

Ueber Structur und Architectur der Zellen.

II. Nervengewebe.

Von

Prof. **J. Arnold** in Heidelberg.

Hierzu Tafel XXVI.

Die ersten Mittheilungen über feinere Structur der Substanz der Ganglienzellen verdanken wir Remak, Stilling, Leydig, Walter, Beale und Frommann¹⁾. Der letztgenannte Autor machte auf das fibrilläre Gefüge der Ausläufer aufmerksam und beschrieb die Fibrillen als dicht aneinander gelagert, in wechselnder Zahl vorhanden und in eine homogene Grundsubstanz eingebettet. Im Zellkörper sah er die Fibrillen gerade oder im Bogen nach dem Kern ausstrahlen, seitlich von ihm und über ihn weglaufen und von da in den gegenüber liegenden Pol der Zelle ziehen, während andere sich längs der Zellränder vertheilten, eine faserige Einfassung derselben bildend. Ich²⁾ selbst habe gleichzeitig und unabhängig von Frommann zuerst an den Ganglienzellen des Sympathicus, später an denjenigen des Rückenmarks und des Ganglion Gasseri feinere Structuren beschrieben. An möglichst frisch untersuchten Ganglienzellen konnte ich grössere stark glänzende und kleinere mattere Körnchen nachweisen; schon damals war von mir betreffs der ersteren der Unterschied in der Lichtbrechung gegenüber der übrigen Zellsubstanz und eine gewisse Aehnlichkeit in dieser Hinsicht mit den Körnchen des Kerns hervorgehoben worden. Ich hatte ferner auf ihre theils reihenförmige theils netzartige Anordnung, sowie

1) Bezüglich der älteren Literatur vergleiche man J. Arnold, über feinere Structur der Zellen unter normalen und pathologischen Bedingungen. *Virchow's Archiv* Bd. 77. 1879.

2) J. Arnold, Ueber die feineren histologischen Verhältnisse der Ganglienzellen des Sympathicus etc. *Virchow's Archiv* Bd. 32. 1865 und Ein Beitrag zur feineren Structur der Ganglienzellen, daselbst. Bd. 41. 1867.

auf deren Beziehung zu den Körnerreihen in den Protoplasmaausläufern aufmerksam gemacht (vgl. die Abbildungen in Virchow's Archiv Bd. 41). Ob die Körner optischen Querschnitten von Fäden entsprechen, liess ich, so wahrscheinlich mir dies aus verschiedenen Gründen war, unentschieden.

Die bedeutungsvollen Arbeiten Max Schultze's, Schwalbe's, Flemming's¹⁾ u. A. sind allgemein bekannt. Der Erste wird gewöhnlich als der Entdecker der feineren Structur der Ganglienzellen und als der Begründer der Lehre von dem fibrillären Aufbau derselben bezeichnet. Flemming hebt hervor, dass an gefärbten Schnitten und ebenso an Isolationspräparaten aus dünnen Chromsalzlösungen die Streifung der centralen Nervenzellen nicht so gleichmässig und feinfaserig sei wie an den Abbildungen Max Schultze's. In diesen sind die Fibrillen als feinste in ihrer ganzen Länge gleiche Durchmesser einhaltende Linien, in deren Zwischenräumen verschiedentlich Körner eingebettet liegen, gezeichnet. Flemming erschienen die Fibrillen mehr als dunkel gefärbte fein gekörnelte Streifen in einer schwach gefärbten Grundsubstanz. Bei einem Vergleich der Abbildung beider Autoren, welche allerdings auf verschiedene Objecte sich beziehen, kann es in der That zweifelhaft erscheinen, ob die als Fibrillen bezeichneten Gebilde identisch sind. Für den fibrillären Bau der Ganglienzellen haben sich ferner Nissl, Benda, Mann, Levi, Lugaro, Dehler, Dogiel, Gehuchten, Marinesco u. A., gegen denselben Bütschli, Altmann, Held, v. Lenhossék und Ramón y Cajal ausgesprochen. In seiner neuesten Arbeit gibt v. Lenhossék²⁾ eine fibrilläre Einstrahlung am Polkegel der Spinalganglienzelle zu, während er für die Substanz derselben einen fibrillären Bau auch jetzt noch in Abrede stellt.

Aus den Mittheilungen der Autoren über fibrilläre Structur

1) Flemming, Vom Bau der Spinalganglienzellen, Beitr. zur Anatomie und Physiologie als Festgabe f. Henle, Bonn 1882. Ueber den Bau der Spinalganglienzellen. Arch. f. mikroskop. Anatom. Bd. 46. 1895 und Structur centraler Nervenzellen. Anat. Hefte 1895; daselbst Literatur.

2) v. Lenhossék, Ueber den Bau der Spinalganglien des Menschen. Arch. f. Psychiatrie Bd. 29. 1896 u. Flemming, Die Structur der Spinalganglienzellen der Säugethiere daselbst.

geht nicht immer mit voller Bestimmtheit hervor, ob sie die Fibrillen als den einzigen wesentlichen Structurbestandtheil der Ganglienzelle auffassen oder neben diesen noch andere wichtige Structurelemente zulassen. Zu einer derartigen Unterscheidung fordern meines Erachtens die bedeutungsvollen Befunde Nissl's ¹⁾ einerseits, diejenigen von Becker ²⁾, Apathy ³⁾ und Bethe ⁴⁾ andererseits auf. Aus den Untersuchungsergebnissen der letztgenannten Autoren muss wohl der Schluss gezogen werden, dass in den Ganglienzellen als feine Streifen sich darstellende Leitungsbahnen existiren, während durch die grundlegenden Arbeiten Nissl's der Nachweis geführt ist, dass die Ganglienzellen mittelst Methylenblau darstellbare Substanzpartikel enthalten. In Anbetracht der verschiedenen Anordnung, der ver-

