

Der Bau des Axencylinders der Nervenfasern / von Gustaf Retzius.

Contributors

Retzius, Gustaf, 1842-1919.
Royal College of Surgeons of England

Publication/Creation

Stockholm : Aftonbladets Aktiebolags tryckeri, 1889.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/tukpcb4s>

Provider

Royal College of Surgeons

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by The Royal College of Surgeons of England. The original may be consulted at The Royal College of Surgeons of England. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

4.

BIOLOGISKA FÖRENINGENS FÖRHANDLINGAR.

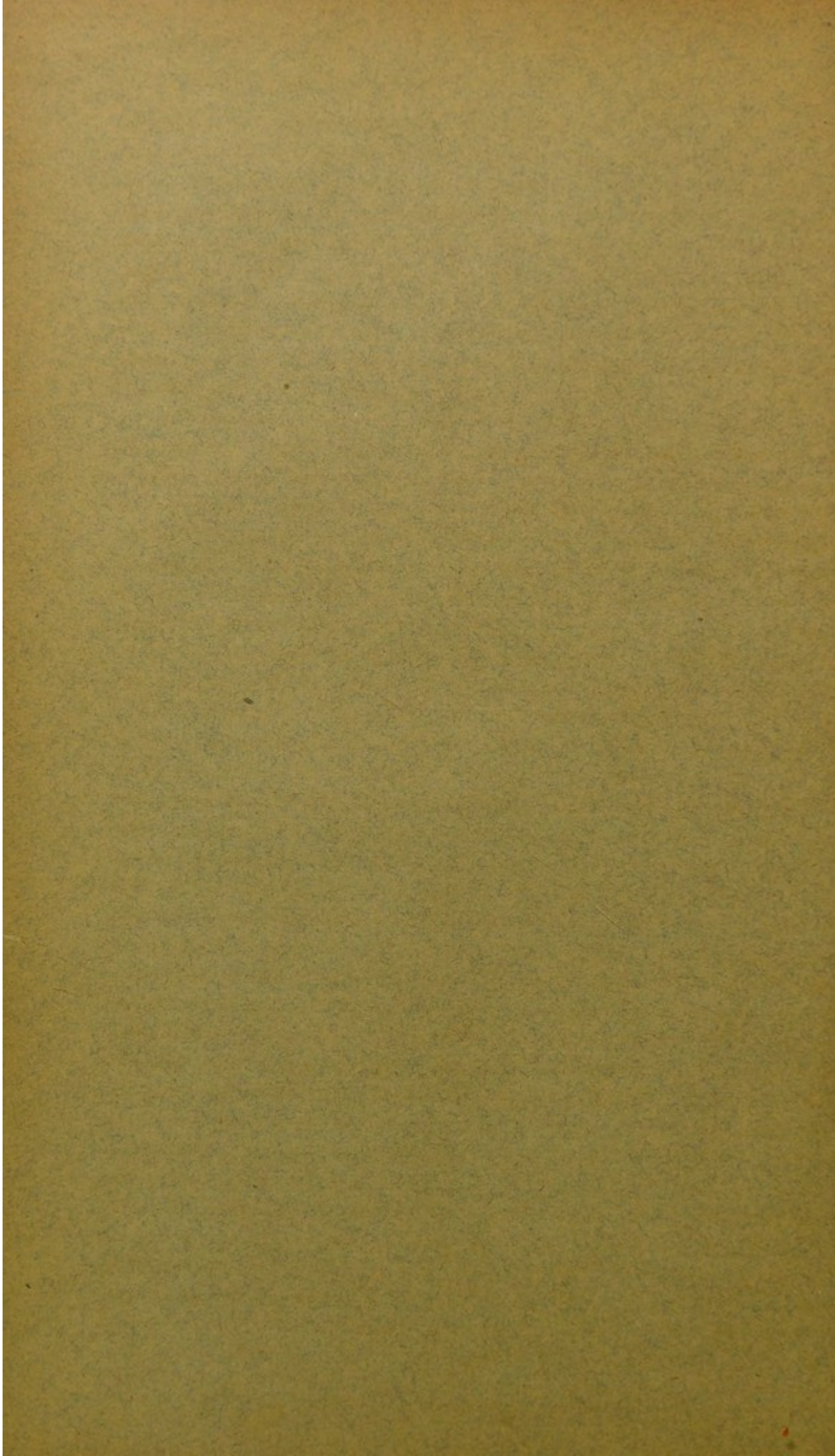
FÖRHANDLINGEN DES BIOLOGISCHEN VEREINS

IN
STOCKHOLM.

DER BAU DES AXENCYLINDERS DER NERVENFASERN

VON
GUSTAF RETZIUS.





14.

Der Bau des Axencylinders der Nervenfasern

von

GUSTAF RETZIUS.

(Vorgetragen am 27. Januar 1889).

Mit Tafel V.

Meine Herren! Es war eigentlich nicht meine Absicht, heute den schon vorher versprochenen Vortrag über den Bau des Axencylinders der Nervenfasern zu halten, indem meine, besonders am Anfang des vorigen Herbstes darüber ausgeführten neueren Untersuchungen wegen des Winterdunkels nicht abgeschlossen worden sind.

Eine mir vor drei Tagen durch die gefällige Zusendung des Verfassers zugegangene Abhandlung¹⁾, welche den fraglichen Gegenstand behandelt, hat mich aber bestimmt, Ihre Aufmerksamkeit einen Augenblick auf diese für die Histologie und die gesamte Biologie so fundamentale Frage zu lenken.

Auf die Geschichte dieser Frage will ich hier natürlicher Weise nicht tiefer eingehen, sondern nur einige der wichtigsten Hauptmomente derselben kurz in Ihre Erinnerung zurückführen, und dies gerade deshalb, weil die Angaben über die Structur des Axencylinders, als der eigentlichen leitenden Bahn der Nervensubstanz, lange schon zwischen fast ähnlichen Anschauungen hin und her geschwankt hat.

