. Da wir nun weiterhin erfahren haben, dass die scither so genannten Kerne der Schwann'schen Scheide nicht sowohl wirkliche freie Kerne, sondern Zellen mit einem charakteristischen Kerne darstellen, so kann man sie wohl mit den Bidder'schen Zellen aus den genannten Fundorten in eine Reihe anordnen

Wenn auch im Allgemeinen die Grösse der Bidder'schen Zellen die Zellen der Schwann'schen Scheide übertrifft, ebenso an der Stelle der Einlagerung der Bidder'schen Zellen das Nervenmark gewöhnlich vollständig\*) durch die Zellsubstanz verdrängt wird, während dies bei den Schwann'schen Zellen nur partiell der Fall ist, so erscheinen doch diese Unterschiede nur von quantitativer Bedeutung und vermögen, so weit ich sehe, das Wesen der von uns dargelegten Analogie nicht zu alteriren. Indem wir noch mehrmals im Verlaufe unserer Untersuchungen auf die Zellen der Schwann'schen Scheide und deren morphologische und functionelle Bedeutung werden zurückzukommen haben, wollen wir jetzt noch ein zweites Structurverhältniss im Bereiche des Nervensystemes näher beleuchten, welches zur Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage dienen kann, und für welche wir bereits, durch die Untersuchung der sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide, eine erste Antwort gefunden haben.

Wir haben bisher nur die Structur der Nervenfasern in Erwägung gezogen, so lange sie zu Nerven vereint auf ihrem Wege von den nervösen Centralorganen zu den peripheren Körpertheilen oder umgekehrt sich befinden. Wenn wir aber, unter Zuhilfennahme der modernen Technik, die eine für unsere Zwecke besonders werthvolle Bereicherung durch Cohnheim's Chlorgoldtinction erhalten hat, der Verästigung der Nerven in den Organen, nahe ihrer definitiven Endigung daselbst nachgehen, so finden wir auch hier Verhältnisse, welche eine Auffassung zulassen, die in engem Zusammenhange mit dem

---

\*) Die Persistenz einer schmalen Zone von Nervenmark an der Zelle ist von mehreren Autoren betont worden.

Gegenstände unserer Untersuchung stehen. Sobald nämlich die Nerven, nachdem sie schon ihre Markumhüllung abgelegt haben, reiche Verästigungen zu bilden anfangen, findet man hier und da an denselben Verbreiterungen von wechselnden Formen, — runde, dreieckige oder unregelmässig gestaltete, die gewöhnlich die Knotenpunkte von mehreren feinen Fasern bilden. Diese Bildungen sind mehrfach genau beschrieben worden und es erhob sich eine Controverse darüber, ob sie Nervenzellen darstellen oder nicht. Nach vielfachen Untersuchungen derselben liegt hier, nach meiner Meinung, die Sache ebenso, wie bei den sogenannten Kernen der Schwann'schen Scheide, insofern diese Verbreiterungen echter Nervenfasern entweder kernlos sind oder auch, wie ich dies besonders gut an den Harnblasennerven vom Frosche gesehen habe, einen deutlichen Kern besitzen. In dem oben angezogenen Falle ändert also eine peripherische Nervenfaser in ihrem Verlaufe ihr Aussehen ebenfalls in der Art, dass sie sich einmal entweder nur verbreitert oder auch zweitens in diese Verbreiterung deutlich einen Kern eingelagert aufnimmt.

Wir brauchen aber nicht bei den schon erwähnten Thatsachen stehen zu bleiben, um, ganz allgemein und ohne ins Detail und an dieser Stelle in theoretische Betrachtungen einzutreten, — darzuthun, dass die Nervenfasern in ihrem Verlaufe nicht immer ein und dasselbe Aussehen darbieten.

Wenn man einfach durch Zerzupfen in indifferenten Zusatzflüssigkeiten aus einem Stückchen Frosegnerven viele Nervenfasern isolirt, so wird man bald bemerken, dass Fasern vorkommen, die auf lange Strecken das normale charakteristische Aussehen markhaltiger Nervenfasern darbieten. Mehr oder weniger scharf abgeschnitten hören dann aber die so charakteristischen Formen des in den Anfängen einer chemischen Zersetzung begriffenen Nervenmarkes auf. Statt desselben erscheint als Inhalt der Schwann'schen Scheide eine granulirte Masse, die ganz durchsetzt ist von feinen, glänzenden, stark lichtbrechenden Körnchen. Man erhält, um kurz zu sein, Bilder, die vollständig erinnern an diejenigen, welche Nervenfasern bieten, die man aus den peripherischen Stümpfen von Nerven erhält, die man ohngefähr am 4.—6. Tage nach ihrer Durchschneidung oder Quetschung der Untersuchung unterwirft. Die erörterte Umwandlung der Nervenfaser kam zur Wahrnehmung nur bei der Klasse sogenannter breiter markhaltiger Fasern, während sie mir bei den sog. schmalen niemals aufgestossen ist.

Als ich zum erstenmale bei der fortgesetzten Untersuchung peripherischer Nerven auf das geschilderte Vorkommen stiess, konnte ich

nicht umhin, mich demselben gegenüber sehr reservirt zu verhalten. Denn erfahrungsgemäss besteht die Markscheide der peripherischen Nerven aus einer durch chemische und mechanische Einwirkungen äusserst leicht zersetzbaren Substanz. Hand in Hand mit dieser leichten Zersetzlichkeit geht die grosse Variabilität der unter dem Mikroskop sich darbietenden Bilder, welche man sehr gut kennen muss, um nicht allerlei Täuschungen anheimzufallen. Ich konnte mich also nicht eher entschliessen die angeführten Befunde für etwas Besonderes, und nicht für Kunstproducte zu halten, bis ich hierüber jeden Zweifel zerstreut. Ein solcher ist jedoch nur möglich in Fällen, in denen die Umwandlung des Markes noch nicht zu der Bildung grösserer dunkler glänzender Granula geführt hat, wodurch die Diagnose der eingetretenen Veränderung der Nervenfaser sehr wesentlich erleichtert wird. Nachdruck auf derartige Befunde innerhalb der peripherischen Nerven des Cerebrospinalsystems wurde bis jetzt noch von keinem Beobachter gelegt. Doch muss hier daran erinnert werden, dass der vielerfahrene Leydig bei *Salamandra maculata* Fasern beschreibt, „welche als Bindeglied zwischen den dunkelrandigen und den blassen Fasern (Remak'schen Fasern) aufgefasst werden können“;\*) auch der Aeusserungen von Courvoisier über die „Uebergangsfasern“ ist hier Erwähnung zu thun.

Da sich aus dem bereits Mitgetheilten ergibt, dass das Verhalten der Markscheide der peripheren Nervenfasern eine grosse Rolle in unseren Betrachtungen spielt, so wollen wir gleich dazu schreiten, eine für die Lehre vom Sympathicus sehr wichtige Frage zu discutiren, nämlich die nach der morphologischen und functionellen Bedeutung des Nervenmarkes. Einen wichtigen Anknüpfungspunkt hierfür besitzen wir in den Thatsachen, die wir oben bereits geschildert haben; durch dieselben wird erwiesen, dass Veränderungen in der Constitution der peripheren Nervenfasern vorzugsweise auf Kosten des Nervenmarkes oder wenigstens an letzterem sich vollziehen. Da wir gesehen haben, dass an gewissen Stellen der in der Peripherie verlaufenden Nervenfasern das Nervenmark schwinden kann, ohne dass wir Anlass hätten zur Annahme, dass hiermit auch die specifischen Leistungen der Fasern vernichtet würden, so kann man wohl behaupten, dass auch ohne Markumhüllung der als Axencylinder bezeichnete Theil der Nervenfaser im Stande ist, die Functionen derselben allein

---

\*) Anatomisch-histologische Untersuchung über Fische und Reptilien. Berlin 1853. p. 94.

auszuüben. Diese Behauptung ist aber durchaus nicht identisch mit der, — was ich um Missverständnisse zu vermeiden besonders bemerken will — dass die Markumhüllung eine unnütze Beigabe der Nervenfasern bilden und, da sie nicht notwendig für die Leistungen der Nervenfasern erscheine, als bedeutungsloser Ballast angesehen werden dürfe. Indem wir die Darlegung unserer Ansichten über die physiologische Bedeutung des Nervenmarkes alsbald folgen lassen werden, sollen aber erst noch weitere Thatsachen beigebracht werden zur Begründung des Ausspruches, dass unter ganz normalen Verhältnissen die Nervenleistungen auch ohne Nervenmark möglich sind.

Es giebt erstlich Nerven,\*) die keine Spur von Nervenmark zeigen, und doch zweifelsohne der Fortleitung von Erregungszuständen dienen, wie z. B. der Nervus olfactorius. Dass es ungereimt wäre, von den zahlreichen marklosen Fasern im sogenannten Sympathicus anzunehmen, dass sie zur Fortleitung von Erregungszuständen ungeeignet wären, liegt auf der Hand. Weiterhin lehrt die Untersuchung der terminalen Verbreitung der Nerven und zwar gleichmässig im quergestreiften und im glatten Muskel, in der Haut und in den Schleimhäuten, in den Drüsen u. s. w., dass das Mark die Nerven nicht bis zu ihrem Endziele in den peripherischen Organen, sondern nur bis zu verschiedenen mehr oder weniger weit von letzteren entfernten Stationen begleitet. Aus diesem Verhalten darf man wohl schliessen, dass zur Aufnahme und Fortleitung einer Erregung (immer den normalen, unversehrten Organismus vorausgesetzt) die Gegenwart des Nervenmarkes nicht *conditio sine qua non* ist. Endlich scheint aus Beobachtungen aus der Entwicklungsgeschichte der markhaltigen Nervenfasern (auf die Neubildung von Nervenfasern kommen wir nochmals zurück) hervorzugehen, dass die Bildung von Nervenmark um die anfangs marklose Faser ein secundärer Process ist.

Wir haben bis jetzt hauptsächlich aus allgemein bekannten, klar zu Tage liegenden Thatsachen indirect die Ueberzeugung gewonnen, dass die wesentlichen Vorgänge innerhalb des peripherischen Bezirkes des Cerebrospinalnervensystemes der unbedingten Mitwirkung des Nervenmarkes nicht bedürfen. Diese Erkenntniss ist nun allerdings

---

\*) Wir haben bei unseren Betrachtungen in den Fällen, in denen nicht die Thierklassen, auf welche sich die Untersuchung bezieht, besonders bemerkt ist, immer Säugethiere oder Amphibien (Frosch, Salamander) im Auge. In Bezug auf die uns hier beschäftigende Frage lehrt die vergleichende Histologie noch weiter, dass den Nervenfasern der Cyklostomen die Markscheide allenthalben abgeht.

wesentlich negativer Art; wenn wir aber die Functionen des Nervenmarkes in seiner Bedeutung für die Thätigkeitsäusserungen der peripheren Nerven richtig beurtheilen wollen, müssen wir wissen, welche Rolle das Mark wirklich spielt, und können uns nicht damit begnügen festgestellt zu haben, dass das Nervenmark bei dem Vorgange der Aufnahme und der Fortleitung von Nervenirregungen nicht unbedingt theilhaftig sein muss. Die Natur der uns beschäftigenden Frage bringt es aber mit sich, dass eine directe Beantwortung derselben auf dem Wege der Beobachtung und des Experimentes nicht zu hoffen ist. Denn es ist offenbar unmöglich, durch einen operativen Eingriff an einem Nerven die Markumhüllung seiner Fasern zu entfernen und die Folgen dieses Eingriffes zu beobachten.

Wir sind also auch hier angewiesen auf die Betretung indirecter Wege, um zu dem gewünschten Ziele zu gelangen.

Aus den Resultaten der mikroskopischen Untersuchung markhaltiger Nerven müssen wir den Schluss ziehen, dass die Nervenmarksubstanz einen sehr hohen Grad der Zersetzlichkeit besitzt. Es ist bekanntlich kaum möglich das Nervenmark in seiner natürlichen physikalischen Beschaffenheit zu Gesicht zu bekommen, so rasch greifen die Veränderungen ein, welchen das charakteristische Aussehen der Nervenfasern seine Entstehung verdankt. Neuerdings hat Eichhorst darauf hingewiesen, dass in Folge einer an einen peripherischen Nerven vorgenommenen Durchschneidung schon sehr kurze Zeit nach der letztern an der Schnittstelle, sowohl am centralen als auch am peripherischen Stumpfe, Veränderungen am Nervenmarke zu constatiren sind.

Ganz besonders aber müssen wir hier in's Auge fassen die Veränderungen der markhaltigen Nervenfasern, welche auftreten, wenn man durch Schnitt oder Ligatur einen Nerven vom Centrum lostrennt. Indem wir in Betreff der Schilderung derselben auf die umfangreiche über diesen Gegenstand bereits vorhandene Literatur verweisen,\*) wollen wir einige Betrachtungen an dieselben knüpfen, von einem Standpunkte aus, welcher von früheren Bearbeitern dieser Frage nicht eingenommen wurde.

Bei der Discision eines Nerven sind zwei Wirkungen dieser Operation von einander zu unterscheiden. Einmal wird nämlich die Fortleitung der von den respectiven Endapparaten ausgehenden Erregungen

---

\*) Dieselbe findet sich zusammengestellt in den Arbeiten von Benecke, Ueber die histologischen Vorgänge in durchschnittenen Nerven. Virchow's Archiv Bd. 55, pag. 496 und von Eichhorst, ebenda Bd 59, pag. 1—25.

an der Schnittstelle aufgehalten, so dass die beiden Stümpfe offenbar unter Bedingungen sich befinden, in denen geringere Anforderungen an sie gestellt werden. Denn nach der Durchschneidung eines gemischten Nerven z. B. kann sich eine centripetal zu leitende Erregung nur durch den peripheren Stumpf, eine centrifugal gerichtete nur durch den centralen fortbewegen. Sodann aber wird sicheilich durch den Schnitt im Nerven ein reizendes Moment gesetzt, welches in seiner Wirkung das normale Aussehen der Nerven gewiss nicht ganz intact lassen dürfte.

Die eigenthümlichen Veränderungen nun, welchen der peripherische Stumpf eines durchschnittenen Nerven anheimfällt, erstrecken sich hauptsächlich auf das Nervenmark. Bekanntlich sind über die Natur der auf eine Durchschneidung folgenden Vorgänge die verschiedensten Meinungen geäußert worden. Nach meinen eigenen Untersuchungen muss ich im Wesentlichen übereinstimmen mit den Ansichten von Neumann\*) und Eichhorst,\*\*) welche dahin gehen, dass in Folge der Durchschneidung eine Alteration in dem chemischen und morphologischen Verhalten des Nervenmarkes und des Axencylinders eintritt, wodurch der vorher zwischen beiden bestandene Unterschied verwischt wird. Das Endresultat des geschilderten Processes ist, dass die Schwann'sche Scheide erfüllt ist von einer homogenen, sehr kernreichen Substanz, in welcher eine Differentiation zwischen Axencylinder und Markscheide nicht mehr zu finden ist, welche sich aber in ihren chemischen und morphologischen Characteren mehr dem Axencylinder als der Markscheide nähert. Das Studium des Fortschreitens des Processes lehrt auch zweifellos, dass sich die Veränderungen nach der Nervendurchschneidung an der Majorität der Fasern hauptsächlich am Nervenmarke abspielen. Die physiologische Chemie ist uns bis jetzt noch jede Aufklärung über das Wesen dieses Processes schuldig; doch gewinnt man aus dem Studium der morphologischen Veränderung die Vermuthung, dass im Nervenmarke gleichsam eine Scheidung, in eine fettige und in eine albuminoide Substanz Platz greife, von denen die fettige Substanz sehr rasch zur Resorption gelangt, die albuminoide aber mit der Axencylindersubstanz einheitlich verschmilzt.

Jedenfalls ist der Umstand, dass schon kurze Zeit nach der Durchschneidung eines Nerven sehr eingreifende Veränderungen seiner chemischen und morphologischen Constitution sich ausbilden, ein Be-

\*) Degeneration und Regeneration nach Nervendurchschneidungen. Arch. d. Heilkunde. 1868, pag. 193.

\*\*) l. c.

weis dafür, dass der Nervenstoffwechsel nichts weniger als träge ist, wie man vielfach anzunehmen geneigt ist. Da sich nun aber das Nervenmark als das hauptsächlichste Material darstellt, welches, allerdings unter nicht normalen Bedingungen, sowohl seine morphologische Organisation als seine chemische Constitution rasch und eingreifend verändert, so kann man hieraus wohl den Schluss ziehen, dass das Nervenmark eine besondere Bedeutung für den Stoffwechsel resp. die Ernährung der peripherischen Nerven besitze. Um aber unsere Ansichten über diesen Gegenstand noch besser darzulegen, haben wir über die Natur der Strukturveränderung der Nerven nach der Durchschneidung eines peripherischen Nerven noch einige Bemerkungen zu machen.

Die Thatsache, dass die eigenthümliche Alteration der Form und Zusammensetzung der Nervenfasern nach Nervendurchschneidung sich am peripherischen Nervenstumpfe hauptsächlich ausbildet, hat zur Aufstellung der Ansicht geführt, dass die peripherischen Nerven die Quellen ihrer normalen Ernährung in den grossen nervösen Centren besässen. Inwieweit man sich eine den Anforderungen der exacten Naturwissenschaften entsprechende Vorstellung über trophische Einflüsse der Centralorgane auf die Nervenfasern zu bilden im Stande ist, wollen wir dahin gestellt sein lassen. Als einfachen, nichts präjudicirenden Ausdruck der Thatsachen aber kann man wohl den folgenden Satz aufstellen: Das normale Aussehen resp. die normale chemische Constitution und die damit einhergehende normale Form der peripheren Nervenfasern ist eine Resultirende aus den Stoffwechselprocessen, welche einerseits entsprechen der Consumption, die mit den physiologischen von den Endapparaten aus eingeleiteten Vorgängen verknüpft ist, und andererseits der Restitution der Nervenfasersubstanz. Mit anderen Worten, der jeweilige Zustand der Nervenfaser entspricht einem gewissen Verhältnisse zwischen Verbrauch durch die eigentliche functionelle Thätigkeit des Nerven und Restitution aus dem Strome der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit.

Nun ist es leicht einzusehen, dass dieses Verhältniss durch eine Continuitätstrennung im Verlaufe eines gemischten Nervenstammes eingreifende Störungen erleiden muss. An dem mit dem Centrum noch in Verbindung stehenden Nervenstumpfe erleidet nur die Schnittstelle und ihre nächste Nachbarschaft eine tiefer gehende, besonders in der bekannten Umwandlung der Markscheide sich aussprechende Veränderung ihrer Constitution. Da die vom Centrum ausgehenden motorischen, hemmenden oder secretorischen Impulse noch ungehindert durch den



Nerven strömen können, wobei es gar nicht in Betracht kommt, dass sich dieselben nicht mehr in Form von Muskelcontractionen etc. kund geben können, und weiterhin von der Schnittfläche aus wohl auch schwache Reize ausgehen mögen, so kann das alte Verhältniss zwischen Verbrauch durch Thätigkeit und Aufnahme aus dem allgemeinen Ernährungsreservoir annähernd erhalten bleiben. Hieraus liesse sich die geringe Störung im Verhalten des centralen Stumpfes bei der Trennung eines Nerven von seinem Centrum erklären.

Unter anderen Verhältnissen steht der peripherische Stumpf eines durchschnittenen Nerven. Ihm ist der Weg für die Aufnahme von von den Centren ausgehenden Erregungen vollständig versperrt; so ist er also den Einflüssen entzogen, die einen wichtigen Factor für die jeweilige Energie des in ihm waltenden Stoffwechsels bilden. Erregungen von der Peripherie aus, d. h. Erregungen sensibler Nervenenden können den Nerven noch nach wie vor durchströmen; der Einfluss derselben aber kann wohl nicht hoch angeschlagen werden, da mit dem Wegfalle der Motilität in einem bestimmten Bezirke auch die Einleitung sensibler Erregungen erschwert wird.

Inwieweit bei den Vorgängen im peripheren Stumpfe, ausser den eben erwähnten Umständen, noch die von der Schnittstelle aus angeregten Veränderungen der Nervenfasern in's Spiel kommen, lässt sich nicht weiter bestimmen. Doch soll hier nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, dass denselben möglicherweise eine grössere Bedeutung zukommt, als man bisher anzunehmen geneigt war. \*)

Aus den angeführten Thatsachen folgt zunächst die grosse Geneigtheit des Nerven, bestimmte Aenderungen in seinen normalen Functionen mit Veränderungen in seiner chemischen und morphologischen Constitution einhergehen zu lassen. Diese Veränderungen localisiren sich hauptsächlich in der Markscheide.

Wenn wir nun aber die Schicksale eines vom Centrum getrennten Nerven resp. das Verhalten von Nervenwunden weiter verfolgen, werden wir ein Verhalten kennen lernen, welches für die Entwicklung der von mir zu vertretenden Ansichten wichtig ist.

Es ergibt sich nämlich aus einer Reihe von Versuchen, dass die Umwandlung des Nervenmarkes in eine mit dem gleichfalls veränderten

---

\*) Die eben angestellten Betrachtungen machen durchaus nicht den Anspruch, eine Erklärung für die merkwürdigen Vorgänge im durchschnittenen Nerven abzugeben. Die vielen in Betracht kommenden Factoren verdienen eine genaue Untersuchung; hier konnten wir diesen Gegenstand, in der Durchführung eines bestimmten Gedankenganges, nur streifen.

Axencylinder identische Substanz die unerlässliche Bedingung ist zur Regeneration normaler Nervenfasern. In Bezug auf diese vielfach discutierte Frage schliesse ich mich den Ansichten von Neumann und Eichhorst an, welche an eine ältere von Remak zuerst ausgesprochene Meinung wieder anknüpfen. Diesen zufolge erfolgt die Neubildung von Nervenfasern durch Längstheilung des Inhaltes der Schwann'schen Scheide, welcher eine durch augenfällige Veränderung des Nervenmarkes und weniger leicht nachweisbare des Axencylinders entstandene Substanz darstellt. Die neugebildeten Fasern entbehren zuerst der Markhülle, welche erst, in Folge secundärer Umwandlung zur Ausbildung gelangt. Aus dem Umstande nun, dass das Endziel der in dem peripherischen Nervenstumpfe ausgebildeten Veränderungen in einer Neubildung von Nervenfasern besteht, kann man wohl die Vermuthung schöpfen, dass das Nervenmark, da es bei diesem Processe als solches zum Verschwinden kam, in hohem Grade geeignet ist, die vegetativen Processe der Nervenfaser zu unterhalten resp. zu verstärken und zu begünstigen. Denn man fasst wohl mit vollem Rechte alle Vorgänge der Neuentwicklung als gesteigerte Processe der normalen Ernährung und des normalen Wachsthum auf; dass hierbei öfters die normalen physiologischen Functionen eingreifend gestört sind, kommt dabei nicht in Betracht. Daher kann auch kein Gewicht auf die bei der Neuentwicklung von Nervenfasern zur Beobachtung kommende Thatsache gelegt werden, dass der peripherische Nervenstumpf seine normalen Functionen verloren hat. Denn die letzteren erfordern einen bestimmten Grad der vegetativen Energie; wenn diese, aus irgend welchen Grunde einen anderen Character angenommen hat, dann kann die normale Function schwinden, während excessiv gesteigerte Wachsthumsvorgänge in die Erscheinung treten.

Wir haben bis jetzt die auf Kosten des Nervenmarkes vor sich gehenden Veränderungen der Nervenfaser nur in den peripherischen Stumpf durchschnittener Nerven verlegt. Die genauere Untersuchung aber lehrt, dass auch im centralen Stumpfe, besonders in nächster Nähe des Schnittes die Ernährungsvorgänge der Nervenfasern ein von der Norm bedeutend abweichendes Verhalten zeigen, worauf Neumann neuerdings hingewiesen hat; in Uebereinstimmung hiermit stehen auch die Resultate meiner eigenen Beobachtungen. Diese der räumlichen Ausdehnung nach allerdings viel beschränkteren Veränderungen im centralen Stumpfe lassen sich ganz ebenso auffassen, wie die im peripheren Stumpfe; durch einen abnormen Verlauf der vegetativen Vorgänge bildet sich, unter Veränderungen des Nervenmarkes, die mit

einem Verschwinden des letzteren enden, eine Substanz, aus welcher durch Längstheilung neue Nervenfasern sich bilden.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, wie ich glaube, mit einiger Sicherheit, dass unter allerdings nicht normalen Bedingungen das Nervenmark eine Reihe von Erscheinungen darbietet, welche uns, im Zusammenhange mit dem, was wir in anderer Weise über die Function des genannten Nervenbestandtheiles ermittelt haben, zur Annahme drängen, dass dasselbe nicht sowohl für die eigentliche Nerventhätigkeit, als vielmehr für die Unterhaltung des normalen Nervenstoffwechsels in Betracht kommt. Um diese Ansicht noch weiter zu stützen, mag hier noch folgende Erwägung Platz finden.

Aus dem Strome der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit versorgen sich die verschiedenen Gewebe und Organe offenbar in sehr verschiedener Weise. Nur in seltenen Fällen wird das Verhältniss zwischen Totalaufnahme und Ausgabe so regulirt sein, dass sich beide vollkommen das Gleichgewicht halten. Aber auch wenn dieses der Fall ist, besitzt der normale Organismus gewöhnlich noch so viel disponibles Material, dass er, wie dies bekanntlich in Krankheiten der Fall ist, die Ausgaben, trotz sehr mangelhafter Zufuhr, für längere Zeit zu decken im Stande ist. Das Material aber, welches unter den genannten abnormen Bedingungen zum Verbräuche gelangt, circulirt in diesem Falle nicht von vornherein im Strome der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit, aus welcher während des normalen Ablaufes der Körperfunktionen die Ausgaben bestritten werden. Es befindet sich vielmehr abgelagert in bestimmten chemischen Verbindungen und in bestimmter Gewebsform, welche vorerst wieder gelöst und verändert werden müssen, auf dass dem Gesamtorganismus wieder zu Gute kommen kann, was einst von dem üppigen Strome der Ernährungsflüssigkeit an einzelne Territorien transportirt und dort abgelagert wurde. Nun ist es aber das Resultat reicher physiologischer Erfahrung, dass gleichsam als solche Vorrathsspeicher die Fettzellen angesehen werden können; jedenfalls spricht der Umstand, dass bei gestörter Stoffaufnahme das in Zellen aufgespeicherte Fett aufgezehrt wird, für die Eigenschaft der Fette rasch für die Dienste des Organismus nutzbar gemacht zu werden. Diese Eigenschaft scheint nun auch dem Nervenmarke, das in seiner chemischen Constitution sich den Fetten sehr nähert, für seine Bedeutung im Haushalte des Nervenstoffwechsels zuzukommen.

Wir haben noch auseinanderzusetzen, mit welchem Rechte wir bei unseren Betrachtungen über die Bedeutung des Nervenmarkes so

grosses Gewicht legten auf Erscheinungen, welche unter so abnormen Bedingungen auftreten, wie sie durch die Trennung eines Nerven vom Cerebrospinalorgan gegeben werden? Die Berechtigung hierzu schöpfen wir aus der Ueberzeugung, dass Processe, welche man künstlich hervorruft oder welche, wie dies in Krankheiten der Fall ist, abnorm verlaufen, nicht als ganz fremde und ad hoc berufene auftreten, sondern nur gewisse Abänderungen normaler Erscheinungen darstellen. Leicht begreiflich erscheint es jedoch, dass das Endresultat hierbei sehr oft den Anschein von ganz neu auftretenden Processen bieten kann.

Um für diese allgemeine Anschauung an dem uns vorliegenden Gegenstande eine Erläuterung zu liefern, soll Folgendes bemerkt werden. Wenn wir sehen, dass ein Nerv auf Anlegung eines Schnittes äusserst stürmische Alterationen seiner Ernährungsvorgänge zeigt, so ist wohl nicht anzunehmen, dass im normalen Zustande der Nerv der Sitz träger vegetativer Processe ist; wenn wir weiter hierbei sehen, dass das Nervenmark sich hauptsächlich an den im Nerven auftretenden morphologischen Umwälzungen betheiligt, warum sollen wir nicht vermuthen, dass auch unter normalen Bedingungen diese Substanz für die vegetativen Processe Etwas leistet und nicht nur eine indifferente Umhüllungsmasse des die eigentliche Nerventhätigkeit vermittelnden Axencylinders bildet? Wenn wir endlich sehen, dass bei Continuitätstrennung eines Nerven die morphologische und functionelle Restitution mit grosser Raschheit auftritt, so liegt auch hier der Gedanke sehr nahe, dass auch im normalen Nerven vegetative Vorgänge zuweilen derart gesteigert sein können, dass dieselben in den Vorgang der Neubildung gleichsam umschlagen können.

Diese Ueberlegungen führen uns aber auf ein Gebiet, auf welchem wir der Wahrheit nicht auf Umwegen, sondern direct durch die Beobachtung nachzuspüren vermögen. Nichts liegt näher als, ausgerüstet mit der Kenntniss der gleichsam excessiv ausgebildeten Veränderungen durchschnittener Nervenfasern, den, wenn auch noch so schwach angedeuteten Spuren nachzugehen, in welchen sich am normalen Nerven die gleichen Eigenschaften ausprägen. In dieser Hinsicht möge auf Folgendes hingewiesen werden.

