

Untersuchungen über die Bindesubstanz und den Verknöcherungsprocess derselben.

Von

Dr. **Leonard Landois**,

Privatdocenten und Assistenten am anatomisch-physiologischen Institute der
Universität Greifswald.

Mit Taf. I.

1. Abschnitt.

Das Verhalten der Bindesubstanz zu den Bildungszellen.

REICHERT¹⁾ that im Jahre 1845 den für die richtige Erkenntniss der uns hier vorliegenden Gewebsgruppe äusserst wichtigen Schritt, dass er die Gewebe des Bindegewebes, Knorpels und Knochens in eine Gruppe verwandter Bildungen zusammenfasste, der er den Namen der Bindesubstanz gab. Der gemeinsame Charakter dieser Gewebe beruht nach REICHERT darin, dass es zwischen den ursprünglichen elementaren gekerntten Bildungszellen zur Entwicklung einer gallertigen Zwischensubstanz kommt. Diese Zwischensubstanz verschmilzt mehr oder weniger innig mit der Oberfläche der Zellen, nimmt an Masse und Festigkeit mehr oder weniger zu und gestaltet sich so zur Grundsubstanz der fertigen Gewebe. Noch genauer, als es von REICHERT geschehen war, wurde die Gruppe der Bindesubstanzen von VIRCHOW im Jahre 1851 als eine einheitliche Gewebsklasse charakterisirt. VIRCHOW hatte, und unabhängig von ihm DONDERS, das Vorkommen sternförmiger Zellen, der Bindegewebskörperchen, im Bindegewebe nachgewiesen, er bewies ihre Identität mit den sternförmigen Knochenzellen, und hob ihre Verwandtschaft zu den Knorpelzellen hervor. Die zwischen den zelligen Ele-

1) Bemerkg. zur vgl. Naturf. u. vgl. Beob. über Bindegewebe und die verwandten Gebilde. 1845.

menten liegende Masse wird als Intercellularsubstanz bezeichnet, die sich nicht aus Zellen entwickelt, und in welcher beim Bindegewebe die Bildung der Fibrillen ganz unabhängig von den zelligen Elementen vor sich geht. Diese Aufstellung blieb nicht ohne Anfeindung, indem vornehmlich HENLE sich bemühte, das Vorkommen der von VIRCHOW aufgestellten Bindegewebskörperchen im gewöhnlichen Bindegewebe zu bestreiten.

Abweichend von den Ansichten REICHERT's und VIRCHOW's, die also zwischen den Zellen eine besondere Intercellularsubstanz constatiren, steht die Ansicht REMAK's da, der fussend auf dem Boden der Embryonalentwicklung die Grundmasse der Bindesubstanz auffasst als hervorgegangen aus einer Verschmelzung der secundären äusseren Membranen der zelligen Elemente der Bindesubstanz. Eine Intercellularsubstanz ist daher in dem Sinne REICHERT's und VIRCHOW's nicht vorhanden.

Die ganze Schwierigkeit, wie sie in der Lösung der Bindegewebsfrage vorliegt, wie die zelligen Elemente derselben aufzufassen, ob eine Intercellularsubstanz zu constatiren sei oder nicht, hat ihren letzten Grund in der Feststellung des Charakters der Zelle selbst. So lange man, wie REICHERT es fort und fort festzuhalten bestrebt ist, einer jeden Zelle eine besondere Hüllmembran vindicirt, wird es auf dem Gebiete der Bindesubstanz nie zur Klarheit kommen, weil hier Zellmembranen anfänglich gar nicht existiren.

Um zur richtigen Ansicht über das Wesen und die Bedeutung der zelligen Elemente und der zwischen denselben vorkommenden Zwischensubstanz der Bindesubstanz zu gelangen, wird der Weg der Entwicklungsgeschichte der sicherste sein, indem wir nachweisen, wie aus den ursprünglichen Bildungszellen die verschiedenen im fertigen Binde-, Knorpel- oder Knochengewebe vorkommenden Elemente sich differenzirt haben, ein Weg, der namentlich von REICHERT und REMAK für die thierischen Gewebe überhaupt mit Erfolg betreten worden ist.

Wir haben, um von diesem Gesichtspuncte aus unsere vergleichenden Untersuchungen zu leiten, anzufangen mit den ursprünglichen Bildungszellen der Gewebe, den Furchungskugeln des Eies, von welchen REICHERT¹⁾, KÖLLIKER²⁾ und REMAK³⁾ den Beweis lieferten, dass sie die Vorläufer aller zelligen Elemente des Thierleibes seien. Die Betrachtung dieser primitiven Zellen hat als unzweifelhaft gelehrt, dass dieselben hüllenlose mit einem Kerne versehene Protoplasma- kugeln seien, zwischen denen von einer Intercellular-

1) REICHERT, Entwicklungsleben. 4840.

2) Entw. d. Cephalop. 4844. p. 441.

3) Unters. über d. Entw. d. Wirbelth. 4835.

substanz sich nichts vorfindet. Wenn wir demnach in diesen Zellen, den Bildungselementen aller Gewebe, die zugleich mit der grössten Lebenskraft zur Fortpflanzung ausgestattet sind, weder Zellmembranen noch Intercellularsubstanz vorfinden, so muss es uns schon von vorn herein wahrscheinlich werden, dass letztere Gebilde nur als secundäre Formationen der späteren Gewebe aufzufassen seien, und als nöthige Bestandtheile von Zellen oder Zellgeweben in keiner Weise angesprochen werden können. So lange noch eine Zelle fähig ist, ähnlich den Furchungskugeln, sich durch Theilung fortzupflanzen, so lange ist sie stets hüllenlos. Wo aber in einem fertigen Gewebe die Zelle an ihrer Oberfläche eine differenzirte feste Hülle abgeschieden hat, wird sie zur Fortpflanzung untauglich, sie dient dann nur den Functionen der Ernährung, Secretion, überhaupt nur noch dem Stoffwechsel. Die Zellmembran ist als eine abgeschiedene Cuticula, wie LEYDIG es bezeichnet hat, aufzufassen, in welche hinein der lebendige Zellkörper von dem Geschäfte der Fortpflanzung sich gleichsam zurückgezogen hat. Soll die Vermehrung aufs Neue vor sich gehen, so muss diese Schranke fallen, die klösterliche Zellhülle, welche eine Proliferation inhibirte, wird beseitigt und an den wie die Stammeltern völlig freien, kann nun erst durch Theilung des Zellkörpers eine Vermehrung wiederum vor sich gehen. Ueberall dort wo Zellbildung vor sich geht, sehen wir die Zellen hüllenlos, ähnlich den Furchungszellen. Eine passendere Stelle für das Studium dieser Verhältnisse liefern die geschichteten Epithelien der äusseren Haut, der serösen sowie der Schleimhäute. HENLE¹⁾ und LUSCHKA²⁾ haben gezeigt, und die Entdeckung ist leicht zu constatiren, dass die tiefen Schichten der Epitheliallager aus Kernen bestehen, die von hüllenlosen Protoplasmamassen umlagert sind, ohne dass von Zellhüllen etwas zu bemerken wäre. An der äusseren Haut von Kalbs-embryonen konnte ich mich auf das deutlichste davon überzeugen, dass während die oberste Zellschicht aus polygonalen platten Zellen mit besonderen Zellmembranen bestand, das tiefe Lager nur Zellen führte, die als einfache Protoplasmaklumpchen mit eingeschlossenem Kerne erschienen. Ja die Protoplasmamassen benachbarter Zellen können sogar mit einander verschmelzen, verkleben, so dass eine gemeinsame kernhaltige Anhäufung der Zellsbstanz vorhanden ist, wie sie REMAK³⁾ aus der Leber einer Froscharve abgebildet und beschrieben hat und wie man sie auch an andern Orten, z. B. im Knochenmarke vorfinden kann. Mehr gegen die Oberfläche der Epitheliallager sondern sich die Zell-

1) Allg. Anat. p. 234. 229.

2) Struct. d. serös. Häute p. 73.

3) Unt. Tafel IX. 23.

körper und das Protoplasma verdichtet sich endlich an der Oberfläche einer jeden Zelle zu einer Zellmembran. Nur in den tiefen hüllenlosen Zellschichten kann eine Vermehrung vor sich gehen, und von der Tiefe aus drängt eine neue gebildete Zelllage die andere vor sich her, die eingeschlossenen Zellen der obern Lage dienen nur noch dem Stoffwechsel, sie sind unfähig der Fortpflanzung.

Es wäre indess jedenfalls zu weit gegangen, wollte man, wie M. SCHULTZE¹⁾ es angedeutet, aber später wiederum zurückgenommen hat²⁾, die Zellhülle als eine gleichgültige, hinderliche, die Decrepidität der Zelle bezeichnende Bildung ansprechen. Im Gegentheil, gerade so charakteristisch und nothwendig das Fehlen der Hülle für die in dem Geschäfte der Fortpflanzung befindlichen Zellen ist, so charakteristisch und nothwendig ist die Hülle der ganzen Mehrzahl derer Zellen, welche nur als Organe und Träger des lebendigen Stoffwechsels fungiren.

Wenn wir uns nach diesen Auseinandersetzungen besonders dem Bindegewebe zuwenden, so ist es zunächst das embryonale Bindegewebe, welches unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt. Die ursprünglichen hüllenlosen Bildungszellen des Bindegewebes, die Abkömmlinge der Furchungskugeln, lagern sich mit ihren Protoplasma-körpern eng aneinander, ihre Oberflächen verkleben mit einander, der Protoplasmagehalt benachbarter Zellen läuft in einander, wie Oeltropfen auf einer Wasseroberfläche, und so sehen wir als die erste Vorbildungsstufe des Bindegewebes eine zusammenhängende Protoplasmamasse mit eingelagerten Kernen. Diese Bildungsstufe hat namentlich auch BAUR³⁾ richtig beschrieben und ich habe seine Angaben durchaus bestätigt gefunden. Wir sehen eine Anzahl häufig mit deutlichen Kernkörperchen ausgestatteter Kerne in einer mässigen Menge structurlosen Protoplasmas eingelagert und somit von einander getrennt. Diese bläschenartigen Kerne beschrieben ausserdem bereits SCHWANN⁴⁾, HENLE⁵⁾, MANDL⁶⁾ und HUXLEY⁷⁾. Ein Versuch die Zellen von einander zu trennen, scheidet mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln jedesmal, man erhält nur die Kerne, an deren Peripherie Bruchstücke und Fetzen der nächstliegenden Protoplasmamassen hängen geblieben. Von der richtigen Auffassung dieses primitiven Gewebes hängt die Beurtheilung der

1) Muskelkörperchen. Archiv f. Anat. 1861.

