

XIX.

Ueber das Verhalten der Sehnenzellen bei der Entzündung.

Von Dr. L. Ginsburg aus St. Petersburg.

(Hierzu Taf. VII.)

Aus dem Laboratorium von Prof. Eberth in Halle.

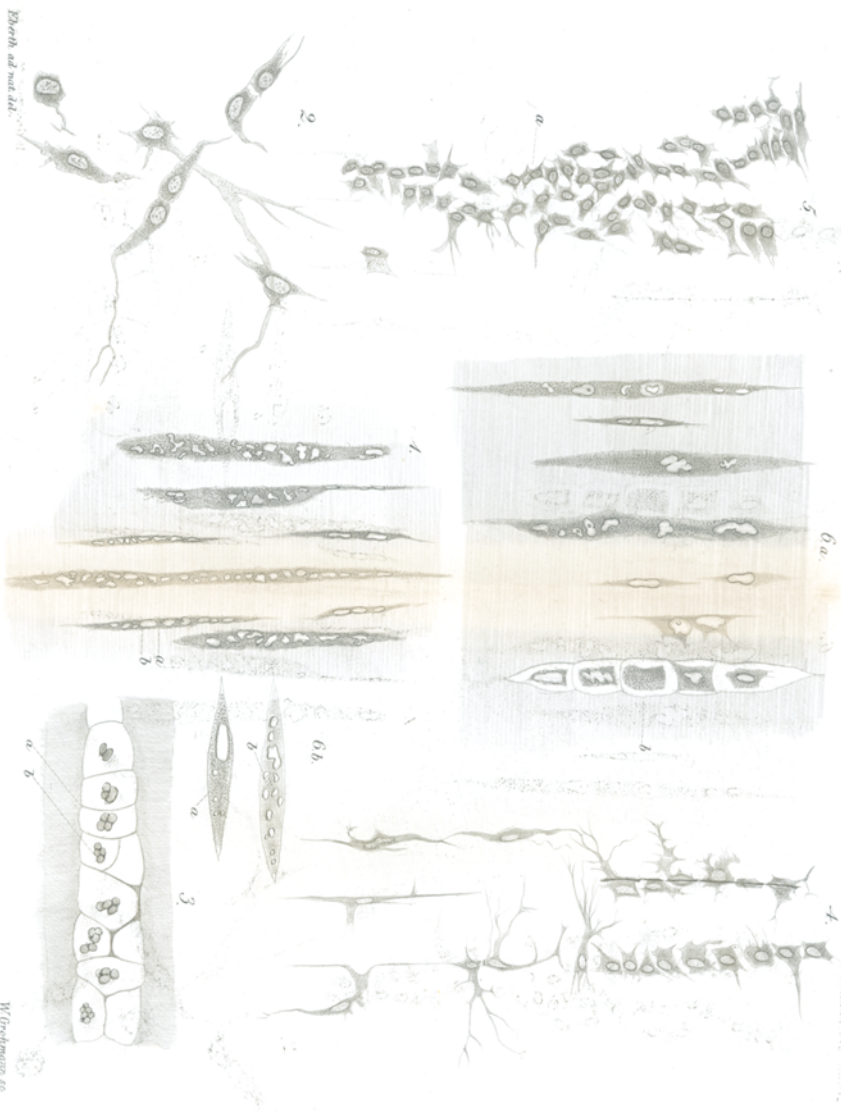
Die Entzündung der Sehnen war schon mehrfach Gegenstand experimenteller Untersuchungen, welche sich besonders mit dem Heilungsprozess nach der Tenotomie befassten. Aber nicht nur diese practische Frage war die Veranlassung an der Sehne Versuche anzustellen. Die regelmässige Anordnung der Zellen und die geringe Zahl der Gefässe in der Sehne erweckten vielmehr die Hoffnung, dieselbe möchte ein günstiges Object für das Studium der Frage sein, welche Rolle die fixen Zellen bei der Entzündung spielen. Die bis jetzt gewonnenen Resultate entsprechen jedoch keineswegs den gehegten Erwartungen, wie sich bei Durchsicht der betreffenden Literatur leicht ergibt, denn die Ergebnisse der zahlreichen Arbeiten widersprechen sich in vielen wichtigen Punkten. Dieser Umstand bewog mich eine neue Untersuchung anzustellen.

Bei der älteren Literatur des Gegenstandes will ich nicht verweilen, denn der Umschwung in der Lehre von dem Bau der normalen Sehne, welchen wir den Arbeiten von Ranvier, Boll, Bruce, Grünhagen, Spina, Löwe und Anderen verdanken, wie der Fortschritt in der Lehre von dem Entzündungsprozess lassen die Bedeutung der früheren Arbeiten über Sehnenentzündung sehr gering erscheinen.

Schon in seinen ersten Arbeiten über die Structur der Sehne hat Ranvier das Verhalten der Sehnenzellen nach entzündlichen Reizen zu ermitteln versucht und gelangte zu dem Schluss, dass sie dabei einen Proliferationsprozess eingehen.

Unmittelbar darauf wurden diese Untersuchungen von Güterbock¹⁾ wiederholt, welcher fand, dass schon einige Stunden nach

¹⁾ Wien. Med. Jahrb. 1871. Heft I.



Trochomys apthous Bd.

Trochomys apthous

Durchziehung eines Fadens durch die Sehne eine enorme Theilung der Sehnenzellenkerne stattfindet, die seiner Meinung nach zu einer Proliferation der Zellen führt.

Diese Untersuchungen sind später von Spina¹⁾ weiter geführt und deren Resultate dahin gedeutet worden, dass bei dieser Proliferation die Sehnenzellen nicht nur in Eiterkörperchen, sondern auch in rothe Blutkörperchen sich verwandeln.

Nach Feltz²⁾ proliferiren die Sehnenzellen schon bald nach der Reizung, und die neu gebildeten Zellen spielen entweder die Rolle fibroplastischer Elemente oder verwandeln sich bei ungünstigen Verhältnissen theils in Eiterkörperchen, theils zerfallen sie in Detritus. Unter „fibroplastischen Elementen“ versteht er Zellen, deren Protoplasma sich theilweise in Bindegewebsfibrillen verwandelt.

Ausserdem muss ich noch kurz der neueren Untersuchungen über den Heilungsprozess nach der Tenotomie erwähnen.

Dembowsky³⁾ hat gefunden, dass die Sehnenzellen der Achillessehne sich vollständig indifferent beim Heilungsprozesse nach der Tenotomie verhalten, und dass die Regeneration einzig und allein durch die Wucherung des Gewebes der Sehnenscheide und zwar durch ausgewanderte weisse Blutkörperchen zu Stande kommt.

