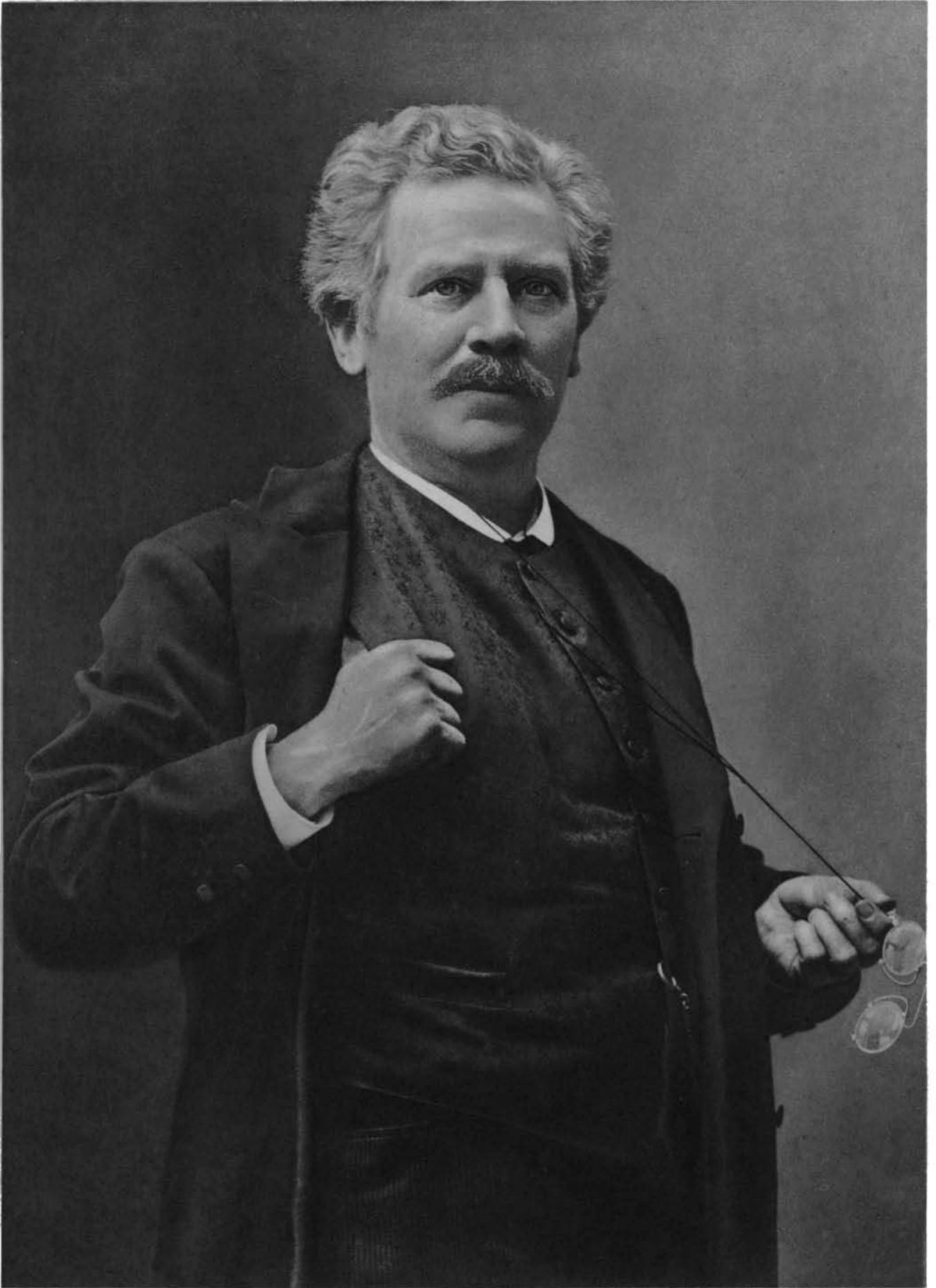


**from the library of Helmut Kettenmann**

**Max Delbrück Center for Molecular Medicine**

**Berlin-Buch**

scanned by Lucas Kettenmann



Fot. Herm. Hamnqvist, Stockholm

*Gustaf Retzius*

## INHALT.

	Seite
1. Weitere Beiträge zur Kenntnis von dem Bau und der Anordnung des Ependyms und der sämtlichen Neuroglia, besonders bei den niederen Vertebraten. Taf. I—XVI . . . . .	1
A. Ependym und Neuroglia bei Amphioxus. Taf. I—II . . . . .	3
B. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem der <i>Myxine glutinosa</i> . Taf. III—X	15
C. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem des <i>Petromyzon fluviatilis</i> . Taf. XI—XII . . . . .	19
D. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem verschiedener Vertebraten, die nicht in den vorigen Abteilungen behandelt sind. Taf. XIII—XVI . . . . .	22
2. Einige Beiträge zur Kenntnis der Struktur der Ependym- und Nervenzellen im Rückenmark der Cyklostomen. Taf. XVII, Fig. 1—24 . . . . .	27
A. Die Frage über das Vorkommen von „inneren Sinneszellen“ im Ependym des Rückenmarks. Fig. 1—19 . . . . .	27
B. Die fibrilläre Struktur der Nervenzellen im Rückenmark von <i>Petromyzon</i> . Fig. 20—24	32
3. Zur Kenntnis des Baus des Glaskörpers im Auge des Menschen. Taf. XVIII . . . . .	34
4. Die Spermien der Cyklostomen. Taf. XIX—XX . . . . .	43
A. Die Spermien von <i>Myxine glutinosa</i> . Taf. XIX . . . . .	44
B. Spermien von <i>Petromyzon fluviatilis</i> . Taf. XX. . . . .	49
5. Noch einige Beiträge zur Kenntnis der Spermien bei den Affen. Taf. XXI . . . . .	57
A. Die Spermien von <i>Chrysothrix sciurea</i> . Taf. XXI, Fig. 1—22 . . . . .	58
B. Die Spermien von <i>Hylobates lar</i> . Taf. XXI, Fig. 23—46 . . . . .	59
6. Die Gehirne der Affengattungen <i>Cebus</i> und <i>Ateles</i> . . . . .	62
A. <i>Cebus</i> . I. Geschichtliches . . . . .	62
II. Eigene Beobachtungen . . . . .	65
B. <i>Ateles</i> . I. Geschichtliches . . . . .	70
II. Eigene Beobachtungen . . . . .	71
7. Die Verbindungen zwischen dem Sarcolemma und den Grundmembranen der Muskelfibrillen in bildlicher Darstellung. Taf. XVII, Fig. 25—27 . . . . .	77
-----	
Inhaltverzeichnis der Biologischen Untersuchungen I—II und der Biologischen Untersuchungen N. F. I—XIX . . . . .	81
Verzeichnis der sämtlichen wissenschaftlichen Werke von Gustaf Retzius nach ihrem Inhalt geordnet	91

# WEITERE BEITRÄGE ZUR KENNTNIS VON DEM BAU UND DER ANORDNUNG DES EPENDYMS UND DER SÄMTLICHEN NEUROGLIA, BESONDERS BEI DEN NIEDEREN VERTEBRATEN.

Taf. I—XVI.

In einigen früheren Mitteilungen<sup>1)</sup> habe ich längst meine Erfahrungen von Studien über Ependym und Neuroglia bei verschiedenen Vertretern der Vertebraten, so weit ich sie damals mittelst der GOLGI'schen Silbermethode gewonnen hatte, niedergelegt. Diese Erfahrungen stimmten hauptsächlich mit den von anderen Forschern zu jener Zeit und auch nachher mittelst derselben Methode erhaltenen und geschilderten überein. Vor allem liess sich durch die sog. elektive Färbung dieser Methode die *Gestalt* der fraglichen Zellen in den dunklen Silberbildern bei den verschiedenen Tierarten im allgemeinen eruieren; ihre feineren Bauverhältnisse und ihre Verhältnisse zu einander sowie ihre sämtliche Verteilung in den betreffenden Organen und Geweben liess sich aber dadurch, wie bei jener Methode gewöhnlich, nicht oder jedenfalls nur zum geringen Teil erforschen. Hierzu waren *andere* Methoden notwendig. Schon früher hatte man längst versucht, die in der »Zwischensubstanz« der nervösen Zentralorgane mehr oder weniger unklar wahrgenommenen Zellen und anderen Elemente, der zuerst von RUDOLF VIRCHOW distinguierten und als *Neuroglia* bezeichneten Substanz elektiv zu färben. In der Tat war es besonders FROMMANN<sup>2)</sup> gelungen, mit Karmin die Zellen und Fasern dieser Substanz so zu färben, dass er von ihrer Anordnung eine für jene Zeit der histologischen Technik sehr beachtenswerte Darstellung ihrer Struktur im Rückenmark, »wenigstens in der weissen Substanz und um den Centralkanal herum« geben konnte. »Die richtigen Fasern«, sagt WEIGERT in seiner beleuchtenden geschichtlichen Übersicht der früheren Periode der Neurogliaforschung vom Jahre 1895, »hat er jedenfalls gesehen und zwar (höchstens mit Ausnahme von CLARKE) zuerst gesehen und in möglichster Vollständigkeit vor sich gehabt.« FROMMANN hatte selbst in seinem I. Teil u. a. folgendes geäußert: »Dass die Ausläufer der Zellen sich in die Fasern fortsetzen, ist *direkt* nicht nachzuweisen; man kann zwar einzelne derselben ungeteilt und mit nicht abnehmender Stärke über grössere Strecken verfolgen, indessen über ihre weiteren Schicksale lässt sich nichts ermitteln. Da aber beide ein gleiches Aussehen besitzen, ein gleiches Verhalten gegen Carmin zeigen, indem die stärkeren sich färben und zwischen den feineren und gröberen Fasern dieselben Grössendifferenzen bestehen, wie zwischen den Ausläufern und ihren Verästelungen, so glaube ich, *dass die Fasern alle aus den Ausläufern der Zellen hervorgegangen* und wie diese hohl sind, und dass somit *die ganze Binde substanz der weissen Substanz aus einem zusammenhängenden Netzwerk von Kanälchen von wechselnder Grösse besteht, für welche die zahlreich eingeschalteten Zellen* Sammel- und Mittelpunkte bilden«. Aus diesen Sätzen erkennt man die Hauptpunkte, sowohl die

<sup>1)</sup> GUSTAF RETZIUS, *Zur Kenntniss der Ependymzellen der Centralorgane*. Verhandl. des Biologischen Vereins in Stockholm, Band V, 1891 (März). — GUSTAF RETZIUS, *Die Neuroglia des Gehirns beim Menschen und bei Säugethieren*. Biol. Unters. N. F. Band VI, 1894.

<sup>2)</sup> CARL FROMMANN, *Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks* (Teil I, 1864, Teil II, 1877).

wahren Fortschritte als die Fehler, in der FROMMANN'schen Auffassung, nämlich sowohl das Vorhandensein der mit den Zellen verbundenen Fasern als die irrige Meinung, dass diese hohl sind und ein Kanalsystem bilden. »Wenn wir die noch wenig klaren Auseinandersetzungen CLARKES abrechnen«, sagt WEIGERT, »so ist also FROMMANN der erste gewesen, der die richtigen Neurogliafasern, nicht Kunstprodukte, wie KÖLLIKER, als Zellausläufer betrachtete.« Ihre Unabhängigkeit von der Pia mater urgirt er auch bestimmt.

Im Zusammenhang mit diesen kurzen Auszügen aus der früheren Neurogliaforschung mag hier auch noch auf ein paar andere hierauf bezügliche Arbeiten aus jener Zeit hingewiesen werden.

Aus den leider nur im Fragment, im J. 1865, nach dem Tode des gar zu früh verstorbenen Verfassers herausgegebenen<sup>1)</sup> Werke von DEITERS erhält man die Auffassung, dass er ein in mehrfacher Beziehung richtige Meinung von der Neuroglia besass. »In grösster Ausdehnung und in zweifellosester Form kommt« die von ihm gesehene Art von *Zwischensubstanz* der nervösen Zentralorgane »da vor, wo die weisse Substanz die äussere Peripherie bildet, also am Rückenmark. Hier zieht ein den Nervenfasern fremdes Gewebe bekanntlich in dichten Massen durch die Bündel derselben und schliesst zuletzt fast jede Nervenprimitivfaser mehr oder weniger ab.« Zwischen dieser Substanz und der anderen Teilen des Bindegewebes, die in den nervösen Zentralorganen in Gestalt von Piafortsätzen und Gefässen vorkommen, konnte indessen DEITERS mittelst der damaligen Technik nicht deutlich eine Grenze aufstellen, so dass er in dieser Beziehung Fehler beging. Als ein Schüler MAX SCHULTZE's hatte er die Auffassung gewonnen, dass die Zellen des Bindegewebes in grosser Menge im allgemeinen rudimentär oder protoplasmaarm sind, und er nahm dann sogar an, dass alle Zellen, die ihm protoplasmaarm zu sein schienen, bindegewebig seien. Solche Zellen, die wenig oder kein Protoplasma zeigten, nannte er nun »Zelläquivalente« und fasste sie als »bindegewebig« auf. In den Zentralorganen sah er nun an Isolationspräparaten solche protoplasmaarme Zellen, welche in lange mehr oder weniger veränderte glatte Fortsätze ausstrahlen; diese Fortsätze haben von Anfang an ein festes, wenn auch zartes Aussehen, eine ganz scharfe, glatte Contour und einen beträchtlichen Glanz; sie strahlen in grosser Masse nach allen Seiten aus und verästeln sich gabelförmig. Diese »Zelläquivalente« finden sich sowohl in der weissen als in der grauen Substanz. DEITERS fasste die meisten im Zentralnervensystem zu sehenden Fasern als solche »Zellausläufer« auf. Diese sonderbaren strahligen Gebilde wurden dann nach ihrem Entdecker als »DEITERS'sche Zellen« bezeichnet. Nachdem ferner HENLE und MERKEL die Beschaffenheit der Bindesubstanz der Zentralorgane mit den fraglichen Zellen und Fasern u. a. auch in chemischer Hinsicht besprochen, und der erstere eine verfilzte Varietät beschrieben, deren steife Fibrillen von kleinen multipolaren Zellen ausgehen, erschien im J. 1871 die wichtige Arbeit von GOLGI<sup>2)</sup>, in welcher teils die Beobachtungen und Ansichten von DEITERS bestätigt wurden, teils auch neue Tatsachen hervortraten. Wie dieser betrachtete GOLGI, die auch an Schnittpräparaten wahrnehmbaren »DEITERS'schen Zellen« als Zellen, aber nicht nur als »Zelläquivalente«, sondern als richtige Zellen mit langen Fortsätzen, GOLGI hat an ihnen mehr Fortsätze als DEITERS gesehen, aber nur sehr spärliche Teilungen und zwar diese nur in geringer Entfernung vom Ausgangspunkte, sowie keine Anastomosen. Er hatte ferner das Verhalten derselben zu den Gefässen untersucht, und dabei bemerkt, dass entfernter liegende Zellen ihre »Fortsätze« an die Gefässe senden. Am Grosshirn hatte GOLGI gefunden, dass sich von den mehr tangentialen Neurogliafasern der äusseren Rindenschicht mehr senkrechte Fibrillen herabsenken; auch in den anderen Schichten der Hirnrinde fand er derartige Zellen und Fasern, die ein zusammenhängendes Stützgewebe bilden. Inbetreff des Verhaltens der Fasern zu den Zellen der Neuroglia kam GOLGI zu der Auffassung, dass die DEITERS'schen Zellen mit ihren Ausläufern echte Zellen sind, und dass das ganze Neurogliagerüst nichts anderes darstellt als das Ausläufergeflecht dieser Zellen.

Von den danach folgenden Autoren auf diesem Gebiete (JASTROWITZ, BOLL, GIERKE etc.), welche sich bald mehr bald weniger an DEITERS und GOLGI anschlossen, werde ich hier nur die Arbeiten von RANVIER<sup>3)</sup> etwas näher berühren, weil sie gewissermassen einige neue Gesichtspunkte darboten, welche auf spätere Untersuchungen und Meinungen Einfluss gehabt haben. An Isolationspräparaten, welche dadurch gewonnen wurden, dass von Rückenmarkstückchen, welche 24 Stunden in Drittelalkohol gelegen waren und Bröckel in Wasser geschüttelt, sowie mit Pikrokarmine gefärbt, und aus dem mit sehr schwacher Überosmiumsäure behandelten Bodensatz gehoben wurden, fand RANVIER, dass die seit FROMMANN von der meisten Verfassern angenommenen »Zellfortsätze« keine wirklichen Verlängerungen des Protoplasmaeibes seien, sondern von diesem differenzierte, wirkliche Fasern darstellten, welche

<sup>1)</sup> DEITERS, *Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugetiere*. Braunschweig 1865.

<sup>2)</sup> CAM. GOLGI, *Contribuzione alla fine anatomia degli organi centrali del sistema nervoso*. Rivista clinica, Nov. 1871.

<sup>3)</sup> L. RANVIER, *De la néuroglie*, Archives de physiologie normale et pathologique. 1883 etc.

den Zelleib durchsetzen oder an ihn angelehnt sind. Sie strahlen aus dem Zelleibe als Mittelpunkt nach allen Seiten (ungeteilt) aus, aber dieser Zelleib selbst setzt sich nicht einfach in sie fort, sondern stellt einen chemisch und morphologisch abgesetzten Körper dar. Ich habe hier diese Auffassung RANVIER's nach dem von WEIGERT gemachten Resumé wiedergegeben, weil ich diese genau präzisiert gefunden. Sie betrifft indessen nur die fertige Neuroglia, beim Embryo sind die Zellen in der Tat sternförmig und die Fortsätze sind Verlängerungen des Zelleibes; die Differenzierung der Fasern von diesem tritt später ein, »ganz wie beim gewöhnlichen Bindegewebe«. »So war«, wie WEIGERT sagt, »eine ganz neue Auffassung des Neurogliagerüsts gegeben. Dieses besteht nach RANVIER also nicht aus Zellen allein, sondern aus Zellen und aus Fasern.« WEIGERT, welcher sich dieser Auffassung im ganzen sehr nahe anschloss, bemerkte jedoch, dass die angewandte Methode »sogar RANVIER an andern Stellen des Centralnervensystems im Stich gelassen, so dass er die ganz irrige Meinung ausspricht, die Neurogliafasern des Gehirns von Erwachsenen schienen nicht aus dem embryonalen Stadium, d. h. aus dem der undifferenzierten Zellfortsätze herauszukommen.«

Im Jahre 1890 veröffentlichte WEIGERT<sup>1)</sup> vorläufige Mitteilungen seiner eigenen Untersuchungen und Ansichten über die Neuroglia, wobei er sich denen von RANVIER durchaus anschloss; und im J. 1895 erschien dann seine grosse, auf beinahe siebenjährige Arbeiten fussende berühmte Monographie<sup>2)</sup> über denselben Gegenstand.

Es ist jedenfalls nicht meine Absicht, hier ein ausführliches Referat vom Inhalte dieses für die Neurogliafrage so bedeutungsvollen Werkes zu liefern, was gar zuviel Raum einnehmen würde. Hier kann nur ein Resumé desselben, und zwar ganz besonders die *allgemeine* Auffassung des Verfassers betreffend, gegeben werden. Auf die Beschreibung der topographischen Verhältnisse des Neurogliagerüsts in dem fast ausschliesslich die nervösen Zentralorgane des *Menschen* umfassenden Darstellungen wäre es hier nicht am Platze, näher einzugehen.

Durch eine mit viel Mühe ausgearbeitete eigene Methode war es WEIGERT gelungen, das Neurogliafasergestüt und die Kerne ausschliesslich und spezifisch in einer deutlich hervortretenden reinen, blauen, nicht erbleichenden Farbe darzustellen. Dabei färbten sich nicht oder kaum die echt nervösen Elemente, sowie auch nicht die die Kerne umgebenden Zellteile, die man bisher oft »zum Neurogliegewebe« gerechnet hatte. WEIGERT fasste es als einen besonderen Vorteil seiner Methode auf, dass dies nicht geschah, weil »alle die Färbungen, welche einen Zusammenhang der Fasern mit dem Zelleib vortäuschen, nicht bloss mit Rücksicht auf Protoplasma und Fasern, sondern ganz im allgemeinen ausserordentlich wenig electiv sind«. »Wir können demnach«, sagt er, »mit der grössten Sicherheit folgende Sätze aufstellen:

1. Die Neurogliafasern, die man bisher als Fortsätze der Deitersschen Zellen aufgefasst hat, sind nicht mit dem Protoplasma chemisch identische Gebilde, sondern sind von diesem stofflich durchaus verschieden;

2. Die chemische Verschiedenheit tritt nicht etwa allmählich in mehr oder weniger weiter Entfernung vom Zelleib an den 'Fortsetzen' auf, sondern die Differenzierung besteht von Anfang an, schon in unmittelbarer Nähe des Zellkerns;

3. Die meisten der sogenannten Fortsätze der Zellen sind überhaupt schon aus dem Grunde keine Fortsätze, weil bei ihnen je zwei anscheinende Ausläufer einen an der Zelle vorbeilaufenden gemeinschaftlichen Faden bilden. Dieser wird durch den Zelleib in keiner Weise unterbrochen. — — — Mit einem Worte: Es handelt sich hier gar nicht um Fortsätze oder Ausläufer von Zellen, sondern um Fasern, die vom Protoplasma vollkommen differenziert sind.»

»Wenn daher FROMMANN, später GOLGI und letzterem folgend so ziemlich alle neueren Autoren gesagt haben, dass die Neuroglia nur aus Zellen und deren Fortsätzen besteht, so trifft dies beim Menschen nur für die Embryonalzeit zu. Im ausgebildeten normalen Zustande besteht die Neuroglia aus Zellen und ausserdem aus Fasern, von denen die letzteren in räumlicher Ausbreitung so kolossal überwiegen, dass man sie als den wesentlicheren Bestandteil der Neuroglia ansehen muss.« Die also gefärbten Fasern sind als *nicht nervöse* Interzellulärsubstanz aufzufassen; sie besitzen eine modifizierte, nicht mehr protoplasmatische und vom Zelleib emanzipierte Substanz und wuchern wie eine »Bindesubstanz«, wenn das spezifische, nervöse Gewebe zu Grunde geht.

Mit dem leimgebenden »*Bindegewebe*« stimmen sie chemisch absolut nicht überein: kochendes Wasser löst sie nicht (wie Bindegewebe) auf, sie werden aber durch successive Einwirkung von Kalilauge und Wasser zerstört. Durch Essigsäure erblässen sie zwar, quellen aber nicht wie Bindegewebsfasern auf. Sie färben sich *nicht wie elastische*

<sup>1)</sup> CARL WEIGERT, *Bemerkungen über das Neurogliagerüst des menschlichen Centralnervensystems*. Anatom. Anzeiger 1890, und *Zur pathologischen Histologie des Neurogliafasergestüts*. Centralblatt f. allgem. Anatomie und pathol. Anatomie 1890.

<sup>2)</sup> CARL WEIGERT, *Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia*, mit XIII Tafeln. Festschrift zum fünfzigjährigen Jubiläum des ärztlichen Vereins zu Frankfurt a. M., 3. Nov. 1895.

Fasern und zeigen gegen postmortale Einflüsse geringe Widerstandsfähigkeit. Von fädigen Fibrin sind sie auch chemisch verschieden; unverändertes Protoplasma sind sie nicht, und von allen Fasern des gewöhnlichen Bindegewebes sind sie, wie erwähnt, ganz verschieden. »Positiv können wir über ihre Natur noch nichts aussagen.»

In betreff des histogenetischen Ursprungs der Neurogliazellen beim Embryo schliesst sich WEIGERT den Forschern, welche sie als vom *Ektoderm* herrührend ansehen, an. Sie wachsen, wie schon im J. 1861 MAUTHNER mit absolut klaren Worten feststellte, von den den »Zentralkanal auskleidenden Epithelzellen mit den von ihnen ausgehenden Fortsätzen» aus und gehen, wie er im Hechtrückenmarke nachweisen konnte, als relativ kolossale Fäden, »ohne mit irgendwelchen anderen zelligen Elementen in Zusammenhang zu treten, bis an die Peripherie des Rückenmarks». In wie weit aber alle diese Zellen direkt aus den epithelialen Zellen des Ependyms entstehen, lässt sich zwar nur schwer dartun: »Es bleibt aber nichts übrig, als einen einheitlichen ectodermatischen Ursprung der Deitersschen Zellen, d. h. der Neuroglia in unserem Sinne anzunehmen». Und dies Prinzip gilt für das gesamte Zentralnervensystem, wie auch die folgenden Eigenschaften für alle die *Fasern* der Neuroglia: Die Fasern sind mehr oder weniger *gerade* oder sie verlaufen in starr geschwungenen Biegungen. Sie sind durchaus *solide*, nicht hohl, wie FROMMANN and später LAVDOWSKY meinten. Sie sind ganz *glatt*, ohne körnige Beschaffenheit; erst beim kadaverösen Zerfall treten in ihnen Körnchen auf. Sie haben keine moosartigen o. d. *Ansätze*, zeigen *niemals* konische oder flaschenförmige *Erweiterungen*, sind von *verschiedener Dicke*, *teilen sich nicht* und *anastomosieren nicht*. In seinen Präparaten hatte WEIGERT keine wahren Teilungen und Anastomosen gesehen.

Was die *allgemeine Topographie* der Neurogliafasern betrifft, stellte er einige Sätze auf, die keine Ausnahme darboten: *Unter dem Epithel der Ventrikel und des Zentralkanals* findet sich stets eine *dicke Schicht* sehr eng verwebter Neurogliafasern, welche Geflechte die dichtesten sind, die im Zentralnervensystem normaler Weise vorkommen. Die *äusseren Oberflächen* im Zentralnervensystem weisen auch eine Verdichtung der Neuroglia auf, die aber nicht so dick und eng verwebt ist, wie die ependymären Anhäufungen; am Rückenmark ist dies schon lange bekannt, am Grosshirn hat GOLGI es zuerst (1871) nachgewiesen; nur die Oberfläche des Kleinhirns macht, wie er auch dies damals zeigte, eine Ausnahme. Wenn sich im Inneren, in der Tiefe der nervösen Teile, oberflächenartige Abgrenzungen finden, treten auch Verdichtungen der Neuroglia auf, nämlich teils wenn sich die Nervenfasern der weissen Substanz in *abgesetzte Bündel* formieren, indem sich an *der Oberfläche der Bündel* häufig eine verdichtete Randschicht ausbildet; teils, aber nur geringfügig und nicht regelmässig *um grosse Ganglienzellen* herum, z. B. um die grossen Zellen der Vorderhörner des Rückenmarks und um diejenigen der Medulla oblongata und der Pons sowie regelmässig um die zerstreuten einzelliegenden Ganglienzellen in letzteren Organen; schliesslich können auch die Neurogliamassen an *den Grenzen der die Gefässe bergenden Räume* sehr mächtig werden. An den Gefässen sind die Neurogliafasern überwiegend anscheinend parallel, aber eigentlich *spiralig*, angeordnet; auch *radiäre* Fasern sind vorhanden, die besonders schön bei progressiver Paralyse hervortreten. In den *weissen Substanzen* lässt sich als allgemeine Regel aufstellen, dass so ziemlich jede markhaltige Nervenfasern in ihnen von den benachbarten durch Neurogliafasern getrennt ist, das Geflecht ist aber in ihnen durchaus nicht uniform. »*Kielstreifen*» vorhalten sich wie die entsprechenden Rindenflächen, von denen sie ausgehen. Die Richtung der Fasern in den weissen Massen ist niemals eine ganz einheitliche, fast stets aber überwiegt die eine in ganz auffallender Weise. Im Gross- und Kleinhirn ist das die Richtung der Nervenfasern, im Rückenmark die dazu quere Richtung. Bemerkenswert ist ferner auch hier der Einfluss der äusseren und inneren Rindenschichten. Liegen in deren Nähe weisse Massen, so treten in diese aus der Rindenschicht sehr häufig reichliche *radiäre*, d. h. zur Oberfläche, event. zum Verlauf der Nervenfasern senkrechte Faserzüge ein.

Für die *grauen Substanzen*, natürlich abgesehen von den Ependymmassen, lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen.

Zwischen Neurogliafasern und nervösen Gebilden lässt sich niemals auch nur der geringste Übergang nachweisen. Und mit den Protoplasmafortsätzen (den Dendriten) der Ganglienzellen treten nicht, wie GOLGI meinte, Verbindungen der Neuroglia ein.

Was die *spezielle* Topographie der Neurogliafasern in den verschiedenen Partien des Zentralnervensystems des Menschen anbelangt, soll, wie schon oben betont wurde, aus der Darstellung WEIGERTS hier kein Resumé gegeben werden, weil dies gar zu weit führen würde.