2) Protoplasma. Leipz. 1863.

3) Entw. d. Bindesubst. 1858.

4) Mikroskopische Unters. p. 133.

5) Allg. Anat. p. 379.

6) Anat. microscop. II. p. 282.

7) HENLE'S Jahresb. 1854. p. 39.

späteren Bildung durchaus ab. Die Deutung, wie ich sie vorgetragen, schliesst sich den Ausführungen von M. SCHULTZE an, die ihre volle Berechtigung in den bereits von REMAK constatirten Thatsachen der Histogenese haben. SCHWANN hielt die Kerne ebenfalls für echte Kerne, um welche herum, wie er annahm, sich später der Zellkörper entwickeln würde, eine Reihe anderer Forscher enthält sich bei der Frage, ob die eingelagerten Bläschen Zellen oder Kerne seien, einer definitiven Entscheidung, BAUR betrachtet sie endlich geradezu als Zellen, und obschon er sie morphologisch mit freien Kernen identificirt, so spricht er ihnen den Charakter echter Zellen dennoch mit Bestimmtheit zu¹⁾. So kommt er in diesem primitiven Gewebe zur Annahme von Zellen und zwischen gelagerter Intercellularsubstanz und legt dadurch den Grund der fehlerhaften Auffassung, die die sonst durch Klarheit der Darstellung und Genauigkeit der Beobachtungen ausgezeichnete Abhandlung durchzieht. Ich hebe dem gegenüber auf das bestimmteste hervor, dass von Intercellularsubstanz gar nichts existirt, das höchst einfache Gewebe besteht lediglich aus den verschmolzenen Protoplasmaleibern der Bildungszellen mit den darin liegenden Kernen. Auch ich entnahm, wie BAUR, das Material von Rindsembryonen verschiedener Grösse. Was die nähere Beschaffenheit der Kerne und der Protoplasmatheile anbetrifft, so bestätigen meine Untersuchungen die Angaben BAUR's. Die Kerne, runde Bläschen mit deutlicher Hülle, zeigen bei Essigsäurezusatz eine Unlöslichkeit der Hülle und nur geringe Trübung des Inhalts in Form eines körnigen Niederschlages in den peripherischen der Hülle zunächst liegenden Bezirken. Ein Kernkörperchen, hell und homogen, ist meist nachweisbar. Die Kerne nebst Kernkörperchen sieht man oft in der Theilung begriffen, indem der Nucleolus getheilt erscheint, die Kernmasse sich verlängert und zur Theilung sich anschickt.

In dem geschilderten primären Zustande des Bindegewebes sind alle Arten desselben nach gleichem Typus angelegt. Nun erfolgt die Ausbildung zu der charakteristischen Form des reifen Gewebes, die ja in der Gruppe des Bindegewebes eine mehr minder abweichende ist. Aber auch diese definitive Ausbildung, dieses Heranreifen, geht nach gleichem Typus vor sich. Der Vorgang lässt sich in folgender Weise zusammenfassen. Die den Zellkernen zunächst liegenden Protoplasmaschichten verhalten sich abweichend von den peripherischen Massen. Dieselben nehmen eine sowohl physikalisch als auch chemisch von den peripherischen Theilen verschiedene Beschaffenheit an, gestalten sich

1) l. c. pag. 47.

ferner rücksichtlich der Form nach so, dass die die Kerne zunächst umgebenden Protoplasmarrinden unter einander mittels Ausläufer in Verbindung bleiben. Sind die Ausläufer nur nach zwei Seiten entwickelt, so entstehen die spindelförmigen, sind sie nach mehreren Richtungen hin angelegt, so entstehen die sternförmigen Bindegewebskörperchen. So entsteht ein anastomosirendes Zellennetz in einer Substanz, die so wie früher auch jetzt noch echte Zellsubstanz ist. Das Netz anastomosirender Zellen bleibt auch jetzt hüllenlos wie vordem die Gesamtzellen hüllenlos waren. Auf diese Weise ist es in dem Bindegewebe zur Bildung einer von den Zellennetzen differirenden Grundsubstanz gekommen, die Grundsubstanz verbleibt aber dennoch in enger Verbindung mit den Zellennetzen. Ich glaube, dass es durchaus passend ist, wenn wir die Bezeichnung Grundsubstanz fallen lassen und dafür den von REMAK vorgeschlagenen Namen »Parietalsubstanz« einführen, da diese Bezeichnung das genetische Verhältniss richtig charakterisirt. Die einem jeden Bindegewebskörperchen zunächst liegende Schicht Protoplasma bleibt in ihren Lebensfunctionen innig mit der Zelle verknüpft, es ist eigenes Fleisch, eigener Leib der Zelle, die Zelle ernährt ihn, kann ihn durchdringen mit festeren Massen, kann ihn verflüssigen und einschmelzen. Indess nicht alle Zellenbezirke der primitiven Bindegewebsanlage brauchen an der Bildung des anastomosirenden Netzwerkes theilzunehmen, bei einer mehr weniger grossen Anzahl gruppirt sich der Protoplasmaanteil mehr und mehr eng um seinen Kern, und so entstehen isolirte zwischen den Zellennetzen eingelagerte Zellindividuen, aus denen später Gefässe, Fett etc. sich bilden, anfangs ohne umgebende Hüllmembran, die indess später als Erhärtung der Protoplasmarrinde auftreten kann, wie wir sie als Hüllmembran der Fettzellen beispielsweise vor uns sehen.

Die zwischen den Zellennetzen liegende Protoplasmamasse der ursprünglichen Bildungszellen des Bindegewebes, die Parietalsubstanz der Bindegewebszellen, verhält sich nun in der weiteren Entwicklung verschieden, je nachdem das Gewebe zu geformtem oder ungeformtem Bindegewebe sich heranzubilden bestimmt ist. Die einfachsten Verhältnisse finden sich offenbar da, wo das zwischengelagerte Protoplasma als gallertig schleimige und zugleich structurlose Masse persistirt (Schleimgewebe VICHOW), Verhältnisse, wie wir sie im Nabelstrange, dem Glaskörper und dem Schmelzorgan der Zähne vorfinden. In der gallertigen Grundsubstanz finden sich hin und wieder auch noch einzelne runde Zellen vor, die sich dem Systeme der netzförmig verbundenen Bindegewebskörperchen nicht angeschlossen haben und so als gesonderte Individuen persistiren. Ist der Protoplasmagehalt dieser

Zellen von der Parietalsubstanz nicht deutlich abgesondert, so erscheinen einfache Kerne in der gallertigen Masse eingelagert.

Die Reichhaltigkeit der Zellen in der sogenannten Zwischensubstanz, d. h. innerhalb der peripherischen Protoplasmamassen der ursprünglichen Bildungszellen, kann eine sehr wechselnde sein, ja die Zellen können endlich völlig darin geschwunden erscheinen. Im Allgemeinen gilt das Gesetz, je reichlicher die Zwischensubstanz, desto spärlicher und kleiner die Zellen.

Ueber die Natur der anastomosirenden Bindegewebszellen ist ein langer Streit geführt worden. SCHWANN¹⁾ hielt sie für diejenigen Elemente, aus deren Zerfaserung die Fibrillen des Bindegewebes hervorgehen, VIRCHOW betrachtet sie als hüllenhaltige Zellennetze, die in der Grundsubstanz als in einer Intercellularsubstanz eingelagert sind, HENLE²⁾ erklärt die Gebilde für Streifen Cytoblastem, welches die Kerne sich angeeignet haben, LUSCHKA³⁾ für eine Umlagerung der Kerne mit einer Rindensubstanz, MANDL⁴⁾ für eine Dehiscenz der Grundsubstanz um den Kern, BAUR⁵⁾ hält sie endlich für eine Verdichtung der gallertigen Zwischensubstanz um die eingeschlossenen Kerne und fügt hinzu: »Es liegt nahe, das Auftreten der spindel- oder sternförmigen Körper des Schleimgewebes demselben einfachen Processe einer Verdichtung zuzuschreiben, welcher dem Erscheinen der Fibrillen in der ebenfalls ursprünglich gallertigen Grundsubstanz des Sehngewebes zu Grunde liegt«. Und weiter sagt er: »Die Verlängerung der Ausläufer, ihre netzförmige Verbindung, ihr sprossenartiges Wachstum muss auf dieselbe Weise gedeutet werden wie der Vorgang der Fibrillenbildung, welcher mit einer Zellenmetamorphose nichts zu thun hat. Also nicht Zellen, die in Fibrillen auswachsen, sondern eine Art Fibrillen, welche Kerne einschliesst und deshalb Zellen ähnlich wird, finden sich als Bestandtheile des Schleimgewebes«. Wie die Bildung der anastomosirenden Zellennetze zu Stande kommt, darüber herrscht, wie wir sehen, unter den Forschern eine ziemlich einheitliche Ansicht, und eine Vergleichung meiner vorhin gegebenen Erörterung dieses Bildungsprocesses zeigt, dass ich mich mit derselben im Einklange befinde. Indess den bezeichneten Gebilden den Zellencharakter abzusprechen, wie BAUR⁶⁾ es versucht, halte ich für verfehlt.

