

Es kommt aber auch eine sogenannte glatte Resorption vor; bei meinen Präparaten fand ich diese Art der Resorption besonders an der Oberfläche der Diaphyse des Stückes.

4. Die Knochenzellen selbst haben keine Fähigkeit zur Knochenneubildung. Sie geschieht stets aus Periost- und Markzellen.

5. Für die Transplantation ist die Entnahme eines Knochenstückes mit allen ernährenden Bestandteilen (Periost und Mark) zu empfehlen.

6. Der Epiphysenknochen und das Mark leben länger als die Knochensubstanz.

---

## VII.

### Zur Frage der Regeneration in einem dauernd von seinem Zentrum abgetrennten peripherischen Nervenstumpf.

(Aus der psychiatrischen Klinik des Herrn Prof. A. Pick in Prag.)

Von

Dr. Alexander Margulíés,

I. Assistenten der Klinik.

(Hierzu Taf. IV u. V.)

---

Durch Jahrzehnte unbestritten brachte das Wallersche Gesetz die herrschenden Anschauungen über das Wesen der Degeneration und Regeneration des Nerven zum Ausdruck. Durch zahlreiche Versuche immer wieder bestätigt, hatte es allmählich dogmatische Bedeutung gewonnen. Und als Waldeyer im Jahre 1891 vorwiegend auf Grund der mit der Golgi-Methode ermittelten Befunde die Neurontheorie aufstellte, war neben der Lehre von der unizellulären Entwicklung der Nerveneinheiten das Wallersche Gesetz eine der Hauptstützen der neuen Lehre. Die vollkommene Abhängigkeit des Nerven von dem Zentrum, wie sie in dem Wallerschen Gesetz zutage tritt, erscheint auch ausreichend begründet in der Auffassung, daß der Nerv oder wenigstens der funktionell wichtigste Teil desselben nur ein Ausläufer der Ganglienzelle ist, der in allen seinen vitalen Eigenschaften immer von ihr abhängig bleibt. Diese anscheinend vollkommen befriedigende Erklärung hatte auch zur weiteren Folge, daß man

sich leicht darüber hinwegsetzte, daß die für die Aufstellung der Neurontheorie maßgebenden Befunde zunächst hauptsächlich nur im Zentralnervensystem erhoben worden waren, während das Waller'sche Gesetz in seiner ganzen Ausdehnung, insbesondere was die Wiederherstellung betrifft, nur für den peripheren Nerven gilt. Denn Regenerationserscheinungen sind an den zentralen Nervenfasern bisher nur ganz ausnahmsweise beobachtet worden und sind keineswegs gleichzustellen der Regenerationsfähigkeit des peripheren Nerven, wo man eben Mühe hat, die Wiedervereinigung zu verhindern. Dennoch sprachen so viele Momente für einen Zusammenhang mit der Neurontheorie, daß später, als sie der allgemein herrschende Gesichtspunkt für die Auffassung des Baues und der Tätigkeit des Nervensystems geworden war, das Waller'sche Gesetz, das ursprünglich ihre Stütze gewesen, nur als eine selbstverständliche Folgerung aus der Neuronenlehre aufgefaßt wurde. Und so war es nur natürlich, daß zur Zeit, als der unbedingte Glaube an die Neurontheorie durch nicht unberechtigte Einwände erschüttert war, auch die Frage der Nerven-degeneration und Regeneration einer Revision unterzogen wurde. Zunächst bewiesen die Befunde Apathys<sup>1)</sup> von einem kontinuierlichen Verlaufe der Neurofibrillen bei wirbellosen Tieren, daß die herrschende Kontaktlehre nicht eine allgemeine Geltung in der ganzen Tierreihe besitze und die Untersuchungen Bethes<sup>2)</sup> und zahlreicher anderer Autoren trugen dazu bei, den Glauben an die bloße Kontiguität der nervösen Elemente sehr ins Wanken zu bringen. Durch die bekannten Versuche an Carcinus Maenas ist Bette<sup>3)</sup> der Nachweis gelungen, daß, wenn auch nur vorübergehend, einfache nervöse Prozesse bei vollkommen ausgeschaltetem Einfluß des kerntragenden Teiles der Ganglienzelle ablaufen können. Beherrscht von der Anschauung, daß die Ganglienzelle weder trophisch noch funktionell jene bedeutungsvolle Rolle spiele, die ihr allgemein zuerkannt wurde, gelangte Bette auch in seiner Auffassung der Regenerationsvorgänge im Nerven zu einer ähnlichen Stellung, wie sie sich in der alten Lehre von

1) Apathy, Biologisches Zentralblatt, Bd. 9 1889—1890. Mitteilungen der zoologischen Station in Neapel, Bd. 5, 1892.

2) Bette, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems, 1893.

3) Bette, Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. 44, 1895.

Philippeaux und Vulpian<sup>1)</sup> und Schiff<sup>2)</sup> ausspricht. Damit war aber auch die Diskussion über das Wallersche Gesetz eröffnet. Unwidersprochen blieb zwar dessen erster, die Degeneration betreffender Teil, und ebenso herrscht auch volle Einstimmigkeit darüber, daß dauernd und vollkommen eine Restitutio ad integrum nur bei Wiedervereinigung mit dem Zentrum zustande kommt. Ein Widerspruch bestand nur über die Art, wie diese Regeneration erfolgt, ob sie die Folge einer produktiven Tätigkeit der Ganglienzelle ist, die ihre Fortsätze in den degenerierten Teil neuerdings entsendet, oder ob sich reparatorische Vorgänge in dem degenerierten Nerven selbst abspielen. Die älteren Untersuchungen waren nicht geeignet, eine Entscheidung dieser Frage zu ermöglichen, da bisher im allgemeinen zu wenig Rücksicht auf die vollständige Ausschaltung des zentralen Einflusses genommen worden war und erst Bethe<sup>3)</sup> nachdrücklich diesen Gesichtspunkt hervorkehrte. Die aus seinen Versuchen gewonnenen Anschauungen Bethes über das Wesen der Nervenregeneration lassen sich dahin zusammenfassen, daß bei sicher verhinderter Verbindung mit dem Zentrum wenigstens bei ganz jungen Tieren der degenerierte Nerv nach einiger Zeit eine weitgehende Wiederherstellung seiner funktionellen und morphologischen Eigenschaften zeigt, daß sonach vollkommene Regeneration auch autogen erfolgen kann.

Eine ganze Reihe von Forschern hat sich diesen Anschauungen angeschlossen. Insbesondere bekannte sich van Gehuchten<sup>4)</sup> als unbedingter Anhänger der autogenen Regeneration, da er an jungen Tieren nur im peripheren Stumpf eines vom Zentrum abgetrennten Ischiadicus elektrische Leitungsfähigkeit und gleichzeitig das Vorhandensein markhaltiger Fasern gefunden hatte, während eine Schmerzleitung nur vom zentralen Stumpf aus konstatiert wurde. Markhaltige Nervenfasern im peripheren Stumpf eines N. medianus, aus dem ein 17 cm langes Stück reseziert worden war, fand auch Durante<sup>5)</sup>. Auch Bar-

1) Philippeaux und Vulpian, Compt. rend. Acad. scienc., Paris 1895.

