Die volle Rückkehr des Gewebes zur Norm habe ich bei meinen Versuchen nicht genauer constatirt, da es mir wesentlich darauf ankam, mich von dem Vorhandensein regeneratorischer Processe am Stimmbandepithel zu überzeugen. Das Ergebniss meiner Beobachtungen dürfte sich kurz in folgender Weise formuliren lassen:

1. Unter normalen Verhältnissen regenerirt sich das Epithel der wahren Stimmbänder durch Theilung seiner Zellen, namentlich der der tiefsten Schicht und zwar auf dem Wege der Karyokinese; wenn die letztere unter diesen Verhältnissen nur in sehr geringer Anzahl zur Beobachtung gelangt, so weist dieses darauf hin, dass der Regenerationsprocess des Epithels in der Norm nur ein langsamer ist.

2. Reizungen und künstlich hervorgerufene Entzündungen der Stimmbänder sind von ausserordentlich stark ausgesprochenen Erscheinungen der Karyokinese begleitet. Diese Erscheinungen spielen sich nicht nur an den unmittelbar gereizten Stellen, sondern auch in den tiefer gelegenen Geweben, ja selbst in den angrenzenden, von dem Reize nicht direct getroffenen Partien ab (Epiglottis).

(Aus dem anatomischen Institute zu Strassburg, Els.).

Untersuchungen über Entwicklung und Regeneration der Sehnen.

Von

Dr. A. Beltzow (St. Petersburg).

Hierzu Tafel XXVII B.

I.

Ungeachtet einer Reihe von werthvollen Arbeiten über die Entwicklung und den Wiederersatz des Sehnengewebes stehen wir in diesem Capitel der Histiogenese noch vielen ungelösten

Fragen gegenüber. Ich berücksichtige im Verlaufe der nachstehend mitgetheilten Untersuchungen hauptsächlich folgende Punkte:

1. Woher stammen die Sehnenfibrillen? Direct aus den Zellen, oder aus der vorher angelegten Grundsubstanz?

2. Betheiligen sich bei der Regeneration der Sehnen auch die Sehnenzellen?

3. Betheiligen sich bei der Regeneration auch die alten Sehnenfibrillen? Verwachsen sie etwa mit einander, oder mit den neugebildeten Sehnenfibrillen?

4. Ist das neugebildete Gewebe bei einer Sehnenregeneration völlig gleich dem typischen Sehnengewebe oder trägt es den Character eines Narbengewebes?

Den Gang, den ich bei der Untersuchung einschlug, war folgender: An Fröschen, Kaninchen und Meerschweinchen wurde die Achillessehne bald der Länge oder der Quere nach nur incidirt bald vollkommen quer durchschnitten und nun von Tag zu Tag, bis zu 5 Monaten nach der Operation inclusive, die betreffende Sehne, sowohl makro- als mikroskopisch, untersucht. Ferner wurde das normale Sehnengewebe, von seinen frühesten embryonalen Stadien an bis zu seiner völligen Entwicklung bei dem ausgewachsenen Thier, sowohl auf mikroskopischen Schnitten als auch in Zerzupfungspräparaten untersucht¹⁾.

Ueerblicken wir kurz die vorliegenden Angaben über den Regenerationsvorgang des Sehnengewebes, so finden wir in erster Linie bei Volkmann²⁾, Billroth³⁾, Dembowsky⁴⁾, G. Güter-

1) Die Präparate für die mikroskop. Untersuchung wurden in folgender Weise behandelt: das frisch dem Thiere excidirte Sehnenstück wurde auf 2–3 Wochen in Müller'sche Flüssigkeit gebracht, nach genügendem Auswaschen mit Wasser in Alkohol gelegt, darauf in Hämatoxylin oder Grenacher's Alauncarminlösung gefärbt. Mit Wasser ausgewaschen kam es wiederum auf 2–3 Stunden in schwachen, hierauf eben:olange in absoluten Alkohol, worauf es in eine Mischung von Spermacet und Ol Ricini (120 : 30) eingebettet wurde. Die mit dem Mikrotome angefertigten Schnitte wurden in ol. thereb. oder caryoph. aufgehellt und in Glycerin oder Canadabalsam betrachtet.

In einzelnen Fällen wurden auch die vollkommen frischen Sehnenstücke in Gummi arabicum eingebettet und in Hollundermark geschnitten.

2) Pitha und Billroth, Deutsche Chirurgie (Tenotomie). 1873.

3) Allgemeine chirurg. Path. u. Therap. p. 739–745. Berlin 1882.

4) Ueber den physiol. Heilungsprocess nach subcut. Tenotomie der Achillessehne. Dissertation, Königsberg 1868.

bock¹⁾ und Anderen die Ansicht, dass bei der Wiedervereinigung nach Durchschneidung der Sehnen der Character der Sehnenscheide einen entscheidenden Einfluss besitze. Sie halten das Sehnengewebe nur in einem geringen Grade für reactionsfähig. Es trete in den meisten Fällen nach Durchschneidung der Sehne eine Wiedervereinigung ein, wenn die Sehnenscheide aus lockerem Bindegewebe bestehe, d. h. aus einem Gewebe, das sehr reich an Zellen ist und eine grosse Reactionsfähigkeit besitzt. Dagegen komme eine Vereinigung der von einer Synovialscheide umhüllten Sehne nur selten zur Beobachtung. Diese verschiedenen Ausgänge nach Verwundung eines histologisch gleichartigen Gewebes erkläre sich eben dadurch, dass in dem einen Falle das nur wenig reagirende Sehnengewebe von einem äusserst reactionsfähigen Zellengewebe umgeben sei, während in dem anderen Falle dieser günstige Umstand fehle. Nach der Ansicht von Pirogoff²⁾ soll auf die Regeneration der Sehne die grössere oder kleinere Menge des bei der Verwundung ausgetretenen Blutes einen entscheidenden Einfluss haben, denn es wirke entzündungserregend auf das umliegende Gewebe. Ist das Blutextravasat unbedeutend, so sei eine Regeneration der Sehne kaum zu sehen und finde ihren Ausdruck nur in einzelnen feinen neugebildeten Bindegewebsbündeln.

Die Frage über die Reactionsfähigkeit der Sehne selbst Reizen gegenüber hat seit der Zeit, als uns Ranvier und Boll die wahre Form der Sehnenzellen kennen gelehrt haben, einen bedeutenden Fortschritt erfahren. Paul Güterbock³⁾ führte durch die Sehnen erwachsener Ratten, Kaninchen und Meerschweinchen Fäden hindurch und untersuchte sie 2–24 Stunden nach der Operation, indem er von den ausgeschnittenen und in eine Masse von Wachs und Oel eingebetteten Sehnenstücken Schnitte anfertigte und sie mit Goldchlorid, Essigsäure und Alkohol behandelte. Er fand, dass nach 5–7 Stunden die Zellen sich stark aufblähten und an ihrer Oberfläche Ausbuchtungen und Vertiefungen zu Tage traten, so dass sie die Form einer Brombeere angenommen hatten. Die Aufblähung der Zellen kommt unter Mitwirkung ihrer Kerne zu Statten,

1) Ueber die feineren Vorgänge bei der Heilung per primam an der Sehne. Virchow's Arch. Bd. 56.

2) Ueber die Durchschneidung der Achillessehne. Dorpat 1840.

3) Wiener med. Jahrbücher. 1871. S. 22–29. Untersuchungen über Sehnenentzündung.

da er bei starken Vergrößerungen eine Verdoppelung und Verdreifachung der letzteren constatirte, wobei das Protoplasma eine körnige Beschaffenheit annahm. Auf Grund dieser Befunde kommt Güterbock zu dem Schlusse, dass bei der Entzündung die Sehnenzellen an dem Proliferationsprocesse sich in beträchtlichem Maasse activ betheiligen, was jedoch, nach seiner Meinung, den wichtigen Antheil, den hierbei das lockere zwischen den Sehnenbündeln sich befindende Zellgewebe spielt, durchaus nicht ausschliesst. Doch erkennt er an, dass es schwierig sei die verschiedenen Factoren des Proliferationsprocesses aus einander zu halten.

