© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über die Sperrvorrichtung an den Zehen der Vögel.

Ein Beitrag zur Mechanik des Vogelfußes und zur Kenntnis der Bindesubstanz.

Von

Josef Schaffer
in Wien.

Mit Tafel XXVI—XXVIII.

Bei der histologischen Untersuchung der knorpelartigen Gewebe in den Beugesehnen der Vögel, welche hauptsächlich durch die Mittheilungen Renaut's (9) und Ranvier's (7) bekannt geworden sind, stieß ich auf sehr interessante Einrichtungen im Beugemechanismus des Vogelfußes; da ich in den mir zugänglichen Handbüchern und Sonderabhandlungen darüber keine Angaben finden konnte, scheint es mir zweckmäßig hier darüber ausführlicher zu berichten, als dies in meinen vorläufigen Mittheilungen geschehen ist (10, 11). Es handelt sich um eine jener höchst sinnreichen und zweckmäßigen Sperrvorrichtungen, auf deren Vorkommen und Bedeutung im Thierreiche Thilo (13—15) nachdrücklich aufmerksam gemacht hat.

Bekanntlich besitzen viele Vögel an ihrem Oberschenkel eine Einrichtung, welche — nach der Ansicht vieler Autoren — dazu dient, ein festes Zugreifen der Zehen um einen Gegenstand, wie einen Baumzweig, ohne Anstrengung eines Muskels durch das bloße Gewicht des sich setzenden Vogels zu bewirken. Sie besteht darin, dass die Sehne eines die Zehen beugenden, am Becken befestigten Muskels über die Vorderfläche des Kniegelenks läuft, so dass eine Krümmung des Knies ohne Weiteres die Sehne spannen und die Beugung der Zehen bewirken muss (Bergmann und Leuckart (1). Marshall (5, p. 117) giebt eine anschauliche Abbildung dieser Einrichtung bei einem »Hocker«.

Vergleicht man die Angaben der Autoren, so findet man die Frage, um welchen Muskel es sich dabei handelt eben so wenig

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

übereinstimmend beantwortet, als die nach der physiologischen Bedeutung dieser Einrichtung.

Nach Tiedemann (16) war es zuerst Borelli (2), welcher nachgewiesen hat, dass ein dem schlanken Schenkelmuskel des Menschen analoger Muskel von einer Hervorragung des Anfangs des Schambeins entspringt, über eine Rinne der Kniescheibe geht, nach hinten läuft und sich mit den Sehnen der Zehenbeuger verbindet. Diese Einrichtung soll nach der Meinung Borelli's der Grund sein, dass die Vögel auf den Ästen und Zweigen, welche sie mit den Klauen umfassen, so fest stehen, dass sie in dieser Stellung selbst schlafen können, ja selbst kein Windstoß sie herab zu werfen vermag. Nach einer Bemerkung Tiedemann's hat Vicq-d'Azyr diese Meinung Borelli's zu widerlegen gesucht; »allein vergebens. Monro, Merrem und Cuvier haben ebenfalls die Meinung Borelli's angenommen und bestätigt«.

Außer den Genannten haben eine große Anzahl anderer Autoren u. A. Owen (6), Stannius (12), Bergmann und Leuckart (1) diese Anschauung angenommen, nur dass der Muskel, dessen Sehne über das Kniegelenk läuft und mit den Zehenbeugern in Verbindung tritt, sehr verschiedene Namen erhalten hat, betreffs welcher ich auf Gadow (3, p. 145) verweise. Dieser Autor hat aber auch die besprochene Bedeutung dieser ganzen Einrichtung in Frage gezogen. Er bezeichnet den Muskel als M. ambiens; seine Sehne bildet bei einer Anzahl von Vögeln (u. A. den Tagraubvögeln) den einen Ursprungskopf des M. flexor perforatus II oder III. »In diesem Falle beugt er die zweite oder dritte Zehe. Hierdurch wird es dem Vogel ermöglicht, seine Zehen um so fester um den als Stütze dienenden Ast zu schlingen, je mehr das Knie sich in der Beugung befindet, in anderen Worten, wenn der Vogel ‚hockt'. Dieser Nutzen kann aber nicht der einzige sein, ist vielmehr nach Prof. Owen's Vorgang von allen folgenden Autoren mit Ausnahme Sundevall's übertrieben. Sundevall bemerkt ganz richtig, dass dieser Muskel nicht den Zweck hat, schlafenden Vögeln das Festhalten auf dem Zweige zu erleichtern, da er gerade bei so ausgesprochenen »Insessores« wie Coccygomorphen und Passerinen fehlt, andererseits den meisten Schwimmvögeln zukommt« (l. c. p. 147). So weit Gadow.

Eine Beugung der Zehen tritt aber auch bei den Sperlingsvögeln ein, wenn man dem todten Vogel das Knie beugt; also muss in diesem Falle die Sehne eines anderen Muskels die Rolle der Ambienssehne übernommen haben. Diese Möglichkeit ist bei den mannigfachen Zusammenhängen der Muskeln an der unteren Extre-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mität der Vögel vielleicht in verschiedener Weise gegeben. Um nur ein Beispiel anzuführen, so kann — nach Gadow (l. c., p. 156) — der M. femori-tibialis int. gelegentlich — als Überbleibsel des den Passerinen verloren gegangenen Ambiensmuskels — einen dünnen, halbsehnigen Verstärkungskopf von der Spina pubica bekommen. Einer der Theile dieses Muskels kann auch theilweise als Ursprung für den M. peroneus superficialis dienen, welcher seinerseits wieder, durch Verbindung mit der Sehne des M. flexor perforatus, zur Zehenbeugung beitragen kann (l. c., p. 181).

Wenn demnach angenommen werden muss, dass auch bei Vögeln, welchen ein M. ambiens (M. gracilis, Tiedemann, Owen; M. rectus cruris, Meckel, Stannius) fehlt, eine Einrichtung vorhanden ist, welche automatisch, durch Hebelwirkung eine Beugung der Zehen veranlasst, so muss andererseits wohl zugegeben werden, dass diese Einrichtung allein nicht genügt, um es dem Vogel zu ermöglichen, schlafend, stundenlang, oft nur auf einem Beine sitzend, einen Zweig mit den Zehen umklammert zu halten.

Diese Griffbewegung muss von der Gesammtheit der langen Zehenbeuger ausgeführt werden, deren Sehnenenden an den verschiedenen Phalangen inseriren. Dies sind die Mm. flexores perforati für die II.—IV. Zehe, der M. perforans et perforatus für die II. und III. Zehe, endlich der M. flexor profundus s. perforans, dessen drei Sehnen an den Endgliedern der drei Vorderzehen inseriren und der M. flexor hallucis longus, dessen Sehne bei den meisten Vögeln mit der des vorigen Muskels verbunden, gerade bei den Passerinen jedoch ganz selbständig geworden ist. Desshalb kommt dieser Vogelgruppe nach Gadow (l. c., p. 197) der höchst entwickelte Fuß zu. Ist andererseits die Umklammerung des Zweiges durch die Kontraktion dieser Muskeln erfolgt, so muss diese Griffstellung durch eine weitere Einrichtung gesichert, gleichsam gesperrt werden, damit die Muskeln wieder in ihre Ruhelage zurückkehren können.

Eine solche Einrichtung ist nun in der That vorhanden, wie ich bereits kurz mitgetheilt habe und nun näher erläutern will.

I.

Zum leichteren Verständnisse der folgenden Beschreibung verweise ich auf die Fig. 1, welche einen sagittalen Längsschnitt durch die gestreckte Außenzehe (vierte) eines Sperlings darstellt.

Die Beugesehne des M. flexor profundus (*PS*) verläuft beweglich bis an die distale Fläche der Endphalanx (*V*); diese ist gegen die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

folgende Phalanx (*IV.*) um 90° dorsalwärts gedreht und trägt eigentlich an ihrer dorsalen Fläche die Gelenkpfanne. Der Angriffspunkt der Kraft, d. h. die Sehneninsertion (Fig. 1 *I*), ist also möglichst weit vom Drehpunkt entfernt, wodurch einerseits eine große Exkursionsweite der Krallenspitze erzielt, andererseits eine beträchtliche Verschiebung der Beuge- und Strecksehnen in ihren Scheiden beim Wechsel von ventraler und dorsaler Flexion nöthig wird.

Wo die Profundussehne über die Interphalangealgelenke läuft, schleift sie auf einer Verdickung der ventralen Wand der Gelenkkapseln (Fig. 1 *S*, S^1, S^2). Dieselbe stellt am Durchschnitt ovale bis rundliche Sesamknötchen von knorpelartiger Konsistenz dar, in denen zwischen die fibrösen Bündel blasige (vesiculöse) Zellen eingelagert sind. Diese Zellen können Fetttröpfchen enthalten und grenzen sich mittels zarter acidophiler Kapseln gegen die Faserbündel ab oder sie besitzen theilweise basophile Kapseln und Höfe und können so echten Knorpelzellen ähnlich sehen. Sie füllen ihre Kapseln jedoch auch an Präparaten vollständig aus, an welchen die echten Knorpelzellen geschrumpft erscheinen.

Durch diese plantarwärts vorragenden Verdickungen an den Beugestellen wird die ohnedies schon im Bau der knöchernen Phalangen ausgesprochene Konkavität an der ventralen Fläche der Zehen-Diaphysen, welcher sich die Beugesehne sammt ihrer Scheide beim Sitzen des Vogels anschmiegen muss, noch vertieft. Es ist dies eine Einrichtung, welcher, wie noch gezeigt werden soll, eine besondere Bedeutung zukommt. Zur Befestigung der Sehne in ihrer Scheide dienen starke elastische Bänder (Fig. 1 *VE* und VE^1), welche, vom proximalen Ende der Gelenkkapsel entspringend, gegen die Basis der betreffenden Phalanx ziehen und in die dorsale Fläche der Sehne einstrahlen.

Ein ähnliches, kräftiges elastisches Band findet sich an der Streckseite aus dem Periost der vorletzten Phalanx entspringend (*DE*) und an die dorsale Fläche der Endphalange ziehend.

Dieses dorsale elastische Band scheint in erster Linie dazu bestimmt zu sein, das Krallenglied automatisch in stark dorsal-flektirter Stellung zu erhalten und die Kralle beim Schreiten oder Hüpfen auf ebenem Boden vor Abnutzung zu schützen. Beugt man z. B. die Kralle des Daumens an einem frischen Krähenfuße durch Druck mit dem Finger stark nach abwärts, so schnellt dieselbe beim Aufhören des Druckes mit Gewalt in die dorsal-flektirte Lage zurück[1]. Dieses

[1] Ähnlich schnellen die Vorderzehen beim indischen Storch in ihre natürliche Strecklage zurück, wenn die gewaltsame Beugung derselben aufhört. Hier

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

elastische Band spielt aber naturgemäß auch die Rolle eines Antagonisten des M. flexor profundus. Der Weg, welchen das Krallenglied beim Übergange von der äußersten Beugestellung zur äußersten Dorsalflexion zurückzulegen hat, ist durch die beschriebene und aus Fig. 1 ersichtliche große Entfernung zwischen Drehpunkt und Angriffspunkt der Kraft (bei *I*) ein sehr großer. Dem entsprechend müsste auch die Verkürzung des Streckmuskels beim Übergange aus der Beugung in die Streckung eine sehr beträchtliche und rasche zugleich sein. Dieses Erfordernis wird nun durch die automatische Wirkung des elastischen Bandes, welches bei der Beugung gedehnt wird, bei der Streckung zurückschnellt, viel besser erfüllt, als durch die Kontraktion des weit vom Angriffspunkte der Sehne entfernten Muskels.

Diese wichtige mechanische Bedeutung des elastischen Bandes kommt auch in seiner Form zum Ausdruck, welche nahezu einen Kegel mit gegen den Ansatzpunkt gewendeter Basis darstellt.

Dieses elastische Band wird, wie ich am Daumen finde, oberflächlich von der dünnen Strecksehne durchbohrt, so dass die Wirkung des Streckmuskels unabhängig von der des elastischen Bandes ist. Dieselbe scheint theilweise darin zu liegen, dass durch die Muskelkontraktion die dünne und weiche Sehne, welche bei dem raschen Übergange von der Beugung zur Dorsalflexion leicht passiv in Falten zusammengeschoben werden kann, wieder ausgeglättet wird. An den Beugesehnen finden wir zur Verhütung einer solchen, hier besonders unzweckmäßigen Zusammenschiebung andere Einrichtungen getroffen, welche im Wesentlichen auf eine Versteifung der langen, dünnen, nicht dehnungselastischen Sehnen durch knorpelartige Einlagerungen und Umbildungen hinauslaufen. Auch die Bedeutung der Sehnenverknöcherung bei den Vögeln dürfte neben der von Ranvier angenommenen Verstärkung und Versteifung des Fußes hauptsächlich in der dadurch ermöglichten leichteren Verschieblichkeit der Sehnen in ihren Scheiden liegen. Wie wir sehen werden spielen bei der Verschiebung der tiefen Beugesehnen in ihrer Scheide allerdings auch die ventralen elastischen Bänder eine Rolle. Wo sich diese letzteren an die dorsale Fläche der tiefen Beugesehnen ansetzen (Fig. 1), findet sich — manchmal knapp hinter dem Ansatze, manchmal

---

ist es jedoch ein straffer Bandapparat fibröser Natur, welcher die Zehen automatisch in der für den schreitenden Vogel günstigsten Stellung erhält. Entfernt man die Beugesehnen, so krümmen sich die Zehen sogar ziemlich stark dorsalwärts.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erst weiter proximad — wieder eine plattenartige Einlagerung von vesiculösem Stützgewebe (*VZ*[1]), welche als höchst zweckmäßig erachtet werden muss, da sie die Angriffsfläche des élastischen Bandes gleichsam vergrößert und eine Faltung der weichen, unelastischen Sehne verhindert.

Die Dehnungselasticität dieser elastischen Bänder ist eine außerordentlich große, wie man sich durch Dehnungsversuche unter der Lupe leicht überzeugen kann. Sie bestehen auch fast ausschließlich aus elastischen Fasern, zwischen denen auf lange Strecken auch Zellen fehlen können. So finde ich an den ventralen Sehnenbändern der vierten Zehe des Sperlings die Kerne alle gegen den fixen Ansatz der Sehne zusammengedrängt, so dass die proximale Partie der Bänder, welche bei der Dehnung zunächst in Betracht kommt, nahezu vollkommen kernfrei erscheint. Diese kernfreie Zone beträgt beim distalen Band 0,39 mm, beim proximalen 0,54 mm im erschlafften Zustande gemessen. Im dorsalen elastischen Bande des Daumens, dessen Insertion in entgegengesetzter Richtung liegt, findet sich distal — also wieder in jener Gegend, die bei Dehnung zunächst beansprucht wird — eine kleine kernfreie Partie. Eingehüllt werden die elastischen Bänder von einem zarten bindegewebigen Überzug, der hauptsächlich aus feinen, cirkulär verlaufenden Fibrillenbündeln besteht und der auch die Verbindung mit der Sehne herstellt; an gewöhnlichen Schnitten zeigt er einen glänzenden Oberflächensaum, der sich stark mit Delafield's Hämatoxylin färbt und am erschlafften Bande in enge krausenartige Falten gelegt erscheint.

Meine Vermuthung, dass es sich hier um einen Endothelbelag handle, wurde durch Versilberungsversuche nicht bestätigt.

Die ventralen elastischen Bänder müssen nach der geschilderten Anordnung beim Zurückziehen der Sehne, d. i. bei der Beugung gespannt werden, bei der Streckung erschlaffen.

Die kombinirte Wirkung des ventralen und des dorsalen elastischen Bandes bildet für den Fuß der meisten Vögel eine bewegungs-mechanische Einrichtung von hervorragender Bedeutung, welche mit der Präcision einer Maschine arbeitet. Trotzdem konnte ich darüber bei den Autoren keine Angaben finden. Kölliker (Gewebelehre 1. Bd. 1889, p. 119), welcher das Vorkommen elastischen Gewebes an den verschiedenen Stellen beim Vogel aufzählt, erwähnt diesen Bandapparat nicht, wohl aber ein ähnliches dorsales Band, welches die Krallen der Katze durch Dorsalflexion vor Abnutzung schützt. Ventrale elastische Bänder an den Beugesehnen der Zehen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bei gewissen Reptilien sah ich gelegentlich an Präparaten des Herrn Privatdocenten Dr. O. Grosser, Prosektor am I. anatomischen Institut in Wien.

Eine eigenthümliche Umgestaltung hat die ventrale Fläche der Beugesehne erfahren. Am Längsschnitt hat es den Anschein, als wäre sie mit einem kubischen Epithel bedeckt (Fig. 1 *KB*). In der That handelt es sich jedoch um eine sehr merkwürdige Umwandlunng der oberflächlichen Zellschichten der Sehne in einen harten, knorpelartigen Belag.

Diesen hat bereits Ranvier (7) gesehen und unter der Bezeichnung »organes céphaloïdes« beschrieben. Diese Beschreibung, welche er ohne Abbildungen gegeben hat, ist sehr kurz und ich muss gestehen, dass es mir, trotzdem ich mit der Kenntnis derselben an die Untersuchung der Sehnen gegangen bin, erst nachdem ich durch eingehende eigene Untersuchungen eine genaue Kenntnis von den Verhältnissen gewonnen hatte, zum Bewusstsein kam, dass die organes céphaloïdes nichts Anderes seien, als die in Rede stehenden knorpelartigen Belege an der plantaren Fläche der Beugesehnen.

Damit möchte ich nicht etwa die Verdienste Ranvier's um diese Entdeckung schmälern, sondern nur anschaulich machen, dass eine Beschreibung allein selten im Stande ist ganz neuartige histologische Verhältnisse, besonders wenn ihre physiologische Bedeutung noch unaufgeklärt ist, dem allgemeinen Verständnisse zugänglich zu machen.

Es ist auch auffallend, dass keiner der Forscher, die sich mit dem feineren Bau der Sehne beschäftigt haben, diesen merkwürdigen Angaben Ranvier's nachgegangen ist. Selbst Renaut, der hervorragendste Schüler Ranvier's, hat in seiner Histologie pratique davon keine Notiz genommen, obwohl er z. B. die knorpelartigen Sesamknoten in den Beugesehnen der Vögel eingehend behandelt.

In neuester Zeit hat allerdings Loewenthal (4) dieser eigenthümlichen Oberflächenschicht der Beugesehnen bei Passerinen kurz Erwähnung gethan, ohne jedoch, wie es scheint, über die Angaben Ranvier's hinausgehende Untersuchungen angestellt zu haben.

Nach dem Gesagten scheint es mir gerechtfertigt, wenn ich die erste Schilderung Ranvier's (7) im Folgenden ausführlich wiedergebe: Die organes céplaloïdes finden sich an der unteren Fläche der durchbohrenden und durchbohrten Sehnen an einer kleinen Stelle knapp hinter der Insertion dieser Sehnen an die Phalangen. Beim Finken bedecken sie eine Fläche von 3—4 mm Länge und die ganze Breite der Sehne . . . . Bringt man eine frische Sehne in einen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tropfen stark jodirten Serums so unter das Mikroskop, dass die plantare Fläche nach oben steht, so erscheinen die organes céphaloïdes wie kleine kugelige Körper, durchscheinend, glasig, und zeigen in ihrer Mitte gewöhnlich einen einzigen Kern, der sich mit Jod gelb färbt. Diese kleinen Organe sind zunächst zerstreut oder bilden Gruppen. Gegen das distale Ende der Sehne rücken sie näher an einander und sind endlich so an einander gepresst, dass sie der Oberfläche ein zierliches und sehr charakteristisches maulbeerartiges Aussehen verleihen. Es sind nicht einfache Zellen, wie man meinen möchte. Sie bestehen aus einer homogenen, festen und widerstandsfähigen Masse, welche in der Mitte eine kleine Höhlung für den Kern trägt. Dieser scheint von einer zarten Lage körnigen Protoplasmas umschlossen und beide bilden die Zelle. Die periphere Masse des organes céphaloïdes scheint einer Kapsel zu entsprechen. Diese Kapsel besteht nicht aus Knorpelsubstanz, da sie nicht deren histochemisches Verhalten zeigt.

Ranvier hat diese Organe beim Hahn, der Haustaube und Hausente gefunden, sie dagegen beim Kibitz vergeblich gesucht. Bei den genannten Thieren haben sie nahezu die gleiche Vertheilung und Struktur. Sie werden von einer deutlichen, rundlichen oder halbkugeligen fibrösen Kapsel gebildet, von welcher manchmal flottirende Fäden abgehen und deren Inneres von Knorpelkapseln eingenommen wird. Es sind das Organe, welche eine gewisse Analogie mit den Gelenkzotten von Luschka und Henle haben. Wie diese ragen sie in eine seröse Höhle. Ihre physiologische Bedeutung ist noch sehr dunkel und ist es besser nichts zu sagen, als ihnen eine Funktion zuzuschreiben, die sie nicht besitzen. Reibung und Druck scheinen eine Rolle bei ihrer Entwicklung zu spielen.

Später hat sich Ranvier (8) nochmals eingehender mit den organes oder corps céphaloïdes beschäftigt und ist besonders durch den Vergleich ihres feineren Baues bei der Taube und beim Huhn zu der Anschauung gekommen, dass es sich um kleine, gestielte Knorpelpolypen handle, welche bei der Verknorpelung des Tendilemms durch besondere Wachsthumsenergie eine die anderen Knorpelelemente überragende Größe erreicht haben. Auf eine Reihe anderer, interessanter Angaben über das feinere histologische Verhalten dieser Gebilde werde ich im Laufe meiner Darstellung zurückkommen.

Betrachtet man nun diesen knorpelartigen Belag an sagittalen Durchschnitten (Fig. 10), so sieht man ihn aus auffallend regelmäßig angeordneten Zellen mit stark verdickten Wandungen, schärfer aus-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gedrückt aus Zellhöfen oder Zellbezirken von ziemlich gleichmäßiger Größe zusammengesetzt. Sie zeigen im Allgemeinen eine rechteckige oder kubische Durchschnittsfigur mit oberflächlicher, abgerundeter Kuppe und messen 30—36 μ in der Höhe, 20—30 μ in der Breite. Mit ihren Basen sitzen sie der Sehne nicht unmittelbar auf, sondern erscheinen mit einer dünnen Zwischenlage eines kleinzelligen knorpelähnlichen Gewebes, das oft deutlich basophile Kapseln besitzt, verschmolzen (Fig. 10 *KK*). Dieses stellt erst die Verbindung mit den typischen Sehnenbündeln her (*S*), welche sich in dieser Lage unmerklich verlieren, etwa wie die Bündel eines Perichondriums im Knorpel. Die Zellhöfe an der Oberfläche sind nur gegen ihre Basen zu seitlich mit einander verschmolzen, in ihren äußeren zwei Drittheilen durch feine Spalträume (*Sp*) getrennt und ragen an der Sehnenoberfläche halbkugelig gewölbt vor, so dass sie die Sehne etwa wie ein Pflaster aus halbkugeligen Steinen (sog. »Katzenkopfpflaster«) bedecken. In dieser Form scheint auch die Bedeutung der von vorn herein etwas schwer verständlichen Bezeichnung Ranvier's »organes céphaloïdes« gesucht werden zu müssen. Diese frei vorragenden Kuppen zeigen eine leichte Neigung oder Krümmung distalwärts. Betrachtet man eine intakte, isolirte Sehne von der plantaren Fläche, so bietet sie ein ungemein zierliches, schuppenpanzerähnliches Aussehen und zwar sind die Schuppen bilateral symmetrisch angeordnet, indem ihre Längsreihen an dem verbreiterten und abgeflachten Endtheil der Sehne von der Mittellinie leicht nach beiden Außenrändern divergiren (Fig. 2).

