

Fig. 7. Eine zusammengefaltete Blase mit mehreren Ausbuchtungen (die abgebildeten sind bei Weitem noch nicht die grössten und complicirtesten Formen). a a Stielartige Gebilde. b b Tochterblasen, secundäre, zum Theil mit tertiären. c Eine Tochterblase im Innern der grossen Blase. d d Ausstülpungen der Blasen. e Zusammengefaltete Ausstülpung.

VII.

Ueber den Bau der Sehnen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Saftbahnen.

Von Dr. Karl Mays,

II. Assistenten am pathologisch-anatomischen Institute zu Heidelberg.

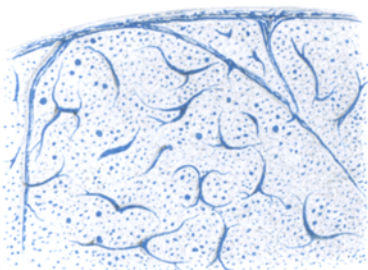
(Hierzu Taf. III.)

Die Schwierigkeiten, die sich der Untersuchung des am weitesten im thierischen Organismus verbreiteten Gewebes, des Bindegewebes entgegenstellen, sind zu suchen in der Zartheit des Objectes, der vielgestaltigen Anordnung der dasselbe aufbauenden Elemente und der eigenartigen Vertheilung dieses Gewebes in den Organen. Viele dieser Schwierigkeiten scheinen auf den ersten Anblick beim sogenannten straffen Bindegewebe und besonders bei der Sehne wegzufallen. Der Aufbau dieser Gebilde nur aus dem einen Gewebe, ihre Compactheit, die sie zu Schnitten in der verschiedensten Richtung geeignet macht, endlich die im Ganzen geradlinige und parallele und deshalb scheinbar einfache Anordnung der Elemente musste naturgemäss gerade von dem Studium der Sehne klarliegende Aufschlüsse über die Structur des Bindegewebes erwarten lassen.

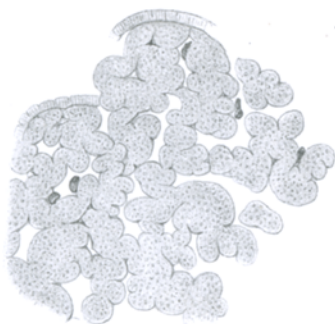
Nichtsdestoweniger sind von je her bis auf die neueste Zeit die Angaben über viele Verhältnisse dieser Gebilde so sehr widersprechend, dass nicht nur die Deutung der Befunde zu ausgedehnten Controversen Veranlassung gegeben hat, sondern dass auch die letzteren in hohem Maasse differiren.

Eine der wesentlichsten Streitfragen bezieht sich auf den Punkt, ob in der Sehne Lücken präformirt sind, die Bahnen der ernähren-

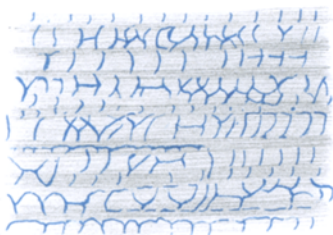
1.



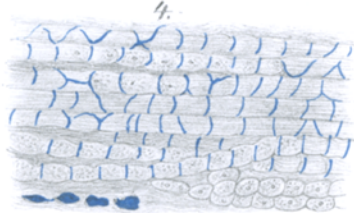
2.



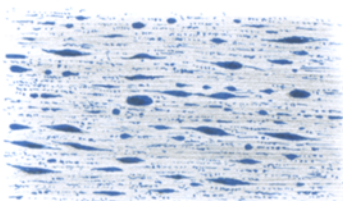
3.



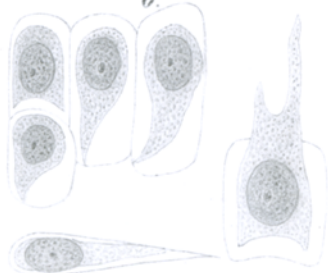
4.



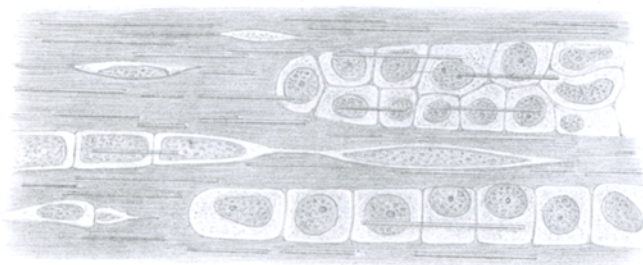
5.



6.



7.



den Säfte darstellen. Es waren in dieser Beziehung vorwiegend die sternförmigen Figuren des Querschnitts, die von den Einen als solche Lücken gedeutet wurden, während bis auf die neueste Zeit von Anderen deren Existenz bestritten wird. Diejenigen Beobachter, die ihr Vorkommen aufrecht erhielten, schlossen auf dieselben zum Theil aus der Architectur der Sehne oder sie bestrebten sich, einen Abguss ihres Lumens zu erhalten, indem sie sie mit einer leicht kenntlichen Masse auszufüllen suchten.

Da ich bei der vorliegenden Arbeit den letzteren Weg zunächst eingeschlagen habe, will ich hier gleich über die früher auf diese Weise gemachten Beobachtungen berichten. Der Erste, der versuchte diese Saftbahnen der Sehne zu füllen, scheint v. Wittich¹⁾ gewesen zu sein. Er liess die Sehne mit reducirtem Indigo sich imbibiren, der sich beim Aufsteigen in dem Gewebe oxydirte. Derselbe glaubte auf diesem Wege die Virchow'sche Ansicht, dass die Zellen des Sehnengewebes ein unter sich vielfach communicirendes Höhlen- und Röhrensystem darstellten, bestätigen zu können. Er beschreibt auf dem Querschnitt ein äusserst zierliches blaues Netz.

Das zweite Verfahren ist das der Injection mittelst Einstichs. Hier ist zunächst W. Krause²⁾ zu erwähnen, der jedoch nur ganz beiläufig darüber die kurze Notiz giebt, dass man auf diese Weise die sogenannten anastomosirenden Bindegewebszellen des Sehnquerschnittes in beliebiger absoluter Grösse darstellen könne. Ausführlicher ist diese Methode von Ludwig und Schweigger-Seidel³⁾ angewandt und für die die Sehnenbündel umgebenden Bindegewebscheiden sehr vollständige Füllung der Lymphräume erzielt worden. Im Innern der Sehnenbündel fanden sie die Masse nur in Form vereinzelter, cylindrischer, vorn zugespitzt endender, auf dem Querschnitt kreisrunder Figuren. Herzog⁴⁾ wandte die gleiche Methode an und konnte die Kreise auf dem Querschnitte bestätigen, fand aber ausserdem eine Füllung der sternförmigen Figuren und der dieselben verbindenden Linien. Auch Key und

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 9. S. 185.

²⁾ Göttinger gelehrte Anzeigen. 1864. Bd. II. S. 1097.

³⁾ Die Lymphgefässe der Fascien und Sehnen. Leipzig 1872.

⁴⁾ Zeitschrift f. Anat. u. Entwicklungsgesch. von His und Braune. Bd. I. Hft. 3 u. 4. 1875.

Retzius¹⁾ erhielten auf diese Weise die sternförmigen Figuren gefüllt.

Ein anderes Verfahren ist das, dem Organismus des Thieres Farbstoffe so einzuverleiben, dass dieselben in die im lebenden Körper kreisenden Ernährungssäfte gelangen müssen, um dann unter dem Mikroskope an ihrer Ablagerung in den Geweben die Bahnen zu erkennen, auf denen sie vorgedrungen sind. Dadurch erreicht man, dass fast nichts an dem Drucke geändert wird, unter dem die Säfte im lebenden Körper strömen und der Vorwurf, dass künstliche Bahnen geschaffen würden, nicht eingeworfen werden kann, der den Stichinjectionen noch in jüngster Zeit von Löwe²⁾ gemacht wurde.

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass die Einführung des indig-schwefelsauren Natrons in den Kreislauf der Thiere, welches in den Bahnen, die es genommen, sich abscheidet, zu diesem Zwecke sehr geeignet ist, wenn auch hinsichtlich der Art, wie und wann diese Abscheidungen von Statten gehen, verschiedene Meinungen geltend gemacht wurden. Dieses Verfahren wurde nun auch für die Sehne angewandt. Die Ansicht L. Gerlach's³⁾ ging dahin, dass die Abscheidung eine Wirkung des absoluten Alkohols sei, in den die dem Thiere entnommenen Theile gelegt wurden, Arnold⁴⁾ dagegen beobachtete, dass diese Abscheidung am lebenden Thiere in körniger Form durch die Gewebssäfte von Statten gehe. Gerlach brachte das Indigcarmin entweder direct in das Blut unter einem Wasserdruck von ca. 30 Cm. oder in einen Lymphsack in Substanz. Das Verfahren, das Arnold⁵⁾ und Thoma⁶⁾ zur Einführung des Indigcarmins anwenden, ist das der continuirlichen Infusion, womit sich der für die Abscheidung günstige Concentrationsgrad der Gewebssäfte sehr leicht erreichen lässt. Der

¹⁾ Nordiskt medicinskt Arkiv. Bd. 7. Hft. 4. 1875.

²⁾ Archiv f. Anat. u. Phys. von His, Braune u. Du Bois-Reymond. Anatom. Abtheilung Hft. I u. II. 1877.

³⁾ Ueber das Verhalten des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe lebender Thiere. Habilitationsschr. Erlangen 1876. u. Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 48. 1875.

⁴⁾ Dieses Archiv Bd. 68. Hft. 4. 1876. u. Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 51. 1875.

⁵⁾ Dieses Archiv Bd. 68. Hft. 4. 1876.

⁶⁾ Dieses Archiv Bd. 65. Hft. 1. 1875.

dazu dienende Apparat wurde kürzlich von Arnold¹⁾ beschrieben. Dieser Methode habe auch ich mich bei der vorliegenden Untersuchung bedient.

Als Object wählte ich ausschliesslich den Frosch und zwar vorwiegend die Beugesehnen der Fingerglieder dieses Thieres, die zwar nicht ganz so fein sind wie die vielbearbeiteten Sehnen im Schwanze der Nager, immerhin aber noch fein genug, dass sie, wenigstens für die Beobachtungen der Indigcarminausscheidungen, ohne weitere Präparation untersucht werden können. Ausserdem sind die Sehnenstreifen im Gastrocnemius zu Längs- und Querschnitten sehr geeignet. Ich beschränkte mich auf den Frosch, da dieses Thier vorzüglich zu den Infusionsversuchen geeignet ist, die von Warmblütern nur sehr schwer ertragen werden.

