

**from the library of Helmut Kettenmann**

**Max Delbrück Center for Molecular Medicine**

**Berlin-Buch**

scanned by Lucas Kettenmann

**ZEITSCHRIFT**  
FÜR  
**RATIONELLE MEDICIN.**

---

REDIGIRT UND HERAUSGEGEBEN

VON

**Dr. J. HENLE,**  
Professor der Anatomie in Göttingen,

UND

**Dr. C. v. PFEUFER,**  
Königl. Bair. Ober-Medicinalrath und Professor der speciellen Pathologie und Therapie  
und der medicinischen Klinik in München.

---

**Dritte Reihe. XXXIV. Band.**

---

Mit 13 Tafeln.



**LEIPZIG & HEIDELBERG.**  
**C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.**

1869.

# Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems.

Von

**J. Henle und F. Merkel.**

(Hierzu Taf. III.—VI.)

Schon im Jahre 1854 <sup>1)</sup> machte R. Wagner den Versuch, die feinkörnige Masse der Hirnrinde aus der Reihe der wesentlichen Elemente der Centraltheile zu entfernen, indem er sie für ein das Bindegewebe ersetzendes Bett der Blutgefässe, für ein Medium der Separation der Ganglienzellen untereinander und von den Blutgefässen erklärte. Er wollte indess damit der Ansicht des Einen von uns <sup>2)</sup>, dass nämlich die histologisch und chemisch mit dem Inhalte der Ganglienzellen übereinstimmende Masse eine Art Matrix für die Bildung der Ganglienzellen sei, nicht entgegenreten und gab zu, dass sie möglicherweise beide Zwecke erfülle. Später <sup>3)</sup> nahm er, vorzugsweise auf Grund seiner Untersuchungen über die Nerven- ausbreitung in den elektrischen Organen, die erste Vermuthung ausdrücklich zurück; die feinkörnige Substanz erschien ihm nun, analog der elektrischen Platte, als eine Ausbreitung einer Nervensubstanz, die als zusammengeflossene Ganglienmasse zu betrachten sei. Er nannte sie „centrale Deckplatte“ und nahm an, dass aus der centralen Deckplatte des Kleinhirns die grossen flaschenförmigen Ganglienzellen mit feinen, unmittelbar aus der moleculären Masse zusammengesetzten Wurzeln

<sup>1)</sup> Göttinger Nachrichten. Nr. 3.

<sup>2)</sup> Henle, Allg. Anat. p. 674.

<sup>3)</sup> Gött. Nachr. 1859. Nr. 6.

entständen, geradeso, wie die Axencylinder der elektrischen Nerven durch feinste Vertheilung in die elektrische Platte übergehen.

Unterdessen hatte die Bidder'sche Schule mit grösserer Entschiedenheit und einem grösseren Aufwand an Gründen von den Elementen des Rückenmarks neben den anerkannt bindegewebigen Fortsätzen der Pia mater eine indifferente, stützende oder ausfüllende Substanz ausgeschieden. Bidder<sup>1)</sup> rechnete dazu: 1) eine Art Fasern, welche von den feinsten Nervenfasern (nackten Axencylindern) nur daran unterscheidbar sein sollten, dass sie nicht mit Nervenzellen zusammenhängen; 2) eine Art von Zellen, die durch ihre Kleinheit und die geringere Zahl ihrer Fortsätze, vor Allem aber durch ihre Unempfindlichkeit gegen Chromsäure den Nervenzellen gegenüber, die in Chromsäure intensiv gelb gefärbt werden, sich auszeichnen sollten; 3) eine formlose Masse, von welcher Bidder sagt, dass sie im frischen Zustande und nach Anwendung von Alkalien gallertartig durchscheinend, in Chromsäurepräparaten meist feinkörnig erscheine, dass sie in der weissen Substanz des Rückenmarks „gleich einem Schwamme zahlreiche, in verschiedenen Richtungen hinziehende Hohlräume darbiete, in welche die hüllenlosen Nervenfasern und Axencylinder eingebettet seien“ (pag. 25) und ebenso in der grauen Substanz überall, am deutlichsten im Endfaden, in der Umgebung des Centralkanals und in der gelatinösen Substanz der hinteren Säulen nachzuweisen sei (pag. 46). In sie sollten die Bindegewebsfaserzüge, in welche die in die Spalten des Rückenmarks eindringenden Fortsätze der Pia mater sich theilen, ohne bemerkbare Grenze übergehen. Doch bedurfte es dieser Continuität nicht, um nach dem damaligen Stande der Bindegewebsfrage die formlose oder feinkörnige Masse sammt jenen Fasern und Zellen in den weiten Rahmen der Binde-substanzen aufzunehmen.

Auf die Unterscheidung der Bindegewebs- und Nervenfasern hatte Bidder selbst verzichtet; was die Kriterien betrifft, mittelst deren er die Zellen des Binde- und Nervengewebes unterscheiden wollte, so wurde deren Unzulänglichkeit alsbald von Jacobowitsch<sup>2)</sup> nachgewiesen; um so mehr Zustimmung fand die Zusammenstellung der die Interstitien

---

<sup>1)</sup> Bidder und Kupffer, Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks und die Entwicklung seiner Formelemente. Lpz. 1857.

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

der Nervenfasern ausfüllenden Substanz mit dem interstitiellen Bindegewebe anderer Organe. Bidder hatte von dieser ausfüllenden Substanz gesagt, dass sie im frischen Zustande formlos und gallertartig sei und erst durch Behandlung mit Chromsäure eine feinkörnige Beschaffenheit annehme. Dies hinderte die Nachfolger nicht, Bidder's Bindesubstanz des Rückenmarks und die an den frischesten Präparaten feinkörnige Substanz der Hirnrinde für identisch zu halten. Nach Jacobowitsch<sup>1)</sup> erscheint das Bindegewebe in den Centralorganen überall „als ein sehr fein granulirtes, stellenweise netzartig gezeichnetes“; nach Leydig<sup>2)</sup> stellt die Bindesubstanz „unter der Form einer feinkörnigen Masse mit vereinzelt Kernen“ eine Art zarten Fachwerks durch das ganze Gehirn und Rückenmark dar, in dessen Räumen die Nervenfasern und Ganglienzellen ruhen. Bei Kölliker vollzog sich die Wandlung in der dritten Auflage seines Handbuchs der Gewebelehre (1859): während er im Text (pag. 305) die morphologische und physikalische Uebereinstimmung der körnigen Substanz mit dem Inhalte der Nervenzellen noch anerkennt, erklärt er in den Anmerkungen (p. 317) sich mit R. Wagner dahin einverstanden, dass die „feinkörnige Punktmasse“ im Gehirn als eine Verbindungssubstanz und als Träger für die zarten nervösen Elemente zu betrachten sei und adoptirt den Namen Neuroglia, Nerven kitt, welchen Virchow<sup>3)</sup> für dieselbe in Vorschlag gebracht hatte.

Die Neuroglia hatte bis dahin für ein Aequivalent des Bindegewebes oder für ein Glied in der Reihe der Bindesubstanzen gegolten und Virchow rechtfertigt an einer spätern Stelle<sup>4)</sup> die neue Benennung gerade damit, dass die durch sie bezeichnete Substanz in ihrer ganzen Erscheinung eine von den übrigen Bindegewebsbildungen verschiedene Masse repräsentire. Mit M. Schultze's Arbeiten beginnt ein neues Stadium, in welchem diese Unterscheidung aufgehoben und zuerst die körnige Substanz der Hirnrinde, dann auch das interstitielle Gewebe des Rückenmarks dem eigentlichen Bindegewebe gleich gesetzt wurde. Schultze's Untersuchungen beziehen sich auf die moleculäre Schichte der Retina<sup>5)</sup>, gehören aber hierher, weil die Identität dieser Schichte

<sup>1)</sup> A. a. O. p. 42.

<sup>2)</sup> Lehrbuch der Histologie. Fkf. 1857. p. 166.

<sup>3)</sup> Gesammelte Abhandlungen. Frankf. 1856. p. 890.

<sup>4)</sup> Cellularpathologie. Berlin. 1857. p. 250.

<sup>5)</sup> Observat. de retinae structura. Bonn. 1859. p. 11.

mit der moleculären Schichte der Rinde des Gross- und Kleinhirns weder von ihm, noch von irgend einer anderen Seite in Frage gestellt wird. Die Brücke von dem gewöhnlichen Bindegewebe zu dieser neuen Form desselben war geschlagen durch das Fasernetz der conglobirten und Lymphdrüsen, dessen feine Maschen die längstbekanntesten, Lymphkörpern ähnlichen Zellen dieser Organe umschliessen. Ob dieses Netz in seinen Knotenpunkten regelmässig oder nur ausnahmsweise oder in gewissen Stadien Kerne enthält, ob die kernhaltigen Knotenpunkte Zellen und die Bälkchen Zellenfortsätzen entsprechen oder nicht, lassen wir vorläufig unerörtert und heben nur hervor, dass der bindegewebige Charakter der Bälkchen sowohl durch ihre chemischen Reactionen, als durch ihren Zusammenhang mit wellenförmig geschwungenen, fibrillären Bindegewebsbündeln unzweifelhaft festgestellt ist <sup>1)</sup>. Diesem Gewebe sollte die moleculäre Substanz der Retina und der Hirnrinde sich anschliessen, deren Structur die früheren Beobachter verkannt hätten. Nach Schultze würde der Anschein der Granulirung erzeugt durch ein, dem Bindegewebsnetz der conglobirten Drüsen ähnliches, nur ungleich feineres Fasernetz, das nur unter günstigen Verhältnissen und nur bei 6—800maliger Vergrösserung erkennbar sei.

Um die Deutung des mikroskopischen Bildes, ob die Punktirung von eingebetteten Körnern oder kreisförmigen Lücken herrühre, dreht sich von nun an der Streit. Uffelmann <sup>2)</sup> und Gerlach <sup>3)</sup> halten an der älteren Anschauung fest; F. E. Schulze <sup>4)</sup>, v. Hessling <sup>5)</sup>, Besser <sup>6)</sup> und Arndt <sup>7)</sup> verhalten sich neutral in verschiedenem Sinne, die beiden ersten, indem sie sich eines bestimmten Urtheils enthalten, die andern, indem sie, was allerdings nur mittelst einer gewissen Unklarheit der Anschauung zu erreichen war, die streitenden Meinungen mit einander zu verbinden suchen. So beschreibt Besser die Rindensubstanz des Grosshirns als ein „aus feinen, äusserst zarten, zu dem dichtesten Netz zusammen tretenden kurzen, fast punktförmigen Theilchen zusammen-

---

<sup>1)</sup> Henle in Ztschr. für ration. Medicin. 3. R. Bd. VIII. p. 217.

<sup>2)</sup> Ebendas. Bd. XIV. p. 232.

<sup>3)</sup> Medicinisches Centralblatt. 1867. Nr. 24. 25.

<sup>4)</sup> Ueber den feinern Bau der Rinde des kleinen Gehirns. Rostock. 1863.

<sup>5)</sup> Gewebelehre. Lpz. 1866. p. 168.

<sup>6)</sup> Archiv für pathol. Anat. u. Physiol. Bd. XXXVI. p. 305.

<sup>7)</sup> Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. III. p. 441.

gesetztes Gewebe“, welches „trotz seiner feinkörnigen Beschaffenheit dicht geästelt oder verfilzt fest an den nervösen Elementen sitze“, und Arndt nennt die Neuroglia der Grosshirnrinde mit dürren Worten „körnig-faserig“. Wieder in anderer Weise sucht Stieda beide Ansichten zu versöhnen. Wie in einer früheren Abhandlung über die Histologie des Kleinhirns <sup>1)</sup>, so erklärt er auch in einer kürzlich erschienenen Arbeit über das Centralnervensystem der Fische <sup>2)</sup> die graue Substanz gewisser Theile des Gehirns und Rückenmarks für fein granulirt, das Bindegewebe der weissen Substanz dagegen für ein Zellennetz, dessen Kerne theils in den Knotenpunkten des Netzes enthalten, theils an den Fasern gelegen seien. Er unterscheidet demnach zwei Arten der Grundsubstanz, eine granulirte und eine reticuläre, und findet Uebergänge zwischen beiden beispielsweise in der nächsten Umgebung der Centralhöhle des Rückenmarks und Gehirns, wo die graue Grundsubstanz ein netzförmiges Ansehen habe, Uebergänge auch in dem Sinne, dass es oft unentschieden bleiben müsse, ob eine Grundsubstanz netzförmig oder granulirt zu nennen sei.

Als Anhänger der Schultze'schen Ansicht bekennen sich Stephany, Kölliker und Frommann; vollkommen stimmt jedoch mit Schultze's Darstellung nur die überein, welche Kölliker in der vierten Auflage seines Handbuchs adoptirt, in der fünften beibehält und in beiden dahin erweitert, dass Netze, ähnlich denen der grauen Hirnrinde, „die nur mit starken Linsen und auch so nicht einmal ganz bestimmt zu erkennen sind, bei gewöhnlichen Vergrößerungen aber einfach feinkörnig erscheinen“, in der weissen Substanz, namentlich des Rückenmarks, als Ausfüllungsmasse vorkommen und hier deutlicher den Charakter geschichteter, von Fortsätzen sternförmiger Zellen ausgehender Fasernetze tragen. Die Netze Stephany's <sup>3)</sup> sind erstens nach des Autors Meinung nicht bindegewebig, sondern vermitteln den Zusammenhang der Ganglienzellenfortsätze mit Nervenfasern und zweitens lassen sie sich schon bei 300 facher Vergrößerung deutlich unterscheiden, reichen also bei Weitem nicht an die Feinheit der Netze, welche M. Schultze beschrieb. Das letztere gilt auch von den durch Frommann beschriebenen Fasernetzen

---

<sup>1)</sup> Archiv für Anatomie. 1864. p. 407.