Bereits an früherer Stelle habe ich der Beobachtung Erwähnung gethan, dass man in peripheren Nerven des Cerebrospinalsystems auf Nervenfasern trifft, die deutlich verschiedene Stufen einer Nervenmarkumwandlung zeigen. Mit der Constatirung dieser Thatsache ist man auf den Zufall angewiesen, da ich kein Merkmal anzugeben weiss,

durch welches sich, ohne genauere mikroskopische Durchforschung des Präparates, die Anwesenheit der genannten Fasern diagnosticiren liesse. Wenn man aber unverdrossen zahlreiche Präparate einfach durch Zerpupfung anfertigt, so wird man, bei der nöthigen Aufmerksamkeit, sich von der Richtigkeit dieser Angabe überzeugen können. Hierbei soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass auf Verwechslungen mit mechanisch insultirten Nervenfasern, durch welche eigenthümliche Bilder der mannigfachsten Art entstehen können, gebührende Rücksicht genommen wurde.

Mit Leichtigkeit gelangen wir von dieser ersteren Thatsache, welche dafür spricht, dass die durch Nervendurchschneidung eingeleiteten und stürmisch verlaufenden Vorgänge auch in normalen Nerven nicht gänzlich fehlen, zu einer zweiten; wir brauchen uns nur zu erinnern, dass sich als Endresultat der öfters besprochenen Umwandlung der normalen markhaltigen Nervenfasern in Folge der Nervendurchschneidung die Bildung neuer Fasern ergibt. Wenn wir nun die normalen Nerven auf die Anwesenheit junger Nervenfasern untersuchen, so haben wir leider für die Diagnose derselben keine unzweifelhaften Kennzeichen. Doch wird kaum etwas dagegen einzuwenden sein, wenn wir annehmen, dass Gebilde, welche denen gleichen, die wir als zweifellos neugebildete im peripherischen Stumpf durchschnittener Nerven ansehen, auch im normalen Nerven eine ähnliche Entwicklung durchgemacht haben. Als solche Fasern aber sprechen wir diejenigen an, die sich von ihren Nachbarn erstlich dadurch unterscheiden, dass sie wesentlich schmäler sind, zweitens dass sie immer in Bündeln zusammenliegen, und drittens, dass sie sehr reich sind an kleinen sogenannten Kernen der Schwann'schen Scheide. \*) Diese Sorte von Fasern wurde auch neuerdings wieder von Eichhorst \*\*) als neugebildete angesprochen, ohne dass sich dieser Forscher des Weiteren über die Motive geäußert, welche ihn zu dieser Annahme geführt. Indem wir das von Eichhorst hervorgehobene Moment ebenfalls adoptiren, führen wir für die Anschauung, dass die sogenannten schmalen Nervenfasern das Product einer Neubildung sind, noch Folgendes an.

---

\*) Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass hier von denjenigen Fasern die Rede ist, die einst von Bidder und Volkmann als „sympathische Fasern“ einer sehr gründlichen Bearbeitung unterzogen wurden. Auf die Ansichten dieser Forscher werde ich an einem anderen Orte ausführlich zurückzukommen haben.

\*\*) l. c. pag. 13.

Das Vorkommen der schmalen Fasern innerhalb des Cerebrospinalsystems ist ein regelloses, äusserst variables, wechselnd nach dem Orte, von wo man das Präparat entnimmt, nach Jahreszeit, besonders bei Thieren mit Winterschlaf, nach Individuum etc. Dieser Umstand spricht, soweit ich sehe, sehr für die Annahme, dass diese Fasern das Product einer während des normalen Lebens vor sich gehenden Entwicklung darstellen. Nehmen wir hinzu, dass die schmalen Fasern gewöhnlich in Convoluten vorkommen, so dass ganz der Modus der Neubildung vorliegt, wie er durch directe Beobachtung nachgewiesen werden kann, so steigt die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit unserer Aufstellung betreffs der Natur der schmalen Fasern.

An dieser Stelle wollen wir noch einer Ansicht Bidder's\*) Erwähnung thun, welche sich auf den uns hier beschäftigenden Gegenstand bezieht. Bei einem Frosche, dem Bidder vor fünf Monaten die Wurzeln der Nerven der hinteren Extremitäten durchschnitten hatte, fand er neben Fasern mit den Characteren der Entartung andere, schmale, in Bündeln zusammenliegende, ohne jegliche Spur von Degeneration. Bidder knüpft an diesen Befund den Ausspruch, dass es in den Cerebrospinalnerven Fasern gebe, die im Rückenmark weder ihr functionelles noch auch ihr Ernährungscentrum haben, und dass die von ihm vorgefundenen Bündel schmaler Nervenfasern in ihrem normalen Bestande durch den Zusammenhang mit den Spinalganglien gesichert werden. Was nun diese Ansicht betrifft, so ist gegen die Behauptung, dass es Fasern giebt, die im Rückenmark ihr Ernährungscentrum nicht besitzen, füglich nichts einzuwenden, zumal die Lehre von den Ernährungscentren der Nerven im Sinne Bidder's mir in ihren thatsächlichen Grundlagen nichts weniger als gesichert erscheint. Die weiteren Schlussfolgerungen von Bidder erscheinen mir jedoch nicht zulässig. Einmal wissen wir gar nicht, inwieweit die schmalen Nervenfasern überhaupt functionell im vorliegenden Falle in Betracht kamen, da die nach der Operation noch übrig gebliebenen vitalen Erscheinungen an der hinteren Extremität auch ohne Zuhilfenahme eines Einflusses des Nervensystemes erklärbar sind, wie später ausführlich erörtert werden soll. Zweitens ist für die Behauptung, dass für den normalen Bestand der beobachteten schmalen Fasern die Spinalganglien von irgend welcher Bedeutung waren, kein Beweis erbracht; besonders ist kein Versuch angestellt, durch den nachgewiesen worden wäre, dass nach Trennung der Nerven vom Ganglion das Auftreten

---

\*) Du Bois und Reichert's Archiv. 1865. pag. 67.

der in Frage stehenden Fasern nicht mehr zu constatiren gewesen wäre. — Viel wahrscheinlicher, als die von Bidder ausgesprochene Ansicht, scheint mir die zu sein, dass es sich hier nicht sowohl um eine Conservirung alter Fasern, als um eine Neubildung neuer handelte, — ein Vorgang, der ganz in Uebereinstimmung ist mit den Ermittlungen über die Veränderungen im peripheren Stumpfe durchschnittener und sich regenerirender Nerven.

Wir haben somit aus dem Vorhergehenden in Erfahrung gebracht, dass unseren Erwartungen gemäss in den peripheren Nerven des Cerebrospinalsystemes die Spuren aufweisbar sind, aus denen wir schliessen dürfen, dass der Nerv der Sitz von Stoffwechselvorgängen ist, die nicht nur dazu dienen, die normale Form und Zusammensetzung des functionirenden Nerven zu sichern, sondern auch unter gewissen nicht näher zu präcisirenden Bedingungen normal sich quantitativ derart zu steigern vermögen, dass eine Neubildung auftritt.

Bis jetzt wurde bei der Discussion der Thatsachen immer besonders hervorgehoben, dass wir von den Nerven des Cerebrospinalsystemes reden; es geschah dies aus Gründen der formalen Darstellung dieser Untersuchungen. Nun wir einige Gesichtspunkte aufgestellt, welche für die Gesamtauffassung des uns beschäftigenden Problems von grosser Wichtigkeit sind, können wir dem eigentlichen Gegenstande dieser Schrift näher rücken. Und zwar wird der Uebergang hierzu sich füglich anknüpfen lassen an die Erörterung der Frage: Ist ein cardinaler Unterschied zu constatiren bezüglich der bis jetzt erörterten Verhältnisse zwischen den Bestandtheilen des Cerebrospinalsystemes und des sogenannten sympathischen Nervensystemes? Ehe wir aber zur Darlegung unserer diesbezüglichen Ansichten übergehen, müssen wir uns über die anatomische und physiologische Stellung des sympathischen Nervensystemes vom Standpunkte der zur Zeit darüber herrschenden Meinungen etwas eingehender verbreiten.

---

## II.

### **Histologische und physiologische Charakteristik des sympathischen Nervensystemes.**

Die älteren Ansichten über die anatomische und physiologische Stellung des Sympathicus wollen wir hier nicht weiter in Erwägung

ziehen. Man findet dieselben, zum Theil mit sachkundiger Kritik versehen, reproducirt in den älteren Lehr- und Handbüchern der Physiologie und Anatomie.

Die jetzt von der Majorität der Forscher mehr oder weniger vollständig adoptirte Lehre vom Sympathicus wurde, so weit ich finde, zuerst in ihren Grundlagen vorgetragen von Bichat. Dieselbe hing auf's Engste zusammen mit der das System Bichat's durchdringenden Idee von der scharfen Trennung der Lebenserscheinungen in eine sogenannte vegetative und animalische Sphäre. Nach Bichat werden die animalischen Functionen von dem cerebrospinalen Nervensystem beherrscht, die vegetativen aber von dem sympathischen. Der französische Biologe proclamirt also rein und unverfälscht die Lehre von der vollständigen Selbständigkeit des Sympathicus, indem er aufstellte, dass, ebenso wie die Erscheinungen des animalischen Lebens abhängig seien von den grossen Centren, Hirn und Rückenmark, so die Functionen der unwillkürlichen Bewegung und der Absouderung die Anregung ihrer Thätigkeit schöpften aus den Nervenknoten des Sympathicus.

Die Lehre Bichat's adoptirte man in Deutschland in ihren Grundzügen und versuchte deren Erweiterung nach verschiedenen Richtungen hin. Der Anstoss aber zu diesem Ausbau der von Bichat begründeten Lehre wurde gegeben durch die Fortschritte, welche auf dem Gebiete der mikroskopischen Durchforschung der verschiedenen Bestandtheile des Nervensystemes gemacht wurden. Der hier am meisten in Betracht kommende Punkt war der durch die mikroskopische Anatomie erbrachte Nachweis von zelligen Gebilden in Hirn und Rückenmark einerseits und in den Nervenknoten des Sympathicus andererseits. Mit der Entdeckung der Nerven- oder Ganglienzelle, als einem dem Cerebrospinalorgane und den Ganglien des Grenzstranges gleichmässig zukommenden Bestandtheile, glaubte man ein neues wichtiges Moment aufgefunden zu haben, um die Functionen der sympathischen Nervenknoten mit denen der grauen Hirn- und Rückenmarkssubstanz in Analogie zu setzen. Nachdem man so gleichsam das Substrat wählte ermittelt zu haben, an welches die Function der Ganglien als „kleine Gehirne“ im Sinne Bichat's geknüpft sei, gingen Bidder und Volkmann sowie Remak darauf aus, die Eigenthümlichkeiten aufzufinden, durch welche die von den sympathischen Centren ausstrahlenden Nerven sich von denjenigen Nerven unterscheiden, welche ihren Ursprung aus dem Cerebrospinalsysteme nehmen. In dieser Beziehung kamen Bidder und Volkmann bekanntlich zu dem Resultate, dass die sogenannten schmalen



markhaltigen Nervenfasern die charakteristischen faserigen Elemente des Sympathicus darstellen; sie schlugen daher auch vor, diesen Fasern den Namen der sympathischen beizulegen. Die Aufstellung dieses Satzes schloss ein die nach der Meinung von Bidder und Volkmann mit Erfolg von ihnen durchgeführte Zurückweisung der Ansichten von Remak, welcher die von ihm entdeckten marklosen, organischen oder grauen Fasern für die charakteristischen Fasern des sympathischen Systemes ansprach. \*)

Für den Ausbau der durch Bichat angeregten Lehre wurde folgewichtig die Entdeckung Remak's von dem Vorkommen von Ganglienzellen im Verlaufe gewisser Nerven innerhalb der Organe, für deren Innervation sie bestimmt sind. Da diese Ganglienzellen dieselben morphologischen Character ausweisen, wie die zelligen Elemente der grossen Nervenknotten im Verlaufe des sympathischen Grenzstranges, was lag näher, als den unverfänglichen Schritt zu thun, und auch die in den Organen zerstreuten mikroskopischen Ganglien mit den specifischen Functionen der grossen nervösen Centren auszurüsten? Volkmann hat denn nun auch in der That diesen Schritt gethan; ausgehend insbesondere von dem durch Remak gelieferten Nachweise von Nervenzellen im Herzfleische, führte er zuerst ganz allgemein die peripherische Nervenzelle als vom Hirn und Rückenmarke unter Umständen vollständig unabhängiges nervöses Centralorgan in die Nerven-Physiologie ein. Diese von Volkmann aufgestellte Lehre ist denn nun auch zur Stunde in das allgemeine Bewusstsein der modernen Physiologie übergegangen; die dagegen zu verschiedenen Zeiten laut gewordene Opposition, auf die wir noch werden zurückzukommen haben, vermochte nicht den Einfluss derselben auf die allgemeinen Anschauungen der Nervenphysiologie zu erschüttern.

Wir könnten nun, nachdem wir eine kurze Skizze von dem jetzigen Stande der Lehre vom sympathischen Nervensysteme entworfen, dazu übergehen, die einzelnen Sätze derselben ausführlich darzustellen und an die eingehende kritische Besprechung derselben unsere eigenen Ansichten anzuknüpfen. Eine solche Art der Darstellung aber würde allzusehr den Character des Polemischen annehmen, den ich zu vermeiden wünsche. Ich ziehe es daher vor, hier denselben Weg, wie

---

\*) Wir werden auf die eben angeführten Lehren an anderer Stelle wieder im Einzelnen zurückzukommen haben; jetzt wollen wir nur den Weg skizziren, auf welchem die Wissenschaft auf den Standpunkt gelangt ist, von welchem man im Augenblicke das uns beschäftigende Problem aufzufassen gewohnt ist.

früher einzuschlagen und, ausgehend von einfachen und klar zu übersehenden Thatsachen den Hauptfragen näher zu rücken. Wir lassen vorderhand die Einzelheiten des bereits vorliegenden reichen Materiales an Thatsachen und Meinungen bei Seite. Um aber die uns vorgesetzte Position zu nehmen, werden wir von den Waffen der Anatomie resp. Histiologie und der experimentellen Physiologie Gebrauch zu machen haben.

Unterwerfen wir vorerst den am besten characterisirten Theil des Sympathicus, nämlich den Grenzstrang, einer gröberen anatomischen Betrachtung, so ist das erste auffällige Merkmal desselben, welches wohl auch hauptsächlich dazu geführt hat, ihm eine Sonderstellung anzuweisen, — das Vorkommen der in einer gewissen Gesetzmässigkeit in ihn eingestreuten Ganglien. Von diesen abgesehen bietet der als Grenzstrang bezeichnete Nervenstrang keine mit unbewaffnetem Auge nachweisbare Eigenthümlichkeit dar. Untersuchen wir gleicherweise die vom Grenzstrange, ohne weitere Intervention von echten Nerven des Cerebrospinalsystemes abgehenden Zweige, wie etwa den Nervus splanchnicus oder die Nervi molles, so kann der Befund verschieden sein. Entweder das Aussehen dieser Nerven ist ganz dasselbe, wie das der unzweifelhaften Cerebrospinalnerven, oder aber es ist insofern von demselben verschieden, als an die Stelle der glänzend weissen Farbe der letzteren eine eigenthümliche mattgraue oder mattröthliche Färbung tritt.

Bezüglich der räumlichen Anordnung und Verbreitung des Sympathicus im Sinne der systematischen Anatomie ergiebt sich ein weiterer wichtiger Befund. Er ist nämlich nur da in der eben erwähnten charakteristischen Zusammensetzung vorzufinden, wo die Körperhöhlen Eingeweide beherbergen, gleichviel ob die letzteren dem vegetativen oder animalen Systeme angehören; so breitet er sich nach aufwärts bis zum Eintritt in die Schädelhöhle, nach abwärts bis zur Grenze der Beckenhöhle aus, ohne die geringste Neigung zu zeigen in das Bereich der Extremitäten überzutreten.

Es erhebt sich gleich hier die Frage, inwieweit die Existenz der grossen Knoten am Grenzstrange einen zureichenden Grund abgeben konnte, diesen Theil des Nervensystemes scharf von dem Cerebrospinalsysteme zu sondern. Wohl wäre hierzu ein gewisser Grad der Berechtigung vorhanden gewesen, wenn Knoten nur an den als Sympathicus bezeichneten Theile des Nervensystems vorfindlich wären. Dem ist nun aber nicht so, da ja bekanntlich an den Ursprüngen der peripheren Nerven aus Hirn und Rückenmark in mehr oder weniger

strenger Gesetzmässigkeit Nervenknoten angebracht sind. So lange die Ganglien nicht mit Hülfe des Mikroskopes genauer erforscht waren, konnte man noch aus gewissen Verschiedenheiten der äusseren Configuration an der Identität der sympathischen Nervenknoten, der Spinalganglien und der an den Hirnnerven befindlichen Ganglien gelinde Zweifel aufkommen lassen. Die Resultate der mikroskopischen Untersuchung jedoch, aus welchem sich im wesentlichen derselbe feinere Bau in Spinal- und sympathischen Ganglien ergab, berechtigen, so weit ich finde, zu der Aufstellung, dass, von der morphologischen Betrachtung ausgehend, ein principieller Unterschied zwischen Spinal- und Sympathicusganglion nicht zu statuiren ist. Ohne im Mindesten den Boden des thatsächlich Gegebenen zu verlassen kann man beiden Organisationen, den grossen sympathischen Knoten und den Spinalganglien, ihre Stellung im Nervensystem anweisen, indem man sagt: Die dem Hirn und Rückenmarke entstammenden Nerven besitzen die Eigenschaft, an gewissen Stellen ihres Verlaufes Anschwellungen von besonderem Baue, — Nervenknoten oder Ganglien — zu zeigen. Diese Stellen, — der Sitz der Ganglien — sind nun nichts weniger als regellos im Nervensysteme vertheilt. Sie finden sich vielmehr erstlich nahe dem centralen Ursprunge der Nerven in enger Beziehung zu den hinteren Nervenwurzeln, und zweitens im Verlaufe derjenigen Nerven, welche, als Aeste unzweifelhafter Cerebrospinalnerven, dem Inneren der grossen Körperhöhlen zustreben (*rami communicantes*) um, dort angelangt, einen Austausch der Fasern einzugehen, wie es auch anderwärts beobachtet wird.

Gehen wir nun zur Prüfung des sympathischen Nervensystemes mit Hülfe des Mikroskops über, und zwar in der Absicht, nachzuforschen, ob wir hier vielleicht irgend ein dem Sympathicus ausschliesslich angehöriges Element ausfindig machen, welches erlaubt, ihn schon vom histiologischen Standpunkte aus von dem übrigen Nervensysteme zu sondern.

Nun finden wir aber im Sympathicus, abgesehen von den nicht nervösen Geweben, auf die es hier nicht weiter ankommt, folgende Bestandtheile vor:

- 1) Breite markhaltige Nervenfasern.
- 2) Schmale markhaltige Nervenfasern.
- 3) Marklose Nervenfasern.
- 4) Nervenzellen.

Unterziehen wir dieselben im Einzelnen einer Betrachtung.

Die breiten markhaltigen Fasern können unmöglich ein dem Sym-

pathicus eigenthümlichen Bestandtheil darstellen; denn die zweifellosen cerebrospinalen Nerven bestehen aus denselben faserigen Elementen. Man hat auch in Hinblick hierauf immer angenommen, dass die breiten im Sympathicus vorfindlichen markhaltigen Fasern nichts anderes darstellen, als dem Cerebrospinalsysteme angehörige, im Sympathicus nur ihren weiteren Verlauf nehmende Nervenfasern. Ihnen gegenüber stellte man die schmalen markhaltigen Fasern als „sympathische.“ Bidder und Volkmann haben mit seltenem Fleisse die Beweise dafür zu stellen gesucht, dass diese schmalen Fasern dem Sympathicus charakteristische seien und dass in ihnen das Merkmal zu suchen sei, durch welches dem Sympathicus vom anatomischen Standpunkte aus der Stempel seiner Selbständigkeit und Unabhängigkeit vom Cerebrospinalsysteme aufgedrückt würde. Bidder und Volkmann glaubten sich weiter zu dem Schlusse berechtigt, dass die schmalen sympathischen Fasern ihren selbständigen Ursprung aus den sympathischen Nervenknotten nehmen, um von da aus entweder den peripherischen Organen oder dem Cerebrospinalorgane zuzustreben.

Wenn man auch unbedingt anerkennen muss, dass die Untersuchungen von Bidder und Volkmann in der Zeit ihres Erscheinens einen mächtigen Impuls zu einer erneuten eifrigen anatomischen und physiologischen Durchforschung des peripherischen Nervensystemes gegeben haben, so ist doch jetzt kein Zweifel mehr darüber, dass die damals von diesen Forschern aufgestellten Ansichten in Betreff der Natur der schmalen markhaltigen Nervenfasern vor dem Forum der auf thatsächliche Befunde gestützten Kritik nicht Stand halten konnten. Zu dem Nachweise, dass die durch Bidder und Volkmann aufgestellte Behauptung von der Nichtexistenz von Mittelformen zwischen schmalen und breiten Fasern nicht haltbar ist, traten die positiven Ermittlungen hinzu, dass schmale markhaltige Nervenfasern in unzweideutigen Hirnrückenmarksnerven vorkommen. Demgemäss kann zur Zeit die Auffassung der schmalen Fasern als dem Sympathicus charakteristisch zukommender Gebilde nicht mehr als richtig zugegeben werden. Es muss jedoch auch heute noch in Uebereinstimmung mit Bidder und Volkmann für die Eruirung der Stellung des Sympathicus innerhalb des Gesamtnervensystems Gewicht darauf gelegt werden, dass sowohl im Grenzstrange, als auch in den unmittelbar von ihm entspringenden Nerven, wie z. B. in den Nerv. splanchnicis die schmalen markhaltigen Nervenfasern den breiten gegenüber nicht so sehr in der Minorität sind, wie im Cerebrospinal-

system. In vielen hierauf gerichteten besonderen Beobachtungen, die insbesondere unter Anwendung der Osmiumsäure schlagende Ergebnisse liefern, habe ich mich hiervon überzeugt; auch hat Bidder\*) noch in jüngster Zeit hierfür einen neuen Belag durch die mikroskopische Analyse des Nerv. splanchnicus geliefert.

Wir sehen somit, dass der Sympathicus nicht sowohl durch den Alleinbesitz von schmalen markhaltigen Nervenfasern, als vielmehr nur durch einen ausgesprochenen Reichthum an dieser Fasergattung gegenüber den anderen Theilen des Nervensystems ausgezeichnet ist.

Was nun die marklosen Nervenfasern anlangt und deren Bedeutung für die Ermittlung der Besonderheiten des sympathischen Nervensystems, so ist darüber Folgendes zu bemerken.

Nachdem allmählig auf Grund vielfältiger Untersuchungen die Lehre von Bidder und Volkmann in Betreff der specifischen Bedeutung der schmalen markhaltigen Nervenfasern in den Hintergrund gedrängt worden, verschafften sich die durch Remak vorgetragenen Anschauungen immer mehr Geltung. Die Stellung der durch Remak entdeckten marklosen Fasern, deren nervöse Natur lange auf's Heftigste bestritten wurde, befestigte sich allmählig. Aus den lange geführten Discussionen, in deren Einzelheiten wir hier nicht eingehen wollen, schälte sich endlich die Meinung heraus, dass in den Remak'schen Fasern das so lange und eifrig gesuchte Merkmal gefunden sei, welches berechtige den Sympathicus in der Systematik des Gesamtnervensystems den Cerebrospinalnerven gegenüber zu stellen.

Aber auch diese Ansicht erscheint mir in der eben dargelegten Formulirung nicht durchführbar. Denn einmal fehlen in echten Cerebrospinalnerven Nervenfasern nicht, die der Markscheide entbehren und von denen nicht nachweisbar ist, dass sie diesen Nerven direct von zweifellos sympathischen Quellen zugeflossen sind. Zweitens aber haben die neueren Untersuchungen über die letzten Endigungen der Nerven gelehrt, dass die Markscheide den echten Nervenfasern des Cerebrospinalsystems nur so lange erhalten bleibt, als sie sich noch weit entfernt von ihrem definitiven Bestimmungsorte in den peripheren Organbezirken befinden. Je mehr sie sich denselben nähern, desto häufiger sehen wir, dass sie sich der Markscheide entledigen. Dies bemerken wir schon an Stellen, wo von der Auflösung in terminale Fäden, die sich netzförmig mit einander verbinden, noch gar nicht die

---

\*) Die Nervi splanchnici und das Ganglion coeliacum in du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv. 1869. pag. 472.

Rede ist, wie z. B. besonders gut an den Nerven der Hornhaut, oder an den innerhalb der Drüsensubstanz verlaufenden Nerven der *glandula submaxillaris* vom Kaninchen u. s. w.

Weiterhin giebt es Nerven, die mit dem Sympathicus gar nichts zu thun haben und aus Fasern bestehen, die kein Mark besitzen, wie z. B. der Nerv. *olfactorius*.

Aus dem Angeführten ergibt sich, dass wir in Bezug auf die marklosen im Sympathicus vorkommenden Nervenfasern zu einem ähnlichen Ausspruche gelangen, wie über die schmalen markhaltigen Fasern. Die marklosen oder Remak'schen Fasern treten einmal gehäuft im Bereiche des Sympathicus auf, sodann findet man sie hier bereits massenhaft noch weit entfernt von ihrem definitiven Ende in den Organen vor, während die markhaltigen Fasern des Cerebrospinalsystemes erst näher ihrer Endigung marklos zu werden pflegen. Wir können somit auch in der Anwesenheit der marklosen Nervenfasern im Sympathicus nicht sowohl ein demselben durchaus spezifisches Merkmal erkennen, sondern nur sagen, dass in Bezug auf die Anzahl des Vorkommens und den Ort des letzteren, das sympathische System besondere Eigenthümlichkeit dem Cerebrospinalsystem gegenüber zeige.

Wir kommen endlich in unseren Betrachtungen über die histologischen Elemente des Sympathicus zu der Nerven- oder Ganglienzelle. Auch hier wollen wir vor der Hand nur zu ermitteln suchen, inwieweit das Vorkommen dieses Bestandtheiles dazu benutzt werden kann, den Sympathicus dem übrigen Nervensysteme gegenüber zu characterisiren.

Die sympathische Ganglienzelle findet sich einmal vor in den grossen Knoten des Grenzstranges. Das, was über ihre Bedeutung von dem Standpunkte aus, von dem wir hier den Gegenstand auffassen, zu sagen wäre, haben wir bereits ausgesprochen bei der Betrachtung über die sympathischen Knoten überhaupt, und können somit auf diese Stelle verweisen.

Während man im Beginne der Studien über den Bau der nervösen Organe der Meinung war, dass die Nervenzelle in ihrem Vorkommen beschränkt sei auf die grossen nervösen Centren, auf die sympathischen Knoten und auf die Ganglien an den Wurzeln der Hirn- und Rückenmarksnerven, hat die fortschreitende mikroskopische Anatomie eine ausserordentliche reiche Verbreitung der Nervenzelle dargethan. Wenn man das vorliegende reiche Material von Einzelbeobachtungen über das Vorkommen von Nervenzellen von

einem allgemeinen Gesichtspunkte aus ordnen will, so kann man folgende Sätze aufstellen.

Die Eingeweide beziehen ihre Nerven theils aus dem sympathischen Grenzstrange, theils aus dem Cerebrospinalsysteme. Die beiden scheinbar verschiedenen Quellen entstammenden Fasergattungen gehen gewöhnlich vor dem Eintritt in das Innere der Organe Plexusbildungen ein. In diesen Plexus nun finden sich wiederum Ganglienzellen eingestreut. Die aus dem Plexus sich entwickelnden Fasern treten in das Innere der Organe ein und, während sie den Geweben, für die sie bestimmt sind, zustreben, belegen sie sich zum zweiten Male mit Ganglienzellen. Dabei ist aber leicht zu bemerken, dass die in den Bau der Eingeweide eingehenden Gewebsbestandtheile verschieden von Ganglienzellen bedacht sind. Die Serosa des Darms z. B. führt keine Ganglienzellen, während die Muscularis und die Submucosa bekanntlich reiche von Ganglienzellenhaufen durchsetzte Nervenetze enthalten. Im Grossen und Ganzen scheinen alle diejenigen Nervenverbreitungen, welche für das Gewebe der glatten Musculatur (Darm, Uterus, Harnblase, Ausführungsgänge einiger Drüsen, Muscularis der Blutgefässe etc.) sowie für das Drüsengewebe (Speicheldrüsen, Schleimhaut und Submucosa des Respirations-, Digestions- und Urogenitaltractus etc.) bestimmt sind, besonderen Reichthum an Nervenzellen zu entwickeln. Dass sich im quergestreiften Muskelgewebe gewisser Abschnitte des Herzens Nervenzellen vorfinden, ist bekannt.