Von Alters her nahmen die Physiologen ja eine »canaliculöse Beschaffenheit der Nervencylinder« an, und in diesen Nervenkanälen dachten sie sich, gleich dem Blut in den Gefässen, ein Nervenfluidum circulirend.

Davon sind wir wohl nunmehr abgekommen, aber die »tubulöse« und flüssige Natur der Nervencylinder hat seitdem mehrere Vertheidiger gehabt.

¹⁾ Ueber einige Bestandtheile der peripheren markhaltigen Nervenfasern. Von Dr. MAX JOSEPH in Berlin. Sitzungsberichte d. k. pr. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. Sitzung v. 13 December 1888.

Das mit Sicherheit zuerst von REMAK (1838) als normaler Bestandtheil der Nervenfasern gesehene und als »Primitivband« beschriebene, von PURKINJE und ROSENTHAL (1839) »Cylinder axis« genannte Gebilde, welches man seitdem als »Axencylinder« bezeichnet, wurde anfangs bald als ein Canal, bald als ein fester Strang aufgefasst, bald als cylindrisch, bald als platt dargestellt. Schon PURKINJE und ROSENTHAL sahen den Axencylinder fein punktirt, HANNOVER fand ihn sehr feinkörnig, selten längsstreifig; KÖLLIKER beschrieb (1850) die Axenfaser als blass, meist homogen, seltener fein granulirt oder fein streifig.

Die distinkt streifige Beschaffenheit des Axencylinders wurde aber bekanntlich zuerst von MAX SCHULTZE (1868) als allgemeine normale Structur hervorgehoben. Nach ihm zeigt nämlich der Axencylinder eine mehr oder minder deutliche, parallele Längsstreifung, herrührend von einer faserigen Differenzirung und der Anwesenheit einer wahrscheinlich interfibrillären feinkörnigen Substanz. Die folgenden Verfasser schlossen sich im Ganzen mehr oder weniger bestimmt der MAX SCHULTZE'schen Theorie an, obwohl es doch niemand gelungen war, die fragliche Structur mit den damaligen Mikroskopen und Färbungsmethoden sicher darzulegen. So RANVIER, KEY und ich u. a. Gewöhnlich wurde von den Forschern, welche nicht mehr aussagen wollten, als sie wirklich gesehen hatten, der Axencylinder als ein homogenes oder schwach körniges, undeutlich längsgestreiftes, festweiches, cylindrisches Gebilde beschrieben.

Indessen trat im Jahre 1875 FLEISCHL, auf Untersuchungen mit Ueberosmiumsäure behandelter Froschnerven gestützt, wieder mit der Anschauung auf, dass der Axencylinder der lebenden Nervenfaser eine Flüssigkeit sei, ein je nach Umständen in verschiedene Formen gerinnendes Protoplasma. BOLL suchte diese Lehre zu stützen, und nun war man wieder in Unsicherheit gerathen.

Sodann suchte (1878) HANS SCHULTZE, welcher bei FLEMMING arbeitete, dem Axencylinder wieder eine fibrilläre Structur zu vindiciren. Sowohl beim lebenden Objecte als nach Behandlung mit verschiedenen Reagenzien konnte SCHULTZE eine mehr oder weniger deutliche Längsstrichelung, resp. eine Zerspaltung in längsgehende Fibrillen wahrnehmen, und er hielt es deshalb für höchst wahrscheinlich, dass diese Primitivfibrillen einem im Leben vorhandenen präformirten Structurelement entsprechen. Als Färbemittel wandte SCHULTZE nur carminsaures Ammoniak und pikrocarminsäures Natron an.

Im Jahre 1883 veröffentlichte KUPFFER¹⁾ eine für den fraglichen Gegenstand sehr wichtige Mittheilung. Durch 24—48-stün-

¹⁾ C. KUPFFER, Ueber den Axencylinder markhaltiger Nervenfasern. Sitzungsber. d. mathem. physikalischen Classe d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1883. Heft. III.

dige Behandlung des Ischiadicus von Fröschen mit 0,8 % Osmiumlösung und (nach Auswaschung) mit nachheriger Färbung in toto in wässriger Säurefuchsinlösung, dann Behandlung mit absolutem Alkohol (6—12 Stunden), Paraffineinbettung und Mikrotomiren erhielt er sehr dünne Längs- und Querschnitte der markhaltigen Nervenfasern, bei welchen er das Vorhandensein im Axenraume von distinkten, schön roth gefärbten, parallel neben einander verlaufenden Fasern wahrnehmen konnte. Am Querschnitte sah er hier eine ganz gleichmässige Vertheilung gleich grosser Pünktchen von geringerem Durchmesser als der Abstand derselben von einander; zuweilen waren sie in der Mitte des Axenraumes dichter geordnet und fehlten gegen die Markscheide hin. Am Längsschnitte sah er den fraglichen Pünktchen entsprechende, longitudinal verlaufende Fibrillen, welche in ihrem Verlaufe eine gleichmässige Dicke bewahren, keine Knötchen zeigen, ohne jede Gliederung sind. Diese Fibrillen sind aber in einer Substanz suspendirt, die beträchtlicher ist als KUPFFER sich vorgestellt hatte. Welcher Art ist nun diese Substanz? KUPFFER nimmt an, dass sie eine eiweishaltige gerinnungsfähige Flüssigkeit sei. Er kam also zu folgendem wichtigem Schluss: »Der Axenraum enthält die Nervenfibrillen, die locker im Nervenserum flottiren. Ein irgend kompakter 'Axencylinder' ist ein Artefact«¹⁾.