Diese Anordnung kann man bei richtiger Beleuchtung schon mittels einer starken Lupe wahrnehmen, wenn die Blickrichtung mit der Längsachse der Sehne zusammenfällt. Betrachtet man dagegen die Sehne nach einer Azimuthaldrehung von 90°, so treten die Reihen als parallele Querwülstchen hervor, ein Eindruck, den man auch bei der Betrachtung der Fig. 2 in der genannten Richtung erhält.

Der knorpelähnliche Belag beginnt, wie Ranvier angiebt, knapp hinter der Insertion der Sehne an die Endphalanx, an der gestreckten Hinterzehe z. B. in der Höhe des Gelenkspaltes zwischen den zwei Phalangen und erstreckt sich ununterbrochen, nicht nur die ganze Breite der Sehne einnehmend, sondern auch ihre Seitenränder bedeckend, an der Hinterzehe 5,34 mm weit proximalwärts.

Hier läuft der Knorpelbelag spitz, zungenförmig aus und gehen seine Elemente unter Vermittlung verschiedener Zwischenformen in das gewöhnliche Tendilemm der Sehne über.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die hohen Zellen werden allmählich niedriger, schließen dichter an einander, so dass die trennenden Spalten zwischen ihnen (Fig. 12 *Sp*) verschwinden und sich ihre Oberflächen nur leicht festonartig vorwölben. Dies tritt deutlich am Längsschnitt hervor (Fig. 12); von der Fläche gesehen bietet diese Übergangszone das Aussehen eines zellreichen Knorpels (Fig. 5), in dem einzelne Zellbezirke noch durch scharfe Grenzen an ihrem distalen Umfange (*Sp*) besonders hervortreten und dessen Zellen vielfach zwei Kerne besitzen (*b*).

Unter zunehmender Abflachung rücken die Zellen, deren Protoplasmakörper an Größe zunimmt, weiter aus einander; dabei verliert sich ihre feste, knorpelartige Intercellularsubstanz und sie kommen in ein zartes, strukturloses Häutchen zu liegen, das am Durchschnitt als glänzender, mit Delafield's Hämatoxylin färbbarer Saum an der Sehnenoberfläche sichtbar ist. Dieser Saum ist auch an der Oberfläche der knorpelartigen Zellterritorien sichtbar (Fig. 10 und 12 *M*), verliert aber hier seine Färbbarkeit mit Delafield's Hämatoxylin. Wohl aber tritt diese in der Tiefe der Spalten zwischen den Höckern wieder hervor, wo die Membranen, wie man an Flachschnitten sehen kann (Fig. 15 *i*), zu einer kittsubstanzartigen Lage vereinigt sind.

Dieses Häutchen bildet weiterhin das Tendilemm und erscheinen in demselben einzelne rundliche oder ovoide Zellen mit dünner Kapsel oft weit zerstreut (Fig. 6). Darunter werden sofort die parallelen Faserbündel der Sehne mit ihren charakteristischen, gereihten Plättchen sichtbar, welche nur dort, wo sich Sesamknötchen in die Sehne eingelagert finden, eine Umwandlung in blasige, mit zarten Kapseln versehene Elemente, wie sie Ranvier und Renaut beschrieben haben, erfahren.

Eine ähnliche Übergangszone, jedoch von nur sehr kurzer Ausdehnung, findet sich zwischen dem distalen Ende des knorpelartigen Belages und der Sehneninsertion.

Verfolgt man das Oberflächenbild der Sehne an versilberten Objekten noch weiter proximad, so bleibt es auf eine große Strecke dasselbe; die abgeplattete Sehne verschmälert sich und geht in die drehrunde Form über. Eine Endothelzeichnung ist nicht nachzuweisen, nur die erwähnten verstreuten, rundlichen oder ovoiden Zellen.

Erst gegen die Vereinigung der drei Beugesehnen der Vorderzehen zur gemeinsamen Sehne, welche am Metatarsus liegt und verkalkt ist, ändert sich das Bild. Die verstreuten Zellen verlieren ihre glatten, rundlichen Umrisse und nehmen unregelmäßige Formen an (Fig. 7). Dabei werden sie immer zahlreicher und rücken dichter

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

an einander, bis sie sich endlich zu einer kleinzelligen Endothelzeichnung mit verhältnismäßig noch reichlicher Intercellularsubstanz schließen (Fig. 8); aus dieser geht noch weiter proximad durch Einschübe immer größerer Zellplatten und Abnahme der Intercellularsubstanz der typische großzellige Endothelbelag der Sehne hervor (Fig. 9).

Am distalen Ende der Beugesehne vertritt also der knorpelartige Belag, wie schon Ranvier (8, Bd. XV, p. 8) betont hat, offenbar das Endothel. Dies darf jedoch nicht so aufgefasst werden, als ob er sich aus dem Endothel entwickeln würde; vielmehr muss nach dem Geschilderten als unmittelbare Quelle für die Entwicklung dieses knorpelartigen Belages das Tendilemm mit seinen offenbar noch indifferenten Zellen angesehen werden.

Bevor ich auf diese Entwicklung näher eingehe, muss ich noch einige Bemerkungen über den feineren Bau und die histomechanische Bedeutung des fertigen Gewebes vorausschicken. Auffallend ist zunächst die Härte und Festigkeit des knorpelartigen Belages. Fährt man mit einem Skalpell über die plantare Fläche der isolirten Sehne, so spürt man an einer gewissen Rauhigkeit genau den Augenblick, in welchem man von der weichen Sehnenoberfläche auf den knorpelartigen Belag geräth. Auf diese Weise lässt sich das Vorhandensein und die Ausdehnung des Belages an isolirten Sehnen ohne mikroskopische Untersuchung ziemlich sicher feststellen.

Schlitzt man das Tendilemm einer Sehne von einem größeren Vogel an beiden Seiten und zieht man dasselbe mit einer Pincette gegen das distale Ende hin ab, so gelingt es bei gewissen Vögeln (Krähe) leicht auch den knorpelartigen Belag als dünne Schicht abzuziehen und unmittelbar zur mikroskopischen Beobachtung zu verwenden. Auf diese einfache Weise wurde z. B. das in Fig. 19 abgebildete Präparat gewonnen. Zerzupft man ein solches Präparat mit Nadeln, so kann man wiederum leicht vollkommen isolirte Zellterritorien (wie z. B. Fig. 18) erhalten.

Die Substanz dieser Zellterritorien zeigt bei den verschiedenen Vögeln ein verschiedenes Aussehen. Beim Sperling erscheint sie vollkommen homogen, was in Verbindung mit ihrer Festigkeit, wie Ranvier (8, Bd. XV, p. 39) bemerkt hat, den Eindruck des Chitinartigen hervorruft. Sie färbt sich mit sauren Anilinfarben (Eosin, S-Fuchsin), jedoch nicht in demselben Grade, wie die fibrilläre Masse der Sehne. Färbt man einen Längsschnitt durch die Sehne vorsichtig mit Kongoroth oder Goldorange, so sieht man, dass die fibrilläre

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Masse schon deutlich gefärbt erscheint zu einer Zeit, in der die Höcker noch keine Farbe angenommen haben. Die Höcker umschließen kapselartig eine oder zwei Höhlungen (Fig. 10 *H*, Fig. 15 *T*), welche, je nachdem ihre Lage mehr oberflächlich oder eine tiefere ist, einen verschiedenen Inhalt und ein verschiedenes Aussehen zeigen. Während der Entwicklung der Höcker wird jede Höhle, wie auch die Übergangsstellen (Fig. 5 und 12) zeigen, von einem kernhaltigen Protoplasmakörper erfüllt, der oft kaum von der umgebenden, offenbar von ihm erzeugten Kapselsubstanz abzugrenzen ist. Je mehr man sich von den Übergangsstellen her den höher werdenden Höckern nähert, desto deutlicher treten an den Zellen Zeichen eines Verbrauches, einer Atrophie hervor, so dass man in den voll ausgebildeten, frei vorragenden Kuppen nur mehr stark veränderte Zellreste findet (Fig. 10). Der Kern besteht oft nur mehr aus wenigen Chromatinkörnchen und vom Zellleib ist entweder nur mehr ein kleines, geschrumpftes Klümpchen geblieben oder eine blasenartige, zarte Membran, welche der Höhlenwandung anliegt. Vielfach scheint nur mehr ein Kernrest von der dicken Kapsel umschlossen, was bereits Ranvier (8, Bd. XV, p. 230) gesehen hat. Dieser Zellschwund scheint Hand in Hand mit der Dickenzunahme der Kapselwand zu gehen. Manche Höhlen bleiben weit, andere werden zu einem schmalen, oft zackigen Spalt, in dem nur ein unansehnlicher Zellrest eingeschlossen erscheint (Fig. 10 *DZ*). An manchen Höckern scheint endlich die Zelle vollkommen in die Bildung des Territoriums aufgegangen.

Andere Verhältnisse zeigen die basalen Abschnitte der Höcker und das angrenzende, knorpelartige Übergangsgewebe (Fig. 10 und 15). Hier grenzen sich die Zellhöhlen oft durch breite und stark basophile Kapseln gegen das übrige acidophile Territorium ab (Fig. 10 *KK*, 15 *K*). Diese Kapseln zeigen auch die charakteristische metachromatische Färbung mit Safranin, Thionin und Chinoleïnblau.

Es fragt sich nun, ob man nach dem Geschilderten berechtigt ist diese eigenthümliche Gewebeformation schlechtweg als Knorpel zu bezeichnen, wie ich dies in meinen vorläufigen Mittheilungen gethan habe und wie dies Loewenthal (4) thut, oder ob es richtiger ist, nur von einem knorpelartigen Belag, knorpeligen Höckern etc. zu sprechen, wie dies bisher in dieser Schilderung geschehen ist.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die in Rede stehenden Bildungen histomechanisch und morphologisch eine vollständige Analogie mit gewissen Knorpelbildungen zeigen. In letzterer Hinsicht möchte ich besonders auf den Flachschnitt, welchen Fig. 15

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

darstellt, aufmerksam machen, welcher die größte Ähnlichkeit mit den Verhältnissen im harten Schädelknorpel von *Ammocoetes* bietet[1]; die Zellterritorien oder Höfe *H* werden durch eine mikrochemisch verschiedene, interterritoriale Substanz *i* verbunden und umschließen außerdem die Kapsel *K*.

Ranvier hat beim Finken keine basophilen Kapseln gesehen, vielmehr es als einen Unterschied von echter Knorpelsubstanz hervorgehoben, dass sich die Höcker mit Pikrokarmin stark färben, was jene nicht thut, während sie die für Knorpel am meisten charakteristische Metachromasie mit Chinoleïnblau nicht geben. Da Ranvier jedoch bei der Taube und beim Huhn basophile Kapseln in den organes céphaloïdes fand, kommt er zu dem Schlusse, dass die »Organe« beim Finken nach der Analogie zum Knorpelgewebe zu rechnen seien, obwohl sie nicht aus Knorpelsubstanz bestehen, da sie nicht die charakteristischen Farbenreaktionen derselben zeigen.

Nun wissen wir heute durch die Untersuchungen von mir[2] und Studnička[3], dass es zweifellose Knorpel giebt, welche eine acidophile Grundsubstanz (Kapsel- und interkapsuläre Substanz) besitzen; somit läge auch im färberischen Verhalten der knorpelartigen Höcker, selbst wenn sie keine basophilen Kapseln besäßen, kein Grund vor, ihre Knorpelnatur in Abrede zu stellen. Ich habe nachdrücklich hervorgehoben, dass die Acidophilie der Schädelknorpel bei den Cyclostomen mit einer bedeutenden Starrheit und Festigkeit dieser Knorpel zusammenfällt; mit anderen Worten, dass wir dort, wo es sich um Festigkeit und Widerstandsfähigkeit handelt, einen acidophilen harten Knorpel verwendet finden. Das Verhalten der knorpelartigen Belege an den Beugesehnen der Vogelzehen wäre ein neues Beispiel für die Abhängigkeit von Struktur und Chemismus einer Stützsubstanz von deren Funktion.

Trotz aller dieser Analogien mit echtem Knorpel zeigt das in Rede stehende Gewebe dennoch eine ganz wesentliche Verschiedenheit und zwar im Verhalten seiner Zellen. Die Zellen des typischen Hyalinknorpels sind u. a. ausgezeichnet durch ihre starke Färbbar-

---

[1] Über das knorpelige Skelett von *Ammocoetes branchialis* etc. Diese Zeitschr. Bd. LXI. 1896. Taf. XXVII, Fig. 10.

[2] l. c. und: Über den feineren Bau und die Entwicklung des Knorpelgewebes etc. Ebenda. Bd. LXX. 1901. p. 109.

[3] Über die Histologie und Histogenese des Knorpels der Cyclostomen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLVIII. 1897. p. 606.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

keit mit Jod und dann durch eine große Empfindlichkeit gegen verschiedene äußere Einflüsse und Reagentienwirkungen.

Während die Knorpelzelle im lebenden Zustande ihre Höhle vollkommen ausfüllt, zieht sie sich beim einfachen Absterben des Gewebes (Leichenknorpel), bei Behandlung mit starken Salzlösungen, Wasser, Chromsäure und ihren Salzen, Formalin, Kupfersulfat etc. von der Wandung zurück und bildet ein um den Kern zusammengeballtes Protoplasmaklümpchen, das oft noch mittels ausgezogener Protoplasmafäden mit der Höhlenwandung zusammenhängt. Es giebt allerdings eine Reihe von Fixirungsmitteln, welche im Stande sind, die Knorpelzellen vollkommen oder nahezu ungeschrumpft zu erhalten; aber auch die Wirkung dieser Mittel beschränkt sich stets nur auf wenige oberflächliche Zelllagen. In größerer Tiefe, d. h. in den centralen Theilen größerer (wenige Millimeter) Stücke vermögen auch sie die Ablösung von der Wandung nicht zu verhindern.

Wie nun Ranvier (7) angegeben hat, färben sich die Zellen in den knorpelartigen Höckern mit Jod nur gelb und wie ich oben geschildert habe, füllen die Zellen dort, wo sie nicht degenerirt sind, ihre Höhlungen noch an mangelhaft fixirten oder erst nach dem Absterben konservirten Objekten vollkommen aus, so dass man sie oft schwer von der Grundsubstanz abgrenzen kann.

Diese bemerkenswerthe Eigenschaft theilen diese Zellen mit den Zellen einer verbreiteten Form des Stützgewebes, welches ich als vesiculöses bezeichnet habe (2). Dasselbe findet sich in dem bekannten Sesamknoten der Achillessehne vom Frosch, in den Fingersehnen vom Frosch und Tritonen (Rollett[1]), in den sesamoiden Einlagerungen, welche sich an den Beugesehnen der Vogelzehen finden [Renaut (9), Ranvier (7)], im Zungenbeinkiel und an anderen Stellen bei Myxine (Schaffer[2]) und an vielen anderen Orten.

Betrachtet man nun jene Zwischenschicht, welcher die knorpelartigen Höcker aufsitzen und welche die Verbindung der letzteren mit dem eigentlichen Sehnengewebe herstellt, so sieht man, dass auch sie den Typus des vesiculösen Gewebes zeigt und dass die knorpelartigen Höcker nur eine weitere Differenzirung dieses Gewebes gegen das Knorpelgewebe hin darstellt; die Zellen erzeugen an Stelle dünner Kapseln mächtige Zellhöfe um sich, welche oft noch durch eine besondere Kapsel, die — und das ist ein weiterer Schritt

[1] Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. 1871. p. 80.

[2] Bemerkungen über die Histologie und Histogenese des Knorpels der Cyclostomen. Arch. mikr. Anat. Bd. L. 1897. p. 185.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zur echten Knorpelnatur — basophil sein kann, von der Zelle gesondert bleiben. Noch klarer tritt diese enge Verwandtschaft der knorpelartigen Höcker mit dem vesiculösen Gewebe bei anderen Vögeln hervor, wie noch gezeigt werden soll.

Alles dies zusammengefasst ergiebt, dass die Gewebeformation an der plantaren Oberfläche der Beugesehnen der Zehen beim Sperling ein besonderes und interessantes Verbindungsglied des vesiculösen Stützgewebes und des echten Knorpelgewebes darstellt. Diese Besonderheit des Gewebes vorausgesetzt, kann man dasselbe der Einfachheit halber immerhin als ein knorpeliges bezeichnen.

Bevor ich auf die physiologische Bedeutung dieses Knorpelüberzuges an den plantaren Flächen der Beugesehnen eingehe, sei bemerkt, dass die Sehne des Flexor profundus s. perforans dort, wo sie in die des Flexor perforans et perforatus eintritt, den knorpeligen Belag verliert und derselbe an der plantaren Fläche der letzteren auftritt. Diese Beobachtung hat bereits Ranvier gemacht.

Was nun die physiologische Bedeutung dieser Verknorpelung betrifft, so wird dieselbe erst klar, wenn man das Verhältnis der Sehnen zu ihren Scheiden im Bereiche der Zehen in Betracht zieht.

Am sagittalen Längsschnitte durch die Zehen (Fig. 1) findet man die der plantaren Fläche der Beugesehnen gegenüberliegende Wand der Sehnenscheide aus einer dünnen knorpeligen Platte gebildet (Fig. 1 *Sp*), aus welcher in verhältnismäßig weiten, aber ziemlich regelmäßigen Abständen zahnartige, proximad geneigte Vorsprünge hervorragen.

So bietet der Längsschnitt einer solchen Sehnenscheide das Bild einer Zahnstange, deren Zähne den entgegengesetzt geneigten Höckern oder halbkugeligen Vorsprüngen an der plantaren Sehnenoberfläche gegenübergestellt erscheinen.

In Wirklichkeit sind diese Zähne jedoch nur die Durchschnitte von rippenartigen Vorsprüngen, welche an der Innenfläche der Sehnenscheide in ziemlich gleichmäßigen Abständen bogenförmig verlaufen und gegen die Basen der Phalangen geneigt sind. Mit Bezug auf ihre Funktion habe ich diese eigenthümlichen Rippen als Sperrschneiden bezeichnet.

Zieht man an einer abgeschnittenen und vorsichtig von ihrer Haut befreiten Zehe die Beugesehne des Flexor profundus heraus, nachdem man ihre Insertion an der Endphalanx durchtrennt hat, so bleibt die Sehnenscheide als klaffendes Rohr stehen, dessen dorsale

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Begrenzung die ventrale Fläche der knöchernen Phalanx bildet. Durchtrennt man die Sehnenscheide mittels eines feinen, scharfen Skalpells, was leichter an einem in Alkohol gehärteten Objekt gelingt, längs ihres Ansatzes an den seitlichen Rändern der knöchernen Phalanx, so kann man die Sehnenscheide als offene Halbrinne auf den Objektträger bringen. Fährt man mit einer feinen Nadelspitze über die Innenfläche derselben, so fühlt man deutlich in gleichmäßigen Zwischenräumen einen Widerstand, etwa wie wenn man mit einem Stocke längs eines Staketenzaunes hinfährt.

Bei Betrachtung einer solchen isolirten Sehnenscheide von der Innenfläche her ergiebt sich ein Bild, wie es in Fig. 3 dargestellt ist. Die rippenartig aufgesetzten Sperrschneiden (*Sp*) verlaufen in parallelen, U-förmigen Bogen, welche nicht senkrecht zur Längsachse der Phalanx stehen, sondern ein wenig distad[1] geneigt sind.

Diese eigenthümliche Beschaffenheit zeigt die Sehnenscheide nicht in derselben Ausdehnung, wie die Beugesehne ihre Verknorpelung; während letztere beim Sperling ununterbrochen auch über die Zwischengelenksgegend verläuft (Fig. 1 *PS*), zeigt die Sehnenscheide die Sperrschneiden nur entsprechend dem konkaven Abschnitt der Phalangen zwischen Capitulum und Basis derselben (Fig. 1 *Sp* und *Sp'*). Über die plantarwärts vorgewölbte Interphalangealgegend zieht die Sehnenscheide als dünnes, weiches, einfach häutiges Rohr (Fig. 1 *HS*).

An der ersten Zehe (Hinterzehe) finden sich die Sperrschneiden nur entsprechend der basalen Phalanx, an den übrigen drei Zehen — ohne Rücksicht auf die Zahl ihrer Phalangen — entsprechend den zwei vorletzten.

Die Zahl der Sperrschneiden betreffend, zähle ich an der Hinterzehe des Sperlings 50—52, den kurzen Phalangen der vierten Zehe entsprechend je 20—22. Ihre Entfernung von einander nimmt im Allgemeinen gegen das distale Ende hin ab und betrug an der Hinterzehe hier im Minimum 66 μ, am proximalen Ende im Maximum 120 μ; im Mittel aus 15 Messungen 96 μ. An der vierten Zehe schwanken die Abstände zwischen 32 und 62 μ.

Die Höhe der Sperrschneiden, d. h. ihre höchste vertikale Erhebung über die Fläche der Sehnenscheide am sagittalen Längsschnitte gemessen, ist verschieden, je nachdem man eine gestreckte oder gebeugte Zehe untersucht; dies konnte ich zuerst bei der Krähe beobachten und soll später genauer aus einander gesetzt werden. Aber

[1] In meiner vorläufigen Mittheilung (10) steht in Folge eines Schreibfehlers »proximalwärts«; es soll distalwärts heißen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch an der gestreckten Sperlingszehe richten sich die Sperrschneiden gegen das Köpfchen der Phalanx hin, wo sie näher an einander rücken, auch etwas auf, wie die dieser Gegend entnommene Fig. 11 zeigt.

