

## XV.

**Experimentelle Untersuchung über die  
Regeneration des Sehnengewebes.**

(Gekrönte Preisschrift.)

(Aus dem Pathologischen Institut zu Greifswald.)

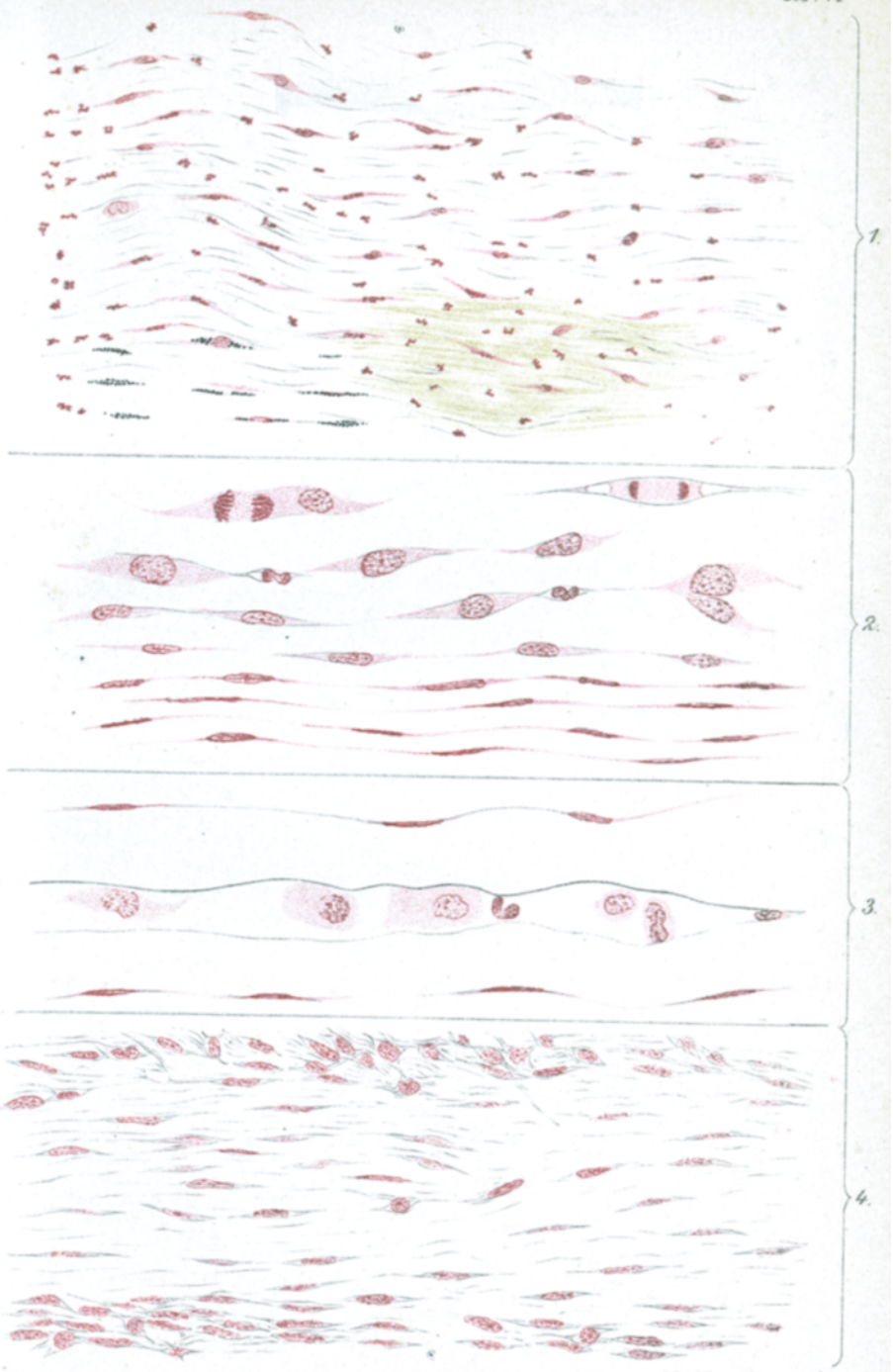
Von Dr. Wilhelm Viering aus Hamm.

(Hierzu Taf. VI.)

So zahlreich auch die Abhandlungen sind, die sich mit der Frage nach den feineren Vorgängen bei der Entzündung und der Regeneration der Sehnen beschäftigen, und obgleich die letzte Veröffentlichung dieser Art<sup>1)</sup> bis jetzt unwidersprochen geblieben ist, obwohl bereits 9 Jahre seit ihrem Erscheinen verflossen sind, so habe ich doch nicht die Ueberzeugung gewinnen können, dass die Angelegenheit definitiv ihre Erledigung gefunden hätte. Im Gegentheil haben eigene Untersuchungen, die ich im pathologischen Institut zu Greifswald anstellen konnte, mir bewiesen, dass die bisherigen Angaben entweder ungenau oder unzuverlässig, oder aber nicht erschöpfend sind, und dass es noch eingehender Untersuchungen bedarf, ehe man mit den in dieser Frage gemachten Erfahrungen als mit feststehenden Thatsachen rechnen darf.

Ein Ueberblick über den Entwicklungsgang, welchen die Kenntniss der Structur der normalen Sehnen genommen, lässt uns den Grund erkennen, warum die bisherigen Untersuchungen ziemlich resultatlos verlaufen mussten. Letztere liefen parallel mit denen über den histologischen Bau der Sehne einher und setzten schon ein, als man noch die primitivsten Vorstellungen über die Zusammensetzung des straffen Bindegewebes und des Bindegewebes überhaupt hegte. Erst die letzten Untersuchungen

<sup>1)</sup> Beltzow, Untersuchungen über Entwicklung und Regeneration der Sehnen. M. Schultze's Archiv Bd. 22.



Ranvier's<sup>1)</sup> brachten die Frage nach der Histologie der Sehne zu einem vorläufigen Abschluss, doch habe ich Grund anzunehmen, dass auch diese Frage noch der definitiven Erledigung harret, und es wäre ein Verdienst der nachstehenden Arbeit, wenn sie weitere Beobachtungen auf diesem Gebiete anregen sollte.

Eine Zusammenstellung der ersten Untersuchungen über die feineren Vorgänge bei der Heilung von Sehnenwunden hat seiner Zeit Dembowski<sup>2)</sup> gegeben und ich bin gezwungen, seine Zusammenstellung hier auszugsweise wiederzugeben, weil mir ein Theil der von ihm citirten Literatur nicht zugänglich war.

Er beginnt mit v. Ammon<sup>3)</sup>, welcher seine Versuche an 5 Pferden und 3 Kaninchen anstellte, und sich zu folgenden Schlüssen über das Wesen des Verwachsungsprozesses berechtigt fühlte: 1) Der zwischen den beiden Sehnenenden entstandene Zwischenraum füllt sich mit Blut aus, welches aus dem oberen Sehnenende stärker hervorquillt, als aus dem unteren; 2) das Blut coagulirt und geht eine innige Verbindung mit allen benachbarten Theilen, besonders aber mit den Wunden der Sehnen ein; 3) es „schwitzt“ plastische Lymphe aus den Sehnenwunden theils unter dem geronnenen Blute, theils aus den benachbarten Theilen aus; 4) in dieser Lymphe entstehen durch deren organische Verdichtung pyramiden- und fadenförmige weisse Gebilde, die ersten Spuren des neuen „tendinösen“ Stoffes; 5) diese Gebilde pflegen von beiden Enden der zerschnittenen Sehne auszugehen, um sich alsdann zu vereinigen; 6) ist diese Vereinigung vor sich gegangen, so wächst die schon elastische Masse, indem sich die bis jetzt noch pulpösen Theile consolidiren, und man sieht nun an der Stelle der halbdurchsichtigen lymphatischen Masse ein der Sehne sehr ähnliches Gewebe.

Bonvier<sup>4)</sup> schliesst aus seinen und den Beobachtungen anderer: 1) Die Zwischensubstanz wird von dem benachbarten Zell-

<sup>1)</sup> Ranvier, Nouvelles Recherches sur la structure et le developpement des tendons.

<sup>2)</sup> Ueber den physiologischen Heilungsvorgang nach subcutaner Tenotomie der Achillessehne. Inaug.-Dissert. Göttingen 1869.

<sup>3)</sup> v. Ammon, De phys. tenotomiae.

<sup>4)</sup> Méd. opératoire. Tome V. 546.

gewebe gebildet. Die Zellscheibe der Sehne wird in einen Kanal mit an einander liegenden Wänden verwandelt und geht schliesslich in einen festen fibrösen Strang über. 2) Der Erguss eines plastischen Stoffes zwischen die beiden Sehnenenden bildet nicht die Grundlage des neuen fibrösen Stranges. 3) Es wird in dem Verwachsungsprozess der Sehne kein anderer organischer Stoff geschaffen, als derjenige, welcher in der Substanz selbst oder von den Flächen der Scheide erzeugt wird, und diese giebt ihm, indem ihre Ernährung modificirt wird, eine neue Organisation. Das Blut, welches nur einmal in der Scheide gefunden worden ist, zeigt keine Spur einer Organisation.

Velpeau<sup>1)</sup> stützt seine Ansicht nur auf Versuche an Kranken, die an einer Zerreissung der Achillessehne litten. Aus denselben schloss er: Die Vereinigung der Sehnen geschieht fast ganz so, wie die der Knochen, indem sich ebenfalls ein dem (Duhamel- oder Dupuytren'schen) Callusringe ähnlicher Knorpel um die durchschnittene Stelle bildet; auch glaubt Velpeau an eine Heilung der durchschnittenen Sehnen per primam intentionem, wobei die Sehne weder sich verlängert, noch mit der Umgebung verwächst. Die Ergiessung von Blut und „plastischer Lymphe“ zwischen die Sehnenenden betrachtet er als eine zufällige, keineswegs aber nothwendige Erscheinung im Verwachsungsprozesse. Er lässt die Sehnenscheide die wichtigste Rolle spielen, indem er annimmt, dass die „Zellscheide“ der Sehne nachgiebt, sich verlängert und sich in einen platten Kanal verwandelt, welcher in der Mitte wie zusammengeschnürt erscheint. Durch vermehrten Zufluss wird auch die Ernährung in demselben gesteigert; gleichzeitig schwillt der „Zellstoff“ jedes Sehnenendes an, verdickt sich, während der Kanal allmählich verschwindet; jedes Sehnenende bildet einen Kegel. Die Zwischensubstanz wird schliesslich zu einem Strange, der mitunter in der Mitte zusammengeschnürt und an beiden Enden höckerig ist.

Pirogoff<sup>2)</sup>, der über den Heilungsvorgang nach subcutaner Tenotomie nach Dembowski's Meinung die meisten und sorg-

<sup>1)</sup> Méd. opérat. 548.