A. Spina¹⁾ ist fast zu denselben Resultaten, wie Güterbock, gelangt, doch sind nach seiner Meinung die Sehnenzellen nicht nur im Stande zu poliferiren, sondern sie können sich auch zu Eiterzellen umwandeln.

V. Feltz²⁾ hat ähnliche Experimente wie Güterbock angestellt, indem er 2—3 Eisendrähte in einer Entfernung von 5—6 mm von einander durch die Flexorensehnen des Beines von Fröschen und durch die Schwanzsehnen von Mäusen durchzog. Nach 24 und mehr Stunden fand er folgendes: Die Zellen waren in ihrem Umfange vergrößert, das Protoplasma derselben körniger und trüber als im normalen Zustande; weiterhin flossen die Zellen zusammen und bildeten unförmliche Massen zwischen den Sehnenfasern; dann trat eine Vermehrung der Kerne auf, die in einigen Stunden den Protoplasmaleib der Zellen ganz anfüllten, wodurch der Umfang der Zelle noch mehr wuchs; zu einem gewissen Zeitpunkte sind die Sehnenfasern völlig von neugebildeten Kernen umgeben, die die einzelnen Sehnenfasern gleichsam wie eine isolirende Scheide einhüllen. 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 betheiligen. Das weitere Schicksal dieser Kerne ist verschieden. Sie können das Centrum der spindelförmigen das Narbengewebe aufbauenden Zellen werden, wobei der Verfasser bemerkt, dass sich die Sehne mehr auf eigene Kosten als auf die der Scheide regenerire, oder aber sie können

1) Ueber das Vorkommen neugebildeter Formelemente in entzündeten Sehnen. Wien. med. Jahrb. 1876. Heft 3.

2) Journ. de l'Anatom. et Phys. norm. et path. de l'homme et des animaux. 1878. p. 404—413.

einer fettigen Degeneration unterliegen oder sich in Eiterzellen umwandeln. In dem letzteren Falle gehen auch die Fasern stets zu Grunde.

Günsburg¹⁾ führte gleichfalls Fäden durch die Sehnen hindurch, und kam zu folgenden Resultaten: Die ersten nach dem Reize auftretenden Erscheinungen haben einen entschieden degenerativen Character, da die Kerne der Sehnenzellen schwinden und ihre Substanz mit dem Protoplasma in eine körnige Masse zusammenfließt, die zuweilen in einzelne Körner zerfällt, aus denen sich oft runde oder ovale hyaline Körper bilden. Wenn der Reiz lange Zeit einwirkt, so zerfällt in einer ähnlichen Weise auch die faserige Grundsubstanz. Nach Sistirung des Reizes bildet sich an der Peripherie der degenerativen Zone eine starke Proliferation der Sehnenzellen, sie theilen sich, nehmen die verschiedenartigsten Formen an, schicken Fortsätze aus, welche die degenerative Zone durchziehen und auf diese Weise das zerfallene Gewebe ersetzen. Das Protoplasma und die Fortsätze der Zellen zerfallen in Bündel und bilden die faserige Grundsubstanz. Das die Sehnenfasern umgebende Zellengewebe nimmt an der Verwundungsstelle an der Regeneration der Sehnen gleichfalls Theil.

Die Ergebnisse der angeführten Untersuchungen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, dass die in dem gereizten Sehnen Gewebe auftretenden Veränderungen einerseits in einer Degeneration, andererseits in einer verstärkten Proliferation der Sehnenzellen ihren Ausdruck finden. Bei stärkeren Reizen verfallen auch die Sehnenfasern einer Degeneration. Die Sehne regenerirt sich auf Kosten der Fasern, die aus den neugebildeten Zellen sich bilden.

Die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen werde ich, der Uebersichtlichkeit wegen, in folgender Ordnung vorlegen:

Zunächst schildere ich das makroskopische Bild und die bei schwacher Vergrößerung constatirten Veränderungen an den Quer- und Längsschnitten der Sehnen, welche in verschiedenen Zeiträumen nach der Operation zur Beobachtung kamen; darauf lasse ich die feineren Veränderungen in den Zellen und Fibrillen folgen und werde endlich alle aus dem Eingriff an der Sehne resultirenden Veränderungen in ein Bild zusammenzufassen suchen.

Die Achillessehne des **Frosches**²⁾ ist ein ziemlich langer,

1) Ueb. d. Verh. d. Sehnenz. b. d. Entz. Virch. Arch. 1882. p. 263 u. ff.

2) Bei der anatomischen Beschreibung wird der Frosch in einer horizontalen Lage gedacht.

leicht abgeplatteter weisser Strang, der von oben oder hinten und den Seiten her von einer lockeren, membranösen, ziemlich dünnen, nur in loser Verbindung mit der Sehne stehenden Scheide umgeben ist. Nach unten (oder vorne) liegt eine relativ mächtige Lage einer weichen zellenreicheren und saftreichen Substanz, welche sich zum Fusse hin wie ein Sesamknorpel verdickt und dort auch Ossification zeigt; es ist dieses die unter dem Namen des „Achillessehnenknorpels“ bekannte Bildung.

48 Stunden nach der Operation¹⁾ fand ich folgendes Bild: Bei den incidirten Sehnen fand sich in der klaffenden linearen Wunde ein Blutgerinnsel; bei durchschnittener Sehne zeigten sich die Sehnenenden um $\frac{1}{2}$ —1 cm. von einander entfernt und so gegen einander verschoben, dass das obere auf die eine, das untere Ende auf die andere Seite abwich; der zwischen ihnen entstandene Raum war mit Blutgerinnseln erfüllt. Die sichtbaren Gefässe der umliegenden Scheide waren injicirt, die Sehne selbst bei Betrachtung mit dem blossen Auge unverändert. Bei schwacher Vergrösserung fand ich die Ränder der incidirten Sehnen-Stelle leicht klaffend, ein unregelmässiges Dreieck bildend und zickzackförmig conturirt. Ist das Extravasat gross, so dringt es auch in das Sehnengewebe selbst hinein. Die Zellen des letzteren erscheinen vermehrt, sind in Zügen angeordnet und reichen in manchen Fällen bis hart an den Wundrand. In der Sehnenscheide sind keinerlei Veränderungen wahrzunehmen.

An den folgenden Tagen konnte ich makroskopisch an der Sehnenwunde keinerlei besondere Befunde notiren; das Blutgerinnsel begann vom 4. Tage an sich zu entfärben, die Injection des umliegenden Zellengewebes erschien bedeutender; gleichzeitig zeigte sich auch eine unbedeutende Injection an den Enden der durchschnittenen Sehne.

Mikroskopisch findet man am 4. Tage die Sehnenzellen in der Nähe der Wundränder bedeutend vermehrt, auch haben sie an Grösse zugenommen, sind in parallelverlaufenden Zügen angeordnet und ziehen sich gegen die Wunde hin lang aus²⁾.

1) Die Operation wurde in der Weise ausgeführt, dass die verschobene Haut auf der Sehne in der Längsrichtung gespalten wurde, worauf diese auf der einen Extremität in der Längsrichtung incidirt, auf der anderen ganz durchgeschnitten wurde. 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 wurden Seitensuturen angelegt.

