VIII.

Vergleichende Histologie des Trommelfells.

Von

Dr. Wilhelm Moldenhauer

in Leipzig.

(Hierzu Taf. II—V.)

Die Studien, welche ich hiermit den Fachgenossen vorlege, beziehen sich, wie schon der Titel bekundet, nur zu einem und zwar geringeren Theil auf Beobachtungen am Trommelfell des Menschen. Sie büßen zwar aus diesem Grunde, wie ich gerne zugeben kann, in gewisser Beziehung an directem, praktisch auffälligen Werthe ein. Wenngleich sie indessen den Anspruch nicht erheben wollen, ausschliesslich dem Felde praktischer Verwerthung neues Material zuzuführen, so glaube ich dennoch nicht in einer Täuschung befangen zu sein, wenn ich die Hoffnung hege, weitaus der Mehrzahl wissenschaftlicher Otiatriker eine willkommene Gabe zu bringen, denn sie erweitert, wie ich glauben darf, das Verständniss der genannten Membran nach nicht unwesentlichen Richtungen. Der Werth, ja selbst die Nothwendigkeit der vergleichend anatomischen und vergleichend histologischen Untersuchung der Organe ist nämlich in der Gegenwart allzusehr und von allen Seiten erkannt, als dass nicht auch für das Trommelfell dasselbe Erforderniss zu erfüllen wäre. Denn nicht allein auf den Bau und die morphologische Stellung des menschlichen Trommelfells musste eine vergleichende Untersuchung bedeutungsvolle Streiflichter werfen, sondern selbst die functionelle, die physiologische Frage konnte nicht gewinnlos aus einer anzustellenden Vergleichung hervorgehen.

Die mitzutheilenden Untersuchungen entsprechen demnach vor Allem dem Bedürfnisse, zu erfahren, wie das beim Menschen

verhältnissmässig so wohl bekannte Organ bei den tiefer stehenden Wirbelthierklassen gebaut sei; zum Theil waren es indessen auch entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen, welche zur Ausführung der Arbeit hindrängten. Ich hatte nämlich in meiner Arbeit: „Die Entwicklung des äusseren und mittleren Ohres“ den Nachweis geführt, dass beim Hühnchen und Säugethiere das primitive Trommelfell gleich in seiner ersten Anlage als eine Platte auftritt, an deren Zusammensetzung sich sofort alle drei Keimblätter betheiligen. A priori liess sich annehmen, dass sich dieser Bildungstypus durch die ganze Wirbelthierreihe bei allen Ordnungen, welche mit einem Trommelfell ausgestattet sind, erstreckt und dass wir auch überall im fertigen Trommelfell dieselben drei Keimschichten wiederfinden. Nichtsdestoweniger war innerhalb dieser Grenzen für die besondere Gestaltung des Trommelfells ein überaus grosser Spielraum gegeben, und musste es eben die Aufgabe specieller Untersuchung sein, die Besonderheiten des Baues im Einzelnen nachzuweisen. Dass diese Bahn noch kaum betreten war, dass von dem Trommelfell der niedern Wirbelthierklassen bis jetzt im Allgemeinen weniger bekannt geworden ist, als bekannt zu sein verdient, zeigte sich im Verlaufe der vorzunehmenden Arbeiten mehr und mehr. So sehen wir diesen Gegenstand in den Lehrbüchern der Ohrenheilkunde so gut wie gar nicht berücksichtigt. Selbst in den betreffenden Handbüchern der vergleichenden Anatomie findet sich dieser Gegenstand nicht mit derjenigen Genauigkeit bearbeitet, wie es der Wichtigkeit des Organs entspricht; doch wird auf das vorhandene historische Material bei Gelegenheit der Einzelbetrachtungen genauere Rücksicht genommen werden.

Fragen wir nach den Gründen, welche den soeben angegebenen Mangel verursacht haben mögen, so würde man solche mit grossem Unrecht etwa in einer vermutheten Interesselosigkeit des Gegenstandes suchen. Viel einfacher werden wir die Ursache in der Erfahrung finden, dass alles zu seiner Zeit zu kommen habe. War einmal die Kenntniss des menschlichen Trommelfells bis zu einem dem nächsten Bedürfnisse genügenden Grade gefördert, so blieb es nur mehr eine Frage der Zeit, dasselbe Organ auch bei tiefer stehenden Formen genauerer Betrachtung zu würdigen und seine Eigenthümlichkeiten in ein besseres Licht zu stellen.

Was nun das Trommelfell des Menschen betrifft, welches in Bezug auf seinen Bau nach allen Richtungen von mir nach-

geprüft worden ist, so bestehen über die Zusammensetzung des Ringwulstes noch Differenzen der Anschauungen.

Die Frage nach der Verbindung des Hammers mit dem Trommelfell kann im Allgemeinen zwar als entschieden betrachtet werden, die Form des Hammergriffes ist jedoch bezüglich ihrer Bedeutung nirgends recht gewürdigt worden. Diese beiden Punkte werde ich daher zunächst zu erledigen haben. Eine bündige Auseinandersetzung und Uebersicht des Baues des menschlichen Trommelfells ist ohnedies am Platze, da ja die Vergleichung im Folgenden sich beständig darauf zu beziehen haben wird.

Von dem Trommelfell der Vögel wurde das des Huhnes, der Ente und der Gans bearbeitet; von Sauriern aber die bei uns so häufige Art der Eidechsen (*Lacerta stirpium* und *muralis*). Von Schildkröten gelangte *Emys europaea* und *Testudo graeca*, von Batrachiern *Rana esculenta* und *temporaria*, *Hyla arborea* und *Bufo cinereus* zur Verwendung. Die Fische besitzen bekanntlich kein Trommelfell und standen deshalb von vornherein ausserhalb des Rahmens der Untersuchung.

Wie die beigegebenen Figuren zeigen, wurden sowohl Flächenbilder, als auch Schnitte benutzt, um über den Bau Klarheit zu erhalten und dabei einerseits insbesondere auf die Insertion des Trommelfells, andererseits auf die Verbindung der Columella mit dem Trommelfell Rücksicht genommen.

Nerven, Blut- und Lymphgefässe lasse ich in dieser Mittheilung als zu weit führend bei Seite und verschiebe die Beschreibung der hierüber erhaltenen, nach mehreren Seiten hin interessanten Ergebnisse auf eine spätere Gelegenheit. Eine vergleichend anatomische Untersuchung der umgebenden Skelettheile lag von Anfang an nicht innerhalb meines nächsten Planes. Die gewonnene Ausbeute lohnte reichlich die aufgewendete Mühe, wenn überhaupt von einer solchen die Rede sein kann in einem Falle, in welchem jedes neue, der Beobachtung sich darbietende Object den Reiz der Untersuchung steigerte.

Die Arbeit selbst wurde unter Leitung des Herrn Prof. A. Rauber in Leipzig angefertigt und stand derselbe nicht allein kontrollirend bei Seite, sondern hat auch in mehreren Fällen die Punkte angegeben, auf welche die Untersuchung besonders zu richten war.

I. Das Trommelfell des Menschen.

Das menschliche Trommelfell zerfällt bekanntlich in drei wesentlich von einander verschiedene Lagen, in eine mittlere, sogenannte Eigenschicht und in zwei, die äussere und innere Oberfläche der Propria bedeckende dünne Fortsetzungen der Cutis und der Paukenschleimhaut. Die Eigenschicht selbst besteht wiederum wesentlich aus zwei Blättern. Beide besitzen die histologischen und chemischen Eigenschaften des fibrösen Gewebes und haben nur eine geringe Beimischung elastischer Elemente. Ihre Abgrenzung geschieht durch Verschiedenheiten des Faserverlaufes. Die sie zusammensetzenden fibrösen Bündel sind nicht lockig, sondern gerade gestreckt und zeigen in frischem Zustande ein homogenes Gefüge. Die Fasern bestehen jedoch aus Fibrillen, welche durch die Anwendung gewisser Reagentien deutlich zu Tage treten. Zwischen ihnen finden sich Bindegewebskörperchen vor, die sogenannten Trommelfellkörperchen. Die Fasern der äusseren fibrösen Lamelle haben radiären, die der inneren, der Paukenhöhle zunächst liegenden dagegen concentrischen, circulären Verlauf.