<sup>2)</sup> Ueber die Durchschneidung der Achillessehne als operativ-orthopädisches Heilmittel. Dorpat 1840.

fältigsten Beobachtungen anstellte, hat die Entdeckung gemacht, dass eine grosse Verschiedenheit in dem Verwachsungsprozesse der Sehne sich bemerkbar mache, je nachdem man dieselbe mit oder ohne Bluterguss in die Sehnenscheide durchschnitten hat. Aus einem Vergleich, den er zwischen den beiden Arten des Verwachsungsprozesses anstellt, ergeben sich folgende Unterschiede: 1) Nach der Durchschneidung der Sehne mit Bluterguss bildet die Zwischensubstanz ein wirkliches Narbengewebe und nicht, wie man es falsch angegeben hat, ein Sehnengewebe; in der zweiten Art dagegen bleibt das Interstitium leer und wird nur durch eine leichte Verdickung der Sehnenscheide ersetzt. 2) In der ersten Art ist das durch die Zwischensubstanz ausgefüllte Interstitium gering und von der Dicke der alten Sehne, während in der zweiten Art die Entfernung der Sehnenenden von einander eine sehr grosse, das Interstitium dünn und zellig ist und die Sehnenenden knollig angeschwollen sind. 3) In der ersten Art ist, trotz der Verlängerung der Sehne durch eine Zwischensubstanz, die Function des Gliedes nach einigen Monaten fast ganz, nach längerer Zeit vollständig hergestellt; in der zweiten Art dagegen bleibt die Extension des Gliedes für immer unmöglich, indem der Fuss in einer fortwährenden Flexion sich befindet, und die Entfernung der Sehnenenden immer grösser wird.

In Betreff der Frage, ob mehr die Sehnenscheide oder die Sehnenenden an der Bildung der neuen Substanz Antheil nehmen, schliesst Pirogoff folgendermaassen: Wenn wir an den Thatsachen festhalten, dass 1) die Sehnenscheide in der ersten Art des Verwachsungsprozesses viel eher eine Verdickung erleidet, als die Sehnenenden, die fast bis zum Ende des Prozesses im normalen Zustande verbleiben; 2) dass in der zweiten Art des Verwachsungsprozesses, ungeachtet die Bildung der Zwischensubstanz gar nicht zu Stande kommt, die Sehnenenden doch knollenartig verdickt und die Sehnenfasern mit den plastischen Ablagerungen vermischt erscheinen, dann, sagt er, können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass, obgleich beide Organe in der Bildung der Zwischensubstanz thätig sind, doch die Sehnenscheide einen grösseren Antheil daran nehme, als die Sehnenenden. So lange die Sehnenscheide nach der Tenotomie

leer bleibt, so lange das ergossene Blut dieselbe nicht zu einer hinreichenden plastischen Thätigkeit anregt oder ihr kein hinreichendes Material zur Bildung des plastischen Stoffes darbietet, so lange concentrirt sich die Ablagerung dieses Stoffes nur an den Sehnenenden und zwischen den Sehnenfasern; das Interstitium bleibt dagegen immer leer, möge man dasselbe auch durch Extension des Fusses und Anlegung des Contentivverbandes auf ein Minimum reduciren.

Was also die Wirkung des in die Sehnenscheide ergossenen Blutes anbetrifft, ist Pirogoff der Ansicht, dass dasselbe als ein sanfter Reiz zur Erregung der plastischen Thätigkeit in den nahe liegenden Gebilden wirke und ausserdem ein Material abgebe, aus welchem die neue Zwischensubstanz durch eine organische Metamorphose gebildet werde.

Zum Schluss erwähnt Dembowski noch die Beobachtungen Körner's<sup>1)</sup>. Derselbe hält die Erhaltung der Sehnenscheide nicht absolut für nothwendig für das Zustandekommen der neuen Substanz, welche den Zwischenraum zwischen den beiden Sehnenenden ausfüllt, wiewohl er zugiebt, dass bei Schonung der Scheide das Narbengewebe weniger mit den Nachbartheilen verwächst und daher fast gar keine Functionsstörungen eintreten. Er stützt seine Ansicht namentlich auf drei an Kaninchen angestellte Versuche. Einmal schnitt er einem Kaninchen ein ringförmiges Stück aus der Sehnenscheide fort, nachdem er zuvor die Haut und die Scheide der Achillessehne durch einen Längsschnitt gespalten und dann die Tenotomie ausgeführt hatte. Ein anderes Experiment machte er zweimal, zu verschiedener Zeit an einem anderen Kaninchen. Nachdem er nur die Haut über der Achillessehne durch einen Längsschnitt gespalten und die Sehnenscheide freigelegt hatte, exstirpirte er aus der letzteren ein ziemlich grosses, ovales Stück und durchschnitt dann erst die Sehne. In allen Fällen heilte die gleich nach der Operation sorgfältig vereinigte Wunde sehr gut. Die anatomische Untersuchung wurde am 4., bezw. 7. und 9. Tage nach der Operation vorgenommen und ergab, dass die Heilung ganz in derselben

<sup>1)</sup> Physiologische Streitfragen über den Heilungsprozess nach der Subcutanealtenotomie. Walther's und Ammon's Journal. I. 2.

Weise vor sich ging, wie nach subcutaner Tenotomie, bei welcher nur ein Einstich in die Haut und die Sehnenscheide gemacht wird.

Dembowski<sup>1)</sup> war der erste, welcher sich die Aufgabe stellte, die localen histologischen Veränderungen zu den verschiedensten Zeiten, von einigen Stunden nach der Operation an, bis zur vollkommen ausgebildeten Narbe genau zu verfolgen. Zu diesem Zwecke machte er etwa 50 Tenotomien an Kaninchen und untersuchte die Narbe an Längs- und Querschnitten. Er richtete bei seinen Untersuchungen sein Hauptaugenmerk darauf, die Beobachtungen Pirogoff's zu controliren, den Antheil der Sehnenscheide und den Einfluss des Blutextravasates auf den Vernarbungsprozess festzustellen.

Er kommt zu folgenden Schlüssen:

1) Die Bildung der Narbe geht von der Sehnenscheide und daneben auch von dem intertendinösen Gewebe aus, indem aus den Gefässen dieser Gewebe farblose Blutkörperchen auswandern, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit als die Grundlage der neuen Substanz zu betrachten sind. 2) Es sind zwei Arten des Verwachsungsprozesses zu unterscheiden, je nachdem Blutextravasat in der Sehnenscheide vorhanden ist oder nicht. Im ersteren Falle geht eine Zellenwucherung sowohl von der Sehnenscheide, als auch von dem intertendinösen Gewebe der Sehnenstümpfe aus; das Interstitium zwischen den Sehnenenden bleibt gering: die Function des Gliedes wird fast gar nicht beeinträchtigt. Im zweiten Falle bleibt die Sehnenscheide leer; es tritt nur eine Umnarbung der Sehnenenden ein durch ein Gewebe, welches seine Matrix in dem intertendinösen Gewebe und in der unmittelbar der Sehne aufliegenden Hülle hat. Das Interstitium wird sehr beträchtlich; die Function des Gliedes wird sehr beeinträchtigt. 3) Die Anwesenheit eines Blutextravasates in der Sehnenscheide ist insofern von Wichtigkeit, als es eine Entzündung hervorruft, die ihrerseits den Austritt farbloser Blutkörperchen bedingt. Das Blutextravasat wird allmählich resorbirt. Ein Material zur Bildung der neuen Substanz wird durch dasselbe

<sup>1)</sup> Ueber den physiologischen Heilungsvorgang nach subcutaner Tenotomie der Achillessehne. Königsberg 1869.

nicht gegeben. 4) Es findet eine Organisation des Blutgerinnsels statt, und zwar geht diese in ähnlicher Weise vor sich, wie die Organisation des Gefäßthrombus. 5) Die Heilung einer subcutan durchschnittenen Achillessehne kann nie per primam intentionem erfolgen, da die Retraction des oberen Stückes immer eine so beträchtliche ist, dass selbst bei stärkster Streckung des Fusses eine genauere Berührung der Wundfläche der Sehne niemals erzielt werden kann.“

Es ist einigermaassen auffallend, dass Dembowski die Untersuchungen Billroth's<sup>1)</sup>, die denen Pirogoff's an Genauigkeit mindestens gleichkommen, unberücksichtigt lässt. Billroth hat Sehnendurchschneidungen mit und ohne Verletzung der Haut an Kaninchen gemacht, sowie auch dünne Fäden durch die Sehnen hindurchgezogen, wobei es ihm hauptsächlich darauf ankam, die Quelle für die Zellenneubildung aufzufinden. Er fand nach diesen Verletzungen bei den Kaninchen einen wesentlichen Unterschied von den Erscheinungen beim Menschen darin, dass bei offenen Sehnenwunden durchaus keine Neigung zu Sehnenscheidenentzündungen besteht, und dass die Sehnen sich nicht so ausgedehnt abstossen, sondern „die Enden sich sehr leicht und rasch durch interstitielle Zellenneubildung mit dem ebenfalls metamorphosirten Bindegewebe der nächsten Umgebung und des Zwischenraumes zwischen beiden Enden vereinigen, so dass diese z. B. schon am 6. Tage mit dem sich bildenden Narbenzwischengewebe ohne Eiterung so vereinigt waren, dass man ein neues Sehnenstück regenerirt glauben konnte“. Er meint: „Wenn dergleichen Vereinigungen von Sehnenwunden subcutan ja beim Menschen auch Regel sind, so ist es doch höchst eigenthümlich, dass sie bei gleichzeitiger Durchschneidung der Haut bei Kaninchen ebenso leicht, ja fast noch sicherer zu Stande kommen, als wenn die Trennung subcutan geschehen wäre; in letzterem Falle hindert nemlich das sich unter der Haut bildende Blutextravasat häufig die rasche Heilung, da die Resorption des letzteren doch immer längere Zeit in Anspruch nimmt.“ Das Facit aus seinen Untersuchungen zieht Billroth in dem Satze: „Aus den Experimenten ergab es sich deutlich, dass das lockere Zellgewebe

<sup>1)</sup> Beiträge zur pathologischen Histologie. Berlin 1858. S. 37 u. ff.



zwischen den Bündeln zumeist die Quelle der ersten nur spärlich auftretenden Zellbildung ist, so dass die beschriebenen Vorgänge (der Sehnenvernarbung) mehr das Bild einer chronischen, als acuten parenchymatösen Entzündung darstellen, wobei jedoch immer noch Eiterzellen durch Metamorphosen von präexistirenden Zellen und Zellenresten gebildet werden.“

