

VI.

Aus dem anatomischen Laboratorium der psychiatrischen
Klinik in München (Prof. Kraepelin).

Beiträge zur normalen Anatomie der Ganglienzelle.

Von

Dr. Constantin J. Economo

in Wien.

(Hierzu Tafel I—V.)



I. Fibrillen und Fibrillennetze.

Nachdem Bethe (4) 1898 die Befunde Apathy's und Becker's von Fibrillen in den Ganglienzellen der Wirbelthiere bestätigt hatte und mit Hülfe seiner glänzenden Methode zu einer so klaren Darstellung ihres Verlaufes gekommen war, hat er 1900 eine umfassende Zusammenstellung (5) der mit dieser Methode erhaltenen Resultate gegeben, welche mit einem Schlage unsere Kenntniss der feineren Anatomie der Ganglienzelle um ein so bedeutendes Maass erweiterte, dass die anatomischen und physiologischen Verhältnisse der Elemente des Nervensystems der Wirbelthiere in ein ganz neues Licht gerückt wurden. — Bethe schöpfte aus seinen Präparaten die Ueberzeugung, dass bei den Wirbelthieren in der Mehrzahl der Ganglienzellen die Fibrillen keine Netze bilden, sondern meistens glatt, manchmal unter Theilung, die Zelle durchziehen. Gitterbildungen konnte er mit Sicherheit bloss in den Spinalganglienzellen und den Zellen des Lobus electricus des Torpedo nachweisen, und mit Wahrscheinlichkeit auch in den basalen Theilen der Purkinje'schen Zellen, den Zellen des Ammonshornes und der aufsteigenden Trigeminuswurzel darstellen.

Seit dieser Zeit haben nur wenige Forscher Bethe's Methode zur Untersuchung des Nervensystems verwendet, was grösstentheils wohl

mit der Schwierigkeit und der Unberechenbarkeit derselben zusammenhängt.

In den letzten Jahren sind mehrere neue Methoden zum Studium der Zellfibrillen angegeben worden, die zum Theil leichter zu handhaben sind, als die Bethe'sche Methode. Während nun Bielschowsky mit seiner Methode zu den gleichen Resultaten wie Bethe kommt, mehren sich andererseits in der letzten Zeit die Angaben jener Autoren, welche mit eigenen Methoden zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Fibrillen in den meisten Ganglienzellen der Wirbelthiere ein Netzwerk bilden. — Während einige von ihnen, vor allem Cajal annehmen, dass sämtliche Fibrillen der Zelle an der Bildung dieses Netzes Theil nehmen, und dass dieses Netz sich auch in die Protoplasmafortsätze erstrecke, behaupten wieder andere, dass wohl ein Theil der Fibrillen innerhalb der Zelle ein wahres Netz bildet, dass aber ein anderer Theil der Fibrillen ohne Anastomosenbildung isolirt durch die ganze Zelle verlaufe.

Da nun jeder Forscher, der mit seiner Methode zu der Ansicht kommt, dass sich in den Zellen ein Fibrillennetz befindet, die Angaben anderer Autoren über intracelluläre Netzstrukturen als Bestätigung seiner eigenen Befunde ansieht, und zwar wie es scheint, ohne sich eingehender auf einen näheren Vergleich dieser Resultate einzulassen, hat in der letzten Zeit gegenüber der Anschauung Bethe's und Bielschowsky's die Meinung mehr Anhänger gewonnen, dass die Existenz eines Fibrillennetzes innerhalb der Ganglienzellen — da es ja mit so verschiedenen Methoden dargestellt werden könne — ausser allem Zweifel stehe.

Ich will im Folgenden versuchen, die Resultate einiger dieser Methoden einander gegenüber zu stellen. Um ein möglichst gut vergleichbares Material dafür zu gewinnen, habe ich mich auf die Untersuchung des Rückenmarkes beschränkt und stets Theile aus gleichen Rückenmarkshöhen nach verschiedenen Methoden behandelt. Da sich meine Untersuchung über eine lange Reihe von Versuchen erstreckt, war es mir möglich, auf diese Weise trotz der Launenhaftigkeit, die allen diesen Methoden anhaftet, eine Reihe miteinander wohl vergleichbarer Resultate zu erhalten. Ich habe die Tafelfiguren stets bei Verwendung des Zeiss'schen Apochromates 1,5 und starker Compensationsoculare (8 oder 12) mit Hilfe des Abbé'schen Zeichenapparates genau gezeichnet, und auch die Fibrillen wurden einzeln, so weit als möglich mit Beibehaltung einer einzigen Einstellung mit dem Zeichenapparat eingetragen. Nur in ganz seltenen Fällen wurde, wo es zur weiteren Verfolgung einzelner Fibrillen nöthig war, von der Mikrometerschraube

Gebrauch gemacht. Auch die Dicke der Fibrillen ist sorgfältig wiedergegeben. Zwar ist dies bei zu grosser Feinheit bloss approximativ möglich, — in anderen Fällen aber, wo sich die Fibrillen als dickere Fäden zeigen, ist dies mit dem Zeichenapparat leicht zu erreichen. Nur so ist es möglich, miteinander vergleichbare Bilder wiederzugeben.

Man könnte wohl einwenden, dass hier die Reproduction durch Mikrophotographie am Platze wäre. Allein gerade die Vergleichung von Bielschowsky'schen Präparaten mit den sonst so gelungenen Photogrammen, die der Autor in seinen letzten Publicationen giebt, hat mich zur Ueberzeugung gebracht, dass für die Reproduction solcher Feinheiten das photographische Verfahren, in seiner jetzigen Form wenigstens, nicht sehr geeignet ist. Derjenige, der die Präparate kennt, findet in den Photographien wieder, was er an jenen gesehen hat. Ein Anderer kann aber aus den Photographien nicht viel mehr als einen allgemeinen Eindruck gewinnen; Feinheiten entgehen ihm zum grössten Theil, und er könnte sich erst auf einer Reihe von Photogrammen, die bei verschiedenen Einstellungen aufgenommen wären, nach eingehendem Studium zurecht finden. — Ich habe es daher vorgezogen, mit dem Zeichenapparat zu arbeiten, der ebenfalls vor subjectiven Wiedergaben in hohem Maasse schützt.

Ich will mit der Besprechung der Bethe'schen Präparate beginnen.

Vor ca. einem Jahre habe ich am physiologischen Institut Professor Ewald's in Strassburg unter Bethe's Anleitung die Anwendung seiner Methode mir angeeignet, und es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Dr. Bethe und Prof. Ewald meinen wärmsten Dank auszusprechen für die freundliche Aufnahme, die ich in ihrem Laboratorium gefunden habe, und für die grosse Liebenswürdigkeit, mit der sie mich in meinen Bestrebungen unterstützten.

Was Bethe über die Rückenmarkszellen gesagt hat, kann man an den Präparaten, die nach seiner Methode angefertigt sind, deutlich sehen. Die feinen Fibrillen ziehen glatt im Zellleib hin, vielfach sich überkreuzend, je nach ihrer Verlaufsrichtung. Theilungen kommen ab und zu vor, sind aber eher selten. An der Peripherie ziehen die Fibrillen auf ziemlich directem Wege durch die Zelle, im Centrum nehmen sie, zu ganz kurzen Bündeln vereint, einen geschlängelten Verlauf. Taf. I, Fig. 1 zeigt eine Vorderhornzelle des Kalbes. Man sieht hier eine grosse Anzahl gleichmässig dicker, vollständig glatter Fibrillen durch den Zellleib ziehen; zum Theil überkreuzen sie sich, bilden aber keine Netze. An der Einmündung der Fortsätze strahlen die Fibrillen in das Innere des Zellleibs auseinander und sind deutlich in ihrem Verlaufe zu verfolgen. Man sieht auch einzelne Fibrillen von einem Fort-

satz zum anderen ziehen. So kann man vom Fortsatz a in den Fortsatz b zwei Fibrillen deutlich verfolgen, wovon die eine besonders dick erscheint und sich von den anderen Fibrillen deutlich abhebt. Eine ebenfalls durch ihre Dicke auffallende Fibrille zieht aus dem Fortsatz b nach unten durch den Zelleib. Solche dickere Fibrillen zeigen oft stellenweise eine kurze Spaltung, manchmal auch Theilungen. Derartige Stellen sprechen für die Annahme, dass diese dicken Fibrillen durch Aneinanderlagerung zweier oder mehrerer Fibrillen entstanden sind. Im Fortsatz c, der sich gabelig theilt, sehen wir eine Fibrille von dem einen Aestchen desselben zu dem anderen hinüberziehen, ohne irgend welche Verbindungen mit den übrigen Zellfibrillen aufzuweisen. — Besonders möchte ich darauf aufmerksam machen, dass da, wo die Fibrillen beim Eintritt in die Zelle auseinanderweichen, von einer Gitterstructur oder auch nur einer Aufspaltung der einzelnen Fibrillen gar nichts zu bemerken ist. Es wäre denn, dass man alle jene Stellen, wo sich verschieden gerichtete Fäden überkreuzen, wie bei x, als Netzstructuren auslegen wollte.

Taf. I, Fig. 2 zeigt die Abgangsstelle des Axencylinders einer Vorderhornzelle des Kaninchens. Aus den Fortsätzen und dem Innern dieser Zelle treten Fibrillen in den Axencylinder ein und können in demselben weiter verfolgt werden (a) bis zu der Stelle, wo sie zu einem dünnen Faden zusammengedrängt erscheinen und in die Markscheide (m) eintreten. Es treten aber auch Fasern vielfach von einem Fortsatz in den anderen über, oder laufen durch den Zelleib am Ursprungskegel des Axencylinders glatt vorbei (b), ohne Anastomosen mit den Fibrillen des Axencylinders zu bilden. Bei c sehen wir eine Fibrille sich in zwei Aeste theilen. An der mit xx bezeichneten Stelle sehen wir Fasern, die eine Netzmasche zu bilden scheinen. Es könnte sich hier ebenso wie bei x um Verklebungen von Fibrillen handeln. Wenn mir dies auch sehr wahrscheinlich erscheint, so will ich es doch nicht mit Sicherheit behaupten und vor der Hand nur darauf aufmerksam machen, dass allein an dieser Stelle eine solche Bildung zu finden ist, während im Uebrigen die Fibrillen ganz glatt den Zelleib durchlaufen.

Taf. II, Fig. 17C zeigt ebenfalls eine Vorderhornzelle des Kalbes. Während die peripheren Fibrillen auf directem Wege die Zelle durchlaufen, sieht man hier oberhalb des Kerns die Centralfibrillen deutlich zu kurzen Bündeln vereint, vielfach sich überkreuzend und verschlingend, von einem Bündel in das andere hinübertretend, die Zelle durchziehen, so dass bei ihrer ungeheuer grossen Anzahl eine Verfolgung der Einzelnen kaum möglich ist. Trotzdem kann man bei genauer Beobachtung auch hier einzelne Fibrillen von den Fortsätzen aus eine gute Strecke weit in das Innere der Zelle hinein verfolgen und sieht die-

selben auch überall gleichmässig dick und glatt und ohne jede Anastomosenbildung. Zugleich ersieht man aber aus solchen Bildern, wie leicht bei der grossen Anzahl so feiner Fädchen und bei ihren vielfachen Verflechtungen, besonders in der Gegend des Kernes, eine Verklebung derselben durch den Farbstoff oder eine Zusammenschnurrung bei schlechter Fixirung hervorgerufen werden kann.

Ganz ähnliche Bilder, wie man sie mit der Bethe'schen Methode erhält, zeigen auch die nach Bielschowsky (6) behandelten Präparate. Auch hier ziehen die Fibrillen glatt und ohne Anastomosenbildung durch die Zelle hindurch (Taf. I, Fig. 3). In der Kerngegend sieht man zahlreiche dünne Fäden sich vielfach überkreuzen. Im Allgemeinen macht es mir den Eindruck, als ob die Fibrillen sich bei dieser Methode etwas dicker darstellten, als bei Anwendung des Bethe'schen Verfahrens. Ferner habe ich an solchen Präparaten, viel öfters als an Bethe'schen, Theilungen von Fibrillen (x) gesehen. Diese beiden Umstände lassen mich annehmen, dass es hier häufiger zu Verklebungen parallel nebeneinander verlaufender Fädchen durch das ausgefallte Silber kommt.

Ramon y Cajal hat die Resultate Bethe's auf Grund von Erfahrungen, die er mit seinen Silber-Imprägnationsmethoden erhalten hatte, bestritten, und zwar verwendete er anfangs (8) die gleichzeitige Fixirung und Imprägnation von frischen Stücken des Nervensystems in einer $\frac{1}{2}$ —6 proc. Silbernitratlösung ohne jede Vorbehandlung mit nachfolgender Reduction in Pyrogallussäure. Später (9) hat er mehrere Modificationen dieser Methode angegeben, die sich auf die Vorfixirung der Stücke beziehen. Cajal kam zu dem Schluss, dass das Fibrillengerüst in der Zelle nicht aus von einander unabhängigen Fäden bestehe, sondern dass die dickeren sogenannten Primärfibrillen durch feinere Secundärfibrillen allenthalben miteinander anastomosiren, dass sie ausserdem ein besonders dichtes Netz um den Kern und ein deutliches, oberflächliches, epicelluläres Netz bilden. Die dicken Primärfibrillen seien die auch mit der Bethe'schen Methode dargestellten, während die feinen Secundärfibrillen der Darstellung durch dieselbe entgangen sein sollten, möglicherweise in Folge einer durch die quellende Wirkung des verwendeten Ammoniakalkohols zu Stande gekommenen Zerreissung derselben. Cajal beschreibt an der Hand seiner Präparate die Fibrillen nicht als glatte, gleichmässig dicke Fäden, sondern sagt, dass dieselben in ihrem Verlaufe an Dicke vielfach wechseln und an den Abgangsstellen der Secundärfibrillen regelmässig kleine Auftreibungen besitzen.

Die Cajal'sche Methode, welche den überaus grossen Vorzug der Einfachheit für sich hat, fand bei manchen Forschern eine geradezu

begeisterte Aufnahme (Lenhossék). Einige von ihnen konnten auch die Angaben Cajal's von einem die ganze Zelle durchziehenden Netz bestätigen (Held [14] und Michotte [17]), während andere wieder in ihrer Ansicht über diesen Punkt, für einige Zellarten wenigstens, eine gewisse Reserve beobachten. Marinescu (16) giebt sogar an, dass in vielen spindelförmigen Zellen Primärfibrillen den Zellleib ohne Theilung und ohne Netzbildungen durchlaufen, und auch van Gehuchten (11) findet es zweifelhaft, ob ein Netz in allen Zellen des Rückenmarks und gewisser anderer Theile des Nervensystems vorkommt.

Auch ich schliesse mich der Ansicht der letztgenannten Forscher an, ohne aber, was die frei verlaufenden Fibrillen anbelangt, eine Einschränkung auf bestimmte Zellarten zu machen, denn ich konnte an allen nach Cajal's Methode behandelten Präparaten, an Zellen aus den verschiedensten Gegenden des Rückenmarks einzelne wohlisolirte Fibrillen beobachten, die den Zellleib glatt durchziehen, oder von einem Fortsatz zum anderen verlaufen, ohne Verbindungen mit einem intracellulären Netze einzugehen. Sonst kann ich an meinen nach dieser Methode gefärbten Präparaten die von Cajal beschriebenen Verhältnisse wiederfinden und will sie hier an der Hand der gegebenen Abbildungen besprechen.

Taf. I, Fig. 4 zeigt eine Vorderhornzelle eines Meerschweinchens. An dieser Zelle sieht man vor Allem im Zellleib eine deutliche Netzstructur mit unregelmässigen, von verschiedenen dicken Bälkchen begrenzten Maschen. In dieses Netz dringen von den beiden nach abwärts gerichteten Fortsätzen dieser Zelle neben dünnen Fibrillen auch noch zwei ganz besonders starke aus dem rechten und drei durch ihre Dicke und tiefschwarze Färbung auffallende aus dem linken Fortsatze hinein. Diese dicken Primärfibrillen, welche schon innerhalb der Fortsätze durch dünne Querfäden mit einander verbunden sind, durchziehen, bald schmaler, bald breiter werdend, sich vielfach theilend, die Zelle und betheiligen sich so an der Bildung des Netzwerkes, welches den ganzen Zellleib durchzieht. Die feinen Querfäden sind die Secundärfibrillen.

Ich möchte hier nochmals betonen, dass diese Figuren genau mit dem Zeichenapparat entworfen sind bei gleichbleibender Einstellung — und ferner, dass hier ganz besondere Sorgfalt auf die genaue Wiedergabe der Dickenverhältnisse der einzelnen intracellulären Fäden verwendet wurde — und ich verweise zugleich auf die Figuren in den Abhandlungen Cajal's und Michotte's, die diesen Bildern vollkommen entsprechen. Leider geben die Figuren Cajal's, da sie offenbar nicht mit dem Zeichenapparat ausgeführt sind, mehr einen allgemeinen Ueberblick, als eine genaue Wiedergabe dieser Verhältnisse. Es mag wohl

hierauf beruhen, dass die Zellen auf seinen Abbildungen ein noch dichteres Netz aufzuweisen scheinen. Besonders möchte ich meine Figuren Taf. I, Fig. 4, 6A, 7A den Figuren 14, 16 und 33 der Michotte'schen Abhandlung gegenüberstellen.

Die Taf. I, Fig. 5, zeigt an einer Rückenmarkszelle eines Rinds-embryo die Ausbreitungsart des Cajal'schen epicellulären Netzes. Man sieht an der Zelloberfläche zwar verschieden geformte, aber wohlbegrenzte und regelmässige Netzmaschen, deren gleichmässig dicke Bälkchen mit den Fibrillen der Fortsätze vielfach in Verbindung stehen. Häufig hat es den Anschein, als ob auch Fasern von aussen an die Balken des epicellulären Netzes heranträten (Fig. 5x). — Man kann wohl diesen epicellulären Netzen eine auffallende Aehnlichkeit mit den von Bethe beschriebenen Golginetzen nicht absprechen, trotzdem ihre Netzbalken dünner erscheinen, als die der Golginetze. Vergl. Taf. III, Fig. 36.

