

https://www.biodiversitylibrary.org/

Archiv für mikroskopische Anatomie
Berlin, J. Springer [etc.],
https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/13307

bd. 19 (1881): https://www.biodiversitylibrary.org/item/49004

Article/Chapter Title: Untersuchungen über Nervenfasern
Author(s): Pertik Otto
Subject(s): szövettan
Page(s): Page 183, Page 184, Page 185, Page 186, Page 187, Page 188, Page 189, Page 190, Page 191, Page 192, Page 193, Page 194, Page 195, Page 196, Page 197, Page 198, Page 199, Page 200, Page 201, Page 202, Page 203, Page 204, Page 205, Page 206, Page 207, Page 208, Page 209, Page 210, Page 211, Page 212, Page 213, Page 214, Page 215, Page 216, Page 217, Page 218, Page 219, Page 220, Page 221, Page 222, Page 223, Page 224, Page 225, Page 226, Page 227, Page 228, Page 229, Page 230, Page 231, Page 232, Page 233, Page 234, Page 235, Page 236, Page 237, Page 238, Page 239

Holding Institution: MBLWHOI Library
Sponsored by: MBLWHOI Library

Generated 12 November 2026 10:48 AM
https://www.biodiversitylibrary.org/pdf4/1979866i00049004.pdf

This page intentionally left blank.

Untersuchungen über Nervenfasern.

Von

Dr. **Otto Pertik,**

Assistenten am anatomischen Institute zu Strassburg.

Hierzu Tafel X.

I.

Myelin und Nervenmark.

Im Nachfolgenden sollen die Resultate der Studien über den Bau und die Eigenschaften der peripheren und centralen Nervenfasern mitgetheilt werden, welche ich im vergangenen Jahre im Institute des Herrn Professors Waldeyer angestellt habe. Bei dem Umfange, welchen die Darstellung, sollte sie alle schwebenden Fragen berücksichtigen, gewinnen musste, scheint es zweckmässig, namentlich mit Rücksicht auf die Publication in einer Zeitschrift, das Manuscript in einzelnen Capiteln zu veröffentlichen. Es soll zuerst das Nervenmark und die Markscheide, dann der Axencylinder besprochen und daran ein Abschnitt über die Degenerationsvorgänge der letzteren angeschlossen werden.

Bekanntlich muss das Nervenmark, trotz der regen Thätigkeit, welche sich auf dem Gebiete der Histologie der markhaltigen Nervenfasern in letzter Zeit kund gibt, noch immer als ein schwer verständlicher Bestandtheil derselben bezeichnet werden. Die Entdeckung Lanterman's, welche zum Ausgangspunkte einer grösseren Zahl neuerer Untersuchungen diente, konnte nämlich als rein anatomische Thatsache zur Klärung der Meinungsverschiedenheiten kaum etwas beitragen, welche über die Eigenschaften und das verschiedene Verhalten des Nervenmarks seit Henle fortbestehen. Ein kurzes Resumé mag an die noch schwebenden Controverspunkte erinnern.

Nach der globulären Theorie, deren Anhänger auch Bichat gewesen, stellte, wie bekannt, Henle die Lehre der Markge-

rinnung auf, welche er zuerst in seiner allgemeinen Anatomie (1841) und ausführlich in den Canstatt-Eisenmann'schen Berichten (1844) zu begründen suchte und die ihren Hauptzügen nach übrigens schon bei Leeuwenhoek[1]) sich vorfindet. Die markhaltige Nervenfaser ist nach Henle's Lehre im lebenden Zustande ein ganz homogenes, glasstabartig durchsichtiges, einfach contourirtes Gebilde, dessen flüssiges Mark nach dem Tode oder nach Entfernung aus dem lebenden Organismus unmittelbar gerinnt. Die Gerinnung schreite von der Peripherie nach dem Centrum vor und soll unvollständig oder vollständig sein können. Im ersten Falle bewirke die geronnene peripherische Schicht den doppelten, dunkeln Contour; der minder lichtbrechende Centralstreifen entspreche hingegen dem noch nicht geronnenen Marke. Der Process, welcher desto schneller gegen die Axe vordringe, je kälter und an Albuminaten ärmer die Zusatzflüssigkeit ist, erstrecke sich endlich auf die ganze Dicke der Faser (l. c. pg. 623).

Des Vorzuges wegen, dass diese Lehre die postmortalen und durch Reagentien bewirkten, morphologischen Veränderungen des Nervenmarkes einheitlich erklärte, wurde sie, trotz mancher Bedenken, die gleich Anfangs von Hannover, Bidder, Mulder und Stilling[2]) erhoben wurden, später allgemein als richtig befunden und in jedes Lehrbuch aufgenommen. So die letzten Ausgaben Frey's, Kölliker's, Krause's, auch Schwalbe's Neurologie (1880 pag. 292).

Von neueren Autoren ist es hauptsächlich Kuhnt[3]), welcher sie auf Grund eigener Untersuchungen vollkommen bestätigt. Auch Ravitz[4]) fand, dass die mit dem Holmgren'schen Apparate untersuchten Lungennerven des lebenden Frosches unter seinen Augen ihr glasstabartiges Aussehen verloren und die doppelten Contouren sich ausbildeten, sobald er das Thier tödtete. Ueber die Ursache dieser Erscheinung gibt er jedoch keine genaueren Aufschlüsse.

---

1) Anatomia seu etc. etc. ab Antonio Leeuwenhoek Lugduni Batav. 1687. 4. pg. 38, 39.

2) S. die betreffenden Citate bei Stilling: „Neue Untersuch. über den Bau des Rückenmarks". Cassel 1859, pg. 751—754.

3) „Die peripherische markhaltige Nervenfaser", Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII, pg. 450.

4) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1879, pg. 60—61.

Ranvier[1]) hingegen sah die Froschlungennerven bei gleicher Untersuchungsmethode vom Anfange der Beobachtung an stets doppelt contourirt und verwirft desshalb die Lehre der Markgerinnung. Er gibt aber keine Erklärung der postmortalen und der durch Reagentien auftretenden Markveränderungen, welche doch die Gerinnungslehre bis heute rechtfertigten; daraus mag wohl erklärt werden, dass seine Einwendungen gegen dieselbe ziemlich unberücksichtigt blieben (S. l. c. der Schwalbe'schen Neurologie etc.).

An die Frage nach der Markgerinnung schliesst sich diejenige des Markstromes an, welchen als specifische Wirkung des Wassers auf Nervenmark eingehender zuerst Boll[2]) und Ranvier[3]) — ohne die eigentliche Ursache desselben anzugeben — beschrieben; dann Rumpf[4]) denselben in 0,1 % Kalilauge, Essigsäure und Moleschott'scher Flüssigkeit noch intensiver werden sah, während Hesse[5]) nachwies, dass ausser gewissen Wärmegraden und den Alkalien derselbe auch bei einer ganzen Reihe von Salzen und Säuren gewisser Concentration auftrete und gegen Rumpf betonte, dass die Erscheinung ausschliesslich aus dem Quellen des Axencylinders unerklärlich und in das Mark selbst zu verlegen sei.

Die feinere Struktur des Nervenmarkes betreffend, soweit sie mit diesem Abschnitte unserer Untersuchungen in Verbindung steht, sei hier nur an die Stilling'sche Lehre[6]) der Elementarröhrchen von $^1/_{1500}$—$^1/_{3000}$‴ Durchmesser erinnert, deren Caliber wie Interstitien mit einer ölartigen Flüssigkeit (eigentliches Mark) gefüllt wären. Diese Lehre, später ziemlich vergessen, wurde in letzter Zeit bekanntlich durch die Untersuchungen von Ewald und Kühne[7]) zum Theil erneuert, welche die Balken ihrer Hornscheiden den Stilling'schen Elementarröhrchen annähernd gleichstellten, während Lanterman[8]) auf Grund gelungener Osmiumbilder, Mc.

1) „Leçons sur l'histologie du système nerveux". Tome I, pg. 98—101.

2) Archiv für Anatomie und Entwicklungsgesch. 1877, pg. 297.

3) l. c. pg. 33—34.

4) „Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders". Unters. des phys. Instituts der Universität Heidelberg. Bd. II, Heft 2, pg. 150—158.

5) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1879, pg. 341.

6) l. c. pag. 736—751 und „Ueber d. Bau d. Nerv. prim. Faser u. d. Nerv.-Zellen. Frankfurt a. M. 1856, pg. 9.

7) „Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems". Verhandlungen des naturhist.-medicin. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge Bd. I, Heft 5.

8) Dieses Archiv Bd. XIII, pg. 1.

Carthy[1]) nach Präparaten, welche mit einfach chromsaurem Ammoniak behandelt waren, für eine stäbchenförmige, H. D. Schmidt[2]) für eine unter der Schwann'schen Scheide befindliche fibrilläre Markschicht sich entschieden.

Eigenthümlicherweise hat das unzweifelhaft beste Reagens für markhaltige Nervenfasern, die Osmiumsäure, zur Klärung der Frage nichts beigetragen; vielmehr ist die Mannigfaltigkeit der mit diesem Reagens darstellbaren Bilder unerklärt geblieben und hat selbst in allerletzter Zeit zu manchen Irrthümern geführt (z. B. Golgi's und Rezzonico's Arbeiten [1880] a. a. O.).

Die Fragen, welche sich heute an das Nervenmark resp. die Markscheide bezüglich ihrer allgemeinen Eigenschaften und ihres Verhaltens gegen gewisse Reagentien knüpfen, möchten hauptsächlich folgende sein:

In wie weit ist die Lehre von der Markgerinnung berechtigt? Was ist das Wesen der Zersetzungsbilder, Strömungserscheinungen und postmortalen Phänomene? Wie steht es mit der Erklärung der Osmiumbilder? Endlich, gibt es, und wenn ja, welchen Zusammenhang zwischen den besagten Erscheinungen?

Sind schon diese Fragen bis jetzt nicht oder nur ungenügend beantwortet worden, so musste doch letzterer Punkt besonders berücksichtigt werden, da eben eine einheitliche Erklärung der besagten Erscheinungen noch immer mangelt und wurde auch die Frage über einen etwaigen Zusammenhang scheinbar so heterogener Erscheinungen, wie sie die Osmiumbilder, Gerinnungsphänomene, Markstrom und Zersetzungsbilder darstellen, überhaupt nicht aufgeworfen.

Im Laufe unserer Studien drängte sich nun die Ueberzeugung auf, dass die Untersuchung des Nervenmarkes an und für sich auf den richtigen Weg zu einer Erklärung dieser Dinge nicht führen könne, dass es vielmehr unentbehrlich sei, zunächst über die Frage ins Reine zu kommen, welche Erscheinungen das sogenannte Virchow'sche Myelin bei Behandlungen, wie wir sie für die Nervenfasern anwenden, zeige und welche die Aehnlichkeiten bezw. Un-

---

1) „Some remarks on spinalganglia and nerve-fibres". Quaterly Journal of microscopical science 1875, pg. 380.

2) „On the construction of the dark or doublebordered nerve fibre". Monthly Microscopical Journal May 1874, pg. 200.

terschiede zwischen dem Virchow'schen Myelin und dem Nervenmarke seien. — Diese Fragen wurden in der Histologie, wo über Mark- oder Myelinscheide ohne Berücksichtigung jener Fortschritte discoutirt wurde, welche die Angelegenheit hauptsächlich auf chemisch-physikalischem Gebiete aufzuweisen hat, übersehen. Es musste hiermit die sog. Myelinfrage im Allgemeinen in den Bereich unserer Studien gezogen werden.

Bekanntlich fand Virchow[1]) im Jahre 1854 im abgeschabten Safte der Schnittflächen phthisischer Lungen und an andern Objecten einen durch charakteristische mikroskopische Formen ausgezeichneten Körper, den er dann durch Alkoholextraction auch aus der Milz, Schilddrüse, Eiter, Eidotter etc. darstellte und mit Meckel's[2]) „Speckstoff" und dem Nervenmarke gemeinschaftlich Myelin benannte. — Die neue Benennung wurde nach Virchow nothwendig, weil diese Substanz im Inneren der Gewebe auch frei vorkommt und weder mit der Cerebrinsäure oder Oleophosphorsäure Frémy's noch mit dem Lecithin und Cerebrin Gobley's und überhaupt mit dem phosphorhaltigen sog. Gehirnfette zu identificiren war. So wurde das Myelin als ein durch eigenthümliche mikroskopische Formen ausgezeichneter chemischer Körper hingestellt, obschon Virchow betonte, dass es wahrscheinlich ebensowenig ein einfacher Körper sei, wie etwa Fibrin oder Syntonin.

Virchow's Entdeckung regte nach zwei Richtungen hin zu neuen Untersuchungen an. Einmal vermehrten sich die Fundorte des Myelins und zweitens beschäftigte man sich auf chemischem Gebiete eingehend mit der Frage, in wie weit die chemische Individualität des Myelins berechtigt sei, oder, wenn es ein zusammengesetzter Körper wäre, was seine wesentlichen Substrate seien?

Nach Mettenheimer[3]), der es in Linsen normaler und kranker Augen fand, wies es Benecke[4]) auch in Alkoholätherextracten von Pflanzentheilen nach, und da er dabei das Cholesterin nie vermisste, betrachtete er letzteres als das wesentliche Substrat des Myelins.

---

1) Sein Archiv Bd. VI.

2) Annalen der Charité, Bd. 4, pg. 269.

3) Correspondenzblatt des Vereins f. gemeinsch. Arb. Nr. 31, pg. 467.

4) „Studien über d. Vorkommen v. Gallenbestandtheilen". Giessen 1862.

Benecke's Satz: „Ohne Cholesterin kein Myelin“ wurde aber durch die Arbeiten Liebreich's[1]) alsbald erschüttert, der nicht nur Cholesterin-, sondern auch phosphorfreie Myelinformen darstellte, aber zwischen diesen und seinem Protagon noch immer einen Zusammenhang vermuthete.

Die neuesten Arbeiten Benecke's[2]) und hauptsächlich Neubauer's[3]) entschieden endgiltig die Frage. Ersterem gelang es aus Cholesterin und Seifenwasser, letzterem mittelst Ammoniak sowohl aus Oel- als Caprin- und Caprylsäure die für das Myelin charakteristischen, mikroskopischen Formen zu gewinnen. — Das Myelin wurde hiermit aus der Reihe der chemischen Körper gestrichen und in die Klasse der physikalischen Erscheinungen eingereiht.

Von diesen Gesichtspunkten aus wiederholten wir nun zuerst die Versuche Virchow's und setzten sie dann sowohl am Nervenmarke als auch an Virchow'schen Extracten in systematischer Parallele weiter fort. Es werden also im Folgenden behandelt werden:

A) Orientirungsversuche über das Virchow'sche Myelin.

B) Parallelversuche über das Verhalten, einerseits des Virchow'schen Myelins, andererseits des Nervenmarkes, zu:
1. Wasser,
2. Säuren,
3. Alkalien,
4. Salzen.

C) Einzel-Besprechungen und Schlussfolgerungen und zwar:
a) Charakter der Myelinformationen des Nervenmarkes,
b) Intensität der Entwickelung von Myelinformationen (Zersetzungsbilder, Markstrom),
c) Postmortale Veränderungen und Markgerinnung.

Ferner aus noch zu erwähnenden Gründen als hierher gehörend:

D) Die Osmiumbilder, und

E) Das Horngerüst der Markscheide.

---

1) „Ueber chem. Beschaff. d. Gehirnsubstanz“. Annalen d. Chemie und Pharmacie Bd. 134, pg. 29, und „Ueber Entstehung der Myelinform“. Fresenius Zeitschrift f. analyt. Chemie. Bd. 4, pg. 173.

2) Archiv des Vereins f. wissensch. Heilkunde von Vogel u. Benecke II. Bd. pg. 379.

3) Ueber d. Myelin. Zeitschr. f. anal. Chemie, Bd. 6, pg. 189.

A) Orientirungsversuche.

Es dienten dazu die Virchow'schen Extracte (Virchow's Myelin). Man stellt sie am einfachsten dar, indem man das von Bindegewebe befreite und fein zerkleinerte Parenchym eines Organes mit Wasser gut zerreibt, darin 24—36 Stunden macerirt, dann filtrirt, den Rückstand mit Alkohol über dem Wasserbade auskocht, im heissen Zustande nochmals filtrirt und das Filtrat bis zur Syrupconsistenz eindickt[1]).

Einfacher ist das Verfahren mit Eidotter; nach Zerreiben mit starkem Alkohol wird das goldgelbe Filtrat eingedickt. Man bekommt dann eine gelbe, zähe Flüssigkeit, die sich am Gefässe als schmierige Masse in Ringen absetzt, an ihrer Oberfläche aber ein perlmutterglänzendes Häutchen abscheidet. — Am meisten muss zu unsern Versuchen eben das von Gewebsresten nicht verunreinigte Extract des Eidotters empfohlen werden.

Das künstlich dargestellte Myelin wurde untersucht: 1) ohne Reagens, 2) durch directe Beobachtung der im Momente des Einwirkens verschiedener Reagentien am Rande einer kleinen Extractscheibe auftretenden Erscheinungen, 3) durch Beobachtung der dauernderen Einwirkung, wozu man das Deckgläschen an seinen Ecken mit Paraffin (besser Graveurlack) fixirt und daran behufs weiterer Orientirung mit Tintenpunkten die Peripherie der Scheibe bezeichnet und das Präparat dann in feuchter Kammer aufbewahrt, 4) Bei directem Zusammenreiben des Untersuchungsmaterials mit den Reagentien, 5) bei Einwirkung anderer Reagentien auf die bereits mit Wasser (nach 2)) behandelte Extractscheibe.

Es lässt sich nun an dem Virchow'schen Myelin Folgendes beobachten:

1. Der bei der Bereitung an der Abdampfungsschale sich absetzende, halb eingetrocknete Theil des Extractes besteht aus einer von Wellenlinien durchsetzten, gelben Grundsubstanz, in der sich feine Körnchen, auch homogene, mehr opake Körperchen vorfinden; er enthält aber keine charakteristischen Myelinformen.

2. Das perlmutterglänzende Häutchen besitzt schon solche,

---

1) Nebenbei sei es erwähnt, dass aus dem menschlichen Hoden und der Nebenniere, aus denen Virchow es nicht darstellte, gleichgutes Material gewonnen wurde.

die aber die ungewöhnliche Grösse und Gedunsenheit der Formen des heiss untersuchten, noch zähen Extractes nicht erreichen.

3. Wird letzteres durch längeres Stehen an der Luft zu schmieriger, festweicher Consistenz eingetrocknet, so verschwinden daraus die Myelinformationen.