Was nun den feineren Bau dieser Sperrschneiden anlangt, so ist derselbe in Zusammenhang mit dem der ganzen Sehnenscheide zu betrachten. Letztere setzt sich ziemlich scharf gegen das lockere Unterhautgewebe ab (Fig. 1 und 3) und besteht oberflächlich aus im Wesentlichen cirkulären, aber den Bogen der Sperrschneiden entgegengesetzt geneigten, sich durchflechtenden fibrösen Bündeln, welche am sagittalen Längsschnitte vorwiegend quer getroffen erscheinen (Fig. 11 *B*).

Diese Bündel verlieren sich allmählich in der tieferen, knorpelähnlichen Lage, wieder ähnlich, wie die Bündel eines Perichondrium.

Die tiefere, knorpelartige Lage der Sehnenscheide stimmt in ihrem feineren Baue vollkommen mit jener Grundplatte überein, auf welcher die knorpeligen Höcker der Sehne aufsitzen, d. h. sie besteht aus einer anscheinend homogenen, festen Grundsubstanz (Fig. 11 *K*) und in derselben ziemlich dicht gelagerten, durch dünne Kapseln abgegrenzten vesiculösen Zellen; an manchen derselben kann man wieder an Stelle der in der Regel acidophilen Kapsel eine basophile oder einen breiteren solchen Hof sehen (Fig. 11 *KK*).

Aus dieser knorpelartigen Platte erheben sich die Bogen der Sperrschneiden; in ihrer Basis finden sich noch verstreute, meist kleinere, protoplasmaarme Zellen; ihre Kuppen (Fig. 11 *Z*) jedoch sind vollkommen zellfrei und bestehen, wie Isolationspräparate und mit dem polarisirenden Mikroskope untersuchte Längsschnitte lehren, ausschließlich aus leimgebenden Fibrillen, welche durch eine Kittsubstanz zu einer festen, homogen erscheinenden Masse verbunden sind.

Verfolgt man die Sperrschneiden an Schnitten gegen ihren Ansatz an die plantaren Seitenränder der Phalangen, so tritt ihr fibröser Charakter allmählich deutlicher hervor; sie lösen sich in einzelne Bündel auf, zwischen welchen Zellen sichtbar werden (Fig. 13 *V*), die immer reichlicher werden, je mehr man sich dem Knochen nähert und endlich sieht man die aus einander weichenden Bündel nach Art Sharpey'scher Fasern in den Knochenrand einstrahlen.

Die Oberfläche der Sperrschneiden wird im axialen Theile der Sehnenscheide, d. h. dort, wo die Berührung mit der plantaren Fläche der Sehne stattfindet, von einer membranartigen zellenlosen Lage (Fig. 11 *M*) bedeckt, ähnlich wie die Oberfläche der Knorpelhöcker an der Sehne. Diese Membran tritt besonders an Schnitten, die mit Delafield's Hämatoxylin und Kongoroth doppelt gefärbt wurden,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

deutlich als blauer Saum auf den roth gefärbten Kuppen der Sperrschneiden hervor.

Einen ähnlichen Grenzsaum sehe ich bei manchen Vögeln den Gelenkknorpel der Zehengelenke gegen die Gelenkhöhle zu abgrenzen.

An den beiden Schenkeln der Sperrschneiden weiter gegen deren Ansatz an den Knochen zu treten als oberflächlichste Lage eigenthümliche, stark verästelte und ganz abgeplattete Zellen auf.

Diese Zellen verdienen vom histogenetischen Standpunkte aus besondere Beachtung. Wie man an Längsschnitten durch die Seitenschenkel der Sperrschneiden sieht, bedecken die Zellen letztere nahe ihrem Ursprunge epithelartig in einfacher Lage (Fig. 13); weiter plantarwärts rücken sie immer mehr aus einander und ragen nur noch vereinzelt über die Oberfläche hervor (*Z*, Z′). Sie scheinen hier ganz in der Grenzmembran zu liegen, d. h. dieselbe zusammenzusetzen, wie Stellen zeigen, wo sie künstlich leicht von dem fibrösen Theil der Sperrschneide abgehoben erscheinen (Fig. 13 *M′*). Wo die Sperrschneide bereits vollkommen zellenlos geworden ist, bedecken diese Zellen noch mit weit verzweigten, plattenartigen Ausläufern die Oberfläche derselben, wie dies Fig. 14 zeigt.

Diese Zellen liegen hier der Sperrschneide an, wie die Osteoblasten einem zellenlosen Knochenbälkchen und müssen wohl mit der Bildung des fibrillären, zellenlosen Theiles der Sperrschneide in Verbindung gebracht werden.

Dort, wo noch Zellen zwischen den Fibrillenbündeln der Sperrschneiden vorkommen, findet man stets eine Anzahl dieser Zellen auf einen unbedeutenden Rest reducirt, aufgebraucht (Fig. 13 *DZ*). Ähnlich findet man unter dem zellenlosen Theile der Sperrschneiden einzelne vesiculöse Zellen gleichsam in Auflösung begriffen (Fig. 11 *DZ*). Sie haben ihre Kapsel verloren und auch ihr Zellleib erscheint wie verwaschen in der Grundsubstanz aufzugehen. Hier muss man wohl eine Umwandlung von Zellen in Grundsubstanz annehmen; diese ist in letzterem Falle wohl kaum anders zu deuten, als dass die Zelle zu einer plastischen Masse gleichsam zerfließt, aus welcher unter der orientirten, mechanischen Beanspruchung der Sperrschneiden deren quer zur Längsrichtung der Sehnen verlaufende Fibrillen entstehen.

Aus dem geschilderten Baue der Sehnenscheide lässt sich als wesentliche Eigenthümlichkeit derselben ein nicht unbeträchtlicher Grad von elastischem Widerstand gegen Kompression ableiten. Ist derselbe schon durch die knorpelartige Beschaffenheit der plantaren Röhrenwandung gegeben, so wird er bedeutend erhöht durch die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

aus den plantaren Seitenrändern der knöchernen Phalanx entspringenden bogenartigen Rippen. Diese stützen und spannen den knorpelhäutigen Halbcylinder ähnlich wie Holzreifen eine Fischreuse oder das Leinendach eines Zigeunerwagens. Diese elastische Beschaffenheit der Sehnenscheide wird ohne Weiteres an sagittalen Längsschnitten durch die gestreckte Zehe dadurch ersichtlich, dass der Durchschnitt der Sehnenscheide eine Gerade bildet (Fig. 1), während sich die Sehne über dieselbe, der Konkavität der plantaren Knochenfläche entsprechend, bogenartig wölbt, so dass zwischen Sehne und Sehnenscheide ein weiter Raum frei bleibt. Die Figg. 10 und 11, welche beiläufig aus derselben Höhe genommen sind, erscheinen auf der Tafel ungefähr um die Hälfte ihrer wirklichen Entfernung im Schnitt (die 109 μ betrug) an einander gerückt[1].

Die geschilderten Bauverhältnisse der Beugesehnen und ihrer zugehörigen Sehnenscheiden an den Zehen des Sperlings sind so eigenartige, dass bei Betrachtung derselben als zusammengehöriges, thätiges Ganzes auch ihre physiologische Bedeutung, wenigstens ihrem allgemeinen Wesen nach, ohne Weiteres verständlich wird.

Lässt sich der Vogel zum Sitzen auf einen Zweig nieder, so tritt, wie Eingangs dieser Mittheilung aus einander gesetzt wurde, automatisch Plantarflexion der Zehen ein, welche durch gleichzeitiges Zurückziehen der Beugesehnen der Zehen verstärkt wird.

Bei diesem Zurückziehen hauptsächlich der Profundussehne werden sowohl die ventralen, als auch das dorsale elastische Band gespannt; die Sehnenscheide wird durch das Gewicht des Vogels gegen die überknorpelte Fläche der Beugesehne und mit letzterer an die konkave Plantarfläche der knöchernen Phalanx gedrückt, außerdem werden aber die Bogen der Sperrschneiden durch die Beugung etwas zusammengeschoben.

Beide Bewegungen müssen eine Aufrichtung der Sperrschneiden bewirken und diese steiler gestellten, aufgerichteten Schneiden werden durch das Gewicht des hockenden Vogels in die überknorpelte Fläche der Beugesehne eingedrückt, d. h. sie drängen sich zwischen die beweglichen (weil durch Spalten getrennten) Knorpelhöcker. Da diese entgegengesetzt gerichtet sind, wie die Sperrschneiden, findet eine Art von Verzahnung statt, welche durch den Zug der elastischen Bänder noch verstärkt wird; sowohl das gespannte dorsale Band zieht durch Vermittlung der Endphalanx, welche es dorsalwärts zu

[1] Durch ein Versehen wurden die Figg. 10 und 11 bei der Reproduktion getrennt und über einander gestellt. Anm. während der Tafelkorrektur.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

flektiren bestrebt ist, die Profundussehne gegen die entgegenstehenden Sperrschneiden, als auch eine Komponente der Zugkraft, welche die gespannten ventralen Bänder in derselben Richtung entwickeln.

So lange also der Gegendruck des Zweiges von unten wirkt, ist ein Zurückweichen der Sehne unmöglich, d. h. die Umklammerung des Zweiges durch die Zehen ist, so lange der Vogel hockt, automatisch gesperrt.

Die Lösung der Sperre findet 1) durch die Elasticität der Sehnenscheide und 2) durch den Zug der elastischen Bänder statt.

In dem Augenblicke, in dem der Vogel auffliegt oder auch nur einen Fuß hebt, sucht sich die Sehnenscheide vermöge ihrer im Vorhergehenden geschilderten Elasticität von der Beugesehne zu entfernen, d. h. die Sperrschneiden werden aus ihren Rillen zwischen den Knorpelhöckern herausgehoben; gleichzeitig schnellen die elastischen Bänder in ihre Ruhelage zurück und müssen so ebenfalls die Sehne aus der Verzahnung herausreißen.

Dieser Mechanismus wirkt, so oft der Vogel einen Zweig umklammert, mit der Promptheit einer Maschine und ermöglicht dem Thier die Griffstellung ohne Muskelanstrengung beliebig lange.

Zieht man die verschiedenen Arten der Gesperre in Betracht, welche nach Thilo (14) technisch in Verwendung kommen, so wäre die Sperrvorrichtung am Sperlingsfuße weder ein reines Zahngesperre — da die Schneiden, zu welchen hier die Zähne verbreitert sind, nicht genau in einen gegenüberliegenden Einschnittt der Sehne passen —, noch ein reines Reibungsgesperre, sondern eine Kombination beider mit vorwiegendem Charakter des Zahngesperres. Der sperrende Theil (Sperrklinke) wären die Schneiden der Sehnenscheide, der gesperrte die Sehne. Zur Lösung der Sperre dienen im Wesentlichen elastische Kräfte.

Um die Vorgänge, welche beim Aufhocken eines Vogels an der geschilderten Sperrvorrichtung vor sich gehen und welche im Vorstehenden einfach aus dem anatomisch-histologischen Bau der Zehen abgeleitet wurden, auch im Präparat nachzuahmen, habe ich wiederholt den Fuß eines Sperlings im Hüftgelenke ausgelöst und in starker Griff-Beugestellung auf einen Hollundermark- oder Holzcylinder so festgebunden, dass der Oberschenkel an der Tibia und diese an den Lauf zu liegen kam. Um den Druck des Körpergewichtes nachzuahmen wurden die einzelnen Zehen durch Umwickelung mit Fäden auf der Rolle festgebunden. Der so vorbereitete Fuß wurde in 4%iger Alaunlösung, die 5% Salpetersäure enthielt, fixirt und entkalkt; von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einzelnen Zehen wurden dann Sagittalschnittreihen angefertigt. Diese verhältnismäßig rohe Versuchsanordnung vermag wohl kaum ein treues Bild der sich unter physiologischen Bedingungen abspielenden Verhältnisse zu geben, da ein wichtiges Moment, die Kontraktion des Flexor profundus in derselben, unberücksichtigt bleiben musste; auch sonst bietet der Versuch große technische Schwierigkeiten, besonders ist die Belastung der Zehen schwer gleichmäßig herzustellen. Bei der Anfertigung der Schnitte zeigte sich aber auch, dass die natürlichen Lageverhältnisse in Folge der Zugkräfte, welche die elastischen Bänder noch in der Entkalkungsflüssigkeit, ja selbst nach der Einbettung in Celloidin entfalten, unmöglich zu erhalten sind.

An den Schnitten durch die Hinterzehe ließ sich erkennen, dass das dorsale elastische Band, welches bei der künstlich hervorgebrachten Beugung gespannt worden war, sich in der Entkalkungsflüssigkeit noch energisch zusammengezogen hatte. Die Verzahnung von Sehne und Sperrschneiden, welche nach einem solchen Präparat in Fig. 16 dargestellt ist, war so fest, dass diese Kontraktion dieselbe nicht zu lösen vermochte; dagegen war der erweichte Knochen zwischen Ansatz und Ursprung des elastischen Bandes einfach gefaltet und so die Verkürzung des Bandes, d. h. seine Rückkehr zur Ruhelage, ermöglicht worden.

Die in Fig. 16 abgebildete Stelle, welche beiläufig der Mitte der Phalanx entspricht, zeigt aber immerhin, wie sich die aufgestellten, ja theilweise sogar leicht zurückgebogenen Sperrschneiden gegen die Knorpelhöcker der Sehne stemmen. An anderen Stellen waren sie in letztere förmlich eingegraben. Dass diese Verzahnung einem Zuge zu widerstehen vermochte, welcher den ganzen Knochencylinder einzubiegen im Stande war, darf wohl als ein Beweis dafür angesehen werden, dass die Sperrvorrichtung die ihr oben zugemuthete Rolle mechanisch zu leisten im Stande ist.

II.

Nachdem ich diese eigenthümliche Sperrvorrichtung beim Sperling genau untersucht hatte, konnte ich der Versuchung nicht widerstehen, noch eine Reihe anderer Vögel in den Kreis meiner Beobachtungen zu ziehen; dabei war ich bestrebt, Thiere von möglichst verschiedener Form und Lebensweise auszuwählen, die von vorn herein besondere Verhältnisse in der Einrichtung ihres Beugeapparates erwarten ließen.

Schon die Schilderung Ranvier's über die abweichende Gestalt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der organes céphaloïdes beim Hahn, der Taube und der Hausente, sowie seine Angabe, dass er beim Kiebitz solche Organe vollständig vermisst habe, ließen eine große Formenmannigfaltigkeit erwarten, deren Interesse für mich hauptsächlich in den zu erwartenden Abänderungen der knorpelähnlichen Gewebe lag.

Von einer solchen vergleichenden Untersuchung durfte man aber auch in biologisch-stammesgeschichtlicher Hinsicht zum mindesten nicht uninteressante Ausblicke erwarten. In der That haben auch diese ersten, wenn auch noch recht lückenhaften Beobachtungen ergeben, dass Spuren dieser Sperrvorrichtung, die ohne Kenntnis der voll ausgebildeten Einrichtung kaum als solche erkannt werden könnten, sich noch bei Vögeln finden, welche heute vorwiegend für das Bodenleben angepasst erscheinen.

Aus dieser zähen Vererbung, welche auch in der embryonalen Anlage der Einrichtung ihren Ausdruck findet, darf mit einiger Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass früher auch diese Thiere vorwiegend auf Bäumen gelebt, wenigstens während des Schlafes dort ihren Schutz gesucht haben.

In der folgenden Darstellung kann ich mich bezüglich der allgemeinen Verhältnisse kürzer fassen, da dieselben beim Sperling eingehend aus einander gesetzt wurden.

Zunächst schien es von Interesse, die Sperrvorrichtung bei einem größeren Baumvogel zu untersuchen; als solchen wählte ich die Krähe.

Bei der Krähe (*Corvus corone* L.) erreicht die Ausbildung der Sperrvorrichtung einen hohen Grad von geweblicher und mechanischer Vollkommenheit; für diesen ist vor Allem das Verhalten der Hinterzehe maßgebend, deren Gegendruck für eine feste Griffstellung wesentlich ist.

Will man die plantare Fläche der Hinterzehe frei präpariren, so findet man dieselbe unter der Haut von einem gelben Fettpolster bedeckt, nach dessen Entfernung die bei Lupenbetrachtung deutlich quergebänderte Sehnenscheide zu Tage tritt. Zieht man die Sehne heraus, so bleibt die Sehnenscheide klaffend stehen, wie eine kleine Luftröhre. Unter der Lupe betrachtet bietet ihr plantarer Umfang auch morphologisch das Aussehen einer solchen, indem die Sperrschneiden als weißliche Bogen, wie Knorpelhalbringe durchschimmern. Man vergleiche zum besseren Verständnisse das entsprechende, in Fig. 26 vom Mäusebussard (*Buteo vulgaris*) abgebildete Präparat; bei der Krähe reichen jedoch die gleichmäßiger vertheilten Bogen der Sperrschneiden viel weiter distalwärts, bis nahe an das Köpfchen der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Phalanx. Wie die Knorpelhalbringe einer Trachea zeigen die Sperrschneiden bei dieser Betrachtung von der Fläche her noch manchmal, besonders gegen das distale Ende hin Vereinigungen unter sehr spitzen Winkeln, so dass Doppelstreifen entstehen. In Fig. 44*a* ist dieses Zusammenfließen der Sperrschneiden an einer Sehnenscheide von der Ente dargestellt.

Frisch unter dem Polarisationsmikroskope betrachtet, erweisen sich die Sperrschneiden stark positiv doppelbrechend, entsprechend ihrer Längsrichtung.

An der Hinterzehe eines ausgewachsenen Thieres zähle ich 78, an der frisch isolirten Sehnenscheide einer Vorderzehe 32 Sperrschneiden. Bei Betrachtung der letzteren von innen her sehe ich an einigen Stellen zwischen den Sperrschneiden zapfen- oder zottenartige Hervorwucherungen oder Anhänge (vgl. Fig. 44 von der Ente), welche blasige, knorpelzellenähnliche Gebilde enthalten.

Der knorpelige Belag an der plantaren Fläche der Beugesehnen zeigt eine ähnliche Regelmäßigkeit wie beim Sperling. Man kann denselben mit einer dünnen Lage angrenzender Sehnenfasern abziehen und so frisch untersuchen (Fig. 19). Die Zellbezirke (Fig. 20 *H*) sind ziemlich stark gewölbt, glänzend, bei hoher Einstellung zellenlos und bedecken die Sehnenoberfläche zusammenhängend in großer Ausdehnung. An einer Vorderzehe maß die überknorpelte Fläche 15 mm; bei der Hinterzehe 17 mm in der Länge. Die Verknorpelung greift auch über die Seitenränder bis auf die dorsale Fläche der Sehne über; dies ist besonders vom Ansatz der elastischen Bänder proximalwärts der Fall, so dass hier die beim Sperling geschilderte Einlagerung von vesiculösen Zellen (Fig. 1 *VZ'*), an den Rändern der Sehne wenigstens durch hohe Knorpelhöcker ersetzt erscheint, was dem starken Zuge des mächtigen elastischen Bandes entsprechen dürfte. Weiter gegen die Fußwurzel tritt auch bei der Krähe ein vesiculöses Gewebe auf, dessen Zellen regelmäßig Fetttröpfchen enthalten. Dieser Übergang der Knorpelhöcker in die vesiculösen Zellen ist nicht nur ein räumlicher, sondern auch ein genetischer, wie das Verhalten an der plantaren Sehnenoberfläche lehrt. Hier sitzen, wie beim Sperling, die Knorpelhöcker ebenfalls einer die Verbindung mit dem typischen Sehnengewebe vermittelnden Schicht von vesiculösen Zellen mit deutlicher Kapsel auf, zwischen welche die Sehnenfibrillen einstrahlen (Fig. 20 *K*).

Die Dicke dieser Lage sammt den Knorpelhöckern beträgt an Stellen stärkster Entwicklung (Mitte der Hinterzehe) bis zu 150 μ.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sie grenzt sich stellenweise ziemlich scharf gegen die Sehnenbündel ab, wiewohl die Sehnenzellen zwischen den ventralsten Bündeln noch das vesiculöse Aussehen zeigen und erst allmählich den typischen Plättchen Platz machen.

Die Knorpelhöcker selbst messen bis zu 100 μ in der Höhe und 39—70 μ, im Mittel aus 15 Messungen 50 μ in der Breite, besitzen also prismatische Gestalt. Ihre oberflächlichen Kuppen sind wieder deutlich distad geneigt.

Färbt man einen frisch abgezogenen Belag mit Delafield's Hämatoxylin, so treten die Grenzen der Zellbezirke oder Höcker tiefblau gefärbt hervor (Fig. 19*S*) und kann man an manchen Stellen ziemlich häufig zwischen den halbkugelig vorgewölbten Höckern eigenthümliche faden- und wurstförmige, selbst farrenblattähnlich gefiederte, zellenlose Anhänge sehen (Fig. 19*An*), welche in die Höhlung der Sehnenscheide ragen. Solche flottirende Fäden, deren Inneres, ähnlich wie ich dies an der Sehnenscheide beschrieben habe, von einer Knorpelkapsel eingenommen wurde, hat Ranvier (7, 8) bereits bei anderen Vögeln (Huhn, Ente, Taube) gesehen und beschrieben.

Was nun den feineren Bau der Knorpelhöcker und Sperrschneiden anlangt, so zeigen erstere eine noch viel ausgesprochenere Annäherung an echtes Knorpelgewebe, als beim Sperling.

Jeder Höcker enthält eine größere Anzahl von Zellen, welche je nach ihrer Lage, d. h. ihrer Entfernung von der freien Oberfläche des Höckers, ein verschiedenes Aussehen zeigen.

In der Tiefe der Höcker, wo diese verschmelzen (Fig. 20*K*), findet man schöne vesiculöse Zellen mit deutlichem, rundlichem Kern, einem Protoplasmakörper, der meist ein größeres oder mehrere kleinere Fetttröpfchen einschließt und einer zarten, acidophilen Kapsel, die den Zellkörper dicht umschließt.

Manche dieser Zellen besitzen aber deutlich basophile, dann meist etwas breitere Kapseln (Fig. 22*K*). Dies ist vorwiegend der Fall im Höcker selbst, nur zeigen hier die Zellen schon Rückbildungs- oder vielmehr Umwandlungserscheinungen und um die basophile Kapsel wird ein schmaler oder breiterer acidophiler Hof sichtbar (Fig. 21, 23 *H*).

Benachbarte Zellhöfe grenzen sich oft scharf durch basophile Scheidewände ab, die nicht selten körnig erscheinen können (Fig. 22*DZ'*). So kann der Durchschnitt eines solchen Höckers eine territoriale Gliederung zeigen, wie ein echter Hyalinknorpel.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ein eigenthümliches Verhalten zeigen die Zellen, welche am oberflächlichsten in der Kuppe der Höcker liegen; sie verlieren ihre Kapsel und wandeln sich, Kern und Plasmakörper, in eine körnige, stark basophile Masse um, welche zunächst noch die Form der einstigen Zelle bewahrt.