Gleichzeitig mit der Dissertation Dembowski's war eine denselben Gegenstand betreffende Schrift Bizzozero's<sup>1)</sup> erschienen, nachdem derselbe bereits früher Untersuchungen über die Entwicklungsphasen des Bindegewebes, die bei der Sehnenvernarbung in Betracht kommen, angestellt und bekannt gemacht hatte. Er beschreibt genauer 8 an Fröschen und Kaninchen ausgeführte Versuche, wo die mikroskopische Untersuchung in sehr verschiedenen Zeitpunkten nach stattgehabter Tenotomie vorgenommen wurde, und zieht daraus folgende Schlüsse: 1) Unmittelbar nach erfolgter Sehnedurchschneidung zieht sich das mit dem Muskelbauche in Verbindung stehende Sehnenende zurück und es entsteht ein Hohlraum, der von dem umgebenden Gewebe ausgefüllt wird. 2) In dem durch Retraction der Sehne entstandenen Hohlraum häufen sich Massen contractiler Zellen an, die dem umgebenden Zellgewebe entstammen. Die Mehrzahl dieser Zellen kommt aus dem schlaffen Zellgewebe, welches die Sehnenstümpfe umspinnt, ein kleiner Theil derselben entstammt der Bindegewebsscheide um jene Sehnenstümpfe, endlich sind auch sehr wenige dem zwischen den Sehnenfaserbündeln befindlichen Zellgewebe entsprungen. 3) Die contractilen Zellen stecken alsbald in einer amorphen Grundsubstanz, welche häufig Mucinreaction darbietet. 4) In dem während der Operation extravasirten Blute liess sich niemals eine Vermehrung der farblosen Blutkörperchen wahrnehmen, die nach mehreren Beobachtungen das Material zur Erzeugung der neuen Sehnensubstanz liefern sollen. Wenn daher auch eine Mitbetheiligung des extravasirten Blutes an dem Wiederersatz nicht ganz abgeleugnet werden darf, so muss doch der Beitrag desselben zum mindesten ungemein niedrig angeschlagen werden. 5) Die Enden der durch-

<sup>1)</sup> Bizzozero, Ann. univers. 203. 1868. Referat in Schmidt's Jahrbüchern. Bd. 140.

schnittenen Sehne betheiligen sich nicht an dem Wiederersatz. Wenn die spindelförmigen Zellen an diesen Enden zahlreicher und grösser sind, so darf dies wohl nur als der Anfang einer parenchymatösen Entzündung gelten, die durch den Schnitt hervorgerufen wurde. 6) Die contractilen Zellen zwischen den Sehnenenden dienen verschiedenen Zwecken. Ein Theil derselben verlängert sich und wird spindelförmig, diese vereinigen sich zu Strängen, verlieren ihr Protoplasma und wandeln sich zu Blutgefässen um, die zuerst in grosser Menge im neuen Bindegewebe vorhanden sind. Alle übrigen werden spindelförmig und zeigen ein gekörntes Aussehen; es entwickelt sich in ihnen ein Kern mit einem grossen Kernkörperchen, und sie lassen alle Charaktere erwachsener Bindegewebszellen wahrnehmen. 7) Gleichzeitig wird die bisher homogene Grundsubstanz gefasert, die Fasern aber folgen der Richtung der Zellen und bekommen allmählich gleiche Richtung mit den Fasern der früheren Sehne. Der solchergestalt sich bildende Strang, welcher die beiden Sehnenenden verbindet, ist dicker als diese und halbdurchscheinend. 8) Bei fortschreitender Entwicklung zum Sehnengewebe erlangen die Faserbündel das entschiedene Uebergewicht. Die der Länge nach zwischen den Bündeln verlaufenden Zellen bestehen nur noch aus einem sparsamen Protoplasma, worin manchmal viele Fettkörnchen vorkommen. Auf Querschnitten sind die Faserbündel bereits zu grösseren Bündeln 2. und 3. Ordnung vereinigt. Die Blutgefässe atrophiren und durch ihr enges Lumen können die Blutkörperchen nicht mehr hindurch. Der die beiden Sehnen verbindende Strang erscheint somit, als Narbengewebe, fester, weisser und feiner, und zuletzt unterscheidet er sich von der alten Sehnensubstanz nur durch den geringeren Glanz und durch den Mangel der zierlichen Querstreifen. Unter dem Mikroskop unterscheiden sich altes und neues Sehnengewebe nur noch darin, dass im letzteren mehr Zellen vorhanden sind, und dass die Bindegewebsbündel nicht gleich gedrängt und regelmässig erscheinen.

Mit Paul Güterbock gerieth die Frage nach den feineren Vorgängen bei der Heilung von Sehnenwunden in ein anderes Fahrwasser, indem nun eine Reihe von Forschern die Reactionsfähigkeit der Sehne selbst, Reizen gegenüber, und besonders die

Veränderungen der Sehnenzellen bei der Entzündung dadurch festzustellen suchte, dass man Fäden oder Metallstifte durch Sehnen zog und letztere 2—48 Stunden nach der Operation untersuchte. Güterbock<sup>1)</sup> fand 2 Stunden nachdem ein Faden durchgezogen, abgesehen von den unmittelbaren Wirkungen des Fremdkörpers wenig Veränderungen. Die reihenweise Anordnung der zelligen Elemente war auch dann noch nicht zerstört, wenn er die Thiere 5—7 Stunden nach der Verletzung opferte. Um diese Zeit aber sah er, dass die Zellen noch innerhalb des interfibrillären Raumes stark aufgebläht und an ihrer Oberfläche Ausbuchtungen und Vertiefungen zu Tage getreten waren, dass man sie mit einer Brombeere vergleichen konnte. Auch constatirte er, dass die Aufblähung der Zellen unter Mitwirkung ihrer Kerne zu Stande kommt, da er bei starken Vergrößerungen eine Verdoppelung und Verdreifachung der letzteren wahrnahm, wobei das Protoplasma eine körnige Beschaffenheit erhielt. Güterbock hält es deshalb für sehr wahrscheinlich, dass die Betheiligung der eigentlichen Sehnenzellen an den Proliferationsvorgängen eine sehr erhebliche ist, indem er annimmt, dass die noch reihenweise angeordneten Zellen Uebergangsformen zu jenen darstellen, die an den Orten ungeordneter und massenhafter Zellenanhäufung getroffen werden und sich „augenscheinlich in einem vorgerückteren Furchungsstadium befinden“. Trotzdem schliesst er es nicht aus, dass auch das lockere Zellgewebe zwischen den Sehnenbündeln einen erheblichen Beitrag an der Proliferation liefert, doch hält er es, je weiter man sich vom Beginne der Entzündung entfernt, für um so schwieriger, diese beiden verschiedenen Factoren des Proliferationsprozesses zu trennen.

Diese Untersuchungen regten Güterbock zu neuen an, die er im folgenden Jahre unter dem Titel „Ueber die feineren Vorgänge bei der Heilung per primam intentionem an der Sehne“<sup>2)</sup> veröffentlichte. Auf Grund derselben kam er zu den mit dem Titel der Schrift sehr wenig harmonirenden Resultat, dass eine wahre Heilung per primam Sehnengewebe (nach theilweiser

<sup>1)</sup> Untersuchungen über Sehnentzündung. Wiener med. Jahrbücher. 1871.

<sup>2)</sup> Dieses Archiv Bd. 56.

Durchschneidung der Sehne) im histologischen Sinne nicht Statt hat, und dass das eigentliche Sehnengewebe so gut wie gar keinen Antheil an derselben nimmt, weil ein solcher einfacher Einschnitt nicht ausreicht, „um diejenigen Veränderungen der Sehnenelemente zu erzeugen, welche unseren Vorstellungen über Sehnentzündung entsprechen“.

In derselben Weise wie Güterbock stellte A. Spina<sup>1)</sup> seine Untersuchungen an, kam dabei aber zu so eigenthümlichen Resultaten, dass man nicht beurtheilen kann, wo bei ihm die Beobachtung aufhört und wo die Speculation beginnt. Er will gesehen haben, dass die in Folge des Reizes geschwellte Zellreihe, oder, wie er es nennt, das geschwellte Band, die Farbe rother Blutkörperchen annimmt und sich in gelbröthliche Stäbchen von cylindrischer oder prismatischer Form differenzirt, „deren Dickendurchmesser mehr oder weniger dem Durchmesser eines rothen Blutkörperchens entspricht“. Dann will er beobachtet haben, dass „die gefärbten Zellreihen und Bänder sich in unregelmässige Gebilde theilen, welche unter Undeutlichwerden der Kerne sich runden, den rothen Blutkörperchen immer ähnlicher werden, bis sie endlich in Allem mit ihnen übereinstimmen“. Zum Ueberfluss hat er noch gesehen, wie diese Gebilde sowohl die Form von integren, als auch die von stechapfelförmigen Blutkörperchen annehmen können, doch konnte er nicht entscheiden, „ob die Stechapfelformen aus Zellen mit Fortsätzen entstehen, oder ob dieselben sich vielleicht unter denselben Bedingungen, wie in Blutpräparaten bilden“.

Ich habe die Beobachtungen Spina's angeführt, nicht weil sie mir besondere Beachtung zu verdienen scheinen, sondern um an einem besonders eclatanten Beispiele darzulegen, wie widersprechend bisher die Meinungen über die feineren Vorgänge bei der Heilung von Sehnenwunden sind, und wie überraschend manchmal die Resultate der in dieser Hinsicht angestellten Untersuchungen.

<sup>1)</sup> Ueber das Vorkommen neugebildeter Formelemente in entzündeten Sehnen. Wiener med. Jahrb. 1876 und Untersuchungen über die Veränderungen der Zellen in entzündeten Sehnen. Wiener med. Jahrb. 1877.

Der Franzose V. Feltz<sup>1)</sup> führte Eisendrähte in einer Entfernung von 5—6 mm von einander durch die Sehnen und untersuchte nach 24 und mehr Stunden. „La première modification, sagt er, que l'on saisisse, au microscope, dans les tendons irrités par les anses métalliques, consiste en un gonflement des éléments cellulaires interfasciculaires, et en une alteration de leur protoplasma, qui devient plus grenu, plus trouble qu'il n'est à l'état normal. De cet épaissement des corps cellulaires résultent de véritables déformations moniliformes ou variqueuses, si bien que l'espèce de bandelette plate primitive, empiète en beaucoup de points sur les fascicules tendineux. Les intersections cellulaires deviennent aussi à ce moment moins apparents, de telle sorte qu'il semble s'établir une fusion entre le protoplasma de deux ou de plusieurs cellules superposées; les noyaux sont moins distincts, probablement à cause du gonflement et des changements moléculaires survenus dans le protoplasma cellulaire. A ce stade initial du processus inflammatoire, que j'appellerai l'hypertrophie du protoplasma, succède la multiplication des noyaux, qui s'opère, soit par segmentation du protoplasma modifié, soit par divisions des noyaux primitifs, soit plutôt par genèse directe.“ Dann sah er zu einem gewissen Zeitpunkte die Sehnenfasern völlig von neugebildeten Kernen umgeben und von ihnen wie von einer isolirenden Scheide eingehüllt. Diesen letzteren Befund erklärt er entweder dadurch entstanden, dass die Zellen geplatzt und ihre Kerne zwischen die Fasern ausgetreten seien, oder dadurch, dass die Zellenfortsätze an den Veränderungen sich gleichfalls beteiligen. Das weitere Schicksal der Kerne anbetreffend lässt er zwei Möglichkeiten zu: entweder können sie das Centrum der spindelförmigen, das Narbengewebe aufbauenden Zellen werden, oder sie unterliegen einer fettigen Degeneration, oder aber sie wandeln sich in Eiterzellen um, wobei auch die Sehnenfasern stets zu Grunde gehen.

Dass sowohl Güterbock und Spina, als auch Feltz es mit regressiven Prozessen zu thun hatten, und dass es ihnen nicht gelang, dieselben von den progressiven zu trennen, unterliegt nach dem Gesagten wohl keinem Zweifel.

<sup>1)</sup> Recherches expérimentales sur l'inflammation des tendons. Journal de l'anatomie et de la physiologie. XIV. année. Paris 1878.