4. Zieht man ein aus dem festweichen Extract ohne Reagens angefertigtes Präparat ein bis zweimal über eine kleine Alcoholflamme vorsichtig hinweg, so quillt die Masse augenscheinlich. Es scheiden sich punkt- oder stecknadelkopfgrosse Bläschen aus, an deren Peripherie mehr parallele, in ihrer Ebene aber zu sehr mannigfachen Maschen angeordnete fadenförmige Myelinformationen sich vorfinden.

5. Behandelt man das von Myelinformen freie, halb eingedickte Material (Eidotterextract) — nach 2) — mit Wasser, so bilden sich im Momente der Berührung an der ganzen Peripherie der Extractscheibe kleine, gelbliche Beulen, die mit messbarer Geschwindigkeit und wurmartiger Bewegung zu homogenen oder mit einer different lichtbrechenden Axe versehenen keulen- oder schlauchförmigen Gebilden heranwachsen. An ihrer Peripherie spalten sie sich alsbald in concentrische, mantelartig das Centrum umhüllende, lamellöse Schichten, die im optischen Längsschnitt das Bild feiner Fibrillen darstellen. Da an ihrer in der Extractscheibe wurzelnden Basis ein stetiges Nachwachsen statt hat, so häufen sich die nachrückenden Partien am Ende der Keulen in der Weise an, dass am Ende der 2.—3. Stunde sich ganz regelmässig Formen vorfinden, welche an einem Stiel einen aus zusammengeschlungenen Schläuchen gebildeten Kolben tragen. — Der auf diese Weise sich an der ganzen Peripherie der Extractscheibe entwickelnde Myelinkranz manifestirt sich schon dem blossen Auge durch seine radiale Strichelung und eigenthümliche Blässe.

6. Modificirt man diesen Versuch derartig, dass man einen Tropfen des mit wenig Wasser zu kleisterartiger Consistenz zerriebenen Extractes unter dem Deckgläschen eintrocknet, so entstehen durch Wasserzusatz an der gesammten Peripherie abermals die beschriebenen Formationen.

Aus diesen Beobachtungen ist es erklärlich, wesshalb Virchow in dem der weiteren Eindickung unterworfenen, heissen Extracte die Myelinformen nie vermisste und in denselben eine wesentliche

Eigenschaft seines Myelins erblickte. Das Extract enthält sie eben in desto grösserer Zahl und Form, je feuchter und zugleich heisser es ist.

Die in Rede stehenden Extracte — das Virchow'sche Myelin — sind hiemit solche Substanzen, welche die Fähigkeit besitzen auf gewisse Einwirkungen diese eigenthümlichen Formen anzunehmen.

Es wäre räthlich diese Eigenschaft gewisser Körper als „myelinogene" zu bezeichnen und für jene Formen den Namen „Myelin" „Myelinformen" oder „Myelinformationen" beizubehalten.

Morphologisch genommen ist der Uebergang myelinogener Substanzen in Myelinformen durch ein ungleichmässiges Quellen, welches die verschiedensten Formen bewirkt und mit einer gewissen Bewegung einhergeht, dann durch Lichtbrechungsmodification und im weiteren Verlauf durch Aufspaltung in feine mehr oder weniger concentrische Schichten charakterisirt.

Setzt man nun die myelinogenen Substanzen und das Nervenmark gleichen Einwirkungen aus, so können die Veränderungen ersterer zur Beurtheilung der am letzteren auftretenden als Kriterium benutzt werden: — denn wenn Rumpf (l. c.) von geronnenen, erstarrten Markschollen, Ranvier von Fäden des Nervenmarkes spricht, deren Natur betreffend er auf weitere Untersuchungen hinweist, Boll das Nervenmark protoplasmatischen Elementen annähernd gleichstellt u. s. w., so scheint der subjective Standpunkt auch neuester Autoren und die Nothwendigkeit eines objectiven Kriteriums genügend erwiesen.

Dieser Anforderung sollen nun entsprechen unsere

B. Parallelversuche.

1. Wasserwirkung.

Lässt man Wasser bei fixirtem Deckgläschen in der feuchten Kammer auf eine dünne Scheibe der myelinogenen Extracte längere Zeit einwirken, so nimmt zuerst der früher beschriebene periphere Myelinkranz an Breite zu, indem die einzelnen Formen zu langgestielten Kolben heranwachsen. Der Stiel der letzteren zeigt ziemlich dicht stehende, aus feinen Fäden gebildete Anschwellungen,

die, wenn einzelne ihrer Fäden zerreissen, an aufgefaserte Spitzen der Lanterman'schen Glieder erinnern. — An den Kolben geht ein weiteres Schwellen mit Aufspaltung in concentrische Blätter an der Peripherie Hand in Hand, wobei die im optischen Längsschnitt den letzteren entsprechenden feinen Fäden Anfangs den eigenthümlichen Myelinglanz besitzen und regelmässige, convexe Linien beschreiben.

Nach 24 Stunden zeigt das Präparat schon makroskopisch drei Schichten. Die äussere bildet eine nur bei schiefer Beleuchtung gut sichtbare verschwommene Wolke; die mittlere ist der radial gestreifte Myelinkranz; die innere der centrale Rest der Extractscheibe.

Mikroskopisch enthält auch letztere stark gequollene, homogene Myelinformationen, welche gegen die Peripherie in schmälere bandartige Gebilde übergehen. — Der Myelinkranz zeigt aber ein Bild, wie es Fig. 1 wiedergibt. — An Stielen verschiedener Länge sitzen dicht aneinander gepresst länglich ovale Keulen, deren Peripherie aus gröberen, ihr Körper aus zarten Fäden gebildet wird, welche sich von den frisch entstandenen durch ihren eigenthümlichen harten Glanz und wellenförmig gekräuselten Verlauf unterscheiden; — letzterer dadurch bedingt, dass die einzelnen Mantelschichten stellenweise unterbrochen — discontinuirlich — wurden und dadurch sich in Falten legten. Durch diese Continuitätsunterbrechungen ihrer Schichten werden endlich die Kolben (zunächst immer die an der Peripherie unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehenden) zu offenen becher- oder kelchförmigen Gebilden, die in ihrem Centrum theilweise schon aus ganz verflüssigter, zäher, hyaliner Masse zu bestehen scheinen.

Die äussere, wolkenartige Schicht besteht gleichfalls aus ganz homogener, verflüssigter Masse — (entleerter Inhalt der becherartigen Gebilde) — welche dunkelcontourirte, hyaline Klumpen, spärliche kleinere Körnchen und Gruppen krystallähnlicher Körper[1]) führt.

---

1) Es finden sich scheinbar dem regulären und rhombischen Systeme angehörig, dicht aneinander gereiht, die verschiedensten Formen, deren geringe Beständigkeit gegen ihre Krystallnatur spricht. Die Kanten runden sich nämlich sehr leicht ab und gehen sie dadurch in die erwähnten hyalinen Klumpen über.

Das Wasser überführt hiemit die myelinogenen Extracte ziemlich schnell in gleichmässig und bedeutend heranwachsende Myelinformationen, die sich neben vermittelnder Schichtenspaltung, wie es scheint, zuerst im Centrum verflüssigen. Die Myelinformationen sind hier nur Gestalten, unter denen die Verflüssigung der myelinogenen Extracte sich vollzieht. (Färbemittel sollen über Einzelheiten des Vorganges noch weitere Aufschlüsse geben.) Auch ist zu erwähnen, dass der besagte Glanz und der gekräuselte Verlauf für die im Zerfliessen begriffenen Fäden (resp. Mantelschichten) charakteristisch ist, — ein Verhältniss, das sich am Nervenmark wiederholt und zu Missdeutungen Veranlassung gegeben hat.

Was nun den Parallelversuch, die Einwirkung des Wassers auf das Nervenmark anlangt, so waren es in chronologischer Reihenfolge Boll, Ranvier, Rumpf, Ravitz und Hesse, die in ihren bereits citirten Arbeiten dieselbe zum Gegenstande genauerer Untersuchungen machten; doch wurde eine Erklärung der Erscheinungen nicht gegeben, auch einzelne Details von gewissem Interesse sind übersehen worden und sollen desshalb im Folgenden hauptsächlich diese Punkte berücksichtigt werden.

Untersuchungsobject war bei allen Parallelversuchen der frische Froschischiadicus. Da bekanntlich das ohne Eröffnung der Nervenscheide vorgenommene Zerzupfen die Elemente zu Grunde richtet, verfuhren wir in der Weise, dass der eine Ast des in der Kniekehle sich theilenden Ischiadicus daselbst durchgetrennt, mit feiner Pincette vom Hauptstamm abgehoben und so die Scheide in ihrer ganzen Länge gespalten ward. Die mit der Pincette erfasste Hälfte wird nun auch oben durchgeschnitten, davon 4—10 mm lange Stücke mittelst scharfen Rasirmessers abgetragen, dann mittelst Präparirnadeln auch der Rest der gespalteten Nervenscheide entfernt.

Bei der weiteren Behandlung verfuhren wir wie mit den Extracten, d. h. es wurden sowohl die im Momente der Wassereinwirkung auftretenden Erscheinungen, als auch die Resultate der dauernderen Einwirkung berücksichtigt. Das Verfahren, welches von demjenigen Hesse's nur wenig abweicht, — (bereits vor dem Erscheinen seiner Arbeit festgestellt) — war im ersteren Falle folgendes: Das mit scharfen Schnittenden versehene Nervenstück wurde in physiologi-

scher Kochsalzlösung zerzupft; das Deckgläschen an den vier Ecken fixirt; eine gut isolirte Faser eingestellt, dann mittelst Fliesspapierstreifen ein gelinder Wasserstrom unter dem Deckgläschen hervorgerufen. Der Nerv wird so zuerst von einer diluirten Kochsalzlösung getroffen und gehen desshalb der heftigeren Wasserwirkung mässigere Erscheinungen voran.

Im Momente der Einwirkung des Wasserstroms, wie Hesse richtig bemerkt, reckt sich die Faser, d. h. sie nimmt gestreckte und gleichmässig geschwungene Contouren an.

Im selben Augenblicke verändert sich am Schnittende vor allem das Mark des ersten Lanterman'schen Gliedes und sind die auftretenden Veränderungen denjenigen der myelinogenen Substanzen beim Uebergange in Myelinformationen durch Wassereinwirkung gleich. Auch beschränkt sich im Momente seiner Entstehung der Markstrom auf das erste Lanterman'sche Glied und kann man bis zum 3.—4. Gliede genau verfolgen, dass das Strömen von dem Schnittende sich ebenso fortpflanzt, wie die Myelinformationen am Rande der Extractscheibe von der Peripherie zum Centrum hin sich ausbildeten.

Bezüglich des Weiteren verweisen wir auf Hesse's eingehende Schilderung. Bemerkt soll noch werden, dass während der Bewegung des Markmantels in einer mehr compacten Form gegen das Schnittende hin (— in den Anfangsstadien des Markstroms —) schon wahrgenommen werden kann, wie die unmittelbar unter der Schwann'schen Scheide liegende Schicht sich langsamer verschiebt als die inneren Partien; in Folge dessen die Lanterman'schen Einkerbungen eine immer mehr schiefe Richtung gegen den Axencylinder annehmen und bei der fortschreitenden Aufspaltung des Markes von den dabei auftretenden neuen Spalten nicht mehr zu unterscheiden sind.

Nach theilweiser Entleerung des durchschnittenen Ranvier'schen Gliedes beginnt das Strömen durch den ersten Schnürring hindurch — (was Ranvier unerwähnt lässt, richtig zuerst Boll beschreibt, dann Rumpf und Hesse bestätigte). Die wichtigeren Erscheinungen sind hierbei folgende:

1. Das Strömen beginnt ziemlich gleichmässig, verlangsamt sich nach einigen Secunden gewöhnlich, oder es findet dann auch eine Anstauung statt; denn es tritt zunächst das den Schnürring

begrenzende Mark hindurch, welches bereits, unter Aufquellung und Modification der Lichtbrechung, vorher aufgespalten war. Ist dieses passirt, so kommt ein weniger vorbereitetes Mark an die Reihe, welches nicht so gleichmässig fliessen kann.

2. Das sich in mehr compacter Form gegen den Ring verschiebende Mark häuft sich in seiner Nähe an, buchtet da die Schwann'sche Scheide taschenförmig aus, tritt aber nur in fadenförmig dünner Bahn durch den Ring hindurch.

3. Die fadenförmige Bahn bleibt gleichmässig, so lange sie von genügend aufgespaltenem Marke gespeist wird. Der Strom wird aber auch durch grössere, compacte Massen nur vorübergehend unterbrochen, denn sie schieben sich etwa wie protoplasmatische zäh-weiche Körper durch die enge Bahn, gewöhnlich ohne dabei ihren Zusammenhang zu verlieren.

4. Der Ring erweitert sich selbst unter diesem bedeutenden Drucke nicht.

5. Das durch die Entleerung des Markes begünstigte Eindringen des Wassers am Schnürringe bewirkt nun ein vollständiges Aufspalten des zurückbleibenden Markes (resp. seiner Myelinformationen), welches sich dann nicht mehr in Form parallel aneinander gerichteter Fäden, sondern in Gestalt wellenförmig verbogener kurzer Bänder und offener, mit ihrer Convexität nach dem Schnürring gerichteter Schleifen weiterbewegt. Ihre an einzelnen Stellen eigenthümlich matte, an anderen noch mehr myeline Lichtbrechung und verschiedene Anordnung verleitete Boll, die Formationen dieses Stadiums als „eigenthümlich schaumig verflüssigte Masse“ zu bezeichnen — eine Benennung, mit welcher auch Hesse das Wesen der Wasserwirkung auf Nervenmark am treffendsten zu charakterisiren meint.

6. In diesem vorgerückteren Stadium entsteht vor dem Ringe oft eine wirbelnde Bewegung, d. i. die Fäden oder Schleifen der Myelinformationen treten in Spiraltouren durch den Ring hindurch und gelangen in den axialen Theil des durchschnittenen Gliedes, wo sie eine Differenzirung eines schnelleren axialen und langsameren Wandstromes bewirken —, eine Erscheinung, die man in noch späteren Stadien der Strömung auch an entfernteren Gliedern wahrnimmt.

Man sieht entweder einen einzigen compacten Axenstrom oder zwischen Schwann'scher Scheide und Axencylinder jederseits einen

sehr dünnen schneller strömenden Striemen. Der Durchschnitt der schneller strömenden Bahn ist nämlich ein compacter Cylinder oder ein Ring. Es hängt dies davon ab, ob der Axencylinder an der betreffenden Stelle schon herausgeflossen ist, oder nicht. Ist er noch erhalten, so beobachtet man zwei langsamere Ströme und einen rascheren. Langsamer strömt das Mark (resp. seine Myelinformationen) — (es handelt sich also keinesfalls um zwei ruhende Schichten!) — unmittelbar unterhalb der Schwann'schen Scheide (subvaginaler Strom) und um den Axencylinder herum (periaxaler Strom); rascher fliesst es zwischen den beiden langsamen Strömen (centraler Strom).

7. Das Heraustreten des Axencylinders, welches wir bei Anwendung von 5 % Natronlauge schon seit längerer Zeit kannten, wurde unbestimmt von Ranvier (l. c. tome I pag. 38) entschieden zuerst von Ravitz (l. c. pag. 68—69) beschrieben, dann von Hesse constatirt. Letzterem können wir nicht ganz beistimmen, da der Axencylinder an längeren Nervenstücken nicht vollständig entleert wird. Im durchschnittenen und im 1.—2. unversehrten Gliede ist es allerdings der Fall; an längeren (1 ctm) Stücken wird man ihn aber am 3. oder 4. Gliede selten vermissen; oder er wird aus entfernteren Gliedern mit dem Strome fortgerissen und ragt dann aus dem Schnittende in langer Strecke heraus [gewöhnlicher dann, wenn man dickere Bündel auf 12—24 Stunden in Wasser gelegt hat und das feinere Zupfen erst nachträglich vornimmt].

Dem entsprechend ist der compacte Axenstrom am durchschnittenen Gliede im weiteren Verlaufe des Strömens die gewöhnliche Erscheinung, der ringförmige aber an dem 3.—4. unversehrten Gliede — im allgemeinen also an längeren Nervenstücken — nachweisbar.

8. Das Resultat der Differenzirung des Markstromes ist, dass nach Verlauf desselben je eine dünne Markschicht an der Innenfläche der Schwann'schen Scheide und — wo er noch vorhanden — um den Axencylinder herum zurückbleibt. Auch im Raume, den der schnellere Markstrom einnimmt, bleibt Mark (resp. Myelinformationen desselben) zurück. Es verdeckt die genannten Schichten, von welchen die subvaginale nicht selten nur durch die grössere Breite und stärkeren Glanz der Schwann'schen Scheide erkenntlich ist, und unter stärkeren Vergrösserungen oft als von

dachziegelartig übereinander lagernden, plättchen- oder schüppchenartigen Myelinformationen (— die Reste der aufgespaltenen Lanterman'schen Glieder —) aufgebaut erscheint.

Diese Erscheinungen stimmen übrigens mit physikalischen Gesetzen, nach welchen auch bei den Strömungserscheinungen in Capillarröhren — und als solche sind doch die hier in Betracht kommenden 0.008—0.014 mm breiten Nervenfasern anzusehen — der durch Wandreibung gesetzte Widerstand ebenso zur Geltung kommt, wie bei den Flüssigkeitsbewegungen in weiteren Röhren.

Am besten wird man das Gesagte an 6—10 mm langen Nervenstücken sehen, die 5—9 Ranvier'sche Glieder besitzen. An zu kurzen Objekten werden die Erscheinungen verwischt. Wahrscheinlich sind sie desshalb auch Hesse entgangen, der berichtet (l. c. pag. 342) bei seinen Untersuchungen nur $1^1/_2$—2 mm lange Stücke verwendet zu haben, welche im besten Falle einen einzigen unversehrten und zwei durchschnittene Nervenstrecken besassen. Auch ist es begreiflich, dass an solchen Stücken der ganze Axencylinder herausgeschwemmt wurde.

Die weiteren Veränderungen der ausgetretenen Markmyelinformationen schreiten von der Peripherie nach dem Centrum fort in jener mit Verminderung der Lichtbrechung und weiterer Aufspaltung einhergehenden Form, welche bei längerer Wasserwirkung auch an den Myelinformationen der Extractscheibe in Erscheinung trat. Schon nach einstündiger Einwirkung findet man einzelne kuglige Gebilde, mit einer von Myelinfäden gebildeten Randzone und mit homogener centraler Scheibe, welcher die charakteristische Lichtbrechung sowohl des Markes als auch der Myelinformationen mangelt, welche sich mit Carmin schwach färbt und — da Myelinformationen selbst sich nicht roth färben — verschieden von letzteren sein muss. Es scheint deshalb die Annahme berechtigt, dass hier bereits vollständig verflüssigtes Mark vorliegt, welches das Stadium der Myelinformationen schon überschritten hat; — d. i. auch die durch Wasser bewirkten Myelinformationen des Nervenmarkes sind Formen der Verflüssigung desselben. Für die in Verflüssigung begriffenen Formen ist aber der unregelmässig verbogene Verlauf und eigenthümliche (harte) Glanz der im optischen Längsschnitt erscheinenden Fäden gleichfalls charakteristisch, wodurch in einzelnen Fällen ein mit myelinglänzenden Körnchen

dicht besätes, unregelmässiges Maschenwerk vorgetäuscht werden kann. (Fig. 2.)