Neben dem epicellulären und intracellulären Netz findet man an Cajal'schen Präparaten in der Kerngegend das dichtgefügte perinucleäre Netz (Taf. I, Fig. 6). Einzelne, durch die Regelmässigkeit ihrer Balkenanordnung ausgezeichnete Netzmaschen am unteren Zellrand dieser Rückenmarkszelle des Meerschweinchens scheinen noch zum epicellulären Netz zu gehören; man sieht aber ausserdem dicke Primärfibrillen aus dem linken und rechten Fortsatz, sich vielfach theilend, dem Kerne zueilen, wo sie sich aufsplintern und durch zahlreiche Anastomosen an der Bildung eines dichten Netzes theilnehmen, welches den Kern einhüllt. Die schon früher erwähnten charakteristischen Dickenverhältnisse der Primär- und der Secundärfibrillen sind auch hier sehr auffallend. Bei Embryonen sind solche Netzbildungen noch viel deutlicher, als bei erwachsenen Thieren, und die Netzbalken noch viel breiter.

Was sind nun die hier beschriebenen Netzformationen und wie verhalten sie sich zu den mit der Bielschowsky'schen und Bethe'schen Methode dargestellten glatten Fibrillen?

Die Bethe'sche Methode soll bloss die Primärfibrillen färben, während sie die feinen Secundärfibrillen ungefärbt lässt. Ist es schon schwer verständlich, wieso die auf den Cajal'schen Präparaten unregelmässig dicken, stark verzweigten, sich in ihrem Verlauf aufsplitternden und wieder vereinigenden, vielfach winklig geknickten Primärfibrillen bei der Bethe'schen Methode sich als gleichmässig feine, glatte, in gerader Linie oder schön geschwungenen Bögen die Zelle durchlaufende Fäden darstellen sollten, so scheinen mir solche Bilder, wie Taf. I, Fig. 7A und B sie wieder giebt, diese Frage besser zu lösen, als alles, was man darüber sagen kann.

Fig. 7A und 7B stellen zwei Zellen desselben Rindsembryo aus Schnitten von zwei auf einander folgenden Rückenmarksstücken dar, von denen das eine (A) nach der Cajal'schen Methode, das andere (B) nach der Bethe'schen Methode gefärbt wurde. Beide Zellen stammen aus der Umgebung des Centralcanals und sind an Grösse ziemlich gleich. Die mikroskopische Vergrösserung und die Art der zeichnerischen Wiedergabe sind in beiden Fällen genau dieselben. — Ich glaube, dass man nach Betrachtung solcher Bilder nicht mehr von Bethe'schen dicken Primärfibrillen und von den bloss durch die Silbermethode darstellbaren dünnen Secundärfibrillen sprechen kann, zumal die Fibrillen in der Zelle B um so viel dünner erscheinen, als die dünnsten Fäden in der Zelle A. Solche Vergleichsobjecte kann man sich sehr leicht verschaffen, da es nicht einmal besonders gut gelungener Bethe'scher Präparate bedarf, um sich von diesen Verhältnissen zu überzeugen. Mag man auch zugeben, dass einzelne Netzmaschen der Zelle A möglicher Weise vielleicht einem echten Netzwerk angehören könnten, so muss man andererseits wohl aus der Zahl, Anordnung und Dicke der Fibrillen den Schluss ziehen, dass die Silbermethode hier viel weniger Fibrillen zur Darstellung gebracht hat, und dass dieselben durch das ausgefällte Silber zu dicken Fäden verpickt, ferner durch die schrumpfende Wirkung des Silbernitrats an einander gedrängt worden sind, so dass es auf diese Art zur Bildung so ungleichmässig dicker und ungleichmässig verzweigter Fäden kommt, die ein Netzwerk bilden, wie es hier im ganzen Zelleib zu sehen ist.

Ein ganz besonderes Gewicht möchte ich aber gerade auf eine solche Nebeneinanderstellung von Zellen aus gleichen Rückenmarkshöhen des gleichen Thieres und derselben Querschnittsgegend deshalb legen, weil die irrthümliche Eintheilung in dicke Primärfibrillen, die nach der Bethe'schen Methode dargestellt würden, und in dünne Secundärfibrillen, welche bloss die Silbermethode zur Anschauung bringen soll, sogar schon in die Handbücher der mikroskopischen Technik übergegangen ist.

Aber ausser den Verklebungen der Fibrillen können auch andere Momente zur Bildung eines Netzwerks im Präparate führen. Bei genauer Betrachtung der einzelnen Netzbalken an der in Fig. 6 wiedergegebenen Zelle bemerkt man bei Drehung der Mikrometerschraube, dass dieselben nicht, wie es bei fadenförmigen Gebilden sein sollte, verschwinden oder punktförmig nach abwärts zu laufen scheinen, sondern dass sie flächenhaft umbiegen, was ich auf Fig. 6 durch Uebermalung mit blasser Tusche so gut als möglich wiederzugeben versucht habe. Wir haben es hier also offenbar mit einer Silberimprägation von

Wabenwänden zu thun. Oft bleiben bei Anwendung der Cajal'schen Methode die Fibrillen zum Theil ungefärbt, und es tritt bloss der Wabenbau der Zelle deutlich hervor, wie dies auf Taf. I, Fig. 8 zu sehen ist. Dass sich diese Wabenwände gegen Nachfärbungsversuche mit Hämatoxylin oder anderen Farbstoffen refractär verhalten, kann wohl nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass dieselben mit Silbersalzen imprägnirt sind, und es spricht dies Verhalten daher durchaus nicht gegen ihre protoplasmatische Natur. — Wie leicht dann durch Imprägnation beispielsweise der oberflächlichen Randparthien dieses Wabenwerks und der in ihnen verlaufenden Fibrillen auch das Bild eines epicellulären Netzes entstehen kann, ist am oberen Rand der Zelle auf Taf. I, Fig. 8, leicht erkennbar.

Das Verhältniss, in welchem die Fibrillen zu diesen Wabenbildungen stehen, kann man manchmal sehr deutlich an Bielschowsky'schen Präparaten erkennen. Taf. I, Fig. 9, zeigt eine nach dieser Methode gefärbte Pyramidenzelle aus der menschlichen Grosshirnrinde. Der Wabenbau ist im Zelleib A sowie im Fortsatze B deutlich zu sehen, und die Verwendung der Mikrometerschraube klärt uns sofort über die Natur dieser hellbraun gefärbten Structuren auf. Hier sieht man nur einzelne Fibrillen als dunkel gefärbte, glatte Fäden in den Wabenwänden selbst verlaufen. Ob man dieses Wabenwerk als eine vorgebildete protoplasmatische Structur auffassen will, in deren Wandungen die Fibrillen verlaufen, oder ob man annimmt, dass dasselbe erst bei der Gerinnung entsteht, und sich um die festeren präformirten Elemente, wie die Fibrillen, legt, ist für diese Frage nicht von Belang. — Sind diese Wabenwände besser imprägnirt, so sieht man die ganze Zelle wie von einem aus breiten, schwarzen Balken bestehenden Netze durchzogen. Wie leicht nun durch theilweise Imprägnation von solchen Wabenwänden die in ihnen verlaufenden Fibrillen als unregelmässig dicke, durch Querbälkchen mit einander verbundene Fäden erscheinen können, ist leicht verständlich.

Held (14) ist mittels Cajal's Methode auch zu der Ueberzeugung von einem die ganze Zelle und ihre Fortsätze durchziehenden Netze gekommen. Seine Abbildungen 15, 16, 17a und 18 geben ungefähr dieselben Verhältnisse wieder, wie hier Taf. I, Fig. 8 und 9. Warum Held diese breiten, blassen, anastomosirenden Balken sämmtlich als Fibrillen auffasst, während er doch auch dicht daneben einzelne parallel laufende dunkelgefärbte wirkliche Fibrillenbündel abbildet, ist mir nicht recht verständlich. Auf diese Art kommt man allerdings zu der Anschauung eines streifignetzigen Baues des Protoplasmas der Ganglienzellen, dessen Längsstreifen als fibrilläre Züge blos imponiren, es wäre dann aber noch

dazu zu erwähnen, dass die viel dünneren von Bethe und Bielschowsky dargestellten Fibrillen als feine, grösstentheils ungetheilte und nicht anastomosirende Fädchen innerhalb dieser breiten protoplasmatischen Structuren enthalten sind, wie Taf. I, Fig. 9 es zeigt.

In den Dendriten aber sieht man ganz besonders gerade bei Anwendung der Cajal'schen Methode (Fig. 6 B) die Fibrillen in der grossen Mehrzahl der Fälle als gut conturirte, glatte Fasern verlaufen, die, so weit man sie deutlich verfolgen kann, nicht miteinander anastomosiren. Erst da, wo Ueberkreuzungen stattfinden und man die einzelnen Fibrillen nicht mehr deutlich isolirt erkennen kann, lässt sich die Annahme eines Netzes natürlich nicht mehr widerlegen.

Aber auch in den Zelleibern selbst kann man mittels der Cajal'schen Methode oft glatt durch die Zelle durchlaufende Fibrillen beobachten. Sehr häufig ist dieser Befund, den auch Marinescu (16) verzeichnet, an den langgestreckten, protoplasmaarmen Spindelzellen des Rückenmarks. Ohne dafür noch eigens eine Abbildung zu geben, verweise ich hier vorerst bloss auf die beiden mit x bezeichneten Randfibrillen auf der Taf. I, Fig. 7 A. Die untere lässt sich weit bis in die Umgebung des Kernes als glatter, ungetheilter, gleichmässig dicker Faden verfolgen; die obere kann man ebenfalls über die Kerngegend hinaus isolirt verlaufen sehen bis zu einer Stelle, wo sie plötzlich abzusetzen und mit ihrem Ende an andere Fibrillen angeklebt zu sein scheint.

Aber auch an anderen Zellen, so z. B. des Vorderhorns und sogar an den Rückenmarkszellen von Embryonen, bei denen sich das angebliche Netz so leicht darstellen lässt, kann man oft Fibrillen glatt und ungetheilt durch die Zellen ziehen und von einem Fortsatz zum anderen laufen sehen, ohne dass man Anastomosen mit anderen Fibrillen zu Gesicht bekäme. An vergoldeten Cajal-Präparaten ist dies gut zu sehen (Taf. I, Fig. 10 x).

Durch das Nachvergolden wird an jenen Zellen, in welchen sich der Grund weniger imprägnirt hat, das zwischen den Fibrillen ausgefüllte und nicht an dieselben gebundene Silber manchmal zum Theil wieder ausgewaschen. Dadurch erscheinen die Fibrillen viel dünner als vor der Vergoldung und glatt. An solchen Präparaten (Taf. I, Fig. 10) kann man auch den grossen Fibrillenreichthum der Zellen erkennen. Einzelne Fibrillen sind dabei gut genug gefärbt, um mit Bestimmtheit und Klarheit in ihrem Verlaufe verfolgt werden zu können. An diesen aber sieht man weder Aufsplitterung noch Netzbildung. Daneben sieht man eine äusserst grosse Anzahl feiner, ganz blass gefärbter Fäden, die vor der Nachvergoldung nicht zu sehen waren.

Nach ihrer Zahl, Feinheit und Verlaufsart entsprechen die Fibrillen an solchen Präparaten den Bethe'schen Fibrillen oder erscheinen sogar noch etwas feiner als diese, was wohl auch eine Täuschung in Folge der blasseren Färbung sein kann. Sie ziehen nach allen Richtungen durch die Zelle hindurch und bilden um den Kern ein dichtes Faserfilzwerk. Leider sind sie aber so unvollkommen gefärbt und gegen den grauen Hintergrund so wenig deutlich differenzirt, dass man Einzelheiten ihrer Form und ihres Verlaufes nicht erkennen kann.

Solche Bilder, auf welchen die Fibrillen so fein erscheinen, findet man manchmal auch an nicht vergoldeten Präparaten. Fig. 5 und 6 der Michotte'schen Abhandlung scheinen mir solche Zellen wiederzugeben, an welchen ausserdem noch ein (epicelluläres?) Netz zu sehen ist. Auch Cajal scheint solche Elemente im Auge zu haben, wenn er sagt, dass die motorischen Zellen der Feinheit ihrer Fibrillen wegen sich nicht zur Darstellung der Netze eignen. — Ich habe aus meinen Präparaten durchaus nicht den Eindruck gewonnen, als ob solche Bilder bloss an den Vorderhornzellen zu sehen wären, und möchte auch erwähnen, dass ich dieselben sogar viel häufiger bei Embryonen als bei erwachsenen Thieren gefunden habe, was wohl mit der Ansicht, dass bei ersteren die Netze noch viel deutlicher sind, nicht stimmen könnte, wenn diese Netzstrukturen wirklich Fibrillennetze wären. Gerade an Zellen von Embryonen verrathen aber die Netze durch die unregelmässige Contour ihrer Balken und die Körnelung derselben ihre protoplasmatische Herkunft in recht auffallender Art.

Von der Voraussetzung ausgehend, dass man bei niederen Wirbeltieren sich über diese Verhältnisse leichter orientiren und wegen des einfacheren Fibrillenverlaufs einwandsfreier die eventuellen Netze nachweisen, besonders auch sich über die perinucleären Netze Cajal's Aufklärung verschaffen könnte, habe ich das Rückenmark von Haifischen (*Scyllium can.*) mit der Cajal'schen Methode untersucht¹⁾ und gebe hier (Taf. II, Fig. 11) zwei Zellen A und B und die gabelige Theilung eines Zellfortsatzes c wieder. Der überaus grosse Kern nimmt beinahe die ganze Zellbreite ein. Man sieht an der Zelle A die ausserordentlich dicken Fibrillen, die man mit grosser Sicherheit durch die ganze Zelle hindurch der Länge nach verfolgen kann, über den Kern hinwegziehen, ohne Anastomosen und Netze zu bilden, und mit nur

1) Diese Untersuchungen an Fischen habe ich an der zoologischen Station in Triest gemacht, und ich fühle mich dem Leiter dieser Anstalt, Professor Cori, wegen seiner grossen Zuvorkommenheit und der reichlichen Beschaffung alles nöthigen Materials zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

wenigen Ueberkreuzungen. — An der Zelle B ist dieses Verhalten ebenso deutlich. Ausserdem sieht man hier vom oberen Fortsatz dicke Fibrillen zum Theil gegen den Kern einstrahlen, zum Theil nach links in einen anderen Fortsatz ziehen, ohne irgend welche netzige Verflechtung und Verbindung mit anderen Fibrillen einzugehen. Gerade solche Stellen sollten aber nach Cajal's Angabe reichlich Anastomosen der Fibrillen untereinander enthalten. Auch Theilungen sind nur an ganz vereinzelter Stellen, so an der Zelle B unterhalb des Kernes, zu beobachten. — C ist die Theilungsstelle eines Dendriten, an der man zwei Fibrillen von einem Ast in den anderen ziehen sieht, ohne dass auch nur eine Andeutung von Netzstructur dabei bemerkbar wäre.

Die Fig. 11 macht offenbar wegen des einfachen Verlaufes der Fibrillen einen etwas schematischen Eindruck. Das Präparat, dem dieselbe entnommen ist, ruft über diesen Eindruck in noch viel höherem Grade hervor, da die Fibrillen da noch dicker sind, als sie hier (zwecks grösserer Deutlichkeit der Zeichnung) wiedergegeben werden konnten. An grossen protoplasmareichen Zellen des Fischrückemarks mit complicirterem Fibrillenverlauf machen sich wieder die Mängel der Cajal'schen Methode bemerkbar und es erscheinen die Fibrillen so künstlich verklebt und stellenweise verdickt, wie an den Rückenmarkszellen höherer Thiere. Zum Vergleich der eben besprochenen Verhältnisse mit den Resultaten der Bielschowsky'schen Methode bilde ich hier in Taf. II, Fig. 12 zwei Zellen aus dem Rückenmark eines Fischembryos ab, das nach diesem Verfahren behandelt wurde. Wir finden im Wesentlichen dieselben Verhältnisse wieder. An der spindelförmigen Zelle A sehen wir auch wieder die Fibrillen als glatte feine Fäden mit nur wenigen Ueberkreuzungen über den Kern ziehen und man kann dieselben auf weite Strecken hin verfolgen und das Fehlen jeder Andeutung einer Netzstructur beobachten. Auch an der multipolaren Zelle B, die in der Kerngegend zwei grosse Fortsätze abschickt, sieht man deutlich die Fibrillen ungetheilt und ohne Netzstructur von den oberen Fortsätzen zu den seitlichen ziehen; über dem Kern weisen hier die Fibrillen, entsprechend dem complicirteren Bau der Zelle in Folge des Abgangs zweier Fortsätze in dieser Gegend, vielfach Ueberkreuzungen auf. Dass hier kein wirkliches Netz gebildet wird, ist leicht daran zu erkennen, dass man die Fäden über die Kreuzungspunkte hinweg verfolgen kann und man kann nur in ganz seltenen Fällen darüber im Zweifel sein. — So zeigt zum Beispiel C die Unterfläche des Kernes derselben Zelle B bei tieferer Einstellung. Hier macht es den Eindruck, als ob wir ein wirkliches Netzwerk mit unregelmässigen Maschen vor uns hätten: dicke Fibrillen treten heran, um scheinbar in ein Netzwerk

dünnere Fibrillen einzugehen. Auch mit dem Compensationsocular 18, also bei 3000facher Vergrößerung, konnte ich hier diese Netzbildungen nicht mehr in einzelne Fibrillenüberkreuzungen auflösen. Berücksichtigt man aber, dass alle Metallimprägnationsmethoden — also auch die Bielschowsky'sche — leicht Verklebungen verursachen, dass diese besonders dort stattfinden, wo Fibrillen sich in grosser Anzahl überkreuzen, dass an den einfacher gebauten Zellen vom Typus der Zelle A solche Bildungen nicht vorkommen und auch selbst an der Zelle B keine andere Netzstruktur zu bemerken ist, als an dieser Stelle, wo die Fibrillen so vielfach durcheinander ziehen, dass ferner hier auch oberhalb des Kernes das, was bei flüchtiger Betrachtung als ein Netz imponiren könnte, bei näherer Beobachtung sich in einzelne isolirte Fibrillen auflösen lässt, so wird man wohl nicht fehlgehen, wenn man auch dieses Gitterwerk an der unteren Fläche des Kernes als ein Kunstproduct ansieht.