<sup>2)</sup> Ztschr. für wissensch. Zoologie. Bd. XVIII. p. 1.

<sup>3)</sup> Beitr. zur Histologie der Rinde des grossen Gehirns. Dorpat. 1860.

der Neuroglia des Rückenmarks<sup>1)</sup>: die Bälkchen derselben sind bei 350facher Vergrößerung als helle Striche wahrnehmbar, erreichen einen Durchmesser von 0,001—0,006 Mm., lassen sich von den Zellen, als deren Ausläufer sie entspringen, mitunter bis auf 0,18 Mm. Länge oder, wie es an einer anderen Stelle heisst, über viele Nervenfasern hinweg verfolgen; die Häufigkeit ihrer Anastomosen wechselt dergestalt, dass sich zwischen zwei longitudinalen Fasern an Einer Stelle 3—6 Verbindungsfasern dicht hinter einander inseriren, an einer anderen grössere Strecken der Längsfasern ganz frei verlaufen und demgemäss engere und weitere, runde, ovale, drei oder mehreckige Maschen gebildet werden (Thl. II, p. 6). Es bedarf keiner weitem Anführung, um zu beweisen, dass Frommann ein von der feinkörnigen Substanz der Retina und Hirnrinde durchaus verschiedenes Gewebe vor Augen hatte, wie denn seiner Schilderung fast ausschliesslich die interstitielle Substanz der weissen Rückenmarksstränge zu Grunde liegt. Sie schliesst sich dagegen in vielen Beziehungen an die Beschreibung an, welche Clarke<sup>2)</sup> von dem die weisse Substanz des Rückenmarks durchziehenden und die Nervenfasern umspinnenden bindegewebigen Netzwerke giebt, dessen Fasern auch Clarke von Fortsätzen mannichfaltig gestalteter, in den Zwischenräumen der Nervenfasern gelegener Zellen ableitet. Im Rückenmark des Kalbes fanden sich viele Kerne frei, andere von einer rauhen, flockigen Masse umgeben, aus dieser Masse gehen nach Clarke die interstitiellen Fasernetze hervor, denn im Rückenmark des erwachsenen Thieres fehlten die Kernzellen, die Kerne aber hatten sich in den Netzen erhalten.

Indem wir die hinreichend verworrene Frage wieder aufnehmen, durften wir uns nicht damit genügen lassen, abermals Behauptung gegen Behauptung zu stellen, so entschieden auch unsere Ueberzeugung ist, dass mit der Stärke und Schärfe der angewandten Vergrößerungen die Unterscheidbarkeit der Körnchen der fraglichen Substanz zunimmt (Fig. I.). Auch war unsere Untersuchung nicht, wie dies bisher bewusster oder unbewusster Weise geschehen, in erster Linie darauf gerichtet, zu entscheiden, ob das fragliche, feinkörnige oder netzförmige Gewebe die Bedeutung einer nervösen oder einer nur stützenden, bindenden oder verkittenden Substanz

<sup>1)</sup> Unters. über die normale u. patholog. Anatomie des Rückenmarks. Jena. 1864. Zweiter Thl. ebendas. 1867. Archiv für patholog. Anatomie u. Physiologie. Bd. XXXI. p. 129.

<sup>2)</sup> Philos. transact. 1859. P. I. p. 441.

habe. Wir hätten uns damit nur in den Cirkel begeben, in welchem sich seit Jahrzehnten die Bindegewebstheorie dreht, wenn sie die mannichfaltigsten Elemente, Blut- und Lymphkörperchen nicht ausgeschlossen, in die Reihe der Bindesubstanzen aufnimmt und dann wieder den Begriff der Bindesubstanz nach den unter demselben vereinigten Geweben modelt. Uns kam es auf Ermittlung nicht der physiologischen, sondern der histologischen Beziehungen der Hirn- und Rückenmarksrinde, auf ihr Verhältniss nicht zu den Bindesubstanzen, sondern zum Bindegewebe an. M. Schultze und Kölliker hatten sich für die Identität derselben mit dem netzförmigen Bindegewebe auf Grund des mikroskopischen Charakters ausgesprochen, von dem sie selbst zugestehen, dass er an der Grenze der Sichtbarkeit liege; wir suchten nach zugänglicheren und minder leicht durch vorgefasste Meinung zu beeinflussenden Mitteln der Vergleichung und Unterscheidung und wandten uns an die chemischen Reactionen. Dabei aber machten wir die Erfahrung, dass die Rindenschichte in verschiedenen Regionen der Centralorgane verschiedene Beschaffenheit hat und dass die Unterschiede von Beimischungen herrühren, die nach Qualität und Quantität variiren. Sie sind theils bindegewebiger, theils nervöser Natur, theils mögen sie in einem gewissen, später zu erläuternden Sinne zwischen beiden Arten von Geweben die Mitte halten. Wir betrachten es als eine Bürgschaft, auf dem richtigen Wege zu sein und dürfen es vielleicht zugleich als *Captatio benevolentiae* vorausschicken, dass nach unsern Untersuchungen jeder der bisher aufgestellten Ansichten eine gewisse Berechtigung zukommt.

Die Stellen, an welchen sich die Substanz, über deren histologischen Charakter man streitet, in zusammenhängenden Schichten darbietet, sind zunächst die graue Rinde des Grosshirns, die äussere Lage der grauen Rinde des Kleinhirns und die sogenannte Rindenschichte des Rücken- und verlängerten Marks. Aber sie ist nicht auf den äusseren Umfang der Centralorgane beschränkt. Dieselbe Textur findet sich wieder in einer Schichte, die den Centralkanal des Rückenmarks zunächst umgiebt (*Substantia gelatinosa centralis* Stilling) und in dem hinteren Theil der grauen Hintersäulen, welchen man seit Rolando unter dem Namen einer *Substantia gelatinosa* von der eigentlichen grauen Substanz, der *Substantia spongiosa*, unterscheidet. Dieser inneren gelatinösen Substanz gegenüber hat die gleichartige äussere des Eigenthümliche, dass sie nach Einer Seite an eine bindegewebige Membran, die *Pia mater*, grenzt; von der Rinde des Gehirns unterscheidet

sich die des Rückenmarks durch ihre geringe Mächtigkeit, so dass es der Hülfe des Mikroskopes bedurfte, um ihr allgemeine Anerkennung zu verschaffen. Wenn es also darauf ankam, ein möglichst reines Bild der gelatinösen oder Rindensubstanz zu erhalten und namentlich dem Bindegewebe gegenüber ihre Charaktere festzustellen, so konnte nicht leicht eine unglücklichere Wahl getroffen werden, als die der Rindenschichte des Rückenmarks. In der That ist diese Schichte ein Gemenge von moleculärer Substanz und bindegewebigen Elementen, in welchem die letzteren, je näher der Oberfläche, um so mehr das Uebergewicht erhalten, bis sie endlich allein übrig bleiben. Mit anderen Worten, von der Pia mater aus dringt Bindegewebe in die moleculäre Schichte vor und verdrängt das ihr eigenthümliche Gewebe. Um dafür den Beweis zu führen, müssen wir mit einer Schilderung der Structur der Pia mater den Anfang machen.

Ohne bei den äusseren Lagen derselben zu verweilen, die, wie alle fibrösen Membranen, aus den bekannten Bündeln paralleler, wellenförmiger Fibrillen gewebt sind, wenden wir uns sogleich zur innersten Schichte, welche fest mit der Nervensubstanz, dagegen nur locker mit den Bündeln der nächst äusseren Schichte zusammenhängt, und deshalb beim Abziehen der Pia mater häufig am Rückenmark haften bleibt. Sie hat eine Mächtigkeit von 0,015 Mm. und während die Fasern der lockeren Schichte, von der sie zunächst bedeckt wird, gewöhnlich longitudinal verlaufen (Fig. II, 2), scheint sie selbst, nach Durchschnitten zu urtheilen, ausschliesslich aus ringförmigen Fasern zu bestehen (Fig. II, 3, Fig. III, 1). Die Flächenansicht der abgezogenen und ausgebreiteten Membran lehrt jedoch, dass die Fasern, wengleich vorwiegend quer, doch auch schräg und selbst vertical gerichtet sind, und vielfältig einander kreuzen; die am Rande hervorragenden sind starr, weder wellenförmig noch geschwungen, und nicht selten gabelförmig getheilt (Fig. IV.).

In der Anordnung haben diese Fasern Aehnlichkeit mit der Faserung feiner elastischer Lamellen, z. B. der inneren Gefässhaut, doch gleichen sie Bindegewebsfibrillen im Kaliber und Lichtbrechungsvermögen, sowie in den chemischen Eigenschaften. Kochen, Behandlung mit verdünnten Säuren oder Alkalien hebt die faserige Structur der Schichte auf und verwandelt sie in eine zähe, gallertartige Masse. Vor Allem aber sind sie in genetischer Beziehung dem gewöhnlichen, lockigen Bindegewebe verwandt, wenn wir nunmehr die Entwicklung des einen und anderen Gewebes richtig beurtheilen.

Durch die aus Bruecke's Laboratorium im vorigen Jahre hervorgegangenen Untersuchungen von Kusnetzoff und Obersteiner<sup>1)</sup> ist die nicht geringe Zahl der einander widerstreitenden Bindegewebstheorien um eine neue vermehrt worden, welcher der Eine von uns sich alsbald anschloss<sup>2)</sup>. Sie nimmt an, dass jede einzelne Fibrille des parallelfaserigen Bindegewebes das Product einer nach zwei entgegengesetzten Seiten auswachsenden spindelförmigen Zelle sei. Neben den That- sachen, welche die beiden genannten Beobachter aus der embryonalen Entwicklung beigebracht haben, spricht dafür eine Art von Fasern, die im reifen Bindegewebe ziemlich häufig vorkommen und vor den bekannten Bindegewebsfibrillen nur durch eine spindelförmige Erweiterung, die einen Kern einschliesst, sich auszeichnen (Fig. V.)<sup>3)</sup>. Man könnte diese Bindegewebszellen, nach Analogie der Nervenzellen, bipolare nennen, gegenüber den multipolaren Bindegewebszellen, von welchen drei und mehr Fäden ausgehen. Aus multipolaren, mit ihren Fortsätzen verschmelzenden Zellen entwickelt sich das oben erwähnte netzförmige Bindegewebe; ähnlichen, in mehrere Fäden, jedoch meist vorzugsweise nach zwei entgegengesetzten Richtungen auswachsenden Zellen verdanken die durcheinander gewirrten Fibrillen der innersten Schichte der Pia mater ihren Ursprung. Die Fäden lassen sich auf weite Strecken verfolgen und scheinen, obwohl sie sich verästeln, doch nicht regelmässig zu anastomosiren; sie stellen mehr einen Filz, als ein Netz dar. Die Zellen gewahrt man in dieser Schichte nur mit Mühe, vereinzelt, kaum ohne Hülfe der Carminimbition (Fig. VI, 1). Deutlicher, weil mehr zerstreut und weniger durch Fasern verdeckt, finden sie sich an der Grenze der Pia mater und der Rindenschichte und in der letzteren selbst (Fig. VI, 2).

Verfolgt man am erhärteten Rückenmark (zur Erhärtung bedienten wir uns sowohl des Alkohols, als der Chromsäure und der Müller'schen Flüssigkeit; die schönsten Präparate

---

<sup>1)</sup> Wiener Sitzungsberichte. Bd. LVI.

<sup>2)</sup> Jahresbericht. 1867. S. 38.

<sup>3)</sup> Es handelt sich hier um die längst bekannten, in den Sehnenbündeln reihenweise geordneten sogenannten Kerne, die man durch Essigsäure sichtbar zu machen pflegt. Langhans hat sie zum Range von Zellen erhoben, indem er innerhalb des spindelförmigen Körperchens den Kern entdeckte. Mittelst der von ihm angegebenen Methode, Maceration der Sehnen in Müller'scher Flüssigkeit, macht man die Bündel zur Zerfaserung geschickt und erhärtet zugleich die Fasern. Dann ist es nicht schwer, Körperchen aufzufinden, die von beiden Spitzen Fasern aussenden.

gewannen wir von Rückenmarksstücken, die zuerst nach der Deiters'schen Methode mit Chromsäure, dann mit Alkohol behandelt worden waren) mittelst successiver Flächenschnitte die Structur der oberflächlichen Schichten, so erhält man nach den Lamellen des eben beschriebenen, dicht verfilzten Bindegewebes, welches offenbar noch der Pia mater angehört, andere, in welchen die Fäden Lücken lassen, die von einer feinkörnigen Masse ausgefüllt sind (Fig. VII.); je tiefer man kommt, um so mehr isoliren sich die Fäden, um so grösser wird das räumliche Uebergewicht der feinkörnigen Masse, während zugleich an die Stelle der multipolaren Bindegewebszellen fortsatzlose, kuglige Körperchen treten, die, wie hier sogleich bemerkt werden soll, in keinem Theil der moleculären Substanz fehlen, deren genauere Beschreibung wir aber einer späteren Stelle vorbehalten. Häufig folgt zunächst den longitudinalen Nervenfasern, die die weissen Rückenmarksstränge zusammensetzen, eine Lage völlig faserfreier, feinkörniger Substanz (Fig. III, 2). Häufig fehlt diese Schichte (Fig. II. Fig. III, 4), aus zweierlei Ursachen. Erstens ist die Mächtigkeit der Rindenschichte des Rückenmarks an sich sehr veränderlich; sie kann so gering sein, dass sie eben hinreicht, die Unebenheiten zwischen den aneinanderstossenden cylindrischen Nervenfasern auszugleichen und eine glatte Oberfläche herzustellen; in der Regel ist sie 0,025 — 0,050 Mm. dick; einige Mal sahen wir sie in einer Mächtigkeit von mehr als 0,1 Mm. die Kante eines Stranges bilden (Fig. III, 5). Zweitens scheint die Neigung des Bindegewebes, sich in die Tiefe auszubreiten, von wechselnden Verhältnissen bestimmt zu werden; es kann die ganze moleculäre Schichte überwuchern, so dass auch aus diesem Grunde Nerven- und Bindegewebsfasern in unmittelbare Berührung kommen. Die Variationen der Mächtigkeit der moleculären Schichte finden sich an verschiedenen Stellen Eines Rückenmarks; die Neigung zur Bindegewebsinvasion scheint je nach den Gattungen verschieden: sie ist am auffallendsten bei den Wiederkäuern und der Katze, gering beim Menschen.