Solche kapsellose, körnige Zellderivate kann man oft in einer ganzen Reihe auf einander folgender Höcker die Kuppen derselben einnehmen sehen (Fig. 20*DZ*).

Die weiteren Schicksale dieser degenerirten Zellen lassen sich aus den zahlreichen Zwischenstufen, welche in den verschiedenen Höckern thatsächlich beobachtet werden können, mit jener Wahrscheinlichkeit erschließen, welche bei der Zusammenstellung verschiedener Zustände eines histologischen Elementes zu genetischen Reihen überhaupt möglich ist.

In diesem Falle kamen mir bei der Deutung der einzelnen Bilder meine Erfahrungen über die Um- oder Rückbildungserscheinungen im typischen Knorpelgewebe zu Gute und muss ich besonders hervorheben, dass diese in den Knorpelhöckern der Beugesehnen bei der Krähe zu beobachtenden Bilder geradezu auffallende Übereinstimmung mit solchen im harten Knorpelgewebe von Myxine sowie mit den von Solger[1] im echten Hyalinknorpel beschriebenen zeigen. Da ich auf letztere an anderer Stelle eingehend zu sprechen komme, begnüge ich mich hier an der Hand einiger Abbildungen die wesentlichen Umbildungen der Zellen in den Knorpelhöckern darzulegen.

In den basalen Abschnitten der Knorpelhöcker sieht man die hier emporgerückten vesiculösen Zellen häufig in der Weise verändert, dass sie an Größe zunehmen, zwei oder auch mehr Kerne und ein leicht basophiles, dichtes Protoplasma zeigen, dabei ihre Kapsel noch vollkommen ausfüllen. Der oder die Kerne verlieren dann ihre Struktur und ballen sich, manchmal mit dem Plasma zusammenfließend, zu einer homogenen, stark basophilen, kugeligen Masse (Fig. 23*KR*), die meist an die Wand gedrückt wird, während sich das Protoplasma verflüssigt und auf einen dünnen Wandbelag reducirt wird oder als körnige Niederschlagsmasse die Zellhöhle erfüllt.

Im ersten Falle hat es oft den Anschein, als ob die Zellhöhle von einem blasigen Kern mit großem, stark basophilen Kernkörperchen erfüllt würde.

Um die Höhle ist zu dieser Zeit meist eine breitere basophile

[1] Über Rückbildungserscheinungen im Gewebe des Hyalinknorpels. Arch. mikr. Anat. Bd. XLII. 1894.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zone (Kapsel; Fig. 21, 23*K*) sichtbar, an welche sich oft ein scharf begrenzter acidophiler Hof (*H*) anschließt.

Die Höhle verengt sich koncentrisch, was schon Ranvier (8, T. XV, p. 230) angegeben hat, unter Verbrauch des basophilen Inhaltskörpers, der oft in kleine Stücke zertheilt wird, so dass man zuletzt nur eine winzige Höhle von koncentrisch geschichteter Substanz schalenartig umgeben sieht (Fig. 22*H*), während ihren Inhalt ein oder zwei färbbare Körnchen als letzten Rest der Zelle bilden (*KR*).

In den oberflächlichen Kuppen erleiden die Zellen fast ausnahmslos die oben geschilderte Umwandlung in grobkörnige, stark basophile Massen, in denen ein Kern nicht mehr nachweisbar ist (Figg. 21 bis 23*DZ*).

Ein Theil derselben verändert sich in der Weise, dass die Körner zerfließen und eine homogene Masse von der Form der einstigen Zelle bilden. Diese kapsellose Masse verliert allmählich ihre Basophilie, wird blässer und blässer, verdämmert gleichsam in der acidophilen Grundsubstanz; endlich verwischen sich ihre Grenzen ganz und färbt sich die Stelle eben so mit Eosin, Kongoroth etc., wie die übrige Grundsubstanz. Die Zelle ist sammt Kern und Kapsel zur Bildung von Grundsubstanz aufgebraucht worden.

In einer Reihe von anderen Fällen schließen sich die Veränderungen der körnigen Zellderivate mehr jenen der tiefer gelegenen Zellen an; die basophilen Körner fließen zu größeren Klumpen zusammen (Fig. 23*DZ*), welche dann allmählich ebenfalls zur Bildung acidophiler Substanz um die Masse herum verbraucht werden. Dabei kann die ursprüngliche Zellgrenze längere Zeit erhalten bleiben, wohl auch durch eine Spaltbildung deutlicher hervortreten.

Dass die Umwandlung der Zellen in einen Haufen basophiler Körner einer Art Verflüssigung gleichkommt, geht auch daraus hervor, dass oft anscheinend leere Höhlen vorkommen, welche durch den Wachsthumsdruck verschiedene Formen angenommen haben.

Unter diesem Wachsthumsdruck können aber auch die basophilen Körnermassen zu schalenartigen, im Durchschnitt halbmond- oder sichelförmigen Bildungen (Fig. 22*DZ'*) verdrückt werden, welche dann während ihrer weiteren Umwandlung in homogene Grundsubstanz die deutlich hervortretenden, basophilen Scheidewände zwischen benachbarten Zellhöfen oder -bezirken darstellen (Fig. 23*BG*).

Dieser modellirende Wachsthumsdruck wird hauptsächlich von den tiefer gelegenen Zellen hervorgebracht, welche die breiten Höfe

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

um sich erzeugen. Daher ist auch eine ganz bestimmte, häufig in den Kuppen der Höcker wiederkehrende Form von leeren oder mit Zellderivat gefüllten Höhlen leicht erklärlich. Es sind dies fast rechtwinklig geknickte, mit ihrer Oberfläche dem distad geneigten Rand der Höcker parallel gerichtete, von unten her eingestülpte Zellhöhlen, wie eine in Fig. 21 *C* dargestellt ist. Dass in den oberflächlichen Partien der Höcker ausschließlich eine Umwandlung in acidophile Grundsubstanz stattfindet, dürfte unschwer seine Erklärung in den mechanischen Verhältnissen finden; hier machen sich Druck und Reibung am meisten geltend und desshalb sehen wir ein acidophiles, hartes Gewebe entstehen, ähnlich wie dies z. B. bei den starren Schädelknorpeln der Cyclostomen der Fall ist.

Aber auch bei der Histogenese der zellenlosen Sperrschneiden, welche ich beim Sperling bereits kurz berührt habe, scheinen bei der Krähe noch deutlicher Umwandlungsvorgänge, die schließlich zum gänzlichen Untergange der Zellen führen, eine große Rolle zu spielen.

Untersucht man an sagittalen Längsschnitten die Grenze zwischen zelliger und zellenloser Sperrschneide bei starker Vergrößerung, so sieht man (Fig. 24) gegen die zellenlose, fibrilläre Masse (*Z*) zu die basophilen Kapseln der vesiculösen Zellen ein verwaschenes Aussehen annehmen. Das Protoplasma der Zelle wandelt sich auch in eine solche homogene, basophile Masse um und es entsteht ein unregelmäßiger, oft schweifartiger Hof um den Kern (*DZ*). Liegen mehrere Zellen beisammen, so fließen die aus der Umwandlung von Kapseln und Plasmakörper entstehenden Höfe zu einer Art syncytialer, basophiler Masse zusammen, in welcher die zunächst noch wohl erhaltenen, später ebenfalls der Umwandlung unterliegenden Kerne (*KR*) liegen.

Die Ränder dieser Höfe sind wie ausgefranst und setzen sich in Form dünner, plattenförmiger, verzweigter Fortsätze zwischen die fibrilläre Masse hinein fort (Fig. 24 *ZF*), zu deren Bildung sie offenbar Material liefern. Der Druck, welcher bei der Bildung der Fibrillen hier eine große Rolle zu spielen scheint, ist senkrecht auf die Längsrichtung der Sperrschneiden gerichtet; in letzterer verlaufen auch wieder die Fibrillen, wie das histologische Bild und die Untersuchung im polarisirten Lichte lehren.

Hier kann man nicht von einer Beziehung der Fibrillen zu Zellausläufern sprechen; aber auch die zu den Fortsätzen des basophilen Syncytiums ist nicht derart, dass sie für die bekannte Ansicht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Flemming's[1] über die Genese der Bindegewebsfibrille sprechen würde. Vielmehr scheinen mir die Vorgänge bei der Bildung aller massigeren Grundsubstanzen, wie sie im Knorpel, Knochen, Zahnbein und nun auch in den Sperrschneiden zu beobachten sind, eine Stütze für die von v. Ebner[2] bei der Entstehung und dem Wachsthum der Chordascheiden dargelegte Anschauung zu bilden.

Wenn ich in der Darstellung des feineren Baues und der Genese der Knorpelhöcker und Sperrschneiden bei der Krähe allzusehr ins Einzelne gegangen bin, so möge dies mit dem Interesse entschuldigt werden, welches die Thatsache beansprucht, dass eine dem Knorpelgewebe allerdings nahestehende, aber für gewöhnlich von demselben wohl unterschiedene Gewebeformation unter gewissen funktionell-mechanischen Einflüssen Formen zeigen kann, welche auch der Geübte von echtem Knorpelgewebe kaum zu unterscheiden vermag.

Auch bei der Krähe habe ich den Versuch gemacht, durch Fixirung des Fußes in künstlicher Griffbeugestellung ein histologisches Bild der Verzahnung zu erhalten. Der im Unterschenkel-Laufgelenk abgetrennte Fuß wurde auf eine kleine Holzrolle aufgesetzt und nun die Beugesehnen einzeln zurückgezogen und in dieser Stellung durch Festbinden an den Lauf fixirt. Die Zehen selbst wurden durch dichte Umschlingung mit Bindfaden auf der Rolle aufgedrückt. Der so vorbereitete Fuß wurde als Ganzes in die Fixirungsflüssigkeit (Müller's Flüssigkeit — Formol nach Orth) gebracht, eben so in 5 %iger Salpetersäure entkalkt, 24 Stunden in 4 %iger Kali-Alaunlösung nachbehandelt, ausgewaschen und in steigendem Alkohol nachgehärtet.

An den Celloidinschnitten, welche in sagittaler Richtung durch die ganze Hinterzehe gelegt wurden, zeigte sich nun, dass, offenbar beim Abtrennen der Hinterzehe vor der Einbettung sich die Beugesehne aus der stattgehabten Verzahnung losgerissen hatte und zwar durch den antagonistischen Zug der elastischen Bänder. Diese hatten ihre Elasticität trotz aller vorangegangenen Behandlung noch im Celloidinschnitt bewahrt; durch die Verkürzung im Schnitt erzeugten sie eine Faltung, welche ich unter der Präparirlupe durch Nadelzug an dem dorsalen elastischen Bande ausgleichen konnte. Sobald dieser jedoch nachließ verkürzte sich das Band wieder.

Dies ist gewiss eine bemerkenswerthe Eigenschaft des elastischen Gewebes.

---

[1] Arch. f. Anat. u. Phys. Anat. Abth. 1897. p. 171.

[2] Diese Zeitschr. Bd. LXII. 1896. p. 469.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Sperrschneiden waren jedoch, wenigstens an vielen Stellen aufgestellt und ragten als scharfe Zähne über die Oberfläche hervor (Fig. 25 *Z*). Eben so waren die Eindrücke, welche sie im Knorpelüberzug der Sehne hervorgerufen hatten, als zahnlückenähnliche Gruben erhalten geblieben (Fig. 25 *L*). In dieser Figur wurden eine Reihe von Sperrschneidendurchschnitten genau mit der Camera gezeichnet; eben so eine Reihe entsprechender Lücken an der plantaren Oberfläche der weit dislocirten Sehnen. Die Ausschnitte beider Kontourzeichnungen passten nahezu vollkommen in einander. Es ist also kein Zweifel, dass während der Verzahnung die aufgerichteten Sperrschneiden sich tief in den Knorpelüberzug eingedrückt hatten.

Nach diesen Erfahrungen schien es von besonderem Interesse, den Fuß eines größeren Raubvogels zu untersuchen. Als solcher stand mir der Mäusebussard (*Buteo vulgaris*) zur Verfügung.

Dieser zeigt einen vom bisherigen ganz abweichenden und besonderen Typus der Sperrvorrichtung an den Fängen. Was bei der Präparation zunächst auffällt, ist der Mangel an elastischen Bändern. Sowohl an den kurzen, breiten und dicken Beugesehnen der ersten und zweiten, als auch bei den dünneren der dritten und vierten Zehe findet man an Stelle des ventralen, elastischen Bandes von einer wohl ausgebildeten dorsalen Raphe der Sehne nur ein dünnes bindegewebiges Häutchen gegen die Gelenkkapsel ziehen. Dasselbe ist mechanisch offenbar funktionslos geworden und enthält nur einige Gefäße.

Dieser Befund scheint mir für die im ersten Theile ausgesprochene Ansicht zu sprechen, dass eine Aufgabe der ventralen, elastischen Bänder darin besteht, bei der Verschiebung der langen und dünnen Beugesehnen in ihren Scheiden eine Stauchung derselben hintan zu halten. Bei den verhältnismäßig kurzen Beugesehnen des Raubvogelfußes ist durch die beträchtliche Dicke und besondere, weiter unten zu besprechende Festigkeit der Sehnen, sowie durch glatte, theilweise ebenfalls steife Sehnenscheiden eine Stauchung bei der Hin- und Herbewegung ausgeschlossen und sind daher die elastischen Bänder verschwunden.

Aber auch die dorsalen, elastischen Bänder fehlen, was man schon daran erkennen kann, dass die Kralle von Haus aus stark ventral gebeugt erscheint. Drückt man sie mit dem Finger noch stärker nach abwärts, so schnellt sie beim Nachlassen des Druckes nicht so in die Höhe, wie bei der Krähe.

Diese Eigenthümlichkeiten stehen sicher mit der besonderen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Funktion des Raubvogelfußes in Zusammenhang. Diese besteht hauptsächlich im festen Zugreifen nach der Beute — der »Ständer« wird zum »Fang« —, welche im geschlossenen Griffe auch durch die Lüfte getragen werden muss. Dabei kommt ein starker Zug auf die in gebeugter Griffstellung befindlichen Zehen zu Stande, wesshalb der auf eine Öffnung des Griffes hinwirkende Zug elastischer Bänder sehr unzweckmäßig wäre. Mit anderen Worten, beim Raubvogelfuß muss ein fester Schluss der Zehen auch während des Fluges ermöglicht sein, wobei das beim sitzenden Baumvogel in erster Linie in Betracht kommende Körpergewicht, welches durch seinen Druck die Sperrvorrichtung schließt, nicht zur Wirkung kommen kann.

Auf die Frage, ob die hochentwickelte Sperrvorrichtung am Raubvogelfuß, welche im Folgenden geschildert werden soll, mechanisch dazu beiträgt die Öffnung des Griffes zu verhindern, so lange die Fänge Beute tragen, kann ich erst später eingehen.

Was bei der Untersuchung der Sperrvorrichtung in der bisherigen Weise zunächst auffällt, ist der Umstand, dass sich Sperrschneiden nur unter den vorletzten Phalangen finden, hier aber möglichst weit der Fußwurzel genähert erscheinen. So erscheint die distale Hälfte der Sehnenscheide (Fig. 26 *V*) dünn und weichhäutig und erst die proximale besitzt eine dicke Wandung von knorpelartiger Konsistenz und trägt die eigenthümlich gebauten Sperrschneiden. Entfernt man die Sehne aus der Scheide, so sinkt letztere in ihrem distalen Theile ein, während sie im proximalen (Fig. 26 *H*) ihre starke, pralle Wölbung beibehält. An einem solchen Präparat kann man bereits mit freiem Auge die weißlichen Bogen der Sperrschneiden erkennen. Die Innenansicht einer solchen Sehnenscheide bietet je nach der Art der Präparation ein verschiedenes Ansehen.

Präparirt man die Sehnenscheide an einer frischen oder in schwachen Alkohol gelegenen Zehe, an welcher die Sehne noch in ihrer Lage ist, so ab, dass man sie an ihren Seitenrändern, dann vorn und hinten durchschneidet und ohne wesentlichen Zug mit der Innenfläche nach oben auf den Objektträger bringt, so erscheint diese Innenfläche nahezu glatt, aber deutlich quer gebändert. Die Bänder lassen einen dunklen und scharf kontourirten Saum erkennen, welcher in distad konvexem Bogen über die Scheide zieht; diesem schließt sich distalwärts ein breites, helles, homogenes Band an und dieses geht in eine noch breitere, durch reichliche eingelagerte Zellen wie körnig aussehende Zone über, die wieder an den nächsten dunklen Saum stößt. Das Bild ähnelt im Allgemeinen dem in Fig. 3 vom

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sperling dargestellten, nur erheben sich die Ränder der Schneiden nicht so plastisch, sondern die ganze Innenfläche erscheint mehr glatt. Am sagittalen Längsschnitt durch eine solche Scheide (Fig. 27 *V*) entspräche der dunkle Saum der Stelle, zu welcher der Verweisstrich *M* geht, das helle Band *Z* und das körnige *Ha* + *L*.

Ein wesentlich anderes Bild erhält man, wenn man zuerst die Sehne durch einen Schlitz am distalen Ende (Fig. 26 *O*) herauszieht, die Sehnenscheide nun abträgt, härtet und dann von innen her betrachtet. In Fig. 17 ist eine solche in 1 %iger Osmiumsäure fixirte Scheide bei Lupenvergrößerung dargestellt. Die Sperrschneiden erheben sich als scharfe Grate oder wie die Blätter eines Blättermagens. Offenbar sind sie durch den distalwärts gerichteten Zug beim Herausziehen der Sehne, deren Oberfläche der Sehnenscheide dicht anliegt, gewaltsam aufgerichtet worden. Denselben Vorgang kann man sich physiologisch Platz greifen denken, wenn der Vogel sich mit den durch die Beute belasteten Fängen erhebt. Durch den Zug an den Krallengliedern, beziehungsweise der an denselben inserirenden Beugesehne entfalten sich die Sperrschneiden und haken sich zwischen die Höcker der Sehne ein, wodurch sie dann in der That im Stande wären eine weitere Lösung des Griffes mechanisch zu verhindern.

Die Entfernung der dunklen Ränder an der isolirten Scheide gemessen, d. h. die Breite der liegenden Sperrschneiden ergab an der dritten Zehe im Mittel aus 13 Messungen 110 μ in den mittleren Partien; in den proximalen und distalen, wo sie enger an einander rücken, kann sie auf 57 μ sinken.

Die Zahl der Sperrschneiden betrug an der vierten Zehe 31, an der dritten 40, an der zweiten 39 (Zählung am isolirten Flächenpräparat); an sagittalen Längsschnitten durch die Hinterzehe zähle ich 42 Sperrschneiden auf eine Länge von 7,58 mm.

Dieser Länge entspricht an der plantaren Fläche der Beugesehne eine Überknorpelung von 14,5 mm Länge. Diese ist schon bei oberflächlicher Untersuchung deutlich zu erkennen. Besonders gegen das distale Ende zu ist ein Feld von längsovaler Form, welches schon mit freiem Auge durch seine gelbliche Färbung auffällt, sich bei Behandlung mit 1 %iger Osmiumsäure dunkler färbt und bei Betrachtung mit der Lupe ein Aussehen wie Chagrinleder zeigt.

Trägt man eine solche Stelle durch einen Flachschnitt ab und bringt man dieselbe mit der Oberfläche nach oben unter das Mikroskop, so findet man nicht die regelmäßig angeordneten, stark ge-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wölbten Höcker, wie bei Krähe und Sperling, sondern eine flache, endothelartige Zeichnung, die aus unregelmäßig-vielseitigen großen und kleinen Feldern zusammengesetzt erscheint (Fig. 29). Somit wäre für diesen Sehnenbelag die Bezeichnung Ranvier's, organes céphaloïdes auch rein morphologisch nicht zutreffend.

Dieser Knorpelüberzug ist ungemein fest und derb, so dass sich selbst nach tagelanger Maceration in Wasser die Zellterritorien mit Nadeln kaum isoliren lassen. Dies wird ohne Weiteres verständlich, wenn man die Sehnenoberfläche am sagittalen Längsschnitt betrachtet (Fig. 27 *T*).

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Sehnen sitzen hier die Zellterritorien nicht durch Vermittlung spärlicher oder reichlicher entwickelter vesiculöser oder knorpelähnlicher Zellen dem eigentlichen Sehnengewebe auf, sondern die Sehnenoberfläche wird von einer ungemein derben und festen Bindegewebsformation gebildet, welche aus dicken, wohl abgegrenzten, theils rein cirkulären, theils nach allen Richtungen sich durchflechtenden Bindegewebsbündeln (*CB*) und dazwischen eingelagerten vesiculösen Zellen (*VZ*) besteht. Diese Zone verleiht der Sehne eine bedeutende Starrheit und macht den erwähnten Mangel an elastischen Bändern begreiflich.

Am senkrechten Durchschnitt zerfällt diese plantare Sehnenpartie, welche eine Dicke von 336 μ erreichen kann, in drei unscharf von einander getrennte Lagen: eine dem parallelfaserigen Sehnengewebe zunächst gelegene Schicht vom Typus des Coriums mit vorwiegend cirkulären Bündeln (Fig. 27 *CB*), eine mittlere, welche hauptsächlich die vesiculösen Zellen enthält (*VZ*) und welcher die dritte und oberflächlichste, die frei vorragenden Zellterritorien entspringen, in welche die aufgefaserten Fibrillenbündel auch unmittelbar einstrahlen. Dadurch erhalten die Territorien eine deutlich faserige, rein kollagene Grundmasse, welche gegen die freie Oberfläche zu fast zellenlos erscheint, oder nur ganz kleine Spalträume mit Zellresten, in den tieferen Lagen zahlreiche, schöne vesiculöse Zellen, welche ihre zarten Kapseln vollkommen ausfüllen, umschließt.

Diese oberflächlichen, zellfreien oder -armen Lagen ragen nicht kuppenartig vor, sondern erscheinen abgeflacht und treten bei Färbung mit S-Fuchsin oder Kongoroth als rein acidophil besonders deutlich hervor.

Die Gestalt der Höcker ist am Durchschnitt entweder prismatisch oder verkehrt kegelförmig mit zur Oberfläche gerichteter Basis (Fig. 30 *B*). Zwischen solche Höcker erscheint dann von Stelle zu

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Stelle ein aufrecht kegelförmiger eingeschaltet (Fig. 30*A*), welchem im Oberflächenbilde ein kleines Feld entspricht (Fig. 29*t*).

Der Durchmesser der großen Felder beträgt im Durchschnitt 0,6 μ, die Tiefe der trennenden Spalten beiläufig eben so viel.