Bizzozero⁴⁾ meint, dass die Mehrzahl der zur Regeneration dienenden Zellen aus dem lockeren Bindegewebe, welches die Sehnensrümpfe umspinnt, stammt, und nur ein kleinerer Theil aus der eigentlichen Bindegewebsseide.

Güterbock's⁵⁾ Untersuchungen sprechen auch dafür, dass bei dem Heilungsprozess nach der Tenotomie die Sehnenzellen sich passiv verhalten und die Wunde durch die Hineinwucherung des Gewebes der Sehnenscheide geheilt wird.

J. Feltz⁶⁾ hat beobachtet, dass nach der Durchschneidung der Achillessehne ein Bluterguss stattfindet und die Scheide sich mit

¹⁾ Wien. Med. Jahrb. 1877.

²⁾ v. Feltz, Recher. experim. sur l'inflam. de Tend. Journ. de l'Anatomie et physiol. publ. par Robin. XIV.

³⁾ Ueber den physiolog. Heilungsprozess nach subcut. Tenotomie der Achillessehne. Inaug.-Dissert. Königsberg 1868.

⁴⁾ Annal. univ. 203. Gennaio 1868. Schmidt's Jahrb. Bd. 140. No. 40. 1868.

⁵⁾ Dieses Archiv Bd. 56.

⁶⁾ Thèse de Strassbourg. 1868. Jahresbericht redig. von Virchow und Hirsch. 1868.

einem Exsudat erfüllt, in dem gegen das Ende des 3. oder 4. Tages sich spindelförmige Zellen entwickeln, welche weder von den weissen Blutkörperchen noch von den plasmatischen Zellen abstammen. Die Zellen gehen in Fasern über, während das extravasirte Blut verschwindet.

Meine Untersuchungen wurden an Beugesehnen des Frosches und der Achillessehne, mitunter auch an anderen Sehnen des Kaninchens, angestellt. Als Reize wurden feine metallische Schlingen oder Fäden benutzt, welche durch die Sehnen gezogen, darin verschieden lange Zeit verblieben. In einer Versuchsreihe wurde der fremde Körper bis zur Tödtung des Frosches in der Sehne gelassen, in den anderen blieben die Frösche verschieden lange Zeit nach Entfernung desselben am Leben. Die Kaninchensehnen wurden ebenfalls auf diese Weise gereizt, oder möglichst circumscribt mit einem Lapisstift cauterisirt. Für die mikroskopische Untersuchung kam grösstentheils die Behandlung der Sehnen mit Chlorgold in Anwendung¹⁾.

Structur der normalen Sehne.

Bevor ich an die Schilderung der Resultate meiner Entzündungsversuche gehe, will ich zur besseren Orientirung eine möglichst kurze Beschreibung der feineren Structurverhältnisse der normalen Sehne mit besonderer Berücksichtigung der Sehnenzellen vorausschicken.

Fertigt man Längsschnitte von einer in oben beschriebener Weise mit Gold behandelten Frosch- oder Kaninchensehne, und unterwirft diese in einem Gemisch von Wasser und Glycerin der mikroskopischen Untersuchung, so zeigt die Sehne eine aus parallelen Fasern bestehende Grundsubstanz, der eine grosse Zahl vorzugsweise in Reihen angeordneter Zellen eingelagert sind. Grössere

¹⁾ Zu diesem Zwecke wurden sie unmittelbar nach der Tödtung des Thieres ausgeschnitten, auf einem kleinen Rahmen von Kork ausgespannt und mit Nadeln befestigt. Darauf brachte ich sie für 5 Minuten in schwach angesäuertes Wasser, dann in eine $\frac{1}{2}$ —1procentige Chlorgoldlösung, in der sie 8—15 Minuten verblieben, worauf sie wieder in schwach angesäuertes Wasser gelegt dem Sonnenlichte ausgesetzt wurden. Nachdem die Sehnen eine schöne violette Färbung angenommen hatten, wurden sie in Weingeist übertragen. 4—5 Tage nach der Vergoldung waren sie für die Untersuchung geeignet. In einigen Fällen wurden die Kaninchensehnen im Weingeist conservirt und mit Picrocarmin, Carmin, Hämatoxylin, Methylviolet und Bismarckbraun tingirt.

Bündel der fibrillären Grundsubstanz werden untereinander durch lockeres Bindegewebe vereinigt. Die Zahl der Sehnenzellen in jedem Präparate ist sehr gross: jede Drehung der Schraube bringt neue Zellen zum Vorschein. Von diesen Elementen lassen sich 2 Arten unterscheiden. Zur ersten gehören die gruppenweise in Form langer Bänder von verschiedener Breite angeordneten Zellen, sie sind gegeneinander durch dunkelviolettfärbte Linien abgegrenzt. Die Form der einzelnen Elemente ist verschieden, grösstentheils viereckig, zuweilen dreieckig oder oblong. Die Breite eines Zellenbandes ist auch verschieden, je nachdem es aus einer einfachen, doppelten oder mehrfachen Zellenreihe besteht. Die seitliche Begrenzung der einzelnen Zellen oder ganzen Zellenreihen ist nicht immer sichtbar, der Beobachter bekommt vielmehr den Eindruck, als ob die Zellen sich in der Tiefe der faserigen Grundsubstanz verlieren. Zur zweiten Classe gehören Zellen, die langgestreckte Spindeln darstellen. Man findet sie vereinzelt zwischen den bandförmigen Reihen, oder sie sind in der Längsaxe der Sehne in parallelen Zügen angeordnet. Wenn das der Fall ist, sind oft die Pole der hintereinander liegenden Spindeln durch fadenförmige Ausläufer verbunden.

Betrachten wir näher die Structur der Zellen der ersten Art. Jede einzelne Zelle ist wie von einem Rahmen dunkelviolettfärbter Substanz eingefasst, die von dem grössten Theil der Autoren als die die Zellen zusammenhaltende Kittsubstanz aufgefasst wird. In der Mitte der Zelle oder näher dem oberen oder unteren Rande sieht man einen grossen, scharf conturirten grob granulirten Kern, der von einem mehr oder weniger grossen Quantum von Protoplasma umgeben ist. Der Kern und Protoplasma sind rothviolett gefärbt, aber die Intensität der Färbung ist verschieden — bald ist die Tinctio des Kernes dunkler, bald heller, als die des Protoplasma. Bei genauer Betrachtung kann man sich leicht überzeugen, dass das Protoplasma nicht die ganze durch die dunkelvioletten Linien begrenzte Fläche einnimmt, dass vielmehr zwischen Protoplasma und den Kittleisten noch ein mehr oder weniger breiter, lichter ungefärbter Saum vorhanden ist. Bei Veränderung der Einstellung erscheint das Protoplasma und der Kern etwas prominenter als der ungefärbte Saum. Zuweilen fällt eine Zelle von der Reihe heraus, dann sieht man, dass die dunkelvioletten Kittleisten eine ungefärbte homogene Platte einfassen. Daraus ergibt sich, dass die Sehnenzellen aus Platten bestehen, denen das körnige