1) Eine Zusammenstellung der Arbeiten Nissl's ist vielleicht den Lesern dieses Archivs erwünscht. 1. Ueber die Untersuchungsmethoden der Grosshirnrinde. Tagebl. der 58. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte zu Strassburg 1885, S. 506. 2. Ueber den Zusammenhang von Zellstructur u. Zellfunction in der centralen Nervenzelle. Tagebl. der 61. Versamml. deutsch. Naturforsch. u. Aerzte Cöln 1888, S. 194. 3. Ueber die Veränderungen der Ganglienzellen am Facialiskern des Kaninchens nach Ausreissung von Nerven. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatr. Bd. 48. 4. Ueber experimentell erzeugte Veränderungen an den Vorderhornzellen des Rückenmarks bei Kaninchen, daselbst. 5. Mittheilungen zur Anatomie der Nervenzellen, daselbst Bd. 50. 6. Ueber Rosin's neue Färbemethode. Neurolog. Centralbl. 1894. 7. Ueber eine neue Untersuchungsmethode des Centralorgans. Centralbl. f. Nervenheilkunde 1894. 8. Ueber die sog. Granula der Nervenzellen. Neurolog. Centralbl. 1894. 9. Der gegenwärtige Stand der Nervenzellenanatomie. Centralbl. f. Nervenheilkunde 1895. 10. Mittheilungen über Karyokinese im centralen Nervensystem. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatr. Bd. 51. 11. Mittheilungen zur patholog. Anatomie der Dementia paralytica. Arch. f. Psychiatr. 12. Ein Brief an Prof. Goldscheider, Fortschritte der Medicin. 1895. 13. Ueber die Nomenclatur in der Nervenzellenanatomie. Neurolog. Centralblatt 1895. 14. Kritische Fragen der Nervenzellenanatomie, daselbst 1896. 15. Ueber die Veränderung der Nervenzellen nach experimentell erzeugter Vergiftung, daselbst. 16. Die Beziehungen der Nervenzellensubstanz zu den thätigen, ruhenden und ermüdeten Zellzuständen. Zeitschr. f. Psychiatr. 52. 17. Die Hypothese der specifischen Nervenzellenfunction. Zeitschr. f. Psychiatr. Bd. 54.

2) Becker, 20. Wanderversamml. d. südwestdeutsch. Irrenärzte. Arch. f. Psychiatr. Bd. 27. 1895.

3) Apathy, Mittheil. d. zoolog. Station in Neapel. 1897.

4) Bethe, Arch. f. mikroskop. Anatom. 1897.

schiedenen Lage, der verschiedenen Lichtbrechung und insbesondere des verschiedenen tinctoriellen Verhaltens muss wohl angenommen werden — darin stimmen die meisten neueren Beobachter überein —, dass es sich um verschiedene vermuthlich nicht gleichwerthige Substanzen handelt.

Nissl unterscheidet nach dem Verhalten der Zellen zum Kern und der Färbung beider caryochrome, cytochrome und somatochrome Formen; während bei den ersteren der morphologische Schwerpunkt auf den Zellen liegt, haftet bei den letzteren, deren wohlentwickelter Zelleib in deutlicher Contourirung erkennbar ist und den Kern allseitig umgiebt, der Farbstoff hauptsächlich an diesem. — Je nach der dichterem Lagerung der farblosen Substanz im Zelleib werden pycnomorphe, apycnomorphe und parapycnomorphe, je nach der netz-, reihen- oder körnerartigen Anordnung derselben arcyochrome, stichochrome und gryochrome Zellen unterschieden. Ich führe diese von Nissl aufgestellten Zelltypen hier an, weil aus dieser Aufzählung hervorgeht, welch' verschiedene Architectur die färbbare Substanz darbieten kann. Während Held¹⁾ die Nisslkörper²⁾ als Füllungsgranula im Sinne Fischer's betrachtet, haben die

1) Held, Arch. f. Anatomie. 1895—97.

2) Flemming hatte schon im Jahre 1882 eigenthümlich das Licht brechende Körper beschrieben und abgebildet (l. c.). Später war von Benda (1885) auf die „chromatophilen Concretionen“ im Zellkörper mancher Nervenzellen hingewiesen worden. Wie aus den obigen Mittheilungen hervorgeht, hatte ich schon im Jahre 1867 das Vorkommen stark glänzender Körner in der Substanz der Ganglienzellen und der Protoplasmaausläufer beobachtet. — Nissl gebührt das Verdienst, das Vorkommen der färbbaren Substanz, die morphologischen und tinctoriellen Eigenschaften sowie ihr Verhalten nicht nur unter normalen, sondern auch unter pathologischen Bedingungen festgestellt zu haben. — Es sind für die Nissl-Körper vielfach andere Bezeichnungen vorgeschlagen worden: chromophile Concretionen (Benda), chromatische Streifen (Friedman), chromatische Spindeln (Quervain), chromatische Körperchen (Schaffer, Cajal), chromatische und chromatophile Elemente (Marinesco, Gehuchten) und in neuester Zeit Tigroid (v. Lenhossék). Nahe genug liegt es ja, für sie einen Namen zu wählen, welcher auf ihre tinctoriellen Eigenschaften hinweist. Nissl hat in seinen Arbeiten (vgl. insbesondere Nr. 6, 8 u. 17) ausführlich erörtert, warum die Bezeichnungen basophil, chromophil, chromatisch, tigroid etc. nicht sachentsprechend sind.