Von den Verhältnissen bei den Tieren hat er keine Beschreibung geliefert. Er scheint, *mit seiner Methode* keine vergleichenden Untersuchungen ausgeführt zu haben, und meines Wissens haben auch andere Forscher dies

nicht getan. Die, welche solche allgemeine Färbungen der Neuroglia bei den Tieren vornahmen, haben ein ganzes andere Methoden gewählt.

Während einer Periode konzentrierte man sich auf die Anwendung der GOLGI'schen Silbermethode; diese Methode, welche ihre besondere Verdienste hat, passt aber, wie auch WEIGERT mit Bestimmtheit betont, hauptsächlich nur für embryonale Zentralorgane und im ganzen nicht für die Eruierung der Neuroglia mit ihren Fasern in ihrer allgemeinen Ausbreitung.

Weil es, wie ich schon oben, am Anfang dieser Darstellung hervorhob, diesmal nicht meine Absicht ist, eine Übersicht der mittelst der GOLGI'schen Methode für die Neurogliaforschung gewonnenen Ergebnisse zu geben, sondern hauptsächlich nur die wichtigsten von denen anzuführen, welche für die allgemeine Ausbreitung und Anordnung der Elemente der Neurogliazellen, resp. der Neurogliafasern ausgeführt worden sind, werde ich mich auch in der Fortsetzung dieser historischen Übersicht nur auf die Untersuchungen jener Forscher beschränken, welche in der betreffenden Hinsicht unsere Kenntnisse mit besonderem Erfolg weiter geführt haben, und zwar vor allem auf die Arbeiten von ERIK MÜLLER am Nervensystem vor allem der niederen und von HELD an dem der höheren Wirbeltiere. Beide diese Forscher haben für diese ihre Untersuchungen eigene Fixierungsmethoden erfunden und angewendet, welche ihnen besonders gute Ergebnisse lieferten.

ERIK MÜLLER, dessen Arbeit<sup>1)</sup> ein Jahre 1899 veröffentlicht wurde, untersuchte die Struktur und die Anordnung der Neuroglia bei verschiedenen Tieren, v. a. bei *Amphioxus*, *Myxine*, *Acanthius*, bei einigen *Toleostien* (v. a. *Gadus merlangus* und *Pleuronectes platessa*), aber auch bei *Amphibien* (*Rana*, *Bombinator*), *Reptilien* (*Lacerta*) und *Säugetieren* (Kaninchen, Katze), und dies zwar mit besonderem Erfolg nach Fixierung mit seiner Mischung von Bichrom. kal. 3 %, 1 T. und käufl. Formol, 4 T. (24 St. lang, dann die Stückchen für 3 Tage in Bichr. kal. 3 %, dann in rinnendes Wasser einige Stunden, in Spir. 70 % und Färbung nach M. HEIDENHAIN in Eisen-Hämatoxylin, unter gründl. Auswaschen in fließendem Wasser nach der Beizung). Bei *Amphioxus* und *Myxine* gab ihm diese seine Methode ausgezeichnete Präparate, bei den übrigen Vertebraten zeigte sie sich viel schwieriger; wirkliche Totalbilder erhielt er an ihnen nur bei den *Haien* und den *Knochenfischen*, bei den übrigen höheren Tieren nur stellenweise gelungene Färbungen, weil die Markscheiden eine sehr störende Mitfärbung erleiden. Von den anderen von ihm probierten Fixierungsflüssigkeiten fand er die CAESOR'schen am besten dazu geeignet.

## A. Ependym und Neuroglia bei *Amphioxus*.

Taf. I und II.

Im Zentralnervensystem des *Amphioxus* sind »die Stützelemente« schon ziemlich lange wahrgenommen und mehr oder weniger besprochen worden. So hat im Jahre 1873 STIEDA<sup>2)</sup> in seiner wichtigen Arbeit über den *Amphioxus* schon »in der Grundsubstanz« »ein faseriges Bindegewebe« erwähnt: »Die Betheiligung einer bindegewebigen Grundsubstanz beim Aufbau des Rückenmarkes«, sagt er, »ist dagegen hier wie bei anderen Wirbelthieren zu constatieren. Zum Theil ist das Bindegewebe faserig, indem von der bindegewebigen Hülle des Rückenmarkes Fortsätze in das Innere des Markes hineintreten; die einzelnen Fortsätze erscheinen als kleine Bündel feiner Fibrillen«. Und ROHON<sup>3)</sup> äussert 1882: »Die Neuroglia des ganzen Nervensystems«, innerhalb welcher sich eine Menge dicht gedrängter und sehr engmaschiger Netze, die unzweifelhaft mit den feinen, elastischen Fasernetzen der höheren Vertebraten identisch sind, »wird ferner von Bindegewebsfasern in allen möglichen Richtungen durchzogen, welche sich zum Thiel zu schwächeren Bündeln vereinigen«.

In seiner für die Erforschung des Nervensystems der niederen Vertebraten und nicht am wenigsten für die der Neuroglia bedeutungsvollen Arbeit vom Jahre 1887 legt FR. NANSEN<sup>4)</sup> auch für die Kenntnis dieses Gewebes

<sup>1)</sup> ERIK MÜLLER, *Studien über Neuroglia*. Archiv für mikrosk. Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Band 55, 1899.

<sup>2)</sup> L. STIEDA, *Studien über den Amphioxus lanceolatus*. Mem. de l'Acad. imp. de S:t Petersburg. VII:e Série, Tome XIX. No. 7, 1873.

<sup>3)</sup> ROHON, *Untersuchungen über Amphioxus lanceolatus*. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien, 1882.

<sup>4)</sup> FR. NANSEN, *The Structure and Combination of the Histological Elements of the Central Nervous System*. Bergens Museums Aarsberetning for 1886. Bergen 1887.

bei Amphioxus und Myxine neue Gesichtspunkte und Tatsachen dar. Was nun den Amphioxus betrifft, sagt er, dass die von ihm gefundenen epithelialen Zylinderzellen, welche die Zentralfurche (oder den Kanal) des Rückenmarkes bekleiden, lange Fortsätze aussenden, die bis zur äusseren Hülle ziehen, wo sie sich befestigen; diese Fasern vereinigen sich teilweise zu Bündeln, welche scheinbar die longitudinalen Nervenröhren in verschiedene Kolonnen teilen; die Zerteilung ist jedoch nur partiell, indem die Bündel keine zusammenhängende Septa bilden, weshalb sie auch nur in einigen Schnitten sichtbar sind; es gibt doch Stellen, wo sie mehr speziell vorkommen, z. B. jederseits der ventralen kolossalen Nervenröhre; ebenfalls erwähnt er, dass er oft sehr starke solche Fasern oder gar Faserbündel gegen die Nervenwurzeln, »besonders die dorsalen« gerichtet gefunden, welche in die Nerven eintreten. Offenbar haben diese von den epithelialen Zellen der Zentralfurche hinaus radiierenden Fasern, sagt NANSSEN, dieselbe Bedeutung wie die Neurogliafasern, die bei den höheren Wirbeltieren von den Neurogliazellen entspringen; bei Amphioxus finden sich aber keine solchen Neurogliazellen; wir müssen deshalb annehmen, dass diese epithelialen Zellen die wirklichen Neurogliazellen des Amphioxus darstellen und dass diese Neuroglia eben ihr primärstes Stadium bei den Wirbeltieren vertreten.

Dann hat u. a. ROHDE<sup>1)</sup> diese Frage eingehender besprochen und ist zu ähnlichen Ergebnissen gekommen, wie die von NANSSEN. Die Stützelemente des Zentralnervensystems bestehen bei Amphioxus, sagt er, aus Zellen und Fasern. Die Zellen sind die Epithelzellen, welche in einfacher Schicht den Zentralkanal allseitig auskleiden; sie haben in der Regel die Form von Kegeln, deren Basis dem Kanal zugewendet ist; die Spitzen der Zellen sind stets in Fäden ausgezogen, welche entweder ungeteilt quer das Zentralnervensystem durchsetzen und sich an der bindegewebigen Scheide desselben inserieren, teils sich bald nach ihrem Abgange von der Kegelspitze verästeln. Im ersteren Falle verlaufen die meist starken Fortsätze benachbarter Epithelzellen in der Regel bündelweise zur Peripherie und fahren hier in kürzerer oder weiterer Entfernung von ihrer Insertion pinselförmig auseinander. Im zweiten Falle bilden die sich früher oder später teilenden Fortsätze der Zellen ein aus feinen Fasern bestehendes Netzwerk, welches die nervösen Elemente des Markes ein- und von einander abschliesst. Die Epithel-elemente finden sich nicht gleichmässig verteilt in der ganzen Höhe des Zentralkanal; in der oberen (dorsalen) Hälfte derselben finden sich nur wenige kegelförmige Epithelzellen, meist sind sie in der angegebenen Weise in Fasern zerfallen, in der unteren Hälfte nehmen dagegen die typischen Epithelzellen nach der ventralen Seite hin an Zahl stetig zu; im unteren Drittel der Höhe trifft man dieselben stets dicht gedrängt in einfacher Lage nebeneinander. Eine andere Substanz als das ebengeschilderte Stützgewebe ektodermalen Ursprungs existiert neben den Nerven-elementen im Zentralnervensystem nicht. In einigen seiner Figuren hat ROHDE diese Verhältnisse an Längs- und Querschnitten des Rückenmarkes wiedergegeben.

Erst durch die Untersuchungen ERIK MÜLLER'S<sup>2)</sup> im Jahre 1899 wurde indessen die Erforschung der Neuroglia des Rückenmarkes von Amphioxus in genauerer Weise durchgeführt, indem er sich hierbei, in Zusammenhang mit seinen schönen Untersuchungen über die Neuroglia verschiedener niederer und höherer Wirbeltiere, eine von ihm selbst erfundene Fixierungsmethode, in Verbindung mit der Hämatoxylinfärbung nach M. HEIDENHAIN, benutzte, wodurch ganz vorzügliche Präparate gewonnen wurden. Wenn die von ERIK MÜLLER vorgeschriebene Fixierungsmethode (eine Mischung von Bichr. kal. 3% 1 Th. und käufl. Formol 4 Th. 24 Stunden lang, dann Überführen der Stückchen für 3 Tage in Bichr. kal. 3% und nachher einige Stunden in fliessendes Wasser und schliesslich in 70% Alkohol) benutzt wurde, so bekam er, nach gelungener Färbung und Differenzierung, folgende Resultate: Die Fäden der Neuroglia lassen sich in zwei Kategorien scheiden; einesteils sind sie von größerem Kaliber und bilden gut markirte Bündel von regelmässigem Verlauf, »die, in der grauen Substanz an dem Zentralkanal ihren Ursprung nehmend, die weisse Substanz durchziehen«: die *Bündelfasern* MÜLLER'S. Andererseits bilden sie ein dichtes Flechtwerk, sowohl um die Nervenzellen als »in der weissen Substanz: die *Geflechtfasern*. Die Bündelfasern sind, besonders an Frontalschnitten betrachtet, regelmässig angeordnet, nehmen am Zentralkanal ihren Anfang, konvergieren von hier und laufen zu einem kompakten Bündel zusammen, um sich dann, wieder divergirend, an der Grenze des Markes mit kleinen ungefärbten kegelförmigen Füßen zu befestigen. Diese Bündel, die »Ependymbalken« befinden sich in einem gewissen Abstand von einander, ziehen aber nicht alle regellos durch das Mark, sondern liegen z. T. in gewissen vertikalen Ebenen, wodurch regelmässige Ependymsepten von bestimmter Anzahl gebildet werden; sie lassen sich in *laterale* und *ventrale* scheiden, von denen die ersteren, vier an

<sup>1)</sup> EMIL ROHDE, *Histologische Untersuchungen über das Nervensystem von Amphioxus lanceolatus*. Zoolog. Beiträge, herausg. v. ASTON SCHNEIDER, Bd 2, Breslau 1888.

<sup>2)</sup> ERIK MÜLLER, *Studien über Neuroglia*, Archiv f. mikrosk. Anat. u. Entwicklungsgesch. Bd. 55, 1899.

jeder Seite, direkt oder in ventralwärts konkaven Bogen ziehend, an den lateralen Seiten des Markes inserieren; die ventralen dagegen gehen bogenförmig ventralwärts, um an der unteren Seite zu endigen. Diese gesetzmässige Anordnung der Ependymbalken ist sehr wichtig; sie findet sich regelmässig bei den niederen Vertebraten.

Die *Geflechtfasern* entspringen ebenfalls aus der grauen Substanz und durchziehen in reichlicher Anzahl sowohl diese, die Nervenzellen mit lockerem Geflechtwerk umspinnend, als auch die Nervenfaserschichten in horizontaler, schräger und longitudinaler Richtung zwischen den Nervenfäsern verlaufend; einige biegen an der Grenze gegen »die weisse Substanz« regelmässig dorsal- resp. ventralwärts um, dadurch eine mächtige Schicht von sagittal verlaufenden Fasern bildend, welche einen weiteren sehr komplizierten Verlauf ausführen. Alle die genannten Fasern sind Ausläufer der am Zentralkanal gelegenen, kleinen, kegelförmigen, ungefärbten Ependymzellkörper. Das Verhältnis der Fasern zu den Zellkörpern ist entweder direkt, indem sich der gefärbte Ausläufer direkt in den ungefärbten Zellkörper fortsetzt, oder auch teilt er sich in zwei, drei oder mehrere Fibrillen, die sich an der Peripherie des Zellkörpers fortsetzen.

Die von ihm mitgeteilten Befunde stimmen, sagt MÜLLER, in vielen und wichtigen Punkten mit den grundlegenden Untersuchungen von ROHDE und NANSEN überein. Ein Punkt, fügt er hinzu, mag jedoch besonders hervorgehoben werden, teils die Möglichkeit mit seiner Methode ganz spezifisch gefärbte Stützfasern im Amphioxus-Rückenmarke darstellen zu können, teils der Zusammenhang zwischen Ausläufern und den ungefärbten Zellkörpern, ein Verhältnis, das für die ganze Neuroglia-Frage von grosser Bedeutung ist. Der Frage, ob die Stützfasern bei Amphioxus sich teilen oder bis an ihre Endigung ungeteilt verlaufen, widmete MÜLLER grosse Aufmerksamkeit und kam zu dem Schlusse, dass (gegen ROHDE) eine wirkliche Teilung nicht vorkommt. Mit NANSEN und ROHDE fand auch MÜLLER mit seiner Methode eine Menge feiner Fäden, die von dem Marke in die abgehenden dorsalen Nervenstämmen auslaufen, sie kommen aber nicht von den am Zentralkanal gelegenen Zellen, sondern entspringen vielmehr von einer Gruppe sehr kleiner verzweigter Zellen, die an dem Ursprung der Nerven liegen und ihre gefärbten Ausläufer von den ungefärbten Zellkörpern sowohl in das Mark wie in den Nervenstamm senden. MÜLLER fasst sie als *typische Gliazellen* auf. Die geläufige Ansicht (v. LENHOSSÉK, KÖLLIKER u. a.), dass das Stützgewebe bei Amphioxus nur aus Ependymzellen bestehe, also ganz »primitiv« sei, ist nach MÜLLER nicht ganz richtig: ihre Eigentümlichkeit besteht daher nicht in dem alleinigen Vorhandensein von radiär verlaufenden Ependymzellen, sondern darin, dass die überwiegende Mehrzahl der Stützzellen ihre Zellkörper an dem Zentralkanal haben; die von hier ausgehenden Ausläufer spielen eine doppelte Rolle, indem die sich teils wie die Ependymzellen der höheren Vertebraten verhalten, teils die Rolle der »Glia« dieser Tiere spielen, insofern sie sich nämlich intim mit den nervösen Elementen der weissen und grauen Substanz vermischen.

Aus dieser Übersicht der bisherigen wesentlicheren Untersuchungen und Darstellungen der Neuroglia beim Amphioxus geht also hervor, dass, wie ERIK MÜLLER selbst hervorhebt, seine mit verfeinerten technischen Methoden gewonnenen Befunde zwar »in vielen und wichtigen Punkten« mit den Untersuchungen von NANSEN und ROHDE übereinstimmen; vor allem konnte MÜLLER als ganz sicher feststellen, dass beim Amphioxus der grösste Teil der Neuroglia aus dem um den Zentralkanal des Rückenmarks angelagerten Ependymzellen mit ihren von den hier befindlichen kernhaltigen, aber nur wenig Protoplasma führenden Zellkörpern radiierenden, sich *spezifisch* färbenden Fasern gebildet wird; während jedoch, wie MÜLLER zeigte, diese Fasern nicht alle direkt nach aussen hin radiieren und hierbei teilweise *Bündel* von regelmässigen Verlauf bilden, sondern auch zwischen den Nervenfaserbündeln ein reichliches Geflechtwerk (die Geflechtfasern MÜLLER's) darstellen; dieses Geflechtwerk hat nun nach MÜLLER die Rolle der typischen Gliazellen der höheren Vertebraten, wozu noch die bei Amphioxus in den Seitenästen des Markes eingelagerten, schon von ROHDE bemerkten kernführenden Gliazellen zu rechnen sind. Entgegen der geläufigen Ansicht, dass bei Amphioxus die Neuroglia nur aus den radiierenden Ependymzellen bestehe, nur »primitiv« sei, betonte auch MÜLLER, dass diese Auffassung nicht ganz richtig ist. Ferner legte er die, wie erwähnt, im ganzen regelmässige Anordnung der Faserbündel und das Verhalten ihrer *spezifischen*, sich nach MÜLLER nicht teilenden Fasern, zu den kleinen kernhaltigen Zellkörpern dar. Ich betone hier diese wichtigen Tatsachen noch einmal, weil durch diese Befunde MÜLLER's festgestellt wurde, dass schon bei Amphioxus die zwar grösstenteils von Ependymzellen gebildete Neuroglia die wichtigsten, allen Wirbeltieren zukommenden Eigenschaften dieses Gewebes darbietet.

Wenn ich nun zur Darstellung meiner eigenen Befunde übergehe, so hebe ich gleich am Anfang hier hervor, dass ich im ganzen zu eben denselben Ergebnissen gelangt bin, wie ERIC MÜLLER. Ich kann also meine Beschreibung kurz abfassen. Besonders durch den Hinweis auf die von mir gemachten Abbildungen einer Auswahl meiner zahlreichen Präparate lässt sich dies auch tun. Auf den Tafeln I und II ist also eine Anzahl von Bildern aus Quer- und Längsschnitten der verschiedenen Gegenden des Amphioxuskörpers wiedergegeben, und zwar sowohl aus solchen am Vorder- und Hinterende, wie aus der eigentlichen, mittleren Körperregion. Ich würde gerne noch eine Reihe solcher Abbildungen, besonders von Querschnitten der letzt genannten Körperpartie bei noch stärkerer Vergrößerung bildlich wiedergegeben haben; dies würde jedoch die Zahl der Tafeln beträchtlich vermehrt und mir zu viel Zeitverlust verursacht haben.

Das von mir benutzte Material ist teils mit dem CARNOX'schen, teils mit dem ZENKER'schen Gemisch, teilweise auch mit Chromkali-Formol fixiert und mit M. HEIDENHAIN'S Hämatoxylin-lösung gefärbt worden.

Ich beginne hier mit dem *vorderen*, sog. Kopfteil. Die Fig. 2 der Taf. I stellt einen frontalen Querschnitt bei ziemlich schwacher Vergrößerung (Zeiss 2 mm. Ap. 1.30, Komp. Ok. 6) dar. Man erkennt in der Mitte den an der Kopfspitze befindlichen sog. Hirnraum mit der etwa senkrecht frontal getroffenen Hirnwandung; in dieser treten die schwärzlich gefärbten Kerne der langen und schmalen Ependymzellen hervor, welche, dicht gedrängt, den grössten Teil der Wandung bilden und ihre Kerne in verschiedener Höhe tragen; am Rande der Hirnhöhle sind sie quer abgestutzt und tragen, wie besonders durch BOEKE beschrieben wurde, an ihrer freien Oberfläche wenigstens an ihrem ventralen Umfang einen mehr oder weniger langen haarförmigen Fortsatz; wie weit dorsalwärts die Region dieser Haare sich erstreckt, lässt sich leider an meinen Präparaten nicht entscheiden. Die äusserste Schicht der Wandung zeigt eine Menge kleiner Pünktchen, welche die Querschnitte feiner Nervenfasern darstellen, welche in der Wandung einen longitudinalen Verlauf haben. Ob unter denselben wahre Gliafasern ebenfalls vorkommen, konnte noch nicht nachgewiesen werden.

Wenn man dann die vor diesem Schnitt gelegenen Partien des Hirnteils und auch die vor dem Hirn befindliche Region untersucht, so trifft man die Querschnitte der besonders von EDINGER erkannten und beschriebenen Nerven des ersten Nervenpaares, welche Nervenfasern etwas verschiedene Dicke darbieten (Fig. 1 der Taf. II) und nach vorn hin ziehen. Hinter dem Frontalschnitte der Fig. 2 findet man dann solche Schnitte wie den in der Fig. 3 wiedergegebenen, welche eine etwas veränderte, mehr dreieckige Form des Hirnventrikels, sonst aber ungefähr dieselbe Zusammensetzung wie in Fig. 2 zeigen. Bald verändert sich aber das Verhalten dieser Querschnitte nach rückwärts hin in auffallender Weise. Die Wandungen des zentralen Hirnraums legen sich an den Seiten dicht zusammen und bilden eine enge vertikale Spalte, welche nur an den beiden Enden, dem dorsalen und dem ventralen, eine kleine ovale Erweiterung darbieten; zugleich vergrössert sich der Schnitt in auffallender Weise (Taf. I. Fig. 2), wird besonders höher, länglich oval, mit etwas konkaver ventraler Seite, und zeigt, an der dorsalen konvexen, in der Wandung die bekannte Anhäufung grosser dorsaler Nervenzellen, das sog. dorsale Hirnganglion; die übrigen Partien des Querschnitts bieten zahlreiche punktförmige Querschnitte von längsgehenden Nervenfasern und an den beiden Rändern der zentralen Spalte je eine Reihe kleiner kernführender Zellkörper sowie auch etwas grösserer länglich ovaler Zellen, welche als kleinere Nervenzellen und Übergangszellen zu solchen aufzuführen sind.

In diesen Schnitten bemerkt man aber nun auch ein ausgebildetes Stützfasersystem, welches offenbar aus den Ependymzellen, die beiderseits der Zentralspalte gelegen sind, hervorgegangen ist. Sowohl an der dorsalen Seite, zwischen den grossen Nervenzellen des dortigen »Hirnganglion« (Fig. 4) laufen teils einzelne Fasern, teils Bündel von solchen vom Zentralkanal, mehr oder weniger gerade oder schlingernd radiär nach der Aussenfläche aus, um sich dort mit, an dem Querschnitte betrachtet, dreieckigen, kleinen Füssen an der feinen umgebenden Hirnhülle zu befestigen. Ventralwärts von dieser dorsalen Ganglionpartie findet man nun an demselben Querschnitte sowohl rechts als links von dem spaltenförmigen Zentralkanal und den ihn bekleidenden kernführenden Zellkörpern je eine Reihe von Faserbündeln, welche von diesen Zellkörperreihen ausgehen und, nach aussen und etwas nach vorn ziehend, an den beiden Seitenrändern kegelförmig ausstrahlen, so dass sie an dem Querschnittsbild dreieckig erscheinen und sich mit breitem Fusse an der Hülle befestigen. Im ventralen Teil des Querschnitts sind diese Faserbündel nur dünn und die Fasern mehr zerstreut, ziehen auch zuerst mehr gerade seitwärts nach aussen, um sich an der ventralen Seite immer ventralwärts nach dieser Seite zu biegen und nach der Hülle hin auszustrahlen, um sich an ihr zu befestigen. Diese Fasern färben sich nun mit dem Hämatoxylin intensiv schwärzlich, bei etwas geringerer Differenzierung sogar schwarz, und dringen mit ihren nach dem Zentralkanal gerichteten, »inneren« Enden in je eine kernführende kleine protoplasmatische Zelle, welche in diesen Bildern als dreieckig erscheinen, ein.

In der Fig. 13 derselben Tafel habe ich bei stärkerer Vergrößerung (Zeiss' 2 mm., Ap. 1,30+Komp. — Ok. 12) eine kleine Partie des Zentralkanals mit den fraglichen kernführenden »inneren« Enden der anliegenden Stützfaserzellen, welche echte *Ependymzellen* sind, zwischen sich aber noch einige kleine Nervenzellen zeigen, die grösstenteils die Kanalfäche nicht erreichen. Wenn man nun das Verhalten der Fasern zu dem Protoplasma dieser kegel- oder richtiger trompetenförmigen Zellkörper genauer untersucht, findet man bei hinreichender Differenzierung, dass sich die, wie ERIC MÜLLER mit Recht betont, sich *spezifisch* färbenden Fasern, verschieden weit in die Zellkörper eindringen, indem sie bald in ihrer dünnen Aussenpartie endigen, bald weiter in ihren Protoplasmakörper, bald sogar bis zu ihrem Fussende an der Kanalfäche reichen, wie auch MÜLLER dies schon bemerkt hat. Die betreffenden Fasern verhalten sich also beim Amphioxus in dieser Beziehung wie die echten Ependym- und Gliafasern bei den anderen Wirbeltieren; sie sind spezifisch differenziert.

Wenn man dann die Reihe der danach folgenden Querschnitte durchmustert, findet man zuerst, in der Nähe des Vorderendes des Tieres, recht ähnliche Verhältnisse. Die Nervenzellen des sog. Dorsalganglions des Kopfes werden aber bald immer spärlicher (Fig. 9) und hören dann auf, während die zu beiden Seiten der ventralwärts ziehenden Zentralspalte gelegenen Nervenzellen in etwas wechselnder Zahl und Grösse vorhanden sind. Die Ependymzellen mit ihren kernführenden, kleinen, trompetenförmigen, resp. »dreieckigen« inneren Enden bilden immerfort die Abgrenzung gegen die Zentralfurche und senden ihre spezifisch sich färbenden Fasern, welche sich zu ihren Zellkörpern fortwährend in der soeben beschriebenen, etwas wechselnden Weise verhalten, nach aussen, mehr oder weniger gerade oder gebogen nach den Seiten, resp. dorsalwärts oder ventralwärts aus, um entweder direkt an die äussere Hülle zu ziehen und an ihr sich mit »dreieckigem« Ende zu befestigen oder auch in verschiedenartig gewundenem Verlaufe zwischen den zahlreichen Nervenfasern des Markes zu schlingern und sich der weiteren Verfolgung zu entziehen. Auf der Taf. I habe ich nun in den Fig. 6, 7, 8, 9 bei etwas geringerer Vergrößerung (Zeiss' 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 6) sowie in den Fig. 10, 11 und 12 bei stärkerer (Komp. Ok. 12) einige Querschnitte, resp. Partien von solchen, aus verschiedenen Regionen des Rückenmarkes vom eigentlichen »Körper« des Amphioxus abgebildet. Auf der Taf. II sind schliesslich in den Fig. 5—13 bei der schwächeren Vergrößerung einige Querschnitte der Schwanzregion wiedergegeben.

Was nun die eigentliche »Körperregion«, welche ja bei Weitem den grössten Teil des Tieres ausmacht, so ist bekanntlich die Form des Querschnittes des Rückenmarks von etwa dreieckig-ovaler Gestalt, wie besonders die Fig. 6 und 7 dies angeben, indem die ventrale Seite die Basis des Dreiecks bildet und zugleich etwas dorsalwärts eingebuchtet ist und die Dorsalpartie mehr oder weniger zugespitzt erscheint, um einen abgestumpften Winkel zu bilden. In anderen Fällen, vor allem beim Abgang der Seitennerven, wie z. B. in Fig. 8 und 9 wird diese Form des Querschnittes abgeändert, indem der dorsale Umfang eckig und sogar breit und z. T. abgerundet werden kann.