Protoplasma sammt Kern anliegen, kurz, dass sie die Structur der Endothelien besitzen. An Zerzupfungspräparaten ist es auch sehr leicht zu sehen, dass viele von den Zellen an den cylindrischen Faserbündeln in solcher Weise haften, dass man annehmen muss, dass sie muldenförmig gekrümmt sind. Einige Zellenreihen lassen an den Zellen einen besonderen Streifen wahrnehmen, der nahezu parallel der Längsaxe der Zelle liegt, sodass er bei Betrachtung der ganzen Zellenreihe als eine dunkelviolette Linie, die durch die Zellenreihe ununterbrochen verläuft, erscheint. Zuweilen bemerkt man zwei oder drei solcher Streifen. Ranvier¹⁾ hat sogar in der Sehne des erwachsenen Hundes 5 solcher Längsstreifen an einer und derselben Zelle gesehen. Diese Streifen sind zuerst von Boll²⁾ beschrieben und als elastische Streifen bezeichnet worden. Durch Drehung der Schraube erkennt man, dass der Streifen bald oberhalb, bald unterhalb, bald in demselben Niveau mit der Zellenplatte liegt. Was die Natur dieses Gebildes anlangt, sind die Meinungen der Forscher sehr getheilt. Boll³⁾, Gerlach⁴⁾, Grünhagen⁵⁾, Spina⁶⁾ nehmen an, dass die Sehnenzellen wirklich besondere elastische Streifen besitzen. Spina meint sogar, dass ausser den Längsstreifen auch quere elastische Streifen vorkommen, für welche er die oben als Kittsubstanz beschriebenen Leisten betrachtet. Ranvier⁷⁾ sucht zu beweisen, dass die elastischen Streifen über die Oberfläche des Kernes und der Zelle vorspringende Leisten darstellen, deren Bildung durch den Druck der Sehnenbündel auf die eingelagerten Zellen bedingt ist. Ponfick⁸⁾ hält den Streifen für den optischen Ausdruck der schmalen Seitenfläche der leicht gewölbten Sehnenzellen. Török⁹⁾, Adickes¹⁰⁾, Bruce¹¹⁾, Renault¹²⁾,

¹⁾ Traité technique d'histologie. T. I.

²⁾ Arch. f. mikroskop. Anat. 1871.

³⁾ l. c.

⁴⁾ Sitzb. der Societ. in Erlangen.

⁵⁾ Arch. für mikroskop. Anat. 1873.

⁶⁾ Wien. med. Jahrb. 1873.

⁷⁾ l. c.

⁸⁾ Centralbl. für med. Wiss. 1872. No. 8.

⁹⁾ Würzb. Verhandl. III.

¹⁰⁾ Inaug.-Dissert. Götting. 1872.

¹¹⁾ Quarterl. Journal of microscop. science. XII.

¹²⁾ Archives de physiolog. 1872.

Flemming¹⁾ sind der Meinung, dass dieser Streifen ein künstliches Gebilde ist, welches durch Faltung oder Knickung des Zellenleibes nach Einwirkung von Essigsäure entsteht. Ciaccio²⁾ behauptet, dass die Streifen und Zellenleiber keine morphologische Einheit sind. Erstere sind künstliche Erzeugnisse der durch Säuren in Falten gelegten, zarten Scheiden der Sehnenbündel. Es würde uns zu weit führen, hier diese auseinandergehenden Meinungen einer eingehenden Kritik zu unterwerfen. Ich möchte nur bemerken, dass mir die Anschauung derjenigen, die den Streifen als künstliches Gebilde betrachten, in dem grössten Theil der Fälle als am meisten zutreffend scheint.

Die Zellen, die wir in die zweite Klasse eingereiht haben, sind grosse Spindelzellen. Wie schon erwähnt, trifft man sie entweder einzeln zwischen den Reihen der zur ersten Klasse gehörenden Zellen, oder in Zügen parallel der Längsaxe der Sehne angeordnet. An vergoldeten Präparaten machen sie den Eindruck, als ob sie aus homogenen spindelförmigen Platten bestehen, denen ein länglicher Kern mit sehr spärlichem Protoplasma anliegt. Sehr oft sieht man gar kein Protoplasma, zuweilen aber auch keinen Kern, und die ganze Zelle scheint nur aus einer homogenen Platte zu bestehen. An den Polen verlängern sich die Spindeln grösstentheils in fadenförmige Fortsätze, durch welche die hintereinander liegenden Spindelzellen oft vereinigt sind. Mays³⁾ hat in einer sehr eingehenden Untersuchung über die Structur der Froschsehne, indem er die Methoden der continuirlichen Infusion mit Indigocarmin und der Untersuchung der frischen Sehnen in 1procentiger Eisenvitriollösung benutzte, den Nachweis geliefert, dass diese Spindeln durch ihre Ausläufer miteinander communicirende Hohlräume darstellen, in denen Kerne oder Zellen mit spärlichem Protoplasma liegen, eine Auffassung, die schon früher von Bizzozzo ausgesprochen wurde.

An Querschnitten der Sehnen sieht man kreisrunde oder ovale Felder, — die Durchschnitte der faserigen Bündel. Zwischen ihnen sind Sternfiguren, die zuweilen durch ihre Strahlen untereinander anastomosiren. In der Mitte der Sternfigur ist grösstentheils ein Kern wahrnehmbar. Bei Veränderung der Einstellung verschwinden

¹⁾ Dieses Archiv 1872.

²⁾ Memor. della Acad. di Bologna. III.

³⁾ Dieses Archiv Bd. 75.

die Sternfiguren nicht, sie gehen vielmehr durch die ganze Dicke des Präparates. Bei längerem Verweilen des Präparates in Glycerin erweitern sich die Sternfiguren etwas und man kann deutlich sehen, dass der Kern einer der Wandungen der Figur anliegt. Dies Alles berechtigt zur Annahme, dass die Sternfiguren nichts Anderes sind als die Räume, die zwischen den nebeneinander liegenden cylindrischen Sehnenbündeln frei bleiben. An Querschnitten müssen sie nothwendig als Sternfiguren erscheinen. In diesen Räumen liegen Zellen, die dem einen oder dem Anderen der Bündel anliegen.

In der Froschsehne kommen öfters sehr eigenthümliche Gebilde zu Gesicht. Am schärfsten sieht man sie an Sehnen, die mit einer Lösung von Arg. nitric. behandelt wurden. Man bemerkt dann schmale dunkelgefärbte verschieden lange Stäbchen, von denen einige die Länge von 3 und 4 nebeneinander liegenden Zellen besitzen. Nach den Untersuchungen von Mays¹⁾ haben sich diese Gebilde als Kalkstäbchen erwiesen.