In seiner Arbeit »Zelle und Gewebe« (1885) besprach LEYDIG u. A. auch den Bau der Nervenfasern bei Evertibraten und Vertibraten. Wie in den Ganglienzellen und der Zellensubstanz überhaupt unterschied er zwei verschiedene Bestandtheile, das *Spongionplasma* und das *Hyaloplasma*, von denen das erstere ein das letztere durchstrickendes, netzförmig feinfaseriges Gerüstwerk, das wenigstens sichtbar unstructurirte Hyaloplasma aber die eigentliche Nervensubstanz darstelle.

Im wesentlichen Anschluss an LEYDIGS Anschauungen trat nun im Jahre 1886 FRIDTJOF NANSEN²⁾, besonders auf Untersuchungen an Evertibraten (*Homarus* etc.) aber auch an *Amphioxus* und *Myxine* gestützt, mit der Behauptung auf, dass der

¹⁾ Nachdem dieser Vortrag schon gehalten war, erhielt ich die Nachricht vom Vorhandensein einer diesen Gegenstand behandelnden, separat erschienenen Abhandlung von E. JACOBI, »Zum feineren Bau der peripheren markhaltigen Nervenfasern«, welche im Jahre 1886 in Würzburg erschienen ist. Diese gründliche Arbeit, welche unter KÖLLIKERS Leitung ausgeführt worden ist, stimmt in Betreff der Fibrillen des Axencylinders mit KUPFFERS Angaben und Figuren überein. JACOBI opponirt sich aber gegen das Flottiren der Fibrillen im Serum: sie sind »durch eine homogene Zwischensubstanz verbunden, deren Festigkeit ungefähr der Fibrillen entsprechen dürfte. JACOBI bespricht auch die Frage von dem Verhalten des Axencylinders und der schwannischen Scheide an den Schnürringen; da ich aber in der vorliegenden Mittheilung darauf nicht eingegangen bin, werde ich die Besprechung dieser Frage für eine folgende Gelegenheit reserviren.

²⁾ FRIDTJOF NANSEN, The Structure and Combination of the Histological Elements of the Central Nervous System. Bergens Museums Aarsberetning for 1886 samt Nordiskt Medicinskt Arkiv, Bd 19, Nr 24, 1887.

Inhalt der Nerventuben (Nervenfasern) anstatt aus Primitivfibrillen und halbflüssiger, interfibrillärer Substanz aus feinen Röhren (Primitivröhren oder Primitivtuben, NANSEN) von fester Substanz (das Spongioplasma) bestehe, welche von einer homogenen, halbflüssigen Substanz (das Hyaloplasma LEYDIGS) ausgefüllt seien. Das Spongioplasma habe also nicht die netzförmige Anordnung, wie LEYDIG annahm, sondern bilde die tubulären Wände der Primitivröhren, welche oft in der Mitte der Nerventuben gewissermassen mehr »concentrirt« liegen, indem ihre Wände hier dicker seien.

In einer späteren Mittheilung¹⁾ scheint LEYDIG sich der Nansen'schen Theorie von dem Baue der Nervenröhren aus Primitivröhren anzuschliessen.

Endlich erschien in der aller letzten Zeit die am Anfang dieses Aufsatzes erwähnte Arbeit von MAX JOSEPH »Ueber einige Bestandtheile der peripheren markhaltigen Nervenfasern«. Durch Untersuchungen der elektrischen Nerven von Torpedo, sowie von Nerven von Raja, Lophius, Rana, Felis und Canis, wobei er als Erhärtungsmittel die 0,5 % Osmiumsäure und als Färbemittel verschiedene Reagenzien (neutrales Karmin von FRITSCH, Methylenblau, Säurefuchsin, Bismarckbraun etc.) angewandt hatte, kam er zu folgenden Ergebnissen. Sowohl in der Markscheide wie im Axenraume fand er zwei nach ihrem optischen und färberischen Verhalten verschiedene Substanzen. In der Markscheide tritt ein stärker tingirbares, regelmässiges Balkenwerk entgegen, zwischen dessen Maschen sich das durch Osmium graue Mark befindet; dieses Balkenwerk ist wohl, sagt der Verf., mit dem »Neurokeratingerüst« von EWALD und KÜHNE identisch, es widersteht aber nach JOSEPH keinem Verdauungsgemisch (Trypsin, Pepsin). Nach der Figur zu schliessen, entspricht indessen dieses Balkenwerk der Markscheide den wohl von den meisten Untersuchern des Nervengewebes nach Osmiumbehandlung an markhaltigen Nervenfasern gesehenen und von einigen (z. B. von GEHOELST) abgebildeten Erscheinungen.

Im *Axenraume* ist nun nach JOSEPH »ein jenem gleich gefärbtes, allerdings sehr viel feineres unregelmässiges Netzwerk zu sehen«, welches er als »*Axengerüst*« bezeichnet und als »ein unregelmässiges System feinsten zierlicher Linien« beschreibt, »in deren Kreuzungspunkten einzelne dunkler gefärbte Punkte, welche auf Diffraction bezogen werden müssen, schärfer hervortreten. Zwischen diesem Netzwerke befindet sich eine zweite das Licht stark brechende Substanz.« »Ich habe«, sagt JOSEPH, »die Überzeugung gewonnen, dass dieses Axengerüst mit dem Balkenwerke

¹⁾ F. LEYDIG, Altes und neues über Zellen und Gewebe, Zoolog. Anzeiger, 1888.

