

# Der feinere Bau der lufthaltigen Vogelknochen

nebst

Beiträgen zur Kenntniss ihrer Entwicklung.

Von

**Dr. H. A. Wildermuth.**

Assistent am anatomischen Institut zu Tübingen.

Hierzu Taf. XXXVI.

Zur Wahl des vorliegenden Themas bestimmte mich namentlich der Wunsch, bei dem Studium über Bau und Entwicklung der lufthaltigen Vogelknochen neue Gesichtspunkte für das Verständniss ähnlicher Räume beim Menschen zu gewinnen.

Die unten citirten Arbeiten, welche sich mit den lufthaltigen Räumen der Vögel befassen, haben auf Histologie und Entwicklung gerade der pneumatischen Knochen so gut wie keine Rücksicht genommen, sondern richteten ihre Aufmerksamkeit in erster Linie auf die interessante Frage über die Function und den Nutzen der betreffenden Räume. Auch der neueste Bearbeiter des Gegenstandes, Strasser, hat in seiner Schrift über die Luftsäcke der Vögel (Morpholog. Jahrbuch III. Bd. S. 179 ff.) die Sache mehr vom Standpunkt der vergleichenden Anatomie aus behandelt, und die phylogenetischen und ontogenetischen Beziehungen hauptsächlich hervorgehoben.

Die einschlägigen Werke sind nun im einzelnen folgende:

Rathke, H. Ueber die Entwicklung der Athemwerkzeuge bei den Vögeln und Säugethieren, 1828. Nova Acta t. XIV. p. 161—216.

Selenka, E. Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Luftsäcke des Huhnes. Sieb. u. Köll. 1866. pag. 179.

Owen, R. Comp. Anatomy of Vertebrates V. II. p. 211 ff.

Campana. Recherches d'Anatomic, de Physiologie et d'Organogénie pour la détermination des lois de la Génèse. etc.

I. Mémoire. Physiologie de la Respiration chez les oiseaux. Anatomie de l'appareil pneumatique pulmonaire etc. Paris. Masson 1875.

Sappey. Recherches sur l'appareil respiratoire des oiseaux Paris 1847.

Cuvier. Leçons d'Anatomie comparée. Tome VII.

Kohlrausch. De avium saccorum aëreorum utilitate (dissertat.) Götting. 1832.

Hunter. Philosophic. transactions. LXIV. pag. 203 ff.

Jaquemin. II. Mémoire. Sur la pneumatité du squelette des oiseaux. — Nova Acta. A. L. C. natur. cur. t. XIX. 1842. pag. 2 ff.

Hans Strasser. Ueber die Luftsäcke der Vögel. Morphologisches Jahrbuch III. Bd. S. 179 ff. 1877.

F. Tournoux et G. Herrmann. Recherches sur quelques épithéliums plats dans la série animale. Journal d'anat. et de physiologie, publ. p. Robin et Pouchet. 1870. p. 217—220.

Meine Untersuchungen, die lediglich den feineren Bau und die Entwicklung der lufthaltigen Knochen zum Gegenstand haben, wurden ausschliesslich am humerus vorgenommen und zwar wesentlich deshalb, weil dieser auch bei weniger guten Fliegern, wie z. B. dem Huhn, lufthaltig ist. Die untersuchten Vögel waren beinahe ausnahmslos Hühner und Tauben.

Die Untersuchungen wurden unter der Leitung und im Institute des Herrn Professor Dr. Schwalbe in Jena ausgeführt. Dabei hatte ich mich seinerseits der liebenswürdigsten und zuvorkommendsten Unterstützung zu erfreuen und ich ergreife mit Vergnügen die Gelegenheit, ihm hierfür an dieser Stelle meinen innigsten Dank zu sagen.

## I. Die Anatomie des vollständig pneumatisirten Knochens.

Die Knochenbalken, welche die lufthaltige Höhle durchziehen, verbinden sich nach der oberen und unteren Epiphyse hin zu dem mehr oder weniger complicirten Gerüstwerk des spongiösen Gewebes, wobei namentlich im oberen Ende des Knochens die spongiosa eine gewisse Gesetzmässigkeit zeigt, die sich auf das Vorhandensein bestimmter architektonischer Linien zurückführen lässt. In der Diaphyse finden sich nur an einzelnen Stellen complicirtere

Anordnungen der Knochenbälkchen, die meist als Streben, senkrecht zur Längsachse des Knochens, den pneumatischen Raum durchziehen.