Da zu erwarten war, dass die Configuration der Saftbahnen abhängig sei von der Architectur der Sehne, so hoffte ich Rückschlüsse von jenen auf diese machen zu können; es musste zu diesem Zwecke jedoch auch die letztere eingehenderer Betrachtung unterzogen werden. So lange man die feineren Wege der Säfte in den Geweben kennt, hat man die zelligen Elemente mit diesen in innige Beziehung gebracht, und es waren deshalb vorzüglich diese Gebilde, auf die das Augenmerk gerichtet sein musste, und ich werde im Lauf dieser Betrachtungen länger bei denselben zu verweilen haben.

Ich gehe nun über zu der Schilderung der Bilder, die der optische oder wirkliche Längsschnitt einer Sehne, in der die Abscheidung des Indigcarmins stattgefunden hat, darbietet. Dabei zeigt es sich nun zunächst, dass namentlich bei den Fingersehnen viele Unregelmässigkeiten sich geltend machen, indem häufig, wenn auch der Infusionsversuch ganz gut gelungen ist, in den Sehnen sehr geringe Abscheidungen gefunden werden; dieser Mangel kann sich auf die ganze Sehne erstrecken, oder aber eine ausgedehntere Abscheidung findet nur streckenweise statt, so dass wohl nur ein langsamer Säftestrom angenommen werden kann. An den Stellen, wo eine ausgiebigere Abscheidung zu Stande gekommen ist, finden sich die nun zu beschreibenden Verhältnisse.

Man sieht zunächst etwas unregelmässige, bald mehr rundliche, bald mehr viereckige Figuren, die in einer, in ziemlich gleichmäs-

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 66. Hft. 1. 1876.

gen Abständen unterbrochenen Reihe hintereinander liegen und deren Anordnung sehr an die später zu beschreibende der zelligen Elemente erinnert. Diese Bilder möchte ich schon auf eine unvollständige Abscheidung beziehen. Arnold¹⁾ hat beobachtet, dass zu Anfang häufig, wenn auch nicht ausschliesslich eine Abscheidung des Farbstoffs in der Nähe der Zellen zu Stande kommt, und es dürfte auch bei diesen Bildern ein Anfangsstadium der Abscheidung angenommen werden. Es wäre sehr wünschenswerth gewesen, einen Aufschluss über die Lagerung der Zellen zum Farbstoff zu erhalten. Wenn dies aber beim lockeren Bindegewebe schon schwierig ist, ist es das in noch viel höherem Grade bei der Sehne. Da man bei der Löslichkeit des Indigcarmins in Wasser die gewöhnlichen Tinctiionsmethoden nicht anwenden kann, ist man sehr in der Wahl derselben beschränkt; zudem kommt, dass bei der Sehne sehr leicht die Intercellularsubstanz sich färbt, wobei man dann wenig Details mehr erkennen kann. Ich war bestrebt, einen Farbstoff zu finden, der sich in Alkohol löst, eine von dem Indigcarmin möglichst differente Farbe besitzt und vor den Anilinfarben, bei denen diesen Forderungen zu genügen ist, den Vorzug grösserer Haltbarkeit voraus hätte. Das einzige, was einigermaassen diesen Anforderungen entspricht, ist eine Lösung von Carmin in concentrirter alkoholischer Pikrinsäurelösung, die dann nach Belieben mit absolutem Alkohol verdünnt werden kann. Dies giebt Farbstofflösungen, die, wenn auch nicht sehr concentrirt, doch manche Gewebe, wenn man sie längere Zeit darin liegen lässt, leidlich gut färben; für die Sehne scheiterte auch diese Methode an der diffusen Färbung des Gewebes. Ich musste also auf einen directen Nachweis der Lage der Zellen zum Farbstoff verzichten, schliesse aber, dass derselbe zum grössten Theil neben den Zellen gelegen ist, einmal aus der Beobachtung Arnold's²⁾ über diese Verhältnisse an anderen bindegewebigen Theilen, sodann aber auch aus der Lagerung der Zellen, auf die ich später näher einzugehen habe. Es scheint mir aber, dass der Befund von Indigcarmin in den Zellen selbst von untergeordneter Bedeutung ist. Da dieser Stoff in den Geweben in körniger Form abgeschieden wird, so glaube ich, kann er in dieser festen Form ebensogut in die Zelle gelangen, wie

¹⁾ l. c.

²⁾ l. c.

es ja allgemein bekannt ist, dass die lebende Zelle Zinnoberkörnchen in sich aufzunehmen vermag, und wenn es sich als richtig erweist, dass die Wege der Saftströmung direct an den Zellen vorbeiführen, so ist diesen zur Aufnahme solcher körnigen Elemente die beste Gelegenheit geboten.

Im Gegensatz zu diesen unregelmässigen Abscheidungen bietet eine andere Reihe von Bildern auf dem Längsschnitt ein ganz anderes Aussehen: es handelt sich hier um sehr scharf begrenzte Figuren. Dieselben sind theils spindelförmig, langgezogen und schmal, andere mehr bauchig und gehen durch verschiedene Uebergänge in eine ovale oder rundliche Form über. Es macht den Eindruck, als ob der Farbstoff in spindelförmigen Räumen ausgeschieden sei, die durch seine Anhäufung allmählich zur Kugelform ausgedehnt würden. Diese Figuren kommen häufig alleinstehend vor, oft sind jedoch auch zwei unter einander durch eine feine Linie verbunden, oder es findet sich endlich eine ganze Reihe solcher Figuren durch eine blaue Linie vereinigt. Diese Bilder erhält man am schönsten an den Sehnen des Unterschenkels, man sieht sie aber auch in dem sehnigen Theil der Achillessehne sowie auch an manchen Stellen in den Fingersehnen.

Ausser diesen Figuren kommt es zu einer weiteren Art der Abscheidung, wie ich sie auch an den Unterschenkelsehnen am deutlichsten sah, in der Form von feinen Punkten und Strichen, wie sie in der beigegebenen Figur dargestellt sind, die in ihrer Anordnung keine besondere Regelmässigkeit erkennen lassen.

Eine weitere Art der Abscheidung wurde zwar nicht an einer eigentlichen Sehne, wohl aber am Ligamentum cruciatum des Kniegelenks, dessen anatomischer Bau nicht wesentlich verschieden sein dürfte von dem der Sehne, beobachtet. Es zeigte sich nemlich hier ein System von feinen blauen Linien, welche im Allgemeinen viereckige, klare Felder abgrenzten, die eine grosse Aehnlichkeit mit den im Präparate deutlich sichtbaren Zellen hatten und deren Identität mit Zellen noch dadurch dargethan wurde, dass bei einzelnen namentlich ein Kernkörperchen hervortrat. Es machte den Eindruck, als ob es sich hier um die Abscheidung des Farbstoffs in einer Kittsubstanz zwischen den Zellen handle.

Endlich ist zu erwähnen, dass an manchen Stellen unzweifelhaft Kerne sich durch Imbibition gefärbt hatten; sie erschienen

viel heller und durchsichtiger, während die Abscheidungen durch ihre dunkle undurchsichtige Farbe sich auszeichnen.

An dem Querschnitt durch Sehnen von Thieren, an denen die Indigcarmininfusion vorgenommen worden ist, bestätigt sich zunächst die Annahme, dass eine vollständige Füllung der Wege des Säftestroms in der Sehne nicht sehr leicht zu Stande kommt, indem die Menge der Ausscheidungen so sehr variirt, dass auf vielen Querschnitten fast gar nichts davon zu sehen ist. An den Sehnen jedoch, die im Gastrocnemius verlaufen, habe ich Bilder erhalten, die einer vollständigen Füllung dieser Wege sehr nahe kommen dürften.

Man sah hier zunächst die sternförmigen Figuren vollständig ausgefüllt mit Indigcarmin. Anastomosen zwischen den einzelnen Sternen waren nur selten zu sehen. Auch ist zu bemerken, dass nicht alle Figuren sternförmig erscheinen, sondern man sieht auch einfache Linien, oder solche, die sich an einem oder an beiden Enden gabelig theilen. Zwischen diesen grösseren Figuren finden sich eine grosse Zahl blauer Punkte von verschiedener Grösse, von denen die grösseren manchmal nahezu eine Kreisform besitzen.

Das Bindegewebe, das die Sehne umhüllt und zwischen die secundären Sehnenbündel hineindringt, zeigt sich dicht mit Indigcarmin erfüllt in ähnlicher Weise wie dies auch Ludwig und Schweigger-Seidel¹⁾ gesehen haben. Auch Axel Key und Retzius²⁾ geben ähnliche Bilder.

Die Befunde, die ich auf dem Querschnitt erhalten habe, scheinen mir in vielen Beziehungen mit denen früherer Beobachter, auch jener, die sich der Einstichinjection bedienten, übereinzustimmen. Etwas anders verhält es sich mit dem Längsschnitt, auf welchen übrigens von den letzteren Beobachtern meist ein geringeres Augenmerk gerichtet wurde als auf den Querschnitt; jedoch beschreiben Ludwig und Schweigger-Seidel³⁾ scharf begrenzte, vorn zugespitzte Cylinder. Herzog⁴⁾ giebt an, dass die Injectionsmasse auf Längsschnitten flächenhaft vertheilt sei; an einzelnen Stellen sei eine stärkere Anhäufung derselben vorhanden, wo sie dann als stärker markirte Streifen auftrete, die mehr oder weniger parallel der Längsaxe der Sehne verliefen. Auch Löwe⁵⁾ be-

¹⁾ l. c.

²⁾ l. c.

³⁾ l. c.

⁴⁾ l. c.

⁵⁾ l. c.

schreibt auf dem Längsschnitt hellere und dunklere Streifen. Während nun von diesen Befunden die meinigen abweichen, wofür ich sogleich eine Erklärung zu geben versuchen werde, glaube ich die von Arnold ¹⁾ an der Sehne und Fascie beschriebenen, und an letzterer auch abgebildeten Bilder mit den von mir gesehenen spindelförmigen, häufig anastomosirenden Figuren identificiren zu sollen. Auch die Bilder, die Gerlach ²⁾ giebt, scheinen mir im Wesentlichen mit den meinigen übereinzustimmen; auch er bringt manche seiner Abscheidungen mit Zellen in Beziehung, jedoch glaubt er das Vorkommen von Farbstoff in der Zelle selbst etwas zu sehr in den Vordergrund stellen zu müssen.