Da von diesen Nervenzellen nun zum Theil direct nachzuweisen ist, dass sie mit Fasern, die unzweifelhaft aus dem Grenzstrange hervorgehen, gar nichts zu thun haben, wie z. B. von den Ganglien im Verlaufe des Glossopharyngeus, von den Fasern aber, die aus den Plexus hervorgegangen sind, während ihres Verlaufes innerhalb der Organe nicht mehr auszusagen ist, ob sie sympathischen oder cerebrospinalen Ursprunges sind, so folgt hieraus, dass die Ganglienzelle nicht dazu benutzt werden kann, den Sympathicus principiell von den anderen Theilen des Nervensystemes abzutrennen. Wir können jedoch auch das Vorkommen der Ganglienzelle, unter Verwendung der eben vorgeführten Thatsachen und Erwägungen, dazu benutzen, um den Sympathicus vom Standpunkte der mikroskopischen Anatomie zu characterisiren, indem wir den Satz aufstellen: Die für die Eingeweide bestimmten Nerven besitzen sämmtlich die Eigenthümlichkeit, entweder schon vor ihrem Eintritte in die Organe oder doch während des Verlaufes innerhalb derselben mit Ganglienzellen in Beziehung zu treten. Ein Theil dieser Fasern ist aber durch die weitere Eigenthümlichkeit

gekennzeichnet, dass sie schon auf weitere Distanz von ihrem Endziele eine Beziehung zu Ganglienzellen zeigen und diese Fasern sind eben Nichts anderes, als die eine Zeitlang im Grenzstrange des Sympathicus verlaufenden.

Das Resultat unserer Untersuchung in Bezug auf die spezifische Bedeutung der Nervenzelle im Sympathicus ist im wesentlichen dasselbe, wie bezüglich der übrigen dem Sympathicus als charakteristisch zugeschriebenen Bestandtheile. Wir haben erfahren, dass die Nervenzelle erstlich den Hirn- und Rückenmarksnerven gleichfalls zukommt, zweitens dass die Eingeweidenerven ganz allgemein die Eigenschaft besitzen mit Ganglienzellen in Beziehung zu treten, so dass als wesentlich für den Sympathicus nur übrig blieb der Umstand, dass hier die Ganglienzellenanhäufung eine eigenthümliche räumliche Anordnung darbietet.

Werfen wir nun einen Rückblick auf das, was wir vom anatomischen Gesichtspunkte aus über die Natur des Sympathicus in Erfahrung gebracht haben, so lässt sich dasselbe dahin zusammenfassen, dass in diesem Theile des Nervensystemes principielle qualitative Verschiedenheiten in Bau und Zusammensetzung nicht nachzuweisen sind.

Mit diesen Nachweise erscheinen denn nun auch die Schwierigkeiten, die sich für die Ernirung der Stellung des sympathischen Nervensystemes aufthürmten, in sofern vermindert, als sich jetzt die abzuhandelnde Frage so stellt: „Worin liegt die Bedeutung des quantitativ im Sympathicus gesteigerten Vorkommens von schmalen markhaltigen Nervenfasern und von marklosen Nervenfasern; welches ist weiterhin die Bedeutung der peripherischen Ganglienzelle, mag sich dieselbe nun in den grossen Knoten des Sympathicus und in den Spinalganglien vorfinden oder in den Verlauf der Nerven innerhalb der Organe eingestreut sein?

Mit der ausführlichen Beantwortung dieser Fragen werden wir auf das Gebiet der experimentellen Physiologie überzugehen haben. Ehe wir aber diese Aufgabe in Angriff nehmen, müssen wir uns zuerst in Kürze über den Standpunkt orientiren, von dem aus in physiologischer Beziehung der uns beschäftigende Gegenstand aufzufassen ist.

Die anatomische Untersuchung hat das Ergebniss geliefert, dass im Baue des sympathischen Systemes nichts qualitativ Specifisches nachzuweisen ist. Sehen wir einmal zu, inwieweit wir etwa im Stande sind, durch die Beobachtung und das Experiment darzuthun, was dem Sympathicus, unabhängig von dem Cerebrospinalsysteme, zukommt?



Wir haben bei allen Thätigkeitsäusserungen des Nervensystems zu unterscheiden erstlich die Einleitung eines Erregungsvorganges, zweitens die Fortleitung desselben und drittens seine specifische Endwirkung. Der Erregungsvorgang kann eingeleitet werden an der Peripherie und zu eigenthümlichen Thätigkeitsäusserungen in den Centralorganen Anlass geben (Phänomene des Bewusstseins, Reflexe), oder er kann primär in den Centralorganen producirt werden und in den peripherischen Organen wirksam in die Erscheinung treten, sei es in der Zusammenziehung quergestreifter oder glatter Muskelfasern, sei es in der Hemmung oder Verlangsamung irgendwie wachgerufener Bewegungsvorgänge, oder in der Secretion von Drüsenzellen.

Unzweideutige Erfahrungen haben gelehrt, dass mit der Zerstörung von Hirn- und Rückenmark willkürliche Bewegung und bewusste Empfindung total vernichtet werden. Unwillkürliche Bewegung in ihrem weitesten Umfange jedoch und Secretion bleiben nach dem erwähnten Eingriffe, wenn auch mit mehr oder weniger stark ausgeprägten Alterationen bestehen.

Aus dem eben angeführten Erfahrungsmaterial, das in seine Einzelheiten an dieser Stelle nicht weiter zu verfolgen ist, leitete man den Satz ab, dass alle diejenigen Functionen, deren Fortexistenz durch das Auserspielfetzen des Cerebrospinalsystemes der Hauptsache nach nicht gefährdet wird, vom Sympathicus aus unterhalten würden. Die älteren Theorien über die Bedeutung des sympathischen Systemes konnten sich dabei nicht leicht über die Schwierigkeit hinwegsetzen, die darin liegt, dass gewisse Phänomene aus der Sphäre der unwillkürlichen Bewegungen selbst dann nicht sistiren, wenn auch der continuirliche Zusammenhang der betreffenden Organe mit den Knoten des Sympathicus gelöst ist. Die moderne Modification der Lehre Bichat's von der Bedeutung des Sympathicus hatte in diesem Punkte durch die Entdeckung der Ganglienzellen innerhalb der mit unwillkürlicher Bewegung begabten Organe ein leichteres Spiel, indem sie in diesen Gebilden die Allgegenwart des wirksamen sympathischen Nervenprincips thatsächlich glaubte aufweisen zu können.

Alle die eben kurz skizzirten Theorien fussen auf mehreren Grundannahmen, deren Zulässigkeit sich im Laufe der letzten Decennien, man möchte fast sagen trotz der durch die Detailforschung aufgedeckten Thatsachen, in dem Bewusstsein der Physiologie immer mehr befestigt hat, so dass sich dieselben allmählig von der Bedeutung vorsichtig ausgesprochener Hypothesen zum Range von die Wissenschaft

beherrschenden Dogmen erhoben haben. Diese beiden Annahmen aber, auf die wir später bei der Erörterung einiger speciellen Fälle noch werden zurückzukommen haben, sind folgende.

Die erste wollen wir kurz bezeichnen als die von der Omnipotenz des Nervensystems. Wir verstehen darunter diejenige Lehre, welche davon ausging, dass alle Organe resp. Gewebe, welche die Eigenschaft der Contractilität zeigen, nur von Theilen des Nervensystems aus angeregt werden können, dass sie aus diesem Systeme nicht nur zeitweilig und zu bestimmten Zwecken, sondern ausschliesslich und immer ihre Thätigkeit schöpfen, dass sie, losgelöst von diesen Wurzeln ihrer Kraft, nichts seien, als gleichsam todtcs Material, unnütz denjenigen Zwecken des Organismus zu dienen, für welche sie nur durch das Nervensystem geschickt gemacht werden. Man sieht leicht ein, dass diese Lehre den grundsätzlichen Gegensatz darstellt zu den Anschauungen Albrecht v. Haller's von der weiten Verbreitung der Irritabilität, als einer Grundeigenschaft vieler thierischen Gewebe.

Die zweite Grundannahme, welche wir hier im Auge haben, wollen wir kurz bezeichnen als die von der ausschliesslich centralen Natur der Nervenzelle. Diese Annahme statuirt, dass nur die Nervenzelle das Substrat darstelle, an welches die specifischen Thätigkeiten, die in den nervösen Centren ihren Sitz haben sollen, gebunden seien, also einmal die primäre (automatische) Einleitung von Erregungsvorgängen, die sich in der Peripherie je nach der Natur der Endorgane äussern, sodann die Umsetzung der von der Peripherie hergeleiteten Erregungsvorgänge entweder in Phänomene des Bewusstseins oder in neuerdings nach der Peripherie abströmende Erregungswellen (Reflexe). Mit dieser Annahme ist zu gleicher Zeit ausgesprochen, dass, was sich, abgesehen von den Nervenzellen, in den verschiedenen Theilen des Nervensystems vorfindet, einfach der Fortleitung derjenigen Zustände diene, für deren primäres Zustandekommen die Nervenzelle die einzige geeignete Stätte biete.

Wir können uns der schwierigen Aufgabe nicht entschlagen, diese beiden Grundannahmen der modernen Nervenphysiologie im Verfolge unserer Untersuchung näher in's Auge zu fassen und zu prüfen einmal, inwieweit dieselben der Natur ihrer Ableitung nach zulässig sind, und zweitens, ob sie für die Erklärung der Phänomene im Nervensysteme das leisten, was fördernde Hypothesen leisten sollen, — nämlich die einfachste Auffassung grosser Gebiete von Einzelthatsachen, ohne Zuhülfenahme weiterer complicirter Hülfsypothesen.

Bevor wir jedoch in eine weitere Discussion über principielle

Fragen der Nervenphysiologie eintreten, wollen wir vorerst noch den eigentlichen Gegenstand dieser Untersuchung im Auge behaltend, der Naturgeschichte der peripherischen Nerven- einige Aufmerksamkeit zuwenden.

Wir stellen der centralen Ganglienzelle, deren Vorkommen auf die grossen nervösen Centren, Gehirn und Rückenmark beschränkt ist, ganz allgemein gegenüber die periphere Ganglienzelle. Wir verstehen darunter diejenigen zweifellos zum Nervensysteme gehörigen Zellen, deren örtliches Vorkommen bereits an früherer Stelle besprochen wurde. \*)

Die periphere Nerven- ist seit ihrer Entdeckung durch Ehrenberg der Gegenstand zahlreicher Erörterungen gewesen, die eine Reihe wichtiger Thatsachen an's Licht gebracht haben. Nichtsdestoweniger muss man, bei einer kritischen Durchsicht Alles dessen, was in der Literatur über die periphere Nerven- verlaublich wurde, zu der Ueberzeugung kommen, dass eine endgültige und allgemein adoptirte Ansicht über die morphologische und functionelle Bedeutung der peripherischen Nerven- nicht vorliegt.

Wie ich bereits an einem anderen Orte ausgesprochen habe, ist die vorurtheilsfreie und nüchterne histologische Untersuchung der Verhältnisse der peripherischen Nerven- gleich von vornherein durch fremdartige Elemente gestört worden. Die Nervenphysiologie, besonders unter dem Einflusse der Schwann'schen Zellentheorie, war sofort geneigt, in der neuentdeckten Nerven- die geheimnissvolle Werkstätte zu sehen, in welcher die räthselhaften Kräfte des Nervenlebens ihren Sitz haben. Fast instinctiv verlegte die Physiologie in die Nerven- die Stätte der wichtigsten Functionen; in dem bekannten Ausspruche des genialen Johannes Müller \*\*) gipfelte diese Anschauung. Ohne zu verkennen, dass in dieser Richtung, welche die Wissenschaft nahm, viele fruchtbringende heuristische Momente verborgen lagen, darf man andererseits nicht übersehen, dass derartige auf rein speculativer und nicht thatsächlicher Grundlage ruhende Hypothesen, zumal in der ersten Jugend einer neu sich entwickelnden Lehre, leicht dazu führen können, für lange Zeit vom rechten Wege

---

\*) Die in den peripherischen Endapparaten des Seh- und Hörnerven vorkommenden Nerven- zählen wir füglich nicht unter die peripherischen.

\*\*) „Die Vorstellung von einem blossen Einlagern der Ganglienkugeln zwischen die Nerven- als Belegungsmassen ist für die Nervenphysik unbefriedigend. Der Verstand postulirt einen tieferen Zusammenhang.“ (Handbuch der Physiologie. 1844. I. Bd. pag. 528.)

abzuführen. Je mehr sich die betreffende Disciplin noch in ihren Anfängen befindet, desto länger fügen sich noch die Thatsachen einem einmal aufgestellten Princip; mit dem Fortschritte der thatsächlichen Ermittlungen muss sich endlich ein Punkt ergeben, von dem aus betrachtet das vorliegende Erfahrungsmaterial der herrschenden Theorie sich ohne Gewalt nicht mehr unterordnen lassen wird.

Dieser Fall liegt nun, nach unserer auf langer Untersuchung der einschlägigen Fragen gegründeten Ansicht, in Bezug auf die Probleme vor, welche wir hier erörtern wollen. Um aber diese Ansicht zu begründen, wollen wir die einzelnen hier in Frage kommenden Punkte an der Hand der Thatsachen erläutern.

Ist das Vorkommen von Zellen, vergesellschaftet mit Fasern, wie wir es bei der Nervenzelle beobachten, etwas, was, vom morphologischen Gesichtspunkte aus, auffällig ist und für das Nervensystem als charakteristisch angesprochen werden kann? Diese für die Auffassung der peripherischen Nervenzelle wichtige Frage müssen wir mit Nein beantworten. Wir sehen nämlich im Bindegewebe Zellen der verschiedensten Configuration mit Fasern vergesellschaftet; wir sehen weiterhin im Gewebe der quergestreiften Muskeln der specifisch functionirenden Faser zellige Elemente beigegeben in Form der Muskelkerne, welche bekanntlich nach Max Schultze's Ermittlungen sowohl als sogenannte freie Kerne wie als kernhaltige Zellen zur Beobachtung kommen können. Im Hinblick auf diese Thatsachen erscheint es somit wahrscheinlich, dass, ganz allgemein ausgesprochen, die in Form von Fasern auftretenden Gewebe immer eine gewisse Mitgift von zelligen Elementen erhalten; diese Eigenschaft tritt nun ganz besonders scharf ausgeprägt in gewissen Theilen des peripheren Nervensystems hervor. Als diejenige Eigenthümlichkeit aber, welche vorzugsweise dazu geführt hat, gleich von vornherein der peripherischen Nervenzelle ihre physiologischen Attribute zuzuertheilen, haben wir die Eigenschaft der Ganglienzelle anzuführen, in Fortsätze ausgezogen zu sein. Valentin hatte zwar die Nervenzellen als Belegungsmasse der Nervenfasern, ohne continuirlichen Zusammenhang mit letzteren bezeichnet; die fortgesetzte Untersuchung stellte aber alsbald den Satz auf, dass die Nervenzellen durch ihre Fortsätze in Zusammenhang mit Fasern stehen.

Seit den Tagen nun, in denen zuerst Kölliker angegeben, dass von den Zellen in den Knoten des Sympathicus Fasern entspringen und Rudolf Wagner die „Hauptentdeckungen“ von der Bipolarität von Nervenzellen so scharf betont, ist kaum ein Zweifel darüber mehr

erhoben worden, dass die Fortsätze der Nervenzellen den morphologischen und physiologischen Character von Nervenfasern besitzen, denen gegenüber die Zellen diejenige Rolle spielen, welche man dem Hirn- und Rückenmarke den echten Cerebrospinalnerven gegenüber einräumte.

Der oben citirte Ausspruch von Johannes Müller schien somit eine Bekräftigung durch die Thatsachen erhalten zu haben. Und nun glaubte die Nervenphysiologie im glücklichen Besitze der anatomischen Unterlagen zu sein, um dem Nervenprincipe sowohl die primäre Stätte seiner Entstehung, als auch die Bahnen seiner Weiterverbreitung vorzuschreiben.

Da in der Lehre von der Polarität der Nervenzellen so recht eigentlich die Wurzel der herrschenden Theorie liegt, so haben wir dieselbe besonders scharf zu prüfen. Es ist hierbei weniger neues Material aufzuspeichern, sondern nur an der Hand eigener umfangreicher Untersuchungen zu zeigen, was von dem, was heutzutage über die Nervenzellen und ihre Fortsätze in den Büchern steht und geglaubt wird, auf thatsächlicher Beobachtung beruht, und was von dem Verstande, über die reine Beobachtung hinausgehend, in die Beobachtungsergebnisse hineingetragen wurde.

Was die bei diesen Untersuchungen zur Verwendung kommenden Methoden betrifft, so haben wir leider zur Stunde im Vergleiche zu den früher gebräuchlichen keine principiellen Fortschritte gemacht. Nach wie vor bleibt die unter Anwendung möglichst indifferenter Zusatzflüssigkeiten vorzunehmende Isolirung der verschiedenen Gewebselemente die Hauptsache, nach wie vor wird die äusserste Geduld von Seiten des Untersuchenden verlangt; nebenher hängt viel vom glücklichen Zufalle ab. Doch darf nicht übersehen werden, dass die heutige Forschung gegenüber der aus früheren Decennien in mehreren wichtigen Punkten im Vortheile ist. Abgesehen von der ungleich grösseren Leistungsfähigkeit der Instrumente haben die unterdessen in die histologische Technik neu eingeführten Methoden und Kunstgriffe, besonders die jetzt zur Verwendung kommenden Reagentien (Carmin, Picrocarmin, Chlorgold, Ueberosmiumsäure etc.) viel dazu beigetragen, den mikroskopischen Bildern eine grössere Klarheit und Eleganz zu verleihen. Wichtiger jedoch, als dieser Umstand, ist die durch zahlreiche Detailuntersuchungen ermöglichte glücklichere Auswahl der Localitäten zum Studium der Naturgeschichte der peripherischen Nervenzelle. Mit der fortschreitenden Kenntniss von dem weit verbreiteten Vorkommen der Nervenzelle in den verschiedensten Organen war man nicht mehr ge-

nöthigt, die Zerzupfung von grossen Nervenknotten vorzunehmen, sondern konnte sich zum Behufe des Studiums der peripherischen Nervenzelle an Organe wenden, die vermöge ihres eigenthümlichen Baues einen Einblick in die zu studirenden Verhältnisse ohne eingreifende Präparation gestatten. In dieser Beziehung habe ich ganz besonders die Nervenzellenanhäufungen im Herzen und in der Harnblase niederer Wirbelthiere (Frosch, Kröte, Salamander), sowie die Ganglienzellen in den Submaxillarspeicheldrüsen vom Hund, Katze, Kaninchen oft und gründlich, unter Anwendung aller Hilfsmittel der modernen Technik, zur Untersuchung herangezogen. Auf diese Objecte, sowie auf die grossen von Nervenzellen durchsetzten Eingeweide-Nervchen der genannten Thiere, möchte ich die Aufmerksamkeit Aller derjenigen lenken, die sich durch eigene Untersuchung die ersten gründlichen Gedanken über die Richtigkeit der herrschenden Theorie rege machen wollen.

Dass die Nervenzellen Fortsätze besitzen, lässt sich mit Leichtigkeit demonstrieren. Wenn dieselben an vollständig isolirten Zellen zur Beobachtung kommen, dann sind dieselben oft sehr kurz und es lässt sich über deren weiteres Schicksal und ihre Bedeutung gar nichts aussagen. Die Spitzen und Fäden von den mannichfachsten Gestaltungen, die man in diesen Fällen beobachten kann, haben ebenso wenig irgend welche Wichtigkeit für die Beurtheilung ihrer morphologischen und functionellen Dignität, wie die gleichen Formationen, welche man unter Umständen an isolirten Zellen aus Drüsen oder an abgelösten Epithelzellen, insbesondere Cylinderepithelien wahrnehmen kann. Die Anzahl dieser Fortsätze ist ebenfalls an den isolirten Zellen nicht von der grossen Wichtigkeit, die man ihnen einstmals beigelegt hat. Denn auch an anderen Zellen, die mit dem Nervensysteme gar nichts zu schaffen haben, findet man ein Ausgezogensein in eine wechselnde Anzahl von Spitzen und Fortsätzen, wie z. B. an den Zellen des Bindegewebes. Alles kommt vielmehr darauf an, zu eruiren, in welcher Weise diese Fortsätze der Nervenzellen mit ihrer Umgebung zusammen hängen.

Richtet man nun seine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt, so gelangt man zu folgenden Resultaten. Das Verhältniss der Nervenzellen zu ihren Fortsätzen kann ein äusserst mannichfaches sein. Ein relativ einfacher Fall ist der, dass eine Nervenfaser, sei dieselbe markhaltig oder marklos, unterbrochen wird durch eine Anschwellung, welche in ihrem Innern einen Kern trägt. Wenn die Faser einen Markbelag besitzt, so ist für gewöhnlich die zellige Anschwellung der Markumhüllung baar; dem Leser wird es alsbald klar sein, dass es sich hier um

nichts Anderes handelt, als um die sog. bipolaren Nervenzellen, die von Bidder, Rudolf Wagner und Robin fast gleichzeitig entdeckt wurden, und die wir oben bereits von einem anderen Gesichtspunkte aus in Betracht genommen haben. Es ist ganz willkürlich zu behaupten, dass die Nervenfasern, die von ihren Nachbarn durch nichts anderes als die kernhaltige Anschwellung verschieden ist, von dieser Anschwellung entspringen und von da nach dem Centrum (Cerebrospinalorgan) einerseits und der Körperperipherie andererseits sich ausbreiten soll. Ebenso willkürlich scheint mir die Behauptung, dass die mit der Zelle eine gewisse morphologische Einheit bildende markhaltige Nervenfasern die nach beiden Seiten verlaufenden Fortsätze der Zelle darstellen. Zwischen dem, was sich sonst als „Nervenzellenfortsatz“ darstellt, und den Fasern, in deren Verlauf an der angegebenen Localität die Zelle eingeschoben erscheint, bestehen gewaltige Unterschiede. Ein Stiel, durch welchen die als selbständiges Gebilde sich darstellende Zelle mit irgend einem genau erkennbaren Theile der Faser in Contiguität tritt, ist nicht nachzuweisen. Es bleibt für die hier obwaltende Beziehung zwischen Nervenfasern und Nervenzelle in den Spinalganglien der Fische keine andere den Thatsachen entsprechende Charakteristik als die bereits oben aufgestellte. Von einem „Nervenzellenfortsatze“, als dem Ursprung von Nervenfasern, kann nicht die Rede sein; dass nichtsdestoweniger die engste continuirliche und nicht nur contiguirliche Beziehung zwischen Zelle und Fasern hier stattfindet, ergibt sich von selbst.

In der reichen Literatur über die peripherische Nervenzelle findet sich eine Beobachtung verzeichnet, die darthut, dass auch in der Reihe der höheren Wirbelthiere ähnliche Beziehungen zwischen Zellen und Fasern vorkommen, wie sie eben für die Spinalganglien der Fische, anknüpfend an die Ermittlungen von Wagner, Bidder und Robin, besprochen wurden. Im Jahre 1859 hat Heinrich Müller\*) in dem Nervengeflechte der Chorioidea Zellen beschrieben, deren Verhältniss zu den Fasern als vollständig identisch mit den hier in Rede stehenden bezeichnet werden muss. Dass die Müller'schen Zellen an Caliber weit hinter den Spinalzellen der Fische zurückbleiben, vermag an dem Wesen der Sache nichts zu ändern.

Wir werden auf den jetzt erörterten Punkt betreffs einer bestimmten Art des Verhältnisses zwischen Nervenzelle und Nervenfasern noch mehrere Mal von Gesichtspunkten aus zurückzukommen haben, welche auf

---

\*) Würzburger Verhandlungen. 1859. Bd. X.

die uns beschäftigende Frage ein weiteres Licht zu werfen im Stande sein werden.

Eine zweite Art der Verbindung von Fasern und Zellen kommt bei der Untersuchung peripherischer Nervenzellen häufiger zur Beobachtung. Von dem eigentlichen Körper der Zelle geht ein in seiner Substanz mit der Zellensubstanz identischer Fortsatz aus, um sich, nach längerem oder kürzerem freien Verlauf markhaltigen oder marklosen Nervenfasern anzuschliessen.

Die Strecke, durch welche man einen Nervenzellenfortsatz von seinem Abgange von der Zellensubstanz bis zu seiner Einsenkung in die benachbarten faserigen Elemente scharf zu verfolgen im Stande ist, kann an Länge sehr wechselnde Verhältnisse bieten. Oft ist sie so kurz, dass der Fortsatz nur wie ein Stummel an der Zelle hängt; in anderen Fällen kann sie den grössten Durchmesser der Zelle um das 8–10fache übertreffen.

An den sogenannten unipolaren Zellen der Spinalknoten kann man sich auch von folgendem Vorkommen überzeugen. Von dem Körper der Zelle strahlt ein Fortsatz aus, der nahe der Zelle in seiner Zusammensetzung mit der letzteren identisch ist; alsbald aber überzieht er sich deutlich mit einer Markscheide. Im Sympathicus sind derartige Befunde entweder gar nicht, oder nur angedeutet wahrzunehmen.

An dieser Stelle können wir auch gleich der sogenannten Spiralfaser Erwähnung thun, deren Nachweis durch Beale und Arnold geliefert wurde. Ueber die nervöse oder nicht nervöse Natur des Spiralfortsatzes habe ich mich bereits an anderer Stelle geäussert. Hier will ich nur noch betonen, dass ich zwischen geradem und spiral um den ersteren herum gewundenem Fortsatz durchaus keinen eingreifenden Unterschied zu erkennen vermag. Die spirallige Anordnung kann als etwas Wesentliches nicht aufgefasst werden, denn die mannigfachsten Uebergänge finden zwischen der genannten Anordnung und anderen gegenseitigen Lagerungsverhältnissen zwischen den Fortsätzen statt. Was über den verschiedenen Ursprung von geradem und spirallig gewundenem Fortsatz, über die Bedeutung der einen Faser als zutretender, der anderen als abgehender angegeben wurde, ist widerspruchsvoll und erscheint mir bei näherer Prüfung der Angelegenheit durchweg unerweisbar.

So sehr man sich auch, von physiologischen Voraussetzungen über die Bedeutung der Ganglienzelle geleitet, in dieser Hinsicht bemüht hat, so ist auf Grund meiner reichen Erfahrungen auf diesem Gebiete die Behauptung entschieden abzuweisen, dass ein klar zu übersehen-



des Nervenbündelchen durch die continuirliche Fortsetzung eines Nervenzellenfortsatzes wirklich um eine neue Faser vermehrt würde. Es gelingt zwar zuweilen einen Fortsatz eine lange Strecke zwischen unzweifelhaften Fasern hindurch in seinem Verlaufe zu verfolgen; dann aber hört er blind auf, während es ohne Schwierigkeiten gelingt, das Schicksal der übrigen Gebilde desselben Convolutes noch weiter zu verfolgen. Noch ein weiterer öfters zur Beobachtung kommender Befund drängt dazu, die Annahme zu verwerfen, dass die Nervenzellenfortsätze gewöhnlich zu echten weiter sich verbreitenden Nervenfasern werden. Oefters trifft man nämlich auf Nervenstämmchen (beim Frosch insbesondere), deren Faseranzahl so gering ist (2—4), dass man dieselben bequem und sicher einer Zählung unterwerfen kann. Solche Nervchen tragen nun gar nicht selten an der einen oder auch an beiden Seiten eine Garnitur von Nervenzellen, die ebenfalls ohne weitere Präparation so scharf beobachtet werden können, dass eine genaue Analyse ihrer Configuration und eine Zählung derselben ohne Schwierigkeit vorgenommen werden kann. Wenn nun aus diesen Zellen neue Fasern ihren Ursprung nehmen würden, so müsste sich dieser Faserzuwachs im Verlaufe des klar zu übersehenden Nervenpräparates überzeugend durch die Zählung der Fasern oder durch die Messung nachweisen lassen. Dies ist jedoch nicht der Fall; ja noch mehr, — die Zellen übertreffen sehr oft an Anzahl um ein Vielfaches die Anzahl der vorliegenden Fasern, so dass es ganz und gar unmöglich erscheint, die Fasern von den Zellen abzuleiten. Diese Erwägung hat schon Ludwig\*) im Jahre 1848 gelegentlich einer von ihm vorgenommenen mikroskopischen Untersuchung der Nerven des Froschherzens ausgesprochen. Ebenso berichtet Valentin\*\*) im Anschlusse an die erwähnten Angaben von Ludwig über Befunde aus dem Sympathicus von *Rana esculenta*, nach denen an Nervenästchen, die nur aus zwei Nervenfasern bestanden, einmal sieben, ein anderesmal mindestens 24 Ganglienkugeln von ihm gezählt werden konnten.

Dieser Ausspruch über das Verhalten der Fortsätze der peripherischen Nervenzellen stützt sich füglich nur auf die Beobachtung feiner Nervenstämmchen aus dem Herzen, der Harnblase, dem Peritoneum in der Nähe des letzteren und anderen Localitäten, wo es gelingt, ohne weitere Präparation die Fasern und Zellen deutlich zu übersehen. Hier lasse ich auch für die Richtigkeit der Beobachtung nicht den min-

---

\*) Müller's Archiv. 1848. pag. 142.

\*\*) Valentin, Lehrbuch der Physiologie. II. Bd. 3. Abthlg. pag. 602.

desten Zweifel gelten, der für andere Fälle auf dem Gebiete der Histologie in so hohem Grade berechtigt ist.