2) Journal de la Physiol., Vol. 3, 1860.

3) Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903.

4) Van Gehuchten, Nederl. Tijdschrift. voor Geneeskunde, 1905.

5) Durante, Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière, 1905.

f u r t h<sup>1)</sup>) nimmt bei seinen Versuchen an jungen Axoloteln, Fröschen und Hunden eine autogene Regeneration an. Durch interessante Versuche an jungen Hunden, von denen einer am Leben blieb, gelangt R a i m a n n<sup>2)</sup>) ebenfalls zu den gleichen Anschauungen. R a i m a n n exzidierte das untere Rückenmarksende mit dem größten Teil der Spinalganglien und fand im Ischiadicus sicher Markscheidern und im Muskel motorische Endplatten. L a p i n s k y<sup>3)</sup>) erhielt im peripheren Stumpf durchschnittener Nerven stets nach einigen Wochen regenerierte Nervenfasern von verschiedenem Entwicklungsgrad, die niemals die typischen Scheiden oder elektrische Erregbarkeit zeigten und sich nach 8—11 Monaten wieder zurückbildeten. Nach M o d e n a<sup>4)</sup>) ist der Grad der bei jungen Tieren erreichten autogenen Regeneration ein größerer als bei älteren, erwachsenen Tieren.

Aber auch gegen die autogene Regeneration trat eine ganze Reihe von Untersuchern auf, und zwar nicht so sehr in der Weise, daß sie die Anschauungen B e t h e s, die ihnen als Anhänger der Neurontheorie von vornherein als unhaltbar galten, bekämpften, sondern mehr dadurch, daß sie durch neue Experimente die Beweiskraft der Versuche B e t h e s zu erschüttern trachteten.

M ü n z e r und F i s c h e r<sup>4)</sup>) untersuchten das Bindegewebe zwischen peripheren und zentralen Stumpf des durchtrennten Nerven und fanden, daß sich in diesem markhaltige Nervenfasern nachweisen lassen, wenn solche auch im peripheren Stumpfe gefunden wurden. M ü n z e r schließt daraus, indem er die Zuverlässigkeit der B e t h e s'schen Methode einer absoluten Isolierung bezweifelt, daß autogene Regeneration dadurch vorgetäuscht wird, daß diese verbindenden Fasern übersehen wurden. L a n g l e y und A n d e r s o n<sup>5)</sup>) konnten in einer geistreichen Versuchsanordnung durch elektrische Reizung nachweisen, daß in ihren Fällen durch die Haut- und Muskelnerven der Umgebung eine Verbindung des peripheren Ischiadicusstumpfes mit dem

<sup>1)</sup> B a r f u r t h, Anatomischer Anzeiger, 1905.

<sup>2)</sup> R a i m a n n, Jahrbücher für Psychiatrie und Neurologie, 1905.

<sup>3)</sup> L a p i n s k y, Dieses Archiv, Bd. 181, 1905.

<sup>4)</sup> M ü n z e r und F i s c h e r, Neurologisches Zentralblatt, 1906.

<sup>5)</sup> L a n g l e y und A n d e r s o n, Journal of Physiology, vol. 29. u. vol. 31.

Zentrum hergestellt war. *Lugaro*<sup>1)</sup> Experimente richten sich vorwiegend gegen den Versuch *Raimanns*. *Lugaro* entfernte nach Eröffnung des Wirbelkanals alle vorderen und hinteren Wurzeln mitsamt den Spinalganglien des unteren Rückenmarksabschnittes und fand in dem durch Ausreißen und Durchschneidung isolierten Ischiadicus weder histologisch noch funktionell Anzeichen von Regeneration. *Peroncito*<sup>2)</sup> nimmt ebenfalls auf Grund der Untersuchung des zwischen zentralem und peripherem Stumpfe gelegenen Gewebes an, daß die im peripheren Stumpf vorhandenen Fasern vom Zentrum eingewachsen seien. *Ramony Cajal*<sup>3)</sup>, auf dessen ursprünglichen Untersuchungen ja wesentlich die Neurontheorie aufgebaut wurde, steht dementsprechend durchaus auf dem Boden der Auswachsungstheorie. Er beschreibt an seinen Präparaten, die er mit seiner Fibrillenmethode an durchschnittenen Nerven junger Kaninchen gewonnen, ungemein zahlreiche Sprossen am Ende des zentralen Stumpfes gelegen mit freien, kolbenförmigen, distal gerichteten Wachstumskeulen. Erst wenn die ziemlich regellos auswachsenden Fasern den peripheren Stumpf treffen, löst sich das Fasergewirr auf und ordnet sich zu regelmäßig verlaufenden Fibrillen um. Aber auch in dem peripheren Stumpfe selbst finden sich die kolbenförmigen Enden der Fasern, woraus *Ramony Cajal* schließt, daß sie hier in der gleichen Weise weiterwachsen, wie es am zentralen Stumpfe und in der Verbindungsstrecke der Fall war.

Wie diese kurze Literaturübersicht ergibt, stehen gegenwärtig in der Frage der Nervenregeneration zwei Ansichten schroff, und wie es scheint, unversöhnlich einander gegenüber. Auf der einen Seite die Anhänger der Neurontheorie, welche die Regeneration lediglich als eine Folge der neuerweckten produktiven Tätigkeit der Ganglienzelle ansehen, auf der anderen Seite die Verfechter der Lehre von der autogenen Regeneration, welche glauben, daß die Wiederherstellung des degenerierten Nerven wesentlich durch die Tätigkeit der dem peripherischen Nerven von Anbeginn zu-

<sup>1)</sup> *Lugaro*, Neurologisches Zentralblatt, 1905.

<sup>2)</sup> *Peroncito*, Bolletino della soc. med. chir. di Pavia, 1905.

<sup>3)</sup> *Ramony Cajal*, Trabajos del labor. de investig. biol. de la Univers. de Madrid, 1905.

gehörigen „Nervenzellen“, der sog. Schwannschen Zellen, auch bei vollkommen ausgeschalteter Einflußnahme der Ganglienzelle erfolgt.

Diese Anschauungen scheinen mit der allgemeinen Auffassung von der Genese des Nerven in Widerspruch zu stehen.