Wenn nun das Bindegewebe der Pia mater innerhalb der Rindenschichte sich verliert, so werden die Fäden spärlicher, aber nicht kürzer, ihre Anastomosen nicht häufiger; wir haben Nichts gesehen, was auf einen allmählichen Uebergang des verfilzten Bindegewebes in ein eng netzförmiges deutete. Dagegen verbieten die chemischen Reactionen der feinkörnigen Substanz entschieden, sie mit dem Bindegewebe zusammenzustellen. Bekanntlich hellt sich das Bindegewebe, auch das

verfilzte und netzförmige, in Essigsäure, Kalilösung und kochendem Wasser auf. Die moleculäre Substanz gleicht dem Bindegewebe im Verhalten gegen verdünnte Säuren und Alkalien, indem sie in denselben erblasst und etwas aufquillt. Aber das in Kalilösung gequollene Bindegewebe erhält durch Auswaschen in Wasser die frühere Structur mehr oder minder vollständig wieder; die in Kalilösung durchsichtig gewordene moleculäre Substanz dagegen wird durch Wasserzusatz völlig aufgelöst. Während im kochenden Wasser die Pia mater mit allen ihren Schichten in der bekannten Weise verändert, die faserige Structur verwischt und Alles bis auf die Kerne, die beigemischten elastischen Fasern und Gefässe in eine gequollene, durchsichtige Masse verwandelt wird, erleidet die Schichte, in welcher die moleculäre Substanz überwiegt, auffallende Umwandlungen weder in ihrem Volumen, noch in ihrer Textur; höchstens schrumpft sie etwas ein und wird in gleichem Maasse dunkler. Die Körnchen, statt sich zu verwischen, wie man erwarten müsste, wenn sie Durchschnitte bindegewebiger Fasern wären, treten nur um so schärfer hervor. In allen diesen Beziehungen schliesst sich die moleculäre Substanz an die Eiweisskörper an und gleicht der feinkörnigen Masse der Ganglienzellen. Nebenbei sei noch erwähnt, dass an einem unserer Carminpräparate, an welchem alles Bindegewebe nebst den Axencylindern sich roth gefärbt hatte, die moleculäre Schichte ungefärbt geblieben war.

An den Randwülsten des Kleinhirns unterscheidet man bekanntlich drei scharf gesonderte Schichten grauer Substanz. Die innerste ist die Schichte der sogenannten Körner, die mittlere besteht aus einer einfachen Lage multipolarer Nervenzellen, welche einen ungetheilten Fortsatz oder zwei nach innen, in die Körnerschichte, einen oder mehrere, vielfach verzweigte Fortsätze in die äussere Schichte senden. Diese besteht aus der moleculären Substanz, welche hier reiner von fremden Beimischungen ist, als an irgend einer anderen Stelle. Die überall gegenwärtigen kugligen Körperchen enthält sie in verhältnissmässig geringer Zahl; die äusseren Fortsätze der multipolaren Nervenzellen steigen aus der nächst unteren Schichte in regelmässigen Abständen eine Strecke weit ungetheilt empor, bevor sie sich in ihre Aeste auflösen, deren letzte Endigungen sich allerdings der Verfolgung entziehen; selten findet sich eine solche Nervenzelle näher der Oberfläche, ganz in die moleculäre Substanz eingebettet. Von der äusseren Oberfläche dringen Blutgefässe und zwischen denselben in ebenfalls ziemlich gleichen Abständen von 0,003—0,01 Mm. zahlreiche feine, steife Fasern

ein, die ihren Ursprung von einer Art Basal- oder Grenzmembran nehmen, welche die Decke der Randwülste bildet, die lockigen Bindegewebsbündel der Pia mater trägt und die Gehirnsubstanz gegen dieselben abschliesst.

Der Erste, der diese Membran erwähnt, ist Bergmann<sup>1)</sup>. Er bemerkte in der Randschichte des Kleinhirns bei einem neugeborenen Kätzchen, dann beim Hunde und an einem atrophischen menschlichen Gehirn Fasern, die er den Radialfasern der Retina vergleicht. Wie diese durchziehen sie nach seiner Beschreibung die moleculäre Substanz und eine helle Schichte zwischen ihr und der Pia mater in einer zur Oberfläche senkrechten Richtung, schwellen, ehe sie die Pia mater erreichen, kegelförmig an und setzen mit den verbreiterten Enden eine structurlose Membran zusammen, welche an die Membrana limitans hyaloidea (interna) der Retina erinnert. Der in der moleculären Schichte verborgene Theil der Fasern sollte nach verschiedenen Richtungen Aeste abgeben und Netze erzeugen. Hess<sup>2)</sup> bestätigte die Bergmann'schen Fasern, konnte sich aber von der Existenz der structurlosen Lamelle nicht überzeugen; F. E. Schulze<sup>3)</sup> fand die von Bergmann geschilderten Bildungen beim Menschen und bei einer grossen Anzahl von Thieren aus verschiedenen Klassen und Lebensaltern beständig wieder. Er ist nur darin, wie auch Hess, mit Bergmann im Widerspruch, dass er die Fasern, so weit sie sich in die Molecularschichte verfolgen lassen, gerade und parallel, ohne Seitenäste, verlaufen sieht. In diesem Punkte müssen auch wir uns gegen Bergmann erklären und vermuthen, dass Gerinnungen, durch die Chromsäure erzeugt, deren er sich ausschliesslich bediente, den Irrthum veranlasst haben. Es bleibt aber noch Einiges zu berichtigen und zu ergänzen. Die Membran ist nicht einmal in dem Sinne structurlos, in welchem man diesen Ausdruck von Geweben gebraucht, die sich nicht mit gewöhnlichen Hilfsmitteln in Fasern oder Zellen zerlegen lassen, aber doch, wie manche sogenannte Basal- oder Glashäute (innere Basalmembran der Cornea, Tunica propria der Harnkanälchen u. A.), unter gewisser Behandlung oder Beleuchtung eine feine Streifung zeigen, die auf Zusammensetzung aus Fasern deutet. Bei der Grenz-

---

<sup>1)</sup> Ztschr. für ration. Med. N. F. Bd. VIII. S. 360. 3. R. Bd. XI. S. 246.

<sup>2)</sup> De cerebelli gyrorum textura Disquis. microscop. Dorpat. 1858.

<sup>3)</sup> A. a. O. S. 15.

membran des Kleinhirns bedarf es keiner besonderen Einwirkungen, um in derselben äusserst feine, vielfältig gekreuzte Fasern zu erkennen (Fig. VIII.), und es ist sehr wahrscheinlich, dass die kegelförmig zugespitzten Fäden, die sie in die Rinde des Kleinhirns sendet, aus der Vereinigung jener feinen Fasern entstehen. Das Verhalten der Membran gegen Essigsäure lehrt, dass die Fasern, aus welchen sie sich zusammensetzt, zum Bindegewebe gehören; doch fanden wir zuweilen die Membran und noch häufiger die von ihr ausgehenden Fortsätze resistenter gegen Essigsäure, als dies beim gewöhnlichen Bindegewebe und auch bei der verfilzten Bindegewebsschichte der Pia mater des Rückenmarks der Fall ist. Wir dürfen sie nach Allem als eine Modification, gewissermaassen als Product einer Verdichtung dieser letztgenannten Schichte betrachten.

Wir erklären es ferner für Täuschung, wenn unsere Vorgänger die Grenzmembran überall als innere Schichte einer bindegewebigen Pia mater erblickten oder gar von der Pia mater angaben, dass sie irgendwo ohne Intervention der structurlosen Membran die Randwülste des Kleinhirns decke. Wenn senkrecht gegen die Oberfläche der Lappchen geführte Durchschnitte den Anschein gewähren, als ob eine faserige Substanz die Lappchen trenne, so ist dies nur ein durch die Faltungen der Grenzmembran veranlassetes Trugbild. Diese ist an den freien Flächen der Randwülste, wie erwähnt, von lockigem Bindegewebe bedeckt und daher schwer zu isoliren. Auch senken sich Bindegewebsbündel in die Zwischenräume der Lappen und in die breiteren Furchen hinein. Die Scheidewand zwischen den einander zugekehrten Flächen der dicht aneinander liegenden Randwülste bildet aber die Grenzmembran für sich allein. Löst man sie an einem feinen Durchschnitt aus dem Zwischenraum zweier Randwülste, so nimmt sie sich, so lange sie die Lage auf der Kante beibehält, wie ein lockiges Faserbündel aus, welches an beiden Seiten wie mit starren Franzen besetzt ist (Fig. IX.). Gelingt es aber dann, es umzulegen, oder betrachtet man ein reinlich abgelöstes Stück der Membran von der Fläche, so ist der Anschein der parallelen Faserung verschwunden und man hat ein durchsichtiges, straffes, hier und da kernhaltiges und, wie gesagt, aus verfilzten Fasern gewebtes Häutchen vor sich, aus welchem, wie Nägel aus einem Bret, die spitzen Fortsätze auf- und abwärts ragen (Fig. VIII.). In beiden Lagen erkennt man die Blutgefässe, welche innerhalb der Membran verlaufen und sie in zwei Lamellen spalten, so dass häufig, wenn man die Rand-

wülste auseinander zieht, jedem, nach Zerreiſſung des Gefäßes, Eine Lamelle folgt. Die Membran begleitet mit ihren stiftförmigen Fortsätzen die stärkeren Gefäße in die Rinde des Kleinhirns und die aus der Substanz desselben hervorgezogenen Gefäße sind ringsum wie mit Stacheln besetzt.

Wir kommen zuletzt zu dem von Bergmann und Schulze erwähnten hellen Saum zwischen der Grenzmembran und der Oberfläche der Rindensubstanz, welchen die stiftförmigen Fortsätze durchziehen. Anfangs waren wir geneigt, ihn wegen seiner Unbeständigkeit für etwas Zufälliges, eine Folge der Präparation oder der Schrumpfung der Hirnsubstanz zu halten, bis die Anwesenheit von Lymphkörperchen in den Zwischenräumen der absteigenden Fasern uns darüber aufklärte, dass wir einen Lymphraum vor uns hatten. Derselbe befindet sich zwischen der Grenzmembran und der Oberfläche des Gehirns und ist von Seiten des letzteren nur durch die moleculäre Substanz abgeschlossen. In ihn münden direct die perivascularären Räume, welche die in die Gehirnsubstanz eindringenden Blutgefäße umgeben. Die Fäden, welche im Innern des Kleinhirns die perivascularären Räume und an dessen Oberfläche den gemeinsamen Lymphraum durchziehen, erinnern an die Bindegewebsstränge, welche bei Fröschen zwischen der Wand der Blutgefäße und der die Blutgefäße scheidenartig einschliessenden Lymphgefäße verlaufen, oder auch an das netzförmige, Lymphkörperhaltige Gewebe, welches die Arterien der Milz umgiebt. Wenn jenen Fäden eine gewisse Elasticität nicht abzusprechen ist, so mögen sie dazu dienen, die Grenzmembran je nach der Füllung des Lymphraums niederzuhalten und eine Ueberfüllung desselben zu verhüten. Wir haben versucht, bei einem Paar Kaninchen von möglichst gleicher Statur einen Contrast in der Weite des Lymphraums dadurch zu erzielen, dass wir das Eine durch Verblutung, das andere, nachdem es eine Viertelstunde an den Hinterbeinen aufgehängt war, durch Strangulation tödteten. Das Resultat entsprach der Erwartung: der helle, von den Fäden durchzogene Saum war bei dem letzteren überall ungleich breiter, als bei dem ersteren, wo mitunter die Grenzmembran unmittelbar über der moleculären Substanz lag.

Die Aehnlichkeit der Grenzmembran des Kleinhirns und ihrer Fortsätze mit der Limitans hyaloidea und den Stützfasern der Retina veranlasste uns, das Auge zur Vergleichung heranzuziehen. Wir fanden alsbald unter unseren Durchschnitten erhärteter Retina solche, die zwischen der Nervenfaserschichte und der Limitans hyaloidea einen nicht geringen

Abstand zeigten (Fig. XI.) und in Einem dieser Präparate die Lücken zwischen den Stützfasern von kugligen Körperchen eingenommen, die wir als Lymphkörperchen ansprechen durften (Fig. XII.). Wir stehen demnach nicht an, auch hier einen Lymphraum anzunehmen, dessen Analogie mit dem Lymphraum der Oberfläche des Kleinhirns sich freilich nur auf die Form beschränkt. Die Unterschiede bezüglich der Gewebe, welche beide Lymphräume begrenzen, bedürfen keiner weiteren Erörterung und wir fügen nur die Bemerkung hinzu, dass es uns auch jetzt nicht gelingen wollte, in der Limitans irgend eine faserige Structur zu entdecken.