Die Radiärschicht, welche zum grössten Theile aus demjenigen Bindegewebe ihren Ursprung nimmt, welches den Suleus tympanicus ausfüllt und unter dem Namen „Ringwulst“ bekannt ist, behält so ziemlich über das ganze Trommelfell gleiche Mächtigkeit, die Circulärschicht dagegen hat in der Nähe des Ringwulstes ihre grösste Dicke, verdünnt sich gegen das Centrum mehr und mehr, so dass hier nur Andeutungen derselben übrig bleiben. Die durch diese beiden fibrösen Blätter hergestellte Eigenschicht (Propria) des Trommelfells ist gegen dehnende Gewalten sehr widerstandsfähig, wodurch die Membran für Hörzwecke in hohem Grade geeignet wird. (Helmholtz.)

Die die Eigenschicht überkleidende Fortsetzung der äusseren Haut besteht nicht nur aus Elementen der Epidermis, sondern es setzen sich auch Faserzüge der Lederhaut aus dem äusseren Gehörgang auf das Trommelfell fort und dienen hier hauptsächlich als Träger der Gefässe und Nerven. Am reichlichsten erweist sich dieser Ueberzug von Cutisgewebe in jener strangförmigen Verdickung, die von der oberen Gehörgangswand am Manubrium mallei herabläuft. Papillen, Hautdrüsen, Härchen werden im menschlichen Trommelfell nicht angetroffen, ebenso fehlt das Fettgewebe.

Desgleichen erscheint der innere Ueberzug als directe Fortsetzung nicht allein des Epithels, sondern auch der bindegewebigen Grundlage der Paukenhöhlenschleimhaut. Das Epithel hat den Charakter des Pflasterepithels, das Bindegewebe, wiederum der Träger von Gefässen und Nerven, tritt hier in Form eines mehr weniger unterbrochenen Netzwerkes auf, welches von Gruber als dendritisches Gebilde bezeichnet und von ihm und Kessel näher beschrieben worden ist. Indessen fehlen auch der Propria Gefässe nicht vollständig, wie Kessel nachgewiesen hat. Von einer genaueren Schilderung der Gefässe und Nerven des Trommelfells soll indessen Umgang genommen werden, dagegen verdient eine specielle Beleuchtung

der Ringwulst.

Die Frage nach der Art und Weise der Einpflanzung des Trommelfells in den Paukenring ist von jeher ein Gegenstand des Streites gewesen, der auch jetzt noch nicht definitiv entschieden ist. Es handelt sich hauptsächlich darum, ob die wulstförmige Randverdickung des Trommelfells ihrer histologischen Beschaffenheit nach als Knorpelgewebe oder Bindesubstanz aufgefasst werden solle.

Während die Alten nach dem knorpelartigen Widerstand, welchen der Trommelfellrand dem Messer darbot, urtheilten und den Namen Knorpelring einführten, unterzog zuerst Arnold¹⁾ diesen Abschnitt des Trommelfells einer genauen mikroskopischen Untersuchung, deren Resultat darin gipfelte, dass er die Bezeichnung „Knorpelring“ verwarf und dafür den Namen „Sehnenring“ einführte. Arnold dachte sich die Randverdickung des Trommelfells dadurch hervorgerufen, dass hier eine Verschmelzung der Beinhaut des Gehörganges und der Paukenhöhle stattfindet. Mikroskopisch wird dieselbe als Sehnenring mit eingestreuten Körnchen, deren Natur jedoch nicht näher bezeichnet wird, aufgefasst.

Dieser Ansicht von Arnold schlossen sich später Gerlach²⁾ und Tröltzsch³⁾ an und galt dieselbe allgemein als richtig, bis Gruber⁴⁾ den Gegenstand einer erneuten Untersuchung unterwarf, deren Resultat er in folgenden drei Sätzen formulirte:

1) Handbuch der Anatomie. 1851. S. 1084.

2) Mikroskopische Studien etc. 1858.

3) Anatomie des Ohres. 1861.

4) Monatsschrift für Ohrenheilkunde. 1869. Nr. 2.

1. Der sogenannte Ringwulst inserirt nicht unmittelbar am Knochen, sondern zwischen beiden liegt ein dünnes Häutchen, welches als eigentliches Periost aufzufassen ist und als solches in die Beinhaut des Gehörganges und der Paukenhöhle übergeht.

2. Die Fasern der Membrana propria sind, und zwar sowohl die Radiär- als Circulärschicht, bis in den Ringwulst hinein zu verfolgen.

3. Der Ringwulst stellt einen wahren Faserknorpel dar, in welchem die Knorpelzellen um so reichlicher gefunden werden, je näher dem Knochen man untersucht.

Von den späteren Untersuchungen über diesen Gegenstand erwähne ich die von Brunner ¹⁾, welcher ebenfalls zwischen den Fasern des Ringwulstes Zellen fand, die den echten Knorpelzellen ähnlich schienen, doch sieht er in der geringen Anzahl derselben keinen Grund, die Nomenklatur in der von Gruber beabsichtigten Weise zu ändern. Ebenso wenig folgt er Gruber in der Annahme eines besonderen, von den übrigen Elementen des Ringwulstes trennbaren Periostes. Auch Rüdinger ²⁾, welcher diesem Gegenstande seine besondere Aufmerksamkeit widmete, hat, wie er schreibt, trotz der sorgsamsten Prüfung einer grösseren Anzahl Schnitte an keiner Stelle Knorpelzellen nachweisen können und hält es daher für angemessener, den Namen Annulus fibrosus beizubehalten.

Bei diesem Stand der Auffassungen hielt ich es für nothwendig, eingehende Untersuchungen anzustellen und bin dabei zu folgenden Resultaten gekommen:

In dem Ringwulst kann man zwei in verschiedener Richtung verlaufende, einander kreuzende Faserzüge unterscheiden, von denen die einen, als *Fibrae transversae* und *arcuatae* zu bezeichnenden den *Sulcus tympanicus* in querem oder bogenförmigem Verlauf überbrücken und theils in die Lederhaut, theils in das jenseits des *Sulcus* gelegene Periost übergehen, während die anderen (*Fibrae rectae*) theils aus dem Netzwerke des Ringwulstes selbst, theils aus der umgebenden Lederhaut mit mehreren Wurzeln entspringend, weiterhin im Trommelfell die Radiärschicht desselben constituiren (Taf. II, Fig. 3). Das dichte bindegewebige Netzwerk des Ringwulstes erfährt in der Nähe des Knochens

1) Beiträge zur Anatomie und Histologie des mittleren Ohres. Leipzig 1870. S. 13.

2) Beiträge zur Histologie des mittleren Ohres. München 1872.

im ganzen Bereiche des Sulcus tympanicus eine Auflockerung und wird in Folge dessen durch Carmin und Hämatoxylin weniger tief gefärbt, als das Gewebe des Ringwulstes selbst. Dieser aufgelockerte Theil setzt sich beiderseits unmittelbar in das Periost fort und ist insofern als modificirtes Periost zu betrachten, als die Faserrichtung eine wesentlich radiäre, dem Ringwulst entsprechende ist. Es finden sich daselbst auch Gefässe, die man unmittelbar mit den Gefässen des Knochens communiciren sehen kann.