In allen diesen Querschnitten der eigentlichen Körperregion bemerkt man nun die besonders von ERIC MÜLLER beschriebenen radiierenden *Ependymfaserbündel*, sowohl die *dorsalen*, mehr oder weniger nach hinten-aussen, als die *ventralen* nach unten-aussen, nach der äusseren Hülle des Markes ziehenden Bündel, welche innen an der Zentralspalte je mit breiter, »trompetenförmiger« Basis anfangen, um dann nach aussen hin, mehr weniger schmal zusammengezogen, gegen die äussere Markhülle zu wieder mit breitem Fusse, indem ihre Fasern auseinander fahren, sich an der Hülle einzeln zu befestigen. Im grossen und ganzen lässt sich zwar sagen, dass diese Bündel in solcher Weise regelmässig angeordnet sind, indem man am Querschnitte, besonders wenn derselbe nicht gar zu dünn ist, sondern, wie dies bei den von mir hier abgebildeten, sich auf etwa 15—20  $\mu$  beläuft, in der Regel jederseits von der Zentralspalte ein bis zwei dorsale nach aussen und zwei ventrale, weniger nach aussen ziehende bemerken kann, sowie im seitlichen Felde zwischen ihnen je ein nach aussen und etwas ventralwärts ziehendes Bündel findet, also im ganzen sechs Bündel, wie in den Fig. 7 der Taf. I; es zeigt sich aber oft, dass diese nicht alle in demselben Frontalplan liegen, indem einzelne etwas mehr nach vorn oder nach hinten von ihm ziehen; dies kann zwar oft schon davon herrühren, dass der Querschnitt etwas schief und nicht ganz frontal getroffen ist; aber auch bei ganz frontal gelegten Schnitten zeigt sich, dass die einzelnen Bündel ausgeblieben sind, indem sie in einem anderen Plane liegen oder etwas schief nach vorn oder hinten hin ziehen und dann nur in ihrem Quer- und Schiefschnitt nachzuweisen sind. Die Bündel sind auch von etwas wechselnder Dicke und ihre Fasern sind bald mehr kompakt, bald mehr zerstreut verlaufend. Hier sind in der Tat so viele Variationen vorhanden, dass man in einem Bilde nicht, und auch nicht in einigen Bildern eine exakte Gesamtauffassung derselben wiederzugeben vermag. Am wenigsten wechseln indessen die zwei ventralen (inneren) Bündel.

In den Zwischenfeldern dieser Bündel bemerkt man nun die schon oben erwähnten, von ERIK MÜLLER gefundenen und beschriebenen schlängelnden feinen Fasern, welche überall in reichlicher Zahl zwischen den querschnittenen Nervenfasern verlaufen (Fig. 6, 7 u. s. w.). Von diesen Fasern sind an den Figuren nur wenige sichtbar, teils weil sie bei dieser stärkeren Differenzierung nicht gefärbt sind, teils weil sie bei der schwächeren Vergrößerung nicht hervortreten; unter ihnen sind aber die dicken Nervenfasern durch ihre Hüllen als auffallend grosse Ringe, die oft in ihrer Mitte einen dunklen Punkt als Rest des zusammengezogenen Axenzylinders enthalten. In den Fig. 6 und 7 sind einzelne solche oder Gruppen von ihnen angedeutet; im ventralen Gebiete, zwischen den beiden inneren Ventralbündeln bemerkt man stets den Querschnitt der schon längst beschriebene Kolossal-faser (Fig. 6, 7, 11, 12 der Taf. I) als einen derartigen grossen Ring mit einem grosseren dunklen Korn in seiner Mitte.

Dorsalwärts wird das ventrale Feld von dem ventralen Ende der Spalte des Zentralkanals begrenzt (Fig. 6, 7, 8, 11, 12), welches Ende im Querschnitt eine ovale oder dreieckig-ovale Gestalt mit dorsal in die enge Spalte ausgezogener Spitze darbietet; ringsum erkennt man die kernführenden Zellkörper der Ependymzellen mit je einer spezifisch gefärbten Faser; an den Seiten und ventralwärts von diesem Zentralspaltenende und den Ependymzellkörpern erkennt man in einzelnen Schnitten (Fig. 7, 11, 12) die sonderbaren HESSE'schen Sehzellen mit ihrer dunklen Pigmenttasche oder Düte, in welcher die Zelle zum Teil steckt; in der Fig. 11 rechts hat der Schnitt eine solche Zelle der Länge nach getroffen.

In der Umgebung des ventralen Endes der Zentralspalte finden sich Nervenzellen wechselnder Grösse und Anzahl. Es gehört hier nicht zu meiner Aufgabe, die Nervenzellen zu beschreiben, sondern sie nur in ihrem Verhalten zu der Neuroglia kurz zu berühren. Im allgemeinen lässt sich sagen, dass sie nicht nur der Grösse und Anzahl nach in den verschiedenen Querschnitten, resp. Regionen, sondern auch hinsichtlich ihrer Gestalt stark wechseln; es kommen zwar viele ovale und auch mehr rundliche und spindelförmige vor, aber auch sehr lang ausgezogene Formen, wie z. B. die in Fig. 11 der Taf. I wiedergegebenen, und sehr unregelmässig gestalteten, wie z. B. die in Fig. 12 ders. Taf. (oben) abgebildete Zelle. Es möchte aber betont werden, dass man in manchen Fällen zweifelhaft werden kann, ob man eine kleine Nervenzelle oder nur eine Ependymzelle vor sich hat, indem in betreff der Grösse und Gestalt Zellen vorkommen, die zu beiden diesen Gruppen gerechnet werden können; in solchen dubiösen Fällen könnte eigentlich nur das Vorhandensein einer abgehenden Nervenfasers die wahre Art der Zelle entscheiden; diese zu entdecken, ist jedoch nur in manchen solchen Fällen mit etwaiger Sicherheit möglich. Die Körper der allermeisten Nervenzellen sind zwar in der nächsten Nähe des Zentralkanals (der Zentralspalte) gelegen, und zwar nicht nur nach aussen von der Decke der Ependymzellen sowie nach aussen von den eigentlichen Körpern dieser Zellen. Es gibt aber, wie schon längst von den Erforschern des Amphioxus-Rückenmarks (STIEDA, NANSEN, ROHDE u. a.) erkannt worden ist, auch recht viele Fälle, wo grössere Nervenzellen quer durch die Zentralspalte gelegen sind und ihre Fortsätze in die beiden Seitenhälften des Markes hineinsenden; in der Fig. 11 der Taf. I sind solche Zellen vorhanden; gewöhnlich sind die grössten dieser Zellen bekanntlich dann noch von einem offenen Raum umgeben (Fig. 10 und 12 ders. Taf.), welcher die Spalte der Quere nach geteilt hat; die Nervenzelle scheint die zu beiden Seiten der Spalte befindlichen Ependymzellenlagen der Quere nach zersprengt zu haben, wie dies deutlich die angeführte Fig. 10 anzeigt, wo eine solche Kolossalzelle abgebildet ist. Dasselbe ist auch in Fig. 12 der Fall, obwohl an der sehr unregelmässigen Zelle die abgehenden Äste teilweise abgeschnitten sind.

In diesen Figuren der Taf. I, und besonders in den stärker vergrösserten Fig. 10 und 11, lässt sich dann auch das nähere Verhalten der Ependymzellen selbst genauer nachweisen und zwar ganz besonders gut in der Fig. 11. Unter Hinweis auf die schon oben geschilderten Bauverhältnisse dieser Zellen reicht es hier hin, zu betonen, dass von jedem Zellkörper — welcher in der Regel an diesen Querschnitten des Markes als dreieckig und mit der Basis an dem Zentralkanal, resp. der Zentralspalte, gelegen ist, in anderen Partien, z. B. an dem dreieckig-ovalen ventralen Ende des Kanals (unten in der Fig. 11), eine spindelförmige oder ovale Gestalt darbietet, — nur eine einzelne, mit dem Hämatoxylin sich stark, spezifisch, färbende Faser ausgeht; diese Faser reicht auch hier bald bis zur zentralen (inneren) Basis des Zellkörpers, bald endigt sie mehr oder weniger weit im Zellkörper hinaus und zieht dann in verschiedener Weise nach aussen, um in gebogenem Verlauf früher oder später sich einem Faserbündel anzuschliessen und dann den schon oben geschilderten wechselnden Verlauf nach aussen hin zu bewerkstelligen.

An den Querschnitten bleiben aber nun noch die Verhältnisse der Neuroglia beim Abgang der Seitennerven zu berühren. Die Fig. 8 und 9 der Taf. I geben, wie erwähnt, hierüber Aufschlüsse; die erstere stellt ja den Querschnitt der dorsalen Partie des Markes nicht weit von dem sog. Kopfteil des Tieres, wo noch einige Nervenzellen des Dorsalganglions sichtbar sind. In dem der Länge nach geschnittenen Nerven (links, oben) erkennt man

gefärbte ovale Kerne, wie dies schon von den früheren Forschern beschrieben worden ist. An und zwischen diesen Kernen bemerkt man zerstreute dunkel gefärbte Fasern, welche in der Richtung des Nerven verlaufen; aus dem Verhalten der Kerne zu den gefärbten Fasern geht es hervor, dass sie mit ihnen zusammengehören. Ausserdem treten auch Bündel ähnlicher Fasern in den Nerven hinein, welche bis zu der Zentralspalte ziehen und sich dort mit je einer Ependymzelle verbinden, resp. in ihren Zellkörper eintreten. In der Fig. 9 verlaufen diese Fasern mehr zerstreut. In dem in Fig. 10 abgebildeten Querschnitt, welcher die Verhältnisse im Marke weit hinter der »Kopfparte« wiedergeben, erkennt man ungefähr denselben Bau wie in Fig. 9; nur sind hier die Kerne in dem abgehenden Nerven noch zahlreicher und die schwarz gefärbten Fasern sammeln sich teilweise noch distinkter zu Bündeln, welche direkter nach der Zentralspalte ziehen um in die Ependymzellen einzutreten. Also giebt es auch hier Gliafasern, welche von den echten Ependymzellen des Zentralkanal (der Zentralspalte) herkommen, was ERIC MÜLLER, gegen NANSSEN und ROHDE, nicht anzunehmen scheint, weil er es an seinen Präparaten nicht gesehen hat. Aber ausserdem giebt es in dem Anfang der Seitennerven eine Menge mehr »echter« dort kernhaltiger Gliazellen, deren »spezifische« Fasern als MÜLLER'sche »Geflechtfasern« in das Rückenmark eintreten und zwischen den dortigen Nervenfasern in schlingerndem Verlauf ziehen und sich der genaueren Verfolgung entziehen. Das periphere Ende mancher dieser Gliazellen scheint in den peripheren Nervenstamm seinen Weg fortzusetzen, um in dieser Weise eine Art Stützgewebe dort zu bilden.

Nach dieser Darstellung der an den Querschnitten des Rückenmarks bemerkbaren Verhältnisse gehe ich nun zu den an den *Längsschnitten* zu findenden über und benutze dazu besonders die sog. »Horizontalschnitte«, welche möglichst senkrecht zu der Sagittalebene gelegt sind. Diese Schnitte komplettieren durch ihre Bilder in auffallender Weise die durch die Querschnitte gewonnenen. Ich begnüge mich indessen, aus denselben nur vier Bilder hier mitzuteilen (Fig. 1—4 der Taf. II). In den Fig. 1—3 erkennt man in der Mitte den Zentralkanal (die Zentralspalte), der Quere nach getroffen; von der in Fig. 4 am stärksten vergrösserten (Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30, Komp. Ok. 12) konnte der Grösse wegen nur die eine Hälfte wiedergegeben werden, indem der rechte Seitenrand der Fig. die Randbegrenzung jener Spalte darstellt, wo sich die zentralen Fussstücke der Ependymzellen befinden. Die Fig. 1, welche nur sehr schwach vergrössert ist, giebt eine Übersichtsbild eines derartigen Längsschnitts von der vorderen Partie des Körpers, nicht weit hinter dem »Kopfteile«, der Schnitt hat das Rückenmark etwas schief im Verhältnis zu der Horizontalebene getroffen, so dass die Faserbündel im vorderen Teil nur zum Teil in der Figur sichtbar sind, während sie im hinteren Teil dagegen weit mehr vollständig hervortreten. Hier bemerkt man, dass diese von dem Zentralkanal nach beiden Seiten ausstrahlenden Faserbündel in der Tat noch regelmässiger angeordnet sind als man sie an den Querschnitten findet; sie entsprechen offenbar den an diesen vorhandenen mittleren lateralen Bündeln, erscheinen aber deutlich breiter und kräftiger als an den Querschnitten, besonders in den inneren aber auch z. T. in den äusseren Enden; hier bilden sie, vor allem in den inneren, kräftige, breite Büschel von Fasern. Aus dieser Tatsache geht hervor, dass diese Bündel hier eine gewisse horizontale Verbreiterung darbieten. Dies wird nun auch deutlich durch das Studium derselben an Präparaten, welche eine stärkere Vergrösserung erlauben. In der Fig. 3 der Taf. II liegt ein solches Präparat (Zeiss' 2 mm., Ap. 1,30, K. O. 6) von einem 15  $\mu$  dicken horizontalen Längsschnitt vor, wo in der rechten Hälfte des Rückenmarks zwei solche Faserbündel in ihrer ganzen Ausbreitung und in der linken Hälfte ein ganzes Bündel sowie hinter ihm das äussere Ende von noch einem Bündel bemerkbar sind, das etwas mehr nach vorn gelegen ist als das entsprechende an der rechten Seite.

In der Fig. 4 ist bei noch stärkerer Vergrösserung (Zeiss' 2 mm., Ap. 1,30, Komp. Ok. 12) eine kleine Partie von einem solchen Längsschnitt (linke Rückenmarkshälfte) wiedergegeben, in welcher nur ein einzelnes derartiges laterales Faserbündel in seiner ganzen Ausdehnung dargestellt ist. Hier — wie auch in der Fig. 3 — aber durch die stärkere Vergrösserung noch schöner, lässt sich die ganze strukturelle Anordnung des Faserbündels und seine Umgebungen überblicken; an der rechten Seite der Fig. 4, welche von dem Rande der Zentralspalte rechts begrenzt ist, sieht man diesem Rande zunächst eine vertikale Reihe von rundlich-ovalen Kernen, welche zu je einer Zelle gehören und je einer schwarz gefärbten Faser des Bündels entsprechen. Diese Fasern dringen auch hier entweder bis zum Rande des Zentralkanal vor, um dort zu endigen, oder auch endigen sie schon etwas — mehr oder weniger — früher in dem protoplasmatischen Fusse der angehörigen Zelle, welche »dreieckig« (trompetenförmig), mit der Basis an dem Kanalrande, liegt. Zwischen diesen faserführenden »echten« Ependymzellen bemerkt man aber noch eine Art langer (resp. »hoher«), »zylindrischer« Zellen, welche ihren rundlich-ovalen Kern an etwas verschiedenen Stellen tragen, nämlich in der eigentlichen Region des Faserbündels weiter von dem Kanalrande entfernt, sonst aber nahe dem Rande selbst. Diese hohen Zylinderzellen, welche etwa ein Drittel der

Breite der Rückenmarkshälfte ausmachen, enden nach aussen hin an einer ziemlich bestimmten Linie, wo die Schicht der längsgehenden Nervenfasern mit geflechtbildenden Gliafasern beginnt, um dann bis zur Aussenfläche (resp. zur Markhülle) zu reichen. Die »echten« Ependymzellenfasern, welche also mit breiter Anfangszone an der Zentralkanalfläche anfangen, schliessen sich in schöner, trompetenförmiger Anordnung, in der Regel mit etwas nach vorn hin verschobenem Trompetenrande, zu einem schmälern Bündel zusammen, wobei ein Teil der vorderen Fasern der »Trompete« zum hinteren Teil des Bündels ziehen, um bei der Endigung an der Aussenfläche (resp. der »Hülle«) des Markes am meisten nach hinten zu liegen. Das ganze Faserbündel spreizt sich aber nach aussen hin von neuem stark aus, indem sämtliche Fasern wieder auseinander fahren und die vorderen weit nach vorn, die hinteren weit nach hinten ziehen, um wieder je mit dreieckigem kleinem protoplasmatischem, aber nicht kernhaltigem Fusse an der Aussenfläche des Markes, wo die Hülle dicht anliegt, zu endigen. Dies alles lässt sich vielleicht besser aus der Abbildung (Fig. 4) verstehen, als die Beschreibung es klarzulegen vermocht.

Was nun dargestellt wurde, ist in etwas schwächerer Vergrösserung auch in Fig. 3 zu sehen, in welcher beide Hälften des Markes mit der zwischen ihnen sichtbaren engen Spalte des Zentralkanales. In dieser Fig. bemerkt man auch, in der rechten Hälfte, unter den zylindrischen Ependymzellenkörpern zwei pigmentdütenträgende HESSE'sche Sehzellen.

Schliesslich stellt noch die Fig. 2 einen »horizontalen« Längsschnitt vom vorderen Teile des Amphioxus-Körpers dar, welcher Schnitt aber nicht ganz horizontal, sondern etwas schief getroffen ist, weshalb die Faserbündel sich in den beiden Seitenhälften des Markes recht verschiedenartig verhalten. In der Mitte erkennt man die Spalte des Zentralkanales mit den Kernreihen der Ependymzellen und einigen Nervenzellen neben ihnen. Die Ependymfaserbündel ziehen hier in ihrem Verlaufe nach aussen weit mehr nach vorn hin als in den Fig. 1, 3 und 4. Diese Figur ist aber besonders deshalb wiedergegeben, weil man an ihr den Abgang eines Seitennerven in der Längsansicht studieren kann. Rechts geht ein solcher vom Marke mit breitem Fusse ab, und hier sieht man in ihn eine Menge von schwarzgefärbten Fasern ausstrahlen, welche grossenteils ziemlich weit von hinten her, und dies eben von der Gegend der Ependymzellenkerne rechts von der Spalte des Zentralkanales. Hier bemerkt man aber merkwürdiger Weise im abgehenden Nerven nicht, wie in den Querschnittsbildern der Fig. 8 und 9 der Taf. I die zerstreuten Kerne der »echten« Gliazellen.

Nach dieser Darstellung der fraglichen Verhältnisse in dem eigentlichen Körper des Amphioxus bleibt es mir noch übrig, sie beim Übergang zum *Schwanzende* und in diesem selbst zu besprechen. Diese Fragen scheinen von den bisherigen äusserst wenig oder gar nicht behandelt worden zu sein. Zwar habe ich<sup>1)</sup> schon vor vielen Jahren das hinterste Ende des Rückenmarks von Amphioxus berührt und gezeigt, dass sich der Zentralkanal zuletzt mehr oder weniger blasenförmig erweitert, wobei sich das Rückenmarksende auch selbst erweitert.

In betreff der feineren Struktur des Rückenmarks im Schwanzende und ganz besonders des Verhaltens des Ependyms resp. der Neuroglia in dieser Region habe ich keine näheren Angaben und Abbildungen finden können. Deshalb habe ich auf der Taf. II in den Fig. 5—14 eine Reihe von Abbildungen wiedergegeben, in denen die in dieser Beziehung wichtigsten Data mitgeteilt werden.

Aus der Übergangsregion zum Schwanzgebiet ist der Querschnitt abgebildet, welcher in Fig. 5 der Taf. II zu sehen ist. In der Mittellinie des Bildes findet man noch den quergeschnittenen Zentralkanal als eine enge Spalte, die sich ventralwärts (unten in der Figur) zu einem ovalen Lumen öffnet und dorsalwärts zu einem ebenfalls offenen Raum übergeht, in dem eine Anzahl grössere Nervenzellen liegen. Zu beiden Seiten der Kanalspalte stossen die kernführenden Ependymzellenkörper und nach aussen davon sind einzelne solche Zellenkerne mit zwischen ihnen eingelagerten kleinen spindelförmigen Nervenzellen vorhanden. In dieser dorsalwärts sich immermehr erweiternden Region bemerkt man auch feine dunkle Fasern, welche offenbar Ependymzellenfasern sind, die nach den beiden Seiten des Markes ziehen und teils zu dünnen Bündeln werden, welche nach der von der Hülle umgebenen Aussenfläche des Markes verlaufen, um dort in der üblichen Weise zu endigen, teils auch in das feine Fasergeflechtwerk zwischen den quergeschnittenen Nervenfasern überzugehen; einzelne Faserbündel ziehen auch in den rechts in der Figur befindlichen Seitennerven, in dem man aber zugleich eine Anzahl von Kernen wahrnimmt, welche den hier vorkommenden »echten« Gliazellen angehören. Man findet also hier in dieser Übergangsregion im ganzen ähnliche Verhältnisse wie die im übrigen Marke beschriebenen, aber in verringertem Masse. Zwei

<sup>1)</sup> GUSTAF RETZIUS. Das hintere Ende des Rückenmarks und sein Verhalten zur Chorda dorsalis bei *Amphioxus lanceolatus*. Biol. Fören. i Stockholm förhandl. Band IV, 1—2. 1891. — GUSTAF RETZIUS. Ueber das hintere Ende des Rückenmarkes bei *Amphioxus*, *Myxine* und *Petro-myzon*. Biol. Unters. N. F. Band. VII, 6. 1895.

Differenzen sind jedoch zu bemerken: erstens sind die nach den Seiten ausstrahlenden Faserbündel der Ependymzellen gar nicht so regelmässig angeordnet und bilden nicht so dicke Bündel, sondern sie sind zerstreuter und dünner, und zweitens sind wieder, wie in der Kopfreion, Nervenzellen in einer Art von Dorsalganglion aufgetreten, zwischen denen aber nur vereinzelte Gliafasern vorkommen.

Wenn man nun die folgende Reihe von Querschnitten rückwärts nach dem Schwanzende hin studiert, findet man, wie z. B. die Fig. 6 d. Taf. II zeigt, dass nicht nur der ganze Umfang des Querschnitts sich immer mehr verkleinert und verschmälert, mehr oval wird, sondern auch dass die Spalte des Zentralkanals sich öffnet und ein besonders dorsalwärts etwas breiteres Lumen darbietet; die Ependymzellen behalten im ganzen denselben Charakter, ebenso ihre spezifischen Fasern, indem sie nur dünne, aber ziemlich zahlreiche, nach aussen radiierende, nicht regelmässig angeordnete Bündel bilden. Von besonderem Interesse ist aber die relative Vergrösserung des Dorsalganglions der Nervenzellen, welches noch mehr die in der »Kopfreion« vorkommenden Verhältnisse wiederholt. In der danach rückwärts folgenden Reihe von Querschnitten (Fig. 7 der Taf. II) verringert sich immer mehr die Anzahl der Nervenzellen im Dorsalganglion und in der Umgebung des Zentralkanals, und die Faserbündel der Ependymzellen werden spärlicher und noch unregelmässiger angeordnet; zerstreute Kerne solcher Zellen treten in den Seitenregion auf, das Lumen des Zentralkanals erweitert sich noch mehr dorsalwärts. In den danach rückwärts folgenden Querschnitten (Fig. 8, 9, 10 der Taf. II), welche noch kleiner werden, wiederholen sich diese Verhältnisse noch weiter, und zerstreute Kerne treten noch zahlreicher in der äusseren, immer mehr verdünnten Region von noch vorhandenen längslaufenden Nervenfasern, deren Querschnitte als feine Punkte fortwährend erscheinen; die spezifischen Gliafasern werden hier immer spärlicher. Schliesslich bleibt noch die allerletzte Region des immer mehr verringerten Markes, die hinterste Spitze desselben zu besprechen übrig; die Fig. 11, 12 und 13 geben Querschnitte aus derselben wieder. Nun ist die äussere Belegschicht von Nervenfasern ganz verschwunden; die ganze Wand besteht nur aus langen, dünnen fadenförmigen »Zylinderzellen«, welche dicht gedrängt in mehr oder weniger vertikaler Anordnung gestellt sind und ihr zentralwärts gerichtete Ende dem Lumen des Zentralkanals hinwenden; während das andere Ende, das Fussende an der Markhülle gelegen ist. Die Kerne aller dieser Zellen, welche eine primitive, wenig ausgebildete Ependymzellenschicht bilden, sind im ganzen klein, schmal oval und liegen in sehr verschiedener Höhe in den Zellen, so dass man dieses Epithel bei flüchtiger Betrachtung für ein mehrschichtiges auffassen könnte, bei genauer Untersuchung zeigt sich aber, dass es nur einschichtig ist, indem die Zellen die ganze Lage durchziehen, ihre Kerne in sehr verschiedener Höhe tragen; in der zentralen Schicht, welche dem Lumen des Zentralkanals zugewendet ist, finden sich aber keine oder nur spärliche Kerne. Das Lumen verändert sich gegen die hintere Markspitze hin in der Weise, dass es von einer schmal bisquieförmige Gestalt (Fig. 11) sich ventralwärts immer mehr erweitert und breiter wird (Fig. 12), um zuletzt eine relativ breit dreieckige Gestalt (Fig. 13) darzubieten, wo es das Lumen der von mir früher beschriebenen Endblase (Endventrikels) des Amphioxusmarkes darstellt. An der zentralen Innenfläche des hiesigen Epithels (Ependyms) habe ich hin und wieder Haare ausschliessen gesehen, wie es auch an den Figuren angedeutet worden ist. Ganz entscheidende Bilder bekam ich jedoch nicht.

In der Fig. 14 dieser Tafel (Taf. II) habe ich noch aus dieser Schwanzregion in starker Vergrösserung (Zeiss' 2 mm., Ap. 1,30, K. O. 12) das Ependymepithel abgebildet, um darzutun, wie sich die Zellen desselben zu einander und zum Lumen verhalten und wie ihre Kerne gestaltet und gebaut sind; ihre Chromatinkörner sind eigentümlich klein, rundlich und zahlreich, im ganzen Kern zerstreut; an den Fussenden der Zellen bemerkte ich oft kurze, unregelmässig gestaltete schwarz gefärbte Fäden, welche wohl als die ersten Anlagen von Ependymzellenfasern anzusehen sind.

Wenn ich nun zuletzt die hier gegebene Darstellung überblicke, so zeigt sich, dass die zuerst von NANSSEN und dann von ROHDE gelieferten kurzen Beschreibungen des Stützgewebes im zentralen Nervensystem des Amphioxus in ihren Hauptzügen auf richtige Beobachtungen und Anschauungen gefusst waren, dass aber erst durch ERIK MÜLLER's umfassende und auf durch ihn wesentlich verbesserte technische Methoden gegründete Untersuchungen nicht nur bestätigt und festgestellt, sondern in auffallendem Grade erweitert worden sind. Hierdurch wurde es erwiesen, dass dies Stützgewebe nicht, wie man früher glaubte einem im Rückenmark befindlichen Bindegewebe entspricht, sondern von dem Ependym gebildet wird, von dessen um die Spalte des Zentralkanals liegenden kernführenden Zellkörpern lange, nach aussen hin ausstrahlende Fasern nach aussen hin in mehr oder weniger dicken Bündeln zu der Aussenfläche des Markes radiierend ziehen um dort zu endigen. Durch seine Färbungsmethode zeigte ERIK MÜLLER, dass diese Fasern sich *spezifisch* färben und den Ependym-, resp. Neurogliafasern der anderen

Vertebraten entsprechen, wobei er auch nachwies, dass die zwischen den genannten Faserbündeln befindlichen Regionen von längslaufenden Nervenfasern durch anders gestaltete *Geflechtfasern* durchspannen sind, welche den echten Neurogliafasern der anderen Vertebraten noch mehr entsprechen.

Meine eigenen Befunde, welche hier oben beschrieben worden sind, stimmen nun in allen wesentlichen Beziehungen und Anschauungen mit denen ERIC MÜLLER's überein; in betreff der in den abgehenden Seitennerven vorfindlichen Stützfasern bin ich jedoch zu dem Schluss gelangt, dass ein nicht unbedeutender Teil derselben echte Ependymzellenfasern darstellen.

Ferner habe ich auch die verschiedenen Regionen des Zentralen Nervensystems des Amphioxus, auch die sog. *Kopfreion* und die *Schwanzregion*, welche hinsichtlich dieses Stützgewebes von den bisherigen Forschern kaum oder nicht genau untersucht und beschrieben worden sind, in eingehenderer Weise durchforscht. Weil die bisher veröffentlichten Abbildungen von der fraglichen Struktur des zentralen Nervensystems vom Amphioxus mir noch nicht befriedigend erschienen, habe ich mich bemüht, möglichst genau diese Lücken auszufüllen. Leider reichte aber mein vorhandenes Material in einigen Beziehungen nicht ganz hin, um alle die betreffenden Fragen und dies besonders betreffs der »Kopfreion« zu ganz befriedigendem Abschluss zu bringen.

## B. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem der *Myxine glutinosa*.

Taf. III—X.

Wegen des sowohl in morphologischer als biologischer Hinsicht grossen Interesses, welches ein so tiefstehendes Nervensystem und vor allem Gehirn als dasjenige der Myxinoiden darbietet, haben sich mehrere Forscher bemüht, unter Anwendung der neueren histologischen Methoden den feineren Bau und die Organisation der nervösen Zentralorgane dieser Tiere und ganz besonders der *Myxine glutinosa* zu eruiere.