Das Grosshirn steht, was die Structur seiner Pia mater betrifft, dem Rückenmark näher, als dem Kleinhirn. Zwar ist in den schmalsten Spalten zwischen je zwei Randwülsten die verfilzte Bindegewebsschicht ebenfalls auf eine einfache, der Grenzmembran des Kleinhirns ähnliche Haut reducirt, aber nirgends gehen von ihr Fäden ab, die den stiftförmigen Fortsätzen der Grenzmembran des Kleinhirns vergleichbar wären und an den freien Oberflächen der Randwülste sind die verfilzten Fäden und multipolaren Bindegewebszellen in einer eben so unregelmässigen, nur minder mächtigen Lage, wie an der Oberfläche des Rückenmarks, verbreitet.

Doch hat auch die moleculäre Schicht des Grosshirns ihre Eigenthümlichkeiten: feine Nervenfasern durchziehen von der weissen Substanz aus die ganze Dicke der grauen; sie gehen in der Tiefe der letzteren weitläufige Anastomosen ein, sammeln sich aber zu einem dichten Netz unterhalb der Pia mater, wo also Bindegewebs- und Nervenfasern unmittelbar in einander greifen. An Chromsäurepräparaten geht die Unterscheidbarkeit der beiderlei Fasern verloren; an feinen Schnitten von Gehirnen, die in Alkohol gehärtet worden, lässt sich mittelst kaustischer Kalilösung, die das Bindegewebe durchsichtig macht, das Nervenfasernetz isoliren (Fig. XIII.).

In den tieferen Schichten der Grosshirnrinde wird bekanntlich die moleculäre Substanz durch massenhafte Anhäufung von Nervenzellen verdrängt. Wie sich diese zu dem moleculären Grundgewebe verhalten, denken wir an einer späteren Stelle zu erörtern.

Was die moleculäre Decke der grauen Hintersäulen, die Substantia gelatinosa Rolando's betrifft, so hat Gerlach <sup>1)</sup> mit wenig Worten die Eigenthümlichkeit ihrer Textur erschöpft.

---

<sup>1)</sup> A. a. O.

Der vor ihm immer noch nicht genügend aufgeklärte Unterschied zwischen der spongiösen und gelatinösen Substanz besteht darin, dass in jener die Nervenfasern zusammenhängende Netze bilden, während sie diese in parallelen, durch weite Zwischenräume gesonderten Zügen durchsetzen.

In der centralen gelatinösen Substanz (Stilling) spielt das Bindegewebe wieder eine, je nach der Thiergattung mehr oder minder bedeutende Rolle. Es kommt in zweierlei Formen vor. Aechte wellenförmige Bindegewebsfasern strahlen von dem inneren Rande der Septa, welche sich aus der Pia mater in die vordere und hintere Medianfissur fortsetzen, in die Umgebung des Centralkanals bis zu den spitzen Enden der Epithelzellen aus; einen Anlauf zur Bildung verfilzten Bindegewebes nehmen die innerhalb der moleculären Schichte zerstreuten kugligen Körperchen, indem sie die oben beschriebenen fadenförmigen Ausläufer aussenden. Im menschlichen Rückenmark, von dem wir uns nur wenige Exemplare in einigermaßen brauchbarem Zustande zu verschaffen im Stande waren, konnten wir indess solche verzweigte Bindegewebszellen nicht mit Sicherheit nachweisen und schien auch das Bindegewebe der Septa nur einen geringen Antheil an der Bildung der centralen gelatinösen Substanz zu nehmen. Einige vereinzelt feine Fasern, welche diese Substanz in longitudinaler Richtung durchziehen, sind nervöser Natur; sie widerstehen der Kalilösung und treten auf den mit diesem Reagens behandelten Querschnitten als glänzende Punkte deutlich hervor.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass die hier zusammengestellten Substanzen wesentliche und zufällige Bestandtheile enthalten; die wesentlichen, überall wiederkehrenden sind die feinkörnige Masse und die kugligen Körperchen; die Fasern, sowohl bindegewebige als nervöse, und die Nervenzellen dürfen wir als zufällige Bestandtheile betrachten. Demnach rechtfertigt es sich, jene Substanzen mit dem Namen der feinkörnigen oder moleculären zu belegen, wenn man nicht der indifferenten Benennung „gelatinöse Substanz“ den Vorzug giebt.

Nachdem wir uns über die Beschaffenheit der moleculären oder gelatinösen Substanz an den stärkeren Anhäufungen derselben ein Urtheil gebildet hatten, war es unsere Aufgabe, das Verhältniss der Rindenschichten zu dem Stroma zu betrachten, welches die weisse Substanz durchzieht und die Lücken zwischen den Nervenfasern ausfüllt. Und hier hält man sich mit Recht an das Rückenmark, weil in diesem allein die moleculäre und weisse Substanz unmittelbar einander berühren

und weil die Nervenfasern in den Rückenmarkssträngen vermöge ihres stärkeren Calibers auch grössere Zwischenräume übrig lassen, die das Stroma einzunehmen hat.

Der Querschnitt eines irgendwie erhärteten Rückenmarks zeigt bekanntlich neben den starken, in den Medianfissuren gelegenen, bindegewebigen Platten, welche die symmetrischen Rückenmarkshälften bis zu den Commissuren auseinanderhalten, eine Anzahl untergeordneter, gleichfalls von der Pia mater ausgehender Scheidewände, durch die die Fasern der weissen Substanz jeder Seitenhälfte in gröbere und feinere Bündel abgetheilt werden. In diesen Scheidewänden sind die eintretenden Gefässe und die austretenden Nervenwurzeln enthalten; sie erreichen die graue Axe des Rückenmarks oder verlieren sich noch diesseits derselben; sie theilen und verbinden sich und bilden so durch die ganze Länge der weissen Stränge ein Fach- und auf dem Querschnitte ein Netzwerk, dessen lockig-faseriger Bau keinen Zweifel über seine Bedeutung aufkommen lässt. Im Rückenmark des Ochsens gehen von den bindegewebigen Scheidewänden einzelne cylindrische Bündel aus, die sich gabelförmig theilen und in den verschiedensten Richtungen die weisse Substanz durchziehen.

Indem die Pia mater die Scheidewände in's Innere sendet, treibt sie gleichsam die peripherische Schichte des Rückenmarks vor sich her. Im Querschnitte sind, wie bereits Frommann beobachtete, die Durchschnitte der bindegewebigen Septa jederseits von einem einigermassen proportionalen Streifen der grauen Rindenschichte eingefasst (Fig. XIV.). Die Breite der Einfassung bestimmten wir an einem bindegewebigen Septum von 0,01 Mm. Mächtigkeit zu 0,0045 Mm., an einem Septum von 0,06 Mm. Mächtigkeit zu 0,015 Mm., an einem anderen von gleicher Stärke zu 0,006 Mm. Von der Textur dieses Belegs gilt Alles, was wir von der äusseren Rindenschichte ausgesagt haben: er besteht aus verfilztem Bindegewebe oder aus feinkörniger Substanz oder aus einer Mischung von beiden, je nachdem in der äusseren Rindenschichte das eine oder andere Gewebe entwickelt ist.

Querschnitte lehren auch, dass mit der Rindenschichte und deren Fortsetzungen nach innen die letzten, feinsten Scheidewände der einzelnen Nervenfasern in continuirlichem Zusammenhange stehen. Aber um zu erfahren, welcherlei Elemente der Rindenschichte in diese Scheidewände übergehen, ist es unerlässlich, die Massen des geronnenen Nervenmarks zu beseitigen oder doch unschädlich zu machen, welche durch ihr starkes Lichtbrechungsvermögen den Anblick der feinen Zwischenwände stören.

Wir haben zu dem Ende mancherlei der seit Clarke in Aufnahme gekommenen Aufhellungsmittel, Terpentin- und Nelkenöl, Kreosot, auch die kürzlich von Bastian<sup>1)</sup> empfohlene Carbolsäure versucht, am meisten aber mit dem käuflichen Brönnner'schen Fleckwasser gearbeitet. Dies Reagens hat vor dem Terpentinöl den Vorzug, dass es leichtflüssiger ist und sich deshalb unter dem Deckglas leichter mit Alkohol mischt; dem gegenüber kommt der Umstand, dass es im Momente der Berührung mit Alkohol eine weisse Trübung erleidet, die alsbald wieder verschwindet, nicht in Betracht. Wir verfielen, gleichzeitig mit Bastian, auf dasselbe durch die Erwägung, dass das Nervenmark seine stark lichtbrechende Eigenschaft dem Fettgehalte verdanke, und dass die Stoffe, die es durchsichtig machen, durch Extraction des Fettes wirken möchten. In der That werden Fettzellen, mit einer der genannten Kohlenwasserstoffverbindungen behandelt, völlig blass und durchsichtig und bleiben durchsichtig, wenn man nachher durch Zufügung von Alkohol die dunkeln Conturen wieder herstellt, wobei sich, beiläufig gesagt, in allen Zellen der wandständige Kern sichtbar machen lässt. Und ebenso wandelt sich das geronnene Mark der Nervenfasern in eine homogene, helle Masse um, in welcher der Axencylinder sich erhält. Doch ist die auffallende Kraft dieser Mittel nicht allein aus ihrer chemischen Wirkung zu begreifen. Bekanntlich werden unter ihrem Einfluss nicht bloß die fetthaltigen, sondern alle Gewebe durchsichtig und die Durchsichtigkeit der Nerven- und Rückenmarksdurchschnitte macht verschiedene Stadien durch, welche ebenso viel verschiedenen Arten der Lichtbrechung entsprechen. Im ersten Stadium wird das Bild in allen Theilen blass, ohne Veränderung der Conturen. Nervenmark, Ganglienzellen, Bindegewebsfasern, Gefäße, Alles behält seine charakteristische Zeichnung und so wird auch die Unterscheidung der einzelnen Gebilde um nichts erleichtert. Im zweiten Stadium wird das Nervenmark homogen und an Querschnitten des Rückenmarks erscheint der Axencylinder als Centrum eines hellen Kreises in der bekannten Form des alchymistischen Zeichens des Goldes (⊙). Dabei erhält das Bild einen solchen Grad von Durchsichtigkeit, dass es oft kaum wiederzufinden ist. Bindegewebszüge verlieren, ohne Quellung, das streifige Ansehen. Im dritten Stadium verdunkeln sich mehr und mehr die bis dahin blassen Conturen der Nervenfasern und des Axencylinders und zugleich gewinnt

<sup>1)</sup> Journ. of anat. and physiol. 2d Series. Nr. 1. p. 104.

der zwischen beiden befindliche, der sogenannten Markscheide entsprechende Raum einen solchen Glanz, dass er sich auf dem Querschnitt wie eine convexe, um den Axencylinder nabelförmig vertiefte Fläche ausnimmt (Fig. XV.). Bei durchfallendem Lichte oder mit freiem Auge betrachtet, haben die Präparate ein glänzend weisses Ansehen.

Nicht bei jedem Versuch sieht man die Veränderungen in der angegebenen Reihenfolge eintreten. Manchmal wird eins der ersten Stadien übersprungen oder das letzte nicht erreicht. Es hängt dies von der Menge des Reagens, aber auch von anderen Zufälligkeiten ab, die zu ergründen uns noch nicht gelang. Man geht am sichersten, wenn man dem mit wenig Alkohol befeuchteten Durchschnitt das Brönnner'sche Wasser unter dem Deckglas tropfenweise zufließen lässt, bis er durchsichtig geworden und dann die freiwillige Verdunstung des Reagens abwartet. Die Verdunklung beginnt gewöhnlich vom Rande des Schnittes, wenn die Flüssigkeit sich bis zu demselben zurückgezogen hat, zuweilen schon früher, selten fleckweise im Innern des Präparats; sie schreitet mehr oder minder weit, in der Regel ganz ungleichmässig nach innen fort. Der Eintritt derselben kündigt sich dem freien Auge durch einen den Rand des Schnittes einfassenden weissen Saum an. Leider ist das Bild sehr vergänglich; der Fortschritt der Verdunstung zerstört es und der erneute Zusatz des Reagens macht es wieder erblassen.

Der Anwendung des Brönnner'schen Wassers muss ebenso, wie der Anwendung des Terpentins, eine Entwässerung der Präparate durch Alkohol vorausgehen und sollte das, durch Terpentin oder Fleckwasser aufgehellte Präparat einer weiteren Behandlung mit wässerigen Lösungen ausgesetzt werden, so musste das mit Wasser nicht mischbare Reagens durch gründliches Auswaschen in Alkohol wieder verdrängt werden. So gedachten wir zu verfahren, um das Gerüste oder die Grundsubstanz des Rückenmarks, welche die Lücken zwischen den cylindrischen Nervenfasern ausfüllt und die Scheidewände bildet, möglichst zu sondern und ihre charakteristischen Reactionen zu studiren. Wir erfuhren indessen bald, dass Aufhellung des Nervenmarks nicht identisch ist mit Beseitigung desselben und dass wir mit den Metamorphosen dieser merkwürdigen Substanz noch nicht hinreichend vertraut waren, um die Manchfaltigkeit der Bilder, die sich uns darbot, zu deuten. So führte uns die Untersuchung der Zwischensubstanz auf die Untersuchung der Nervenfasern des Rückenmarks und sogar der peripherischen Nerven zurück und so möge sich auch der

Leser eine Einschaltung der Resultate dieser Untersuchung gefallen lassen.