Aber zugegeben, dass es sich hier um eine vereinzelte Netzbildung handeln könnte, so erscheint mir — wenn man schon die Frage der Fibrillennetze in den Ganglienzellen zu einer prinzipiellen machen will — nicht der Umstand von grösster Wichtigkeit, ob es in einzelnen Ganglienzellen an einzelnen Stellen zur Netzbildung kommt, in denen Bethe, der ja solche Netze zuerst beschrieben hat, sie noch nicht nachweisen konnte, auch nicht, ob solche Bildungen wie Taf. II, Fig. 12C und Taf. I, Fig. 2xx, welche ab und zu auftreten, blosser Verklebungen oder vereinzelter echte Netzmaschen sind, — vielmehr erscheint mir der Schwerpunkt der ganzen Frage darin zu liegen, ob es überhaupt durchziehende und mit eventuellen Netzbildungen nicht zusammenhängende Fibrillen giebt. Dies scheint mir auch die Auffassung Cajal's, Held's und Michotte's zu sein, welche das Vorkommen freiverlaufender Fibrillen ganz in Abrede stellen.

Ich habe aus allen meinen Präparaten die feste Ueberzeugung gewonnen, dass es in den Zellen Fibrillen giebt, die nicht in Verbindung treten mit den besprochenen Netzformationen, sondern frei, glatt und von einander isolirt die Zelle durchlaufen. Auch an Präparaten, die nach Cajal's Methode angefertigt waren, habe ich stets solche Fibrillen gefunden. Ganz einwandfrei zeigen nachvergoldete Cajal'sche Präparate von höheren Wirbelthieren und ihren Embryonen, sowie insbesondere die Präparate vom Fische Rückenmark dieses Verhalten, welches schon die viel feineren Resultate der Bethe'schen und Bielschowsky'schen Methode ausser allen Zweifel gestellt hatten. Auch die Donaggio'sche Methode und die Methode von Joris zeigen nach den Angaben ihrer Autoren deutlich solche freiverlaufenden Fibrillen.

Ebenso haben auch andere Autoren, die sich der Cajal'schen Silberimprägnation ohne Vorfixirung zur Fibrillendarstellung bedienten, solche frei durchziehende Fibrillen gesehen. Wenigstens glaube ich dies den Angaben van Gehuchten's (11) entnehmen zu dürfen, dass er in den Pyramidenzellen und in den Zellen des Rückenmarks sich von den Netzstrukturen vielfach nicht habe überzeugen können, und auch Marinescu (16) betont, wie oben erwähnt, das Vorkommen freilaufender Fibrillen in den spindelförmigen Strangzellen. Sie sind diesem Forscher auch in den anderen Zellen erwachsener Thiere begegnet, er glaubt aber trotzdem, dass sie hier mit einem Netze zusammenhängen, welches im Präparate ungefärbt geblieben sei, da ein solches Netz bei Embryonen vorkäme. Was von diesem „Fibrillennetz“ in den Zellen der Embryonen zu halten ist, habe ich schon S. 168 erwähnt. Keinesfalls berechtigen diese Formationen an Embryonen zu der hypothetischen Annahme echter Fibrillennetze an jenen Zellen der Erwachsenen, an denen man dieselben nicht sieht! — Wenn dann auch Michotte (17) sagt, dass man an den Fibrillen, die frei zu verlaufen scheinen, den sicher bestehenden Zusammenhang mit den Netzen nur darum nicht sieht, weil die Verbindungsfäden ungefärbt geblieben sind, so erscheint mir dies ebenfalls eher einer Voraussetzung, als einer Thatsache zu entsprechen und durchaus nicht mit den vielfachen positiven Befunden von isolirten Fibrillenzügen übereinzustimmen.

Was die Netze anlangt, die mit der Methode der Silberimprägnation ohne Vorfixirung zur Anschauung kommen, so glaube ich, geht aus dieser Untersuchung mit Sicherheit hervor, dass sie grösstentheils nichts anderes sind, als durch Verklebungen von Fibrillen und partiellen Imprägnation von Wabenwänden entstandene Kunstproducte. Es muss Wunder nehmen, dass gerade jene Forscher, die bei den Concrescenzbildern, welche manchmal mit dem alten Golgi'schen Silber-Imprägnationsverfahren erhalten werden, stets so vorsichtig waren, die Möglichkeit einer Täuschung durch Verklebungen zu betonen, hier, wo es sich doch um noch viel feinere Verhältnisse handelt, diese Möglichkeit scheinbar ganz ausser Acht lassen. — So vorzügliche Resultate die Cajal'sche Methode auch bezüglich anderer Fragen giebt, so wird man doch zugeben müssen, dass sie sich zum Studium der feineren anatomischen Verhältnisse der Fibrillen zu einander nicht eignet, und ganz besonders, dass ihre Anwendung auf experimentellem und pathologischem Gebiet zum mindesten sehr verfrüht ist, da sie uns schon bei normalen Verhältnissen zweifelhafte Resultate giebt.

Auch Joris's Methode der Fibrillenfärbung mit colloidalem Golde

habe ich versucht. Joris (15) nimmt an, es gäbe erstens durch die Zelle frei und ohne Anastomosen durchziehende glatte Fibrillen und zweitens solche, welche sich in den Zellen aufsplittern und echte Netze bilden. Ich habe vielfach an Joris'schen Präparaten die durchziehenden Fibrillen besonders an jenen Zellen gesehen, in denen nur wenige Fibrillen gefärbt waren. Taf. II, Fig. 13 zeigt mehrere solche als dunkle Fäden von Fortsatz zu Fortsatz eilende Fibrillen, während man andere, blasser gefärbte, bis zur Kerngegend hin verfolgen kann, wo sie sich in einem netzig-wabigen, rosaroth gefärbten Filzwerk verlieren. Deutliche Fibrillennetze habe ich nie beobachten können. Leider kenne ich keine Originalpräparate von Joris und es fällt mir deshalb schwer, diese Verhältnisse zu beurtheilen.¹⁾ Aus den Abbildungen aber, die Joris seiner Abhandlung beifügt, gewinnt man nicht den Eindruck, als ob der Fibrillenverlauf bei dieser Methode ganz tadellos zu Tage träte. Oft habe ich Präparate erhalten, an denen man eine überaus grosse Anzahl feinsten Fibrillen ganz blass gefärbt durch die Zelle bündelweise ziehen sah, ohne dass man daraus den Eindruck von einer Netzbildung hätte gewinnen können. (Taf. II, Fig. 14.) Leider kann man jedoch daran nur wenige besonders deutlich gefärbte Fibrillen mit Klarheit verfolgen, sieht aber dieselben dann auch isolirt und ohne Anastomosenbildung von Ast zu Ast eilen oder in den Zellleib einstrahlen. Die grosse Mehrzahl der Fibrillen aber ist so blass und vom Hintergrund so wenig scharf differencirt, dass man über feinere Details nichts aussagen kann.

Ich habe ferner an Joris'schen Präparaten manchmal die Färbung eines feinen epicellulären Netzes erhalten, welches die ganze Zelloberfläche überzieht. An manchen Stellen ist dies Netz vom Zellleib abgehoben und überzieht ihn wie ein Schleier. (Taf. II, Fig. 15A und B.)

Einige Male habe ich auch von der Peripherie Fasern in dieses Netz eintreten gesehen. Taf. II, Fig. 15B, zeigt eine solche Faser, die durch drei feine Fädchen mit diesem Netze in Zusammenhang steht. Das eine dieser Fädchen scheint sich in eine intracelluläre Fibrille fortzusetzen (Fig. 15Bx). Der Maschenform nach haben diese Netze eine grosse Aehnlichkeit mit dem Golginetz, unterscheiden sich aber davon durch die grosse Feinheit ihrer Bälkchen.

Auch mit der Joris'schen Methode konnte ich also intracelluläre

1) Seit der Niederschrift dieser Zeilen kam ich durch die Liebenswürdigkeit Herrn Joris' in die Lage, Originalpräparate durchsehen zu können, an denen ich die Gültigkeit der hier beschriebenen Verhältnisse controlliren konnte.

Netze nicht nachweisen. Dagegen fand ich auch bei dieser Methode die Fibrillen von einem hellgefärbten Protoplasmasaum umhüllt, der durch helle Querbalkchen mit der protoplasmatischen Scheide der anderen Fibrillenbündel verbunden ist. An protoplasmareichen Zellen bekommt man auch hier den grosswabigen Bau des Plasmas zu Gesicht, genau wie auf den Bielschowsky'schen Präparaten, Fig. 9 A und B.

An jenen Stellen ferner, wo sich Pigment und Fett in der Zelle befinden, können an dünnen Schnitten die rothgefärbten Plasmastreifen, die zwischen diesen Körnern durchziehen, sehr leicht gitterartig aussehen. Diese beiden Umstände haben wohl zur Annahme von Netzen geführt.

Anders verhält es sich mit den von Donaggio beschriebenen Bildungen. Donaggio hat schon 1896 ein feines, intracelluläres Netz m.t der Methylenblaumethode darstellen können, bevor man noch über die Neurofibrillen der Wirbelthiere genauer unterrichtet war. Später hat er eine Vervollkommnung seiner Methode (10) angegeben, die es nach seiner Angabe ermöglicht, dies Netz zugleich mit den Fibrillen darzustellen; und er kommt zu der Ueberzeugung, dass es neben Zellen, welche nur ein Fibrillennetz enthalten, auch Zellen giebt, deren Fibrillen auch eines Theils frei und ohne jede Anastomose an der Peripherie durch die Zelle ziehen, anderen Theils aber reichlich mit einander verbunden ein feinmaschiges Netz bilden, welches den ganzen Zellleib durchzieht, und aus dem sich die Fibrillen des Axones sammeln.

Donaggio fixirt Stücke des Nervensystems mit Pyridin oder Pyridinnitrat. Das Färbungsprincip ist dasselbe, wie bei Bethe, nur benutzt er Thionin, statt Toluidinblau. Seine Methode ist ebenso schwierig, wie die Bethe'sche, die Differencirung der Präparate erfordert noch viel mehr Vorsicht und Uebung, sie hat aber den Vorzug, dass an gelungenen Präparaten alle Zellen in gewisser Weise electiv gefärbt sind. In den Fortsätzen sind die Fibrillen sehr gut und distinct gefärbt.

Taf. II, Fig. 16 zeigt eine solche Zelle. An der Peripherie ziehen die Fibrillen glatt von einem Fortsatz zum andern. Das Innere der Zelle ist von einem engmaschigen Netzwerk ausgefüllt. Diese Figur giebt die Verhältnisse der Balkchen zu den Fibrillen und die Grössenverhältnisse der Netzmaschen möglichst genau wieder.

Die klaren Abbildungen Donaggio's stimmen mit der hier gegebenen vollkommen überein, nur scheinen auf seinen Bildern die Maschen noch enger, da sie offenbar nicht mit dem Zeichenapparate eingetragen sind und man müsste thatsächlich, um den Eindruck, den solche Präparate machen, richtig wieder zu geben, das Netzwerk noch bedeutend dichter zeichnen. Man sieht, dass es sich hier um echte Netzbildungen handelt, die mit den bisher besprochenen viel gröberen

Structuren nichts gemeinsam haben. Es sind keine ungleichmässig dicken, grobwabigen Gebilde, sondern man sieht ein äusserst engmaschiges, aus ganz dünnen Bälkchen bestehendes Netzwerk in dichten Zügen die ganze Zelle durchsetzen. An einigen Stellen, welche vielleicht den Nissl-Schollen entsprechen, wird das Netzwerk etwas lockerer und die Maschen etwas weiter. Die Bälkchen sind oft etwas körnig, an einzelnen Stellen finden sich dickere, dunkler gefärbte Körner und dunkler gefärbte Maschen. Um den Kern verdichtet sich die Netzstruktur ganz besonders und sitzt demselben wie eine Haube auf.

Ich habe mich aber an Donaggio'schen Präparaten von dem Zusammenhang der Neurofibrillen mit diesem Netz nicht überzeugen können. Die Fibrillen scheinen mir vielmehr überall an demselben aufzuhören, ohne sich in dasselbe aufzulösen. Auch die Figuren Donaggio's rufen denselben Eindruck hervor. Gleichmässig dick ziehen die Fibrillen aus den Fortsätzen herein und treten mit den einzelnen Netzbälkchen nicht in engen Zusammenhang, sondern setzen früher ab, oder hören an einer Netzmasche plötzlich auf. Von einer Aufspaltung der Fibrillen in feine Aestchen, die die Netzbälkchen bilden würden, wie man es von einem Fibrillennetze erwarten sollte, ist nichts zu sehen und auch die Zeichnungen Donaggio's zeigen nicht deutlich ein solches Verhalten.

Ganz ähnliche Bilder kann man auch mit der Bethe'schen Methode erhalten. Hat man eine Reihe von Präparaten mit verschiedener Differenzierungszeit nach Bethe gefärbt, so findet man an den zu wenig differenzierten die grosse Mehrzahl der Zellen von tiefblau gefärbten Körnchen angefüllt (Taf. II, Fig. 17 A), und zwar liegen diese Körnchen am zahlreichsten um den Kern herum und ziehen in dichten Zügen von hier durch die Zelle; weniger reichlich gekörnte Partien, die den Nissl-Schollen entsprechen könnten, liegen dazwischen. An einzelnen Stellen findet man auch einige besonders dunkel gefärbte Körnchenhaufen, von welchen feine Fäden ausgehen. — Differenziert man aber die Präparate etwas länger, so findet man häufig Bilder, wie sie Taf. II, Fig. 17 B wiedergibt. Die dunklen Körner, von welchen Fädchen ausgehen, sind hier noch zu sehen. Von ihnen geht ein engmaschiges Netzwerk aus, welches den ganzen Zellleib durchzieht. Um den Kern herum ist dies Netzwerk am dichtesten und dichte Züge desselben umgeben weniger engmaschige, den Nissl-Schollen entsprechende Stellen. Bloss einige Fibrillen sind gut differenziert, und zwar besonders an der Peripherie, und sie ziehen an dem Netze vorbei, ohne sich in dasselbe aufzusplitteln. Bei noch weitergehender Differenzierung findet man dann Zellen mit deutlicher elektiver Fibrillenfärbung und man kann manch-

mal an solchen noch einzelne Maschen als Reste dieses Netzes finden wie z. B. an der Zelle Taf. II, Fig. 17 C bei x.

Das ganze Aussehen dieser mit Bethe's Methode dargestellten Netze ihre Form und Weite, ihre Vertheilung innerhalb der Zellen, ihre Verdichtung um den Kern, die Feinheit der Bälkchen, ihr Verhalten den Fibrillen gegenüber, und ihr etwas körniges Aussehen, alles dies entspricht vollkommen den Eigenschaften des nach Donaggio's Methode dargestellten Netzes, und es kann gar kein Zweifel bestehen, dass es sich um ein und dieselbe Bildung handelt. Das Färbungsprincip der Donaggio'schen Methode und der Bethe'schen ist so ziemlich das gleiche, was auch daraus erhellt, dass auch an den Donaggio'schen Präparaten bei ungenügender Differenzirung das körnige Stadium auftritt (mit dem blossen Unterschiede, dass hier der Grund homogen und roth-violett erscheint statt lichtblau, wie bei Bethe'scher Methode). Berücksichtigt man ferner noch, dass die Differenzirung des Ammoniummolybdates bei Donaggio in der Kälte stattfindet, während bei Bethe hohe Temperaturen verwendet werden, so wird man sich nicht wundern, dass die Donaggio'schen Bilder einem Stadium unvollkommener Differenzirung Bethe'scher Präparate entsprechen.

Für ein echtes Neurofibrillennetz kann dieses Netz aber nicht angesehen werden, denn, wieso bei entsprechender Differenzirung etwa durch eine Entfärbung speciell der Querbälkchen auf Fig. 17 B, die geknickten Längsbälkchen sich plötzlich als die geraden, glatten gleichförmig dicken Fibrillen der Fig. 17 C dartellen sollten, ist auch dann noch gar nicht fassbar, wenn man schon nicht berücksichtigen wollte, dass die Annahme einer solchen elektiven Entfärbung gerade der Querbälkchen weder in deren Dicke, noch in irgend etwas anderem begründet ist.

Trotzdem halte ich es auch nicht für berechtigt, dieses Netzwerk als ein durch Ammoniummolybdat verklebtes Fibrillenfilzwerk aufzufassen, da die Bälkchen von so gleichmässigem Caliber sind, und weil gerade in diesem Falle die zugleich differenzirten Fibrillen doch mit dem Netze scheinbar in sehr enger Verbindung stehen müssten. Gegen die Annahme, dass wir es auch hier mit einem Kunstproducte zu thun hätten, spricht ferner die Erfahrung, dass man dieses Netz mit verschiedenen Methoden darstellen kann, ausser der Bethe'schen und Donaggio'schen, auch noch mit der 1896 von Donaggio selbst angewendeten Methylenblaufärbung, und schliesslich, wie weiter unten gezeigt werden wird, auch mit gewissem Silberimprägnationsverfahren. Es handelt sich also hier wohl um eine echte Netzstructur. Bedenkt man aber, dass: 1. dieses Netz bei der Bethe'schen Methode nicht zu

gleicher Zeit mit den Fibrillen differenziert wird, dass 2. sowohl bei Donaggio'scher wie auch bei Bethe'scher Färbung eine Aufspaltung der Fibrillen in dasselbe nicht zu sehen ist, 3. dass es sich in gewissen Rückenmarkszellen bei Anwendung der Donaggio'schen Methode allein färbt, ohne dass hier auch Fibrillen gefärbt wären, während doch das Vorkommen von langen Fibrillen in diesen selben Zellen durch die Bethe'sche, Cajal'sche und die anderen Methoden ausser allem Zweifel gestellt ist, 4. dass die Methylenblau-Methode Donaggio's in den Ganglienzellen dieses Netz allein färbt, die Fibrillen aber nicht, so wird man zugeben müssen, dass alles dies dafür spricht, dass wir es hier nicht mit einem Fibrillennetze, sondern mit einer anderen von den Fibrillen unabhängigen Bildung zu thun haben. Donaggio bestreitet, dass es sich um das Wabenwerk des Protoplasmas handelt, und schon der Vergleich dieses Maschenwerks mit dem auf Taf. I, Fig. 9 abgebildeten zeigt deutlich, dass es sich hier um etwas anderes handeln muss. Ich glaube wir haben es hier mit einer ganz eigenartigen, vor der Hand nicht näher bekannten Bildung zu thun, die bloss in so ferne in einem gewissen Verhältniss zu den Fibrillen zu stehen scheint, als ihr Maschenwerk dort am dichtesten ist, wo wir auch die Fibrillen in dichter Aneinanderlagerung finden.