Was das Rückenmark betrifft, haben es besonders FRIT. NANSEN (1885—1886), *ich* (1891) und ERIC MÜLLER (1899) von verschiedenen Gesichtspunkten und speziell auch hinsichtlich der Neuroglia studiert. Die allgemeine Organisation des Gehirns der *Myxine* haben dann JOHN F. HOLM (1901) und LUDWIG EDINGER (1906) in eingehenderer Weise untersucht, nachdem einzelne Partien des Organs von *mir* (1893), ALF. SANDERS (1894) und G. STERZI (1907) behandelt worden waren. Und in der letzten Zeit haben ARIENS KAPPERS und PAUL RÖTHIG einigen unerklärten Problemen in demselben ihre Nachforschungen zugewandt.

Schon lange ist es meine Absicht gewesen, noch einmal dem Gehirn und dem Rückenmark der *Myxine* ein näheres Studium zu widmen, um, wenn möglich, in den Plan ihrer Gesamtorganisation noch tiefer eindringen zu können. Ganz besonders bemühte ich mich hin und wieder, mittelst der Golgifärbungsmethode die Nervenzellen und ihre Fortsätze resp. die Nervenfasern genauer zu verfolgen. Bisweilen bekam ich in der Tat ganz schöne Färbungen, besonders von Nervengeflechten, in verschiedenen Partien des Gehirns und Rückenmarks; betreffs der gefärbten Zellen blieb ich aber nicht selten im Zweifel, ob sie Nervenzellen oder Neurogliazellen waren. Sehr oft misslang aber die Färbung in so umfassender Weise, dass ich hier immer wieder von dieser leider oft launenhaften und deshalb auch zeitraubenden Färbungsmethode abstehen musste, weshalb ich nun eine weitere Verfolgung der Ergebnisse derselben bis auf weiteres aufschieben muss. Nur in betreff der Neurogliazellen des Rückenmarks und der Medulla oblongata wurden wie früher gute und erläuternde Präparate in hinreichender Menge erhalten. Diese, wie auch die im Lobus olfactorius, resp. an den Glomeruli, erhaltenen Golgebilder, stimmen indessen mit den von mir früher beschriebenen genau überein.

Obwohl ich also vom Anfang an die Absicht hatte, diese Untersuchung des Myxinegehirns in weiterer Umfassung mittelst verschiedener Methoden auszuführen, fand ich es aber später nötig, dieselben nur auf einige Probleme zu beschränken und dabei nur einige Methoden anzuwenden, und zwar diejenigen, welche zur näheren Erforschung der Anordnung und der feineren Struktur der *Neuroglia* der Gehirnteile dieses Tieres besonders dienen können.

Durch seine schönen Untersuchungen über die Neuroglia im Rückenmark der Myxine hat ERIK MÜLLER schon im Jahre 1899 in seiner grundlegenden Arbeit »Studien über Neuroglia« unsere Kenntnis von diesem Gewebe in hohem Grade befördert und erweitert. Durch die von ihm erfundene Fixierungsmethode mittelst Chromkali-Formalin und der Färbung der Schnitte mit dem M. HEIDENHAIN'schen Hämatoxylin war es ihm gelungen, eine allgemeine, reine, spezifische Färbung der Ependym-, resp. Neurogliafasern im Myxine-Rückenmark zu bekommen, und schöne Bilder davon zu erhalten. Sowohl mittelst dieser Methode als der auch von ihm benutzten und empfohlenen CARNOY-Hämatoxylinmethode gelang es auch mir später, derartige sehr erläuternde und reine Bilder in diesem Rückenmark zu gewinnen. Weil es mir aber auch von Interesse erschien das Verhalten der Neuroglia resp. des Ependyms im Gehirn von Myxine mittelst dieser Methode eingehend zu erforschen entschloss ich mich nun eine solche Untersuchung vorzunehmen, um so mehr als ERIK MÜLLER seine Studien nicht bis zu diesem Gebiete der zentralen Nervensystems erstreckt hatte. Ich fixierte deshalb eine Anzahl von Myxinegehirnen vor allem im Carnoygemisch und färbte die gemachten Serien von Quer- und Längsschnitten in M. HEIDENHAIN'schem Hämatoxylin. Weil es mir aber zum Vergleich auch nötig war, die anderen verschiedenen Regionen des zentralen Nervensystems zu studieren, wurden solche Reihen von Schnitten nicht nur am ganzen Gehirn, sondern auch an der Medulla oblongata und den verschiedenen Teilen des Rückenmarks bis in die hinterste Spitze des Schwanzes gemacht. Zugleich wurde auch zum Vergleich einige andere Methoden, vor allem die BIELSCHOWSKY'sche Silbermethode und die neuere CAJAL'sche Neurogliazell-Färbungsmethode am Formalinmateriel versucht.

Bei der hier unten folgenden Darstellung finde ich es deshalb nun am besten, von den besonders durch ERIK MÜLLER'S »Studien der Neuroglia« am eigentlichen Rückenmarke von Myxine gewonnenen Ergebnissen auszugehen, um dann zu den Verhältnissen in den anderen Regionen zu schreiten.

Ehe ich zur Darstellung der Neuroglia im Gehirn der Myxine übergehe, finde ich es geeignet, den feineren Bau und die Anordnung derselben im Rückenmark kurz zu besprechen. Bekanntlich hat zuerst FR. NANSEN im J. 1887 mittelst der GOLGI'schen Chromkali-Silbermethode im Rückenmark der Myxine die Anordnung der Neurogliazellen nachgewiesen; er zeigte dabei, dass die kleinen ovalen oder eckigen Zellkörper in der Mittelpartie des Markes zwischen den Nervenzellen meistens an der Grenze zu der äusseren, dicken Nervenfasernlage liegen und büschelförmig nach den beiden Aussenflächen des Organs zahlreiche feine Astfasern aussenden, bald mehr einseitig, bald doppelseitig (Taf. XI der NANSEN'schen Schrift: The structure and combination of the histological elements of the central nervous system, Bergens Mus. Aarsber. f. 1886). Bei meinen Untersuchungen mittelst der GOLGI'schen Methode erhielt ich auch später schöne Bilder dieser Neurogliazellen und, wie NANSEN, auch der vom Zentralkanal ausstrahlenden Ependymzellen des Rückenmarks von Myxine, von denen ich in meiner Abhandlung »Zur Kenntnis des zentralen Nervensystems von Myxine glutinosa, Biol. Unters., N. F., B. II, 3, S. 51, Fig. J. eine Querschnittsabbildung eines solchen Rückenmarks veröffentlichte. Hier sieht man, dass die Körper der Neurogliazellen tief an der Grenze zu der Region der Nervenzellen gelegen sind und nach der Oberfläche des Markes je einen grossen Büschel ausstrahlender Fasern aussenden, welche hier endigen, während auch vom Zellkörper nach den Seiten und nach innen nur kurze Fasern ausgehen.

Weil diese Golgi'bilder für das Studium der Neuroglia sehr erläuternd sind, indem sie durch die elektive Wirkungsart der Methode in der Regel nur einzelne Zellen mit ihren Fortsätzen gefärbt darstellen, ist es meine Absicht gewesen, bei der Untersuchung der Neuroglia in die Medulla oblongata und im Gehirn der Myxine von eben solchen Bildern auszugehen, bevor ich die Beschreibung der Gesamtneuroglia in diesen Regionen liefere. Es zeigte sich aber bei meinen Versuchen, die Neuroglia mittelst der Golgi'methode zu färben, dass dies wohl im Rückenmark und im verlängerten Mark gelang, im Gehirn aber eigentümlicher Weise auf besondere Schwierigkeiten stiess, so dass es mir nicht gelang, hier abzubildende Präparate zu bekommen. Ich entschloss mich deshalb, als Ausgangspunkt für die hier unten folgende Darstellung der Neuroglia in der Medulla oblongata und im Gehirn von Myxine diesmal wesentlich nur eine kleine Reihe von Golgi'bildern aus dem Rückenmark und dem verlängerten Mark hier mitzuteilen. Auf der Taf. III sind also in den Fig. 1 und 2 solche Querschnittsbilder aus dem eigentlichen Rückenmark wiedergegeben, die letztere hoch oben; die Fig. 3 ist vom Übergang zur Medulla oblongata und die Fig. 4 aus dieser Region selbst, wie auch die Fig. 5, welche nur eine kleine Partie eines Querschnitts bringt.

Wenn man diese Figuren durchmustert, findet man, dass ausser den sparsamen kleinen ringsum den Querschnitt des Zentralkanals (Fig. 1—3) befindlichen eigentlichen *Ependymzellen*, deren kernführender Zellenkörper mit ihrem inneren Fortsatz das Kanallumen erreicht, während der äussere peripherische fein fadenförmige Fortsatz in verschiedenen Richtungen mehr oder weniger weit, gerade oder geschlängelt, in das Mark hinausstrahlt, die

übrigen gefärbten Zellen, welche alle als echte *Neurogliazellen* aufzufassen sind, aus *zwei Hauptformen* bestehen. Die *eine*, welche die wesentlich überwiegende Anzahl ausmacht, zeigt den stark dunkelgefärbten Zellkörper, in dem der Kern verborgen liegt als in den aller meisten Fällen an der äusseren Grenze der sog. grauen Substanz gelegen und mit nur wenigen inneren und gewöhnlich ganz kurzen nach dieser Substanz in verschiedenen Richtungen unregelmässig ausstrahlenden Fortsätzen, während die zahlreichen nach aussen hin gerichteten »äusseren« Fortsätze einen Büschel langer feiner, mehr oder weniger gerader oder wenig gebogener Fasern nach der Aussenfläche des Markes senden, welche dort mit je einem kleinen Fuss oder Knöpfchen endigen. Unter diesen einseitig büschelförmigen Neurogliazellen mit den Zellkörpern an der Grenze der grauen Substanz finden sich aber auch einzelne derartige Zellen, deren Körper weiter aussen gegen die Aussenfläche des Markes hin in der sog. »weisser Schicht«<sup>1)</sup> liegen, so dass ihr äusseres Bündel feiner Fäden nur mehr oder weniger kurz ist, hier und da trifft man auch Zellen, deren Körper mit dem Kern ganz an der Oberfläche des Markes liegt und ihre Fäden nur nach innen hinein senden (Fig. 2 und 3).

Die hier jetzt beschriebene Art von Neurogliazellen wurde bei *Myxine* zuerst von NANSSEN an Golgipräparaten gesehen und dargestellt, obwohl er unter ihnen auch solche fand, bei denen vom Zellenkörper zwei lange Faserbündel nach entgegengesetzter Richtungen ausgingen und die Markoberfläche erreichten (s. z. B. seine Fig. 103, Pl. XI). In meiner Figur J. S. 51, B. II meiner *Biolog. Unters.*, N. F., 1891, habe ich auch nachher ein typisches Bild dieser nach GOLGI gefärbten Neurogliazellen verschiedener Gestaltung im Rückenmark von *Myxine* veröffentlicht. Wenn man diese Figur mit den von mir jetzt hier mitgeteilten vergleicht, stimmen die abgebildeten Neurogliazellen gut überein; jene ältere Figur ist aber bei einer stärkeren Vergrösserung wiedergegeben, weshalb die Zellen grösser und ihre Fasern etwas dicker sind.

Es kommen aber, wie erwähnt, noch *andere* Neurogliazellen im Rückenmark von *Myxine* vor, welche eine etwas verschiedenartige Gestaltung und Lage darbieten. Es sind diejenigen, welche im Inneren der grauen Substanz gelegen sind. In den Fig. 1, 2 und 3 der Taf. III, besonders aber in den beiden letzteren, sind solche Zellen gut vertreten. Von dem dunklen, den Kern verbergenden Zellenkörper strahlen hier ziemlich zahlreiche unregelmässig angeordnete und sich verschiedenartig windende fadenförmige Fortsätze nach mehr oder weniger verschiedenen Richtungen aus; man kann sie als eine Art Astroglizyten bezeichnen; die Fortsätze sind im allgemeinen nicht besonders lang, gewöhnlich kürzer als diejenigen der ersten Zellenart, deren Fortsätze durch die weisse Substanz nach der Markoberfläche büschelförmig ziehen. Hier und da kommen jedoch auch Zwischenformen der beiden Zellenarten vor, in denen ein Teil der Fortsätze nach allen Richtungen in der grauen Substanz ausstrahlt, während ein anderer Teil durch die weisse Aussenschicht büschelförmig gegen die äussere Markoberfläche zieht. Dass alle diese Zellen wirklich Neurogliazellen verschiedener Gestaltung sind, wird gerade durch das Studium der Zwischen- oder Übergangsformen in ihren wechselnden Nuanzen dargelegt; offenbar wirkt auf die Gestaltung der Zellen ihre verschiedene Einlagerung in der weissen resp. der grauen Marksubstanz ein.

Wenn man die fraglichen Verhältnisse der Zellen nach oben im Rückenmarke verfolgt, bemerkt man, gegen die Nähe der *Medulla oblongata* hin, in Verbindung mit der Veränderung der Gestalt des Querschnittes (Fig. 1, 2, 3, 4) eine Vermehrung des Vorkommens der Astroglizyten in ihrer typischen Form (Fig. 3), wonach sie in dem verlängerten Marke selbst (Fig. 4), dessen Querschnittsbild sich in sagittaler Richtung stark verdickt hat, eine wesentliche Vermehrung der Astroglizytenpartie zeigt, wobei aber auch die äusseren büschelförmigen Zellen sich den Formen der Astroglizyten auffallend genähert haben, indem die nach aussen ziehenden Fortsätze gewundener und unregelmässiger nach der Markoberfläche hin verlaufen und zwischen sich zahlreichere kleine Astroglizyten darbieten; die echten Büschelzellen des eigentlichen Rückenmarkes mit ihren feinen Bündelfäden sind selten und verschwinden immermehr, um den sich mehr windenden, unregelmässiger ziehenden Fäden Platz zu lassen (Fig. 4). Hoch oben, resp. vorn, im eigentlichen Marke, beim Übergang zu der *Medulla oblongata* kann man aber noch Partien finden, wo echte Büschelzellen mit der anderen Zellenart in ganz unregelmässiger, wechselnder Gestaltung vorkommen. In der Fig. 5 der Taf. III habe ich eine kleine solche Partie des Markes in etwas stärkerer Vergrösserung wiedergegeben; am ventralen Rande des Markes sieht man hier vier echte Büschelzellen und dorsalwärts von ihnen eine verschieden gestaltete Astroglizyten; am Querschnitt des Zentralkanal sind ausserdem acht echte Ependymzellen, ebenfalls gefärbt, vorhanden.

<sup>1)</sup> Weil die anderen Autoren auf diesem Gebiete die Bezeichnungen »grau« und »weisse« Substanz im Rückenmark auch für *Myxine* und *Petromyzon*, resp. für *Amphioxus* benutzt haben, finde ich mich veranlasst, dies ebenfalls zu tun, obwohl bei diesen niedersten Vertebraten ja keine wahre »weisse« Substanz (d. h. keine Myelinscheide an den Nervenfasern) sich findet: sie möchte sonst lieber als »die äussere Schicht longitudinalen Nervenfasern« bezeichnet werden.

Schliesslich füge ich in den Fig. 6 und 7 der Taf. III aus den Golgipräparaten noch ein paar kleine Bilder hinzu, von denen die Fig. 6 zum Vergleich den Schiefschnitt des Zentralkanals mit neun gefärbten Ependymzellen und ihren nach aussen ziehenden verästelten äusseren Ausläufern zeigt, dagegen die Fig. 7 aus dem Bulbus olfactorius vier Glomeruli olfactorii, in denen die sich schön dichotomisch verzweigenden peripherischen Fortsätze der Radialzellen abgebildet sind, und an den untersten Glomeruli einige feine Olfactoriusfasern hier von unten (oder eigentlich von vorn her) eintreten, um sich auch in den Glomeruli zu verästeln. Dies Bild, welches an sich typisch schön war, habe ich hier mitgeteilt, um das Verhalten der Neurogliazellen wiederzugeben; in den eigentlichen Glomeruli fand ich zwar keine gefärbten Neurogliazellen, aber um sie und zwischen ihnen waren sie zahlreich vorhanden; von diesen Zellen sind nun mehrere hier abgebildet; von den die Zellkerne umgebenden kleinen Zellkörpern strahlen, meistens nach zwei Richtungen zahlreiche feine etwas gewundene Faserfortsätze aus. Solche Gliazellen liegen hier oft gruppenweise beisammen, wobei die Kerne sich gerne zusammenlegen, wie dies an einigen Stellen in der Figur angegeben ist.

Weil ich, wie schon oben erwähnt wurde, in dem Myxine-gehirn sonst keine eigentlich gute Färbung der Neurogliazellen mit der Golgimethode bisher bekam, werde ich diesmal auf diese Fragen nicht weiter eingehen, sondern mich damit begnügen, das hier oben angeführte mitzuteilen, wobei hervorzuheben ist, dass die Bilder aus dem Rückenmarke und der Medulla oblongata schön und erläuternd sind, und zwar gerade zum Vergleich mit den Ergebnissen, welche die anderen von ERIK MÜLLER und mir in dem Rückenmark der Myxine und vom mir im Gehirn dieses Tieres angewandten Fixierungs- und Färbungsmethode geliefert haben. Ich gehe deshalb nun zu diesen Ergebnissen über.

Von anderen Methoden habe ich dann erstens die von ERIK MÜLLER mit ganz besonderem Erfolg angewandte, von ihm eingeführte (Mischung von Kali bichrom. 3% 1 Teil und käufl. Formol 4 Teile, 24 Stunden, dann 3 Tage in Kali bichrom. 3% und nachher einige Stunden in fliess. Wasser, dann 70% Alkohol etc. mit nachfolgender Färbung der Schnitte in Eisen-Hämatoxylin nach HEIDENHAIN) benutzt und ganz gute Präparate damit bekommen. Ferner habe ich auch, wie er, Alkoholmischungen und abs. Alkohol oder CARNOY'S Mischung angewandt. Schliesslich habe ich die Fixierung in verschiedenen anderen Lösungen (ZENKER'Sche Mischung, FLEMMING'Sche, M. ORTH'Sche M. u. s. w.) geprüft. Von allen diesen Methoden bewährte sich nun die Fixierung in Carnoy's Mischung am besten. Nach Färbung der Schnitte mit dem Hämatoxylin erhielt ich ausserordentlich scharf und spezifisch gefärbte Präparate der Neuroglia, d. h. vor allem ihrer Fasersysteme, aber auch mit Säurefuchsin, resp. mit BRONN'Scher Mischung traten in den Präparaten diese Systeme, also rot gefärbt, gut und scharf hervor. Von den geprüften Fixierungsmethoden habe ich mich deshalb der CARNOY'Schen mit Vorliebe bedient.

Ich beginne nun die Darstellung mit den Verhältnissen der Neuroglia im Rückenmark, wobei ich mich kurz fassen kann, weil eben durch ERIK MÜLLER'S Arbeit hierüber diese Verhältnisse schon klargestellt worden sind. Er hat nämlich hier sowohl eigentliche Neuroglia als das Ependym in so gründlicher und eingehender Weise hinsichtlich ihrer allgemeinen Struktur und ihrer Organisation beschrieben und abgebildet, dass ich auf diese seine Darstellung hinweisen kann, und von einer eigenen Beschreibung abstehen mag, weil eine solche fast nur eine Wiederholung der MÜLLER'Schen bilden würde. Deshalb gebe ich aber hier eine gedrängte Zusammenfassung seiner Angaben.

Was zuerst das Ependym betrifft, welches das runde ventrale Lumen des Zentralkanals umgibt, so wird es nach MÜLLER von zwei Zellformen aufgebaut; dem Lumen zunächst befinden sich zylindrische Zellkörper mit ovalen Kernen, die in derselben Höhe liegen, und nach aussen von ihnen finden sich birnförmige, rundkernige Zellen, welche zwischen den Zylinderzellen einen »runden« Fortsatz zum Lumen des Kanals senden, wo er in einer Platte endigt. Beide Arten der Zellen gehen nach aussen hin in lange, spezifisch stark färbare Ausläufer über. »Am Übergang zwischen dem Ausläufer und dem Zellkörper hört entweder die Färbbarkeit in einem bestimmten Abstand vom Zellkörper scharf auf, oder es setzt sich der Ausläufer in zwei, drei oder mehrere, stark gefärbte Fibrillen fort, die in der Peripherie der Zelle verlaufen, um dann blind zu endigen.« Die Ependymfasern endigen mit einem ungefärbten Endkegel. Die Ependymfasern treten zu Bündeln zusammen, die regelmässig im Marke angeordnet sind; nach ihrem Verlaufe kann man ventrale, dorsale und laterale unterscheiden; die ventralen Bündel entspringen in paarweiser Anordnung aus dem Ependym und ziehen regelmässig symmetrisch in sanftem Bogen nach hinten, um an der hinteren Markfläche zu endigen, indem die leicht divergierenden Fasern dort in konische Füsse übergehen. Die lateralen Bündel, aus einem gewissen Ependymgebiet entstehend, laufen zu je einem dichten Bündel zusammen, das dann in der Mitte des Markes ein Stück lateralwärts folgt; von diesen Fasern erreicht

wenigstens die Mehrzahl nicht die Peripherie des Markes, obwohl zwar einige nach kurzem Verlaufe beinahe rechtwinkelig umbiegen, durch die weisse Substanz ziehen und die Oberfläche erreichen; die meisten divergieren aber fächerförmig innerhalb der grauen Substanz und befestigen sich mit verbreiterten Füßen an einigen längsverlaufenden Gefässen, nicht weit vom Zentralkanal. Die dorsalen Ependymfasern sind am schwersten zu verfolgen; sie entspringen im allgemeinen aus den ventralen Zellen und ziehen dann in sanftem Bogen dorsalwärts, um einzeln in die weisse Substanz auszustrahlen, die meisten ziehen aber konzentrisch zum dorsalen Gliaseptum, wo sie einander durchkreuzen, um an der hinteren Peripherie zu endigen. Die Ependymfaserbündel zeigen in der Regel, wenn auch nicht immer, eine *typische* Anordnung, indem erst die lateralen, dann die ventralen, hernach die dorsalen, dann wieder die lateralen Bündel kommen. Ausserdem strahlen aber auch einzelne Fasern in die graue Substanz hinein, um sich an einem nahe gelegenen Gefässe zu befestigen.

Die Ependymzellen von Myxine zeigen also mit denjenigen von Amphioxus nicht nur in struktureller Beziehung, sondern auch in betreff ihrer Anordnung und Verteilung eine Übereinstimmung, indem sie das Mark nicht diffus durchziehen, sondern in typische Bündel mit regelmässigem Verlaufe angeordnet sind. Das Aussehen des Zentralkanals, seine Umgebung und die Verteilung der Ependymfasern sind aber in der Litteratur nicht richtig dargestellt. NANSSEN zeichnet den Kanal als aus zwei miteinander zusammenhängenden Lumina, einem dorsalen und einem ventralen, bestehend, sowie beide ringsum von Ependymzellen umgeben. Das hintere Lumen gehört aber nach MÜLLER einem quergetroffenen »Gefäss mit selbständiger Wand, das parallel mit dem Centralkanal verläuft«. MÜLLER hat niemals »die von NANSSEN dorsal von diesem Gefäss gezeichneten Ependymzellenkörper« gesehen, indem dieses Gefäss hier nur von einem schmalen Septum einer ringförmigen dichten Neuroglia umrahmt ist.

Was nun die eigentliche *Neuroglia* betrifft, so findet man nach ERIK MÜLLER bei sorgfältiger Untersuchung, dass die gefärbten Fasern in den Präparaten in ganz demselben Verhältnis zu den ungefärbten Neurogliazellenkörpern stehen wie die Ependymfasern zu den Ependymzellen, d. h. »dass sie entweder in einen kleinen kegelförmigen Fortsatz auslaufen, der direkt in den Zellkörper übergeht oder sich in feine Fibrillen auflösen, die in der Peripherie der Zellen sich oft bogenförmig in einen der nächstliegenden Ausläufer fortsetzend, verlaufen«. Die Neurogliazellen sind sehr eckig und mit groben Stacheln und Firsten versehen, mit denen die oft dicht zusammenliegenden Zellen in einander greifen und von denen die gefärbten Ausläufer entspringen. Die longitudinalen Bündel in der Nähe des Zentralkanales werden nebst den Ependymfasern von langgezogenen Gliazellen aufgebaut, von deren Polen die gefärbten Ausläufer ausgehen. Ausserhalb liegen hier symmetrisch auf beiden Seiten des Kanals eigentümliche nur Glia enthaltende Gebiete mit quergeschnittenen Gliafasern, welche nicht innerhalb, sondern ausserhalb der Zellenkörper liegen und Ausläufer der Nachbarzellen repräsentieren. Die Gliafasern endigen wie die Ependymzellen an der Peripherie des Markes mit kleinen ungefärbten kegelförmigen Füßen, welche dicht aneinandergestellt, eine geschlossene Grenzschicht gegen die Pia bilden, wie dies auch an den Gefässen der Fall ist, also nicht mit freien Spitz-Endigungen, wie allgemein angenommen wird.

Was dann die *Anordnung* und *Verteilung* der Neuroglia bei Myxine betrifft, so ist nach E. MÜLLER eine ganz zutreffende und eingehende Beschreibung des sehr verwickelten Baues derselben bei Myxine zwar infolge der Schönheit der Präparate sehr anziehend, aber kaum möglich. In der *weissen* Substanz stammen die zahlreichen Gliafasern grösstenteils aus der grauen Substanz, sind aber teilweise Ausläufer in der weissen Substanz belegener Gruppen angeordneter Gliazellen, welche hauptsächlich longitudinal verlaufende Gliafasern abgeben. In grösserer Menge finden sich die Gliafasern im Septum mediale dorsale in der Mitte des Markes und in der Gegend ventral von dem Zentralkanal. Von der grauen Substanz auf den beiden Seiten dieses Kanals entspringend, ziehen mächtige horizontale Züge nach hinten und medianwärts, um hinter dem Kanal eine innige Durchkreuzung zu machen, ein »Spongiopilem« bildend, welches in seinen Maschen ein »Neuropilem« aufnimmt. In dem übrigen Teil der weissen Substanz kann man *horizontale*, *schräge* und *vertikale* Gliafasern unterscheiden, welche, wie erwähnt, mit kegelförmigen Füßen an der Peripherie des Markes endigen; auch die longitudinalen Fasern biegen um und ziehen zur Peripherie. Die horizontalen Fasern sind wichtig für die Architektur des Markes, indem sie zwischen den longitudinalen Nervenfasern regelmässige Septa bilden. In der *grauen* Substanz ist der Filz der Gliafasern sehr mächtig; sie sind vor allem vertikal und horizontalfrontal gerichtet; longitudinale Gliabündel finden sich aber auch durch die ganze graue Substanz zerstreut.

Im ganzen liegt nun in der kolossalen Menge dieses gesamten Stützgewebes ein rein zelluläres Gewebe vor, dessen Zellen durch die Färbbarkeit ihrer langen Ausläufer charakterisiert sind und eine deutliche epitheliale Anordnung zeigen. »Die Ependymzellen und die Gliafasern sind prinzipiell ganz gleichartig. Nur durch die Form der Zellen und die Zahl der Ausläufer unterscheiden sich diese Zellen von einander.« Es finden sich auch Übergänge

zwischen den Ependym- und den Gliazellen. In der Anordnung gibt sich eine immer wiederkehrende Regelmässigkeit kund. Dies betrifft nicht nur die Anordnung des Stützgewebes unter sich, sondern hat auch in einer anderen Beziehung Geltung. »Dieses ist die überraschende Übereinstimmung in der Anordnung, die sich zwischen den Gliaelementen und den nervösen Elementen kund gibt.« Beide haben im ganzen eine transversale Anordnung; auch longitudinal verlaufende Fasern biegen oft transversal um. Und in der hinteren Querkommissur kreuzen sich die Fasern beider Art.

Wie ich schon oben hervorgehoben habe, würde es sich nicht lohnen, nach der hier referierten eingehenden und genauen Darstellung ERIK MÜLLER's, noch eine Beschreibung der Verteilung und Anordnung der Stützsubstanz im *Rückenmark* von *Myxine* zu veröffentlichen, weil dieselbe meistens eine Wiederholung der seinigen werden würde. Ich beschränke mich deshalb teils auf eine Bemerkung über die Verhältnisse derselben in der Umgebung des Zentralkanals, sowie auf die Verhältnisse dieser Substanz beim Übergang zu der *Medulla oblongata* und zum Schwanzende, welche von MÜLLER nicht behandelt worden sind. Ebenso werde ich auch die Ergebnisse der CARNOY-Hämatoxylin-Präparate mit denen der Golgimethode etwas näher berühren.