Aber auch auf dem entwicklungsgeschichtlichen Gebiete begann in den letzten Jahren ein Umschwung der Anschauungen. Hier hatte eigentlich schon seit langem die Lehre von Bidder und Kupfer<sup>1)</sup>, His<sup>2)</sup> und seinen Nachfolgern, daß die Nerven sich zunächst als zellenlose Ausläufer der embryonalen Ganglienzelle (Neuroblast) entwickeln, Widerspruch erfahren. Eine ganze Reihe von älteren und neueren Forschern (Balfour<sup>3)</sup>, Dohrn<sup>4)</sup>, Beard<sup>5)</sup>, Schultze<sup>6)</sup> u. a.) vertraten den Standpunkt der multizellulären Bildung des Nerven aus Zellketten, die der Anlage des Medullarrohres entstammen. Diese beiden gegensätzlichen Anschauungen über die Entwicklung des Nerven entsprechen auch dem Gegensatz in der Auffassung über das Wesen der Nervenregeneration. Die Anhänger der Lehre der Regeneration durch die Tätigkeit der Ganglienzelle berufen sich selbstverständlich auf die Lehre von dem Auswachsen zellenloser Fortsätze der Neuroblasten, die Vertreter der autogenen Regeneration beziehen sich auf die Zellkettentheorie und sehen das maßgebende Moment für die Wiederherstellung des degenerierten Nerven in der Tätigkeit der sogenannten Schwannschen Zellen. Nun läßt sich allerdings gegen eine derartige unbedingte Analogie der gegründete Einwand erheben, daß die erste Entwicklung des Nerven sich doch unter ganz anderen Bedingungen vollzieht als die Regeneration des vollentwickelten Nerven. Jene vollzieht sich in bestimmter Korrelation mit gleichfalls in Entwicklung begriffenen Geweben, diese erfolgt in einem degenerierten Organ, das in Zusammenhang

<sup>1)</sup> Bidder und Kupfer, Untersuch. über die Textur des Rückenmarks und die Entwicklung seiner Formelemente, Leipzig 1857.

<sup>2)</sup> His, Archiv f. Anatomie und Physiologie, Vol. 2, 1879.

<sup>3)</sup> Balfour, Journal of Anat. und Physiol., vol. 2, 1877.

<sup>4)</sup> Dohrn, Mitteilung. der zoologischen Station in Neapel, Bd. 10, 1891, Bd. 15, 1901.

<sup>5)</sup> Beard, Anatomischer Anzeiger, Bd. 7, 1892.

<sup>6)</sup> Schultze, Archiv für mikroskopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. 66, 1905.

steht mit Geweben, die durch längere Zeit trophisch in Abhängigkeit von der Funktion des unverletzten Nerven gestanden. Die erste Bildung von Nervenfasern geht unter allen Umständen von wenig differenzierten embryonalen Bildungszellen aus, während der Anstoß zur Regeneration von Zellen erfolgen soll, die ihre einfache embryonale Natur verloren und eine ungemein hohe Differenzierung erfahren haben. Ganz besonders ist schon rein morphologisch der Unterschied augenfällig zwischen einem embryonalen Neuroblasten und der strukturell so hoch organisierten Ganglienzelle des reifen Tieres. Dazu kommt noch, daß diese Ganglienzelle niemals irgendwelche Zeichen einer produktiven Tätigkeit, weder für ihre eigene Vermehrung, noch für den Wiederersatz zugrunde gegangener anderer Ganglienzellen, noch endlich für die Regeneration von Fasern des zentralen Nervensystems erkennen läßt. Ich halte gerade das letzte Moment für besonders wichtig, da das in dieser Beziehung vollkommen differente Verhalten der zentralen und peripheren Nervenfasern von vornherein den Gedanken nahelegt, daß es durch den differenten Bau beider bedingt ist. Selbstverständlich ist dabei in erster Reihe an das Vorhandensein Schwannscher Zellen im peripheren Nerven und das Fehlen derselben im zentralen zu denken. Dieser Gegensatz in Bau und Regenerationsfähigkeit bildet auch einen absolut stichhaltigen Einwand gegen alle Formen von Neurontheorie, gleichgültig, ob man auf dem Boden der alten Neuronlehre im Sinne des Kontaktes gleichartiger Nerveneinheiten steht oder für sich neue zu bilden versucht, indem man, von dem unaufhaltsamen Fortschritte der Erkenntnis gezwungen, von der alten Lehre zu retten versucht, was noch zu retten ist. Nun kann allerdings der gleiche Einwand, den ich gegen eine unbedingte Analogie zwischen Ganglienzelle und embryonalen Neuroblasten gemacht habe, auch gegen eine ähnliche Analogie zwischen embryonalen Zellketten und den Schwannschen Zellen erhoben werden, aber doch nicht in dem gleichen Maße. Während die Ganglienzelle durch keine morphologischen Zeichen die ihr zugewiesene Rolle als Erzeugerin neuer Nervenfasern vertritt, zeigen die zelligen Elemente des peripherischen Nerven eine ganz außerordentliche Vermehrungsfähigkeit an Masse und Zahl und entfalten bestimmt eine produktive Tätigkeit im Sinne von Gewebsneubildung.

Diese Tätigkeit der Schwannschen Zellen ist eigentlich niemals bestritten worden, fraglich war nur ihr Resultat entsprechend der Stellung der Autoren, die sich mit dem Studium dieser Frage befaßten.

Es handelte sich darum, zu entscheiden, führt diese Tätigkeit zur Bildung eines typischen, vollwertigen, markhaltigen Nerven, oder liefern sie ein vom nervösen Gewebe grundsätzlich verschiedenes Produkt.

Letztere Ansicht war dadurch gestützt, daß man lange Zeit die Schwannschen Zellen für akzessorische, mesodermale Gebilde hielt, die nur sekundär der Nervenfaser angelagert sind. Diese Anschauung ist jetzt fast allgemein aufgegeben worden, und immer mehr hat sich gerade in der letzten Zeit die Auffassung Bahn gebrochen, daß die Zellen der peripherischen Nerven (Schwannsche Zellen der Autoren) ektodermalen Ursprungs sind und der Ganglienanlage entstammen. Insbesondere hat Kohn<sup>1)</sup> die allmähliche Umgestaltung der Zellen der Ganglienanlage zu den langgestreckten Nervenfasern (Neurocyten) für die hintere Wurzel nachgewiesen und dadurch wahrscheinlich gemacht, daß die Nervenfasern überhaupt nervöse Elemente seien. Der endgültige Umschwung in den Anschauungen über die Natur der Schwannschen Zellen ist durch die nachgelassene Schrift Köllikers<sup>2)</sup> markiert, in der er sich mit aller Entschiedenheit von seiner früheren Ansicht lossagt und rückhaltlos für die ektodermale Natur dieser Zellen ausspricht.

Da nun die Schwannschen Zellen unbestritten nach der Durchschneidung des Nerven eine Tätigkeit im Sinne von Gewebsproduktion entfalten, und da sie nach der fast allgemein akzeptierten Ansicht von embryonalen Nervenzellen abstammen, so erschien es mir notwendig, mich aus eigener Anschauung davon zu überzeugen, was diese Zellen aus eigener Kraft zu leisten vermögen, und voraussetzungslos zu untersuchen, welcher Art das von ihnen gelieferte Gewebe sei.

Es ist ja von vornherein anzunehmen, daß es sich um ein eigenartiges, spezifisches Gewebe handelt, denn immer bleibt der degenerierte Stumpf als besonderes Gebilde deutlich erkennbar und ist von seiner Umgebung so leicht zu unterscheiden, daß der Chirurg

<sup>1)</sup> Kohn, Anatomischer Anzeiger, Ergänzungsheft, Bd. 27, 1905.

<sup>2)</sup> Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 82, 1905.

noch nach Jahren diesen peripheren Stumpf aufzufinden und mit dem Zentrum zu vereinigen vermag.

Meine Versuche, über die ich nachstehend berichten will, galten demnach zunächst der Analyse des Gewebes, das den dauernd von seinem Zentrum losgelösten peripheren Nervenstumpf aufbaut.