Ganz ähnliche Bilder erhält man oft auch bei Anwendung der Cajal'schen Silbermethode nach Vorbehandlung mit Ammoniakalkohol. Taf. II, Fig. 18 giebt eine Rückenmarkszelle vom Hunde wieder, die nach dieser Methode behandelt wurde. Auch hier sieht man die Fibrillen, besonders die aus dem linken unteren Fortsatz einstrahlenden, vielfach miteinander zu dicken Bündeln verklebt. Innerhalb der Zelle sieht man aber ein feines Netzwerk, das von ziemlich gleichmässig dicken Fäserchen gebildet wird. Noch viel grösser ist die Uebereinstimmung mit dem auf Taf. II, Fig. 19 abgebildeten Netze einer Vorderhornzelle des Kaninchens. Die Feinheit der Bälkchen, die Maschenweite, die Verdichtung des Netzwerks um den Kern, die stellenweise Auflockerung desselben (den Nissl-Schollen entsprechend) zeigen deutlich, dass es sich hier um dieselbe Bildung wie auf den Donaggio'schen Präparaten handelt. Nur hat man an diesen Silberpräparaten eher den Eindruck eines Zusammenhanges der Fibrillen mit dem Netze, als an den Donaggio'schen, was wohl in der Leichtigkeit, mit der bei den Silbermethoden Verklebungen zu Stande kommen, seine Ursache haben kann.

Auch mit dieser Methode Cajal's findet man viele Zellen, in denen von Netzen nichts zu sehen ist, und in denen die Fibrillen glatt durchziehen. Taf. II, Fig. 20 giebt eine Rückenmarkszelle des Hundes wieder, die demselben Schnitte wie Taf. II, Fig. 18 entnommen ist, und Taf. III,

Fig. 21 eine Zelle des Kaninchens aus demselben Schnitte, aus welchem Taf. II Fig. 19 stammt. Während hier am oberen Kernpol, wo sich im Protoplasma viel Silberniederschläge abgesetzt haben, die Fibrillen theilweise zu unregelmässigen Netzmaschen verklebt sind, sieht man dieselben sonst im Zelleib glatt und sich vielfach überkreuzend, aber ohne Anastomosen- oder Netzbildung verlaufen.

Auch an Bielschowsky'schen Präparaten habe ich manchmal neben den gut differenzirten, schwarz gefärbten Fibrillen ein feines, grau gefärbtes, engmaschiges Netzwerk stellenweise beobachten können, wie auf Taf. I Fig. 3 an der Stelle xx wiedergegeben. Es dürfte sich auch hier vielleicht um das Donaggio'sche Netzwerk handeln.

Simarro war wohl der erste, der das Silbernitrat zur Imprägnation der Neurofibrillen anwandte. An Präparaten, die mit dieser etwas umständlichen Methode gewonnen waren, ist es mir nur in den Dendriten und in den spindelförmigen Zellen gelungen, die Fibrillen gut gefärbt zu erhalten; man sieht sie da in welligen Zügen ohne jede Netzbildung verlaufen. In den grösseren Zellen habe ich dagegen bloss das protoplasmatische, grobmaschige Wabenwerk blass gefärbt erhalten; die Fibrillenfärbung dagegen war stets unvollkommen und lieferte nur undeutliche Bilder.

Auch die anderen zur Darstellung der Neurofibrillen angegebenen Methoden und die verschiedenen Modificationen des Cajal'schen Verfahrens, die von ihm selbst und auch von anderen Autoren stammen, geben, so weit ich sie kenne, Resultate, die sich mit denen der Silberimprägnirung, ohne Vorbehandlung oder nach Vorbehandlung mit Ammoniakalkohol, vollkommen decken.

Ueberblicke ich die mit so verschiedenen Färbungsarten erhaltenen und nebeneinander gestellten Resultate, so komme ich zu den folgenden Schlüssen:

A. Es lassen sich mit allen hier besprochenen Methoden im Zelleib der Rückenmarkszellen frei verlaufende glatte Fibrillen darstellen, die mit anderen Fibrillen nicht anastomosiren und mit den eventuell dargestellten netzartigen Structuren nicht zusammenhängen, und man kann nach allen diesen Methoden in den Zellfortsätzen und ihren Gabelungen isolirt von Ast zu Ast verlaufende Fibrillen nachweisen, die ebenfalls in keinem näheren Zusammenhang mit den Structuren des Zelleibes stehen.

B. Die in den Ganglienzellen des Rückenmarkes nach verschiedenen Methoden dargestellten Netze sind nicht ein und dasselbe Netzwerk. Sondern diese Bildungen entstehen (abgesehen von den epicellulären Netzen) entweder künstlich 1. durch Verklebungen von Fibrillen,

2. durch partielle Imprägnation des protoplasmatischen Wabenwerkes, oder sie entsprechen 3. echten (Donaggio'schen) Netzwerken, welche aber zu den Fibrillen in keinem näheren Verhältniss zu stehen scheinen, und keine Neuro-Fibrillen-Netze sind.

C. Allerdings ist die Bethe'sche Methode im Vergleiche zu den anderen, die Donaggio'sche ausgenommen, äusserst mühsam zu handhaben und Jeder, der damit arbeitet, muss mit vielen Misserfolgen rechnen, da das Gelingen ausser von den vielen berechenbaren und schwierigen Factoren auch noch von ganz unberechenbaren abhängt. Im Falle aber die Methode gelingt, entschädigt ein solches Präparat den Untersucher für eine ganze Reihe von Misserfolgen. Denn diese Präparate erfüllen alle Anforderungen, die man an ein mikroskopisches Bild stellen kann. Die Bilder sind rein, die Differenzirung zwischen den dunkelblau gefärbten Fibrillen und dem ungefärbten Untergrund ist so vollkommen, dass ich nicht anstehe, zu erklären, dass, wenn auch diese Methode wegen der Schwierigkeiten, die sie bietet, sich nicht für alle Untersuchungen eignet, sie doch jedenfalls als Controllmethode für alle anderen bis jetzt bekannten Fibrillenmethoden zu gelten hat, da sie allein elektive Fibrillenbilder zu liefern im Stande ist!

II. Golginetze und Endknöpfe.

Da nun allgemein die Hauptrolle bei der Leitung des Nervenreizes den Fibrillen zugeschrieben wird, erhofft man von jeder neuen Methode, welche die Fibrillen zur Darstellung bringt, auch einen Aufschluss darüber, auf welchem Wege die Ueberleitung dieses Reizes von einer Zelle auf die andere erfolgt. Auch durch die neuen Silber-Imprägnationsmethoden sind einige für diese Frage wichtige Momente zu Tage gefördert worden.

Auf seinen Toluidinblaupräparaten hatte Bethe (5) die Axencylinder an das die ganze Zelle sammt ihren Dendriten umspinnende „Golginetz“ herantreten gesehen und hielt dieses Netz für die Endausbreitung der Axencylinder an der Zelloberfläche. — Held (12, 13) zeigte, dass die von ihm zuerst zur Darstellung gebrachten Endfüsschen, welche er als die Endigungen der Axencylinder ansieht, innerhalb der Maschen dieses Golgi-Netzes liegen. Dieses hält er für eine gliöse Bildung, während die Endfüsschen selbst wieder durch ein Netzwerk feiner Nervenfaserschollen untereinander verbunden sein sollen. Auerbach (1, 2) sah dieselben knopfförmigen Gebilde ebenfalls als Axencylinderendigungen an, welche in den Knotenpunkten eines um die Zelle sich ausbreitenden sogenannten terminalen Netzes liegen.

Cajal (8, 9) hat durch seine neue Methode eine leichte Handhabe zur Färbung dieser Knöpfe gegeben, da er aber nicht, wie Held und Auerbach von ihnen Fasern an der Zelloberfläche ausgehen sieht, nimmt er an, dass dieselben auch die letzten Endigungen der Axencylinder an den Ganglienzellen seien und er findet darin eine Hauptstütze für die „Contacttheorie“. Das von Bethe dargestellte Golginetz hält er dagegen für ein durch Gerinnungsprocesse entstandenes Kunstproduct.

Besonders leicht sind die sogenannten Endknöpfe an Rückenmarksmaterial zu sehen, das nach der Cajal'schen Silbermethode, ohne Vorfixirung, mit stärkeren Silbernitratlösungen behandelt wurde. Hier ist thatsächlich oft der Zellrand ganz dicht mit Knöpfchen besetzt (Taf. III Fig. 22) und die Oberfläche derart damit übersät, dass das Oberflächenbild häufig das Negativ des Golginetzes wiedergiebt, worauf zuerst Held aufmerksam gemacht hat. Dass die Knöpfe innerhalb der Golginetzmaschen liegen, kann man manchmal auch an Cajal'schen Präparaten sehen. Taf. III, Fig. 23 zeigt dieses Verhältniss an einer Vorderhornzelle des Hundes, an der sich zufällig neben den Endknöpfchen auch das Golginetz mit Silber deutlich imprägnirt hat. Aber dass diese Knöpfe wirklich Axencylinderenden seien, geht aus diesen Präparaten nicht mit Bestimmtheit hervor. Zwar haben diese Knöpfe oft 1 bis 2 kleine zipfelförmige Fortsätze, hie und da sitzen sie auch an einem etwas längeren Faden, aber es lässt sich an diesen mit der Silbermethode (ohne Vorbehandlung oder mit Vorfixirung in Formol) angefertigten Präparaten ein deutlicher Zusammenhang mit den Axencyclindern ebenso wenig constatiren, als an den Auerbach'schen Präparaten. Auch die von Cajal angegebene Modification seiner Methode speciell für Axencylinderfärbung (mehrtägige Alkoholvorbehandlung) zeigt wohl etwas längere Fädchen, die die Knöpfe an der Zelloberfläche mit einem die ganze Zelle umgebenden dichten Faserfilzwerk verbinden (Taf. III, Fig. 24), ohne dass man diese Verbindungsfäden aber auf eine genügend weite Strecke verfolgen könnte, um sich davon zu überzeugen, dass es wirklich Axencylinder sind. Ausserdem färben sich bei allen Silbermethoden nach Vorfixirung auch Gliafasern in grosser Anzahl mit, besonders wenn die Vorfixirung etwas länger gedauert hat; und da sich ferner an Weigert'schen Gliapräparaten die Gliafasern in ganz ähnlicher Art um die Zellen verfilzen, kann man nicht von vorneherein behaupten, dass die an die Knöpfe herantretenden Fasern Nervenfasern seien. Der erste und einzige, der deutliche Verbindungen dieser Knöpfe mit Axencyclindern gesehen und abgebildet hat, ist Held. Diese Verbindungen waren an Chromsilberpräparaten zu sehen und Bethe

betont die Möglichkeit, dass es sich deshalb leicht um eine Täuschung handeln könnte. In seiner neueren Arbeit über die Endknöpfe zeichnet auch Held nur kurze Fädchen in Verbindung mit denselben. Alle diese Umstände lassen berechtigte Zweifel an dem Zusammenhang der sogenannten Endknöpfe mit Axenfäden aufkommen, zumal die erwähnten Bethe'schen Präparate den Zusammenhang von Axencylindern mit dem Golginetze so sehr deutlich zeigen. Taf. III, Fig. 25 giebt eine Stelle wieder, an der eine Nervenfasern (a) in das Golginetz eines Dendriten übergeht. Dagegen habe ich mich bei Anwendung der Cajal'schen Methode an Gelatineschnitten von dem Zusammenhange der Endknöpfe mit Nervenfasern oft sehr gut überzeugen können; und die folgenden Befunde sind im Wesentlichen eine Bestätigung der älteren Befunde Held's (12).

Um das Cajal'sche Verfahren an Schnitten anwenden zu können, lege ich kleine Rückenmarksscheiben auf 2—4 Stunden in das Cajal'sche Formol-Ammoniak-Gemisch. Dann werden die Stücke ca. 2 Stunden in fließendem Wasser ausgewaschen, kommen auf 12 Stunden in 5proc. Gelatinelösung in den Brutofen, werden dann mit dicker Gelatine auf Kork gepickt und kommen in 95proc. Alkohol, bis sie schnittfähig werden (nicht über 7 Stunden). Die 15—25 μ dicken Schnitte kommen nach kurzem Aufenthalt in Wasser in warme 3proc. Silbernitratlösung auf 15 Minuten bis 1 Stunde in den Brutschrank, bis sie eine rehbraune Farbe annehmen, von hier nach raschem Durchziehen durch Wasser in die 1proc. Pyrogalluslösung zur Entwicklung, werden dann einige Stunden in Wasser ausgewaschen, auf dem Objectträger mit Alkohol entwässert, mit Xylol aufgehellt und in Balsam eingeschlossen.

Diese Methode gelingt nicht regelmässig, da es schwer ist, nach dieser kurzen Alkoholhärtung schnittfähige Präparate zu erhalten, ein zu langes Verweilen in Alkohol aber das Zustandekommen der Färbung verhindert. — Gutgelungene Präparate weisen eine sehr schöne, manchmal elektive Axencylinderfärbung auf: die dicken Fasern sind dunkelbraun, die feineren schwarz, während die Zellen hellgelb gefärbt sind und Gliaelemente so gut wie gar nicht gefärbt erscheinen. An den ziemlich dicken Schnitten kann man die Axenfäden sehr weit in das Gewebe verfolgen.

Es sind nicht alle Endknöpfe, aber oft eine sehr grosse Anzahl davon gefärbt. Sie sitzen der Zelloberfläche dicht auf und erscheinen je nach der Art, in der sie sich mit Silber imprägnirt haben, sehr verschieden an Grösse und Form, entweder als Kegel mit oder ohne helles Centrum oder als Ringe, oder auch recht oft als braune körnige Plättchen.

Bilder, wie sie Taf. III, Fig. 26 giebt, welche eine Rückenmarkszelle des Kalbes darstellt, lassen wohl keinen Zweifel darüber, dass die an die körnigen Plättchen herantretenden langen, schwarzen glatten Fasern Axencylinder sind. Sie treten aus allen Richtungen an die Zelle heran, sich vielfach verflechtend und theilend lassen sich über weite Strecken hin in das umgebende Gewebe hinein verfolgen, wo sie an der Bildung von Bündeln dicker und dünner Axencylinder (b) theilnehmen. Oft schmiegen sich diese Fasern in grosser Anzahl und in so regelmässiger Ueberkreuzung an die Dendriten an, dass man bei flüchtiger Betrachtung das Bild eines Netzes vor sich zu haben glaubt. Manchmal folgen diese Axencylinder, die von sehr verschiedener Dicke sind, über eine weite Strecke der Zelloberfläche und treten mit mehreren Endknöpfen in Verbindung. So sehen wir auf Taf. III, Fig. 27 den dicken Axenfaden a mit 4 solchen Knöpfen in Verbindung treten, den Faden b ebenfalls mit 4, auf Fig. 28 den Faden a mit 5 etc. Ueberhaupt gewinnt man an solchen Präparaten nur in der Minderzahl der Fälle den Eindruck, wie auf Taf. III, Fig. 26, dass der Knopf ein Ende des zuführenden Fadens ist. Abgesehen davon, dass ein Axencylinder sich in der Nähe der Zelle theilt und Aeste zu mehreren weit von einander abliegenden Endknöpfen derselben oder verschiedener Zellen entsendet, ziehen auch die dünnen Endfäden, die mit einem Endknopf in Verbindung stehen, auf der Zelloberfläche von Knöpfchen zu Knöpfchen in gerader Linie continuirlich weiter und man kann diese feinen schwarzen Fäden, besonders an jenen Zellen, wo die Knöpfe als körnige Plättchen erscheinen, genau durch dieselben hindurch verfolgen (Taf. III, Fig. 26 a, 27 a—b, 28 a und b). Oft kann man auch sehen, wie die Fäden dann die Zelloberfläche verlassen, um im Gewebe weiterziehend, an die Knöpfe anderer Zellen heranzutreten, ein Verhältniss, das man beinahe an allen Präparaten wiederfindet.

Auch Taf. III, Fig. 27 b zeigt, wie wenig man berechtigt ist, an den Knöpfen ein Ende des Axenfadens anzunehmen. Hier zieht der Axenfaden b bei x, an dem körnig erscheinenden Knopfe, der in der Cajal'schen Stückfärbung wegen unvollkommener Imprägnation als sein Endpunkt erscheinen würde, einfach vorbei, um der Oberfläche entlang laufend, zu anderen Knöpfen zu gelangen.

Oft verzweigen sich die Fasern an den Knöpfen, und ihre Zweige treten mit anderen Knöpfen in Verbindung (Taf. III, Fig. 28 c).

Man sieht aber auch an Knöpfen, die mit einem Axencylinder in Verbindung stehen, Fasern aus anderen Richtungen herantreten, welche bestimmt von anderen Axencylindern herkommen (Taf. III, Fig. 27 c, d

und Fig. 28b und d). Es erhellt daraus, dass die aus verschiedenen Richtungen an die Zelle herantretenden Nervenfasern in den sogenannten Endknöpfen vielfach zusammenhängen, also ein Netz darstellen, dessen Knotenpunkte von den Knöpfen gebildet werden. Ob aber die Fibrillen, die in den gleichmässig schwarz gefärbten Nervenfäden verlaufen, sich ebenfalls zu Netzen verbinden, kann man aus diesen Präparaten nicht entnehmen, und es wird wohl von diesem Umstande abhängen, ob man eine Reizüberleitung von Axencylinder zu Axencylinder für möglich halten darf. Ich glaube, dass das von Auerbach beschriebene terminale Netz zum Theil den hier beschriebenen Verbindungen der Axencylinder an der Zelloberfläche entspricht.