Ich stehe also nicht an mit Entschiedenheit die Behauptung zu bestreiten, dass in den Nervenzellen durch die Nervenzellenfortsätze Anlass gegeben sei zur Bildung neuer Nervenfasern, welche von der Zelle aus dann in derselben Weise weiter verfolgt werden können, wie die aus Hirn und Rückenmark ausstrahlenden Fasern resp. die von der Peripherie denselben zustrebenden. Was hierüber gelehrt wird, beruht nicht durchweg auf thatsächlicher Beobachtung, sondern zum Theil auf Speculation über die vermeintliche physiologische Dignität der Nervenzelle. Die Beobachtung lehrt nur, dass die Nervenzellenfortsätze oft auf weite Strecken mit den Fasern verlaufen; das endgültige Verhalten derselben ist leider sehr oft durch die Beobachtung nicht zu fixiren, doch lässt sich bei eingehender Untersuchung das Material sammeln, um die reiche Mannigfaltigkeit der hier vorkommenden Fälle von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zusammenzufassen, was an späterer Stelle ausführlich erörtert werden soll.

In einer im Jahre 1872 publicirten Abhandlung über diesen Gegenstand habe ich bereits dieselbe Ansicht vertreten, die ich hier ausgesprochen habe; ich habe jedoch damals versucht dem beschriebenen Verhalten eine andere Deutung zu geben. Ich habe mich nun lange vergeblich bemüht, durch weitere Beobachtungen feste und zuverlässige Stützen zu finden für die ausgesprochene Hypothese, dass die Nervenzellen durch Auswachsen und gegenseitiges Verschmelzen der Fortsätze zu Nervenfasern werden. Diese Bemühungen aber haben ein positives Resultat nicht ergeben, so dass ich mich genöthigt sah, von der, wie man mir zugeben wird, mit der nöthigen Vorsicht geäußerten Hypothese zurückzukommen.

Bevor wir für einmal die Betrachtungen über die Fortsätze der peripherischen Nervenzelle hier abbrechen, wollen wir nochmals kurz unsere Ansichten über die Natur derselben, um Missverständnisse möglichst zu vermeiden, recapituliren. Die peripherischen Nervenzellen können fortsatzlos erscheinen d. h. ihre Beziehung zu den Fasern wird nicht vermittelt durch eine von dem Körper der Zelle ausstrahlende Spitze. Von dieser Anordnung bis zu dem Vorkommen von langen Fortsätzen d. h. solchen, die den grössten Durchmesser der Zelle selbst um ein Vielfaches übertreffen, finden sich alle möglichen Uebergänge vor. Bezüglich dieser Fortsätze ist durchaus nicht nachzuweisen, dass sie in ihrem weiteren Verlaufe als streng gesonderte Individuen, gleich echten Cerebrospinalnerven, irgend welchem Endorgane zustre-

ben. Sie verlieren sich vielmehr alsbald in dem Convolute der Nervenfasern, dem sie zugeordnet sind. Mit anderen Worten, eine durch einen Nervenzellenfortsatz hergestellte Continuität zwischen einer Nervenzelle und dem Cerebrospinalorgane einerseits oder einem peripheren Organe andererseits (Muskel, Drüse etc.), oder der Ursprung einer Nervenfasers mit allen ihren anatomischen und physiologischen Qualitäten aus einer Nervenzelle sind nicht direct nachgewiesen.

Es ist nicht ohne Interesse kurz zu skizziren, auf welche Weise die Lehre, dass von den Nervenzellen Nervenfasern entspringen, d. h., dass die periphere Nervenzelle sich ebenso zu Nervenfasern verhalte, wie das Hirn und Rückenmark zu den Nerven, in die Wissenschaft hereingekommen ist.

Bidder und Volkmann hatten als einen wichtigen Beweis für die von ihnen vertretene Selbständigkeit des sympathischen Nervensystems die im Sympathicus vor sich gehende Faservermehrung durch Neuentstehung schmaler markhaltiger Fasern vorgebracht. Die näheren Modalitäten aber, unter welchen der Ursprung von Nervenfasern vor sich gehen soll, hatten sie unbestimmt gelassen. Kölliker nun glaubte diese Art und Weise der von Bidder und Volkmann behaupteten Faservermehrung direct beobachtet zu haben, indem er Fortsätze von Nervenzellen sich in den Verlauf unzweifelhafter Nervenfasern hinein senken sah. Kölliker hielt solche Beobachtungen um so mehr für beweisend, als zu jener Zeit eine andere Art und Weise der Nervenfaservermehrung, nämlich die durch Theilung (Johannes Müller und Brücke), kaum erst bekannt geworden war. Als später Remak die von ihm gemachte Entdeckung von dem Vorkommen markloser Nervenfasern weiter verfolgte und die Bedeutung derselben im Nervensysteme festzustellen versuchte, stellte er die Ansicht auf, dass in den Nervenzellenfortsätzen die Ursprünge der marklosen Fasern gegeben seien.

In den eben angeführten Angaben nun liegt der Keim zu dem Dogma, dass die Nervenzellen Fortsätze ausschicken, die als Nervenfasern sich weiter nach dem Cerebrospinalorgan oder nach peripheren Organen begeben. Im Herzen liess man von den Nervenzellenanhäufungen Fasern entspringen, die zu der Muskulatur hintreten etc. etc. Alle diese Theorien gelangten zur weitesten Anerkennung, ohne dass von Thatsachen mehr vorlag, als der Nachweis von Fortsätzen an den Zellen; unzweifelhafte Erfahrungen, dass je ein Nervenzellenfortsatz mit den Qualitäten einer echten Nervenfasers sich bis in ein peripheres Organ verbreitet, wurden nicht beigebracht. Trotzdem figurirte als Grundannahme aller späteren Untersuchungen, welche einer weiteren

Prüfung nicht mehr bedürftig erschien, die, dass die Nervenzellen, weil sie Centren seien, Fortsätze besitzen, die den Beginn von Nervenfasern darstellen und sich continuirlich von der Zelle bis zum peripherischen Endorgane hin erstrecken.

Wenden wir uns von der Betrachtung der Fortsätze der Nervenzellen zu anderen Eigenschaften dieser Gebilde. In dieser Hinsicht ist im Wesentlichen zu wiederholen, was bereits in früheren Arbeiten über diesen Gegenstand von uns ausgesprochen wurde, dass nämlich die Mannigfaltigkeit der Formen, die an der peripherischen Nervenzelle zur Beobachtung kommen kann, eine ganz ausserordentlich grosse ist. In den gangbaren Lehr- und Handbüchern hat sich ein gewisses Schema über den Bau der peripherischen Nervenzelle fixirt, das man im Grossen und Ganzen wohl gelten lassen kann. Man darf aber nicht vergessen, dass die z. B. in ein und demselben Spinalknoten oder sympathischen Ganglion vorkommenden Zellformationen die grössten Verschiedenheiten unter einander zeigen können, und dass von einer so stark ausgeprägten Gleichheit der Einzelformen wie sie z. B. zwischen den Zellen eines Plattenepitheliums zu constatiren ist, nicht die Rede sein kann. Diese Mannigfaltigkeit der Formen tritt noch schärfer hervor, wenn man verschiedene Körperbezirke in Bezug auf die Configuration der in ihnen enthaltenen Nervenzellen vergleicht; so bieten z. B. die Zellen des Plexus mesentericus andere Bilder dar, wie die in den Spinalknoten enthaltenen etc.

Die eben betonte Vielheit und Variabilität in der Formation der peripherischen Nervenzelle erstreckt sich nun auf alle derselben zukommende Bestandtheile.

Von den Fortsätzen haben wir bereits in Erfahrung gebracht, dass die Anordnung derselben eine sehr verschiedene sein kann in Bezug auf die Beziehung derselben zu den benachbarten Nervenfasern. Aber auch in Rücksicht auf die Dimensionen der Zelle, ihren Gehalt an Kernen, die Dimensionen der sie umgebenden zarten structurlosen Hülle, das Vorkommen von Fetttröpfchen und Pigmentkörnchen etc. ist keine feste Norm gegeben, und die grösste Variabilität zu beobachten, was ich schon andernorts hinlänglich glaube betont zu haben. Wenn wir hier von Ungleichmässigkeit und Wandelbarkeit der peripherischen Nervenzellen sprechen, so möchten wir, um Missverständnisse zu vermeiden, diese Eigenschaften gegenüberstellen etwa der grossen Uebereinstimmung in der Formation der Zellen eines Epithels oder dem gleichmässig ausgesprochenen Typus der rothen Blutkörperchen.

Am auffallendsten prägt sich nun der Character der Variabilität im Bereiche der Verbreitung der peripherischen Nerven- aus in den Grössenverhältnissen, was auch allen früheren Beobachtern aufgefallen ist, ohne dass weiteres Gewicht darauf gelegt wurde. Bidder hat einst den Versuch gemacht, im Anschluss an seine Classification der Nervenfasern, auch die Nervenzellen nach ihrer Grösse zu classificiren; die Unhaltbarkeit dieses Principes aber hat sich alsbald erwiesen, indem das Gesetzmässige in dem Vorkommen grosser und kleiner Zellen bis jetzt der Forschung entgangen ist.

Neben den grossen Schwankungen in den Dimensionen der peripherischen Nerven- musste sodann, besonders bei der Untersuchung der Nervenzellen niederer Wirbelthiere, der wechselnde Gehalt der Zellen an Pigment und Fett sich der Beobachtung aufdrängen. Diese Verhältnisse werden öfters schon bei der makroskopischen Untersuchung auffällig, insofern die gelbliche Farbe der Nervenknotten, entsprechend einem reichen Gehalte an Pigment und Fett, in sehr wechselnder Intensität auftritt.

Die Form und die Anzahl der Kerne in den peripherischen Nervenzellen sind, was ihre hier in Betracht kommende Eigenschaft betrifft, ebenfalls in den früheren Untersuchungen hie und da besonders gewürdigt worden. Ich habe sodann eindringlich darauf hingewiesen, dass die Schilderung in den Lehr- und Handbüchern von dem Baue der Nerven- hinsichtlich des Kernes in hohem Grade schematisch ist, und dass man, um die periphere Nerven- richtig aufzufassen, den grossen Reichthum der hier thatsächlich zur Beobachtung kommenden Formationen nicht vernachlässigen dürfe.

Indem ich auf die in meinen früheren Arbeiten gegebenen Angaben verweise, will ich hier nochmals zwei Punkte berühren, die besonders für diesen Theil unserer Betrachtungen wichtig sind.

Einmal möchte ich, um mit Leichtigkeit die Ueberzeugung gewinnen zu lassen, dass die Reichhaltigkeit der im peripherischen Nervensystem vorkommenden Formen viel grösser ist, als dies nach den landläufigen Schilderungen der Handbücher der Fall zu sein scheint, hinweisen auf die Untersuchung der Ganglien an den Spinal- und Hirnnerven von *Triton cristatus* und *Salamandra maculata*.

Unterwirft man einen solchen Knoten der Zerzupfung und nachherigen Tinction mit Picrocarmin, so sieht man Nervenzellen, deren Aussehen mit der gang und gäben Schilderung sich sehr wohl vereinigen lässt. Neben diesen Formen aber, und öfter in bedeutender Majorität, trifft man runde Körper von wechselnder Grösse, welche

angefüllt mit Kernen sind. Diese Kerne tragen entweder den Character der von mir sogenannten Hauptkerne oder den der accessorischen Kerne. Sämmtliche Kerne färben sich, bei vorsichtiger Anwendung des Reagens, durch Picrocarmin roth oder röthlich gelb, während die umgebende Zellsubstanz ungefärbt bleibt, so dass sehr zierliche Bilder entstehen; als auffallend muss von diesen Gebilden, deren Zugehörigkeit zum Nervensystem nicht bezweifelt werden kann, noch bezeichnet werden, dass sich Fortsätze höchstens in sehr unbedeutenden Spuren an denselben nachweisen lassen; für gewöhnlich erscheinen sie ihrer Mehrzahl nach notorisch forsatzlos. Um die Kerne herum zeigte die Zellsubstanz gewöhnlich keine scharfe Abklüftung, so dass die Kerne, nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche, als einer einzigen Zelle angehörig betrachtet werden mussten; zuweilen aber war innerhalb einer Hülle eine deutliche Abgrenzung von Zellsubstanz um einen oder mehrere Kerne wahrzunehmen, so dass es sich schon um eine Zellencolonie handelte.\*)

Da die erwähnten Formationen zu ihrer Auffindung, wie schon bemerkt, keine starken Anforderungen an die Geduld des Präparators machen, so sind die genannten Localitäten als sehr geeignet zu bezeichnen, um sich durch den Augenschein leicht zu überzeugen, dass die vorhandenen Abbildungen von peripherischen Nervenzellen stark hinter dem wirklich zu Beobachtenden zurückbleiben. Um diese Lücke auszufüllen, habe ich dieser Abhandlung einige getreu nach den vorgelegten Präparaten gezeichnete Abbildungen von Nervenzellen aus den Ganglien von Hirn und Rückenmarksnerven von Triton cristatus und Salamandra maculata beigegeben.

Die zweite hier noch anzuschliessende Erörterung bezieht sich auf diejenigen Gebilde im peripherischen Nervensysteme, welche ich unter dem Namen „Zellennester“ beschrieben und in ihrer Bedeutung näher zu beleuchten gesucht habe. Als ich mich im Jahre 1872 über diese Gebilde verbreitete, habe ich eine Hypothese über dieselbe geäussert, deren weitere Prüfung mich zur Verwerfung derselben führte. Zu jener Zeit habe ich die gedachte Hypothese über den Zusammenhang der Zellennester mit rothen Blutkörperchen aufgestellt. Bei der Abfassung der angezogenen Abhandlung konnte ich mir nicht versagen, eine Erklärung der genannten merkwürdigen Bildungen zu versuchen, zumal da ich damals entschlossen war, von der weiteren Verfolgung des Gegenstandes abzusehen.

---

\*) Bei fortgesetzter Untersuchung der genannten Objecte fällt auch hier das ausserordentlich schwankende Verhältniss auf, welches zwischen der Zahl der einfachen gewöhnlichen Nervenzellen und derjenigen der anderen Formationen besteht.

Indem ich aber bei der Fortsetzung dieser Untersuchungen immer mehr dazu hingedrängt wurde, mich in meinen Betrachtungen von den herrschenden Lehren mehrfach loszusagen, glaube ich nun auch den geschilderten „Zellen- oder Kernnestern“ eine andere Deutung geben zu müssen.

Ihre Herkunft aus gewöhnlichen Nervenzellen oder ein Modus der Entstehung, ähnlich demjenigen der gewöhnlichen Nervenzellen ist mir bei weiterer Revision der einschlägigen Befunde in hohem Grade wahrscheinlich geworden. Aber auch jetzt noch kann ich mich nicht für überzeugt halten, dass die zahlreichen Kerne einer Theilung des alten präformirten Kernes ihre Entstehung verdanken. Bilder, die auf diesen Vorgang hindeuten, habe ich, wie schon in meiner früheren Arbeit erwähnt, nicht auffinden können.

Gerade auf diesen Punkt habe ich früher besonderen Nachdruck gelegt, als es sich um die Deutung der in Rede stehenden Bildungen handelte.

Mannigfache Beobachtungen der neueren Zeit deuten nun aber darauf hin, dass Kerne in der Zellsubstanz, so zu sagen, frei entstehen können, d. h. unabhängig von dem alten Kerne, durch Differentiation der Zellsubstanz. In diesem Sinn fasse ich nun auch die Zellenester auf; es können Nervenzellen, unter bestimmten nicht näher zu präcisirenden Bedingungen, sich so umändern, dass sowohl die chemische Zusammensetzung eine andere wird und neue Differentiationen, deren Producte die Kerne sind, in ihr auftreten.

Die Kern- oder Zellenester muss ich auch heute noch als das auffälligste Zeichen dafür hinstellen, dass die zelligen Elemente des peripherischen Nervensystems der Sitz reger Umwandlungsvorgänge sind, die sowohl die Formen als auch die chemische Zusammensetzung der genannten Zellen eingreifend zu verändern im Stande sind.

Auf die Bedeutung dieser wichtigen Thatsache werden wir an einer anderen Stelle nochmals eingehend zurückzukommen haben.

Kehren wir nun wieder zur Physiologie des Sympathicus zurück.

Die Anschauungen über die physiologische Selbständigkeit des Sympathicus erlitten einen harten Stoss durch die Ermittlungen von Budge, der nachwies, dass die vermeintlich im Sympathicus primär wurzelnden Einflüsse auf die Irismuskulatur vom Rückenmarke abzuleiten sind; die weitere Ausdehnung dieser Versuche hat sogar zur Erkenntniss geführt, dass der eigentliche Heerd der genannten Innervation im Gehirne zu suchen ist. Die Forschungen der experimentellen Physiologie haben auf dem von Budge zuerst mit Erfolg betretenem Wege fortschreitend seither von vielen anderen Innervationsvorgängen

gezeigt, dass sie nur in der Bahn des sogenannten Sympathicus in der Peripherie fortgeleitet werden, dass sie aber primär in den grossen Centren Hirn oder Rückenmark entstehen, und dass die Erregung, wenn sie einmal aus den grossen nervösen Centren herausgetreten, im sogenannten sympathischen Systeme keine wesentliche Abänderung ihrer Qualität mehr erfährt.

Wenn z. B. die Reizung des sympathischen Grenzstranges am Halse Verengerung der Ohrarterien hervorruft, so liegt in dieser Nervenfunction nichts für den Sympathicus Characteristisches. Denn die natürliche Innervation der im Halsstrange des Sympathicus verlaufenden Fasern erfolgt normal immer nur im Hirn oder Rückenmark, nie in einem Knoten des Grenzstranges. Wie wenig aber vasomotorische Functionen für die Leistungen des Sympathicus characteristisch sind, was einst Stilling meinte, als er für den Sympathicus den Namen Vasomotorius in Vorschlag brachte, erweisen zahlreiche Ermittlungen der modernen Experimentalphysiologie. Vasomotorische Nervenfasern verlaufen in Nerven, die nie in die geringste Beziehung zu Theilen des Nervensystems getreten sind, die man zum sympathischen zu rechnen pflegt. Durch den Versuch ist nachgewiesen, dass durch natürliche Erregungsmittel (venöse Beschaffenheit des Blutes), wie auch durch Gifte eine sehr grosse Anzahl vasomotorischer Nerven vom Hirne aus in den Reizungszustand versetzt werden kann; ebenso lässt sich zeigen, dass im Halstheile des Rückenmarkes sehr viele vasomotorische Fasern zusammenliegen, die dort der künstlichen Erregung zugänglich sind. Es liegt also nicht der mindeste Anlass vor, dem Sympathicus für die Einleitung von vasomotorischen Nerven-erregungen irgend etwas zuzuschreiben; er vermag als Leiter derartiger Erregungen zu dienen, ebenso wie die Nerven der Cerebrospinalaxe; in letzterer allein wird der Erregungsvorgang primär eingeleitet.

Dasselbe gilt von allen anderen Organen, deren Abhängigkeit vom Sympathicus man behauptet hat. Wo das Nervensystem überhaupt einen deutlich nachweisbaren Einfluss auszuüben im Stande ist, da lässt sich dieser bis in's Hirn und Rückenmark, als auf die Organe, wo diese Einflüsse primär gesetzt werden, verfolgen. Es ist hiebei gleichgültig für die uns hier beschäftigende Frage, ob die Erregung automatisch ist oder reflectorisch; denn es ist für keine dieser beiden Erregungsformen, die in den Centren vorkommen können, auch nur im Entferntesten nachgewiesen, dass diese in einem peripherischen Nervenknotten gesetzt werden können.



So weit wir also mit Hilfe des Experimentes die Bedeutung des Sympathicus in Bezug auf seine sogenannten centralen Functionen zu erforschen vermögen, kommen wir zu dem Resultate, dass der Nachweis derselben nicht zu liefern ist.

Indem wir aber das Factum nochmals zu constatiren haben, dass in vielen Organen, selbst nach vollständiger Trennung von den grossen Knoten des Sympathicus und vom Cerebrospinalorgane noch Bewegungsphänomene der mannigfachsten Art zur Beobachtung gelangen, müssen wir nun prüfen, inwieweit hierbei sympathische Zellen noch betheiligt sind. Die in dieser Beziehung anzustellenden Betrachtungen fallen aber ganz zusammen mit den Erwägungen über die beiden oben von uns erwähnten Grundannahmen, deren Prüfung wir bis zu dieser Stelle verschoben haben.

Zur Erklärung des Zustandekommens der Bewegungen, die an Organen zur Beobachtung kommen, welche man aus jeglichem Zusammenhange mit den grossen nervösen Centren und den Knoten des Sympathicus gelöst hat, kann man zwischen zwei Annahmen wählen. Entweder man betraut die in den Organen vorfindlichen peripherischen Nervenzellen mit centralen Functionen, indem man in denselben gleichsam kleine Filialanstalten von Hirn und Rückenmark erblickt, oder man schreibt auch noch anderen Geweben, als dem Nervengewebe, die Fähigkeit zu, unter gewissen Bedingungen selbständig erregt zu werden. Den Begriff der Irritabilität aber wollen wir noch viel weiter fassen als gewöhnlich, indem wir alle eingreifenden vitalen Veränderungen der Gewebe, unter dem Einflusse irgendwelcher Umstände, mit Ausschluss der in der Bahn der Nerven zugeleiteten, als durch ihre eigene Irritabilität bedingt ansehen. \*) Wir könnten demnach zwei Arten von Irritabilität aufstellen; die erste wird in Anspruch genommen, wenn von Hirn oder Rückenmark aus dem irritablen Gebilde ein Impuls zuströmt; unter dem Einflusse des letzteren kann sich also ein Muskel contrahiren, oder eine Drüsenzelle ihre Secretion beginnen etc. Diese Art von Irritabilität könnte man auch wohl bezeichnen als die „Neuro-Irritabilität, um kurz auszudrücken, dass irgend eine Erscheinung unter dem Einflusse von dem Cerebrospinalorgane oder (nach der allgemeinen Annahme) deren peripherischen in den Organen zerstreuten Filialen entspringenden Impulsen entstanden sei.

Die zweite Art der Irritabilität würde ich dann als „automatische

---

\*) Nach unserer Auffassung kann eine Drüsenzelle ebenso gut „irritabel“ sein, als eine Nerven- oder Muskelzelle oder eine amöboide Blutzelle.

Irritabilität“ bezeichnen, um auszudrücken, dass auch unter anderen Einflüssen, als den in der Bahn von Nerven zugeleiteten, wie z. B. etwa unter dem Einflusse einer Ernährungsflüssigkeit von bestimmter Zusammensetzung, die Gewebe ihre chemischen und physikalischen Qualitäten vermöge ihrer Stoffwechselvorgänge rasch und eingreifend ändern können, d. h. reizbar sind. Mit dieser letzten Definition schränken wir daher den Begriff der Reizbarkeit nicht ein auf die der Contraction und Secretion vorstehenden Gewebe, sondern glauben, dass sich noch an anderen Geweben in mehr oder minder hohem Grade die Aeusserungen der „automatischen Irritabilität“ nachweisen lassen. Wenn z. B. an einem Gliede, das aus dem nervösen Zusammenhange mit dem Cerebrospinalorgane gelöst worden, auf Reizung der Haut eine vermehrte Transsudation durch die Gefässwandungen erfolgt, so kann, unter dem Einflusse der Neuro-Irritabilität (?) oder der „automatischen Irritabilität“ die chemische und physikalische Beschaffenheit der die Gefässwandung bildenden Gewebe sich verändert haben.

Es ist nun allgemein bekannt, dass im Bewusstsein der modernen Physiologie vorzugsweise die Neuro-Irritabilität eine Stätte gefunden hat, was ich schon oben als die Annahme von der Omnipotenz des Nervensystems characterisirt habe. Es hat sich diese Annahme wohl aus folgendem Grunde so rasch und fest eingebürgert. Die Bewegungserscheinungen nämlich, welche man hauptsächlich nach der vollständigen Eliminirung des Cerebrospinalorganes und der grossen sympathischen Knoten in's Auge fasste, zeigen den Character der Rhythmicität, wie z. B. die Pulsationen des herausgeschnittenen Herzens und die peristaltischen Bewegungen der Eingeweide. Da nun erfahrungsgemäss gewisse in ausgesprochener Weise rhythmische Bewegungen z. B. die Athembewegungen nur von bestimmten Partien des centralen Nervensystems aus angeregt werden können, so erschien es nothwendig, in die Organe, welche auch losgelöst vom nervösen Centrum noch Rhythmicität zeigen, selbständige Filialcentren zu verlegen. (Volkmann).

In Rücksicht auf diesen Punkt muss nun Folgendes bemerkt werden.

Volkmann's Aufstellungen sollten nichts anderes sein, als eine auf Analogien aufgebaute Hypothese. Der fortschreitenden Wissenschaft lag es ob, nachzusehen, einmal, in wie weit sich dieselbe durch die Thatsachen weiterhin stützen liesse, andererseits, ob sie im Stande sei, logisch zur Auffindung neuer Thatsachen hinzuleiten. Diesen Anforderungen aber vermag diese Hypothese nicht zu genügen.

Unzweifelhafte experimentell nachgewiesene Thatsachen, welche die Hypothese von der centralen Bedeutung der peripherischen Nervenzelle zu bekräftigen im Stande gewesen, sind nicht aufgedeckt worden. Die Versuche von Stannius und aller Nachfolger auf diesem Gebiete sind unter anderen viel einfacheren Annahmen besser und vollständiger erklärbar, wie ich dies an einem anderen Orte ausführlich nachzuweisen gedenke. Was aber noch viel schwerer in's Gewicht fällt, ist der Umstand, dass die mikroskopische Anatomie auch nicht den mindesten Anhaltspunkt für die Richtigkeit der Hypothese von der centralen Natur der Ganglienzelle liefern konnte. Von den Ganglienzellen der Herzwandungen einen unzweifelhaften Nervenfasern bis in die Herzmusculatur zu verfolgen ist nicht möglich. Der Nachweis all der complicirten Veranstaltungen, welche für die den Ganglienzellen des Herzens zugeschriebenen Functionen (automatische Erregung, Hemmung, Reflex) von der Theorie gefordert werden, ist auch nicht entfernt geliefert.\*)

Wenn einst die Entdeckung Remak's vom Vorkommen von Ganglienzellen im Herzfleische zu weitgehenden hoffnungsvollen Aussichten in das Gebiet der Nervenphysiologie verleiten konnte, so musste doch im weiteren Verlaufe der mikroskopischen Ermittlungen die ausserordentliche Verbreitung der peripherischen Nervenzelle die in dieser Beziehung gehegten Hoffnungen gewiss eher herabstimmen, als vergrössern. Denn es erscheint mir nicht zulässig, ein und dasselbe anatomische Substrat zu den allerverschiedensten Leistungen für gleichmässig befähigt zu erachten.

Nehmen wir endlich noch hinzu, dass, wie wir oben erfahren haben, die peripherische Nervenzelle ein proteusartiges Gebilde ist, dass sie, in allen ihren Eigenschaften wandelbar, eigentlich nur ideal zu construiren ist, so muss sich auch an diese Beobachtung ein ernster Zweifel knüpfen, ob einem so wandelbaren und vielgestaltigen Gebilde die wichtigen Functionen übertragen sind, an deren Stätigkeit und Unwandelbarkeit der Bestand des Organismus geknüpft ist.

---

\*) Wir unterschreiben, auf Grund ausgedehnter Beobachtungen, die Behauptung Kölliker's vollständig, dass die Vagusfasern mit den Ganglienzellenanhäufungen nicht in continuirlichem Zusammenhange stehen. Aber auch die weitere Aufstellung Kölliker's, dass die Fortsätze der Ganglienzellen des Herzfleisches in die Herzmusculatur herein zu verfolgen sind, kann ich als richtig nicht anerkennen.

Die Ganglienzellen des Herzens, welche sich übrigens in Nichts von denen an anderen Orten unterscheiden, werde ich, wie bemerkt, in einer besonderen Abhandlung eingehender besprechen, und in ihrer Bedeutung für die Herzbewegung zu beleuchten suchen.

Wir haben in der vorstehenden Erörterung zu gleicher Zeit die zwei eng mit einander verknüpften Hypothesen in Erwägung gezogen, deren wir oben erwähnt haben, nämlich einmal diejenige, welche für alle Vorgänge der Bewegung, die nach Eliminirung der grossen nervösen Centren und der sympathischen Knoten noch übrig bleiben, die Intervention des Nervensystemes in Anspruch nimmt, und sodann die zweite, welche für die primäre Einleitung von nervösen Erregungszuständen nur die Nervenzelle für geschickt erachtet. Was nun diese zweite Annahme betrifft, so ist die Wurzel derselben zu suchen in der Ansicht, dass die wirksamen Kräfte der grauen Hirn- und Rückenmarkssubstanz, insbesondere das Vermögen der Coordination von Bewegungen — in den Nervenzellen ihren Sitz haben. Es ist möglich, dass dereinst der Beweis für diese Ansicht erbracht werden wird, vorderhand darf nicht übersehen werden, dass dieselbe nichts ist, als eine Vermuthung, deren weitere Verwerthung zu wissenschaftlichen Schlüssen nur mit der grössten Vorsicht gestattet werden kann.

Nachdem wir gesehen haben, dass die Hypothese von der ausschliesslichen „Neuro-Irritabilität“ durchaus nicht so fest begründet ist, als allgemein geglaubt wird, lässt sich andererseits für die „automatische Irritabilität“ der Gewebe Folgendes in's Feld führen.