in der Markscheide in Zusammenhang stehe, gleichsam die Fortsetzung desselben bilde. Sie besitzen beide die gleichen Färbungsmerkmale.* An Längsschnitten sah er einige wenige, 5 oder mehr, theils parallele, theils schräge zu einander gestellte, ganz unregelmässige, oft durch Querstriche mit einander verbundene Leisten, welche er als die Längspfeiler des Axengerüsts ansieht. Dieses Gerüst, welches kein Artefact und wahrscheinlich nicht nervöser Natur ist, sei vielleicht dazu bestimmt, Ordnung in das regellose Gewirr der Nervenfibrillen zu bringen, aus welchen die übrigens nach dieser Behandlung keine fibrilläre Structur zeigende, zwischen den Maschen des Gerüsts befindliche, eigentliche leitende nervöse Substanz wahrscheinlich bestehe. Die Beobachtungen von KUPFFER konnte JOSEPH nicht bestätigen. Das Gerüst hat also nichts mit längslaufenden Fibrillen zu thun, welche, wie oben erwähnt, nach KUPFFER auf dem Querschnitte der Nervenfasern als gleichmässig vertheilte Pünktchen erscheinen und locker in einem Nervenserum flottiren.

* *

Nachdem ich schon im Anfang der 70:er Jahre zusammen mit AXEL KEY den Bau des Axencylinders fleissig untersucht hatte, wobei wir aber mit den damaligen Methoden und Instrumenten nicht zu entscheidenden Resultaten gelangten, sondern vorläufig bei der Ansicht stehen blieben, dass die mehr oder weniger homogen erscheinende Substanz eine undeutliche Längsstrichelung zeige, welche hauptsächlich in Folge von Längsreihen von Körnchen hervortritt, habe ich mehrmals gelegentlich den Gegenstand von Neuem angegriffen.

Besonders aber habe ich im letzten Frühjahr, nach dem Erscheinen von NANSENS Arbeit, die Nerven des Hummers nach seiner Behandlungsweise (FLEMMINGS Gemisch, DELAFIELDS Hämatoxylin) untersucht, ohne zu denselben Ergebnissen wie er zu kommen. Da es mir aber bald deutlich wurde, dass die fraglichen Nervenfasern der Evertebraten (Hummer, Flusskrebs) für eine endliche Lösung der Frage vom Baue des Axencylinders nicht besonders günstig sind — obwohl durch Methylenblaufärbung der lebenden Nervenfasern sowie auch durch Osmium-Säurefuchsinbehandlung interessante Schlüsse zu ziehen sind — so wendete ich mich bei der erneuerten Untersuchung im letzten Herbste hauptsächlich zum Frosch, dessen Nerven auch schon bei den ersten Versuchen sehr instructive Bilder gaben. Ich behandelte die dickeren Nerven des Brachial- und Lumbareplexus nach den Angaben von KUPFFER mit $\frac{1}{2}$ 0/0 Osmiumsäure und Säurefuchsin — die übrigen von mir

versuchten Färbemittel gaben nie so schöne Resultate — und bekam sogleich auf den dünnen Querschnitten innerhalb der schwarzen Myelinscheide, also auf dem am Querschnitte des diesen Raum, den Axenraum vollständig erfüllenden Axencylinders eine Zeichnung, welche theils mit der Darstellung von KUPFFER übereinstimmte, theils aber davon abwich. In einer so wichtigen Frage, wie diese ist, wollte ich indessen noch tiefer gehende Nachforschungen vornehmen, ehe ich die Resultate veröffentlichte. Da aber nun die Arbeit von JOSEPH erschienen ist und sie meiner Ansicht nach zu einigen unrichtigen Schlüssen geführt hat, so finde ich es angemessen, hier einen kurzen Bericht von meinen Ergebnissen zu liefern und eine Reihe meiner Präparate dem Biologischen Verein vorzulegen.

* *

Wie aus der kurzen historischen Uebersicht hervorgeht, schwanken die Anschauungen in Betreff des Baues des Axencylinders noch immer — und dies nicht nur mit Hinsicht auf die Consistenz im Grossen und Ganzen (flüssig, halbflüssig, halbfest), sondern auch in Bezug auf die eigentliche, feinste Zusammensetzung. Im Allgemeinen scheint man sich aber nunmehr dahin zu vereinigen, dass man als in die Zusammensetzung des Axencylinders eingehend zwei histologisch verschiedene Bestandtheile annimmt, einen festeren, geformten und einen flüssigeren ungeformten — Spongioplasma und Hyaloplasma, um mit LEYDIG zu sprechen. In Betreff des festeren Bestandtheils weichen nun die Ansichten weit von einander ab. Nach KUPFFER besteht derselbe aus längslaufenden, gleichmässig dicken, mit einander nicht anastomosirenden, in der flüssigeren Substanz flottirenden Fibrillen — also offenbar dem eigentlichen nervösen Elemente der Nervenfaser entsprechend. Nach LEYDIG und NANSEN stellt hingegen der festere Bestandtheil ein Gerüst dar, welches tubuläre Umscheidungen (NANSEN), also Wände der von der flüssigen, eigentlichen Nervensubstanz ausgefüllten Primitivröhren bildet. Und nach JOSEPH endlich bildet dieser festere Bestandtheil ein den Axenraum mit polygonalen, der Längsrichtung des Raumes nach länglichen Maschen durchstrickendes Gerüst, welches sogar mit einem entsprechenden Gerüst in der Markscheide zusammenhängt und in seinen Maschen die homogen erscheinende, eigentlich nervöse Substanz enthält. Es liegen also über den feineren Bau des Axencylinders vor fundamental verschiedene Anschauungen, und jeder Histologe muss sich die Frage stellen: Welche dieser Ansichten enthält die Wahrheit? Was lässt sich mit den jetztigen Methoden sicher entscheiden?