Manchmal sind die schwarzen Nervenfädchen in ihrem Verlaufe streckenweise von einer glasigen, hellbraun gefärbten Hülle umgeben, die an einigen Stellen varicöse Auftreibungen zeigt (Taf. III, Fig. 31a und Fig. 28b) und an den Theilungsstellen der Axenfäden zwischen den Theilästchen sich mit concaven Rändern ausbreitet. Ich vermag nicht anzugeben, was diese Hülle ist. Vielleicht hat man es hier mit dem sogenannten Markscheidengerüst von Becker zu thun. Gewöhnlich hört diese Hülle auf, bevor die Nervenfaser an die Zelle herantritt (Taf. III, Fig. 26b, Fig. 31a und c; Fig. 28e und f), oft begleitet sie aber auch den Axenfaden in seinem Verlaufe auf der Zelloberfläche und es erscheinen in diesem Falle die Knöpfe wie Anschwellungen dieser Hülle (Taf. III, Fig. 28a und Fig. 32b), besonders da, wo auch in dieser Körnchen gefärbt sind, und es scheint die Annahme berechtigt, dass diese die Axenfäden umgebende Substanz (Markscheidengerüst?) an der Bildung der Knöpfe mitbetheiligt ist.

An der Theilungsstelle der Fädchen in ihrem Verlauf finden sich, wie schon erwähnt, Ansammlungen dieser Substanz. Es sind dies die als Trajectkörperchen (t) von Cajal beschriebenen Bildungen; man kann von ihnen aus die Aeste der Axenfäden weithin in's Gewebe verfolgen (Taf. III, Fig. 28f, g). Es hat öfters den Anschein, als ob Fädchen, die von verschiedenen Axencylindern stammen, durch diese Trajectkörperchen miteinander verbunden wären. In solchen Fällen dürfte es sich wohl meistens um Verklebungen von überkreuzten Fasern durch diese Hülle handeln. Bilder, wie Taf. III, Fig. 28e bei x, Taf. III, Fig. 29 bei x und Taf. III, Fig. 31 bei x sie aufweisen, sind sicher als Verklebungen anzusehen (auf Fig. 31 bei x mögen sich ausserdem auch Gliafasern mitgefärbt haben); denn ich habe nie an reinen Bildern, wie Fig. 28f und g, die Fädchen eines Axenfadens in einen anderen Axenfaden hinein verfolgen können, trotzdem man sie an den Präparaten stets über weite

Strecken verlaufen sieht. Die Trajectkörperchen sind daher nicht als Knotenpunkte eines Netzes wie die Endknöpfe aufzufassen.

Auch in der Substantia gelatinosa habe ich mit dieser Methode trotz der Färbung der feinsten Zweige der Axencylinder keine Netzbildung gesehen. Es scheinen mir die Axencylinder also bloss an der Zelloberfläche in directem Zusammenhang miteinander zu stehen.

Aber neben den bis jetzt besprochenen, an die Knöpfchen herantretenden und sie verbindenden Axenfäden kann man manchmal noch ein zweites System viel feinerer Fädchen von den Knöpfen ausgehen sehen, die sich unmittelbar auf der Zelloberfläche in feine Aeste verzweigen, sich überkreuzen, von Knöpfchen zu Knöpfchen ziehen und so ein feines, die Zellen umhüllendes epicelluläres Geflecht bilden (Taf. III, Fig. 30, Fig. 32, Fig. 33 A und B). Trotzdem ich mich hier auf die Besprechung von Rückenmarkselementen beschränke, so will ich doch hier anführen, dass man dieses feine epicelluläre Geflecht besonders gut an den Purkinje'schen Zellen zu Gesicht bekommt. Bekanntlich hat Cajal behauptet, dass an diesen Zellen keine Knöpfe vorkommen. Insoweit man bloss die kegelförmigen Bildungen als Endknöpfe auffassen will, mag dies vielleicht richtig sein. Ich glaube aber, dass die Form dieser Elemente, theilweise wenigstens, auch durch die Art und Weise, in welcher die Nervenfasern an die Zelle herantreten, bedingt ist, und dass sie dort, wo die Fasern sich mehr tangential der Zelloberfläche anschmiegen, gewöhnlich als flache Gebilde erscheinen. So finde ich an der Oberfläche der Purkinje'schen Zellen und ihrer Dendriten zahlreiche solche Endigungen als Ringe und körnige Scheibchen, wie man sie von den Zellen des Rückenmarks her ebenfalls kennt, während die kegelförmigen Knöpfe hier nicht vorzukommen scheinen. Die wellig verlaufenden Axenfäden ziehen der Zelloberfläche entlang und treten mit diesen Ringen in Verbindung, und durchziehen oft mehrere derselben (Taf. III, Fig. 34). Von diesen Plättchen strahlt dann ein Geflecht ganz dünner, sich vielfach kreuzender Fädchen über die Oberfläche aus. Ob es hier zu wirklichen Netzbildungen kommt, bezweifle ich. Die Art der Verflechtung erinnert auffallend an die Verästelungsart der Golginetze und an die epicellulären Netze Cajal's. Mit den letzteren möchte ich auch diese Geflechte identificiren. Man vergleiche zum eben Gesagten Taf. I, Fig. 5 und Taf. III, Fig. 36 mit Fig. 32, 33, 34.

Dass diese feinen, an der Oberfläche sich verzweigenden Fädchen wirklich auch Fibrillen der an die Endknöpfe herantretenden Axencylinder enthalten, scheint mir aus der Abbildung auf Taf. III, Fig. 31, die eine Rückenmarkszelle des Menschen darstellt, bestimmt hervorzugehen.

Hier zeigen schon die Fasern a und e, welche an zwei scheibenförmige Endknöpfe herantreten, deutlich eine gabeligē Theilung innerhalb dieser Scheiben. Ferner sieht man die Axencylinder b und c mit zwei grossen kegelförmigen Anschwellungen enden, die in ihrem Innern feinste Fädchen enthalten. Aus dem Endknopfe der Faser b treten auch vier solche Fäserchen heraus. Zwei verlieren sich an der Oberfläche, einer zieht zu einem etwas entfernten kleinen Knötchen, während der vierte zum benachbarten dicken Endknopf in Beziehung tritt. Ebenso tritt aus dem gleichfalls fibrillären Endknopf der Faser c eine Fibrille auf die Zelloberfläche aus, und theilt sich hier gabelig; ein Ast derselben tritt in Verbindung mit einem Knopfe, während der andere an der Oberfläche frei weiter zieht. Aehnliche Bilder sehen wir am Endknopf des Axencylinders d. Ob eine directe Verbindung dieser Endknopffibrillen mit den intracellulären Fibrillen besteht, kann man an diesen Präparaten nicht sehen, da die Zelle selbst bloss diffus gelb gefärbt ist.

Bielschowsky und Wolff (7) haben die beschriebenen epicellulären Geflechte an den Purkinje'schen Zellen sehr deutlich dargestellt und ihren Uebergang in das intracelluläre Fasergewirr beschrieben und schön abgebildet. Das hier beschriebene epicelluläre Geflecht findet man auch an Präparaten, die mit der Cajal'schen Silbermethode ohne Vorfirung behandelt wurden, an der Oberfläche der Zellen wieder. An Taf. III, Fig. 23 sieht man schon deutlich von den Knöpfen, die in den Golginetzmaschen liegen, feine Fädchen ausgehen, so dass die Knöpfchen sternförmig aussehen. Taf. III, Fig. 35 A zeigt eine kleine Zelle aus dem Rückenmark des Hundes. Man sieht hier ebenfalls von den ringförmig erscheinenden Knöpfen Fasern sternförmig ausstrahlen und die Knöpfe untereinander verbinden und die Zelloberfläche überziehen. Fig. 35 B zeigt eine Zelle des Kaninchenrückenmarkes, an welcher man ebenfalls feine, an der Oberfläche verlaufende Fädchen, welche sich vielfach überkreuzen und theilen, von den Endknöpfen ausstrahlen sieht. An den nach rechts und nach links abgehenden Zellfortsätzen sieht man den Zusammenhang dieses epicellulären Geflechtes mit den Knöpfen und mit den von den Zellfibrillen gebildeten epicellulären Netzmaschen. Dieser Zusammenhang von Knöpfen, epicellulärem Netz und Zellfibrillen ist auch an der Zelle Taf. III, Fig. 36 zu sehen, die der Oblongata des Meerschweinchens entstammt.

Die Silbermethode zeigt uns also, dass die Axencylinder an den vielen Endknöpfen, zu denen sie in ihrem Verlaufe Zweige abschicken, netzartig zusammenhängen, hier geben sie dann ihre Fibrillen ab, die ein epicelluläres Geflecht bilden, das sich wahrscheinlich in das epi-

celluläre Geflecht der Zellfibrillen fortsetzt. Ob es sich dabei um wirkliche Netze handelt, scheint mir zweifelhaft. Ich muss ferner gestehen, dass ich den Zusammenhang von extra- und intracellulären Fibrillen trotz dieser Präparate nicht für einwandfrei bewiesen erachte; ich glaube vielmehr, dass die Metallimprägnation wegen der ihr anhaftenden Mängel nicht geeignet ist, eine Entscheidung dieser Frage herbeizuführen.

Ich denke mit meinen Angaben über die Endfüsschen und das von ihnen ausgehende epicelluläre Geflecht grösstentheils mit den älteren Angaben Held's (12) und zum Theil auch wohl Auerbach's (1, 2) im Einklang zu stehen. In letzter Zeit hat Held (14) mit der Cajal'schen Methode Untersuchungen über die Endknöpfe angestellt und kommt auch zu dem Schluss, dass die Fibrillen der Axencylinderenden mit den intracellulären Fibrillen zusammenhängen. Es giebt nach Held zwei Arten, nach welchen dieser Zusammenhang erfolgt. Bei der einen bilden die Fibrillen im Endfuss ein Netz, das mit dem intracellulären Netze zusammenhängt; bei der anderen ziehen die Fibrillen des Endfusses direct radiär in das Innere der Zelle. Diese letztere Angabe macht neuerdings auch Auerbach (3). Für die erste Art der Endigung als Fibrillennetz im Endfuss gilt das für die Fibrillennetze im Allgemeinen schon Gesagte, und ich stimme der Ansicht Wolff's bei, der diese Netze gleichfalls für Wabenstructuren hält. Taf. III, Fig. 31 zeigt ebenfalls bei f eine netzige Structur des an die Zelle herantretenden Axencylinders und seines Endknopfes, aber der Vergleich mit den Endknöpfen, die sich an derselben Zelle in unmittelbarer Nähe ansetzen, lässt es wohl mehr als fraglich erscheinen, ob solche grobe honigwabenähnliche Bildungen als Fibrillennetze gedeutet werden dürfen. — Die zweite Verbindungsart, bei der radiäre Fäserchen in das Zellinnere eintreten, will ich nicht bestreiten, möchte aber nochmals erwähnen, dass man solche Bilder, die mit dieser Imprägnationsmethode gewonnen wurden, nicht als beweisend ansehen kann. Held sagt selbst, dass die Bilder directer Verbindung durch radiäre Verbindungsfäden durch eine ungenügende Imprägnation des Fibrillennetzes zu Stande kommen könnten. Ich bin der gleichen Ansicht, insofern als es sich bei seinen Bildern um eine unvollständige Imprägnation, und zwar des netzigen Wabenwerks des Endfusses handeln könnte, und denke, dass solche Bilder nur mit äusserster Reserve als Fibrillenübergänge gedeutet werden dürfen.

Taf. III, Fig. 37 zeigt zwar etwas verschiedene, aber doch sehr ähnliche Verhältnisse, indem von den Endknöpfen blass gefärbte Verbindungsfäden zum Theil der Oberfläche der Zelle entlang ziehen, zum

Theil in das Innere der Zelle einzudringen scheinen. Einen einwandsfreien directen Uebergang von deutlich gefärbten Fibrillen des Endknopfes in intracelluläre Fibrillen kann ich aber weder an Held's Abbildungen, noch auch an meinen eigenen Präparaten wahrnehmen und ich kann diese blassen Fädchen nicht als hinreichenden Beweis für eine Verbindung von intra- und extracellulären Fibrillen ansehen, so wahrscheinlich mir ein solcher Zusammenhang auch vorkommen mag.

Auch die geknickten Linien, die in den sonst so scharfen Abbildungen Wolff's (19) den Zusammenhang zwischen intracellulären Fibrillen und den Endknöpfchen zeigen sollen, machen mir nicht den Eindruck von Fibrillen. Bilder aber, wie sie Held (14) in seiner Fig. 9 bei a und Fig. 15 bei a und b wiedergiebt, scheinen mir gar nicht Endknöpfe zu sein. An Cajal'schen Präparaten färbt sich oft, besonders bei der Nachvergoldung, die von Bethe als diffuses Füllnetz bezeichnete Bildung recht deutlich und man kann daran sehen, wie sich dasselbe ebenfalls an die Zelloberfläche ansetzt. In diesen diffusen Netzen sieht man oft auch Fäserchen verlaufen, über deren Natur ich nichts Bestimmtes auszusagen vermag, die ich aber für Gliafasern halten möchte, da ich sie in grosser Anzahl auch in der weissen Substanz gefunden habe. Dass ein Zusammenhang dieses wabig gebauten diffusen Netzes mit den Wabenstructuren der Ganglienzellen häufig zu sehen ist, erwähnt auch Wolff in der oben citirten Arbeit. Allerdings ist es schwer, sich aus Abbildungen ein richtiges Urtheil zu bilden. Mich erinnern aber die eben erwähnten Bildungen auf den Tafeln Held's mit ihren grossen, maschigen, undeutlich begrenzten und mit der Umgebung vielfach in Verbindung stehenden Conturen, viel mehr an die eben beschriebenen Verhältnisse als an die viel kleineren und scharf conturirten Endknöpfe.

Gelegentlich sieht man (und zwar bei allen Methoden) Fibrillen scheinbar frei aus der Zelle in das umgebende Gewebe treten. Dies sind aber seltene und nur schwer zu deutende Befunde. So lange sie vereinzelt bleiben, entziehen sie sich einer richtigen Deutung. Meistens ist die Stelle, an welcher solche Fäden das Zellinnere verlassen, ohne von Protoplasma begleitet zu sein, etwas unklar. In anderen Fällen findet man einige dickere Netzmaschen, durch die hindurch man die Fibrillen verfolgen zu können glaubt. Ich erinnere hier an den Taf. II, Fig. 15 B wiedergegebenen scheinbaren Eintritt einer Fibrille in die Zelle an einem Joris' Präparate, während wir an der nach der Donaggio'schen Methode gefärbten Zelle Taf. II, Fig. 16 bei a ein von einer Hülle begleitetes Fädchen sehen, welches ebenfalls über eine an der Oberfläche der Zelle befindliche undeutliche Maschenbildung hinüber in das Zellinnere sich scheinbar verfolgen lässt.

Man kann wohl den Zusammenhang der Axencylinder mit den Endknöpfen nicht besprechen, ohne sich der Frage gegenüber gestellt zu finden, wie denn dann der deutliche Befund eines Zusammenhanges der an die Zelle tretenden Fasern mit den Golginetzen an Bethe'schen Präparaten zu erklären ist. Denn die Golginetze, einfach für Kunstproducte der Gerinnung zu halten, wie dies Cajal thut, halte ich schon angesichts der Thatsache, dass sie sich bei so verschiedenen Methoden (Golgi, Bethe, Bielschowsky, Donaggio, Held etc.) stets in gleicher Weise wieder darstellen lassen, für sehr unwahrscheinlich; — sie aber für den oberflächlichen Theil des Zellwabenwerkes anzusehen, wie Wolff(19), scheint mir schon deshalb nicht berechtigt, weil man an Zellen mit besonders deutlichen Golginetzen (z. B. am Nucleus dentatus) deutlich den Querschnitt der Bälkchen dem Zellrande aufsitzen sieht. Es kann eine starke Imprägnation der oberflächlichen Theile des Wabenwerkes oder der darin verlaufenden Fibrillen ein epicelluläres Netz oder — wenn der Silberniederschlag noch dicker ist, — ein dem Golginetz ähnliches Bild liefern. (Taf. I, Fig. 8.) Aber dies dürfte gerade daher kommen, dass das Protoplasma bei der Gerinnung zu einem Wabenwerke sich an die festeren Bestandtheile, z. B. die Fibrillen und eben auch das Golginetz, anlegt und daher bei der Färbung eine ähnliche Bildung vortäuschen kann. Ich will später noch einige Gründe anführen, die mir ganz gegen die Auffassung der Golginetze als derartige Kunstproducte zu sprechen scheinen, wie z. B. ihr Vorkommen in einigen intracellulären Bildungen u. a. m.

Wie sind nun die Bilder Bethe's, die den Uebergang einer Nervenfaser in das Golginetz zeigen, zu deuten? Schliesst man die Möglichkeit einer doppelten Verbindungsart zwischen den Zellen und der von aussen kommenden leitenden Elemente aus, so lässt sich vielleicht die folgende Erklärung geben:

Zwischen den einzelnen Endknöpfen bleibt an der Zelloberfläche nicht viel mehr Raum frei, als das Balkenwerk des Golginetzes ausfüllt, wie man sich an Zellen, deren Endknöpfe grösstentheils gefärbt sind, und die ein negatives Golginetzbild geben, überzeugen kann. Da nun die Axenfäden an den Endknöpfen vorbei (Fig. 27b) an die Zelloberfläche ziehen und im Zwischenraume zwischen den einzelnen Endknöpfen weiterlaufen, also da, wo sich die Golginetze ausbreiten (Taf. III, Fig. 32, 33), so wird es davon abhängen, wie weit der Axenfaden sich färbt, um ihn entweder wie am Cajal'schen Präparate, an der Spitze des Endknopfes oder, falls er sich bloss etwas weiter färbt, wie bei der Bethe'schen Methode, an den Golginetzbalken enden zu sehen.