Genau gleich verhält es sich mit dem innerhalb der Schwann'schen Scheide zurückbleibenden Nervenmarke, welches unmittelbar nach dem Stillstande des Markstromes kleine, sich gegenseitig abplattende, ringförmige Myelinformationen darstellt, durch besagte für zerfliessende Formen charakteristische Veränderungen am Ende der 20.—40. Stunde aber ein ungleichmässiges Maschenwerk vortäuscht, dessen harten Glanz auch die periaxialen und wandständigen Reste der Myelinformationen annehmen.

Die Kerne der Schwann'schen Scheide, welche, wie Hesse richtig bemerkt, während des Markstroms ihren Platz nicht verlassen, quellen durch dauernde Wasserwirkung bedeutend auf, werden dann von der Scheide abgelöst, deren Caliber sie fast vollständig ausfüllen.

Dass die in Folge der Stromdifferencirung zurückbleibende dünne subvaginale bezw. periaxiale Markschicht und das Wesen der weiteren Veränderungen (der Charakter der zerfliessenden Myelinformationen) unbekannt geblieben, hat zu dem Irrthum Rumpf's Anlass gegeben, wonach die Kühne'schen Hornscheiden durch Wasser darstellbar wären. (S. a. a. O.) Auch liess sich Rumpf durch den schuppenartigen Bau der subvaginalen Markmyelinformationen zu der eigenthümlichen Annahme verleiten, dass die Einkerbungen der Markscheide im weiteren Verlauf des Markstromes wieder deutlicher hervortreten (l. c. pg. 151).

2. Säurewirkung.

a) Schwefelsäure (concentr.).

Im Momente der Berührung dieses Reagens mit myelinogenen Extracten scheint von der ganzen Peripherie ein intensiv gelber Ring sich abzuheben, der durch einen blassen Saum von der Extractscheibe getrennt ist. Concentrirte Schwefelsäure überführt nämlich ohne Entwickelung isolirter Myelinformationen die Peripherie der myelinogenen Extractscheibe momentan in einen homogenen oder feingestreiften sehr blassen und gedunsenen Myelinring, an dessen äusserer Hälfte schon nach Sekunden die erste Spur der Zerstörung in Form einer intensiv gelben Färbung sich kundgibt. Die gelbe Farbe geht alsbald in orangegelb, rosen- oder mahagoniroth, dann röthlich-violett über und verbreitet sich auf

Kosten des inneren blassen Ringes allmählich. Während des Bestandes des gelblich-röthlichen Farbentons ist der Ring auch homogen und strukturlos; in 1—2 Stunden wird er bläulichgrau, endlich ganz grau und erscheinen dann auch die Producte der chemischen Einwirkung in Form glänzend homogener, einfach contourirter Tröpfchen.

Setzt man zu den mittelst Wasser entwickelten Myelinformationen concentrirte Schwefelsäure hinzu, so werden die — noch den leicht gelben Stich des Eidotterextractes zeigenden — Formationen augenblicklich zu blassen, mächtig aufgedunsenen Kolben, verlieren die Myelinlichtbrechung und es tritt die die Schwefelsäurereaction einleitende intensiv gelbe Färbung auf. — Concentrirte Schwefelsäure wirkt hiernach mit ungleich bedeutenderer Heftigkeit auf myelinogene Substanzen ein und führt sie in viel mehr gequollene Formen über als Wasser, zerstört sie aber auch fast momentan. Die Myelinform ist auch hier nur eine den chemischen Process begleitende Erscheinung, deren kurze Dauer der Heftigkeit des ersteren entspricht.

Lässt man concentrirte SO_3 auf Nervenmark einwirken, so zieht sich im Momente des Säurezutrittes die gestreckte isolirte Faser mit lebhafter Bewegung in schlangenartige Touren zusammen und scheint dabei auf Augenblicke zu schrumpfen. Das Mark verliert seinen Glanz, quillt neben Auftreten der Myelinlichtbrechung sehr bedeutend, nimmt stellenweise eine exquisit fibrilläre Beschaffenheit an und es treten gleichzeitig heftige, nur Sekunden andauernde unregelmässige Strömungen auf.

Ein Theil des so in Myelinformationon überführten Nervenmarkes schiesst am Schnittende der Faser in Form eines mehr compacten Cylinders hervor, der verschieden lange Stücke des Axencylinders mitführt. Ein anderer kann sich an zerstörten Stellen der Schwann'schen Scheide in Form seitlicher Ströme obigen Charakters entleeren, — oder es wird das durchschnittene Glied vom ersten Ringe abgelöst und der kurzdauernde Strom richtet sich nach den zwei Endpunkten des Theiles; — andere Male entstehen an mehrfach ampullenartig eingeschnürten Stücken Strömungen wechselnder Richtung hauptsächlich, wenn die bisherige Ausflussstelle irgendwie verlegt ist. Auch wurden an längeren Nervenstücken, deren Endpunkte abgeschnürt oder anderweitig verlegt waren, zwei gegeneinander gerichtete Ströme beobachtet, welche sich an derselben Rissstelle der Schwann'schen Scheide gemeinschaftlich entleerten. An einzelnen Abschnitten kann auch ein mehr gleichmässiger, nur wenig anhaltender Strom entstehen (wenn z. B.

die Faser in ihrem gestreckten Verlaufe mehr fixirt wurde) wobei dann die fibrillären Myelinformationen des Markes an einzelnen Stellen die Form von regelmässig schief gegen den Axencylinder geneigten Stäbchen annehmen können, welche nur wenige Minuten bestehen.

Die entleerten Myelinformationen des Markes spalten sich noch einige Augenblicke weiter, fliessen dann zu homogenen Massen zusammen, welche sich nach einander gelb, orange, rosa etc. und schon nach $^1/_2$ — 1 Stunde graulich färben, wobei die chemischen Produkte als körnige Massen oder Tröpfchen erscheinen.

Vom Momente der Säurewirkung bis zum Auftritt der gelblichen Färbung nimmt der Process kaum mehr als 15—20 Sekunden in Anspruch.

Der Schwefelsäure ähnlich, nur etwas minder heftig wirkt rauchende und reine Salpetersäure.

b) Chromsäure.

Ihre concentrirteren Lösungen wirken auf myelinogene Extracte annähernd wie Schwefelsäure, nur erhärtet sie neben gelber oder gelblich brauner Färbung in hohem Grade die schrumpfenden Reste der Formationen.

Bei minder concentrirten Lösungen bilden sich isolirte Myelinformationen desto vollkommener aus und bestehen desto länger, je mehr man in der Concentration herabsteigt; z. B. bewirkt eine Lösung von 3 % an der ganzen Peripherie regelmässige Formationen, welche aber nicht zu der bei Wasserzusatz beobachteten Grösse heranwachsen, indem sie neben vorhergehender Aufspaltung in Mantelschichten schon früher geschrumpft und erhärtet werden.

Unter 1 % steht die Myelinformen entwickelnde Eigenschaft der Lösung derjenigen des Wassers gleich, nur verflüssigen sich die myelinogenen Substanzen (resp. ihre Myelinformationen) nicht so vollkommen, da immer gelbgefärbte, theilweise geschrumpfte Massen zurückbleiben.

Die mittelst Wasser aus sämmtlichen myelinogenen Extracten dargestellten Myelinformationen werden durch concentrirtere Chromsäurelösungen momentan zu gelben, harten, körnigen Massen verwandelt, was bei schwächeren Lösungen von einer weiterschreitenden Schichtenspaltung eingeleitet wird.

Bei fast concentrirten Lösungen der Chromsäure (von Syrupconsistenz und bräunlicher Farbe) nimmt das Nervenmark zu-

nächst ein rauhes körniges Gefüge an und färbt sich gelb (wobei nicht zu vergessen, dass bei Zusatz unter dem Deckgläschen — S. Methode bei Wasserwirkung — anfangs nicht die volle Concentration der Säure zur Wirkung kommt). Im Momente der vollen Einwirkung zieht sich die Faser mit trägerer Bewegung in Wellentouren zusammen —, und ist auch die erst nach einer Weile beginnende, kurz dauernde Markströmung träger als bei Schwefelsäure. — Ist die Schwann'sche Scheide auf grössere Strecken zerstört worden, so entsteht kein eigentlicher Markstrom. Der Uebergang in Myelinformationen bewirkt dann zur Nervenfaser mehr weniger senkrechte, unregelmässige Stromfäden und bleibt der Axencylinder — welcher nur bei sehr dünnen Lösungen theilweise mitgerissen wird — als gelbliches, verschmälertes und erstarrtes Stäbchen zurück.

Bei geringeren Concentrationen (bis 2 % — 2,5 %) tritt an Stelle des unregelmässigen Markstromes ein sogen. Zersetzungsbild, d. h. das Nervenmark geht langsam und im geringeren Grade jene Veränderungen ein, die beim Uebergang der myelinogenen Substanzen in Myelinformationen auftreten. (S. o.) Unter 2 % nehmen das Quellen und die am Schnittende auftretenden freien Myelinformationen des Markes um so mehr zu und tritt die Schrumpfung um so später auf, je mehr sich die Lösung dem Wasser nähert. So geht das am Schnittende ohne Strömung langsam herausquellende „modificirte Nervenmark" bei 0,6 % — 0,8 % in einen langsamen Strom über, der bei noch stärkeren Verdünnungen etwas beschleunigt wird.

Das herausgetretene Nervenmark („erstarrte Schollen" Rumpf's, „schaumig verflüssigte Masse" Boll's, „modificirtes Nervenmark" oder „Markfäden" Ranvier's) verhält sich zu stärkeren Chromsäurelösungen (über 10 %) ganz ähnlich den Myelinformationen der Extracte. Wir brauchen kaum hinzuzufügen, dass es die Myelinformationen des Nervenmarkes sind.

c) Essigsäure.

Myelinogene Extracte überführt die Essigsäure mit etwas grösserer Intensität in Myelinformationen als Wasser. — Die Formen wachsen schneller heran, wodurch am Rande gleich grosser Extractscheiben in derselben Zeit ein etwas breiterer Myelinkranz entsteht als bei Wasser. — Auch beschleunigt sie das Heran-

wachsen der durch Wasser eben in Entwickelung begriffenen Formationen. — Letztere dauern entsprechend dem gelinderen chemischen Eingriffe bedeutend länger an als bei Mineralsäuren und etwas kürzer als bei Wasser. Auch hier scheinen sie nur die Form der Verflüssigung resp. der Vereinigung der myelinogenen Extracte zu sein, denn an der Peripherie der Scheibe ist die erwähnte wolkenartige Zone in 12—24 Stunden schon vorhanden.

Essigsäure ist hiernach für Myelinentwickelung sehr günstig. Sie wirkt rasch und zerstört relativ langsam. Erstere Eigenschaft gibt ihr vor dem Wasser, letztere vor Mineralsäuren den Vorzug.

Diesen Eigenschaften entsprechen die Erscheinungen, welche Essigsäure am Nervenmark hervorruft. Hier bewirkt sie nämlich einen Markstrom, der im Gegensatz zu den kurz dauernden, wenig regelmässigen Strömen der Mineralsäuren gleichmässig und schneller ist als bei Wasser. — Auch wird der von letzterem hervorgerufene Strom durch Essigsäure etwas beschleunigt.

Eisessig wirkt auf myelinogene Extracte wie auf Nervenmark mit einer den Mineralsäuren nahestehenden Heftigkeit. An ersteren bewirkt er keine isolirte Formen; der ganze Scheibenrand quillt gleichmässig, um schon nach Minuten feinkörnig und geschrumpft zu werden. An letzterem entstehen, neben vorhergehendem, kurzem Schrumpfen unregelmässige, totale oder partielle Strömungen.

d) Pikrinsäure

färbt in allen Concentrationen die entwickelten Myelinformationen schnell pikringelb und liefert dadurch den definitiven Beweis, dass die, früher in feine Mantelschichten aufgespaltenen Myelinkeulen sich in ihrem Centrum verflüssigen. Denn 1) erscheint in denselben eine homogene, gelbe Masse von nicht myeliner Lichtbrechung, 2) kann man verfolgen, wie diese Formen platzen, ihren zähflüssigen, pikringelben Inhalt entleeren und Bechergestalt annehmen. — Bei der Wasser- (auch Essigsäure-) Wirkung auf Extracte konnte das erste Erscheinen der verflüssigten Substanz wegen ihrer bedeutenden Blässe, geringen Quantität und vollkommen homogener Beschaffenheit nicht erkannt werden. Nun berechtigt uns die Becherform der ganz peripherischen Formationen der Extractscheiben auf stattgefundene Verflüssigung zu schliessen und kann so festgestellt werden, dass dieselbe bei Wasserwirkung schon am Ende der 1.—3. Stunde statt hat.

Selbst die concentrirte (1,29 %) Säure ruft an myelinogenen Extracten kleine, langsam weiterwachsende Myelinformationen hervor. Die in gleicher Zeit sich ausbildenden peripherischen Myelinkränze erscheinen aber um so breiter, d. h. die Formen entwickeln und, dem entsprechend, verflüssigen sich desto schneller, je bedeutender die Verdünnung war.

Was die Nerven anbelangt, so untersuchte sie Boll in fast concentrirter (1 %) Pikrinsäure (l. c. pag. 304), wobei er als isolirt stehende Thatsache fand, dass das Nervenmark neben gelber Färbung mehr minder granulirt erscheint; die länger dauernde Wirkung seiner Lösung und diejenige verschiedener Concentrationsgrade blieb dabei unberücksichtigt. — Nun findet man bei concentrirter Lösung in den Lanterman'schen Gliedern schon nach $^3/_4$—1 Stunde kurze feine Spalten, den inneren Rand der Markscheide wellenförmig verbogen oder an einzelnen Stellen verschwommen, wo dann im Nervenschlauche abgeschnürte, ringförmige Gebilde, wahre Myelinformationen, erscheinen. Hand in Hand mit diesen Erscheinungen geht das unbemerkt langsame Hervorquellen von Keulen-Schlingen u. s. w. aus dem freien Schnittende, ein Beweis dessen, dass das körnige Gefüge Boll's nur die Einleitung war zur langsamen Entwickelung von Myelinformationen.

Schon bei halb concentrirter Lösung (0,64 %) bleibt die granulirte Beschaffenheit aus. Die Endpunkte der Lanterman'schen Glieder spalten sich in feine, gelbe, radiär-, manchmal mehr querverlaufende Fasern, welche sich bedeutend langsamer entwickeln und länger bestehen als bei Wasserwirkung (wo sie Ravitz fälschlich für Strichelungen (Faltenbildung?) der Schwann'schen Scheide hielt). Im späteren Verlauf ist auch, hauptsächlich in der Nähe der Schnürringe und der Schnittflächen, eine Verbreiterung der Faser zu constatiren, aus welcher den am Rande einer Extractscheibe erscheinenden ähnliche Formen evident schneller und in grösserer Zahl hervortreten, als bei concentrirter Lösung. — Sie bilden den Uebergang zum Markstrom, der schon bei 0,32 % in die Erscheinung tritt und bei noch stärkeren Verdünnungen an Intensität etwas zunimmt.

Pikrinsäure entwickelt somit aus myelinogenen Extracten desto besser die Myelinformationen, je verdünnter ihre Lösung ist, am Nervenmarke aber um so ausgesprochenere „Zersetzungsbilder" oder Markströme.

3. Alkalienwirkung.

Die Wirkung sämmtlicher Alkalien ist bei gleicher Concentration ziemlich dieselbe. Unsere Beschreibungen beziehen sich auf die Kalilauge, wovon als stärkste Lösung das „Kalium causticum“ (33 %) der deutschen Pharmakopie in Anwendung kam, von der eine mathematische Reihe zweifach verdünnter Lösungen angefertigt (erste Dilution = 16,5 %, zweite = 8,25 % . . . neunte = 0,08 %) und damit das Resultat directer wie anhaltenderer Einwirkung beobachtet wurde.

Die directe Einwirkung der 33 % Lösung auf myelinogene Extracte gleicht derjenigen der Mineralsäuren; sie führt dieselben in isolirte Myelinformationen nicht über (wobei die Lösung vor dem Gebrauche aufgeschüttelt werden muss); der Rand der Extractscheibe quillt an der ganzen Peripherie zu homogenem Myelin, nimmt aber fast augenblicklich eine körnige Beschaffenheit an. Dadurch entsteht ein undurchsichtiger peripherischer Ring, der an Breite zunimmt ohne den Durchmesser der Scheibe zu vergrössern. Quellen und Schrumpfen geht eben Hand in Hand.

Das Vordringen kurzer, isolirter Myelinkeulen vermisst man bei der ersten Dilution (16,5 %) nicht; doch zeigen sie, als erste Schrumpfungserscheinung, schon nach 10—15 Minuten eine gekörnte Mantelschicht.

Auch bei der zweiten und dritten Dilution entwickeln sich isolirte Formationen sehr rasch, schrumpfen aber binnen 2—4 Stunden ein. Bei 2,6 % beginnt die gleichmässigere Wirkung; es entsteht rasch ein echter Myelinkranz, welcher jedoch als Ganzes bedeutend schneller zu Grunde geht als bei Wasser. Verdünnungen unter 2,6 % entwickeln die Formen nicht nur rascher als das Wasser, sondern es besteht der Myelinkranz auch bis über die 50. Stunde hinaus.

Die Myelinformationen weichen dabei in drei Punkten von denjenigen des Wassers ab: sie sind bedeutend blässer, mehr gequollen und besitzen eine sehr geringe Neigung zur Aufspaltung in concentrische Schichten. (So vermisst man die echt „fibrillären“ Formen bei der 6.—9. Dilution selbst nach 48stündiger Einwirkung.)

Hiernach erreichen die Myelinformationen eine desto bedeutendere Grösse und bestehen um so länger, d. h. die myelinentwickelnde Eigenschaft ist um so besser ausgeprägt, je geringer

die Concentration der Alkalien ist. Will man aber die Wirkung (Breite der gleichzeitig entwickelten, peripherischen Myelinkränze) nach Stunden mit derjenigen des Wassers vergleichen, so kann dies dem Gesagten zufolge nur von der 3. oder 4. Dilution an geschehen. Der Vergleich entscheidet zu Gunsten der diluirten Alkalien.