Durch diese netzförmige Verbindung der Faserzüge im Ringwulste wird eine ausserordentlich feste Einpflanzung des Trommelfells in den Paukenring hervorgerufen, zu deren Erhöhung noch der Umstand dient, dass der Knochen hier sehr uneben gestaltet ist und dadurch die Ansatzfläche bedeutend vergrössert wird.

Was nun die Frage nach dem Vorhandensein von Knorpelzellen in dem Ringwulste betrifft, so lässt sich einerseits nicht leugnen, dass im Bindegewebe zerstreut, in wechselnder Anzahl Zellen angetroffen werden, welche als echte Knorpelzellen aufgefasst werden müssen. So gelingt es nicht selten an einzelnen Schnitten innerhalb des Ringwulstes 10, 12 und mehr echte Knorpelzellen wahrzunehmen, an anderen Schnitten treten sie in geringerer Zahl auf, können auch sogar ganz fehlen. Andererseits sind die Knorpelzellen doch in verhältnissmässig zu geringer Anzahl vorhanden, um dem Gewebe den Hauptcharakter und den Namen eines Faserknorpels zu verleihen. Ich möchte mich daher am meisten der Ansicht von Brunner anschliessen und den Ringwulst histologisch als Bindegewebe mit hie und da eingestreuten Knorpelzellen auffassen.

Noch mehr als die Histologie des Ringwulstes hat die Art der Befestigung des Hammergriffes im Trommelfell von jeher das Interesse der Untersucher gefesselt.

Es handelte sich hierbei nämlich nicht allein um die Beziehungen der beiden Trommelfellschichten und ihrer Faserzüge zum Hammergriff, sondern, seitdem Gruber im Jahre 1867 mit der Entdeckung eines Knorpelgebildes im Trommelfell an die Oeffentlichkeit getreten war, knüpfte sich das Interesse besonders an die Erforschung der Existenz dieses Gebildes und seines Verhältnisses zum Hammergriffe, wofür Gruber ganz neue Gesichtspunkte aufgestellt hat, die für den Mechanismus der Schalleitung von grösster Wichtigkeit sein mussten.

Für das Verständniss der Frage ist es nothwendig, die Ansichten der Hauptvertreter kurz anzuführen.

Gruber¹⁾ äussert sich darüber folgendermassen:

Wenn man den Hammergriff vom Trommelfell löst, so bleibt in demselben ein rinnenförmiges knorpeliges Gebilde zurück, welches kappenartig oberhalb des Proc. brevis beginnend bis $\frac{1}{2}$ Mm. unterhalb des Griffendes herabreicht. Zu beiden Seiten deckt es ca. $\frac{1}{3}$ der Griffflächen. An der Stelle, wo das Knorpelgebilde mit dem gegenüberstehenden Hammertheile nicht verwachsen ist, fanden wir es mit einem zarten Bindegewebshäutchen überkleidet, in dem Zwischenraume zwischen Knorpel und Hammergriff eine geringe Menge synoviaartiger Flüssigkeit. Die Wandungen dieser Höhle waren in einzelnen Fällen mit kleinen Zellen ausgekleidet, die als Epithelzellen gedeutet wurden. Die Discontinuität zwischen Knorpelgebilde und Hammergriff ist übrigens keineswegs eine regelmässige, sie erstreckt sich einmal mehr einmal weniger weit abwärts, ist zumeist an der hinteren Fläche des Griffes auffälliger, während an der vorderen zwischen Knorpelgebilde und Griff häufiger Adhäsion gefunden wird.

Aehnlich spricht sich Helmholtz²⁾ aus:

Der Anlagerungsstelle des Knochens entsprechend ist das Trommelfell verdickt, theils durch starke Faserzüge der Cutisschicht, welche vom Rivini'schen Ausschnitt her an der Ansatzstelle des Hammers entlang ziehen, theils durch Einlagerung von faserknorpeligem Gewebe. Das Periost des Hammers geht an beiden Flächen des Handgriffes in diese faserknorpelige Verdickungsschicht über und haftet an den Rändern fest. In der Nähe des unteren Endes des Handgriffes ist die Verbindung des Knochens mit dem verdickten Gewebe des Trommelfells eine durchaus feste, gegen den kurzen Fortsatz hin aber findet sich zwischen dem Knochen und dem Trommelfell eine nachgiebige Schicht, oder selbst eine Art von unvollkommener Gelenkspalte, die nur an beiden Rändern durch die Verbindung des Periostes des Hammers mit den Rändern der faserknorpeligen Schicht und dem Fasergewebe des Trommelfells fester ist.

Gegen jene Ansicht von Gruber traten zunächst Prussak³⁾,

1) Anatomisch-physiologische Studien über das Trommelfell. Wien 1867. — Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Wien 1870. S. 80–84.

2) Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfells. Pflüger's Archiv für Physiologie. I. Jahrg.

3) Archiv für Ohrenheilkunde. III. Bd.

Moos und Kessel¹⁾ auf, welche zwar alle das Vorhandensein eines Knorpelbeleges am Hammergriff bestätigten, aber eine Discontinuität desselben mit dem knöchernen Theil des Griffes durchaus leugneten. Auch die neueren Untersuchungen von Brunner²⁾ und Rüdinger³⁾ sind für Gruber nicht günstig ausgefallen.

Brunner schreibt: Es hält nicht schwer, das Vorhandensein des Knorpels am Hammer nachzuweisen, es gelingt aber leicht zu zeigen, dass die Verhältnisse anders sind, als sie Gruber darstellt, dass von einer Discontinuität zwischen Knorpel und Knochen keine Rede ist und dass eine solche an dieser Stelle zum Zweck einer Verschiebung des Hammers am Trommelfell keinen Sinn hätte etc.

Ebenso Rüdinger:

Die ganze Aussenseite des Hammers, seine laterale und mediale Fläche werden von einer Knorpellage geebnet. Eine Discontinuität zwischen Knochen und Knorpel, oder zwischen dem Knorpel und den darüber liegenden Faserschichten kann an diesem horizontalen Durchschnitte nicht wahrgenommen werden. Sämmtliche Gewebelemente stellen hier, wenn auch die einzelnen Lagen mehr weniger scharf von einander abgegrenzt erscheinen, eine morphologische Einheit dar. Auch die Anordnung der Havers'schen Kanäle, welche den Knorpel ebenso wie den Knochen durchsetzen, spricht gegen eine Discontinuität zwischen Knochen und Knorpel.

Was nun die Art und Weise der Befestigung des Hammergriffes im Trommelfell betrifft, so zeigt ein näheres Eingehen auf die Literatur, dass die Ansichten hierüber weit auseinander gehen und dass diese Frage ihrer endgültigen Lösung noch lange nicht nahe gerückt ist.

Die irrige Auffassung, welche Gruber von dem knorpeligen Ueberzuge des Hammergriffes hatte, zog auch eine Täuschung in Bezug auf die Art der Insertion der Eigenschicht an das Manubrium nach sich. Nach Gruber soll sich nämlich die Eigenschicht, weder Radiär- noch Circulärfasern, nicht direct an den Hammergriff befestigen, sondern am Rand und der äusseren Fläche des Knorpelgebildes inseriren, der Hammergriff selbst aber an seiner inneren nicht vom Knorpelgebilde bedeckten Fläche, nur von der Schleimhaut umzogen sein. (l. c. S. 39.)

1) Das äussere und innere Ohr. Stricker's Gewebelehre.

2) l. c. S. 15.

3) l. c. S. 6—7.