meisten Forscher ihre Präexistenz anerkannt (Flemming, von Lenhossék, H. Virchow, Rosin, Juliusburger, Quervin, Benda, Becker, Ramón y Cajal, Marinesco, Apathy, Gehuchten, Lugaro, Levi, Brauer u. A.). Die Veränderungen, welche man bei Vergiftungen und unter pathologischen Verhältnissen an ihnen festgestellt hat (Nissl, Schaffer, Sarbo, Vas, Dehio, Pándi, Troemmer, Beck, Marinesco, Juliusburger, Lamy, Dotto, Goldscheider und Flatau, Lugaro, Brauer u. A.) zeigen bestimmt an, dass wir sie als bedeutungsvolle Einrichtungen anzusehen haben. Die Thatsache, dass die Nissl-Körper in manchen Arten von Ganglienzellen vermisst werden, beweist nichts gegen eine solche Annahme. Auf der anderen Seite muss bekannt werden, dass wir über ihre physiologische Leistung und ihre Structur sehr mangelhaft unterrichtet sind. — Friedman und Kronthal identificiren die Nissl-Körper mit den Leitungsbahnen; die meisten Beobachter stimmen darin überein, dass diese zwischen den ersteren gelegen sind. — Nissl spricht sich dahin aus, dass wir nicht wissen, was die färbbare Substanz ist. Benda betrachtet sie als persistirendes Protoplasma, Rosin und Becker als Granulaarten, andere als Chromatinstructuren oder Stoffwechselproducte. Nach Lugaro, von Lenhossék, Gehuchten¹⁾ und Ramón y Cajal²⁾ enthalten dieselben einen Reservenährstoff. Marinesco³⁾ sieht die „chromatophile Substanz“ nicht als alimentäre Reservestätte an, sondern als eine functionelle an, damit sei allerdings nicht ausgeschlossen, dass sie eine Rolle bei der Ernährung spiele. Vielleicht sei die Function an die Oxydation der Granula gebunden.

Sehr mangelhaft sind unsere Kenntnisse über den Bau der Nissl-Körper; entsprechend den Anschauungen über Structur und Architectur der Substanz der Ganglienzellen überhaupt sind die Meinungen sehr verschiedene. Darin stimmen allerdings die meisten Beobachter überein, dass sie nicht einfache Körner, son-

1) Gehuchten, L'anatomie fine de la cellule nerveux. Internationaler medicinischer Congress in Moskau. 1897.

2) Ramón y Cajal, Die Structur des nervösen Protoplasma. Monatsschr. f. Psychiatr. u. Neurolog. 1897.

3) Marinesco, Pathologie de la cellule nerveux. International. medicin. Congress in Moskau. 1897.

den Körnergruppen sind; ob und in welcher Beziehung dieselben zu einander und zu der sie umgebenden Zellsubstanz stehen, darüber hat man erst angefangen, Aufschlüsse zu erzielen.

v. Lenhossék hebt hervor, dass die „Schollen“ aus kleinen Granulis und einer lichten Zwischensubstanz zusammengesetzt sind; er betont ferner die vollkommene Ungezwungenheit der Lagerung der sog. Tigroidschollen, welche sich in einer unregelmässigen, oft netzförmigen Vertheilung der gröberen Körnergattung ausspricht, während die feineren Körnergebilde eine mehr gleichmässige Anordnung erkennen lassen. Er betrachtet die chromatischen Körner nicht als eine Ausfüllungsmasse zwischen den sog. Fibrillen; vielmehr sollen sie direct mit ihnen zusammenhängen. „Mit anderen Worten die chromatischen Körner sind Anschwellungen der chromatischen Streifen.“

Der Bau der Zellsubstanz ist nach v. Lenhossék's Auffassung ein körnig-wabiger. — Ueber diesen äussert sich in ganz ähnlicher Weise Held; er spricht in Uebereinstimmung mit Bütschli von einer wabigen bzw. vacuolisirten Architectur. Die radiäre Streifung am Nerven Hügel wird nicht auf Fibrillen, sondern auf ein Maschenbild bezogen. Er unterscheidet im Cyto-spongium ausser den Nissl-Körpern die Neurosomen. Die letzteren verlaufen zwischen den ersteren in Form kurzgewundener und fadenförmiger Züge. Die feineren Stäbchen oder kurzen Fibrillen, welche man in den Dendriten trifft und die schon Altman beschreiben und abgebildet hat, zeigen alle Uebergänge zu Neurosomenreihen. — Ramón y Cajal unterscheidet Chromatinschollen, ein chromatinloses Netz oder nervöses Spongioplasma und die zwischen den Schollen gelegenen Leitungsbahnen. Die ersteren sind kein einfaches Netzwerk, sondern eine Art Schwamm, über deren Balken sich eine Chromatinkruste gelegt hat. Die continuirliche Chromatinsubstanz ist körnig und enthält einen basophilen Stoff und einen anderen, der basische Anilinstoffe nicht annimmt. Von den Rändern der Chromatinschollen gehen Fortsätze aus, auf welche schon Nissl und Levi aufmerksam gemacht haben. An der Oberfläche derselben setzen sich Spongioplasmaabälkchen an, durch welche die Spindeln untereinander, sowie mit dem Nucleus verbunden sind. Das chromatinfreie Gebälk (Spongioplasma) ist netzförmig angeordnet. Blasse membranartige Bälkchen begrenzen vieleckige Maschen; diesen scheint die Leitung obzuliegen. —

Apathy fand auch bei den Ganglienzellen der Wirbelthiere die Grundthese bestätigt, dass die leitenden Primitivfibrillen in die Ganglienzellen auf dem Wege der anatomischen Fortsätze eindringen, sich dort in dünnere Neurofibrillen spalten und in ein Neurofibrillengitter im Somatoplasma übergehen, dass die Elementarfibrillen dieses Gitters sich wieder zu Primitivfibrillen sammeln, welche die Ganglienzellen verlassen. Das Neurofibrillengitter durchwebt das ganze Somatoplasma und ist nicht nur auf gewisse Zonen beschränkt. Die zu- und ableitenden Fibrillen sind in der Regel nicht in demselben Fortsatz vereinigt, sondern auf verschiedene vertheilt. Das Axoplasma ist keine Fortsetzung des Somatoplasma der Ganglienzelle, noch weniger hat es mit der Kernsubstanz zu thun. — Nach Marinesco hängen die elementaren Granula, aus welchen die chromatophile Substanz besteht, durch achromatische Substanz zusammen. Die Fibrillen liegen zwischen dieser und ein grosser Theil derselben verzweigt sich im Zellkörper. Er unterscheidet ein chromatophiles, achromatisches und amorphes Element in der Ganglienzelle. Die wechselnde Anordnung dieser Elemente und ihre Combination soll das verschiedene Aussehen der verschiedenen Formen erklären. Marinesco konnte sich von der wirklichen Existenz von Fibrillen in der achromatischen Substanz überzeugen; bei der Chromatolyse treten diese deutlicher hervor. Das Spongionoplasma bildet die Hauptarchitectur; in seinen Maschen entsteht die chromatophile Substanz, diese ist eine Art Cement. Er betrachtet es als eine fundamentale Thatsache, dass von der Textur des Spongionoplasma die Form der chromatophilen Elemente abhängt. Die Fibrillen geben während ihres intracellulären Verlaufes collaterale Aeste ab, welche sich in dem Netz des Cytoplasma entfalten und in die Zwischenräume dieses sich fortsetzen. Die Maschen des Netzes des Cytoplasma sind in directem Zusammenhang mit der Verzweigung der Fibrillen.