Ein eigentliches Zerfliessen der Myelinformationen tritt nur bei den schwächsten Lösungen auf; bei stärkeren erscheinen die Produkte der chemischen Einwirkung in Form schwefel- oder citronengelber, unregelmässiger Klumpen, oder hyaliner, zäher Tropfen.

Behandelt man die Extractscheibe mit Wasser und setzt alsbald etwas diluirtes Alkali dazu, so wird die Bewegung (Entwickelung) der eben heranwachsenden Formationen sichtlich beschleunigt.

Was die Nerven anbetrifft, so ruft nach Rumpf 0,1 % Kalilauge, nach Hesse die verschiedensten Concentrationen aller Alkalien einen gleichartigen Markstrom hervor. Dagegen fanden wir, dass der Charakter dieser Ströme gleich den Myelinformationen der Extracte nach den Concentrationsgraden der Lösungen in ziemlich breiter Grenze variirt.

Die concentrirte Lösung und erste Dilution bewirken neben vorhergehender Schrumpfung und schlangenförmiger Zusammenziehung der Faser den Mineralsäuren ähnliche Ströme. — Bei der zweiten Dilution ist die Verkrümmung geringer und beginnt der etwas länger dauernde Strom nach $^1/_2$—1 Minute langer Einwirkung des Reagens. — Von der dritten abwärts zeigt sich keine vorhergehende Schrumpfung; der Strom entsteht im Momente der Einwirkung, ist gleichmässig und schneller als bei Wasser.

Wie die Myelinformationen der Extracte eine sehr geringe Neigung zur fibrillären Aufspaltung manifestirten, so auch das Nervenmark. Es gleitet in compacter Form vorwärts, tritt sammt den Axencylindern in cylindrischer Gestalt heraus, an welcher man — wie es Lavdowsky[1]) schon richtig bemerkte — oft noch einige Augenblicke die Lanterman'schen Einkerbungen zu erkennen vermag. Eine weitere Aufspaltung der Markmyelinformationen tritt innerhalb der Schwann'schen Scheide erst nach theilweiser Entleerung auf.

Der durch Wasser erzeugte Markstrom wird durch diluirte Alkalien etwas beschleunigt.

---

1) „Zum Nachweis der Axenstrukturbestandtheile von markhaltigen Nervenfasern.“ Centralblatt 1879, Nr. 48 u. 49.

4. Salze.

Berücksichtigung verdient das carmin- oder pikrocarminsaure Natron, da es manche von den Autoren übersehene Erscheinungen erklärt.

Die gebräuchliche 1 % Lösung führt die myelinogenen Extracte mit grosser Gleichmässigkeit in Myelinformationen über, deren Verflüssigung wegen der färbenden Kraft des Reagens gut zu verfolgen ist.

Bei Pikrocarmin erscheint an der Spitze der in concentrische, feine Mantelschichten aufgespaltenen Formationen oft schon am Ende der ersten Stunde eine sichelförmige, gelbe, homogene, nicht myelinlichtbrechende Kappe, welche neben vorhergehender Verkrümmung, eigenthümlich hartem Glanze und Continuitätsunterbrechungen der betreffenden Fäden (optischer Längsschnitt der feinen Mantelschichten) gegen die Basis der Form gleichmässig vorschreitet. An der Peripherie lösen sich indessen zähflüssige, gelbe Tropfen oder unregelmässige Massen ab (erstere sehr oft von myelinglänzenden Fäden umsäumt), welche im Laufe von 48—96 Stunden sich roth färben.

Von markhaltigen Nerven, welche mit diesem Reagens Boll (l. c.) und Ranvier (l. c.) prüften, berichtet ersterer, dass bei unmittelbarer Einwirkung desselben das Mark neben gelber Färbung ein s. g. „Zersetzungsbild" eingeht; Ranvier fügt hinzu, dass aus dem Schnittende binnen 24 Stunden zu langen Schläuchen heranwachsendes „modificirtes Myelin" heraustrete. Was er darunter versteht, erhellt daraus, dass diese Formen den schlauchförmigen Myelinformationen der Extracte vollkommen entsprechen; bei ihrer langsamen Heranbildung kommt es jedoch zu keinem Markstrom. — An vielen Schnittenden erscheinen sehr bald eine grössere oder mehrere kleinere Kugeln mit myelinglänzender Randzone und homogener, gelber Centralscheibe, welche sich binnen zwei oder mehreren Tagen ebenso hellroth färbt, wie das übrige Nervenmark in der Schwann'schen Scheide. — Diese kugligen Gebilde müssen an der Hand des Parallelversuchs für die verflüssigten Produkte der Myelinformationen des Nervenmarks erklärt werden, welche sich wie diejenigen der myelinogenen Extracte durch Pikrocarmin anfangs gelb und erst später roth färben. — Dieselbe Erklärung findet die leichtrothe Färbung des gesammten

Markes nach anhaltender Einwirkung des Reagens. Hier sind die noch nicht verflüssigten Reste der Myelinformationen (in Form ungefärbter gröberer Körnchen oder verbogener schuppenartiger Plättchen von der für Verflüssigung characteristischen harten Lichtbrechung) — in die gefärbte, verflüssigte Grundsubstanz eingebettet.

Als Repräsentanten anderer Salze sei noch des bei Nerven oft gebrauchten Kochsalzes gedacht, wovon 30, 12, 6, 3, 1,5, 0,75 und 0,37 % Lösungen angewendet wurden.

Es ist zu bemerken, dass selbst die 30 % Lösung myelinogene Extracte in Myelinformen überführt; diese aber in ihrem Wachsthume alsbald stillstehen, neben Annahme unregelmässiger Contouren sich theilweise in kleinere Partikelchen abschnüren oder statt weiterer Aufspaltung gleichmässig schrumpfen. So kommt es, dass bei stundenlanger Einwirkung die untersuchte Extractscheibe trotz der noch theilweise bestehenden Myelinformationen insgesammt zusammenschrumpft (hauptsächlich bei unfixirtem Deckgläschen).

Bei den übrigen Graden der Concentration steht die Breite des in gleicher Zeit entwickelten peripherischen Myelinringes zum Concentrationsgrade im umgekehrten Verhältniss, d. i. die myelinentwickelnde Eigenschaft ist bei stärkeren Verdünnungen bedeutender. Auch tritt die Verflüssigung der Formationen um so später und unvollständiger auf, je bedeutender der Concentrationsgrad der Lösungen war.

Nach Boll (l. c.), der die markhaltigen Nerven in concentrirter und 10 % NaCl-Lösung untersuchte, soll bei ersterer schneller, bei letzterer langsamer der ganze optische Längsschnitt der Faser von feinen, stark lichtbrechenden Körnchen eingenommen werden (was wir bestätigen können), „von denen es zu entscheiden unmöglich ist, ob sie im Innern des Axencylinders oder an seiner Oberfläche oder auch in der Markscheide ihren Sitz haben“. Nach unserem Parallelversuche, wo aus myelinogenen Extracten selbst eine concentrirte Lösung (30 %) kleine, homogene Myelinformationen entwickelte und diese alsbald schrumpfen machte, scheint es wahrscheinlich, dass hier eine analoge Veränderung des Nervenmarkes vorliegt, — obschon eine energische Wasserentziehung und dadurch bedingte directe Schrumpfung als Ursache des feingekörnten Aussehens, welches jedenfalls in die Markscheide zu verlegen ist, nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei absteigender Concentration nimmt das mit Lichtbrechungs-

modification und Aufspaltung einhergehende Quellen des Markes sowohl als auch die Grösse und Zahl der am Schnittende heraustretenden Formationen bedeutend zu und gibt damit den Uebergang zum Markstrom, welcher gut ausgesprochen bei 0,4 % in Erscheinung tritt.

Dasselbe gilt im Allgemeinen auch von den übrigen Salzen, welche wir auf ihre myelinentwickelnde Eigenschaft zu untersuchen Gelegenheit hatten.

C. Einzelbesprechungen und Schlussfolgerungen.

Aus den beschriebenen Versuchen ist ersichtlich, dass die an markhaltigen Nervenfasern zu beobachtenden Erscheinungen in allen wesentlichen Punkten mit jenen in Art, Grad und Dauer übereinstimmten, unter welchen die myelinogenen Extracte in Myelinformationen übergeführt wurden. Das Nervenmark ist demnach eine myelinogene Substanz und zwar, wie es die Untersuchung lebender Fasern zeigt (s. w. u.), die am meisten homogene. Es ist in hohem Grade fähig mit verschiedener Heftigkeit oder mit mehr gleichmässig heranwachsender Intensität in Myelinformationen (Myelin) überzugehen.

Die allgemein angenommene Identität des Myelins mit dem Nervenmarke ist somit ebenso unberechtigt wie diejenige der myelinogenen Extracte mit dem Myelin. Myelinogene Extracte und Myelin, so wie Nervenmark und Myelin müssen in Zukunft streng auseinander gehalten werden.

a) Charakter der Myelinformationen des Nervenmarkes.

Am besten ist derselbe bei Application von weniger zerstörenden oder eingreifenden Reagentien ersichtlich, d. h. solcher, welche keinen ausgesprochenen Markstrom oder körnig detritusartigen Habitus des Markes erzeugen (Lymphe, Jodserum, Augenkammerflüssigkeit, 0,75 NaCl und überhaupt nicht zu concentrirte Salzlösungen). Da jedoch das myelinogene Nervenmark in einem Schlauche einen durch trichterförmige Einschnitte in Segmente getheilten Hohlcylinder bildet, so müssen die entsprechenden Myelinformationen durch diese morphologische Anordnung des Markes beeinflusst werden.

Am frühesten erscheinen die Formationen auch hier an den directeren Berührungspunkten des Reagens und myelinogenen Nervenmarks, also an der Schnittfläche, den Schnürringen und an den Lanterman'schen Unterbrechungen.

Es entsteht ein mit Lichtbrechungsmodification einhergehendes Quellen und eine Aufspaltung, welche als verschiedenförmige Auffaserung der Endpunkte der Lanterman'schen Glieder beginnt, von hier aus weiterschreitend die letzteren ihrer ganzen Länge nach in wellenförmig geschwungene Bänder oder Fibrillen (optischer Längsschnitt von concentrischen Mantelschichten) theilt und neben gleichzeitiger theilweiser Abschnürung letzterer innerhalb der Schwann'schen Scheide, von langsamer Heranbildung freier Myelinformationen am Schnittende begleitet wird.

Darin liegt das morphologisch wesentliche Moment der Boll'schen „Zersetzungsbilder", welche derselbe für unverständlich erklärte (l. c.). Sie haben ausser quantitativen Abstufungen für die einzelnen Reagentien nichts besonders charakteristisches. Somit ist der Standpunkt der Boll'schen Untersuchungen kaum haltbar, nach welchem Aufschluss über die Natur der Markscheide nur dadurch zu erwarten wäre, dass die durch verschiedenste Reagentien bewirkten Veränderungen, welche er für einzelne desselben als charakteristisch betrachtete, ebenso detaillirt studirt werden, wie dies z. B. für Blutkörperchen schon längst geschah. Das myelinogene Nervenmark ist vielmehr als ein Körper „sui generis" zu betrachten und darf keinem protoplasmatischen Elemente des Organismus gleich gestellt werden.

b) Intensität der Entwickelung von Markmyelinformationen.

Einiger Massen in der Mitte standen diejenigen Myelinformationen des Markes, welche keinen Markstrom bewirkten. Ihr beschriebener Charakter wurde mehr verschwommen durch zunehmende Concentration der Salzlösungen, wobei zuletzt ein körniges Gefüge auftritt — (Mangel der Myelinformationen oder directes Schrumpfen des Nervenmarkes) — und mehr ausgeprägt durch Wasser, ihm nahestehende Salzlösungen und Säuren wie Alkalien gewisser Concentration.

Von diesem Grade der Entwickelung von Myelinformationen des Nervenmarkes hängen nun die an ihm wahrzunehmenden Erscheinungen ab.

In allen Fällen, wo die Markmyelinformationen des beschriebenen Charakters im Schlauche der Schwann'schen Scheide genügenden Raum finden, entstehen die Zersetzungsbilder Boll's.

Die freien Myelinformationen, welche dabei an der Schnittfläche langsam hervorquellen, ihre zunehmende Zahl und Grösse bei absteigender Verdünnung des Reagens (hauptsächlich Salzlösungen) bilden den Uebergang zu den Strömungserscheinungen.

Der Markstrom erscheint folglich nur da, wo der Uebergang des gesammten Markes in Myelinformationen so schnell und intensiv vor sich geht, dass diese im Schwann'schen Schlauche durchaus nicht Platz finden, wozu die betreffenden Bedingungen in den Parallelversuchen schon angegeben wurden. So hat derselbe nichts Räthselhaftes und kann nicht mehr als isolirt dastehende (Boll, Ranvier) und einheitliche (Hesse) Erscheinung oder als partiales Phänomen der Gerinnung (Schwalbe l. c. pag. 292) betrachtet werden. Denn er ist nur eine weitere Entwickelungsstufe der Markmyelinformationen und ist sein Charakter sehr wechselnd. Zwei Hauptformen konnten unterschieden werden: diejenige von kurzer Dauer und unregelmässigem Verlaufe und die mehr anhaltende, gleichmässigere Form. Erstere entspricht der heftigen und kurzdauernden Myelinentwicklung (Mineralsäuren, concentr. Alkalien, Eisessig); letztere besitzt wieder bedeutende Abstufungen der Strömungsgeschwindigkeit, entsprechend der Thatsache, dass diluirte Alkalien und Essigsäure bedeutendere myelinbildende Eigenschaften besitzen als Wasser und dieses wieder mehr als diluirte Salzlösungen.

Ausser den Parallelversuchen spricht für die Richtigkeit dieser Erklärung

1. der von Hesse erwähnte, doch unerklärte Umstand, dass mässigere Wärme (40,5—60 ° C.) Markströme bewirkt. — Die Erklärung dieser Thatsache geben unsere Orientirungsversuche, nach denen mässige Wärme die myelinogenen Extracte mit bedeutender Intensität in Myelin überführte; ferner der Umstand, dass die myelinentwickelnde Eigenschaft der Reagentien durch Erwärmen derselben bedeutend gesteigert werden kann (was wir zuerst bei Anwendung von Carbolsäurelösungen erfuhren);

2. folgender Versuch: Einen Frosch, den man durch Abtragung der Herzspitze verbluten liess, injicirt man möglichst vollkommen mit einem frisch bereiteten, zähflüssigen Extracte (am besten des Eidotters). Durch Blosslegen der Eingeweide werden die feinen Mesenterialgefässe einige Stunden der Luft ausgesetzt, wodurch die Injectionsmasse die früher erwähnte festweiche Con-

sistenz annimmt, die etwa noch vorhandenen Myelinformationen aber daraus vollständig schwinden. Bringt man nun ohne Reagens möglichst lange Stücke von feinen Gefässen unter das Deckgläschen, vor dessen Druck sie durch Papierstreifen geschützt werden und führt dann den myelinogenen Inhalt der Gefässschläuche mittelst entsprechender Reagentien in verschieden hohem Grade in Myelinformationen über, so entstehen Strömungen, deren Geschwindigkeit der myelinentwickelnden Eigenschaft der Zusatzflüssigkeiten vollkommen entspricht.

Die Einzelerscheinungen können dabei begreiflicherweise mit denjenigen des Markstromes nicht völlig übereinstimmen; denn die morphologische Anordnung der myelinogenen Substanzen ist in beiden Fällen sehr verschieden. Bei unserem Versuche bilden sie einen compacten, im Nerven einen hohlen Cylinder, welcher den Axenfaden führt. Die eventuelle Quellung des letzteren wird zur Verengerung des Raumes der Nervenscheide beitragen, was die Erscheinungen steigern muss; dann ist die zur festweichen Consistenz eingetrocknete Injectionsmasse nicht rein und homogen, wie das Nervenmark, auch wird die zarte Schwann'sche Hülle von der relativ dicken und starren Gefässwand vertreten, welche auch der Schnürringe entbehrt. — Demgemäss tritt bei diesen Experimenten die in Myelin überführte Substanz als mehr compacter Cylinder aus beiden Schnittflächen und nicht in Form jener band- oder fadenförmigen Formationen, welche durch die morphologische Anordnung des Nervenmarkes bedingt waren. Im wesentlichen Punkte, den Abstufungen der Strömungsgeschwindigkeit, stimmen aber die Erscheinungen überein (der durch Essigsäure erzeugte künstliche Strom wird z. B. durch Schwefelsäure etwa 3—5 mal beschleunigt) und tritt auch hier nach theilweiser Entleerung die Differenzirung eines centralen und Wandstromes in die Erscheinung.

Könnte man capillare Hohlcylinder von zartesten Hüllen mit einem vollständig homogenen, myelinogenen Extracte injiciren und in dieser die Markunterbrechungen nachahmen, so könnten dennoch die Strömungserscheinungen nicht absolut identisch ausfallen. Der Grund liegt in der Verschiedenheit des Nervenmarkes von den myelinogenen Extracten, worauf schon einige bei den Parallelversuchen gemachte Erfahrungen hinweisen. So führt eine und dieselbe Lösung Nervenmark und myelinogene Extracte nicht in

gleich hohem Grade in Myelinformationen über. Bei letzteren geschieht dies im Allgemeinen leichter und bei derselben Concentration in höherem Grade als bei ersterem. — Ferner spricht dafür das kurzdauernde Schrumpfen des Markes, welches bei Mineralsäuren und concentrirten Alkalien den Uebergang in Myelinformationen einleitete (Hinweis auf die Gegenwart eiweissartiger Körper?); endlich die Lösungsverhältnisse. Kalter Alkohol, Aether und Chloroform lösen nämlich myelinogene Extracte vollkommen, das Nervenmark aber nur theilweise und bewirken (ersterer hauptsächlich) eigenthümliche Ausscheidungen des myelinogenen Nervenmarkes — (Rumpf's hornführende Scheiden, worauf wir später zurückkommen). — Dass diese abweichenden Verhältnisse des Nervenmarkes und der myelinogenen Extracte auf eine Verschiedenheit der chemischen Constitution hindeutet, braucht kaum erwähnt zu werden.

c) Postmortale Veränderungen und Markgerinnung.

Mit der Frage nach den postmortalen Veränderungen des Nervenmarkes, welche, wie schon aus den Lehrbüchern ersichtlich (Rindfleisch's pathologische Histologie pag. 11 Ranvier l. c. Tome I. pag. 288) noch als ungelöst zu betrachten ist, beschäftigte sich neuerdings Ranvier. Wenn er dabei zu dem, seinen Hauptzügen nach schon von G. Walter (Virch. Arch. XX pag. 426) ausgesprochenen Resultate gelangt, dass die am 8.—12. Tage auftretende granuläre Beschaffenheit des Markes wahrscheinlich als chemische Ausscheidung von Fetttröpfchen zu betrachten sei, so wurden damit die zwischen Tod und körnigem Zerfall stattfindenden morphologischen Veränderungen des Markes übergangen, deren Wesen eben wenig bekannt ist und mit der Frage nach der Markgerinnung zusammenfällt.