Ein einziger Querschnitt durch das mit dem Hammergriff noch verbundene Trommelfell zeigt, wie sehr sich Gruber durch seine Untersuchungsmethode täuschen liess. Weit zutreffender dagegen ist die Schilderung, welche Rüdinger (l. c. S. 5 u. 6) bezüglich dieser Frage entwirft, wenn er schreibt:

An jenen spitzwinkligen Stellen, welche die nach vorn und hinten gerichteten Kanten des Hammergriffes bilden, tritt die radiäre Faserlage der Tunica propria mit einem Gewebslager in Zusammenhang, welches sich gegen seine Umgebung ziemlich scharf absetzt und in vieler Hinsicht an Faserknorpel erinnert. Dieses Gewebe, welches vorn und hinten am Hammergriff angebracht ist, nimmt eine ziemlich mächtige, circulär den Hammer umgebende Faserschicht auf, die sowohl die laterale Seite des Hammers deckt, als auch den ganzen Hammer wesentlich in horizontaler Ebene umkreist. Man kann demnach nicht sagen, dass die Fasern der Tunica propria des Trommelfells auseinander treten und den Hammer zwischen sich fassen, sondern man muss für das untere Ende des Hammergriffes die Vereinigung der radiären Fasern mit einer Gewebslage, welche an Faserknorpel erinnert, am vorderen und hinteren Ende des Griffes und den Zusammenfluss mit einer starken, kernigen Faserlage, die ihn umkreist, als eine zunächst auffallende Anordnung hervorheben. Weiter unten (l. c. S. 8) schreibt derselbe Autor:

Ein Horizontalschnitt, noch unterhalb des Ansatzpunktes vom Tensor tympani ausgeführt, lässt an einzelnen Stellen eine theilweise Kreuzung der radiären Fasern der Membrana propria erkennen und von dieser Stelle aus setzen sich die Züge direct fort in die den Hammer umkreisende Schicht.

Noch eigenthümlicher zeigt sich der zum Hammer tretende Faserzug der Tunica propria in geringer Entfernung vom Ansatzpunkte der Sehne des Tensor tympani. Hier geht nur der eine radiäre Faserzug nach der entgegengesetzten Fläche des Hammergriffes herum, indem er ihn unwickelt, während zur anderen Fläche fast gar keine Fasern gelangen. Die den Hammer umkreisende Faserlage ist aber an allen Stellen vorhanden und nimmt den Zug, der vom Trommelfell kommt, in sich auf.

Brunner (l. c.), welcher diesem Gegenstand ebenfalls seine besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat, beschreibt noch Faserzüge an der medianen Fläche des Hammers, welche bei Querschnitten ebenfalls quer getroffen werden und glaubt, dass die Radiärfasern, welche vom Trommelfell auf die innere Fläche

des Hammers treten, dort plötzlich ihre Richtung ändern und einen ab- oder aufwärts steigenden Verlauf nehmen.

Zur Erreichung meines Zweckes konnte nicht umgangen werden, sowohl das Knorpelgebilde, als auch das Verhältniss der Propria zum Manubrium von Neuem in Untersuchung zu ziehen. Es wird sich nämlich sehr bald zeigen, dass das Knorpelgebilde in der Reihe der tiefer stehenden Thiere eine viel bedeutendere Rolle spielt, als beim Menschen. Das Verhältniss der Propria zum Manubrium aber steht einerseits in zu innigem Bezug zur Form des Manubrium, als dass nicht auch hierauf besonders Rücksicht zu nehmen wäre; andererseits war die Befestigungsweise der Columella der niederen Thierklassen mit der Art der Befestigung des Hammergriffes der Säugethiere in Vergleich zu ziehen.

Die Existenz eines Knorpelbeleges am Manubrium des menschlichen Hammers wird durch meine eigenen Beobachtungen im Sinne von Brunner und Rüdinger zunächst vollkommen bestätigt, wie eine Betrachtung der Fig. 1 *a*, 1 *b* und 2 (Taf. II, III), die allerdings zu einem anderen Zwecke abgebildet sind, aufs deutlichste ergibt. Der vorhandene hyaline Knorpel bildet nicht etwa eine ununterbrochene vollständige Hülse um den Hammergriff, sondern zeigt an verschiedenen Orten mehr oder minder zahlreiche Lücken, an welchen die Knochensubstanz zu Tage tritt. Er findet sich nicht ausschliesslich in der vorderen Fläche und Kante, sondern greift auch auf die hintere Fläche und Kante über, ja es finden sich nicht allzu selten selbst im Innern des Handgriffes zerstreute Knorpelinseln vor.

Dieser knorpelige Beleg ist indess nicht, wie Gruber wollte, als ein besonderes, zum Trommelfell gehörendes Gebilde aufzufassen, sondern vielmehr, wie die Berücksichtigung der Entwicklung des Hammers zeigt, als Rest des primordialen Hammers und Hammergriffes zu betrachten. Dieser primordiale Knorpel geht durch endochondralen Ossificationsprocess, anknüpfend an das Eindringen von Gefässen in das Innere des Knorpels, in den späteren Knochen über. Es begreift sich dabei leicht, dass nicht allein Knorpelinseln zwischen den Lamellen des fertigen Knochens übrig bleiben, sondern dass auch die Aussenfläche des fertigen Knochens noch von Knorpelresten bedeckt sein wird, wenn die endochondrale Osteogenese den primordialen Knorpel nicht vollständig verdrängt hat.

Von vornherein würde es dabei merkwürdig erscheinen,

wenn nicht auch das Periost oder Perichondrium an der Aussenfläche des primordialen Hammers wenigstens Spuren der von ihm ausgehenden, also periostalen Osteogenese erkennen liesse. In der That sehen wir sowohl auf Querschnitten, als auch auf Längsschnitten des Hammergriffes die Aussenfläche des Knorpels von einer dünnen, wenn auch streckenweise unterbrochenen, streckenweise dem endochondralen Knochen aufliegenden Knochenlamelle umgeben, deren Abstammung vom Periost nicht zweifelhaft sein kann (Taf. II, III. Fig. 1 *a*, *p*). Bei starker Vergrösserung finden wir nämlich in dieser Lamelle zerstreut echte Knochenzellen innerhalb einer verkalkten Grundsubstanz, an anderen Stellen in weichem Gewebe liegende echte Knochenkugeln in vollständiger Isolirung an der Aussengrenze des Knorpels.

Nach aussen von dieser Knochenlamelle findet sich an der vorderen sowohl, als an der hinteren Kante des Griffes die Anhäufung von faserknorpeligem Gewebe, dessen Rüdinger (l. c.) Erwähnung thut. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse eignet sich am Besten die bekannte Doppelfärbung mit Carmin und Hämatoxylin, welche den Knochen roth, den Knorpel blau tingirt.

Von grosser Schwierigkeit ist die Bestimmung des Verhältnisses der Radiärschicht zum Manubrium und gestehe ich hierüber auch meinerseits nicht völlig zum Abschlusse gelangt zu sein. Als eine Vermehrung unserer bisherigen Kenntnisse möchte ich für jetzt nur hervorheben, wie sich an dem Längsschnitte (Fig. 2) des Manubrium unzweifelhaft demonstrieren lässt, dass die von unten nach aufwärts steigenden Radiärfasern an der Spitze des Manubrium eine wirkliche Biegung erleiden, indem sie sich unmittelbar an die hintere Fläche und Kante begeben und eine Strecke weit an derselben verfolgt werden können. Fig. 2 *r*. Dieselben Fasern sehen wir auf dem Querschnitt 1 *a* und *b*, *q*. Was aber die längs des Hammergriffes gelegenen, von oben herabziehenden Faserzüge betrifft, so bietet gerade die Entwirrung ihres Fasernverlaufes noch die genannten Schwierigkeiten. Sicher ist nur, dass sie als Platte ebenfalls an der Spitze des Manubrium auf die Innenfläche umbiegen und indem sie von dem eben erwähnten Radiärfaserzuge bedeckt werden, eine Strecke weit isolirt von demselben verlaufen. Fig. 2 *r'*.