(Das Manuskript ist leider unvollendet. Nicht mehr ist zu finden. Nur die schönen, von RETZIUS selbst gezeichneten Tafeln waren, einige beinahe, andere vollständig fertig. Tafel III hat er oben auch besprochen. Die übrigen können doch sicher ihre eigene Sprache sprechen und ohne wörtliche Erklärung so viel schildern, dass sie unsere Kenntnis auf dem hier berührten Gebiete erweitern werden. Die Auswahl der Figuren für die Tafeln hat RETZIUS selbst gemacht und auch die Tafeln für die *Myxine*-Abteilung bestimmt.)

Zu dieser und nächster Abteilung (B. *Myxine*, C. *Petromyzon*) gehört teilweise der Inhalt einer Abhandlung, die, wie es schon in der Vorrede erwähnt ist, RETZIUS in einer Festschrift für Professor EMIL HOLMGREN in schwedischer Sprache veröffentlicht hat. Die ganze Abhandlung wird als selbständig (Abhandl. 2) hier unten in deutscher Übersetzung mitgeteilt.

*Herausgeber.*)

## C. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem des *Petromyzon fluviatilis*.

Taf. XI und XII.

Über das Verhalten des Ependyms und der Neuroglia des Neunauges liegen schon seit einer Reihe von Jahren mehrere eingehende Untersuchungen vor, und zwar dies auch mit den neueren technischen Methoden.

Mit der GOLGI'schen Methode arbeiteten ich und v. LENHOSSÉK. In meiner Abhandlung über das zentrale Nervensystem der *Myxine* vom Jahre 1891, in welcher besonders die Ergebnisse der Methylenblaufärbung beschrieben wurden, erwähnte ich auch am Ende: »Die mit der GOLGI'schen Methode gewonnenen Präparate vom Rückenmark des *Petromyzon* sind denen von *Myxine* sehr ähnlich, sowohl in Betreff der Ganglienzellen und ihrer Fortsätze wie auch der *Neurogliazellen*«. Ich hatte aber damals nicht Zeit, eine nähere Beschreibung dieser Verhältnisse zu liefern, und die darüber angefertigte Figur war verlegt, so dass sie nicht veröffentlicht werden konnte. Im Jahre 1892 publizierte M. VON LENHOSSÉK in seinem Werke »Der feinere Bau des Nervensystems im Lichte neuester Forschungen« eine gute Abbildung des Rückenmarkquerschnitts und im J. 1893 veröffentlichte ich in meinen *Biol. Unt., N. F., B. V., 2*, »Studien über Ependym und Neuroglia«, I. *Ependym und Neuroglia bei den Cyclostomen*, Taf. V—VII, eine mit mehreren Abbildungen versehene Darstellung dieser Gewebsteile des Rückenmarks und Gehirns des *Petromyzon*, auf welche ich hier hinweisen kann.

Durch diese Untersuchungen mittelst der GOLGI'schen Methode wurde es festgestellt, dass auch beim Neunauge die Neurogliazellen im Rückenmarke von ihrer Lage in den zentralen, nach beiden Seiten hinausragenden Armen der »grauen« Substanz und ganz besonders an ihrer Grenze zu der »weissen«, Büschel von schmalen mehr oder weniger geraden oder gebogenen, fadenförmigen Ästen durch diese letztere Substanz zu der Markoberfläche hinaussenden, wo sie mit etwas verdickten Füsschen dicht unter der Piahülle endigen; sie ähneln also dem Typus

nach im ganzen denjenigen des Myxinemarkes, aber, während diese Zellen in der Regel nur nach einer Seite, ventral, dorsal oder lateral ein solches grösseres Büschel schicken und in die graue Substanz selbst nur einige kürzere, schlängelnde Aste nach verschiedenen Richtungen senden, strahlen bei *Petromyzon* zwei solche grössere Büschel hinaus, welche je nach zwei Richtungen, ventral und dorsal, resp. lateral durch die weisse Substanz, ausbreizend, zur Markoberfläche ziehen. Die Ependymzellen strahlen von ihren kernführenden mehr oder weniger zylindrischen, rings um den Zentralkanal angeordneten Zellkörpern nach allen Seiten radiierend nach der Markoberfläche aus, wobei sie sich auch dichotomisch etwas verästeln; sie treten aber in den Golgipräparaten weniger, oft nur vereinzelt, hervor, während sie in der Medulla oblongata und im Gehirn viel reichlicher und mehr büschelförmig verzweigt erscheinen; in diesen letzteren Partien liegen dagegen die eigentlichen Neurogliazellen sehr zerstreut, bald der Oberfläche näher, bald von ihr in verschiedenster Weise und mit den Astfäden in wechselnder Richtung gelagert. In den Golgipräparaten treten hier, wie dies ebenfalls bei anderen Tieren der Fall zu sein pflegt, die eigentlichen Gliafäden nicht als eine besondere Struktur der Zellenäste hervor, während dagegen in diesen Präparaten die Gesamtgestalt der Zellen sich oft in schönster Weise an ihnen studieren lässt.

Für das genauere Studium der Gliafäden waren also andere Fixierungs- und Färbungsmethoden nötig. In dem 2. Teil seines grossen Lehrbuchs »*Traité d'histologie pratique*« vom Jahre 1899 gab J. RENAULT<sup>1)</sup> in seiner Darstellung der Struktur des zentralen Nervensystems, und zwar in dem Kapitel über die Neuroglia, auch an mehreren Stellen eine Besprechung des Verhaltens der Neuroglia und des Ependyms von *Petromyzon marinus* nach der Behandlung mit MÜLLER'scher Lösung und Eosin-Hämatoxylin, sowie auch mit Bichrom. ammon. Er beschrieb dabei ein sehr feines und reiches Fasernetz (réseau) um die Nervenzellen herum, sowie auch die Gliazellen mit den ihnen angehörigen Gliafasern, und er lieferte darüber einige Abbildungen.

Im Jahre 1903 erschien dann die Arbeit des russischen Histologen OWSJANNIKOW<sup>2)</sup>, welcher ausser den Methoden von GOLGI, CAJAL und EHELIICH auch andere Methoden benutzte (Fixierung mit Mischungen von Formalin und Bichromas kalicus, sowie Färbung in Hämatoxylin und Eisenalaun, ferner Goldchlorid u. s. w.). Hinsichtlich der Stützsubstanz fasste er seine Hauptresultate über dieses Gewebe in folgender Weise zusammen: »Die Grundlage des Centralnervensystems bei allen Wirbelthieren bildet Gliagewebe, das aus sternförmigen Zellen und Fasern besteht. Die Zellen liegen hauptsächlich in der grauen Substanz, sind von allen Seiten mit langen, sich theilenden Fortsätzen ausgestattet, die zu der Pia sich begeben und an ihrer inneren Fläche endigen. Die Ependymzellen, sammt ihren Fortsätzen, tragen ebenfalls zur Bildung der Grundlage für das Nervensystem bei.« »Einige Forscher haben die Glia zum Bindegewebe gerechnet. Ich glaube«, sagt OWSJANNIKOW, »dass man dieselbe eher in die Kategorie mit dem elastischen stellen kann. Die Gliafasern besitzen ebensolchen Glanz wie die elastischen Fasern und werden durch schwache Säuren nicht verändert.« Die Hämatoxylin-Behandlung vervollständigt wesentlich die Golgi'bilder, sowohl hinsichtlich der Ependym- als der Gliazellen und ihrer Fortsätze, auch der feinsten Verzweigungen. »Man erkennt wie dieselben sich zwischen Nervelementen schlängeln, dieselben umwickeln, sich in unendlich feine Fäserchen theilen, Netze, Futterale um die Nervenzellen und die von ihnen abgehenden Fortsätze bilden. Selbst sehr feine Fortsätze besitzen solche Futterale, die wie aus Spinnweben gewebt sind. Die MÜLLER'schen Fasern besitzen Futterale aus dicken Gliafasern, die ringförmig neben einander oder auf einander gelagert sind. Die Bilder erinnern an die Tracheen bei den Insekten oder an die innere Muskelschicht der kleinen Blutgefässe. Die Fasern sind recht breit. Ihre Vereinigung mit Gliazellen lässt sich nicht nachweisen. Längs diesen Futteralen verlaufen Gliafasern, die von Zellen abstammen, welche auf den Futteralen aufliegen . . . Die genannten Futterale stehen mit dem übrigen Gliagewebe durch feine Fasern in Verbindung und werden durch diese Lage befestigt.« An Schnitten, die der Oberfläche des Markes parallel geführt sind, lässt sich erkennen, dass Gliazellen nicht allein in der grauen, sondern auch in der weissen Substanz vorhanden sind, welche an manchen Orten reihenweise geordnet sind, und zwar an den Seiten der breiten MÜLLER'schen Fasern, eine neben der anderen liegend, getrennt durch ihre Fortsätze; diese verbreiten sich nach allen Richtungen, umspinnen zugleich die ringförmigen Scheiden der MÜLLER'schen Fasern, verzweigen sich auf ihrer Oberfläche, endigen theils frei mit sehr feinen Endspitzen, theils feine Netze bildend. »Eine grosse Anzahl Fortsätze erstrecken sich bis zur Pia, berühren dieselbe ohne mit derselben eine innige Verbindung einzugehen. Dasselbe gilt auch von den Gefässen, auch hier lehnen sich die Fasern an die Gefässwand oder umspinnen dieselbe.« »Die Gliasubstanz erstreckt sich vom Zentralkanal nach allen Richtungen fächerförmig.«

<sup>1)</sup> J. RENAULT, *Traité d'histologie pratique*, Tome second, Paris 1899.

<sup>2)</sup> PH. OWSJANNIKOW, *Das Rückenmark und das verlängerte Mark des Neunauges*. Mémoires de l'Académie impér. des sciences de St. Petersburg, VIII. Sér., Cl. phys. mathém. Vol. XIV, N:o 4, 1903 (d. Acad. vorgel. Mai 1902).

OWSJANNIKOW hat seiner Abhandlung eine grosse Doppeltafel mit 16 Abbildungen im photographischer Wiedergabe beigefügt, in denen zwar »Netze« der Neuroglia und auch Ependymzellen teilweise wahrzunehmen sind, aber die feinere Struktur, welche im Texte beschrieben wurde, sich kaum nachweisen lässt.

In G. STERZI's grossem Werke »Il sistema nervoso centrale dei vertebrati« Vol. I Ciclostomi (1907), in welchem die Morphologie des zentralen Nervensystems der Petromyzonten in sehr eingehender Weise beschrieben und durch Abbildungen dargestellt wurde, finde ich aber in betreff der Struktur und Anordnung der Neuroglia keine tiefere Darstellung, die hier anzuführen wäre.

Von den übrigen neueren Arbeiten über die feinere Struktur des zentralen Nervensystems des Neunauges ist hier zu erwähnen die Abhandlung W. KOLMER's<sup>1)</sup>, welcher sich wesentlich mit der Methylenblaufärbung am Rückenmark von *Ammocoetes* beschäftigte und hinsichtlich der Neuroglia angibt, dass sie den Bau besitzt, den an ihr andere Forscher beschrieben haben; ferner die drei Arbeiten D. TRETJAKOFF's<sup>2)</sup>, der teils dieselbe Methode, teils auch die verschiedenen Silbermethoden benutzte und hinsichtlich der Stützsubstanz hauptsächlich das Ependym untersuchte und in demselben die von ihm als zentrale Sinneszellen bezeichneten interependymalen Zellen beschrieb. In betreff der Neuroglia äusserte TRETJAKOFF: »Meine Beobachtungen über den Bau der Glia bestätigen vollkommen die Ansicht von OWSJANNIKOW, welcher sich auf Hämatoxylinpräparate stützt. Die Gliafasern winden sich zwischen sämtlichen Nervelementen, umflechten dieselben, verzweigen sich in feinste Fibrillen, verflechten sich zu einem Netz und bilden Futterale um die Nervenzellen und deren Fortsätze. In den Futteralen um die MÜLLER'schen Fasern winden sich die Fibrillen ringförmig in mehreren Schichten; ausserdem jedoch sind hier auch Längsfasern vorhanden. Die Beschreibung von OWSJANNIKOW kann ich nur durch die Beobachtung vervollständigen, dass es gelingt, den Zusammenhang sämtlicher Gliafasern mit Gliazellen zu verfolgen«. Neue verbesserte Abbildungen von diesen Strukturen lieferte aber TRETJAKOFF nicht, wohl aber von den von ihm gefundenen inneren versilberten »Fadennetzen« in den interependymalen Zellen des Zentralkanales.

Nach dieser Besprechung der vorliegenden neueren Angaben und Ansichten hinsichtlich der Struktur und Anordnung der »Stützsubstanz« des Rückenmarks bei Petromyzon ist ein kurzer Rückblick auf die gewonnenen Resultate indiziert. Es erhellt daraus, dass die durch *meine* und v. LENHOSSÉK's Untersuchungen mittelst der Golgi-methode erhaltene Kenntnis von der Gestalt und Anordnung der Zellen der Neuroglia und des Ependyms durch die Untersuchungen OWSJANNIKOW's mittelst anderer Fixierungs- und Färbungsmethoden (besonders Chromkali-Formol und Eisenalaun-Hämatoxylin) in betreff der Fortsätze und Fasern der Neurogliazellen wesentlich vervollständigt und erweitert wurden, wodurch die Übereinstimmung des Verhaltens dieser Strukturen mit denen der Myxine im ganzen dargelegt worden ist. Jedenfalls wurde durch diese letzteren Untersuchungen dargelegt, dass auch beim Neunauge eine sehr grosse Menge von Gliafasern sowohl die graue als die weisse Substanz in verschiedenen Richtungen durchspinnen und die Nervenzellen und die dicken Nervenfasern »ringförmig« umspinnen, »Faserfutterale« um sie bildend. Die von OWSJANNIKOW gelieferten bildlichen Darstellungen hiervon waren indessen sehr wenig überzeugend und klar, wie dies auch hinsichtlich der veröffentlichten Abbildungen anderer Forscher gilt. Es war deshalb eine erneuerte Untersuchung des fraglichen Themas und eine wesentlich verbesserte bildliche Wiedergabe der betreffenden Verhältnisse nötig, um die kurzgefasste Darstellung des russischen Forschers zu kontrollieren und eventuell festzustellen.

Infolge dessen entschloss ich mich, eine solche Untersuchung, unter Anwendung der besten Methode, von neuem vorzunehmen. Meine neuen Golgi-Präparate zeigten im Rückenmark von den Ependym- und Neurogliazellen nur ganz ähnliche Bilder wie früher; ich gebe von ihnen deshalb hier nur zwei kleine Querschnitte bei schwacher Vergrösserung (Z. Apochr. 8 mm., Ap. 1,30, K. Ok. 8) wieder (Taf. XI Fig. 1 und 2), besonders um den Vergleich mit den anderen Figuren hier zu ermöglichen; in der Fig. 1 erkennt man sowohl einige Ependymzellen wie auch eine Anzahl charakteristischer Neurogliazellen mit doppelten Ausläuferbüscheln von etwas wechselnder Gestalt, sowie eine Zelle mit nur einem Büschel, und an den Aussenwinkeln des Markes je eine Zelle, die das Büschel auch mehr einseitig nach aussen sendet. In der Fig. 2 sind nur vier gefärbte Gliazellen vorhanden, an denen man die in den Präparaten oft vorkommende wellenförmige Anordnung der Ausläuferfäden bemerkt; an der mittleren Zelle nur einen einzigen solchen langen ventralen Ausläufer.

<sup>1)</sup> W. KOLMER, *Zur Kenntnis des Rückenmarks von Ammocoetes*. Anatom. Hefte, Bd. XXIX, 1905.

<sup>2)</sup> D. TRETJAKOFF, *Das Nervensystem von Ammocoetes*. I. *Das Rückenmark*. Arch. f. mikrosk. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 73, 1909. — II. *Das Gehirn*. Ebenda, Bd. 74, 1909. — *Die zentralen Sinnesorgane von Petromyzon*. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 83, Abt. I, 1913.

Unter den übrigen der von mir genauer untersuchten Präparate vom Rückenmarke des Neunauges habe ich hier ganz besonders zur Darstellung und Besprechung diejenigen ausgewählt, welche mit dem CARNOY'schen Gemische fixiert und dem Eisenalaun-Hämatoxylin nach M. HEIDENHAIN gefärbt worden sind, weil diese die Anordnung der Gliafasern auffallend scharf und schön zeigen. Weil die Übersichtsbilder auf den Tafeln einen grossen Raum bedürfen, muss ich sie indessen leider auf eine geringere Anzahl beschränken, als ich wünschte, und sie auch teilweise bei möglichst geringer Vergrösserung wiedergeben.

(Hier ist auch das Manuskript wie das der vorigen Abhandlung, von RETZIUS nicht vollendet. Die von ihm hergestellten Figuren sind nicht in dem mitgeteilten Text besprochen und beleuchtende Erklärungen zu den Tafeln fehlen.

Herausgeber.)

## D. Ependym und Neuroglia im zentralen Nervensystem verschiedener Vertebraten, die nicht in den vorigen Abteilungen behandelt sind.

Taf. XIII—XVI.

(Diese Überschrift ist vom Herausgeber eingesetzt. RETZIUS hatte nämlich einige fertiggezeichnete Figuren über Ependym und Neuroglia auch von anderen Tieren als den Cyklostomen nachgelassen. Einige waren zu Tafeln zusammengestellt, andere waren lose in Papier eingelegt. Deutlich war es, dass er daran gedacht hatte alles zu veröffentlichen. Beschreibung der Figuren fehlte aber, doch nicht ganz vollständig. In der oben, in der Vorrede, erwähnten Festschrift für Professor ERIK MÜLLER hatte RETZIUS eine Abhandlung: »Till kännedomen om neuroglia hos de lägre vertebraterna«, geschrieben und hatte dafür einige Figuren von den hier mitgeteilten Tafeln verwendet. Ich finde es deshalb richtig diese Abhandlung hier in deutscher Übersetzung einzufügen. Wir bekommen dadurch von RETZIUS selbst eine Erklärung einiger wichtiger, hier mitgeteilter Figuren. GUSTAF RETZIUS hat mehrmals frühere Arbeiten, die in schwedischer Sprache herausgegeben waren, später in den Biol. Unters. in deutscher Übersetzung aufgenommen. Wenn ich diese Abhandlung aus der MÜLLER'schen Festschrift einsetze, lasse ich doch grösstenteils die historische Einleitung der Abhandlung aus. Der Inhalt dieser Historik ist nämlich in den hier oben mitgeteilten Abhandlungen ausführlicher mitgeteilt.

Herausgeber.)

Aus den Forschungen ERIK MÜLLER's über die Neuroglia bei den niedersten Vertebraten (Amphioxus, Myxine, Selachiern und Teleostiern) ging das wichtige Resultat hervor, dass bei diesen im wesentlichen die gleiche Struktur geltend ist wie bei dem Menschen, dadurch dass in deren Zellen ein Faserwerk von solcher Art entwickelt und differenziert wird, das dem in den menschlichen Neurogliazellen vorgefundenen *überaus* gleicht, die WEIGERT'schen Gliafasern, und das spezifisch gefärbt werden kann, wenn auch — soweit man bis heute weiss — nicht mittels der WEIGERT'schen Färbungsmethode so doch mit Eisenalaunhämatoxylin. Diese Gliafasern bei den niedersten Vertebraten verhalten sich auch in allem wesentlich, morphologisch, zu ihren Neurogliazellen und zu dem nervösen Zentralorgane, im grossen und ganzen auf die gleiche Weise wie beim Menschen. Dies gilt sowohl für die Fasern in den Zellen des Ependyms, wie für die eigentliche Neuroglia. MÜLLER betont auch, dass man die Neuroglia in ihrer Gesamtheit als eine besondere Gewebeart auffassen muss, welche »einen Übergang von dem rein epithelialen Gewebe zum Bindegewebe« bildet und in Hinsicht auf ihre Funktion als ein typisches Stützgewebe zu betrachten ist, was auch aus der Anordnung der Neuroglia und der topographischen Verteilung hervorzugehen scheint, die sich in wesentlichen Teilen systematisch und gesetzmässig erweist.

ERIK MÜLLER setzte auch diese seine Untersuchungen in der Tierreihe aufwärts beharrlich fort, bei den Repräsentanten für die Amphibien, Reptilien und Säugetiere, doch bei diesen gelang es ihm durch seine Methode, die bei den niedersten Vertebraten so ausgezeichnete Präparatserien gegeben, leider nicht gleich schöne Bilder zu erhalten. Hierüber äussert er sich in seiner Arbeit selbst: »Auf das Studium der Neuroglia der Amphibien (Rana, Bombinator), der Reptilien (Lacerta) und der Säugetiere (Kaninchen, Katze) habe ich viel Zeit und Mühe verwendet, ohne solche Bilder erhalten zu können, wie ich im vorhergehenden beschrieben habe. Zwar habe ich stellenweise

recht hübsche Bilder bekommen. Eine Gesamtdarstellung der Neuroglia habe ich jedoch nicht erhalten. *Jedenfalls habe ich mich ganz sicher überzeugt, dass sich die Neuroglia in structureller Hinsicht bei diesen höheren Vertebraten ganz ebenso wie bei den niederen verhält.*

Da ich seit alters her, nicht zumindest auf Grund meiner zu wiederholten malen ausgeführten Untersuchungen über die Beschaffenheit und Anordnung der Neuroglia bei verschiedenen Repräsentanten der verschiedenen Klassen der Vertebraten, vor allem mittels der GOLGI'schen Chromsilber-Methode, lange den Wunsch gehegt habe diese merkwürdige Gewebeart zum Vergleiche mittels einiger anderer Methoden näher zu studieren, begann ich vor ein paar Jahren diese Studien und sammelte das hierzu nötige Material von verschiedenen Vertebratklassen und liess Schnittserien von Gehirn und Rückenmark verschiedener Tiere ungleichem Alter ausführen. Im Anschluss an die oben erwähnten ausgezeichneten Untersuchungen ERIK MÜLLER's über das Rückenmark des Amphioxus und der Myxine studierte ich auch erst gleichfalls das Rückenmark dieser Tiere und das Gehirn von Myxine, das mich seit langem interessierte und das in Bezug auf Neuroglia näher zu untersuchen MÜLLER nicht teil fand. Des weiteren nahm ich auch zum Vergleiche Petromyzon auf, das wohl einige mal von KÖLLIKER, RENAUT, OWSJANNIKOW u. a. einigermaßen, doch keineswegs hinreichend, in Bezug auf die Neuroglia des Rückenmarkes derselben studiert worden war. Aus den Selachiern wählte ich die am leichtesten zugängliche *Acanthias* und von den Teleostiern: *Esox*, von den Ganoida: *Amia*. Von den Urodelen wählte ich *Salamandra* und *Megalopatrachus*, von den Batrachiern: *Rana* und *Bufo*; von den Reptilien *Lacerta* und *Testudo graeca*, von den Vögeln *Gallus* und *Columba* und von den Säugetiere *Mus decumanus* und *musculus*, *Lepus cuniculus*, *Canis domesticus* und *Homo sapiens*.

Da es indessen, infolge des Umfangs, den diese Untersuchungen angenommen haben — diese sind übrigens noch keineswegs abgeschlossen — vollkommen unmöglich ist, in einer Festschrift<sup>1)</sup> wie die vorliegende, über das Gesamtergebnis eine Rechenschaft abzugeben, umsoweniger als hierzu eine grosse Anzahl von Abbildungen notwendig wäre, will ich mich lediglich darauf beschränken, hier nur einige von den erhaltenen Resultaten zu berühren. Es mag hier daher, ausgehend von den niedersten Vertebraten, zuerst festgehalten werden, dass ich in Hinsicht auf die Neuroglia bei Amphioxus und Myxine zu einer Auffassung darüber gekommen bin, die im wesentlichen mit der ERIK MÜLLER's übereinstimmt, und dass ich diese Untersuchungen auch auf Kopf- und Schwanzenden dieser Tiere ausgedehnt habe, in welchen jedoch die Neuroglia wesentlich ihren Charakter und ihre Anordnung geändert hat. Ebenso haben meine Studien bezüglich der Neuroglia der Haie und Knochenfische zu mit den seinen vollkommen übereinstimmenden Resultaten geführt.

Bei diesen Untersuchungen habe ich teils mit Erfolg die E. MÜLLER'sche Chromkali-Formol-Hämatoxylin-Methode angewandt doch auch, und dies in noch weit grösserem Umfang, die auch von ihm mit Erfolg erprobte Fixierung in dem CARNOY'schen Gemisch (Alkohol, Chloroform, Essigsäure) mit darauffolgender Färbung in HEIDENHAIN's Hämatoxylin. Diese letztgenannte Methode hat mir besonders vorzügliche Resultate bei Myxine geliefert, doch auch bei Petromyzon, bei welchem ich der Neuroglia zum Vergleich mit der von Myxine eingehende Studien gewidmet habe und dies umso mehr als diese relativ wenig untersucht war. Wohl war das Rückenmark desselben von KOLMER und TRETJAKOFF in Hinsicht auf die eigentlichen nervösen Elemente mittels der Methylenblau-Methode studiert worden, sowie auch in Bezug auf Neuroglia mittels anderer Methoden von OWSJANNIKOW (1902), doch wenn auch die in Betracht kommende Schilderung derselben einen Teil Wahrheit enthält, so ist darin doch anscheinend falsch Aufgefasstes eingemengt; und seine Abbildungen (photographische Reproduktionen) geben so gut wie gar keinen Einblick in die Verhältnisse. Ich finde mich deshalb veranlasst hier eine etwas genauere Rechenschaft über die wichtigsten Resultate im Bezug auf die Neuroglia bei Petromyzon zu geben. OWSJANNIKOW, dessen Ansicht ist, dass man die Glia eher als zum Bindegewebe zu rechnen, dieselbe in die Kategorie mit dem elastischen Gewebe stellen kann, betont, dass die GOLGI'sche Silbermethode ausgezeichnete Bilder davon gibt, dass jedoch die Hämatoxylinfärbung die Auffassung wesentlich vervollständigt, sowohl in Hinsicht auf die Ependymzellen wie auf die Glia selbst; die Zellen sowohl wie das Faserwerk können bis in die feinsten Verzweigungen hinein verfolgt werden. »Man erkennt wie dieselben sich zwischen Nerven-elementen schlängeln, dieselben umwickeln, sich in unendlich feine Faserchen theilen, Netze, Futterale um die Nervenzellen, und die von ihnen abgebenden Fortsätze bilden. Selbst sehr feine Fortsätze besitzen solche Futterale, die wie aus Spinnwebgewebe gewebt sind. Die MÜLLER'schen Fasern besitzen Futterale aus dicken Gliafasern, die ringförmig neben einander oder auf einander gelagert sind . . . Die genannten Futterale stehen mit dem übrigen Gliagewebe durch feine Fasern in Verbindung und werden durch diese in ihrer Lage befestigt.« Auf den photographischen Abbildungen, die er

<sup>1)</sup> Die Abhandlung ist, wie oben erwähnt, früher in einer Festschrift in schwedischer Sprache veröffentlicht.

davon gibt, kann man, wie erwähnt, gar nichts Deutliches sehen, von dem was er geschildert hat. Ich will daher hier einige von den Bildern, die ich nach meinen eigenen Präparaten gezeichnet habe, wiedergeben und hoffe künftig, wenn meine ausführlichere Arbeit über das Gliageewebe veröffentlicht wird, Gelegenheit zu haben, diese wesentlich zu vervollständigen.

Fig. 1 der Taf. XI zeigt einen frontalen Querschnitt vom Rückenmark eines ausgewachsenen Petromyzon, behandelt mit dem CARNOY'schen Gemische und Eisenalaun-Hämatoxylin und gezeichnet bei Zeiss' Apochr. Obj. 8, Ok. 12. In der Mitte sieht man den durchschnittenen Zentralkanal, umgeben von seinem Ependym mit dunkelgefärbten Kernen und ausserhalb davon teils die graue Substanz mit eingebetteten Neurogliazellkernen und spindelförmigen Nervenzellen sowie Gliazellen, umspinnen von einem reichlichen Faserwerk von dunkelgefärbten Gliafasern teils, sowohl dorsal wie auch ventral, die sogenannte »weisse« Substanz, mit runden und ovalen, hellen Querschnitten der im Rückenmark längs laufenden Nervenfasern von sehr verschiedener Grösse, umspinnen von einem sehr reichen Faserwerk dunkelgefärbter Gliafasern, die von dem Ependym des Zentralkanals und von den ausserhalb desselben liegenden Gliazellen, in die graue Substanz, aber auch in die sogenannte weisse, ausstrahlen.