1) Untersuchungen.

2) Allg. Anat.

3) Anat. d. männl. Brustdrüse, Müll. Archiv 1852.

4) Histogenèse p. 285.

5) l. c. p. 35.

6) l. c. p. 39.

Dass denselben keine besondere Hülle zukommt, ist kein Grund gegen die Zellennatur, da alle vermehrungsfähigen Zellen hüllenlos sind, dass aber auch ferner nicht die eingeschlossenen Kerne, wie BAUR es will, die Zellen repräsentiren, dagegen spricht zunächst die Thatsache, dass die Gebilde sich physikalisch und chemisch durchaus wie echte Zellkerne verhalten, und ferner die entgegengesetzte Meinung fast aller Forscher, die dieselben als Kerne bezeichnet haben. Was die zwischengelagerte Substanz anbetrifft, so kann ich VIRCHOW nicht beistimmen, der dieselbe als Intercellularsubstanz auffasst. So wie in der primitiven Anlage die Intercellularsubstanz fehlte, so fehlt sie auch jetzt noch, denn es hat keine neue nachweisbare Zwischenbildung zwischen den Zellen stattgefunden und sie konnte nicht stattfinden, weil alle Bildungszellen auf das engste mit einander verschmolzen sind. Es hätte erst wieder eine Trennung der ursprünglichen Bildungszellen vor sich gehen müssen, um eine interstitielle Abscheidung möglich zu machen. Diese findet aber sicherlich nicht statt. Es bleibt daher nichts anderes übrig als anzunehmen, dass die zwischengelagerte Substanz als der peripherische Antheil der ursprünglichen Bildungszellen aufzufassen sei, wie M. SCHULTZE es zuerst gethan hat und wie ich ihm vollkommen beipflichte.

Dem besprochenen »Schleimgewebe« gegenüber verhält sich das fibrillenhaltende Bindegewebe in ähnlicher Weise und zwar sowohl das feste geformte, wie wir es in den Sehnen und den fibrösen Organen überhaupt vorfinden, als auch das lockere, areoläre, formlose. Denn der Unterschied zwischen diesen beiden ist, wie REICHERT¹⁾ mit Recht hervorgehoben hat, nicht durch eine Abweichung der in denselben vereinigten histologischen Elemente, sondern einfach durch eine modificirte Anordnung derselben bedingt, wie es die dasselbe führenden Organe bestimmen. Als Typus des geformten Bindegewebes nehmen wir die Sehne. Der Beginn der Entwicklung ist hier ganz und gar der des Schleimgewebes analog. Auch hier bilden sich die anastomosirenden Zellennetze der Bindegewebskörper, indem sich die den Kernen zunächst liegenden Protoplasmarrinden von den peripherischen Massen differenziren. So entsteht aus der primitiven Anlage der mit den Zellkörpern in Eins verschmolzenen Colonie der Bildungszellen ein anastomosirendes Zellennetz mit zwischengelagertem formlosem Protoplasma. Letzteres liefert nun den Boden für die Fibrillenbildung. Dass die Fibrillen keine Kunstproducte, Faltenbildungen, wie REICHERT behauptet, sind, wird durch die Betrachtung eines Querschnittes, sowie durch die isolirte Darstellung der Fibrillen bewiesen, wie sie ROLLETT

1) Jahresb. 1852.

und HENLE gelehrt haben. Was den Process der Fibrillenbildung selbst anbetrifft, so stimme ich mit der von BAUR¹⁾ gegebenen Darstellung durchaus überein. »Erklärt man — so führt er aus — den Vorgang durch eine Spaltung, Dehiscenz einer homogenen Substanz, so hat diese Bezeichnung das Unrichtige, dass mit dem Auftreten der Fibrillen die Continuität der Membran noch durchaus nicht unterbrochen ist. Vielmehr glaube ich, dass alle Erscheinungen der Fibrillenbildung am besten erklärt, das Wesen derselben vielleicht näher bezeichnet wird, wenn man in derselben das Bestreben einer noch weichen Substanz sieht, ihre Moleküle in gewisser Richtung fester an einander zu lagern, beim Festwerden ein bestimmtes Gefüge anzunehmen, das sich eben in der Streifung und der Spaltbarkeit ausspricht«. Ich will es zugeben, dass dieser Process gewisse Aehnlichkeit aufweist mit der Bildung der Krystalle in einer Mutterlauge, aber denselben, namentlich mit Hinblick auf das von LEYDIG²⁾ beschriebene, den Silberglanz der Schwimmblase und des Peritoneums bedingende Bindegewebe der Fische, geradezu als eine Art organischer Krystallisation aufzufassen, erscheint mir als ein verfehelter Versuch. Die Reichhaltigkeit der Fibrillenbildung ist bekanntlich eine sehr verschiedene: in den Sehnen und Ligamenten liegt eine Faser dicht neben der andern angelagert, während an anderen Orten die Fibrillen in mehr minder grossen Abständen in gelockter Richtung verlaufen. Die Bildung der elastischen Fasern, die so oft neben den Bindegewebsfibrillen vorgefunden werden, ist der Bildung dieser letzteren völlig analog, wie wir aus den übereinstimmenden Untersuchungen von H. MÜLLER, HENLE, REICHERT und KÖLLIKER entnehmen können. Ueberhaupt lässt sich zwischen den Bindegewebsfibrillen und elastischen Fasern nicht unter allen Umständen eine scharfe Grenze ziehen, vielmehr finden vielfache Uebergänge beider Elemente statt. Das die fibrillenhaltige Masse durchsetzende Netzwerk der Bindegewebskörperchen in den Sehnen hat seit geraumer Zeit verschiedene Deutungen erfahren müssen und es lässt sich nicht leugnen, dass in der That dieser Gegenstand zu den schwierigsten und delicatsten Fragen der Histologie gerechnet werden muss. Während wir in demselben ein Netzwerk anastomosirender Sternzellen mit VIRCHOW annehmen, erklärt HENLE dieselben nun schon seit geraumer Zeit als Lücken zwischen den Fibrillensträngen, in welchen Kerne eingelagert sind. Es ist wahr, in der ausgewachsenen Sehne der Säugethiere hält es sehr schwer, sich von der Existenz dieser Zellennetze zu überzeugen, weil sie klein und

1) l. c. p. 20.

2) Unters. über Reptilien und Fische p. 29. Müll. Arch. 1853. Lehrb. d. Histol. p. 379.

spärlich und ihre Kerne nur winzig erscheinen. Aber in den sich zum Ossificationsprocess vorbereitenden Sehnen der Vögel tritt die Sache unzweifelhaft hervor. Hier treten sie mächtig entwickelt auf, ihre Kerne sind bedeutend gewachsen und ich werde bei der Beschreibung der Vogelsehne zeigen, wie es leicht gelingt, ganze Zellennetze theilweise isolirt darzustellen. Hier muss, wie mir scheint, der Einwurf fallen, wir haben isolirte Lücken vor uns. Aber, könnte man sagen, diese Netzwerke haben dennoch auf den Namen echter Zellen keinen Anspruch, denn sie besitzen keine Hüllen oder sie können einfache Kunstproducte sein. Aber auch dieser Vorwand muss schwinden, wenn wir nachweisen, wie beim Ossificationsprocess des Sehngewebes aus diesen zelligen Elementen echte Zellen wie Mark- und Fettzellen und die Bildungszellen der Blutgefässe hervorgehen.

Noch ist bei der Beschreibung der Elemente der Sehne eines Theiles Erwähnung zu thun, nämlich der epitheliumartigen Plättchen an der Oberfläche der gesammten Sehne und ihrer gröberen Abtheilungen, die von HENLE¹⁾ zuerst beschrieben wurden und die ich später bei der Beschreibung der Vogelsehne näher vorführen werde. Es sind kernlose in einfacher Lage die Sehnenstränge überkleidende polygonale Schuppen, auf deren Aehnlichkeit mit den Schüppchen der Haare HENLE hingewiesen hat, ein Vergleich, der als passend bezeichnet werden muss.

Die Sehne, respective ihre einzelnen Bündel lassen sich, was ihre genetische und histologische Eigenthümlichkeit anbetrifft, mit der quergestreiften Muskelfaser sehr wohl in Einklang bringen, wie es von WALDEYER²⁾ nach den Ergebnissen der Untersuchungen M. SCHULTZE'S³⁾ über die Muskelkörperchen geschehen ist. Die Muskelkörperchen und Bindegewebskörperchen bilden das Netzwerk anastomosirender hüllenloser Zellen, die peripherischen Protoplasmatheile der ursprünglichen Bildungszellen gehen über in die Fibrillen der Sehne und des Muskels, und endlich haben wir noch eine Hülle, beim Muskel das structurlose Sarkolemm als Cuticularabscheidung der Zellcolonie einer jeden ganzen Muskelfaser, bei der Sehne oder ihren einzelnen Bündeln die aus Schüppchen bestehende Ueberkleidung.

Ich komme zur Besprechung des Knorpelgewebes und habe auch hier das Verhältniss seiner Elemente zu den ursprünglichen Bildungszellen zu bestimmen. Den gegebenen Erörterungen über das Bindegewebe entsprechend schliesse ich mich mit M. SCHULTZE der Ansicht REMAK'S an, der REICHERT, HENLE, BAUR und AEBY gegenüber gar

1) Canstatt's Jahrb. 1851. pag. 24.

2) Centralbl. f. die med. Wiss. 1865. N. 8.