Die Veränderung, welche die Nervenfasern freiwillig und in Berührung mit Wasser und wässerigen Lösungen, unter anderen auch der Chromsäure, des chromsauren Kali u. s. f. erleiden, die sogenannte Gerinnung, die Bildung der doppelten Conturen und der Myelintropfen ist bekannt. Weniger beachtet sind die Formen, welche das Nervenmark in Alkohol annimmt und doch sind diese lehrreich selbst für die Textur der frischen Nervenfasern. Sie sind verschieden, je nach der Zeit, welche zwischen der Abtrennung des Nerven vom lebenden Körper oder zwischen dem Tode des Körpers, dem er entnommen ist, und dem Einlegen desselben in Alkohol verstrichen ist. Stärkere Nervenfasern — auf das eigenthümliche Verhalten der feineren kommen wir zurück — welche unmittelbar vom lebenden Thiere, man dürfte sagen selbst noch lebend, in Alkohol gebracht wurden, haben eine ganz gleichmässig fein granulirte Oberfläche (Fig. XVI.); ebenso durchaus fein granulirt erscheint auf dem Querschnitt der Raum zwischen der äusseren Hülle und dem centralen, hellen, kreisrunden Fleck, der dem Durchschnitte des Axencylinders entspricht (Fig. XVIII.). Die Zeichnung erhält sich in Glycerin und ist heute, Ein Jahr nach dem Einlegen, noch unverändert. War der Nerv nur wenige Minuten nach dem Tode sich selbst überlassen, so zeigen die isolirten Fasern des Alkoholpräparates zwar denselben feinkörnigen Inhalt, aber, dem bekannten doppelten Contur der nicht ganz frischen Fasern entsprechend, jederseits einen schmalen, dunkleren Streifen (Fig. XVII.), zum Zeichen, dass die Trennung des Marks in zwei Schichten, von welchen die äussere die dichtere ist, bereits begonnen hat. Durch den helleren centralen Theil der Faser schimmert jetzt schon der Axencylinder, schmaler oder breiter, gestreckt oder wellenförmig gebogen, hindurch.

Ganz anders nehmen sich die Nervenfasern aus, wenn sie erst  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Stunde oder einige Stunden nach dem Tode der Einwirkung des Alkohols ausgesetzt worden sind. Dann hat sich, wie man an Querschnitten sieht (Fig. XIX.), ein heller Hof um den Axencylinder gebildet und eine stärker lichtbrechende Substanz in Form von Blättern oder Schüppchen, auf die Peripherie zurückgezogen, ohne dass es uns gelungen wäre, die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen die eine oder andere Varietät entsteht. Die Blätter (Fig. XX.) stellen schmale oder breite, mehr oder minder vollständige Ringe dar, die an die unregelmässigen Knorpelringe der Bronchial-

äste erinnern. Sie liegen bald senkrecht zur Axe der Nervenfasern, bald schräg, folgen einander nicht selten in regelmässigen Zwischenräumen und stehen durch schmale Brücken mit einander in Verbindung. Häufig machen sie den Eindruck, als seien sie bestimmt, die Zwischenräume länglicher, rosenkranzförmig aneinandergereihter Tropfen auszufüllen. In der Flächenansicht blass, nehmen sie sich von der Kante gesehen und in einigermaassen mächtiger Schichte, demnach auch an dem Rande der Nervenfasern, wie schmale dunkle Fasern aus.

Die Schüppchen (Fig. XXI.) haben ein einigermaassen krystallinisches Aussehen, sind aber von ungleichen Dimensionen und sehr unregelmässiger Gestalt, rundlich, dreieckig, polygonal, oft auch kurzen, ästigen Faserstückchen ähnlich, fest mit der hellen, inneren Schichte und mit der häutigen Scheide verklebt, so dass sie, wenn beim Zerzupfen die Nervenfasern sich der Länge nach spalten, theilweise der einen und anderen folgen. Wie bei der ersten Varietät die Ringe, so liegen bei dieser zweiten dem Axencylinder anhaftende Schüppchengruppen nicht selten in regelmässigen Abständen voneinander, zwischen welchen der Axencylinder nackt erscheint.

Nervenfasern, deren Zersetzung noch weiter fortgeschritten oder gar durch Wasser gefördert worden ist, bieten nach Erhärtung in Alkohol auf dem Querschnitt eine gleichmässig dunkel körnige Fläche dar und zeigen sich in der Seitenansicht von einer gequollenen, wie in engen Windungen zusammengelegten, hier und da unterbrochenen Masse erfüllt, deren Ansehen Fig. XXII. wiederzugeben sucht.

Wir sind auf die peripherischen Nervenfasern zurückgegangen, weil diese sich leichter und reinlicher isoliren lassen, als die centralen und weil die den peripherischen Fasern eigene Hülle das Nervenmark scharf gegen die Zwischen-substanz abgrenzt und über die Stelle, welche die scheinbaren Faserbildungen des Nervenmarks einnehmen, keinen Zweifel lässt. Wir wenden uns jetzt zu den markhaltigen Fasern der Centralorgane. Diese sind, wie man am bequemsten an den starken, parallelen Fasern der vorderen Rückenmarksstränge constatiren kann, in Allem, abgesehen von der Scheide, den peripherischen Nervenfasern ähnlich; sie zeigen auf dem Querschnitt unter denselben Bedingungen dieselbe Manchfaltigkeit der Form, bald feinere Körnchen, bald gröbere, stark lichtbrechende Blättchen, bald eine gleichförmig dunkle, bald eine von einem dunkeln Saum umgebene, helle Schnittfläche. An den der Länge nach isolirten Fasern sieht man aber begreiflicher Weise fast niemals ebene Conturen; auch die best-

erhaltenen Fasern haben rauhe Ränder; viel häufiger, als an den peripherischen Nerven sind die Schüppchen des Nervenmarks streckenweise abgeblättert und lassen den Axencylinder ringsum oder einseitig frei (Fig. XXIII.).

Das Brönnner'sche Fleckwasser und die verwandten Reagentien machen alle erwähnten Formen des Nervenmarks in der beschriebenen Weise durchsichtig und lassen auch in den frisch in Alkohol gebrachten, gleichförmig feinkörnigen Fasern den Axencylinder erkennen, wodurch, wie uns scheint, die Präexistenz dieses Gebildes wahrscheinlicher gemacht wird, als durch eine der bisher geübten Methoden<sup>1)</sup>. Wirkt das Reagens lang und kräftig genug, bis zum völligen Erblässen des Präparates ein, so schwinden die Conturen der Blätter und Schüppchen und sie verwandeln sich in eine wasserhelle, homogene Masse, die nur an der Peripherie von feinen, dunkeln Streifen und Pünktchen durchzogen ist. Werden Axencylinder, die nur streckenweise von Schüppchen umlagert sind, mit Fleckwasser behandelt, so treten an die Stelle der Schüppchen helle Scheiden, die sich wie abgerissene Fragmente faltiger Membranen ausnehmen; sie sind fein quer oder vielmehr concentrisch gestreift und, den Streifen entsprechend,

---

<sup>1)</sup> Sie wird wieder zweifelhaft durch die in M. Schultze's eben erschienenem Programm (*Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum.* Bonn.) über die Nervenzellen und Fasern der Torpèdo mitgetheilten Beobachtungen. Das Gebilde, welche Schultze in dieser Schrift Axencylinder nennt und dessen faserige Structur und Zusammensetzung aus Fortsätzen verschiedener Nervenzellen er zu beweisen sucht, ist nicht identisch mit dem bisher unter diesem Namen beschriebenen Strang. Schultze's Axencylinder umfasst den ganzen Inhalt der Nervenfaser, mit Ausnahme der dünnen, peripherischen Schichte, die dem doppelten Contur der frischen Nervenfaser, den in Weingeist sich bildenden Blättern zu entsprechen scheint und so könnte der Purkinje-Remak'sche Axencylinder, wie er allgemein verstanden wird und sich in unseren Querschnitten (Fig. XVII.) präsentirt, nur durch nachträgliche Contraction oder Gerinnung, durch Scheidung in eine hellere, peripherische und eine dunklere, centrale Substanz entstanden sein. Zu einer solchen Deutung bietet Remak selbst in einer seiner späteren Aeusserungen die Hand (Amtl. Bericht der Naturforscherversammlung in Wiesbaden. 1853. S. 182), wenn er sagt, dass der Axencylinder während des Lebens schlauchförmig sei, der Markscheide dicht anliege und erst nach Einwirkung verschiedener Agentien sich zusammenziehe; dabei gedenkt auch Remak einer Längsstreifung des frischen Axencylinders, die er aber nicht der Substanz, sondern der Wand desselben zuschreibt. Wir wissen es mit dieser Darstellung nicht in Einklang zu bringen, dass unter gewissen Verhältnissen der ganze Raum zwischen der membranösen Scheide des Nerven und dem (contrahirten) Axencylinder von einer gleichförmigen Masse eingenommen wird und müssen künftigen Untersuchungen überlassen, den Widerspruch zu lösen.

an den Seitenrändern punktirt; nicht selten bilden den Seitenrand unterbrochene, etwas übereinander greifende dunkle Linien, als ob die Scheide aus kurzen, dachziegelförmig einander deckenden Köchern zusammengesetzt wäre (Fig. XXIV.). Lässt man jetzt Alkohol zufließen, so werden alle Conturen dunkler, die Schüppchen aber stellen sich nicht wieder her; auf dem Querschnitt hat die helle, den Axencylinder zunächst umgebende Schichte an Ausdehnung zugenommen und der äussere Ring stark lichtbrechender Substanz (Fig. XIX.) ist scheinbar auf eine dünne Membran oder auf eine Lage ringförmiger oder eng spirallig gewundener Fasern reducirt. Besonders scharf haben wir diese im Querschnitt concentrischen, im Längsschnitt longitudinalen Linien an Chromsäurepräparaten wahrgenommen. Man ist, wenn man ihre Entstehung nicht verfolgt hat, in Gefahr, sie dem Stroma zuzurechnen, da der helle Hof um den Axencylinder dem transparent gewordenen Nervenmark zu entsprechen scheint (Fig. II.).

Wir können nicht zweifeln, dass die hier geschilderten Trugbilder manchen Beschreibungen des Fasernetzes der sog. Neuroglia (Reticulum Kölliker) zu Grunde liegen. Insbesondere liefert Frommann in Taf. II. Fig. I. des zweiten Bandes seiner Untersuchungen ein getreues Bild der scheinbaren Fasern, die das in Form von Plättchen festgewordene Nervenmark vorspiegelt (vgl. unsere Fig. XX.). Die Täuschung war um so leichter, da neben diesen falschen Fasernetzen ächte isolirbare Fasern in den Zwischenräumen der Nervenfasern gefunden werden. Es sind feine, vereinzelt Bindegewebsfibrillen und sternförmige Bindegewebszellen, welche von der Pia mater und deren Fortsätzen aus sich mehr oder minder tief zwischen die Nervenfasern erstrecken, meist senkrecht gegen deren Axe und also in der That ringförmige Netze um dieselben bildend (Fig. XXV.). Aber je deutlicher sich an einzelnen, namentlich Chromsäurepräparaten von bestimmten Thieren und aus bestimmten Regionen diese Fasern zeigten, um so weniger hatten wir Ursache, den Fällen zu misstrauen, wo bei ganz gleicher Behandlung die Nervenfasern nur durch helle Räume ohne jede Spur von Faserung geschieden und die zwischen denselben zerstreuten Körperchen grösstentheils fortsatzlos waren. So an den Rückenmarksdurchschnitten vom Kaninchen, Schwein und Menschen, während das Rückenmark des Schafs, des Ochsens und der Katze, wie in der Rindenschichte, so auch im Innern einen besonderen Reichthum an Bindegewebsfasern zeigte.

Wir kommen also zu dem Schluss, dass das Stroma des

Rückenmarks zwar Bindegewebsfasern aufnehmen kann, an sich aber nicht faserig ist. Wir gedachten oben des Ueberzugs feinkörniger Substanz, der die Bindegewebssepta in's Innere der weissen Substanz begleitet. Feinere Septa bestehen aus feinkörniger Masse ohne bindegewebige Unterlage und in den feinsten ist auch die moleculäre Structur verschwunden; es bleibt nur eine homogene, wasserhelle Substanz, vielleicht die Substanz der Rindenschichte ohne die Molecüle. Die Eigenschaften dieses Kitts oder Bindemittels der Nervenfasern sind nur auf chemischem Wege zu ermitteln. Indem wir aber dazu schreiten, halten wir es für unerlässlich, auch bei diesem Theile der Untersuchung die peripherischen Nerven im Auge zu behalten, um durch Vergleichung mit ihnen die Eigenthümlichkeit der Zwischensubstanz der Centralorgane schärfer zu beleuchten.

Dünne Querschnitte des Rückenmarks, wie der Nerven, zeigen die Querschnitte der einzelnen Nervenfasern durch feine, helle Streifen geschieden, die in vielen Theilen des Rückenmarks noch dadurch einen Anschein besonderer Structur gewinnen, dass zahlreiche feinste Nervenfasern, welche in den Zwischenräumen der stärkeren verlaufen, auf den ersten Blick als Bestandtheile der Scheidewände aufgefasst werden. Setzt man nun den Präparaten Essigsäure oder verdünnte Kalilösung zu, so rücken in Folge einer Quellung der Zwischensubstanz die Nervenfaserdurchschnitte auseinander; sie rücken aber weiter auseinander an den Querschnitten peripherischer Nerven (Fig. XXVI.), als an denen des Rückenmarks, was auf ein grösseres Quellungsvermögen der Zwischensubstanz der Nerven schliessen lässt. Die Zwischensubstanz des Rückenmarks ist auch durchsichtiger, als die der Nerven: wo sie die Grenze des Präparates bildet, sind die Conturen des letzteren kaum zu erkennen und es sieht aus, als ob die Nervenfaserdurchschnitte frei in der Flüssigkeit lägen, während dagegen der Contur der Substanz, in welche die Fasern peripherischer Nerven eingebettet sind, auch im gequollenen Zustande als eine, den Conturen der Fasern einigermassen concentrische Linie leicht zu verfolgen ist. Unregelmässig zerstreute Zellkerne kommen in den Interstitien der peripherischen Nerven, wie des Rückenmarks vor; im letzteren liegen sie, wie der Längsschnitt zeigt, gewöhnlich in longitudinalen Reihen und zuweilen in unmittelbarer Berührung hintereinander.