Man vergleiche zu dem eben Gesagten in der Bethe'schen Abhandlung die Bilder auf Taf. 29, Fig. 8 b, e, f, g. Man vergleiche ferner hier Taf. III, Fig. 25 und Fig. 32. Die Anwendung der Cajal'schen Silbermethode an Gelatineschnitten zeigt uns aber weiter, dass weder die eine, noch die andere Stelle der Endpunkt des Axencylinders ist, sondern dass derselbe an der Oberfläche weiterläuft, um an verschiedenen Endknöpfen seine Fibrillen abzugeben, welche sich dann zwischen den Endknöpfen, also an der Stelle der Golginetze, als epicelluläres Netz ausbreiten. Auch an Bethe'schen Präparaten kann man oft Bilder finden, die eine solche Auffassung bestätigen. An Taf. IV, Fig. 41 sehen wir, wie der Axenfaden sich an den Dendriten B anlegt, wo er in innige Beziehung zu dem Golginetze tritt. Er läuft bald quer durch eine Golginetzmasche durch, bald scheint er die Begrenzung derselben zu bilden. Bei Verschiebung der Mikrometerschraube macht es den Eindruck, als ob einzelne Golginetzbalken bald über, bald unter ihm zögen. Zuletzt entfernt er sich wieder von der Oberfläche der Zelle. Dieses Bild dürfte in Cajal'schen Präparaten solchen Stellen entsprechen, wie sie Taf. III, Fig. 27 a, 32 b etc. wiedergiebt.

Was ist aber dann das Golginetz?

Bethe unterscheidet neben dem die Ganglienzellen und die Fortsätze überziehenden und auf diese beschränkten Golginetz noch das diffus ausgebreitete Füllnetz. An wenig differenzierten Präparaten ist das Golginetz zugleich mit dem Füllnetz gefärbt, und beide sind schwer von einander zu unterscheiden. Dagegen erhält man bei weitgehender Differenzierung eine deutliche Färbung des Golginetzes auf ungefärbtem Zellgrund, während das Füllnetz an solchen Präparaten bloss ganz blass gefärbt bleibt. Die Balken des Füllnetzes sind weniger scharf conturirt, heller gefärbt und nicht so gleichmässig homogen wie jene des Golginetzes, sondern sehen etwas körnig aus; die Maschen des Füllnetzes sind weiter als die des Golginetzes, ferner tritt das Füllnetz in Beziehung zu Gliazellen, Blutgefässen und Pia, das Golginetz aber nicht. Dies sind nach Bethe die wichtigsten Unterschiede zwischen diesen zwei Bildungen.

Es ist nun allerdings im Allgemeinen sehr richtig, dass, wenn man aus einer Gleichartigkeit der Färbung nicht auf eine Gleichartigkeit der gefärbten Structuren schliessen darf, eine Verschiedenheit der Färbung doch darauf schliessen lässt, dass die Structuren nicht identisch sind. Aber auch dieser letzte Schluss ist nur mit einer gewissen Einschränkung berechtigt. Es ist nämlich bei der Färbung nicht nur der chemische Factor zu berücksichtigen, sondern auch ein mechanischer, und es ist

sehr wohl möglich, dass das Golginetz und das Füllnetz trotz der Färbungsdifferenz identisch seien, indem durch das stärkere Haften von Molybdat oder von Farbstoff an der Zelle das Golginetz noch gefärbt erscheint oder von der Zelle noch Molybdat und Farbstoff aufnimmt, wenn durch die Differenzirung das Füllnetz seine Färbbarkeit schon zum grössten Theil eingebüsst hat.

Zwar sieht man an stark differenzirten Bethe-Präparaten nur wenig Fädchen vom Golginetz in das umgebende Gewebe ziehen. Dagegen sieht man an Präparaten, an denen das Golginetz nach der von Donaggio angegebenen Methode gefärbt ist, zahlreiche Verbindungen desselben mit dem Füllnetz.

Dieser Zusammenhang des Golginetzes mit dem Füllnetz tritt ferner bei Anwendung der Bethe'schen Methode am Rückenmark von Rinds-Embryonen auch bei starker Differenzirung sehr deutlich zu Tage. Hier ist das Füllnetz nur um wenig heller gefärbt als das Golginetz. Die Bälkchen des letzteren sind ebenfalls etwas körnig, die Maschen des Füllnetzes sind allerdings etwas weiter, aber man kann genau den Uebergang der einzelnen Maschenbalken des Golginetzes in das Füllnetz verfolgen und es ist unmöglich, eine Grenze zwischen beiden anzugeben. Das Füllnetz durchzieht mit seinen dunkel gefärbten Bälkchen die ganze weisse Substanz als ein Netz von wechselnder Maschenweite. In der Nähe von Gliazellen werden die Maschen enger und die Bälkchen setzen sich an die Peripherie der Gliazelleiber an (Taf. III, Fig. 38 a) und überziehen dieselben (b). Ausser dieser Art des Ansatzes, bei welchem zwischen Gliakern und Netz ein oft ungefärbt bleibender Protoplasmahof sich findet, sieht man auch oft eine directe Verbindung des Netzes mit dem Gliakern (c) mittels fussförmiger Ansätze. Gewöhnlich sind diese Kerne, um die kein Protoplasma zu sehen ist, viel dunkler gefärbt und körnchenärmer. Diese Kerne scheinen den Uebergang zu bilden zu etwas kleineren, tiefblau gefärbten, die im engsten Zusammenhange mit dem Netze stehen und in den Netzmaschen gleichsam verfangen liegen. Dieselben sind oft rund, andere wieder in der Mitte eingeschnürt (e) oder gelappt und können überhaupt die verschiedensten Formen aufweisen. Eine vierte Form von Kernen (Taf. III, Fig. 38 d) ist ebenfalls dunkel gefärbt, oval und trägt an beiden Enden eine Protoplasmakappe, welche sich in dendritisch verzweigte Ausläufer fortsetzt, deren Aeste die Bälkchen des Füllnetzes zu bilden scheinen. Mit Ausnahme der letzten Kernform findet man alle hier beschriebenen auch in der grauen Substanz wieder.

Nicht nur in der Nähe grosser Gliazellen, sondern auch dort, wo das Füllnetz ganze Bündel von Nervenfasern umhüllt, werden seine

Maschen enger; man sieht dies am besten an Längsschnitten durch die weisse Substanz (Taf. III, Fig. 38 zwischen den mit a, b, c, d bezeichneten Gliakernen). An diesen Stellen erinnert das Netz dadurch, dass es auch in seiner Form regelmässiger wird und sich viel intensiver färbt, sehr an das Golginetz. Ferner hat man auch da, wo eine besonders dicke Markfaser umspinnen wird, ebenso an den bekannten Schnürringen (Taf. III, Fig. 38 SR), oft genug auch an Blutgefässen den Eindruck von grösserer Regelmässigkeit und dunklerer Färbung des Maschenwerks. Taf. III, Fig. 39 zeigt ein Blutgefäss in der weissen Substanz. Der Theil des Füllnetzes, der dasselbe überzieht, besitzt alle Merkmale des Golginetzes.

Es scheint mir aus diesen Präparaten hervorzugehen, dass diese Aenderung im Aussehen des Füllnetzes überall dort stattfindet, wo dasselbe sich an irgend ein Gebilde enger anlegt. — Beim Uebergang aus der weissen in die graue Substanz sieht man, besonders an Rückenmarksquerschnitten, wie das Füllnetz allmählig dichter und enger wird. Auch in der grauen Substanz verdichtet sich dasselbe in der Nähe der Gliazellen noch mehr und die Maschen nehmen an Regelmässigkeit zu.

Taf. IV, Fig. 40 zeigt zwei Ganglienzellen mit ihren Golginetzen aus dem Vorderhorn des Rinds-Embryo. Die Balken des Golginetzes erscheinen hier am Präparate etwas gekörnt, was in der Zeichnung nicht wiedergegeben werden konnte. Da, wo die Zellen nahe aneinander liegen, geht das Golginetz der einen, den Zwischenraum überspannend, in das der anderen über; ein Verhalten, auf welches Bethe schon vor langer Zeit aufmerksam gemacht hat. Ein dunkler runder Gliakern a liegt ganz im Maschenwerk dieser Golginetzbrücke; der Kern b zeigt zahlreiche Verbindungen einerseits mit den Bälkchen des Golginetzes, andererseits des Füllnetzes. Dies gilt auch vom Kerne c. Ueberhaupt ist bei Embryonen das Verhältniss zwischen Golginetzen und Gliakernen ein sehr inniges. Man findet beinahe regelmässig an den Ganglienzellen einen oder mehrere dunkle kleine Gliakerne, an welche sich einzelne Bälkchen des Golginetzes ansetzen, so dass in Betreff dieses Zusammenhangs zwischen dem Golginetz und dem Füllnetz kein besonderer Unterschied zu bemerken ist (Fig. 48 B, g). Auch eine deutliche Grenze zwischen diesen beiden Structuren kann man nicht beobachten, vielmehr sieht man die Bälkchen des einen in die Bälkchen des anderen übergehen, und die Golginetzbrücke, die sich auf Fig. 40 von der einen Zelle zur anderen spannt, ist vom Füllnetz nicht zu unterscheiden. Erst in einiger Entfernung von den Zellen werden die Maschen des Füllnetzes weiter, heller und ihre Körnung auffallender.

Taf. IV, Fig. 41 zeigt uns eine andere Ganglienzelle eines Rinds-embryo des letzten Monats. An der linken unteren Seite der Zelle setzen sich die Balken des Golginetzes deutlich und allmähig in die des Füllnetzes fort und ziehen über einen darunter liegenden Gliakern a hinweg, um zu einem zweiten entfernteren Gliakern b in Beziehung zu treten. Neben dem rechts oben abgehenden Zellfortsatz A ist an einem vorbeiziehenden Axencylinder (ax_1) ein Glaschnürring SR zu sehen; die in seiner Nähe etwas enger gefügten und dunkler gefärbten Maschen des Füllnetzes lassen sich genau bis zu ihrem Uebergang in das Golginetz des Dendriten verfolgen. Ebenso sieht man am Zellfortsatz B, der aus der optischen Ebene nach unten zu verschwindet, das Golginetz sich in's Füllnetz fortsetzen.

Ich möchte an diesen Präparaten noch darauf aufmerksam machen, dass bei Embryonen in Folge von Schrumpfung des Zelleibes das Golginetz oft von der Zelloberfläche etwas abgehoben erscheint und sich wie ein Schleier zwischen zwei Zellfortsätzen ausspannt, was hier Fig. 41 an der rechten Seite des Zelleibes zu sehen ist, oder es hat sich der Zelleib retrahirt und es bleiben einzelne Golginetzmaschen mit dem Füllnetz in Verbindung z. B. auf Taf. IV, Fig. 40 an der rechts gelegenen Zelle. (Vielleicht sind an Joris'schen Präparaten Stellen, wie sie Taf. II, Fig. 15 A zeigt, ebenso zu deuten.)

Die innige Beziehung der Gliakerne, besonders der dunkel gefärbten zum Golginetz, das ebenfalls etwas körnige Aussehen der Balken des Golginetzes bei Embryonen, die Ablösung des mit dem Füllnetz in Verbindung stehenden Golginetzes vom Zelleib bei dessen Schrumpfung, die durch den Wechsel in Maschenweite und Färbung bedingte Aehnlichkeit des Füllnetzes mit dem Golginetz, dort wo es sich an einzelne Gebilde anschmiegt, besonders aber der deutliche Zusammenhang und Uebergang der Bälkchen dieser beiden Netzsysteme ineinander, all dieses spricht sehr für die Identität dieser beiden Netzgebilde.

Bethe hat in den Golginetzen mit besonders breiten Balken Fibrillen beobachtet. An meinen Präparaten, da sie hauptsächlich vom Rückenmarke stammen, habe ich dies Verhalten nicht sehen können, dagegen habe ich öfters an tangential angeschnittenen Zellen (Fig. 42) den Eindruck gehabt, als ob die Fibrillen an der Oberfläche der Zelle zu kurzen dünnen Bündeln vereint, sich unter die Balken des Golginetzes zu einem Maschenwerk einordneten. Hier unter den Balken des Golginetzes breitet sich auch das Fibrillengeflecht aus, welches aus den an die Endknöpfe herantretenden Axencylindern stammt.

Mir scheint also das Golginetz aus zwei Theilen zu bestehen: aus einem nervösen, den Zellfibrillen und den Axencylinder-Endausbreitungen gehörigen i. e. dem epicellulären Geflecht — und einem nicht nervösen, dieses Geflecht bedeckenden, zum Füllnetz gehörigen Theil. Vielleicht finden beim Wachsthum später gewisse Aenderungen statt, die den bei Erwachsenen scheinbar grösseren Unterschied zwischen Füllnetz und Golginetz bedingen.

Es bilden also jene Theile des Füllnetzes, in denen Neurofibrillen ihren Verlauf nehmen, das regelmässiger gebaute und sich besser färbende Golginetz, und dies könnte das localisirte Auftreten von Golginetzen an jenen Stellen des Centralnervensystems erklären, wo sich viele Axencylinder aufsplittern.

III. Intracelluläre Netzsclläuche.

Schliesslich will ich noch eine eigenthümliche Bildung erwähnen, deren Kenntniss vielleicht geeignet ist, auf die hier besprochenen Verhältnisse einiges Licht zu werfen. Auf Rückenmarksschnitten des Rindsembryo, die nach der oben angeführten Modification der Cajal'schen Methode behandelt worden waren, fielen mir an einzelnen Stellen im Zellprotoplasma flaschenförmige Schläuche auf, die von der Oberfläche in das Innere der Zelle eindringen. Taf. IV, Fig. 43 zeigt eine Zelle, an deren Oberfläche sich die Endknöpfe ansetzen. Drei solche Schläuche heben sich, obwohl an ihnen keine deutliche eigene Wandung zu sehen ist, durch die hellere Färbung von dem sie allseits umgebenden Protoplasma scharf ab. Sie beginnen an der Oberfläche mit einer trichterförmigen Einsenkung, und ein engerer Hals führt zu einer blasenförmigen Erweiterung des Endstückes. — Alle drei enthalten einen tief-schwarz gefärbten Inhalt, der ihr Lumen nicht ganz ausfüllt und als geschlängelter, stellenweise varicös aufgetriebener dicker Faden von ihrem Grunde bis zur Mündung reicht, oder auch, wie an den mit a und b bezeichneten Schläuchen aus der Zelle herausgeht und sich im umgebenden Gewebe verliert. — Im blasenförmigen Ende besteht der Inhalt aus kleinen schwarzen Knollen und unregelmässig geformten, coagulaähnlichen Massen (c). Sind solche Schläuche leer und am Schnitt quer getroffen, so sehen sie wie Lücken im Protoplasma der Zelle oder wie Vacuolen aus.

Fig. IV, Fig. 44 zeigt eine Vorderhornzelle des Rindsembryo aus einem nach Bethe's Methode gefärbten stark differenzirten Präparate. Man kann auch hier zwei solche Schläuche mit der blasenförmigen Erweiterung des Grundes sehen, deren fadenförmiger, sich intensiv färbender Inhalt an der Oberfläche aus der Zelle tritt. Bei x sehen wir ein

ganz kleines Gebilde dieser Art als seichte Einbuchtung der Zelloberfläche.

Taf. IV, Fig. 45 giebt im Wesentlichen dasselbe wieder, nur ist hier deutlich eine dunkel gefärbte Linie als Wandung des Schlauches differenzirt. Dem Grunde zu wird dieselbe etwas undeutlicher. An der Mündung des Schlauchs setzen diese Begrenzungslinien beiderseits an Knotenpunkten des Golginetzes an, während ein Bälkchen desselben die Lippe der Mündung zu bilden scheint. Auch in diesem Schlauch ist ein schwarzer Inhalt zu sehen.

Ganz ähnliche Bildungen habe ich auch an Rückenmarkszellen von älteren Embryonen und neugeborenen Kälbern vorgefunden, auf stark differenzirten Schnitten, an denen die Golginetze gut zu sehen sind. An der Taf. IV, Fig. 46 abgebildeten Zelle bemerkt man bei a einen ähnlich geformten, von der Oberfläche in das Zellinnere eindringenden, am Grunde etwas erweiterten Schlauch, dessen Wandung deutlich vom Zellplasma sich abhebt, und zwar wird sie von einem engmaschigen Netze gebildet, dessen dunkel gefärbte Bälkchen an der Zelloberfläche mit den Bälkchen des Golginetzes sowohl wie auch des Füllnetzes in Verbindung treten. Das Protoplasma scheint auch das Innere des Schlauches auszufüllen.

Ich will hier gleich erwähnen, dass es sich bei diesem und bei den folgenden Präparaten stets um Serienschnitte handelt, dass die zu besprechenden Verhältnisse stets an aufeinander folgenden Schnitten verfolgt wurden, somit eine etwaige Verwechslung mit nicht-intracellulär gelegenen Bildungen ausgeschlossen ist. Bei der Wiedergabe mit dem Zeichenapparat wurde auf die Einzelheiten der Netzstrukturen besondere Sorgfalt verwendet.

Taf. IV, Fig. 46 zeigt ausserdem noch bei b eine gleichartige, aber etwas seichtere, sprossenartig in das Zellinnere vordringende Bildung mit netziger Wandung. An der in Taf. IV, Fig. 47 abgebildeten Zelle sehen wir den Uebergang der netzigen Schlauchwandung in's Netz der Peripherie an den mit a und b bezeichneten Schläuchen noch viel deutlicher. Wie früher erwähnt, geschieht es bei jungen Thieren oft, dass bei Schrumpfung der Zelle durch die Härtingsflüssigkeit ein freier Zwischenraum zwischen dem Zelleib und den Netzen der Oberfläche entsteht. Nun sieht man hier den Hals der Schläuche a und b über diesen Schrumpfungsraum hinübersetzen, und sich mit dem umgebenden Netzwerk vereinigen. Die beiden Schläuche a und b sind am Grunde aufgetrieben und zwar zeigt a zwei solche blasenförmige Auftreibungen, c ist ein im Schnitte quer getroffener, von unten her eindringender Schlauch, der den Eindruck einer Vacuole macht. Die Netze dieser

Gebilde tragen das Gepräge der Golginetze: sie sind dunkel gefärbt von homogenem Aussehen, nur wenig gekörnt und bilden enge, gut umgrenzte Maschen, deren Balken an den Knotenpunkten etwas verdickt sind. — d ist ein äusserst langer Schlauch, der beinahe den ganzen Leib durchsetzt. Die Netzbalken seiner Wandungen gehen auch deutlich in die Bälkchen des die Zelle umgebenden Netzes über und treten an der Mündung in Beziehung zu einem dunkeln Gliakern, der mit einer Vorwölbung in die Mündung des Schlauches hineinragt. Der Schlauch besitzt einen langen Hals, der links ein Divertikel trägt. Der Hals mündet in eine weite Blase, die durch einen dünnen Gang mit einem zweiten Bläschen zusammenhängt, das sich allmählig verjüngt und in ein dünnes, fadenförmiges Gebilde spitz ausläuft, das beinahe bis an die gegenüberliegende Zellwand reicht. — Im zweiten Hohlraum befindet sich eine dunkel tingirte, coagulirte Masse. Man findet gelegentlich auch solche Schläuche mit entgegengesetzt gerichteten Mündungen, die dann wie ein Canal von einer zur anderen Seite quer durch das Zellprotoplasma laufen.