Versuche an der Sehne des Frosches.

Bei der ersten Versuchsreihe wurden durch die Beugeschnen der Finger Fäden oder metallische Schlingen gezogen und darin bis zur Tödtung des Frosches gelassen. Längsschnitte der auf diese Art gereizten Sehnen während der ersten 2 Tage nach der Operation entnommen, zeigen keine besonderen Veränderungen ausser den der unmittelbar um den Stichkanal liegenden durch das Trauma zerstörten Gewebsmassen. Nach 2—5 tägiger Reizung ist der Befund folgender: In der unmittelbaren Umgebung des Stichkanals liegen zerstörte Gewebsmassen — die von dem Stichkanal unterbrochenen Zellenreihen. Auch einige Zellen und Zellenreihen, die parallel zu diesen verlaufen, sind beträchtlich verändert. Ganze Zellenreihen nemlich erscheinen in eine körnige, von Gold stark tingirte Masse verwandelt, so dass weder die Grenze zwischen den einzelnen Zellen noch das Protoplasma vom Zellkern selbst zu unterscheiden ist. Man sieht längliche Züge und Bänder, die aus mehr oder weniger gleichmässigen körnigen Massen zusammengesetzt sind. Aber nicht an allen Präparaten sind diese Bänder von gleichmässigem Aussehen, neben ihnen findet man häufig solche, denen verschieden grosse Kerne eingelagert sind. Einige dieser besitzen die Grösse und

¹⁾ l. c.

das Aussehen der Sehnzellenkerne, die meisten aber sind kleiner und die Körnung ist dichter. Am 4., 5. Tage nach der Operation trifft man auch rundliche Kerne, die verschieden gross, aber immer kleiner als die Sehnzellenkerne sind und aus einer homogenen stark lichtbrechenden Substanz bestehen. Von Gold werden diese Gebilde sehr schwach oder gar nicht tingirt. Die Breite der körnigen Bänder ist verschieden, — in den früheren Stadien übersteigt sie nicht den Querdurchmesser einer Sehnzelle, in den späteren (5—6 Tage nach der Operation) sind die Grenzen zwischen den einzelnen Bändern verwischt und man kann körnige Bänder treffen, die so breit wie der Durchmesser von 4—5 und mehr nebeneinander liegenden Sehnzellen sind. Fig. 1 a. An einzelnen Präparaten sieht man ausser diesen eine andere Art von Veränderungen oder vielmehr eine andere Form derselben, nemlich Veränderungen, die darin bestehen, dass an den Sehnzellen, welche ihre normalen Conturen bewahrt haben, die Grenze zwischen Kern und Protoplasma verschwunden ist — der Kern hat sich gleichsam im Protoplasma aufgelöst, und das Ganze erscheint etwas zusammengezogen. So stellt die ganze Zelle eine ungefärbte Platte dar, der grösstentheils im Centrum ein stark von Gold tingirbarer Haufen elementarer Körnchen anliegt. Die Nachbarzellen derselben Reihe sind oft in die obenbeschriebenen körnigen Bänder verwandelt, und das ganze Bild macht den Eindruck von einem Körnchenhaufen, der durch einen Hof (ungefärbte Platte) von einer grösseren Körneransammlung getrennt scheint. Fig. 6 a, b. Manche Kerne enthalten auch Vacuolen.

Alle diese Veränderungen sind nicht gleichmässig auf einen bestimmten Raum um den Stichkanal vertheilt, sie haben mehr Tendenz sich der Länge der Zellenreihen nach zu verbreiten, und es kommt vor, dass eine ziemlich lange Zellenreihe auf eine grosse Distanz vom Stichkanal in jener Weise verändert ist, während eine andere, die parallel zu dieser verläuft, in der Nähe des Kanals gelegene nur geringe Veränderung darbietet. In der Mehrzahl der Versuche, bei denen die Schlinge mehr als 6—7 Tage in der Sehne verweilte, wurde die letzte um den fremden Körper erweicht, die Fasern dissociert, endlich zerrissen gefunden; im zerstörten Gewebe traf man oft Eiterkörperchen. In denjenigen Präparaten, deren Grundsubstanz nicht zerstört war, waren am 7.—8. Tage nach der Opera-

tion auf grosse Strecken um den Stichkanal weder zellige Elemente, noch Ueberreste solcher vorhanden, man sah in einigen Gewebspalten statt Zellen Reihen von homogenen glänzenden kernförmigen Gebilden, die mit den früher beschriebenen identisch sind.

Querschnitte von Sehnen, die 4—5 Tage gereizt wurden, zeigen die Sternfiguren zwischen den faserigen Sehnenbündeln erweitert und mit körniger Masse gefüllt, zuweilen finden sich darin granulirte oder glänzende homogene Kerne. Je mehr Raum die körnigen Massen einnehmen, desto kleiner wird der Durchmesser der faserigen Bündel.

Die Veränderungen, die durch den entzündlichen Reiz während der ersten 4—5 Tage hervorgerufen sind, bestehen also darin, dass in einigen Zellen und Zellenreihen die Conturen der Kerne verschwinden, die Substanz des Kernes sich mit der Substanz des Protoplasma mischt und die Zellplatten und Kittleisten sich in körnige Substanz verwandeln, so dass die ganze Zellenreihe eine einförmige körnige Masse darstellt. Neben diesen giebt es noch andere Zellenreihen, die zwar auch in körnige Bänder verwandelt, doch nicht so gleichmässig beschaffen sind, sie enthalten nemlich viel mehr Kerne von verschiedener Grösse. Einige von diesen letzten sind allerdings als unveränderte Sehnenzellenkerne aufzufassen, aber der grösste Theil ist offenbar neugebildet, da sie kleiner sind als die Sehnenzellenkerne und ihre Granulirung dichter ist; andere sind gar nicht granulirt, sondern homogen und stark lichtbrechend. Schon jetzt haben wir genügende Gründe um annehmen zu können, dass die homogenen Kerne weitere Verwandlungen der granulirten sind, da sie nur später auftreten und mit der Abnahme der granulirten an Zahl zunehmen. Ausserdem können wir schon constatiren, dass bei längerer Dauer des Reizes die faserige Grundsubstanz, die die Zellenreihen von einander trennt, auch einer körnigen Metamorphose unterliegt, denn nach 5—6 tägiger Reizung finden wir körnige Bänder, die im Querdurchmesser die Grösse von mehreren Zellenbändern besitzen, allem Anschein nach durch Verschmelzung mehrerer paralleler körniger Bänder gebildet sind, was nur durch körnige Umwandlung des sie trennenden faserigen Gewebes möglich ist. Wichtiger und viel schwieriger zu entscheiden ist die Frage nach der Herkunft der neugebildeten granulirten Kerne, und wenn man nur die Präparate aus der Froschsehne im Auge hat, ist kaum ein unzweideutiger

Schluss darüber möglich. In der That äussert sich v. Feltz¹⁾, der bei seinen Studien über Sehnenentzündung beim Frosch auch die Anwesenheit dieser Kerne constatirte, sehr reservirt über ihre Herkunft. Er sagt, dass sie entweder durch Theilung der Sehnenzellenkerne, oder durch Segmentation des modificirten Protoplasma zu Stande kommen. Darum verzichten wir einstweilen auf die Lösung dieser Frage, auf welche wir bei der Beschreibung der Versuche am Kaninchen zurückkommen werden, bei welchem der ganze Prozess, der beim Frosch sich sehr langsam entwickelt, schon in einigen Stunden vollzieht, so dass man oft an einem und demselben Präparate alle Stadien findet, wodurch Gelegenheit gegeben ist die Histogenese jener Gebilde mit voller Unzweideutigkeit festzustellen.