Doch finden in den genannten Beziehungen vielfache Verschiedenheiten statt. So ist z. B. bei dem schon vollständig pneumatisirten humerus des Huhnes das spongiöse Gerüste viel besser ausgebildet als bei der Taube und andern besseren Fliegern.

Den Eingang in den pneumatischen Knochen bildet eine annähernd längsovale Oeffnung, d. h. in den meisten Fällen eine unregelmässig siebförmig durchbrochene Platte und nur selten ein eigentlicher Canal.

Von der häutigen Auskleidung des Knochens ist mit unbewaffnetem Auge nur wenig wahrzunehmen. Je vollständiger das Mark verdrängt ist, um so rascher vertrocknet der Knochen, wenn er der Luft ausgesetzt wird, samt seinem häutigen Ueberzuge (ein Umstand, auf den schon Hunter<sup>1)</sup> hinweist). Die innere Oberfläche des Knochens sieht dann wie gefirnisst aus.

Die Schleimhaut lässt sich nur in kleinen Fetzen abziehen. Am leichtesten erhält man noch an den Stellen Stücke der mucosa, wo sie auf Bälkchen der spongiosa übergeht, oder noch Reste anderer Gewebtheile bedeckt; sie zeigt sich dem unbewaffneten Auge als structurloses Häutchen, in welchem sich nur an der Eintrittsstelle der arteria nutritiva und in der Nähe des porus pneumaticus Gefässe erkennen lassen

Eigenthümlich sind die Blutextravasaten gleichenden Klumpen, welche namentlich im untern Theile des Knochens sich finden. Wir werden unten auf dieselben zurückkommen.

So sehr auch die Auskleidung des lufthaltigen Vogelknochens in ihrem feineren Bau einer serösen Haut ähnlich ist, so muss man sie doch mit Rücksicht auf die Entwicklung der Luftsäcke von der Lunge aus zu den Schleimhäuten rechnen, und ich nenne sie deshalb mucosa pneumatica.

Die innerste dem Luftraum zugekehrte Schicht des Gewebes bildet

#### Das Epithel.

Die Versilberung ergibt ziemlich grosse, unregelmässig polygonal gestaltete Zellen mit einem

<sup>1)</sup> Hunter. An account of certain receptacles of air in birds, which communicate with the lungs, and are lodged both among the fleshy parts and in the hollow bones of those animals. Philosophical transactions LXIV. 1774.

grössten Durchmesser von 0,032 Mm.

kleinsten Durchmesser von 0,02 Mm.

Die Begrenzungslinien sind gerade und zeigen nicht die leicht geschlängelten Contouren, wie dies bei echten Endothelien so häufig ist.

Ein eigenthümliches und, wie mir scheint, namentlich bei jüngeren Thieren vorkommendes Bild (Figur 1) besteht darin, dass eine um die Hälfte oder ein Drittel kleinere Zelle radienförmig von grösseren Zellen umlagert wird. Die kleineren Zellen unterscheiden sich von den grösseren auch noch durch einen braunen Ton, den sie bei der Silberbehandlung annehmen, und sind ohne Zweifel als Schaltzellen aufzufassen. Dass man es hier nicht mit einer Art Spaltöffnungen zu thun hat, geht daraus hervor, dass gerade bei ihnen auch nach der Versilberung ein deutlicher Kern sich zeigt und dass von den kleineren zu den grösseren allmähliche Uebergänge sich finden.

Mir scheint diese Anordnung der Zellen zur Vergrösserung der Oberfläche zu dienen. Denn diese, als Schaltzellen bezeichneten Gebilde, müssen ja bei weiterem Wachsthum die sie umlagernden Zellen in centrifugaler Richtung auseinandertreiben.<sup>1)</sup>

An Präparaten, die mit saurem Carmin gefärbt sind, stellen sich die Epithelzellen als äusserst zarte platte Gebilde dar, sind fein granulirt und zeigen einen scharf contourirten rundlichen Kern mit einem Durchmesser von 0,008 Mm.; auf Schnitten erscheint der nucleus längsoval.