Der erste, der diese beiden Prozesse auseinander hielt, war Ginsburg<sup>1)</sup>. Die ersten Erscheinungen, führt er aus, die wir in einer gereizten Sehne beobachten, sind entschieden degenerativer Natur. Die Kerne in den Sehnenzellen verschwinden, ihre Substanz mischt sich mit dem Protoplasma zu einem Haufen elementarer Körnchen, deren grösster Theil zusammenschmilzt und einen hyalinen glänzenden Körper bildet. Fast gleichzeitig mit den Veränderungen in den granulirten Theilen der Zelle oder später 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 umgiebt, zur Restitution, indem es an die Stelle des zerstörten Gewebes hineinwuchert.

Die letzte mir vorliegende Arbeit über die Heilung von Sehnenwunden ist die von Beltzow unter dem Titel „Untersuchungen über Entwicklung und Regeneration von Sehnen“<sup>2)</sup> veröffentlichte. Obgleich seine Untersuchungen vor allen als die ausführlichsten und genauesten erscheinen, will ich mich an dieser Stelle darauf beschränken, die Resultate seiner Untersuchungen mitzutheilen, weil ich auf die Arbeit selbst bei Besprechung meiner eigenen Beobachtungen wiederholt zurückkommen muss. Er formulirt das Resultat seiner Untersuchungen in folgenden Sätzen:

1) Das Sehnengewebe reagirt bei kalt- wie warmblütigen Thieren nach Incision wie Discision so stark, dass bei einem

<sup>1)</sup> Ueber das Verhalten der Sehnenzellen bei der Entzündung. Dieses Archiv Bd. 88.

<sup>2)</sup> M. Schultze's Archiv Bd. 22. Bonn 1883.

nicht bedeutenden Auseinanderweichen der Enden die Verwachsung auf Kosten der wuchernden Sehnenzellen allein, ohne sichtbare Betheiligung von Gefässen zu Stande kommen kann; bei einem bedeutenden Auseinanderweichen der Enden gesellt sich noch eine lebhaftere Reaction von Seiten des umliegenden Zellgewebes hinzu und es bildet sich Granulationsgewebe.

2) Die Reactionsfähigkeit des Sehnenorgans findet ihren Ausdruck in einer bedeutenden Zellenvermehrung, die auf dem Wege der Karyokinese zu Stande kommt.

3) Die alten Sehnenfasern nehmen an der Verwachsung keinen Antheil.

4) Die Fasern des neugebildeten Ersatzgewebes entstehen aller Wahrscheinlichkeit nach aus den Zellen und wachsen zwischen die alten Sehnenfasern hinein.

5) Obgleich das Ersatzgewebe histologisch mit dem normalen Sehnenorgane fast völlig identisch ist, besitzt es jedoch die physiologischen Eigenschaften des Narbengewebes, folglich findet

6) eine Regeneration von Sehnenorgane im engeren Sinne des Wortes nicht statt.

Schon in der Zusammenstellung der Literatur habe ich es durchblicken lassen, dass von den in der Frage nach der Heilung von Sehnenwunden angestellten Untersuchungen hauptsächlich die zweier Autoren ein grösseres Interesse verdienen, Dembowski und Beltzow. Die übrigen haben sich auf mikroskopische Untersuchungen entweder gar nicht eingelassen, wie v. Ammon, Bouvier und Andere, oder aber bei ihren Untersuchungen Gewebe benutzt, an denen Entzündung höchsten Grades oder Nekrose bestand, so dass von regenerativen Prozessen von vornherein nicht mehr die Rede sein konnte.

Dembowski und Beltzow verdienen also deshalb schon besondere Beachtung, weil sie sich genauer speciell mit dem Thema der Regeneration beschäftigt haben, der erstere noch besonders deshalb, weil er den Leukocyten einen besonderen Antheil am Aufbau der Gewebe vindicirt; der letztere, weil er als erster und einziger die Proliferationsprozesse des Sehnenorgans auf Grund der Lehre von der karyokinetischen Kerntheilung untersucht hat.

So ungenau auch die Beobachtungen Dembowski's im

Allgemeinen sind — mit der Reaction des eigentlichen Sehnen-  
gewebes hat er sich so gut wie gar nicht beschäftigt — so  
haben seine Angaben doch den Vorzug, dass sie die alte Hun-  
ter'sche Lehre über die Wirkung des Blutextravasates beim Auf-  
bau der Gewebe<sup>1)</sup>, die noch Pirogoff adoptirt hatte, beseitigten,  
nach welcher die rothen Theilchen des Blutes resorbirt werden  
und nur die gerinnende Lymphe zurückbleibt, welche das eigent-  
liche Vereinigungsmittel ist und Gefässe, Nerven u. s. w. bildet.  
Immerhin sind auch Dembowski's Ansichten über die Auf-  
gaben der Leukocyten noch sehr irrig, und da ihnen in der  
Frage nach der Regeneration der Sehnen noch nicht widerspro-  
chen ist, kann ich mir es nicht versagen, in kurzen Worten  
einen Ueberblick über den Entwicklungsgang zu geben, den die  
Lehre von dem Antheil der Leukocyten an der Entzündung und  
Regeneration der Gewebe bisher genommen hat.

Bei den Continuitätstrennungen im Bindegewebe ebenso wie  
bei den Anfängen der Entzündung sieht man zuerst eine grosse  
Menge von kleinen Rundzellen auftreten, welche an frischen  
Präparaten ein feinkörniges Protoplasma erkennen lassen, wel-  
ches, so lange die Zellen noch lebend und beweglich sind, den  
im Inneren vorhandenen Kern schwer oder gar nicht erkennen  
lässt. Diese Zellen treten um so reichlicher auf, je mehr bei  
Wunden im Bindegewebe zwischen die Wundränder Blut er-  
gossen ist, welches dort gerinnt und einer Resorption entgegen-  
geht. Die Frage nach der Abkunft dieser Zellen hat im Laufe  
der letzten 25 Jahre eine der wichtigsten Streitfragen in der  
Pathologie gebildet. Bevor man die Möglichkeit eines Durch-  
tritts farbloser Blutkörperchen durch die intacte Gefässwand  
kannte, wurden alle diese Zellen für junge, unfertige Abkömmlinge der Bindegewebskörper gehalten. Als später durch Cohn-  
heim's Entdeckung die Auswanderung der Leukocyten direct  
beobachtet werden konnte, wurde vielfach die alte Virchow's-  
che Lehre völlig in Abrede gestellt und die ganze Menge der  
kleinen Rundzellen für ein Exsudat aus dem Blute gehalten.  
Unter diesen kleinen Rundzellen, welche in der Literatur sehr

<sup>1)</sup> John Hunter's Versuche über das Blut, die Entzündung und die  
Schusswunden. Deutsch von Hebenstreit. 1797.



häufig als indifferent bezeichnet werden, unterschied nun schon Virchow je nach der Beschaffenheit der Kerne mehrere verschiedene Gruppen, von welchen er annahm, dass sie aus verschiedenen Geweben, der Milz, den Lymphdrüsen und dem Bindegewebe überhaupt dem Blute zugeführt würden. Als Cohnheim nun gelehrt hatte, dass diese Zellen direct aus dem Blute in die Gewebe eintreten können, so erklärte Virchow (Cellularpath. 4. Aufl.), dass es oft unmöglich sei, unter diesen verschiedenartigen indifferenten Zellen herauszufinden, wie viel darunter an Ort und Stelle aus dem Bindegewebe entstanden seien, und wie viele aus dem Blute in das Gewebe eingewandert seien. Virchow hielt also auch nach der Entdeckung der Emigration an der Vermehrungsfähigkeit der Bindegewebszellen fest, welche Cohnheim in der 1. Auflage seines Lehrbuches vollkommen verworfen hatte. Dennoch konnte einem Beobachter wie Cohnheim nicht entgehen, dass unter den kleinen indifferenten Zellen sich einige Tage nach dem Eintritt einer Entzündung oder Eiterung grössere Elemente im Eitertropfen vorfinden, welche sich durch ein reicheres körniges Protoplasma und einen grossen Kern mit Kernkörperchen deutlich von den Formen der Leukocyten unterscheiden. Diese grösseren Eiterzellen erklärte Cohnheim aber nicht für Abkömmlinge des Bindegewebes, sondern für höher entwickelte Stadien der Leukocyten. Durch diese Deutung kam also eine volle Einheitlichkeit in die Beurtheilung dieser Zellen, da Cohnheim sie allesammt als Leukocyten ansprach, welche sich in mehr oder minder vorgeschrittener Entwicklung befinden sollten. Eine solche progressive Entwicklung der Leukocyten hatte zwar niemand unmittelbar beobachten können, allein Untersuchungen von Ziegler hatten mit voller Sicherheit erwiesen, dass zwischen 2 Glasplättchen in die Bauchhöhle von Kaninchen zunächst Zellen einwanderten, dass sich später daselbst Riesenzellen und Bindegewebe vorfand, so dass man durch die Annahme, dass alle eingewanderten Zellen Leukocyten sein müssten, zu der Folgerung gelangte, dass die Leukocyten sich zu Riesenzellen und also wahrscheinlich auch zu Bindegewebszellen umwandeln könnten. Erst durch die Entdeckung der indirecten Kerntheilung ist alsdann die Virchow'sche Auffassung von der Proliferation der

Bindegewebszellen wieder zur Anerkennung gelangt, und es scheint, dass Beltzow im Jahre 1882 der erste gewesen ist, welcher die indirecte Theilung von Bindegewebskörperchen bei der Sehnenregeneration beschrieben hat. Seitdem ist in zahlreichen Abhandlungen festgestellt worden, dass das Bindegewebe bei seiner Proliferation kleine den einkernigen Leukocyten anfangs ähnliche Zellen hervorbringt, welche sich aber bald vergrössern, Spindelform annehmen und zu Bindegewebszellen werden. Zweifelhaft ist es nur lange geblieben, ob ausgewanderte Leukocyten gleichfalls eine solche Umbildung durchmachen könnten, ob also im Narbengewebe Zellen verschiedener Abkunft zu dauernden Gewebszellen werden können. Nach den Untersuchungen über Einheilung von Fremdkörpern, welche Marchand mitgetheilt hat, kann es nicht zweifelhaft sein, dass an der Resorption zerfallener Blutkörperchen und anderer Zelltrümmer neben den Leukocyten auch Bindegewebszellen betheiligt sind, dass diese in das Extravasat eintreten und dass es solche vom Bindegewebe abstammenden Wanderzellen sind, welche sich zu Riesenzellen, Gefässsprossen und Narbengeweben umbilden, wie Ziegler dies seiner Zeit von den wandernden Leukocyten angenommen hatte. Seitdem haben die von Grawitz mitgetheilten Untersuchungen über die eitrige Schmelzung der Gewebe dargethan, dass auch hierbei neben einer Auswanderung farbloser Blutkörperchen die schon von Cohnheim erwähnten grösseren Eiterzellen durch Bindegewebswucherung entstehen, und so kann man sagen, dass alle bei Wundheilung, Resorption und Entzündung vorkommenden kleinzelligen Infiltrationen aus Leukocyten und jungen Gewebszellen gemischt sind, dass beide Arten wandern können, dass beide dazu dienen, zerfallenes Gewebe aufzunehmen und fortzuführen, dass aber nur von den Abkömmlingen der Gewebszellen eine Organisation oder Narbenbildung ausgehen kann.