2) In diesem Zeitraume hatte ich einige Mal Gelegenheit, eine Ne-

Am 7. Tage ist das Blutgerinnsel beinahe gänzlich entfärbt und zum Theil geschwunden. Mikroskopisch constatirt man eine noch bedeutendere Zellenvermehrung, wobei einzelne Zellen deutlich in das Lumen der Wunde hineinragen. Das Fibringerinnsel findet sich nur noch stellenweise. Die zellige Scheide der Sehne ist verdickt, ihre Blutgefässe sind erweitert, ihre Zellen sind vermehrt und einige von ihnen reichen bis in die Wunde hinein. Zu gleicher Zeit beobachtete ich öfters, dass die vermehrten und vergrösserten Zellen der Sehnenscheide an der Oberfläche der Wunde eine vollständige Decke bildeten, obgleich der Defect selbst noch nicht völlig mit Zellen ausgefüllt war.

An den durchschnittenen Sehnen selbst konnte ich absolut keine Veränderungen constatiren.

Nach zwei Wochen sind die Wundränder an der incidirten Sehne durch eine gallertartige, schwach röthlich gefärbte Masse fest verlöthet.

Unter dem Mikroskop sah man in der Nähe der Wundränder die Zahl der Sehnenzellen beträchtlich vermehrt. Einige von ihnen zeichneten sich durch ihre Grösse und deutlich grobkörnige Beschaffenheit vor den übrigen aus. Sie erwiesen sich lang ausgezogen, ragten aus der Sehne in das Lumen der Wunde hinein und sammelten sich an deren Rändern in Häufen an. Längs der, namentlich auf Kosten der Zellenelemente bedeutend verdickten zelligen Scheide verlaufen erweiterte Blutgefässe.

Gegen das Ende der 3. Woche ist die ganze Sehnenwunde mit dicht nebeneinander gelagerten Zellen erfüllt, zwischen denen hin und wieder Haufen von Blutkörperchen sich befanden, welche noch von der stattgefundenen Blutextravasation herrühren und allmählich der regressiven Metamorphose verfallen. Sehr deutlich lässt es sich verfolgen, wie lange, spindelförmige, mit körnigem Protoplasma versehene Zellen, die in dem Sehnengewebe in parallelen Zügen angeordnet verlaufen, aus derselben heraus in das Lumen der Wunde hineinragen. Diese neugebildeten Zellen gehen ohne scharfe Grenze in die an Zahl vermehrten Zellenelemente der verdickten Sehnenscheide über, die ihrerseits gleichfalls in den Wundraum hineinragen.

krose an den Sehnenwundrändern zu beobachten. Sie erstreckte sich nur auf eine kleine Ausdehnung und gab sich durch einen weisslichen, am Wundrande verlaufenden Streifen, in dem jegliche Zellenelemente fehlten, kund.

In den folgenden Wochen bleibt das makroskopische Bild im Wesentlichen dasselbe; nur geht die schwachröthliche Farbe der Verlöthungsstelle in eine graue matte glanzlose und schliesslich in eine weisse über und ist trotz vollständiger Verwachsung selbst nach 4 Monaten noch deutlich zu sehen.

Fünf Wochen nach der Incision der Sehne des Frosches findet man mikroskopisch Folgendes: Die Zellen in der Sehnenwunde sind auseinander gerückt und zwischen dieselben ist eine weisse faserige interstitielle Substanz getreten, wodurch sie an Zahl scheinbar abgenommen haben. Sie sind in dem Sehnengewebe an den Wundrändern in der Weise gelagert, dass sie seine unmittelbare Fortsetzung zu bilden scheinen; während sie in dem Innern des Wundgewebes (Ersatzgewebes) ohne regelmässige Anordnung in den verschiedensten Richtungen liegen.

Gegen das Ende des dritten Monates hat die Zahl der Zellen noch mehr abgenommen, während das interstitielle Gewebe an Umfang zugenommen und einen deutlich faserigen Character angenommen hat. Zu dieser Zeit besteht die Verlöthung aus einem Gewebe, welches dem gewöhnlichen Sehnengewebe im Wesentlichen durchaus gleicht und sich von dem letzteren nur durch die relativ grössere Zahl zelliger Elemente, ihre unregelmässige Lagerung und durch eine geringere Schlängelung der Fasern des interstitiellen Gewebes unterscheidet. (Bekanntlich zeigen die Fibrillen des normalen Sehnengewebes im nicht gespannten Zustande einen ungemein charakteristischen regelmässigen fein wellenförmigen Verlauf; dieser fehlt den neugebildeten Fibrillen.) In einer noch mehr vorgerückten Zeit, 4—5 Monate nach der Operation, beginnen die zelligen Elemente der Verbindungszelle kleiner zu werden, obgleich an der Stelle der früheren Wundränder immer noch die Zellen an Zahl und Grösse die normalen Abschnitte des Sehnen Gewebes auffällig übertreffen. Die interstitielle faserige Substanz der Verbindungsstelle aber ist immer noch mehr durchscheinend, als das faserige Gewebe der normalen Sehne, und leicht blassröthlich und deshalb bei aufmerksamer Beobachtung stets neben dem umliegenden normalen Sehnengewebe zu erkennen.

Nach völliger Durchschneidung der Sehne ist das Bild ein wenig anders. Gleich nach der Operation retrahiren sich die Enden auf $\frac{1}{2}$ —1 cm. und der gebildete freie Raum wird vom Blutextravasat und von dem Gewebe der sich einschiebenden

Sehnenscheide erfüllt. In den Sehnenenden treten dieselben histologischen Veränderungen auf, wie nach der Incision, doch gesellt sich eine Entwicklung von Granulationsgewebe seitens des benachbarten Bindegewebes hinzu, welches schliesslich die erste Vereinigung der von einander weit abstehenden Sehnenenden besorgt. Diese Verlöthungsstelle fühlt sich nach 4—5 Monaten derb an, hat einen matten Glanz und erinnert, ihrer Form und ihren Beziehungen zu den Sehnenenden nach, an einen Knochencallus. Unter dem Mikroskope findet man, dass sie aus jungen, gefässhaltigem Bindegewebe besteht. Ihre Zellen sind in zwei verschiedenen Richtungen gelagert. In dem oberen Theile der Verbindungsstelle stimmt die Richtung der Zellen mit der der normalen Sehnenzellen überein und hat es den Anschein, als kämen sie aus dem einen Sehnenende hervor, um durch die ganze Länge der Verbindungsstelle hindurch zu dem anderen Ende zu gehen. In dem unteren Theile dagegen sind sie von unten nach oben gerichtet und gehen ohne merkliche Grenze in die Zellen des unterliegenden eigenthümlichen vorhin erwähnten Zellgewebes über. Es sind demnach diese Zellen fast unter einem rechten Winkel zu den früheren gelagert. Der frühere Schnitttrand der Sehne schimmert in diesem Theile deutlich durch. Solch eine Anordnung der Zellen scheint mit einiger Bestimmtheit darauf hinzuweisen, dass an der Bildung des peripheren Theiles des Vereinigungsgewebes die Sehnenzellen sich mehr, als an dem centralen Theile betheiligen; dieser Theil bildet sich beim Frosche beinahe ausschliesslich auf Kosten des darunter liegenden Zellgewebes.

Bei Betrachtung der Präparate mit starker Vergrösserung (Hartnack 2/7) überzeugte ich mich, dass die Vermehrung der Sehnenzellen auf dem Wege der Karyokinese vor sich ging.

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 Flemming¹⁾ in den kernhaltigen Blutkörperchen des Menschen bei Leukämie gefunden worden. Ebensolche karyokinetische Figuren fand ich auch in dem eigenthümlichen sesamknorpelförmigen Gewebe, das sich beim

1) Beitrag zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen. Dieses Archiv XX, 1882.