#### Das Grundgewebe der mucosa pneumatica

ist fibrilläre Binde substanz, der elastische Elemente ganz zu fehlen scheinen. Die Membran ist, wie oben erwähnt, äusserst zart und besitzt nur an den Stellen eine erheblichere Dicke, an welchen sich noch Markreste vorfinden.

Der reine Querschnitt hat eine Dicke von 0,015 Mm. Man erkennt an ihm bei Carminfärbung in ziemlich regelmässigen Abständen die Kerne des Epithels, darunter unregelmässig zerstreute Bindegewebszellen; leichte Vorbuchtungen werden durch die Existenz von etwas stärkeren Gefässen bedingt. Die mucosa pneumatica wird relativ reichlich mit arteriellem Blute versorgt.

---

<sup>1)</sup> Vergleiche hier auch die ähnlichen Angaben von Tourneux und Herrmann l. c.



Eine Injection dieser Gegend <sup>1)</sup> liess in dem hierher gehörigen Theil des Gefässsystemes folgende Anordnung erkennen:

Aus der *arteria subclavia* tritt zunächst ein starker *ramus pectoralis* ab, welcher sich in zwei, vorwiegend für die gewaltige Muskelmasse des Thorax bestimmte, Zweige theilt. Der untere dieser Zweige entsendet ausserdem noch einen Ast an die untern, respektive hinteren Partien des Achselsackes. Der zweite von der *subclavia* ausgehende Ast, welcher die *arteria thoracico-acromialis* darstellt, versorgt ausser dem Schultergelenke und dem lateralen Ende der *clavicula* die obern Partien des genannten Luftsackes.

Der dritte Ast, stärker als die vorhergehenden, bildet als *arteria axillaris* die directe Fortsetzung der *subclavia*. Unmittelbar nach seinem Abgang entspringt aus ihm ein Gefäss, welches, am *caput humeri* angelangt, theils Aeste mit dem Achselluftsack in das Innere der Höhle schickt, theils mit ihren Endästen den oberen Theil des Gefässnetzes bildet, welches die Aussenseite des Oberarmbeines überzieht. Die eigentliche *arteria nutritiva humeri* entspringt von einem Aste der *axillaris*, welchen man füglich als Analogon der *art. profunda brachii* bezeichnen kann. Während ihres Verlaufes am *humerus* schickt die *art. nutrit.* noch mehrere Gefässe zum periostalen Netz, das stärkste unmittelbar vor dem Eintritt in den Knochen, den sie in schiefer Richtung durchzieht; im Innern angelangt, theilt sie sich in zwei Aeste, von denen der obere, welcher rechtwinklig vom Hauptgefäss abgeht, mit den Gefässen anastomosirt, welche mit der *mucosa pneumatica* durch die Luftöffnung eindringen; der untere Ast im untern Theile des Knochens sich ausbreitet.

Das *foramen nutritivum* liegt ungefähr in der Mitte des Knochens, eher etwas oberhalb desselben. Bei jungen Thieren mit noch markhaltigen Knochen ist das *foramen nutritivum* entschieden weiter, als beim ausgebildeten pneumatischen Knochen. In einem Falle fand ich bei einer erwachsenen Taube den Durchmesser bis auf 0,2 Mm. reducirt, während das Durchschnittsmass dieser Lichtung bei jungen Tauben 0,46 Mm. beträgt.

Der Grund dieser Verengerung liegt in einer ringförmigen

---

<sup>1)</sup> Ich machte die Injection von der *carotis* aus nach Unterbindung des *truncus anonymus* und zwar mit der Hoyer'schen Schellaklösung. Dieselbe gibt zwar keine Capillarfüllung, aber Injection der feinsten Arterien. (Cf. Sappey. *Recherches sur l'appareil respirat. etc.* p. 38.)

Apposition lamellärer Knochensubstanz (Fig. 2), die ich namentlich bei Hühnern stark ausgeprägt fand, aber auch bei alten Tauben nicht vermisste.