Die Untersuchungen der jüngsten Zeit haben über jeden Zweifel dargethan, dass isolirte Zellen, bei denen an einen Zusammenhang mit dem Nervensysteme nicht gedacht werden kann, das Phänomen der Contractilität zeigen, also „automatisch irritabel“ sind. Weiterhin haben Kühne's Versuche über die Muskelirritabilität es in hohem Grade warscheinlich gemacht, dass auch die quergestreifte Muskelsubstanz für sich, ohne Mitwirkung von nervösen Einflüssen, irritabel ist. Von der glatten Musculatur des Ureter ist durch Engelmann's Untersuchungen gezeigt worden, dass sie wahrscheinlich durch directe Reizung in Contraction versetzt werden kann; eine Uebertragung dessen, was von der glatten Musculatur des Ureter gilt, auf alle Organe mit glatter Musculatur erscheint um so mehr gerechtfertigt, als die directe mikroskopische Untersuchung der contractilen Wandungen der Blutgefässe in Bezug auf das Vorkommen von Ganglienzellen nur negative Resultate ergeben hat.

Die in der jüngsten Zeit von Rosshach mitgetheilten Versuche über directe mechanische Reizung des Froschherzens, sowie die von mir angestellten Experimente über die electriche Reizung des Säugethierherzens sprechen ebenfalls sehr zu Gunsten einer automatischen Irritabilität.

Vom Standpunkte der Gesamtheit unserer gegenwärtigen Kenntnisse über die Vorgänge im Organismus erscheint mir der Widerstand nicht begreiflich, der immer noch gegen die Annahme einer selbstständigen Irritabilität der Gewebe sich geltend macht. — Jeder Versuch, die Erscheinungen der Nerven- und Muskelthätigkeit zu erklären muss doch, — wenn anders er sich nicht in unwissenschaftlichen Mysticismus verlieren will — davon ausgehen, dass beide Thätigkeiten bedingt erscheinen durch die Fähigkeit der Nerven- und Muskelsubstanz, rasch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften zu wechseln, und zwar unter dem Einflusse der mannigfachsten Agentien. Wenn z. B. — in bisher ganz unbekannter Weise — im Hirn durch eine bestimmte Zusammensetzung des dort circulirenden Blutes in den cerebralen Enden der Athemnerven der Innervationsvorgang entsteht, so setzt das Wirksamwerden desselben die Eigenschaft der Muskelsubstanz voraus, den in der Nervensubstanz vor sich gehenden physikalischen und chemischen Processen rasch folgen zu können, etwa so, wie explosibare Substanzen z. B. eine Erwärmung durch ihre Explosion beantworten. Eine leichte Zersetzbarkeit und eine rasch erfolgende Restitutio in integrum — normale Bedingungen vorausgesetzt — ist also eine Cardinaleigenschaft der thierischen Gewebe und ganz insbesondere der nervösen und der contractilen Substanz. Dies angenommen kann es nicht Wunder nehmen, wenn die specifischen Zersetzungs- und Restitutionsformen in verschiedener Weise hervorgerufen werden können, gerade wie die Explosion gewisser explosibarer Substanzen durch Wärme, mechanische Einwirkung etc. herbeigeführt werden kann. Hiermit aber ist nicht gesagt, dass im normalen Verlaufe der Functionen wirklich alle Arten von Eingriffen zur Verwendung kommen, welche die eigenthümliche Zersetzung und Restitution irritabler Gewebe mit ihren bestimmten Consequenzen hervorzurufen vermögen. Ein motorischer Nerv kann bekanntlich, abgesehen von der normalen Innervation, die im Cerebrospinalorgane wurzelt, auch durch mechanische, thermische oder anderartige Insultation auf dem Wege des Versuches in Erregung versetzt werden; dass im normalen Organismus eine derartige Erregung motorischer Nerven unter normalen Bedingungen nicht zur Geltung kommt, ist einleuchtend.

Sehr gut aber kann der Fall gedacht werden, dass z. B. die Muskelsubstanz in ihrer Thätigkeit durch verschiedene Agentien, d. h. Reize bestimmt wird; so z. B. einmal durch eine wechselnde Zusammensetzung der sie umspülenden Ernährungsflüssigkeit und sodann durch in der Bahn von Nerven zugeleitete Impulse. Es liegt, so weit ich

sehe, keine principielle Berechtigung vor, der in der Peripherie liegenden Ganglienzelle z. B. schlechtweg das Vermögen zuzuertheilen, automatisch, d. h. nicht unter Intervention zugeleiteter nervöser Impulse in Erregung zu gerathen, dieses Vermögen aber z. B. der glatten oder quergestreiften Musculatur abzusprechen. Es ist vielmehr eine mit den Thatsachen gut übereinstimmende und heuristisch, wie mir scheint, sehr fruchtbare Annahme, der „automatischen Irritabilität“ eine weite Verbreitung im thierischen Organismus zuzuschreiben.

---

### III.

#### **Darlegung der Bedeutung der dem Sympathicus eigenthümlichen histiologischen Elemente.**

Werfen wir einen Rückblick auf die Resultate unserer Untersuchung soweit wie letztere bis jetzt geführt haben, so wird man bemerken, dass dieselben, soweit sie in entschiedenem Widerspruche zu der herrschenden Lehre stehen, bereits von anderer Seite in ähnlicher Weise früher aufgestellt worden sind.

Wir versuchten darzuthun, dass für die centrale Bedeutung des sogenannten sympathischen Nervensystems keine zureichenden Beweise vorliegen, und dass zwischen der Sicherheit, mit der die Mehrheit der Physiologen sich auf die centrale Natur der peripherischen Nervenzelle bezieht und der Exactheit der hiefür gelieferten Beweise ein Missverhältniss besteht.

Gegen die Auffassung des sympathischen Nervensystems als einer Filialanstalt von Hirn und Rückenmark haben sich Schiff und Budge in der letzten Zeit, schon früher Valentin erklärt; die Verdienste der genannten Forscher um die Förderung der uns hier beschäftigenden Fragen sollen hier ausdrücklich hervorgehoben werden.

Im Grossen und Ganzen hege ich in Bezug auf die Hauptfragen ganz dieselben Ansichten, wie sie insbesondere von Schiff in seinem Lehrbuche ausgesprochen wurden. Doch möchte ich noch besonders darauf hinweisen, dass ich für die Erklärung der Bewegungs-Erscheinungen, welche nach der Zerstörung des Hirns, des Rückenmarkes und der sympathischen Nervenknotten noch übrig bleiben, die Herbeiziehung einer automatischen Irritabilität der Gewebe schärfer betont habe, als dies von den genannten Autoren geschah. Die Berechtigung hiezu

lag aber zum Theil in den aus den letzten Jahren stammenden wichtigen Ermittlungen über die Contractilität isolirter Zellen.

Indem ich also in den vorstehenden Ausführungen, was die Kernpunkte der Fragen betrifft, zum Theil für schon früher geäußerte Ansichten eingetreten bin, so beabsichtige ich nun, die uns beschäftigende Fragen um einen Schritt weiter zu bringen.

Es leuchtet nämlich sofort ein, dass es die Aufgabe der Physiologie und Anatomie ist, nicht allein nachzuweisen, dass das sympathische Nervensystem resp. die periphere Nerven- nicht den Functionen dient, die ihm eine Anzahl von Forschern glaubte zuschreiben zu dürfen; es muss vielmehr gezeigt werden, welche Eigenthümlichkeiten in Wirklichkeit dem sympathischen Systeme zukommen.

Wir haben oben dargelegt, dass der Sympathicus qualitativ nichts aufweist, was nicht auch unzweifelhaften Bestandtheilen des Cerebrospinalsystems zukommt; die quantitativen Unterschiede aber fordern genugsam dazu auf, zu untersuchen, was die eigentliche Bedeutung der Eigenthümlichkeiten im Bereiche des sogenannten sympathischen Systems sei. Mit anderen Worten, wir wollen der Behauptung, dass an die Existenz der sympathischen Nerven- keine centralen Functionen geknüpft sind, eine positive Ansicht über die Bedeutung der peripherischen Nerven- und der übrigen im Sympathicus vorwiegend vorkommenden Bestandtheile gegenüberstellen. In dieser Beziehung hoffen wir dann, den Vorgängern auf diesem Gebiete gegenüber einen wesentlichen Fortschritt zu begründen.

Betrachten wir die durch das Nervensystem vermittelten Erscheinungen einerseits in den von Nerven des Cerebrospinalsystems (im engeren Sinne) versorgten Organen, andererseits in den vom sog. Sympathicus innervirten Organcomplexen, so ergeben sich gewisse beachtenswerthe Verschiedenheiten. Einmal ist den Bewegungserscheinungen, die direct vom Cerebrospinalsysteme beeinflusst werden, der Character der Willkür und damit auch einer gewissen Coordination der Bewegung aufgedrückt. Diese Eigenschaften erhält die Innervation bereits in den Centralorganen aufgeprägt, so dass die Innervationsimpulse für eine bestimmte Gruppe von Muskeln bereits zusammengefasst aus dem Centralorgane abströmen. Die Leitung der im Centralorgane zusammengefassten Impulse kann für längere Zeit auf eine geringe Masse nervöser Substanz beschränkt sein; es wird nur verlangt, dass in der Peripherie durch die Theilung und Aufsplitterung der Nervensubstanz der nöthige Contact zwischen Nerv und Muskel vermittelt wird. In Uebereinstimmung hiermit sehen wir denn auch trotz der Complicirtheit der möglichen Bewegungen zu den

Organen mit willkürlicher Bewegung die Nerven sich auf relativ schmalen Bahnen vom Centralorgane zu den Muskeln hinziehen; erst in den Muskeln selbst tritt durch Aufsplitterung der Nerven eine starke Vermehrung der nervösen Substanzen auf. Offenbar ist es ein Ausdruck des wirklichen Sachverhaltes, wenn man sagt, dass es durch die eigenthümliche Function der nervösen Centralorgane bedingt ist, dass die nervösen Impulse für bestimmte Bewegungen lange Zeit hindurch sich in zusammengelegten Bahnen bewegen können, und dass erst in den Muskeln selbst eine allseitige Berührung der Nerv- und Muskelsubstanz eine Massevermehrung der ersteren bedingt.

Anders verhält sich die Sache bei denjenigen Organen, in denen die Beeinflussung von Seiten des Nervensystemes derart ist, dass weder die Willkür dabei eine Rolle spielt, noch scharfe Sensationen durch die centripetalleitenden Nerven dem Bewusstsein vermittelt werden. Während bei der coordinirten willkürlichen Bewegung die Impulse so geordnet sind, dass sie erst weit an der Peripherie isolirte Bahnen einzuschlagen haben, scheint im Bereiche der unwillkürlichen Bewegungen, insoweit sie überhaupt direct unter dem Imperium des Nervensystemes stehen, die Anordnung der Nerven so zu sein, dass alsbald nach ihrem Austritt aus dem Centralorgane eine Vermehrung der Nervensubstanz Platz greift. Die Nervenverbreitung in den Organen mit unwillkürlicher Bewegung ist also der Masse nach eine viel gewaltigere, insofern nicht erst nahe dem definitiven Ende, sondern schon früher eine bedeutende Massenvermehrung der nervösen Substanz stattfindet. Für die Anordnung der Nerven in den Organcomplexen, insoweit erstere den Character des sympathischen Systemes tragen, mag noch folgender Punkt in Betracht kommen.

Eine grosse Anzahl von Beobachtungen weist darauf hin, dass die von uns sogenannte „automatische Irritabilität“ im Bereiche des Verbreitungsgebietes des Sympathicus eine viel grössere Rolle spielt, als im Bereich des Cerebrospinalsystemes s. s. Die Nerven des letzteren greifen primär bestimmend in die Thätigkeit der von ihnen versorgten Theile ein. Die Nerven des sympathischen Systemes wirken mehr regulirend auf die von ihnen beeinflussten Gewebe, welche in sich selbst den ersten Anstoss ihrer specifischen Thätigkeit tragen. (Ebenso verhält es sich beim Herzen, dessen Nerven, obwohl sie beim Frosche z. B. ausschliesslich echte Hirnnerven (nn. vagi) sind, doch den Character sympathischer Fasern tragen.)

Es ist bekannt, dass Bidder und Volkmann in ihrer öfters genannten Schrift darin ein wichtiges Argument sahen für die von ihnen



vertretene Selbständigkeit des sympathischen Nervensystemes, dass auf dem Wege der Messung und Zählung sich innerhalb der Bahnen des Sympathicus eine Faservermehrung nachweisen liess, und zwar derart, dass nach dem Ergebnisse dieser Methoden angenommen werden musste, dass die aus den Centralorganen ausgetretenen Nerven in der Peripherie eine Vermehrung erleiden müssen. Kölliker gab dann später an, dass er, allerdings in sehr seltenen Fällen, direct beobachtet habe, dass Nervenzellen dadurch, dass sie einer Faser zum Ursprunge dienten, bei dieser Faservermehrung betheiligt seien.

An der Richtigkeit der Ansicht von Bidder und Volkmann von der Vermehrung der Nervensubstanz in der Peripherie d. h. ausserhalb der Bahn der Centralorgane kann wohl kein Zweifel aufkommen; dahingegen haben, so weit ich finde, die Resultate der fortgesetzten mikroskopischen Untersuchungen über das Verhältniss der Nervenzelle zu ihren Fortsätzen durchaus keine hinlängliche Berechtigung geliefert zu der Annahme, dass die Nervenzelle die Ursprungsstätte einer Nervenfaser sei, die sich continuirlich von der Zelle bis zu irgend einem peripherischen Organe verfolgen lasse. In dieser Beziehung muss ich auf das verweisen, was ich bereits oben bei der Besprechung der Nervenzellenfortsätze betont habe.

Wenn rücksichtlich der Faservermehrung im sympathischen Nervensysteme Bidder und Volkmann auf die Idee kamen, dass in den Knoten des Sympathicus neue Fasern entstünden (über den Modus, wie diese Vermehrung vor sich gehe, haben sie sich nicht weiter ausgesprochen), und Kölliker über diesen Vorgang sich die eben erwähnte Ansicht bildete, so erscheint dies vollkommen begreiflich im Hinblick darauf, dass die Theilung der peripherischen Nervenfaser erst im Jahre 1844 von Müller und Brücke entdeckt wurde.

Nachdem aber einmal die Nerventheilung als ein weitverbreitetes Vorkommniss im Bereiche des Nervensystemes nachgewiesen worden war, bot der Modus der Vermehrung der Nervensubstanz in der Peripherie dem Verständnisse keine besonderen Schwierigkeiten mehr dar.

Wir haben gesehen, dass die Organe mit unwillkürlicher Bewegung eine bedeutendere Vermehrung der Nervensubstanz erfordern, als die mit willkürlicher Bewegung begabten. Ausser den für die unwillkürliche Bewegung bestimmten Organen giebt es aber noch andere Organ-complexe, deren Thätigkeit vom Nervensysteme aus beeinflusst wird und ebenfalls eine sehr starke periphere Vervielfältigung der nervösen Substanz nöthig macht, wie z. B. gewisse Drüsen.

Betrachten wir z. B. einmal die Innervationsverhältnisse des Darm-

schlauches, um ein Urtheil über die hiefür verlangten Nervenbahnen zu gewinnen. Soweit unsere Kenntnisse bis jetzt reichen, werden für denselben postulirt:

1) Fasern für die Längs- und Ringmuskulatur der Darmwandungen, sowie für die *Muscularis mucosa*.

2) Nervenfasern für die Muskulatur der zahlreichen Blutgefässe und Lymphgefässe. (?)

3) Nervenfasern für den stark ausgebildeten in der Mucosa gelegenen Drüsenapparat. Obwohl ein unmittelbarer Einfluss des Nervensystemes auf die Drüsen des Darmes noch nicht direct nachgewiesen ist, so dürfte doch, nach Analogie zu schliessen, derselbe in irgend einer Weise vorhanden sein.

4) Centripetalleitende Nervenfasern, welche dazu bestimmt sind, theils Reflexe auf centrifugalleitende Fasern, theils Sensationen zu vermitteln.

Die Vielfältigkeit der Innervationen, verbunden mit der grossen räumlichen Ausdehnung des Darmschlauches, machen also, wie leicht einzusehen, eine bedeutende Vermehrung der dem Cerebrospinalorgane entstammenden Nervenmasse nothwendig.

Indem ich nun, ausgehend von der unleugbaren Massenvermehrung der Nervensubstanz, unter Berücksichtigung der durch die Anatomie und Physiologie an die Hand gegebenen Thatsachen, die Nervenvertheilung in den verschiedenen Organcomplexen in Bezug auf ihre qualitativen und quantitativen Verhältnisse einer Betrachtung unterzog, bin ich zu einer Ansicht hierüber gelangt, welche ich in folgenden Sätzen formuliren will:

1) Die Einleitung von Innervationsprocessen findet nur in dem Cerebrospinalsysteme statt. Um den allseitigen Einfluss des letzteren auf die bezüglichlichen Gewebs-elemente zu sichern, ist es nothwendig, dass die dem nervösen Centralorgane entstammenden peripherischen Nerven ausserhalb desselben eine Vermehrung ihrer Masse erleiden.

2) Bei denjenigen Organsystemen, welche dem vegetativen Leben dienen, ist es durch die Eigenthümlichkeit der Innervationsvorgänge bedingt, dass die peripherische Vermehrung der Nervenmasse in einem viel bedeutenderen Maasse vor sich geht, als in den Organen mit willkürlicher Bewegung und scharf bewusster Empfindung; in den letzteren findet die Massenvermehrung der Nerven-

substanz vorzugsweise nahe der definitiven Endausbreitung statt.

3) Diejenigen Stellen im Nervensysteme, an denen die Massenvermehrung der peripherischen Nervensubstanz hauptsächlich vor sich geht, müssen nothwendigerweise mit einer grösseren Energie der vegetativen Processe begabt sein. Der Ausdruck dieser vermehrten vegetativen Energie an bestimmten Localitäten des Nervensystemes liegt

- 1) in dem Auftreten von Nervenzellen,
- 2) in dem Auftreten von marklosen und von schmalen markhaltigen Nervenfasern.

4) In dem sogenannten sympathischen Nervensysteme sind nun diese Spuren einer vermehrten vegetativen Energie bereits sehr bald nach dem Austritt der Nervenfasern aus dem Cerebrospinalorgane in scharfer Weise ausgeprägt; an den übrigen Bestandtheilen des Nervensystemes werden wir dieselben noch im Einzelnen aufzudecken haben.

Indem wir nun dazu schreiten, die in den vorstehenden Sätzen aufgestellten Behauptungen eingehender zu erörtern und zu begründen, wollen wir gleich betonen, dass das Hauptgewicht auf die sub 3 angeführte Aufstellung von der Bedeutung der dem sogenannten Sympathicus charakteristischen Bestandtheile zu legen ist. Wir beginnen desswegen auch füglich mit diesem den Kernpunkt unserer Lehre betreffenden Satze.

Nachdem sich mir, bei der unausgesetzten Durchforschung des Verhältnisses zwischen Nervenzelle und Nervenfasern im peripherischen Nervensysteme bereits die Ansicht aufgedrängt hatte, dass die Nervenzelle nicht sowohl als eine mit den Functionen eines nervösen Centralorganes betraute Organisation anzusehen sei, sondern wohl mit den vegetativen Vorgängen der Entwicklung und des Wachstums in der Nervensubstanz im Zusammenhang stehen möge, ergab sich mir als eine Consequenz dieser Ansicht, dass es wohl möglich sein dürfte, einen beliebigen Nerven des Cerebrospinalsystemes unter Bedingungen zu bringen, unter denen eine Bildung von Nervenzellen, schmalen dunkelrandigen und marklosen Fasern erfolgen würde. Dieser Schluss, gezogen aus den bei der Untersuchung des Sympathicus und der Spinalganglien von mir gesammelten Beobachtungsmaterial, ist denn nun auch durch die Resultate der von mir angestellten Experimente auf's Glänzendste bestätigt worden.

Es ist mir nämlich gelungen, jedem beliebigen Nerven den Stempel eines Bestandtheiles des sogenannten sympathischen Nervensystemes aufzudrücken, d. h. durch künstlich gesetzte Eingriffe Anlass zu geben zur Bildung von Nervenzellen, von marklosen und von schmalen markhaltigen Nervenfasern.

Nachdem ich so das wichtigste und meiner Ansicht nach vollständig für die Unhaltbarkeit der von mir bekämpften Theorie von der centralen Bedeutung der peripherischen Nervenzelle zeugende Resultat meiner experimentellen Studien vorweggenommen, schreite ich nun zu einer ausführlichen Darlegung derselben.

Indem ich die in Bezug auf die vegetativen Vorgänge in den peripherischen Nerven bekannten Thatfachen und Ansichten behufs der Auffindung einer Methode zur eingreifenden Abänderung der Vegetationsverhältnisse der Nerven in Erwägung zog, mussten sich meine Gedanken alsbald an die schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiologie und Medicin fesselnden Vorgänge heften, die bei der sogenannten Degeneration und Regeneration durchschnittener Nerven zur Beobachtung kommen. Insbesondere schien mir für meine Zwecke der Beachtung werth die von mehreren Beobachtern der jüngsten Zeit betonte Wichtigkeit der Veränderungen, die sich nach der Durchschneidung eines Nerven an dem centralen Stumpfe desselben ausbilden, und die alsbald einen derartigen Verlauf nehmen, dass sie den ersten Anlass geben zur Wiederherstellung der normalen Continuität. Da also die erwähnten Vorgänge endlich dazu führen, einen künstlich hervorgerufenen Defect zu ersetzen, so dürfte es wohl gerechtfertigt sein, eine hohe Energie der hierbei obwaltenden Ernährungs- und Vegetationsverhältnisse als denselben zu Grunde liegend anzunehmen. Die Herstellung der Continuität der Nerven bildet das Endziel dieser abgeänderten Ernährungsenergie des Nerven.

Meine Absicht ging nun dahin, die Vegetationsverhältnisse des Nerven so zu alteriren, dass dieselben nicht sowohl dazu führen, einen gesetzten Substanzdefect zu ersetzen; vielmehr sollte genau beobachtet werden, welche Vorgänge im durchschnittenen Nerven an seinem centralen Stumpfe Platz greifen, wenn die Bedingungen fortgesetzt in ihm walten, welche zur Regeneration führen würden, dafern der gesetzte Substanzverlust nicht allzu bedeutend gewesen wäre.

Aus dem eben Mitgetheilten lässt sich nun leicht entnehmen, in welcher Weise die von mir angestellten Versuche geleitet wurden. Ich

schnitt aus dem Nervus ischiadicus, Vagus oder Cruralis ein zum mindesten 1—1½ Centimeter langes Stück\*) aus und setzte mir vor, die Veränderungen im centralen Stumpfe zu studiren, welche nach der Excision dort auftreten. Die zu beschreibenden Befunde ergeben sich bereits sehr klar gegen den 8—10 Tag nach der Operation; vom 20. bis 40. Tage ab scheinen die der Beobachtung der einschlägigen Verhältnisse günstigsten Bedingungen obzuwalten.

Als Versuchsthiere dienten vorzugsweise Kaninchen; dieselben Ergebnisse wurden jedoch auch beim Hunde erzielt\*\*).

Betreffs der Methoden, welche bei der Untersuchung des veränderten centralen Nervenstumpfes zur Anwendung kamen, ist zu bemerken, dass die zuerst von Neumann für den gedachten Zweck empfohlene Behandlung mit Ueberosmiumsäure vorzügliche und durch keine andere Zusatzflüssigkeit oder Reagens auch nur im entferntesten zu ersetzende Dienste leistet. Ich habe es jedoch nicht unterlassen, vom frisch herausgenommenen Nerven Zupfpräparate unter Zusatz von 1procentiger Kochsalzlösung oder sehr verdünnter Lösung von chromsaurem Ammoniak anzufertigen, um vor allenfallsigen Täuschungen sicher zu sein.

Ich halte mich nicht dabei auf, diejenigen Veränderungen am Nerven zu beschreiben, welche nicht in engster Beziehung zu unserem Gegenstande stehen. Nur soviel soll bemerkt werden, dass ich keinen Anstand nehme, mich bezüglich der Hauptpunkte betreffend das Verschwinden der normalen Markscheide ganz an die Schilderungen von Neumann und Eichhorst anzuschliessen. Meinen Erfahrungen nach hat Neumann das Wesen der sogenannten degenerativen Umwandlung der durchschnittenen Nervenfasern, welche am centralen Stumpfe ebenso auftritt, wie am peripheren, ganz treffend so präcisirt, dass die Differentiation zwischen Mark und Axencylinder schliesslich schwindet; diese Ansicht deckt sich nicht ganz mit der älteren von Schiff u. A. aufgestellten, nach denen die Markscheide vollständig resorbirt wird, der Axencylinder aber persistirt. Aus meinen Beobachtungen bin ich

---

\*) Starke Quetschung des Nerven leistet dasselbe und bietet den Vortheil, dass die Präparation bei der Herausnahme des zu untersuchenden Nerven leichter vorzunehmen ist.

\*\*) Da es nicht Aufgabe dieser Untersuchung ist, die Gesammtheit der Erscheinungen in Betracht zu ziehen, welche bei der sogenannten Degeneration und der sich an dieselbe anschliessenden Regeneration der Nerven auftreten, so werden wir hier nur diejenigen Punkte in Erwägung ziehen, welche vom Standpunkte der uns beschäftigenden Frage wichtig erscheinen.

ebenfalls zu der Ansicht Neumann's gelangt, dass es sich im vorliegenden Falle nicht sowohl um ein vollständiges Schwinden, als um eine eingreifende chemische und morphologische Umwandlung des Inhaltes der Schwann'schen Scheide handelt. Was die Vorgänge betrifft, welche die Regeneration der Nerven einleiten, so habe ich aus meinen zahlreichen Beobachtungen die Ueberzeugung geschöpft, dass auch in dieser Hinsicht die Angaben von Neumann und Eichhorst dem Sachverhalte entsprechen. In den von mir aufgestellten Präparaten sprach nichts für eine Entstehung von Fasern aus mit einander verschmolzenen Längsreihen von Zellen; wohl aber ergaben sich hinlänglich überzeugende Bilder für die Ableitung des Schlusses, dass die neuen Fasern aus der Continuität der alten hervorgehen, und zwar durch Längstheilung des veränderten Inhaltes der Schwann'schen Scheide und consecutive Ausbildung eines sehr dünnen Markbelages um die anfangs marklosen, schmalen jungen Fasern. Bei der Betrachtung des eben geschilderten Verhaltens drängt sich dem Kenner der Structurverhältnisse des sympathischen Systemes sofort die Aehnlichkeit auf, welche die neugebildeten Fasermassen mit denjenigen haben, welche in grosser Anzahl, wenn auch nicht ausschliesslich, wie einst Bidder und Volkmann meinten, diesem Systeme zukommen.

Während wir nun rücksichtlich der bereits besprochenen Punkte mit Neumann und Eichhorst in guter Uebereinstimmung uns befinden, und nur eine Bestätigung der von den genannten Forschern gegebenen Darstellung zu geben in der Lage sind, ist dies nicht vollständig der Fall rücksichtlich eines weiteren, ebenfalls von Neumann und Eichhorst bereits discutirten Punktes, — nämlich der Kernwucherung des Neurilems (Schwann'sche Scheide).

Die von Neumann urgirte Vermehrung der sogenannten Kerne ist leicht zu constatiren. Ueber die Herkunft der zahlreichen Kerne hat der genannte Forscher keine genaueren Ermittlungen machen können. Er sagt (l. c. pag. 203). „Auf welche Weise dieselbe erfolgt, (die Kernvermehrung) kann ich, da ich Theilungsformen der Kerne nicht mit Sicherheit constatirte, nicht angeben; trotzdem dürfte ihre Ableitung von einer Proliferation der präexistirenden Kerne nicht zweifelhaft sein.“

Ehe ich nun dazu übergehe, die Resultate, meiner eigenen Untersuchungen über diese Frage darzulegen, will ich nur noch hervorheben, dass auch mir, ebenso wie Neumann, kein Zweifel darüber geblieben ist, dass hier wirklich eine gewaltige Neubildung vorliegt, und dass es sich nicht etwa um eine Sichtbarmachung von Gebilden handelt, welche

während des normalen Verhaltens der Nervenfasern sich der Beobachtung entzogen haben (Schiff). Ausser den von Neumann bereits in dieser Hinsicht in's Feld geführten Erwägungen spricht am besten gegen diese Auffassung die Art und Weise ihrer Bildung, die ich nun darlegen will.

Bei der Beobachtung der Fasern aus dem centralen Stumpfe eines excidirten Nerven springt alsbald ein Verhalten in's Auge, welches schon früheren Beobachtern nicht entgehen konnte. Es ist dies nämlich eine auffällige Discontinuität in dem Ablaufe derjenigen Veränderungen an der Markscheide, welche schliesslich zu dem bereits erwähnten Schwinden der Differentiation zwischen Mark und Axencylinder führen. Während an einer durch das Gesichtsfeld ziehenden Faser das Mark an einer Stelle noch fast normal aussieht, sind in nächster Nachbarschaft derselben nur noch feinste durch Osmium sich dunkel färbende in eine gelbgrün gefärbte Substanz eingelagerte Krümelchen zu sehen, und wieder an einer anderen Stelle viereckige, an den Ecken abgerundete Markschollen. Die eben geschilderten Stadien der Markumwandlung sind aber kaum im Stande, besondere Aufmerksamkeit zu erregen; die auf diese Weise zur Beobachtung kommenden Bilder können nur zu der Vermuthung führen, dass die noch vorhandenen mehr oder weniger stark ausgebildeten Markklumpen und -Klümchen endlich auch ihrem Schicksale verfallen werden.