Frosche unter der Achillessehne befindet, und zwar nur in dem Theile desselben, der der Verwundungsstelle der Sehne entsprach, während ich in den weiter gelegenen Theilen nichts derartiges finden konnte. Zum Vergleich machte ich auch Einschnitte an der Cornea des Frosches und untersuchte dieselbe nach 1—7 Tagen, nachdem sie vorher mit Alkohol und Grenacher's Carmin behandelt worden war. Auch hier fand ich das Anfangsstadium der Karyokinese in den fixen Hornhautkörperchen. — Ähnliche Untersuchungen an der Hornhaut hat auch Hänsel¹⁾ angestellt. Er fand eine Vermehrung des Protoplasmas in den Hornhautzellen, ein Auftreten von neuen Kernen in derselben, die theils durch Theilung der alten, theils neu sich bildeten. Doch hat er eine Karyokinese in den Hornhautkörperchen nicht finden können. Besondere Sorgfalt verwendete ich darauf zu constatiren, dass die karyokinetischen Figuren in der That auch den fixen specifischen Sehnenzellen bzw. Hornhautzellen angehörten, um dem Einwande zu begegnen, als ob es sich etwa um Leucocyten (Wanderzellen) gehandelt hätte. Abgesehen davon, dass Karyokinese meines Wissens bis jetzt an Leucocyten noch nicht beobachtet wurde, lassen sich gerade die fixen Sehnenzellen und fixen Cornealzellen so leicht an ihrer charakteristischen Form und Lagerung erkennen, dass eine Verwechslung mit anderen Gebilden nicht wohl vorkommen kann. Demnach muss ich das Vorkommen von Zelltheilungsprocessen, i. e. Zellenneubildungsprocessen an den fixen Sehnenzellen und Hornhautzellen nach Application von Reizen resp. bei der Regeneration als gesichert ansehen.

Aus den geschilderten histologischen Verhältnissen ist es ersichtlich, dass bei Fröschen die Sehne selbst und zwar vermöge ihrer Zellen an der Verwachsung der incidirten und durchschnittenen Sehnenenden nach Verwundungen einen lebhaften Antheil nimmt. Darauf weist sowohl die bedeutende Vermehrung der Sehnenzellen in der Umgebung der Wunde als auch das deutlich wahrnehmbare Hineinwachsen der Zellen in das Lumen der Wunde hin. Die faserige Grundsubstanz selbst hingegen nimmt an dem Vereinigungsprocesse absolut nicht Theil. In dem sogenannten Knorpelgewebe so wie in der oberflächlichen eigentlichen Sehnen Scheide entwickelt sich indessen ebenfalls eine entzündliche

1) Arch. f. Ophthalm. Bd. XXVII.

Granulationsbildung, die zu einer massenhaften Zellenneubildung führt. Diese Zellen betheiligen sich offenbar auch bei der Organisation der Verlöthungsstelle. Diese Betheiligung der genannten Gewebe an dem Vereinigungsprocesse tritt besonders deutlich nach dem Durchschnitte der Sehne zu Tage; nach Incision derselben spielt sie nur eine untergeordnete Rolle.

Sehr gut lassen sich auch alle diese Proliferationserscheinungen an Sehnen constatiren, welche der Länge nach incidirt waren.

Ich gehe nun zu den Versuchen an **Kaninchen** und **Meerschweinchen** über. Wie bei den Fröschen, so wurde auch bei diesen Thieren an der einen Extremität nur eine Incision, an der anderen eine vollkommene Durchschneidung der Achillessehne ausgeführt¹⁾. Die Durchschneidung der Sehne geschah in der Regel in der Mitte zwischen dem Tuberculum calcanei und der Uebergangsstelle der Sehne in den Muskel.

Die operirten Thiere wurden darauf in verschiedenen Zeiträumen, vom zweiten Tage an bis zu 5 Monaten, nach der Operation getödtet und ihre Sehnen einer makro- und mikroskopischen Untersuchung unterworfen.

Die durchschnittenene Sehne retrahirte sich gleich nach der Operation, wie zu erwarten war, auf $1\frac{1}{2}$ –3 cm, während an der incidirten ein Auseinanderweichen der einzelnen Sehnenbündel nur auf 1–5 mm stattfand. Der Grad des Auseinanderweichens der Sehnenwundränder steht in geradem Verhältnisse zu der Tiefe der Incision. Je tiefer die Incision, um so stärker klappt die Wunde. In Folge des Auseinanderweichens der Enden entsteht ein Raum, der durch Blutgerinnsel und das sich einschiebende Gewebe der Sehnenscheide ausgefüllt wird.

48 Stunden nach der Operation erschienen die Gefässe der Sehnenscheide in der Nähe der Operationsstelle injicirt; sie selbst etwas aufgelockert, verdickt und von röthlicher Farbe; die Sehnenwunde von einem mehr oder minder grösseren Blutextravasate er-

1) Nachdem die Haare abrasirt und die Haut seitlich verschoben war, wurde ein Längsschnitt durch dieselbe direkt über der Sehne angelegt; an der nun zu Tage tretenden Sehne wurde in derselben Weise die Scheide durchtrennt und nun die erstere entweder nur incidirt oder durchschnitten. Die Wundränder vereinigte ich darauf mit Heftpflaster. Alle Operationen, gegen 60 an der Zahl, an 30 Thieren, verliefen ohne besondere Complicationen, wobei die Hautwunde in der Regel per primam intentionem am 6–7. Tage verheilte.

füllt. An den folgenden Tagen war die Gefäßinjection noch bedeutender und die Sehnenscheide beträchtlich verdickt. Zu gleicher Zeit verkleinerte sich der zwischen den retrahirten Sehnenenden entstandene Raum durch Bildung eines Infiltrates der angrenzenden Sehnenscheide. In einigen Fällen beschränkte sich das Infiltrat nicht nur auf die Sehnenscheide, sondern verbreitete sich auch auf das umliegende Zellgewebe, so dass Alles das Aussehen einer gleichförmigen Masse darbot.

Alle erwähnten Erscheinungen waren selbstverständlich auf der Seite der Sehnendurchschneidung stärker, als auf der anderen ausgesprochen.

Am 7.—8. Tage waren die Entzündungserscheinungen beinahe ganz geschwunden und die Sehne zeigte folgendes Verhalten: Ein Zwischenraum zwischen den durchschnittenen Sehnenenden war nicht mehr aufzufinden; er war vollkommen durch das stark infiltrirte und verdickte Sehnenscheidengewebe erfüllt, welches die beiden Enden der Sehne verband. Durch die äusseren Decken hindurch konnte man leicht eine spindelförmige Anschwellung längs der Sehne durchfühlen, welche auf der Seite der durchschnittenen Sehne bedeutender war, als auf der Seite der Incision. Auf dem Längsdurchschnitte konnte man sich überzeugen, dass diese Anschwellung die neugebildete, beide retrahirten Sehnenenden vereinigende Verbindung darstellte. Sie hatte auf dem Durchschnitte eine röthliche Farbe, eine ziemlich weiche Consistenz und war mit der Sehnenscheide fest verbunden. Mit dem blossen Auge betrachtet, erschien sie von den verdickten und indurirten Sehnenenden ziemlich scharf abgegrenzt.

Nach zwei Wochen nahmen diese Anschwellungen an den Sehnen an Umfang ab und hatten auf dem Schnitte ein mehr durchscheinendes hellgrauröthliches Aussehen als früher.

Nach 21 Tagen hatte die nur incidirte Sehne ihre vollkommen normale Form und Dicke wieder erlangt; die durchschnittene Sehne dagegen war immer noch in der Länge eines Centimeters verdickt. Auf dem Durchschnitte zeigte die Verlöthungsstelle eine weniger glänzende Beschaffenheit als das Gewebe der beiden verdickten Sehnenenden. In Folge dessen traten die Grenzen der durchschnittenen Sehnenenden als zickzackförmige Ränder zu Tage, in deren Vertiefungen das neugebildete Gewebe hineindrang und sich sowohl unter als auch über die Sehne ausbreitete. Die Sehnen-

scheide war verdickt und mit der Verlötungsstelle so fest vereinigt, dass beim Abtrennen Stücke der letzteren sich mit ablösten. Man erhielt demnach bei makroskopischer Betrachtung des Durchschnittees der Verlötungsstelle den Eindruck, als sei die Sehne in eine Masse eingebettet, durch welche die durchschnittenen Sehnenenden durchschimmerten.