Ich habe zu diesem Zwecke an älteren Kaninchen den Ischiadicus durchschnitten und ein etwa 2 cm langes Stück dieses Nerven reseziert, wodurch, wie sich später zeigte, ausnahmslos der Zweck, eine spontane Wiedervereinigung zu verhindern, erreicht wurde. Unter Anwendung der entsprechenden Kautelen gelang es stets, einen aseptischen Wundverlauf zu erzielen.

Diese Tiere wurden in entsprechenden Zeitabständen von 1 bis 240 Tagen getötet, der Nerv unmittelbar nach der Tötung herausgenommen und Stücke sowohl aus dem peripherischen als aus dem zentralen Stumpfe, teils in  $\frac{1}{2}$ prozentiger Osmiumsäure, teils in Z e n k e r s c h e r Flüssigkeit, teils in 5prozentiger Kalium-Bichromat-Lösung fixiert. Von den so behandelten Stücken wurden entweder Zupfpräparate angefertigt, oder sie wurden in Paraffin eingebettet und in Schnittserien zerlegt. Von Färbemethoden kamen für die in Kalium-Bichromat und Zenker fixierten Stücken sowohl bei Schnitt- als auch bei Zupfpräparaten in Anwendung die Kernhämatoxylinfärbung, ferner Färbung mit Ammoniakkarmin, Cochenillealaun, mit Pikrofuchsin nach v a n G i e s o n und Anilinblau nach S t r o e b e. Außerdem wurden Zupfpräparate nach der M a r c h i methode hergestellt.

Schon am 2. Tage zeigen sich deutliche Veränderungen im peripherischen Teile des durchschnittenen Nerven. Im allgemeinen sind wohl noch die einzelnen Fasern in ihren ursprünglichen Dimensionen deutlich erhalten, und die Mehrzahl derselben zeigt nach der oben erwähnten Behandlung keine deutlichen Veränderungen, weder am Achsenzylinder, noch an der Markscheide. Dagegen finden sich an einer kleineren Zahl der nach M a r c h i behandelten Fasern vereinzelt kleine schwarze Tropfen an der Markscheide und manchmal eine perlschnurartige Verdickung einzelner Fasern mit diskontinuierlichem Zerfall des Achsenzylinders, der an einzelnen Stellen seines Verlaufes zerklüftet und nur als korkzieherartig gewundenes Fragment nachweisbar ist, im größten Teil seines Verlaufes aber wie normal aussieht. Bei einer übersichtlichen Betrachtung des ganzen Bildes gewinnt man den Eindruck einer geringen Vermehrung der übrigens in ihrer Form durchaus unveränderten Kerne der S c h w a n n s c h e i d e n.

Am 3. Tage sind die Veränderungen im peripherischen Stumpf allenthalben deutlicher und weiter vorgeschritten. Man sieht wohl noch markhaltige Fasern von normalem Aussehen, doch ist ihre Zahl beträchtlich geringer als am vorgehenden Tage. Vorwiegend sind es schwächere Fasern, die noch normal konfiguriert sind, während die Fasern größeren Kalibers alle mehr oder weniger schwere Formveränderungen zeigen. Sehr zahlreich finden sich jetzt Fasern in der beschriebenen, perlschnurartigen Form, die dadurch entsteht, daß sich, durch schmalere Verbindungsstücke zusammenhängend, kolbige Auftreibungen in ziemlich regelmäßigen Abständen im ganzen Verlaufe der Faser bilden. Außerdem sieht man recht zahlreich und deutlich amyeline Nervenfasern; anscheinend sind es dieselben, die im unverletzten Nerven immer nachweisbar sind, nur treten sie jetzt infolge der geschilderten Veränderungen der Markfasern deutlicher hervor als gewöhnlich. Ebenfalls deutlicher und häufiger tritt der diskontinuierliche Zerfall des Achsenzylinders in die Erscheinung. Man sieht in der Mitte der größten Zahl von Fasern häufig kurze leere Zwischenräume, dazwischen die korkzieherartig gewundenen Fragmente, manchmal auch nur blasse, schlecht färbbare, verdickte, vielfach schollig zerklüftete Zerfallsprodukte und dann wieder nach kurzen Zwischenräumen, in denen jede Spur von Achsenzylindern fehlt, Achsenzylinder von anscheinend normalem Aussehen. Die Markcheiden haben größtenteils ihren Kontur erhalten, doch zeigen sie vielfach in regelmäßigen Abständen gelagerte, mit Osmium (nach Marchi) schwarzgefärbte, kleine Kügelchen etwa in der Größe eines roten Blutkörperchens. Ganz besonders auffallend ist die Vermehrung der Schwannschen Kerne von sonst normaler elliptischer Form. Sehr häufig trifft man an den Rändern der Fasern zwei oder drei Kerne dicht aneinander gelagert. In dem die Fasern umgebenden Bindegewebe zeigen sich gelegentlich kleine, runde Lymphocyten in sehr geringer Zahl.

Auch am 4. Tage haben die Veränderungen im eben beschriebenen Sinne weitere Fortschritte gemacht. Nur gering ist die Zahl schwächerer Fasern von annähernd normalem Aussehen und weit überwiegend die Fasern mit kolbigen Auftreibungen und ganz außerordentlich vermehrten Kernen. Die blassen Auftreibungen sind reichlich von Detritus erfüllt, der an Marchi-Präparaten zum Teil mit Osmium schwarz gefärbt wird, häufig sieht man auch nach Achsenzylinderfärbungen in der Mitte der verdickten Faserpartien blasse korkzieherartige Gebilde von ganz gleicher Form, wie sie früher beschrieben wurde. Auffallend scharf erscheint die ganze Faser konturiert, so daß man den Eindruck einer beträchtlichen Verdickung der Schwannschen Scheiden gewinnt. In den schmäleren Verbindungsstücken hat der Achsenzylinderzerfall weitere Fortschritte gemacht, die einfach protoplasmatischen Zwischenräume sind zahlreicher und größer geworden, und dementsprechend die korkzieherartigen Achsenzylinderreste kürzer, aber auch noch mehr zerfallen als früher. Auch die Kerne haben noch bedeutend an Masse und Zahl zugenommen, gelegentlich sieht man recht deutlich Zerteilungsfiguren an ihnen, aber doch auffallend selten und ganz vereinzelt, trotz der enormen Vermehrung und trotzdem für ihren Nachweis geeignete Fixierungsmethoden in Anwendung gezogen wurden. Die Kerne

selbst liegen größtenteils parallel zur Längsrichtung der Faser, in ihrer Mitte oder meist am Rande und sind langgestreckt elliptisch, aber länger und breiter als normal. Nur an den aufgetriebenen Stellen liegen sie quer zur Faserrichtung, indem sie halbmondförmig die Pole der Auftreibungen umfassen.

Am 6. Tage sind normale Fasern nur in sehr geringer Zahl nachweisbar.

Das Bild des peripherischen Nerven zeigt jetzt größtenteils Fasern mit elliptischen, kolbenförmigen Anschwellungen, die mit Detritus angefüllt und deren Kerne quergestellt sind. Auffallend verdünnt sind aber stellenweise die Verbindungsstücke zwischen solchen breiten Kolben. Während früher gerade diese Verbindungsstücke, wenn auch verändert, so doch noch kenntlich die Form der früheren Nervenfasern erhalten hatten, bestehen sie jetzt größtenteils aus dünnen protoplasmatischen Bändern, welche in ihrem ganzen Verlaufe von längsgestellten Kernen besetzt sind.

Am 8. und 9. Tage zeigen sich viel weniger Achsenzylinderfragmente, häufig sind sie nur als kleine punktförmige Gebilde in der Mitte der Fasern nachzuweisen. Die Kerne der Fasern sind vielfach noch größer und ganz besonders im Breitendurchmesser verdickt; sie sind jetzt größtenteils in die Mitte der Faser gerückt und zeigen in ihrer Lage nicht mehr die frühere regelmäßige Anordnung, sondern sind, namentlich in den kolbigen Auftreibungen, vielfach quergestellt; überall dort, wo die Kerne freier liegen, sind sie entschieden voluminöser als an den Stellen, wo sie mehr regelmäßig in Reihen angeordnet und parallel zur Richtung der Faser gestellt sind. Mehrfach beobachtet man in diesem Stadium, entweder ganz isoliert oder als Verbindungsstück zwischen den blasig aufgetriebenen Stellen, einfache protoplasmatische Bänder, die in regelmäßiger Folge mit längsgestellten elliptischen Kernen dicht besetzt sind.

Am 11. Tage ist ungefähr der Höhepunkt der degenerativen Erscheinungen im peripheren Stumpf erreicht. An Marchi-Präparaten erscheinen die Fasern der ganzen Länge nach von größeren und kleineren schwarzen oder aschgrauen, konzentrisch geschichteten, meist kugeligen Massen erfüllt; ganz besonders deutlich treten durch die zahlreich eingelagerten schwarzen Schollen die Auftreibungen hervor. Achsenzylinder, die auch nur für kurze Strecken noch annähernd normales Aussehen zeigen, finden sich nur ganz vereinzelt, aber auch die veränderten Achsenzylinderfragmente sind selten deutlich, im großen und ganzen finden sich nur Fasern mit durchweg gegen die Norm verändertem Aussehen, aber der parallelfaserige, in gewissem Sinne regelmäßige Bau des ganzen Gebildes ist unverkennbar, und überall hebt sich das umgeformte Nervengewebe in Form und Farbe deutlich von dem umgebenden, übrigens anscheinend auch vermehrten wellenförmigen Bindegewebe ab. Zahlreicher noch als in den unmittelbar vorangehenden Stadien trifft man schmale, protoplasmatische Bänder mit elliptischen, in regelmäßigen, aber kurzen Abständen längsgestellten Kernen, die zum Teil noch jetzt eine ganz kontinuierliche Faser bilden oder Auftreibungen verbinden, in denen dann noch immer Massen von Degenerationsprodukten eingelagert sind. Die Kerne sind in diesen schmalen Fasern, die sonst keine weitere, deutliche Struktur erkennen lassen, so dicht angeordnet, daß sie höchstens um eine Kernlänge voneinander getrennt sind, und an einzelnen

Stellen, namentlich in der Nähe der verdickten Stellen, einander beinahe berühren. Die Kerne haben in den schmalen Fasern eine regelmäßig längliche, elliptische Form, und nur innerhalb der kolbigen Auftreibungen sind sie etwas unregelmäßiger geformt und liegen häufig, in Gruppen angeordnet, regellos durcheinander, aber auch hier zeigt sich schon wiederholt ihre Tendenz, sich längs, parallel zur Faserrichtung anzuordnen.

Am 18. Tage sind die als Zerfallerscheinungen zu deutenden Veränderungen in entschiedenster Abnahme begriffen. Namentlich an Marchi-Präparaten sieht man schon lange Strecken ganz frei von schwarzen Schollen; aber auch in den Auftreibungen, wo sich noch am deutlichsten Zeichen des Zerfalls nachweisen lassen, sind sie geringer als früher, man sieht auch da kaum mehr grobe Schollen, sondern überwiegend feine, staubförmige, schwarze Massen. Achsenzylinderfragmente sind auch in den Auftreibungen selbst weniger zahlreich und schmaler als früher. Im ganzen überwiegen jetzt die schmalen protoplasmatischen Bänder mit den längsgestellten elliptischen Kernen.

Am 39. Tage gewinnt man bei einem Gesamtüberblick noch mehr den Eindruck eines Gewebes, das sich vorwiegend aus den schmalen, protoplasmatischen kernreichen Fasern zusammensetzt; aber man trifft noch immer die beschriebenen Verdickungen, doch sind sie zum Teil jetzt schmaler und die in ihrer Mitte liegenden Kerne überwiegend längsgestellt, allerdings sind auch noch immer breitere, mehr blasige Auftreibungen deutlich mit regellos längs und quer gerichteten, gruppenweise angeordneten Kernen.

Am 50. Tage zeigt sich das Bild nahezu in der gleichen Weise, wie in dem eben beschriebenen Stadium, nur treten die Auftreibungen vielleicht noch etwas mehr an Zahl zurück, insbesondere die blasig gequollenen Stellen mit Detritus gefüllt und regellos gelagerten Kernen.

Sehr schön ergänzt und erläutert die Verhältnisse, die sich in der beschriebenen Weise entwickelt haben, ein Querschnitt, der durch den peripheren Stumpf am 60. Tage nach der Durchschneidung angelegt wurde. Hier ist schon beim ersten Blick deutlich, daß es sich um ein Gewebe handelt, das in seiner Anordnung einem Nerven vollkommen gleicht. Insbesondere sieht man überall ein Perineurium, das eigentliche, spezifische Gewebe in Bündeln angeordnet, die durch ausstrahlende Septa von faserigem Bindegewebe gegeneinander abgegrenzt sind. Die Bündel selbst erweisen sich zusammengesetzt aus Ringen verschiedener Größe, die Mehrzahl, deren Umfang ungefähr der Größe des Querschnittes einer dünneren Nervenfasers entspricht, lassen keine weitere Struktur erkennen. Sie stellen sich als kleine, oft kernhaltige Felderchen, als die Querschnitte der protoplasmatischen, dünnen, kernreichen Fasern dar.

Am 70. Tage wird das Gewebe fast nur von den dünnen protoplasmatischen Faserstreifen gebildet; die kolbigen Auftreibungen sind nicht nur seltener, sondern jetzt durchwegs zylindrisch langgestreckt mit nur längsgestellten Kernen und noch vielfach mit streifenartig angeordneten Massen gefüllt. Die Kerne der „Bandstreifen“ sind elliptisch, langgestreckt und schmal, und der ganze Streifen macht durchaus den Eindruck eines Zellsyncytiums. Im auffallenden Gegensatz zu früher sind die Kerne, trotz ihrer noch immer beträcht-

lichen Zahl, nicht mehr so dicht aneinander gelagert, was wohl dafür sprechen dürfte, daß die ganzen Stücke in die Länge gewachsen sind, ohne daß die Kerne sich entsprechend weiter vermehren. Auch in der Folgezeit tritt eine Änderung des Bildes nur noch insofern ein, als die mit Degenerationsprodukten gefüllten kolbigen Anschwellungen immer mehr abnehmen. Nach dem 100. Tage sind sie dann ganz verschwunden, und die Struktur des peripheren Stumpfes bleibt von da ab bis zum 240. Tage, dem letzten von mir untersuchten Stadium, unverändert gleich, immer nur einzig aus den parallel verlaufenden, kernreichen, schmalen, protoplasmatischen Fasern, die in Bündeln angeordnet verlaufen, zusammengesetzt.

Ein Längsschnitt von einem Stück des 100. Tages läßt diese Anordnung schon deutlich erkennen. Nur hie und da noch eine kolbige Auftreibung, sonst überall das gleichmäßige, faserige Gewebe, das überall deutlich von dem umgebenden Bindegewebe zu unterscheiden ist, durch die parallele Anordnung, die regelmäßigen, langgestreckten, längsgestellten Kerne, den geraden Verlauf und die Dicke der Fasern und endlich auch dadurch, daß sie ganz speziell an *van Gieson*-Präparaten viel heller gefärbt erscheinen, als das leuchtend rote Bindegewebe.

Die vorstehenden Befunde zeigen im großen und ganzen eine volle Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Forschungen und entsprechen ganz besonders den Beschreibungen der Degenerationsvorgänge im peripherischen Nervenstumpfe, die v. *Büchner*<sup>1)</sup> und neuerdings *Lapinsky*<sup>2)</sup> gegeben haben. Sie erbringen ferner die neuerliche Bestätigung, daß für das erwachsene Tier das *Waller*sche Gesetz in seiner allgemeinen Fassung gilt, daß nämlich in dem distalen Stumpf eines peripheren Nerven nach der Durchschneidung Degenerationserscheinungen eintreten und eine vollkommene Wiederherstellung dieses Nervenstückes zu einem vollwertigen markhaltigen Nerven nicht erfolgt, wenn eine Wiedervereinigung mit dem Zentrum dauernd verhindert ist. Aber damit sind m. E. die Gesichtspunkte, die sich aus dem Studium meiner Präparate ergeben, nicht erschöpft, vielmehr erscheinen sie mir geeignet, Aufschlüsse zur Klärung der von mir früher aufgeworfenen Frage zu geben, welcher Art das Gewebe ist, das den dauernd isolierten Nerven konstituiert, und wie die Vorgänge zu deuten sind, die zur Bildung dieses Gewebes führen. Die Frage geht im Sinne meiner einleitenden Ausführungen dahin, ob es sich um Regenerations- oder Degenerationsprozesse handelt.

<sup>1)</sup> v. *Büchner*, Zentralblatt für allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie, Bd. 12, 1901.

<sup>2)</sup> *Lapinsky*, a. a. O.

Unter Degeneration lassen sich allgemein pathologisch nur Prozesse verstehen, die unter Zerfallserscheinungen zu einer Nekrose des spezifischen Gewebes und dann häufig zum Schwund des spezifischen Gewebes führen und danach den Ersatz durch eine andere Gewebsart, in der Regel faseriges Bindegewebe, zur Folge haben, oder es handelt sich um regressive Veränderungen, deren Endresultat ebenfalls die Umwandlung in ein ganz andersartiges Gewebe, z. B. Fett, Amyloid usw., ist. Diese Kriterien der Degeneration treffen aber nur für Reaktion jener Nervelemente zu, die man übereinstimmend als Träger der eigentlich nervösen Funktionen auffaßt. Es zerfällt der Achsenzylinder und schwindet vollkommen, und ebenso verschwindet die Markscheide unter den bekannten, oft beschriebenen Degenerationserscheinungen. Dagegen bleiben die Kerne der sogenannten *Schwannschen* Zellen nicht nur erhalten, sondern sie zeigen unmittelbar nach der Nervendurchschneidung von allem Anfang an eine ganz bedeutende Zunahme an Masse und Zahl, ihr Protoplasma nimmt reichlich zu, und endlich bilden sie ein langgestrecktes Syncytium, das einen ganz charakteristischen, spezifischen Bau zeigt. Dabei kann man sich leicht überzeugen, daß die Tätigkeit kleiner Rundzellen niemals eine nennenswerte Rolle bei der Umgestaltung des Gewebes spielt, und schon dadurch stellt sich der ganze, beobachtete Prozeß im Sinne *Schiffs* als Allotrophie im Gegensatz zu der früher angenommenen Atrophie dar. Daß das von den *Schwannschen* Zellen gebildete Gewebe nicht als Bindegewebe aufgefaßt werden kann, dafür spricht zunächst schon der Umstand, daß eben diese Zellen, neueren embryologischen Forschungen zufolge, zweifellos der Ganglienanlage entstammen, daß sie, von Anfang an der Nervenfasern angelagert, direkt von jenen Nervenzellen stammen, die bei der ersten Entwicklung des Nerven eine wichtige Rolle spielen. Aber auch schon rein morphologisch unterscheidet es sich von Bindegewebe. Es besteht aus ziemlich breiten, protoplasmatischen Bändern mit regelmäßig in fast gleichen Abständen gelagerten, längsgestellten, elliptischen Kernen, ist in Bündeln angeordnet und auch durch seine Farbreaktion deutlich unterscheidbar. Es ist demnach das Gewebe, das beim erwachsenen Tiere den dauernd von seinem Zentrum losgelösten Nerven konstituiert, nach Bau, Anordnung und Farbreaktion von mesodermalem Binde-

gewebe unterschieden und genetisch als nervöses Gebilde aufzufassen. Ganz besonders aber wird dies deutlich durch einen Vergleich mit dem Bilde des embryonalen Nerven. (Siehe Fig. 8 Taf. V.) Beide Gewebe sind zusammengesetzt aus parallel gestellten, längsverlaufenden Fasern mit zahlreichen, ebenfalls längsgerichteten Kernen. Selbstverständlich bestehen trotz dieser typischen Übereinstimmung im einzelnen kleinere Abweichungen; die Fäserchen des embryonalen Nerven sind zarter, feiner als die protoplasmatischen „Bandfasern“ des dauernd isolierten, die Kerne sind dort, wie embryonale Kerne überhaupt, voluminöser und granuliert, hier mehr schmal elliptisch und homogen. Aber trotz dieser Abweichung ist die prinzipielle Übereinstimmung so groß, daß ich nicht anstehe, das nervöse Gewebe, das aus parallel und längsverlaufenden Fasern mit zahlreichen längsgestellten Kernen besteht, als die typische Form eines Nerven zu bezeichnen, der aus irgendwelcher Ursache seine spezifische Funktion nicht ausüben kann. In der Tat entwickelt sich der embryonale Nerv, sobald seine funktionelle Inanspruchnahme erfolgt, sehr rasch zum Bilde des vollwertigen, markhaltigen Nerven. Ähnlich ist z. B. der Opticus neugeborener Katzen noch marklos und wird erst nach Eröffnung der Lidspalte markhaltig. Diese „Markreifung“ kann durch künstliche, vorzeitige Öffnung der Lidspalte beschleunigt werden (Ambrohn und Held<sup>1</sup>). Ebenso sehen wir, daß der sogenannte degenerierte Nerv seine frühere Ausbildung wieder erhält, sobald ihm durch die Verbindung mit dem Zentrum die Möglichkeit einer Funktion geboten wird. Es besteht somit eine weitgehende Analogie in Funktion und Ausgestaltung zwischen embryonalen und isolierten Nerven, und diese Analogie eröffnet uns auch einen weiteren Einblick in die eigentliche Natur der Nervendegeneration und Regeneration. Sowie beim Nerven in der ersten Entwicklung sich die formbildenden Momente in Wachstumsreize und funktionelle Reize scheiden lassen, so vollzieht sich die Degeneration und Regeneration des reifen Nerven unter Einfluß des Ausfalls beziehungsweise des Wiedereintritts der funktionellen Inanspruchnahme einerseits und der Tätigkeit der Nervenfaserzellen andererseits. Diese bilden durch Vermehrung und Massenzunahme ein neues, spezifisches Gewebe, welches so

<sup>1</sup>) Ambrohn und Held, Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1896.

lange unfertig bleiben muß, als ihm die funktionellen, differenzierenden Reize zur Ausgestaltung fehlen.