Ganz anders aber gestaltet sich die Ansicht über den Ablauf dieses Vorganges, wenn Bilder vorkommen, in denen die rückbleibenden Markreste sich nicht diffus, unregelmässig vertheilt, nicht in individualisirte Formen gegossen, präsentiren, sondern sich im Gegentheil als gut abgegrenzte, von ihrer Umgebung (bereits vollständig umgewandeltes Mark plus Axencylinder, durch Osmium bräunlich gelb gefärbt, oder noch diffuse Markballen, tief schwarz gefärbt) scharf sich absetzende Gebilde darstellen. Die Gestaltung derselben strebt mit grosser Vorliebe der elliptischen zu; doch gehören kreisrunde Grenzcontouren nicht zu den Seltenheiten.

Von diesen bei dem discontinuirlichen Schwunde der Markscheide rückbleibenden scharf abgegrenzten Bildungen nun lässt sich meinen, wie mir scheint zweifellosen Beobachtungen nach, Herkunft, Fortbildung und endliches Schicksal mit grosser Wahrscheinlichkeit feststellen. \*)

---

\*) Den folgenden Discussionen der von mir gewonnenen Bilder ist hauptsächlich die Betrachtung von Osmiumpräparaten zu Grunde gelegt. Die beigegebenen Abbildungen, soweit sie sich auf die hier zu besprechenden

Die erste Frage, die sich in Betreff der in Rede stehenden Formationen erhebt, ist die, ob dieselben von bereits präexistirenden Zellen herkommen, oder ob sie ihre Herkunft aus anderen Quellen ableiten. Die directe Beobachtung hat nun keinerlei Anhaltspunkte gegeben für die Beantwortung der aufgeworfenen Frage in dem Sinne, dass die erwähnten Bildungen das Product einer Proliferation bereits vorhandener Zellen sind. Wäre dieses der Fall, dann müsste man, während irgend einer Periode des Ablaufes der eigenthümlichen Vegetationsverhältnisse im centralen Stumpfe des durchschnittenen Nerven, auf Bilder stossen, an denen sich einerseits die Symptome einer fettigen Degeneration von bereits vorhandenen Kernen oder Zellen, andererseits die Anzeichen einer üppigen Theilung derselben zelligen Elemente nachweisen lassen. Hiervon aber habe ich ebensowenig etwas zu sehen vermocht, als Neumann.\*)

Punkte beziehen, und auf welche hiermit verwiesen werden soll, sind ebenfalls nach Osmiumsäurepräparaten gezeichnet.

\*) Benecke (l. c.) giebt an: „Theilungen von Kernen durch quere oder schräge Scheidewände habe ich äusserst häufig beobachtet, und oft ganze Reihen solcher Kerne hintereinander gefunden. Die Form derselben ist sehr verschieden, man findet alle Uebergänge von langen Spindeln zur rundlichen ovalen und zur regelmässigen Kreisform, immer sind sie von einem schmalen Protoplasma umgeben (also Zellen). Sehr häufig liegen sie, von der Schwann'schen Scheide ganz abgelöst innerhalb der unregelmässigen oder concentrisch geschichteten Markballen, auf deren Kosten (?) sie dann wuchern und sich reichlich vermehren.“

Diese Schilderung ist im Wesentlichen ganz zutreffend; nur scheint mir die Deutung des Befundes unrichtig. Ich habe mich durch sehr klare Bilder davon überzeugt, dass der Anschein von Theilungen von Kernen dadurch zu Stande kommen kann, dass hier und da die von uns geschilderte verspätete Markumwandlung eine grössere Strecke betrifft, und dass dann an dieser Stelle ein secundärer Zerfall der umgewandelten feinkörnigen Substanz in mehrere Kerne oder Zellen erfolgt. So kann das Bild einer Theilung entstehen, welche sich dann aber nicht an einem bereits vorhanden gewesenen und gewucherten Kerne, sondern an einem neugebildeten abspielt. Dass Benecke an die richtige Auffassung der hier vorliegenden Bilder streifte, beweist sein Ausspruch, dass die Kerne auf Kosten des Nervenmarkes wuchern. Es ist mir sehr wahrscheinlich, dass Benecke gerade zu Zeiten untersucht hat, in denen die Uebergangsformen von mehr oder weniger gut abgegrenzten fetthaltigen (nervenmarkhaltigen) Kernen und Zellen zu fettlosen nicht auffällig genug zu constatiren waren. Wohl in Folge dieses Umstandes hat Benecke den von mir geschilderten Zusammenhang übersehen; hierbei mögen auch noch die Nichtanwendung der Osmiumsäure und die Befangenheit in gewissen Axiomen der Histologie (Ursprung der Kerne aus präformirten Kernen) mit im Spiele gewesen sein.



Dahingegen erschien es mir nach sehr zahlreichen von mir untersuchten Präparaten im höchsten Grade wahrscheinlich zu sein, dass es die in der Umwandlung zurückgebliebenen oder auch nur mit einem eigenthümlich gearteten Ablauf des Umbildungsvorganges begabten Portionen des normalen Inhaltes der Schwann'schen Scheide (Nervenmark und Axencylinder) sind, aus denen die neugebildeten Kerne entstehen. Für diese Ansicht zeugend erscheinen mir diejenigen Bilder, welche mir zu zahlreich aufgestossen sind, als dass ich Anstand nehmen sollte, einen Schluss aus denselben zu ziehen, in denen ohne Schwierigkeit der Uebergang aus scharf abgegrenzten elliptischen mit grossen Fettklumpen erfüllten Körpern bis zu denselben Bildungen, die aber nur noch stahlgrau oder gelbgrün gefärbt und zuweilen kernhaltig waren, aufgezeigt werden konnte.

Wenn ich oben sagte, dass der Nachweis der Entstehung des neugebildeten Kernes aus der Beobachtung der Uebergangsbilder sich mit grosser Wahrscheinlichkeit führen lasse, so habe ich diese Ausdrucksweise gewählt, um über meine Meinung bezüglich der Tragweite der bei der Erörterung der uns beschäftigenden Frage in Anwendung kommenden Methode kein Missverständniss aufkommen zu lassen. Der volle Beweis für meinen Schluss, dass die neugebildeten Kerne aus dem Nervenmarke plus Axencylinder in Folge einer eigenthümlichen chemischen und morphologischen Umwandlung derselben hervorgehen, wäre nur dann als vollständig erbracht zu acceptiren, wenn dieser Vorgang Gegenstand der directen Beobachtung gewesen wäre. Da letztere der Natur der Sache nach ausgeschlossen ist, so kann ein Urtheil über den wirklichen Ablauf der Erscheinungen nur aus der Anschauung einer Serie von Bildern und der nachträglichen Verknüpfung derselben gewonnen werden. Inwieweit hierin die von mir gegebene Darstellung dem wirklichen Sachverhalte entspricht, — darüber können nur weitere Beobachtungen anderer sachkundiger Forscher endgültig entscheiden. Dem Einwande, dass es immerhin früher nur in den geringsten Spuren vorhandene Elemente gewesen seien, aus denen die neu zur Beobachtung gekommenen entsprungen, dass erstere unter dem Einflusse der veränderten Ernährungsbedingungen gewuchert seien, dass dieselben nachträglich einer fettigen Degeneration anheimgefallen, — kurz dass Alles umgekehrt sich verhalte, als wie ich es oben hingestellt habe, wird schwer sein durch andere Argumente zu begegnen,

als diejenigen, die ich bereits erwähnt habe. Der allgemeine Habitus der Bilder, und die Betrachtung derselben von gewissen anatomischen und physiologischen Principien aus, müssen entscheidend sein für die Beurtheilung der Frage, welche Auffassung des genetischen Zusammenhanges der Reihe dem wirklichen Sachverhalte am meisten entspricht.

Indem ich das Ergebniss meiner Beobachtungen über die Herkunft der zahlreichen neugebildeten Kerne nochmals zusammenfasse, präcisire ich meine Meinung über diesen Punkt dahin, dass bei der Umwandlung des Nervenmarkes und des Axencylinders in eine homogene Masse, aus welcher secundär durch Längsspaltung neue Nervenfasern entstehen, in Folge eines bestimmten Modus dieser Umbildung einzelne Portionen dieser neuformirten Bildungsmasse zurückbleiben, welche nach vollständigem, sehr allmählig erfolgendem Schwunde der letzten Reste von fettiger Substanz die gewucherten Kerne (der Autoren) darstellen.

Bereits an einer früheren Stelle dieser Schrift habe ich auseinandergesetzt, dass die Kerne der Schwann'schen Scheide (der Autoren), nach dem Ausweise leicht zu controllirender Beobachtungen, nicht immer freie Kerne im gewöhnlichen Sinne darstellen, sondern dass sie gar nicht selten noch von einer Zone andersgearteter Substanz umgebene Kerne — also Zellen sind. Nur im Interesse der formalen Darstellung habe ich es unterlassen, schon an früherer Stelle die Bezeichnung der in Frage stehenden Bildungen, als in vieler Beziehung dem Sachverhalte nicht entsprechend, zu verwerfen und den Vorschlag zu machen, eine andere an deren Stelle zu setzen. Ich bin nämlich der Ansicht, dass man seit langer Zeit hergebrachte Bezeichnungen aus der Wissenschaft erst dann verbannen soll, wenn die mit dem Namen verbundenen Begriffe mit hinlänglicher Sicherheit als unrichtig oder ungenau dargethan werden können.

Wenn ich somit bei der Darlegung der Vorgänge im centralen Stumpfe eines durchschnittenen Nerven immer von Wucherung resp. Neubildung von Kernen sprach, so war dies nur eine Concession an die hergebrachten Anschauungen, wie sie sich in den Mittheilungen über den vorliegenden Gegenstand spiegeln. Ich habe mich aber durch das Studium sehr klarer Präparate überzeugt, dass die fraglichen neugebildeten Elemente sich nicht allein in der Form von sogenannten freien Kernen, sondern auch — und dies sogar sehr häufig und nicht etwa nur ausnahms-

weise — unter den von mir oben angegebenen, in meinen Versuchen realisirten Bedingungen, als kernhaltige Zellen präsentiren. Hierbei waren die allernachvollständigsten Uebergänge in den Grössenverhältnissen zu constatiren; es kamen freie Kerne vor, die in ihrem Durchmesser kaum das doppelte des Durchmessers eines rothen Blutkörperchen boten, bis zu Körpern, welche die Dimensionen der grössten Zellkörper erreichten, die ich aus dem Sympathicus desselben Thieres, unter Anwendung der Osmiumsäurebehandlung, zu isoliren vermochte.

Ich habe oben bemerkt, dass ich, von einem durch andere Beobachtungen gewonnenen Gesichtspunkte aus, darauf verfiel, im centralen Stumpfe durchschnittener peripherischer Nerven nach Nervenzellen zu suchen. Nachdem die auf die Bewährung dieser Voraussetzung gerichteten Experimente so schlagende Ergebnisse geliefert haben, musste ich wohl darüber nachdenken, wie so es gekommen, dass keiner der zahlreichen tüchtigen und zuverlässigen Experimentatoren auf diesem Gebiete die Existenz der von mir nachgewiesenen Nervenzellen erwähnt hat. Die Ursache hiervon scheint wesentlich darin gesucht werden zu müssen, dass die meisten Beobachter entweder in anderen Zeitperioden nach der Durchschneidung resp. Excision des Nerven untersucht haben, oder dass sie, was mir wahrscheinlicher erscheint, über die mannigfachen Erscheinungsformen der peripheren Nervenzelle und der sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide unter normalen Verhältnissen keine hinlänglichen aus der Anschauung hergenommenen Kenntnisse besaßen. Ich zweifle nicht daran, dass die von mir beschriebenen Vorgänge im centralen Stumpfe durchschnittener Nerven auch von anderen Beobachtern verificirt werden können, und dass sie, unter fortwährender Vergleichung der hier gewonnenen Befunde mit den Vorkommnissen im sympathischen Systeme, in der Hauptsache mit der von mir gegebenen Darstellung übereinstimmen werden. \*)

Um nun aber das wichtige Verständniss sowohl der eben erwähnten neugebildeten Kerne und Zellen, und im Zusammenhange damit dasjenige der peripherischen Nervenzelle überhaupt zu gewinnen,

---

\*) Es sind wohl gut fünf Jahre her, dass mir mein Freund Czerny (jetzt in Freiburg, damals in Wien) gelegentlich mittheilte, er habe bei der Untersuchung der Stümpfe durchschnittener Nerven Zellen gesehen, die er nur für Nervenzellen halten könne. Diese Aeusserung kam mir sofort in's Gedächtniss zurück, als ich die unzweifelhafte Existenz von neugebildeten Nervenzellen im centralen Stumpfe eines durchschnittenen Nerven beobachtete.

müssen wir noch einige wesentliche Einzelheiten in Bezug auf die oben geschilderten Processe vorbringen.

Wenn ich mich, in Uebereinstimmung mit Neumann und Eichhorst, dahin ausgesprochen habe, dass im centralen Stumpfe die Fasern, nach Verschwinden der Differentiation zwischen Axencylinder und Nervenmark, durch Längstheilung sich vermehren, so muss ich nun diesen Ausspruch dahin modificiren, dass nach meinen Beobachtungen dieser Vorgang durchaus nicht die Gesamtheit der Fasern in gleicher Weise betrifft. Ich habe nämlich Bilder angetroffen, in denen der veränderte Ernährungsprocess derart abzulaufen scheint, dass auf längere Strecken aufwärts von der Schnittstelle an der Inhalt der Schwann'schen Scheide (umgewandeltes Mark sammt Axencylinder) vollständig schwindet, und nur hier und da in der oben bereits skizzirten Weise bestimmte Portionen in der Umwandlung zurückbleiben, nach und nach ihre Contouren fixiren, um endlich, unter fortwährender Abnahme der durch Osmium sich schwarz färbenden Substanz, in der Form mehr oder weniger in Fortsätze ausgezogener Zellen zwischen den faserigen nervösen Elementen zu persistiren. Diese Bildungen zeigen dann öfters die grösste Aehnlichkeit mit spindelförmigen Zellen, die man aus den Sympathicus isoliren kann, und die sehr leicht Anlass geben können zur Annahme, dass von den Zellen Fasern ihren Ursprung nehmen.

Erst aus dem Studium der erwähnten dem Experimente zugänglichen Vorgänge habe ich endlich den Schlüssel finden können zu einer, wie mir scheint, befriedigenden Auffassung der anatomischen Verhältnisse der Nervenzelle. Insbesondere erschloss sich mir ein klarer Einblick in die Natur der so viel berufenen Fortsätze der Nervenzelle; gerade bei diesem Punkte liessen mich die zahlreichen Beobachtungen am Sympathicus und den Spinalganglien so oft im Unklaren und konnten mir nicht das Material liefern, um die erdrückende Vielfältigkeit der Erscheinungen unter allgemeine leitende Gesichtspunkte zu bringen.

Jetzt erst können wir dazu übergehen, die Naturgeschichte der peripherischen Nervenzelle, bei deren Vorführung wir uns oben beschränken mussten, noch etwas eingehender zu discutiren.

Der erste Punkt, den wir hervorheben wollen, ist der, dass, nach dem Ausweise der experimentell hervorgerufenen Vorgänge, in hohem Grade die Ansicht bekräftigt wird, dass morphologisch die sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide und die peripheren Nervenzellen identische Bildungen sind. Oben wurde gezeigt, dass die so-

genannten Kerne sich unter gewissen Bedingungen entwickeln können aus unzweifelhaften Bestandtheilen der Nervenfasern; demnach können sie auch nur zu dem Nervengewebe gezählt werden. \*) Der Scheide gehören sie nicht an, insofern sie nicht in das Innere dieser zarten Membran eingewebt sind, sondern zwischen Mark und Scheide ihre Lage haben. Da also die fraglichen Bildungen etwas wesentlich anderes darstellen, als was der für sie gebrauchte Name besagt, so würde es wohl förderlich sein, denselben vollständig aus der Histologie zu verbannen. Ich möchte daher vorschlagen, die Anhäufungen von Substanz zwischen Schwann'scher Scheide und eigentlichen Nervenfasernbestandtheilen (Mark und Axencylinder) für den Fall dieselben sogenannte freie Kerne darstellen als Nervenkörperchen oder Nervenkerne (Analogon von Muskelkörperchen oder Muskelkernen, falls letztere nicht noch von einer Zone von Zellsubstanz umgeben sind) zu bezeichnen. Stellen sie sich aber als kernhaltige Zellen dar, wie wir es oben dargelegt haben, dann kann man sie unbedenklich als peripherische Nervenzellen auffassen und benennen.

Die einfache Beobachtung der so variablen Formen der peripherischen Nervenzellen hat schon frühere Forscher dazu geführt, zwischen bestimmten Formen von peripherischen Nervenzellen und Nervenkerne enge Beziehungen zu statuiren. So nimmt z. B. Beale an, dass sich echte Nervenzellen aus dem entwickeln können, was man die Kerne der Nervenfasern nenne.

Eine mit der von uns dargelegten Meinung in hohem Grade über-

---

\*) Dieser Auffassung habe ich bereits Ausdruck gegeben in einer vorläufigen Mittheilung: „Zur Lehre von der Structur der Spinalganglien und der peripherischen Nerven.“ Anzeiger der K. Akademie der Wissenschaften, Sitzung vom 3. April 1873. Vergleiche auch Centralblatt für die medicin. Wissenschaften, 1874. No. 24. Boll macht hier zu dem Satze 3: „da nach Ausweis vieler früheren Untersuchungen die sogenannten Kerne der Schwann'schen Scheide bei der Regeneration durchschnittener Nerven eine wichtige Rolle spielen, so dürfte hierdurch sehr wahrscheinlich werden, dass dieselben zum Nervengewebe gehören“, ein Fragezeichen, vermuthlich um auszudrücken, dass er mit dieser Auffassung nicht einverstanden sein könne. Boll hat wohl diesen Satz so verstanden, was auch bei der Kürze der Mittheilung sehr leicht erklärlich ist, als spräche ich mich für die von Hjelt u. A. verfochtene Neubildung von Nervenfasern durch Verschmelzung von Kernen aus. Die Zweifel Boll's an der Richtigkeit dieser Ansicht, die mir bei der Abfassung der vorläufigen Mittheilung nicht vorschwebte, theile ich vollständig.

einstimmende Ansicht hat aber Heinrich Müller gelegentlich hingeworfen. Müller (cf. oben Abschnitt I.) beschreibt aus dem Ciliarmuskel Ganglienzellen, welche sowohl der von ihm gelieferten Beschreibung nach, noch mehr nach der späterhin von W. Krause\*) hiervon gegebenen Abbildung, gar nichts anderes sind, als zwischen Schwann'scher Scheide und deren Inhalt gelegene kernhaltige Körper, wie ich sie auch an anderen Cerebrospinalnerven vom Frosch und höheren Wirbelthieren gar nicht selten aufgefunden habe. H. Müller hebt noch weiterhin von diesen Zellen hervor, dass sie grosse Aehnlichkeit mit kleinen bipolaren Ganglienzellen bei Fischen besitzen, und dass ein Zusammenhang des Knötchens mit dem Axencylinder der Faser nicht sicher zu erkennen gewesen sei.

An die Besprechung der eben berührten Formationen nun und an eine später vorgenommene genaue Untersuchung der Nervenverbreitungen an der glatten Musculatur des Auges und in der Chorioidea knüpft Heinrich Müller\*\*) die Bemerkung: „Ueberhaupt möchte die Aufmerksamkeit auf das Verhältniss ursprünglich kernhaltiger Stellen von Nervenfasern zu eingeschobenen Ganglienzellen zu richten sein, sowohl was die histiologische Bedeutung, als was die physiologische und vielleicht auch pathologische Entwicklungs-Fähigkeit betrifft.“

Aus unseren Beobachtungen an Theilen des sogenannten sympathischen Systems sowohl als auch aus den dargelegten Befunden am centralen Stumpfe eines durchschnittenen Nerven ergibt sich, dass entschiedene Uebergänge von Kernen zu Zellen vorkommen, und dass beide Bildungen im Principe kaum von einander zu trennen sind. Dass die Kerne ohne Fortsätze erscheinen, kann von unserem Standpunkte aus nicht als wesentlicher Einwand gegen unsere Auffassung vorgebracht werden, da auch offenbar kernhaltige Zellen fortsatzlos sein können, wie ich schon in früheren Arbeiten betont habe.

Bei der eingehenden Untersuchung des sympathischen Grenzstranges, besonders vom Kaninchen und Hunde, sind mir öfters Bilder aufgestossen, deren Erklärung mir grosse Schwierigkeiten bot. Zwischen schmalen markhaltigen oder marklosen Fasern nämlich fanden

---

\*) Anatomische Untersuchungen, Hannover, 1861. Tab. II. Fig. 4. Krause nennt diese Form von Nervenzellen „Müller'sche Ganglienzellen.“

\*\*) Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Bd. X. 1860. pag. 190.

sich spindelförmige Körper, die ausser den grossen Hauptkernen, gewöhnlich an den Polen noch mehrere kleine Kerne in sich schlossen. Von diesen Körpern konnte in keiner Weise nachgewiesen werden, dass sie in irgend einem directen Zusammenhange mit den benachbarten Fasern stehen. Dahingegen zogen sich die Körper in sehr feine oft auf längere Strecke zu verfolgende Zipfel aus, die aber keine Spur der Granulation zeigten, die den genannten Körpern zukam. Dieser Zipfel konnte dann wieder neuerdings zu einem spindelförmigen, kernhaltigen, granulirten Körper anschwellen, um dann wieder als feiner Faden weiter zu ziehen. Nach den directen Beobachtungen am centralen Stumpfe durchschnittener Nerven, wo sich ähnliche Bildungen vorfinden, erscheint mir die folgende Auffassung derselben als der Wahrheit sehr nahe kommend. Die Umwandlung einer normalen kernhaltigen Nervenfaser hat sich, unter dem Einflusse bestimmter Ernährungsbedingungen so vollzogen, dass nur an einzelnen Stellen kernhaltige Nervenzellensubstanz zurückgeblieben ist. An den anderen Theilen ist der Inhalt der Nervenscheide ganz zum Schwunde gekommen, und letztere persistirt nur noch als leerer collabirter Faden, der entweder gar keine nervöse Substanz oder höchstens ganz unansehnliche Spuren derselben enthält. \*)

Ausgehend von dem eben vorgeführten Verhalten einzelner Fasern können wir auch gleich einen Punkt besprechen, welcher bereits oben kurz erwähnt wurde. Dort haben wir uns im Wesentlichen der durch Neumann und Eichhorst vertretenen Meinung ange-

---

\*) Es scheint mir, dass es die eben erwähnten mir schon lange bekannten Bildungen sind, welche auch Arndt (Untersuchungen über die Ganglienkörper des Nervus sympathicus in Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. X. pag. 208) beschrieben und discutirt hat. Obwohl Arndt in der Hauptsache noch ganz auf dem Boden der herrschenden Theorie über die morphologische und functionelle Bedeutung der peripherischen Ganglienzelle steht, so sind ihm doch im Verlaufe seiner Untersuchung einige Zweifel aufgestiegen, die in engster Beziehung zu den von mir aufgestellten Ansichten stehen. Ich glaube vermuthen zu dürfen, dass Arndt nach und nach seine Ansichten über die Natur der peripheren Nervenzelle wohl noch reformirt hätte, wenn er seine Untersuchungen mit dem einmal in ihm rege gewordenen Skepticismus weiter fortgeführt und nicht vorzeitig abgebrochen hätte. Auch wäre es wohl zu wünschen, dass Arndt Abhandlungen, welche die nächsten Bezüge zu einem von ihm bearbeiteten Gegenstande haben, und deren Habhaftwerdung in einer grossen Universitätsstadt kaum zu den Unmöglichkeiten gehören dürfte, im Original einsähe und sich nicht mit einem Referat in Schwalbe's Jahresbericht begnüge. (Cf. Arndt, l. c. pag. 228 und pag. 235, Anmerkung.)

geschlossen, nach welcher die Faserneubildung durch Längstheilung der alten vorher einem Umwandlungsprocesse anheimgefallenen Fasern vor sich gehe. Wenn sich dieser Process auf alle Fasern gleichmässig erstrecken würde, so müsste die Folge hiervon sein, dass nach einer Nerven-Discision oder Excision nach dem Verheilungsprocesse ein grosses Plus von Fasern vorhanden sei. Aus dem Mitgetheilten geht aber hervor, dass die gesteigerte vegetative Energie nicht nothwendigerweise zu diesem Resultate führen muss; denn einestheils kann es sich ereignen, dass einzelne Fasern überhaupt dem ganzen Umwandlungsprocesse fern bleiben, anderentheils aber, dass der letztere einen derartigen Verlauf nimmt, dass der normale Inhalt der Nervenscheide nach und nach ganz schwindet, oder als Rückbleibsel nur noch vereinzelte Kerne, oder die erwähnten kernhaltigen Zellen und zellartigen Körper zu constatiren sind.

Die sorgfältige Beobachtung an verschiedenen Theilen des sympathischen Nervensystemes höherer und niederer Wirbelthiere haben uns zu der Ansicht geführt, dass die nachweisbaren morphologischen Characterc der Nervenzellen letztere nicht befähigen, die Rolle von centralen Apparaten zu spielen. In Verfolgung der durch die Beobachtung erworbenen Erkenntniss sind wir dazu gelangt, an unbezweifelbaren Bestandtheilen des cerebrospinalen Nervensystemes diejenigen Gewebelemente zur Entwicklung zu bringen, welche, wie wir gezeigt haben, durch ihr gehäuftes Auftreten in histiologischer Beziehung das sogenannte sympathische System characterisiren. Indem wir die vegetativen Verhältnisse eines Cerebrospinalnerven durch einen angelegten Schnitt in andere Bahnen lenkten, bildeten sich am centralen Stumpfe marklose, schmale markhaltige, an sogenannten Kernen reiche, Nervenfasern und Nervenzellen. Kann man in diesem Falle annehmen, dass sich in Folge eines Schnittes durch einen Nerven am centralen Nervenstumpfe neue nervöse Centren etablirt haben? Oder erscheint es nicht viel sachgemässer, sich der Ansicht zuzuneigen, dass diejenigen Verhältnisse der Ernährung, welche im erwähnten Falle neu eingeführt wurden, in bestimmten Theilen des Entwicklungslebens, oder auch fortgesetzt während der Lebensdauer, Aulass geben zum Werden derjenigen Formelemente, die wir für den Sympathicus wegen seines reichen Gehaltes an denselben als characteristisch hingestellt haben?

An dieser Stelle habe ich nochmals hervorzuheben, inwieweit die Berechtigung vorhanden ist, aus Beobachtungen am durchschnittenen Nerven Rückschlüsse auf Vorgänge unter normalen Bedingungen zu



machen. In dieser Beziehung verweise ich auf die Erwägungen, die ich bereits oben (Abschnitt I) angestellt habe.

Das Ergebniss unserer Untersuchung über die Bedeutung der Bestandtheile des sympathischen Nervensystemes wollen wir nun noch einmal dahin formuliren:

Die Nerven der Sphäre der unwillkürlichen Functionen, welche (glatte Muskulatur, Drüsen, Herz etc.) unter die Herrschaft des Nervensystemes gestellt sind, zeigen eine starke Vermehrung ihrer Masse sowohl innerhalb der Organe selbst, als auch auf ihrem Wege vom Cerebrospinalorgane nach denselben. Diese Massevermehrung findet ihren Ausdruck in dem Zerfalle von relativ breiten Fasern in Bündel schmalen faseriger Elemente, die für längere oder kürzere Zeit entweder marklos sind, oder sich im weiterem Verlaufe ihrer Entwicklung die Markscheide an bilden und dann die schmalen markhaltigen Fasern (sympathische Fasern von Bidder und Volkmann) darstellen. Bei diesem Processe der Vervielfältigung von Fasern, bleiben immer Portionen von Bildungssubstanz zurück, die in Fortsätze ausgezogen erscheinen können; diese Portionen stellen aber nichts anderes dar, als die peripherischen Nerven- oder Ganglienzellen und die Nervenkörperchen, deren morphologische Bedeutung wir oben discutirt haben.

Mit der eben vorgetragenen Auffassung der peripherischen Nervenzelle entfällt selbstverständlich jede Beziehung derselben zu denjenigen Vorgängen, welche wir an die nervösen Centralorgane Hirn und Rückenmark knüpfen. Wir haben sowohl aus den Eigenschaften der Nervenzellen, soweit erstere durch die nüchterne Beobachtung zu eruiren sind, die Ansicht zu begründen versucht, dass die wesentliche Stütze der Lehre von der centralen Natur, — nämlich der continuirliche Zusammenhang zwischen Nervenzellen und anderen Gewebselementen, vermittelt durch die Nervenzellenfortsätze — nicht haltbar ist. Auf dieses Argument aber wäre, so könnte man einwenden, kein grosses Gewicht zu legen, da ja auch z. B. der continuirliche Zusammenhang zwischen Nervenfasern und Muskelsubstanz oder Drüsensubstanz lange ein Desiderat war, resp. z. Z. noch ist, und dennoch ein Zweifel an dem engen functionellen Zusammenhange zwischen Nerv und Muskel oder Drüse nicht aufkommen konnte. In der That würde die mangelhafte Kenntniss von dem letzten Zusammenhange zwischen Nervenzellen und denjenigen Geweben, deren wichtigste Lebensäusserungen in Abhängig-

keit von diesen Zellen gesetzt werden sollen, nicht allein hinreichen, diese Abhängigkeit zu negiren, wenn die Thatsachen der Physiologie unabweisbar zur Annahme einer solchen drängen würden. Nun glauben wir aber dargelegt zu haben, dass dieses durchaus nicht der Fall ist, und dass nur die Vernachlässigung der von uns oben entwickelten Bedeutung der selbständigen oder automatischen Irritabilität der irritablen Gebilde und die durch die Thatsachen nicht erhärtete Annahme von der Alleinherrschaft des Nervensystemes dazu führen konnten, die von uns bekämpfte Theorie von der centralen Bedeutung der peripherischen Nervenzelle aufzustellen, und durch dieselbe voreingenommen den realen Boden der Beobachtung zu verlassen.