Die Capillargefässe bilden ein unregelmässiges, ziemlich enges Maschennetz, welches fast durchaus nur in einer Ebene liegt, und dessen Aeste an einzelnen Stellen offenbar nur von Epithel bedeckt sind (Fig. 3. X). Ein grosses Hinderniss ist also dem directen Austausch der Blut- und Luftgase nicht entgegengesetzt, und demgemäss auch Owen's <sup>1)</sup> Ansicht nicht a priori unhaltbar, welcher eine der Functionen dieser Räume in einer förmlichen Respiration sucht.

Die Versuche, mittelst Einstichinjection von Berliner Blaulösung unter das Periost sowie unter die *mucosa pneumatica Lymphbahnen* <sup>2)</sup> zu füllen, gaben kein befriedigendes Resultat. Doch scheint wenigstens an einigen Stellen der kürzlich von Schwalbe <sup>3)</sup> beschriebene perimyeläre Raum vorhanden zu sein, welcher bei den mit Mark erfüllten Knochen ohne Schwierigkeit nachzuweisen ist. Zwar gelang es mir beim pneumatischen Knochen nicht, vollständig beweisende Bilder mittelst Versilberung zu erhalten; aber an Präparaten, welche in Müller'scher Lösung gelegen hatten, erhielt ich beim Abschaben der dem Knochen zugekehrten Seite Bilder (Fig. 4 b), welche unzweifelhaft als Endothelzellen anzusprechen sind, und an einigen Stellen des mit Carmin tingirten Querschnittes zeigte sich ein äusserst schmaler von Capillaren durchzogener Raum (Fig. 4 a), der auf der Innenseite des Knochens durch eine Reihe regelmässig abstehender rother Kerne begrenzt war, auf der dem Luftraum zugekehrten Seite durch das fibrilläre Gewebe der *mucosa pneumatica* seinen Abschluss fand.

Die oben genannten Bilder, welche von Objecten in Müller'scher Lösung herrührten, gewann ich ausschliesslich an Stellen, wo noch deutliche Markreste vorhanden waren.

Nerven vermochte ich bisher trotz der Behandlung der Schleimhaut mit Goldchlorid nicht aufzufinden.

Markreste finden sich selbstverständlich in um so grösserer Menge, je jünger der Knochen ist. Beim Huhn vermisste ich dieselben auch bei ganz alten Thieren nie vollständig; bei besseren Fliegern, wie z. B. schon bei der Taube, sind sie im völlig ent-

<sup>1)</sup> The Anatomy of the Vertebrat. Vol. II. p. 216.

<sup>2)</sup> Auch Sappey (Recherches sur l'appareil respirat. etc. pag. 39) stellt das Vorhandensein von Lymphgefässen in Abrede.

<sup>3)</sup> Zeitschrift f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. II. S. 137.

wickelten Luftknochen kaum noch nachzuweisen. Diese Markreste zeigen nun meistens die gewöhnliche Beschaffenheit des Knochenmarkes: Fettgewebe, daneben zahlreiche Leukocyten, an einzelnen Stellen auch lockeres fibrilläres Gewebe. Namentlich finden sich diese Reste im untern, noch mehr im obern Theile des Knochens.

Ausserdem aber fand ich beim Huhn ein eigenthümliches Gewebe (Fig. 5), welches sich in Form einer sulzigen, durchsichtigen Gallerte aus den Nischen der spongiosa ziehen lässt. Als Grundsubstanz ergibt sich bei mikroskopischer Untersuchung eine schleimige Substanz, welche theils völlig structurlos erscheint, theils feine, schwach contourirte Fibrillen oder Falten aufweist. In diese Grundsubstanz sind zahlreiche Leukocyten und rothe Blutkörperchen eingelagert.

Es ist wohl nicht daran zu zweifeln, dass dieses Gewebe eine Umwandlung des Markes vor dessen völligem Untergang darstellt, welche wohl mit der oben erwähnten verminderten arteriellen Blutzufuhr im Zusammenhang steht. Der Umstand, dass diese Zwischenstufe nur bei Hühnern zu finden ist, wie es wenigstens nach meinen bisherigen Untersuchungen der Fall war, ist wohl so zu erklären, dass bei diesem Vogel die Pneumatisirung überhaupt langsamer und unvollständiger stattfindet, während bei andern Thieren bei dem raschen Eindringen des Luftsackes das Mark ohne Uebergangsstadium der Resorption anheimfällt.