In einer auf dem X. internationalen Congress vorgetragenen Abhandlung hat Grawitz den letzten Schritt auf diesem Wege gethan insofern, als er die von anderen Autoren offen gelassene Möglichkeit einer Mitbetheiligung der Leukocyten an Gewebsaufbau positiv in Abrede stellt. Er hat an den Leukocyten, welche aus strömendem Blute entnommen waren, indirecte Kerntheilungen gefunden, und diese haben so bestimmte Unterschiede

von den Mitosen der Bindegewebszellen ergeben, dass die Leukocyten selbst in der Periode ihrer höchsten Formentwicklung weit hinter der Grösse und Kernausbildung der Bindegewebszellen zurückblieben, so dass eine Verwechslung nur zwischen einkernigen Leukocyten und ganz jungen Gewebszellen möglich ist, eine allmähliche Entwicklung der Leukocyten zu jenen Formen aber als ausgeschlossen betrachtet werden muss.

Fassen wir also die Beobachtungen über Organisation, Einheilung von Fremdkörpern, Wundheilung und Entzündung im Bindegewebe zusammen, so beobachtet man zuerst bei all diesen Prozessen Einwanderung von Leukocyten, alsdann, schon innerhalb der ersten 24 Stunden beginnend, später reichlicher werdend eine Theilung und Einwanderung von Bindegewebszellen und Abkömmlingen der Gefässe. Alle betheiligen sich an der Resorption, ausschliesslich aber die Gewebszellen an der Regeneration.

Diese Auseinandersetzungen mögen zur Kritik der Dembowski'schen Arbeit genügen. Ich kann wohl an dieser Stelle darauf verzichten, zu seinen Ansichten betreffs des Antheils der Sehnenscheide und des Sehnengewebes Stellung zu nehmen. Die weiter unten beschriebenen eigenen Untersuchungen und die aus ihnen gezogenen Schlüsse werden zur Genüge meine theils abweichenden, theils zustimmenden Ansichten zum Ausdruck bringen.

Dafür muss ich mich um so genauer mit Beltzow beschäftigen.

So bestimmt auch seine Angaben lauten und so abschliessend auch seine Untersuchungen erscheinen, so kann ich doch einen Zweifel an der Genauigkeit seiner Beobachtungen nicht unterdrücken. Zunächst widerstreiten seine Erfahrungen über Kernfärbung auf Mitosen, die er bei seinen Untersuchungen anwandte, durchaus den meinigen. Nicht nur dass er behauptet, nach der Härtung des Gewebes in Müller'scher Flüssigkeit oder in Alkohol die Kerntheilungsfiguren gerade so gut gesehen zu haben, wie nach der Fixirung in Flemming'scher Lösung — ganz abgesehen von seiner Carminfärbung, die sich mir dem Safranin gegenüber gar nicht concurrenzfähig erwies — er will sogar gar keinen Unterschied darin gefunden haben, ob das Gewebe gleich

nach dem Tode des Thieres, oder gar erst 48 Stunden später in die fixierende Flüssigkeit gelangte. Diese Angaben, die ich durchaus nicht als richtig anerkennen kann, sowie der Umstand, dass Beltzow keine stärkeren Vergrösserungen als Hartnack  $\frac{2}{7}$  zu seiner Verfügung gehabt zu haben scheint, — allerdings will er Mitosen schon mit einer Vergrösserung von Hartnack  $\frac{2}{3}$  beobachtet haben — bestimmen mich anzunehmen, dass seine Beobachtungen über Karyokinese recht ungenau sind. In dieser Annahme wurde ich durch einen Widerspruch bestärkt, der sich in seiner Arbeit findet, S. 722 a. a. O. sagt er wörtlich: „Auf mikroskopischen, gut gefärbten Schnitten von der Achillessehne des Frosches beobachtete ich sowohl das Anfangsstadium der Karyokinese, als auch die knäuel- und bisquitförmigen Figuren. Die letztere Form ist, wie bekannt, von Flemming in den kernhaltigen Blutkörperchen des Menschen bei Leukämie gefunden worden.“ Damit vergleiche man S. 723: „Besondere Sorgfalt verwendete ich darauf zu constatiren, dass die karyokinetischen Figuren in der That auch den fixen specifischen Sehnenzellen bezw. Hornhautzellen angehörten, um dem Einwande zu begegnen, als ob es sich etwa um Leukocyten (Wanderzellen) gehandelt hätte. Abgesehen davon, dass Karyokinese meines Wissens bis jetzt an Leukocyten noch nicht beobachtet wurde, lassen sich gerade die fixen Sehnenzellen und fixen Cornealzellen so leicht an ihrer charakteristischen Form und Lagerung erkennen; dass eine Verwechselung mit anderen Gebilden nicht wohl vorkommen kann,“ und S. 730: „Was aber das Granulationsgewebe anlangt, so fällt es schwer mit Sicherheit anzugeben, welcher Natur die Zellen sind, die die Karyokinese zeigen: ob sie der Sehnenscheide angehören, oder aus den Blutgefässen ausgewanderte Leukocyten darstellen. Aller Wahrscheinlichkeit nach waren die Zellen, in welchen karyokinetische Figuren zu sehen waren, weisse Blutkörperchen, da sie in der Nähe erweiterter Blutgefässe lagen“ — so findet man, dass er eine Karyokinese der weissen Blutkörperchen bald annimmt, bald verwirft, dass es ihm bald leicht, bald schwer wird, die Bindegewebszellen von den Leukocyten zu unterscheiden.

Ich habe bei meinen Untersuchungen das Beltzow'sche Operationsverfahren angewandt, das sich als ganz praktisch er-

wies und am ehesten geeignet war, eine Controle der Beltzow'schen Versuche durchzuführen. Die Operation wurde unter möglichst strengen antiseptischen Cautelen an Kaninchen in der Weise ausgeführt, dass die untere Extremität von Haaren befreit und die mit dünner Carbollösung gewaschene und auf der Sehne verschobene Haut in der Längsrichtung gespalten wurde, worauf ich diese entweder in der Längsrichtung incidirte oder aber quer durchschnitt. War das geschehen, so zog sich die Haut an ihre ursprüngliche Stelle zurück, so dass die Sehnenwunde von unverletzter Haut bedeckt war. Klaffte der Hautschnitt stark, so wurde die Hautwunde durch die Naht vereinigt und mit Jodoformcollodium bedeckt. Dies Verfahren wurde an 23 Kaninchen ausgeführt, so dass mir zur Untersuchung im Ganzen 46 Achillessehnen zur Verfügung standen. Die Untersuchung wurde angestellt:

In 4 Fällen 2 Tage nach der Operation,

- 6	-	3	-	-	-	-
- 5	-	4	-	-	-	-
- 6	-	5	-	-	-	-
- 4	-	8	-	-	-	-
- 3	-	10	-	-	-	-
- 2	-	14	-	-	-	-
- 1 Falle		18	-	-	-	-
- 1	-	22	-	-	-	-
- 1	-	26	-	-	-	-
- 1	-	30	-	-	-	-
- 1	-	35	-	-	-	-
- 1	-	40	-	-	-	-
- 1	-	44	-	-	-	-
- 1	-	50	-	-	-	-

4 Kaninchen starben vor der Herausnahme der Sehne. Es waren dies durchweg ganz junge Thiere, die den, wenn auch geringen Eingriff nicht vertrugen. Nur in 3 von den 38 untersuchten Fällen war Eiterung der Wunde eingetreten. Die herausgeschnittenen Sehnen kamen sofort in Flemming'sche Lösung, nachdem sie zum Theil der besseren Einwirkung der Fixirungsflüssigkeit wegen in dünne Scheiben zerlegt waren. In derselben verblieben sie 24—36 Stunden, worauf sie mindesten 12 Stun-

den in fließendem Wasser ausgewässert und hinterher der Reihe nach in 70procentigem, 96procentigem absoluten Alkohol entwässert wurden. Zur Einbettung wurde flüssiges Celloidin benutzt, nachdem das anfangs angewandte Paraffin sich ungeeignet zur Erzielung dünner Schnitte erwiesen hatte. Die querdiseidirten Sehnen wurden auf feinen mit dem Mikrotom hergestellten Längsschnitten, die längsincidirten auf Querschnitten untersucht. Da die Anfertigung dünner Uebersichtsschnitte trotz der Celloidineinbettung auf Schwierigkeiten stieß, wurden nach Orientierung an den unvermeidlichen dicken Schnitten das Gewebstück derartig verkleinert, dass das gewünschte Ziel erreicht wurde. Die Schnitte wurden in einer gesättigten Lösung von Safranin in Anilinwasser tingirt, die sich zur Kernfärbung als am besten geeignet erwies.

Ich hatte es mir als Hauptaufgabe gestellt, die Reactionsfähigkeit des Sehnengewebes und seinen Antheil am Aufbau der Narbe festzustellen, nachdem man sich einmal darüber geeinigt hatte, dass das die Sehne umgebende Bindegewebe eine wesentliche Rolle hierbei spiele. Ich kann nun den Befund gleich vorwegnehmen, dass nach der einfachen Discision sowohl progressive, wie regressive Prozesse sich in den Sehnenstümpfen abspielen, regressive Prozesse nicht etwa der Art, wie sie Güterbock, Spina und Ginsburg fanden als Folge eines übermässig starken Reizes, sondern als Folgen einer herabgesetzten Ernährung. Meiner Meinung nach kommt letztere schon einfach nach Retraction der Sehnenstümpfe zu Stande, wenn das nach Art eines gezerzten Gummistückes in einer starken Spannung beharrende elastische Sehnengewebe plötzlich auf einen kleinen Raum zusammenschnellt, wobei ein Verschluss und eine Verengerung des ganzen in den Sehnen verlaufenden Gefässsystems unvermeidlich ist. Als andere zur Degeneration führende Insulte erkannte ich später, als ich einige Male die Sehnennaht ausführte (s. unten), eine dabei auftretende Umschnürring der Sehnenbündel und in einem Falle den Druck einer anatomischen Pincette, mit der die Sehnenstümpfe fixirt worden waren. Dabei will ich nicht leugnen, dass regressive Prozesse auch als Folge von Ueberreizung auftreten, wie ich es selbst an den Stellen, wo ein Faden einige Tage lang in der Sehne gelegen hatte, und in den Fällen, wo

in Folge von Infectionen eine Entzündung aufgetreten war, gesehen habe.