Die Anordnung der beiden Faserplatten ist offenbar in mechanischer Beziehung die günstigste, die sich für die beabsichtigte Wirkung des Manubrium auf das Trommelfell erzielen lässt und würde ohne das Uebertreten der Faserplatte auf die innere Fläche

und Kante die Befestigung in viel geringerem Grade erreicht worden sein, während jetzt eine Ablösung an der Spitze des Manubrium zur Unmöglichkeit geworden ist.

Diese Art der Befestigung steht aber, wie schon oben angegeben, in inniger Beziehung zu einem anderen, nunmehr zu würdigenden Punkte, zur

Form des Hammergriffes.

Henle vergleicht mit Recht die untere Hammerhälfte, welche zum grössten Theil vom Manubrium gebildet wird, mit einem langgezogenen Dreieck oder Sense, die mit der Spitze abwärts, mit der Schneide lateralwärts gegen das Paukenfell gekehrt ist. Die Spitze behält nach demselben Autor entweder die sagittal abgeplattete Gestalt des übrigen Manubrium bei, oder zeigt sich in entgegengesetztem Sinne comprimirt. Oefters ist die Krümmung des Manubrium nicht rein Sensen-, sondern mehr S-förmig, im oberen Theile lateralwärts convex, auch kommen zu den gegen das Paukenfell senkrechten Krümmungen mitunter leichte Biegungen in der Ebene des Paukenfelles selbst. Die Insertionsstelle des *Mus. tensor tympani* an dem oberen Ende der medianen Kante des Griffes, dem kurzen Fortsatze gegenüber, kann an einer geringen Hervorragung kenntlich sein.

Die in verschiedenen Höhen wechselnden Querschnittsformen des Manubrium sind in neuerer Zeit von Brunner und Rüdinger unter Anwendung von Längen- und Querschnitten des entkalkten Knochens untersucht worden. In der That leisten diese Methoden in Bezug auf die Schärfe aller in Betracht kommenden Linien alles Wünschenswerthe und habe auch ich mich derselben bedient.

Was die genannte Querschnittsveränderung des Manubrium von seiner Spitze bis zu seinem oberen Ende betrifft, so sehen wir, wie die verschiedenen Forscher ebenso genau als richtig angegeben haben, dass in der Nähe der Spitze die auf Taf. II, III, Fig. 1 *a* mit dem Prisma wiedergegebene Form vorherrscht, während in der Mitte der Länge dieselbe in die Fig. 1 *b* gezeichnete Form übergeht. Beide Querschnitte zeigen eine ovale Begrenzung, die erste eine lange Axe von $\frac{3}{4}$ Mm., eine kurze Axe von $\frac{1}{3}$ Mm., die zweite eine lange Axe von 1 Mm., eine kurze Axe von $\frac{1}{2}$ Mm. Während aber die lange Axe des ersten Querschnittes in der Fläche des Trommelfells liegt, so steht diejenige des zweiten Querschnittes nahezu darauf senkrecht. Die letztere Form bildet sich aus dem flach liegenden Oval durch

eine dreieckige, mit abgerundeten Ecken versehene Uebergangsform hindurch aus. Die senkrecht-ovale Form bleibt wesentlich in der übrigen Länge des Handgriffes beibehalten.

Wenn nun auch das Vorhandensein dieser Formveränderung unbestritten feststeht, so fragt es sich weiterhin erst, ob dieselbe mehr zufälliger Art sei, oder ob ihr bestimmte architektonische Motive zu Grunde liegen. Letzteres ist aber, wie ich zeigen werde, in der That der Fall und es tritt damit das Manubrium in die Reihe der mechanisch begründbaren Knochenformen ein.

Es ergibt sich nämlich, dass man den Handgriff als einen Stab betrachten kann, an welchen in seiner natürlichen Anordnung eine Last, der Widerstand des Trommelfells aufgehängt ist. Diese Last wird durch den Tonus, oder die willkürliche Contraction des Trommelfellspanners im Gleichgewicht gehalten. Das Trommelfell wirkt als Last an dem Manubrium ähnlich wie die Last P in dem beigegebenen Holzschnitt an dem horizontalen, mit dem einen Ende befestigten Stäbchen (s) der Fig. 1 A.

Fig. 1.

Die Last hat in diesem Falle ihren Angriffspunkt allein am freien Ende des Stäbchens. In Fig. B dagegen ist die Last P' gleichmässig über die ganze Stäbchenlänge vertheilt und es lässt sich wohl ohne weiteres wahrnehmen, dass dasselbe Stäbchen im zweiten Falle eine grössere Last zu tragen vermag, als bei der ersten Anordnung. Was nun das Manubrium und seine Verbindung mit dem Trommelfell betrifft, so ergibt sich aus dem früheren leicht, dass nicht die

Gesammtlast am äussersten Punkt des Hammergriffes angreift, sondern dass dieselbe zwar nicht über die ganze, aber doch über eine grössere Ausdehnung des Hammergriffes sich vertheilt.

Dies ist einerseits günstig für die Widerstandskraft des Hammergriffes, nicht minder aber auch für die zu erhaltende

Integrität des Trommelfells zu beurtheilen. Wir sehen demnach eine Mischung von Fall *A* und *B* bezüglich der Befestigung der Last auf den Handgriff in Wirklichkeit vorliegen. Sowohl in Fall *A* als auch in Fall *B* liegt die durch die Last *P* und *F'* am meisten gefährdete Stelle nicht etwa in der Nähe des freien Endes des Stäbchens, sondern im Gegentheil wird das Stäbchen, wenn überhaupt, in der Nähe der Befestigung (bei *b* und *b'*) brechen, hier befindet sich der sogenannte gefährliche Querschnitt. Will man nun die Stelle des gefährlichen Querschnittes möglichst widerstandsfähig machen, so muss man nach mechanischen Grundsätzen hierselbst dem Stäbchen eine grössere Dicke geben, während die Dicke bis zum freien Ende hin allmählich verringert wird.

Geschieht dies in gesetzmässiger Weise, so erhalten wir sogenannte Körper von gleicher Widerstandsfähigkeit, d. h. solche Körper, welche bei gleicher Masse mit möglichster Leistungsfähigkeit begabt sind. In Fig. 1 *A* und *B* ist die entsprechende Form durch punktirte Linien wiedergegeben. Es bedarf aber nur eines Blickes auf die Form des Manubrium und einer Erinnerung an die von Henle betonte Form eines langgezogenen Dreiecks, um sofort zu erkennen, dass in dem Manubrium eine solche günstige Anordnung der Querschnittsverhältnisse stattgefunden hat. Die vorkommende Verbreiterung der Spitze des Manubriums erscheint dagegen als die zweckmässigste Form, das Trommelfell in passender Weise zu befestigen. Jenseits der Ansatzstelle der Sehne des Trommelfellspanners kann nach dem angegebenen wiederum eine Verdünnung des Knochens stattfinden, ohne dass dadurch die Festigkeit einen Schaden erlitte. In der That sehen wir am sogenannten Halse eine Verdünnung auftreten. Wenn man aber auch nicht sofort an die Gefahr eines Bruches denken will, welcher durch die genannte Querschnittsgestaltung begegnet werden sollte, so ist dennoch eine grössere Leistungsfähigkeit dadurch erreicht und zugleich auch für die Uebertragung der Trommelfellschwingungen die bestmögliche Form in Anwendung gebracht.