Das Verhältniss der häutigen Auskleidung des pneumatischen Knochens zu den noch mit Mark erfüllten Räumen gehört in das Gebiet der Entwicklung und soll unten besprochen werden. Dagegen will ich noch eines, namentlich beim Huhn constanten, aber auch bei der Taube nicht ungewöhnlichen Befundes erwähnen (cf. pag. 7), welcher besonders in der Nähe der Eintrittsstelle der arteria nutritiva und in dem unteren, seltener dem oberen Theile der Diaphyse vorkommt; es sind dies die oben erwähnten Massen, welche schon makroskopisch wie Blutgerinnsel ausschen; die mikroskopische Untersuchung bestätigt diese Vermuthung. Unter der mucosa pneumaticea nämlich, welche mir an diesen Stellen besonders gefässreich zu sein schien, befinden sich Haufen rother und weisser Blutkörperchen mit Markresten zusammen. Es ist das wohl das Gewebe, das Hunter<sup>1)</sup> unter seiner „bloody

---

<sup>1)</sup> Philosoph. transactions a. a. O.

and pulpy substance“ versteht, die er im pneumatischen Knochen fand. Sollten diese coagula vielleicht mit einer venösen Stase in Zusammenhang stehen, bedingt durch die Verengung des Canales für die arteria nutritiva, welche auch die Verflüssigung respective Verschleimung des Markes hervorzurufen scheint?

Werfen wir noch einen kurzen Blick auf die Structur des vollständig pneumatisirten Knochens! Die mikroskopische Untersuchung ergibt nur Weniges, was dem oben angeführten makroskopischen Befunde beigelegt zu werden braucht. Die spongiosa zeigt in keiner Weise Abweichungen von der Structur anderer schwammiger Knochen. Dagegen habe ich beim ausgewachsenen Huhn in der ganzen Länge der Diaphyse eine ringförmige Appositionsschicht auf der innern Seite der compacta gefunden, deren deutlich lamellärer Bau scharf gegen die übrige Knochensubstanz abstach, welche deutlich die neuerdings wieder von Ebner beschriebene Structur zeigte. Die Anlagerungsschicht beträgt  $\frac{1}{5}$  der ganzen Dicke der compacta.

Von einer Communication der Haver'schen Canälchen mit dem Luftraum, an welche man in Anbetracht des überaus schnellen Austrocknens des Knochens schon denken konnte, fand sich keine Spur.

Die mucosa pneumatica ist, wie sich auf Querschnitten zeigt, ähnlich wie ein Periost mit dem Knochen verbunden, und auch eine Carminleiminjection, mit welcher der Luftraum gefüllt wurde, gestattete mit völliger Sicherheit, die angeführte Vermuthung von der Hand zu weisen.

---

## II. Zur Entwicklung der lufthaltigen Vogelknochen.

---

Die folgende Darstellung kann durchaus keinen Anspruch darauf erheben, den behandelten Gegenstand völlig erschöpft zu haben. Namentlich sind die Beobachtungen in Bezug auf die genaue chronologische Reihenfolge der einzelnen Entwicklungsstadien und die Massverhältnisse des Knochens in denselben noch lückenhaft.

Der Grund davon lag in der Unmöglichkeit zur Zeit der



Abfassung dieser Arbeit, eine Hühnerzucht zu erhalten, welche mir gestattet hätte, die Fortschritte der Pneumatisirung vom ersten Tage an successive zu beobachten. Ich behalte mir vor, in dieser Richtung einen ergänzenden Nachtrag folgen zu lassen.