3) Ueber Muskelkörperchen etc. Dubois-Reichert's Archiv 1861.

keine Intercellularsubstanz annimmt. Die sogenannte Grundsubstanz, die REMAK¹⁾ seinen Anschauungen gemäss höchst passend auch hier als »Parietalsubstanz« bezeichnet hat, ist vielmehr auch hier hervorgegangen aus der Verschmelzung der peripherischen Bezirke der ursprünglichen Bildungszellen. Histologisch besteht zwischen dem Knorpelgewebe der Warmblütigen und dem Bindegewebe vorzugsweise der Unterscheidungspunct, dass bei ersterem die Zellen im reifen Gewebe nicht mit Fortsätzen in anastomosirender Verbindung stehen. Durch Beobachtung der Entwicklung des Knorpelgewebes einerseits, andererseits durch Zerlegung desselben mittels Reagentien kann man den Nachweis liefern, dass die scheinbar vorhandene Intercellularsubstanz gar nicht existirt, sondern dass sie lediglich aus sogenannten verschmolzenen Knorpelkapseln hervorgegangen ist. An manchen hyalinen Knorpeln kann man die Verschmelzungslinien deutlich auch ohne Reagentien erkennen, sehr schön gelingt dies aber auch durch Tinctionen mit Anilin. Man entwässert dünne Schnittchen Hyalinknorpel in absolutem Alkohol und setzt dann den herausgenommenen eine wässerige Lösung von Anilinroth zu. Man sieht alsdann, wie von den Zellen aus sich die Parietalsubstanz imbibirt und zwar in Höfen, die endlich an den Grenzen der verschmolzenen sogenannten Kapseln schwimmen. Die Parietalsubstanz des Knorpels kann sich in weiterer Entwicklung in der Weise vermehren, dass die centrale Schicht Protoplasma abnimmt und die Höhle, in welcher sie liegt, eingengt wird, wie DONDERS²⁾ es durch Messungen constatirt hat. Ja die Parietalsubstanz kann so sehr auf Kosten der weichen centralen Zellmassen sich an bilden, dass wir endlich ganz vergebens in grossen hyalinen Bereichen nach Kernen mit Protoplasmahülle suchen, wie wir es nach der Entdeckung von H. MÜLLER an der knorpeligen Sklera der Fische beobachten können. Analoge Erscheinungen besprachen wir bereits beim Bindegewebe. Andererseits kann indess auch die Parietalsubstanz vom Protoplasma aus wieder vollkommen eingeschmolzen werden, so dass ganze Knorpelbereiche wiederum zu einfachen hüllenlosen Zellen sich umwandeln, wie wir es später genauer sehen werden. Die Bildung der bindegewebigen und elastischen Fasern innerhalb des Knorpelgewebes ist durchaus ähnlich der im Bindegewebe beobachteten gleichzustellen. Wie sehr überhaupt der Knorpel mit dem Bindegewebe übereinstimmt, kann man, wie auch KÖLLIKER hervorgehoben hat, auf das deutlichste an der Grenze des Perichondriums und des Knorpels ersehen. Als sehr zweckmässiges Präparat kann man einen Schnitt durch das Kaninchenohr wählen.

1) Untersuchungen üb. d. Entwickl. Gesch.

2) Nederl. Lancet. Aug. 1851.

Man sieht hier die allmählichen Uebergänge auf das deutlichste vor sich. Die Bindegewebskörperchen werden gegen den Knorpel hin mehr rundlich und massiger, ohne mehr mittels Ausläufer unter einander in Verbindung zu stehen, die sogenannte Zwischensubstanz wird zu der festen hyalinen Parietalsubstanz und die Fibrillen gehen von einem Gewebe in das andere über. Wir sehen somit, dass Knorpelgewebe und Bindegewebe keine verschiedenen Arten von Geweben darstellen, sondern nur Varietäten ein und derselben Art, die sich vielfach zu vertreten im Stande sind. Unsere Grundanschauungen über die Zusammensetzung dieser Gewebe und die Bedeutung der einzelnen Elemente müssen daher für beide Gewebe die gleichen sein und es leuchtet das Irrthümliche in der Anschauung derer, die die sogenannte Grundsubstanz des Knorpels als morphologisch verschieden von der des Bindegewebes constatiren wollen, leicht von selbst ein. Nachdem wir somit das Verhalten der verschiedenen Formen der Bindesubstanz zu einander besprochen haben — (von dem Verhältniss des Knochens zum Bindegewebe und dem Knorpel wird im Verlauf weitläufig die Rede sein) — mag es uns erlaubt sein, unsere Anschauung über Zellen und Gewebe überhaupt in nuce vorzuführen. Unsere Anschauung stützt sich auf die Entwicklungsgeschichte. Die ursprünglichen Bildungszellen aller Gewebe ohne Ausnahme, die Furchungskugeln des Eies, ausgestattet mit dem höchsten Grade des Bildungs- und Fortpflanzungsvermögens, sind hüllenlose, ohne Zwischensubstanz aneinander liegende Zellen, die sich nur durch Theilung fortpflanzen. In gleicher Weise halte ich fest, dass die Zellen aller Gewebe, so lange sie fähig sind sich fortzupflanzen, hüllenlose kernhaltige Protoplasmaklumpchen sind, dass eine Intercellularsubstanz überhaupt nirgends existirt, dass vielmehr alle sogenannte Grund- und Intercellularsubstanz Parietalsubstanz der ursprünglichen Bildungszellen ist; ferner dass alle Zellenvermehrung, wie REMAK mit Recht zuerst hervorhob, nur Theilung ist. Die von dem Protoplasma differenzirte Hülle, wie wir sie an vielen Zellen beobachten, ist als Cuticularbildung aufzufassen, die, so lange die Zelle sich durch Theilung fortpflanzt, fehlt, aber (bei einigen) nothwendig wird, sobald sich dieselbe als Individuum constituirt hat, das nunmehr nur als Organ für endosmotische Vorgänge und den gesammten Stoffwechsel überhaupt zu fungiren hat. Geht die Zelle wiederum an das Geschäft der Fortpflanzung, so betheiligte sich hieran wiederum nur der Kern und das Protoplasma, die Membran verliert ihre Bedeutung. Analog der Abscheidung einer Cuticula um Zellindividuen finden wir eine solche auch um ganze Zellcolonieen, wie bei der quergestreiften Muskelfaser. So finden wir denn im Körper sowohl Zellenindividuen mit oder ohne Cuticula, zu denen letzteren

die contractilen Faserzellen und die centralen Ganglien gehören, als auch Zellencolonien mit Cuticula, und ohne Cuticula, zu denen letzteren die grosse Gruppe der Bindesubstanz gehört. Es sind Zellencolonien, denn die Individuen sind infolge der Verschmelzung ihrer Leiber zu einem Gesamtorganismus zusammengetreten. Ich kann mich nicht über die hier in aller Kürze vorgeführten Punkte weiter auslassen, glaube aber, dass wir die Bezeichnung der Gewebe als aus Colonien, oder als aus Individuen bestehend, überhaupt als eine passende wählen können, worin mir alle diejenigen beistimmen möchten, die mit mir den Reformbestrebungen REMAK'S, BRÜCKE'S und M. SCHULTZE'S auf dem Gebiete der Zellenlehre ihre Anerkennung und Zustimmung zollen.

2. Abschnitt.

Die Ossification des Sehnengewebes.

Beim Menschen kommt unter normalen Verhältnissen eine Verkalkung oder echte Verknöcherung von Sehnen oder überhaupt des sogenannten geformten Bindegewebes nicht vor¹⁾, in den Fällen vielmehr, in denen dieselbe bis dahin beobachtet wurde, scheint eine abnorme Reizung oder Entzündung des Gewebes die Ursache dieser Gewebsummetamorphose zu sein. So verhielt es sich auch in dem von SIGMUND LESSING²⁾ beobachteten Falle, in welchem die Verknöcherung der Achillessehne offenbar nach vorhergegangener Ruptur dieser Sehne entstanden war. Auch A. FÖRSTER³⁾ hat eine verknöcherte Achillessehne des Menschen beschrieben und abgebildet, und er schliesst sich, was die Deutung dieser Gewebsumwandlung anbelangt, den Ausführungen VIRCHOW'S⁴⁾ an, welcher die Ossification des geformten Bindegewebes in der Weise auffasst, dass eine Ablagerung von Kalksalzen in die unveränderten Gewebe hinein stattfindet, jedoch so, dass die darin liegenden anastomotisch durch Ausläufer verbundenen Bindegewebskörperchen nicht mit Kalksalzen imprägnirt werden und so als weichbleibendes, die Ernährung weiterhin wesentlich vermittelndes Zellennetzwerk in

1) HENLE, Jahresb. 1859. p. 95.

2) Zeitsch. f. rat. Medicin. 3. Reihe. 12. 1864. p. 314.

3) Atlas d. mikr. pathol. Anatomie, Tafel 34. Fig. 5.

4) Virchow's Archiv 1847. p. 136. Verhandlg. d. physik. medic. Gesellsch. zu Würzburg. 1852. p. 150.

der festwerdenden die Fibrillen einschliessenden Masse persistiren. Dieser Auffassung gegenüber sind verschiedene abweichende Stimmen laut geworden, so HENLE, BAUR, N. LIEBERKÜHN¹⁾, MARTYN²⁾, S. LESSING und es ist nicht unschwer zu erkennen, dass der Grund für die abweichende Ansicht dieser Forscher lediglich darin zu suchen ist, dass dieselben die im geformten Bindegewebe vorkommenden zelligen Elemente entweder völlig bestreiten oder doch ihre Erscheinung in anderer Weise deuten. Wir werden das Genauere hierüber im weiteren Verlaufe kennen lernen.