Aus den Bildern, wie man sie bei der Indigocarmininfusion erhält, ergibt sich meines Erachtens, dass die Bahnen in denen die Säfte im Innern der Sehne strömen, eine solche Regelmässigkeit zeigen, dass ihre Anordnung auf präexistirende Einrichtungen im Bau dieser Gebilde bezogen werden muss. Es fragt sich nun zunächst, wie die auf dem Längs- und Querschnitt erhaltenen Bilder zu combiniren sind. Wenn ich vorerst absehe von den feineren, wahrscheinlich interfibrillär gelegenen Ausscheidungen und ferner von jenen, die einer Kittleistenzzeichnung entsprechen dürften, so bleiben einmal auf dem Längsschnitte jene sehr scharf contourirten, spindelförmigen Figuren, welche theilweise in der Längsrichtung anastomosiren. Als deren Querschnitt glaube ich die grösseren und kleineren nahezu kreisförmig gestalteten Figuren des Sehnenquerschnittes annehmen zu müssen. Schwieriger jedoch ist die Frage zu beantworten, was den auf dem Querschnitt gesehenen sternförmigen Figuren auf dem Längsschnitt entspricht. Zunächst muss ich bemerken, dass sich diese Figuren häufig durch die ganze Dicke des Schnittes verfolgen lassen, auch finden sie sich wieder an aufeinanderfolgenden Schnitten, sie müssen sich also in gleicher Gestalt auf längere Strecken der Sehne hinziehen. Da ich nun Grund habe, an der Vollständigkeit eines Theils der von mir auf dem Längsschnitt gesehenen Abscheidungen zu zweifeln, so glaube ich überhaupt die den sternförmigen Figuren des Querschnitts auf dem Längsschnitt entsprechenden Bilder nicht erhalten zu haben, zumal da diejenigen Beobachter, die sich der Einstichinjectionen bedienten,

¹⁾ l. c.

²⁾ l. c.

den ganzen Längsschnitt blau in abwechselnd helleren und dunkleren Streifen gefunden haben. Da die Querschnittsbilder dieser Beobachter mit den meinigen übereinstimmen, so muss ihr Verfahren, wenn es auch a priori nicht frei von Einwänden erachtet werden kann, doch als eines bezeichnet werden, das gute Resultate liefert, und zudem scheint mir der von jenen beobachtete Befund auf dem Längsschnitt mit den Querschnittsbildern sehr wohl vereinbar zu sein. Bei den von mir erhaltenen Bildern bleiben für die Combination mit den sternförmigen Figuren des Querschnitts nur jene unregelmässigen in der Nähe von Zellen erfolgenden Abscheidungen übrig, aus denen wohl keine Schlüsse über die vollkommene Gestalt der Bahnen, in denen sie sich finden, gemacht werden können. Da nun hier in der Erkennung der Configuration der Saftbahnen der Sehnen eine Lücke bleiben musste, und da es wünschenswerth war, die durch die Indigearmininfusion erhaltenen Bilder auch auf anderem Wege zu controlliren, so war zu untersuchen, ob aus der Architectur der Sehne Schlüsse auf ihre Saftbahnen gezogen werden könnten, welche die durch die Indigearminmethode erhaltenen Resultate ergänzten. An die Untersuchung dieser Verhältnisse ist jedoch das Studium der einzelnen, die Sehne aufbauenden Elemente so eng geknüpft, dass auch diese einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden müssen.

Die Methoden, welche zur Untersuchung der Sehnen angewandt werden können, sind in ihrer Zahl beschränkt. Zum Studium der zelligen Elemente wäre die Isolation derselben aus der frischen Sehne wohl das Vortheilhafteste; dies gelingt aber wenigstens für die Froschsehne gar nicht. Wird eine solche auf die schonendste Weise mit Nadeln zerzupft, so erhält man sofort ein Gewirre von Fibrillen und sieht von den zelligen Elementen nur äusserst wenig; nur hier und da erkennt man ein meist länglichovales, kernähnliches Gebilde, das oft wie mit einem Stiele, der aus feinkörniger Substanz besteht, an einem Fibrillenzuge angeheftet ist. Das nächste wäre die einfache Tinction der Sehne mit den gewöhnlichen Färbemitteln: Carmin oder Hämatoxylin. Bei diesem Verfahren tritt jedoch entweder eine diffuse Färbung der ganzen Sehne ein, oder, wenn man schwache Hämatoxylinlösung genommen hat, nur eine Färbung der Kerne, so dass auch hierdurch kein näherer Aufschluss über die Gestalt der Zellen erhalten werden kann. Es bleibt noch

die von Ranvier¹⁾ zuerst für die Sehne angewandte Methode der Tinction mit Carmin und nachträglichen Ansäuerung des Gewebes, sowie die Imprägnation mit Metallsalzen, wie sie schon von verschiedenen Beobachtern angewandt wurde. Von letzterem Verfahren habe ich nun sehr gute Präparate erhalten und zwar vorzüglich von der Behandlung mit Goldchlorid. Ich habe diese Methode in verschiedener Weise angewandt und auf jede gute und schlechte Bilder erhalten. Die Methode ist eben etwas unsicher, wenn sie aber gelingt, erhält man so klare Bilder, dass man sie allen genannten vorzieht. Nach geschehener Reduction kann man die Sehne vorsichtig zerfasern; das Gewebe ist soweit gehärtet, dass ein Zerfall in einzelne Fibrillen nicht mehr eintritt und sie dann in Glycerin untersuchen.

Noch bessere Bilder habe ich bei der Imprägnation der Sehnen mit einem anderen Metallsalze erhalten; bei welchem nicht durch seine Reduction, sondern durch die eigenthümliche Art, in der es die Sehne aufhellt, ohne eine merkliche Quellung zu veranlassen, eine sehr klare Anschauung über verschiedene wichtige Verhältnisse gewonnen werden kann. Als ich eine Sehne mit Goldchloridlösung imprägnirt hatte, fiel es mir auf, dass dieselbe schon vor der Reduction in einen Zustand versetzt wird, die sie zur Untersuchung geeignet machen muss; sie war nemlich ganz diaphan geworden, und in der That war das Bild sehr schön und es konnten namentlich die Zellen in ausgezeichnete Weise gesehen werden. Ich fand jedoch bald ein anderes Metallsalz, das noch bessere Bilder lieferte. Vor noch nicht langer Zeit hat Raehlmann²⁾ in Strassburg ausgezeichnete Resultate an der Cornea erhalten durch das gerbsaure Eisen oder die gewöhnliche Schreibdinte. Er konnte damit sehr vollkommen den fibrillären Bau der Cornea demonstrieren, ohne das Gewebe zu zerfasern und sah nebenbei noch die Zellen. Ich wollte diese Methode nun auch für die Sehne versuchen, dachte es mir aber vortheilhaft, die Fällung des Eisens erst im Gewebe vorzunehmen. Dabei stellte sich nun heraus, dass schon die Eisenvitriollösung allein diese Verhältnisse in sehr vollkommener Weise klarzulegen im Stande ist. Das Verfahren, wie man gute Präparate bekommt, ist ein äusserst einfaches: man entnimmt die

¹⁾ Arch. de Physiol. 1869. II. p. 471.

²⁾ v. Graefe's Archiv Bd. 23. 1877.

Sehne dem Thier, bringt sie auf den Objectträger in einen Tropfen einer frisch bereiteten ca. 1 procentigen Eisenvitriollösung und kann nach Bedecken mit dem Deckglase sogleich untersuchen. Sofort tritt der fibrilläre Bau äusserst deutlich hervor, sofort erkennt man auch sehr scharfe Zellcontouren; erst nach einiger Zeit tritt auch der Kern und das Protoplasma der letzteren, aber dann auch mit grosser Schärfe hervor. Es tritt bei diesem Verfahren keine merkliche Quellung ein; man hat also dadurch den Vortheil erreicht, die Zellen in ihrer Lage zu betrachten, ohne an ihren Beziehungen zu den übrigen Gewebstheilen etwas geändert zu haben.

Man erkennt hier zunächst, dass das Verhalten der Fingerschneen der Frösche an verschiedenen Stellen ein ganz verschiedenes ist: während nemlich auf gewissen Strecken grosse, im Allgemeinen viereckige, scharf contourirte Figuren sich zeigen, finden sich an den übrigen nur spindelförmige; ich werde daher jede dieser Stellen gesondert betrachten und wende mich zunächst zu jenen der ersten Art.

Das Bild, welches man an den Eisenvitriolpräparaten erhält, ist ein sehr plastisches zu nennen. Man sieht die Fibrillen der Sehne in im Allgemeinen parallelen Zügen verlaufen, denen jene viereckigen, in Reihen geordneten Felder in der Weise entsprechen, dass sie auf den ersten Anblick als platte, den darunter gelegenen, gewölbten Fibrillenzügen dicht aufliegende Gebilde imponiren müssen. Die Reihen sind bald einfach, bald doppelt, oder aber es finden sich grössere Complexe, in denen dann die Gebilde nicht alle viereckig erscheinen, sondern verschiedene, manchmal ziemlich unregelmässige Contouren zeigen. Sie laufen jedoch nicht in unregelmässige Spitzen und Zacken aus, sondern es stellt sich die Grenze zwischen zweien als eine wellige Linie dar oder ein Gebilde schiebt sich keilförmig zwischen zwei andere ein. In anderen Fällen ist es mehr in die Länge gedehnt, wobei seine Längsaxe senkrecht zur Axe der Sehne steht. Die Begrenzung der einzelnen in Reihen geordneten Gebilde, sowie die der mittleren in den grösseren Complexen gegen einander ist eine äusserst scharfe, als einfache Linie sich darstellende; nur wo drei oder mehrere zusammenstossen bleibt häufig ein kleiner drei- oder viereckiger Raum übrig. Die seitliche Begrenzung der in Reihen geordneten Gebilde sowie der an den Rändern der grösseren Complexe gelegenen ist meist gar

nicht zu erkennen; es macht hier sehr häufig den Eindruck, als ob sich das Gebilde in der Tiefe des Gewebes verlöre. Die Endglieder der Reihen schneiden oft ganz plötzlich ab, oft aber stellen sie längere, spitz auslaufende Gebilde dar. Die einzelnen Reihen sind bald breiter, bald schmaler.

Die Präparate sind so durchsichtig, dass man sich an den Stellen, wo diese Gebilde sich finden, häufig überzeugen kann, dass sie durch die Dicke der ganzen Sehne hindurch vorkommen, so dass sie nicht mit dem oberflächlichen Endothel der Sehne verwechselt werden können. Das letztere tritt sogar auffallender Weise an den Eisenvitriolpräparaten nicht hervor; wohl erkennt man an der Oberfläche manchmal Kerne, die demselben anzugehören scheinen, aber keine Zellgrenzen, welche erst durch Silber deutlich gemacht werden können. Ich habe es auf diese Weise immer nur einschichtig gefunden, da ich aber nur eine beschränkte Anzahl von Sehnen darauf untersucht habe, so kann ich nicht behaupten, dass dies allgemein der Fall ist. Ausser diesem Endothel enthält die äussere Scheide viele elastische Fasern.