II. Das Trommelfell von Vögeln.

Von Vögeln untersuchte ich das Trommelfell des Huhnes, der Gans und der Ente. Der Gehörgang dieser Thiere stellt einen verhältnissmässig kurzen und weiten Kanal dar, in dessen Grunde das Trommelfell durch Verschiebung der äusseren Haut

in grosser Ausdehnung sichtbar gemacht werden kann. Die Axe des Gehörganges ist mit ihrem inneren Ende etwas nach hinten gerichtet. Man bemerkt schon bei dieser Betrachtungsweise des Trommelfells, dass seine Hauptneigung in dorso-ventralwärts laufender Richtung statt hat, so dass der untere Rand weiter in das Innere des Schädels vorspringt, als der obere, zugleich, dass die obere Wand des Gehörganges ohne stärkere Knickung auf die Fläche des Trommelfells übergeht, während die untere Wand in sehr spitzen Winkel dazu gestellt ist. So stark die nach unten gehende Convergenz beider Trommelfelle ausgesprochen ist, so fehlt eine solche nach vorn gehende vollständig. Auf den ersten Blick unterscheidet sich auch das Trommelfell der Vögel von dem des Menschen durch die entgegengesetzte Richtung des Umbo, indem die Spitze der Trommelfellwölbung nach aussen, die Oeffnung des Trichters aber gegen die Paukenhöhle gewendet ist. Dabei ist bemerkenswerth, dass die Spitze des Trichters nicht im Centrum des Trommelfells, sondern etwas hinter demselben liegt. Das Trommelfell ist so dünn und zart, dass nicht blos der Ansatz der Columella als ein anscheinend horizontal liegender Streif ohne Weiteres deutlich zu Tage tritt, sondern es ist zugleich so durchscheinend, dass man die gegenüber liegende Labyrinthwand zum Theil übersehen kann. Mit freiem Auge lässt sich auf der Aussenfläche des Trommelfells insbesondere noch ein weisslich aussehender feiner Strang unterscheiden, welcher von der Spitze der Columella nach unten und vorn zur Peripherie verläuft. Im Allgemeinen verhält sich das Trommelfell der Gans und Ente dem des Huhnes ähnlich, doch ist hinsichtlich der Ente zu bemerken, dass die oben genannte Neigung des Trommelfells noch stärker sich ausprägt, so dass seine Fläche nahezu horizontal liegt.

Die berührte Abweichung der Neigung des Trommelfells der Vögel, die Umkehrung des Umbo tritt als eine von dem vorhergenannten Typus so auffallend verschiedene Erscheinung auf, dass die durch den äusseren Anblick gewonnene Kenntniss zur Beurtheilung unmöglich genügen konnte; es mussten vielmehr zur Ermöglichung der Vergleichung mit dem, auch in diesen Beziehungen so sorgfältig untersuchten Trommelfell des Menschen genauere Feststellungen versucht werden, um so mehr, als auch über die Flächenkrümmung des Trommelfells bestimmte Aufschlüsse zu gewinnen waren.

Zu diesem Zwecke bediente ich mich theils des von Helm-

holtz für den Menschen zu gleichem Zwecke ausgeführten Ausgussverfahrens, theils der Herstellung von Situspräparaten. Statt des Huhnes und der Ente wählte ich für diesen Zweck den Schalleitungsapparat der Gans. Dies geschah nicht aus dem Grunde, dass etwa angenommen worden wäre, dieser capitolinische Vogel werde ein besonderes, wohlbeschaffenes Trommelfell besitzen, sondern einfach, weil dasselbe an Ausdehnung das der beiden anderen Thiere übertrifft und eben so leicht zu beschaffen ist.

Wenn man auch brauchbare Präparate über die Lage und Flächenkrümmung des Trommelfells schon am frischen Objecte herstellen kann, so gelingen sie demnach weit besser nach vorhergehender, sorgfältiger Erhärtung der intacten Objecte in Chromsäurelösungen. Die zarten und weichen Theile der Präparate, in starre und wenig nachgiebige Formen übergeführt, gestatten nunmehr die Anlegung beliebiger Durchschnitte, ohne dass sie ihre ursprüngliche Lage ändern und ihre natürliche Spannung verlieren werden. Einen solchen Frontalschnitt durch einen in der Medianlinie halbirten Schädel zeigt der nebenstehende Holzschnitt in natürlicher Grösse.

Der frontale Durchschnitt wird genau so geführt, dass die Spitze der Trommelfellwölbung getroffen ist. Man erkennt deutlich die obere kürzere, sowie die untere längere Wand des äusseren Gehörganges. Die Linie der oberen Wand des letzteren setzt sich medianwärts in stumpfem Winkel auf das Trommelfell fort, die untere Wand aber ist in sehr spitzem Winkel gegen dasselbe geneigt. Die untere Wand ist zugleich nahe der Insertion des Trommelfells aufgewulstet durch ein zu grossem Theil aus Fettgewebe bestehendes Polster.

Fig. 2.
A Frontalschnitt des Kopfes der Gans, hintere Schnitthälfte. *sh* Schädelhöhe. *r* Rachenhöhle. *p, p* Insertionspunkte des Trommelfells. *k* Spitze der Trommelfellwölbung. *c* Columella. *kn* Knochen. *h* Haut. *A'* Winkel der Trommelfellneigung zur Horizontalen. B Frontalschnitt des menschlichen Trommelfells. *a* Gehörgang. *bc* Insertionspunkte des Trommelfells.

Die beiden Hälften der verticalen Umrisslinie des Trommelfells erscheinen nach der Paukenhöhle zu eingebogen und ist die Concavität der oberen Hälfte etwas beträchtlicher als die der unteren. Von hinten, oben und innen gelangt nach vorn, unten und aussen unter einem Knochenwulst hervor der knöcherne Schaft der Columella, welchen man in der Nähe des Trommelfells in drei, bald näher zu betrachtende, mit dem Trommelfell in Verbindung tretende Aeste zerfallen sieht. Zieht man eine gerade Linie durch den unteren und oberen Insertionspunkt p , p des Trommelfells am Paukenring, so bildet dieselbe mit der Horizontalen einen Winkel von knapp 30° . Der betreffende Winkel ist in A' des Holzschnittes 2 abgebildet. Beide Trommelfelle würden sich, wie man sieht, verlängert in der Gegend der oberen Rachenwand schneiden.

Um den Gegensatz zur Trommelfellwölbung des Menschen recht in die Augen fallen zu lassen, habe ich die entsprechenden Umrisslinien des menschlichen Trommelfells und Gehörganges nach Helmholtz auf demselben Holzschnitt (B) hinzugefügt. Statt der äusseren Wölbung des Trommelfells der Vögel haben wir beim Menschen eine nabelförmige Einziehung, statt der concaven Meridianlinie des Trommelfells der Vögel, besitzt das der Menschen convexe Meridianlinien, letzteres steht im Grunde eines langen, ersteres im Grunde eines kurzen Gehörganges. Dagegen besteht Aehnlichkeit in Hinsicht der Winkel, welche die oberen und unteren Gehörgangswände mit dem Trommelfell bilden.

Betrachten wir die Ergebnisse von zu diesem Zweck ausgeführten Ausgüssen. Zu solchen eignet sich der kurze Gehörgang unseres Thieres sehr gut und bedarf es nur der Hinwegnahme des den Gehörgang von aussen deckenden Gefieders, um das Ausgussmaterial einzubringen und nach geschehener Erhärtung wieder zu entfernen. Zu diesem Zwecke bediente ich mich des erwärmten Paraffins mit ganz zufriedenstellendem Erfolge. An solchen Ausgüssen nimmt man zunächst wahr, dass die Wand des Gehörganges ringsum mit leicht ausgerundeten Ecken auf das Trommelfell sich fortsetzt. Die Trommelfellwölbung erscheint natürlich auf dem Ausgüsse als nabelförmige Vertiefung. Von dem tiefsten Punkte derselben sieht man zwei Rinnen nach der Peripherie zu verlaufen, von denen die tiefere und zugleich kürzere den Hauptast der Columella, die seichtere und längere jedoch dem schon früher genannten sehnigen Streifen des Trommelfells entspricht, der in Bälde noch auf Flächenbildern zur

Untersuchung gelangen wird. Die Rinnen werden in Wirklichkeit einer stärkeren und schwächeren leistenförmigen Erhebung, die dem Ansatz der Columella und dem Sehnenstreif zukommt, nothwendig entsprechen müssen. Der Gesamttrand fällt zur tiefsten Stelle des Umbo keineswegs auf kürzestem Wege, also mittelst gerader Linien ab, sondern der Ausguss bestätigt, dass die vom Umbo gezogenen Radien sämmtlich gebogene Linien darstellen, die am Ausguss natürlich convex erscheinen müssen. Zugleich erhalten wir die Bestätigung, dass der Umbo eine excentrische Lage habe.