Wenn man Querschnitte von Nerven und Rückenmark, die in Alkohol gehärtet worden, mit Fleckwasser digerirt, dann wieder in Alkohol auswäscht und mit Essigsäure oder Kali-

lösung behandelt, so erhält man die Zwischensubstanz in Form eines Gitterwerks mit leeren Lücken. Nervenmark und Axencylinder sind vollkommen unsichtbar, wiewohl sich der Axencylinder im Centrum der Nervenquerschnitte durch Zusatz von Wasser oder Glycerin wiederherstellen lässt, womit zugleich bewiesen, dass auch das Nervenmark nicht gelöst, sondern nur vollkommen durchsichtig geworden. Auch bei dieser Procedur zeigt sich die Zwischensubstanz oder das Gitterwerk aus Nerven trüber und fester, als aus dem Rückenmark, wogegen das letztere häufig, zumal in der Nähe der Oberfläche, mit feinen, dunkeln Pünktchen durchsäet ist.

Bei den aufgezählten Verschiedenheiten handelt es sich um ein Mehr oder Minder der Quellbarkeit und Durchsichtigkeit und deshalb sind sie, trotz ihrer Beständigkeit, nicht ganz leicht zu constatiren. Ein in die Augen springender Unterschied zwischen den beiden fraglichen Substanzen zeigt sich aber, wenn die zu untersuchenden Organe vor der Erhärtung kurze Zeit ( $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{2}$  Stunde) der Einwirkung des kochenden Wassers ausgesetzt worden waren. Gekocht, in Alkohol gehärtet, mit Fleckwasser durchsichtig gemacht und wieder in Alkohol ausgewaschen, bleibt die Zwischensubstanz der peripherischen Nerven hell, wie die der frisch gehärteten, und wird auf Zusatz von Essigsäure noch heller, die Zwischensubstanz des Rückenmarks aber bildet ein Netz von dunkeln, körnigen Bälkchen, deren Dunkelheit noch auffallender wird, wenn man mit Essigsäure die übrigen Gewebe aufhellt. Die Breite der Bälkchen schwankt zwischen 0,001 und 0,006 Mm., doch kommen einzelne noch feinere und auch stärkere bis zu 0,015 Mm. vor, die stärksten unmittelbar von der Oberfläche des Rückenmarks ausgehend. Ihre Breite ist scheinbar verschieden je nach der Mächtigkeit des Schnittes und einigermaßen abhängig von der durch das Kochen veranlassten Quellung der Nervenfasern.

Diese Bälkchen nun stehen in Zusammenhang mit der moleculären Schichte der Rinde und der grösseren Septa des Rückenmarks (Fig. XIV.); die Gleichartigkeit der Substanz der feinsten und der Belegungsmasse der gröberen, bindegewebigen Septa wird ausserdem durch die Gleichartigkeit ihrer Reactionen, und insbesondere durch folgenden Versuch erwiesen: behandelt man einen Querschnitt des Rückenmarks mit kaustischer Kalilösung und dann mit Wasser, so wird die moleculäre Rindenschichte zugleich mit den feinen Septa total erweicht und die Nervenfasern fallen auseinander; in verdünnter Essigsäure, welche die Rindenschichte nur erblassen und

quellen macht, ohne sie aufzulösen, erhält sich auch der Zusammenhang der Nervenfasern.

Der Zufall lehrte uns einen Nerven kennen, der auf den ersten Blick das eben gerühmte Unterscheidungsmittel der Zwischensubstanz der peripherischen und centralen Nervenfasern zu Schanden zu machen schien. Ein Nervenstamm, der an der Beugeseite des Radiocarpalgelenks des Ochsen, mit einer Arterie und einer Sehne zu einem Strang verbunden, herabläuft, zeigte an gekochten Querschnitten zwischen den Nervenfaserdurchschnitten ähnliche dunkle, netzförmig verbundene Streifen, wie der gekochte Querschnitt des Rückenmarks. Aber diese Streifen haben eine andere Bedeutung. Der fragliche Nerv hat, vielleicht zum Schutze gegen die Dehnungen, denen er ausgesetzt ist, die Eigenthümlichkeit, dass die Nervenfasern innerhalb der concentrischen Lamellen, die das Neurilem der Primitivbündel bilden, theils einzeln, theils zu mehreren von longitudinalen Bindegewebsbündeln umgeben und begleitet werden. Das Aufquellen der Bindegewebsbündel im kochenden Wasser veranlasst die netzförmig anastomosirenden Figuren des Nervenquerschnitts, die also mit den zur Genüge besprochenen Virchow'schen Körperchen des Querschnitts der gekochten Sehne identisch sind.

Wir erklären uns demnach gegen die bindegewebige Natur des Gerüsts, in welches die Nervenfasern der weissen Substanz des Rückenmarks eingelassen sind, aus denselben Gründen, aus welchen wir der moleculären Rinde den bindegewebigen Charakter absprechen zu müssen glaubten. Wir betrachten dies Gerüste als eine Dependenz der moleculären Rinde, ohne übrigens damit die vollkommene Gleichförmigkeit beider Substanzen behaupten zu wollen. Denn in der moleculären Substanz ist zweierlei zu scheiden, die Körnchen und die homogene Masse, welche die Körnchen zusammenhält, und wie beim Bindegewebe der Kitt, der die Fasern zu Bündeln vereinigt, zwischen den Bündeln mit einer gewissen Selbständigkeit auftritt und beispielsweise für sich allein in die Zwischenräume der peripherischen Nervenfasern sich erstreckt, so könnte auch die homogene Grundlage der moleculären Schichte ohne die Körnchen zur Ausfüllung der schmalen, spaltförmigen Räume zwischen den Nervenfasern des Rückenmarks dienen. Ob dies der Fall sei, oder nicht, lässt sich eben an den schmalsten Zwischenräumen nicht entscheiden. Wir können nur wiederholen, dass die breiteren dasselbe Gefüge zeigen, wie die moleculäre Rinde, und wir müssen hinzufügen, dass auf die Behandlung des rohen oder gekochten Querschnittes mit Essig-

säure oder Kalilösung in den Zwischenräumen der Nervenfasern zahlreiche Pünktchen hervortreten, welche noch dunkler und gröber erscheinen, als die Molecüle der Rinde.

Wir kehren schliesslich zurück zu den kugligen Körperchen, welche in allen Theilen der grauen und weissen Substanz der Centralorgane vereinzelt vorkommen, an einigen Stellen aber, wie in der Rindenschichte des Kleinhirns, in mächtiger Schichte angehäuft sind. Die vereinzelt hat man Bindegewebekörperchen, die schichtweise zusammenliegenden hat man, um die Frage, ob sie Kerne oder Zellen seien, offen zu lassen, Körner genannt. In der That finden sich unter denselben sowohl Kerne, als Zellen. Die Einen, und wie uns schien, die Mehrzahl, bleiben bei jeder Behandlung einfach; andere zeigen im frischen Zustande oder nach Einwirkung verdünnter Essigsäure einen dunkleren Kern, von einer Zelle in Gestalt eines schmalen, blassen Saumes umgeben. Zwischen einer Masse von ziemlich genau kugelrunden Formen findet man einzelne elliptische, eckige, auch abgeplattete. Der Durchmesser der kugligen beträgt 0,006 — 0,007 Mm. Von den einfachen Körperchen lassen sich zwei Arten unterscheiden: die der einen Art haben einen etwas rauhen Contur und eine granulirte Oberfläche, die der anderen zeichnen sich durch glatten Contur, helle Oberfläche und ein centrales Pünktchen aus, es sind, mit Einem Worte, Kerne mit einfachem Kernkörperchen. Beide Arten können als Kerne der ebenerwähnten Zellen auftreten.

Von der Anzahl und Anordnung oder vielmehr Unordnung der in der Substanz der Centralorgane zerstreuten Körperchen, die auch wir fortan mit dem Namen Körner bezeichnen wollen, geben die bisher üblichen Präparationsmethoden kaum eine richtige Vorstellung. Selbst die Carminimbition lässt sie nicht scharf genug hervortreten, da sie neben den Körnern noch manches Andere, Axencylinder, Bindegewebe u. s. f. färbt. Bei Behandlung alkoholischer Durchschnitte mit Terpentin, Kreosot oder Nelkenöl ereignet es sich öfters, dass alle Gewebselemente, die Körner und die grösseren, nackten Kerne allein ausgenommen, sich aufhellen; nach derartig aufgehellten Präparaten sind die Durchschnitte des Rückenmarks und Gehirns, Fig. XXVII — XXIX., gezeichnet. Ebenso oft aber machen diese Reagentien den ganzen Durchschnitt gleichmässig durchsichtig. Man kann alsdann mit ziemlicher Sicher-

heit die Körner darstellen, wenn man dem Präparat, namentlich dem mit Kreosot behandelten, einen Tropfen Wasser hinzufügt. Es scheiden sich alsbald grössere und feinere Tropfen aus, die nach und nach das Object bedecken und verderben. Vorher aber hat man Musse genug, an einzelnen Stellen die Körner und alle in dem Bindegewebe, den Blutgefässen enthaltenen Kerne sich dunkel, ja schwarz färben zu sehen, während Zellen, moleculäre Substanz, Nervenmark, Axencylinder nur noch blasser und durchsichtiger werden. Wir fügen sogleich hinzu, dass die rauhe Varietät der Körner sich in Nelkenöl und den verwandten Substanzen, mit und ohne Wasserzusatz, dunkler ausnimmt, als die glatte, mit Kernkörperchen versehene, und dass die grösseren, den Kernen der Ganglienzellen ähnlichen Kerne, die in der Hirnrinde neben Körnern auftreten, wie sie sich in dem transparenten Präparat durch die Blässe ihrer Conturen auszeichnen (Fig. XXIX.), so auch durch Wasserzusatz nur unvollkommen sichtbar werden.

Aus zahlreichen, mit den eben erwähnten Hilfsmitteln angestellten Untersuchungen ziehen wir den Schluss, dass die Vertheilung der Körner, abgesehen von den sogenannten Körnerschichten, keiner bestimmten Regel folgt. Ihre relative Menge ist veränderlich und deshalb liegen sie bald dicht zusammen, bald in grossen Abständen, einzeln oder in kleinen Gruppen. Der Bau der weissen Stränge des Rückenmarks bringt es mit sich, dass man sie hier häufig in Längsreihen antrifft. Im Gehirn sind sie gewöhnlich in der Nähe der Oberfläche etwas reichlicher, als in den tieferen Schichten; dass sie an der Peripherie des Kleinhirns bei jungen Thieren eine zusammenhängende Lage bilden, hat Hess entdeckt, und können wir mit F. E. Schulze bestätigen. Wir sahen sie ferner nicht selten reihenweise längs den Gefässen (Fig. XXIX\*) und, womit wir freilich sogleich unser Urtheil über diese Körperchen verrathen, innerhalb der perivascularischen Räume (Fig. XXIX\*\*).

Die Körner fehlen auch in den peripherischen Nerven nicht. Vom N. opticus ist es bereits bekannt <sup>1)</sup>, dass beim Eintritt desselben in die Sclera an die Stelle der bindegewebigen Scheidewände der Nervenbündel Reihen von theilweise nach der Axe des Nerven verlängerten Kernen treten; einzelne dieser Kerne entwickeln sich, wie die Körner des Rücken-

---

<sup>1)</sup> Henle, Eingeweidelehre. S. 586.

marks, zu sternförmigen Bindegewebszellen. In anderen Nerven haben wir vereinzelte, theils kuglige, theils stabförmige Körper zwischen den Fasern gesehen, die letztere Form in denjenigen Nerven, deren Primitivbündel von concentrischen Lamellen umschlossen und comprimirt sind. Auch diese Körperchen sind zahlreicher in jugendlichen Individuen, als in erwachsenen.

Die Nervenzellen der sympathischen und Spinalganglien liegen frei in Hohlräumen, deren Wand zahlreiche, in Form und Grösse den Körnern des Gehirns ähnliche Körperchen enthält. Diese wurden in den älteren Darstellungen der Ganglienstructur <sup>1)</sup> theils als Exsudatkörperchen, theils als Kerne, theils als runde Epithelzellen beschrieben. Fraentzel, der sie in unseren Tagen der Vergessenheit entriss <sup>2)</sup>, fasste sie als Kerne eines Plattenepithelium auf, dessen Zellengrenzen er an Durchschnitten sowohl frischer, als versilberter Präparate nachwies. Wir erhielten mittelst derselben Behandlung gleiche Resultate und sahen in der Profilansicht der Ganglienzellenscheiden die über das Niveau der Wand vorspringenden Kerne von einem zarten, der Zellensubstanz entsprechenden Saume überzogen (Fig. XXX\*). Doch meinen wir auch freie Kerne zwischen der Nervenzelle und der Wand des Hohlraums wahrgenommen zu haben und darüber blieb uns kein Zweifel, dass in vielen dieser Ganglienzellenscheiden die Kerne bald zu weitläufig, bald zu dicht und im Ganzen zu unregelmässig gestellt sind, um überall als Kerne eines Pflasterepithelium gelten zu können. Gegen Täuschungen, wie sie durch Zerrung, Verschiebung und Faltenbildung der kerntragenden Membran veranlasst werden konnten, sicherten wir uns dadurch, dass wir die Schnitte dick genug machten, um eine Anzahl uneröffneter Nervenzellenscheiden zu erhalten. Uebrigens hat man sich auch vor Täuschungen im entgegengesetzten Sinne zu hüten: die in die Hohlräume vorragenden Kerne machen Eindrücke in das Protoplasma der Nervenzellen und die zwischen je zwei solchen Eindrücken befindlichen schmalen Riffe können für Grenzen einer die Kerne umgebenden Zellsubstanz genommen werden. Wir müssen also annehmen, dass die die

---

<sup>1)</sup> Valentin in Müll. Arch. 1839. p. 143. Henle, Allg. Anat. p. 654. R. Wagner, in dessen Handwörterbuch. Bd. III. Abth. I. p. 365. Die hyalinen, kernlosen, einem Epithelium ähnlich angeordneten Zellen, welche Robin im Umkreis der Ganglienzellen antraf, waren, seiner eigenen, späteren Berichtigung zufolge, Eiweiss- oder Sarcodetropfen. Vgl. Polailon, Etude sur les ganglions. Paris. 1865. p. 86.