Im weiteren Verlauf nahm die Dicke der Verbindungsstelle immer mehr und mehr ab, so dass sie gegen Ende der 5. Woche sogar dünner als die Sehne selbst ober- und unterhalb der Durchschnitteesstelle erschien; die nur incidirte Sehne dagegen hatte einen völlig normalen Umfang. Die früher auf dem Durchschnittee scharf hervortretende Grenze zwischen dem neugebildeten Gewebe und dem restirenden Sehnengewebe schwand und erlangte das erstere allmählich den der Sehne eigenthümlichen Glanz. Auch die Verdickungen der Sehnenenden an den ehemaligen Schnittträgern verloren sich. Die Sehnenscheide über dem neugebildeten Sehnenstück wurde dünner und beweglicher, die Durchschnitteesstelle rückte nach oben näher zum Muskelbauche.

Nach 5 Monaten, vom Operationstage an gerechnet, zeigten die Sehnen folgendes Bild: An der incidirten Sehne sah man einen langen, fast ganz wie eine Sehne aussehenden Strang verlaufen, der jedoch dünner war als die alte Sehne über und unter ihm; dieser Strang lag näher zur Muskelsubstanz, als früher, ja sogar in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft. Auf der Seite der incidirten Sehne hatte die Verlötungsstelle eine immer noch weissliche Farbe, die Sehne aber selbst in ihrer ganzen Länge eine gleichmässige Dicke; die Sehnenscheide erschien normal und hatte sogar eine gewisse Beweglichkeit.

Zur mikroskopischen Untersuchung eignen sich in den ersten Tagen nach der Operation nur die incidirten Sehnen, da die Schnittenden nur unbedeutend auseinanderweichen und man auf dem mikroskopischen Präparate sowohl die Wunde als auch das gesunde umliegende Gewebe bei einander hat.

An solchen Sehnen fand ich nach 48 Stunden bei 90facher Vergrösserung, dass die Incisionswunde eine unregelmässig dreieckige Gestalt hatte und von einem Blutgerinnsel, welches den Wundrändern fest adhärirte, ausgefüllt wurde.

Zuweilen sah man auch das Sehnengewebe selbst in einer beträchtlichen Ausdehnung um die Schnittstelle herum von kleinen

Extravasaten wie besät. Die Gefässe der Sehnenscheide waren erweitert. Schon jetzt konnte man bei aufmerksamer Betrachtung der Wundränder eine gewisse Reaction seitens derselben constatiren, die sich durch die Anwesenheit einer grössern Zahl von Zellen-elementen in dem zunächst anliegenden Sehnengewebe kundgab. Diese Zellen erschienen in ihrem Umfange vergrössert und verliefen, in Zügen angeordnet, gegen die Wundränder hin. Am 4. Tage waren sie noch grösser und in ihrer Zahl deutlich vermehrt. Sie lagen in langen Streifen gegen die Wunde gerichtet und ragten aus dem Sehnengewebe um die Hälfte ihrer Länge und noch mehr in das Lumen der Wunde hinein. Schon zu dieser Zeit begannen sich die Zellen um die Wundränder herum in Gruppen anzuordnen.

Zum Ende der ersten Woche war die Wunde mit Zellen ausgefüllt, die einerseits aus dem Sehnengewebe, andererseits aus der Sehnenscheide herausragten. Das faserige Grundgewebe an den Wundrändern erschien leicht zerklüftet und verhielt sich vollkommen passiv. Alle Zwischenräume der Sehnenfasern waren von den beschriebenen neugebildeten Zellen ausgefüllt.

Nach zwei Wochen sah man in der Wunde schon junges, faseriges Bindegewebe, welches die beiden Sehnenenden fest verlöthete, indem es sich beiderseits in die Spalten zwischen den angeschnittenen Bündeln der alten Sehne fortsetzte. Die Sehnenscheide war verdickt und erschien mehr faserig als im normalen Zustande. Im weiteren Verlauf nahm das neugebildete Gewebe immer deutlicher den Character eines faserigen Bindegewebes an, und konnte man in demselben deutlich Faserbündel erkennen. Solch ein Aussehen bot die Verlöthungsstelle in der Regel am Ende der 7. Woche dar und unterschied sich zu dieser Zeit von dem normalen Sehnengewebe dadurch, dass ihre Bündel sich weniger deutlich geschlängelt zeigten (s. das beim Frosch in dieser Beziehung Bemerkte), nicht so dicht neben einander lagen und im Verhältniss zu dem alten Sehnengewebe eine ausserordentlich grosse Anzahl von Zellen-elementen einschlossen. Die neugebildeten Bündel ragten in die Zwischenräume der zerklüfteten alten Sehnensubstanz hinein, mit deren Bündeln sie sich nach Art zwischen einander gesteckter Finger verschränkten.

Nach Verlauf von 5 Monaten glich das neugebildete Gewebe fast vollkommen dem normalen Sehnengewebe und konnte bei oberflächlicher Betrachtung selbst unter dem Mikroskop nicht sofort

unterschieden werden. Jetzt fand man in dem neugebildeten Bindegewebe völlig entwickelte Faserbündel, die in regelmässigen, parallel ziehenden Reihen verliefen, immer jedoch noch eine grössere Zellenmenge als das normale Sehnengewebe einschlossen; auch waren die Fibrillenbündel nicht so regelmässig wellig. Die der Schnittstelle entsprechende Sehnenscheide erschien noch immer mehr faserig und leicht verdickt.

Etwas abweichende Bilder präsentiren sich bei tiefen Incisionen und bei Discisionen.

In solchen Fällen zeigte sich immer die Sehnenscheide in die Wunde hineingepresst und erschien diese theils von dem Gewebe der letzteren, theils von einem Blutextravasat erfüllt, welches oft zwischen die Faserbündel hineinragte und in der Länge der Sehne sehr verschiedenartig gelagert erschien. Diese Umstände erschwerten hier sehr eine exacte Beobachtung der Reaction seitens des Sehnengewebes. Am 4. Tage sah man eine Gefässentwicklung in der verdickten Sehnenscheide und der Wunde Platz greifen. Gegen das Ende der ersten Woche hin war die ganze Wunde mit jungen Zellen ausgefüllt, zwischen denen man in allen möglichen Richtungen Gefässe verlaufen sah. In einigen seltenen Fällen beobachtete ich auch eine Gefässentwicklung zwischen den Sehnenfasern selbst in einiger Entfernung von der Wunde; die Gefässe lagen in einer Bindegewebslücke, die an den Wandungen mit einem Endothel ausgekleidet zu sein schien. Nach Aussen von den Gefässen befanden sich runde zellige Elemente.

In dem Sehnengewebe entwickelten sich dieselben Erscheinungen, wie wir sie bei einer oberflächlichen Incision gesehen, d. h. eine beträchtliche Zelleneubildung, ein bedeutendes Grösserwerden der Zellen, eine streifenartige Anordnung derselben längs der Sehnenfaserung und Hervorragen in das Lumen der Wunde. Doch liess sich nicht mit Bestimmtheit sagen, was aus der Sehne, was aus der Sehnenscheide entstanden sei und wie viel auf Rechnung der aus den Gefässen ausgetretenen weissen Blutkörperchen zu bringen sei, da alle diese zelligen Elemente sich untereinander gemischt hatten. Als schliessliches Resultat fand man auch hier am Ende der 7. Woche eine ebensolche Verbindung, wie bei den nur oberflächlich incidirten Sehnen hergestellt, doch fanden sich hier noch Residua von Gefässen.

Auf mikroskopischen Längsschnitten von Sehnen, welche der

Länge nach incidirt waren, sieht man eine Woche nach der Operation schon bei schwacher Vergrösserung in der faserigen Grundsubstanz eine beträchtliche Zellenwucherung.