Es lag nahe, durch die Ausgüsse selbst nach verschiedenen Richtungen hin Schnitte zu führen und gelingt es auf diese Weise leicht, die betreffenden Conturlinien sowohl unter Anwendung von Vergrösserungen zu betrachten, als dieselben auch mit dem Prisma vergrössert zu zeichnen. Solche Schnitte wurden gemacht, theils parallel dem Hauptaste der Columella und durch diesen selbst, theils senkrecht auf letztere Richtung. Auf dem Holzschnitt 3 ist in *A* bei vierfacher Vergrösserung diejenige Umrisslinie des Trommelfells dargestellt, welche der mit der Columella parallele, durch den Umbo gehende Schnitt erzielte; in Fig. *B* dagegen die zu letzterer senkrechte gleichfalls durch den Umbo ziehende Umrisslinie dargestellt und sind die Figuren ohne nähere Erklärung verständlich.

Die stärkste Erhebung des Trichfers über die Insertionsebene des Trommelfells beträgt hiernach etwa $1\frac{1}{2}$ Mm. Die Pfeile bedeuten die Richtung der von aussen ankommenden Luftstösse.

Es erheben sich hier sofort mehrere wichtige Fragen, die, wenn nicht alle zu beantworten, so doch unumgänglich zu stellen sind. Die wichtigste derselben bezieht sich auf den Sinn der genannten Umkehrung der Flächenkrümmung des Trommelfells und ihren Einfluss auf den Schalleitungsmechanismus. Näher noch liegt es fast, vorher zu untersuchen, welche Kräfte vorhanden sind, die concave Flächenkrümmung des auswärts gewölbten

Fig. 3.

A Trommelfellschnitt der Gans parallel dem Hauptaste der Columella.
B Dasselbe, senkrecht zum Hauptast, gleichfalls durch die Spitze der Trommelfellwölbung.
a Spitze der Trommelfellwölbung. *c* Ansatzlinie des Hauptastes der Columella. *g g* Gehörgangswände.

Trommelfells der Vögel zu bewirken und zu erhalten. Ebenso fällt die Form, Neigung und Befestigungsweise der Columella in das Gebiet der Betrachtung. Orientiren wir uns vor Allem über die Columella und ihre Beziehungen zum Trommelfell genauer, als es im Vorhergehenden geschehen konnte.

Ueber dieses wichtige Verbindungsstück zwischen Trommelfell und Labyrinth habe ich eine Reihe Präparate dargestellt. Der schlanke knöcherne Schaft der Columella geht an seinem Trommelfellende nach geringer Verbreiterung über in einen kurzen knorpligen Theil. Letzterer spaltet sich peripheriewärts sofort in drei divergirende Aeste, einen Hauptast und zwei Nebenäste. Fig. 11 (Taf. II, III) gibt uns eine Ansicht des Trommelfellendes der Columella (*k*) mit ihrem knorpligen Endstücke, dem Hauptaste (*a*) und den Nebenästen (*v* und *h*) von der Paukenseite her bei fünffacher Vergrößerung.

Der Hauptast (*a*) ist derjenige, dessen Verlauf theilweise schon bei äusserer Betrachtung vom Gehörgange aus wahrgenommen wurde. Bei der Betrachtung von der Paukenhöhle aus ergibt sich, dass derselbe von oben, hinten und innen nach unten, vorn und aussen verläuft. Sein vorderes Ende ist abgeplattet und zugleich abgerundet, seine Längsaxe bildet, was von Wichtigkeit ist, nicht die einfache Fortsetzung der Längsaxe der Columella, sondern setzt sich winklig gebogen gegen letztere ab. Dieses Verhältniss tritt besonders scharf hervor auf Längsschnitten durch das Endstück der Columella. Ein solcher ist in Fig. 13 (Taf. II, III) wiedergegeben und stellt *a* das centrale, *a'* das periphereische Ende des Hauptastes dar, während *k* die Grenze des knorpligen und knöchernen Theiles bezeichnet. Die Bedeutung dieses Umstandes liegt, wie leicht zu bemerken, darin, dass dadurch die Columella zu einem Winkelhebel umgeschaffen wird. Das hintere Ende des Hauptastes *a'*, der Peripherie des Trommelfells nahe gelegen und mit ihr durch straffe Faserzüge verbunden, stellt zu einem Theile das Hypomochlion dar, um welches das centrale Ende (*a*) und das Vorhofsende der Columella sich drehen. Das Hypomochlion wird vervollständigt durch die beiden Nebenäste (*v* und *h*), welche der Peripherie des Trommelfells nahe liegen (*h*), oder sie selbst um ein wenig überscheiden (*v*). Zugleich sind auch sie durch dichte Bindegewebszüge an den Rand befestigt. Ihre Endpunkte liegen in der Axe, um welche der Hauptast mit dem Schaft der Columella bei den Bewegungen des Trommelfells sich dreht. Ein Blick auf Fig. 11 (Taf. II, III)

ergibt, dass bei der Bewegung des Trommelfells von sämtlichen drei Aesten der Hauptast (*a*) und zwar mit seinem centralen Ende die Hauptexcursionen machen wird. Was aber die Uebertragung dieser Excursionen auf das Labyrinth betrifft, so erhellt, dass eine Einwärtsbiegung des Trommelfells nach der Paukenhöhle zu nicht einfach nur eine Eintreibung der Vorhofsplatte der Columella in den Vorhof bewirken wird, sondern zugleich eine Hebelbewegung der Platte in der Art, dass die eine Randhälfte stärker nach einwärts getrieben wird, als die andere. In der That ist es nicht schwer, an dem Präparate selbst sich von der Wahrheit des Gesagten zu überzeugen. Dabei fällt aber noch ein anderer Punkt in das Gewicht. Die Axe der natürlichen Trommelfellschwingungen liegt nämlich, wie aus einer früheren Bemerkung hervorgeht, keineswegs in derselben Ebene, wie die Ebene des Winkelhebels der Columella, sondern ist um mehrere Grade gegen dieselbe geneigt. Hieraus ergibt sich, dass bei den Excursionen des Trommelfells ausser der genannten Hebelbewegung zugleich Rotationen der Vorhofsplatte der Columella im ovalen Fenster erfolgen müssen.

Was das Verhältniss der Excursionsweite des Trommelfells zur Excursionsweite der Vorhofsplatte der Columella betrifft, so habe ich bisher manometrische Untersuchungen hieüber noch nicht angestellt.

Fassen wir vielmehr einen anderen Punkt in das Auge. Nach jeder künstlich bewirkten Eintreibung des Trommelfells in die Paukenhöhle und damit auch der Columella in den Vorhof sieht man mit dem Aufhören der treibenden Ursache das Trommelfell und die Columella in ihre ursprüngliche Lage sofort wieder zurückkehren. Diese Rückkehr erfolgt selbst dann noch, wenn man die Befestigungen der Columella im ovalen Fenster zerstört und die vorhandenen bindegewebigen Adhäsionen des Schaftes der Columella während ihres Verlaufes durch die Paukenhöhle gelöst hat. Wo liegt nun die Kraft, welche diese Rückkehr bewirkt? Sie kann nur im Trommelfell, oder in der Befestigung der Knorpeläste der Columella gelegen sein. Dies führt dazu, den Faserverlauf des Trommelfells und zugleich die Befestigung der Knorpeläste in demselben nunmehr in Betrachtung zu ziehen.