Ausser den hier besprochenen blasenartigen Erweiterungen und kurzen Divertikeln habe ich an solchen Gebilden nie eine stärkere Verzweigung in das Zellinnere eindringen sehen. Kann man schon an diesen längsgetroffenen Schläuchen den Zusammenhang mit den Netzen an der Zelloberfläche constatiren, so sieht man ganz unzweideutig solche Zusammenhänge bei Betrachtung derselben in der Aufsicht. Taf. IV, Fig. 48 A zeigt uns den blasenartig erweiterten, mit einem kleinen Divertikel (b) versehenen Grund (a) eines der besprochenen Gebilde, mit seiner Verengerung zum Halse H, innerhalb des Zelleibs ungefähr in Kernhöhe getroffen. Taf. IV, Fig. 48 B stellt dasselbe Gebilde dar, bei einer etwas tieferen Einstellung gezeichnet. Man kann jeden einzelnen Netzbalken der Wandung des Halses deutlich verfolgen, wie er sich in einen Netzbalken des Golginetzes, welches an der Zelloberfläche gut gefärbt ist, fortsetzt. Es wird also die Wandung dieser Schläuche von einem Fortsatz des Golginetzes in das Zellinnere gebildet.

Dieser Befund von Golginetzen innerhalb der Ganglienzellen spricht sehr gegen die Hypothese, dass dieselben nur ein Gerinnungsproduct seien oder bloss den oberflächlichsten Antheil des protoplasmatischen Wabenwerks darstellen. Der Umstand aber, dass diese Theile des Golginetzes aus dem Zelleib, wenn sich derselbe durch Schrumpfung retrahirt, theilweise herausgezogen werden und mit dem umgebenden Netze in Zusammenhang bleiben, zeigt nochmals klar, in welch' innigem Zusammenhang das Golginetz mit dem Füllnetz steht und ist ein Beweis mehr für die Einheitlichkeit dieser beiden Netzstrukturen.

Zeigt Taf. IV, Fig. 47 einen Gliakern, der zum Theil schon in der Mündung eines intracellulären Schlauches liegt, so sehen wir an der auf Taf. IV, Fig. 49 wiedergegebenen Zelle mit a bezeichnet, einen Zeileinschluss, der in Grösse, Färbung und Aufbau vollkommen den ausserhalb der Zelle liegenden Gliakernen gleicht, und der zum Theil von Netzmaschen umhüllt ist. Bei b sehen wir ebenfalls ein rundes, dunkel gefärbtes kernähnliches Gebilde innerhalb des Gitterwerks eines Schlauches, wie ein Ball in einem Netze liegen. Ein Theil dieses Kernes ist zu kleinen Schollen zerfallen. Solche Zerfallsproducte findet man in diesen Schläuchen häufig. Auch bei c haben wir einen solchen Zeileinschluss. — Vielleicht hat Kronthal ähnliche Bildungen vor sich gehabt, als er das Vorkommen von fremden Kernen innerhalb der Ganglienzellen beschrieb.

Taf. IV, Fig. 50 zeigt uns ein den Zeileib ganz durchziehendes breites Kanälchen, in dessen Innerm sich ein dunkler Gliakern befindet, um den sich ein Netzwerk von feinen Bälkchen ausspannt, welches, mit den Netzen an der Peripherie der Zelle zusammenhängt.

Aber nicht nur Golginetz, Füllnetz und Gliakerne sind in diesen Gebilden, sondern es setzen sich, wie Taf. IV, Fig. 51 zeigt, auch Nervenendknöpfe an deren Wandungen an. Es stellt dies eine Zelle des Rückenmarks des neugeborenen Kalbes dar, nach Cajal's Methode gefärbt und nachvergoldet. Bei a ist die Wand eines kurzen, daher vacuolenähnlichen Schlauches mit Endknöpfen dicht besetzt, während bei b sogar die zu den Endknöpfchen hinzutretenden Fäserchen noch zu sehen sind. Bei c haben wir ein fadenförmiges Gebilde, wie wir es von der Zelle auf Fig. 43 her schon kennen.

Es fragt sich nun, was wohl diese Gebilde sein mögen?

Mit den von Golgi, Holmgren, Adamkiewitsch beschriebenen intracellulären Bildungen haben sie nichts gemein. — Bethe fand bloss an Spinalganglienzellen mittels seiner Methode, ebenfalls bei starker Differenzierung, glattwandige, sich verzweigende, die ganze Zelle durchsetzende Röhren, die oft auch zwei nebeneinander liegende Zellen durchziehen. Mit den hier beschriebenen Bildungen haben dieselben aber keine weitere Aehnlichkeit.

Man könnte annehmen, dass es sich bei den von mir beschriebenen Schläuchen um untereinander ganz verschiedenartige Dinge handelt, die ich als gleichartige beschrieben habe. Vor einem derartigen Irrthum schützt aber die Beobachtung der vielfachen Zwischenstufen und Uebergänge von den ganz seichten bis zu flaschenförmig langgestreckten Schläuchen mit oder ohne Inhalt und bis zu jenen, die ganze Zelle

durchziehenden Kanälchen mit oder ohne Divertikel, bald mit, bald ohne Kerneinschlüsse.

Es erscheinen mir für diese Bildungen mit Rücksicht auf das embryonale oder sehr jugendliche Alter der untersuchten Thiere zwei Deutungen möglich. Entweder handelt es sich um eine Sprossung des umgebenden Gewebes in das Zellinnere oder haben wir es hier mit einer Wachstumserscheinung der Ganglienzelle selbst zu thun. Diese zweite Annahme scheint mir aus folgenden Gründen bei weitem die wahrscheinlichere zu sein.

Die Ganglienzelle im Rückenmark wächst wohl nicht durch blosse gleichmässige Auftreibung ihres Leibes. Darauf weist uns schon der Umstand hin, dass die so verschieden geformten und so reich verzweigten Zellen aus einfachen spindelförmigen Elementen entstehen. Die Zelle wächst vielmehr nach allen Seiten in das umliegende Gewebe hinein. Dabei umschliesst sie Theile dieses Gewebes sammt den darin enthaltenen Nervenfasern, Netzen und Kernen, so dass dieselben entweder sprossenartig in ihren Leib einzudringen, oder denselben auch röhrenartig zu durchziehen scheinen; da an den Präparaten oft das Zellprotoplasma auch die Schläuche ausfüllt, scheint die Zelle auf diese Art zuletzt alle diese Gebilde in sich aufzunehmen. Es dürfte dann allmählig eine regressive Metamorphose und zum Theil auch eine Resorption der für die Zelle fremden Elemente stattfinden und da man oft detritusähnliche Massen in den Schläuchen findet, kann man auch auf eine Ausstossung der unresorbirten Theile (Taf. IV, Fig. 43, Fig. 44, Fig. 4z, 49b, Fig. 50c) aus der Zelle schliessen, während andererseits die mitaufgenommenen nervösen Elemente bestehen blieben (Fig. 51) und die Bereicherung der Zelle an Fibrillen während ihres Wachstums mitbedingen würden.

Wie gewagt auf den ersten Blick hin diese Erklärung auch erscheinen mag, so glaube ich doch, dass sie am besten diese merkwürdigen Bilder erklärt, besonders wenn man berücksichtigt, dass an den Zellen höherer erwachsener Thiere solche Bildungen nicht vorkommen. — Eine wichtige Stütze scheint mir ferner diese Annahme in dem häufigen Vorkommen von Blutgefässen innerhalb der Ganglienzellen bei Embryonen zu finden. Ich habe dies wiederholt an meinen Präparaten beobachten können.

So zeigt Taf. V, Fig. 52 A an einer Zelle aus einer Schnittserie, das Eintreten eines Blutgefässes C mit dem umgebenden Netzwerk und den Gliakernen unter einer Protoplasmabrücke Br durch in das Innere einer Seitenhornzelle. Taf. V, Fig. 52 B zeigt an derselben Zelle auf dem nächsten Schnitte den Austritt dieses Blutgefässes aus

der Zelle. Am nächstfolgenden und am vorhergehenden Schnitte waren die beiden Zellcalotten zu sehen. — Fig. 53 ferner zeigt ein durch eine Ganglienzelle in Begleitung des Füllnetzes hindurch tretendes Blutgefäß, welches hier in Kernhöhe der Zelle quergetroffen ist und welches ich auf sechs Schnitten dieser Serie (10 μ Schnittstärke) innerhalb des Zelleibes finde, und in den nächstfolgenden Schnitten austreten sehe. Zwei Gliakerne g_1 und g_2 und ein Kern c der Capillarwand sind an der auf Fig. 53 wiedergegebenen Stelle ebenfalls zu sehen. Ferner bemerkt man an diesen Präparaten neben dem besprochenen Blutgefäßsdurchtritt eine zweite Lücke a im Protoplasma, in der man das Füllnetz sowie einzelne Axencylinderquerschnitte findet. Diese Lücke lässt sich als kurze Röhre auf drei Schnitten verfolgen. Unterhalb und oberhalb mündet sie in das umliegende Gewebe.

Häufig findet man auch ein Blutgefäß der Oberfläche der Zelle eng angeschmiegt, oft von zwei Vorwölbungen derselben, die eine Rinne dazu bilden, seitlich umschlossen. Dies sind Uebergänge zu den eben besprochenen Verhältnissen. Auch diese letzteren Befunde sowie die Seltenheit des intracellulären Vorkommens von Blutgefäßen in den Ganglienzellen erwachsener höherer Wirbelthiere scheint mir die früher ausgesprochene Ansicht zu bekräftigen, dass wir es bei den hier besprochenen Schläuchen und gefäßhaltigen Canälen mit Wachstumserscheinungen dieser Art zu thun haben.

Eine Entstehung dieser Canäle durch Aneinanderlegung und Verschmelzung von Ganglienzellen, wie es Fragnito für die Holmgrenschen Canäle behauptet, halte ich hier für ausgeschlossen. Bei niederen Wirbelthieren ist das Vorkommen von Blutgefäßen und Glia in den Ganglienzellen kein ganz so seltener Befund. Mencl (18) hat Gliafasern in den Zellen des Lobus electricus des Torpedo beschrieben. Auch er nimmt an, dass nicht diese in die Zellen hineingewuchert seien, sondern dass die Zelle bei ihrem Wachsthum die Gliaelemente in sich eingeschlossen habe.

Ist aber die gegebene Erklärung richtig, so ist sie von einer gewissen Bedeutung für die Kenntniss der Art des Wachstums der Ganglienzellen; denn da die Zelle dabei auch leitende nervöse Elemente ihrer Umgebung in ihren Leib aufnimmt, verstehen wir zugleich, auf welche Weise es beim Wachsthum der Zelle zur Continuität der leitenden Elemente kommen kann.

Zuletzt sei es mir gestattet, Hofrath Prof. Kraepelin und Doc. Dr. Alzheimer für die vielfache Unterstützung, die mir von ihnen bei der Vollbringung dieser Arbeit zu Theil wurde, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Literatur-Verzeichniss.

1. Auerbach, Neurolog. Centralblatt. 1897.
2. Auerbach, Monatsschr. f. Psych. u. Neurolog. 1899.
3. Auerbach, Anatom. Anzeiger. 1904.
4. Bethe, Morphol. Arbeit v. Schwalbe. Bd. VIII. 1898.
5. Bethe, Archiv f. mikroskop. Anatomie. 1900.
6. Bielschowsky, Journal f. Psych. u. Neurolog. Bd. III.
7. Bielschowsky u. Wolff, Journal f. Psych. u. Neurolog. Bd. IV.
8. Cajal, Trabajos del lab. d. invest. biolog. 1903.
9. Cajal, Trabajos del lab. d. invest. biolog. 1904.
10. Donaggio, Rivista sperimentale di freniatria. 1904.
11. v. Gehuchten, Le névraxe. 1904.
12. Held, Archiv f. Anat. u. Physiol., anat. Abth. 1902.
13. Held, Abh. d. Königl. sächs. Ges. d. Wissensch. 1903.
14. Held, Abh. d. Königl. sächs. Ges. d. Wissensch. 1904.
15. Joris, Bulletin d. l'Acad. royale d. médecine. d. Belgique. 1904.
16. Marinescu, Revue neurologique. 1904.
17. Michotte, Le névraxe. 1904.
18. Mencl, Sitzungsab. d. Königl. böhm. Ges. d. Wissensch. 1903.
19. Wolff, Journal f. Psych. u. Neurolog. Bd. IV.

Erklärung der Abbildungen (Taf. I—V).

Figur 1. Vorderhornzelle aus dem Rückenmarke eines Kalbes, Bethe's Methode, gezeichnet mit Immersion, Zeiss-Apochromat 1,5, Compensations-Ocular 8, Abbé-Zeichenapparat. Bei der Reproduktion verkleinert im Verhältniss 2 : 3.

Figur 2. Vorderhornzelle aus dem RM. eines Kaninchens, Bethe's Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2 : 3.

Figur 3. Vorderhornzelle aus dem RM. eines Kaninchens, Bielschowsky's Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2 : 3.

Figur 4. Vorderhornzelle aus dem RM. eines 3 Tage alten Meerschweinchens, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO₃ 4 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 5. Seitenhornzelle aus dem RM. eines älteren Rindsembryo, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO₃ 3 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 6. A Zelle aus der Mitte des Vorderhorns, B Dendrit aus derselben Gegend des RM. eines 3 Tage alten Meerschweinchens, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO₃ 4 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 7. A Zelle aus der Gegend des Centralcanals des RM. eines jüngeren Rindsembryo, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO₃ 3 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

B Zelle aus der Gegend des Centralcanals des RM. desselben Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 8. Vorderhornzelle aus dem RM. eines 3 Tage alten Meerschweinchens, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO_3 4 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 9. A Pyramidenzelle und B ihr peripherer Fortsatz aus der Grosshirnrinde eines erwachsenen Menschen, Bielschowsky's Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 10. Seitenhornzelle aus dem RM. eines jüngeren Rindsembryo, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO_3 3 Tage — Pyrogallus., Nachvergoldung, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 11. Vorderhornzellen A, B und Dendrit C aus dem RM. eines Haifisches (*Scyl. can.*), Cajal's Methode 3 pCt. AgNO_3 3 Tage — Pyrogallus., Nachvergoldung, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2:3.

Figur 12. Vorderhornzellen A, B aus dem RM. eines Fischembryo, Bielschowsky's Methode, C Kern der Zelle B bei tiefer Einstellung, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2:3.

Figur 13. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jüngeren Rindsembryo, Joris' Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2:3.

Figur 14. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Kalbes, Joris' Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2:3.

Figur 15. A und B, zwei Zellen mit einem epicellulären Netz aus der Gegend der Clark'schen Säule des RM. eines jüngeren Rindsembryo, Joris' Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A. Verkleinert 2:3.

Figur 16. Vorderhornzelle aus dem RM. eines Kaninchens, Donaggio's Methode, Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 17. A, B, C, drei Vorderhornzellen aus dem RM. eines Kalbes, Bethe's Methode, A $\frac{1}{2}$ Minute differenziert, B 1 Minute diff., C $2\frac{1}{2}$ Minuten diff., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 18. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Hundes, Cajal's Methode, Ammoniak-Alkohol 1 Tag, 3 pCt. AgNO_3 3 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 19. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Kaninchens, Cajal's Methode, Am.-Alk. 1 Tag, 3 pCt. AgNO_3 2 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 20. Kleine Zelle aus der Mitte des Vorderhorns des RM. eines jungen Hundes, Cajal's Methode, Am.-Alk. 1 Tag, 3 pCt. AgNO_3 3 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 21. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Kaninchens, Cajal's Methode, Am.-Alk. 1 Tag, 3 pCt. AgNO_3 2 Tage — Pyrogallus., Zeiss-Apochr. 1,5, C.-Oc. 12, Abbé-Z.-A.

Figur 22. Zelle aus dem RM. eines Hundes, Cajal's Methode 6 pCt. AgNO_3 5 Tage — Pyrogallus., Vergr. ca. 800f., Abbé-Z.-A.

Figur 23. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Hundes, Cajal's Methode, 6 pCt. AgNO_3 5 Tage — Pyrogallus., Vergr. ca. 1600f., Abbé-Z.-A.

Figur 24. Vorderhornzelle aus dem RM. eines erwachsenen Kaninchens,

Cajal's Methode, Am.-Alk. 3 Tage 3 pCt. AgNO_3 3 Tage — Pyrogallus., Vergr. ca. 1600f., Abbé-Z.-A.

Figur 25. Dendrit aus dem Vorderhorn des RM. eines Kalbes, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 26,¹⁾ 27, 28, 29, 30. Zellen mit Endknöpfen aus dem Vorderhorn des RM. eines Kalbes, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 31. Seitenhornzelle aus dem Halsmark eines erwachsenen Menschen, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 32. Vorderhornzelle aus dem RM. eines Kalbes, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 33. A und B Vorderhornzellen aus dem RM. eines Rindsembryo, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 34. Purkinje'sche Zelle aus dem KH. eines Kalbes, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 35. A Zelle aus dem Hinterhorn des RM. eines Hundes, Cajal's Methode 6pCt. AgNO_3 5 Tage — Pyrogallus; B Vorderhornzelle aus dem RM. eines Kaninchens, Cajal's Methode 6pCt. AgNO_3 4 Tage — Pyrogallus, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 36. Zelle aus dem Med. oblong. eines Meerschweinchens, Cajal's Methode $1\frac{1}{2}$ pCt. AgNO_3 — Pyrogallus, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 37. Zelle aus dem RM. eines Kaninchens, Cajal's Methode Am. Alk. 1 Tag, 3pCt. AgNO_3 — Pyrogallus, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8.

Figur 38. Füllnetz aus der Marksubstanz des RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; a, b, c, d, e Gliakerne, ax Axencylinder, SR. Schnürring.