Unsere Untersuchungen wurden bis zum 18. Tage nach erfolgtem Tode fortgeführt und zwar mit Augenkammerflüssigkeit, Carmin und Osmiumsäure, wobei ein schonendes Verfahren sehr zu empfehlen ist. Das Nervenmark erweist sich nämlich schon am 5.—6. Tage so brüchig, dass unzartes Behandeln die morphologische Anordnung zerstört und mit Detritusmassen gefüllte Schläuche erzeugt.

In den ersten Tagen zeigt das Mark ein mit unvollständigen Spaltbildungen und — bei Untersuchung in Augenkammerflüssig-

keit — mit Lichtbrechungsmodification einhergehendes, ungleichmässiges Quellen, wodurch die Lanterman'schen Glieder sich verlängern und der innere Marksaum sich wellenförmig verkrümmt. Davon heben sich bandartige Schleifen von myeliner Lichtbrechung ab, welche neben Verschmälerung ihrer Basis und fast vollständigem Schwinden ihres Calibers gegen die Axe vorschreiten. Dadurch entstehen für dieses Stadium ziemlich charakteristische Bilder. Es erscheinen nämlich am inneren Saume gestielte, pilzförmige Formationen, die durch Abschnürung als freie Körper in den axialen Theil der Faser treten und sich im weiteren Verlauf, gleich anderen Myelinformationen, theilweise (d. i. in ihrem Centrum) verflüssigen.

Darin, dass das Nervenmark nach dem Tode der Körperlymphe gegenüber sich wie eine myelinogene Substanz verhält, muss der erste Unterschied des todten vom lebenden Marke normaler Fasern erblickt werden, da letzteres durch Gewebssäfte bekanntlich keinerlei Veränderungen erleidet.

Als charakteristisch für die postmortalen Myelinformationen, wie sie an der Leiche „in situ" der Nerven auftreten, können die ungewöhnlich langsame Entwicklung und die grosse Unregelmässigkeit ihrer Formen betrachtet werden. Es bleibt nämlich die Markscheide bis zum Ende der 24. Stunde und darüber fast intact. Was ferner die Gestalt dieser postmortal auftretenden Myelinformationen betrifft, so findet man ausser den relativ constanten eben beschriebenen Initialveränderungen des inneren Saumes, alle Uebergänge von unregelmässigem, der Faser Ampullen- oder Rosenkranz-artige Formen verleihendem Quellen, schwer wahrzunehmender Auffaserung und unbestimmt bandartiger Aufspaltung bis zur Bildung zierlichst verschlungener Röhrchen (Fig. 3) und manchmal selbst regulär erscheinender Stäbchen.

Beides, die langsame Bildung der Myelinformation, sowie reiche Formenwechsel sind wohl einfach dadurch bedingt, dass die Lymphe in der Leiche in relativ geringer Menge auf ganze Nervenstämme und nicht auf isolirte Fasern einwirkt.

Mit der erwähnten theilweisen Verflüssigung der postmortalen Myelinformationen (8.—12. Tage) erscheint die bekannte, granulirte Struktur der Markscheide, von welcher es dahingestellt bleiben soll, ob dieselbe durch ausgeschiedene Fetttröpfchen oder durch noch ungelöste feinste Myelinpartikelchen bedingt ist. Für letztere Annahme scheint zu sprechen, dass Reagentien, welche Myelinformationen in bedeutendem Grade heranbilden (hauptsächlich dünne Alkalien), in diesem Stadium oft noch Strömungserscheinungen be-

wirkten, ferner, dass die besagten Körnchen in fettlösenden Reagentien ungelöst blieben.

Einige Schlussbemerkungen über die Frage nach der Markgerinnung scheinen insofern gerechtfertigt als sie mit derjenigen nach den postmortalen Veränderungen zusammenfällt und, wie bemerkt, auch in neuesten Handbüchern [Schwalbe's citirte Neurologie (1880 pag. 292) — Hartmann's Anatomie (Strassburg 1881) pag. LV — Rindfleisch's path. Histolog. pag. 11] als eine feststehende Thatsache betrachtet wird. Wir müssen hier eine kurze Beschreibung der lebenden Nervenfaser einschalten:

Unsere Untersuchungsobjekte waren die Schwimmhaut, die Zunge, das Mesenterium des Frosches, (Schuppentaschen der Fische und Nickhaut des Frosches erwiesen sich als ziemlich unbrauchbar), von welchen eben letzteres das vortheilhafteste war. — Die Nerven des Froschmesenteriums bilden im Verlaufe der Gefässe dickere Stämmchen, die sich gegen den Darm in feinere Bündel und selbst in einzelne, isolirt verlaufende Fasern theilen, und hat sich so die Beobachtung möglichst auf die Nähe des Darmes und hier wieder auf dickere Fasern zu beschränken. — Unter Einhaltung aller nöthigen Vorsichtsmassregeln konnten bei intact fortbestehendem Kreislauf an den lebenden Nervenfasern beiderseits doppelte parallel laufende Contouren constatirt werden, welche je einen lichtbrechenden, homogenen Streifen begrenzten. Nur bei günstiger Spannung und guter Beleuchtung vermag man in letzterem sehr feine, dunklere, zum Axencylinder schief verlaufende Spalten — die Lanterman'schen Einkerbungen — zu erkennen. Tödtet man das Thier während der Beobachtung, so bleiben die doppelten Contouren selbst stundenlang parallel, vorausgesetzt, dass man Insulten verschiedenster Art (Zerrung, Eintrocknung) genügend vorbeugt. Sehr evident werden die Schnürringe mit ihren Details wahrgenommen. Jene „unsichere, schwer zu beschreibende Längszeichnung" des centralen Theiles der Faser, welcher Hans Schultze [1]) gedenkt, konnte in überzeugender Weise nicht gesehen werden. Hingegen wurden an den Schnürringen nicht selten sehr kurze, leicht wellenförmig verbogene Linien wahrgenommen, deren einzelne Bündelchen bei geringster Bewegung

1) „Axencylinder und Ganglienzelle". Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgeschichte. 1878, pg. 259.

der Stellschraube verschwinden, während an ihrer Stelle andere auftauchen.

Konnte so die Beobachtung Ranvier's auch an lebenden Mesenterialnerven des Frosches constatirt werden, so folgt daraus, wie schon bemerkt, streng genommen nur, dass der doppelte Contour kein Resultat einer peripherischen unvollständigen Markgerinnung ist. Was nun des Fortschreiten der sogenannten Gerinnung gegen die Axe betrifft, so soll Henle selbst angeführt werden. Er sagt (Allg. Anat. pag. 624): „Wenn sich in dem Marke der Nervenröhren die beiden, den Rändern parallel laufenden Linien gebildet haben, so schreitet die Veränderung nach innen weiter fort. — Zuerst, wie man an stärkeren Röhren beobachten kann, bilden sich scharf und dunkel begrenzte, grössere und kleinere Kügelchen, frei oder durch einen Stiel in die Substanz übergehend, welche zwischen die parallelen Linien des Randes eingeschlossen ist; sie bilden sich im ganzen Umfange der Nervenröhre, daher sie unter dem Mikroskop längs den Rändern oder auch mitten auf der Fläche derselben erscheinen. Die Kügelchen fliessen zu unregelmässigen Figuren zusammen; der dunkle Rand wird dadurch breiter, schreitet von allen Seiten gegen die Axe vor und füllt endlich die ganze Röhre aus."

Diese Schilderung Henle's stimmt mit der Beschreibung überein, die wir von den, am inneren Marksaume sich entwickelnden Myelinformationen gegeben haben (S. oben die postmortalen Veränderungen), aus welcher es hervorgeht, dass hier keine Ausscheidung freier Kügelchen, sondern eine Abschnürung einzelner Myelinformationen des Nervenmarkes vorliegt. Die Bilder, welche auf eine Markgerinnung zurückgeführt wurden, sind somit durch das Auftreten der langsam fortschreitenden, mit Abschnürungen einhergehenden postmortalen Myelinformationen vollkommen erklärt, d. h. wie die Myelinformationen der myelinogenen Extracte in ihrem dargelegten Gesammtverlauf und in ihrer Bedeutung mit einer Gerinnung nichts gemein haben, ebensowenig haben es auch die sämmtlichen Erscheinungen und Bilder des myelinogenen Nervenmarkes. Wenn also Rindfleisch (path. Histol. pag. 11) von den postmortalen Markerscheinungen sagt: „Die Gerinnung des Markes, dürfte ähnlich der Todtenstarre bei den Muskelfasern jeder weiteren Veränderung vorausgehen; in Folge davon tritt dann . . . . das Nervenmark . . . . zu grösseren und kleineren

Tropfen zusammen. . . Was dabei vorgeht, ob die Myelintropfen (Virchow) als eine Ausscheidung aus dem Nervenmarke oder nur als eine Umgruppirung anzusehen seien, wissen wir heute noch nicht, obwohl das Phänomen schon seit Leeuwenhock bekannt ist" —, so scheinen wir auf Grund unserer vergleichenden Studien zur Behauptung berechtigt, dass die im Sinne Virchow's von Rindfleisch citirten Myelintropfen nicht etwa durch Gerinnung bewirkte chemische Ausscheidungen, sondern vielmehr abgeschnürte Myelinformationen des Markes, transitorische Formen der Verflüssigung d. h. wahre Umgruppirungen des Nervenmarkes sind.

D. Osmiumbilder.

Eine eingehendere Behandlung der so oft discutirten Osmiumbilder ist dadurch gerechtfertigt, dass auf Grund derselben feinste Strukturverhältnisse des Markes (Lanterman) angenommen oder vereinzelte davon als normaler Bau der Markscheide hingestellt wurden (s. Golgi's und Rezzonico's Arbeiten w. u.) andererseits, dass sie bis jetzt an und für sich unerklärt sind und ihre richtige Deutung auch zukünftigen Verirrungen vorbeugen könnte.

Seit Lanterman beschäftigten sich damit Kuhnt (l. c. pg. 448) Ranvier (l. c. Tome I. pag. 71) Rumpf (l. c. pag. 159 —162) theilweise Hesse (pag. 344) und obschon dabei vereinzelte Thatsachen richtig beobachtet wurden, auf die wir noch zurückkommen werden, so wurde eine befriedigende Erklärung derselben doch nicht gefunden. Es gilt dies selbst von Boll (l. c. pg. 305) der allein die durch verschiedene Concentration und Wirkungsdauer der Säure gesetzten Veränderungen mehr systematisch verfolgte.

Eine Interpretation der verschiedenen durch Osmium bewirkten Erscheinungen versuchten wir auf Grund des Parallelversuchs durch Studium der Osmiumwirkung auf myelinogene Extracte zu gewinnen. Den Beschreibungen soll auch hier das festweiche, von Myelinformationen freie Extract des Eidotters zu Grunde gelegt werden, dessen Untersuchung mit Lösungen von 2 %—0,006 % nach den besagten Methoden vorgenommen wurde.

Zur Orientirung in den zahlreichen Bildern und Erscheinungen mögen folgende drei Versuche dienen:

1. Durch schonendes Zerreiben des Extractes mit der Säurelösung (1 %) quillt unter bräunlicher Farbe die Masse augenschein-

lich auf und wird in aufgespaltene oder homogene Myelinformationen überführt. Unter den letzteren (noch besser bei der 2. — 3. Zerreibung) finden sich scheinbar vollkommen fixirte d. h. durchgehend gelblichbraun oder bräunlich schwarz gefärbte vor, deren gleichmässiges Colorit bei starken Vergrösserungen als von feinen schon mit Osmium gefärbten Körnchen herrührend sich erweist, welche in noch ungefärbter Grundsubstanz dicht und gleichmässig vertheilt sind. — Bei weiter fortgesetztem Zerreiben mit dem Reagens erleiden die Formen eine weiterschreitende Schichtenspaltung, dann ein entsprechendes Einschrumpfen. Zuletzt erhält man eine schwarze Substanz, welche aus schwarzen, geschrumpften Klumpen, Detritus oder an Kohlenfragmente erinnernden brüchigen Partikelchen besteht, aber keine Spur von Myelinformationen mehr aufweist.

2. Beim Zusatz der Säurelösung (1 %) zum eingestellten Rande der Extractscheibe, wird dieser im Momente der Einwirkung nicht fixirt, wie man es der gerühmten Energie (Ranvier Leç. I 70) dieses Reagens entsprechend hoffen könnte, vielmehr entwickeln sich an der ganzen Peripherie isolirte Myelinformationen, welche den bekannten Verlauf nehmen. Anfangs homogen und ungefärbt spalten sie sich alsbald in Mantelschichten, welche selbst dunklere Farbentöne annehmen und ihre regulär convexen Linien gleichzeitig in wellenförmige oder fein gekräuselte übergehen lassen. (Uebergangsstufen zur Schrumpfung). Am frühesten wird ihr freies, von der Lösung allerseits umspültes Ende ganz schwarz gefärbt, erhärtet und schrumpft ein.

In diesem Stadium der Einwirkung treten aus einer homogenen scheinbar vollkommen fixirten Formation nach Zusatz gut myelinentwickelnder Flüssigkeit (Essigsäure) in querer Richtung abermals blasse Myelinschlingen hervor, während die erhärtete, schwarze Spitze kaum quillt, und vom Convolut der neuen Myelinschlingen umwachsen wird.

Nach 3—4stundenlanger Wirkung ist die Scheibenperipherie an einzelnen Strecken in eine schwarze, feinkörnige Randzone verändert, an welcher hie und da die geschrumpften Reste der früher aufgespaltenen Formen aufsitzen, an anderen aber dieselben noch weiter aufgespalten und dadurch vergrössert erscheinen (wohl die Folge der nunmehr geringeren Concentration der Flüssigkeit).

Der Process beschränkt sich auf die Peripherie der Scheibe,

welche schliesslich als 1—2½ mm breiter, schwarzer, erhärteter Saum erscheint.

Das vollständige Eintrocknen solcher Präparate ist öfter mit abermaliger, sehr bedeutender Entwicklung von Myelinformationen verbunden. Der erhärtete schwarze Saum erscheint dann an einigen Punkten von letzteren durchbrochen, welche sich zu 0,5—2 ctm langen und 0,25—0,75 cm breiten, blumenkohlartigen Gebilden verschlungen hatten. Der Zusammenhang dieser Erscheinung, welche übrigens auch bei concentrirten Alkalien unter ganz gleichen Umständen einigemal beobachtet wurde, mit den unerklärten Beobachtungen Vierordt's („Ueber künstliche Bewegungerscheinungen in der Nervenfaser." Arch. d. Heilkunde Bd. 18 S. 179. 1877), nach welchen Markströme auch an blosgelegten und langsam eintrocknenden Nerven auftreten, ist ein unverkennbarer; denn ein annähernd gleichmässiger Druck ist in einem Falle durch die schrumpfende peripherische Zone der Scheiben, im anderen durch die eintrocknende Schwann'sche Scheide gegeben. Es scheint hiemit, dass ausser gewissen Temperaturgraden auch mechanischer Druck unter gewissen Umständen die myelinogenen Substanzen in hohem Grade in Myelinformationen überzuführen vermag.

3. Bei Vergleichung der Wirkungen verschiedener Concentrationen der Säure kommt es darauf an, dass die Quantität des Materials, die Menge der Zusatzflüssigkeiten und die Beobachtungsdauer ganz gleich seien. Es müssen darum unter gleichen Deckgläschen Scheiben gleicher Grösse und womöglich gleicher Dicke vorher dargestellt und die Lösungen erst zu der angefertigten Präparatenserie gegeben werden. Man findet dann, dass das myelinogene Extract um so vollkommener in Myelinformationen übergeführt wird, d. i. diese desto schneller heranwachsen, die Färbung und Schrumpfung aber um so später und unvollkommener eintritt, je geringer die Concentration ist.

Bei stärkeren Verdünnungen, wo die absolute Quantität der Säure zur Zerstörung der Formationen ungenügend ist, manifestirt sich dieselbe gleichzeitig mit der Wasserwirkung. Die Säurewirkung zeigt sich in der unvollständigen und ungleichmässigen Fixation der Fibrillen (abgespaltenen Mantelschichten), diejenige des Wassers in der Verflüssigung der Myelinformationen, wobei die verflüssigten Massen sich in den Interstitien der Fibrillen ausscheiden, Verhältnisse wie sie bei schwachen Lösungen auch am Nerven-

marke vorkommen und Bilder bewirken, die allerseits als unerklärlich angesprochen wurden (s. w. u.).

Die wichtigsten Momente der Osmiumwirkung auf myelinogene Extracte sind hiernach folgende: 1. Werden die myelinogenen Extracte ziemlich gleichmässig in Myelinformationen übergeführt; die chemische Verbindung der Säure mit den myelinogenen Extracten vollzieht sich unter Auftreten dieser Formationen, welche aber als transitorische Erscheinungen, dem Vorschreiten des chemischen Processes entsprechend wieder schwinden. 2. Das chemische Produkt (der Rest der zerstörten Myelinformationen) ist hier neben dem Erhärten durch eine schwarze Färbung charakterisirt, wie bei Chromsäure durch eine gelbe, bei Schwefelsäure durch den beschriebenen Farbenwechsel. 3. Wenn die vorhandene Säuremenge zum vollständigen Binden des Materials ungenügend ist, so werden die Myelinformationen nicht durch Schrumpfung zerstört, da sich dann die Wasserwirkung durch theilweise Verflüssigung derselben manifestiren kann.

Neben der myelinogenen Natur des Nervenmarkes sind es diese Momente, auf welche die Erklärung der Osmiumbilder der Markscheide gegründet werden muss.

Die verschiedenen Grade der Concentration, ihre Wirkungsdauer, die Anwendungsweise und der Umstand, dass die vorhandene Säuremenge sich an den Fasern desselben Präparates nicht gleichmässig vertheilt, machen es illusorisch, specielle Vorschriften der einzelnen Bilder anzugeben.