Die Oberfläche jedes einzelnen Höckers wird wieder von einem Grenzhäutchen bedeckt (Fig. 30*M*), unter welchem die fibröse, fast zelllose Kuppe liegt. In derselben werden wieder Zellen in verschiedenen Stufen der Umwandlung getroffen, welche oft durch stark färbbare, homogene, mannigfach verdrückte Kerne (Fig. 30*DZ*) ausgezeichnet sind oder nur mehr ganz schattenhaft erscheinen (*KR*). Daneben kommen vereinzelte oder gruppirte, wohl erhaltene vesiculöse Zellen mit zarten acidophilen Kapseln vor, welche mitotischer Theilung fähig sind, wie der Befund in Fig. 30*T* zeigt. In der tieferen Zone schließen sich die vesiculösen Zellen oft unter gänzlicher Verdrängung der fibrillären Substanz so eng zusammen, dass ihre Kapseln zu einem zelltrennenden Wabenwerk verschmelzen (Fig. 30 *VZG*).

Dies ist ein Verhalten, welches im typischen vesiculösen Stützgewebe bei anderen Thieren, wie z. B. beim Frosch im Sesamknoten der Achillessehne, bei *Myxine* im Zungenbeinkiel vollkommene Analogie findet.

Demnach sind die Höcker hier im Gegensatz zur Krähe und Sperling mit Ausnahme ihrer Konsistenz knorpelähnlicher Eigenschaften bar und müssen dem reinen vesiculösen Stützgewebe zugerechnet werden.

Die innige Verwandtschaft dieses Gewebes mit dem Knorpelgewebe findet aber wieder darin ihren Ausdruck, dass sich in zahlreichen Höckern einzelne Zellen oder Zellgruppen finden, welche dicke, homogene und basophile Kapseln besitzen (Fig. 30*K*) und so echten Knorpelzellen wieder ähnlich erscheinen. Die Sperrschneiden entbehren, wie schon aus dem Vorigen erhellt, des starren Charakters, den sie beim Sperling und der Krähe zeigen; sie gleichen eher aus Lamellen aufgebauten Blättern, die in einen sehnigen Randfaden übergehen.

Die Lamellen dieser Blätter entspringen aus der dicken, fibrösen Wand der Sehnenscheide (Fig. 27 und 28*B*) und sind durch eine große Anzahl platter oder spindelförmiger, kapselloser Zellen, welche sich bei Osmirung stark schwärzen, ausgezeichnet.

Am Randfaden setzt sich diese zellige Lage scharf ab und dieser selbst bietet am Querschnitte genau das Bild eines Sehnenbündels. Er besteht aus feinsten, längs verlaufenden kollagenen Fibrillen mit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dazwischen eingestreuten fast eben so feinen elastischen Fäserchen. Solche habe ich bisher in den Sperrschneiden vermisst.

Diese fibrilläre Masse wird durch einzelne Längsspalten, welche Zellreste umschließen können, unvollkommen getrennt. An seiner Oberfläche wird dieser Sehnenfaden wieder von einer Grenzmembran überzogen.

Nach der Schilderung dieser hoch entwickelten Sperrvorrichtungen sollen einige andere, welche mehr oder minder deutliche Zeichen der Rückbildung zeigen, besprochen werden.

Bei der Taube machen sich bereits, wenn auch nur leise Zeichen einer Rückbildung bemerkbar, welche hauptsächlich die geringere Festigkeit und Regelmäßigkeit der plantaren Sehnenbeläge betrifft. Die Sehnenscheiden sind sehr dünnwandig und rein fibrös; ihre Sperrschneiden sind jedoch noch scharf und verursachen beim Darüberfahren mit der Nadelspitze über die Innenfläche der isolirten Scheide ähnliche Widerstände, wie beim Sperling. Zerzupft man eine frisch isolirte Scheide, so gelingt es leicht bogenförmige, zelllose, biegungselastische Rippen zu isoliren. Diese bilden wieder den proximad gerichteten Rand (Fig. 31*Z*) der Sperrschneide, welcher bei der Beugung aufgestellt werden kann; distad geht derselbe in eine zellenreiche, mehr lockere Lage (*L*) über, in welcher feinste Blutgefäßchen verlaufen und von welcher nicht selten die bekannten zottigen oder faserigen Fortsätze abgehen, welche in die Höhlung der Sehnenscheide hineinragen. Hervorgehoben muss werden, dass mit solchen Sperrschneiden bei der Taube auch noch die vorvorletzten Phalangen, sowie die Hinterzehe ausgerüstet sind; allerdings scheinen sie an ersterer Stelle schon ziemlich flach und weiter aus einander zu liegen. An der Hinterzehe jedoch reichen sie bis in die Gegend des Gelenkköpfchens der basalen Phalanx und beträgt ihre Zahl noch 40.

Der knorpelartige Belag an den plantaren Flächen der Beugesehnen erscheint nicht mehr so regelmäßig, wie bei Sperling und Krähe. Er besteht aus großen, vielfach gestielten, keulenförmigen Höckern (Fig. 31*H*), welche da und dort mit runden Kuppen über die Reihe hervorragen (H^1). Ranvier hat sie als kleine Knorpelpolypen aufgefasst. An einer versilberten Sehne, von der Fläche betrachtet, zeigen sie (Fig. 32) rundliche, ovale oder unregelmäßige Formen und erscheinen leicht gequollen durch die Reduktion in angesäuertem Wasser — ein Beweis für ihre rein fibröse Natur —, theilweise aus einander gedrängt; einzelne mit queren, furchenartigen Eindrücken versehen (Fig. 32*l*), welche von den Rändern der Sperr-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schneiden herrühren. Vom Rande einzelner Höcker sieht man wieder fadenförmige Anhänge (Fig. 32 *An*) abgehen. Die stark gewölbten Kuppen lassen bei ganz oberflächlicher Einstellung keine Zellen erkennen. Bei etwas tieferer treten aber solche in großer Anzahl hervor; an isolirten solchen Zellterritorien, die einfach mit dem Messer abgestreift werden können, zählte ich vier bis zwölf und mehr schöner blasiger Zellen mit zarten, aber deutlichen Kapseln (Fig. 37 *K*). Sie lassen meist nur einen dünnen Mantel feinfaseriger Substanz (*H*) frei, welche wieder von einer stärker lichtbrechenden Membran (*M*) umschlossen wird. Ranvier (8, XV, p. 78) giebt an, dass sich die Kapseln mit Chinoleïnblau violett färben; ich erhielt mit dem viel empfindlicheren Thionin nur eine Blaufärbung. Auch bei anderen Färbeversuchen erwiesen sich die Kapseln als rein acidophil, so dass die Zellen nur als vesiculöse, nicht als Knorpelzellen aufgefasst werden können.

Dagegen findet man in den Sesamknötchen an den Gelenkstellen Zellen mit deutlich basophilen Kapseln, um welche herum noch verwaschene Höfe zu sehen sind, welche die bekannte Metachromasie mit Thionin, Safranin, Chinoleïnblau etc. geben. Auffällig ist die nahezu kugelige Form des distalsten ventralen Sesamknötchens, von welchem das lange (an der Hinterzehe fast 4 mm messende) ventrale elastische Band entspringt.

Verfolgt man die Oberfläche an der versilberten Sehne wieder proximad, so findet man zunächst, wie dies Ranvier (7) geschildert hat, dass die Höcker nicht, wie bei der Krähe, gleich in geschlossenem Verbande die Sehnenfläche bedecken, sondern zuerst vereinzelt auftreten, um erst später sich dicht an einander zu schließen. Proximad sinken die Höcker zu einer flachen Felderung ab (Fig. 33). Die Größe der einzelnen Felder (*T*), deren Grenzen (*S*) durch körnigen Silberniederschlag deutlich hervortreten, entspricht zunächst noch der Größe der Höcker; die Felder umschließen verstreute Gruppen von zwei bis vier rundlichen oder gegenseitig sich abplattenden Zellen, welche sich durch dünne Kapseln (*K*) von der anscheinend homogenen Grundsubstanz abzugrenzen scheinen. So entsteht ein Bild, welches sehr an echtes Knorpelgewebe erinnert. Weiterhin nehmen die Felder sehr rasch an Größe ab, die Zellen schließen sich enger zusammen zu Gruppen von drei bis sechs (Fig. 34 *ZG*), welche durch Streifen von reichlicher Grundsubstanz (*ZW*), die durch das Silber tief gebräunt erscheinen, getrennt werden, während zwischen den Zellen nur dünne solche Scheidewände hindurchziehen. Indem sich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Zellen immer dichter an einander schließen und stärker abflachen, geht aus der vorigen Zeichnung sehr bald die eines typischen Endothels hervor (Fig. 36).

Die Höcker bedecken aber an den langen Sehnen der Vorderzehen die plantare Oberfläche nicht mehr ununterbrochen. In der Gegend der Insertion des distalen elastischen Bandes schiebt sich ein unregelmäßiges Feld von ca. 1—2 mm Länge ein, in welchem die Oberfläche glatt wird und von einer der oben geschilderten Übergangsformen bedeckt erscheint. An einer solchen Unterbrechungsstelle konnte ich aber noch ein anderes, sehr eigenthümliches Oberflächenbild wahrnehmen (Fig. 35). Die Zellen waren noch ziemlich groß und bildeten weit getrennte Gruppen (*ZG*) von sechs und mehr, innerhalb welcher nur zarte, gebräunte Scheidewände die Grenzen bildeten. Von den Außenrändern vieler Zellen aber setzten sich in die breiten Grundsubstanzzüge (*ZW*) hinein faden- oder schweifartige, manchmal verästelte Anhänge (*An*) fort, welche entweder frei ausliefen oder benachbarte Zellgruppen verbanden.

Vielleicht hat man hier die Anlagen jener zotten- und fadenförmigen Anhänge im Bereiche der Höcker vor sich.

Die knorpelartigen Höcker greifen bei der Taube noch ziemlich weit um die Seitenränder der abgeflachten Sehnen. Die Länge der von ihnen bedeckten Flächen beträgt an den Vorderzehen (unterbrochen) 12—13 mm, an der Hinterzehe noch 6,4 mm. Die Dicke des Belages betrug an der in Fig. 31 abgebildeten Stelle noch 130 μ. Die Verbindung der Höcker mit der Sehne wird einfach durch die aus dieser in jene einstrahlenden Fibrillen hergestellt, ohne dass eine eigene verbindende Zwischenlage von vesiculösem Gewebe, wie bei Krähe und Sperling zur Entwicklung käme.

Bei der Taube hatte ich auch Gelegenheit die embryonale Anlage der Sperrvorrichtung zu untersuchen. Bei Embryonen kurze Zeit vor dem Ausschlüpfen findet man unter den proximalen Phalangen den Spaltraum zwischen der Anlage der tiefen Beugesehne und ihrer Sehnenscheide bereits ausgebildet, während der unter den vorletzten Phalangen eben erst in Bildung begriffen ist.

Der folgenden Beschreibung liegen sagittale Längsschnitte durch die vierte Zehe eines solchen Taubenembryo zu Grunde, dessen Fuß in Pikrinsublimat fixirt worden war. Betrachtet man die einander zugewandten Flächen der Beugesehne und ihrer Sehnenscheide im Bereiche der ersten und zweiten Phalanx, so bemerkt man nichts

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auffälliges; die Oberflächen der dichtzelligen Anlagen erscheinen vollkommen glatt.

Unter der dritten Phalanx jedoch zeigen sowohl Sehne als Sehnenscheide eigenthümliche Oberflächenbildungen. Auf der plantaren Fläche der Sehne (Fig. 38) sitzt eine im Wesentlichen zweischichtige 19—22,5 μ hohe Lage großer eigenthümlicher Zellen auf, welche vor Allem durch ihren lockeren Zusammenhang ausgezeichnet sind. Die basalen besitzen rundliche Formen, eine Größe von 8—10 μ, ein dichtfädiges Protoplasma und einen oder zwei große rundliche oder ovale Kerne. Viele derselben werden im Zustande der Mitose (Fig. 38 *M*) getroffen.

Während einzelne dieser Zellen und zwar die den längsverlaufenden Spindelzellen der Sehnenanlage aufsitzenden ebenfalls noch kurze Ausläufer parallel zur Längsachse der Sehne erkennen lassen, scheinen andere, etwas emporgerückte, solche Ausläufer senkrecht gegen die Oberfläche emporzusenden, welche sie mit der oberflächlichen Zelllage verbinden.

Letztere besteht aus seitlich vollkommen getrennten oder gegenseitig sich nur leicht berührenden Zellen mit kopfartig abgerundeter Oberfläche (Fig. 38 *H*) und einem im Ganzen kugeligen oder leicht keulenförmigen Körper von etwa 9,6 μ Durchmesser, welcher einen oder zwei nahe der Oberfläche gelegene, bläschenförmige Kerne umschließt. Von der Basalfläche dieser Zellen gehen 8—10 μ lange, zarte flügel- oder röhrenförmige Fortsätze aus (Fig. 38 *F*), welche theils zwischen die basalen Zellen eindringen, theils mit diesen zusammenzuhängen scheinen und dann den Eindruck flächenhafter, langausgezogener Intercellularbrücken hervorrufen.

Diese eigenthümlichen Zellen müssen offenbar als Anlagen der Höcker aufgefasst werden und zwar scheint jede, nachdem durch wiederholte Theilung und Nachrücken von unten eine genügende Anzahl von Zellen die Oberfläche bedeckt, einen der später vielzelligen, fibrösen Höcker zu bilden; wenigstens besitzen diese Zellen schon in diesem Stadium nicht selten mehr als einen Kern nahe ihrer kopfförmig vorgewölbten Oberfläche.

Nicht minder eigenthümlich gestaltet erscheint die gegenüberliegende Oberfläche der Sehnenscheide (Fig. 39).

Auf derselben erheben sich eine Reihe von Querwülstchen, welche durch mehr oder minder tiefe Furchen getrennt erscheinen und am Durchschnitt wie kraterähnliche oder auch mehr abgeflachte Gipfelchen emporragen (Fig. 39 *K*).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Jede dieser Hervorragungen — die Anlage der zukünftigen Sperrschneide — besitzt einen Sockel von kleinen, runden stark färbbaren Kernen (*BZ*), von denen aus eine undeutliche, gegen den Gipfel zu konvergente Faserung auszugehen scheint, ohne dass irgendwie deutliche, trennende Zellgrenzen wahrzunehmen wären; die ganze Sockelmasse macht vielmehr den Eindruck eines Syncytiums. Die Substanz des Gipfels selbst erscheint vollkommen kernfrei, stark acidophil und dicht punktirt, welche Punktirung, wie ich vermuthe, querdurchschnittenen Fibrillen entspricht.

An den Abdachungen der Gipfel schieben sich oft deutlich abgegrenzte Fortsätze seitlich gelegener Zellen (*SZ*) empor, welche die Oberfläche der Gipfelchen zu bedecken scheinen.

Vergleicht man dieses Verhalten mit den Bemerkungen, welche ch über die Histogenese der Sperrschneiden bei Sperling und Krähe gemacht habe, so wird man schon in der embryonalen Anlage unschwer Analogien mit dem fertigen Zustande finden.

Noch weitere Rückschritte weist die Sperrvorrichtung an dem Lauffuße des großen Brachvogels (*Numenius arquatus*) auf und zwar finden wir hier besonders die Sperrschneiden rückgebildet; trotzdem muss als überraschend angegeben werden, dass sie auch an der Hinterzehe des Thieres noch in einer Form erhalten sind, welche eine funktionelle Bedeutung derselben möglich macht. Dies ist um so bemerkenswerther, als beim Huhn und bei der Ente, wie wir sehen werden, an der Hinterzehe von irgendwie funktionstüchtigen Überresten der Sperrschneiden nichts mehr zu finden ist.

Wie Fig. 40 zeigt stellen die »Sperrschneiden«, welche hier diesen Namen schon nicht mehr verdienen, an der Hinterzehe im sagittalen Längsschnitte wulstförmige Erhabenheiten vor (*Z*), welche beutelartig gegen die Fußwurzel gerichtet sind. Sie besitzen einen rein fibrösen Charakter, lassen in ihren Kuppen deutliche cirkuläre Bündel (*c*) erkennen und enthalten meist nur spärliche, manchmal etwas zahlreichere Zellen eingelagert, von denen einzelne deutlich vesiculösen Charakter zeigen (*VZ*).

Besonders deutlich hebt sich an ihnen das Oberflächenhäutchen ab. Gelegentlich verläuft in einem solchen Querwulst ein stärkeres Arterienästchen, das dann am Längsschnitt ebenfalls quer getroffen erscheint (Fig. 38 *G*).

Aus den proximad sich öffnenden Spalten zwischen den Wülsten ragen häufig zottige, faserige Anhänge (*An*) hervor.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Von der Fläche betrachtet zeigt die dünne Sehnenscheide deutlich die grobgebündelten, von kürzeren, einfache Zellreihen einschließenden Spalten durchsetzten Querbündel (Fig. 41 *cB*), welche den Sperrschneiden entsprechen. Sie stehen durch Bündelaustausch vielfach unter einander in Verbindung (*a*) und erheben sich ihre proximalen Ränder (*Sp*) nur an wenigen Stellen (an der vorderen Mittelzehe) zu stumpfen Schneiden. Aus den Zwischenräumen zwischen den Bündeln ragen oder quellen förmlich rundliche, beutel- oder fadenförmige Anhänge hervor, welche aus einer faserigen Hülle und einzelnen oder kleineren Gruppen blasiger Zellen bestehen; sie erinnern oft geradezu an die gestielten Höcker an der plantaren Sehnenoberfläche (*An*).

Diesen Bau zeigt die Sehnenscheide der ersten, dritten und vierten Zehe; die der zweiten Zehe ließ ein etwas anderes Verhalten erkennen. Ihre Oberfläche erscheint am sagittalen Längsschnitt glatt und wird nur von ziemlich seichten, höchstens 26 μ tiefen Furchen in unregelmäßigen Abständen durchzogen. Am Durchschnitt erscheinen die Furchen als hakenförmig gebogene Spalten mit proximad gerichteter Konvexität, so dass noch eine Art von Sperrschneidenrand entsteht. Das ganze zwischen zwei solchen Furchen gelegene Band ist sehr zellarm und vorwiegend aus cirkulären Bündeln zusammengesetzt. Am Grunde der Spalten entspringen kleine Höckerchen, jedoch ohne die Oberfläche zu überragen.

Als weiterer Ausdruck der Rückbildung ist besonders zu betonen, dass sich diese Sperrwülste nur mehr unter den vorletzten Phalangen, auch an der dritten und vierten Zehe finden.

Die Sehnenbeläge bestehen aus gestielten, keulenförmigen Höckern, deren Höhe (an der zweiten Zehe gemessen) 80 μ erreichen kann. Ihre Kuppen sind fast zellenlos, vielfach parallel zur Längsachse des Höckers fibrillär zerklüftet, wie aufgefasert (Fig. 40 *H*). Möglicherweise ist dies durch den nicht ganz tadellosen Erhaltungszustand des Objekts bedingt, welches ich vor der weiteren Härtung wegen leichter Eintrocknung der Haut in $^1/_2$ %iger Kochsalzlösung erweichen musste. Am Sehnenbelag der zweiten Zehe finde ich die Höcker aber wohl abgerundet und von dem Grenzhäutchen überzogen.

Die Stiele oder Hälse der Höcker sind dagegen sehr zellreich und enthalten theils nackte, theils ziemlich große, mit scharf ausgeprägter Kapsel versehene vesiculöse Zellen. Einzelne dieser Kapseln fand ich deutlich basophil. Legt man eine ganze Sehne in verdünnte Lösung von Delafield's Hämatoxylin, so färbt sich der ganze Seh-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nenbelag tief dunkel und hebt sich dadurch von der benachbarten Oberfläche deutlich ab. Die Länge der bedeckten Flächen war an den einzelnen Zehen sehr ungleich: sie betrug an der Hinterzehe etwas über 1 mm, an der zweiten 7,4 mm, an der dritten 5 mm und an der vierten 2,3 mm.

Im Ganzen hat man den Eindruck, als wäre die Rückbildung der Sperrvorrichtung an der zweiten und dritten Zehe weniger weit gediehen, als an den zwei anderen.

Sehr kräftig sind an den Vorderzehen die ventralen elastischen Bänder entwickelt und sitzt das distale der zweiten Zehe der Sehne mit besonders breiter Fläche (4,8 mm) auf. Die Sesamknötchen, an denen sie entspringen, sind durchweg sehr massig, stark gerundet und reich an vesiculösen Zellen mit basophilen Kapseln; auch über die Kapseln hinaus, zwischen die Faserbündel hinein reicht die basophile Substanz, so dass sich diese Knötchen im Ganzen stark mit basischen Farbstoffen und metachromatisch mit Safranin und Thionin färben.

Ähnliche Verhältnisse, namentlich gut ausgebildete (bis 6 mm lange) Sehnenbeläge und cirkuläre Bündel in der Sehnenscheide fand ich auch an den Zehen der Schnepfe (*Scolopax rusticola*).

Auch beim Huhn zeigt die Sperrvorrichtung entschiedene Zeichen der Rückbildung, die besonders im Verhalten der Hinterzehe hervortreten. Bekanntlich muss das Huhn, wenn es sich zum Hocken auf einem Stabe oder einer Sprosse niederlässt, erst das Gleichgewicht suchen; auch schmiegt es sich gern an einen festen Gegenstand an.

Die Sehnenscheiden sind weich, dünnhäutig und besitzen die degenerirten Sperrschneiden nur unter den vorletzten Phalangen. An den Vorderzehen stehen sie in ihrer Entwicklung etwa zwischen denen der Taube uud des Brachvogels und stellen von vielen Spalten durchsetzte, cirkuläre Faserbündel dar, zwischen welchen wieder zottige Anhänge hervorragen. Ihre proximad über die Fläche sich erhebenden, stumpfen Ränder legen sich leicht in Runzeln und Fältchen. An der zweiten Zehe zähle ich 40 solcher Wülste.