Diese Zellen sind an den Rändern der spaltförmigen Wunde in Form ziemlich breiter Streifen gelegen, neben ihnen befindet sich normales Sehnengewebe. Vergleicht man die verletzte Stelle mit den gesunden Partien, so fällt der Unterschied in der Grösse und der Anzahl der zelligen Elemente sofort in die Augen. Während nämlich hart an den Wundrändern die Zellen in fast geschlossenen Reihen liegen, lässt sich in den entfernteren Plätzen durchaus nichts Aehnliches auffinden. Eine Gefässentwicklung ist in der Umgebung der Wunde nicht zu bemerken.

Diese Thatsachen beweisen, dass das Sehnengewebe auf applicirte Reize selbstenergisch zu reagiren im Stande ist, und zwar geht diese Reaction bei Warmblütern noch intensiver als bei Kaltblütern von Statten. Auch tritt diese Reaction unter gewissen Bedingungen ganz unabhängig von entzündlicher Granulationsbildung auf.

Bei Untersuchung der in Rede stehenden Sehnenpräparate mit stärkeren Vergrösserungen ergaben sich in den Zellen, in der Nachbarschaft der Wunde, am 4. Tage nach der Operation, dieselben karyokinetischen Figuren an den Kernen der Sehnenzellen, wie ich sie vorhin beim Frosche beschrieben habe. Zur Beobachtung eignen sich auch hier besonders längs incidirte Sehnen.

Es ist zu betonen, dass die mit karyokinetischen Figuren versehenen Zellen wirklich Sehnenzellen sind, nicht etwa ausgewanderte Elemente.

An den Rändern der langen, spaltförmigen Wunde sieht man dann sehr deutlich die karyokinetischen Figuren in den Zellen. In diesem Falle beschränkt sich die Karyokinese auf ziemlich schmale Streifen des Sehnengewebes, die in unmittelbarer Nähe der Wunde gelegen sind und mit ihr parallel verlaufen. In dem von der Wunde weiter ab gelegenen Sehnengewebe findet man nur die normale Zellenzahl, ohne karyokinetische Figuren. Der Contrast ist ein sehr auffallender, um so mehr, da man das ganze Bild in einem Gesichtsfelde übersehen kann. Der ganze Process scheint sich in einigen unmittelbar der Wunde anliegenden Sehnenbündeln abzuspielen. Die Figuren sind so deutlich, dass man sie bei einiger Uebung schon bei schwachen Vergrösserungen (Hartnack $\frac{2}{3}$) sehen

kann. Der Process der Karyokinese ist bei den Warmblütern auch ein lebhafterer, als bei den Kaltblütern.

Bei der Untersuchung der Karyokinese in den Sehnenzellen stiess ich auf ähnliche Erscheinungen in den Zellen der Sehnenscheide und in dem Granulationsgewebe, das sich zwischen den durchschnittenen Sehnenenden bildet. Ferner konnte man leicht feststellen, dass die Erscheinungen der Karyokinese nur in dem Theile des Zellgewebes auftraten, der der Durchschnittsstelle entsprach, während an den entfernteren Puncten desselben Gewebes nichts davon wahrzunehmen war.

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 Leucocyten darstellen. Aller Wahrscheinlichkeit nach waren die Zellen, in welchen karyokinetische Figuren zu sehen waren, weisse Blutkörperchen, da sie in der Nähe erweiterter Blutgefässe lagen.

Der Process der Karyokinese beginnt, soweit es mir gelungen ist denselben zu verfolgen, in dem Sehnengewebe in der Regel am 3.—4. Tage nach dem Trauma, erlangt einen hohen Entwicklungsgrad am 7. und 8. Tage und dauert länger mit sehr verschiedener Intensität fort. Wenigstens habe ich noch in dem 3 Monate alten Bindegewebe der Narbe hier und da karyokinetische Figuren beobachtet.

Ausser den Sehnen von erwachsenen Thieren untersuchte ich auch solche von Embryonen in verschiedenen Entwicklungsstadien. Bei Embryonen von Kaninchen, Schweinen und Rindern fand ich sehr oft in den Sehnen die Erscheinungen der Karyokinese, doch nicht constant und nicht bei allen in demselben Grade. Man trifft sie sowohl in Sehnen an, die fast nur aus runden, dicht an einander gelagerten Zellen bestehen, als auch an solchen, wo bereits die Zellen eine längliche Gestalt angenommen haben und sich schon Interzellulärsubstanz abzulagern beginnt. Hier will ich auch einer Thatsache erwähnen, die ich an Kaninchenembryonen zu beobachten Gelegenheit fand. Während nämlich Flemming und Andere für das Auffinden der Karyokinese als nothwendige Bedingung hinstellen, dass das zu untersuchende Gewebe absolut frisch sei, d. h. spätestens $\frac{1}{2}$ —2 Stunden nach dem Tode zur Untersuchung gelange, erhielt ich Präparate mit karyokinetischen Figuren von

Kaninchenembryonen, die unter meinen Augen 48 Stunden nach dem Tode gelegen hatten.

Es ist zur Auffindung der karyokinetischen Bilder der Sehnen und der Hornhaut nicht nothwendig, die Präparate nach einer einzigen Methode zu bearbeiten. Man erhält die Figuren ebenso gut bei der einfachen Erhärtung der Gewebe im Spiritus, als bei den anderen mehr oder minder complicirten Behandlungsmethoden (Ac. nitricum, Alaunlösungen etc.). Eine wesentliche Rolle spielen aber die Färbemittel, von denen mir Grenacher's Alauncarmin bessere Resultate als das Safranin gab.

Aus den mitgetheilten Befunden dürften sich folgende Schlüsse ziehen lassen:

1. Die Erscheinungen der Karyokinese sind bei Säugethieren sowohl den embryonalen als den ausgewachsenen Sehnen eigen, lassen sich jedoch an den letzteren nur nach Application von Reizen, wie Verwundungen etc., beobachten.

2. Karyokinetische Figuren finden sich unter diesen Umständen sowohl an den Sehnenzellen selbst, als auch an den Zellen des jungen Ersatzgewebes, welches die Wunde ausfüllt.

3. Die Karyokinese tritt bei Verwundungen auch an den fixen Hornhautzellen (des Kaninchens) zu Tage.

Die Zellenvermehrung, die man an den Wundrändern der Sehne sowohl bei kalt- als warmblütigen Thieren beobachtet, findet somit auf dem Wege der Karyokinese statt. Doch will ich gleich bemerken, dass hier möglicherweise die Zellenvermehrung auch auf dem Wege der einfachen Zellentheilung vor sich gehen kann, denn ich habe sowohl in der Sehne als auch an der Hornhaut des Frosches, allerdings sehr selten, Zellen mit zwei Kernen ohne Spur karyokinetischer Erscheinungen gesehen. Degenerative Veränderungen in den Sehnenzellen, wie sie von Feltz und Günsburg beschrieben wurden, habe ich bei dem von mir eingeschlagenen Verfahren nicht beobachten können, abgesehen von den wenigen erwähnten Fällen geringer Nekrose.

II.

Nachdem nunmehr die an den Zellen der operirten Sehne platzgreifenden Veränderungen studirt waren, erschien es von Interesse

zu verfolgen, woher der andere Bestandtheil des neugebildeten Ersatzgewebes, d. h. die intercellulare, faserige Grundsubstanz herstatte. Die Entstehung der Bindegewebsfasern ist, ungeachtet der mehr und mehr in neuerer Zeit bemerkbaren Uebereinstimmung in der Meinung der Autoren, noch keineswegs vollkommen aufgeklärt. Es existiren zur Zeit darüber noch dreierlei Theorien:

Nach der einen entstehen die Fasern aus der vorher gebildeten structurlosen Intercellularsubstanz, nach der anderen aus den Fortsätzen der Zellen und die dritte nimmt eine direkte Umwandlung des Zellenprotoplasma in die Faserbündel an.