Durch die von uns mitgetheilten Versuche, in denen Nervenzellen künstlich zur Entwicklung gebracht wurden, glauben wir direct den Beweis für die Unzulässigkeit derjenigen Theorien geliefert zu haben, welche in den peripherischen Nervenzellen Filialanlagen von Hirn und Rückenmark statuiren. Wenigstens erscheint es mir ganz unmöglich, aus den in meinen Experimenten erzielten Resultaten in irgend einer Weise den Schluss abzuleiten, dass in den Producten der Neubildung im centralen Stumpfe eines durchschnittenen Nerven irgend Etwas gegeben sei, was in morphologischer und functioneller Hinsicht an ein nervöses Centrum im Sinne der modernen Physiologie erinnere. Bei der grossen Aehnlichkeit, man könnte fast sagen, der Identität der Befunde aber, welche sich einestheils an Bestandtheilen des Cerebrospinalsystemes unter den öfters genannten Bedingungen, andernteils in den typischen Organisationen des Sympathicus darbieten, erscheint es mir ganz unbedenklich anzunehmen, dass beiden Erscheinungsreihen dieselben ursächlichen Momente zu Grundeliegen.

---

#### IV.

### **Revision der Thatsachen und Schlussfolgerungen.**

Nachdem wir auseinander gesetzt haben, in welcher Weise wir, auf Grund anatomischer und physiologischer Erwägungen, die peripherische Nervenzelle und die übrigen im Sympathicus vorwiegend vorkommenden histiologischen Elemente auffassen, erübrigt uns noch darzuthun, inwieweit sich die durch frühere Untersuchungen aufgedeckten Thatsachen und darauf basirten Ansichten dem von uns vertretenen

Standpunkte fügen und von demselben aus einem durchgreifenden Verständnisse näher gebracht werden können.

Hier müssen wir nun denn vorerst hervorheben, dass die Eigenschaft der Nervenzellen, sehr häufig in Fortsätze ausgezogen zu sein, durchaus nicht geeignet ist, den von uns eingenommenen Standpunkt zu erschüttern. Wir glauben vielmehr dargethan zu haben, dass sich am centralen Stumpfe durchschnittener Nerven direct beobachten lässt, wie die Zellen unter bestimmten Bedingungen selbst noch im bereits erwachsenen Thiere sammt ihren Fortsätzen sich entwickeln können. Aus dem gelieferten Nachweise, dass die Zellen sammt Fortsätzen aus derselben Muttersubstanz hervorgehen, aus welcher sich auch durch Aufsplitterung der Länge nach Nervenfasern, — anfangs marklos, später aber die Markscheide sich anbildend — entwickeln können, ergibt sich auch mit Leichtigkeit die Erklärung für den Umstand, dass die Fortsätze der Nervenzellen in ihrer Erscheinung so sehr an marklose Fasern erinnern. Gerade diese Aehnlichkeit hat, wie mir scheint, am Meisten Anlass gegeben zu der verhängnissvollen Auffassung der peripherischen Ganglienzelle, die wir hier zu bekämpfen haben.

Die peripheren Nervenzellen zeigen schon während der letzten Zeit des intrauterinen Lebens sehr deutlich Fortsätze. An fast ausgetragenen Hundeembryonen habe ich aus den Spinalganglien mit grosser Leichtigkeit massenhaft Zellen isolirt, die in Spitzen (gewöhnlich war nur ein Fortsatz zu constatiren) ausgezogen waren. Dieses für die Untersuchung sehr günstige Object zeigte durchaus keine Bilder, welche dafür eintreten könnten, dass in dieser Periode der Entwicklung die Fortsätze der Zellen direct zu Nervenfasern werden.

Die Auffassung der Fortsätze an den schon bei der ersten Entwicklung der Ganglien und Nerven zum Vorschein kommenden Zellen scheint mir keine weiteren Schwierigkeiten zu bieten. Denn es erscheint leicht begreiflich, dass die so bildungsfähigen Zellen der ersten Anlage des Organismus einer mannigfaltigen Gestaltung fähig sind.

Dass aber die allgemein adoptirte Lehre von der centralen Bedeutung der peripherischen Nervenzelle die Meinungen der Histologen und Physiologen so sehr für sich gewinnen konnte, erscheint noch begreiflicher, wenn wir weiter noch den Umstand hervorheben, dass aus dem Modus der Bildung von fortsatztragenden Nervenzellen sich auch ergibt, dass die Fortsätze mitten unter notorischen marklosen und markhaltigen Fasern ihren Verlauf nehmen, und letzteres sogar oft auf recht ansehnliche Strecken hin. Was lag näher, als diese Fälle, welche allerdings nicht die Majorität bilden, der Discussion zu Grunde zu

legen, wenn es sich darum handelte, die thatsächlichen Fundamente für eine sich auf die wichtigsten Erscheinungen des Lebens erstreckende Theorie zu gewinnen? Wie es sich aber hierbei ereignen konnte, dass man die viel leichter aufzufindenden Fälle, in denen die Zellen nur mit kurzen Stummeln in die Zwischenräume der Nervenfasern hineinragen, vernachlässigen oder gar die notorische Apolarität von Nervenzellen apodictisch läugnen konnte, dies würde mir als Etwas durchaus Unerklärliches und Räthselhaftes vorkommen, wenn nicht ein nur flüchtiger Blick in die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaften jeden Augenblick auf ähnliche Erscheinungen stossen würde, deren letzte Wurzeln also tief in den Anlagen des menschlichen Intellectes begründet sein mögen. Wenn man übrigens die Aeusserungen von vielen der besten und zuverlässigsten Schriftsteller über die periphere Nervenzelle mit Aufmerksamkeit durchliest, so kann einem nicht entgehen, dass den meisten Forschern die direct beobachteten That-sachen kaum hinreichend erschienen wären, um die Schlüsse zu ziehen, welche sie wirklich gezogen haben. Das feste Vertrauen aber in die Richtigkeit des Axiomes, dass die Nervenzellen Centren darstellen, und dass mithin Nervenfasern von ihnen abgehen müssen, hob endlich über alle wohl empfundenen Lücken der Beobachtung hinweg.

Noch einen die Fortsätze der Nervenzellen berührenden Punkt möchte ich hier erwähnen, der wohl für geeignet gehalten werden könnte, als wesentlicher Einwand gegen meine Auffassung der peripherischen Nervenzelle vorgeführt zu werden. Es kommt nämlich vor, selten im Sympathicus, relativ häufig dagegen in den Spinalganglien, dass man an dem Fortsatze der Nervenzelle in unzweifelhafter Deutlichkeit das Auftreten einer Markscheide beobachten kann; in diesen Fällen scheint in der That die Berechtigung vorzuliegen zu der Behauptung, dass die Nervenzellen Anlass geben zur Bildung von Nervenfasern resp. dass die Fortsätze derselben zu wirklichen Nervenfasern werden.

Es zeigt sich aber bei näherer Betrachtung dieser Fälle vom Standpunkte unserer Auffassung, dass aus den geschilderten Bildern der erwähnte Schluss zwingend nicht abgeleitet werden kann. Denn auf lange Strecken die in Frage stehenden Fortsätze mit Anflug einer Markscheide ebenso zu verfolgen, wie dies bei notorischen Nervenfasern in demselben Präparate der Fall ist, gelingt nicht. Wohl aber erscheinen diese Bildungen im Hinblick auf den schon öfter herangezogenen Bildungsmodus der Nervenzellen und ihrer Fortsätze vollständig begreiflich, wenn wir die gewiss unbedenkliche Annahme machen, dass unter gewissen Bedingungen die zurückgebliebene Nervenbildungs-

masse (Zelle mit Fortsatz) einen Anlauf nimmt zur Weiterbildung in demjenigen Sinne, welcher an dem Hauptbestandtheil der gemeinschaftlichen Muttersubstanz endlich zur Bildung markhaltiger Nervenfasern geführt hat. Diese Annahme setzt nichts anderes voraus, als die Eigenschaft der Gewebe, die einmal von Hause aus erworbenen Anlagen der Weiterentwicklung und Umbildung nach einer bestimmten Richtung hin, selbst bei anscheinend eingetretener Entfremdung gegenüber der zweckmässigen Verwendung im Organismus, mit Zähigkeit fest zu halten und unter der Zusammenwirkung gewisser Bedingungen in die Erscheinung treten zu lassen. Diese Eigenschaft den Geweben zuzuerkennen wird sich aber eine rationelle Morphologie, anschliessend an die Darwin'schen Principien kaum weigern können.

Da Anhäufungen von Nervenzellen schon auf einer sehr frühen Stufe der Entwicklung zur Beobachtung kommen, offenbar schon zu einer Zeit, in welcher Nervenfasern noch gar nicht oder spärlich vorhanden sind, so fragte es sich, in welcher Weise wir diese schon zu so früher Periode auftretenden Zellen von unserem Gesichtspunkte auffassen. Hierauf ist zu antworten, dass die peripherischen Nervenzellen, sobald sie einmal als solche auftreten, nichts anderes darstellen, als die bei der ersten Anlage von Nervenfasern zurückgebliebenen Bildungszellen für letztere. Was von dem ursprünglichen zelligen Anlagematerial für den Zweck der Nervenbildung nicht aufgebraucht wurde, persistirt in der Form von Nervenzellen und von Nervenkörperchen.

Wir können hier auf den Modus der ersten Entwicklung der Nervenzellen und der Nervenfasern nicht weiter eingehen. Soviel aber wird in Betreff dieses Punktes zugegeben werden müssen, dass zu irgend einer Periode der embryonalen Entwicklung die erste Anlage für die Nervenfasern nur in der Form von Zellen gegeben sein kann. Dieser allen, im erwachsenen Zustande als faserige Elemente sich präsentirenden Geweben gleichmässig zukommende Modus der ersten Bildung schliesst aber nicht aus, dass nicht im weiteren Verlaufe des Lebens Theilung und Vermehrung der Zahl der geweblichen Individuen auf anderem Wege sich vollziehen könne, denn durch eine neuerliche Intervention von Zellen oder zellenähnlichen Bildungen. Es wird hiezu nur verlangt, dass unter dem Einflusse bestimmter Ernährungsverhältnisse die Zellenderivate sich so umändern, dass ihre Substanz wieder die Eigenschaften annimmt, mit denen sie in den Zeiten ihrer frühesten Jugend begabt war.

Hier scheint es mir nun auch am Orte zu sein, mich über einige Fragen auszusprechen, deren principielle Auffassung von grosser theoretischer Wichtigkeit ist, und welche auch wie mir scheint, in der nächsten Zeit von verschiedenen Punkten aus in Angriff genommen werden müssen.

Aus den oben von mir mitgetheilten Befunden an dem centralen Stumpfe durchschnittener Nerven ergibt sich, wenigstens für die hier in Betracht kommenden nervösen Gewebe, die vollständige Unhaltbarkeit mehrerer Sätze der Schwann'schen Zellenlehre, welche bisher die Deutung der thatsächlichen Befunde beherrschten.

Die Allgemeingültigkeit dieser Sätze durchdringt, wie kaum näher auseinander zu setzen ist, die moderne Histiologie und Physiologie. Wenn auch bereits eine Reihe von Thatsachen vorliegt, welche im Widerspruch zu denselben stehen, so vermochten letztere doch kaum die gedachten Lehrsätze im Wesentlichen zu erschüttern. Hiemit im Zusammenhange standen noch einige weitere Anschauungen, welche einen grossen Einfluss auf die Deutung der Befunde nehmen mussten, so z. B. die Lehre von der primären Existenz der Zellen in dem aus Zellen zusammengesetzten Häutchen (Endothelhäutchen), die vorwiegende Betheiligung von Zellen an der Entstehung von Fasern durch deren Verschmelzung der Länge nach etc. Ich muss gestehen, dass die Befangenheit in diesen offenbar in der früheren Form nicht mehr haltbaren Lehren, mich, wie viele andere Forscher, sehr lange Zeit auf falschen Bahnen festgehalten und an der Ernirung des wahren Sachverhaltes gehindert hat.

Wenn ich nun, mit Rücksicht auf die oben dargelegten Befunde, kurz einige Sätze aus der allgemeinen Histiologie und Histiogenese neu formuliren soll, so könnte dies folgendermaassen geschehen:

1) Unter eingreifenden veränderten Bedingungen des Stoffwechsels können faserige Elemente, die zu gewissen physiologischen Verrichtungen bestimmt sind, ihre morphologischen und chemischen Eigenschaften derart ändern, dass das Product dieser Veränderungen mit derjenigen Bildungsenergie begabterscheint, wie wir sie normal nur zu der Periode der embryonalen Entwicklung beobachten. In diesem Zustande kann die veränderte Substanz der alten Faser Anlass geben zur Bildung sowohl von neuen Fasern derselben Art, als auch von solchen Formationen, welche hergebrachtermassen als Zellen und freie Kerne bezeichnet werden.

2) Zur Bildung der letzteren sind also nicht unter jeder Bedingung als solche existirende Zellen nothwendig.

3) Die Entstehung von Zellkernen ist nicht durchaus geknüpft an die Existenz eines bereits vorhandenen, aus dem die neuen durch Theilung und Zerklüftung hervorgehen. Zellkerne scheinen vielmehr durch eine im Detail noch nicht zu übersehende Differentiation frei in Zellkörper entstehen zu können.

Diese Sätze erscheinen mir von der grössten principiellen Bedeutung. Während unter Zugrundelegung des alten Satzes, dass zur Hervorbringung junger Zellen immer eine als Zelle vorhandene Muttersubstanz nothwendig sei, ein Verständniss der mannigfaltigen zelligen Formationen im peripheren Nervensysteme nicht zu erzielen war, erschloss sich alsbald ein aufklärender Blick, nachdem ich das Vorkommen einer Transformation von Fasern zu Zellen erkannt hatte.

Die Beweise für die eben vertretenen Anschauungen ergeben sich unmittelbar aus den Resultaten der oben dargelegten Versuche und Beobachtungen.

Neumann stand mit seiner Annahme, dass die von ihm so treffend geschilderten, nach der Nervendurchschneidung neu entstandenen Kerne (resp. Zellen) aus den alten entstanden sein möchten, offenbar unter dem Einflusse der herrschenden histiologischen Theorien; in noch höherem Grade war dies der Fall bei denjenigen Forschern, welche die Neubildung von Nervenfasern aus reihenweise verschmolzenen Zellen abzuleiten suchten. Der Fortschritt der Neumann'schen Untersuchung über die Regeneration durchschnittener Nervenfasern beruht aber im Wesentlichen darauf, dass Neumann im Anschlusse an Remak zuerst aufdeckte, dass die Neubildung von Fasern, welche berufen sind, den gesetzten Defect zu decken, nicht auf die Intervention von mit einander verschmelzenden Zellen angewiesen ist, sondern dass dieselbe aus der Continuität der veränderten alten Fasern unmittelbar ihren Ausgangspunkt nimmt.

Für die secundäre Bildung von Zellen sprechen noch, wie hier nur nebenher bemerkt werden soll, die von Stricker, J. Arnold, u. A. verfolgte Entwicklung der capillaren Blutgefässe. Auch hier sind nachweislich die die Wandung der fertigen Capillaren constituirenden kernhaltigen Zellplättchen nicht die von vornherein gegebenen Bausteine; sie bilden sich vielmehr erst nachträglich durch Abklüftung aus einer der Continuität der alten Gefässwandung entsprossenen Bildungsmasse.

Was endlich die secundäre, freie Bildung des Zellkernes betrifft, so mehren sich in der letzten Zeit die Angaben immer mehr, welche auf diesem Gebiete zu einer entscheidenden Reform der Schwann'schen Anschauungen drängen. Es würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, näher auf diesen Gegenstand einzugehen, der hoffentlich in der nächsten Zeit von Seiten der Histiologen und Embryologen einer gründlichen Bearbeitung wird unterzogen werden.

Nach dieser kurzen Abschweifung kehren wir zu dem uns beschäftigenden Gegenstande — Revision der Thatsachen und Angaben von dem durch uns begründeten Standpunkte aus — zurück.

Der nächste Punkt, mit dem wir uns nun zu beschäftigen haben, betrifft die vielfach discutirte Frage von der Faservermehrung im Sympathicus.

Nach der älteren Anschauung ist diese Faservermehrung begründet in dem Ursprunge neuer Fasern aus den Nervenzellen (Köl liker). Trotz der Müller-Brücke'schen Entdeckung der Theilung von markhaltigen Nervenprimitivfasern, welche eine einfachere Erklärung der notorischen Faservermehrung nahe legte, hielt man hartnäckig an der Lehre fest, nach welcher die zu Nervenfasern gewordenen Fortsätze der Nervenzellen die Zahl der faserigen Nervelemente in der Peripherie vermehren sollen.

Wir haben an mehreren Stellen dieser Schrift gezeigt, dass die thatsächlichen Befunde für diese Ansicht durchaus nicht die nöthigen Beweise liefern. Doch soll hier hervorgehoben werden, dass allerdings diejenigen Fälle, in denen die Nervenzellenfortsätze eine ansehnliche Länge zeigen, den Anschein eines wirklichen Faserursprunges darbieten, und so Anlass zu einer leicht begreiflichen Täuschung geben können. Wie die erwähnten Bilder unserer Meinung nach aufzufassen sind, ist bereits oben dargelegt worden.

Die Verhältnisse zwischen Nervenfasern und Nervenzellen, insoweit hiebei die Vermehrung der Zahl der Nervenfasern in Betracht kommt, lässt sich, vom Standpunkte unserer Anschauung, dahin präcisiren, dass beide ihren Ursprung ein und demselben ursächlichen Momente, — nämlich einer local gesteigerten Vegetationsenergie der Nervensubstanz — verdanken. Die Spuren dieses gemeinschaftlichen Ursprunges verrathen sich gewöhnlich in den engen Beziehungen der Contiguität zwischen Nervenzellen und marklosen, sowie schmalen markhaltigen Fasern; von den genannten Gattungen der Nervenfasern aber haben wir gesehen, dass sie auch aus alten markhaltigen aber eingreifend umgewandelten Fasern durch Längstheilung entstehen können. Wie man sieht, erklärt sich vom



Standpunkte unserer auf die bereits besprochenen Thatsachen begründeten Anschauung sehr leicht und zwanglos die Faservermehrung im Sympathicus, ebenso die Beziehung der Nervenknoten zu diesem Vorgange und die Vergesellschaftung von Nervenzellen mit vorzugsweise marklosen und schmalen markhaltigen Nervenfasern. Es muss hierbei in Bezug auf die erste Anlage der Nervenknoten noch die Annahme gemacht werden, dass bei der Bildung der Elemente des Nervensystemes prädestinirte Stellen vorkommen, an denen die Entwicklung besonders rege vor sich geht. Dieser Annahme stehen, so weit ich sehe, keine Bedenken entgegen, obwohl uns zur Zeit noch jeder Einblick in die hiebei obwaltenden mechanischen Verhältnisse abgeht.

Wir müssen hier billigerweise der Forderung gerecht werden, innerhalb des Sympathicus und des peripheren Nervenzellensystemes nun auch in der That durch die directe Beobachtung darzuthun, dass Theilungsvorgänge in so reichem Maasse, wie sie die von uns aufgestellte Theorie fordert, vor sich gehen. Dieser Nachweis kann natürlich nur indirect geführt werden durch die Vorführung von Bildern, welche für den Ablauf der Processe in dem Sinne sprechen, wie er von uns dargelegt werde.

In Bezug auf diesen Punkt ist nun vor allem zu bemerken, dass die grossen Nervenknoten für die Gewinnung der diesbezüglichen Objecte kein besonders günstiges Terrain bieten, sondern dass man sich besser an die mit Nervenzellen garnirten Eingeweidennerven hält.

Bei dem Versuche, aus den verschiedenen Bestandtheilen des mit Nervenzellenanhäufungen versehenen peripherischen Nervensystemes die auf Faservermehrung hinweisenden Bilder zu gewinnen, hatte ich im Anfange nur den von Müller und Brücke an den Muskelnerven dargestellten Typus der Nerventheilung im Auge. Als ich nun in den Knoten und in den nervenzellenhaltigen Nervenstämmchen nach Theilungen, die in der angeführten Weise vor sich gehen, sorgfältig suchte, waren die Resultate der Bekräftigung meiner Ansicht nichts weniger, als günstig. Theilungen von Nervenfasern in der Art, wie sie an den markhaltigen Muskelnerven vorkommen, gehören an den angegebenen Orten zu den Seltenheiten. Doch muss ich bemerken, dass ich aus den Spinalganglien von *Rana* solche Theilungen in unzweifelhafter Weise an isolirten Nervenfasern, die mit Osmiumsäure tingirt waren, beobachtet habe. In Bezug auf diesen Punkt kann ich also die Angabe Kölliker's bestätigen, der sagt, dass Theilungen (offenbar meint Kölliker hiermit die hier in Rede stehende Theilungsform, die an

den Muskelnerven zur Beobachtung kommt) „wenn überhaupt vorhanden, auf jeden Fall sehr selten sind.“\*)

Anders gestaltet sich aber die Sache, wenn man sein Augenmerk richtet nicht sowohl auf die an den Muskelnerven vorkommende Art der Nerventheilung, sondern auf die oben geschilderte Modalität der Theilung von Nervenfasern, wie sie, anschliessend an die zuerst von Remak angeführte Beobachtung von Neumann und Eichhorst eingehender gewürdigt worden ist.

Unschwer lassen sich aus dem sympathischen Systeme niederer Wirbelthiere Fasern isoliren, welche am einfachsten so gedeutet werden, dass sie an irgend einer Stelle ihres Verlaufes sich zu einer Aufsplitterung in viele Fasern anschicken. Auch aus den Spinalganglien habe ich Fasern dargestellt, welche in nicht zu verkennender Weise die Spuren einer mehrfachen Theilung zeigten. Die neu entstandenen Fasern gehörten in die Kategorie der schmalen markhaltigen und marklosen Fasern. Bei der Untersuchung der Nerventheilung in den Wandungen des Darmes, der Harnblase etc. ebenso wie bei der Durchforschung der Nerven innerhalb der Speicheldrüsen wird man immer auf Bilder stossen, welche daran erinnern, dass das Auftreten von schmalen markhaltigen und marklosen Fasern und von Nervenzellenformationen der mannigfaltigsten Art mit einer Vermehrung der peripheren Nervenmasse einhergeht. Auch daran soll erinnert werden, dass bei der präterminalen Netzbildung der Nerven die viel discutirten kern- oder zellartigen Substanzanhäufungen sich da vorfinden, wo offenbar die Nerven durch Theilung sich an Zahl und Masse vermehren.

Wenn sich nun auch zweifelsohne der von uns aufgestellten Forderung des Nachweises von Theilungsvorgängen im peripherischen mit Ganglienzellen ausgerüsteten Nervensysteme durch die thatsächliche Beobachtung Genüge leisten lässt, so muss doch besonders hervorgehoben werden, dass die genannte Forderung nur mit Reserve gestellt werden kann.

Ausdrücklich haben wir betont, dass gewiss die grosse Mehrheit der Nervenzellen aus den früheren Stadien der Entwicklung zurückgebliebenes Bildungsmaterial darstellt. Auf die durch experimentelle Eingriffe hervorgerufene Entwicklung von peripheren Nervenzellen haben wir aber besonderes Gewicht gelegt, weil hierdurch, unseres Erachtens

---

\*) Gewebelehre, V. Aufl. pag. 317. Hier mag noch die Bemerkung Platz finden, dass Remak (Berliner Akadem. Monatsberichte 1854) erwähnt, er habe in den Spinalganglien der Säugethiere (des Rindes) nicht selten Theilungen dunkelrandiger Nervenfasern gefunden.

nach, der Schluss, dass die peripheren Nervenzellen die Bedeutung central functionirender Apparate besitzen, am Schlagendsten zurückgewiesen werden kann.

In wie weit diese künstlich hervorgerufenen Processe, die oben erörtert werden, auch im natürlichen Getriebe des Organismus, nach definitiver Ausbildung seiner Organe, noch Platz greifen mögen, wird unten noch in Erörterung gezogen werden.

Hier soll nur hervorgehoben werden, dass es dem Verständnisse keine besonderen Schwierigkeiten bieten kann, wenn im erwachsenen Zustande die zurückgebliebenen Spuren aus den Zeiten der ersten Entwicklung sich nicht allenthalben in gleicher Klarheit aufdecken lassen. So kann es aber auch vorkommen, dass einerseits Nervenzellen sich vorfinden an Orten, an denen sich weiter keine Spur mehr von Faserneubildung aufweisen lässt, und dass anderentheils die Bildung von Fasern klar vorliegen kann, ohne dass dabei gerade üppige Zellenbildung zu constatiren ist.

Dass alle Entwicklungsvorgänge, so sehr sie im Grossen und Ganzen an bestimmte feste Gesetze gebunden sind, im Einzelnen sich verschiedenen gestalten können, scheint mir keiner weiteren Begründung zu bedürfen. Für den uns hier beschäftigenden Fall scheint aber am beweisendsten zu sein die Thatsache, dass die Nervenzellenanhäufungen in den sogenannten Ganglien mit grosser Constanz wiederkehren, während die Zellanhäufungen in den Organen selbst, in qualitativer und quantitativer Hinsicht, den grössten Schwankungen unterliegen. Der letztere Umstand muss daher, wie aus mehreren Stellen dieser Schrift hervorgeht, für unsere Betrachtungen eine sehr wesentliche Rolle spielen.

Hier wollen wir auch in Kürze einiger Angaben gedenken, welche die Ganglien resp. die in denselben vorkommenden Nervenzellen in besondere Beziehung bringen zu der normalen Ernährung der Nervenfasern, insbesondere der sensiblen Fasern. Obwohl die diesen Punkt betreffenden älteren Versuche von Waller und Schiff einer erneuten kritischen Wiederholung und Vervollständigung bedürfen, so soll doch das Ergebniss derselben hier kurz berührt werden.

Die wesentliche hier in Betracht kommende Erscheinung ist die von Waller eruirte und von Schiff bestätigte Thatsache, dass nach Durchschneidung einer hinteren Wurzel zwischen Spinalganglion und Rückenmark der am Marke hängende Stumpf dem bekannten Degenerationsprocesse anheimfällt, während der mit dem Ganglion in Verbindung gebliebene, seine Integrität bewahrt. Dass der continuirliche Zusammenhang der unversehrt bleibenden Fasern mit den Ganglien-

kugeln diese Integrität nicht bedingen kann, hat Schiff schon aus dem Umstande hergeleitet, dass die sämtlichen Fasern, die noch mit dem Ganglion in Zusammenhang sind, intact bleiben, während doch ein Theil derselben, nach seinen und Kölliker's Ermittlungen mit Ganglienkugeln „gar nicht in Berührung zu treten scheinen.“ Dieser Argumentation können wir uns rückhaltlos anschliessen, da nach unseren Erfahrungen die Beziehungen sämtlicher Fasern zu den Zellen durchaus nicht der Art sind, dass sie direct einen Einfluss auf die nicht continuirlich mit ihnen zusammenhängenden Fasern ausüben könnten. Schiff führt noch weiter gegen die Ansicht an, der zu Folge die trophischen Functionen gewisser Theile des Nervensystemes direct an die Gegenwart der Ganglienkugeln geknüpft sind, dass bestimmte Nervenzellenanhäufungen (Ganglien) nachweislich keinen trophischen Einfluss den Fasern gegenüber entfalten.

Nachdem sich aus meinen fortgesetzten Beobachtungen ergeben hatte, dass die früher von mir gehegte Ansicht von dem sich Entgegenwachsen der Nervenzellenfortsätze zu Nervenfasern nicht durchführbar ist, fiel es mir sehr schwer, mir eine irgendwie greifbare Vorstellung zu bilden von dem, was Schiff meint, wenn er sagt, dass für die sensiblen Wurzeln ein Centralpunct der Ernährung „im Niveau der Spinalganglien gelegen sei.“\*)

Es ergibt sich nun aber aus dem oben Mitgetheilten, dass sich jetzt für eine derartige Vorstellung wenigstens einige Momente vorbringen lassen. Wenn man zugiebt, dass der Bildung von Ganglienzellen Vegetationsverhältnisse besonderer Art zu Grunde liegen, so ist die weitere Ansicht nicht von der Hand zu weisen, dass dieselben Momente, welche wirksam waren, als sich an einer bestimmten Localität Nervenzellen ansiedelten und gleichzeitig hiermit auch reichlich Nervenfasern durch Theilung gebildet wurden, auch später, unter bestimmten Bedingungen, wirksam in die Ernährungsverhältnisse eingreifen und Processen, welche an anderen Orten einen anderen Verlauf nehmen würden, gerade da einen bestimmten Character aufdrücken. Es hat, mit anderen Worten, vom Standpunkte unserer Anschauung durchaus nichts Paradoxes, sondern im Gegentheile etwas durchaus

---

\*) Vergl. Schiff, Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. 1858. 59. Abschnitt. Cap. III. Vegetative Verhältnisse der Nerven. Die von Schiff hier gegebene Darstellung registriert vollständig die auf diesem Gebiete bekannt gewordenen Thatsachen, welche in den zehn Jahren, die seit ihrer Veröffentlichung verflossen sind, nur in Bezug auf die Lehre von der Regeneration der Nerven wesentliche Bereicherungen erfahren haben.