Diese Fasern nehmen einen sich kreuzenden und wechselnden Verlauf nach aussen durch die graue Substanz, deren Nervenzellen umspinnend, doch weichen sie früher oder später, teils in dorsaler, teils in ventraler Richtung, bündelweise oder auch einzeln, mehr oder weniger gekrümmt davon ab und gehen gegen die dorsale oder ventrale Oberfläche des Rückenmarkes hin, zwischen den zahllosen, meist in der Längsrichtung verlaufenden Nervenfasern und deren Bündeln, um an der Rückenmarksoberfläche dicht unter der pia mater desselben, mit einem kleinen kegelförmigen Fusse und einer nach aussen abgeplatteten Scheibe zu enden; diese dicht aneinander gefügten Endscheiben bilden so die mosaikartige membrana limitans externa des Rückenmarkes. Während diese zahllosen Fasern die graue Substanz durchlaufen, umspinnen sie, wie erwähnt, die Nervenzellen derselben mit ihrem Korbwerk, und indem sie teils in Form von Bündeln, teils einzeln die ausserhalb liegenden, dicken, längsgehenden Nervenschichten in überaus wechselndem und sich kreuzendem Laufe passieren, umspinnen sie auch die Nervenfasern mit dem sehr reichen Faserwerk. Auf der in Betracht kommenden Abbildung (Fig. 1) hat der Deutlichkeit halber bei der verhältnismässig geringen Vergrösserung nur ein Teil von den im Präparat sichtbaren Fasern abgebildet werden können, während es nicht möglich war dieselben in ihrem bald höheren, bald niederen Verlauf perspektivisch wiederzugeben, wie man sie so schön in dem klaren, ziemlich dicken Präparat verfolgen konnte. Doch kann das Bild jedenfalls eine Vorstellung über den allgemeinen Verlauf dieser Fasern geben. Wie auch aus diesem Bilde entnommen werden kann, weisen die Nervenfasern, zwischen denen die Gliafasern verlaufen, sehr verschiedene Grösse in ihrem Querschnitt auf; die grossen, ovalgerundeten gehören zu den JOHANNES MÜLLER'schen Fasern in der ventralen Schicht des Rückenmarkes, in deren Mittelpartie nur eine kleine Gruppe von quergeschnittenen Fibrillen sichtbar ist; sonst ist der Querschnitt dieser Fasern klar und ohne Struktur; der Inhalt derselben ist dermassen so äusserst empfindlich, dass dieser bei der Fixierung in den meisten Fällen stark zusammenschumpft und einen kleinen, halbmondförmigen Klumpen an der einen Seitenwand der sehr dünnen Scheide bildet; in dem hier abgebildeten Präparate jedoch füllte er den ganzen Raum der Scheide aus. Neben diesen sehr dicken ventralen Fasern kommen indessen eine Menge Übergangsformen von wechselnder Stärke vor, verstreut teils in der ventralen teils auch in der dorsalen Schicht der »weissen« Substanz, besonders in den äusseren Seitenteilen des Markes, und schliesslich ist auch eine Menge sehr feiner Fasern hauptsächlich in den medialeren Teilen der dorsalen weissen Substanz angesammelt. In Fig. 1 sieht man, wie erwähnt, die Gliafasern auf getrennten Wegen einzeln oder in Bündeln zwischen den quergeschnittenen Nervenfasern von ungleicher Stärke hindurchgehen, wobei einzelne Fasern schief abgeschnitten erscheinen und nur in einem Teile ihres Verlaufes verfolgt werden konnten. Es besteht nun die Frage: Wie erweisen sich die Verhältnisse im Schnitt, wo die Nervenfasern in ihrem Längsverlauf getroffen werden?

Fig. 4 und 6 zeigen zwei Partien des so genannten horizontalen Längsschnittes vom Rückenmark des Petromyzon wiedergegeben, ziemlich parallel mit deren Oberfläche, beide gezeichnet bei Zeiss' Apochr. 2 mm. Ap. 1,30, Fig. 4 aber bei Ok. 12 und Fig. 6 bei Ok. 8; die erste ist also stärker vergrössert als die letzte. In Fig. 4 sieht man rechts eine Partie der grauen Substanz und links eine MÜLLER'schen Faser; in der grauen Substanz sind teils eine Nervenzelle und teils verschiedene Gliazellen abgebildet; die ganze Substanz ist von gefärbten Gliafasern durchkreuzt, von denen die Mehrzahl transversal verläuft, meist etwas schräg, doch einige auch mehr longitudinal; ein Teil von diesen Fasern geht weiter und läuft zu der links davon liegenden in der Längsrichtung verlaufenden, dicken MÜLLER'schen Faser und umspinnt diesen mit quergehenden runden Schlingen in mehr oder weniger sich kreuzendem Verlaufe. Dies sind offenbar die gleichen, die Nervenfasern umschlingenden

Gliafasern, die OWSJANNIKOW gesehen hat und mit seinen »Futteralen« von »ringförmig« angeordneten Gliafasern in Beziehung bringt; untersucht man genauer, so findet man indessen, dass diese Gliafäden nicht aus geschlossenen Ringen bestehen, sondern dass deren Ringform nur scheinbar ist; sie schlingen sich wohl zwischen und um die Nervenfasern in überaus wechselnden Bahnen, doch meist quer und schief gegen die Längsachse der Nervenfasern, und bilden auf diese Weise ein ganz besonders schönes und reiches Flechtwerk um dieselbe. Als eigentliche Futterale jedoch kann man sie nicht auffassen.

In Fig. 5 und 6 sind, etwas weniger vergrößert, links Fig. 5, einige sehr dünne, rechts Fig. 6 einige dickere Nervenfasern mit solchen transversal laufenden und umschlingenden Gliafasern wiedergegeben. Hier sieht man auch in Fig. 6 in der Mitte nach oben zu eine Gliazelle mit mehreren Verzweigungen und der durchlaufenden Gliafaser, ganz dicht auf einer solchen dickeren Nervenfasern gelegen. Solche Gliazellen trifft man hier und da, oft in Reihen zwischen Nervenfasern in der »weissen« Substanz angeordnet. In der grauen (Fig. 4) sind die Gliazellen weit zahlreicher, zuweilen mehr einzeln, zuweilen reihen- oder gruppenweise, mit ihren protoplasmführenden Zellkörpern oft unregelmässig verzweigt und mit Gliafasern, die in verschiedener Anzahl und Richtung dieselben durchlaufen, manchmal näher dem ovalen oder rundlichen Kerne, manchmal mehr entfernt von demselben; wenn diese Gliazellen dicht beisammen liegen, sieht es nicht selten so aus als ob sie miteinander verschmolzen wären, und Zellen mit zwei dicht aneinander liegenden Kernen trifft man da und dort.

Es ist indessen nicht meine Absicht hier in dieser kleinen Mitteilung die wechselnden Verhältnisse näher zu beschreiben, die im nervösen Zentralorgane von Petromyzon vorkommen können; hierzu würde ein weit grösseres Ausmass (für die Beschreibung) und vor allem weit mehr Abbildungen nötig sein, als nun zur Verfügung gestellt werden können. Was ich hiermit bezwecke, ist darzulegen, dass auch bei Petromyzon die Neuroglia eine sehr reiche Ausbildung erreicht hat, und zwar wesentlich nach den gleichen oder sehr ähnlichen Regeln wie die, von denen ERIK MÜLLER gezeigt hat, dass sie im Rückenmark von Myxine geltend sind, und dass vor allem ein ganz gleichartiges, spezifisch färbbares System von feinen Gliafasern auch bei Petromyzon vorkommt.

Ich werde hier, wie schon oben angedeutet, nicht auf die Gliaverhältnisse bei den Haien und Knochenfischen eingehen, die schon früher von ERIK MÜLLER geschildert wurden. Dagegen ist es meine Absicht hier diese Verhältnisse bei den Amphibien etwas zu streifen. Wie schon früher genannt konnte MÜLLER mit seiner Methode bei den Amphibien nicht so gute Präparate erhalten wie er es gewünscht hatte und er hat auch keine Beschreibung oder irgendwelche Abbildungen über die Neuroglia bei diesen Tieren veröffentlicht.

Durch die gleiche Methode wie beim Studium der Neuroglia von Petromyzon, nämlich CARNOY'S Gemisch und Eisenalaun-Hämatoxylin, gelang es mir ohne Schwierigkeit auch bei den verschiedenen Amphibien sehr schöne, gut gefärbte Präparate von deren Neuroglia in Rückenmark und Gehirn zu erhalten. Als Repräsentanten für diese habe ich hier ausgewählt das Rückenmark von einem Urodel, von dem grossen japanischen Salamander *Megalobatrachus (Cryptobranchus) japonicus*, und von einem echten Batrachier, unserem gewöhnlichen Frosch, *Rana arvalis*.

Fig. 1 der Tafel XIII gibt etwas mehr als die Hälfte eines frontalen Querschnittes vom Rückenmark eines ausgewachsenen *Megalobatrachus* wieder. Die Neuroglia mit ihren schwarzgefärbten Kernen und schwarzgefärbten feinen Fasern ist in dieser Figur überall dargestellt, die Achsenzylinder der quergeschnittenen Nervenfasern dagegen nur in der Partie rechts und dem dorsalen Teile der linken Hälfte. Da es sich herausstellte, dass durch Einzeichnung dieser Nervenfasern das feine Gliafaserwerk so undeutlich gemacht wurde, dass man davon keinen klaren Überblick erhalten konnte, habe ich im übrigen Bilde diese weggelassen; die Nervenzellen in der grauen Substanz und in der äusseren Randpartie des linken Hornes sind mit ihren Verzweigungen in der weissen Substanz in der Figur wiedergegeben. In der schmalen Partie des Rückenmarkes, die die beiden Hälften desselben vereinigt — dessen ungewöhnliche Schmalheit wesentlich auf der tiefgehenden Einbuchtung oder Sinus beruht, die zwischen diesen links unten besteht, sieht man nahe an der Oberfläche den Querschnitt des Zentralkanales mit der umgebenden Ependymzellschicht, die darin befindlichen Kerne, desgleichen das feine Faserwerk, das teils von den Ependymzellen, teils von den verstreuten Neurogliazellen seinen Ausgang nimmt. Die Mehrzahl dieser Gliafasern läuft lateral gegen die beiden Markseitenhälften aus, schräg einander kreuzend, worauf diese teils in die beiden grauen Hörner eintreten, teils sich dorsal und ventral biegen und in die weisse Substanz eingehen, hier überall ein sehr reiches Flechtwerk von äusserst feinen Fasern bildend, die radienartig, wenn auch in teilweise sehr gekrümmtem Verlaufe, sich gegen die Oberfläche des Rückenmarkes richten, woselbst sie durch kleine kegelförmige Enden abgeschlossen werden, die je mit einer kleinen flachen Endscheibe in der mosaikartigen Membrana limitans externa versehen sind, die hier wie im allgemeinen die äussere Begrenzung des Rückenmarkes an der pia mater bildet.

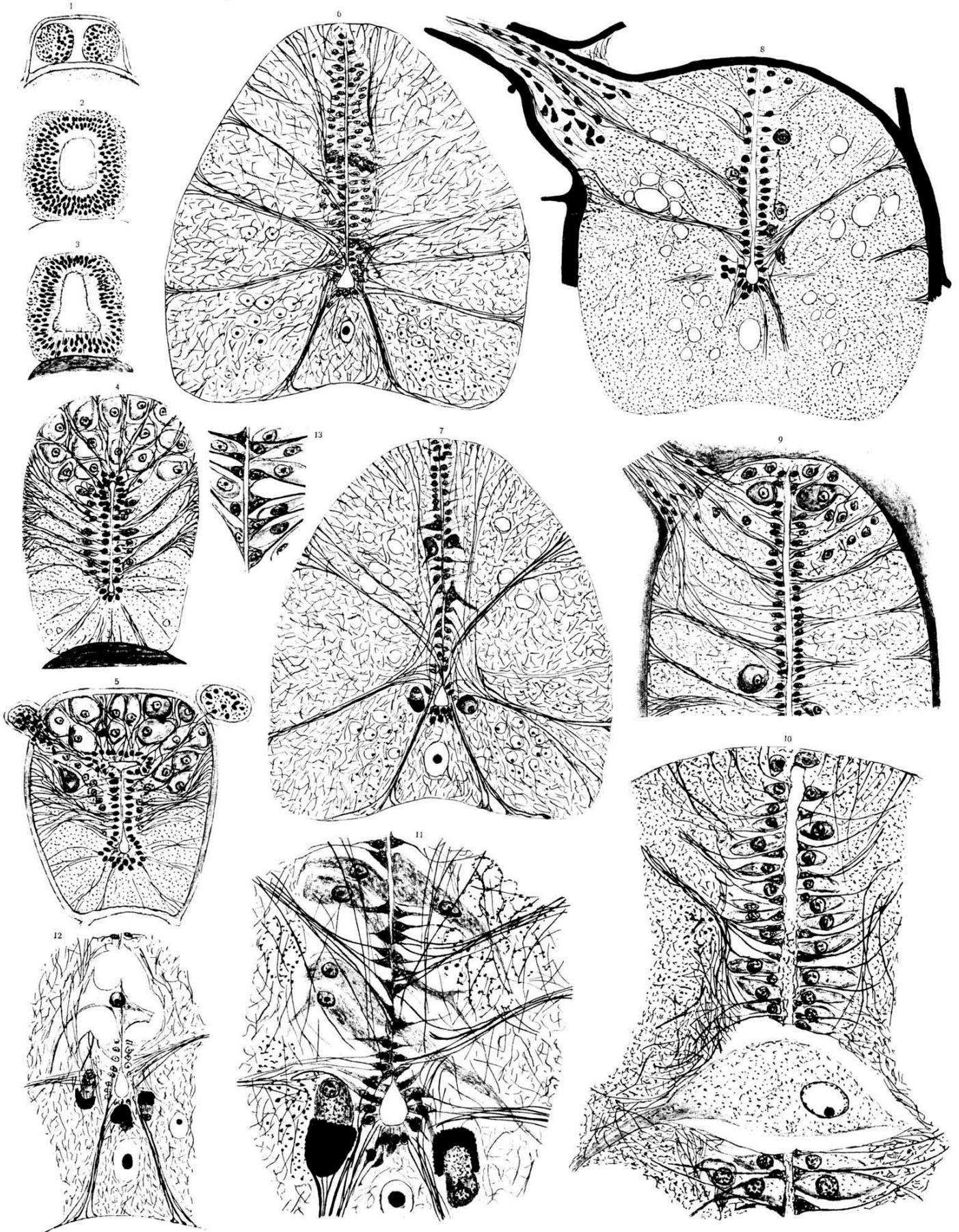
Wie in der Figur ersichtlich, liegen zahlreiche Gliazellkerne überall in der grauen Substanz verstreut und ausserdem in nicht geringer Anzahl auch in der weissen. Bei stärkerer Vergrösserung als dieses Bild aufweist (Zeiss' Apochr. Obj. 8 und Ok. 8) kann man an dünnen, gut gefärbten Schnitten sehen, dass die Gliafasern auch hier mit den Gliazell- und Ependymzellkörpern in Zusammenhang stehen, so wie bei Myxine und Petromyzon. Diese Fasern sind ja auch bei den Amphibien-Urodelen durch die Hämatoxylinlösung stark spezifisch gefärbt und dies überall in diesem Rückenmarkspräparat. Das gleiche Verhältnis besteht auch in meinem Präparat vom Rückenmarke der *Salamandra maculata*.

Fig. 3 der Tafel XIV stellt ein Bild von einem frontalen Querschnitt des Rückenmarkes von einem ausgewachsenen Exemplar von *Rana arvalis* dar, auf die gleiche Weise behandelt wie das von *Megalobatrachus*, nämlich mit dem CARNOY'schen Gemisch und Eisenalaun-Hämatoxylin. Diese Figur zeigt, wie ersichtlich, ungefähr die gleichen Teile des Rückenmarkes wie in Fig. 1 der Tafel XIII vom letztgenannten Tiere, nämlich die linke Hälfte samt der nächst angrenzenden Partie von der rechten. In der Mitte rechts sieht man den quergeschnittenen Zentralkanal mit einem Kranz von umgebenden Ependymzellen mit ihren kernführenden Zellkörpern und die von ihnen ausstrahlenden dünnen Ausläufer, von denen jeder eine schwarzgefärbte Faser enthält, die gegen die Peripherie des Rückenmarkes läuft, nicht bloss nach vorn und nach rückwärts in die Keilstücke<sup>1)</sup> sondern auch gegen die Seiten, um schliesslich bald in mehr geradem, bald in gewundenem Verlauf die Oberfläche des Rückenmarkes zu erreichen. Diese feinen Fasern laufen teils einzeln, teils schliessen sie sich zu mehr oder weniger dicken Bündeln in ganz regelmässiger Anordnung zusammen, doch trennen sie sich in der Regel wieder um aufs neue in einzelne Fäden auszustrahlen, was besonders schön im unteren Teile der Figur zu sehen ist. Deren äusserste, peripherische Enden schliessen auch beim Frosch mit einer ganz kleinen Scheibe an der Oberfläche des Rückenmarkes ab, und durch das Mosaik dieser Scheiben wird die dünne Membrana limitans externa gebildet, die aussen herum von der pia mater bekleidet wird. In der ganzen grauen Substanz finden sich zahlreiche kernführende Neurogliazellen verstreut, von denen jede mit ihrer Gliafaser versehen ist; die sich »spezifisch« durch Hämatoxylin färben lässt; doch auch in der weissen Substanz gibt es, wie man aus der Figur ersieht, zwischen Nervenfasern nicht wenig solche gliafaserführende Zellen ringsum verstreut. Auch bei den Batrachiern ergibt sich also, gleichwie bei den Urodelen, dass das Gliagewebe sehr reich entwickelt ist und in seiner Struktur eine Beschaffenheit aufweist, die der der Cyklostomen und der eigentlichen Fische gleicht.

Ich könnte nun allerdings diesen kleinen Überblick über die Gliaverhältnisse im Tierreich nach oben durch die Klassen der Reptilien, Vögel und Säugetiere bis hinauf zum Menschen und in Bildern von Präparaten, die auf die gleiche Weise (mit CARNOY-Hämatoxylin) behandelt wurden, fortsetzen, und zeigen, dass diese sich im wesentlichen ganz gleichartig mit denen verhalten, welche ERIK MÜLLER bei den niedersten Vertebraten und teilweise auch bei den höheren aufgedeckt, ebenso wie WEIGERT auch schon beim Menschen diese gefunden hat, als er durch seine Färbungsmethode spezifische Färbbarkeit und Reichhaltigkeit des Gliafasersystems feststellte — doch dürften die hier angeführten Beispiele für dieses mal hinreichend sein. Ich hatte allerdings gehofft, hier auch die Formverhältnisse der Gliazellen selbst berühren zu können, die eines der wesentlichsten Ziele meiner ganzen Untersuchungsserie bildeten. Es ist mir indessen bis jetzt noch nicht gelungen eine einigermaßen geeignete spezifische Färbungsmethode für das Gliazellprotoplasma zum Unterschied von den Gliafasern zu finden, so dass man gleichzeitig die wechselnden Formen dieser Zellen in den verschiedenen Organteilen und die Verhältnisse der Gliafasern in ihrem ganzen Verlauf innerhalb, durch und ausserhalb der Zellen genau studieren könnte. Es schien in letzter Zeit, als ob RAMÓN Y CAJAL und einige seiner Schüler Methoden entdeckt und angewendet hätten, teils mit Silbernitrat, teils mit Goldchlorid, womit solche spezifische Färbungen von Gliazellen und deren Gliafasern dargestellt werden könnten; doch trotz wiederholter Versuche, wobei deren Vorschriften genau verfolgt und beachtet wurden, ist es mir noch nicht geglückt einige zufriedenstellende Resultate davon zu erhalten. Ich hoffe indessen Gelegenheit zu haben diese Versuche fortsetzen zu können.

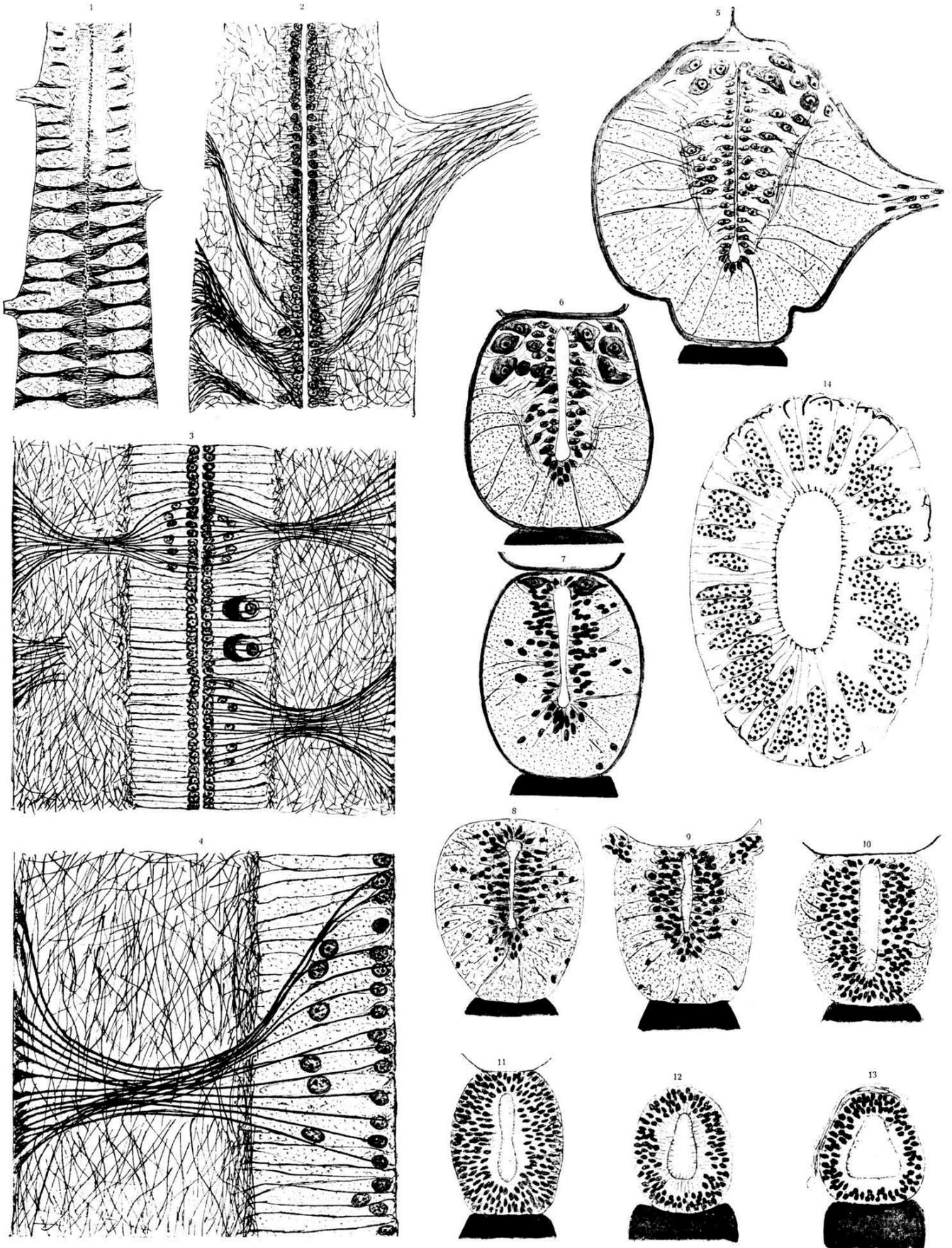
Wie oben erwähnt, gibt ja GOLGI's Chromosmium-Silbermethode in vielen Fällen schöne und gute »Silhouettbilder« von der Form der Gliazellen, doch hiermit nicht gleichzeitig einen klaren Begriff von den Verhältnissen der Gliafasern zu den Zellen und von dem Verlauf dieser spezifischen Fasern durch die Zellen und ausserhalb derselben, wonach das GOLGI'sche Präparat, so wertvoll es auch sein mag, für die Erörterung dieser Fragen nicht hinreichend Aufschluss gibt.

<sup>1)</sup> Die Keilstücke sind nach Retzius *ventraler* und *dorsaler Ependymkeil* genannt.

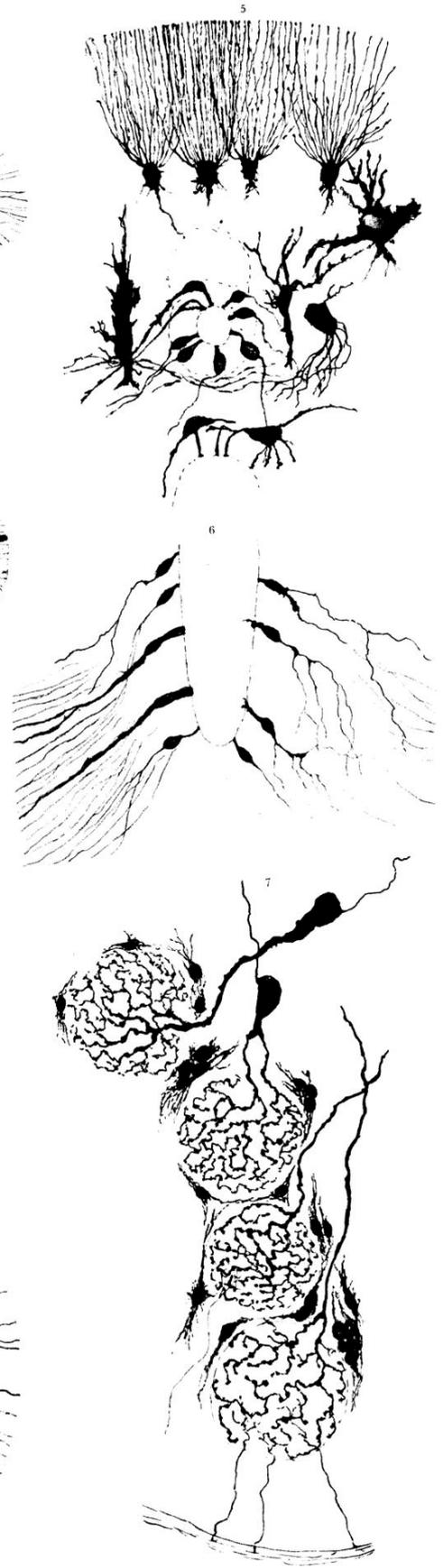
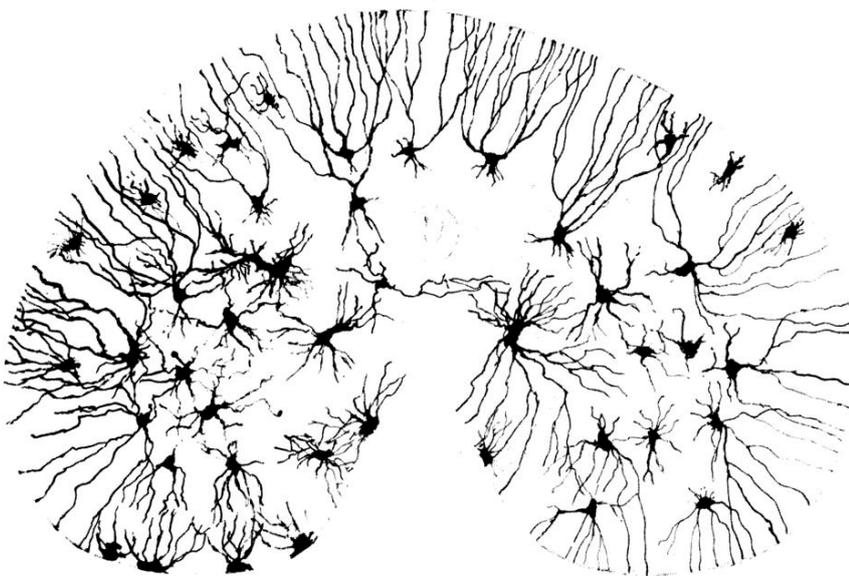
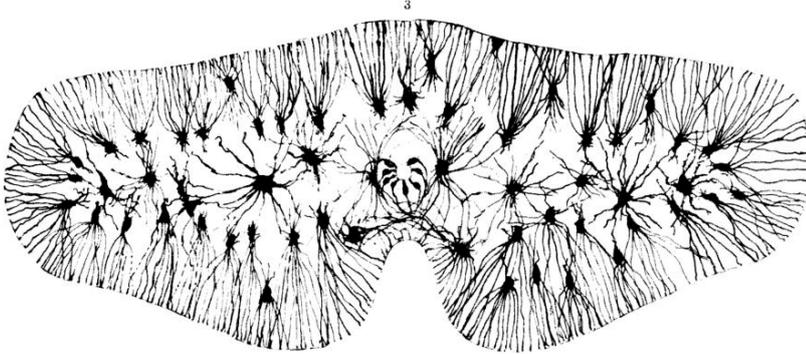
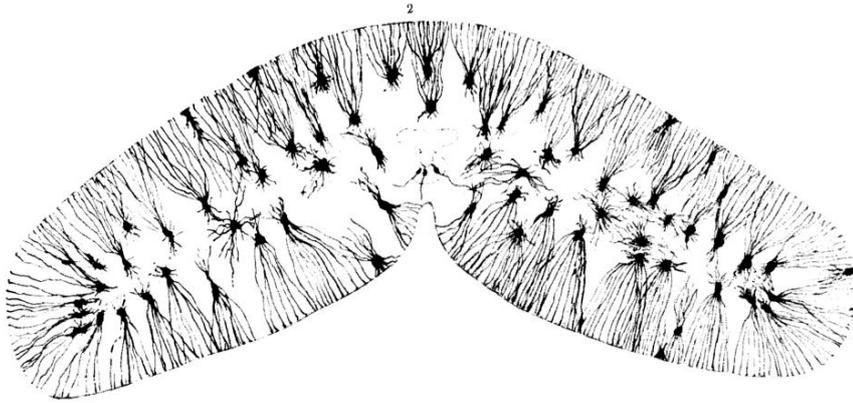
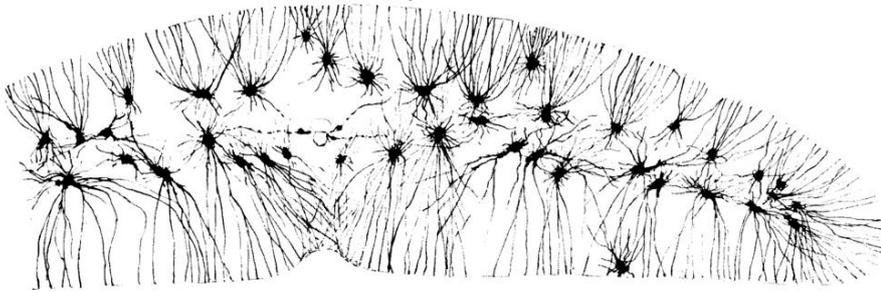