Die letztere Theorie, die von Schwann¹⁾ im Jahre 1839 aufgestellt worden war, hat in unserer Zeit einen eifrigen Vertheidiger in Boll gefunden. Nach demselben soll das Protoplasma der Sehnenzellen schon in den allerfrühesten embryonalen Entwicklungsperioden faserige Beschaffenheit zeigen; aus diesen Protoplasmafasern entstünden in der Folge die Bindegewebsfibrillen durch weiteres Wachsthum, und es soll sich aus jeder Zelle ein ganzes Bindegewebsbündel bilden. Ungeachtet der ziemlich überzeugenden Einwände, welche von Rollett und Ranvier dieser Theorie gemacht worden sind, hat sie in der jüngsten Zeit noch manche Anhänger gefunden.

Ich habe auch in dieser Richtung einige Untersuchungen angestellt an Sehnen von 3—8 cm langen Embryonen von Kaninchen und 1—3 Tage alten Früchten von Meerschweinchen. Die in einer concentrirten Hämatoxylinlösung stark gefärbten Sehnenstückchen wurden auf dem Objectträger in acid. acet. glac. zerzupft und darauf in Glycerin bei starken Vergrößerungen (Hartnack ^{2/7}) untersucht. An solchen Präparaten fand ich öfters in dem Protoplasma der grossen, mit Fortsätzen versehenen Bindegewebszellen eine deutliche faserige Structur; die Fasern verliefen durch die ganze Länge der Zelle, von dem einen Ende derselben zu dem anderen. Einzelne Fortsätze der Zellen zogen sich zu langen Fasern aus, die das ganze Gesichtsfeld einnahmen. Auch sah man mehrere Zellen unter einander durch lange Fortsätze verwachsen und in der ganzen Länge solcher verwachsener Zellen Fasern ausgebildet. Zu derselben Zeit tritt nun auch die Zwischensubstanz auf, in der

1) Mikrosk. Unters. über d. Uebereinst. d. Struct. u. d. Wachsth. d. Thiere u. d. Pflanzen. 1839. S. 135.

man schon eine faserige Structur wahrnehmen kann. Allmählich verändert sich die Form der Zellen noch mehr, ihre Zahl wird auch geringer, während die Intercellularsubstanz sich vermehrt und einen unzweifelhaft faserigen Character annimmt. Diese Metamorphose dauert auch nach der Geburt des Fötus fort, da die jungen Sehnen zellenreicher sind als die alten.

Diese Befunde sprechen offenbar zu Gunsten der Theorie Schwann's und Boll's, d. h. zu Gunsten dessen, dass die faserige Grundsubstanz der Sehne sich direkt aus dem Zellprotoplasma bildet. Doch scheint diese Umwandlung nicht in der allerfrühesten embryonalen Periode statt zu finden. Zu Gunsten der Anschauung dieser Autoren spricht auch der ganze Heilungsprocess in der Sehnenwunde, denn, wie bereits erwähnt, fand ich dieselbe in den ersten 2—3 Wochen nach der Operation mit dicht aneinander gelagerten Zellen erfüllt, zwischen denen bald darauf die faserige Grundsubstanz erscheint. Mit dem Auftreten der letzteren nimmt aber immer die Zahl und Grösse der Zellen ab, so dass man zu dem Schlusse gedrängt wird, die Ausbildung der faserigen Substanz des Bindegewebes geschehe auf Kosten des Zellprotoplasmas.

Während wir an den Zellen der Sehne nach den besprochenen Verletzungen eine Reihe von wichtigen Veränderungen auftreten sahen, die in letzter Instanz — wenn auch in gewissen Fällen wie bei grossen Defecten und heftigen Reizen, unter Concurrenz benachbarter Gewebszellen — zur Neubildung des Ersatzgewebes führen, so konnten wir niemals an den durchschnittenen Fibrillen der alten Sehne, oder an der sie verlöthenden Grundsubstanz Vorgänge bemerken, die als active Veränderungen, als progressive Processe hätten gedeutet werden können. So sahen wir keinerlei Veränderungen an den Fibrillen. keine Schwellung derselben, kein Auswachsen, keine Rückumwandlung etwa in protoplasmatische Substanz. Ebenso wenig sahen wir etwas Aehnliches an der interfibrillären Grund- oder Kittsubstanz.

Unter diesen Umständen muss man fragen, wie denn überhaupt bei der Zusammenheilung der Sehnenenden der feste Zusammenhang herauskomme? Ich habe bereits vorhin angegeben, dass das neugebildete Ersatzgewebe zwischen die interfasciculären Lücken der alten Sehnenbündel hineinwachse, so dass die alten und neuen Fascikel nach Art verschränkter Finger in einander greifen. Hierbei findet aber keine Verwachsung der einzelnen Fibrillen statt, weder

der alten untereinander noch der neuen mit den alten. Es handelt sich einfach um eine Juxtaposition der Bündel mit innigem Ineinandergreifen; die eigentliche Verlöthung muss dabei auf Rechnung der Grund- oder Kittsubstanz kommen, deren neugebildete Portionen sich unmittelbar an die vorhandenen alten anschliessen.

Wie ist nun schliesslich das neugebildete Ersatzgewebe aufzufassen? Ist es in der That ein regenerirtes Sehnengewebe, oder muss es als Narbengewebe betrachtet werden? Das Ersatzgewebe ist histologisch dem alten Sehnengewebe durchaus gleichartig, besitzt jedoch ganz andere physikalische Eigenschaften, als das normale Sehnengewebe. Das embryonal einmal gebildete physiologische Sehnengewebe bleibt bis zum Tode des Individuums unveränderlich. Das Gewebe der organisirten Verlöthungsstelle der durchschnittenen Sehnenenden dagegen verfällt einer ganzen Reihe von Metamorphosen und erhält schliesslich alle Eigenschaften des sog. Narbengewebes, d. h. eines solchen Gewebes, dem eine beständige Neigung zur Retraction innewohnt. Der Unterschied in den physikalischen Eigenschaften dieser histologisch gleichartigen Gewebe ist in der That ein sehr auffallender.

Bei Durchschneidung der Sehne am Kaninchen erhält man ein Auseinanderweichen der Enden in Folge der Muskelcontraction bis auf 2—3 cm. Schon in den ersten 10 Tagen ist dieser Zwischenraum mit jungem Bindegewebe ausgefüllt, das die beiden Enden mit einander verbindet, dessen Länge also auch 2—3 cm gleicht. Nach 5 Monaten misst dieses junge Bindegewebe nur 1½ cm; in noch längerer Zeit verkürzt es sich noch mehr und erscheint dünner als die Sehne selbst ober- und unterhalb der Durchschneidungsstelle. Die physikalischen Eigenschaften dieser histologisch gleichartigen Gewebe sind also sehr verschieden; warum auch das letztere keineswegs mit dem normalen, physiologischen Sehnengewebe identificirt werden kann, sondern mit Recht als Narbengewebe bezeichnet werden muss, woraus aber weiter folgt, dass von einer Regeneration des Sehnengewebes im strengen Sinne des Wortes keine Rede sein kann; dieses wäre nur dann möglich, wenn dem neugebildeten Gewebe mit der histologischen Gleichartigkeit auch dieselben physikalischen Eigenschaften wie dem normalen Sehnen- gewebe zukämen.

Hunderte von Operationen an Menschen ausgeführt beweisen, dass zur Erlangung eines günstigen Ausgangs bei der Tenotomie

nothwendiger Weise der Operation ein mechanischer Zug a. der verwachsenen Sehne nachfolgen muss, denn sonst stellt sich die frühere Contractur wieder her.