* *

Wenn man einen dickeren Nerven (aus dem Brachial- oder Lumbarplexus) des Frosches nach der Kupfferschen Methode mit 0,5 % Osmiumsäure und Säurefuchsin behandelt, so findet man an *Querschnitten* innerhalb der ringförmigen, zuweilen hier und da etwas eingeknickten, gewöhnlich aber ziemlich regelmässig runden, schwärzlich gefärbten Markscheide, den Axenraum fast immer ganz erfüllend, den hellen Querschnitt des Axencylinders, an welchem nun auf ungefärbtem Grunde roth gefärbte Structuren zu sehen sind. Diese rothen Structuren sind aber bei den verschiedenen Nervenfasern nicht immer von gleicher, sondern oft von recht wechselnder Art. Theils erkennt man eine Reihe von Bildern, wo eine Menge roth gefärbter Punkte in etwa gleichmässiger Anordnung über den ganzen Axenraum distribuiert sind (Fig. 2, rechts). Diese Bilder entsprechen offenbar den von KUPFFER gesehenen Verhältnissen. Bald stehen die körnchenähnlichen, rundlichen, in jeder Faser etwa gleich grossen, stark lichtbrechenden und glänzenden Figuren in der hellen Grundsubstanz sehr dicht, bald — und dies ist gewöhnlicher — mehr zerstreut. Zuweilen sind sie, wie KUPFFER angiebt, mehr nach der Mitte hin gesammelt und lassen die Rindenpartie an der Markscheide mehr oder weniger frei. Wenn man den Tubus senkt oder erhebt, erkennt man sogleich, dass diese körnchenähnlichen Figuren Querschnitte — resp. optische Querschnitte — von Fibrillen sind, welche in der Längsrichtung der Nervenfaser verlaufen müssen. Soweit stimmen also die Befunde vollständig mit den Angaben von KUPFFER überein.

Neben diesen Nervenfasern mit Fibrillen in gleichmässigen Vertheilung in der Grundsubstanz trifft man nun aber eine Menge andere solche Fasern, in welchen eine netzförmige Zeichnung hervortritt (Fig. 1—8). Das ganze Querschnittsfeld erscheint, ungefähr wie am Querschnitt einer Sehne, durch ein Septensystem in grössere und kleinere, polygonale Feldchen getheilt, welche von der hellen, ungefärbten Grundsubstanz erfüllt sind. Diese eigenthümlichen Bilder, die ich schon im Anfang meiner letzten Untersuchungsreihe antraf und den hiesigen Collegen zeigte, entsprechen offenbar den von JOSEPH gesehenen Gebilden. Letzterer Forscher hat aber dies »Septensystem« als ein Gerüstwerk gedeutet, welches mit einem von ihm in der Markscheide beschriebenen zusammenhängt und sich in gleicher Weise wie dieses färbt. Wie er dazu gekommen ist, kann ich in keiner Weise verstehen. Mit Osmium z. B. färbt sich die Markscheide schwärzlich, resp. grau, mit Säurefuchsin gar nicht; mit Osmium färbt sich das »Gerüst« des Axencylinders gelblich grau, mit Säurefuchsin nachher mehr oder weniger intensiv roth. Einen Zusammenhang dieses Systems des Axencylinders mit etwaigen Structuren der Markscheide sah ich nie; ein solcher existirt meiner Ansicht nach durchaus nicht. Wenn man nun aber

das fragliche System näher studirt, findet man in demselben eine Menge körnchenähnlicher Figuren, welche ganz denjenigen entsprechen, die sich an den Querschnitten mit gleichförmiger Vertheilung als Fibrillen erwiesen. Die Körnchen der Septen sind ebenfalls Querschnitte längsgehender Fibrillen. JOSEPH scheint auch in den Kreuzungspunkten seines Gerüstes einzelne dunkel gefärbte Punkte gesehen zu haben, hat aber ihre Natur nicht richtig verstanden, sondern sie »auf Diffraction« bezogen.

Bei genauer Durchmusterung der Septen trifft man nun überall eine Menge Fibrillenquerschnitte, welche bald dichter stehen bald mehr von einander entfernt sind. Besonders oft sind sie in der Mittelpartie reichlicher angesammelt (Fig. 1, 5, 7), und dann strahlen von dieser centralen Hauptsammlung schmalere, fibrillenführende Septa nach der Peripherie hinaus. Hin und wieder findet man Nervenfasern, in deren Axenraume nach der einen Seite hin eine Anordnung in grössere maschenförmige Septa vorhanden ist, während nach der anderen Seite sich eine gleichmässige Vertheilung der Fibrillen zu erkennen giebt.

Wie lässt sich nun diese Anordnung der Fibrillen in maschige Septa erklären und wie lässt sie sich mit der gleichmässigen Vertheilung in anderen Nervenfasern vereinigen. Ist eine der beiden Anordnungsarten die normale, die andere abnorm oder sogar ein durch die Behandlung entstandenes Kunstprodukt?

Wenn man eine Reihe von Querschnitten genau durchmusterst, so findet man zuweilen die beiden Anordnungsarten in wechselnder Zahl unter einander vermischt (Fig. 2, 3), so dass die Verschiedenheiten auf eine verschiedene Einwirkung des Erhärtungsmittels nicht abzuhängen scheinen. Man trifft dabei auch eine ganze Reihe von Zwischenstufen, Glieder, welche die beiden Vertheilungsarten der Fibrillen unter einander verbinden (Fig. 2, 3, 4). Und in der That bemerkt man oft an den Querschnitten mit anscheinend gleichmässiger Anordnung der Fibrillen, dass dieselben in einer maschigen Vertheilung stehen, obwohl letztere natürlicher Weise viel weniger auffällt.