Betrachtet man die frei präparirte Sehnenscheide der Hinterzehe von der Fläche, so zeigt auch diese eine, wenn auch wenig deutliche Querstreifung. Wie man am sagittalen Längsschnitt sieht (Fig. 42), beruht dieselbe auf dem Vorhandensein seichter Einschnitte in der fibrösen Wandung, welche am Durchschnitt nur mehr V-förmig, nach oben zu weit offen erscheinen, auch nicht mehr über die ganze Breite der Sehnenscheide ziehen, sondern oft mitten in derselben sich verlieren (*Sp*). Die Zell-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

territorien an den Beugesehnen besitzen wieder die keulenförmige, gestielte Form, sind jedoch größer und zellenreicher, als die der Taube und lassen sich ziemlich leicht isoliren (Fig. 18); sie verursachen aber beim Darüberfahren mit dem Skalpell noch deutlich ein rauhes, knirschendes Gefühl. Zum Unterschied von denen der Taube vermisse ich an diesen Zellen auch eine deutliche Kapsel, obzwar Ranvier (8 XV, p. 228) eine große Anzahl von solchen, die sich mit Chinoleïnblau violett färben sollen, beschreibt. Ich finde die Zellen, welche in den Territorien nicht gleichmäßig vertheilt sind, sondern meist mehrere Gruppen bilden (Fig. 18 *ZN*), nackt in der feinfaserigen Grundsubstanz liegen, die allerdings bei der großen Menge der Zellen — ich zähle an einem isolirten Territorium gegen 30 — oft nur in Form dünnster, kapselartiger Züge zwischen den Zellen erhalten ist. Aber auch wo die Zellen an die breitere, fibrilläre Rinde des Territoriums stoßen, ist von einer besonderen Kapsel, wie bei der Taube, nichts zu sehen.

Häufig gehen von der faserigen Rinde lange kegelförmige Fäden ab.

Diese Höcker sitzen direkt den Fibrillenbündeln der Sehne auf und gehen an keiner Sehne weiter, als bis zum Ansatz des distalen elastischen Bandes; als Längsmaße für die von ihnen bedeckten Flächen fand ich an der vierten Zehe kaum 5 mm, an der dritten 7—8 mm, an der zweiten 7 mm. An der Hinterzehe findet man stellenweise ganz nahe dem distalen Ende der Sehne noch einzelne oberflächliche Zellgruppen durch undeutliche Spalten von einander geschieden, welche aber immerhin bei vorsichtigem Darüberfahren mit dem Skalpell noch als Rauhigkeit gefühlt werden können.

Auffallend kräftig sind beim Huhn die ventralen elastischen Bänder entwickelt und erreicht das proximale, welches nur wenige Millimeter hinter dem distalen (also noch unter derselben Phalanx) in die Sehne einstrahlt, die Breite der Sehne und kann auf eine Länge von 10 mm gedehnt werden.

Das Sesamknötchen, von welchem dieses elastische Band entspringt, ist rein fibrös, ohne Einlagerung vesiculöser Zellen, so viel ich an Isolationspräparaten von der dritten Zehe und den Schnitten durch die Hinterzehe sehen kann.

Vergleicht man mit diesen Befunden die Verhältnisse bei einem großen, wildlebenden Hühnervogel, wie z. B. beim Auerhahn (*Tetrao urogallus*), so findet man auch hier ausgesprochene Rückbildung der Sperrvorrichtung. Allerdings kann derselben bei einem so schweren Vogel, der in der Regel nur dickere Äste zum Sitzen aufsucht, nicht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

jene Bedeutung zukommen, wie z. B. bei der Krähe. Funktionslos ist aber die Einrichtung sicher auch hier nicht.

Die plantaren Oberflächen der Profundussehnen zeigen, wie sich schon durch Streichen mit dem Skalpell über die Sehnenfläche feststellen lässt, knorpelartige Beläge nur an den distalen Enden unter den vorletzten Phalangen. Sie erreichen eine Dicke von etwas über 100 μ und bestehen aus ziemlich unregelmäßigen, oft deutlich gestielten Höckern von fibrösem Charakter, ähnlich denen bei der Taube. Auch von der Fläche gesehen erscheinen die Territorien sehr unregelmäßig, meist aber ausgesprochen längsoval und quer zur Sehnenlängsachse gestellt. Die Kuppen der Höcker setzen sich vielfach in fadenförmige oft ausgefranste Anhänge fort.

In ihren tieferen Partien enthalten die Höcker ziemlich zahlreiche, vesiculöse d. h. mit deutlichen, acidophilen Kapseln versehene Zellen, während gegen die Oberfläche die Zellen Rückbildungserscheinungen zeigen, etwa wie beim Mäusebussard. Unmittelbar unter den Höckern beginnt das längsfaserige, typische Sehnengewebe. Die Ausdehnung dieser Beläge, welche im frischen Zustande durch ihre leicht bräunliche Färbung von dem glänzenden Sehnenspiegel der Umgebung abstechen, nimmt an den Zehen von innen nach außen ab. Ich fand die Länge der bedeckten Fläche an der zweiten Zehe mit 8,4 mm, an der dritten mit etwas über 4 mm und an der vierten mit beiläufig 2 mm. Auch an der in die Höhe gerückten Hinterzehe findet sich ein rauhes Feld von ungefähr 2 mm Länge, an welchem die keulen- und zapfenförmigen Höcker ziemlich weit aus- und durch einander stehen und durch besonders zahlreiche und lange, fransenartige Fortsätze ausgezeichnet sind. Einzelne sitzen mit ganz engem Halse als zerklüftete, polypenartige Bildungen der Oberfläche auf (Fig. 43 *H*). Sehr eigenthümlich gestaltet sich das Verhalten der Sehnenscheiden, das einer genaueren Untersuchung werth wäre.

Betrachtet man die isolirte Sehnenscheide einer Vorderzehe von der Innenfläche, so sieht man ziemlich derbfaserige und stark gewölbte, cirkuläre Faserbündel von 75—156 μ Breite wulstförmig an derselben vorspringen. Die Bündel verlaufen in distad konvexen flachen Bogen und stehen durch Bündelaustausch an vielen Stellen unter einander in Verbindung. Sie sind zellarm und auch in den tiefen, proximal sich öffnenden Furchen zwischen ihnen erheben sich dünne Blätter eines mehr lockeren, aber ebenfalls nicht sehr zellreichen Gewebes. Unter der vorletzten Phalanx der zweiten Zehe zähle ich beiläufig 48 solcher Wülste.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Am sagittalen Längsschnitt ergiebt sich so ein Bild ganz ähnlich dem vom Brachvogel in Fig 40 *V* abgebildeten, nur sind die Wülste etwas massiver und zellärmer.

Sehr eigenthümlich ist nun aber die Unterlage, auf welcher diese fibröse Platte der Sehnenscheide, welche sammt den Wülsten etwa eine Dicke von 115—130 μ erreicht, aufsitzt.

Ich lege der Beschreibung dieses Verhaltens eine Reihe von Sagittalschnitten durch die Hinterzehe zu Grunde.

Während die Sehnenscheide im distalen Theile glatt und dünnhäutig (40—50 μ) ist, verdickt sie sich gegen die Basis der Phalanx zu einer fibrösen Platte von 246 μ Dicke vorwiegend längsverlaufender Bündel, welcher noch weiter basalwärts an der Innenfläche eine Lage cirkulärer, sehniger Bündel aufgelagert wird.

Dieser fibrösen Platte liegt innen eine mehr lockere, von zahlreichen elastischen Fasern, später auch von Fettzellen durchsetzte Schicht von ebenfalls zunehmender Dicke an, welche, sobald sie etwas mächtiger geworden ist, von großen, lückenartigen, buchtigen anscheinend leeren Räumen durchsetzt wird, die wieder von sehr eigenthümlichen, drehrunden, verästelten, fast hornartigen Fäden durchzogen werden. Von der Stelle an, wo die dünne, glatte Sehnenscheide dicker wird, lagert sich diesem geschilderten Gewebe die eigentliche, oben beschriebene Sehnenscheide mit ihren Ringfaserwülsten auf.

Letztere zeigen an der Hinterzehe in so fern eine als Rückbildung zu bezeichnende Veränderung, als die cirkulären Bündel distal zu flachen, kaum 40 μ hohen, fibrösen Platten von über 400 μ Breite verschmolzen sein können, denen sich proximad durch ganz unregelmäßig gestellte Spalten oder breitere Zwischenräume getrennte Bänder von 100—130 μ Breite und bis zu 100 μ Dicke anschließen. Die fast prismatischen Querschnitte dieser Bündel zeigen die typische Sehnenstruktur. Die Sperrwülste sitzen demnach beim Auerhahn einer besonders elastischen Unterlage auf. Was den Inhalt der diese Elasticität offenbar erhöhenden lakunären Räume unter der cirkulärfaserigen Sehnenscheide betrifft, so konnte ich zu keiner klaren Vorstellung gelangen. Flüssigkeit scheint es nicht zu sein, da man an dem in Formol fixirten, in Salpetersäure entkalkten und gefärbten Objekt nicht die geringsten Niederschlagsspuren wahrnehmen kann. Die Räume erscheinen vielmehr vollkommen leer, ihre Wände glatt und so dicht, dass man eher an eine Art seröser Höhlungen denken könnte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei der Ente finden wir im Wesentlichen ähnliche, aber noch etwas weiter gediehene Rückbildungserscheinungen wie beim Huhn.

An den Vorderzehen lassen die Sehnenscheiden im Bereiche der vorletzten Phalangen querlaufende ziemlich flache Faserbündel erkennen, deren proximale Ränder sich sperrschneidenartig über die Fläche erheben. Diese Bündel fließen vielfach unter spitzen Winkeln unter einander auch in der Mittellinie zusammen (Fig. 44 *a*). Auffallend reichlich und stark entwickelt sind die aus den zellreichen Zwischenräumen zwischen den Bündeln heraustretenden und im Binnenraum der Sehnenscheide flottirenden zotten- oder fadenförmigen Anhänge (Fig. 44 *An*), welche ebenfalls eine große Anzahl von Zellen umschließen können.

An der dritten Zehe zähle ich beiläufig 30 solcher rudimentärer Sperrschneiden.

Auch die Sehnenbeläge zeigen große Ähnlichkeit mit denen beim Huhn; die gestielten, keulenförmigen Territorien sind ungemein zellreich, so dass zwischen und um die kapsellosen protoplasmaarmen Zellen nur spärliche, feinfibrilläre Grundsubstanz übrig bleibt.

Solche frisch isolirte Zellbezirke färbten sich in stark verdünnter Lösung von rektificirtem Methylenblau leicht metachromatisch violett, die Zellen blau.

Am deutlichsten tritt der weitere Grad der Rückbildung an der Hinterzehe hervor. Die Sehnenoberfläche (Fig. 45 *PO*) ist vollkommen glatt, kaum hier und da die Zellen des Tendilemms etwas vermehrt. Dessgleichen die Innenfläche der dünnhäutigen Sehnenscheide; nur in ihrem proximalen Theile kann man an ihrer Oberfläche einige abgeplattete, von einander mehr oder minder weit getrennte cirkuläre Faserbündel gewahren (Fig. 45 *SB*), welche als letzter Rest der Sperrschneiden anzusprechen sind.

Im Übrigen sind die elastischen Bänder, besonders die ventralen gut entwickelt und eben so fällt durch seine Größe das Sesamknötchen in der ventralen Wand des distalsten Interphalangealgelenkes auf; es besteht jedoch ausschließlich aus verfilzten, derben fibrösen Bündeln mit zwischengelagerten Zellplättchen und entbehrt der vesiculösen Zellen, wie beim Huhn.

Ähnlich wie bei der Ente fand ich auch bei der Schneegans (*Anser hyperboreus*) Sperrwülste und Sehnenbeläge (an der dritten Zehe 6 mm lang) deutlich ausgebildet.

In der Erwartung auch keine Spur der Sperrvorrichtung mehr anzutreffen untersuchte ich endlich noch die Zehen eines Tölpels

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

(*Sula fiber*), die ich meinem Freunde Dr. S. v. SCHUMACHER verdanke und die eines indischen Storches (*Xenorhynchus asiaticus*, Jabiru), von welchem ein Lauf mir mit so manchem anderen werthvollen Material von dem Kustos am k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien, Herrn Privatdocenten Dr. LORENZ v. LIBURNAU, in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellt worden war, wofür ich hier nochmals meinen Dank ausspreche.

Meine Erwartung wurde jedoch getäuscht; in beiden Fällen fanden sich, bei *Sula* sogar an der Hinterzehe deutliche Reste der Sperrvorrichtung.

An der vorderen Mittelzehe von *Sula* zeigte die kräftige Sehne auffallend dünne elastische Bänder und an ihrer plantaren Oberfläche mit der Lupe gesehen helle, bogenartige Querstreifen mit distad gerichteter Konvexität, besonders deutlich proximal vom distalen elastischen Bande, welche Abdrücke der Sperrwülste auf der Sehnenoberfläche darstellen.

Von der in verdünntem Alkohol macerirten Sehnenoberfläche lässt sich der Belag mit dem Skalpell leicht zusammenhängend abtragen. Derselbe färbt sich intensiv mit DELAFIELD's Hämatoxylin; er besteht aus leicht isolirbaren, keulenförmigen, fibrösen Höckern, welche mit kleinen, rundkernigen Zellen dicht erfüllt erscheinen; besonders gegen die rundliche Oberflächenkuppe sind sie so dicht gedrängt, dass von einer Zwischensubstanz kaum etwas zu sehen ist. Von der Kuppe der Höcker gehen vielfach drehrunde, fadenförmige, oft glasartig homogene Anhänge ab. Die von diesem zellreichen Belage bedeckten Flächen erreichen noch beträchtliche Ausdehnung. Die distalen elastischen Bänder inseriren erst sehr weit proximalwärts von der Endphalanx (bei der vierten Zehe beträgt die Entfernung 22 mm) und bis zu dieser Insertion erscheinen die plantaren und seitlichen Flächen der Beugesehnen von den Höckern bedeckt. So betrug die Länge dieser bedeckten Fläche an der vierten Zehe 18 mm, an der dritten über 20 mm und selbst an der Hinterzehe fast 15 mm.

Die Sehnenscheiden lassen sich leicht von dem aufgelagerten Fettgewebe isoliren und stellen dann knorpelartig elastische Halbröhren dar. Die Faserbündel an ihrer Innenfläche springen noch mit ausgesprochenen proximad geneigten Rändern vor und ist ihre Zahl bei der Länge der Phalangen eine sehr beträchtliche. So zähle ich unter der vorletzten Phalanx der vierten Zehe gegen 60 und selbst noch an der Hinterzehe über 30.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Im Ganzen zeigt demnach *Sula* eine noch viel besser entwickelte oder erhaltene Sperrvorrichtung, als die Hühnervögel.

Bei *Xenorhynchus* zeigte die Sehne des tiefen Zehenbeugers der zweiten Zehe unter der vorletzten Phalanx eine starke Abflachung und wenige Millimeter hinter der Insertion eine beiläufig 8 mm lange, leicht bräunliche Trübung ihrer plantaren Oberfläche, welche auch auffallend rauh erscheint. Die zugehörige Sehnenscheide zeigt in einer Länge von etwa 10 mm eine deutliche Querstreifung durch weißliche, gegen die Seitenränder der Sehnenscheide verschmelzende Faserbündel, welche um so deutlicher mit der Lupe wahrgenommen werden können, als zwischen ihnen eine röthliche, lappige Fettmasse durchschimmert, welche der Sehnenscheide im Bereiche der Beugefläche aufliegt. Die Faserbündel ragen nur wenig über die Oberfläche vor und zwischen ihnen sitzen, ähnlich wie bei *Numenius* (Fig. 41 *An*), zahlreiche zotten- oder keulenförmige fibröse, zellreiche Anhänge.

An der dritten Zehe misst der Sehnenbelag nur 6 mm und erscheinen die Querbündel in der Sehnenscheide bedeutend schwächer.

An der Hinterzehe konnte ich weder an der Sehne noch an der Scheide eine Spur der geschilderten Bildungen finden.

Dagegen boten die Höcker von der plantaren Fläche der tiefen Beugesehne der dritten Zehe, welche ich isolirt hatte (durch Abstreifen mit dem Skalpell) ein überraschendes Bild.

Dieselben erreichen eine beträchtliche Größe (vgl. z. B. Fig. 43 vom Auerhahn mit der gleich vergrößerten Fig. 46, welche einen solchen isolirten Höcker darstellt) und besitzen einen fibrösen Mantel (*R*), welcher der Oberfläche zugekehrt ist und einen echten Knorpelkern (*K*), dessen Grundsubstanz sich an der Oberfläche auffasernd in den fibrösen Mantel verliert.

Die Kapseln der vesiculösen Zellen sind hier verschmolzen zu einer anscheinend homogenen und festen Intercellularsubstanz.

Es ist mir somit nicht gelungen einen Vogel zu untersuchen, welcher keine Spur der eigenthümlichen Umbildungen an der plantaren Oberfläche seiner tiefen Zehenbeugesehnen und der zugehörigen Fläche der Sehnenscheiden aufgewiesen hätte, welche sich bei den Baumvögeln zu einer so ausgesprochenen Sperrvorrichtung entwickelt haben. Ich möchte daher auch zweifeln, dass beim Kiebitz sich keine Spur des eigenartigen Belages an den Sehnen finden sollte, wie

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ranvier behauptet. Dies um so mehr, als so nahe Verwandte, wie Brachvogel und Schnepfe die Beläge auf das deutlichste zeigen.

Es wäre gewiss nach mehr als einer Richtung von großem Interesse, diese Untersuchung auf alle Arten typisch verschiedener Vogelfüße, besonders den Kletter- und Haftfuß, auszudehnen, zugleich aber auch die Entwicklung dieser, wie man sieht, histologisch so mannigfaltigen und zähe vererbten Einrichtung zu verfolgen.

Wien, 30. Juli 1902.

Litteratur.

1. Bergmann u. Leuckart, Anat.-physiol. Übersicht des Thierreiches. Vergl. Anat. u. Physiologie. Stuttgart 1852.
2. J. A. Borelli, De motu animalium. Lugdun. Batav. 1685.
3. Gadow, in Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. VI. Bd. 4. Abth. I. Anat. Theil. Leipzig 1891.
4. N. Loewenthal, Questions d'Histologie. La cellule et les tissus au point de vue général. 1901. p. 163.
5. W. Marshall, Der Bau der Vögel. Leipzig 1895.
6. Owen, Todd's Cyclopaedia of Anat. and Physiol. Vol. I. 1835/1836. p. 296.
7. Ranvier, Sur les tendons des doigts chez les oiseaux. Compt. Rend. Acad. Sc. Paris. Vol. CVIII. 1889. p. 433, 480 und Journ. de Micrographie. Vol. XIII. 1889. p. 167.
8. Ranvier, Les éléments et les tissus du système conjonctif. — Leçons faites en 1889 au Collège de France. — Journ. de Microgr. Tome XIV, 1890, Tome XV, 1891.
9. Renaut, Recherches sur la transformation vésiculeuse des éléments cellulaires des tendons (Cellules tubulaires de Ranvier. Arch. physiol. Tome IV. 1872. p. 271.
10. J. Schaffer, Eine Sperrvorrichtung an den Zehen des Sperlings (Passer domesticus L.). Vorl. Mitth. Biol. Centralbl. Bd. XXII. 1902. p. 350.
11. Derselbe, Über Knorpelbildungen an den Beugesehnen der Vögel. Centralbl. f. Physiologie. 24. Mai 1902.
12. Stannius, Lehrbuch der vergl. Anatomie. Berlin 1846. p. 276.
13. O. Thilo, Sperrvorrichtungen im Thierreiche. Biol. Centralbl. Bd. XIX. 1899. p. 503.
14. Derselbe, Ergänzungen zu meiner Abhandlung »Sperrvorrichtungen im Thierreiche«. Ebenda. Bd. XX. 1900. p. 425.
15. Derselbe, Kinematik im Thierreiche. Ebenda. Bd. XXI. 1901. p. 513.
16. Tiedemann, Zoologie. II. Bd. Naturgeschichte der Vögel. Heidelberg 1810. p. 364.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXVI—XXVIII.

Fig. 1—16 vom Sperling.

Fig. 1. Sagittaler Längsschnitt durch die vierte (Außen-) Zehe, von der die Haut theilweise entfernt und die Kralle abgetragen ist. Fixirung und Entkalkung in 5% HNO_3, Nachbehandlung mit 5%igem Kalialaun. DELAFIELD's Hämatoxylin. Eosin. Vergr. 17fach. *I.—V.*, erste bis fünfte Phalanx; *PS*, Sehne des M. flexor prof. s. perforans; *I*, Insertion derselben an die Endphalanx; *KB*, knorpelartiger Belag an der plantaren Fläche der Sehne, der bei *Ü* aufhört; *Sp*, *Sp'*, Sperrschneiden der Sehnenscheiden; *HS*, häutige Sehnenscheide; *VZ*, *VZ'*, Ansammlung vesiculöser Zellen an der dorsalen Fläche der Sehne, *S*, S^1, S^2, knorpelartig-vesiculöse Sesamknötchen; *VE*, *VE'*, ventrale elastische Bänder; *DE*, Ursprung des dorsalen elastischen Bandes; *PfS*, Sehne des M. flexor perforatus; *ES*, Extensorsehne.

Fig. 2. Ein Theil der plantaren Oberfläche von der Sehne des tiefen Zehenbeugers gegen das distale Ende hin. *d*, distad, *p*, proximad. Vergr. 55.

Fig. 3. Ein Stück der isolirten Sehnenscheide der eben genannten Sehne unter der vorletzten Phalanx, von der Innenfläche gesehen; *SF*, knorpelartige Scheide von der Fläche; *SP*, im Durchschnitt; *Sp*, Sperrschneiden von der Fläche; *Sp'*, im Durchschnitt. Vergr. 55.

Die Figg. 4—9 stellen Oberflächenbilder von der plantaren Fläche der Profundussehne in proximad vorschreitender Reihenfolge bei 500maliger Vergrößerung dar. Fig. 4. Der knorpelartige Belag nahe dem distalen Ende. Fig. 5. Die Übergangszone (*Ü* in Fig. 1 entsprechend). *Sp*, deutliche Zellbezirksgrenzen *b*, zweikernige Zellen. Beide Figuren nach einer frisch mit Congoroth gefärbten und in Glycerin eingeschlossenen Sehne gezeichnet. Figg. 6—9 sind Silberbilder. Fig. 6. Das typische Bild der Sehnenoberfläche zwischen dem knorpelartigen Überzug und der Vereinigungsstelle mit den beiden anderen Profundussehnen. Fig. 7. Unregelmäßigwerden der Zellen kurz vor dem dichteren Zusammenschluss derselben in Fig. 8. Fig. 9. Typisches großzelliges Endothel, wie es weiter im ganzen Bereich des Laufes gefunden wird.

Fig. 10. Sagittaler Längsschnitt durch eine Reihe von acht Höckern vom distalen Theil des knorpelartigen Belages unter der vorletzten Phalanx. *H*, mehrzellige Höcker; *KK*, basophile Kapseln; *S*, Faserbündel der Sehne; *DZ*, eine in Umwandlung zu Grundsubstanz begriffene Zelle; *Sp*, Spalten zwischen den Höckern; *M*, membranartiger Randsaum; *An*, fadenförmiger Anhang am Durchschnitt. Vergr. 500.