Zur Orientirung in den mannigfachen Erscheinungen wird die Schilderung der beiden Extreme und eines Mittelstadiums der Osmiumwirkung dienen können.

a) Nach mehrtägiger Einwirkung einer grösseren Quantität von 2 % Lösung auf zerzupfte Nerven oder ganze Stämmchen erscheint die Markscheide dunkel schwarz, hart, brüchig, bedeutend verschmälert, unregelmässig gerunzelt und sind die Einkerbungen geschwunden oder nur in kaum erkenntlichen Spuren vorhanden; wahrscheinlich, weil die Schrumpfung mit einem Strecken der einzelnen Glieder einhergeht. Das Bild entspricht den erhärteten, schwarzen Massen, welche von den myelinogenen Extracten nach vollständiger Zerstörung der Myelinformationen übrig blieben. Es ist dies die richtige „Fixation", die vollständige chemische Vereinigung der Säure mit dem Nervenmarke. Aus der Schnittfläche

solcher Nervenfasern treten auch nach Anwendung sehr gut myelinentwickelnder Reagentien, z. B. der Essigsäure, ungefärbte Myelinformationen nicht hervor; denn ungebundenes, noch myelinogenes Nervenmark ist in der Markscheide nicht mehr vorhanden.

b) Beobachtet man (s. das Verfahren bei Wasserwirkung auf Nervenfasern) die unmittelbare Einwirkung von 0,75 % — 1 % Osmiumlösung auf einzelne vorher eingestellte Nervenfasern, so treten aus der Schnittfläche mit langsamer Bewegung einige keulen- oder schleifenförmige, homogene Myelinformationen hervor. Ihre Zahl wie Entwickelungsgeschwindigkeit nimmt bei steigender Verdünnung zu und geht bei 0,5 % in einen trägen Markstrom über, dessen Charakter bei noch stärkerer Verdünnung sich demjenigen des Wassers immer mehr nähert.

Wie die myelinogenen Extracte, so verbindet sich also auch das Nervenmark mit der Osmiumsäure (bei directer Einwirkung auf isolirte Fasern!) unter Entwickelung von Myelinformationen. Bei Anwendung von 0,75 % — 1 % Lösung beschränkt sich diese Entwickelung auf die ersten Augenblicke der Einwirkung und steht mit der auftretenden Färbung alsbald still. Dasselbe gilt für die, durch schwache Osmiumlösungen bewirkten Markströme, insofern die Myelinformationen, welche dieselben bewirken, der Menge der vorhandenen Säure entsprechend, sich mit letzterer verschieden schnell und intensiv verbinden, der Strom sich aber in demselben Verhältnisse verlangsamt resp. stehen bleibt.

c) Zwischen diesen beiden Extremen gleichsam in der Mitte steht die Wirkungsweise, bei welcher die normale Struktur der Nervenfasern vollkommen erhalten bleibt. Dass es sich dabei um eine eigentliche „Fixation", um vollständige chemische Verbindung nicht handeln kann, geht schon aus dem Gesagten hervor. Die Darstellung der Bilder, welche hier in Betracht kommen, ist desshalb Sache der reinen Empirie. Sie gelingt fast nie bei directem Zerzupfen in der Säure, auch bei Behandlung ganzer Nervenstämmchen nicht an jeder Faser. Doch ist letztere am meisten zu empfehlen und zwar nach dem Verfahren Ranvier's (in natürlich gestrecktem Zustande), der jedoch die zu beschreibenden Bilder selbst nicht hervorhob. Die folgenden Resultate wurden durch 6—8stündige Einwirkung von 5—8 ccm einer 1 % Lösung auf 3—4 cm lange Stücke der ischiadici von Kaninchen mittlerer Grösse erzielt.

Die Nervenfasern sind etwas gequollen. Ihr Mark erscheint bei starken Vergrösserungen fein gekörnt (Fig. 4), bei Untersuchung in Wasser bläulich schwarz. Im optischen Längsschnitt präsentirt sich die Markscheide beiderseits als parallel doppelt contourirter dunkler Streifen, welcher durch schräg gestellte, lineare Spalten unterbrochen ist. Von den zwei fein zugespitzten Enden der benachbarten Marksegmente schmiegt sich das äussere an die Schwann'sche Scheide, das innere an den Axencylinder an, welcher bei starker Vergrösserung eine minimale Strecke entsprechend der Einkerbung unbedeckt erscheint, so dass die Unterbrechung also eine durchgehende ist.

Die Osmiumwirkung entspricht hier jenen homogenen Myelinformationen der Extracte, welche aus etwas gequollener myelinogener Grundsubstanz und darin gleichmässig vertheilten, osmiumgefärbten Körnchen bestanden, wie es wohl daraus hervorgehen mag, dass aus der Schnittfläche solcher Fasern z. B. nach längerer Einwirkung von Glycerinwasser noch ungefärbte Myelinschlingen in grosser Zahl hervorquellen; eine Erfahrung, welche auch gegen jene Hypothese spricht, nach welcher die Osmiumtinction auf Färbung chemisch abgespaltener Fetttröpfchen (Kuhnt pag. 449) oder der durch Aether extrahirbaren Bestandtheile des Nervenmarkes (Rumpf pag. 159) beruhen sollte. Die decomponirte „nunmehr fettarme Eiweissmischung" könnte in diesem Falle die myelinogenen Eigenschaften kaum in so vollkommenem Grade beibehalten.

d) Dem geschilderten Mittelstadium der Osmiumwirkung am nächsten stehen jene Bilder, welche durch directes Zerzupfen der Fasern in 0,5 % — 1 % Lösung gewonnen werden. Der Grad der Fixation ist in beiden Fällen so ziemlich gleich (Gegenwart von noch ungebundenem Nervenmarke); nur verkrümmen sich dabei die Lanterman'schen Glieder wellenförmig und werden ihre Endpunkte in die Länge gezerrt; wohl dadurch bedingt, dass bei diesem Verfahren die Quellung und die damit verbundene minimale Bewegung — Dislocation — der Segmente sich mehr gültig machen kann. Auf diese Weise entstehen statt der normalen, bis zum Axencylinder reichenden Einkerbungen, die bei Lanterman (Fig. 2), bei Ranvier (Leç. I. Taf. I. Fig. 5 u. 6) und theilweise bei Kuhnt (Fig. 3, 4, 12) abgebildeten Formen, an welcher die zungenförmig ausgezogenen Endtheile der Segmente am Grunde der Einkerbungen sich an den Axencylinder dermassen anschmie-

gen, „dass es unmöglich ist zu bestimmen, ob die Trennungslinie das ganze Mark betrifft, oder ob nicht doch eine dünne Schicht desselben auf dem Axencylinder auch an den Kerbstellen liegen bleibt.“ (Lanterman l. c. pag. 3.)

c) Die Gruppe der ausgeprägtesten Osmium-Markmyelinformationen fällt zwischen das Mittelstadium und die Strömungserscheinungen. Ihr Typus stimmt im Allgemeinen mit den bandartigen oder fibrillären Formen der Extracte, welche bei geringeren Concentrationen einerseits fixirt (ihre Mantelschichten sind schwach gefärbt) andererseits durch die Wasserwirkung theilweise verflüssigt wurden.

Zu ihrer Darstellung eignen sich Lösungen von $^1/_5$—$^1/_{20}$ %, also Concentrationen, welche bei seitlichem Hinzufliessen im Momente ihrer Einwirkung gleichmässige Markströme von kürzerer Dauer bewirkten. Die Isolation muss darum entweder direct im Reagens vorgenommen oder ganze Stämmchen mit denselben behandelt werden.

Die gewöhnlicheren Bilder, deren Entstehung im Einzelfalle ebenso wenig erklärlich ist, wie diejenige der einzelnen Formen am Rande der Extractscheiben, sind dabei folgende:

Der Körper der Hohlcylinder, Marksegmente, ist gleichmässig fixirt; ihre Endtheile aber in feinste fibrilläre Formationen aufgespalten, die gefärbt, nur den fixirten Zustand jenes fibrillären Kranzes darstellen, welcher als schwindendes Gebilde auch bei Salzlösungen und Pikrinsäure vorkam. — Die Richtung der Fibrillen fällt entweder mehr mit der Axe der Fasern zusammen, bald sind sie nach aussen convex geschwungen und werden in der Tiefe immer mehr quer gestellt. — Das ist die Bedeutung und Entstehungsweise der Bilder, welche neuestens Golgi[1]) auf Grund von Osmiumwirkung als Ausdruck normaler Strukturverhältnisse hinstellte.

Die fibrillären Myelinformationen beschränken sich nicht auf die Endpunkte der Marksegmente, sondern erstrecken sich auf die ganze Länge derselben. Sie sind dann bald zu convexen Linien verbogen und sitzen in Form ineinander gesteckter Blumenkronen an dem Axencylinder, die Einkerbungen aber werden zu verbreiteten, von den Fibrillen überbrückten Spalten (Fig. 6), oder sie

1) Sulla struttura delle fibre nervose midollate etc. Torino 1880, Fig. 5.

ahmen die Form gerader Stäbchen nach, welche den Axencylinder in schräg-radialer Richtung umgeben und sind dann die Lanterman'schen Spalten schmal, linear (Fig. 7). In Folge der sehr unvollständigen Osmiumfixation sind derartige Präparate nicht dauerhaft. Beim Einschliessen in Glycerinwasser kann letzteres die Myelinformationen noch verflüssigen, wobei in der Nähe des Kernes (s. Fig. 6), an den Kerbstellen oder überhaupt in den Interstitien der Fibrillen ganz homogene, verflüssigte Massen erscheinen, mit deren Zunahme die fibrillären Formationen entsprechend schwinden.

Dem letzteren Bilde am nächsten stehen diejenigen, wo die fibrillären Formationen sich sehr dicht gitterartig kreuzen. (Die entsprechende Abbildung wird meiner zweiten Mittheilung beigefügt werden.) Im axialen Theil der Nervenfaser erscheinen sie als sehr feine, etwas verbogene, stellenweise mehr ausgeprägte Querlinien, wodurch sie demselben ein schuppiges Aussehen verleihen können. In Unkenntniss der Osmium-Markmyelinformationen zeichnet Golgi (l. c. Fig. 6) ein solches Osmiumbild und deutet die besagten Querlinien als den, an einfachen Osmiumpräparaten wahrnehmbaren optischen Ausdruck jener Hornspiralfäden, welche sein Schüler Rezzonico[1]) nach combinirter Anwendung der Osmiumsäure mit Ammonium bichromicum und salpetersaurem Silber an der Markscheide von Rückenmarkfasern beschrieb.

Die Mitteltheile der Marksegmente (Hohlcylinder) sind in Myelinformationen von zierlichst verschlungener Röhrchenform, ihre Endpunkte aber in solche von der Gestalt feiner, leicht geschwungener Fasern übergeführt und unvollständig fixirt. Der axiale Theil zeigt dann eine netzförmige Zeichnung, die neben den scharfen Contouren der Formationen als ein verschlungenes Maschenwerk zu erkennen ist. Bei Aufbewahrung solcher Präparate in glycerinhaltigem Wasser schwindet, durch Ausscheidung von Massen der verflüssigten Formationen in die Maschenräume hinein, der netzartige Charakter immer mehr.

Eine andere Form der netzartigen Zeichnung, wo die Fixation mehr gleichmässig ist (d. h. welche nicht von einem Maschenwerke röhrenförmiger Myelinformationen dargestellt wird) beschrieb Lanterman. Zu ihrer Darstellung behandelte er ganze Nerven-

---

1) Sulla struttura delle fibre nervose del midollo spinale. Torino, V. Bona, 1880.

stämmchen 12—24 Stunden lang mit sehr verdünnten (0,008 %) Lösungen, also solchen, wo die die Myelinformationen fixirende Wirkung der Säure und die verflüssigende des Wassers gleichzeitig zur Geltung kommt. Und darin liegt unserer Ansicht nach auch die wahrscheinlichste Erklärung dieser Bilder. Denn, wenn die Ausscheidung der verflüssigten Massen hauptsächlich an den Kerbstellen statt hat, so zeigen sich nur Spuren der netzförmigen Zeichnung (s. Fig. 8, a, b), welche um so ausgeprägter werden, je diffuser sich dieselbe in der Substanz der Lanterman'schen Glieder selbst vollzieht. So entstehen jene Bilder (s. Lanterman's Fig. 2), wo die Interstitien der ausgeschiedenen Tröpfchen mit Osmium gefärbt sind und somit die fragliche Zeichnung bewirken. — Nur so wird jene Beobachtung erklärlich, dass an Nervenfasern, deren im Mittelstadium der Osmiumwirkung fixirte Markscheide keine Spur von netzförmiger Zeichnung bietet, diese bei Einschliessen des Präparates in Glycerinwasser sich oft noch allmählich ausbildet. — Kuhnt's Erklärung, wonach abgespaltene mit Osmium gefärbte Fetttröpfchen die fragliche Zeichnung bedingen, ist hiemit unbegründet; da einmal die Osmiumverbindung mit Abspaltung von Fettkügelchen nicht einhergeht und weil an diesen Bildern eben die ausgeschiedenen Tröpfchen selbst immer ungefärbt erscheinen. Da Golgi in dieser Frage Lanterman beistimmt („e di cui riesce impossibile il dire quale possa essere il significato" l. c. pag. 16), bleibt nur die Vermuthung Rumpf's zu erwähnen, dass es sich hier um Zeichnungen handle, welche etwa von der äusseren Hornscheide Ewald's und Kühne's bedingt seien. Da, wie gleich gezeigt werden soll, diese Voraussetzung unbegründet ist, so fällt die letztere Vermuthung von selbst weg.

Die stäbchenförmige Markstruktur Lanterman's betreffend, welche er auf seine netzförmige Bilder gründete und welche Kuhnt wie Boll, allerdings ohne eine Erklärung zu geben, als Kunstprodukte ansprachen, so brauchen wir wohl nicht besonders hervorzuheben, dass sie auf fixirten Markmyelinformationen beruht und dass die netzförmige Zeichnung als Querschnittsbild der Stäbchen nicht gedeutet werden kann.

E. Das Horngerüst der markhaltigen Nervenfasern.

An peripherischen wie centralen Fasern beschreiben Ewald und Kühne[1]) ein knorriges Gerüst, welches als Stütze für die weichere Markmasse dienen und ein Scheidensystem bilden soll. Letzteres würde aus zwei ineinander gesteckten Röhren bestehen, von welchen die äussere das Mark gegen die Schwann'sche Scheide abschliesst, die innere den Axencylinder umhüllt; beide würden durch verästelte Balken desselben Gerüstes verbunden. In Pepsin und Trypsin fanden sie diese Scheiden, gleich Horngebilden, gänzlich unverdaulich und benannten dieselben darum „Hornscheiden" und deren Substanz „Neurokeratin". Auch scheinen Ewald und Kühne trotz der Vorsicht, mit welcher sie sich über ihr Verhältniss zu den Stilling'schen Elementarröhrchen aussprechen, letztere mit den Balken ihres Horngerüstes gleichzustellen.

Da Kühne in einer neueren mit J. Steiner gemeinsamen Arbeit[2]) die zarte Membran, welche er direct um den Axencylinder sah, mit der Axencylinderscheide der Autoren nicht identificirt (es sei dies eine „neue" Scheide, das Axolemm), so ist damit die früher nur vermuthungsweise ausgesprochene Identität der inneren Hornscheide mit der Axencylinderscheide (Aut.) definitiv behauptet worden.

Ueber die präformirte Existenz hornartiger Gerüste äusserten sich Tizzoni[3]) und Rumpf[4]). Doch konnte ersterer mittelst siedendem Chloroform nur ein diffuses Gerüst gewinnen, welches mit den Einkerbungen in keinerlei Beziehung stehend, die Schwann'sche Scheide berührte, mit dem Axencylinder aber durch Bälkchen am innigsten verbunden sei. Rumpf machte dann darauf aufmerksam, dass die durch Alkohol-Aetherextraction darstellbaren Scheiden noch eine Menge verdaulicher Eiweisskörper enthielten

---

1) „Die Verdauung als histologische Methode". „Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems". Verhandlungen des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg, vol. I, fasc. 5, 1876, pg. 457.

2) „Beobacht. üb. markhalt. Nervenfasern". Unters. aus d. phys. Institute d. Univers. Heidelberg. Bd. III, Heft 1/2 1879, pg. 149—171.

3) „Sulla patologia del tessuto nervoso". Archivio per le Scienze mediche vol. III, fasc. 10, 1878.

4) l. c. pg. 143.

— „hornführende Scheiden“ — und nennt darum nur die Verdauungsprodukte eigentliche „Hornscheiden“.

Gegen präformirte Horngerüste äusserte sich Gerlach[1]) und mit vieler Reserve Hesse[2]), während Fr. Schultze und Rumpf[3]) in einer gemeinsamen Arbeit ihre pathologischen Veränderungen, Unger[4]) selbst ihre Entwickelung an embryonalen Centralfasern verfolgten.

Die Frage nach der Existenz eines präformirten Horngerüstes und nach der Beschaffenheit desselben möge schon hier, in unserer ersten Mittheilung behandelt werden, weil der Verlauf unserer Studien ergeben hat, dass auch in dieser Angelegenheit mehrfache Beziehungen zu den myelinogenen Substanzen und den Myelinformationen bestehen. Zunächst sollen die eigenen Untersuchungen beschrieben werden.

Die eine Hälfte des gespaltenen Froschischiadicus wurde von den daran haftenden bindegewebigen Scheidenresten befreit, davon feine Bündelchen losgetrennt und in gestrecktem Zustande mit fein zerzupften Fasern gleichzeitig der Alkohol-Aetherextraction unterworfen. (24stündiges Verweilen in kaltem Alkohol, 20—25 Minuten langes Erhalten in Siedetemperatur über dem Wasserbade, 24stündiges Liegen in kaltem Aether.)

Die gewonnenen Bilder stimmen nicht zu den Beschreibungen Ewald's und Rumpf's (s. Fig. 9 u. 10). Innerhalb der Schwann'schen Scheide zeigt sich nämlich an Stelle der Markscheide ein einziger, aus stark lichtbrechendem, überall doppelt contourirtem Balkenwerk bestehender Hohlcylinder und darin anstatt eines knorrigen Centralstranges der gleichmässig geschrumpfte, gestreckt verlaufende und vollkommen glatte Axencylinder; letzterer nur nach langer Einwirkung an Färbemitteln, da er sich nach solcher Behandlung nur äusserst schwer färbt (leichter mit Haematoxylin als mit Carmin).

---

1) „Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser“. Tageblatt der 51. Versamml. deutscher Naturforscher u. Aerzte in Cassel. 1878, pg. 261.

2) l. c. pg. 355.

3) „Zur Histologie der Degenerationsvorgänge im menschlichen Rückenmarke“. Centralbl. f. med. Wissenschaft. pg. 657.

4) „Unters. üb. d. Entw. der centr. Nervengewebe“. Sitzungsber. der Akad. d. Wissenschaft. LXXX. Bd. Wien 1879.

