Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

1883. Heft III.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1884.

In Commission bei G. Franz.

Herr C. Kupffer sprach:

„Ueber den „Axencylinder" markhaltiger Nervenfasern."

(Mit 1 Tafel.)

Die von Max Schultze eingehend begründete, aber bis auf den heutigen Tag nicht zu allgemeiner Anerkennung gediehene Lehre vom fibrillären Baue des Axencylinders hat durch die Einführung der Osmiumsäure in die Technik keine wesentliche Förderung erfahren. Wer eine fibrilläre Streifung des Axencylinders demonstriren will, greift wohl eher zur Chromsäurelösung von 1 : 2000, als zu jenem Mittel.

Ernst Fleischl ist sogar bei Anwendung derselben dahin geführt worden, die Existenz von Fibrillen am markhaltigen Nerven ganz zu leugnen.

Fleischl[1]) ist wohl der Erste, der den Querschnitt eines mit Osmiumsäure behandelten Nerven abbildete. Das Bild, nach einem Präparate vom Ischiadicus des Frosches entworfen, zeigt eine Mosaik schmaler schwarzer Ringe, die grosse helle Kreisflächen einschliessen. Ein Axencylinder, wie man ihn am Chromsäurepräparaten wahrnimmt, ist in diesen hellen Flächen nicht zu sehen. Die Nerven waren derart erhärtet worden, dass sie 24—48 Stunden in einer Osmiumsäurelösung von 1 : 1000 gelegen hatten. An der-

1) Festgabe an Carl Ludwig. Leipzig 1874. S. 51 Taf. VI Fig. 5.

Fig. A.

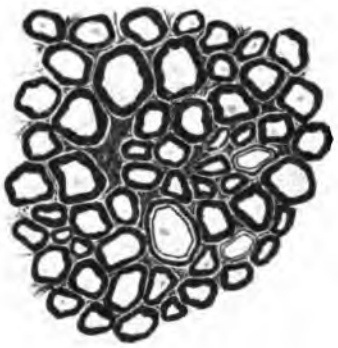

Fig. B.

artigen Querschnitten, die nachträglich mit Carmin imbibirt wurden, sah Fleischl das ganze von dem schwarzen Markringe eingerahmte Feld sich gleichmässig rosaroth färben. Mit solchen Präparaten verglich er diejenigen, die Chromsäure und Alcohol als Erhärtungsmittel markhaltiger Fasern liefern, wobei die Chromsäure den Axencylinder schmal, unregelmässig gestaltet und auf dem Längsschnitt mit Zacken besetzt zeigt, während durch Alcohol häufig, wenn auch nicht immer, ein breiter, im Längsschnitt regelmässig bandförmiger, sich gleichmässig tingirender Cylinder sichtbar wird. Aus diesem verschiedenen Verhalten schloss Fleischl, dass der Axencylinder aus einer Substanz bestehen müsse, die von der der übrigen Formelemente des Körpers verschieden sei, denn weder das Protoplasma, noch die leimgebenden Gewebe, noch die Epithelialgebilde zeigten auch nur annähernd ein ähnliches Verhalten gegen jene Reagentien. Vor Allem, meint Fleischl, sei bemerkenswerth, dass kein einziges der übrigen Formelemente, wenn man es nicht geradezu vertrocknen lasse, solchen Schwankungen seiner Dicke unterworfen sei, je nach der ihm zu Theil gewordenen Behandlung. Darnach sei die Annahme die nächstliegende, dass der Axencylinder der lebenden Faser eine Flüssigkeit sei, und zwar ein je nach den Umständen in verschiedene Formen gerinnendes Plasma. Den bei Anwendung stark verdünnter Chromsäurelösungen fibrillär erscheinenden Axencylinder vergleicht Fleischl mit der fasrigen Struktur einer durch Gerinnung entstandenen Fibrinschnur.