Einleuchtendes und mit sehr vielen Thatsachen Stimmendes, dass es im peripherischen Nervensysteme ausgezeichnete Orte giebt, welche nicht sowohl zu den functionellen Beziehungen der Nerven in naher Beziehung stehen, wohl aber hervorragende Wichtigkeit für die vegetativen Verhältnisse der Nerven haben.\*)

Aus den Hauptsätzen der von mir entwickelten Lehre ergibt sich weiterhin die Erklärung für eine grosse Reihe von Beobachtungen, welche zum Theil schon früher mitgetheilt worden sind, zum Theil gelegentlich meiner zahllosen Präparationen aus verschiedenen Parthien des peripherischen Nervensystemes von mir registrirt wurden.

Bei der Beurtheilung derselben muss berücksichtigt werden, dass die verschiedenen Thierklassen sich offenbar verschieden verhalten in Bezug auf das Vorkommen der oben geschilderten substantiellen und morphotischen Transformation von Nervenfasern im Verlaufe des Lebens.

Das Aussehen, welches die Elemente des peripherischen Nervensystemes bieten, wird bedingt sowohl durch die Art und Weise der ersten Bildung dieses Systemes, als auch durch die Wandlungen, welche es später noch durchmacht.

Bei Amphibien (Frösche, Tritonen, Kröten, Salamander) scheinen die Bildungsvorgänge im peripheren Nervensysteme viel reger entwickelt zu sein, als bei Säugethieren. Dieses Verhalten steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit der bei den erstgenannten Thieren stärker ausgesprochenen Periodicität in den Lebensvorgängen (Winterschlaf).

Aber auch bei Säugethieren fehlt es im peripherischen Nerven-

---

\*) Es hängt mit der eigenthümlichen Entwicklung der Nervenphysiologie in den letzten zwei Decennien zusammen, dass den vegetativen Verhältnissen des Nervensystemes im Ganzen sehr wenig Aufmerksamkeit zugewendet wurde. Auf die Wichtigkeit derselben braucht aber wohl kaum besonders hingewiesen zu werden.

Wenn ich hier auf einige ältere Versuche von Waller, Schiff u. A. Bezug genommen habe, ohne die Versuche einer Wiederholung unterzogen zu haben, so möchte ich hiermit nicht ausgesprochen haben, dass ich das vorliegende Versuchsmaterial für hinreichend hielte, um einen nur einigermassen befriedigenden Einblick in die schwierigen hier obwaltenden Verhältnisse zu gewinnen.

Die eingehende Bearbeitung der vielen auf diesem Gebiete offen liegenden Fragen werde ich alsbald in Angriff nehmen. Doch glaubte ich nicht mich durch die grossen gerade an dieser Stelle fühlbaren Lücken in der Detailforschung von der Veröffentlichung dieser Schrift abhalten lassen zu sollen, welche wesentlich auf die Darlegung der leitenden Grundsätze gerichtet ist, und welche vielleicht in Bezug auf die Beurtheilung vieler Detailfragen auch für andere Forscher nicht ganz ohne Einfluss bleiben dürfte.

systeme und ganz besonders im Sympathicus nicht an Anzeichen, welche auf das Vorhandensein der erwähnten Umwandlungsvorgänge hindeuten.

An früherer Stelle haben wir bereits auf Befunde hingewiesen, welche eine solche Auffassung verlangen.

Oeffters habe ich aus dem Sympathicus des Kaninchens Zellen isolirt, welche sowohl durch ihre Grössenverhältnisse, als auch durch ihre Anordnung darauf hindeuteten, dass sie ihren Ursprung demjenigen Bildungsmodus verdanken, den wir oben, als durch künstliche Eingriffe in das Nervensystem hervorgerufen, geschildert haben. Die hier in Rede stehenden Zellen stechen auf den ersten Blick von der Majorität der übrigen in ihrer nächsten Nachbarschaft vorfindlichen ab durch ihre reducirten Dimensionen, welche kaum  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$  der gewöhnlichen erreichen. Sie sind ausgesprochen der Länge nach aneinandergereiht, fortsatzlos und von einer gemeinschaftlichen Hülle umgeben, welche einer verdickten Schwann'schen Scheide entspricht. Richtet man sein Augenmerk auf die Stellen, wo die Zellreihe aufhört, so sieht man dort die Contouren der Schwann'schen Scheide weiter ziehen, aber nun erfüllt von einer mit der Substanz der kleinen Nervenzellen identischen, aber nicht in einzelne Zellindividuen abgetheilten Masse. In anderen Fällen wieder erscheinen innerhalb der Schwann'schen Scheide von der Grenze der Zellreihe an auf oder abwärts schmale Fasern von dem Charakter der benachbarten marklosen Nervenfasern.

Bei Fröschen, Kröten, Tritonen und Salamandern trifft man, allerdings mit von Individuum zu Individuum variirender Häufigkeit, auf diejenigen Formen und Anordnungen, welche mit der alten Lehre in ebenso grossem Widerspruche stehen, als sie sich vom Standpunkte der von mir vorgetragenen Anschauungen leicht und ungezwungen erklären lassen. In Bezug auf diesen Punkt kann ich ebenfalls zum Theil auf frühere Stellen dieser Schrift und auf Angaben in meinen früheren Publicationen verweisen.

Bei dem Versuche, die oft so sonderbaren Bilder im Bereiche des peripheren Nervensystemes von dem von mir fixirten Gesichtspunkte aus zu begreifen, muss man sich aber immer vor Augen halten, dass die hervorgehobenen Transformationsvorgänge an der Nervenfaser entweder auf eine ganz kurze Strecke ihres Verlaufes beschränkt sein, oder dass sie sich über einen grösseren Abschnitt erstrecken können, dass entweder nur einzelne Fasern oder ganze Convolute an dem Prozesse Theil nehmen, dass die in Rede stehenden Vorgänge auf einer bestimmten Stufe stehen bleiben, oder sich bis zum höchsten Grade ausbilden.

Unter letzterem verstehen wir den oben bereits in Erwägung gezogenen Fall, in welchem Nervenfasern derart sich umwandeln, dass der eigentliche aus Nervensubstanz im engeren Sinne bestehende Inhalt (Axencylinder und Nervenmark) nach vorgängiger Umwandlung in eine homogene Substanz vollständig oder bis auf unscheinbare Reste schwindet, und nur hier und da zellige Elemente vom Character der Nervenzellen zurückbleiben. Man trifft dann auf Formen, welche man auf den ersten Blick kaum als dem Nervensysteme angehörige anzuerkennen geneigt ist. Es sind dies kernhaltige Bänder, welche ihre Durchmesser häufig ändern, an einzelnen Stellen von einer trüben feinkörnigen Masse diffus erfüllt, welche letztere öfters dunklere, gröbere, glänzende Körnchen eingesprengt enthält. Dass diese Bildungen, welche nichts weniger als ein elegantes und sauberes Aussehen bieten, zum Nervensysteme gehören, wird zweifellos durch ihre Beziehungen zu Zellen, mit allen Characteren der Nervenzellen, die einzeln oder gruppenweise innerhalb der Scheide und der geschilderten feinkörnigen Masse angeklebt, aufgefunden werden. Diese Zellen erscheinen gewöhnlich in ihrer Masse sehr reducirt, sie sind flach, ihre Granulirung erscheint dunkler, als diejenige der benachbarten Stellen.

Die genannten Gebilde hat, wie mir scheint, Arndt\*) neuerdings ebenfalls gesehen und beschrieben. Sie sind durchaus nicht auf die Spinalganglien beschränkt; ihr Vorkommen daselbst und im Sympathicus ist mir seit lange bekannt. Dass sie im Zusammenhange stehen mit der von mir schon früher vertretenen Wandelbarkeit der Formen und des stofflichen Gehaltes der Bestandtheile des peripherischen Nervensystemes, war mir immer wahrscheinlich.

In ähnlicher Weise müssen auch die öfter von mir aufgefundenen Bilder aufgefasst werden, aus denen man schliessen muss, dass vereinzelte oder Gruppen von Nervenzellen ganz unvermittelt einem Zuge von Bindegewebe beigegeben sind. Die genauere Nachforschung führt auch hier öfters auf die Spur von derart umgewandelten Nervenfasern, dass nichts zurückgeblieben ist, als eine collabirte, verdickte, kernhaltige Schwann'sche Scheide, welche nur noch durch ihre Beziehungen zu unzweifelhaften Nervenzellen ihre Zugehörigkeit zum Nervensysteme documentirt.

Diese Beobachtungen, zusammengehalten mit sehr vielen ähnlichen, sprechen dafür, dass dasjenige Verhalten, welches wir bei der Verfolgung der künstlich hervorgerufenen Processe an der Nervenfaser

---

\*) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XI. pag. 154.

betonten — discontinuirlicher Ablauf derselben — auch während der natürlichen Bedingungen auftreten mag, ohne dass wir bis jetzt noch anzugeben im Stande wären, welcher Art die im einzelnen dabei in Betracht kommenden Factoren sind.

Ueber das Verhältniss zwischen Nervenfasern einerseits und den Nervenkörperchen andererseits habe ich mich schon an früherer Stelle geäußert. Hier soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass der schon oft betonte Kernreichthum an Fasern des schmalen Kalibers von unserem Gesichtspunkte aus leicht verständlich ist. Die schmalen Fasern sind eben junge und die Spuren ihres jugendlichen Alters geben sich kund in dem dünnen Belage von Nervenmark und den ansehnlichen Beigaben von Resten der Muttersubstanz, aus denen sie entstanden sind (Nervenkörperchen oder kleine Zellen, Kerne der Schwann'schen Scheide der Autoren).

Wir wollen mit wenigen Worten hier noch auf den Grad der Berechtigung zurückkommen, mit welcher wir die schmalen markhaltigen Nervenfasern (sympathische Nervenfasern von Bidder und Volkmann) als jugendliche bezeichnen. Hierzu veranlassen uns besonders die Ausführungen Cohnheim's,\*) der mit Recht auf die Misslichkeiten hinweist, welche Vermuthungen über das Alter von Zellen haben. Die von Cohnheim den Angaben über das Alter von Zellen gemachten Vorwürfe können aber in unserem Falle keine Geltung haben. Denn die Characteristik einer jungen resp. neugebildeten Nervenfaser können wir uns unmittelbar aus dem Studium derjenigen Fasern verschaffen, welche, vom centralen Stumpfe aus sich entwickelnd, einen gesetzten Defect in der Continuität des Nerven auszugleichen bestrebt sind. Wenn wir nun die an diesen unzweifelhaft jugendlichen Fasern vorkommenden Eigenthümlichkeiten verbunden mit anderen dem Jugendalter zukommenden Attributen vorfinden, so liegt wohl auch hinlängliche Berechtigung zu der Annahme vor, dass wir es mit Gebilden zu thun haben, welche denselben Entwicklungsgang durchgemacht haben, oder auf derselben Stufe der Entwicklung befindlich sind.

In guter Uebereinstimmung mit dem von uns entwickelten Principe, dass durch eine Vermehrung der Nervensubstanz Veranlassung gegeben wird, neben der Bildung neuer Fasern, zur Entstehung von Nervenzellen und Nervenkörperchen, stehen die zahlreichen Beobachtungen über die in sehr mannigfaltigen Formen vorkommenden Substanzanhäufungen in den terminalen Nervennetzen. Man hat darüber

---

\*) Noch einmal die Keratitis. Virchow's Archiv. Bd. 61. 1874.



gestritten, ob diese Substanzanhäufungen in den Knotenpunkten der reichen Nervenverbreitungen Ganglienzellen sind oder nicht; das Hauptgewicht legte man bei der Entscheidung über diesen Punkt auf die Existenz oder Nichtexistenz eines Kernes.

Nach meinen eigenen Beobachtungen können die in Rede stehenden Anschwellungen sowohl kernhaltig als auch kernlos vorkommen. Dass aber dieser Punkt für unsere Auffassung dieser Bildungen ohne Bedeutung ist, ergibt sich ohne weitere Ausführung aus den früheren Erörterungen. Diese Anschwellungen stellen eben nichts anderes dar, als bei der reichlichen Bildung von Fasern rückgebliebene Bildungssubstanz, in der sich secundär ein Kern bilden kann, oder nicht.

Wir kommen nun aber endlich noch auf einen Punkt zu sprechen, welcher für die von uns in den vorstehenden Blättern vorgetragene Lehre von entscheidender Bedeutung ist, nämlich auf die Mannigfaltigkeit der Bilder, welche in dem sogenannten sympathischen Systeme und in den Spinalganglien zur Beobachtung kommen.

Ich habe in meinen früheren Publicationen über den uns hier beschäftigenden Gegenstand bereits ausgesprochen, dass die in den Lehr- und Handbüchern vorliegenden Beschreibungen nur einer allerdings häufig vorkommenden Gattung von Formationen entspricht, dass aber die in Wirklichkeit zur Beobachtung kommenden Bilder lange nicht die Berücksichtigung gefunden haben, welche sie verdienen.

Vom Standpunkte unserer Auffassung ergibt sich nun leicht, dass diese Mannigfaltigkeit vollständig begründet erscheint in dem Abhängigkeitsverhältnisse, in welchem die Existenz der Nervenzellen von der wechselnden Energie der Vegetationsverhältnisse im Nervensystem steht.

In Bezug auf die Anzahl der Kerne, die Eigenschaften der Fortsätze etc. haben wir an den aus dem centralen Stumpfe der durchschnittenen Nerven gewonnenen Präparate zum Theil klar übersehen können, wie die wechselvollen Gestalten werden, welche am fertigen Sympathicus auftreten und ihrem Verständnisse unüberwindlich scheinende Schwierigkeiten entgegensetzen.

Aber diese Mannigfaltigkeit der Gestaltungen innerhalb des peripherischen Gangliensystemes, deren Vernachlässigung von Seiten der histiologischen Forschung gewiss mit dazu beigetragen hat, die Lösung des Problemes in anderer Richtung zu suchen, ist nicht auf das genannte System beschränkt. Sie kehrt wieder bei den Nervenkörperchen der Nervenfasern und den Substanzanhäufungen in den terminalen Nervennetzen. Also auch in diesem Punkte zeigt sich die enge

Verwandschaft zwischen den drei genannten Bildungen, deren Zusammengehörigkeit wir glauben aufgedeckt zu haben.

Es sind aber nicht allein die oben erwähnten Eigenschaften der Nervenzellen (Anzahl der Fortsätze, Kerne u. s. w.), welche in ihrer Mannigfaltigkeit die Aufmerksamkeit des Beobachters fesseln müssen, sondern auch die wechselnden Grössenverhältnisse derselben, und ganz besonders ihr wechselnder Gehalt an Fett und Pigment.

Wenn wir durch die früheren Erörterungen glauben dargelegt zu haben, dass die herrschende Lehre von der centralen Bedeutung der peripherischen Nervenzelle ungenügend begründet erscheint und zwar ebenso wohl vom anatomischen als vom physiologischen Standpunkt aus, so glaubten wir dieser Auffassung eine andere gegenüberstellen zu dürfen, welche dahin geht, die Nervenzelle sammt den Nervenkörperchen in den Nervenfasern der Stämme und der terminalen Netze, als die Ueberbleibsel der Bildungsmasse aufzufassen, aus welcher die Nervenfasern einstmals ihren Ursprung genommen.

Es muss sich nun billigerweise die Frage erheben, welche Function diese massigen Gebilde im Organismus erfüllen. Denn aus unserem Ausspruche, dass es nicht abzusehen ist, in welcher Weise die periphere Nervenzelle sogenannten centralen Functionen dienen soll, und dass die Nervenzellen und die Nervenkörperchen nur Rückbleibsel der Nervenbildungsmasse sein sollen, folgt noch lange nicht, dass wir diese Bildungen für bedeutungslos im Organismus halten. Eine solche Annahme würde nicht leicht zusammenzureimen sein mit dem im ganzen sehr constanten Vorkommen der Ganglien und ihrer weiten Verbreitung im Bereiche des peripherischen Nervensystems.

So weit ich sehe, wird die Histologie und Physiologie noch sehr viele und eingreifende Wandlungen durchzumachen haben, ehe es gelingen wird, einen, auf Versuche gegründeten klaren Einblick in die functionelle Bedeutung der peripheren Nervenzelle zu gewinnen. Dieser Ausspruch gründet sich auf die klar zu Tage liegende Unmöglichkeit, künstlich auf Nervenzellen einzuwirken, oder letztere auf experimentellem Wege zu entfernen, ohne zu gleicher Zeit die Nervenfasern in Mitleidenschaft zu ziehen. Denn aus unseren Ansichten über die Natur der peripherischen Nervenzelle ergibt sich, ebenso wie aus der herrschenden Theorie, die engste und unauflösliche Beziehung zwischen Faser und Zelle.

Bei der eben erwähnten Sachlage nun wird man es mir wohl gestatten, über die functionelle Bedeutung der Nervenzelle in der Oekonomie des Organismus einige Betrachtungen anzustellen, welche, an-

schliessend an die Errungenschaften der modernen Physiologie und Histiologie, keine weitere Bedeutung haben sollen, als einige Wege anzudeuten, auf denen die functionelle Bedeutung der peripherischen Nervenkörper zu suchen sein dürfte.

Es ist einleuchtend, dass die nervösen Apparate, insofern sie in das Getriebe der höher organisirten Thiere eingreifen, für die Fristung der physischen Existenz eine differente Bedeutung haben. Das Nervenleben gliedert sich, wie dies Bichat im Allgemeinen schon treffend erörtert hat, in eine animale und vegetative Sphäre, ohne dass zwischen beiden eine ganz scharfe Grenzmarke zu ziehen wäre.

Durch die Ausbildung der animalen Sphäre, — Bewusstsein und willkürliche Bewegung — wird die Stellung der Thiere in intellectueller Beziehung bestimmt. Man sieht aber leicht ein, dass die Erscheinungen des Intellects im höchsten Grade perturbirt sein können, ohne dass dadurch die Summe der übrigen Functionen alterirt würde, welche den Rest der Lebenserscheinungen bilden, und umgekehrt.

Letztere werden so lange fort dauern, als die Nerven-, Muskel- und Drüsensubstanz, die in den sogenannten vegetativen Organen sich vorfindet, noch ihre Leistungsfähigkeit bewahren.

Es bedarf nun keiner eingehenden Betrachtungen, um den Satz zu erhärten, dass den der Willkür entzogenen Nervenapparaten für die Organe des vegetativen Lebens die allgünstigsten Bedingungen der Ernährung gesetzt sein müssen. Die Nerven der Gefässe, der Drüsen u. s. w. sind unausgesetzt in Anspruch genommen; selbst die Ruhe des Schlafes, in welcher die Bewusstseinsphänomene so sehr abgeschwächt sind, ist ihnen nicht gegönnt.

Denken wir uns nun, dass durch ein Zusammenwirken verschiedener Umstände die Qualität und Quantität der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit, auf welche die Nervensubstanz ebenso, wie alle anderen organische Substanzen unaufhörlich zu ihrer Restitution angewiesen ist, eingreifend verändert wird, wie z. B. in einer fieberhaften Krankheit. Die normalen Functionen innerhalb der Sphäre des animalen Lebens sistiren hiebei fast ganz; diese Störung vermag jedoch nicht den Bestand des Organismus direct zu gefährden. Anders verhält sich aber die Sache, wenn auch die Nerven des vegetativen Lebens durch mangelhafte Ernährung bis zur Functionsuntüchtigkeit geschwächt werden. Die nothwendige Consequenz hiervon wäre die baldige Auflösung des Organismus.

Was sehen wir nun in denjenigen Fällen, in denen die Nahrungsaufnahme, von welcher die normale Zusammensetzung der zur Re-

stitution der Nervensubstanz nöthigen Ernährungsflüssigkeit abhängt, schwer beeinträchtigt wird? Wir finden, dass gewisse Gewebsbestandtheile des Körpers vor Allem aufgezehrt werden, z. B. die Fettzellen des Bindegewebes, um den Zwecken des Gesamtorganismus dienstbar gemacht zu werden.

Nun meinen wir, dass die massigen zelligen Gebilde im peripheren Nervensysteme ebenso dazu dienen könnten, zu gewissen Perioden des Lebens mit ihrem stofflichen Inhalte für die Ernährung der Nerven einzutreten. Indem wir die Analogie mit der Fettzelle zu Grunde legen, spricht für diese Ansicht noch Folgendes. Die Nervenzellen erscheinen, ebenso wie die Fettzellen zu einer sehr frühen Periode der Entwicklung angelegt. Beiden gemeinschaftlich ist das so sehr verschieden sich darstellende Verhalten in Bezug auf Gehalt an Zellsubstanz, Kernen, Fett, und bei den Nervenzellen auch in Bezug auf Pigment.

Besonders wollen wir noch bemerken, dass die Anlage der Nervenzellen, ebenso wie die der Fettzellen, in engster Beziehung zu einer vorgängigen Ausbildung von Blutgefässen zu sein scheint; ebenso ergeben die neuesten Ermittlungen über die atrophische Wucherung von Kernen in den Fettzellen einen Fingerzeig, in welcher Weise der oft reichliche Gehalt der Nervenzellen an Kernen aufzufassen sein dürfte. Im Sinne der eben vorgetragenen Anschauung über die Bedeutung der peripherischen Nervenzelle könnte dieselbe vielleicht fungiren als Vorrathszelle des peripherischen Nervensystemes. Dass sie als solche Sitz von Stoffwechselvorgängen sein kann, welche zu verschiedenen Perioden des Lebens verschiedene Intensität besitzen, ist von vornherein klar.

Ebensowenig kann bezweifelt werden, dass diese Zellen, wenn sie die ihnen vermuthungsweise zugeschriebene Function wirklich haben, auch der Sitz von Vorgängen sein können, welche als Endresultat nicht allein einen veränderten stofflichen Inhalt, sondern auch neue Formelemente ergeben.

Wenn also die Nervenzellen Bilder darbieten, die auf Neubildung von Kernen oder auch Neubildung von Zellen durch Theilung hinzuweisen scheinen, so sind alle diese Vorkommnisse in derselben Weise aufzufassen, wie die analogen für die Fettzellen bekannten, und können nicht dazu verwendet werden, um daraus irgend eine directe Beziehung zu specifisch nervösen Functionen der peripheren Nervenzellen herzuleiten.

Es braucht kaum besonders bemerkt zu werden, dass wir der hier ausgesprochenen Ansicht über die functionelle Rolle der peripheren

Nervenzellen nur die Bedeutung einer Vermuthung vindiciren. Was für diese Auffassung spricht ist an früherer Stelle bereits betont worden. Inwieweit diese Vermuthung dem wahren Sachverhalte entspricht, müssen weitere Versuchsreihen an Thieren und ganz besonders auch die Ermittlungen der pathologischen Anatomie in reger Detailforschung in Zukunft darzulegen bestrebt sein.

Aus einer Durchsicht der Literatur über die peripherischen Neurome habe ich die Ueberzeugung geschöpft, dass die von mir in den vorstehenden Blättern vertretenen Principien von der Vervielfältigung der peripherischen Nervenmasse unter gleichzeitiger Bildung von Nervenfasen und Nervenzellen oder Nervenkörperchen für die Auffassung dieser Geschwülste sehr fruchtbare Gesichtspunkte bieten dürften. Ich möchte daher die Aufmerksamkeit der pathologischen Anatomen neuerdings auf das Studium der Nervengeschwülste vom Standpunkte der hier entwickelten Lehre hinlenken.

---

Es liegt mir endlich noch ob, kurz derjenigen Forscher zu erwähnen, welche hie und da Zweifel geäußert haben an der Richtigkeit derjenigen Theorie, welche ich in der vorliegenden Schrift in ihren Grundlagen und in ihren Consequenzen bekämpfen zu müssen geglaubt habe. Dass schon zur Zeit des ersten Auftauchens der Lehre von der centralen Natur der peripherischen Nervenzelle Valentin, Schiff und Budge Widerspruch dagegen erhoben haben, wurde bereits erwähnt. Eckhardt konnte nicht umhin, in mehreren seiner Experimental-Arbeiten gewisse Zweifel an der Omnipotenz der peripherischen Nervenzelle zu äussern.

Am entschiedensten hat sich Th. W. Engelmann in seiner Untersuchung über die Contractionen des Ureter vom physiologischen und histiologischen Standpunkte aus über die Frage verbreitet, ob zum Zustandekommen von Bewegungsphänomenen, die nicht nachweislich von Hirn und Rückenmark aus unterhalten werden, die Intervention von peripherischen Nervenzellen gefordert werde. Engelmann ist zu dem Schlusse gelangt, dass wenigstens für die rhythmischen Bewegungen des Ureter die Existenz peripherer centraler nervöser Apparate nicht erweislich sei, und dass für die in Rede stehenden Contractionen die Annahme einer selbständigen Irritabilität der glatten Muskelsubstanz viel näher liege.

Cohnheim hat mehrfach betont, dass der Nachweis von centralen nervösen Apparaten für die Ringmuskulatur der Gefässe nicht geführt

sei, und recurriert für die Erklärung gewisser Phänomene an den Gefäßen auf die selbständige Irritabilität der contractilen Substanzen.

Rosbach hat, gestützt auf Versuche mit mechanischer Reizung des Froschherzens, einige Zweifel darüber laut werden lassen, ob die herrschende Lehre von den intracardialen Nervencentren die zur Beobachtung kommenden Thatsachen ausreichend erkläre.

In der vorliegenden Abhandlung habe ich den Versuch gemacht, die Bedeutung der peripheren Nervenzelle und des sympathischen Systemes überhaupt vom Standpunkte thatsächlicher Resultate der Anatomie und Physiologie in einem neuen Lichte darzustellen.

Eine vorurtheilslose Prüfung meiner Aufstellungen wird ergeben müssen, ob dieselben der Wahrheit näher kommen, als die jetzt allgemein adoptirte Theorie.

### Erklärung der Abbildungen (Tafel VI.).

Figur 1. Vielkernige Nervenzellen aus den Spinalknoten von *Salamandra maculata*. VIII Object. 3 Ocul. Hartnack.

Figur 2. Dasselbe von *Triton cristatus*.

Figur 3. Nervenfasern aus dem Nervus ischiadicus von *Rana esculenta*. Kernhaltiger sogenannter Kern der Schwann'schen Scheide. VIII/3.

Figur 4–11. Alle vom Kaninchen, centraler Stumpf eines Nerv. cruralis oder vagus, 12.–21. Tag nach der Excision eines Stückes. Osmiumpräparate.

Figur 4 und 5. Hartnack V/3. Zur Illustration des discontinuirlichen Schwundes der normalen Markscheide.

Figur 6 und 7. Hartnack VIII/3. Portionen von Nervenmark, scharf abgegrenzt, die in ihrer weiteren Veränderung zu Nervenzellen werden.

Figur 8–11. Neugebildete Nervenzellen, in Gemeinschaft mit Nervenfasern in verschiedenen Stadien der Umwandlung. Die Zellkerne treten nicht sehr scharf an den Osmiumpräparaten heraus; an frischen Präparaten, die in indifferenten Zusatzflüssigkeiten untersucht wurden, waren sie zuweilen sehr klar.

Fig. 1.

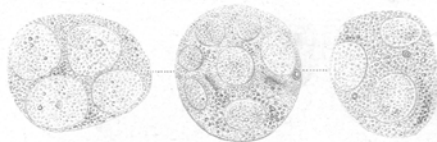


Fig. 3.



Fig. 2.

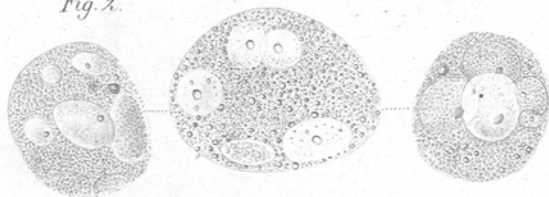


Fig. 4.

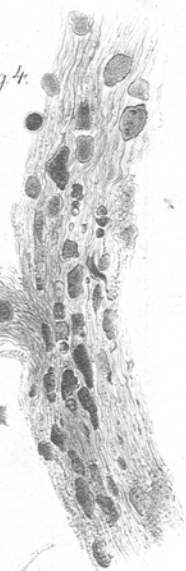


Fig. 6.

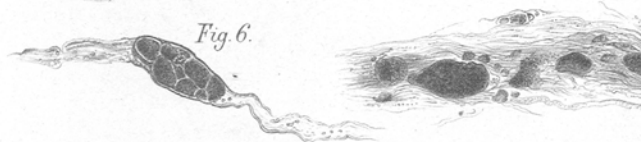


Fig. 5.



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