Bezüglich der Structur der Fortsätze berichtet die Mehrzahl der Forscher, dass dieselbe eine streifige sei und die färbbare Substanz nur in den Protoplasmafortsätzen vorkomme. Nach Held soll der Bau der Fortsätze ein wabiger sein. Das pericelluläre Ende des Axencylinders sei durch Auflockerung des Axospongiums und durch Einlagerung von dichten Granula (Neurosomen) in das grob vacuolisirte Protoplasma charakterisirt. Das Pro-

toplasma der Axencylinderendflächen an centralen Nervenzellen hänge mit dem eigenen Protoplasma zusammen. Er nimmt „Faserkörbe“ ¹⁾ an dem Zelleib vieler Ganglienzellen an, bei denen sie bisher nicht beschrieben waren und betrachtet es als ein allgemeines Princip, dass nervöse Hüllen von Axencylinderprotoplasma die Nervenzellen an Zelleib und Dendriten umkleiden.

Die Kerne der Ganglienzellen sind namentlich von Flemming, Nissl, v. Lenhossék, Ramón y Cajal und Gehuchten genauer studirt. Uebereinstimmend wird hervorgehoben, dass ausser einem gewöhnlich einfachen Kernkörperchen ein Gerüst unterschieden werden muss, in welchem bald spärlichere, bald zahlreichere Körner eingebettet liegen. Nissl erwähnt auch körniger Einlagerungen in der Kernwand. — v. Lenhossék hebt hervor, dass der Kern der Ganglienzellen ausser dem Nucleolus keine basophile Substanz enthalte, derselbe somit des Basichromatins entbehre und in der Gesamtheit acidophil sei. Die von Levi beschriebenen „basophilen Brocken“ konnte v. Lenhossék nicht auffinden.

Wie aus den obigen Mittheilungen hervorgeht, werden die Nissl-Körper von den Einen als präexistente Gebilde, von den Anderen als Fällungsgranula im Sinne Fischer's gedeutet. Es schien somit erwünscht, zunächst festzustellen, ob, wie Flemming und von Lenhossék angeben, an frischen Präparaten diese Gebilde zu sehen sind oder nicht (Held). — Wie ich nach früheren Befunden erwartet hatte, lassen sich dieselben an Objecten ohne Zusatz und bei Anfeuchtung mit Serum oder 0,7% Kochsalzlösung wahrnehmen (cf. Tafel XXVI, Fig. 1). Die Identität dieser Figuren mit den Nissl-Körpern kann meines Erachtens nicht zweifelhaft sein; ihre Lichtbrechung und diejenige der zwischen ihnen gelegenen Substanz differirt so sehr, dass beide sich deutlich genug gegen einander abheben. Die ganze Anordnung und gegenseitige Gruppierung ist dieselbe wie am Nissl-

1) Die Entdeckung des pericellulären Netzes wird vielfach Ehrlich zugeschrieben. Niemand erkennt bereitwilliger die grossen Verdienste Ehrlich's um dessen Nachweis an, als ich. Dessen ungeachtet glaubte ich meine älteren Ansprüche geltend machen zu dürfen (vgl. Anatom. Anzeiger. 1890).

Präparat, besonders auch ihr Verhalten in den Protoplasmaausläufern. Der von Held verlangte Nachweis, dass es sich nicht um vitale bzw. postmortale Säuerung im Inneren der Gewebe handelt, welche eine vor der Beobachtung bereits eingetretene Ausfällung der Nissl-Körper bewirkt, wird allerdings kaum zu erbringen sein. Immerhin scheint mir schon die Thatsache für die Beurtheilung dieser Verhältnisse bedeutungsvoll, dass auch ohne Einwirkung von Reagentien, welche die Eiweisskörper fällen, diese Gebilde zur Anschauung gebracht werden können. — Was das Verhalten der Ganglienzellen an solchen Objecten sonst anbelangt, so trifft man zwischen den Nissl-Körpern, seien sie in grösseren und kleineren Haufen, Spindeln, Gruppen und Reihen angeordnet oder mehr gleichmässig an dieser oder jener Stelle vertheilt, lichtere reihen- oder netzförmig aufgestellte Körner (Fig. 1). Auch an den Protoplasmafortsätzen finden sich Reihen sehr kleiner Körnchen, welche eine feine Strichelung bedingen. Fängt die Zelle an zu zerfallen, so weichen die Körnerreihen auseinander und es kommt dann mehr eine gitterförmige Architectur zum Vorschein. Bemerken muss ich noch, dass auch an ganz frischen Präparaten der Kern deutlich zu sehen ist und eine complicirtere Structur aufweist, als man gewöhnlich annimmt (Fig. 1). Wie ich oben berichtete, wird der Kern als sehr einfach structurirt, der Hauptsache nach aus Membran, einem grossen Kernkörperchen und einem spärlichen Gerüst bestehend angesehen. Für die Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarks vom Rind trifft diese Vorstellung nicht zu. Wie ich schon früher erwähnte, finden sich neben den Kernkörperchen grössere und kleinere Körner, manchmal in reichlicher Zahl eingebettet in ein Gerüst, dessen Fäden streckenweise gleichfalls stärkere Lichtbrechung wahrscheinlich in Folge Einlagerung kleinerer Körnchen darbieten. Die Vertheilung der Körner wechselt, bald ist sie eine mehr gleichmässige, bald liegen sie in der Umgebung des Kernkörperchens oder näher der Kernwandschichte. In der den Kern umgebenden Zellwandschichte kommen öfters auf der einen oder anderen Seite oder in der ganzen Circumferenz glänzende Körner und Fäden vor, welche von aussen an die Kernwandschichte sich ansetzen.