Für die zweite und dritte Versuchsreihe dienten Winter- und Sommerfrösche. Wie in der ersten Versuchsreihe wurden Fäden oder feine metallische Schlingen durch die Beugesehnen gezogen und nach 2 oder 3 Tagen entfernt. Längsschnitte von Sehnen, die 2—3 Tage nach Entfernung des fremden Körpers entnommen waren, bieten ungefähr dieselben Veränderungen wie die Präparate der 1. Reihe nach 4—5 tägiger Reizung nur mit dem Unterschied, dass hier die Grundsubstanz kein einziges Mal eine Veränderung zeigte; bei den Sommerfröschen waren die Veränderungen ausgedehnter als bei den Winterfröschen. 4 oder 5 Tage nach Entfernung des fremden Körpers sieht man an vielen Stellen in den Gewebspalten nur die oben beschriebenen glänzenden homogenen kernförmigen Gebilde, die bald von Resten der körnigen stark mit Gold tingirten Masse umgeben sind, bald vollständig nackt liegen. Hie und da trifft man auch einen nackten Sehnenzellenkern. An manchen Präparaten sind auf grossen Strecken keine zelligen oder kernigen Elemente oder deren Ueberreste wahrnehmbar. In anderen Präparaten derselben Periode erscheinen die Sehnenzellen als homogene Felder; die körnige von Gold rothviolett sich tingirende Substanz des Protoplasma ist verschwunden, in der Mitte der Platte findet sich ein complicirter aus 3—4 und mehr Segmenten bestehender Kern, der ein maulbeerförmiges Aussehen hat, glänzend und homogen ist. Die Kittleisten zwischen den Zellenplatten sind zuweilen körnig. Uebrigens treffen wir die letzte Art der Veränderungen beim Frosch sehr selten, aber, wie wir unten sehen werden, sehr oft beim

¹⁾ l. c.

Kaninchen. Besonders muss noch hervorgehoben werden, dass in keinem Präparate dieser Periode weder in der zweiten und dritten, noch in der ersten Versuchsreihe, wenn die Grundsubstanz intact war, Eiterkörperchen vorhanden waren.

Bis zu diesem Punkt ist der Vorgang an den Sehnen sämtlicher Versuchsreihen im Grunde genommen derselbe. Mit dem Fortschreiten des entzündlichen Prozesses kommen keine progressiven Veränderungen der neugebildeten Kerne zum Vorschein. Wir sehen nur, dass die Zahl der granulierten Kerne allmählich ab- die Zahl der homogenen zunimmt, die körnigen Bänder zerfallen in einzelne elementare Körnchen, die bald resorbiert werden und mit ihnen oder etwas später werden auch die homogenen kernförmigen Gebilde resorbiert. Die einzige Erscheinung, die als Kerntheilung betrachtet werden konnte, sind die erwähnten selten beim Frosch vorkommenden Platten mit anliegenden maulbeerförmigen Kernen, welche, wie kaum zu bezweifeln ist, von den Autoren, die diese Gebilde beim Kaninchen beobachtet haben, Fig. 3, als in Theilung begriffene Sehnenzellen aufgefasst wurden. Dass auch diese Gebilde ein bestimmtes Stadium der Sehnenzellendegeneration darstellen, dafür werden später weitere Beweise geliefert werden. Ein bemerkenswerther Unterschied findet sich zwischen der 1., der 2. und 3. Versuchsreihe. An vielen Präparaten von ungefähr dem 6. Tag nach Entfernung des fremden Körpers sieht man noch, bevor die degenerierten Massen verschwunden sind, andere Prozesse sich entwickeln. Abbildung 6 b stellt ein solches Präparat dar. Auf einer ziemlich grossen Strecke um den Stichkanal sind Gewebsspalten, aus denen die zelligen Elemente verschwunden sind, weiter sieht man Gewebsspalten, in denen glänzende homogene Kerne in der Anordnung der verschwundenen Sehnenzellen eingelagert sind. Sie sind theilweise nackt, theilweise umgeben von zerfallenen körnigen Massen, die mit der Entfernung vom Stichkanal immer dichter werden. Der Form nach sind diese homogenen kernförmigen Gebilde rund oder oval, zuweilen sind sie gezackt. Bezeichnen wir den so veränderten Theil der Sehne als Degenerationszone. An Präparaten der ersten Versuchsreihe geht sie unmittelbar in normales Sehnengewebe über, aber hier finden wir zwischen dieser Degenerationszone und dem normalen Gewebe noch eine besondere Zone. Wenn wir die Durchmusterung des Präparates von der Seite des normalen Gewebes

beginnen, so sehen wir zunächst, dass die bandförmigen Reihen der Sehnenzellen breiter werden, sie bestehen aus einer grösseren Anzahl von Zellen, aber jede einzelne Zelle ist kleiner als im normalen Gewebe. Einige Zellen sind in Theilung begriffen. Je weiter wir uns von dem normalen Gewebe entfernen, desto undeutlicher werden die Conturen der Zellenplatten, und endlich verschwinden sie vollständig, man sieht nur um die Zellen einen lichten Saum, der keine scharfe Begrenzung hat. Verfolgen wir das Präparat weiter gegen die Degenerationszone, so sieht man, dass der Raum zwischen den benachbarten Zellenreihen immer kleiner wird bis das Präparat in seiner ganzen Breite mit Zellen bedeckt wird, so dass schon keine einzelnen Reihen zu unterscheiden sind. Ausserdem findet man je näher der Degenerationszone, desto mehr in ihrer Form veränderte Zellen Fig. 5. Diese Veränderung geht sehr allmählich vor sich, so dass man alle Uebergangsformen von den normalen Sehnenzellen zu den im höchsten Grade veränderten trifft. Was die Veränderung am meisten charakterisirt, ist die Vergrösserung der Masse des Zellenleibes und die Neigung Fortsätze in alle Richtungen zu schicken, durch welche die nebeneinander liegenden Zellen in mannichfaltigster Weise in Verbindung treten. Einmal fliesst der Fortsatz mit dem Zellenleibe der Nachbarzelle zusammen, an einem anderen Orte kreuzt er sich mit der Nachbarzelle und endigt frei, Fig. 2. Viele Zellen werden spindelförmig, ihre fadenförmigen Aeste verzweigen sich wie Aeste eines Baumes. Einige enthalten 2 Kerne, andere sind eingeschnürt und in Theilung begriffen, wie aus dem Vorkommen karyokinetischer Figuren in diesen Zellen hervorgeht. Diese Zone ist nicht scharf gegen die Degenerationszone abgegrenzt, sondern ihre grossen Zellen dringen in die letzte hinein, so dass die grossen neugebildeten Zellen sehr gut in den zerstörten körnigen Massen der peripherischen Theile der Degenerationszone sichtbar sind.