Fig. 11. Sagittaler Längsschnitt durch vier Sperrschneiden vom distalen Theil der Sehnenscheide unter der vorletzten Phalanx der vierten Zehe; *K*, knorpelartiger Theil der Sehnenscheide, *B*, bindegewebiger; *KK*, basophile Kapseln; *Z*, zellfreier Theil der Sperrschneiden; *DZ*, Zellen in Umwandlung; *M*, Membran an der Innenfläche der Sehnenscheide. Vergr. 500.

Fig. 12. Sagittaler Längsschnitt durch die Übergangszone (entsprechend der Flächenansicht in Fig. 5). *Sp*, Grenze zwischen zwei Zellbezirken; *b*, zweikernige Zellen; *M*, membranartiger Grenzsaum; *S*, fibrilläres Sehnengewebe. Vergr. 500.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fig. 13. Tangentialer Längsschnitt durch den dorsalen Thei einer Sperrschneide (Hinterzehe). *D*, zellenhaltiger Theil am Ursprung nahe dem Knochen; *V*, zellenloser Theil; *Z*, *Z'*, aufgelagerte Bildungszellen im Profil; *M*, Oberflächenhäutchen, theilweise durch die verästelten Ausläufer der Bildungszellen gebildet; bei *M'* von der darunterliegenden fibrillären Masse abgehoben; *DZ*, Reste von fast vollkommen aufgebrauchten Bildungszellen. Vergr. 500.

Fig. 14. Durch einen Tangentialschnitt abgetragene Oberflächenpartie einer Sperrschneide nahe ihrem Ursprung am Knochen (beiläufig der Stelle *Z'* der vorigen Figur entsprechend). Delafield-Congoroth. *Z*, verästelte Bildungszellen von der Fläche; *F*, darunter durchziehende Fibrillen. Vergr. 730.

Fig. 15. Wenig geneigter Flachschnitt durch die Knorpelhöcker an der plantaren Oberfläche der Sehne des Flexor hallucis. 5%ige Alaun-Salpetersäure. Delafield's Hämatoxylin-Congoroth. *a*, durch den Schnitt abgekappte Kuppen; *Sp*, Spalten zwischen den Höckern; *M*, Oberflächenmembran; *T*, zweizellige Territorien; *K*, basophile Kapsel; *H*, Zellhof; *i*, interterritoriale Kittsubstanz, aus der Vereinigung der sich berührenden Membranen hervorgegangen; *DZ*, *DZ'*, Zellen auf verschiedenen Stufen der Umbildung. Vergr. 500.

Fig. 16. Aus einem sagittalen Längsschnitte durch die in Beugegriffstellung fixirte Hinterzehe eines Sperlings. Sehne und Sehnenscheide (Sperrschneiden) in Verzahnung beiläufig unter der Mitte der basalen Phalanx. Figurenerklärung und Vergrößerung wie bei Figg. 10 und 11.

Fig. 17. Innenansicht eines Stückes der Sehnenscheide einer Profundussehne unter der vorletzten Phalanx von *Buteo vulgaris*; frisch frei präparirt und in 1%iger Osmiumsäure fixirt. Vergr. $4^1/_2$.

Fig. 18. Ein frisch isolirtes Zellterritorium von der plantaren Oberfläche einer Profundussehne vom Huhn. *ZN*, Zellnester; *M*, Oberflächenmembran, bei *M'* abgehoben; *OZ*, eine oberflächlich in der Membran gelegene Zelle. Vergr. 500.

Fig. 19. Partie von der plantaren Oberfläche einer Profundussehne der Krähe; frisch abgezogen und in Delafield's Hämatoxylin gefärbt. Bei nicht ganz oberflächlicher Einstellung gezeichnet, so dass die Zellen *Z* der Territorien sichtbar sind. *S*, Grenzen der letzteren; *DZ*, Zellreste; *An*, theilweise verästelte zottenförmige Anhänge zwischen den Territorien hervorragend. Vergr. 500.

Fig. 20. Sehnenscheide und plantare Oberfläche der Beugesehne einer gestreckten Hinterzehe der Krähe im sagittalen Längsschnitt, beiläufig aus der Mitte der basalen Phalanx; *B*, fibröser, *K'*, knorpelartiger Theil der Sehnenscheide; *Z*, die zellenlosen Sperrschneiden umgelegt in die am Durchschnitt spaltförmig erscheinenden Rinnen *Sp'*; *M*, Grenzhäutchen, welches Sperrschneiden und Knorpelhöcker *H* der Sehne überzieht; *Sp*, Spalten zwischen den Höckern; *DZ*, in Umwandlung zu Grundsubstanz begriffene Zellen; *K*, knorpelartige Unterlage der Höcker; *S*, Sehnenbündel. Vergr. 84.

Figg. 21—23. Drei Knorpelhöcker (*H* der Fig. 20) bei 500facher Vergrößerung; 5% HNO_3 in 4%iger Alaunlösung, Delafield's Hämatoxylin Congoroth. *AG*, acidophile Substanz der Oberfläche; *BG*, basophile Substanz; *DZ*, in Umwandlung begriffene Zellreste; *DZ'*, ein solcher zu einer schalenförmigen Bildung verdrückt; *KR*, Kernrest; *VZ*, vesiculöse Zellen; *K*, basophile Kapsel; *K'*, eine solche in Umwandlung; *H*, acidophiler Hof; *F*, fibrilläre Grundsubstanz.

Fig. 24. Eine Sperrschneide (*Z* der Fig. 20) bei 500facher Vergrößerung. *M*, Grenzhäutchen; *Z*, zellfreier, rein acidophiler Theil; *VZ*, zweikernige vesiculöse Zelle; *K*, Kapsel derselben; *F*, Fetttröpfchen; *DZ*, eine Zelle, deren Kapsel und Plasmakörper in diffuser Auflösung begriffen sind; *SDZ*, Gruppen von solchen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zellen, deren Kapseln und Körper zu einer Art syncytialen schwach basophilen Masse zusammenfließen. Diese umschließt die Kerne und Kernreste *KR*; *ZF*, scheidewandartige Fortsätze dieser basophilen Masse in die zellenlose, fibrilläre Sperrschneide hinein; *Sp*, spaltförmiger Durchschnitt des Lagers der umgelegten Sperrschneide; *An*, Anhang.

Fig. 25. Ein analoger Längsschnitt, wie Fig. 20, von einer in Beugegriffstellung fixirten (Müller's Flüssigkeit-Formol) Hinterzehe der Krähe. Die Stelle ist aber weiter distalwärts und die Sehnenscheide etwas tangential getroffen, wesshalb ihre Wand dicker erscheint. Die Lücken *L* im Knorpelbelag der Sehne sind die Eindrücke der aufgestellten Sperrschneiden *Z*, wie ihre Kongruenz beweist. Beim Losbinden und Abschneiden der Hinterzehe (vgl. Text p. 404) wurde aber die Verzahnung gelöst und die Sehne durch die sich kontrahirenden elastischen Bänder um ein Bedeutendes von der entsprechenden Stelle der Sehnenscheide entfernt. Die Gegenüberstellung der beiden Hälften der Figur versucht künstlich die frühere Stellung (bei der man sich aber die Zähne in den Lücken denken muss) herzustellen. Die übrigen Buchstaben und Vergrößerung wie bei Fig. 20.

Fig. 26. Hinterzehe von *Buteo vulgaris* im Metatarso-Phalangealgelenk losgelöst. Plantare Ansicht der frei präparirten Sehnenscheide nach Entfernung der Beugesehne und Alkoholhärtung. *O*, Öffnung, welche beim Durchschneiden der Sehne an ihrer Insertion entstanden ist; *V*, distale, dünnhäutige Partie der Sehnenscheide, etwas eingesunken; *H*, proximale Partie, durch die reifenförmig gespannten Sperrschneiden tonnenförmig vorgewölbt. Verg. 5.

Fig. 27. Aus einem sagittalen Längsschnitt durch die Hinterzehe von *Buteo vulgaris*. Plantare Oberfläche der Beugesehne *T* und anliegende Sehnenscheide *V* mit den umgelegten Sperrschneiden. *S*, längsfaseriges Sehnengewebe; *CB*, cirkuläre Faserbündel; *VZ*, vesiculöse Zellen; *H*, oberflächliche Höcker; *Sp*, Spalt zwischen denselben; *Z*, zellarmer Rand der Sperrschneide; *M*, Grenzmembran; *Ha*, dichte, zellreiche Lamellen, welche den Hals der aufgestellten Sperrschneide bilden; *L*, lockere Lamellen, welche sich zwischen den aufgestellten Sperrschneiden ausspannen; *B*, fibröse Außenwand der Sehnenscheide. Vergr. 100.

Fig. 28. Sieben entfaltete Sperrschneiden von der Sehnenscheide des Bussards im sagittalen Längsschnitt. 1%ige Osmiumsäure. Erklärung und Vergrößerung wie in voriger Figur.

Fig. 29. Eine Partie des plantaren, knorpelharten Überzuges einer Profundussehne vom Bussard von der Fläche. *S*, Grenzen der Territorien; *Z*, Zellen derselben durchscheinend; *T*, große, *t*, kleine Territorien. Vergr. 100.

Fig. 30. Zwei Höcker der plantaren Sehnenoberfläche vom Bussard im senkrechten Durchschnitt bei 500facher Vergrößerung. 1%ige Osmiumsäure. Delafield's Hämatoxylin. Eosin. *A* und *B*, zellenlose, fibröse Kuppen; *M*, Grenzmembran derselben; *VZG*, geschlossene Gruppen vesiculöser Zellen; *KZ*, Zelle mit verdickter, stark färbbarer Kapsel; *T*, Mitose in einer vesiculösen Zelle; *DZ*, in Umwandlung begriffene Zellen; *KR*, fast aufgebrauchte Zellen.

Fig. 31. Aus einem sagittalen Längsschnitt durch die Hinterzehe der Taube. Plantare Oberfläche der Sehne *T* und das dazugehörige Stück der Sehnenscheide *V*; beiläufig aus der Mitte der basalen Phalanx; *Z*, zellenloser Rand der Sperrschneiden; *L*, lockerer, zelliger Theil derselben; *G*, Blutgefäße; *Sp*, Nische der Sperrschneiden im Querschnitt; *B*, faserige Wand der Sehnenscheide; *S*, Sehnen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gewebe mit Zellreihen; *H*, gestielte knorpelartige Höcker; *H'*, ein solcher die Oberfläche überragend. Vergr. 100.

Fig. 32. Ein Stück der plantaren Oberfläche einer versilberten Profundussehne der Taube bei oberflächlicher Einstellung gezeichnet. Knorpelartige Höcker. *K*, durchschimmernde Zelle; *I*, rinnenförmige Eindrücke quer zur Sehnenachse; *An*, fadenförmiger Anhang eines Höckers. Vergr. 500.

Fig. 33. Oberflächenpartie derselben Sehne etwas weiter proximad. *S*, durch die Versilberung deutlich hervortretende interterritoriale Züge; *T*, große Zellterritorien; *K*, Kapseln. Vergr. 500.

Fig. 34. Oberflächenpartie noch weiter proximad. Übergang zum eigentlichen Endothel. *ZG*, Zellgruppen; *ZW*, Zwischensubstanz. Vergr. 500.

Fig. 35. Oberflächenbild von einer Stelle derselben Sehne, an der der höckerige Belag unterbrochen ist. *ZG*, Zellgruppen; *ZW*, breite Zwischensubstanzzüge; *An*, schwanzförmige Anhänge an der Außenfläche der Zellen; *d*, distad. Vergr. 500.

Fig. 36. An Fig. 34 sich anschließende, gewöhnliche Endothelzeichnung im proximalen Abschnitte der Sehne. Vergr. 500.

Fig. 37. Sagittaler Längsschnitt durch vier Höcker an der plantaren Oberfläche einer Profundussehne der Taube nahe dem distalen Ende. 1%ige Osmiumsäure. Delafield's Hämatoxylin. Eosin. *M*, Oberflächenmembran der Höcker; *H*, faserige Substanz; *K*, Kapsel einer vesiculösen Zelle; *DZ*, atrophirende Zelle; *An*, fadenförmiger Anhang im Durchschnitt; *S*, fibrilläre Sehnensubstanz. Vergr. 500.

Fig. 38. Ein Stück von der plantaren Oberfläche der Sehnenanlage des tiefen Zehenbeugers eines Taubenembryos nahe dem Ausschlüpfen; sagittaler Längsschnitt, Mitte unter der dritten Phalanx der vierten Zehe. Pikrinsublimat. *S*, embryonales Sehnengewebe; *H*, frei emporragende Höckerzellen; *F*, flügelartige Fortsätze derselben; *M*, Mitose in einer basalen Zelle. Vergr. 500.

Fig. 39. Dasselbe Objekt; eine Partie der gegenüberliegenden Sehnenscheide. *W*, zellige Wandung derselben; *K*, fibrilläre Kuppen, Anlagen der Sperrschneiden; *BZ*, basale, *SZ*, seitliche Zellen derselben.

Fig. 40. Aus einem sagittalen Längsschnitt durch die vierte Zehe eines großen Brachvogels (*Numenius arquatus*). Plantare Oberfläche der Sehne *T* und das zugehörige Stück der Sehnenscheide *V* unter der vorletzten Phalanx. *Z*, wulstförmige Sperrschneiden; *c*, cirkuläre Faserbündel in derselben; *An*, zottige Anhänge zwischen denselben; *G*, ein stärkeres Arterienästchen; *Pi*, Pigment; *H*, aufgefaserte Höcker; *Sp*, Spalten zwischen denselben; *VZ*, vesiculöse Zellen; *S*, fibrilläres Sehnengewebe. Vergr. 100.

Fig. 41. Ein Stück der isolirten Sehnenscheide unter der vorletzten Phalanx der dritten Zehe von *Numenius*. Innenansicht. *cB*, cirkuläre Bündel der »Sperrschneiden«; *Sp*, Spalten zwischen denselben; *An*, aus denselben hervorragende Anhänge. Bei *a* Bündelaustausch. Vergr. 100.

Fig. 42. Sagittaler Längsschnitt durch die Sehnenscheide der Hinterzehe vom Huhn. *F*, fibröse Wand; *L*, lockeres Gewebe an der Außenfläche; *Sp*, Spalten, welche die zellarmen Erhebungen *Z* begrenzen. Vergr. 100.

Fig. 43. Eine Partie vom plantaren Sehnenbelag der Hinterzehe vom Auerhahn am sagittalen Längsschnitt. *S*, Sehnengewebe; *VZ*, vesiculöse Zellen; *H*, Höcker; *An*, fadenförmige Anhänge derselben. Vergr. 100.

Fig. 44. Kontourskizze der isolirten Sehnenscheide unter der vorletzten

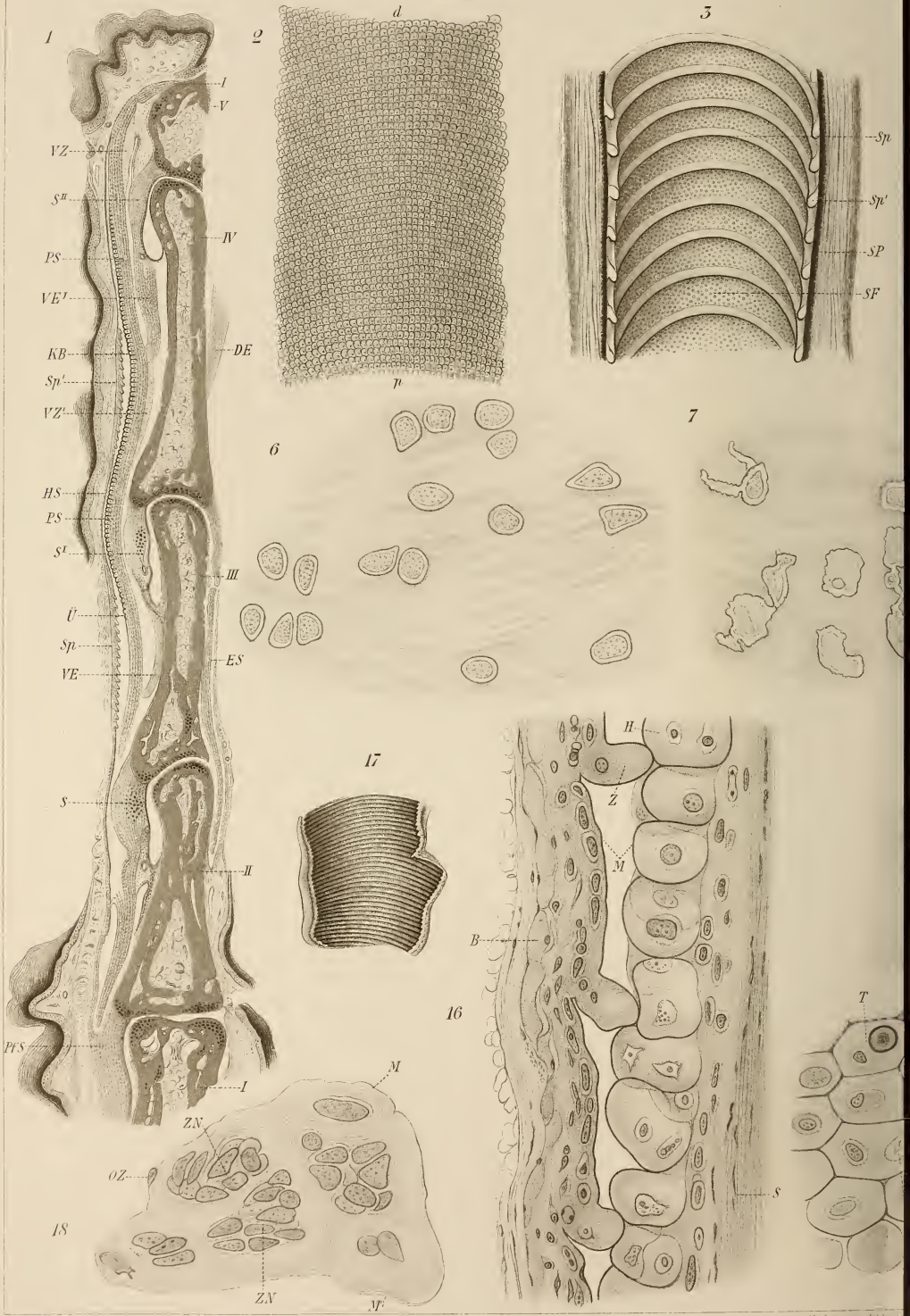
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Phalanx der vierten Zehe einer Ente; Innenansicht. Bei *a* Verschmelzung von Sperrschneiden; *An*, zottenförmige Anhänge; *P*, Proximad. Vergr. 27.

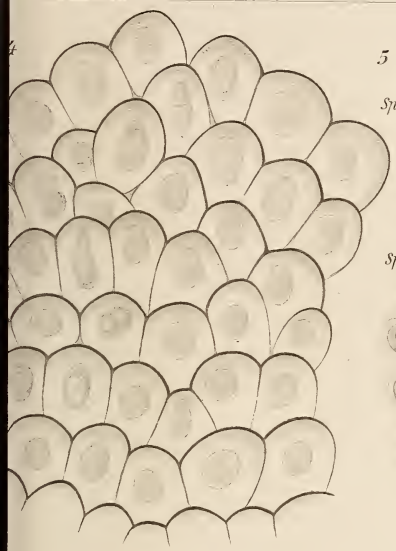
Fig. 45. Aus einem sagittalen Längsschnitt von Sehne und Sehnenscheide der Hinterzehe einer Ente. Proximaler Theil. *PO*, plantare Oberfläche der Sehne *T*; *R*, Hohlraum der Sehnenscheide *V*; *SB*, cirkuläre Faserbündel, Rest der Sperrschneiden; *B*, fibröse Wand der Sehnenscheide; *F*, Fettzellen. Vergr. 100.

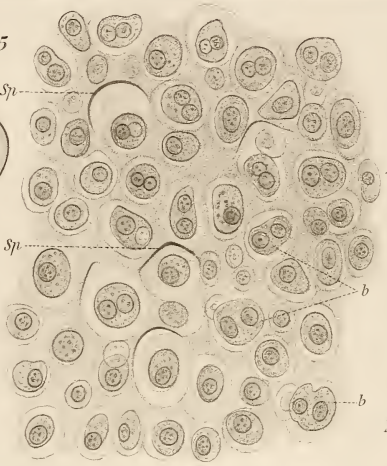
Fig. 46. Ein Knorpelhöcker von der plantaren Oberfläche der tiefen Beugesehne der dritten Zehe von *Xenorhynchus asiaticus*. MÜLLER's Flüssigkeit-Formol. Durch Abschaben isolirt, ungefärbt. *R*, faserige Oberflächenrinde; *K*, Knorpelkern. Vergr. 100.