Wenn man solche Präparate, an denen die quergeschnittenen Axencylinder so aussehen wie in den Fig. 2, 3, 4, so glaubt man kaum in der maschigen Vertheilung der Fibrillen Kunstproducte vor sich zu haben. Und doch habe ich mich immer mehr davon überzeugt, dass die gleichmässigere Anordnung, im Sinne von KUPFFER, die natürlichere ist. Hin und wieder sah ich in den grösseren Maschenräumen helle rundliche, tropfenartige Figuren, welche Vacuolen sehr ähnlich waren. An Längsschnitten fand ich auch hier und da helle, ovale, vacuolenartige Räume. An Querschnitten von Nervenfasern, welche auch in anderer Hinsicht weniger gut erhärtet erschienen, waren solche Vacuolen zahlreich

vorhanden. In diesen Fällen lagen offenbare Kunstproducte vor. Hier hatte sich die Zwischensubstanz, das Hyaloplasma, in den stark vergrösserten Maschenräumen angesammelt, oder richtiger, es hatte sich aus ihr eine hellere, ganz ungefärbte Substanz in diese Räume ausgeschieden, während der übrige Theil sich zusammen mit den Fibrillen zu den etwas röthlich gefärbten Septa zurückgezogen hatte. An den Querschnitten mit feiner netzförmiger Anordnung ist eine solche Abtrennung nicht in derselben Weise wahrnehmbar, und man ist deshalb weniger berechtigt, diese Anordnung als künstlich entstanden zu betrachten, um so viel mehr als sie, wie oben erwähnt wurde, auf demselben Querschnitte in wechselnder Menge neben Fasern mit gleichmässiger Vertheilung vorkommt. Man könnte zwar in diesem Falle an verschiedenen Arten oder vielleicht an verschiedenen Functionszuständen der Nervenfasern denken. In solcher Hinsicht liegen aber bis jetzt keine weitere Thatfachen oder Beweise vor. Nur mag ich bemerken, dass die oben erwähnte wechselnde Anordnung der Fibrillen sowohl den gröberen wie den schmäleren markhaltigen Fasern zukommt.

Bei der Beurtheilung dieser Frage mag aber vor Allem hervorgehoben werden, dass an manchen der in der angegebenen Weise behandelten Nervenfasern, an welchen man auch sonst keine künstliche Einwirkung der Reagenzien findet, *alle Querschnitte die gleichmässige Vertheilung der Fibrillen* zeigen, gerade wie sie KUPFER zuerst naturgetreu beschrieben hat. Dass diese letztere Anordnung eine natürliche ist, davon habe ich mich auch vollständig überzeugt. Ob aber nebenbei auch die fein netzförmige natürlich ist, lässt sich noch nicht sicher entscheiden, obwohl viel für ihre künstliche Entstehung spricht. Die Darstellung von JOSEPH ist aber jedenfalls unrichtig.

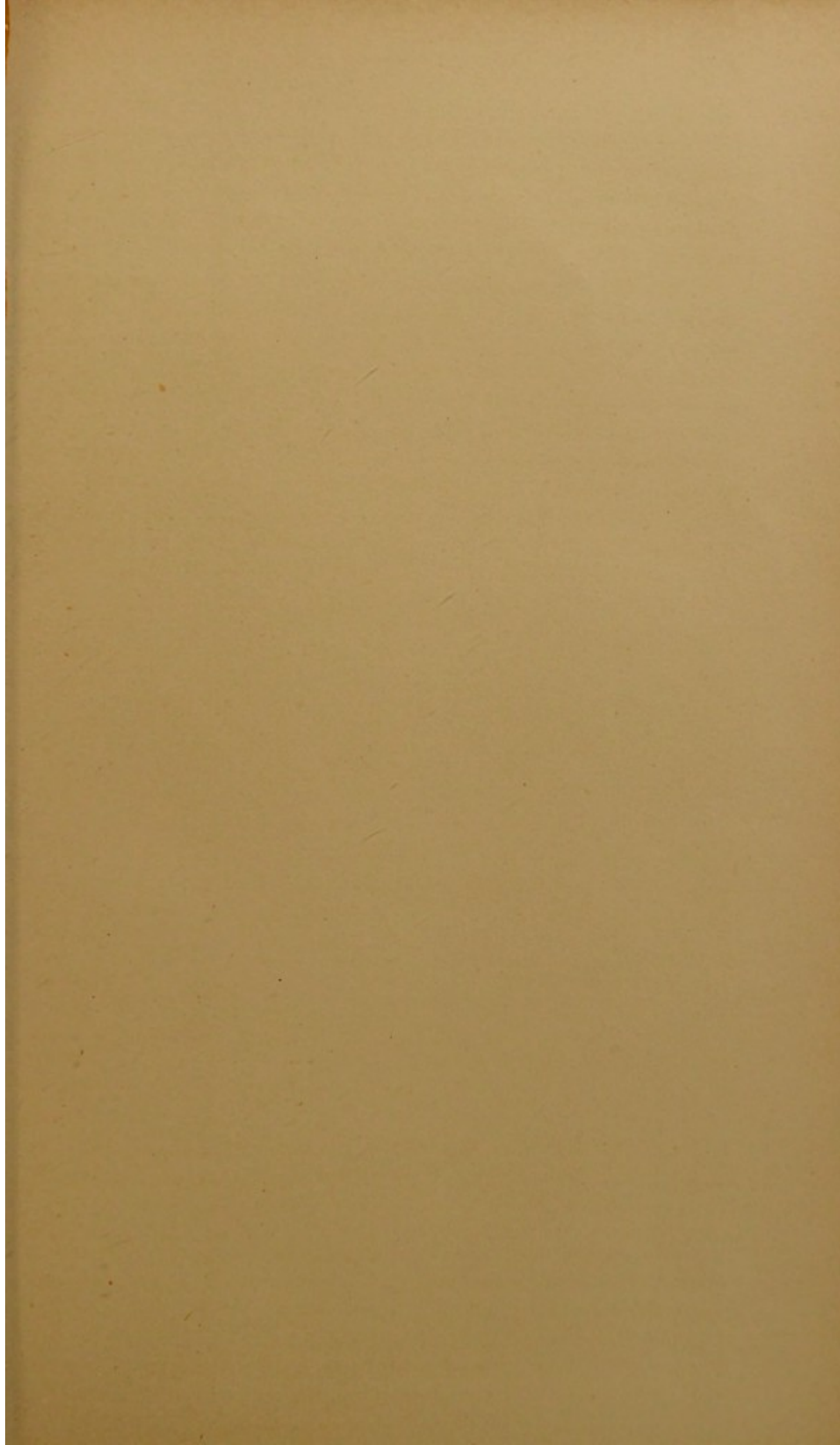
Wenn die Querschnittsbilder im Ganzen schön und scharf hervortreten, lässt sich dies leider nicht immer von den *Längsschnittsbildern* sagen. Dieselben sind deshalb auch viel schwerer zu entziffern. Man muss erstens zur Untersuchung ganz dünne Schnitte von Nervenfasern haben, welche in gestreckter Lage darliegen und an denen die Markscheide sowohl an der oberen wie an der unteren Seite weggeschnitten worden ist. An solchen (Fig. 12, 13, 14) »glücklich getroffenen« Nervenfasern, von denen in jedem gut gelegten dünnen Schnitt wenigstens Stücke stets in einiger Anzahl zu finden sind, sieht man nach hinreichender Färbung in Säurefuchsin sehr deutlich den fibrillären Bau, von dem die Querschnitte so gute Erläuterung gegeben haben. Streckenweise lassen sich die fraglichen Fibrillen in längslaufender Richtung verfolgen. Selten gehen sie aber ganz gerade, sondern sehr oft etwas gebogen und entziehen sich gewöhnlich nach kurzem Verlaufe der Beobachtung. In manchen