Alle angeführten Facta klinische wie experimentelle Beobachtungen, beweisen, dass nach Durchschneidung von Sehnen die Verwachsung durch ein Narbengewebe, welches aus regelmässig angeordneten, in das Sehnengewebe hineinwachsenden Bindegewebsfasern gebildet ist, erfolgt, und keine Regeneration des Sehnengewebes im strengen Sinne des Wortes zu Stande kommt.

Zu denselben Resultaten sind früher schon Volkmann, Billroth, Dembowsky, G. Güterbock und Andere gelangt, doch behaupten sie, dass das Sehnengewebe an dem Neubildungsprocesse nur einen geringen Antheil nehme und schreiben dem umliegenden Gewebe, und zwar der Sehnenscheide in specie, die Hauptrolle zu. Von der Reproductionsfähigkeit der letzteren solle es hauptsächlich abhängen, ob die durchschnittenen Sehnen zur Verwachsung kämen oder nicht.

Aus meinen Untersuchungen erhellt dagegen, dass

1) das Sehnengewebe selbst und zwar durch seine Zellen, wie es auch Feltz annimmt, an der Organisation des neugebildeten Narbengewebes einen grossen Antheil nimmt,

2) dass dieses neugebildete Narbengewebe aus regelmässig und parallel angeordneten Bindegewebsfasern und nicht aus sich durchkreuzenden Fasern, wie es Volkmann meint, besteht.

Wenn bei der Organisation der Verlöthungsstelle die Sehnenscheide sich betheiligt und sich ein förmliches Granulationsgewebe bildet, so sind dafür in solchen Fällen immer Momente vorhanden, die aber ganz zufällig mitwirken und durchaus nicht, wenigstens meinen Erfahrungen nach, eine nothwendige Bedingung für das Zustandekommen der Verwachsung bilden.

In der That wird der bei Durchschneidung der Sehne sich bildende 2—3 cm lange Zwischenraum nothwendiger und selbstverständlicher Weise durch ein Blutgerinnsel und das sich hineindrängende umliegende Bindegewebe zunächst ausgefüllt werden müssen, die hier als fremdartige Elemente einen Reiz unterhalten und wobei selbst in Folge abnormer Lage das eingedrängte Bindegewebe in einen Reizzustand geräth, der zur Granulation führen kann.

Oberflächliche Incisionen an der Sehne beweisen aber un

zweifelhaft, dass eine Verwachsung der Wunde auch durch ausschliessliche Betheiligung der Sehnenzellen zu Stande kommen kann und sind solche Fälle geeignet, die principielle Betheiligung des Sehnenorgans selbst an dem Verwachsungsprocesse zu illustriren. Der Reiz ist hierbei ein geringer und sind die Verhältnisse derart, dass man eine Proliferation der Zellen gut beobachten und constatiren kann, wie sie aus dem Wundrande in das Lumen der Wunde hineinwuchern und sie schliesslich ganz ausfüllen. Hier findet man auch nie in der Wunde weder Zellenelemente der Sehnenhülle noch gar eine Entwicklung von Gefässen. Folglich kommt die Verwachsung *per primam*, und so zu sagen auf rein internem Wege zu Stande. Diese Auffassung widerspricht der von G. Güterbock, welcher selbst bei einem geringen Auseinanderweichen der Sehnenwundränder die Verwachsung ausschliesslich auf Kosten der Zellen der Sehnenhülle zu Stande kommen lässt.

Den besten Beweis dafür, dass das Sehnenorgan selbst sehr energisch reagiren kann, liefert die Durchschneidung solcher Sehnen, die in Synovialscheiden liegen. Drei bis vier Tage nach der Operation sieht man an solchen Sehnen, wie sich die Zellen durch Karyokinese vermehren, an die Wundfläche gelangen und hier eine Auflagerung bilden, die für das blosse Auge als gallertige Masse erscheint. Da das Endothel der Synovialscheide bekanntermaassen an der Verwachsung keinen Antheil nimmt, so sind die Auflagerungen an der Wundfläche der Sehne wohl einzig und allein auf Rechnung ihrer wuchernden Zellen zu bringen.

Deswegen hat das Vernähen der Sehnenenden in der operativen Chirurgie eine wissenschaftliche Basis für sich, denn durch die unmittelbare Vereinigung der durchschnittenen Sehnenenden wird die Blutextravasation und das Hineindrängen fremdartigen Gewebes zwischen dieselben vermieden und werden günstige Bedingungen für die Verwachsung geschaffen. Im vorigen Jahre hat Dr. Jeass¹⁾ die Vernähung einer durchschnittenen Sehne 6 Wochen nach der Verwundung an dem *m. extens. digit. comm.* der Hand ausgeführt. Die Sehnenenden wurden mit Catgut, die Haut wurde mit Silberdraht vereinigt. Schon nach 3 Wochen waren beinahe alle Bewegungen der Finger möglich, nach 5 Monaten konnte der Patient alle Bewegungen mit derselben Kraft, wie vor der Operation, ausführen.

1) Brit. med. Journal. Juli 1882.

Zum Schlusse dieses Artikels summire ich nochmals, der Uebersicht wegen die Resultate meiner Untersuchungen in folgenden Sätzen:

1) Das Sehngewebe reagirt bei kalt- wie warmblütigen Thieren nach Incision wie Discision so stark, dass bei einem 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 lebhaft Reaction von Seiten des umliegenden Zellgewebes hinzu und es bildet sich Granulationsgewebe.

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

3) Die Karyokinese findet auch bei Reizzuständen in den fixen Hornhautzellen und unter physiologischen Verhältnissen in den Sehnen der Embryonen von Säugethieren (Schweinen, Kaninchen und Rindern) statt.

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

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

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

7) eine Regeneration von Sehngewebe im engeren Sinne des Wortes nicht statt.

Erklärung der Figuren auf Tafel XXVII B.

Fig. 1, 2, 3. Fixe Sehnenzellen mit karyokinetischen Kernen in verschiedenen Phasen aus der unmittelbaren Umgebung einer Incisionswunde.

Fig. 4. Fixe Hornhautzelle mit karyokinetischem Kern aus der Umgebung einer Incisionswunde (Kaninchen).

- Fig. 5. Stück der Hornhaut eines Kaninchens. Eine Incisionswunde ist mit jungen Zellen (d) gefüllt. In der Nachbarschaft mehrere Zellen mit Karyokinese (a, b, c), von denen eine, a, sicher als eine fixe Hornhautzelle angesprochen werden muss. e, e unveränderte Hornhautzellen.
- Fig. 6. Längsschnitt von einer Sehne 5 Monate nach einer Incision derselben, Kaninchen, die dunklere Partie ist das neugebildete Ersatzgewebe.
- Fig. 7. Kaninchensehne, 5 Wochen nach einer Incision, Grenzgebiet zwischen der alten Sehnenpartie (a) und dem Ersatzgewebe (b); die Bündel des einen sind zwischen die des andern hineingeschoben.

(Aus dem anatomischen Institute in Strassburg.)

Bemerkungen über die Entwicklung der Nebenniere.

Von

Dr. J. Janošík.

Hierzu Tafel XXVII A.

Bei meinen Untersuchungen über die Entstehung der Geschlechtsdrüsen bei Säugethieren und Vögeln habe ich bald die Erfahrung gemacht, dass nicht eine jede Hervorragung im Bereiche des Keim epithels für die Anlage der Geschlechtsdrüse anzusehen ist, sondern dass jene Prominenz, welche dicht der Spitze jenes Winkels anliegt, den der Wolff'sche Körper mit dem Mesenterium bildet, als die erste Anlage der Nebenniere zu betrachten ist.

Ich will in Nachstehendem kurz einige Stadien der Entwicklung der Nebenniere bei Schweins-, Kaninchen- und Katzenembryonen schildern und dann auch einiger Befunde bei Vögeln gedenken.

Bei Schweinsembryonen von 2,5 cm Körperlänge, bei denen der Müller'sche Gang noch nicht angedeutet war, finde ich die erste