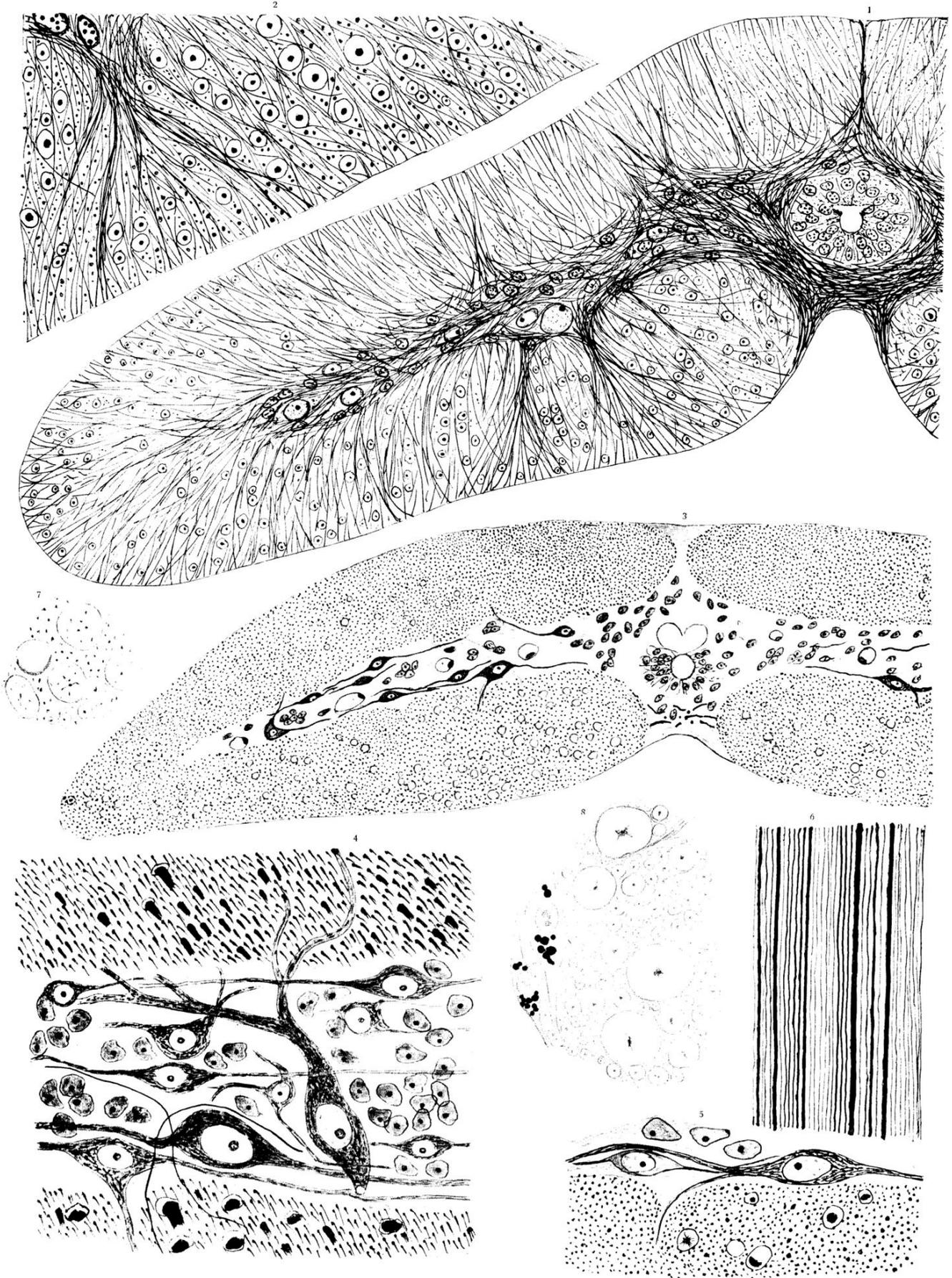
Gez. von G. Retzius.

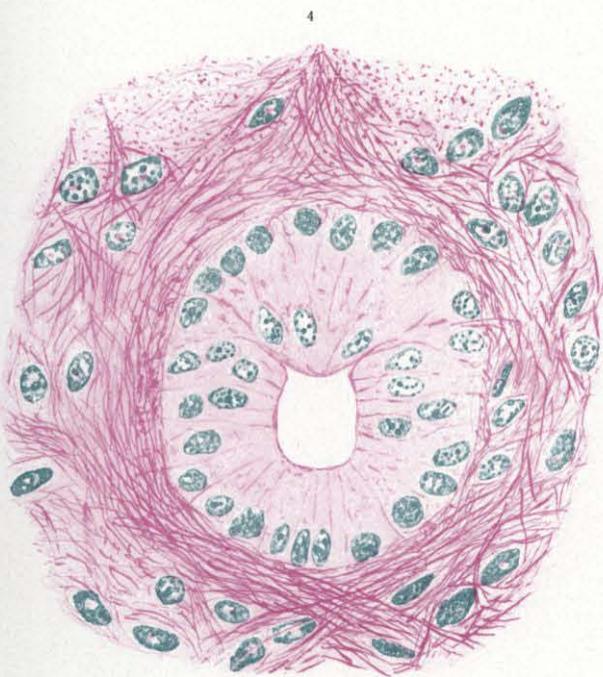
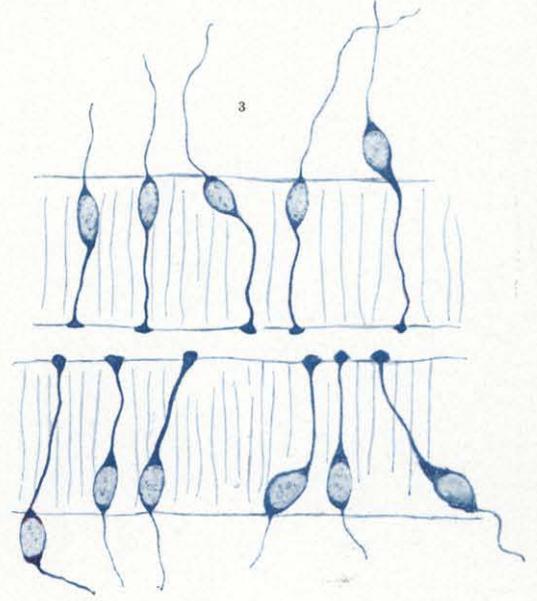
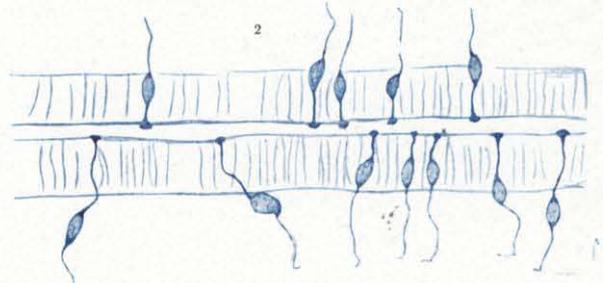
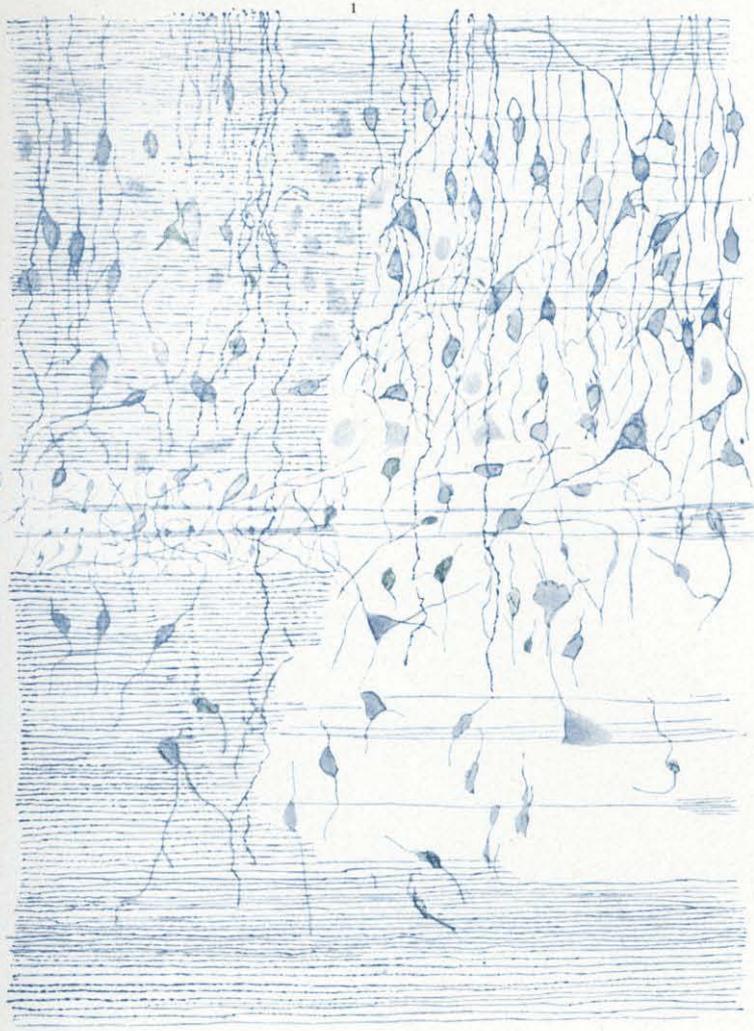
Repr. und Druck Cederquists Grafiska A.-G., Sthlm.

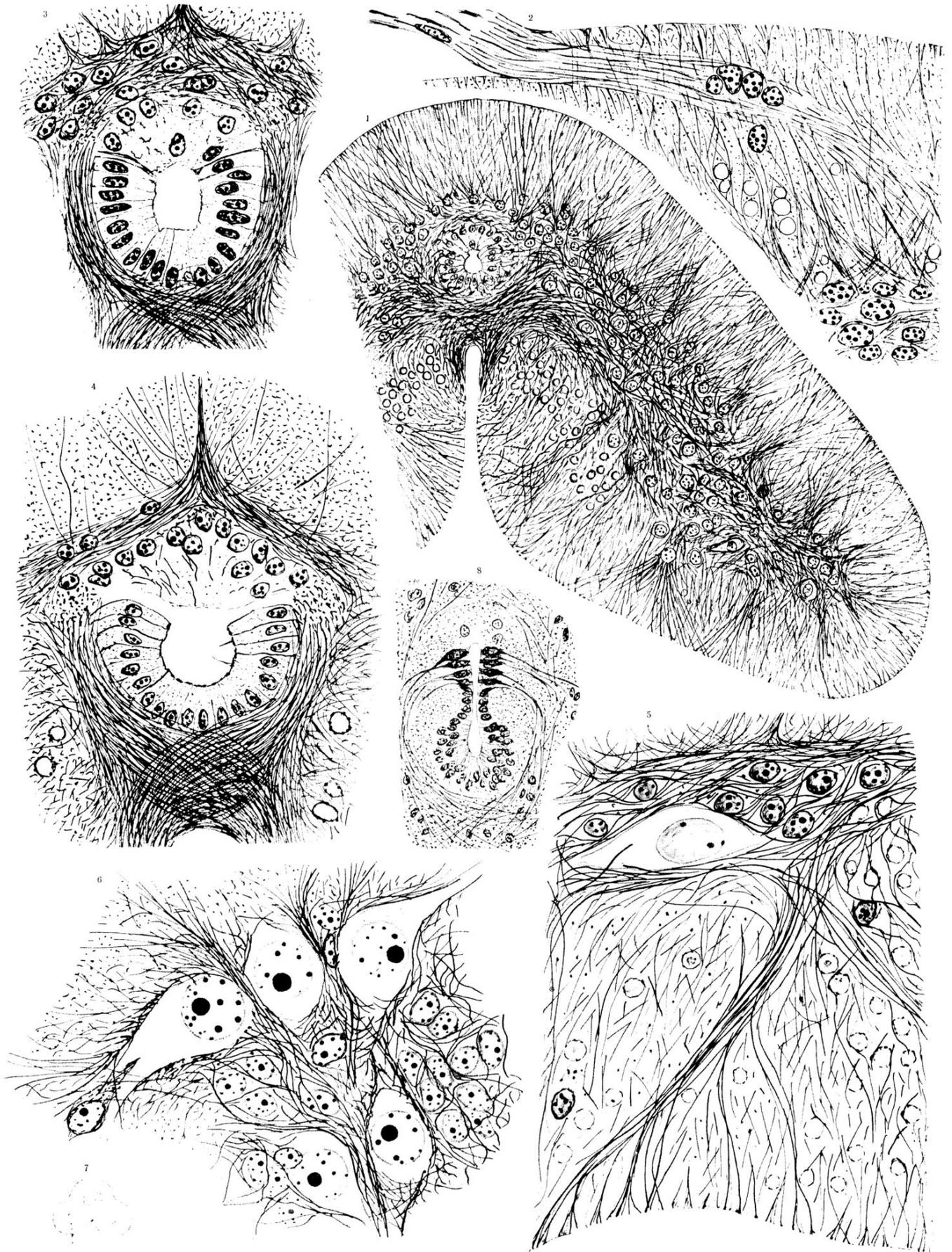


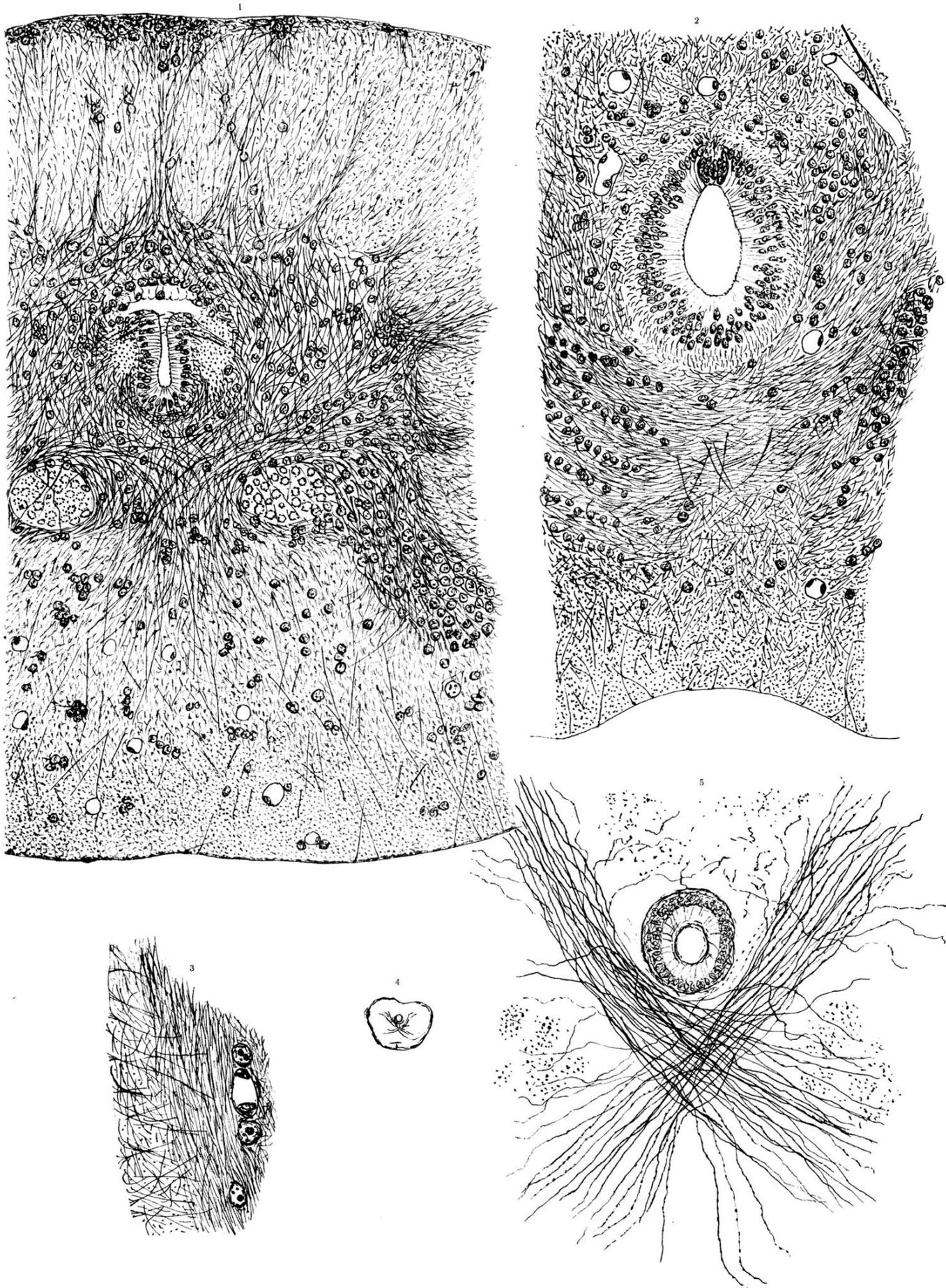
Gez. von G. Retzius.