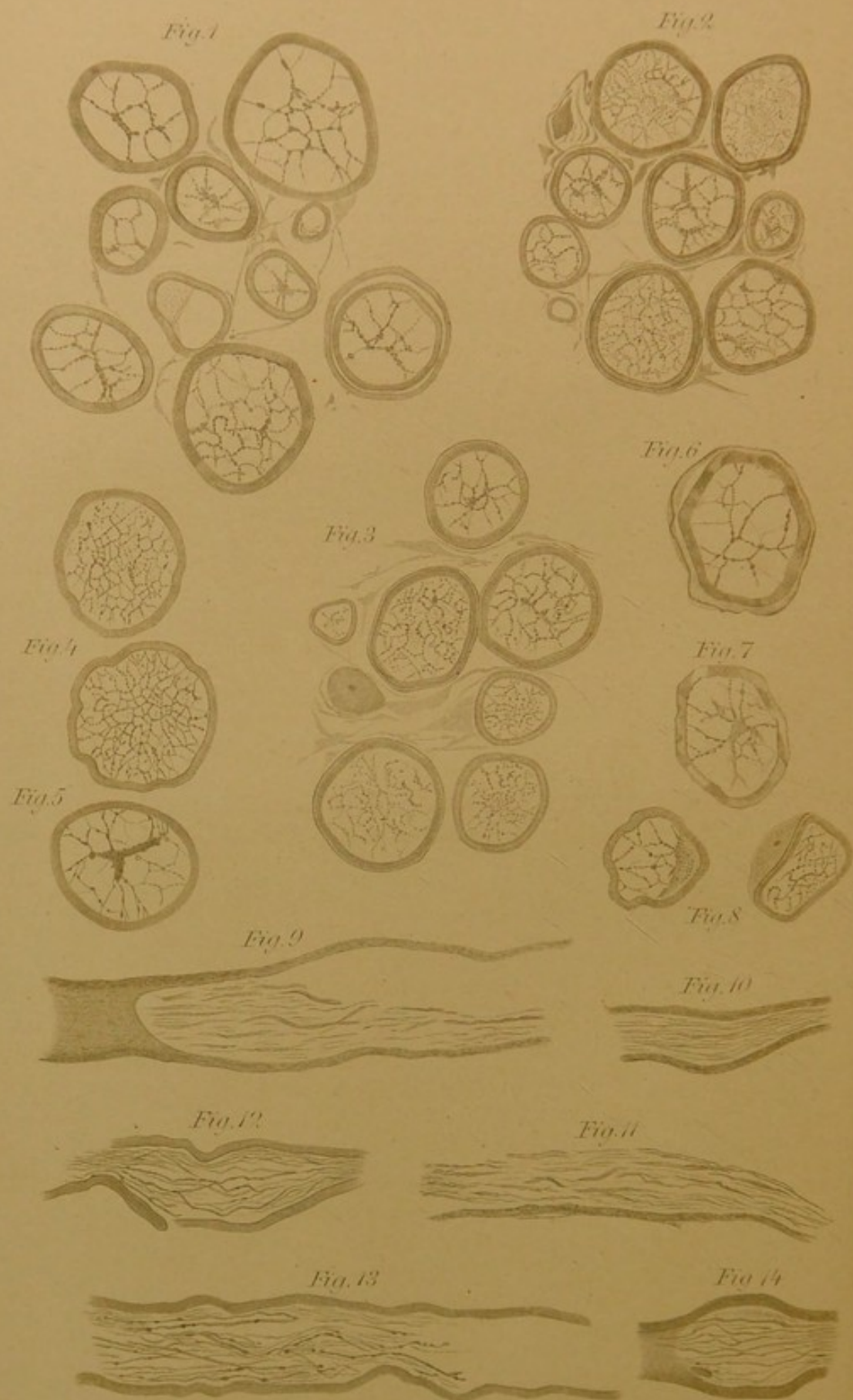
Fasern bilden sie sogar ein länglich-maschiges Flechtwerk, ein Gewirr, dessen einzelne Fibrillen sich reichlich kreuzen feines und nicht verfolgbar sind. In solchen Fällen ergibt sich die Frage, ob nicht in der That ein wahres Flechtwerk vorliege, eine protoplasmatische Filarsubstanz, wie in den Ganglienzellen angenommen wird.