In der Classe der Vögel ist das Verknöchern der Sehnen eine durchaus normale Erscheinung und es eignen sich daher die Sehnen dieser Thiere ganz besonders zum Studium der hier vorliegenden Verhältnisse. Die Anzahl der bei den verschiedenen Vögeln verknöcherten Sehnen ist eine verschiedene, bei einzelnen verknöchern sowohl die Sehnen der oberen, als auch der unteren Extremität, bei anderen nur die der unteren, und endlich wiederum bei anderen unter den letzteren nur die des *M. flexor digitorum profundus*. Die Verknöcherung greift immer nur Platz in dem mittleren Theile der Sehne, der bei der Bewegung keine Biegung zu erleiden hat, wohingegen Ursprungs- und Ansatztheil sowie jedesmal eine solche Stelle der Sehne, welche über ein Gelenk hinweggeht, unverknöchert bleibt, weil die Bewegungen offenbar darunter leiden würden. Was die Zeit anbetriift, in welcher die Verknöcherung beginnt, so lässt sich festhalten, dass der Vogel fast immer seine beinahe vollständige Grösse erreicht haben muss, ehe man den Process beginnen sieht. Ich habe mich beim Studium der Verknöcherung der Sehnen der verschiedenartigsten Vögel bedient und habe gefunden, dass bei allen der Process in analoger Weise verläuft. Ich habe sowohl Sehnen der oberen als auch der unteren Extremität benutzt, vorzugsweise der letzteren, und habe auch hier keine Abweichung wahrgenommen. Um einen Ueberblick zu geben, welche Sehnen der unteren Extremitäten beim Haushuhne, welches schon aus Bequemlichkeitsrücksichten sehr wohl zum Studium verwerthet werden kann, sich am Ossificationsprocess betheiligen, gebe ich hier die Namen der Muskeln nach der Bezeichnungsweise TIEDEMANN's an, wie sie LESSING angeführt hat und wie ich es als richtig bestätigen kann. Auf der Streckseite des Hühnerfusses verknöchern die Sehnen

1. des *Musculus extensor digitorum* für die drei Zehen,
2. des *Musculus extensor hallucis*,

1) Archiv f. Anatomie 1860. p. 825.

2) Archives of medicine by L. S. Beale. N. 6. p. 99.

auf der Beugeseite hingegen:

1. die Sehne des *M. flexor perforatus digiti interni*,
2. des *M. flexor perforatus digiti medii*,
3. des *M. flexor perforatus digiti externi*,
(diese drei entsprechen dem *M. flexor digitorum communis brevis*),
4. des *M. profundus s. perforans trifidus* für die drei Zehen,
(entspricht beim Menschen dem *M. flexor digitorum communis longus*),
5. des *M. flexor profundus phalangae primae digiti interni*,
6. des *M. flexor perforatus et perforans digiti medii*,
7. des *M. flexor hallucis*,

die Sehnen der drei folgenden Muskeln, die den *Mm. interossei* des Menschen entsprechen, verknöchern unregelmässig, nämlich

8. des *M. abductor digiti externi*,
9. des *M. abductor hallucis*,
10. des *M. adductor hallucis*.

Wenn die Verknöcherung in der Sehne beginnt, so erkennt man äusserlich an der getrockneten Sehne einen weisslichen Fleck, knochenähnlich, während die übrige Partie durchscheinend bleibt. Schreitet nun die Verknöcherung weiter vor, wie wir es bei den Hühnern in der Richtung von unten nach oben wahrnehmen können, so nimmt der weisse Fleck stetig an Grösse zu. Indessen die Kalkimprägung des Gewebes geht nicht in gleicher Höhenlinie durch die ganze Dicke der Sehne, sondern in der Regel ist der Process im Centrum derselben am weitesten vorgedrungen, während die peripherischen Bezirke der Sehne noch zurückgeblieben sind. Wählt man solche Stellen zum Querschnitt, so erkennt man in der Mitte den Ossificationsheerd, umgeben von einer noch normalen Sehnenrinde. Mitunter ist auch in dem einen oder anderen Sehnenbündel der Process ein wenig weiter gediehen als in benachbarten.

Bevor wir nunmehr zu der Schilderung der genaueren Vorgänge bei der Verknöcherung der Sehnen übergehen, ist es nothwendig, in kurzen Zügen den Bau derselben und die Bedeutung und Anordnung ihrer Elemente zu charakterisiren, um die weiteren Vorgänge genauer bestimmen zu können. Die Sehne des Vogels, so lange sie unverknöchert ist, unterscheidet sich in keinem wesentlichen Punkte von der des Säugethieres. Wie der Bau der Sehne überhaupt aufzufassen sei, habe ich bereits oben aus der Entwicklung derselben hergeleitet¹⁾.

1) Vgl. Centralblatt für die medic. Wissenschaften. 1865. N. 32.

Ich halte namentlich mit MAX SCHULTZE dafür, dass die Entwicklung der Sehne in der Weise aufzufassen sei, dass die ursprünglichen hüllenlosen Bildungszellen derselben mit ihren Protoplasmakörpern eine innige Verschmelzung eingehen. Im Innern des Protoplasmas, und zwar in der Parietalsubstanz, kommt es weiterhin zur Bildung der leimgebenden fibrillären Elemente, der Bindegewebsfasern und der viel spärlicheren elastischen, die bündelweise parallel zu einander gelegen der Länge nach die Sehnen durchziehen. Der übrig bleibende Theil der hüllenlosen Zellkörper bildet nunmehr ein die Bündel durchsetzendes, morphologisch und chemisch verschiedenes, mehr minder reiches Fachwerk, in welchem vornehmlich dort, wo mehrere Wände desselben zusammenstossen, die Zellkerne belegen sind. Hiermit ist der Bau der Sehne in ihren Grundzügen charakterisirt. Betrachten wir nun die Vogelsehne, die unverknöcherte sowohl als auch die verknöcherte auf Längsschnitt und Querschnitt genauer.

Der Längsschnitt der unverknöcherten Sehne liefert uns ein verschiedenes Bild, je nachdem wir diejenigen Theile derselben ins Auge fassen, die niemals verknöchern, oder diejenigen, welche in der Nähe eines bereits aufgetretenen Kalkheerdes, belegen sind, der an der getrockneten Sehne als weisser Fleck erscheint. In ersteren Theilen erscheinen die zelligen Elemente äusserst spärlich, vereinzelt zwischen den groben Fibrillensträngen eingestreut, Kern und Protoplasmakörper von geringer Entwicklung. Je mehr wir uns aber gegen den Verknöcherungsheerd hinwenden, um so grösser und um so reichlicher werden die zelligen Elemente, ohne in ihren charakteristischen Theilen sich zu ändern. Wir erblicken die Zellen nun in ganzen Reihen angeordnet und diese Reihen sind zudem noch viel reichhaltiger als in dem anderen Sehnenbereiche Bindegewebskörperchen neben einander liegen. Die Entfernung dieser Kernreihen betrug in der Sehne eines Sperlings nur 0,00908 — 0,0136 — 0,0190 Mm. Was Form und Charakter dieser Zellen anbetrifft, so sind auch sie hüllenlose mit Kern und bisweilen mit Kernkörperchen versehene Gebilde. Fettkörnchen finden sich an Stellen reichlicher Zellenablagerung oft im Innern des Protoplasmas, oft auch im Innern des Kernes. Ist die Zellenbildung eine sehr reichliche, so erkennt man in der Zellenreihe selbst mehrere Zellen neben einander liegen. Die Protoplasmakörper der Zellen sind allerdings in der Regel mit ihren Massen in einander übergegangen, indess es ist mir doch hin und wieder gelungen, an den reihenweis gelagerten Zellen eine schmale äusserst zarte Grenze zwischen den Protoplasmaantheilen benachbarter Zellen zu erkennen. Eine Hülle ist indess niemals vorhanden und jene Grenzschichten, die heller und körnchenärmer sind,

kommen dadurch zur Erscheinung, dass der Protoplasmaantheil, der einem jeden Kerne zukommt, sich um letzteren, namentlich mit seinen Körnchen, enger gruppirt in unmittelbarer Nähe des Kernes, als in den mehr peripherischen Bezirken. Die Kerne, 0,0046—0,0068—0,0090 Mm. gross, in diesen reihenweis liegenden Zellen vermisste ich niemals, namentlich bei Tinctionen und nach Essigsäurebehandlung. Ihre Form und Grösse ist verschiedenen Modificationen unterworfen: von der schmalen spindelförmigen Gestalt der vereinzelt liegenden Binde-gewebskörperchen werden sie allmählich, dort wo sich Reihen von Zellen bilden, grösser, gestreckt oder kugelig, elliptisch und bei naher Aneinanderlagerung würfelförmig zusammengeschoben. Was den Modus der Zellenvermehrung anbelangt, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass dieselbe durch Theilung vor sich geht. Die übersichtlichsten Bilder über die Anordnung der Elemente der unverknöcherten Sehne erhält man, wenn man die Sehnen kleiner Vögel in toto betrachtet; von beiden Enden gegen die Mitte vordringend überzeugt man sich unschwer von der Richtigkeit der gegebenen Darstellung. Und dennoch ist von den Forschern, die auf diesem Gebiete gearbeitet haben, rücksichtlich der Zellen der Sehne eine meist gezwungene, mitunter völlig unrichtige Darstellung gegeben worden. N. LIEBERKÜHN hält die Kerne für die Zellen selbst und daher kommt es, dass er seine sogenannten Kerne, d. h. unsere Kernkörperchen häufig vermisste, da man die Kernkörperchen in der That an manchen Zellen vergebens aufsucht. Die Grösse der Kernchen in der Sperlingssehne betrug durchschnittlich 0,0045 Mm. Die Protoplasmakörper erklärt er für eine homogene durchsichtige Intercellularsubstanz. LIEBERKÜHN ist, wie wir sehen, in denselben Irrthum gefallen wie BAUR, der bei Betrachtung der Bildungszellen der Sehne ebenfalls die Kerne für die Zellen erklärt hat. Dass diese Ansicht eine irrthümliche ist, dass vielmehr die sogenannte Intercellularsubstanz echter Zellenleib ist, werde ich unten noch genauer nachweisen. In einen zweiten Irrthum verfällt LIEBERKÜHN, wenn er die Abstammung dieser Zellen bespricht. »Wo diese Zellen herkommen«, sagt er¹⁾, »darüber lässt sich bis jetzt nichts Sicheres aussagen. Und wenn sie nebst ihrer Intercellularsubstanz auch eine so grosse Aehnlichkeit mit Knorpel haben, dass dies Gewebe vom Knorpel nicht morphologisch unterschieden werden kann, so wäre zur Feststellung der Identität doch noch die chemische Untersuchung erforderlich. Dass die Zellen die ursprünglich vorhandenen und nur verlängerten Binde-gewebskörper sind, ist deshalb nicht annehmbar, da diese in solcher Anordnung zu keiner Zeit in einer einfachen Sehne vorkommen«. Einer