<sup>2)</sup> Archiv für pathol. Anat. u. Physiol. Bd. XXXVIII. p. 549.

Nervenzellen der Ganglien trennenden Scheidewände, neben den gestreckten Kernen der Nervenfasern und Capillargefäße, kuglige Kerne (Körner) enthalten, die sich in gewissen Fällen zu einem Epithelium entwickeln. Der Fall tritt, wie uns schien, in dem Ganglion semilunare des Trigemini seltener ein, als in den Spinalganglien.

An die Verwandtschaft der Elemente der äusseren gangliösen (inneren Körner-) Schichte der Retina mit den Körnern des Kleinhirns genügt es, mit einem Worte zu erinnern.

Wir haben wiederholt hingedeutet auf die Aehnlichkeit der Körner der Centralorgane mit den in den Lymphräumen des Gehirns enthaltenen Körperchen, die man unbedenklich als Lymphkörperchen ansprechen darf. Mit den freien Körperchen der Lymphe stimmen aber nicht nur die in dem Parenchym der Lymphdrüsen enthaltenen, sondern auch die Körperchen der conglomerirten Drüsen und der conglomerirten (adenoiden, cytogenen) Substanz der Schleimhäute überein, so dass man, wir fragen hier nicht mit welchem Rechte, das conglomerirte Gewebe geradezu für die Bildungsstätte der Lymphkörperchen erklärt hat. Nach dem Satze, dass zwei Dinge, die einem dritten gleichen, auch unter sich gleich sein müssen, dürfte demnach der Name „lymphoide Körperchen“, den man den kugligen Elementen der conglomerirten Drüsen ertheilt hat, auch auf die Körner der Centralorgane Anwendung finden. In der That ist die Aehnlichkeit so vollständig, dass, wenn man auf einem Objectträger Durchschnitte von der Körnerschichte des Kleinhirns und von Lymphdrüsen, eine gleichmässige Behandlung vorausgesetzt, ineinander schiebt, es kaum möglich ist, zu sagen, wo die eine Substanz endet und die andere anhebt. Zu jeder Form von Körperchen, die die eine darbietet, lassen sich Seitenstücke in der anderen auffinden, und wenn sich ein Unterschied entdecken lässt, so besteht er höchstens darin, dass in der Körnerschichte des Kleinhirns die glatten Körner mit centralem Kernkörperchen, in den Lymphdrüsen die rauhen Körperchen vorherrschen und dass an den Körnern der Lymphdrüsen sich häufiger der schmale, blasse Saum findet, der sie Zellen ähnlich macht. Während extreme Grössen in beiderlei Organen vorkommen, bleibt doch zuweilen der mittlere Durchmesser der Körperchen in den Lymphdrüsen hinter dem mittleren Durchmesser der Körperchen der Centralorgane etwas zurück. Auffallend war aber dieser Unterschied nur bei einer Leiche, deren von Chylus erfüllte Mesenterialdrüsen wir zur Vergleichung benutzten. Unter den conglomerirten Drüsen zeichnet sich die Thymus

durch die geringen Dimensionen der Mehrzahl ihrer Körner aus.

Auf die Aehnlichkeit der Lymphkörperchen mit den Körperchen der conglobirten Drüsen gründet sich, wie erwähnt, die Vermuthung, dass die Lymphkörperchen frei gewordene Bestandtheile des Parenchyms der conglobirten Drüsen seien. Wer diesen Schluss für gerechtfertigt hält, wird es uns nicht verdenken, wenn wir die Möglichkeit in's Auge fassen, dass wir in den Körnern der Centralorgane abgelagerte Lymphkörperchen vor uns haben. Was wir in den letzten Jahren, insbesondere durch v. Recklinghausen, über die Wandlungen der Lymphkörperchen, was wir durch Cohnheim und Stricker über die Permeabilität der Wandungen der Blut- und Lymphgefäße für farblose Körperchen erfahren haben, macht den Eintritt der Lymphkörperchen in die Substanz der Centralorgane, zumal in die moleculäre Substanz erklärlich, wenn dieselbe, wie wir fanden, unmittelbar an die perivascularen Lymphräume grenzt. Die offenbare Zufälligkeit in der Lage der Körner, ihre reihenweise Anordnung an der Oberfläche der Centralorgane und längs den Gefäßen, erhöht die Wahrscheinlichkeit unserer Annahme; die Häufung der Körner in den sogenannten Körnerschichten des Kleinhirns, der Retina u. A. ist ebenso räthselhaft, aber nicht räthselhafter, als die Regelmässigkeit, mit der sich in bestimmten Regionen der Schleimhäute (Tonsillen, Zungenbalg- und conglobirte Darmdrüsen u. s. f.) die Lymphkörperchen zu scharf begrenzten Organen sammeln. Wir suchten nach weiteren Stützen für unsere Ansicht und bemühten uns, Gestalt- und Ortsbewegungen der Körner an feinen Durchschnitten vom frischen und von dem nach Walther's Methode<sup>1)</sup> durch Aetherzerstäubung gefrorenen Froschgehirn zu sehen, waren aber nicht so glücklich, die von dem genannten Beobachter gewonnenen positiven Resultate bestätigen zu können. Etwas besseren Erfolg hatten die Versuche, mit Zinnober imprägnirte Lymphkörperchen im Parenchym des Gehirnes wiederzufinden. Zwar misslangen sie bei Fröschen, in deren Venen wir aufgeschlemmten Zinnober injicirt hatten: obschon die Blutgefäße eine Anzahl zinnoberhaltiger farbloser Körperchen führten, so war doch in der Gehirns substanz keins mit Sicherheit nachzuweisen. Dagegen war bei einem Huhn, dem wir durch eine Lücke des Schädels eine geringe Quantität in Wasser zerrührten Zinnobers unter die Dura mater gebracht hatten, am achten

<sup>1)</sup> Medicin. Centralblatt. 1868. Nr. 29.

Tage nach der Operation die Rinde des Grosshirns bis zu einer Tiefe von 0,02 Mm. mit zerstreuten zinnoberhaltigen Körperchen durchsäet.

Wir hoffen durch Fortsetzung dieser Art von Experimenten noch bestimmtere Aufschlüsse über die Herkunft der Körner zu erhalten. Ueber ihre Bedeutung und weitere Entwicklung trauen wir uns schon jetzt ein Urtheil zu. Ihre Beziehung zu den multipolaren Bindegewebszellen des Rückenmarks und zu den pflasterförmigen Zellen der Nervenzellenscheiden wurde im Vorhergehenden bereits besprochen. Während sie dort an der Bildung des Bindegewebes, hier an der Bildung einer Epithel-artigen Membran sich betheiligen, so stellen sie in der Hirnrinde den Ausgangspunkt für die Entwicklung der Nervenzellen dar. Wie die rauhe Varietät der Lymphkörperchen sich aufhellt und in die glatte mit punktförmigem Kernkörperchen übergeht, ist Schritt für Schritt zu verfolgen. Einfach durch successive Vergrößerung wandeln sich, wie man an jedem Durchschnitt der Grosshirnrinde zeigen kann, die glatten Körner in die charakteristischen Kerne der Ganglienzellen um. Ein heller Saum, der sich um diese Kerne bildet, als hätte die moleculäre Substanz sich von denselben zurückgezogen, deutet die Entstehung der Nervenzelle an. Dass dieser Saum nicht zufällig, etwa durch Schrumpfung des Kerns oder durch Wasser-austritt producirt ist, dafür zeugt der Uebergang desselben in den Fortsatz der Nervenzelle (Fig. XXXI.).

Die Frage, ob die Elemente, die wir bisher unter der unvorgreiflichen Bezeichnung „Körner“ zusammenfassten, Bindegewebs- oder Nervenkörperchen seien, löst sich hiermit auf eine Weise, die jeder Partei zu ihrem Rechte verhilft. Sie sind keins von beiden und werden das eine oder andere, je nach dem Boden, in welchen sie verpflanzt werden. Und damit ist die Reihe der Umwandlungen, deren sie fähig sind, nicht erschöpft. Wir erinnern nur noch an eine, die Umwandlung in cytoide Körper, deren charakteristisches Merkmal in der Formveränderung besteht, welche der Kern in Essigsäure erleidet. Wenn in der peripherischen Schichte des Glaskörpers, in den Zwischenräumen des Balkenwerks des vorderen Randes der Retina, in den Lücken des Lig. pectinatum iridis cytoide Körper vorkommen, so ist es wahrscheinlich, dass hier in den normalen Geweben ein Anfang regressiver Metamorphose vorliegt, ähnlich dem, durch welchen in entzündeten Theilen die farblosen Blutkörperchen in Eiterkörperchen übergehen.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Feiner Durchschnitt der Grosshirnrinde. \* Capillargefäss. Vergrößerung: 1000 Mal (mit der Hartnack'schen Immersionslinse Nr. 10).

Fig. II. Querschnitt des Rückenmarks vom Schaf durch die vordere Medianfissur. 1 Septum der vorderen Medianfissur. 2 Lockere, longitudinale Bindegewebsschichte. 3 Faserige Rindenschichte. 4 Weisser Vorderstrang, Querschnitte der longitudinalen Nervenfasern. Alkoholpräparat. Vergr. 280 M.

Fig. III. Querschnitt des Rückenmarks vom Schaf. Alkoholpräparat, nach Behandlung mit Kalilösung in Wasser ausgewaschen. 1 Bindegewebiges Septum. 2 Moleculäre Rindenschichte. 3 Blutkörperchen in einem durch den Schnitt geöffneten Gefäss. 4 Strang weisser Substanz ohne Rindenschichte. 5 Breite Rindenschichte mit den Querschnitten vereinzelter longitudinaler Fasern. Vergr. 200 M.

Fig. IV. Oberflächlicher verticaler Flächenschnitt des in Alkohol erhärteten Rückenmarks des Schafs. 1 Bindegewebsbündel der Pia mater. 2 Verfilzte Bindegewebsschichte. 3 Nervenfasern. Vergr. 300 M.

Fig. V. Bipolare Bindegewebszellen aus der Pia mater. Chromsäurepräparat. Vergr. 400 M.

Fig. VI. Oberflächlicher verticaler, doch nach unten etwas tiefer eindringender Flächenschnitt aus dem Rückenmark des Ochsen. Durch Carmin gefärbtes Chromsäurepräparat. 1 Faserige Rindenschichte. 2 Weisse Substanz mit blossgelegten Axencylindern; multipolare Bindegewebszellen. Dieselbe Vergr.

Fig. VII. Oberflächlicher, verticaler, von rechts nach links tiefer eindringender Flächenschnitt des Rückenmarks des Schweins. Chromsäurepräparat. 1 Rindenschichte. 2 Weisse Substanz mit entblösten Axencylindern. Vergr. 300 M.

Fig. VIII. Flächenansicht eines Stücks der Grenzmembran des Kleinhirns der Katze, welche Membran zwei Randwülste von einander scheidet und von beiden Flächen Capillargefässe und stiftförmige Fortsätze in das Gehirn sendet, die hier aus der Rindensubstanz hervorgezogen sind. Vergr. 600 Mal.

Fig. IX. Dickendurchschnitt der zwischen zwei Randwülsten befindlichen Grenzmembran des Kleinhirns der Katze mit einem Theil der Rindenschichte des Kleinhirns. Dieselbe Vergr.

Fig. X. Ein ähnlicher Durchschnitt. Der helle Raum zwischen der Grenzmembran und der Rindenschichte von Lymphkörperchen erfüllt. Dieselbe Vergr.

Fig. XI. Dickendurchschnitt der in Platinechlorid gehärteten Retina des Schafs. 1 Membrana limitans. 2 Von den Stützfasern durchzogener Lymphraum. 3 Nervenfaserschichte. 4 Innere gangliöse Schichte. 5 Innere granulirte Schichte. Vergr. 400 M.

Fig. XII. Ein ähnlicher Durchschnitt, bei gleicher Vergrößerung, mit gleicher Bezeichnung. Der Lymphraum von Körperchen erfüllt.

Fig. XIII. Dickendurchschnitt der oberflächlichsten Schichte der Grosshirnrinde, mit Kalilösung behandelt, wodurch alle Gewebstheile, mit Ausnahme der Nervenfasern, durchsichtig gemacht sind. Vergr. 300 M.

Fig. XIV. Querschnitt eines gekochten, dann in Alkohol gehärteten Kalbsrückenmarks, dessen Nervenmark durch Behandlung mit Brönner'schem Fleckwasser durchsichtig gemacht ist. 1 Pia mater. 2 Moleculäre Rindenschichte, von welcher die Scheidewände der Nervenfasern ausgehen. Vergr. 300 M.

Fig. XV. Querschnitt eines peripherischen, in Alkohol gehärteten Nerven, mit Brönner'schem Fleckwasser behandelt. Vergr. 200 M.

Fig. XVI. Fasern eines unmittelbar nach dem Tode in Alkohol gelegten Froschnerven. Vergr. 200 M.

Fig. XVII. Fasern eines Froschnerven, der eine Stunde nach dem Tode des Thieres in Alkohol gelegt worden. Gleiche Vergr.

Fig. XVIII. Querschnitte der Fasern eines unmittelbar nach dem Tode in Alkohol gelegten Nerven vom Kaninchen. Vergr. 300 M.