Im Einklange mit den Anschauungen *Durante's*<sup>1)</sup> deute ich die Vorgänge so, daß, abgesehen von den durch das Trauma an der Verletzungsstelle selbst gesetzten Veränderungen, der Zerfall und Schwund der nervösen funktionierenden Strukturelemente Achsenzylinder und Markscheide eben durch den Ausfall der Funktion hervorgerufen werden. Gleichzeitig aber entfalten die peripherischen Nervenfaserzellen eine produktive Tätigkeit, sie vermehren sich, formen die zerfallenen Nervenbestandteile zu einem protoplasmatischen Gebilde um und bilden endlich ein syncytiales, faseriges, kernreiches Gewebe, das eine weitgehende Ähnlichkeit mit dem embryonalen Nerven besitzt. Mit dieser Tätigkeit der Nervenfaserzellen ist auch das Maximum dessen erreicht, was wir entsprechend unseren biologischen Anschauungen von der ihnen innewohnenden Regenerationskraft allein erwarten konnten. Angeregt durch den vom Ausfall der Funktion bedingten Zerfall können sie ohne jeden funktionellen Reiz ihre Tätigkeit eben nur bis zu einem Grade entfalten, der der einfachen Wachstumsenergie ihrer Mutterzellen im embryonalen Stadium entspricht. Aus eigener Kraft liefern sie ein Gewebe, das alle Bedingungen in sich trägt, sich nach erfolgter Verbindung mit dem Zentrum, nach funktioneller Inanspruchnahme zu einem typischen, markhaltigen Nerven weiter auszubilden.

Mit dieser Auffassung ist auch die Stellung zu den beiden herrschenden Anschauungen, sowohl zur Lehre von der Regeneration des Nerven durch neuerliches Auswachsen von Fortsätzen der Ganglienzelle, als auch zur autogenen Regeneration genau gegeben. Es kommt unter allen Umständen autonom auch ohne Einfluß der Ganglienzelle zu einer Regeneration, aber sie ist unvollständig und sie bedarf zur vollen Ausbildung der typischen Nervenform der funktionellen Inanspruchnahme. Das Nervenstück muß, um eine volle Ausbildung zu erlangen, wieder in seinen Funktionskreis eingeschaltet werden. Die Regeneration des peripherischen Nervenstumpfes zum typischen, vollwertigen, markhaltigen Nerven erfolgt nicht durch Einwachsen zellenloser Fortsätze der Ganglienzelle, sondern autonome Regeneration der *Schwann'schen*

<sup>1)</sup> *Durante*, a. a. O.

Zellen bildet das neue Gewebe, welchem erst nach der Verbindung mit dem Zentrum die funktionellen, ausgestaltenden Reize zukommen. Dadurch ergibt sich eine deutliche Übereinstimmung mit den Bildungsvorgängen, die auch in der ersten Entwicklung des Nerven sowie in der Entwicklung überhaupt als Wachstumsreize einerseits und funktionelle Reize andererseits angenommen werden dürfen. Von der autogenen Regeneration im Sinne B e t h e s unterscheidet sich die von mir beschriebene Regeneration dadurch, daß es im dauernd isolierten Nerven niemals zur Bildung markhaltiger Nervenfasern kam. Dieser Unterschied ist wohl dadurch bedingt, daß meine Versuche an erwachsenen Tieren, die B e t h e s und seiner Anhänger an ganz jungen Tieren angestellt wurden. Es ist immerhin die Annahme berechtigt, daß die selbständige Regenerationsfähigkeit eines Nerven, dessen funktionelle Leistungen bisher nur gering waren, höheren Grad besitzt und daß demnach die Wiederherstellung bei jüngeren Tieren weiter geht als bei älteren. Aber dieser Unterschied ist nur ein gradueller. Übrigens bleibt auch der nach vollständiger autogener Regeneration neugebildete Nerv nicht dauernd erhalten, wenn es nicht zur Verbindung mit dem Zentrum kommt.

Es ist im gegenwärtigen Augenblicke, wo der Kampf auf beiden Seiten mit großer Erbitterung geführt wird, nicht leicht, ruhig und leidenschaftslos in den Fragen Stellung zu nehmen. Es darf nicht vergessen werden, daß der Neurontheorie, obwohl sie sich von verschiedenen Standpunkten als unhaltbar erwiesen hat, doch ein großer Wert als Hypothese zukommt und daß insbesondere die morphologischen Arbeiten, die zu ihrer Aufstellung geführt haben, wertvolle und bleibende Befunde gefördert haben; ihnen verdanken wir z. B. die Kenntnis einer bisher ungeahnten Verzweigung der Ganglienzelle, die Bildung von Kollateralen und die Beschreibung der Golgi-Zellen vom Typus II. Aber andererseits glaube ich, daß erst durch B e t h e s Arbeiten unsere Anschauungen über das Wesen der Nervenregeneration der nötigen kritischen Prüfung unterworfen wurden. Mag er im einzelnen auch in einigen Deutungen seiner Versuche das Ziel überschossen haben, und mögen auch einige Experimente, die er zur Stütze seiner Anschauungen angestellt, nicht absolut eindeutig sein, so dürfte doch die Grundlage seiner Anschauungen auf die Dauer keinem ernsteren Widerstand begeg-

nen. Die Regeneration des verletzten peripherischen Nerven erfolgt nicht durch neues Auswachsen von Fortsätzen der Ganglienzelle, sondern ist eine Folge der produktiven Tätigkeit der Zellen des peripherischen Nerven. Diese Anschauung allein steht im Einklang mit der biologischen Auffassung, die sich aus dem Studium der Regenerationsvorgänge an anderen Organen und Geweben ergibt, und wird durch die Ergebnisse der neueren embryologischen Forschung gestützt, die die ektodermale Natur der peripherischen Nervenfasern einwandfrei nachgewiesen haben.

Fasse ich das Wesentliche meiner Ausführungen kurz zusammen, so will ich sagen:

1. Nach der Durchschneidung eines peripherischen Nerven treten im distalen Stumpf markante Degenerationserscheinungen ein, Achsenzylinder und Markscheide schwinden vollkommen.