Diese Reihen mit der eigenthümlich scharfen Begrenzung der einzelnen Glieder gegen einander sind meines Erachtens am besten von Bruce¹⁾ beschrieben und abgebildet worden. Setzte er Essigsäure hinzu, so erschienen die Felder granulirt und einen rundlichen Kern enthaltend, während die Grenzcontouren undeutlicher wurden. Bei der Behandlung mit Eisenvitriol, die vor der Essigsäuremethode das voraus hat, dass das Reagens ein viel weniger eingreifendes ist, werden diese Verhältnisse ebenfalls sehr deutlich; ausserdem aber behalten die Grenzcontouren ihre anfängliche Schärfe bei. Das Protoplasma, als welches ihrem ganzen Ansehen nach die granulirte Masse gedeutet werden muss, erstreckt sich meist nahezu über die ganze viereckige Figur, doch bleibt in der Regel am Rande ein schmaler, lichter Saum. Der Kern ist sehr gross, meist rund, sehr scharf contourirt, im Innern grob granulirt und häufig mit einem oder mehreren deutlichen Kernkörperchen versehen; an jenen Stellen, an welchen die Reihen der viereckigen Figuren zu Spitzen sich verlängern, ist der Kern meist ebenfalls langgestreckt.

¹⁾ Quarterly Journ. of microsc. science. XII.

Mit diesen Angaben über Kern und Protoplasma ist nun schon gesagt, dass es sich hier um die zelligen Elemente der Sehne handelt und es fragt sich nur, welchen Theilen jene viereckigen, scharf contourirten Gebilde entsprechen. Ich habe schon gesagt, dass sie den Eindruck von platten Gebilden machen und man hätte in diesem Falle zunächst daran zu denken, dass hier analoge Verhältnisse vorliegen, wie an der im Bindegewebe so weit verbreiteten Zelle, der Endothelzelle. Diese Auffassung musste aber noch auf andere Weise unterstützt werden, da ja auch der optische Querschnitt eines kubischen Gebildes als viereckige Platte imponiren kann und da von vielen Autoren den Sehnenzellen in der That eine viel körperlichere Form zugeschrieben wird, als dies für eine Endothelzelle passen würde. Die Analogie wird einmal sicher gestellt durch, das Verhalten der zwischen den Zellen gelegenen Kittleisten. Man kann dieselben an Gold- und Silberpräparaten sehr schön darstellen; werden letztere zerzupft, so stellen sie dasjenige dar, was Spina¹⁾ als leiterförmige Gebilde bezeichnet, an denen häufig Kern und Protoplasma abgefallen sind. Spina schliesst aus diesen Bildern im Verein mit dem Querschnitt, dass die Zelle in einer Hülle, aus der später elastische Substanz hervorginge, wie in einem Kästchen eingebettet sei, aus der sie zuweilen herausfalle. Für den Längsschnitt glaube ich nun, dass die Erklärung dieser Figuren als Kittleisten zwischen Endothelien eine viel einfachere und gewiss ebenso gut mit den thatsächlichen Befunden übereinstimmende ist, aber auch für den Querschnitt ist die Spina'sche Annahme nicht nöthig, indem die Profilansicht dieser Kittleisten, sowie des dunkel gefärbten Protoplasmas ausreicht, die dunklen Grenzcontouren der sternförmigen Figuren zu erklären.

Gold- und Silberpräparate müssen in der Regel zerzupft werden, um diese Verhältnisse zur Anschauung zu bringen; man hat aber auch ein Mittel, diese Kittleistenzeichnung an der ganzen Sehne in sehr ausgedehnter Weise zu erhalten, wenn man die Eisenvitriolmethode dahin abändert, dass man aus dem Eisenoxydsalze mittelst des rothen Blutlaugensalzes jene Verbindung darstellt, die als Turnbull's Blue bekannt ist. Es empfiehlt sich, die Sehne zuerst in einer etwa $\frac{1}{2}$ procentigen Lösung des letzteren Salzes fünf

¹⁾ Wiener med. Jahrb. 1873.

Minuten lang liegen zu lassen, dann etwas auszuwaschen und nun in Eisenvitriol zu untersuchen, wobei dann noch Kern und Protoplasma hervortritt, oder man kann die Sehne, nachdem sie in Eisenvitriol gebracht war, in Alkohol, Terpentinöl und Canadabalsam überführen, wobei die Einzelheiten der Zellen verloren gehen, die Kittleisten aber sehr schön sichtbar bleiben. Auch bei dieser Behandlungsweise tritt keine Quellung ein, während diese bei der Bildung von Berliner Blau kaum zu vermeiden ist.

Wenn mir nun auch nach dem Bishergesagten die Annahme, dass diese Zellen als endotheliale aufzufassen sind, gerechtfertigt erscheint, so habe ich es doch nicht unterlassen, mich auch an Zerkupfungspräparaten über diese Verhältnisse zu unterrichten und zwar waren es hier gerade besonders Goldpräparate, die nach der Reduction die besten Aufschlüsse gaben. Werden solche Präparate zerkupft, so zerfallen sie nicht mehr in einzelne Fibrillen, sondern diese bleiben zu Zügen geordnet und man kann ihr Verhältniss zu den zelligen Elementen sehr gut beurtheilen. Ich konnte an solchen Präparaten die von vielen Beobachtern gemachte Erfahrung bestätigen, dass es häufig gelingt, Fibrillencomplexe zu isoliren, denen die Zellen noch anliegen und man kann dann leicht entscheiden, dass nur die Kerne über den Grenzcontour hervorragen, während die übrigen Theile der Zelle platt auf den Fibrillen aufliegen. Solche Goldpräparate geben überhaupt so gute und mit den Eisenvitriolpräparaten übereinstimmende Bilder, dass sie einer näheren Betrachtung unterzogen werden müssen.

Die Kittleisten zwischen den Zellen werden mit Gold violett gefärbt, die Platte dagegen nimmt keine Farbe an. Protoplasma und Kern erscheinen ebenfalls violett, letzterer etwas dunkler, so dass er sehr scharf hervortritt. Das Protoplasma ist viel schärfer contourirt als bei den Eisenvitriolpräparaten, ob es jedoch seine natürliche Gestalt hat, möchte ich bezweifeln; es macht meist den Eindruck, als ob es retrahirt sei. Es tritt in ziemlich wechselvollen Gestalten auf: bald bildet es um den Kern nur einen schmalen Saum, der die Contouren desselben nachahmt, bald ist es viereckig, nahezu quadratisch oder oblong und in letzterem Falle zum Kern excentrisch gelegen, bald sendet es nach einer, seltener nach mehreren Richtungen zugespitzte Ausläufer aus; es hält sich jedoch im Allgemeinen innerhalb der Grenzen der Platten, manchmal scheint

es sich aber auch über diese hinaus zu erstrecken. Ob es dabei zu Anastomosen mit benachbartem Zellprotoplasma kommt, habe ich nicht entscheiden können, jedoch halte ich es nach der Angabe von Renault¹⁾, der dasselbe mit Eosin färbte und ausgedehnte Anastomosen auf diese Weise gesehen hat, für sehr wohl möglich. Dass er es aber mit den seitlichen Fortsätzen, die Grünhagen²⁾ beschrieben hat, identificirt, muss mir deshalb als zweifelhaft erscheinen, weil Grünhagen das Protoplasma ebenfalls gesehen hat, seine Flügelstücke aber von ganz anderer Gestalt beschreibt und ihnen eine andere Deutung giebt. Wie an den Eisenvitriolpräparaten so sieht man auch an diesen Goldpräparaten häufig keine seitlichen Begrenzungen der Platten und es ist sehr wohl möglich, dass diese sich noch ziemlich weit fortsetzen; ein Theil der Zellen jedoch stellt ringsum scharf begrenzte Platten dar mit Protoplasma und Kern, in dem sich häufig ein Kernkörperchen sehr deutlich erkennen lässt.

Eine andere Art von Zellreihen unterscheidet sich von den aus den bisher geschilderten Elementen aufgebauten nur dadurch, dass die Zellen etwas in die Länge gezogen sind. Bei dieser Art bemerkt man öfter die schon häufig beschriebene, eigenthümliche Stellung der Kerne an den einander zugewandten Enden der Zellen; jedoch scheint diese Stellung beim Frosch nicht so häufig zu sein, wie bei den Sehnen im Schwanz der Nager.

Boll³⁾ hat bekanntlich als ein für die Sehnenzellen sehr charakteristisches Element den elastischen Streifen, dessen ich bis jetzt noch nicht Erwähnung gethan, beschrieben und dieses Gebilde wurde im Wesentlichen von Grünhagen⁴⁾, J. Gerlach⁵⁾ und Spina⁶⁾ bestätigt. Eine grosse Reihe von Beobachtern, die dieses Bild unzweifelhaft ebenfalls gesehen haben, wie v. Török⁷⁾, Adikes⁸⁾,

¹⁾ Comptes rendus 1876. T. 83 No. 24.

²⁾ Arch. f. mikr. Anat. Bd. IX. S. 282.

³⁾ M. Schultze's Archiv Bd. VII. 1871. S. 275.

⁴⁾ l. c.

⁵⁾ Sitzungsber. d. physik.-med. Societät zu Erlangen. 29. Juni 1872.

⁶⁾ l. c.

⁷⁾ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. Bd. X. No. 5. S. 66.

⁸⁾ Zur Histologie des Bindegewebes. Inaug.-Diss. Göttingen 1872.

Bruce¹⁾, Renaut²⁾, Flemming³⁾, Ponfik⁴⁾, Ciaccio⁵⁾, Ranvier⁶⁾, Waldeyer⁷⁾, Löwe⁸⁾ sprechen sich gegen die Auffassung als elastischen Streifen aus, und erklären das Bild in verschiedener Weise. Nach dem, was ich gesehen habe, glaube ich, dass eine ganze Reihe dieser letzteren Erklärungen das richtige trifft, dass durch die verschiedenartigsten Gebilde der elastische Streifen vorgetäuscht werden kann. Ich habe Umrollungen der Platten, Gerinnungen im Protoplasma, namentlich aber im Kern gesehen, die unzweifelhaft das darstellten, was Boll als elastischen Streifen bezeichnet. Man bekommt oft Reihen von Kernen zu sehen, in denen man ganz allmählich die Entstehung des Streifens verfolgen kann. In den einen derselben ist der ganze Inhalt grobkörnig granulirt, in dem nächsten zieht sich derselbe auf einen oder zwei, anfänglich breite und dann immer schmaler werdende Streifen zurück und zuletzt werden diese Streifen so scharf contourirt und bekommen ein so eigenthümliches Aussehen, dass man ihre Entstehung nicht mehr errathen kann, wenn man die Uebergangsformen nicht gesehen hat. Dies sieht man namentlich an Silberpräparaten; an guten Goldpräparaten dagegen sind diese Streifen überhaupt so selten, dass ich auch die Erklärung Ranvier's, der sie als einen Abdruck der Vertiefungen zwischen den Fibrillenbündeln, als „*crêtes d'empreinte*“ erklärt, wenigstens nicht so allgemein für die normalen unversehrten Zellen gelten lassen möchte; dass allerdings bei den Gerinnungen die Richtung, in der sich die gerinnenden Massen zurückziehen, durch die Anordnung der Fibrillenzüge bedingt ist, halte ich für wahrscheinlich. Für die Erklärung, die zuerst Waldeyer für den elastischen Streifen gegeben hat, und der sich einige neuere Beobachter angeschlossen haben, dass derselbe der Kantenansicht von Nebenplatten entspräche, habe ich

¹⁾ l. c.