1) Archiv f. Anatomie 1860. p. 827.

solchen Ausführung muss ich durchaus widersprechen. Kern und Protoplasma diëser Zellen verhält sich chemisch durchaus ähnlich den analogen Theilen der Bindegewebkörperchen, und was ihre Anordnung anbetrifft, so sehen wir statt der einzelnen langgestreckten Bindegewebkörperchen ganze Reihen derselben durch Theilung hervorgegangen auftreten. Dass die Zellen bei der enormen Wucherung, die sie an Grösse und Zahl eingehen, in ihren Formen, namentlich dort wo sie gedrängt gelagert sind, abweichen, kann uns nicht befremden. Ich stehe keinen Augenblick an, die besprochenen Zellen für echte Bindegewebkörperchen zu erklären, morphologisch und physiologisch durchaus gleich den Bindegewebkörpern jedweder anderen Sehne, und ich finde, dass es **LIEBERKÜHN** nicht gelungen ist, seine abweichende Ansicht durch sichere Gründe zu stützen. **LESSING**, der unter dem Einflusse der **HENLE'schen** Lehre vom Baue der Sehne seine Abhandlung geschrieben hat¹⁾, ist rücksichtlich der Deutung ebenfalls in Unrichtigkeiten verfallen. Derselbe erkennt an den nicht ossificirten Stellen, wo die Bindegewebkörperchen noch einzelner liegen, nur Kerne an, in den **HENLE'schen** Lücken liegend, Kerne, die den Kernen unserer Bindegewebkörperchen entsprechen, schildert dann, wie die Kerne weiterhin in ganzen Reihen vorkommen, und nennt dann unbegreiflicher Weise die grösseren Gebilde »Schüppchen« als etwas morphologisch Besonderes, von den Kernen Abweichendes. So findet er wechselweise Kernreihen und Schüppchenreihen nebeneinander, beide haben aber gleiche Anordnung, beide haben, wie **LESSING** mit Recht bemerkt, gleichen Ursprung, indem »von den anfangs gleichen Körperchen der Sehne sich ein Theil zu Schuppen allmählich mit der Entwicklung des ganzen Sehnengewebes ausbildet, während die übrigen Kerne als solche unverändert persistiren«, beide haben eine gleiche stark lichtbrechende Eigenschaft, nur sollen sich die Schüppchen schwerer isoliren lassen. Ich sehe in der That keinen Grund zu einer solchen Unterscheidung ein, es ist eine durchaus haltlose Unterscheidung, wie man sich auch an **LESSING's** eigenen Abbildungen überzeugen wird. Die **LESSING'schen** Kerne und Schüppchen sind ein und dasselbe, es sind die Kerne unserer Bindegewebkörperchen. Die **LESSING'sche** Unterscheidung ist aber um so mehr zu verwerfen, weil man versucht sein könnte, seine Schüppchen mit den **HENLE'schen** Sehnenschüppchen zu verwechseln, von denen sie sehr wohl verschieden sind. Die **HENLE'schen**²⁾ Schüppchen habe auch ich an der Oberfläche der Vogelsehne gesehen und abgebildet. Ich finde sie in einschichtiger Lage an der Oberfläche der

1) a. a. O. p. 314.

2) cf. Canstatt's Jahresb. 1851. p. 24.

Sehne vor, allein schon durch ihre Grösse von den Kernen der Bindegewebskörper unterschieden. Sie sehen einem kernlosen Epithellager ähnlich, indem die polygonalen oder rundlichen Formen unmittelbar aneinander liegen. Fibrilläre Bildungen zwischen denselben kommen durchaus nicht vor. Ueber die Bildung dieser Gebilde stehen mir keine Beobachtungen zu Gebote. Es ist eine zweifache Ansicht über ihre Entstehung denkbar: entweder sind die Schüppchen die metamorphosirten Kerne der ursprünglichen Bildungszellen der Sehnen, die sich auf Kosten des Protoplasmagehaltes vergrössert, so dass sie sich äusserst nahe gerückt sind, oder es sind die ursprünglichen Bildungszellen selbst, die an der Peripherie der Sehne nicht mit ihren Protoplasmakörpern eine Verschmelzung eingegangen sind, sich vielmehr als Individuen separirt erhalten haben, sich sogar mit besonderer Hülle bekleidet, dafür aber ihren Kern verloren haben. Ich möchte mich der ersteren Ansicht zuwenden, ohne dass ich jedoch Beobachtungen zur Stütze derselben vorzulegen im Stande wäre. Wenn wir daher mit vollem Rechte die HENLE'schen Sehnenschüppchen als besondere Bildungen gelten lassen, wohl verschieden von den Bindegewebskörperchen der Sehne oder deren Kerne, so glaube ich andererseits auf die Zustimmung der Histologen rechnen zu dürfen, wenn wir die LESSING'schen Schüppchen an ihren Platz als echte Kerne zurückverweisen. LESSING's Kerne und Schüppchen sind demnach von unsern Kernen der Bindegewebskörper nicht zu trennen, und im Anschlusse hieran muss ich erklären, dass seine Auffassung des Sehnenbaues, wie die LIEBERKÜHN's, eine verfehlt ist. HEINRICH MÜLLER¹⁾ endlich hat sich über die Zellen der unverknöcherten Sehne nur kurz vernehmen lassen, aber es geht aus seiner Schilderung, die ich hier folgen lasse, doch soviel hervor, dass auch er die Kerne wenigstens theilweise für die Zellen erklärt zu haben scheint. »Es ist im Auge zu behalten«, sagt er²⁾, »dass die Zellen der unverknöcherten Sehne eine sehr verschiedene Form haben. Von den rundlichen Blasen, welche in älteren Sehnen allerdings Knorpelzellen äusserst ähnlich sind³⁾, finden sich durch die von den früheren Autoren beschriebenen, beiläufig viereckigen Formen alle Uebergangsstufen zu sehr verlängerten Zellen, welche in Reihen so dicht liegen, dass einige Aufmerksamkeit erforderlich ist, um sie von elastischen Fasern zu unterscheiden, und wer nicht Kali daneben anwendet, könnte hier am leicht-

1) Ueber Verknöcherung, eine Erwiderung an N. LIEBERKÜHN. Würzb. Naturwiss. Zeitschrift Bd. IV. und als Separatabzug Würzburg 1863.

2) a. a. O. pg. 20.

3) Dass dieselben auch in Sehnen, die nie verknöchern, vorhanden sind, hat HENLE mit Recht hervorgehoben. Jahresb. 1860. p. 70.

testen in Versuchung kommen, die »Kernfasern« wieder restituiren zu wollen. An der Peripherie der Sehnen kommen theils stärker spindelförmige, theils, in besonderen Scheiden, sehr exquisite, fetthaltige, blasenartige Zellen vor. Eine Unterscheidung von Kernen und Schüppchen (LESSING) kann ich nur insofern machen, als in manchen, besonders verlängerten Körperchen Kern und Zellsubstanz nicht mehr zu unterscheiden sind. Den Kern finde ich in den noch als Zellen mehr charakteristischen Körperchen viel häufiger und leichter nachweisbar, als die andern Autoren wollen«.

Dieselbe Abweichung der Ansichten in Betreff der zelligen Elemente der unverknöcherten Sehne, wie wir sie bei Betrachtung des Längsschnittes vorfinden, treffen wir auch bei Betrachtung des Querschnittes. Der Querschnitt einer Sehne lässt, namentlich bei grösseren Vögeln, leicht erkennen, dass dieselbe aus einer mehr minder grossen Anzahl von Bündeln besteht, die durch breite Scheidewände getrennt werden, in welchen die grösseren Gefässstämme liegen und in denen nach der Entdeckung HENLE's die Schüppchenummüllungen der einzelnen Bündel ihren Sitz haben können. Die Bündel selbst, auf deren Querschnitte man als feine Punkte die durchschnittenen Fibrillen erkennt, sind durchschossen von einem anastomosirenden Fachwerke von Scheidewänden. Diese Scheidewände sind die Protoplasmakörper der Bindegewebskörperchen der Sehne, die in diesem Stadium eigenthümlicherweise nicht durch blosse Ausläufer, sondern mittels anastomosirender Platten oder Scheidewände unter einander in Verbindung stehen. Ihr Verhalten zu Reagentien, namentlich zu aufquellend machenden, ist den Fibrillen gegenüber auffällig, indem das Quellungsvermögen bei weitem geringer ist als das der Bündel, ebenso ziehen sie Farbstoffe begieriger an als diese. Die Kerne dieses Zellenfachwerkes sind dort belegen, wo mehrere Scheiden zusammenstossen. Diese meine Auffassung vom Baue der Sehnen ist von den Forschern, welche sich mit der Verknöcherung der Sehnen beschäftigt haben, nicht getheilt. LIEBERKÜHN hält unsere Protoplasmamassen für Scheidewände, in denen die Zellen erst belegen sein sollen, jene Zellen, die wir bei Betrachtung des Längsschnittes als Kerne bezeichnen mussten. LESSING hält mit HENLE die kleineren Scheidewände für Lücken, in welchen er seine Kerne und Schüppchen vorfindet. Dass letztere Auffassung eine unrichtige ist, geht schon daraus hervor, dass man zwischen diesen sogenannten Lücken mit ihren Kernen die Bündel hervorquellen lassen kann, ohne dass dieselben sich ändern, was doch, wenn es wirkliche Lücken wären, unmöglich sein müsste. Schon LIEBERKÜHN hat dies dargethan. Nimmt man einen Querschnitt einer Sehne und behandelt denselben mit con-

centrirter Salpetersäure oder auch mit Essigsäure, so quellen die Fibrillenbündel aus den Fächern hervor. Süssst man nun die Schnitte aus und tingirt mit Anilinroth, so hat man die zierlichen Zellennetze scheinbar isolirt dargestellt. Wären dieselben einfache Lücken, so müssten sie bei der Aufquellung der sie begrenzenden Bündel offenbar ihre Gestalt einbüßen, sie müssten kleiner und enger werden, was nicht der Fall ist. Man kann aber ausserdem die unzweifelhafte Beobachtung machen, dass die Bündel aus den Fächern über der Schnittfläche hervorquellen, gleichsam auskriechen, was mit einer Annahme von blossen Lücken mir ganz und gar unvereinbar erscheint. Es sind also keine kernhaltigen Lücken, oder zellenhaltige Scheiden, die wir so scheinbar völlig isolirt dargestellt haben, sondern die hüllenlosen anastomosirenden Zellennetze der Sehne. Die Bindegewebskörperchen der Putersehne hatten eine Grösse von 0,0136—0,019 Mm., ihre Kerne 0,0068 Mm., ihre Ausläufer waren 0,019—0,0226 Mm. lang und die zwischenliegenden Sehnenbündel hatten einen Durchmesser von 0,0227—0,0452 Mm. Im Innern der Bündel erkennt man die resistenteren elastischen Fasern, aber zellige Elemente habe ich darin nicht vorfinden können. Ich schliesse mich also, was die Auffassung des Verhaltens der zelligen Elemente anbetrifft, in den Grundzügen den Ausführungen VIRCHOW'S an. Wenn irgendwo — und hierin stimme ich mit LIEBERKÜHN¹⁾ vollkommen überein — der alte Streit über die zelligen Elemente der Sehnen oder über die statt derselben supponirten Lücken in leichter Weise zur Entscheidung und zum Austrag gebracht werden kann, so ist es gerade das Feld der verknöchernden Vogelsehnen. Ich wenigstens bekenne offen, dass ich hier sehr bald aus meiner früheren Stellung als Skeptiker mit aller Entschiedenheit auf die Seite VIRCHOW'S übergetreten bin. Und dass ich hierin Recht gethan habe, will ich im Verlaufe noch mehr zu stützen versuchen. — Je weiter wir von dem oberen oder unteren Ende der Sehne beginnend gegen den Verknöcherungsheerd vordringen, um so reichlicher werden die Zellennetze oder Zellenfachwerke. Wir sind in jenen Bezirken angelangt, wo wir bei Betrachtung des Längsschnittes die Zellen in ganzen Reihen neben einander angetroffen haben. Die Betrachtung des Querschnittes dieser Stelle lehrt, dass in der That eine reiche Zellenvermehrung stattgefunden hat. Sie haben mit ihren Ausläufern die dicken Fibrillenstränge vielfach durchbrochen, durchschossen, und so kommt es, dass das Zellenmaschenwerk auf dem Querschnitte viel enger und reichhaltiger erscheint. Die Kerne liegen auch hier an den Knotenpunkten und sind durch Tinctionen leicht und deutlich nachweisbar. Sieht man hin und

1) a. a. O. pg. 846.

wieder an einem Knotenpunkte zwei oder mehrere Kerne neben einander gelagert, so beweist dieses, dass der Querschnitt gerade eine solche Stelle getroffen hat, an der wir auf dem Längsschnitte zwei oder mehrere Zellenreihen neben einander liegen sahen. Auch an diesen Stellen vermag man durch die angegebene Behandlung mit Säuren, wiewohl schwieriger und unvollkommener, die Zellennetze scheinbar völlig zu isoliren, indem die Bündel über der Schnittfläche hervorquellen. Die einzelnen Zellen erscheinen nur kleiner, ebenso ihre Kerne und ihre Ausläufer sind kürzer geworden. Die Grösse der Zellen betrug an der Putersehne 0,00908—0,0113 Mm., ihre Kerne 0,00454—0,00439 Mm., die Fibrillenstränge waren im Mittel 0,0136—0,0227 Mm. dick. Da die Verknöcherungsvorgänge in der Sehne nicht überall in gleicher Ebene und Höhe vor sich gehen, so erkennt man auf Querschnitten oft im Centrum bereits das Stadium der Zellenvermehrung, während die Rindensubstanz der Sehne noch das einfache ursprüngliche Gefüge bewahrt hat.

Ist nun infolge der Zellenproliferation die ganze Sehne unter einander und neben einander mit reichlichen Zellennetzen durchschossen, so treten nun mit der eigentlichen Verknöcherung zwei neue Momente hervor: die Imprägnation der Grundsubstanz mit kalkhaltigem Blasteme und die Bildung von vielfachen sich vergrössernden gefässhaltigen Hohlräumen und deren definitive Ausfüllung mit neugebildeter Knochensubstanz. Die Ablagerung von Kalksalzen im Gewebe der Sehnen macht sich zuerst dadurch bemerklich, dass die Fibrillenstränge wie mit einem feinkörnigen Staube stark lichtbrechender Körperchen bedeckt und durchdrungen erscheinen. Es sind dies die anfangs noch discreten Kalkkrümel. Weiterhin sieht man ihre Grösse zunehmen, sie werden eckiger, scheinen zusammenzutreten und endlich ist das Gewebe wiederum von homogenem, wie verschleiertem Aussehen. Diese Kalkablagerung erstreckt sich vorläufig indess stets nur auf die Fibrillenstränge, nicht auf das Zellenfachwerk. Die Stränge erscheinen homogen undurchsichtig, wie beschleiert, indess gelingt es noch, an dem Längsschnitte die Richtung der Fibrillen zu erkennen. An einer Sehne des Puters, die ich in absolutem Alkohol trocknete, schlugen sich die Kalksalze krystallinisch im Gewebe nieder. Extrahirt man die mit Kalksalzen imprägnirten Sehnen mit verdünnten Säuren, so zeigt sich, dass ausser der Kalkablagerung das Gewebe noch eine andere Umwandlung erlitten hat. Es haben die Fibrillenstränge in ganz beträchtlicher Weise ihr Quellungsvermögen eingebüsst. Legt man eine ganze Sehne eines kleinen Vogels in die Säure, so sieht man, wie dieselbe an den durch-

scheinenden kalklosen Stellen stark aufquillt, während die weissen kalkhaltigen Stellen nur um ein wenig nach der völligen Entkalkung dicker geworden sind; die Sehnen erscheinen an diesen Stellen wie eingeschnürt. Ich glaube daher, dass die Sehne beim Verkalkungsprocess nicht einfach die Kalkmassen in sich aufnimmt, sondern dass die Bündel von einem besonderen Blasteme durchdrungen werden, welches die Kalkmassen führt, aber ausserdem auf das innigste in die Organisation der Fibrillenstränge aufgeht. Fragen wir, woher dieses Blastem geliefert wird, so glaube ich, dass wir im Rechte sind, wenn wir annehmen, dass die Zellennetze es sind, welche dieses Blastem ausscheiden, denn die Zellen sind in einem Gewebe die Centralherde, von denen die Ernährungs- und Bildungsvorgänge für ihre Parietal-substanz ausgehen.

Bis zu diesem Momente hat die Sehne noch immer ihren Charakter bewahrt, sie hat noch ihre Fibrillenstränge und ihr anastomosirendes Zellenfachwerk wie vordem, nur dass erstere von dem bezeichneten kalkhaltigen Blasteme durchdrungen sind. Der weitere Verlauf ist nun der, dass das kalkhaltige Blastem nach vollkommener Imprägnation der Fibrillenstränge nun auch auf das Zellenfachwerk übergeht. Von dem Zellenfachwerk erliegt aber nur ein gewisser Theil der Verkalkung, nämlich soviel, dass die Zellen mit Ausläufern unter einander in Verbindung erhalten bleiben. Während die Zellen früher, so lange sie ein Zellenfachwerk im Innern der Sehne bildeten, mittels breiter Septa anastomosirten, anastomosiren sie nun nur noch, nachdem in gewissen Abständen Stücke der Septa verkalkt sind, mittels röhren- oder fadenförmiger Ausläufer. An die Stelle des anastomosirenden Zellenfachwerkes ist ein Zellennetzwerk getreten. Längsschnitte und Querschnitte verkalkter Sehnen geben über diese Verhältnisse besonders dann klare Auskunft, wenn man sie nach genauer Betrachtung unter dem Mikroskope entkalkt. Fassen wir das Resultat des Verknöcherungsvorganges in dem zuletzt entwickelten Stadium kurz zusammen, so ergibt sich, dass die anastomosirenden Bindegewebskörperchen unzweifelhaft in anastomosirende Knochenkörperchen übergehen, wie VIRCHOW und FÖRSTER bereits hervorgehoben haben. Allerdings haben diese Forscher den Vorgang in einer etwas modificirten Weise aufgefasst, indem sie annehmen, dass die Bindegewebskörperchen schon von vorn herein die Gestalt der späteren Knochenkörperchen, namentlich ihre Ausläufer besäßen, das ist für die Vogelsehne indess nicht der Fall. Was die Knochenkörperchen der Sehne weiterhin anbelangt, so ist ihre Gestalt eine verschie-

dene, entweder sind sie langgestreckt, mehr spindelförmig, oder mehr rundlich, viereckig, unregelmässig blasig aufgetrieben. Immer aber sind sie noch in Reihen belegen, in welchen sie vordem als Bindegewebskörperchen angeordnet waren. Der Kern der Bindegewebskörperchen ist zum Kern der Knochenkörperchen übergegangen und kann im Innern derselben namentlich durch Tinctionen nachgewiesen werden. Betrachtet man Schnitte¹⁾ verknöchertes Sehnen, so erkennt man ausserdem noch kleinere Lücken, die entweder durchschnittene Theile von Knochenkörperchen sind, oder Lücken, in welchen unverkalkte stärkere elastische Fasern belegen sind.

Sobald das kalkhaltige Blastem das Gewebe in der vorhin beschriebenen Weise durchdrungen hat, so tritt sehr bald eine wichtige Veränderung in der Sehne hervor, die von den früheren Autoren nicht hinreichend gewürdigt worden ist, und erst von H. MÜLLER gebührend hervorgehoben wurde: es ist die Bildung gefässhaltiger Räume im Innern der Sehne. Diese Markräume, wie wir sie mit Recht nennen können, entstehen durch Einschmelzung gewisser Sehnenpartien von den zelligen Elementen aus, die Zellen lösen ihre Parietalsubstanz auf. So entstehen mit Zellen angefüllte Hohlräume, beim Puter 0,032—0,095 Mm. im Durchmesser haltend, 0,095—0,142—0,190 Mm. von einander entfernt, in welche hinein bald eine Gefässverzweigung sich Bahn bricht, welche sowohl mit den grösseren Gefässen zwischen den grösseren Sehnenabtheilungen als auch mit denen der Oberfläche der Sehne in Communication stehen. Die zelligen Elemente sind nur bei sehr vorsichtiger und sorgfältiger Vorbereitung der Präparate zu erhalten. Die Zellen sind die Bindegewebskörperchen der Sehne. Was die Function der Zellen anbetrifft, so ist dieselbe eine verschiedene. Ein Theil derselben geht zur Bildung echter Fettzellen und Markzellen über, ein anderer Theil betheiligte sich am Aufbau der Gefässverzweigungen, während die der Wand des Hohlraums zunächst liegende Schicht der Zellen die Fähigkeit besitzt, Knochensubstanz abzusetzen oder sich in dieselbe umzusetzen, ganz in der Weise, wie sich die Osteoblasten bei der Bildung des Knochengewebes in den Knorpelhohlräumen verhalten. Die Bildung dieses neuen Knochengewebes braucht aber nicht immer nach demselben Typus vor sich zu gehen. Oft lagert sie sich concentrisch an den Wänden der Markräume ab mit deutlicher Lamellenbildung, und in diesem Falle kommt es in der Parietalsubstanz der hüllenlosen aneinander gelagerten Zellen nicht zur Fibrillenbildung oder zur Bildung elastischer Fasern. In diesem Falle lagern die Knochen-

4) Nach meinen Erfahrungen muss ich das Anfertigen von Schnitten den Schliften vorziehen, wie auch LESSING gefunden hat.

körperchen vornehmlich in gleicher Richtung mit den Lamellen um die Gefässlücke herum. An anderen Stellen kommt es indess zur Fibrillenbildung in der Parietalsubstanz der Zellen in analoger Weise, wie wir es vorher bei der Bildung der Sehne erörterten, und wenn dann, wie es zu sein pflegt, die Fibrillen der Parietalsubstanz parallel zu einander und zur Längsrichtung der verkalkten Sehnenbündel verlaufen, so ist man nicht im Stande, wesentliche Unterschiede zwischen der fibrillösen eingeschmolzenen verkalkten Sehnenpartie und der ebenfalls fibrillösen alsbald ebenfalls verkalkten neugebildeten Knochenpartie zu constatiren. In einem und demselben Hohlraume trifft man nicht selten beide Arten neugebildeter Knochensubstanz an, entweder in einander geschachtelt wie zwei Cylinder, oder neben einander. Die Form und Ausbreitung der Markräume anlangend, so trifft man in den dicken Sehnen der grossen Vögel meist viele Hohlräume, in den dünneren Sehnen der kleinen hingegen oft nur einen grossen Markraum, der wie in einem Röhrenknochen die centrale Achse der Sehne einnimmt. Häufig sieht man ferner, dass an den Wänden der Mark Hohlräume an einer Stelle die Einschmelzung, an anderer hingegen bereits die Knochenneubildung statt hat.

Die Einschmelzung und Neubildung der Sehne von diesen Markräumen aus nimmt mit dem vorrückenden Alter der Thiere stetig an Umfang zu und so kommt es, dass in der That die grösste Masse der verkalkten Sehne durch neues Gewebe ersetzt wird. Stets aber bleibt selbst bei alten Thieren eine ganze Menge des ursprünglichen verkalkten Gewebes zurück.

Es erübrigt nun noch, das Verhältniss festzustellen, in welchem das neugebildete Knochengewebe und das ursprüngliche verkalkte Sehngewebe zu einander stehen. H. MÜLLER hat das verkalkte Sehngewebe mit dem verkalkten Hyalinknorpel auf gleiche Stufe gestellt und beide verhalten sich nach ihm der neuzubildenden Knochensubstanz gegenüber in der Weise, dass erstere untergehen müssen und an ihrer Stelle die letztere wiederum auftritt. Der verkalkte Knorpel und die verkalkte Sehne sollen nach MÜLLER nur vorläufige, vicariirende Gewebsbildungen sein, die eingeschmolzen werden müssen, wenn der echte Knochen an ihre Stelle treten soll. Dieser Anschauung kann ich nicht beitreten. Ich halte die verkalkte Sehne von der echten Knochensubstanz für nicht verschieden; das Fehlen der Lamellen ist gar kein Grund, die verkalkte Sehne nicht für echten Knochen zu halten, da dieselbe in allen übrigen Theilen mit letzterem übereinstimmt. Denn beide besitzen ihre anastomosirenden Zellen mit sclerosirter Parietalsubstanz, in welcher fibrilläre Elemente ent-

weder als SHARPEY'sche Fasern oder als Fibrillen der Sehne eingeschlossen sind. Der verkalkte Hyalinknorpel ist indess weitaus anders geformt und darf daher nicht, wie H. MÜLLER es gethan hat, der verkalkten Sehne zur Seite gestellt werden. Dass in der That die verkalkte Sehne eine ähnliche Bildung ist wie die neugebildete Knochensubstanz in den Hohlräumen derselben, beweisen die vielfachen Uebergänge von neugebildeter Knochensubstanz mit Lamellenbildung und mit der Sehne ähnlichen Fibrillensträngen.

Aus den mitgetheilten Untersuchungen geht zur Evidenz hervor, dass in der That die alte VIRCHOW'sche Ansicht über die Sehnenverknöcherung, allerdings mit der von uns besonders hervorgehobenen Modification, die richtige ist, dass das Sehngewebe von einem sclerosirenden Blasteme durchdrungen werde und dass in demselben die Bindegewebskörperchen, nachdem sie eine Wucherung eingegangen sind, als Knochenkörperchen persistiren. Die gegentheilige Ansicht, dass die letzteren aus neugebildeter Knorpelsubstanz hervorgehen sollen, wie LIEBERKÜHN¹⁾ es behauptet, oder aus neugebildeten Schüppchen, wie LESSING will, ist als unhaltbar von der Hand zu weisen.

1) Archiv für Anatomie 1860. p. 844.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

- Fig. 1. Querschnitt einer unverknöcherten Putersehne mit Salpetersäure behandelt. Man sieht den umgequollenen Rand eines Sehnenbündels und die isolirten Netze der Bindegewebskörperchen. (NOBERT's neuestes Immersionssystem N. 6. Oc. 3.)
- Fig. 2. Querschnitt näher der Verknöcherungsgrenze; die Bindegewebskörperchen reichhaltiger. (NOBERT N. 6. Oc. 4.)
- Fig. 3. Lage der Bindegewebskörperchen der unverknöcherten Sehne (Sperling).
- Fig. 4. Die HENLE'schen Schüppchen von der Oberfläche der Sperlingssehne.
- Fig. 5. Reihenartige Anordnung der gewucherten Bindegewebskörperchen (Sperling). (Figur 3. 4. 5. HARTNACK's Immersionslinse N. 10. Oc. 3.)
- Fig. 6. Anfangsstadium der Kalkimprägation und Hohlraumbildung in der Putersehne. (NOBERT N. 6. Oc. 2.)
- Fig. 7. Theilweise Ausfüllung der Markräume durch neue Knochensubstanz. (HARTNACK N. 10. Oc. 3.)
- Fig. 8. Längsansicht der Knochenkörperchen zu beiden Seiten eines Markraumes vom Puter. (HARTNACK N. 10. Oc. 3.)

Fig. 1.

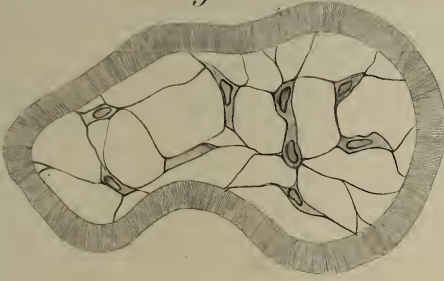


Fig. 2.



Fig. 3.

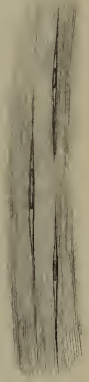


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 8.

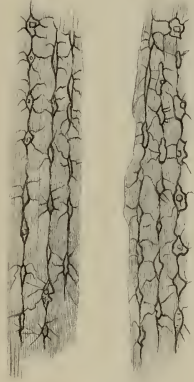
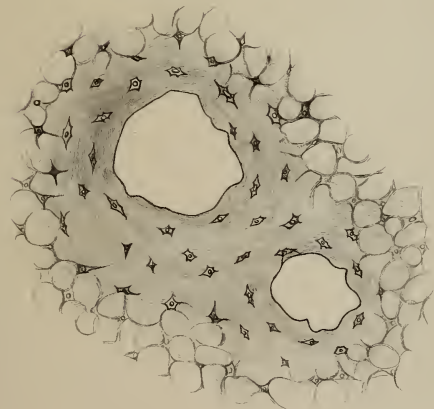


Fig. 6.



Fig. 7.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Landois Leonard Christian Clemens August

Artikel/Article: [Untersuchungen über die Bindesubstanz und den Verknöcherungsprocess derselben. 1-26](#)