Zum Zweck der Isolirung der in den Vorderhörnern (Rückenmark vom Rind) gelegenen Ganglienzellen bin ich in folgender

Weise verfahren. Stücke von circa 1 cm Höhe wurden in der Medianlinie von hinten her bis auf die Commissur gespalten und dann die Vorderhörner mit dem Messer oder der Scheere abgetragen. Die so gewonnenen Streifen grauer Substanz legte ich dann für 2 bis 3 \times 24 Stunden (und länger) in das Jod-Jodkaligemisch (5—10 Tropfen des starken Gemenges auf 10 Cc. Jodkalilösung von 10 Proz.). Bei häufigerem Umschütteln lösen sich sehr bald kleine Partikelchen ab. Dann wird abgegossen und mit concentrirter wässriger Eosinlösung gefärbt. Sehr gute Resultate sind auch zu erzielen, wenn man erst 2 \times 24 Stunden eine 10% Jodkalilösung einwirken lässt und dann erst einige Tropfen Jod-Jodkalilösung zusetzt. Bei Befolgung der ersten Methode sind die Zellen besser in ihrer Form erhalten, bei der zweiten vollständiger isolirt und deren Architectur etwas gelockert. — Aus solchen Gemengen fischt man mit der Nadel kleinste Partikelchen heraus und legt langsam ein Deckglas auf, das durch eine Schutzleiste unterlegt wird.

In Präparaten, welche auf diese Weise hergestellt wurden, finden sich Ganglienzellen der verschiedensten Gestalt und Grösse, sehr grosse viel verzweigte mit ihren langen Ausläufern, kleinere verzweigte, lange bipolare und endlich ganz kleine Formen. So verschieden wie ihre Gestalt, so verschieden ist ihre Architectur und Structur. Bestimmend ist in dieser Hinsicht die Anordnung der Nissl-Körper, welche in solchen Objecten sehr deutlich sind. Diese haben bald eine runde oder eckige, bald eine spindel- oder streifenförmige Gestalt; nicht selten bestehen zwischen ihnen quere oder schiefe Verbindungen (Tafel XXVI, Fig. 2 und 3). Ich darf auf eine ausführlichere Beschreibung verzichten und mich damit begnügen auf die Uebereinstimmung dieser Bilder mit den nach der Nissl'schen Methode gewonnenen hinzuweisen. Haben die Objecte längere Zeit in Jodkalilösung (ohne Jodzusatz) gelegen, so weichen die Elemente der Zellkörper etwas auseinander und sie beginnen zu zerfallen (Fig. 6). Es ist dann möglich, sich davon zu überzeugen, dass die Nissl-Körper aus glänzenden Körnern, welche unter einander durch kurze und schmale Bindeglieder in Verbindung stehen, zusammengesetzt sind. Nicht alle Körner schienen mir von gleicher Grösse und Lichtbrechung: zwischen grösseren glänzenden glaubte ich kleinere etwas blässere zu sehen. Die grösseren Körner enthielten zuweilen im Inneren

hellere Stellen, als ob sie vacuolisirt wären. Die kleineren Gebilde sind nur mittelst der leistungsfähigsten Objective zu erkennen, starke Ocularvergrößerungen zu vermeiden. In vielen Zellen trifft man durch den Zelleib vertheilt Körner, welche mit denjenigen der Nissl-Körper, was ihre Lichtbrechung anbelangt, Aehnlichkeit darbieten, aber eine mehr isolirte Lagerung zeigen d. h. nicht in Form von Gruppen angeordnet sind (Fig. 4 u. 5).

Die sog. achromatische Substanz lässt sich bei Jod-Jodkalibehandlung gleichfalls in kleine blasse Körner, welche durch kurze Bindeglieder zusammenhängen, zerlegen. Da man von den Nissl-Körpern kurze Fortsätze abtreten und in die achromatische Substanz sich einsenken sieht, darf eine Verbindung zwischen beiden Substanzen wohl angenommen werden. — Von der Ueberzeugung ausgehend, dass gerade die achromatische Substanz nicht nur einen fibrillären Bau besitze, sondern auch längere Fibrillen einschliesse, war ich bemüht solche zu isoliren. Es gelang mir aber immer nur ganz kurze Fädchen zur Darstellung zu bringen, die Körner enthielten und vielfach in Körner sich auflösten (Fig. 6 u. 7).

Die circumnucleäre Zone enthält auch an solchen Präparaten Körnchen und Fädchen zuweilen in grosser Zahl, welche an die Kernwandschichte herantreten. Die letztere zeigt sehr häufig körnige Einlagerungen, als ob sie aus solchen sich zusammensetzte (Fig. 2—7). Ob die Fäden von aussen und innen nur an die Kernwandschichte sich inseriren oder dieselbe durchsetzen, diese Frage wage ich auch für dieses Object nicht mit Bestimmtheit zu beantworten, so wahrscheinlich es mir dünkt, dass Beziehungen zwischen den Elementen des Kerns und der circumnucleären Schichte des Zelleibs bestehen. Der Einwurf von Lenhossék's, dass man, wenn eine solche Beziehung zwischen Cytomitom und Caryomitom vorhanden wäre, bei Ablösung der Kernwandschichte vom Protoplasma fädige Anhänge u. dgl. sehen müsste, kann ich als zwingend nicht anerkennen. Die Lösung kann meiner Meinung nach erfolgen, ohne Spuren zu hinterlassen. Andererseits will ich gern einräumen, dass die Befunde fädiger Anhänge an isolirten Kernen auch nicht entscheidend sind. Dass die Kerne in Bezug auf das Gerüst und der in ihm eingelagerten Körner complicirter gebaut sind, als man nach den gewöhnlichen Darstellungen voraussetzen sollte, lehren auch die

Jod-Jodkalipräparate; auch an ihnen sieht man kleinere und grössere Körner in wechselnder Zahl in das Gerüst eingebettet (Fig. 2—7).