Ich muss die Unterscheidungsmerkmale vorausschicken, die es mir ermöglichten, mit voller Gewissheit die ruhenden Sehnenzellen von den bei regressiven oder progressiven Vorgängen auftretenden zu trennen. Die ruhenden Zellen stellten sich bei der Betrachtung mit unseren gewöhnlich angewandten Linsen (Zeiss' apochromatische Oelimmersionen 1,3.2 mm Ocular 4) auf Längsschnitten als lange, spindelförmige, reihenförmig angeordnete und vielleicht durch Ausläufer mit einander in Verbindung stehende Gebilde dar, deren Kerne lang stäbchenförmig und nach Safraninfärbung gleichmässig roth erscheinen. Bei der Degeneration des Sehnen Gewebes sehen wir unter sonst gleichen Verhältnissen die Zelle in ihrer normalen Grösse oder gebläht und die Kerne als intensiv roth tingirte zahlreiche Bröckel, welche die Zelle mehr oder weniger erfüllen. Gleichzeitig lässt die in der Fixirungsflüssigkeit enthaltene Osmiumsäure die als Ausdruck der Fettmetamorphose auftretenden Fetttröpfchen als intensiv schwarze Pünktchen hervortreten. Doch liefern diese durchaus nicht immer den Beweis für eine vorliegende Degeneration. Denn an solchen Stellen der Sehne, wo bei der Durchschneidung oder bei Quetschungen Blutergüsse stattgefunden haben, sieht man zuweilen Auflösung des Blutfarbstoffes innerhalb der Spalten zwischen den Sehnenlamellen und Pigment in der Zellsubstanz solcher Sehnenkörper, deren Kerne stark vergrössert sind und unzweifelhaft eine progressive Veränderung der Zelle andeuten. Da nun auch kleine Fetttröpfchen in solchen vergrösserten Sehnenzellen beobachtet werden, so darf aus dem Auftreten von Fett allein noch nicht auf einen Untergang der Zelle geschlossen werden.

Bei den progressiven Prozessen dagegen imponirt neben der starken Vergrösserung der Sehnenzellen überhaupt die Modification der Chromatinsubstanz in den gleichfalls vergrösserten Kernen, die alle Formen der bei der mitotischen Kerntheilung auftretenden Figuren in schönster Auswahl zeigen. In diesem Stadium gelang es auch, die an den ruhenden Zellen vermuthete Verbindung der Zellen unter einander nachzuweisen, die sich als matt roth gefärbter, aber deutlicher Protoplasmastreifen darstellte.

Es erwies sich zu diesem Zwecke vortheilhaft, die mit Safranin gefärbten Schnitte nicht zu stark zu entfärben, da auf diese Weise eine Färbung des Zellprotoplasmas erzielt wurde, neben der die Färbung der Chromatinsubstanz keineswegs an Deutlichkeit einbüßte.

Und nun zu meinen Beobachtungen über den Heilungsvorgang. Zunächst kann ich die Angabe Pirogoff's bestätigen, dass die Narbe sich ganz verschieden gestaltet, je nachdem ein grösseres oder geringeres Blutextravasat im Defect zwischen den beiden Sehnenstümpfen] bei der Operation auftritt. Thatsächlich bleibt bei fehlendem Blutextravasat der Defect zwischen den beiden Sehnenstümpfen leer. Die Innenflächen der Sehnenscheide legen sich an einander und letztere verbindet als ein schmales Band die aus einander gewichenen Enden. Eine Verdickung der Sehne tritt nur um die Sehnenstümpfe herum ein, wohl deshalb, weil ein geringes Blutextravasat an ihnen nach der Durchschneidung wohl immer auftritt, und das Gewebe der Sehnenscheide zur Proliferation anreizt. Bei Erfüllung der Sehnenscheide mit Blut dagegen betheiligt sich die Sehnenscheide in ihrer ganzen Länge mit ausgiebiger Emigration und Proliferation, in Folge deren nicht nur das Coagulum organisirt, sondern sogar eine Narbe gebildet wird, die über die Dicke der normalen Sehne hinausgeht. Da die Proliferation des Sehnenscheidengewebes bei grösserem Bluterguss von Beltzow von vornherein zugegeben wurde, betrachtete ich hauptsächlich die Sehnenstümpfe auf Längsschnitten in den Fällen, wo ohne Bluterguss operirt war und sich die Sehnenscheide, unter Anschmiegung an die Sehnenstümpfe, in den Defect gelegt hatte. An solchen Schnitten sah man 2—3 Tage nach der Operation eine deutliche Proliferation in der Sehnenscheide die Sehnenstümpfe umgeben. Sowohl in ihr als in dem geringen Zwischenraum zwischen ihr und dem Sehnenende zeigten sich untermischt mit einzelnen Bestandtheilen extravasirten Blutes Bindegewebszellen mit prachtvollen Mitosen in allen Formen. Im Sehnengewebe selbst, dessen Fibrillen wie die Stränge eines Kabels leicht aufgefasert waren, war von progressiven Vorgängen hingegen noch nichts zu beobachten, höchstens entdeckte man in dem lockeren Bindegewebe, welches dem Ver-



laufe der in den Sehnen befindlichen kleinen Blutgefässen folgte, die ersten Anfänge von Proliferation. Der Unterschied zwischen den Bindegewebszellen und den Sehnenzellen ist hier sehr deutlich festzustellen, weil man in einem Gesichtsfelde das proliferierende lockere Bindegewebe und das noch reactionslose Sehnengewebe überblicken kann, dessen Zellen normale Grösse und gleichmässig gefärbten Kern zeigten. Häufig zeigten sich auch schon Vorgänge degenerativer Natur, für die ich die Gründe bereits früher angegeben habe. Ungefähr 4 Tage nach der Durchschneidung, also zu einer Zeit, wo alle Lücken bereits von jungem Granulationsgewebe angefüllt sind, beginnt erst die Reaction im eigentlichen Sehnengewebe, und zwar in der Umgebung eben der erwähnten Gefässe, und von hier aus allmählich auf die Umgebung fortschreitend. In den Reihen der Sehnenzellen sieht man anfangs unter den ruhenden Kernen vereinzelt solche mit deutlichen Kerntheilungsfiguren, später bilden diese die Mehrzahl, bis schliesslich in den der Durchschneidungsstelle angrenzenden Partien ruhende Kerne überhaupt nicht gefunden wurden. Schon am dritten Tage erblickte man zwischen den Fibrillenfasern, welche frei in die Wunde hineinragten, Bindegewebszellen und vereinzelte Leukocyten. Letztere fanden sich häufiger in den in der Nähe der kleinen Blutgefässe liegenden Spalten, wohl als Ausdruck des vermehrten Saftstroms, der mir die Vorbedingungen für die Proliferation der trägen Sehnenzellen zu sein scheint. Gewiss ist aber nicht zu leugnen, dass sie auch durch die Zerfallsproducte eventl. auftretender regressiver Prozesse gewissermaassen angelockt werden, um sich mit den kleinen Trümmern zu beladen und sie fortzuschaffen. Im Laufe der folgenden Tage, in denen die karyokinetischen Figuren immer mehr zurücktraten, mischten sich in der Randzone der Wunde Bindegewebszellen, Leukocyten und Sehnenzellen immer mehr, so dass es um diese Zeit schwierig war, den jungen Zellen anzusehen, von welchem Gewebe sie abstammten. Doch dürfte das vorher Gesagte genügen um festzustellen, dass die Sehnenzellen ihre Ruhe erst viel später aufgeben, als die Zellen des lockeren Bindegewebes, und dass sie erst anfangen zu proliferiren, wenn das Bindegewebe die Lieferung der Narbensubstanz bereits beendet hat, so dass es un-

richtig ist, dem Sehnengewebe einen erheblichen Antheil an der Bildung der Zwischensubstanz zuzuschreiben.

Bei grösseren Defecten hat auch Beltzow dem lockeren Bindegewebe den Löwenantheil an dem Narbengewebe zugeschrieben, bei geringerem Auseinanderweichen der Wundränder aber den Hauptantheil dem Sehnengewebe reservirt. Eine Untersuchung von Querschnitten längs incidirter Sehnen liess mich zu einer entgegengesetzten Ansicht kommen. Ein Klaffen der Wundränder fand nach der Längsincision nur auf wenige Millimeter statt, man hätte also hier im Beltzow'schen Sinne eine Heilung *per primam intentionem* erwarten müssen. Dagegen waren die Bilder, die ich fand, ganz entsprechend denen, die ich an Längsschnitten sah: nach 2 — 3 Tagen im Sehnengewebe noch keine Reaction, den kleinen Spalt ausgefüllt mit jungem Granulationsgewebe, die Sehnenscheide stark verdickt und in ausgiebiger Proliferation begriffen. Erst nach 4—5 Tagen setzt die Reaction des Sehnengewebes ein. Also auch hier fand ich den oben beschriebenen Befund bestätigt, dass das Sehnengewebe viel zu träge ist, um an dem Aufbau des ausfüllenden Narbengewebes nennenswerthen Antheil zu nehmen.

Da man mir aber den Einwand machen könnte, dass eine einfache Längsincision, die gar keine eigentliche Sehnenverletzung schaffe, nicht geeignet sei, die Reaction des Sehnengewebes auszulösen, so entschloss ich mich, um eine gering klaffende Wunde zu erzielen, bei der ja nach Beltzow die Sehnenzellen eine Hauptrolle bei der Heilung spielen, die in praxi so häufig angewandte Sehnennaht auszuführen. Da beim ersten Versuche die Sehnenenden so weit auseinander wichen, dass sie durch die Naht zwar anfangs mit Mühe vereinigt werden konnten, dass aber die Nähte schon bald durchrissen, so führte ich die Operation in der Folge so aus, dass die Nähte erst gelegt und die Fäden geknüpft und die Sehnen dann erst unter den Nähten durchschnitten wurden. Durch Schienenverband wurde der betreffende Fuss in Streckstellung erhalten. Doch auch auf diese Weise ist, obgleich die Nähte halten, ein Aneinanderlagern aller homologer Sehnentheile nicht zu erzielen. Die Sehne ist eben nicht als eine Einheit aufzufassen, vielmehr retrahiren sich die einzelnen Stränge der einem Kabel vergleichbaren Sehne in sehr ungleich-

mässiger Weise, und besonders scheint die Vereinigung durch die Naht geeignet, eine verschiedene Spannung unter den einzelnen Sehnenbündeln herzustellen. Man kann deshalb durchaus nicht darauf rechnen, die Schnittrichtung so zu treffen, dass überall die scharfen Schnittebenen der Sehnenstümpfe sich berühren, vielmehr findet man häufig, dass in Folge einer Verbiegung der Bündel diese sich wie dislocirte Knochenfragmente bei Fracturen an einander lagern. Die mikroskopische Untersuchung ergab denn auch dieselben Verhältnisse, wie bei grösserem Klaffen der Wunde. Die proliferirten Zellen des Bindegewebes hatten schon nach 2 Tagen alle Lücken ausgefüllt. Proliferirende Prozesse in der Sehne traten erst einige Tage später auf. Nur in der Umgebung der Stichöffnungen, an deren äussersten Rändern sich in Folge stärkeren Eingriffs degenerirte Zellen in Menge fanden, zeigten sich an die degenerative Zone anstossend Sehnenzellen in Kerntheilung begriffen. In einzelnen Fällen waren die degenerativen Prozesse ausgedehnter Natur, so dass die ganzen Stümpfe befallen waren. Da muss man annehmen, dass eine Ligatur den Sehnenstumpf so stark umschnürt hatte, dass die Circulation des Gewebes gestört und hierdurch die Nekrose entstanden war.