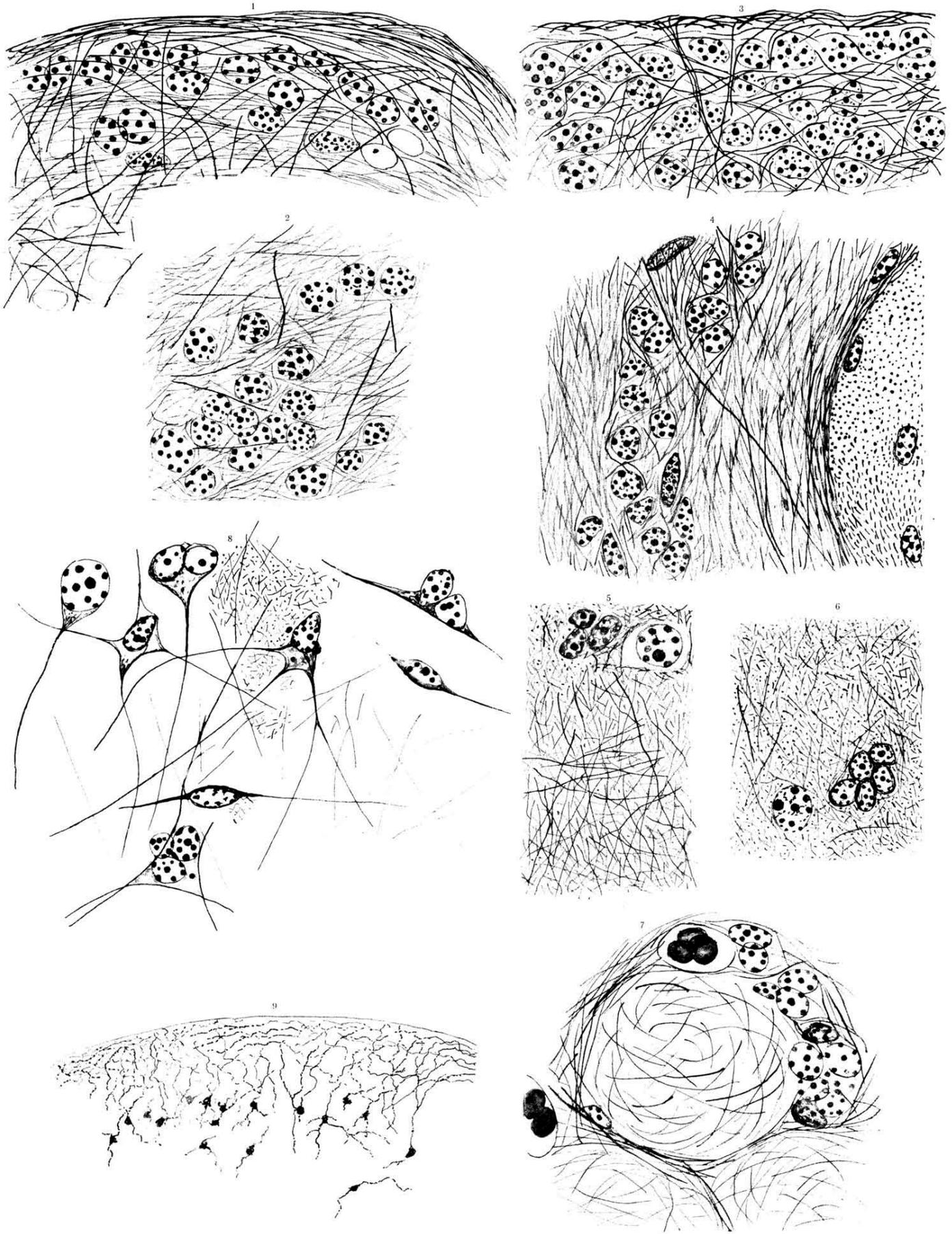


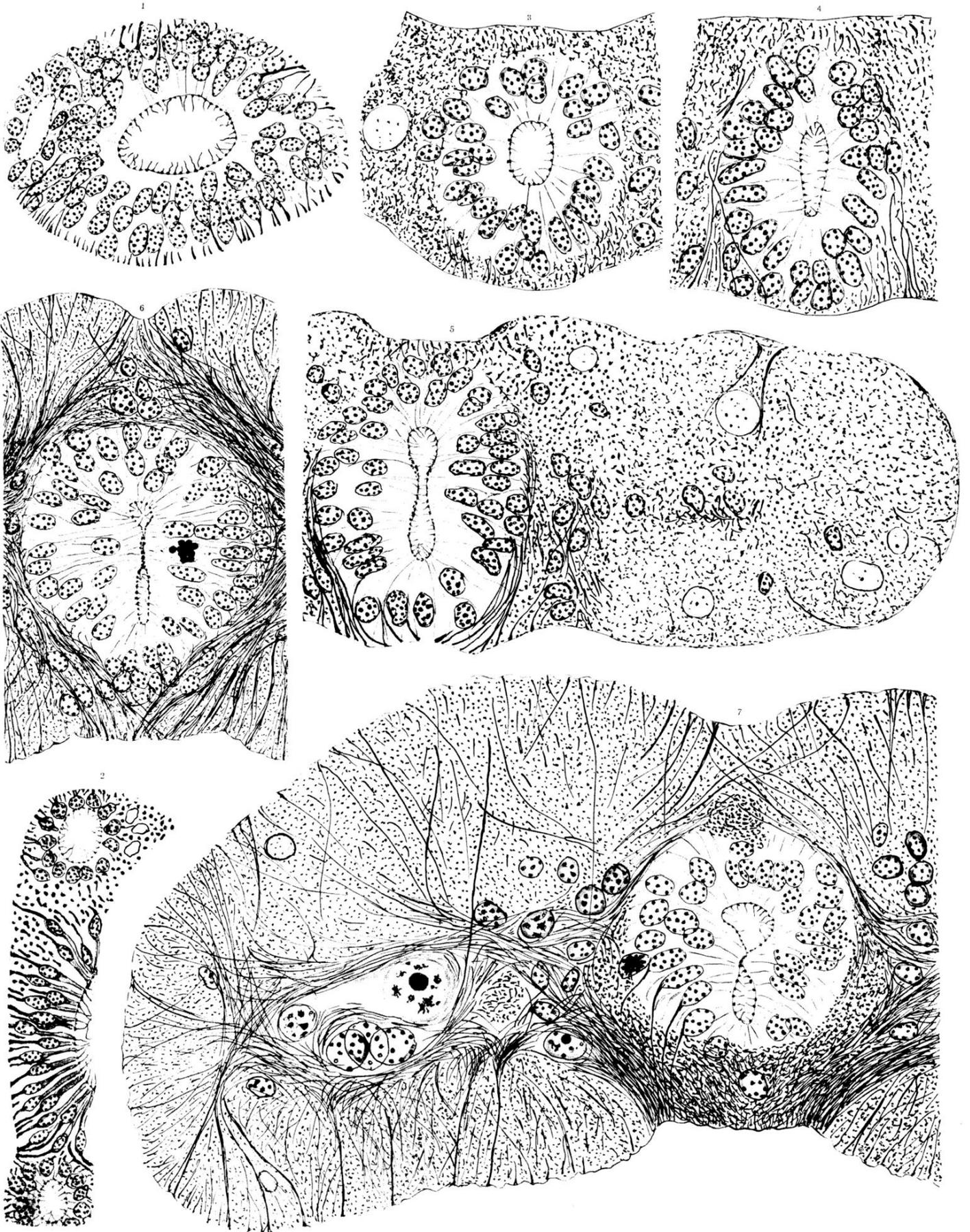


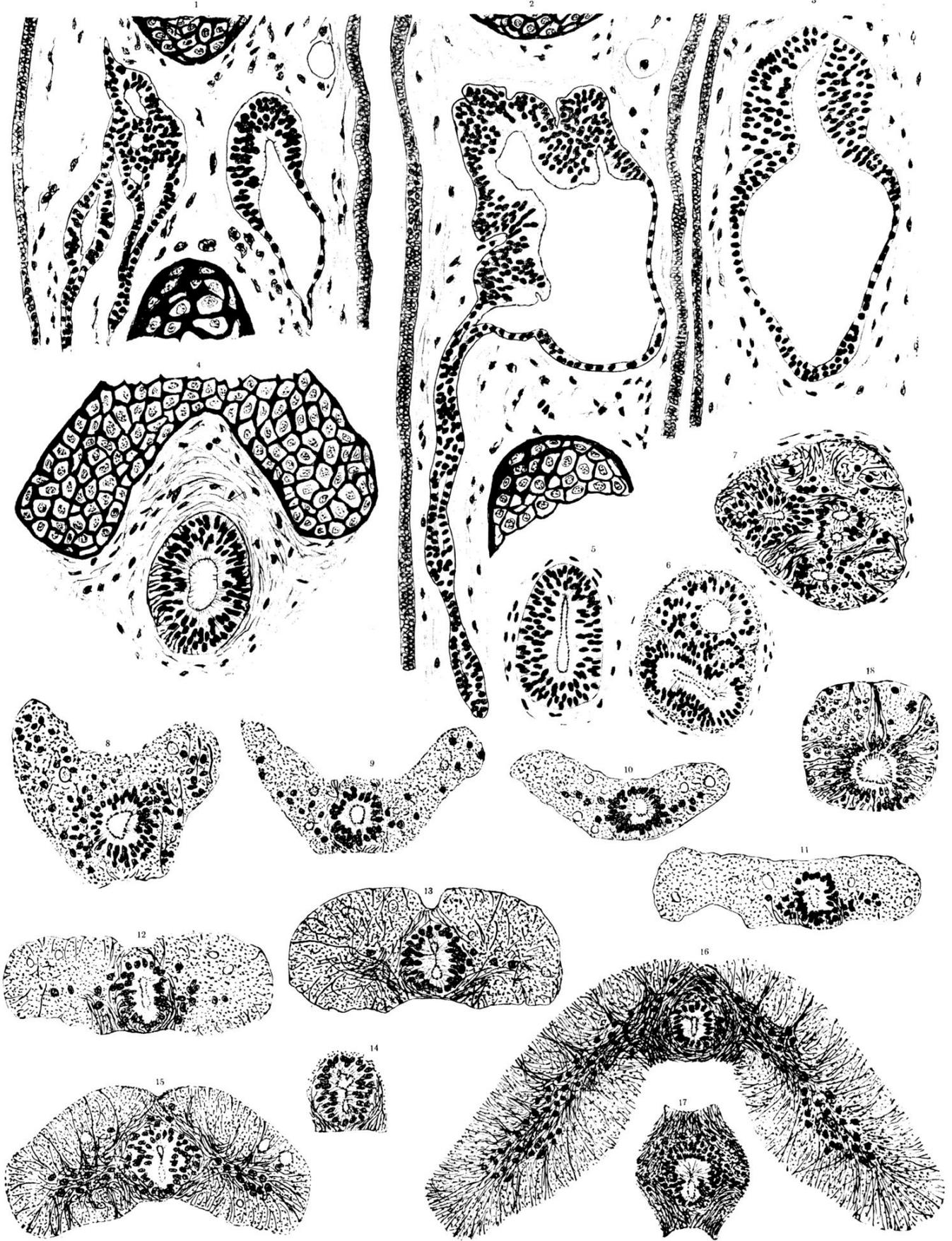


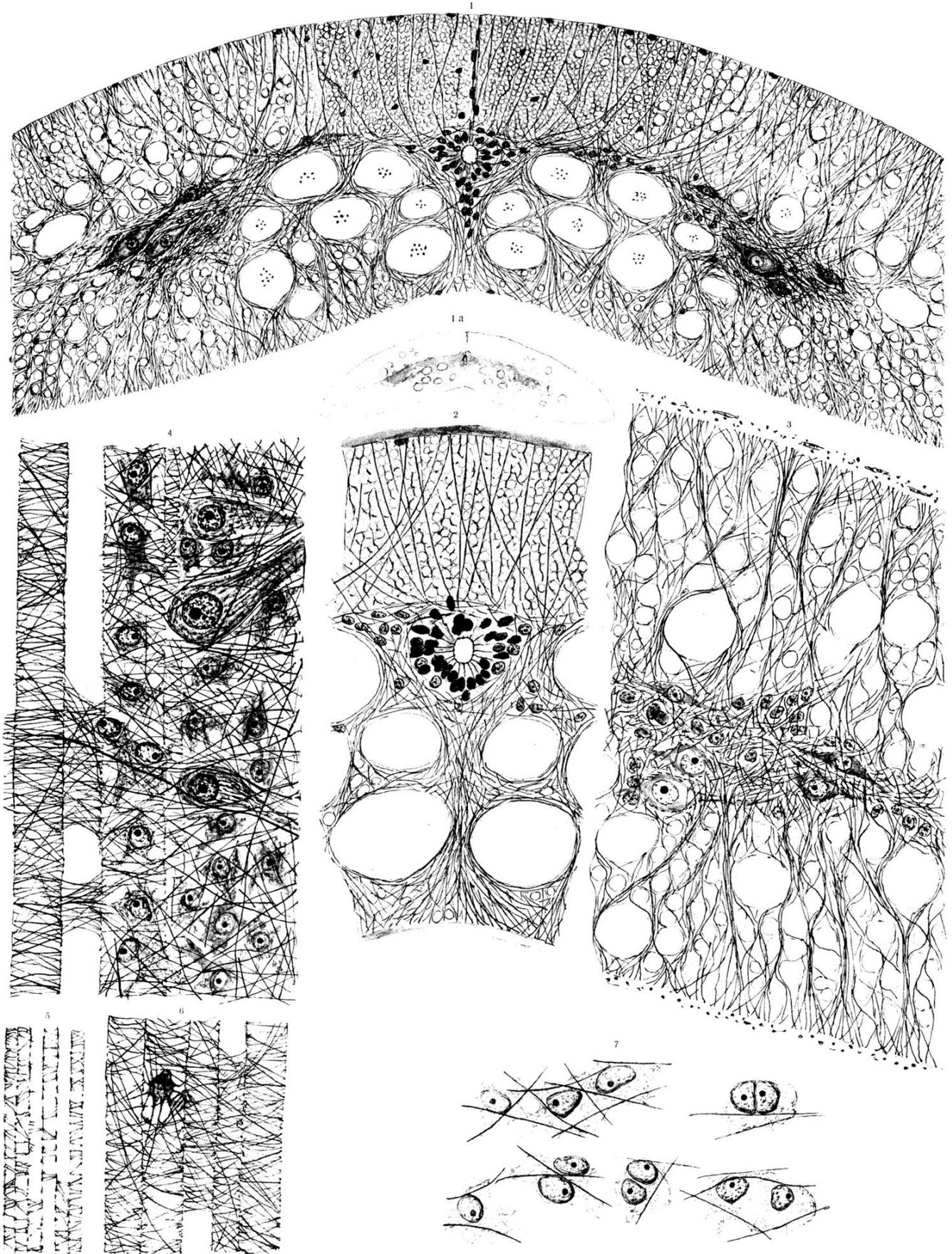






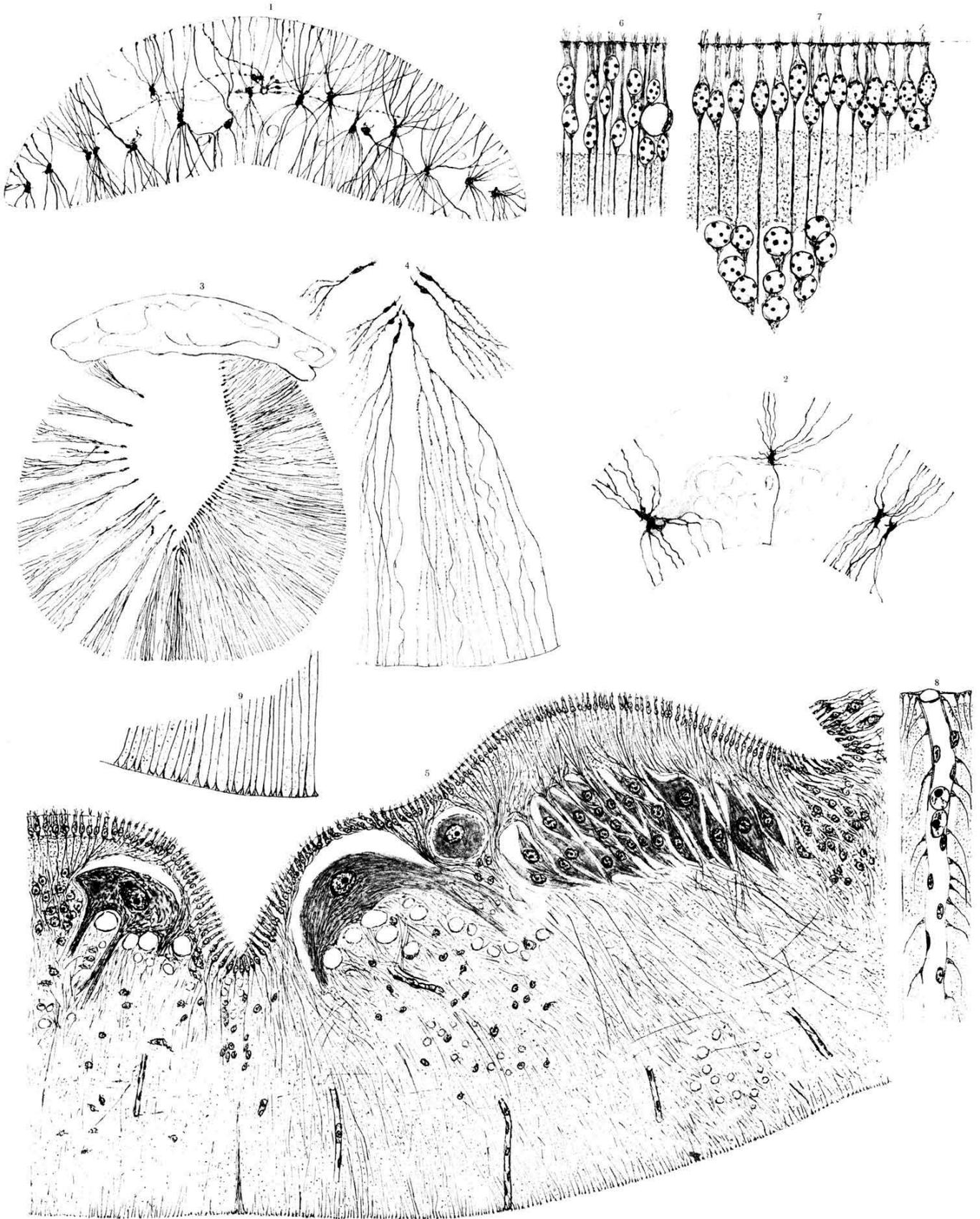






Gez. von G. Retzius.

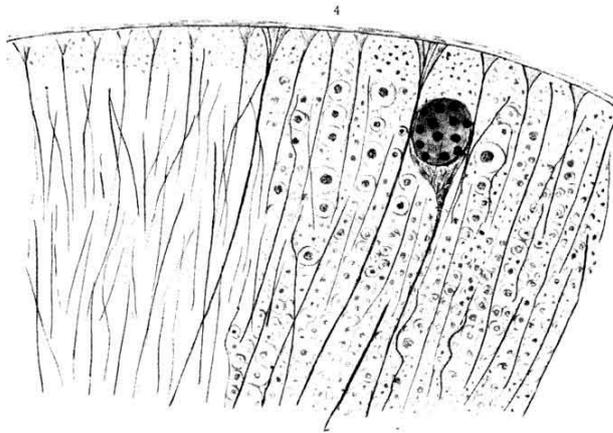
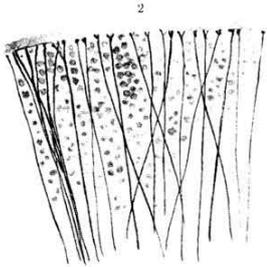
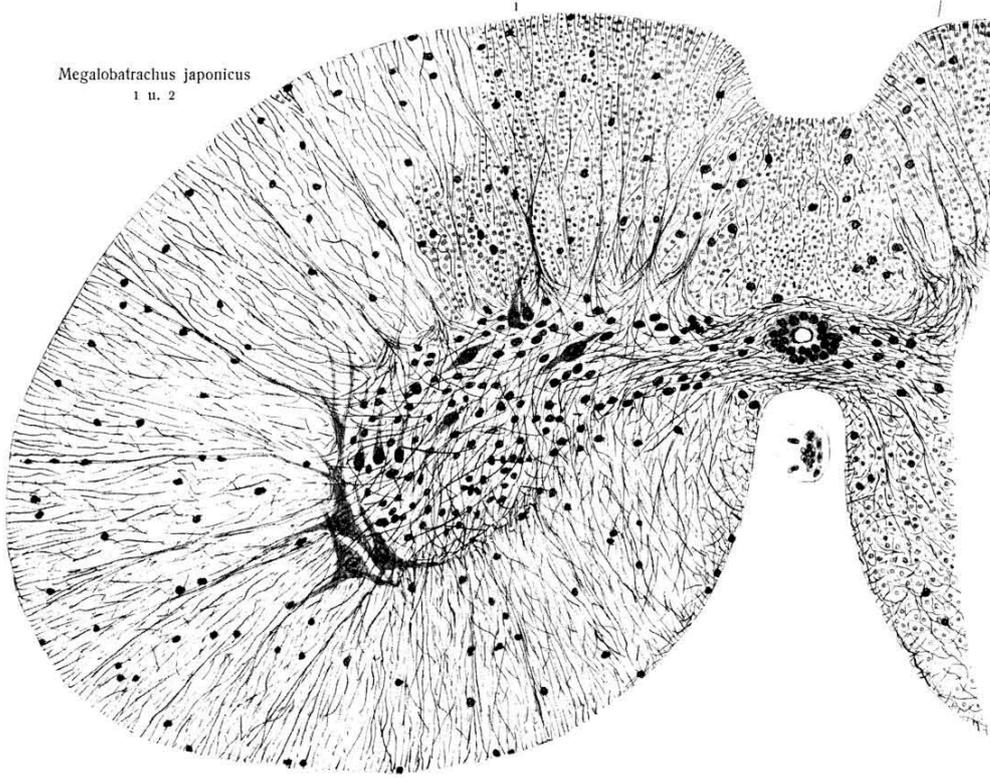
Repr. und Druck Cederquists Grafiska A.-G., Sthlm.



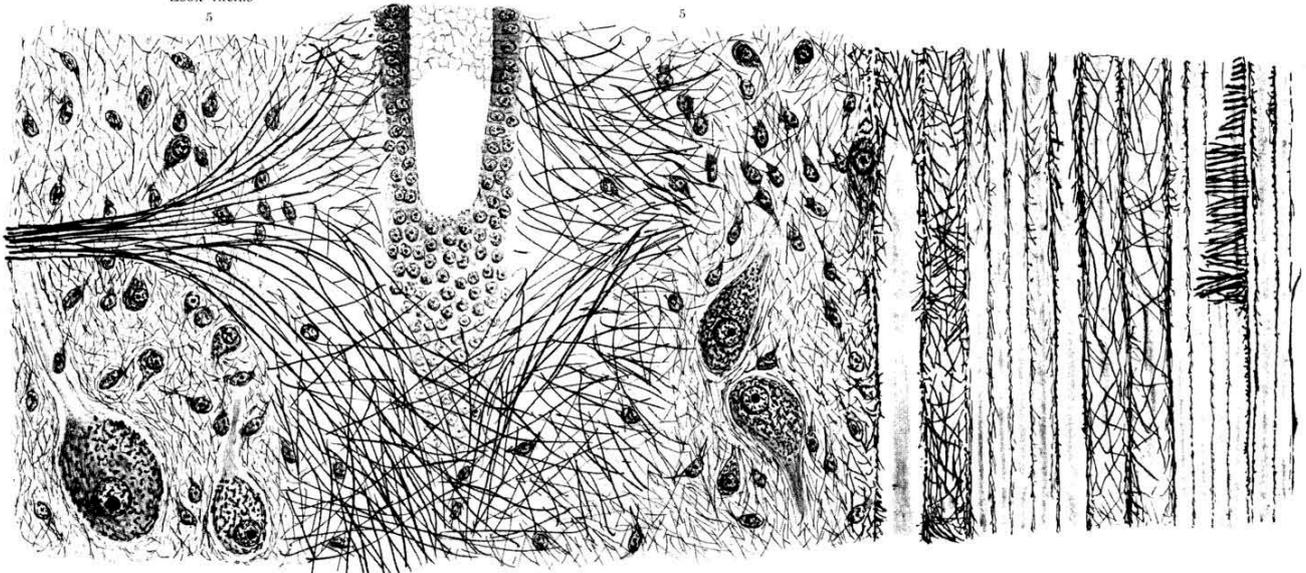
Gez. von G. Retzius.

Repr. und Druck Cederquists Grafiska A.-G., Sthlm

Megalobatrachus japonicus  
1 u. 2

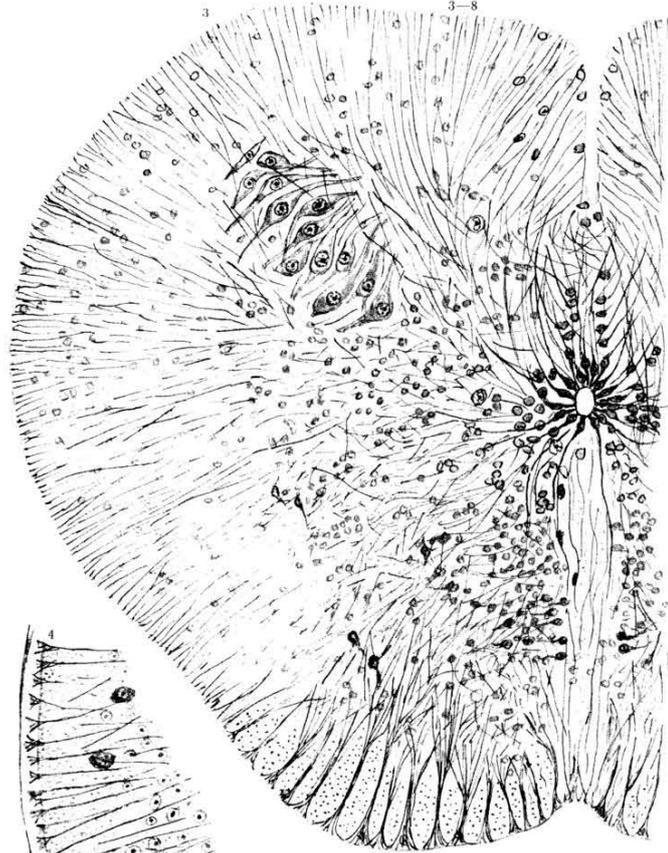


Esox lucius  
5



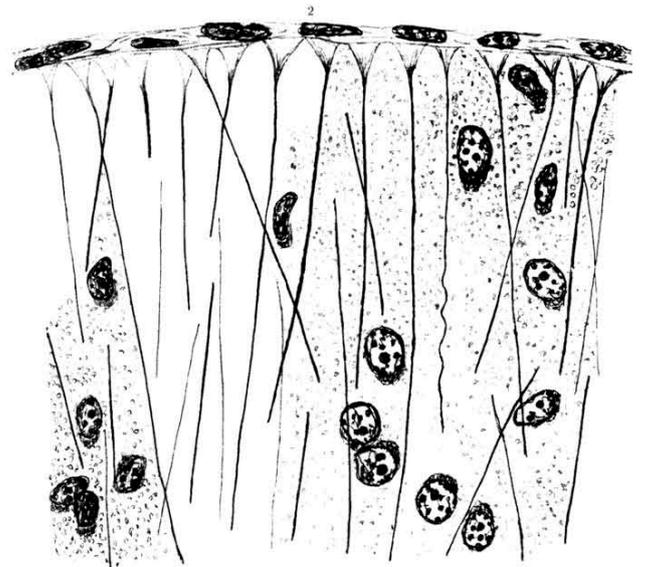
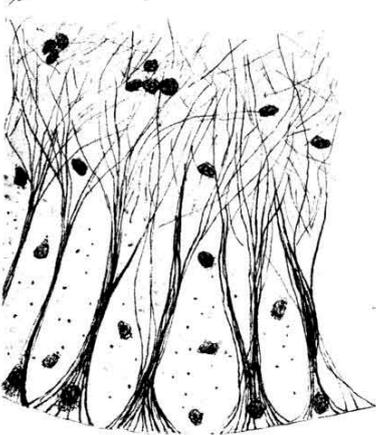
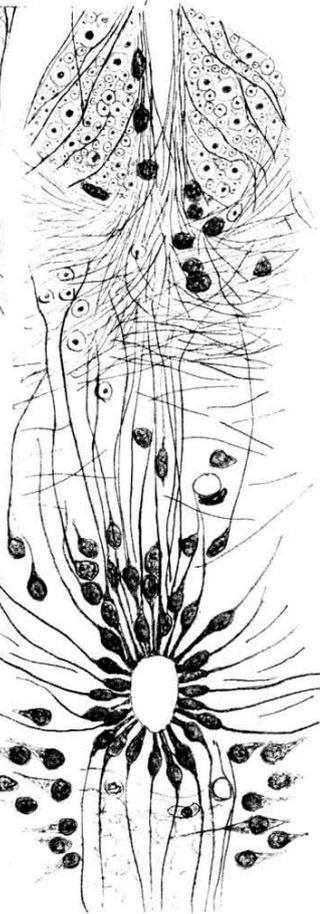
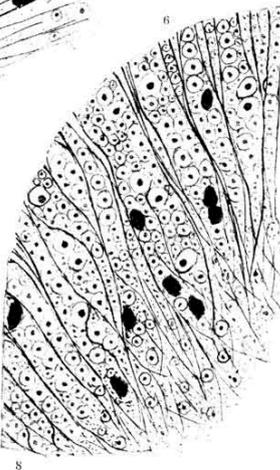
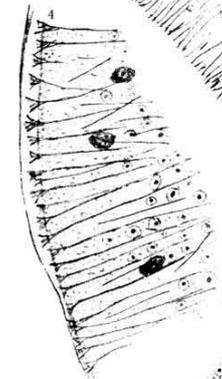
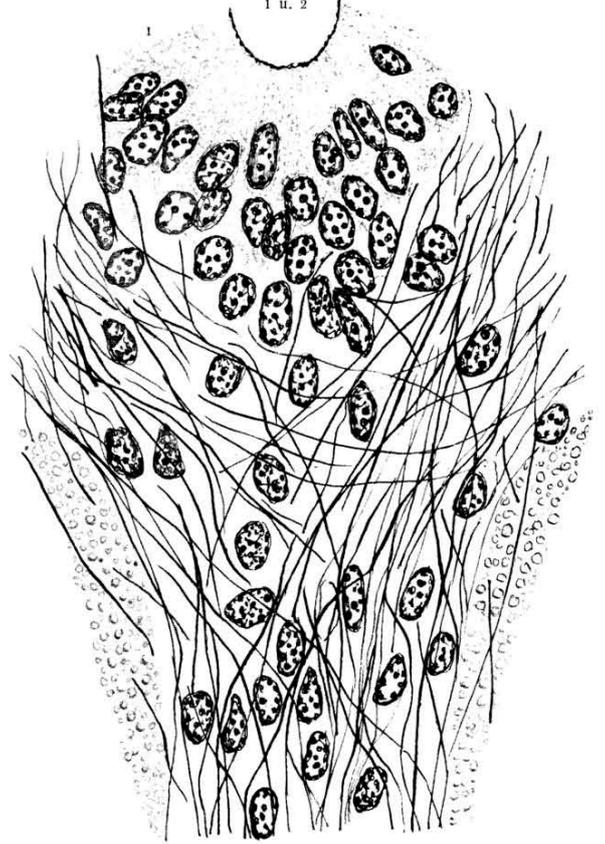
*Rana arvalis*

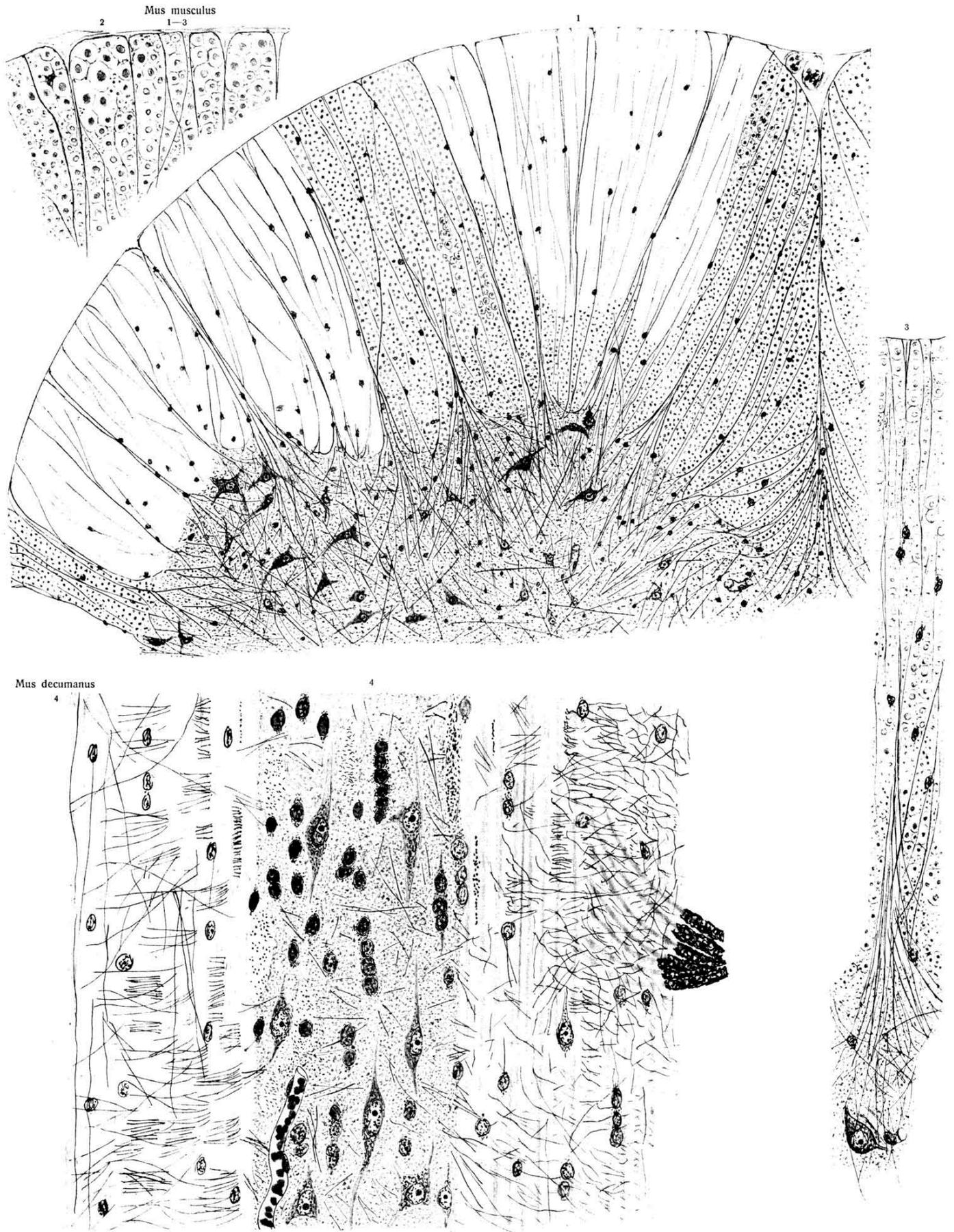
3-8



*Acanthias vulgaris*

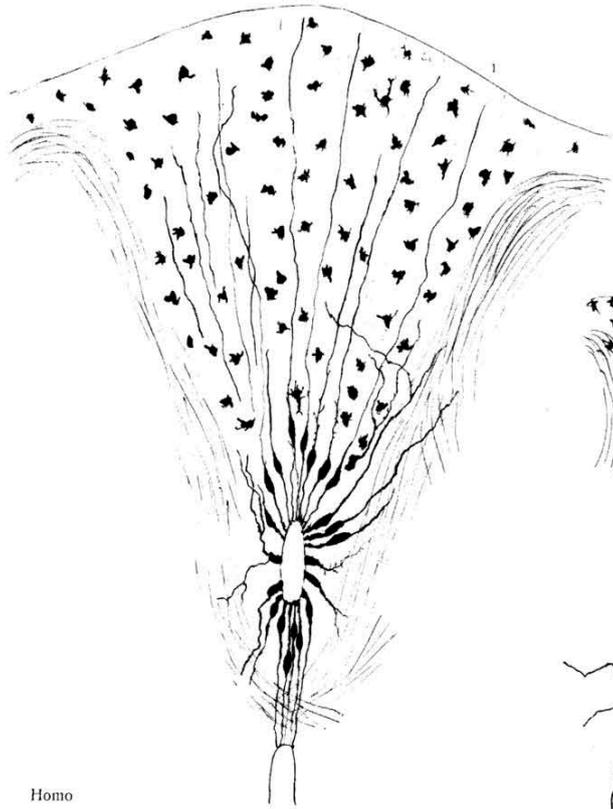
1 u. 2



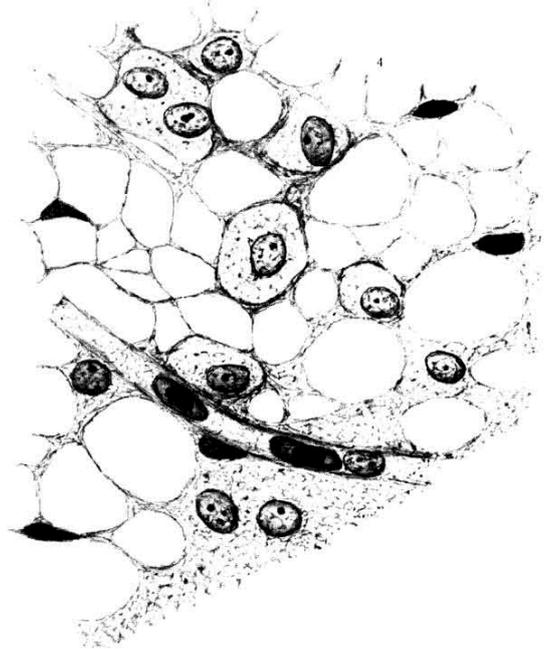


Gez. von G. Retzius.

*Columba domestica*  
1-3



*Corvus cornix*  
4



Homo  
5