In den Protoplasmafortsätzen zeigen die Nissl-Körper eine mehr in die Länge gezogene Gestalt, erscheinen als Spindeln, Streifen und Reihen, zusammengesetzt aus Körnern; je weiter vom Zelleib entfernt, desto mehr treten sie zurück (Fig. 2, 3 u. 6). Die Fortsätze sind fein gestreift und enthalten dann ausschliesslich Körnerreihen und feine aus Körnern zusammengesetzte Fädchen, zwischen welchen schiefe und quere Verbindungen zu bestehen scheinen; wenigstens konnte ich an den Enden der Protoplasmafortsätze, wenn diese sich auffaserten, vielfach untereinander verbundene Körnerreihen erkennen (Fig. 8). An manchen Protoplasmafortsätzen habe ich eine mehr schiefe oder quere Aufstellung von Körnern oder Fädchen beobachtet, konnte aber über die Bedeutung dieser Anordnung nichts Sicheres ermitteln (Fig. 4).

An den Axencylinderfortsätzen vermisste ich die Nissl-Körper; dass hier und da noch einzelne gleichwerthige Körner in ihnen vorkommen können, will ich nicht in Abrede stellen.

An den centralen Nervenfasern, weniger deutlich an den peripheren, kommt nach der Behandlung mit 10% Jodkalilösung (mit und ohne Zusatz von Jod) entsprechend dem Mark ein System von feinen Fädchen und Körnern zum Vorschein, das seiner ganzen Anordnung nach am meisten Aehnlichkeit hat mit dem von *Lantermann*, *Joseph* und *Koelliker* beschriebenen, aber viel feiner und engmaschiger ist wie das Neurokeratinnetz (*Kühne* und *Ewald*). — Ein weiteres Eingehen auf diese Frage liegt ausserhalb der Ziele dieser Arbeit.

An den centralen Fasern zeigt der Axencylinder eine feine Streifung; Fädchen durch Körner vielfach unterbrochen oder geradezu aus Körnerreihen zusammengesetzt, verlaufen bald geradlinig, bald wellig, getrennt und getragen durch eine hyaline Zwischensubstanz; auch hier kommen quere und schiefe Verbindungen zwischen den Fädchen vor (Fig. 9).

An den peripheren Nervenfasern ist die fibrilläre Zeichnung deutlicher, die Fibrillen erscheinen etwas dicker, verlaufen theils geradlinig, theils wellig, theils gewunden. Bei längerer Behandlung mit Jodkalilösung zerfallen die Fibrillen in

feinere Fädchen und Körnerreihen, welche vermuthlich den sog. Elementarfibrillen entsprechen. Ob auch zwischen ihnen quere und schiefe Verbindungen bestehen, muss ich unentschieden lassen. Namentlich wenn die Fasern an den Enden sich aufzulösen begannen, hatte ich den Eindruck, als ob dem so wäre.

Endlich sei noch der Ependym- und Gliazellen gedacht, welche sich bei dieser Methode sehr schön isoliren. An den ersteren hängen lange einfache und verzweigte Fäden, welche in den Zelleib continuirlich sich fortsetzen. Sehr bemerkenswerth ist der Befund von vollständig isolirten mit sehr zahlreichen Ausläufern versehenen Gliazellen (Fig. 10). Die Kerne sehen eigenthümlich homogen aus; der Zelleib ist sehr undeutlich, weil sein Contour durch zahlreiche manchmal bis in die Umgebung des Kerns reichende Fortsätze unterbrochen wird. Die Fäden selbst haben einen eigenartigen Glanz und sind oft zu einem wirren Knäuel aufgerollt, andere Male verlaufen sie mehr gestreckt. Ueber den Zusammenhang der Fortsätze mit dem Zelleib kann ein Zweifel an solchen Isolirungspräparaten nicht aufkommen.

Welche Vorstellungen dürfen wir uns auf Grund der oben mitgetheilten Beobachtungen über die Structur und Architectur der Ganglienzellen machen? Dass dieselben an isolirten Ganglienzellen und bei Anwendung von Reagentien, welche eine sofortige Fällung von Eiweisskörpern nicht bedingen, angestellt wurden, verdient bei dieser Erörterung besondere Berücksichtigung¹⁾.

Die nächstliegende und in den neueren Arbeiten am meisten erörterte Frage scheint mir die, ob die Ganglienzellen einen fibrillären Bau besitzen. Ich muss zunächst bekennen, dass mir diese Fragestellung nicht mehr ganz sachentsprechend scheint.

Nachdem der Nachweis geführt ist, dass in dem Leib der Ganglienzellen Substanzen enthalten sind, welche morphologisch und tinctoriell verschieden sich verhalten, dünkt mir die folgende Fragestellung die richtigere:

1) Fügt man Jod-Jodkalilösungen zu Transsudaten hinzu, so entstehen erst nach längerer Zeit flockige Abscheidungen, während der Zusatz der gewöhnlichen Fällungsmittel die gleiche Flüssigkeit in eine feste Masse umwandelt. Andererseits darf nicht vergessen werden, dass Jodkalilösungen ohne Jodzusatz die Gewebe quellen machen, allerdings um so weniger, je mehr Jod hinzugefügt wurde.

1) Wie ist die Substanz gebaut, welche mit Methylenblau sich tingiren lässt?