Wir haben es hier offenbar mit einer Wucherung und Vergrösserung der Sehnenzellen an der Grenze der Degenerationszone zu thun. Je später nach Entfernung des fremden Körpers der Frosch getödtet wird, desto weniger treffen wir Uebergangsformen zwischen den Sehnenzellen und den grossen Zellen der Regenerationszone. Schritt für Schritt mit dem Hineinrücken der neugebildeten Zellen in die Degenerationszone verschwinden die glänzenden Kerne und die sonstigen Ueberreste der degenerirten Zellen. Am 14. Tage

nach Entfernung des fremden Körpers erhielt ich Präparate, in denen fast die ganze alterirte Zone schon von neugebildeten Zellen durchsetzt war und nur hie und da ein homogenes glänzendes kernförmiges Gebilde oder ein nackter granulirter Kern vorkam. Die neugebildeten Zellen sind rund, oval oder spindelförmig, der Kern ist gross wie ein normaler Sehnenzellenkern. Ein Theil des Protoplasma einiger dieser Zellen scheint in feine Fasern verwandelt.

Es kann also kein Zweifel bestehen, dass die Sehnenzellen proliferationsfähig sind, obwohl das, was verschiedene Autoren als Proliferation der Sehnenzellen beschrieben haben, in Wirklichkeit keine Proliferation ist. Die ersten Veränderungen der Sehnenzellen sind Degenerationsprozesse. Erst nachdem die Degenerationszone sich ausgebildet hat, beginnt an ihrer Grenze eine Wucherung der Sehnenzellen, die zur Regeneration des zerstörten Gewebes führt.

Aber das ist nicht der einzige Weg, den die Natur zur Herstellung des degenerirten Sehnengewebes einschlägt. Unter den Präparaten von 6—8 Tagen nach Entfernung des fremden Körpers trifft man solche, an denen das die Sehnen umgebende und die Sehnenbündel zusammenhaltende lockere Bindegewebe stark mit runden Zellen infiltrirt ist. Das infiltrirte Gewebe wuchert in den Stichkanal hinein und substituirt allmählich das degenerirte Sehnengewebe. An Präparaten vom 14. Tage nach Entfernung des fremden Körpers ist es schon nicht immer leicht mit Bestimmtheit zu sagen, ob die neugebildeten Zellen Abkömmlinge der Sehnenzellen sind oder von dem lockeren Bindegewebe stammen.

Hier dürfte es wohl am Platze sein, die Schlüsse, die v. Feltz ¹⁾ aus den Ergebnissen seiner Experimente an Froschsehnen zieht, und die vielfach von den geschilderten Resultaten meiner Untersuchung differiren, einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen. Der genannte Forscher hat auch die obenbeschriebene Neubildung der Kerne in den körnigen Bändern beobachtet, und wir haben schon Gelegenheit gehabt zu bemerken, dass er sich sehr reservirt über ihre Bildung ausspricht, aber er äussert sich sehr positiv dahin, dass diese Neubildung der Kerne zur Zellenneubildung führt. Er betrachtet die körnigen Bänder, in welchen sich die Zellenreihen verwandeln als embryoplastisches Gewebe, in dem die Neubildung der Zellen durch Vermehrung oder durch eine andere Art der Neu-

¹⁾ l. c.

bildung der Kerne eingeleitet wird. Als Beweis dafür sei der Umstand geltend, dass in den Präparaten der späteren Perioden statt der körnigen Bänder neugebildete Zellen gefunden werden. Ich glaube genügende Beweise geliefert zu haben, dass die zur Regeneration dienenden Zellen nicht in den körnigen Bändern, sondern durch einfache Theilung der ausserhalb des von den körnigen Bändern eingenommenen Gebietes liegenden Sehnenzellen sich bilden, oder in die Sehnenwunde von dem lockeren Bindegewebe hereinzuwuchern. Ein Blick auf die Abbildung Fig. 5, 4, welche zeigt, wie die neugebildeten Zellen in die peripherischen Theile der Degenerationszone eindringen und in mitten der zerfallenen körnigen Massen liegen, genügt schon ohne Weiteres um sich zu überzeugen, dass diese Zellen sich nicht von der Substanz der körnigen Bänder bilden, sondern dass sie den Platz der zerstörten Bänder einnehmen. Feltz hat den Abschnitt der Degenerationsperiode zwischen der Bildung der körnigen Bänder mit granulirten Kernen und dem Anfange der Regeneration, — die Bildung der homogenen Kerne, den Zerfall der körnigen Bänder und die schliessliche Resorption der degenerirten Massen, — übersehen. Allerdings spricht auch er von Präparaten, an denen er Zerfall der körnigen Bänder sah, ohne übrigens der eigenthümlichen homogenen Kerne zu erwähnen. Seiner Meinung nach kommt jener Zufall nur dann vor, wenn der Reiz zu lange dauert. So fand er an Sehnen, die nicht mehr als 2 bis 3 Tage gereizt wurden, sehr selten zerfallene Zellen. In denjenigen Fällen, in denen trotz der mässigen Reizung degenerirte Massen vorkommen, erklärte er sich die Erscheinung als durch eine besondere Diathese, die bei dem Frosch den Prozess der Neubildung der Zellen verhindert, bedingt. Wie erklären sich aber dann Präparate, in denen neugebildete Zellen und degenerirte nebeneinander liegen? Es ist nicht leicht einzusehen warum dieselbe Diathese, die einem Theile der Zellen schädlich ist, auf die nebenliegenden im Gegentheil günstig wirkt. Feltz hat an Präparaten mit zerfallenen Massen zuweilen Eiterkörperchen beobachtet und baut darauf den Schluss, dass, wo ungünstige Umstände die embryoplastischen Massen (körnige Bänder) in Regenerationszellen überzugehen verhindern, sie theils einen molecularen Zerfall eingehen, theils in Eiterkörperchen sich verwandeln. Daher die Annahme, dass Eiterkörperchen sich aus Sehnenzellen bilden können. Diesen Vorgang muss ich