#### Die Bildung des *porus pneumaticus*.

Die Durchbohrung derjenigen Stelle der *compacta*, an welcher später die Communicationsöffnung zwischen dem Luftraum des humerus und dem Achselsack sich findet, wird eingeleitet durch eine Wucherung der fibrillären Substanz dieses Sackes, welche an dieser Stelle zugleich das Periost vertritt, oder vielmehr mit demselben innig verwachsen ist. Nicht zu übersehen ist dabei, dass durch die Insertion von Muskelbündeln, welche rings um die in Rede stehende Stelle herum stattfindet, schon eine innige Verbindung des Periostes mit dem Knochen gegeben ist.

Auf Schnitten (Figur 6), die man beim Beginn der Entwicklung des *porus pneumaticus* durch die betreffende Stelle macht, sieht man die bindegewebige Grundlage des Achselsackes in kolbigen, zackigen Contouren gegen den Knochen vorspringen, der dadurch ein gleichsam angefressenes Ansehen erhält. Das Bild erinnert ganz an das Vordringen einer pathologischen Neubildung gegen einen Knochen.

Während so an einzelnen Punkten nur Einbuchtungen, respective buchtenförmige Resorptionen der *compacten* Substanz stattfinden, trifft man sehr bald Stellen, wo schon eine vollständige Perforation eingetreten ist, indem die fibrilläre Grundsubstanz des Achselsackes durch breite Stränge mit den Weichtheilen in Verbindung getreten ist, welche die Räume der *spongiosa* ausfüllen. Löst man in diesem Stadium den Achselsack in der Nische des humerus los, in welcher später der *porus pneumaticus* sich befindet, so kommt man gerade an dieser Stelle an einen Punkt, wo sich der Loslösung der Membran stärkerer Widerstand entgegensetzt. Man findet dann an der Knochenseite der losgerissenen Membran bindegewebige Fetzen, an deren Enden Markreste hängen, während in der spongiösen Substanz (Fig. 7) eine unregelmässig zerklüftete Spalte sich zeigt. Es ist also hier noch kein mit Epithel ausgekleideter lufthaltiger Raum vorhanden, sondern die *compacta* ist nur an vielen Stellen durch das Bindegewebe des Achselsackes durehbohrt und in diese Bindegewebszapfen stülpt sich dann später das Epithel ein.

Dieser letztere Process lässt sich leicht an schon lufthaltigen

Knochen verfolgen, wo Markreste und *mucosa pneumatica* zusammenstossen. Man sieht hier theils solide Bindegewebszapfen, welche von der Schleimhaut ausgehend, mit den Weichtheilen der *spongiosa* zusammenhängen, (Fig. 10) theils aber auch förmliche blindsackartige Einstülpungen, welche mit Epithel ausgekleidet sind und zwischen welchen und dem Knochenbalken die Markreste gleichsam eingeklemmt liegen (Fig. 11).

Kehren wir zum *porus pneumaticus* zurück, so findet man in einem späteren Stadium eine ungefähr stecknadelkopfgrosse (Fig. 8.), mit Epithel überzogene Höhle, welche mit kleineren, ebenfalls glattwandigen Räumen communicirt. Man bekommt hier den Eindruck, dass die *membrana pneumatica* bei ihrer Einstülpung in den Knochen nicht immer den verwickelten Gängen der *spongiosa* folgt, sondern dass die Balken des schwammigen Knochengewebes theilweise resorbirt werden. Ist der schwierige Weg durch die *spongiosa* einmal zurückgelegt, so stösst ein weiteres Vordringen auf keine grossen Schwierigkeiten mehr. Dass die Pneumatisirung der *spongiosa* ein verwickelterer Process ist, als das Vordringen des Luftsackes im übrigen Knochen, geht ja schon daraus hervor, dass die Diaphyse schon längst vollständig lufthaltig sein kann, während in dem obern und untern Ende des Knochens noch erhebliche Markreste sich finden. Zu bemerken ist noch, dass die Pneumatisirung keineswegs gleichmässig auf beiden Seiten fortschreitet.

Was nun

#### das Mark

betrifft, so zeigt es sich beim ganz jugendlichen Knochen von der bekannten Zusammensetzung des rothen fetthaltigen Knochenmarkes. Leukoeyten und rothe Blutzellen sind gegen die Apophysen zu entschieden zahlreicher. Fibrilläres Gewebe ist nur sparsam vorhanden.