2) Welche Structur besitzt diejenige Substanz, welche gewöhnlich als achromatische bezeichnet wird und der Leitung dienen soll?

3) Bestehen Beziehungen zwischen den beiden Substanzen?

4) Existiren ausser ihnen noch andere?

Es wurde oben hervorgehoben, dass die meisten neueren Untersucher die Nissl-Körper aus „Granula“ sich zusammengesetzt denken. An den Jodkalipräparaten konnte mit Sicherheit festgestellt werden, dass dieselben grössere glänzende und kleinere matte Körner enthalten, welche eine gitterartige Architectur darbieten. Auf grössere Strecken zusammenhängende fädige Gebilde konnten aus denselben nicht isolirt werden. Es haben sich somit Anhaltungspunkte für eine fibrilläre Structur der Nissl-Körper nicht ergeben; ebensowenig konnte ein wabiger Bau, dagegen eine Vacuolisirung namentlich an den grösseren Körnern nachgewiesen werden.

In der sog. achromatischen Substanz, in welche die Leitungsbahnen verlegt werden, fanden sich kleinere und mattere Körner, zwischen ihnen kurze Fädchen, welche sich aber wieder in Körnerreihen auflösen liessen. Weder aus der Mitte noch an den Rändern gelang es, längere Fäden zu isoliren. — Dieses Resultat steht in einem scheinbaren Widerspruch mit den Befunden Becker's, Apathy's und Bethe's, denen es gelang, die Leitungsbahnen als kürzere und längere gefärbte Streifen mittelst der Tinction darzustellen. Ich halte den Widerspruch bei unseren Befunden deshalb nur für einen scheinbaren, weil aus den Resultaten der genannten Autoren wohl der bedeutungsvolle Schluss gezogen werden darf, dass solche längeren Leitungsbahnen existiren, aber nicht, wie die in ihnen gelegenen Elemente beschaffen und aneinander gereiht sind. Es dünkt mir einleuchtend, dass derartige Bilder sowohl bei der Anwesenheit wirklicher Fibrillen als bei derjenigen von Körnerreihen entstehen können. Dass Fibrillen, welche ja an gewissen Stellen der Zellen und in gewissen Zellformen sehr wahrscheinlich vorkommen, nicht als letztes Structurelement angesehen werden dürfen, darauf weisen unsere Befunde nicht nur an den Ganglienzellen, sondern auch an den Protoplasma- und Axencylinderfortsätzen, sowie an

den Axencylindern der Nervenfasern hin, an denen die Fibrillen in Körnerreihen sich auflösen liessen.

Vermuthlich sind diese Körner und Körnerreihen mit den Neurosomen Held's und den Elementarfibrillen Apathys identisch, während man die Primitivfibrillen des letztgenannten Autors als aus mehreren Körnerreihen bestehend sich vorzustellen hätte. Die in den Ganglienzellen nachweisbare sog. fibrilläre Zeichnung bietet nach der Darstellung der Autoren und meinen eigenen Erfahrungen grosse Verschiedenheiten insofern dar, als die „Fibrillen“ bald als gestreckt verlaufende und die Ganglienzellen durchsetzende Züge, bald als vielfach unterbrochene wellige Streifen von sehr wechselnder Länge sich darstellen. Zum Theil mögen diese Verschiedenheiten die Folge der Präparation sein; ich glaube bei der Anwendung von Jodkalilösungen mehr eine Anordnung in Form kürzerer welliger Streifen beobachtet zu haben, während an Jod-Jodkalipräparaten die Körnerreihen eher gestreckt verliefen und geradelinig angeordnet waren. Andererseits ist die Möglichkeit nicht ausser Acht zu lassen, dass nicht nur in verschiedenen Zellen, sondern auch an verschiedenen Stellen der gleichen Zelle die Architectur in dieser Hinsicht eine wechselnde sein mag. Es ist ganz gut denkbar, dass da, wo die Leitungsbahnen die Zellen in grösserer Ausdehnung durchsetzen, die Anordnung eine mehr geradlinige ist, während an der Stelle des Ueberganges der Fasern in die gitterförmige Architectur der Verlauf ein mehr welliger wird. Ein Zusammenhang der längeren Leitungsbahnen mit den gitterförmigen darf wohl angenommen werden. Die in den Protoplasma- und Axencylinder fortsätzen, sowie in den Axencylindern der Nervenfasern beobachteten queren und schiefen Verbindungen der Körnerreihen sprechen dafür und wären als ein Rest oder eine Fortsetzung dieser Einrichtung aufzufassen, nicht als der Ausdruck einer wabigen Structur (Held). Dass zwischen den der Leitung dienenden Körnern und Körnerreihen der sog. achromatischen Substanz noch andere Körner vorhanden sind, welche zu anderen Functionen, z. B. der Ernährung, in Beziehung stehen, ist mir sehr wahrscheinlich; jedenfalls findet sich zwischen ihnen noch eine hyaline Ausfüllungsmasse.

Die Beobachtung an Ganglienzellen, welche nach verschiedenen Methoden behandelt sind, fordern zu der Annahme auf, dass in denselben ausser der zuletzt erwähnten Ausfüllungsmasse

mindestens 2 verschiedenartige Substanzen enthalten sind, eine solche, welcher die Leitung, eine andere, welcher vielleicht die Ernährung oder aber beiden obliegt. Beide sind in Form von Körnern und Körnerreihen angeordnet.

Nach den Befunden in den Axencylinderfortsätzen der Ganglienzellen und den Axencylindern der Nervenfasern darf man vermuthen, dass die kleineren und weniger stark lichtbrechenden Körner der Leitung dienen; man könnte sie als Neurosomen (Held) bezeichnen. Allerdings müssten wir dann in den Protoplasmafortsätzen gleichfalls die Anwesenheit solcher nervösen Elemente annehmen.

Was die anderen Körner anbelangt, so sind sie grösser und glänzender, kommen vereinzelt und in Gruppen angeordnet vor, ich meine die sog. Nissl-Körper. Die Versuchung liegt ja sehr nahe aus dem differenten morphologischen und tinctoriellen Verhalten der Nissl-Körper auf verschiedene chemische und physiologische Eigenschaften zu schliessen und die letzteren zur Ernährung in Beziehung zu bringen, wie dies von verschiedenen Seiten geschehen ist. Nissl hat in seiner kritischen Besprechung der Mittheilungen Rosin's hervorgehoben, wie vorsichtig man mit der Bezeichnung basophil etc. sein muss und dass wir über die functionelle Bedeutung dieser Gebilde nichts wissen.

Ich selbst¹⁾ habe bei anderen Gelegenheiten darauf aufmerksam gemacht, dass man aus dem tinctoriellen Verhalten der Gebilde basischen und sauren Farbstoffen gegenüber nicht ohne weiteres auf ihre chemische Constitution schliessen darf und dass dieselben „Granula“ unter wechselnden Verhältnissen bald mit den einen bald mit den andern Farbstoffen sich tingiren lassen. Noch weniger wird man berechtigt sein auf ihre functionellen Eigenschaften zu folgern. Andererseits muss man zugeben, dass der Befund zweier Substanzen in einer Zelle, welche sich tinctoriell und morphologisch verschieden darstellen und von denen der einen, ihrem Vorkommen in den Nervenfasern nach zu schliessen, wahrscheinlich die Leitung zukommt, für die andere die Annahme zulässig ist, dass ihr andere oder noch andere Leistungen obliegen. Ob dieselbe einer anderen Art von Nervenleitung

1) J. Arnold, Zur Morphologie u. Biologie der Zellen des Knochenmarks. Virchow's Archiv Bd. 140. 1891.

dient oder der Ernährung, darüber sind zur Zeit höchstens Vermuthungen möglich. Der Hinweis, dass in anderen Zellen Leucocyten, Knochenmarkzellen etc. gleichfalls mit Methylenblau sich färbende Gebilde vorkommen, ist in dieser Hinsicht nicht entscheidend, weil wir nicht wissen, ob sie mit den Nissl-Körpern identisch sind und welche Functionen ihnen zukommen¹⁾. Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, dass die Hypothese, die Nissl-Körper dienen der Ernährung, und seien Reservestätten, viel Ansprechendes hat. Selbstverständlich wäre damit nicht ausgeschlossen, dass die Nissl-Körper ausserdem noch der Leitung dienende Substanzen enthalten können; der Befund von kleineren und blasseren Körnern neben grösseren glänzenden, sowie der durch seine Fädchen und Körnerreihen vermittelte Zusammenhang der Nissl-Körper mit der sog. achromatischen Substanz liesse sich in diesem Sinne verwerthen.

Vorausgesetzt es wäre eine solche Unterscheidung zwischen der Leitung einerseits, der Ernährung andererseits dienenden Körnern und Körnerreihen gerechtfertigt, so könnte man die ersteren als Neurosomen-, die letzteren als Plasmosomensysteme bezeichnen. Welche gegenseitige Anordnung diese beiden Systeme darbieten, ob sie nebeneinander bestehen, oder ob das Neurosomensgitter, in das Plasmosomensgitter eingefügt ist oder ob beide durch Verbindungsglieder zusammenhängen, ob die Ganglienzellen noch andere Substanzen enthalten, welche feineren Veränderungen die Bestandtheile derselben unter normalen und pathologischen Verhältnissen eingehen, das sind Räthsel, deren Lösung als eine der interessantesten biologischen Aufgaben bezeichnet werden darf.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXVI.

1. Isolirte Ganglienzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks vom Rind; 0,7% Kochsalzlösung.
2. Dasselbe, Jod-Jodkalilösung.

1) I. c. u. über die feinere Structur der hämoglobinlosen und hämoglobinhaltigen Knochen-Markzellen. Virchow's Archiv Bd. 144. 1896. Es ist in dieser Beziehung ferner zu berücksichtigen, dass die angewandten Conservirungsmethoden auf das morphologische und tinctorielle Verhalten der „Granula“ von grossem Einfluss sind.

3. Dasselbe, Jod-Jodkalilösung.
4. Dasselbe, Jod-Jodkalilösung.
5. Dasselbe, Jod-Jodkalilösung.
6. Dasselbe, Jodkalilösung und nachträglicher Zusatz von Jod-Jodkalilösung.
7. Dasselbe, die gleichen Zusatzflüssigkeiten.
8. Protoplasmafortsatz, dieselben Zusatzflüssigkeiten.
9. Centrale Nervenfaser, Zusatzflüssigkeiten wie bei 8.
10. Isolierte Gliazelle, 10% Jod-Jodkalilösung.

Beiträge zur Kenntniss einiger Drüsen und Epithelien.

Von

K. W. Zimmermann,

Privatdocent und Prosector am anatomischen Institut zu Bern.

Hierzu Tafel XXVII, XXVIII u. XXIX.

Schon seit mehreren Jahren bin ich mit der Untersuchung der Epithelien im Allgemeinen und der Drüsen im Speciellen beschäftigt und zwar hauptsächlich unter Anwendung der Benda-Heidenhain'schen Eisenhämatoxylinmethode, da ich zunächst nur die Absicht hatte, die Lage und Anordnung der Kittsubstanz festzustellen, wozu eben die genannte Methode wie keine andere geeignet ist. Da es sich nun herausstellte, dass ausnahmslos alle intercellulären Sekretgänge Kittlinien aufweisen, so lag der Gedanke nahe, mit Hilfe dieser Thatsache zu entscheiden, ob gewisse Sekretgänge inter- oder intracellulär resp., um die so ähnlich klingenden Ausdrücke zu vermeiden, ob sie zwischenzellig oder binnenzellig verlaufen. Zu dem Behuf wurde auch die schnelle Golgi-Methode mit Fixation und Nachfärbung angewandt. Da nun wie bekannt die Eisenhämatoxylinmethode zugleich mit den Kittlinien auch die Centalkörper schön zur