Eine besondere Ueberraschung war es mir, dass ich bei Gelegenheit meiner Untersuchungen des Sehnengewebes in Stand gesetzt wurde, die viel discutirte Frage zu entscheiden, ob man die im Bindegewebe, im Narbengewebe oder auch in Geschwülsten so häufig vorkommenden spindelförmigen Figuren mit drei, vier oder noch mehr hinter einander liegenden Kernen für progressive oder regressive Zellenanomalien deuten solle. Bekanntlich hat Virchow diese Figuren als Spindelzellen aufgefasst, deren Kerne sich vermehrt hätten, aber noch in der ursprünglichen Spindelzelle liegen geblieben wären. Er giebt in seinem Geschwulstwerk, Bd. I, S. 93, eine schematische Abbildung, welche diese Art der unvollständigen Zelltheilung veranschaulicht. Später ist man darauf aufmerksam geworden, dass in die Spalten im derben Bindegewebe Leukocyten durch Wanderung eindringen können, und es ist dann hier wie bei anderen Gelegenheiten diese an sich richtige Beobachtung in einseitiger Weise dahin verallgemeinert worden, dass überall Spindelzellen mit

vier oder mehr Kernen in dieser Weise als Zellen mit eingewanderten Leukocyten zu betrachten seien. Man vergleiche hierüber Weigert, Fortschritte der Medicin 1889. No. 16, und Grawitz, Deutsche med. Wochenschrift, Juni 1889. Weigert sagt, dass Virchow Bilder dieser Art nie direct beobachtet hätte, sondern dass er die Abbildung, welche er in seinem Geschwulstwerk darüber gegeben hat, nur als ein durch Combination gewonnenes Schema betrachtet wissen wollte. Ich habe nun Sehnenzellen mit drei und vier, theils ruhenden, theils in Mitose befindlichen Kernen gesehen, deren Zellenleib noch ungetheilt, deutliche Spindelform zeigte. Man trifft aber ferner sehr häufig zwischen den einzelnen Sehnenlamellen in denjenigen Spalträumen, welche in der normalen Sehne von den stäbchenförmigen, gleichmässig roth tingirten Kernen ausgefüllt angetroffen werden, eingewanderte Leukocyten, sowie Wanderzellen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit als junge Abkömmlinge des Bindegewebes zu betrachten sind. Dieses Eindringen der Leukocyten findet einmal dort statt, wo im Beginne der Regeneration der Saftstrom verstärkt ist und mit ihm eine Anzahl geformter Bestandtheile von den Gefässen in das Gewebe übertritt. Es ist hier die Vermuthung ausgesprochen worden, dass diese Leukocyten den sich vergrößernden Zellen als Nährmaterial dienen, indessen lässt sich für diese Annahme kein anderer Beweis erbringen, als dass eben Leukocyten in nächster Nähe von solchen angeschwollenen Gewebszellen angetroffen werden, während es zweifelhaft bleiben muss, ob diese Leukocyten wirklich zum Aufbau der Zellen dienen, oder ob sie nicht vielmehr lediglich als ein sichtbares Zeichen für den erhöhten Saftstrom zu betrachten sind. Dieser Eintritt der Leukocyten findet aber zweitens statt, wo innerhalb der Sehne durch Quetschung mit Blutaustritt oder durch andere Insulte Sehnenzellen abgestorben sind, deren Fragmente durch Leukocyten aufgenommen und fortgeschleppt werden. Die in Frage stehenden Spindelzellen mit drei oder mehreren hinter einander gelagerten Kernen können also sein 1) vergrößerte und in Kernteilung begriffene Sehnenzellen entsprechend Virchow's Deutung, 2) vergrößerte Sehnenzellen mit angeschwollenem Kern und eingewanderten

Zellen, 3) Sehnenzellen mit zerfallener Chromatinsubstanz der Kerne und Wanderzellen.

Und nun zurück zu der Frage nach der Narbenbildung.

Die Untersuchung der Sehnestümpfe in den ersten 4 bis 8 Tagen nach der Durchschneidung zeigte uns, dass das Material für die Heilung zuerst und in überaus üppiger Weise durch eine Zellen- und Gefässneubildung der Sehnenscheide und des losen Bindegewebes innerhalb der Sehne geliefert wird. Auch die active Betheiligung der Sehnenzellen selbst an dem Heilungsvorgang konnte in dieser frühen Periode mit Sicherheit festgestellt werden. Dagegen lassen sich die Uebergänge dieser rundlichen oder spindligen Abkömmlinge des Bindegewebes, sowie der Sehnenkörperchen zu definitivem Narbengewebe naturgemäss nur in den späteren Perioden nach der Durchschneidung studiren. Der Anfang einer ungestörten Verschmelzung beider Stümpfe durch ein junges, lediglich von der Sehnenscheide gebildetes weiches Keimgewebe, welches mit zahlreichen Leukocyten untermischt ist, zeigt auf dem Längsschnitt eine Anordnung, welche passend mit der Gestalt eines Callus bei Verschiebung der Bruchenden eines Röhrenknochens verglichen werden kann. In diesen Spalt hinein wachsen Blutgefässe von der Sehnenscheide aus gegen das Centrum, in die Spalten zwischen die Sehnenslamellen dringen Leukocyten ein, ebenso grössere vom Gewebe abstammende Wanderzellen, und die Sehnenkörperchen selbst zeigen die früher besprochenen und in Fig. 1, 2 und 3 abgebildeten Vermehrungen.

Nachdem nun sowohl von dem Spalt her, als auch von der Scheide neue Blutgefässe in das Sehnengewebe selbst vorgedrungen sind, so sieht man in einem gewissen Stadium, wie die beiden Stümpfe mitsammt dem ganzen Sehnencallus eine weiche spindelförmige Anschwellung bilden. Schneidet man ein solches Präparat der Länge nach durch, so lässt sich sowohl am frischen Object, als nach der Härtung der eigentliche sehnige Antheil deutlich an seinem Atlasglanze schon mit blossem Auge erkennen. Bei mikroskopischen Präparaten in der gleichen Richtung ist es ebenfalls leicht, in einiger Entfernung von der Durchschneidungsstelle mit Sicherheit das Sehnengewebe als solches zu recognosciren. Je näher man aber an die Verletzungsstelle

geht, um so mehr werden die parallelen Züge der Sehnenzellen in verschiedenen Richtungen von jungen Gefässen unterbrochen, welche gewöhnlich in ihrer Umgebung von sternförmigen oder spindelförmigen Zellen begleitet werden, wodurch der Unterschied zu dem intacten Sehnengewebe um so deutlicher hervortritt. Schon bei schwacher Vergrösserung lässt sich erkennen, dass diese eingeschobenen, dem Callus angehörigen Zellen nahe der Scheide ausgesprochene Sternfiguren zeigen, während sie allmählich die Richtung und die Gestalt der spindelförmigen Sehnenzellen annehmen. Wenn man an solchen Stellen mit den stärksten und besten Linsen untersucht, so findet sich das Zwischengewebe in der Zone der sternförmigen Zellen vorwiegend homogen, die Ausläufer der Zellen treten in verschiedene Ebenen hinein und anastomosiren mit einander. Je mehr man sich der eigentlichen Sehne nähert, um so spärlicher werden die Anastomosen, die Spaltlücken innerhalb welcher die Zellen liegen, zeigen vielfach kleine dreieckige Ausbuchtungen, welche aber nicht mehr in wirkliche Saftkanäle sich fortsetzen, sondern blind endigen, während von nun an nur noch die in der Längsaxe des Kernes verlaufenden Spaltkanäle offen bleiben, so dass das Bild sich mehr und mehr dem parallel laufender Spindelzellen annähert. Es sind hier zwei wichtige Punkte zu erwähnen, erstens die Frage, wo die vorher erheblich zahlreichen Sternzellen bleiben, wenn das Gewebe sich in das parallelfaserige, zellenarme Gewebe umwandelt, und zweitens, warum diese Umwandlung in der typischen Uebergangsform zu Spindelzellen stattfindet. Die erste Frage ist vielfach bei der Discussion über die Narbenbildung dahin beantwortet worden, dass ein Theil der Zellen in Längsfibrillen zerfällt und sich in Intercellularsubstanz umwandelt. Ich bin nach meinen Präparaten zwar nicht in der Lage, diesen Modus direct in Abrede zu stellen, ich kann aber auch keine Bestätigung dieser Annahme beibringen. Doch haben eingehende Versuche, die ich in meinem Nachtrage „Ueber schlummernde Sehnenzellen“ niedergelegt habe, es mir hoch wahrscheinlich gemacht, dass die zahlreichen Zellen zum grössten Theil erhalten bleiben, und dass sie nur eine Modification erfahren, die sie uns unter gewöhnlichen Umständen verbirgt.

Die zweite Frage, warum allmählich diese Umwandlung erfolgt, möchte ich so beantworten, dass dies die Folge mechanischer Druck- und Zugwirkung sei. Je mehr sich nemlich die Fragmente vereinigen, je mehr die Sehne wieder als Ganzes in Wirkung tritt, um so mehr ordnen sich in dem Callus die Zellen, und zwar zunächst in der Axe, dann in der Peripherie, dieser Zugrichtung entsprechend in parallele Reihen. Zum Beweise für diese Angaben möchte ich folgenden Befund anführen: Wo immer die Sehne durch eine Verletzung oder durch eine Naht aus ihrem normalen Dehnungszustande entspannt wird, da sieht man, wie sich die Enden in Wellenform anordnen. Fig. 4 zeigt rechts unten eine halbkreisförmige Lücke, die Stelle, wo während der Heilung der Catgutfaden gelegen hat, sie ist durch eine lebhaftete Zellenwucherung ausgezeichnet. Rechts von ihr liegt normales Sehnengewebe, welches über dem Faden einen Buckel gebildet hat. Jenseits des Buckels nach links sieht man, wie der entspannte nahe der Durchschneidungsstelle gelegene Sehnenstumpf seine Spindelzellen zwar in gleicher paralleler Anordnung und directen Fortsetzung der Lamellen enthält, dass aber hier die normale, den Sehnen zukommende, homogene Zwischensubstanz in jene feinfibrilläre Modification übergegangen ist. Die Zellen selbst sind zum Theil vermehrt, stellenweis sind Leucocyten und junge Gefässe in die parallelen Zellenlagen vorgedrungen, aber immer noch lässt sich dieser Theil deutlich als früheres Sehnengewebe von dem hineingewucherten Narbengewebe unterscheiden. Ich schliesse daraus, dass die Sehne nur so lange ihre normale homogene Intercellularsubstanz besitzt, so lange sie unter normaler Spannung steht, dass die Aufhebung dieser Spannung allein genügt, um das Sehnengewebe in den Charakter des gewöhnlichen derben fibrillären Bindegewebes überzuführen. Daraus möchte ich nun den weiteren Schluss eine Frage betreffend herleiten, welche in der Reihe der vorliegenden Untersuchungen namentlich von praktischer Seite aus als wichtig hingestellt worden ist: hat man nach völliger Vernarbung den Callus als Sehnengewebe oder nur als Narbengewebe anzusehen? Ich würde darauf antworten, dass die Narbe von der Sehne nicht in ihrem Wesen verschieden ist, sondern dass beide Gewebsarten, wie ich so eben dargethan habe, nur Modificationen des Bindegewebes

bilden. Je früher die vollkommene Verheilung eintritt, je enger der Spalt zwischen den Sehnenfragmenten war, je ungestörter die Heilung verläuft, um so früher und vollständiger tritt in der jungen Narbe die erwähnte Umbildung der Zellen zu parallelen Reihen und dem Homogenwerden der Intercellularsubstanz ein; je grösser der Zwischenraum ist, je unvollständiger nach der Heilung die alte Spannung wiederhergestellt wird, um so mehr behält das Gewebe seine sternförmigen Zellen und seine unregelmässige Anordnung zu durchkreuzten Bündeln bei, um so mehr bleibt die Zwischensubstanz wellig und faserig, oder mit anderen Worten, um so weiter bleibt dieses Narbengewebe von dem Typus des vollendeten Sehnengewebes entfernt. Ich würde also nicht sagen: in diesem Falle sind die Enden nur durch Narbengewebe geheilt und daher ist eine Dehnung entstanden, sondern in diesem Falle sind die Sehnenstümpfe nicht genügend nahe an einander fixirt gewesen, um nach der Verheilung ihre normale Spannung wieder zu gewinnen, und das schlaaffe Sehnengewebe, sowie die verbindende Narbe hat mangels der normalen Spannung nicht diejenige Bindegewebsmodification erfahren können, welche unter normalen Umständen dem ächten Sehnengewebe zukommt.