Bei dem Eindringen des Luftsackes in den Knochen zeigt sich in der Peripherie der schon pneumatisirten Theile ein heller beinahe weisslicher Hof, welcher scharf gegen die rothgelbe Farbe der übrigen Marksubstanz sich abhebt. Bei jungen 2—3 Wochen alten Tauben fand ich um den eindringenden Luftsack herum ein auffallend stark entwickeltes Gefässnetz, welches aber nur eine schmale Zone einnahm.

Von der eigenthümlichen schleimigen Metamorphose des Markes habe ich schon oben gesprochen. Ich fand sie, wie gesagt, nur beim Huhn und auch hier kommt dieselbe durchaus nicht

an allen Stellen vor, wo Mark verdrängt wird. Denn gerade in der oberen Epiphyse findet man Stellen genug, wo ganz unverändertes Mark unmittelbar neben der *mucosa pneumatica* liegt.

Leicht gelingt es mittelst Versilberung, auf der Innenseite des Knochens sowohl, als auf der Aussenseite des Markes Endothelbelag nachzuweisen, durch welchen der von Schwalbe entdeckte perimyläre Lymphraum begrenzt wird.

Was schliesslich noch

#### den Knochen

betrifft, so möchte ich hauptsächlich auf eine Thatsache hinweisen, dass nämlich, wenn einmal die Pneumatisirung einen gewissen Grad erreicht hat, ein Wachsthum am obern Knochenende nicht mehr stattzufinden scheint; dann nämlich, wenn die *membrana pneumatica* den Epiphysenknorpel in ihrem Vordringen beeinträchtigt hat; denn darauf beruht ja wohl neben der Verengerung der *art. nutritiva* dieses Hemmniss des Wachsthums.

Ich lasse hier einige Zahlen folgen:

Alter d. Taube. — Länge d. ganz. hum. — Lage d. ob. Endp. sog. nutrit.		
2 Wochen	51,0 Mm.	30,0 Mm.
3 „	51,4 Mm.	31,0 Mm.
Erwachsene Taube	53,5 Mm.	31,0 Mm.

(d. h. mit vollständig pneumatis. humerus).

Genauere und vielseitigere Zahlenangaben über das Wachsthum des Knochens zu liefern, war mir aus den oben angegebenen Gründen bislang unmöglich.

In seiner Structur weist der markhaltige, später pneumatische Knochen nichts Besonderes auf.

Fassen wir schliesslich die Hauptresultate noch einmal zusammen, so ergibt sich:

I. Die Durchbohrung der *compacta* an der Stelle des späteren *porus pneumaticus* wird eingeleitet durch ein actives Vordringen und Wuchern der fibrillären Substanz des hier mit dem Periost verschmolzenen Achselsackes.

II. Die weitere Entwicklung des Luftraumes erfolgt durch blindsackartige Einstülpung der *membrana pneumatica*, wobei sie theils den vorhandenen Lücken und Gängen der *spongiosa* folgt, theils das Knochengewebe zum Schwunde bringt.

III. Als Vorbedingung der Resorption des Knochenmarkes ist eine Ernährungsstörung anzunehmen, welche auf einer Verengerung des *canalis nutrit.* basirt und theilweise zu einem

Zwischenstadium führt, in welchen das Mark einen schleimig flüssigen Charakter annimmt.

IV. Bei der Pneumatisirung des Knochens verödet der perimyeläre Lymphraum zum grössten Theil.

V. Durch Eindringen des Luftsackes in den obern Theil des Knochens wird die obere knorpelige Epiphyse beeinträchtigt und dadurch das Längenwachsthum gestört.

VI. Der lufthaltige humerus wird vom Aortensysteme aus mit Blut versorgt.

Vergleicht man nun mit diesen anatomischen Verhältnissen und Entwicklungsvorgängen beim Vogel die lufthaltigen Räume des Menschen, wie sie sich als Anhänge des Nasenrachenraumes darstellen, so wird man manche Analogie finden. Die Lufträume beim Vogel gehen zwar von den Bronchien aus; aber auch beim Menschen ist der Raum, von dem aus die Schleimhaut zur Bildung von Nebenhöhlen sich ausstülpt, in erster Linie Luftweg. Ferner ist beim Menschen wie beim Vogel die häutige Auskleidung dieser Lufträume eine modificirte, d. h. im Wesentlichen reducirte Fortsetzung der Schleimhaut der Haupthöhle und dient zugleich als Periost. Beim Menschen wie beim Vogel fällt die Entwicklung der Lufthöhlen im Knochen in eine relativ späte Zeit. Fasst man nun speciell die Entwicklung ins Auge, z. B. der Zellen des Warzenfortsatzes (bei den Höhlen des Oberkiefers sind wegen der Zahnbildung complicirtere Verhältnisse vorhanden), so kann man sich die feineren Vorgänge bei der Pneumatisirung wohl nicht anders vorstellen, als beim Eindringen des Luftsackes in die spongiosa des humerus, und mikroskopisch ist in beiden Fällen das Bild ein ganz ähnliches; nur von einer Verschleimung des Marks ist mir bei meinen Studien über den process. mastoid. nie das Geringste vorgekommen.<sup>1)</sup> Aehnlich ist ferner bei beiden die unsymmetrische Entwicklung auf jeder Seite.

<sup>1)</sup> Die lufthaltigen Nebenräume des Mittelohres beim Menschen von Dr. H. A. Wildermuth. — Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte, herausgegeben von Wilh. His und Wilh. Braune. II. Bd. V. Heft. 1877.



### Erklärung der Tafel.

---

- Fig. 1. Epithel der mucosa pneumatica aus dem pneumatischen humerus einer jungen Taube.
- Fig. 2. Durchschnitt durch den canal. nutritiv eines erwachsenen Huhnes.
1. Lamelläre Apposition auf der Innenseite des humerus.
  2. Lam. Appos. im canal. nutrit.
  3. Compakte Knochensubstanz.
  - 4.)
  - 5.) Gefässdurchschnitte.
- Fig. 3. Capillarnetz aus d. mucosa pneumatica einer Taube; bei X mit Epithel bedeckt.
- Fig. 4.
- a) Querschnitt durch die mucosa pneumatica eines Huhnes.
    1. Knochensubstanz.
    2. Endothelbelag.
    3. Perimyelärer Lymphraum.
    4. Fibrilläres Gewebe
    5. Epithel
    6. Capillaren, welche den Lymphraum durchziehen.
  - b) Endothelzellen von der Knochenseite eines Markrestes (von einem in Müller'scher Lösung aufbewahrten pneumatischen humerus des Huhnes).
- Fig. 5. Mark in schleimiger Metamorphose.
- Fig. 6. Querschnitt durch die Stelle des späteren porus pneumaticus am noch ganz mit Mark erfüllten humerus einer jungen Taube. Beginnende Wucherung des Achselsackes und theilweise Perforation der compacta.
- Fig. 7. Längsschnitt durch das caput humeri einer ganz jungen Taube (c. 2,5 mal vergrössert) bei X die durch gewaltsames Ausziehen der vom Achselsack eingedrungenen Bindegewebszapfen entstandenen Kluft.
- Fig. 8. Längsschnitt durch das caput humeri einer jungen Taube mit kleinem kugeligen Luftraum bei X (c. 1,5 mal vergrössert) und Muskelreste.
- Fig. 9. Weitere Stadien der Pneumatisirung, h weisslicher Hof in der Peripherie der pneumatisirten Theile.

Fig. 10. Stelle aus dem schon pneumatisirten humerus eines Huhnes, an welcher die membrana pneumatica (1) mit den Weichtheilen der spongiosa in Verbindung tritt.

Fig. 11. Blindsackartige Einstülpung der mucosa pneumatica in einen mit Mark erfüllten Raum der spongiosa.

a) Mucosa pneumatica mit Epithel.

b) Knochen.

c) Blindsackförmige Einstülpung. Bei x die tiefste Stelle.

d) Mark mit zahlreichen Leukocyten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [NF\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Wildermuth H. A.

Artikel/Article: [Der feinere Bau der lufthaltigen nebst Beiträgen zur Kenntniss ihrer Entwicklung. 537-550](#)