Durch Verdauung — wozu wir uns statt des unkäuflichen Trypsins eines nach Hoppe-Seyler's Vorschrift immer frisch bereiteten Pankreas- und Magenschleimhautextractes bedienten, in welchem die Fasern bei Zimmertemperatur wenigstens 12 Stunden verweilten — wurde der materiell grössere Theil der einzelnen Balkenfasern gelöst, und erscheinen dieselben dann als einfach contourirte, immer noch stark lichtbrechende Bälkchen, doch ist auch bei dem nun erleichterten Einblick in die Faserstruktur ein axialer Hornstrang nicht wahrzunehmen (Fig. 11). Nach tagelang fortgesetzter Verdauung erleiden an einzelnen Fasern die Bälkchen theilweise einen körnigen Zerfall und wird damit der netzförmige Charakter des Gerüstes mehr weniger verschwommen (Fig. 12). Noch besser sind diese Verhältnisse an Querschnitten extrahirter Fasern ersichtlich, welche an Stelle der Markscheide einen einzigen etwas eingeschrumpften, durchaus an knorrigem Gerüste gebildeten Ring zeigen, aus dem der Axencylinder herausgefallen ist oder an die Seite gedrängt erscheint, dabei nach längerer Carminwirkung eine centrale rothe Scheibe und einen ungefärbten, schmalen, strukturlosen Saum (Axencylinderscheide der Autoren) zeigt.

Schliesst man nach Rumpf's Verfahren markhaltige Nervenfasern in Chloroform ein, so zersetzt sich neben Entwicklung von Salzsäure und dadurch bedingter, bräunlicher Farbe, dieses Reagens sehr leicht. Wir verfuhren deshalb folgendermassen: zerzupfte Fasern, auch scheidenfreie, ausgespannte, feinste Bündelchen wurden in Chloroform gelegt und dieses in den ersten zehn Stunden mehrmals erneuert. Das Flacon wurde dann mit Tischlerleim verklebt, nach dessen Eintrocknen mit Pergamentpapier verbunden und in einer mit starkem Alkohol gefüllten Schale über Wasserbad 10—20 Minuten in Siedetemperatur erhalten; dann Auswaschen und Färbung. Nach gelungener Extraction ergaben dabei die feinsten gespannten Faserbündel die besten Bilder.

Von einem diffusen Gerüstwerke, wie es Tizzoni abbildet, oder von zwei in einander gesteckten Röhren, wie solche nach Rumpf eben bei diesem Reagens am besten ersichtlich seien, ist nichts wahrzunehmen; vielmehr zeigen sich Bilder, wie sie Koch[1]) nach einer mit Silber combinirten Anwendungsweise des Chloro-

1) „Zur Kenntniss d. markhalt. Nervenfasern". Tageblatt der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte (1878), pg. 262.

forms sah, die jedoch bisher noch nicht bestätigt wurden. — Zwischen Axencylinder und Schwann'scher Scheide sind zierliche trichterartige Gebilde ausgespannt und ist der Nervenschlauch im übrigen leer oder von feinsten Körnchen gleichmässig erfüllt. Die Trichter färben sich mit Carmin schwach rosaroth, bestehen aus einer äusserst zarten, sehr fein gekörnten Lamelle. Ihre breiteren, an vielen Stellen scheinbar zackigen Oeffnungen legen sich an die Schwann'sche Scheide an, während die stumpfspitzigen Enden den Axencylinder umfassen und entsprechen somit diese Trichter ihrer Lage und Anordnung nach vollkommen den Lanterman'schen Markunterbrechungen. Ihre Substanz und nähere Beschreibung betreffend wird auf den II. Theil unserer Untersuchung verwiesen, wo auch die nöthigen Abbildungen beigefügt werden sollen.

Nur bei schlecht gelungener Chloroformextraction (tagelanges Liegen im kalten Reagens, ungenügendes Kochen) bleiben schuppen- oder lamellenartige Reste des ungelösten Nervenmarkes zurück, können stellenweise auch eine netzförmige Zeichnung vortäuschen, welche die Regelmässigkeit der Alkoholbilder nie erreicht.

Zerzupft und untersucht man frische Nerven direct in Chloroform, so erscheint die Markscheide in gelblich-grünlichem, der Axencylinder und die Einkerbungen in röthlichem Farbenton. Die in dem kalten Reagens löslichen Theile des Markes erscheinen als glänzende Tröpfchen in demselben, welche zusammenfliessen und theilweise durch die Schwann'sche Scheide hindurchsickern. Der nicht gelöste Theil bildet bei gleichzeitigem Verschwinden der Markunterbrechungen unregelmässige, krümmliche Massen, oder bleibt an der Innenfläche der Schwann'schen Scheide als feine Schicht liegen, an welcher die Spindel- oder Schuppenform der Marksegmente noch erkannt werden kann. Bilder, wie sie die Alkohol-Aetherextraction ergab, können auf diese Weise nicht gewonnen werden, vielmehr werden an einzelnen Stellen die erwähnten Trichter in Form feiner Querlinien — wie sie Lanterman nach Alkamin-Terpentinbehandlung als seinen Markunterbrechungen entsprechend schon abbildete (l. c. Fig. 3) — oder im optischen Längsschnitt als gegen den Axencylinder convergirende Spalten sichtbar. Stellenweise können sie auch stereoskopisch erkannt werden und sind jene selteneren Fälle lehrreich, wo an herausragenden Axencylindern die zarten Lamellen freiliegender Trichter theilweise oder vollständig anhaften.

Bei unmittelbarer Untersuchung frisch zerzupfter Fasern in einer 4% Lösung des chemisch reinen glycocholsauren Natron's, von welchem Ewald und Kühne behaupten, dass es das Mark entfernen und also ohne coagulirende Einwirkung das bekannte Alkoholbild darstellen soll, entsteht ein Boll'sches Zersetzungsbild, d. h. das Mark wird langsam in Myelinformationen überführt, welche durch Verdauungsflüssigkeiten nur insofern verändert werden, als letztere die fibrillären Formationen in abgeschnürte weiter überführen. — Bei fortgesetzter Maceration der Nervenfasern, wie solche nach Ewald's Angaben in dieser Flüssigkeit bis zum 15. Tage verfolgt wurde, verflüssigen sich theilweise die Myelinformationen und erscheinen die ungelösten Massen als fein gekörnter Detritus. — Feine Bündel von Nervenfasern werden dabei immer weicher (zuletzt von gelatineartiger Consistenz), während die Darstellung von „Hornscheiden" mittelst Alkohol-Aetherextraction mit einer Erhärtung der Fasern einhergeht. Nie gelang es uns auch bei dieser Anwendungsweise ein Balkengerüst zu „isoliren".

Was die Angaben Rumpf's betrifft, der für die präformirte Existenz der Hornscheiden einen gewichtigen Beweis darin erblickt, dass dieselben in viel regelmässigerer Zeichnung auch durch Wasser dargestellt werden könnten, so ist auf das schon bei der Wasserwirkung auf Nervenmark Gesagte zu verweisen. Was Rumpf hier für Hornscheiden erklärt, sind jene Markmyelinformationen, welche nach Beendigung des Markstromes in der Schwann'schen Scheide zurückbleiben. Dieselben für ein stützendes Gerüst des Markes zu erklären, wäre gleichbedeutend mit der Behauptung, dass die aus myelinogenen Extracten entwickelten fein fibrillären Myelinformationen (s. Fig. I) eine präformirte Struktur der letzteren seien.

Es geht aus diesen Detailuntersuchungen hervor, dass die Alkohol-Aetherextraction die einzige Methode ist, welche das regelmässige Bild des knorrigen, stark lichtbrechenden Balkengerüstes darzustellen vermag.

Gegen die praeformirte Existenz der Hornscheiden sprechen dann

a) die Bilder, welche nach vollkommener Verdauung der Schwann'schen Scheide auftreten, zu welchem Zweck eine grössere Quantität unserer frisch bereiteten Verdauungsflüssigkeiten bei

Zimmertemperatur wenigstens 12—24 Stunden auf fein zerzupfte Fasern einwirken musste. Das Nervenmark wird in homogene, würstchenartig verschlungene Myelinformationen überführt, welche sich, entsprechend dem Glyceringehalte der Verdauungsflüssigkeiten langsam nach der Oberfläche der Fasern entwickeln, um dann als freie kuglige Körper sich abzuschnüren (Fig. 14) — ein Process, der bei Gegenwart einer äusseren Hornscheide diese Form nicht annehmen könnte.

Die Angabe Ewald's und Kühne's, nach welcher die der Schwann'schen Scheide beraubten Nervenfasern „die fliessenden Bestandtheile des Markes nicht überall seitlich austreten lassen", vielmehr wegen der äusseren Hornscheide „auf längere Strecken heil und glatt bleiben", bezieht sich eben auf Fasern, deren Schwann'sche Scheide unvollständig gelöst war, wie dies bei dem Verfahren genannter Forscher (Verdauung unter dem Deckgläschen bei directer Beobachtung) allerdings der gewöhnliche Fall ist [1]). —

Das Nervenmark scheint übrigens bei kürzerer Einwirkung von den Verdauungsflüssigkeiten chemisch nicht angegriffen zu werden, — (nur bei langer Einwirkung verflüssigen sich die beschriebenen Myelinformationen) — denn es behält seine sämmtlichen Reactionen, auch seine myelinogene Natur und schützt an vielen Punkten den Axencylinder gegen die verdauende Einwirkung. Das für die präformirte Existenz der Hornscheiden von Ewald und Kühne angeführte Argument, dass dieselben auch unter umgekehrten Verhältnissen dargestellt werden könnten, indem man die Nerven erst verdaut und dann mit Aether-Alcohol behandelt, verliert dadurch seine Beweiskraft.

b) Die fixirten, fibrillären Formen der Osmiumbilder (s. Fig. 6

---

1) Anknüpfend an diese Beobachtung möchten wir hier auf die irrige Ansicht betreffend die Consistenz des Nervenmarkes hinweisen, da es in den Handbüchern als ausgemacht betrachtet wird, dass dieselbe eine zähflüssige sei. So erklärt z. B. Ranvier (Leçons I, 151), dass seine Schnürringe unter anderem da wären, um das Herabfliessen und die Anhäufung des Markes an den tiefst gelegenen Punkten zu verhindern. Die Parallelversuche scheinen es nämlich zu beweisen, dass das Mark eine fest weiche Consistenz besitzt, etwa wie halb eingetrocknete, myelinogene Extracte, nur viel homogener und stärker lichtbrechend, und dass das scheinbare Fliessen desselben nur als jene Bewegung zu betrachten ist, welche das beim Uebergang in Myelinformationen auftretende Quellen unzertrennlich begleitet.

und Fig. 7), welche dadurch, dass sie gleichsam die feinste anatomische Zergliederung der Markscheide bewirken, einen Einblick in die Markstruktur gewähren; sie lassen jedoch von dem Balkengerüst keine Spur erkennen. — Ebenso fehlen dieselben an den erweiterten Lanterman'schen Einkerbungen, wo sie nach Rumpf vorhanden nur unsichtbar sein sollen und sucht er dies dadurch zu beweisen, dass die Alcohol-Aetherextraction an solchen Fasen das Balkenwerk noch darstellt. Abgesehen davon, dass es wenig verständlich ist, wesshalb das durch seine doppelten Conturen und seine starke Lichtbrechung so leicht erkenntliche Gerüst, wenn überhaupt normal vorhanden, an diesen Stellen unsichtbar sei, ist dagegen hervorzuheben, dass seine Darstellung nur nach sehr unvollständiger Osmiumfixation des Nervenmarkes gelingt, in diesem Falle aber das Balkengerüst entsprechend der schwachen Osmiumtinction des Nervenmarkes bräunlich gelb erscheint.

c) Die Resultate der beschriebenen Parallelversuche. Wären präformirte Horngerüste im Nervenmark vorhanden, so hätten sie bei der Ueberführung des Markes in Myelinformationen, welche durch die gleichzeitige Aufspaltung des Markes gleichfalls einen Einblick in die Struktur der Markscheide gewährten, nicht unsichtbar bleiben können.

Durch die drei letzteren Beobachtungen muss der obige Satz dahin modificirt werden, dass die Ewald-Kühne'schen „Hornscheiden" nur das specifische Resultat der Alkoholätherextraction darstellen. Direct spricht dafür der schon von L. Gerlach (l. c.) hervorgehobene Umstand, den wir bestätigen können, dass sich der Charakter des Netzes nach den verschiedenen Anwendungsweisen des Alcohols ändert. Viel enger und mehr gekörnt erscheint es bei schnellerer und kurzdauernder Application als bei andauernder Einwirkung derselben.

Behandelt man die aus dem Nervenschlauche herausgetretenen Markmyelinformationen unter dem Deckgläschen direct mit Alcohol, wie dies schon Hesse that, so schrumpfen dieselben binnen weniger Sekunden zu dem bekannten aus anastomosirenden Bälkchen bestehenden, nur mit wenig Körnchen gemengten Maschenwerk zusammen. Das „Horngerüst" kann hiemit auch ausserhalb der Schwann'schen Scheide dargestellt werden.

Da myelinogene Extracte (S. Parallelversuche) sich in kaltem Alkohol und Aether vollständig lösen, weist die specifische Wirkung dieser Reagentien auf Nervenmark, auf eine abweichende chemische Constitution des letzteren hin. Es hängt dieser Umstand mit der Frage über die chemische Natur des Kühne'schen Balkenwerkes zusammen.

Für Hesse's Annahme, dass durch Alkohol im Nervenmarke diffus vertheilte keratoide Substanzen (Neurokeratin) gefällt werden, fehlen einstweilen jegliche Anhaltspunkte und liegt es wohl am nächsten die Alkoholwirkung auf eiweissartige Bestandtheile des Markes zu beziehen. Für die hornartige Natur dieser Producte spricht ihre scheinbare Unverdaulichkeit. Doch scheinen dagegen, neben dem Mangel chemischer Untersuchungen des Nervenmarkes — wir wissen ja weder ob es Nuclein enthält, noch ob dasselbe durch combinirte Einwirkung der Hitze und des Alkoholaethers seine Löslichkeit in dünnen Alkalien verliert — folgende Bedenken nicht ungerechtfertigt:

Da, wie schon Rumpf richtig bemerkte, durch Verdauung der grössere Theil der einzelnen Balkenfasern eingeschmolzen wird, müsste man annehmen, dass dieselben aus einer verdaulichen, eiweissartigen Mantelschicht und keratoider Axe aufgebaut seien. Bei lange fortgesetzter Verdauung konnte aber an einer geringeren Zahl von Fasern der körnige Zerfall selbst dieser Bälkchen und damit ein mehr minder ausgesprochener Schwund des netzartigen Charakters festgestellt werden und zwar an um so zahlreicheren Fasern, je schwächer der Alkohol und von um so kürzerer Dauer seine Einwirkung gewesen war. — Auch Blutkörperchen konnten durch lange Alkoholbehandlung, darin vorgenommenes Auskochen, dann Aetherwirkung theilweise unverdaulich gemacht werden. —

Gegen die keratoide Natur des Netzes spricht ferner, dass es sich mit Pikrinsäure oder Pikrocarmin nicht färbt und dass nach vorhergehender 48 stündiger Behandlung mit reiner oder auch ziemlich diluirter (bis 2 %) Essigsäure die Alkohol-Aetherextraction das Balkengerüst nicht mehr darstellt; endlich die myelinogene Natur desselben. Die Eindickung des zur Extraction gebrauchten Alkohols ergibt nämlich eine schmierige Masse, welche sehr leicht (schon durch Wasser, — Salzlösungen) in charakteristische Myelinformationen überführt wird; die Balken des Gerüstes werden aber nur durch concentrirte Schwefelsäure, — Alkalien

und hauptsächlich Salpetersäure (noch mehr bei höherer Temperatur derselben) zur Quellung gebracht, wobei dieselben eine blasse, myelinartige Lichtbrechung annehmen. — Das homogene Nervenmark wurde also durch Alkoholextraction in zwei Theile geschieden: in die extrahirte und in die, in netzförmiger Anordnung zurückbleibende Substanz, von welchen letztere minder ausgesprochene myelinogene Eigenschaften besitzt als erstere.

Die Consequenz der specifischen Alkoholwirkung auf Nervenmark ist, dass die Anordnung des dargestellten Gerüstes jedesmal der Form entspricht, in welcher sich das Mark im Momente der Einwirkung befand.

Ist es am Schnürringe zurückgedrängt worden, so erscheint das Gerüst daselbst entsprechend unterbrochen (Tizzoni) und umgekehrt. Aber auch im letzteren Fall ist es nicht statthaft den Ring von zwei Scheiden passiren zu lassen, wie es Rumpf that, oder sie als parallel gestreift zu schildern, wie es Kühne und Steiner beschreiben.

Das Bild des einzigen, aus besagten Bälkchen bestehenden Hohlcylinders, wie nach Alkohol-Aetherextraction die Kühne'schen Hornscheiden uns immer erschienen, erleidet nur dort eine Modification, wo beim Zerzupfen die Markscheide in irgend welcher Weise verletzt worden war. Wurde z. B. das Mark theilweise ausgepresst und blieb eine Mantelschicht desselben auf dem Axencylinder haften, so kann das Balkengerüst nach Alkoholbehandlung an diesen Strecken auch um den Axencylinder herum erscheinen[1]).

Von demselben Gesichtspunkte aus ist auch der Befund Friedr. Schultze's und Rumpf's, die Veränderungen des Neurokeratins bei Degeneration von Rückenmarksfasern betreffend, zu beurtheilen.

---

1) Die Angabe Ranvier's (l. c. T. I, 124), dass sich die Axencylinder der Nerven von Torpedo mit Osmium schwarz färben, beruht unserer Meinung nach auf demselben Vorgange. An Nerven des Menschen, verschiedener Säugethiere und des Frosches kann man sich nämlich überzeugen, dass bei streckenweiser Abstreifung des Markes eine den Axencylinder umgebende dünne, dunkel gefärbte Schicht nach Osmiumbehandlung am schwierigsten entfernt wird. Dem Grade des Abstreifens dieser Schicht entsprechend erscheint dann der Axencylinder im optischen Längsschnitt entweder als durchaus dunkler oder nur beiderseits von dunklen Randcontouren begrenzter heller Strang.

Wenn sie fanden, dass nur soviel Neurokeratin in den degenerirten Abschnitten des Rückenmarkes übrig blieb, als der restirenden, geringen Anzahl von Nervenfasern entspricht und daraus den Schluss ziehen, dass das Horngewebe durch den pathologischen Process (chronische Entzündung) völlig aufgelöst und zum Verschwinden gebracht wird: so besagt dies nichts anderes als dass ihr Verfahren — die Alkoholaetherextraction — das Gerüst eben nur dort darstellt, wo noch Nervenmark vorhanden war.