²⁾ Arch. de Phys. Bd. IV. 1872. p. 271.

³⁾ Dieses Archiv Bd. 56. S. 171.

⁴⁾ Centralbl. f. d. med. Wiss. 1872. Bd. X. No. 8. S. 116.

⁵⁾ Memoria dell' Accademia delle Science dell' Instituto di Bologna. 1872 u. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. No. 6.

⁶⁾ Arch. de Phys. 1874. p. 181.

⁷⁾ Arch. f. mikr. Anat. Bd. XI. Hft. I. S. 176.

⁸⁾ l. c.

wenigstens bei den Froschsehnern keine Anhaltspunkte finden können; wenn man die Zellen en face betrachtet, können die Kunstproducte, die dem Boll'schen Streifen entsprechen, allerdings manchmal, mit der Stellschraube verfolgt, einige Tiefe zeigen; wenn man aber die Fibrillenzüge mit den aufliegenden Platten isolirt, so müsste man doch wenigstens hier und da einmal eine senkrechte Platte oder doch wenigstens Bruchstücke davon erkennen; solche Bilder habe ich jedoch nie zu Gesicht bekommen. Waldeyer beschreibt diese senkrechten Platten an ganz isolirten Zellen. Diese bei der gewöhnlichen Froschsehne vollständig zu erhalten, ist mir nie gelungen, aber ich habe aus dem knorpelähnlichen Theil der Achillessehne dieser Thiere Zellen isolirt, die in ganz exquisiter Weise die von Waldeyer beschriebene Buchform besaßen. Diese Bilder waren offenbar durch Faltenbildungen zu Stande gekommen, da die Zellen der Achillessehne, die ja von vielen Beobachtern als wirkliche Knorpelzellen angesprochen werden, gewiss nicht diese complicirte Form besitzen.

Da ich nun diese eine Art der Sehnenzellen, denen eine endotheliale Natur zukommt, an den zerzupften Goldpräparaten besprochen habe, so möchte ich hier gleich über die Verhältnisse berichten, wie sie an denselben Präparaten an den übrigen Stellen sich vorfinden, sodann werde ich auf die nehmlichen Theile bei den Eisenvitriolpräparaten zurückkommen um letztere mit ersteren zu vergleichen. Diese übrigen Gebilde sind spindelförmig, von verschiedener Länge, aber immer länger als die viereckigen Zellen. Häufig sind sie durch scharfe Querstriche in Unterabtheilungen getrennt: andere aber, namentlich kürzere, sind ganz hyalin und an diesen ist auch an guten Goldpräparaten weder Kern noch Protoplasma zu erkennen, während sie bei den ersteren meist sich finden, wenn auch das Protoplasma gewöhnlich sehr spärlich ist; der Kern dagegen pflegt sehr scharf und deutlich zu sein und ist häufig in die Länge gezogen. Diese Gebilde finden sich, wie gesagt, vorwiegend an jenen Stellen, wo die endothelialen fehlen, einzelne jedoch auch zwischen den letzteren, während das Umgekehrte, dass zwischen den langgestreckten Elementen vereinzelte Endothelien sich finden, nicht beobachtet wird. Diese Gebilde tragen sehr häufig deutliche Spuren durch mechanische Eingriffe bedingter Veränderungen an sich. Die eigenthümlich zerfetzten Enden, in die sie häufig auslaufen, ganz

deutlich zu erkennende Faltenbildung zeigen, dass man es nicht mit normalen Formen zu thun hat, so dass man nur mit Vorsicht Schlüsse auf ihr wirkliches Aussehen ziehen darf. Für ihre verschiedenen fadenförmigen Ausläufer gilt dasselbe wie für den elastischen Streifen; je schonender die Sehne behandelt wird, desto seltener werden sie gesehen. Diese Gebilde können entweder als einfach in die Länge gezogene Platten gedeutet werden mit ebenfalls verlängerten Kernen, wo diese noch vorhanden sind; wo sie fehlen müsste man dann annehmen, dass sie atrophirt und vollständig geschwunden seien; Aehnliches würde dann für das Protoplasma gelten. Für diese Auffassung spricht der Umstand, dass die Endzellen der Zellreihen, die endothelialen Charakter haben, häufig schon sehr in die Länge gezogen erscheinen und somit Uebergangsformen zu den langen, spindelförmigen Gebilden darstellen würden. Diese Auffassung würde den von Spina an der erwachsenen Sehne beschriebenen Bändern sehr nahe kommen, nur dass sie nicht aus einer Hülle der Zelle, sondern aus der basalen Platte hervorgegangen wären. Eine andere Auffassung ist die, dass die Gebilde entweder als ganz solide oder im Innern hohle, jedoch mehr körperliche Formen zu deuten wären, worauf ich erst näher eingehen kann, wenn ich die Eisenvitriolpräparate besprochen haben werde.

Eines sei jedoch betont, dass in den Sehnen der Frösche ganz verschiedene Formen von zelligen Elementen, oder wenigstens deren Derivaten vorhanden sind, ein Factum, welches gewiss die weit auseinandergehenden Ansichten verschiedener Autoren über die Gestalt der Sehnenzellen zu erklären im Stande ist. Uebrigens ist schon von mehreren Beobachtern auf dieses Verhalten aufmerksam gemacht worden; es hat aber verschiedene Deutung erfahren. Während die einen das Alter der Sehne als Grund dafür anführten, bezogen es andere auf verschiedene Spannungsverhältnisse. Schon Henle¹⁾ beschreibt wenigstens die Kerne als sehr verschieden: rund, häufiger längs-oval oder in Stäbchenform, oder geschlängelte in die Länge ausgezogene Körperchen. Kölliker²⁾ macht einen Unterschied zwischen den Sehnenzellen junger und erwachsener Individuen, indem er jene beschreibt als Zellen, die durch blatt- oder band-

¹⁾ Canstatt's Jahresberichte f. 1851. S. 20.

²⁾ Würzburger med. Zeitschr. 1861. S. 22.

förmige Ausläufer anastomosiren, während er bei der ausgewachsenen Sehne die Kerne als gestreckt und cylinderförmig schildert. W. Krause¹⁾, Langhans²⁾, Adikes³⁾, Bruce⁴⁾, Güterbock⁵⁾ u. A. sprechen sich alle für die Verschiedenheit der Zellen in den Sehnen aus und beziehen dieselbe meist auf verschiedene Altersstufen. Am genauesten hat Spina⁶⁾ diese Verhältnisse untersucht. Auf der anderen Seite steht hauptsächlich Boll⁷⁾, der die Verschiedenheit aus verschiedenen Spannungszuständen zu erklären suchte. Dieser Auffassung widersprachen von Török⁸⁾ und Adikes⁹⁾.

Hinsichtlich der Spannungsverschiedenheiten muss auch ich den beiden letztgenannten Autoren beitreten; denn einmal sind die Längen der verschiedenen Zellen so sehr verschieden, dass schon deshalb die Erklärung aus der Spannung unzulässig erscheinen muss, ferner erhält man die verschiedenen Formen, wenn man mit der Sehne auch noch so schonend umgegangen ist und jede Zerrung vermieden hat; sodann finden sich manchmal an derselben Stelle breite und langgezogene Formen nebeneinander und endlich kann man sich durch einen Versuch sehr leicht überzeugen, dass die Spannung auf die Zellen sehr geringen Einfluss hat. Man befestigt das eine Ende der Sehne mit einem Streifen gummirtten Papiers auf den Objectträger, nachdem man die Zellen auf irgend eine Weise sichtbar gemacht hat, bedeckt die Mitte derselben mit einem Deckgläschen und kann nun an dem entgegengesetzten Ende der Sehne, an das man etwa wieder mit gummirtem Papier einen Faden befestigt hat, einen recht ausgiebigen Zug ausüben, der die Sehne jedenfalls über den Grad ihrer normalen Spannung ausdehnt und dann wieder ganz erschlaffen lassen und man erkennt, dass die Veränderungen, die dabei an den Zellen vorgehen nur äusserst geringe sind.

Da diejenigen Beobachter, die verschiedene Altersstufen untersucht haben, angeben, dass die langgestreckten, protoplasmaärmeren Elemente im Alter vorgerückteren Individuen entsprechen, so trage ich kein Bedenken mich diesen anzuschliessen, da ich nichts anzuführen weiss, was dieser Auffassung widerspräche; es muss dann

¹⁾ Deutsche Klinik 1871. No. 20.

²⁾ Würzburger naturw. Zeitschr. 1864. Bd. V. S. 86.

³⁾ l. c. ⁴⁾ l. c.

⁵⁾ Centralbl. f. d. med. Wissensch. Bd. 8. 1870. No. 3.

⁶⁾ l. c. ⁷⁾ l. c. ⁸⁾ l. c. ⁹⁾ l. c.

nur die Annahme gemacht werden, dass die Fingersehnen der Frösche an verschiedenen Stellen verschiedene Entwicklungsstadien repräsentirten in der Art, dass da, wo die ausgesprochen endothelialen Zellen sich finden, der Wachstumspunkt der Sehne gelegen wäre.

Wenn ich nun auch dafür halte, dass die Verschiedenheiten der Zellen nicht durch Spannungsdifferenzen zu erklären sind, so sei damit nicht gesagt, dass ich die Ansicht, dass die basalen Platten dem elastischen Gewebe nahestehen, bestreiten wollte. Ihr Verhalten gegen Säuren und Alkalien spricht im Gegentheil dafür. Ausserdem kann ich noch constatiren, dass in den Sehnen elastische Fasern enthalten sind, jedoch in sehr wechselnder Menge; sie ziehen sich immer auf lange Strecken hin; irgend welche Beziehungen zu den zelligen Elementen habe ich nicht finden können.