Ranvier[1]) zeichnet den Querschnitt des Ischiadicus vom Hunde nach Behandlung mit Osmiumsäure von 1 : 100 und nachträglicher Erhärtung in Alcohol ganz ähnlich, lässt aber die von dem einfachen oder doppelten schwarzen Markringe

1) Ranvier. Technisches Lehrb. Deutsche Uebersetzung. S. 691. Fig. 247.

umfasste Axensubstanz fein punktirt sein, ohne indessen, weder in den Leçons sur l'histiologie du système nerveux, noch in dem Capitel des technischen Lehrbuches, das von den markhaltigen Nervenfasern handelt, den Axencylinder fibrillär zu schildern; er spricht von demselben im Allgemeinen als von einem homogenen Stabe. Indessen geht aus der Einleitung[1]) zur Besprechung des Nervensystems hervor, dass er, den Argumenten Max Schultze's sich anschliessend, dem Axencylinder doch eine fibrilläre Zusammensetzung zuschreibt und das homogene Aussehen daher leitet, dass die Fibrillen einander sehr genau und enge anliegen, oder dass zwischen ihnen eine das Licht gleich stark brechende Kittsubstanz existirt. Die leicht punktirte Substanz, die an gelungenen Osmiumsäurepräparaten auf dem Querschnitte den ganzen intravaginalen Axenraum der Fasern einnimmt, sieht Ranvier[2]) als den in normalen Dimensionen sich darstellenden Axencylinder an, der also der ganzen Breite des innerhalb der Markscheide gelegenen hellen Axentheils lebender intakter Nervenfasern korrespondiren würde. Zeige sich nach irgend welcher Behandlung ein dem Kaliber nach reducirter Axencylinder und zwischen diesem und der Markscheide ein periaxialer Raum, so sei dieser Raum als durch Schrumpfung des Axencylinders anzusehen, mithin ein Artefact.

Jedenfalls also findet Ranvier an den Osmiumsäurepräparaten markhaltiger Nervenfasern keine neuen Anhaltspunkte zur Begründung einer fibrillären Structur des Axencylinders.

Hans Schultze, ein Schüler Flemmings, giebt an, dass er bei Anwendung von Osmiumsäurelösungen von mehr als 0,5 % regelmässig Schrumpfbilder des Axencylinders angetroffen haben. Die besten Resultate erhielt er durch Lö-

1) Technisches Lehrb. S. 663—664.
2) Daselbst S. 702.

sungen von 0.1—0,5 % und konnte dann häufig durch die Markscheide hindurch eine deutliche Längsstreifung am Axencylinder wahrnehmen, die sich durch die ganze Dicke desselben erstreckte. Er zeichnet Nervenfasern aus den Spinalnervenwurzeln und dem tractus olfactorius von Gadus lota, die am Rissende den Axencylinder pinselartig in Fibrillen auseinanderweichend zeigen. Diese Objecte waren 8 Tage lang in einer Lösung von 1 : 500 aufgehoben gewesen.[1])

Ich habe, seitdem ich Histiologie lese, die Ansicht vertreten, dass parallel gelagerte Fibrillen den Axencylinder zusammensetzen, aber dabei unentschieden gelassen, ob zwischen denselben und der Markscheide sich ein periaxialer Raum (Klebs)[2]) finde, oder nicht und ob dem Axencylinder eine besondere Scheide zukomme. Das Bedürfniss, für die Demonstration der Fibrillen in den Vorlesungen Dauerpräparate zu erlangen, veranlasste mich in letzter Zeit, dünne Nervenstämme nach der Osmiumsäurebehandlung in toto färben und in Quer- und Längsschnitte zerlegen zu lassen. Einer meiner Schüler, Herr Adolph Maley, unterzog sich dieser Aufgabe und wird die Resultate, zu denen er gelangte, demnächst in seiner Dissertation darlegen. Die Mittheilungen, die ich hier gebe, stützen sich auf Präparate, die der Genannte angefertigt hat.

Wurde der Ischiadicus von Fröschen oder kleinen Säugethieren auf die Dauer von 20—24 Stunden in Osmiumsäurelösung von 1 : 100 gelegt, so ergaben die Querschnitte ein sehr wechselndes Kaliber des Axencylinders; in dem einen Falle füllte eine unbestimmt punktirte Masse den ganzen Axenraum aus, in andern Fällen umschloss ein breiter periaxialer Raum einen schmächtigeren Faden. Der innere Contour der Markscheide blieb aber stets intakt und regelmässig. Das

1) Arch. f. Anat. u. Entwicklungsgesch. 1878. S. 278. Taf. X. Fig. 13, 14.

2) Virchow's Arch. Bl. XXXI.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Schwanken im Kaliber des Cylinders bewegte sich innerhalb folgender Grenzen: den Durchmesser breiter Fasern des Ischiadicus vom Frosche = 1 gesetzt, so betrug der als Axencylinder anzusprechende Inhalt des Querschnittes im maximo 0,7 im minimo 0,2 dieses Durchmessers.

Die Färbungen der Axencylinder gelangen bei Anwendung von Boraxcarmin und verschiedenen basischen Anilinfarben entweder gar nicht oder unvollständig, nur ganz schmächtige Cylinder wurden lebhaft tingirt, liessen dann aber weder auf Quer- noch Längschnitten Fibrillen erkennen.

Als beste Methode bewährt sich schliesslich folgende:

Der Nerv wird, in physiologischer Streckung auf Kork fixirt, zwei Stunden lang in eine Osmiumsäurelösung von 1 : 200 gelegt, dann durch zwei Stunden in destillirtem Wasser ausgewaschen, hierauf in eine gesättigte wässerige Lösung von Säurefuchsin (Fuchsin S. Nr. 30) gebracht. In der Farbe bleiben die Objecte 24—48 Stunden, werden dann 6 bis höchstens 12 Stunden lang in absolutem Alcohol ausgewaschen, in Nelkenöl geklärt und in Paraffin eingebettet.

Wurde das Auswaschen in Alcohol über 12 Stunden hinaus fortgesetzt, so entfärbten sich die Objecte. Entfärbung erfolgte auch, wenn man genau nach der von Weigert[1]) für Chromsäurepräparate empfohlenen Methode des Auswaschens verfuhr. Die eingebetteten Nerven wurden mit dem Microtom in sehr dünne Quer- und Längsschnitte zerlegt; man erhielt mehrere successive Längsschnitte durch eine und dieselbe breite Faser. Waren die Präparate vollständig gelungen, so zeigten sich nur die Fibrillen lebhaft roth tingirt, die Zwischenräume zwischen denselben waren farblos. Hatte das Auswaschen in Alcohol nicht lange genug gewährt, so zeigte wohl auch der gesammte Axenraum eine hell rosarothe Färbung, von welchem Grunde sich die intensiv gefärbten Fibrillen scharf abhoben.

1) Medic. Centralblatt. 1882. Nr. 42.

Nach solchen gelungenen Präparaten vom Ischiadicus eines Frosches, die im hiesigen Institute aufgehoben werden, sind die beiden Zeichnungen auf beifolgender Tafel bei der Combination von Zeiss homog. Immers. $^1/_{18}$, O. 3 und Anwendung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates entworfen worden. Der Zeichner hat die Fibrillen in Quer- und Längsschnitt eher zu dick als zu fein angelegt.

Wie man in Fig. A sieht, verhalten sich nicht alle Querschnitte durchweg gleich. An vielen derselben und besonders an den breitern, sind die gefärbten Pünktchen ganz gleichmässig durch den ganzen Raum vertheilt und von gleicher Grösse; an einigen sind die Pünktchen etwas gröber aber doch unter sich gleich, an andern sind sie in der Mitte des Axenraumes dichter angeordnet und fehlen gegen die Markscheide hin und endlich sieht man Querschnitte mit grössern roth gefärbten Partikeln in hellem Raume und relativ spärlichen feinen Punkten. Dabei ist es sehr wohl denkbar, dass bei dem Entfernen des Paraffins von den Schnitten durch ein Paar Tropfen Benzin oder Xylol die winzigen Stücke der Fibrillen zum Theil fortgeschwemmt wurden.

Als massgebend für die Beurtheilung der Anordnung im Leben sehe ich nur diejenigen Querschnitte an, bei denen sich eine ganz gleichmässige Vertheilung gleich grosser Pünktchen im Axenraume findet. Diese Punkte haben einen geringern Durchmesser, als der Abstand derselben von einander beträgt. Sie sind so scharf ausgeprägt, dass man sie fast zählen könnte und ich habe auch, wenigstens annähernd, Zählungen versucht, wobei an breiten Fasern die Zahl 100 überschritten wurde.

Noch instruktiver nach manchen Seiten hin sind Längsschnitte. Fig. B stellt einen Theil eines solchen Schnittes dar. Zunächst erweisen diese Schnitte, dass die Pünktchen an

den Querschnitten in der That longitudinal verlaufenden Fibrillen entsprechen und nicht etwa den Körnchen einer Zwischensubstanz; ferner ergiebt sich, dass die Fibrillen in ihrem Verlaufe gleichmässige Dicke bewahren, keine Knötchen zeigen, dass überhaupt jede Gliederung fehlt, auf die etwa die Querbänder der Frommann'schen Silberbilder[1]) bezogen werden könnten. Die Lehre der „nervous elements" von H. D. Schmidt[2]) findet an diesen Präparaten keine Stütze.

Wie an den queren, so sieht man auch an den Längsschnitten manche Faser, an welcher sich die Fibrillen gegen die Axe näher zusammendrängen, so dass zunächst der Markscheide eine schmale fibrillenfreie Zone sich zeigt; an den meisten Fasern aber ist die Vertheilung eine gleichmässige.

An keinem einzigen dieser Schnitte hat sich auch nur eine Spur eines Gebildes gezeigt, das als „Axencylinderscheide" aufgefasst werden könnte.

Diese Präparate sprechen meiner Meinung nach unwiderleglich für die Präexistenz der Fibrillen im gesammten Verlaufe der Nervenfaser. Die gleiche Dicke, die regelmässige Vertheilung im Axenraume nimmt den Gegnern dieser Anschauung wohl jeden Boden für den Einwand, dass postmortale Fadengerinnungen in einem flüssigen Medium oder Faltungen an der Oberfläche eines homogenen weichen Cylinders die Streifung bedingten.

Die Fibrillen bilden aber nur einen Bestandtheil des Axenraumes und der Abstand derselben von einander ist, nach den Querschnitten zu urtheilen, beträchtlicher, als ich es mir vorgestellt hatte. Welcher Art ist die Substanz, in der die Fibrillen suspendirt sind?

Bei dieser Frage möchte ich mich insoweit den An-

---

1) Zur Silberfärbung des Axencylinders. Virch. Arch. Bd. XXXI.
2) Monthly microsc. Journ. T. XII. 1874.

sichten Fleischl's und Klebs' anschliessen, dass ich als zweiten Bestandtheil des Axenraumes, vielleicht als den dem Volumen nach beträchtlichern, eine eiweisshaltige gerinnungsfähige Flüssigkeit annehme.

Dieser Annahme steht nichts im Wege und alle Erscheinungen, aus denen man bald auf einen festweichen, bald auf einen flüssigen Zustand des „Axencylinders", d. h. des gesammten Inhaltes des innerhalb der Markscheide gelegenen Axenraumes geschlossen hat, erklären sich zwanglos aus derselben. Ob eine spontane Gerinnbarkeit aufzustellen wäre, lasse ich auf sich beruhen, es scheint mir kein zwingender Grund dafür vorzuliegen. Wohl aber wäre eine gallertige Gerinnung beim Ansäuern, z. B. bei der Anwendung stark verdünnter Chromsäure und Osmiumsäure anzunehmen, da man namentlich nach kurzer Einwirkung der erstern Säure und des bichromsauren Ammoniak einen glasartigen Axencylinder streckenweise isoliren kann. Dieser Kuchen würde alle Fibrillen zunächst locker umschliessen und beim Fortwirken der die Gerinnung bedingenden Ursache sich unter Ausscheidung von Wasser verdichten und die Fibrillen zu einem kompakten Strange zusammenziehen, zu dem schmächtigen festen „Axencylinder."

Chromsäure und bichromsaures Ammoniak bedingen ja auch gallertige und später festere, fadenförmige Gerinnungen im Schafwasser des intakt gebliebenen Amniossackes, im Centralkanal und den Hirnventrikeln.

5procentige Salpetersäure, die man zu rasch isolirten frischen Nervenfasern unter dem Deckglase zufliessen lässt, giebt im Axenraume einen fein flockigen Niederschlag, ohne in den ersten Minuten die Markscheide merklich zu verändern. Diese kleinen Flocken kann man durch Druck auf das Deckglas hin und her bewegen, zum Beweise dafür, dass sie sich nicht in einer zäh gallertigen Masse befinden.

Von vorne herein wird anzunehmen sein, dass die Fi-