Bei den Untersuchungen über den Bau des Axencylinders scheint man im Ganzen gar zu wenig die Thatsache vor Augen gehabt zu haben, dass jeder Axencylinder einen Fortsatz des Protoplasma der Ganglienzellen darstellt und mithin selbst Protoplasma ist — ob nun in irgend welcher Weise modificirtes, oder nicht, lässt sich vor der Hand nicht sagen. Leider ist die feinste Structur dieses Zellenprotoplasma noch zu wenig bekannt, um bis jetzt darauf Schlüsse bezüglich der Structur der Axencylinder zu ziehen. Wir wissen ja noch nicht sicher, in wie weit die körnig erscheinenden Fibrillen der Filarsubstanz der Ganglienzellen netzförmig mit einander verbunden sind.

Jedenfalls ist aber der Vergleich zwischen der Structur der Ganglienzellen und der Axencylinder von hohem Interesse. In beiden haben wir ja wenigstens zwei histologisch verschiedene Bestandtheile, die geformte fibrilläre Substanz (Filarsubstanz, Spongionplasma) und die ungeformte, hyaline Substanz (Interfilarsubstanz, Paraplasma, Hyaloplasma). In den Axencylindern lässt sich nur die Fibrillensubstanz sowohl am Quer- wie am Längsschnitte streckenweise deutlich verfolgen, während anderenorts eine unentwirrbare Verflechtung vorzuliegen scheint. Es ist vor der Hand unmöglich zu sagen, ob in diesen Fällen nicht in der That eine verschiedene Anordnung (getrennte Fibrillen—netzförmiges Flechtwerk) vorliegt. So viel lässt sich indessen sagen, besonders wenn man die Querschnittsbilder berücksichtigt, dass hier eine *fibrilläre* Structur vorhanden ist, welche sich oft so deutlich ausgesprochen zeigt, dass man die *Fibrillen ohne Theilungen und Anastomosen ziemlich weit in der Längsrichtung der Nervenfasern verfolgen kann*. Es wäre aber sicher verfrüht auf Grund der bis jetzt vorliegenden Bilder, Theilungen und Anastomosen ganz zu verneinen. Diese Frage, wie die ganze Frage vom Bau des Axencylinders, ist von so weittragender, so grundlegender Bedeutung, dass man gewiss nur mit der allergrössten Vorsicht vorwärts gehen darf.

Was nun aber die Beschaffenheit der fraglichen Fibrillen betrifft, so sah ich dieselben, nicht wie KUPFFER, ohne Knötchen, sondern vielmehr uneben, mit vielen kleinen knötchenförmigen Verdickungen versehen, bisweilen sogar etwas varikös (Fig. 13). In diesen Fibrillen traf ich in der That oft etwas grössere Körner, welche durch das Säurefuchsin — oder vielleicht durch das





Osmium — dunkler gefärbt waren, entweder einzeln oder zuweilen reihenweise eingelagert.

In Zusammenhang hiermit will ich auch erwähnen, dass ich, beim Krebs und Frosch, sehr oft nach Methylenfärbung lebender Nervenfasern mit nachfolgender Fixirung derselben in pikrinsaurem Ammoniak, in den Axencylindern eine schöne violette Färbung von Körnchenreihen bekommen habe, die den knotigen Fibrillen der Osmium-Säurefuchsinbilder zu entsprechen scheinen. Gerade wie die »varikösen« Fäserchen der durch Methylen gefärbten Axencylinder sehen auch die in derselben Weise behandelten einzeln verlaufenden, peripheren Fibrillen in den Endausbreitungen der Nerven aus.

Endlich will ich hier auch mittheilen, dass ich an manchen Querschnitten der Nervenfasern des Hummers besonders in den kleineren und mittelstarken Axencylindern eine deutliche Anordnung in längsgehende, durch ein Hyaloplasma getrennte, durch Säurefuchsin stark roth gefärbte Fibrillen gesehen habe, obwohl, mir diese Nervenfasern, wie oben erwähnt, zur Lösung der vorliegenden Frage viel weniger geeignet erschienen als die des Frosches.

In Betreff der Beschaffenheit der Zwischensubstanz des Hyaloplasma kann ich dieselbe nicht mit KUPFFER für ein Serum halten, in welchem die Fibrillen flottiren, sondern schliesse mich der Ansicht derjenigen Forscher an, welche es als etwas fester, festweich, »schleimig«, beschreiben, ungefähr in derselben Weise wie das entsprechende Hyaloplasma der Nervenzellen.

Ich hoffe, den vorliegenden Gegenstand ein anderes mal etwas eingehender berühren zu können.

Tafelbeschreibung.

Tafel V.

Quer- und Längsschnitte markhaltiger Nervenfasern aus dem Brachial- und Lumbalplexus des Frosches, mit $\frac{1}{2}\%$ Ueberosmiumsäure und Säurefuchsin behandelt und bei Winkels Hom. Imm. $\frac{1}{24}$ + Ocul. 3 gezeichnet.

Fig. 1–8. Querschnitte.

Fig. 9–14. Längsschnitte.

Fig. 1–2 stellen Gruppen von nebeneinander liegenden Nervenfasern dar. In Fig. 8 ist rechts ein Kern an der Schwannschen Scheide getroffen.

An den Querschnitten ist vorwiegend die netzförmige Anordnung der Fibrillen gewählt und gezeichnet.