Die zuletzt beschriebenen zelligen Elemente der Sehne haben bezüglich ihrer Erklärung Schwierigkeiten in den Weg gelegt, von denen wenigstens einige, wie mir scheint, durch die Eisenvitriolpräparate dem Verständniss näher gerückt werden und ich wende mich deshalb wieder zu den letzteren. Hier sieht man manchmal über die Reihen der platten Zellen einen lichten Streif hinweglaufen, der an einer Stelle eine spindelförmige Auftreibung besitzt. Es lässt sich meist sehr leicht constatiren, dass diese Figur nicht zu den Zellen gehört, sondern höher oder tiefer gelegen ist. Die spindelförmige Auftreibung ist äusserst scharf begrenzt und lichter als das übrige Gewebe, so dass sie den Eindruck einer Lücke macht. Solche spindelförmige Figuren werden nun häufig in der Sehne getroffen; wie schon bemerkt, auch an jenen Stellen, denen vorwiegend platte Zellen zukommen, besonders aber an jenen, wo von den platten Zellen nichts zu erkennen ist. Diese Spindeln anastomosiren häufig in der Art untereinander, dass die Pole zweier hintereinander gelegener durch eine helle Linie verbunden erscheinen, oder eine solche Linie verbindet den Pol einer Spindel mit der spitz zulaufenden Endzelle einer platten Zellreihe.

In diesen spindeligen Figuren sieht man häufig einen sehr deutlichen, meist langgestreckten Kern, an dessen Enden sich noch eine granulirte Masse anschliesst, die wohl als Protoplasma zu deuten sein dürfte; in anderen Spindeln ist weder von Kern noch von Protoplasma irgend etwas zu erkennen. Wo ein Kern vorhanden ist, sieht man ihn häufig derart gelegen, dass er sich in der Mitte der

spindeligen Figur zu befinden scheint, indem er rings von einem lichten Hofe umgeben ist; häufig aber und namentlich, wenn man zu dem Eisenvitriolpräparate eine Spur Essigsäure zusetzt, sieht man den Kern und das Protoplasma im Profil und erkennt dann, dass er dem einen Contour der Spindel dicht angelegen ist. Dieses Verhältniss ist in Fig. 7 an einer Stelle wiedergegeben und ich möchte hier bemerken, dass die Zeichnung in sofern combinirt ist, als nicht alle darin befindlichen Details an einem Präparate sich vorfinden.

Die Fibrillenzüge weichen, wie man manchmal mit grosser Deutlichkeit erkennen kann, auseinander an der Stelle, wo die Spindeln gelegen sind, um sich hinter ihnen wieder zu vereinigen. Dieses Verhalten, der wandständige Kern und das lichtere Aussehen der Spindeln scheint mir den Schluss zu erlauben, dass es sich hier um Hohlräume handelt, die freilich wohl nur ein sehr kleines Lumen besitzen.

Ich glaube diese Auffassung kommt derjenigen Bizzozero's¹⁾ sehr nahe. Auch er beschreibt in der Sehne langgezogene und nur in der Längsrichtung anastomosirende Lücken, welche ausser einem Kern häufig noch einen granulirten Inhalt aufzuweisen haben; nur scheint er nicht Gelegenheit gehabt zu haben sich zu überzeugen, dass die Kerne wandständig gelegen sind; ausserdem beschreibt er gezähnte Fortsätze, die ich allerdings auch, aber nur ein einziges Mal gesehen habe, während die meisten Räume einfach spindelförmig erschienen. Die Bilder die v. Recklinghausen¹⁾ durch Silber erhalten hat, war ich nicht im Stande an der Froschsehne aufzufinden.

Wenn man sich nun fragt, welche an den zerzupften Goldpräparaten gesehenen Gebilde diesen spindelförmigen Räumen entsprechen, so ist es wohl naturgemäss an die dort beschriebenen spindelförmigen Figuren zu denken, die in ihrer Lage mit den hier gesehenen correspondiren; man würde sie als Membranen aufzufassen haben, welche die spindelförmigen Lücken auskleiden, die beim Zerzupfen sehr leicht sich falten und einreissen und denen gegen das Lumen zu häufig ein Kern anliegt.

¹⁾ Sulla struttura del tessuto tendineo. Pavia 1870.

²⁾ Die Lymphgefässe und ihre Beziehung zum Bindegewebe. Berlin 1862.

Endlich ist noch eines Gebildes zu gedenken, das mir bei Eisenvitriolpräparaten zuerst zu Gesichte kam, nemlich der von Löwe¹⁾ sogenannten riesenzellenähnlichen Anhäufungen; wenigstens glaube ich nach Löwe's Abbildungen, dass ich dieselben Gebilde gesehen habe wie er. Dieselben kommen, wie es scheint, nur in wenigen Sehnen vor. Sie besitzen eine ziemlich grobkörnige Substanz, von der schwer zu sagen ist, ob sie der von Kernen oder von Protoplasma mehr entspricht. Mit Kernen haben die Gebilde in sofern eine Aehnlichkeit als sie sehr scharf begrenzt erscheinen; sie unterscheiden sich jedoch durch ihre bedeutende Grösse. Die Gebilde sind bald spindelförmig, bald oval, bald sogar nahezu rund. Sie liegen meist an einer beschränkten Stelle in grösserer Anzahl beisammen, während die übrige Sehne davon frei ist. Man sieht übrigens manchmal an dieser Stelle ganz allmähliche Uebergänge zu viel kleineren Formen. Ob sie vielleicht mit den von Waldeyer²⁾ ausführlicher beschriebenen und von v. Recklinghausen³⁾ zuerst am Omentum und der Pleura junger Kaninchen gesehenen grossen protoplasmareichen Bindegewebszellen identisch sind, wage ich nicht zu entscheiden, da ich über ihre Natur nicht klar werden konnte.

Wenn ich die an Eisenvitriolpräparaten erhaltenen Bilder mit denen der Indigearminausscheidung vergleiche, so glaube ich eine Analogie der spindelförmigen Figuren, wie sie bei beiden Präparationsmethoden sich gezeigt haben, finden zu müssen, so dass der vorhin gezogene Schluss, dass in der Sehne spindelförmige Räume vorhanden sind, durch die Vergleichung der beiden Präparate bestätigt wird.

Ich habe nun nahezu alle Verhältnisse, die an dem Längsschnitt der Sehne zu erkennen sind, besprochen; bevor ich mich jedoch zum Querschnitt wende, muss ich noch eines Elementes erwähnen, das mir als ein in den Sehnen der Frösche sehr häufig vorkommendes begegnet ist und das, wenn vielleicht auch schon oft gesehen, noch nie die richtige Deutung erfahren hat. Als ich eine Sehne mit salpetersaurem Silber behandelte, fielen mir Gebilde auf, die von allen sonst in der Sehne vorkommenden Dingen verschieden waren. Es handelte sich um kleine Stäbchen, die an-

¹⁾ l. c.

²⁾ Max Schultze's Archiv Bd. XI. 1875. S. 186.

³⁾ Dieses Archiv Bd. 28. 1863. S. 157.

fänglich wohl den Eindruck von langen Kernen machen konnten, die aber in ihrer Zahl und Anordnung sich wesentlich von den Kernen, die in der Sehne vorkommen, unterschieden. Diese Stäbchen sind alle nahezu gleich breit, in der Länge jedoch sehr verschieden; während manche kaum länger als breit sind, entsprechen andere der Länge von drei bis vier der grossen quadratischen Zellen, mit denen man sie häufig zu vergleichen Gelegenheit hat. Ihre Zahl war in der betreffenden Sehne eine sehr beträchtliche, ihre Vertheilung schien eine vollkommen unregelmässige zu sein. Es zeigte sich, dass diese Stäbchen sichtbar gemacht werden können durch alle Reagentien, welche das Gewebe durchsichtig machen, ohne die Stäbchen selber zu verändern. Ein Versuch, dies mit Säure zu Stande zu bringen, fiel negativ aus; dagegen wurden die Stäbchen äusserst klar, wenn man starke Kalilauge zur Sehne zusetzte. Auch wenn man mit Kalilauge zum Kochen erhitzt, bleiben die Stäbchen äusserst scharf contourirt; sie bieten aber in sofern ein eigenthümliches Aussehen, als sie sich sämmtlich zickzackförmig geknickt zeigen. Eine weitere Procedur, diese Stäbchen deutlich zu machen, ist die, dass man die Sehne einfach in destillirtem Wasser kocht. Auch an den Eisenvitriolpräparaten treten sie sehr deutlich hervor und sind an der beigegebenen Figur abgebildet. Bei dem Kochen mit Kalilauge werden sämmtliche übrigen Elemente sehr hochgradig verändert und man hat Gelegenheit sich von der grossen Resistenz dieser Gebilde zu überzeugen.

Setzt man zu einer Sehne, die die Stäbchen enthält, verdünnte Schwefelsäure, so verschwinden diese zunächst und man sieht weiter nichts Auffallendes an dem Präparate; lässt man dasselbe jedoch kurze Zeit ruhig liegen, so entstehen in der Nähe der Sehne sehr schön ausgebildete Krystalle, die in hohem Maasse an Gypskrystalle erinnern. Herr Dr. Cohen hatte die Freundlichkeit die Krystalle auf ihre optischen Eigenschaften zu prüfen und konnte von denselben aussagen, dass sie mit denen vorher aus kohlensaurem Kalk dargestellter Gypskrystalle so weit übereinstimmten, als die Constatirung dieser Eigenschaften bei der Kleinheit der Krystalle möglich war.