#### Ueber schlummernde Sehnenzellen.

Bei der Durchschneidung der ganzen Sehnen oder bei der blossen Incision oder bei der Durchstechung mit der Nadel und dem Einlegen eines aseptischen Fadens entstehen, wie oben ausgeführt worden, regressive und progressive Vorgänge neben einander. Wenn man die progressiven Veränderungen in reiner Form für sich verfolgen will, so darf man daher nicht darauf rechnen, an der Durchschneidungsstelle selbst die geeigneten Bilder zu bekommen, sondern man muss in einiger Entfernung von den Verletzungen danach suchen. Auf Längsschnitten wird man aufmerksam durch die dichte Anhäufung von gut gefärbten, reihenweise gelagerten Kernen, zwischen welchen weder Fetttropfen noch die Zerfallsproducte von Zellen und Fasern bemerkt werden. Wenn man diese zellenreichen Gewebsabschnitte (nach Härtung in Flemming'scher Lösung und Saffraninfärbung) bei starker Vergrösserung betrachtet, so erkennt



man darin: 1) grosse Zellen, welche ovale oder spindelförmige Gestalt haben, und entweder vorhandenen Capillaren angehören, oder als Sprossen derselben durch Zellenausläufer mit kleinsten Blutgefässen in Zusammenhang stehen. Diese Zellen sind an Protoplasma und Chromatin am reichsten, sie gehen am frühesten in mitotische Theilung über und zeichnen sich dabei durch grosse, deutliche Knäuel- und Sternformen aus. 2) Leukocyten, welche in den Saftkanälchen der Sehnen in runder oder gestreckter Form liegen und durch die intensive Färbung ihrer mehrfachen oder gekerbten und gedrehten Kerne leicht erkennbar sind. 3) Sehnenzellen.

An den Sehnenzellen bemerkt man bei Anwendung der genannten Färbung im ruhenden Zustande nichts, als einen länglichen, stäbchenförmigen oder zuweilen doppelt ovalen Kern, welcher einer Hohlpfanne ähnlich über die Fläche gekrümmt ist. Von der Zellsubstanz ist nichts als eine zarte, feinkörnige Andeutung im Verlauf der Saftspalte um den Kern zu bemerken. Je stärker nun der Saftstrom durch das losere Bindegewebe der Sehnenscheide und der gröberen Sehnenbündel hindurch in die Sehne selbst eindringt, um so grösser werden die Saftspalten, um so mehr schwellen die Kerne an, und das Protoplasma der Zellen wird deutlich. Es tritt alsdann ein Stadium ein, in welchem auch diese spindligen, aber immer noch schlanken, chromatinarmen Zellen in Kerntheilung übergehen, so dass es nunmehr schwer oder unmöglich wird, den jungen ovalen oder Spindelzellen anzusehen, ob sie Abkömmlinge von Gefässen oder vom losen Bindegewebe oder vom geformten Sehnengewebe sind.

Obgleich diese Ausführungen inhaltlich schon an einer früheren Stelle zu finden sind, so habe ich sie hier doch wiederholt, weil das bessere Verständniss der folgenden Beobachtungen es zu erfordern schien.

Von allen diesen Zellen aber unterscheidet man bei aufmerksamer Betrachtung eine andere Gruppe, welche bisher meines Wissens noch nicht beschrieben worden ist. Diese Zellen findet man zwischen den reihenförmig angeordneten Sehnenzellen, in der scheinbar homogenen Intercellularsubstanz der Primitivfibrillen vor. Im ruhenden Zustande der normalen Sehne

ist hier eine Streifung sichtbar, welche in dem Lehrbuch der Histologie von Stöhr (1891. Fig. 69) als Andeutung schmaler, parallel verlaufender Lamellen gezeichnet ist. Bei der in meinen Präparaten der Kaninchensehne beobachteten stärkeren Saftströmung sieht man nun, dass zu einer Zeit, oder besser gesagt, an einer Stelle, wo die eigentlichen Sehnenzellen schon in Vergrösserung, aber noch nicht in Kerntheilung übergegangen sind, diese parallelen schmalen Lamellen ungemein deutlich hervortreten. Die normal eben nur angedeuteten Spalten zwischen den Sehnenzellen erweitern sich, und nunmehr bemerkt man darin sehr schmale, fein granulirte, an Chromatin äusserst arme Kerne, welche beim Bewegen der Mikrometerschraube überall in der früher zellenlos erscheinenden Zwischensubstanz auftauchen, und ebenso in Längsreihen angeordnet sind, wie die Zellen der ruhenden Sehne selbst. Diese anfangs äusserst blassen Kerne sind schon zu einer Zeit, in welcher sie kaum Farbstoff annehmen (oder äusserst leicht wieder abgeben?), den normalen Sehnenzellen an Gestalt ausserordentlich ähnlich, so dass ihre Form und ihr Verhalten gegenüber dem Saffranin den Gedanken an eine Verwechslung mit Leukocyten bestimmt ausschliesst. Wenn man von einer solchen Stelle des Längsschnittes, an welcher diese kleinen schmalen Kerne soeben sichtbar sind, das Präparat in der Richtung auf die lebhaftere Proliferationszone der Gefäss- und Sehnenzellen zu verschiebt, so erscheinen die anfänglich schmalen und blassen Kerne immer grösser und deutlicher, es hebt sich bald auch ein spindelförmiger Zellenleib ab, häufig treten blattartig an einander liegende ovale Kerne hervor, so dass diese Zellen nunmehr von den normal vorhandenen Sehnenzellen nicht mehr zu unterscheiden sind. Was die Herkunft dieser Zellen anbetrifft, so habe ich hervorgehoben, dass eine Verwechslung mit Leukocytenkernen nicht vorliegen kann. Es kann sich ferner nicht um eine Vermehrung der Sehnenzellen und ein Kleinerwerden derselben handeln, da, wie gesagt, gerade an den Stellen, an welchen die kleinsten, noch blass gefärbten Kerne dieser Art zwischen den Reihen der Sehnenzellen zum Vorschein kommen, eine Kerntheilung der Sehnenkerne selbst noch nicht zu sehen ist. Dort, wo die Sehnenzellen sich durch Theilung vermehren, wo also der Prozess der Regeneration auf

seiner Höhe angelangt ist, sieht man, wie ich bereits angegeben habe, regelmässig eine Menge von jungen runden und spindelförmigen Elementen, welche aus einer Proliferation der Bindegewebs- und Gefässzellen hervorgegangen sind. Das junge Granulationsgewebe enthält also immer neugebildete Gefässe. Wenn nun eine Rückbildung, d. h. ein Uebergang dieses zellen- und gefässreichen Granulationsgewebes in Narbengewebe vor sich geht, so sieht man mit dem Kleinerwerden und allmählichen Verschwinden der früher zahlreichen Spindelzellen auch eine Rückbildung der Blutgefässe eintreten, welche noch längere Zeit in der Narbe durch ihren Verlauf, welcher mit dem der Sehnenbündel nicht parallel ist, hervortreten.

An dieser Rückbildung der Blutgefässe kann man also beurtheilen, ob in der Nähe des zellenreichen Granulationsgewebes die zellenärmeren Gebiete im Zustande der progressiven Anschwellung oder in der allmählichen Abschwellung begriffen sind. Bei Anwendung dieses Maassstabes zeigt sich nun, dass die hier in Rede stehenden blassen Sehnenzellen, welche in den Spalten parallel den eigentlichen Sehnenzellen auftreten, nur an solchen Stellen auftreten, wo noch nichts von Gefässneubildung vorhanden ist, überdies am 5. Tage nach der Verletzung, wo noch an keiner anderen Stelle der Sehne eine rückgängige Umbildung von Granulationsgewebe zu Narbengewebe zu beobachten ist.

Demnach kann ich auch die Möglichkeit nicht zulassen, dass etwa eine zufällige frühere Beschädigung der Sehne bereits vor der Operation bestanden hätte, und dass nun die vernarbte Stelle durch die frische Läsion wieder in Wucherung gerathen sei, da in dem Gebiete der blassen kleinen Sehnenkerne nichts von den Residuen einer Narbe, weder eine Störung in den Reihen der normalen Sehnenzellen, noch eine abnorme Vascularisation vorliegt. Ich sehe mich daher mangels einer anderen plausiblen Deutung zu der Annahme gedrängt, dass die normale Sehne viel mehr zellige Elemente enthält, als es nach den gewöhnlichen Färbungen der Kerne den Anschein hat. Zwischen den hierbei hervortretenden Kernen liegen nach den Befunden an der in Entzündung und Regeneration begriffenen Kaninchensehne noch sehr zahlreiche unsichtbare, zellenwerthige Elemente, welche erst bei stärkerer Saftströmung anschwellen, chromatinhaltige Substanz

annehmen, und nunmehr durch Kernfärbung deutlich gemacht werden können. Auf Vorschlag von Herrn Prof. Grawitz, welcher mich auf diese Bilder aufmerksam gemacht hat, möchte ich diese Zellen als schlummernde Sehnenzellen bezeichnen, da der Zustand, in welchem sie sich befinden, von demjenigen, welchen man gewöhnlich als Ruhezustand bezeichnet, und den Vorgängen der Kerntheilung gegenüberstellt, erheblich verschieden ist. Ob und in welchem Umfange solche Zellen auch in der Sehne des Menschen vorhanden sein mögen, ob die sehr zahlreichen Zellen in der embryonalen Sehne zum Theil in einen solchen Schlummerzustand übergehen, aus welchem sie unter pathologischen Ernährungsbedingungen wieder erwachen können, ob es sich überhaupt um einen Befund von grösserer Tragweite handelt, ob z. B. auch im Narbengewebe die immer mehr sich verschmälern und blässer werdenden Zellen in einen solchen Schlummerzustand übergehen, das muss weiteren Forschungen überlassen bleiben, zu denen ich hier nur eine vorsichtige Anregung gegeben haben will.

---