jedoch entschieden in Abrede stellen. Ich habe auch an Präparaten der ersten Reihe Eiterkörperchen nach mehrtägigem Verweilen des fremden Körpers gesehen, wenn die Sehne um die Reizstelle vollständig erweicht war. Sie waren aber offenbar von dem umgebenden lockeren Bindegewebe eingewandert, wie ich daraus schliessen muss, dass in den früheren Stadien kein einziges Mal Eiterkörperchen getroffen wurden. Feltz mag sie etwas früher gesehen haben (bei seinen Versuchen ging der Prozess überhaupt etwas schneller als bei den meinigen), aber damit ist ebensowenig ein Beweis geliefert, dass sie von den Sehnenzellen sich entwickeln, wie durch den Umstand, dass in den späteren Perioden des Prozesses in den Sehnen statt der körnigen Bänder neugebildete Zellen sich vorfanden, der Beweis gebracht ist, dass diese Zellen sich von der Substanz der Bänder bilden.

Versuche an der Sehne des Kaninchens.

Die Versuche wurden grösstentheils an der Achillessehne, mitunter auch an anderen Sehnen angestellt. Zur Reizung wurde wie bei dem Frosch ein Faden durch die Sehne geführt, oder dieselbe möglichst circumscripirt mit einem Lapisstift geätzt. Die ersten Veränderungen sind gewöhnlich nach 4—6 stündiger, in einzelnen Fällen schon nach 2½ stündiger Anwesenheit des Fremdkörpers wahrnehmbar.

Ein Längsschnitt durch eine 5—6 Stunden geätzte Sehne zeigt Folgendes: Unmittelbar um den Faden finden sich durch das Trauma zerstörte Gewebsmassen, weiter sieht man die Anordnung der Sehnenzellen und ihre Form unverändert, aber in ihrer Structur haben beträchtliche Veränderungen stattgefunden. Diese bestehen darin, dass der Kern im Protoplasma sich auflöst, welches sich etwas zusammenzieht, so dass die Zelle in eine ungefärbte Platte, die die ursprünglichen Conturen der Sehnenzellen zeigt, mit einem anliegenden körnigen Haufen verwandelt erscheint. Der körnige Haufen ist so tingirt wie das Protoplasma der normalen Zelle. An einigen dieser umgewandelten Sehnenzellen ist der körnige Haufen eingeschnürt, und man bemerkt an ihm 3—4 Segmente. An anderen segmentirt sich nicht der ganze Haufen in toto, sondern ein kleines Häufchen ist in Form eines runden Kernes von der Masse des Haufens abgetrennt. Zuweilen sind 2 oder 3 solcher Häufchen wahrzunehmen;

zwischen ihnen liegt der noch übriggebliebene Theil des ursprünglichen körnigen Haufens. Bei genauer Betrachtung dieser Gebilde bemerkt man, dass, während der grösste Theil der Segmente und kernförmigen Gebilde noch granulirt ist, einzelne schon vollständig in homogene glänzende Klümpchen umgewandelt sind. In dem grössten Theil der Präparate trifft man auch Zellen an, deren von Gold tingirbare Substanz vollständig verschwunden oder noch in sehr geringer Quantität (einzelne elementare Körnchen) vorhanden ist, so dass jede dieser Zellen nur aus der homogenen Platte mit einem complicirten aus 3—4 oder mehr homogenen Klümpchen zusammengesetzten kernförmigen Gebilde besteht. Die Veränderungen an den mit Lapis geätzten Sehnen sind im Grunde genommen dieselben, nur sind sie ausgedehnter, da bei aller Vorsicht mit einem Lapisstift eine so circumscribed Reizung wie mit einem durchgezogenen Faden unmöglich ist.

Auf Längsschnitten von Sehnen, in denen ein Faden 16 bis 18 Stunden verweilt, sieht man dieselben Veränderungen nur ausgedehnter und ausserdem eine grosse Anzahl von Zellen, in denen die maulbeerförmigen Gebilde in einzelne homogene Kerne zerfallen sind. Wir bekommen ein Bild von Reihen homogener Platten, welche die Anordnung der Sehnenzellen haben. An der Oberfläche jeder Platte liegen 4—6 oder mehr homogene kernförmige Gebilde zerstreut. An einigen Zellen sieht man gar keine Platten, die homogenen Kerne liegen frei in den Gewebspalten oder sie sind zu 2 und zu 3 vereinigt durch schmale Fäden. Ausserdem muss hier erwähnt werden, dass bei Durchmusterung einer grösseren Anzahl mit Gold tingirter Präparate mehrere körnige Bänder getroffen werden, denen granulirte Kerne eingelagert sind, denjenigen ähnlich, die beim Frosch schon beschrieben wurden. Zuweilen sind diese Kerne von der sie umgebenden körnigen Substanz durch einen Hof getrennt. Von anderen Erscheinungen, die seltener vorkommen und die ich nur 2 oder 3 Mal beobachtet habe, muss ich noch Reihen von Zellen erwähnen, welche die schon beschriebene Veränderung, nemlich Umwandlung in Platten mit anliegenden maulbeerförmigen Kernen darstellen mit dem Unterschiede, dass die Kittleisten in körnige Substanz verwandelt sind, so dass die Platten nicht durch ununterbrochene dunkelvioletten Linien begrenzt werden, sondern durch Linien die aus elementaren Körnchen bestehen.

Am 2.—3. Tage nach Durchziehung des Fadens sind die Veränderungen schon weit vorgeschritten, — die Gewebsspalten um die Reizstelle sind erweitert, statt der Zellplatten mit kernförmigen Gebilden trifft man grobkörnige Massen, denen hie und da glänzende homogene Kerne eingelagert sind. Noch später werden die körnigen Massen ausgedehnter, sie vergrössern sich vermuthlich wie beim Frosch auf Rechnung der faserigen Grundsubstanz. Inmitten der körnigen Masse finden sich mitunter Eiterkörperchen. Nach 5 bis 6 Tagen ist ein beträchtliches Stück der Sehne um den Faden in eine zerbröckelte käsige Masse verwandelt.

Wenn wir die Veränderungen der ersten 2 Tage beim Kaninchen mit denjenigen vergleichen, die wir bei dem Frosch 2—6 Tage nach der Operation beobachten, kann kein Zweifel bestehen, dass sie im Wesentlichen dieselben sind. Die neugebildeten kernförmigen Gebilde verwandeln sich in homogene glänzende von Gold nicht tingirbare Kerne. Diese Veränderung wird dadurch bedingt, dass die elementaren Körnchen, aus denen die körnigen Haufen oder ihre Segmente bestehen, zusammenfliessen. Die Kaninchensehnenpräparate, an deren Platten granulierte und homogene kernförmige Gebilde wie die Uebergangsformen zwischen beiden — Kerne die theilweise homogen sind, aber noch inmitten der homogenen Substanz einige nicht zusammengefloßene elementare Körnchen enthalten, — nebeneinander vorkommen, beweisen das am augenscheinlichsten. Da und dort verwandeln sich die Zellplatten und Kittleisten in körnige Massen.

Fassen wir jetzt die Resultate unserer Untersuchungen zusammen, so ergibt sich, dass die ersten Erscheinungen, die wir in einer gereizten Sehne beobachten, entschieden degenerativer Natur sind¹⁾).

¹⁾ Ich muss darum die Behauptung von Güterbock*) und Spina**), dass die Zellen der Kaninchensehne während der ersten 24 Stunden nach Einführung des reizenden Körpers proliferiren und Eiterkörperchen bilden, entschieden in Abrede stellen. Die Eiterkörperchen, die man am 2.—3. Tage nach Durchziehung des Fadens in den körnigen Massen findet, sind aus dem die Sehne umgebenden und die Sehnenbündel zusammenhaltenden lockeren Bindegewebe eingewandert.

Es wäre hier am Platze gewesen der Beobachtung Spina's zu erwähnen, nach welcher die Sehnenzellen bei der Entzündung nicht nur in Eiterkör-

*) l. c.

**) l. c.

Die Kerne in den Sehnenzellen verschwinden, ihre Substanz mischt sich mit dem Protoplasma zu einem Haufen elementarer Körnchen. Es ist dies offenbar ein Prozess, der dem von Weigert und Cohnheim als Coagulationsnekrose bezeichneten analog ist. Das weitere Schicksal des körnigen Haufens ist verschieden. In einigen Fällen zerfällt er in einzelne elementare Körnchen. Zum grössten Theil fliessen oder schmelzen die ihn zusammensetzenden kleinen Körnchen zusammen und bilden einen hyalinen glänzenden Körper von runder oder etwas ovaler Form, oder der ursprüngliche Haufen zerfällt in secundäre Häufchen, die theilweise wieder in Körnchen zerfallen, theilweise in hyaline Körper übergehen. In vielen Fällen (beim Kaninchen ist das Regel) zerfällt der Haufen nicht in secundäre Häufchen, er wird nur etwas eingekerbt und bekommt ein maulbeerförmiges Aussehen. Erst nachdem diese Gebilde hyalin geworden sind zerfallen sie in einzelne hyaline Körper. Fast gleichzeitig mit den Veränderungen in den granulirten Theilen der Zelle (beim Frosch) oder später (beim Kaninchen) erleiden auch die Zellplatten und Kittleisten entweder einen körnigen Zerfall, oder sie atrophiren und, wenn der Reiz länger dauert, zerfällt auch die faserige Grundsubstanz. Wird der Reiz zur rechten Zeit entfernt, so werden die degenerirten Gewebsmassen bald resorbirt, aber bevor noch die Resorption beendigt ist, entwickelt sich im normalen Gewebe an der Grenze der Degenerationszone eine Proliferation der normalen Sehnenzellen. Die Zellen theilen sich, die neugebildeten Zellen nehmen verschiedene Formen an, schicken in alle Richtungen Fortsätze, dringen in die Degenerationszone hinein, und nehmen die Stelle des zerstörten Gewebes ein. Andererseits dient auch das lockere Bindegewebe, das die Sehnen und Sehnenbündel umgibt, zur Restitution, indem es an die Stelle des zerstörten Gewebes hineinwuchert. Die neuen Zellen dienen nicht nur um die degenerirten

perchen, sondern auch in rothe Blutkörperchen sich umwandeln. Leider konnte ich mich nicht mit diesem Punkte eingehender befassen. Bei dem einzigen Versuche den ich nach den Angaben Spina's angestellt habe, haben sich sämtliche rothe Streifen in der Sehne, von denen einige Uebergangsformen von Sehnenzellen zu rothen Blutkörperchen enthalten sollten, als Extravasate erwiesen. Uebrigens erlaube ich mir nicht ein entschiedenes Urtheil über diesen Gegenstand auszusprechen, da ein einziger Versuch dazu ungenügend ist.

Sehnenzellen zu substituieren, sondern sie sind fibroplastisch, d. h. ein Theil ihres Protoplasmas verwandelt sich in Fasern. Schliesslich zerfallen die Ausläufer der Zellen in Fibrillenbündel, oder ein Theil des Protoplasma des Zellenleibes verwandelt sich in der Längsachse der Sehne parallele Fasern.

Zum Schluss sei es mir noch gestattet, Herrn Eberth, in dessen Institut ich vorstehende Untersuchung ausgeführt habe, für seine Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VII.

- Fig. 1. Längsschnitt von einer Froschsehne, in der eine Nadel $2\frac{1}{2}$ Tage gelegen hatte. Die Sehne ist dem Frosch 5 Tage nach Entfernung des fremden Körpers entnommen. Degenerationszone. a Körnige Masse, zerfallene Sehnenzellen. b Glänzende geschrumpfte Kerne. (Syst. 8, Ocul. 2 Hartnack.)
- Fig. 2. Aus demselben Präparat. Regenerationszone, neugebildete Sehnenzellen. (Syst. 8, Ocul. 2 Hartnack.)
- Fig. 3. Längsschnitt von einer Sehne des Kaninchens, in der ein Faden $4\frac{1}{2}$ Stunden verweilt. a Zwischensubstanz der Sehnenzellen, b geschrumpfte Kerne. (Vergröss. wie Fig. 2.)
- Fig. 4. Längsschnitt von einer Froschsehne, in der eine Nadel $2\frac{1}{2}$ Tage verweilt. Die Sehne ist dem Frosche 5 Tage nach Entfernung des fremden Körpers entnommen. Uebergangszone zwischen den normalen Sehnenzellen und den Zellen der eigentlichen Regenerationszone. (Syst. 7, Ocul. 3 Hartnack.)
- Fig. 5. Längsschnitt aus der Regenerationszone einer Froschsehne; 6 Tage nach der Entfernung einer Nadel, die 3 Tage in der Sehne gelegen hatte. a Neugebildete Sehnenzellen. (Syst. 7, Ocul. 2 Hartnack.)
- Fig. 6a. Von demselben Präparate der Fig. 2. Degenerationszone. (Syst. 9, Ocul. 3.)
- Fig. 6b. Längsschnitt durch die Degenerationszone einer Froschsehne, in der eine Nadel 2 Tage gelegen hatte. a In körnige Massen zerfallene Sehnenzellen, b geschrumpfte, in glänzende Klümpchen zerfallene Kerne. (Syst. 8, Ocul. 3 Hartnack.)