2. Die Schwannschen Zellen bilden durch Vermehrung und Massenzunahme ein neues, spezifisches Fasergewebe.

3. In diesem unfertigen Zustande verharrt der Nerv, wenn er dauernd vom Zentrum abgetrennt bleibt.

4. Er differenziert sich zum vollwertigen, mit Achsenzylinder und Markscheide ausgestatteten Nerven, wenn die Verbindung mit dem Zentrum wiederhergestellt wird.

5. Autogene Regeneration, d. h. die Bildung vollwertiger Nerven, findet im dauernd abgetrennten Nervenstumpf bei erwachsenen Tieren nicht statt.

6. Jede Nervenregeneration ist ein autonomer Wachstumsvorgang, insofern die anatomische Grundlage des Nerven von den Schwannschen Zellen aufgebaut wird.

#### Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV u. V.

Vergrößerung: Objekt. Apochr. 3 mm, Okul. 4 Komp. Reichert.

Präparate in Zenker fixiert und mit Hämatoxylin gefärbt.

Fig. 1. Zupfpräparate aus dem peripherischen Stumpf eines Ischiadicus eines erwachsenen Kaninchens, sechs Tage nach der Durchschneidung. Bedeutende Kernvermehrung, die Kerne regellos gelagert. An den verbreiterten Stellen gelegentlich korkzieherartig gewundene Achsenzylinderfragmente.

Fig. 2. Zupfpräparate wie in Fig. 1, 39 Tage nach der Durchschneidung. Häufig mehrere Kerne nebeneinander gelagert; an den Polen der Auftreibungen quer zur Faserrichtung gestellt.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

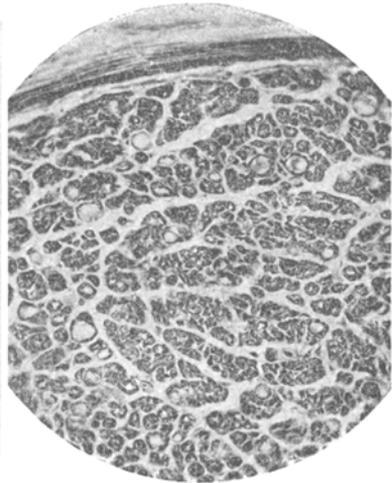


Fig. 4.



Fig. 5.

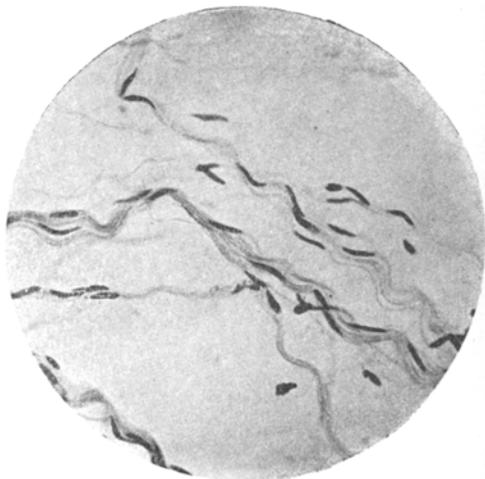


Fig. 6.

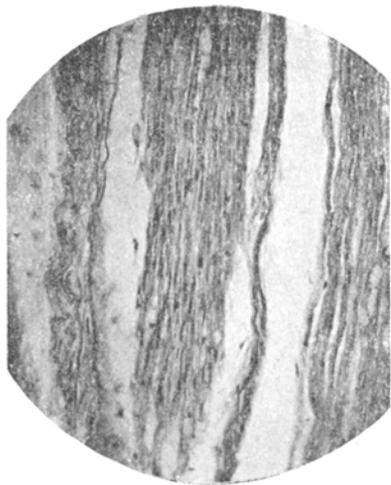


Fig. 7.

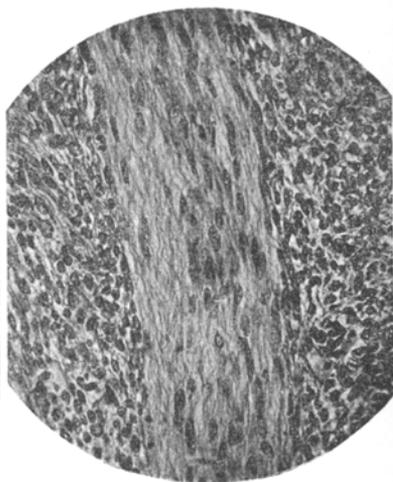


Fig. 8.

- Fig. 3. Zupfpräparate wie in Fig. 1, 39 Tage nach der Durchschneidung. Deutlich isolierte Bandfasern mit elliptischen, längsgestellten Kernen.
- Fig. 4. Querschnitt durch den peripherischen Stumpf eines Ischiadicus, 60 Tage nach der Durchschneidung. Einbettung in Paraffin, Schnittdicke 5  $\mu$ . Typische Anordnung eines Nerven, die breiteren Ringe entsprechen den Querschnitten kolbiger Auftreibungen, die aus schmäleren Ringen zusammengesetzten Felder den Querschnitten der Bandfasern.
- Fig. 5. Zupfpräparat wie in Fig. 1, 70 Tage nach der Durchschneidung. Bandfasern und Fasern, die kolbige Auftreibungen zeigen, die durch schmalere Verbindungsstücke von gleichem Bau wie Bandfasern zusammenhängen.
- Fig. 6. Zupfpräparat wie in Fig. 1, 90 Tage nach der Durchschneidung. Das gezupfte Gewebe an dieser Stelle nur aus Bandfasern zusammengesetzt.
- Fig. 7. Längsschnitt, gleiche Behandlung wie in Fig. 4, 100 Tage nach der Durchschneidung. Das Gewebe ist zusammengesetzt aus längsverlaufenden, parallelen, protoplasmatischen Fasern mit elliptischen, längs zur Faserrichtung gestellten Kernen. Hie und da im Gesichtsfeld vereinzelte kolbige Auftreibungen.
- Fig. 8. Längsschnitt durch einen Nervenstamm eines Kaninchenembryo von 23 d. Fixierung in Zenker, Färbung mit Kochenille-Alaun. Elliptische, längsgestellte Kerne von embryonalem Typus, die aus den dem peripherischen Nerven anliegenden Nervenzellen (Neurocyten) hervorgegangen sind und die Vorläufer der bleibenden Schwannschen Kerne darstellen. Zwischen den Kernen ein dichtes, feinfaseriges Gewebe, das sich deutlich von der Umgebung abhebt.

---

## VIII.

### Morphologische Veränderungen in der Milz nach der Infektion bei passiv immunisierten Tieren.

Von

Prof. Dr. A. J a r o t z k y, Jurieff (Dorpat).

---

Unsere Aufgabe bestand darin, zu ermitteln, wie die Milz eines Tieres nach der Injektion des spezifischen Serums auf die Infektion mit entsprechenden Mikroben reagiert. Parallel mußten wir zum Vergleiche das Bild heranziehen, das die Milz bei mit denselben Mikroben infizierten Tieren darstellt, welche jedoch kein Serum erhielten.

Es ist ganz klar, daß für diejenigen Zwecke, die wir verfolgten, nicht jede Mikrobe, sowie nicht jede Art der Infektion brauchbar