Figur 39. Blutgefäß mit Füllnetz aus der Marksubstanz des RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; B Blutgefäß, c d dessen Endothel. Kerne, a b Gliakerne.

Figur 40. 2 Zellen mit Golginetz und Füllnetz aus dem Vorderhorn des RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; a, b, c, d Gliakerne.

Figur 41. Zelle mit Golgi- und Füllnetz aus dem hinteren Abschnitt des Vorderhorns eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.; A B Zelldendriten, C Capillare, SR. Schnürring, ax ax₁ Axencylinder, a, b, c, d, e Gliakerne. Verkleinert 2 : 3.

Figur 42. Zelle mit Golginetz aus dem RM. eines Kalbes, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, bloss die Umriss sind mit dem Zeichenapparat ausgeführt.

Figur 43. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jüngeren Rindsembryo, Cajal's Methode am Gelatineschnitte, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.

1) Auf den Figuren 26 bis 37 sind nur die Umriss der Zeichnungen mit dem Abbé-Zeichen-Apparate ausgeführt, die Details sind aus freier Hand bei Benutzung der Mikrometerschraube eingezeichnet.

Figur 44, 45. Zwei Zellen aus dem RM. eines jüngeren Rindsembryo, Bethe's Methode, stark diff., Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; g Gliakerne.

Figur 46. Vorderhornzelle aus dem RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.

Figur 47. Zelle aus dem hinteren Abschnitt des Vorderhorns eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; C₁C₂ Capillaren, g₁g₂ Gliakerne.

Figur 48. A und B dieselbe Vorderhornzelle aus dem RM. eines Rindsembryo bei verschiedener Einstellung, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.; g Gliakerne. Verkleinert 2 : 3.

Figur 49. Seitenhornzelle aus dem RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; g₁g₂g₃g₄ Gliakerne.

Figur 50. Vorderhornzelle aus dem RM. eines jungen Kalbes, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A.; g₁g₂ Gliakerne.

Figur 51. Vorderhornzelle eines jungen Kalbes, Cajal's Methode 3 pCt. AgNO₃ 3 Tage — Pyrogallus. — Nachvergoldung, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 8, Abbé-Z.-A.

Figur 52. A und B zwei auf einander folgende Schnitte durch eine Seitenhornzelle eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A., C Capillare, g₁g₂g₃g₄g₅ Gliakerne.

Figur 53. Zelle aus dem hinteren Abschnitt des Vorderhorns des RM. eines älteren Rindsembryo, Bethe's Methode, Zeiss' Apochr. 1,5, C.-Oc. 6, Abbé-Z.-A. C Capillare G₁G₂ Gliakerne.



Fig. 1.

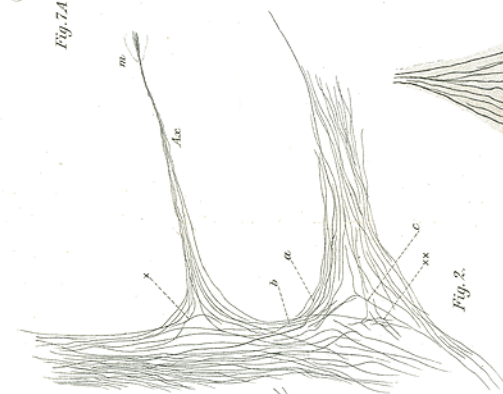


Fig. 2.

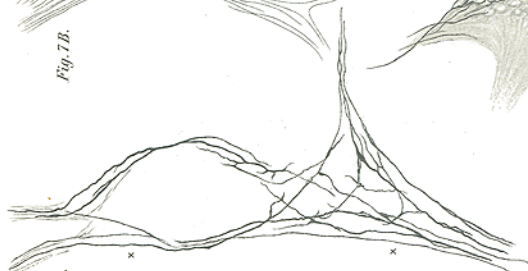


Fig. 3A.



Fig. 7B.

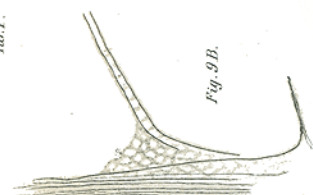


Fig. 9B.

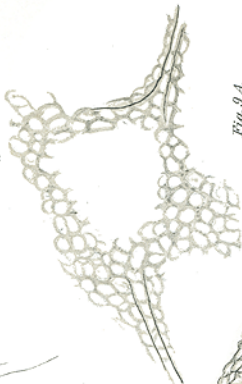


Fig. 9A.

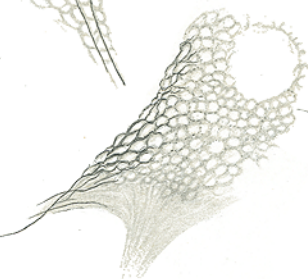


Fig. 8.

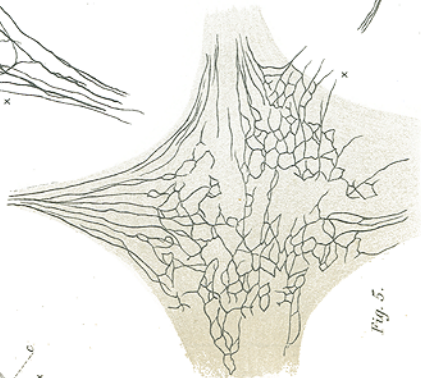


Fig. 5.

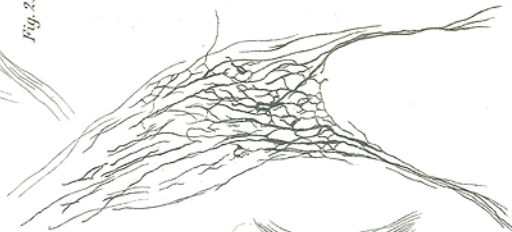


Fig. 4.

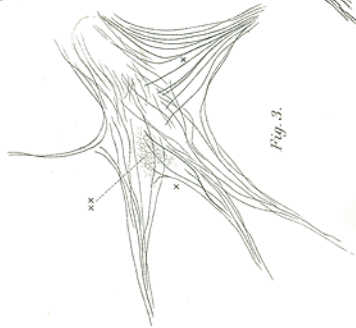


Fig. 3.

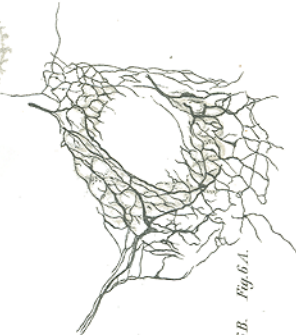


Fig. 6B.

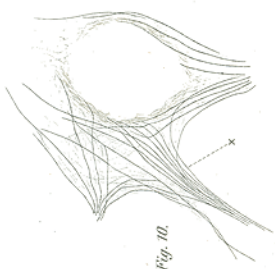


Fig. 10.

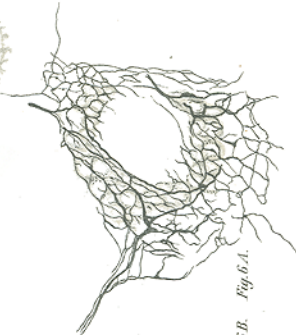
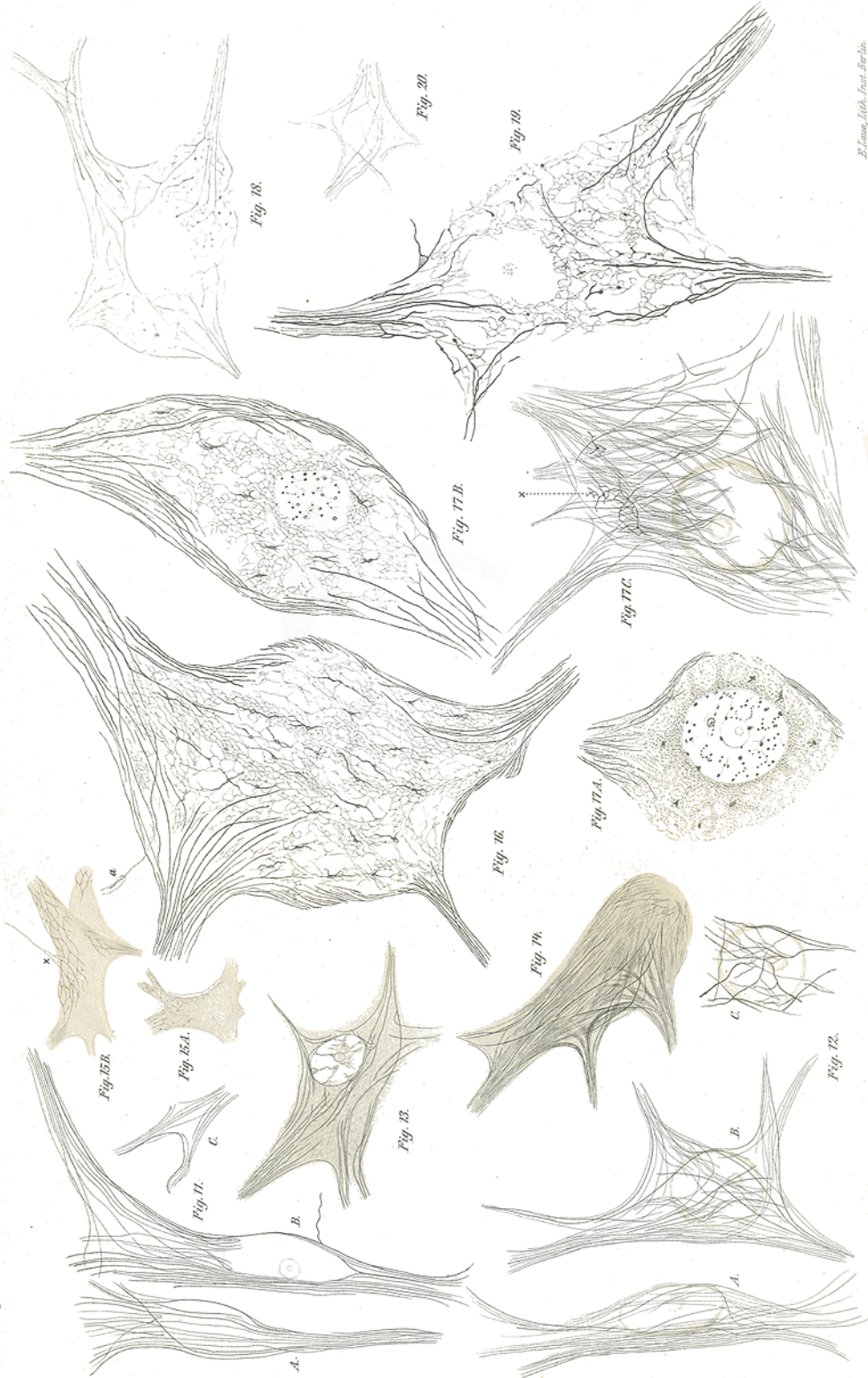
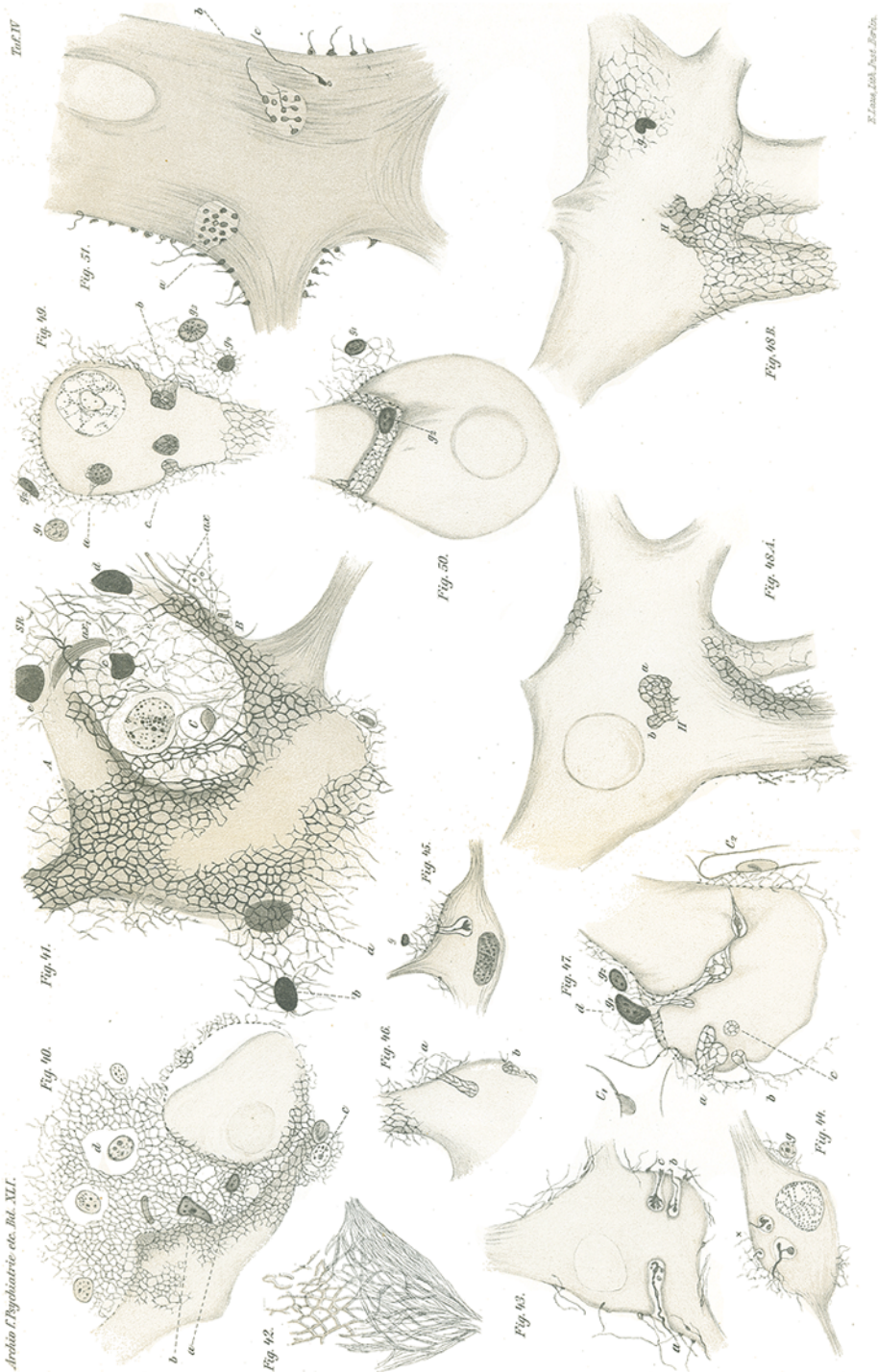


Fig. 6A.







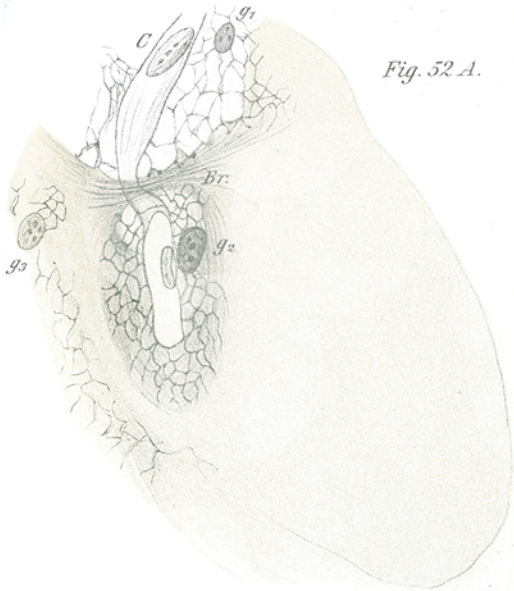


Fig. 52 A.

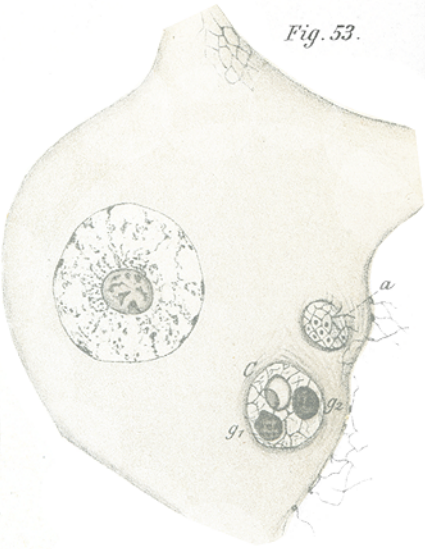


Fig. 53.

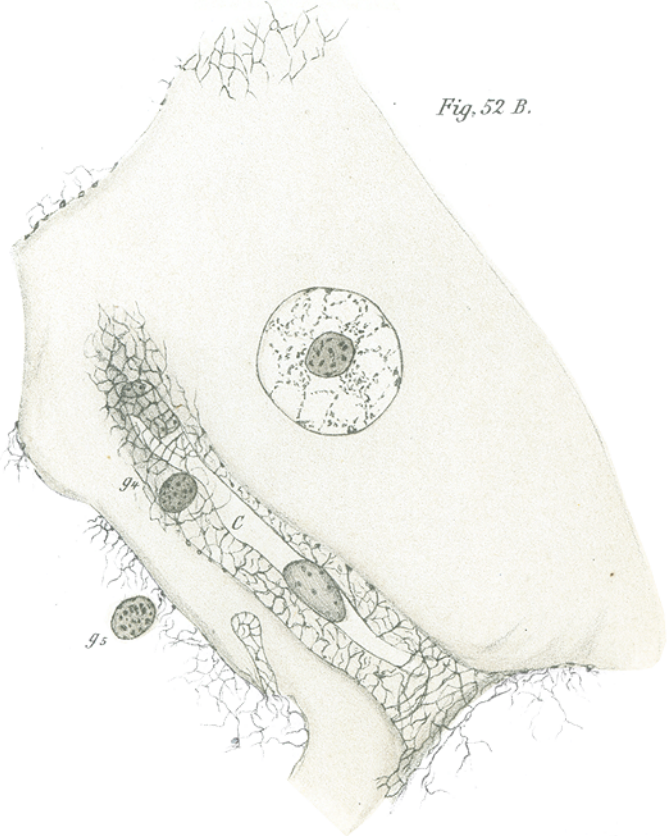


Fig. 52 B.