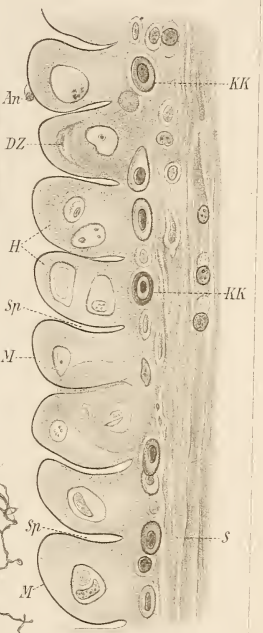
Digitized by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology; http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

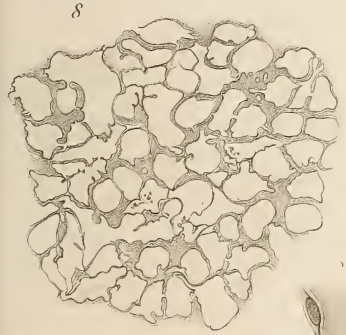


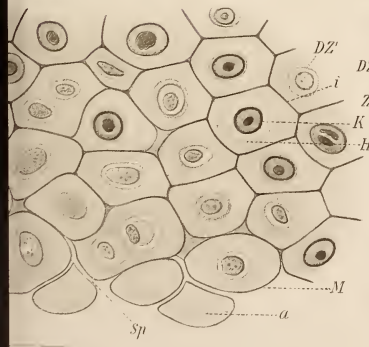
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

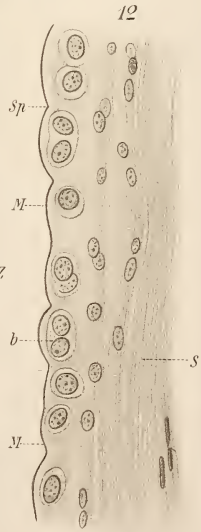


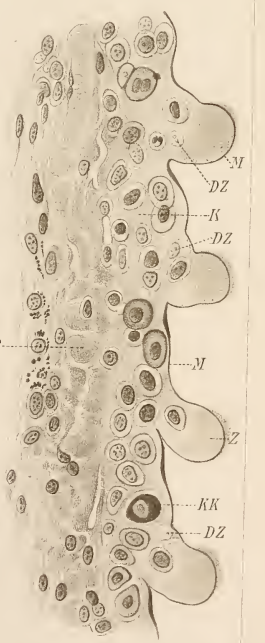




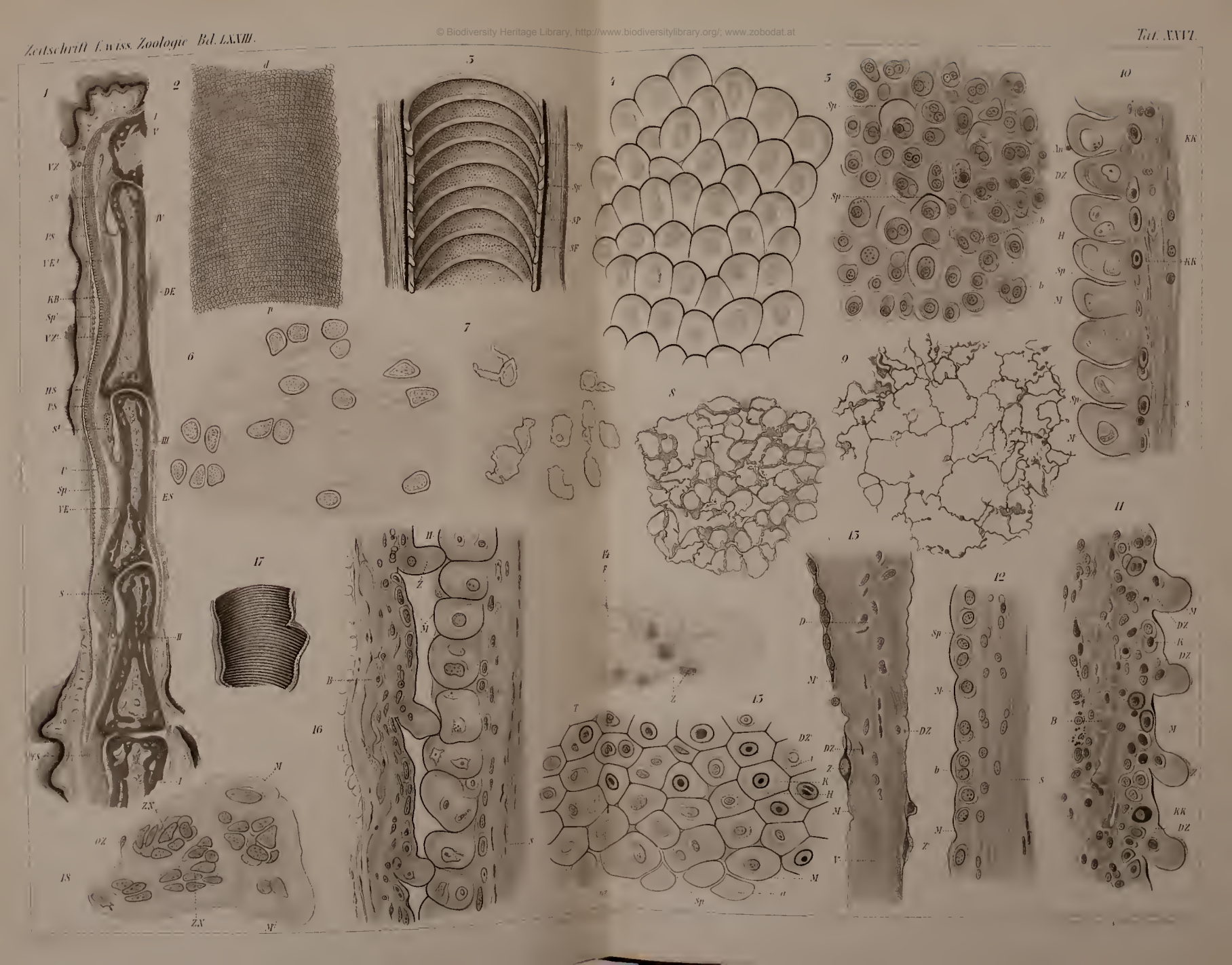




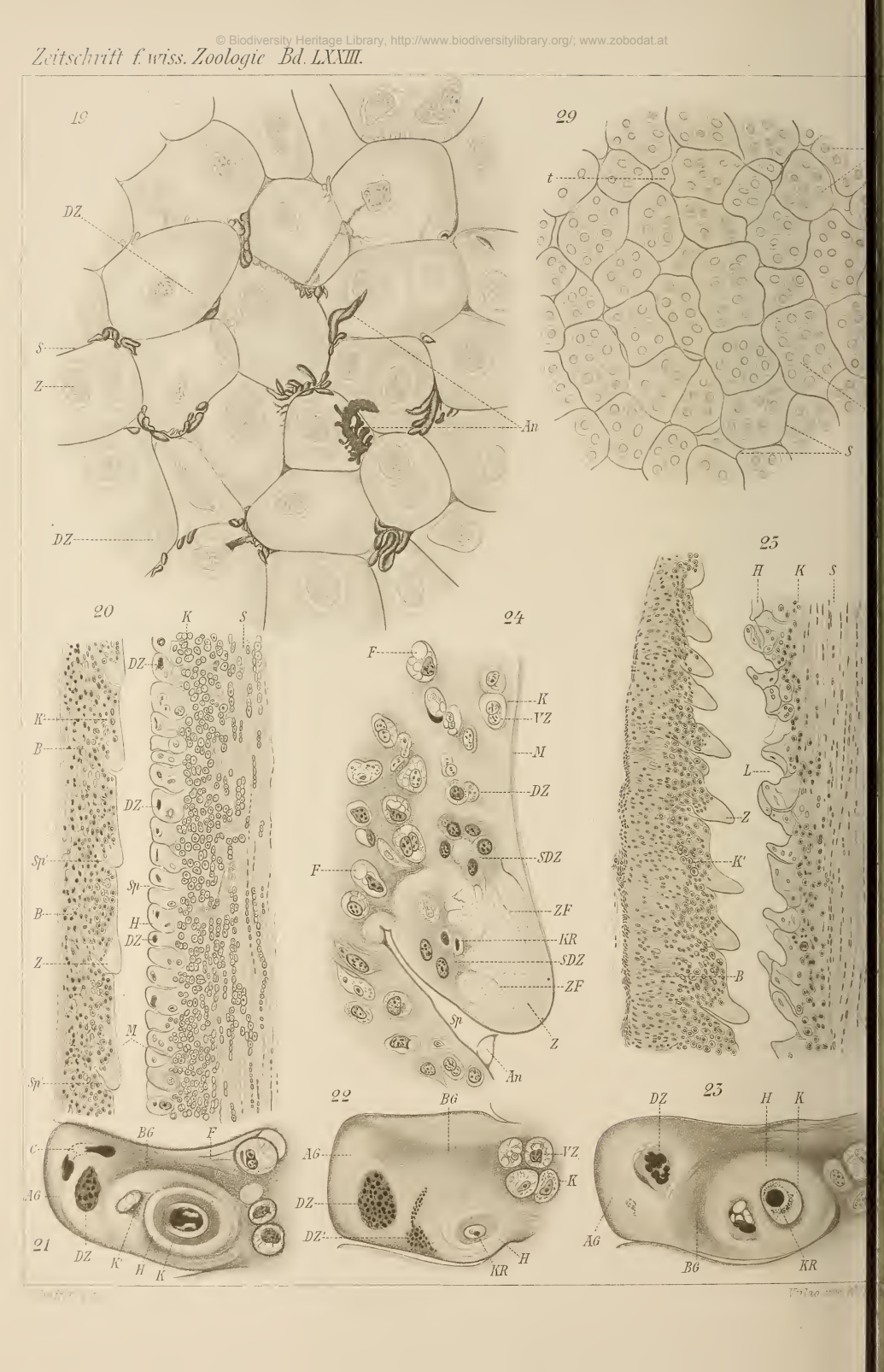




© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

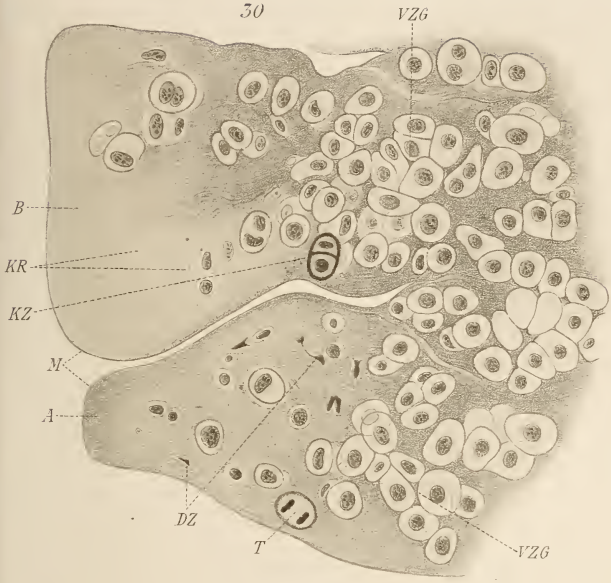


© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

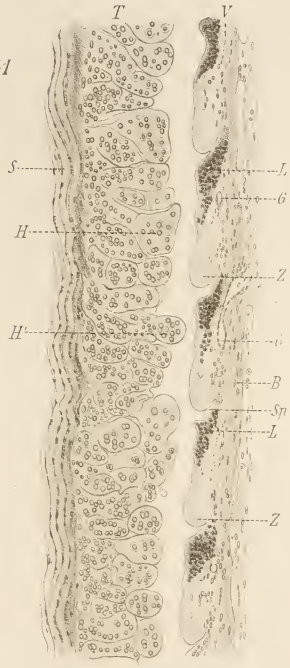


© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

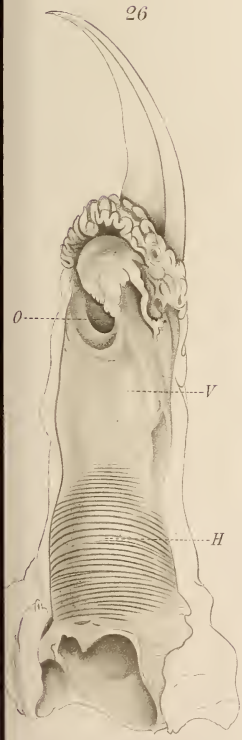
30



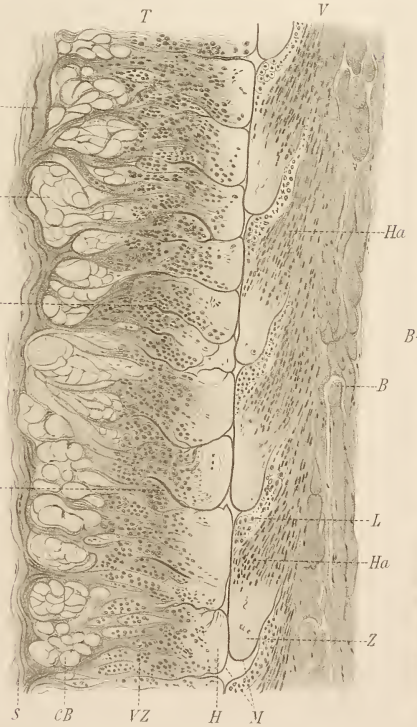
31



26



27

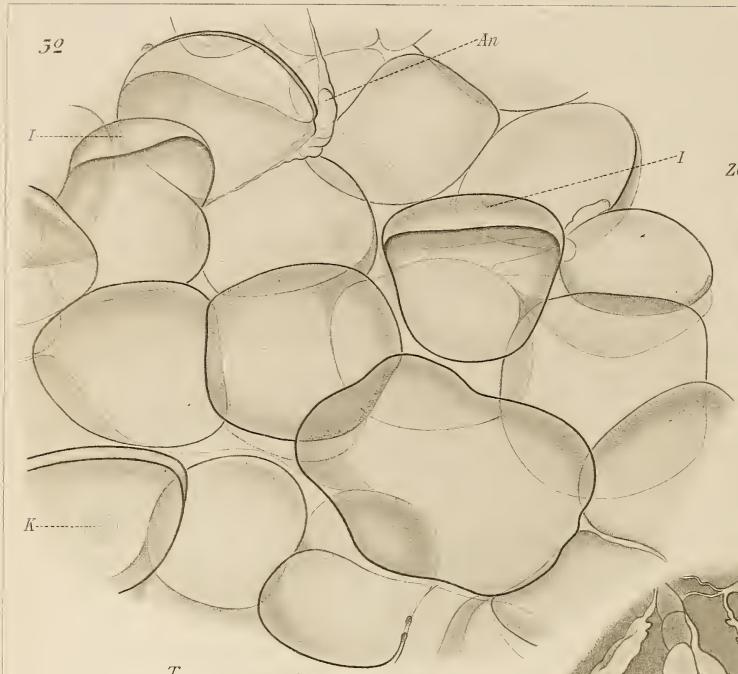


28

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

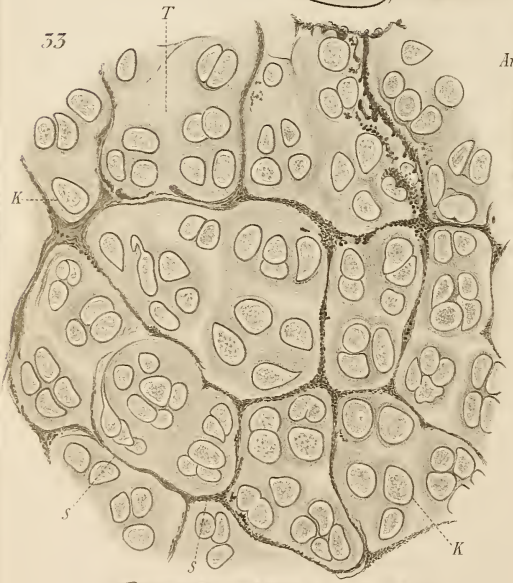
32



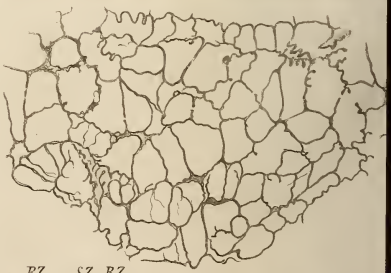
34

35

33



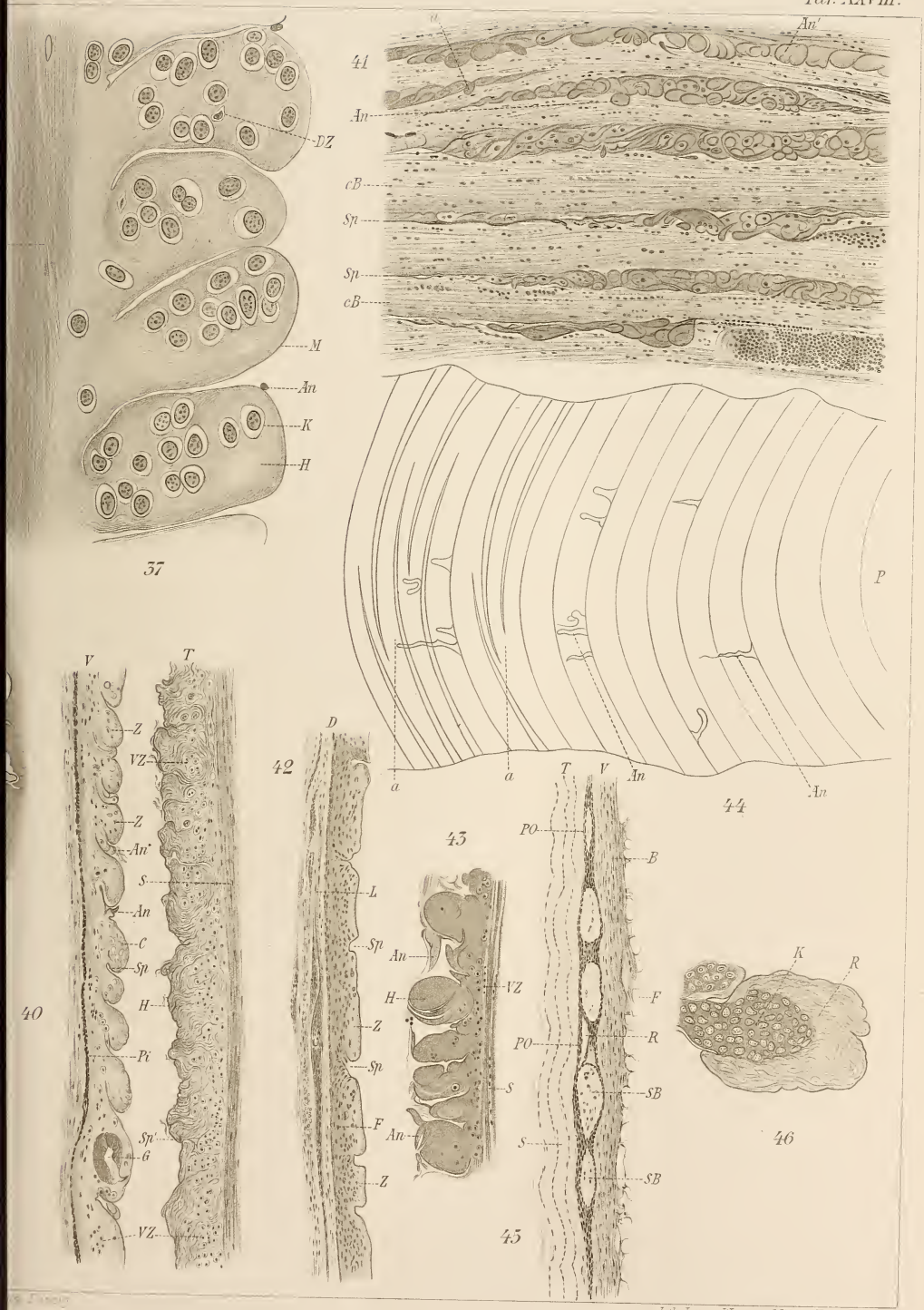
36



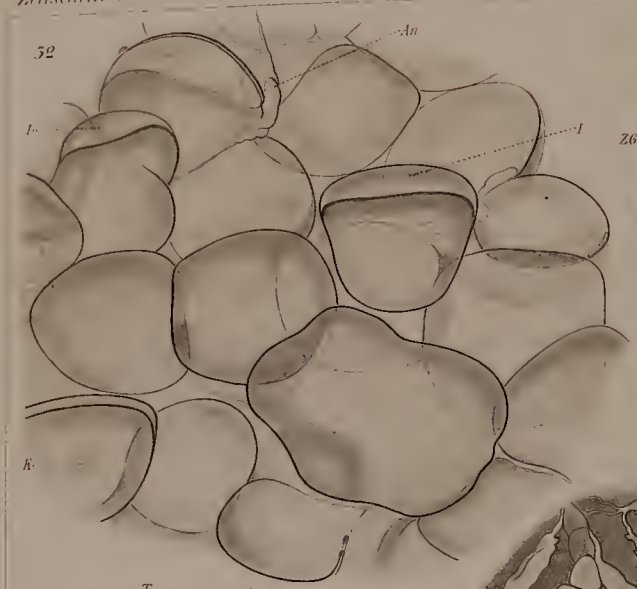
38

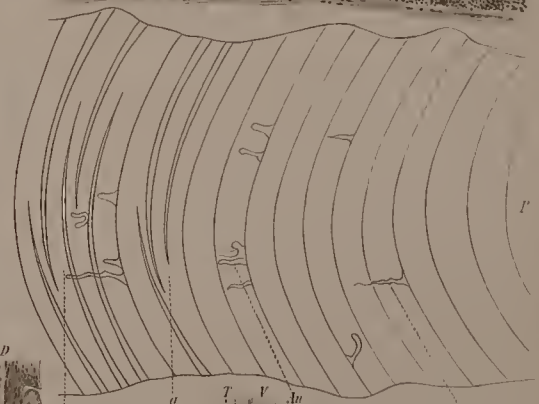
39

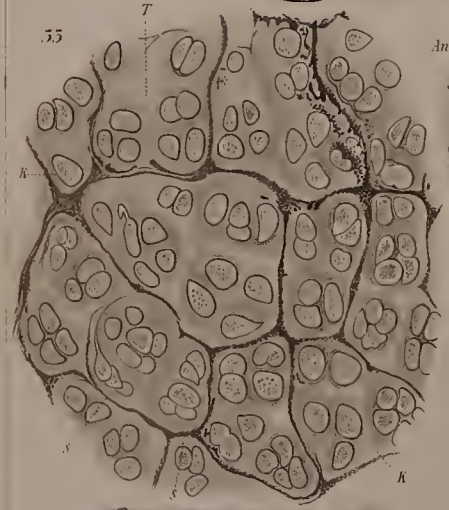
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

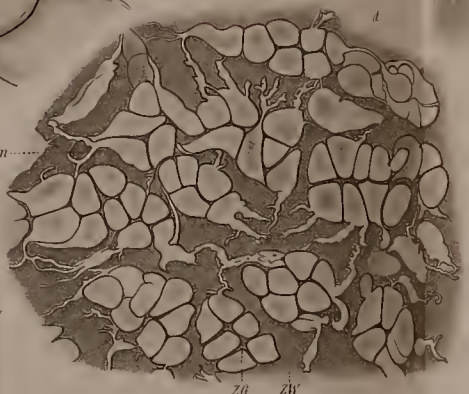


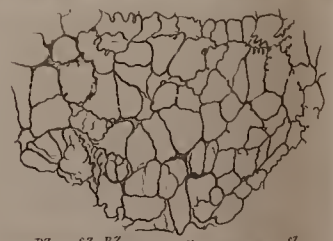
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

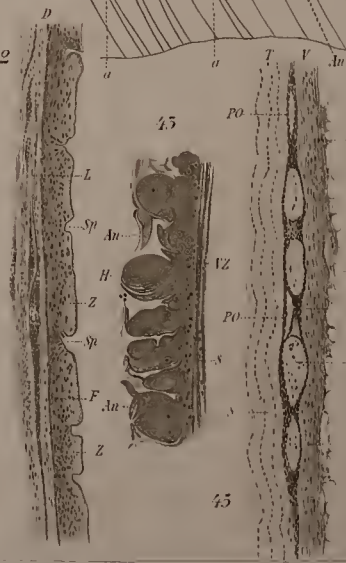


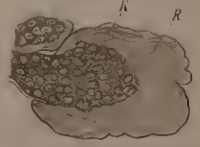












ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 73

Autor(en)/Author(s): Schaffer Josef

Artikel/Article: Über die Sperrvorrichtung an den Zehen der Vögel 377-428