Ich verschaffte mir nun eine grössere Partie der eben erwähnten Krystalle, indem ich die Sehnen von mehreren Fröschen, die diese Stäbchen besaßen, mit verdünnter Schwefelsäure behandelte und

erhielt auf diese Weise in einem Uhrschildchen eine ganz ansehnliche Menge. Nach Lösung derselben in viel Wasser entstand auf Zusatz von oxalsaurem Ammoniak sofort eine Trübung, die, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, herrührte von kleinen Krystallen, die das charakteristische Aussehen der oxalsauren Erden hatten. Es musste also in den Sehnen eine solche Erde vorhanden gewesen sein und, nach der Menge des Niederschlags zu urtheilen, in nicht geringer Menge. Damit war aber noch nicht nachgewiesen, dass dieselbe wirklich in den Stäbchen enthalten sei, sie konnte ja immerhin aus dem Gewebe stammen; wiewohl ein, wie es den Anschein hatte, so grosser Kalkgehalt dem normalen Bindegewebe nicht zukommen dürfte. Um die Frage zu entscheiden suchte ich zunächst mehrere vorher untersuchte Sehnen zu veraschen. Ich führte das, so gut es ging, auf dem Deckglase aus, um die Asche mikroskopisch untersuchen zu können. Es zeigte sich nun zunächst, dass die Asche derjenigen Sehnen, die die Stäbchen enthielten, schon auf den ersten Anblick viel reichlicher war als die der stäbchenfreien. Untersuchte ich zu einer Zeit, wo die Asche allerdings noch nicht ganz kohlenfrei war, aber von einer Gestalt irgend welcher organischen Elemente nicht mehr die Rede war, so zeigten sich die Stäbchen in ihrer charakteristischen Zickzackform, die sie bei der Schrumpfung der Sehne angenommen hatten, noch vollständig erhalten; wurde noch stärker geglüht, so verschwanden sie allerdings, aber man sah eine viel grössere Quantität amorpher Aschenbestandtheile, und an einzelnen Stellen zeigten sich noch in Reihen geordnete Körner, die die Gestalt der Stäbchen vollständig nachahmten, so dass offenbar bei längerem Glühen ein Zerfall dieser Gebilde eintritt. Diese Befunde liessen nun schon mit ziemlicher Sicherheit schliessen, dass man es in diesen Stäbchen mit eigenthümlichen Kalkablagerungen zu thun habe. Ich glaubte aber noch ein einfaches und sehr sicheres Verfahren nicht unversucht lassen zu dürfen, um die Sache zu bestätigen, nemlich die spectralanalytische Untersuchung. Ich führte dieselbe aus unter der freundlichen Unterstützung von Herrn Dr. Schridde, Assistent am hiesigen chemischen Laboratorium. Zuerst prüften wir unsere Instrumente. Da sich die Veraschung der Sehnen am besten bewerkstelligen liess, wenn man sie in Filtrirpapier einschlug, so wurde zunächst die Prüfung dieses, das mit verdünnter Salpetersäure möglichst von

seinen Salzen befreit war, vorgenommen. Der dazu benutzte Platindraht und das Papier zeigten sich vollkommen kalkfrei, auch nachdem verschiedene Male ein Tropfen Salzsäure zugesetzt war, um etwa vorhandene basische Kalkverbindungen in die leichter flüchtigen Chlorverbindungen umzuwandeln. Nun untersuchten wir zuerst den Niederschlag, den ich mit oxalsaurem Ammoniak erhalten hatte; es zeigte sich sofort ein deutliches Spectrum, das mit einem zur Vergleichung dienenden Kalkspectrum vollkommen identisch war. Nun wurde eine stäbchenhaltige Sehne langsam verascht, nach dem wieder vorher die angewandten Instrumente sich kalkfrei gezeigt hatten. Anfangs war kein Spectrum wahrnehmbar, wurde aber ein Tropfen Salzsäure an die Drahtspirale gebracht, so leuchtete das Kalkspectrum auf das schönste auf. Mit neuen Tropfen Salzsäure konnte das Experiment fünf bis sechs Mal wiederholt werden. Ein Versuch mit einer Sehne, die bei der mikroskopischen Untersuchung sich frei von dem Stäbchen zeigte, wurde mit denselben Cautelen angestellt und ergab ein negatives Resultat. Die Versuche wurden noch einige Male wiederholt und fielen immer in gleicher Weise aus.

In den Sehnen der Frösche finden sich also eigenthümliche Kalkstäbchen. Ihre Vertheilung ist eine sehr verschiedene; während sie bei manchen Fröschen, wiewohl, wie es scheint, nicht häufig, völlig fehlen und bei anderen in geringer Zahl vorhanden sind, finden sie sich bei anderen in sehr grosser Menge, manchmal durch die ganze Länge der Sehne, zuweilen auch nur streckenweise. Am dichtesten habe ich sie in der Sehne des *Musculus sternalis* gefunden, wo sie meist an einer Stelle in der Mitte der Sehne so dicht gedrängt liegen, dass man nach dem Kochen der Sehne ausser diesen Elementen gar nichts weiter erkennen kann.

Da sich hier soviel Material bot, musste der Versuch gemacht werden, die Stäbchen in etwas ausgedehnter Menge zu isoliren, um auch die isolirten Elemente auf ihr chemisches Verhalten zu prüfen. Die Isolation gelang auch sehr gut auf folgende Weise: einige *Sternoradial*sehnen wurden mit einem Tropfen Wasser in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und das Ganze in einem Sandbade auf ca. 150° C. erhitzt. Das Gewebe löste sich dabei fast vollständig auf und nach einiger Zeit setzte sich ein weisser Bodensatz ab, der, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, aus den vollständig isolirten Kalkstäbchen bestand. Nachdem nun diese

einige Male in Wasser gewaschen waren, um die gelösten Gewebselemente möglichst zu entfernen, entstanden auf Zusatz von Schwefelsäure zu den nunmehr gereinigten Stäbchen ganz dieselben Krystalle wie bei der ganzen Sehne.

Genauere Angabe über die Lage der Kalkstäbchen bin ich nicht zu machen im Stande; ihre Menge ist jedoch so gross in manchen Sehnen, dass ihr Gebundensein an die zelligen oder elastischen Elemente wohl mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann und es bleibt nur fraglich, ob sie als theilweise verkalkte Fibrillen aufzufassen oder ob sie interfibrillär gelegen sind und der Kittsubstanz angehören. Es wäre wünschenswerth darüber Aufschlüsse zu erhalten; ferner könnte vielleicht noch ermittelt werden, ob Gattung, Alter oder Geschlecht der Thiere, möglicherweise auch die von denselben aufgenommenen Stoffe eine Beziehung haben zu dem Vorkommen der Kalkstäbchen und endlich, ob sie sich nicht vielleicht auch noch bei anderen Thieren, wobei zunächst an andere Amphibien zu denken wäre, vorfinden. Bei einigen Sehnen von Warmblütern, die ich darauf untersucht habe, habe ich sie nicht gefunden.

Ich wende mich nun zu der Beschreibung des Sehnenquerschnittes. Bei diesen ist vor allem auffallend wie verschiedenartig ihr Aussehen ist. Bald erhält man nahezu kreisrunde Figuren, zwischen denen sternförmige lichte Gebilde und diese verbindende helle Linien übrig bleiben, an anderen Schnitten hängen die sternförmigen Figuren nicht durch solche Linien zusammen, sondern ihre Ausläufer, bei manchen noch ziemlich lang, werden an anderen immer kürzer; weiter findet man nur drei- oder viereckige Figuren; oder endlich der ganze Querschnitt erscheint nahezu homogen oder fein punctirt, wenn man die Fibrillen im Querschnitt erkennen kann und in dem so beschaffenen Schnitt sieht man nur kleine, etwas glänzende Kreise. Diese Verhältnisse werden nicht etwa nur bei Schnitten aus verschiedenen Sehnen, sondern, wie ich gerade bei den Fingersehnen der Frösche gesehen habe, an ein und derselben Sehne gesehen, wenn man diese an verschiedenen Stellen schneidet. Diese Thatsache steht im Einklang mit dem Umstande, dass auch auf dem Längsschnitte verschiedene Stellen ein verschiedenes Verhalten zeigten und ich glaube aus diesen Querschnittsbildern schliessen zu dürfen, dass zwar an jenen Stellen, wo man auf dem Querschnitt Kreise erkennt, die rings von

hellen Linien eingerahmt sind, die Sehne aus einzelnen gesonderten Fibrillenbündeln besteht, dass aber an allen Stellen, wo das eben beschriebene Querschnittsbild nicht vorhanden ist, von dem Aufbau der Sehne aus einzelnen Bündeln nicht geredet werden darf.

Ich kann mir vorstellen, wiewohl ich betonen möchte, dass diese Verhältnisse einer genauen entwicklungsgeschichtlichen Prüfung unterzogen werden müssen, dass die Sehne in früheren Stadien aus einzelnen Bündeln zusammengesetzt ist, die aber an gewissen Stellen unter einander verschmelzen, so dass in späterer Zeit in einem mehr oder minder gleichmässigen Fibrillencomplexe nur noch grössere oder kleinere Lücken übrig bleiben.

Was nun das Verhältniss der Zellen zu den Lücken betrifft, so stellt es sich auf dem Querschnitt sehr verschieden heraus. Häufig lassen die sternförmigen Figuren gar keinen Inhalt erkennen, in anderen dagegen findet man ein Gebilde, das nach seiner scharfen Begrenzung und seinem Verhalten gegen Goldchlorid, Hämatoxylin und andere Reagentien als ein Kern erkannt werden muss, oder manchmal findet man zwei solcher Gebilde in einer sternförmigen Figur. Ueber die Lage der Kerne erhält man an frischen Querschnitten keinen klaren Aufschluss; sie liegen anscheinend einfach in der Mitte dieser Figuren; war aber ein dünner Querschnitt längere Zeit in Glycerin gelegen, so entfaltet er sich in einer Weise, dass aus den sternförmigen Figuren weite Lücken werden, und es ist ein so constantes Phänomen, dass die Kerne an einem Grenzcontour dieser Lücken haften bleiben, dass an einer innigeren Verbindung mit dieser nicht gezweifelt werden kann, so dass auch durch den Befund am Querschnitt die nach dem Längsschnitt anzunehmende directe Auflagerung der zelligen Elemente auf die Fibrillenzüge bestätigt wird. Die beigegegebene Figur stellt einen solchen Querschnitt dar. Das Bild, das er in frischem Zustande gewährte, war das, dass die sternförmigen Figuren theilweise anastomosirten, theilweise nicht. Nach oben zu hat sich ein Theil umgeschlagen und stellt das bekannte Bild der Donders'schen Bänder dar, das übrige ist ein reiner Querschnitt und an diesem erkennt man die wandständigen Kerne.

Einer Erscheinung muss ich noch gedenken. Manchmal liegt der Kern an der Stelle eines sternförmigen Raumes, wo sich derselbe in seine Spitzen auszieht. Hier hat er also die Gestalt, dass

er gegen das Lumen zu abgerundet, gegen die vom Stern ausstrahlende Spitze zu ebenfalls zugespitzt ist, so dass man den Querschnitt eines dreiseitigen Prismas mit einer abgerundeten Seite zu erkennen glaubt. Dieses Verhältniss kann allerdings auf dem Längsschnitt das Bild einer „*crête d’empreinte*“ geben, es ist aber nicht so häufig, wie das Vorkommen des Boll’schen Streifens, an Präparaten, an denen derselbe wirklich vorhanden ist.

Weiter aber kommt es vor, dass Kerne in einem feinen Ausläufer jener Sterne selbst gelegen sind, welcher Ausläufer aber auch bei der Entfaltung des Querschnitts in Glycerin nicht in einen Raum verwandelt wird und endlich finden sich Kerne im Gewebe, ohne dass sie Beziehungen zu den Sternen aufzuweisen haben. Ob es hier bei der supponirten Verschmelzung der Bündel zu Abschnürungen von Kernen nach dem Innern kommt, ob vielleicht ein ähnlicher Vorgang auch für alle oder einen Theil der spindelförmigen Räume gilt, wage ich nur als Hypothese auszusprechen, die einer Begründung bedarf.