Aus der Angabe Ewald's und Kühne's, dass „sich dasselbe (das Horngerüst) vorfindet, wo das Mark nach der Durchschneidung am Lebenden zerfällt und zu schwinden beginnt" ist es nicht ersichtlich, ob dabei ein directes oder nur durch die Alkohol-Aetherextraction gesetztes Auftreten desselben verstanden werde. Entsprechende Untersuchungen ergaben uns, dass an peripherischen Theilen durchschnittener Fasern in den ersten zwei Wochen der Waller'schen Degeneration keine Spur eines solchen Netzes erscheint; dasselbe durch Alcohol-Aetherbehandlung nur dort und in solcher Quantität darstellbar ist, wo und in welcher Menge Nervenmark noch vorhanden war. — In späteren Stadien der Degeneration (über den 15.—20. Tag hinaus, bei Säugethieren) zeigen sich sehr selten vereinzelte Nervenfaserstrecken, welche sich auf die Ewald-Kühne'sche Angabe beziehen lassen. An solchen Stellen, wo das Nervenmark bis auf vereinzelte krümlige Massen vollständig geschwunden und die Schwann'sche Scheide von, in diesem Stadium gewöhnlich parallel gestreiftem Protoplasma gleichmässig erfüllt ist, — ist dann die parallele Streifung des letzteren durch ein enges, längliches Maschenwerk mehr minder verdrängt, dessen sehr zarte, einfach contourirte Bälkchen (S. Fig. 16) der starken Lichtbrechung des Alkohol-Aethergerüstes entbehren und in Verdauungsflüssigkeiten schnell und vollständig gelöst werden. (Auch direct unter dem Deckgläschen.) Diese Bälkchen sind hiemit echt protoplasmatischer Natur und ist das Entstehen der Netze durch Locomotion der Wanderzellen resp. der vermehrten Zellen der Schwann'schen Scheide in dem Protoplasma zu erklären.

Es sei uns gestattet hieran einige Bemerkungen über die Stilling'schen Elementarröhrchen zu fügen, da wir Ewald und Kühne zur Stütze der praeformirten Existenz ihrer Hornscheiden sich auf

dieselben berufen sahen und weil ihre Bedeutung bis jetzt eigentlich unerklärt geblieben ist.

Die herrschende Annahme, dass Stilling's Angaben sich ausschliesslich auf Chromsäurepräparate beziehen, entspricht kaum jener Umsicht, mit welcher er selbst die möglichen Zweifel und Einwendungen gegen seine Lehre kritisch beleuchtete. (S. Schlusswort p. 136—144 l. c.) In der That hat er seine Schlüsse nicht nur aus Präparaten gezogen, die in den verschiedensten Concentrationen der Chromsäure gehärtet wurden, sondern auch aus ganz frischen, mit verschiedensten einfachen Reagentien oder ohne Zusatzflüssigkeiten untersuchten Fasern. Unter diesen Bedingungen konnte er im Wesen einheitliche Bilder nachweisen, die ihn zur definitiven Begründung der damals ganz vergessenen Fontana'schen Lehre, wonach das Mark aus lauter gewundenen Röhrchen (cylindres tortueux) bestehe, wie er meinte, vollständig berechtigten. — Was er darunter verstand, ist nach unseren bisherigen Studien durch Einblick in Stilling's Originalwerk leicht ersichtlich. Aus der grossen Zahl der betreffenden Thatsachen soll z. B. folgende herausgegriffen werden. Bei der Discussion der Henle'schen Markgerinnung sagt er von den „Gerinnungskügelchen" des inneren Saumes: „Was Henle hier als Kügelchen beschreibt und als solche zeichnet, sind helle Räume, die durch eine gewundene Strecke von Elementarröhrchen umgrenzt werden" — weiter „Der Stiel der angeblichen Kügelchen ist gleichfalls nur eine kleine Strecke eines Elementarröhrchens" u. s. w. (pg. 31 Ueb. den Bau d. Nerv. prim. Faser Frankfurt 1856). — Es ist einleuchtend, dass hier jene schlingenförmigen Markmyelinformationen des inneren Saumes verstanden werden, deren langsames Heranwachsen und endliche Abschnürung bei den postmortalen Erscheinungen sohon beschrieben wurde. Die „cylindres tortueux" Fontana's und die damit von Stilling selbst indentificirten Elementarröhrchen sind sonach nichts weiter als Markmyelinformationen. Da, soweit wir die Frage studirten, ausser den unmittelbar schrumpfenden Mitteln (Alkohol, concentrirte Salzlösungen) dann Chloroform, Aether, Mittelstadium der Osmiumwirkung u. s. w. nur ausnahmsweise sich solche Reagentien vorfinden, welche das Mark früher oder später in die so mannichfachen Myelinformationen nicht überführen, so ist es verständlich, dass Stilling unter verschiedensten Einwirkungen ohne Zwang Beweise für seine Lehre beibringen konnte.

Was nun die Chromsäurebilder betrifft, deren sich Stilling allerdings am meisten bediente, so gehören sie, einigermassen gleich den Osmiumbildern, zu den fixirten Markmyelinformationen. Diese Säure, sowie ihre Salze (auch Müller'sche Flüssigkeit) überführen nämlich, wie es die directe Beobachtung unter dem Mikroskope lehrt, das Mark in Myelinformationen, welche sie bei dauernderer Einwirkung neben gelber Färbung erhärten. Damit ist aber auch schon ihr wesentlicher Unterschied von den Alkoholaetherbildern angedeutet; da Alkohol das Nervenmark in Myelinformationen nicht überführt, dasselbe direct schrumpfen macht, theilweise löst und den ungelösten Theil in einer allerdings ziemlich regelmässigen Form zurücklässt.

Diese Wirkung der Chromsäure wie ihrer Salze manifestirt sich auch an „in toto" erhärteten Rückenmarks- oder Gehirntheilen deren Mark sie nicht als solches sondern in Gestalt von Myelinformationen erhärten. (Daher jene geringe Quellung und Erweichung, welche nervöse Theile anfangs in diesen Flüssigkeiten erleiden.) Nur sind letztere von detritusartigen Klümpchen um so mehr verunreinigt, je concentrirter die gebrauchten Lösungen, ausserdem um so reiner und ausgeprägter, je directer die Einwirkung auf die einzelnen Fasern war. — Darüber belehrt am einfachsten eine Vergleichung von Fasern der Spinalwurzeln eines, in besagten Reagentien erhärteten Rückenmarkes mit denjenigen des letztern selbst. Eine solche, in Müller'scher Flüssigkeit erhärtete Spinalwurzelfaser zeigt uns Fig. 15, wo die fibrillären doppelt- (an der Zeichnung einfach-) contourirten Markmyelinformationen ganz körnchenfrei sind, stellenweise (a, b, c, d,) auch der Ausdruck der Lanterman'schen Gliederung und überhaupt die Verschiedenheit des Typus von demjenigen der Aetheralkoholbilder gut ersichtlich ist. Die theilweise Unverdaulichkeit dieser erhärteten Markmyelinformationen ist der einzige Punkt, den sie mit den Aetheralkoholbildern gemein haben und welcher nach schon angedeuteten Gesichtspunkten beurtheilt werden muss. — Wenn also Lanterman[1]) von Stilling's Elementarröhrchen sagt: „Jetzt weiss ich nach Einsicht des Stilling'schen Originalwerkes sehr wohl, dass seine Röhrchen, wie Mc. Carthy richtig bemerkt, durchaus nichts mit der von mir und Mc. Carthy beschriebenen Stäbchenformation

1) l. c. pg. 3.

zu thun haben", so haben uns unsere Studien eben zur entgegengesetzten Auffassung geführt. Beides sind fixirte Myelinformationen des Markes, obschon diejenigen des Osmiums sauberer, minder erhärtet und mit Körnchen nicht so gemengt sind, wie diejenigen der Chromsäure.

Auch die Angaben Manthner's[1]), welcher als normale Struktur an mit Ammonium bichromicum behandelten Rückenmarksfasern eine, seither allgemein constatirte, mehr weniger vollkommen concentrische Schichtung des Markes — und diejenigen Ranvier's[2]), der nach Osmiumbehandlung dieselbe an peripherischen Fasern, als Querschnitte der Lanterman'schen Einkerbungen beschrieb, sind der Ausdruck von fixirten Markmyelinformationen, wobei sich von den morphologisch wesentlichen Momenten ihrer Erscheinung hauptsächlich die Schichtenspaltung manifestirte. Wären sie an Osmiumpräparaten der Ausdruck querdurchschnittener Einkerbungen, so müsste, was schon der Aufmerksamkeit Hesse's nicht entging, im gleichen Niveau nur ein einziger heller Ring erscheinen. —

Nach besagten Gesichtspunkten müssen endlich auch die Untersuchungen Unger's (l. c.) beurtheilt werden, der neben Annahme präformirter Hornscheiden an embryonalen Centralfasern auf Grund erhärteter Schnittpräparate nachzuweisen sucht, dass das Auftreten des Horngerüstes vor demjenigen des Markes statt hat. Man darf eben nicht vergessen, dass nach Erhärtung mit Chromverbindungen nicht das Mark, sondern nur seine fixirten Myelinformen zu Gesicht kommen, deren Quantität, wie es degenerirte Fasern bewiesen, der vorhandenen Markmenge correspondirt. Die Abbildungen Unger's (s. z. B. Fig. 6 Taf. II) zeigen entsprechend dem geringen Markgehalte sich entwickelnder Fasern in der That nur ein spärliches, unvollständig geschlossenes Netz, aus dessen Unregelmässigkeit auf Anwendung von Chromverbindungen geschlossen werden muss. —

---

1) Beiträge z. Kenntn. d. morph. Elemente d. Nervensyst. Sitzungsber. d. wiss. Akademie Wien. Bd. XXXIX.

2) l. c. Bd. I, pg. 92 u. Taf. II. Fig. 7.

Erklärung der Tafel X.

Fig. I. Ein Theil des am Rande einer myelinogenen (Eidotter) Extractscheibe dargestellten Myelinkranzes nach 60stündiger Wasserwirkung; im Zerfliessen begriffene Myelinformationen (Becherformen an der Peripherie) Hartn. Ocul. 3, Obj. 4.

Fig. II. Aus der Schwann'schen Scheide herausgetretene Markmyelinformationen nach 60stündiger Wasserwirkung. Die im Zerfliessen begriffenen Markmyelinfäden bilden ein aus verkrümmten Fäden bestehendes, mit Körnchen sehr dicht durchsetztes Netz. Hartn. Ocul. 3, Obj. 7.

Fig. III. Postmortale Nervenmark-Myelinformationen in Form verschlungener Röhrchen (Stilling's Elementarröhrchen); aus dem Hundeischiadicus 14 Stunden nach dem Tode in 1 % Osmium erhärtet. Hartn. Ocul. 3, Obj. 8 (herausgez. Tubus).

Fig. IV. Mittelstadium der Osmiumwirkung; Markscheide in physiologischer Form fixirt; Einkerbungen linear und bis zum Axencylinder vordringend. (Kaninchenischiadicus mit 1 % Osmiumsäure in toto 8 Stunden lang behandelt.) Hartn. Ocul. 3, Obj. 8 (herausgezogener Tubus).

Fig. V. Zur Erklärung des Mittelstadiums der Osmiumwirkung; das ungebundene, noch myelinogene Mark durch dauernde Glycerin-Wassereinwirkung in fibrilläre Myelinformationen überführt, welche aus der Schnittfläche hervorquellen. Hartn. Ocul. 3, Obj. 7.

Fig. VI. Durch Osmiumsäure bewirkte und theilweise fixirte Markmyelinformationen; totale Aufspaltung der Lanterman'schen Glieder; Ausscheidung der verflüssigten Formationen in der Nähe des Kernes. (Directes Zerzupfen in $^1/_4$ % Säurelösung, Pikrocarmin, Einschluss in Glycerin-Wasser, um die weitere Verflüssigung zu verfolgen.) Chevalier Ocul. 2, Obj. 7 (halbherausgezogener Tubus).

Fig. VII. Osmium-Mark-Myelinformationen in Stäbchenform, mit linearen Einkerbungen; aus einer amputirten unteren Extremität (Mensch). (Directes Zerzupfen in 0,25 % Osmiumsäure, Pikrocarmin, Glycerin-Wasser.) Hartn. Ocul. 3, Obj. 8.

Fig. VIII. Verbreiterte Einkerbungen, an deren Grund die zungenförmig verlängerten Endtheile der Lanterman'schen Glieder sich an den Axencylinder anschmiegen, daselbst unvollständige Ausscheidung der verflüssigten Theile und darum bei „a" und „b" nur Spuren der Lanterman'schen Netzzeichnung. (Kaninchenischiadicus in 0,5 % Osmiumsäure direct gezupft, Auswaschen, Carmin, Einschluss in Glycerinwasser.) Hartn. Ocul. 3, Obj. 8.

Fig. IX. Alcohol-Aetherextraction scheidenfreier feinster Stämmchen des Froschischiadicus im gestreckten Zustande; Pikrocarmin 6 Stunden,

Axencylinder ungefärbt. — Das richtige Bild des Ewald-Kühne'schen Netzes (welches, da Tizzoni's Abbildung wenig treu, Ewald, Kühne und andere aber keine Abbildungen geben, eigentlich richtig noch nicht abgebildet ist); Bälkchen doppelt contourirt. Die Faser ist von anhaftenden intrafasciculären Bindegewebsfibrillen umgeben; a, b, deren längliche Kerne; c geschrumpfter Kern der Schwann'schen Scheide. Hartn. Ocul. 3, Obj. 8.

Fig. X. Dasselbe wie Fig. IX; der Axencylinder schwach gefärbt durch über 24stündiges Einwirken von Pikrocarmin. Mangel einer inneren Scheide resp. eines knorrigen Centralstranges. Dieselbe Vergrösserung wie Figur IX.

Fig. XI u. XII. Mit Aether-Alcohol extrahirte Nervenfasern über 24 Stunden lang mit Pepsin verdaut (Einwirken einer grossen Quantität der Verdauungsflüssigkeit bei Zimmertemperatur). Die Bälkchen einfach contourirt und bei XII theilweise körnig zerfallen, wo dann auch der netzförmige Character verschwommen ist.

Fig. XIII. Querschnitt mittelst Alcoholaether extrahirter Nervenfasern. — Das Netzwerk erscheint in Form eines Ringes. An Stelle einer inneren Scheide der röthlich tingirte Axencylinder, mit seiner ungefärbten (Mauthner'schen) Scheide. (Prolongirte Einwirkung von Pikrocarmin, Glycerin). Dieselbe Vergrösserung.

Fig. XIV. Frische Nervenfaser aus dem Froschischiadicus nach vollkommen verdauter Schwann'scher Scheide. Nervenmark in würstchenförmig verschlungene homogene Myelinformationen überführt, welche sich ungestört nach der freien Oberfläche hin entwickeln; Mangel einer äusseren „Hornscheide". Dieselbe Vergrösserung.

Fig. XV. Nervenfaser aus einer drei Monate mit Müller'scher Flüssigkeit behandelten Spinalwurzel eines Kalbes. Erhärtete Markmyelinformationen, körnchenfrei, die Lanterman'sche Gliederung stellenweise noch angedeutet (a, b, c, d). (Die doppelt contourirten, leicht gelb gefärbten Fibrillen sind in der Zeichnung einfach contourirt und uncolorirt.) (Stilling's Elementarröhrchen.) Chevalier Ocul. 2, Obj. 7, herausgezogener Tubus.

Fig. XVI. Faser aus dem peripherischen Theil eines durchgeschnittenen Kaninchenischiadicus am 14. Tage der Waller'schen Degeneration; das im übrigen fein gestreifte Protoplasma hier netzförmig angeordnet.
a) = Reste des Nervenmarkes in Form von Myelinformationen;
b) = Gruppe von vermehrten Kernen.

Fig. 5.

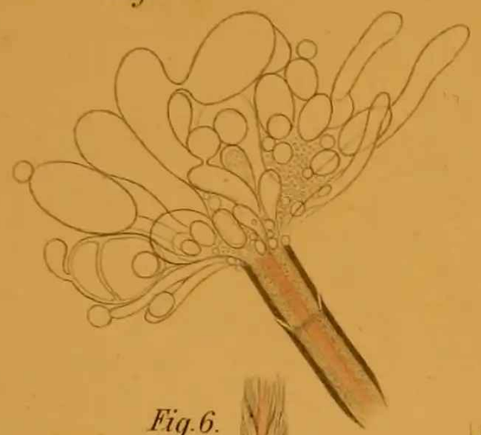


Fig. 6.



Fig. 15.

Fig. 8.



Fig. 14.

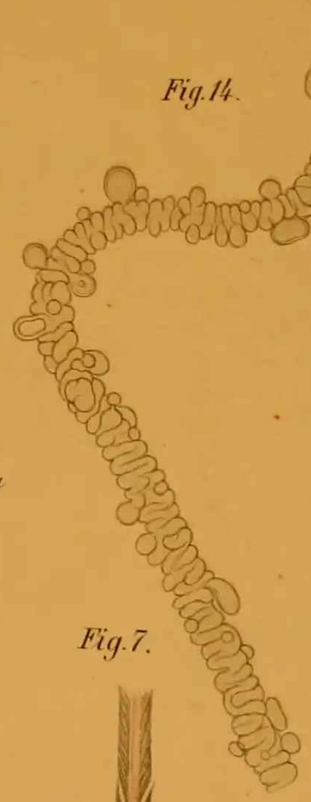


Fig. 7.



Fig. 13.

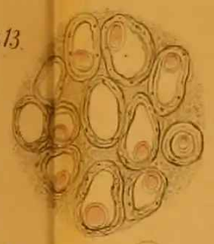


Fig. 1.

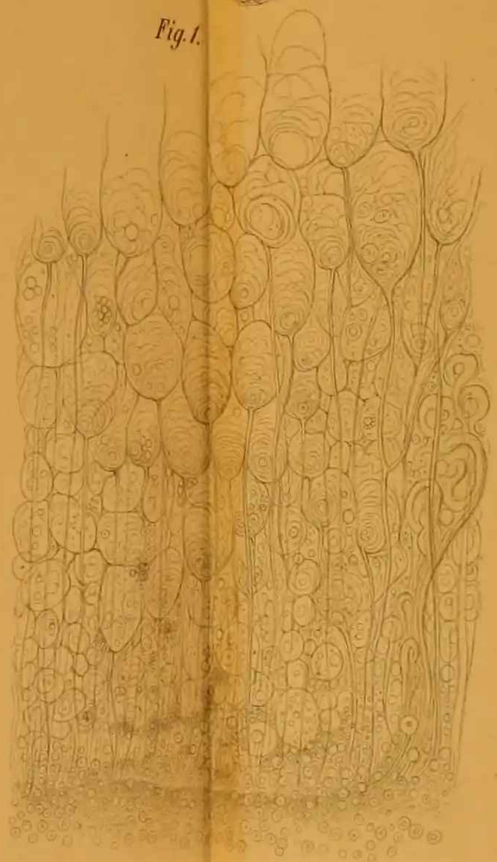


Fig. 2.



Fig. 4.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 16.



Fig. 12.



Fig. 11.



Fig. 3.



Wittmaack, gez.

Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig