Ueber die Fasern des Sehnerven.

Von

W. Krause,

Professor in Göttingen.

(Hierzu Taf. III., Figur 1—5.)

Die Anzahl der Nervenfasern im Stamm des N. opticus habe ich*) früher auf wenigstens eine Million geschätzt, Kuhnt**) hat nur etwa 40,000, Salzer***) dagegen im Durchschnitt 438,000 Fasern gefunden. Danach scheint die Frage beinahe für eine Wette passend zu sein, wie viel Fasern der nächste Untersucher wohl finden wird.

Indessen beruhen die Differenzen, wie zu erwarten war, vorzugsweise auf der Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden, was sich sogleich zeigen wird. Die von mir zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Resultate werden trotz ihrer fragmentarischen Beschaffenheit hier mitgetheilt, da der Gegenstand für den Unbefangenen

*) Allgemeine Anatomie 1876. S. 165.

**) Dieses Archiv 1879. Bd. XXV. S. 267.

***) Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Math. naturw. Klasse. Bd. 81. 8. Januar 1880.

durch die letzten Zählungen offenbar noch nicht erledigt ist.

Mit Hülfe einiger Daten aus der früheren anatomischen Literatur konnte man anscheinend die Faseranzahl des N. opticus mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen. Nimmt man den Querschnitt des letzteren excl. Scheiden in runder Ziffer zu 10 Quadratmillimeter an, die Dicke der Nervenfasern im Durchschnitt zu 0,002 mm, die Menge des *interfasciculären* Bindegewebes zwischen den Nervenbündeln mit Klebs*) und Max Schultze**) zu 50 % und die *intrafasciculäre* Bindesubstanz (Tafel III, Fig. 4) nebst Blutgefässen etc. auf etwa 20 % an, so erhält man für die Faseranzahl ca. eine Million.***)

Diese Annahme steht nicht im Widerspruch mit der Thatsache, dass der Sehnerv entwicklungsgeschichtlich ein Hirntheil ist und ebensowenig mit der sehr grossen Menge von Stäbchen und Zapfen†) in der Retina oder mit der Feinheit von deren Raumsinn.

Nach obiger Annahme würden 69 % des ganzen Sehnerven aus Bindegewebe bestehen. Kuhnt dagegen, der nur 40,000 Fasern herausrechnete, müsste dem Sehnerv 95 % Bindegewebe zuschreiben, selbst wenn man die mittlere Dicke einer Sehnervenfaser auf das Doppelte,

*) Virchow's Archiv für pathologische Anatomie. 1860. Bd. XIX. S. 324.

**) Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. II. 1872. S. 980.

***) W. Krause, l. c. S. 165.

†) Salzer (l. c.) schätzt dieselben auf $3\frac{1}{2}$ Millionen beim Neugeborenen. Diese Zahl ist jedoch ganz unzuverlässig, weil bei der benutzten Untersuchungsmethode die Retina-Elemente aus einander weichen, sich folglich über einen grösseren Raum vertheilen: die Zapfen-Zählung muss daher unter diesen Umständen zu niedrig ausfallen. Davon abgesehen wäre es doch nicht ganz unmöglich, dass mit dem Wachsthum vom Neugeborenen zum Erwachsenen sich die Zahl der Zapfen vermehrte.

nämlich auf 0,004 mm erhöhen will. Mit anderen Worten: nach meiner Annahme würde die Nervenmasse des N. opticus durch einen cylindrischen Strang von 2 mm Dicke repräsentirt werden; nach Kuhnt würde dieser Faden nur 0,08 mm Durchmesser haben. Endlich Salzer fand als wahrscheinlichsten Werth für die stärkeren Bindegewebssepta nur 11 % des in 1 %iger Ueberosmiumsäure und nachträglich in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Sehnerven. Welcher Werth der Wahrheit näher kommt, entscheidet ein Blick auf einen mikroskopischen Querschnitt oder auch auf eine Abbildung (Taf. III. Fig. 3.)

An Ueberosmiumsäure-Präparaten kann man die Anzahl der Nervenfasern unmittelbar zu schätzen versuchen. Stücke frischer Sehnerven von ca. 1 cm Länge wurden 48 Stunden lang vermittelst 1 %iger Ueberosmiumsäure gehärtet, mit Wasser ausgezogen und in absolutem Alkohol aufbewahrt. Feinste Schnitte wurden durch Eosin gefärbt, mittelst Nelkenöl und Canadabalsam durchsichtig gemacht und mit ca. 1000facher Vergrößerung (Immersion Nr. VIII. von Seibert, periscopisches Ocular Nr. I) betrachtet, ohne den Focus zu verschieben (Vergl. Taf. III., Fig. 1). Auf diese Art wurden Zählungen an Oblongen von beispielsweise 0,005 qmm Inhalt in der Gegend etwa 1 cm hinter der Lamina cribrosa ausgeführt, deren Resultate den von Salzer erhaltenen ca. 400,000 Fasern nahe kommen, wenn man das Gesamtareal der Opticusnervenbündel mit Salzer zu 6,2—8,4 qmm annimmt. Indessen ergab eine unten folgende einzelne Bestimmung für letzteres nicht mehr als 5,7 qmm.

Dies sind jedoch nur die stärkeren, mit Ueberosmiumsäure als schwarzrandige Kreise erscheinenden Nervenfasern (Taf. III., Fig. 1).

Letztere zeigen nach Köl liker*) 0,0005 bis 0,002 Par. Linie oder**) 0,0011 bis 0,0045 mm Durchmesser. — Nach Frey***) 0,0006 bis 0,002 Par. Linie oder†) 0,0014 bis 0,0045 mm; nach späterer Angabe††) hingegen meist 0,002 mm, während andere Fasern 0,005 bis 0,010 mm Dicke haben. — Nach Henle†††) haben sie im Mittel 0,002 mm; nach Schwalbe*†) durchschnittlich 0,002 mm Durchmesser.

Factisch wurden an 50 benachbarten Faserquerschnitten (Ueberosmiumsäure-Präparat) gefunden:

Durchmesser in mm: Fasern:

0,001—0,002	10
0,002—0,004	25
0,004—0,007	9
0,007—0,009	3
0,009—0,010	1
0,010—0,012	1
0,012—0,014	1

oder die mittlere Dicke zu 0,004 mm.

Wie schon gesagt, sind es aber nur die stärkeren Nervenfasern, welche man an Ueberosmiumsäure-Präparaten bequem messen kann. Die feineren erscheinen auf Querschnitten als sehr zahlreiche, schwarzrandige kleine Kreise oder Punkte (Taf. III., Fig. 1) im intrafasciculären Bindegewebe. Von dem einzelnen Pünktchen ist es unmöglich zu sagen, ob man eine Nervenfaser vor sich hat oder nicht, wenn nicht zufällig an dickeren

*) Mikroskopische Anatomie. Bd. II. b. 1854. S. 670.

**) Gewebelehre. 1867. S. 674.

***) Histologie und Histochemie. 1859. S. 613.

†) Daselbst, 1874. S. 666.

††) Daselbst, 1876. S. 686.

†††) Eingeweidelehre, 1866. S. 584. 1875, S. 610.

*†) Graefe u. Sämisch, Handbuch der Augenheilkunde. Bd. I. 1874. S. 341.

Schnitten das Faserbruchstück ein wenig schräg liegt. Da nun die Menge des intrafasciculären Bindegewebes an verschiedenen Stellen desselben Bündels wechselt und man ohnehin diejenigen Stellen auszuwählen gezwungen ist, wo die Faserquerschnitte deutlich isolirt erscheinen, mithin verhältnissmässig sparsam sind, so sind sowohl die oben angeführten als die nach derselben Methode vorgenommenen Salzer'schen Zählungen unzuverlässig: sie thun nur dar, dass die Zahl der Opticusfasern eine sehr grosse ist und eventuell können sie zur procentischen Schätzung der Menge des intrafasciculären Bindegewebes dienen. — Feinste Nervenfasern kann man dagegen in grosser Anzahl auf Längsschnitten von Präparaten aus Müller'scher Flüssigkeit oder sehr verdünnter Chromsäure-Lösung nachweisen, die man in Wasser zerfasert. Solche feinste Opticusfasern (Taf. III., Fig. 5a) sind bisher nur von Kuhnt ausdrücklich erwähnt worden. Sie messen etwa 0,0005—0,0007 mm und ihr Durchmesser ist mithin beträchtlich geringer, als der für die dünnsten Fasern früher bekannte; sie unterscheiden sich von Axencylindern durch ihren Glanz oder Brechungsindex, vom Bindegewebe durch ihre Varicositäten. Beide Eigenschaften treten nach Uebersättigung mit Natronlauge deutlicher hervor; in Längsschnitten von Ueberosmiumsäure-Präparaten auch die Varicositäten. Ihr Vorkommen ist ein verschieden häufiges in verschiedenen Nervenbündeln des Sehnerven und an verschiedenen Stellen desselben Bündels. Auch ihre Bedeutung ist vielleicht eine andere als diejenige der stärkeren Nervenfasern: die feinen Fasern könnten zu den Retina-Stäbchen, die dicken zu den Zapfen gehören.

Was das interfasciculäre Bindegewebe anlangt, so wurde der in Figur 3 abgebildete Sehnervenquerschnitt von Herrn Peters in Göttingen 90fach vergrössert auf gleichmässig starkes Papier gezeichnet, von dem 1 qcm.

durchschnittlich 8,15986 Milligramm wog. Nachdem die Parthien, welche interfasciculärem Bindegewebe entsprechen, mittelst des Scalpells isolirt worden waren, ergaben sich 38% für die Masse des letzteren nach Abrechnung der Vagina interna oder 47% incl. letzterer; der Querschnitt des gehärteten Sehnerven ohne Hülle zu 9,1 qcm und der Gesamtquerschnitt seiner Nervenbündel zu 5,67 qmm.

Nach dem Gesagten ist es unzweifelhaft, dass die Eingangs erwähnten Daten der älteren anatomischen Literatur erheblich falsch waren. Die mittlere Dicke einer Faser stellt sich höher als 0,002 mm, wobei selbstverständlich nur von solchen die Rede ist, welche jene älteren Schätzungen allein im Sinne hatten. Das intrafasciculäre Bindegewebe würde ziemlich richtig geschätzt worden sein, wenn die an verschiedenen Stellen desselben Nervenbündels differirende Entwicklung desselben, nebenbei auch die nicht-mitgezählten zahlreichen feinsten Nervenfasern, welche in ersterem enthalten sind, jene Taxation nicht illusorisch machten. Das interfasciculäre Bindegewebe hingegen ist von M. Schultze um ca. 12% zu hoch angenommen worden.

Lamina cribrosa. Was nun diese von Kuhnt benutzte Lamina anlangt, so ergaben sich an einer Stelle wo der Sehnerv noch einen Durchmesser von 2,2 mm hatte und letzterer 22% interfasciculäres Bindegewebe enthielt, auf Längsschnitten von Ueberosmiumsäure-Präparaten beispielsweise:

Breite eines Nervenbündels	Fasern direkt	Fasern im
in mm:	gezählt:	Sehnerv:
0,0871	12	43,302
0,0991	15	52,265

was mit Kuhnt's Angaben hinlänglich übereinstimmt. Längsschnitte dagegen von Präparaten aus Müller'scher Flüssigkeit, in Wasser untersucht, zeigten zum Beispiel

13 Nervenfasern auf 0,03 mm (Taf. III., Fig. 2). Hieraus würden 440,374 Fasern für den ganzen Sehnerven folgen, was zufällig mit Salzer's Zählungen ziemlich genau harmonirt. Es ist aber selbstverständlich, dass man die oben beschriebenen allerfeinsten Nervenfasern an Schnittpräparaten nicht, sondern nur an Zerzupfungspräparaten unterscheiden kann. Hiernach hat Kuhnt nur die stärkeren noch markhaltigen Fasern gezählt, die weit zahlreicheren marklosen in der Lamina cribrosa, sowie die feineren doppeltcontourirten aber ausser Acht gelassen. Ebenso wenig kennt Salzer die letzteren. Ihre Anzahl lässt sich mit den heutigen Hilfsmitteln nicht bestimmen — sie schienen im Allgemeinen häufiger zu sein, als die stärkeren und desshalb mag die Gesamtzahl auf mindestens eine Million angenommen werden. Mit Sicherheit lässt sich jedoch nur so viel sagen, dass der Sehnerv wenigstens 400,000 stärkere und feinere nebst einer vielleicht nicht geringeren Anzahl allerfeinster Nervenfasern enthält.

Erklärung der Tafel III.

Fig. 1. Querschnitt des N. opticus, 1 cm hinter dem Bulbus nach zweitägigem Einlegen des frischen Nerven in 1%ige Ueberosmiumsäure, dann in absoluten Alkohol; Nelkenöl, Canadabalsam. Vergr. 500. — Auf einem Areal von 0,005 qmm wurden 174 unzweifelhafte Nervenfaserschnitte gezählt.

Fig. 2. Längsschnitt des N. opticus dicht hinter der Lamina cribrosa sclerae, nach längerer Behandlung des Nerven mit Müller'scher Flüssigkeit und Einlegen in absoluten Alkohol. In Wasser untersucht. Vergr. 1000.

Fig. 3. Querschnitt des ganzen N. opticus, unmittelbar vor der Eintrittsstelle der A. und V. centralis retinae, nach zweitägigem Einlegen in 1%ige Ueberosmiumsäure, dann in absoluten Alkohol; Eosin, Nelkenöl, Canadabalsam. Vergr. 20 (bei 50facher Vergrößerung gezeichnet).

Fig. 4. Bindegewebsnetz aus einem Querschnitt des N. opticus; nur ein Theil des Bündels ist gezeichnet. Eosin, Nelkenöl, Canadabalsam. Vergr. 240.

Fig. 5. Nervenfasern des N. opticus nach fünftägigem Einlegen des Nerven in Müller'sche Flüssigkeit, durch Zerfasern

isolirt. Vergr. 1000. Die Durchmesser betragen bei $a = 0,0005$, bei $b = 0,002$, bei $c = 0,004$, bei $d = 0,0007$ mm.

Sämmtliche Figuren sind von Herrn Peters in Göttingen gezeichnet. Sie erreichen die Treue photographischer Abbildungen, und gestatten daher Demjenigen, der sich für die Frage interessirt, selbst nachzuzählen resp. nachzumessen.