Häufig hat der Querschnitt dazu gedient, die Ausläufer der Zellen oder Zellplatten oder der dieselben einhüllenden Membranen oder Scheiden oder endlich die die Fibrillenbündel umkleidenden Lamellen zu demonstrieren. Es ist nun richtig, dass die Begrenzung der Querschnitte der Fibrillenzüge meist als eine doppelt contourirte erscheint. Ich glaube aber, dass dieser Befund sich genügend erklärt aus dem Umstande, dass die Zellen mit ihren Platten direct auf den Fibrillenzügen aufliegen, namentlich wenn man dazu nimmt, dass die Platten sich wahrscheinlich nach beiden Seiten hin noch fortsetzen in dem Sinne, wie Grünhagen es zuerst beschrieben hat; so glaube ich dass die Annahme besonderer Scheiden überflüssig wird. Diese Ansicht ist auch schon von Bruce¹⁾ ausgesprochen worden.

Wenn man annimmt, dass die Bündel der Sehne in späterer Zeit untereinander verschmelzen, so wäre es denkbar, dass jene seitlichen Fortsätze früher auch einmal Platten von Zellen dargestellt hätten, die durch den Druck der sich gegenseitig abplattenden Bündel einer regressiven Metamorphose anheimgefallen wären, um bei weiterer Verwachsung selbst zu verschwinden. Hierfür spricht noch ein Umstand, den ich erwähnen muss. Bringt man nehmlich eine

¹⁾ l. c.

Fingersehne vom Frosch durch irgend welche Mittel zur Quellung, so ist diese, abgesehen von den umschürenden Ringen, die von der sich zurückziehenden äusseren Scheide herrühren, eine ganz verschiedene und zwar quellen jene Stellen, welche die endothelialen Zellen enthalten, fast gar nicht, die übrigen dagegen sehr beträchtlich. Es wäre dies dann so zu deuten, dass an den letzteren Stellen mit der Existenz einzelner Bündel auch die dieselben umgebenden und zusammenhaltenden Zellhäute geschwunden wären, die bei den jüngeren Stadien der Quellung ein Hinderniss in den Weg gelegt hätten.

Endlich finden sich auf dem Querschnitt sehr häufig noch kleine glänzende Punkte, viel kleiner als die oben beschriebenen kleinen Kreise, die dem Querschnitt der spindelförmigen Lücken zu entsprechen scheinen, aber grösser als der Querschnitt einer Fibrille sein kann; sie dürften häufig elastischen Fasern entsprechen, gewiss aber sind viele von ihnen bei den Froschsehnern als Querschnitte der Kalkstäbchen zu betrachten, vorausgesetzt, dass zum Präparate keine Säure zugesetzt war.

Wenn ich nun die Befunde, wie sie sich bei den verschiedenen Präparationsmethoden ergeben haben, zusammenfasse, so glaube ich, dass sich für den Gesamtbau der Sehne und speciell der Fingersehnern des Frosches folgende Verhältnisse ableiten lassen: Die letztgenannten Sehnern stellen dasjenige dar, was ich mit vielen, wenn auch nicht mit allen Bearbeitern dieses Gegenstandes als secundäres Sehnernbündel bezeichnen möchte. Dasselbe ist umgeben von einer Scheide, die viele elastische Fasern enthält und ein zusammenhängendes Endothellager. Dass es von Lymphe umspült wird, darin stimme ich, nach dem, was ich an den Sehnern im Gastrocnemius gesehen habe, mit Ludwig und Schweigger-Seidel, Löwe, Axel Key und Retzius u. A. überein. Im Innern dieser secundären Sehnernbündel findet sich nichts von Blut- oder Lymphgefässen. Ludwig und Schweigger-Seidel und Herzog weisen die Existenz von Lymphgefässen nicht ganz von der Hand; ich glaube jedoch, jene kreisrunde Figuren für erweiterte Saftlücken halten zu müssen; der Säftestrom geht also hier nur in einem System von Lücken. Dass es sich wirklich um solche handelt, dafür spricht einmal der Umstand, dass sie bei schonenden Präparationsmethoden schon als solche erkannt werden können, so

namentlich beim Einlegen der Sehne in eine 1 procentige Eisen-vitriollösung, sodann aber und vornehmlich die Möglichkeit, dieselben zu füllen auf eine Weise, die jede gewaltsame Bildung von Räumen ausschliesst: durch die continuirliche Infusion von Indigocarmin.

Die feinsten dieser Lücken findet der Gewebssaft zwischen den Fibrillen. Von diesen sind keine weiteren Besonderheiten zu erwähnen. Ein anderer Theil dieser Saftlücken ist grösser und kann als interfasciculär bezeichnet werden; jedoch sind diese Fascikel nur an beschränkten Stellen runde Stränge, die als primäre Bündel zu bezeichnen sind und hier wahrscheinlich ringsum von Lymphe umspült, obwohl ich die hierfür beweisenden Bilder bei der Indigocarmininfusion nicht erhalten habe. Das Verhältniss des begrenzenden Gewebes zu anderen Räumen ist ein derartiges, dass ersteres nur in sofern an einen fasciculären Bau erinnert, als es in gewölbten Zügen gegen das Lumen des Raumes vorspringt, so dass letzterer einen sternförmigen Querschnitt erhält. Bei der letzten Art dieser Lücken kann überhaupt nicht mehr von der Begrenzung von Fascikeln geredet werden, sondern ihre spindelförmige Gestalt ist einfach dadurch bedingt, dass die Fibrillen auseinanderweichen und sich wieder vereinigen.

Die verschiedenen Formen von Lücken sind bei gewissen Sehnen, wie den Fingerschollen, im Allgemeinen an bestimmte Strecken gebunden.

In allen diesen Lücken berührt jedoch der Gewebssaft nicht direct die fibrilläre Grundsubstanz, sondern ist von derselben getrennt entweder durch eine Schicht von Zellen, die in hohem Maasse den einfachen Endothelzellen gleichen oder von Gebilden, die als Derivate oder Reste dieser Zellen aufzufassen sind. Wo diese Zellen mit allen ihren charakteristischen Eigenschaften vorhanden sind, bleibt zwischen ihnen ein System von sogenannten Kittleisten, die ebenfalls vom Säftestrom passirt werden und eine Verbindung darstellen zwischen den grösseren Saftlücken und den Interfibrillarräumen.

In der Grundsubstanz sind ausser Fibrillen und Kitt noch elastische Fasern in wechselnder Menge enthalten, die sich immer auf grosse Strecken hinziehen und endlich bei den Fröschen charakteristisch geformte Kalkstäbchen, ebenfalls in sehr wechselnder

Menge; hinsichtlich ihrer Lage bleibt noch die Frage offen, ob sie den Fibrillen oder der Kittsubstanz angehören.

Für den verschiedenartigen Bau der Sehnen kann man eine Erklärung finden, die allerdings nur den Charakter einer Hypothese haben kann, so lange sie nicht durch genaue entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen gestützt ist, wenn man sich vorstellt, dass zu einer früheren Zeit die Sehne durchaus aus gesonderten Bündeln besteht, die von einer aus Endothelzellen gebildeten Membran umscheidet sind, dass aber in späterer Zeit durch vielfache Verwachsung der einzelnen Bündel untereinander, vielleicht auch durch Abschnürung von der Oberfläche der Bündel nach dem Innern derselben, die Lücken zwischen denselben immer kleiner werden bis sie einfach spindelförmig geworden sind. Die ursprünglichen Endothelzellen würden bei diesen Verwachsungen regressiven Metamorphosen unterworfen sein.

Die in dieser Arbeit durchgeführte Auffassung vom Baue der Sehne steht im Einklange mit der durch zahlreiche neuere Untersuchungen immer sicherer gestützten Idee von der Identität sämtlicher Gewebe der Bindesubstanzen, deren Bau immer mehr als im Principe gleich und nur durch locale und secundäre Bedingungen verschieden erkannt wird.

Heidelberg, Ostern 1878.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel III.

- Fig. 1. Querschnitt durch einen Theil einer Sehne im Gastrocnemius des Frosches. Indigcarmininfusion. Man sieht die Lymphräume um das secundäre Sehnenbündel gefüllt; im Innern desselben die sternförmigen Figuren des Sehnenquerschnitts, ausserdem grössere und kleinere Punkte, von denen die ersteren wahrscheinlich dem Querschnitt der spindelförmigen Räume entsprechen, die letzteren interfibrillär gelegen sind. Vergrösserung = 95.
- Fig. 2. Querschnitt einer Fingersehne vom Frosch, durch längeres Liegen in Glycerin entfaltet. Nach oben zwei Donders'sche Bänder. Die Bündel sind theils gesondert, theils derart verschmolzen, dass zwischen ihnen sternförmige Lücken übrig bleiben. Die Kerne liegen überall dicht den Bündeln an. Vergrösserung = 95.
- Fig. 3. Fingersehne vom Frosch. Färbung der Kittleisten zwischen den Endothelien der Sehne durch Turnbull's Blue. Vergrösserung = 155.

- Fig. 4. Ligamentum cruciatum vom Kniegelenk des Frosches. Indigearmininfusion. Unten rechts erkennt man die Contouren der Zellen, deren Kernkörperchen sehr deutlich sind. Die Abscheidung von Indigearmin ist in ganz ähnlichen Linien erfolgt, nemlich in den Kittleisten zwischen den Endothelien. Auch in den von letzteren umrahmten Feldern treten an einzelnen Stellen sehr deutlich Kernkörperchen hervor. Vergrößerung = 155.
- Fig. 5. Sehne aus der hinteren Unterschenkelmusculatur des Frosches. Längsschnitt. Indigearmininfusion. Man erkennt die spindelförmigen Lücken, mit dem Farbstoff gefüllt. Dieselben anastomosiren theilweise unter einander in der Längsrichtung. Ausserdem sieht man feine, interfibrilläre Abscheidungen. Vergrößerung = 155.
- Fig. 6. Zellen aus einer Fingersehne des Frosches aus einem zerzupften Goldpräparate. Dieselben bestehen aus einer hyalinen basalen Platte mit darauf liegendem Protoplasma und Kern mit Kernkörperchen. Bei der nach rechts gelegenen Zelle erstreckt sich das Protoplasma über die Platte hinaus. Vergrößerung = 600.
- Fig. 7. Fingersehne vom Frosch. Eisenvitriolpräparat. Man sieht die Reihen und Complexe der platten, endothelialen Zellen, die theils scharf abschneiden, theils spitz zulaufen; ferner die spindelförmigen Räume, die an einer Stelle mit den von den erstgenannten Zellen ausgekleideten anastomosiren. In einer dieser Lücken liegt der Kern wandständig. Endlich erkennt man die Kalkstäbchen, die unregelmässig im Gewebe vertheilt sind. Dieselben sind ein wenig zu breit gezeichnet. Vergrößerung = 452.