Fig. XIX. Querschnitte der Fasern eines  $\frac{1}{2}$  Stunde nach dem Tode in Alkohol gelegten Nerven vom Kaninchen. Gleiche Vergr.

Fig. XX. Nervenfasern des Kaninchens,  $\frac{1}{2}$  Stunde nach dem Tode in Alkohol gelegt. Vergr. 200 M.

Fig. XXI. Desgl., 3 Stunden nach dem Tode in Alkohol gelegt. Gleiche Vergr.

Fig. XXII. Desgl., 12 Stunden nach dem Tode in Alkohol gelegt. Gleiche Vergr.

Fig. XXIII. Fasern aus den motorischen Strängen des in Alkohol gehärteten Rückenmarks des Kalbes. Vergr. 300 M.

Fig. XXIV. Dieselben, nach Behandlung mit Brönner'schem Fleckwasser.

Fig. XXV. Querschnitt aus der weissen Substanz des Rückenmarks des Schafs, auseinander gezogen. Alkoholpräparat. Vergr. 300 M.

Fig. XXVI. Querschnitt eines gekochten Nerven aus dem Plexus brachialis des Schafs. 1 Bindegewebiges Neurilem. 2 Concentrische Hülle der Primitivbündel. 3 Blut- und Lymphgefässe. Vergr. 200 M.

Fig. XXVII. Längsschnitt des hinteren Rückenmarksstranges vom Menschen, mit Nelkenöl behandelt. Vergr. 300 M.

Fig. XXVIII. Durchschnitt eines Läppchens des Kleinhirns vom Schaf, mit Terpentin aufgehellt. 1 Längs der Oberfläche verlaufendes Gefäss. 2 Moleculäre Rindenschichte. 3 Nervenzellschichte (die Nervenzellen unsichtbar). 4 Körnerschichte. 5 Weisse Axe des Läppchens, parallele Nervenfasern. 6 Blutgefäss. Dieselbe Vergr.

Fig. XXIX. Durchschnitt der Grosshirnrinde des Schafs, senkrecht zur Oberfläche, mit Terpentin aufgehellt. \* Blutgefäss, längs welchem die Körner in einer Reihe liegen. \*\* Perivascularer Raum, Lymphkörperchen enthaltend. Dieselbe Vergr.

Fig. XXX. Durchschnitt des Ganglion semilunare vom Schaf. Dies. Vergr.

Fig. XXXI. Durchschnitt der Grosshirnrinde des Kaninchens, senkrecht zur Oberfläche. Aus einem in Müller'scher Flüssigkeit erhärteten Präparat. Dieselbe Vergr.



Fig. 1.

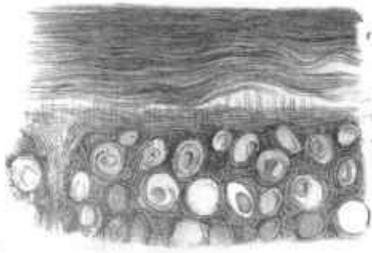


Fig. 2.



Fig. 4.

Fig. 6.

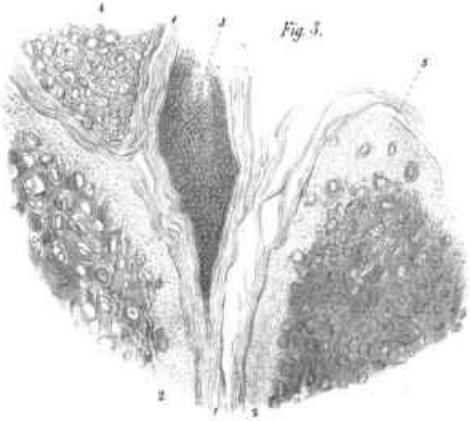


Fig. 3.

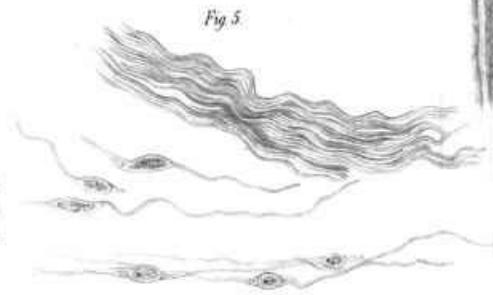
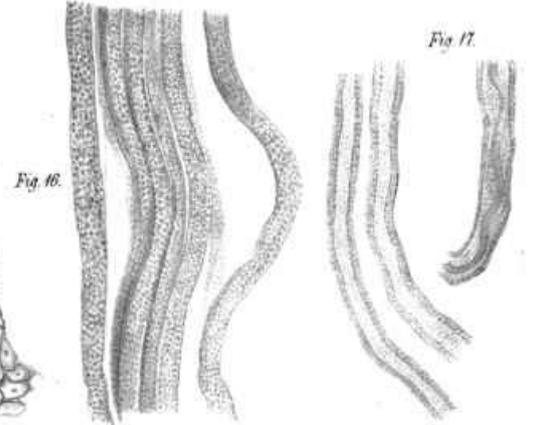
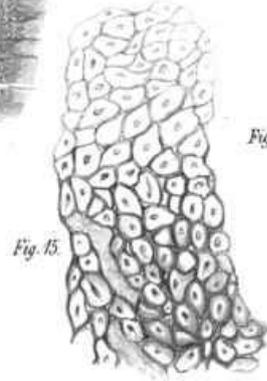
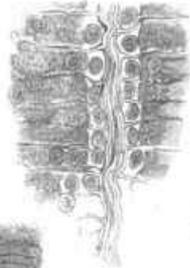
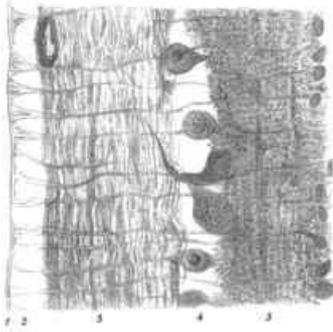
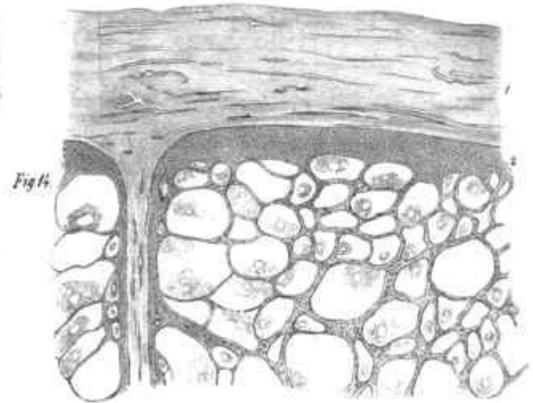
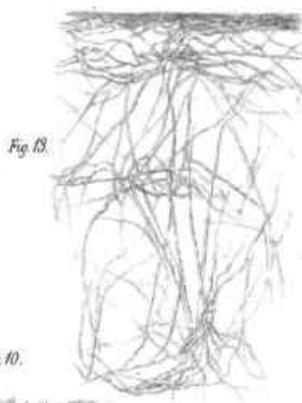
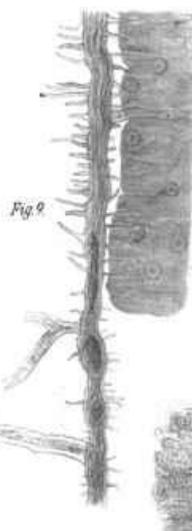
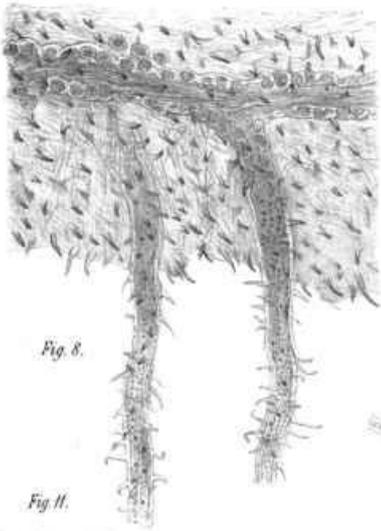


Fig. 5.

Fig. 7.



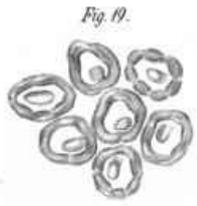


Fig. 19.



Fig. 18.

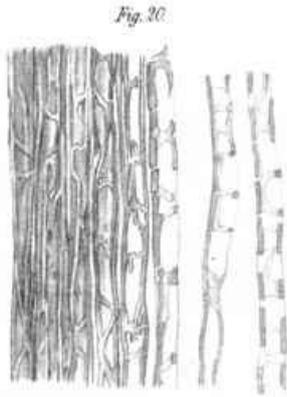


Fig. 20.

Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 23.



Fig. 24.

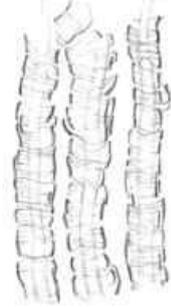


Fig. 26.

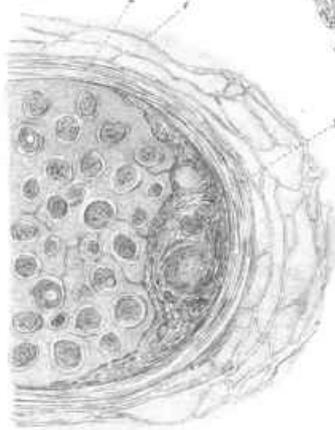


Fig. 25.

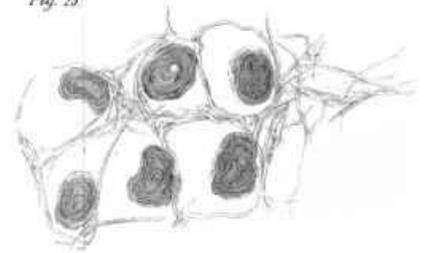


Fig. 28.

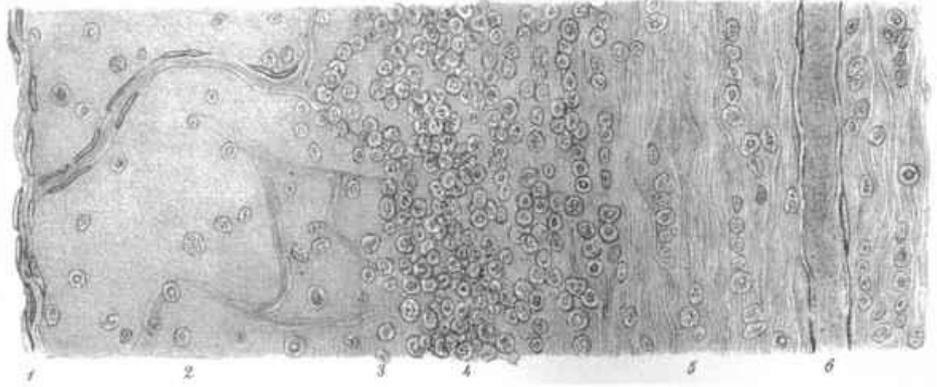


Fig. 27.

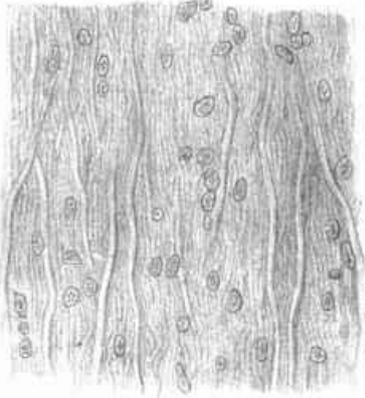


Fig. 29.

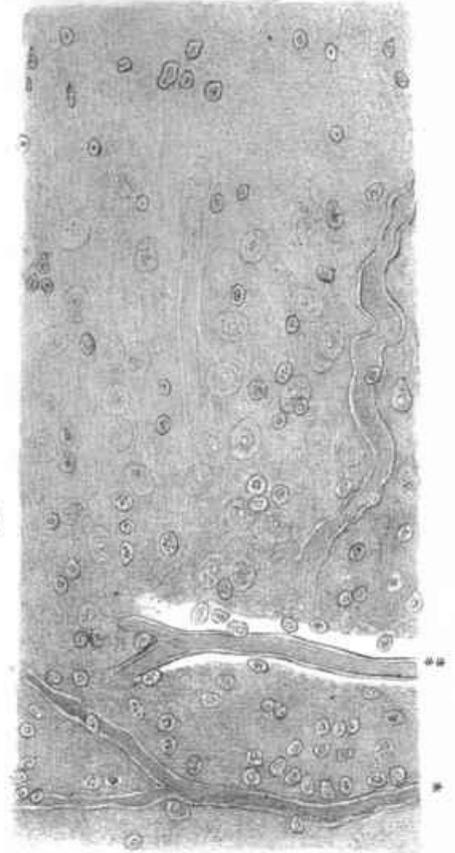


Fig. 31.

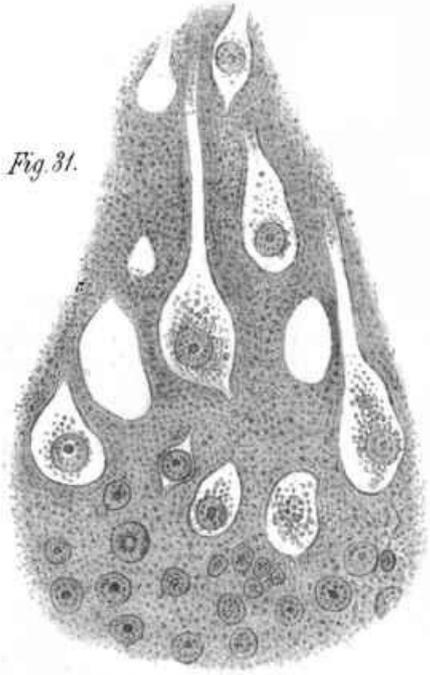


Fig. 30.