Die Befestigung der drei Knorpeläste *a*, *v* und *h* auf dem Trommelfell wird am besten erkannt an Fig. 12 (Taf. II, III), welche nur diejenigen Knorpeltheile enthält, welche direct mit dem Trommelfell in Verbindung treten. Die über seine Fläche

sich paukenwärts erhebenden Knorpeltheile sind an dem Präparate, welches zu der betreffenden Zeichnung vorlag, der Uebersicht wegen entfernt worden.

Die genannten drei Aeste sehen wir demnach auf dem Trommelfell selbst nicht in gegenseitiger knorpeliger Verbindung, sondern es finden sich Lücken zwischen ihnen, welche von bindegewebigen Verstärkungszügen eingenommen sind (*e*, *i* und *g*, Fig. 12).

Von jedem der drei Aeste treten fernerhin mehr oder minder starke Bindegewebszüge zur Peripherie. Für den vorderen Ast (*v*) liegen dieselben bei *b* und *f*, für den hinteren Ast (*h*) bei *c*, für den äusseren Ast (*a*) bei *a''* und *d*. Wie man sieht, liegt der grössere Theil der verstärkenden Faserzüge auf jenem kleinen Gebiete zusammengedrängt, welches in der nächsten Umgebung der Nebenäste sich befindet. Dies wird insbesondere in Fig. 11 (Taf. II, III) deutlich. Es geht aber aus dieser Anordnung hervor, dass dieses kleine Gebiet functionell hinter dem, den Hauptast (*a*) umkreisenden Abschnitte des Trommelfells vollständig zurücktritt. Er erinnert in dieser Beziehung an die Membrana flaccida des menschlichen Trommelfells, während der grosse übrige Theil als der die Schallschwingungen allein aufnehmende betrachtet werden muss.

Was die über die Fläche des Trommelfells sich erhebenden Knorpeltheile betrifft, so befindet sich zwischen dem Knorpeltheil, welcher den Ast *v* mit dem Ast *a* verbindet, und der Fläche des Trommelfells keine offene Lücke, sondern eine Schleimhautduplicatur schliesst dieselbe vollständig. Der Pfeil bei *g* Fig. 11 (Taf. II, III) durchbohrt diese Schleimhautduplicatur. Eine wirkliche Lücke befindet sich dagegen zwischen der Knorpelbrücke vom Aste *a* zum Aste *h*.

Im Uebrigen wird die Verbindung der verschiedenen Knorpeläste mit der Substanz des Trommelfells am besten erkannt an Schnittpräparaten, welche die Aeste und das Trommelfell theils der Länge, theils der Quere nach treffen. In Fig. 13 (Taf. II, III) haben wir einen Längsschnitt durch den Hauptast (*a*) vor uns, welcher bereits in anderer Beziehung von uns betrachtet worden ist. In dieser Figur bedeutet *t* das Trommelfell, *a* das centrale, *a'* das periphere Ende des Hauptastes, *a''* den sehr verdickten Randtheil des Trommelfells. Beträchtlich starke Bindegewebsfaserzüge erstrecken sich vom Randtheile längs der Aussenfläche des Hauptastes. Ein dünnes Perichondrium überzieht die übrigen

Ränder des Hauptastes. Zugleich treten an dieser Figur die verschiedenen Abschnitte der Flächenkrümmung wiederum deutlich hervor und ist sie in dieser Beziehung mit dem Holzschnitte *A* zu vergleichen.

Ein Querschnitt durch das centrale Ende des Hauptastes ist bei stärkerer Vergrößerung in Fig. 8 (Taf. II, III) gezeichnet. Der Knorpel (*ca*) zeigt sich bereits abgeflacht und von aussen bedeckt von stärkeren quergetroffenen Bindegewebszügen.

Mit der Schilderung der Bindegewebszüge, welche zwischen den Knorpelästen unter sich und zwischen ihnen und der Trommelfellinsertion sich befinden, ist ein Theil des Faserverlaufes innerhalb des Trommelfelles schon kennen gelernt. Hierzu kommt zunächst ein radiäres System von Faserzügen, welches vom Aste *a*, wie Fig. 11 (Taf. II, III) zeigt, ausgeht und nach der Peripherie verfolgt werden kann. Die letzte Reihe von Faserzügen bilden endlich solche, welche von einem Theil der Peripherie ausgehen und bogenförmig zu einem anderen Theil der Peripherie gelangen. Man erkennt den Ursprung dieser, mit Bezug auf den Trommelfellrand in der Richtung geometrischer Sehnen verlaufender Faserzüge am deutlichsten bei der Betrachtung des Trommelfellrandes von der Paukenseite aus, wo sie glänzende, den Rand des Paukenringes einnehmende Streifen bilden, die unter spitzen Winkeln auf das Trommelfell übertreten. Solche übergetretene Züge finden wir in Fig. 11 (Taf. II, III) bei *r*, *r'*, *r''*. Der Faserzug *r'* hängt an seinem Ausgangspunkte mit dem früher genannten Faserzuge *d* innig zusammen.

Um die verschiedenen Reihen von Faserzügen im Trommelfell noch einmal zusammenzufassen, so enthält die eine Reihe Befestigungszüge der Knorpeläste unter sich und mit der Peripherie, die zweite Reihe entspricht der Radiärschicht, die dritte der Circulärschicht des menschlichen Trommelfells. Es kommt zwar die Circularis des Vogels nicht in allen Punkten mit derjenigen der Menschen überein, doch finden sich bedeutende Annäherungen insofern, als auch die Circularis des Menschen an gewissen Randstellen mit dem Ringwulst in Verbindung tritt, während sie an anderen sich weiter vom Ringwulst entfernt.

Dieselbe Schicht vertritt aber die Circularis des Menschen nicht allein in physiologischer, sondern auch in functioneller Beziehung, denn allein nur in ihrer Spannung kann die Möglichkeit der concaven Flächenkrümmung des Trommelfells der Vögel gesucht werden, genau in derselben Weise, wie die convexe

Flächenkrümmung des menschlichen Trommelfells hervorgebracht wird, wie Helmholtz gezeigt hat.

Dass sie das eine Mal *convexe*, das andere Mal *concave* Flächenkrümmung bewirken könne, wird nicht auffallen. Sowie wir am menschlichen Trommelfell den einwärts gekehrten Trichter in einen auswärts gerichteten umkehren, erhalten wir oben eine *concave* Flächenkrümmung auch am menschlichen Trommelfell und hängt die eine, oder andere Wirkung einfach von der auswärts oder einwärts gewendeten Lage des Umbo ab. Wie aber einerseits die *Circularis* des Vogels die *concave* Flächenkrümmung bewirkt, so unterstützt sie andererseits die Rückkehr in denselben Zustand, wenn das Trommelfell aus dieser Gleichgewichtslage gebracht war. Die nach aussen gerichtete Vorwölbung des Trommelfells wird dagegen bedingt durch die besondere Befestigung der Knorpeläste der *Columella* unter sich und mit dem Paukenring, die mit der Auswärtswölbung verbundene Spannung des Trommelfells bedingt weiterhin, dass dasselbe gewissermassen im Zügel steht, um sofort diejenigen Leistungen zu erfüllen, welche ankommende Luftstösse an sie stellen. Welche der beiden Formen der Flächenkrümmung (die nach auswärts oder einwärts gerichtete *concave* oder *convexe*) die günstigere sei für die Aufnahme und Uebertragung von Schallwellen, wollen wir vorerst unentschieden lassen und möge es vorläufig genügen, das *Factum* selbst hervorgehoben zu haben.

Um den Faserverlauf am Trommelfell zu studiren, bediente ich mich am besten des mit seiner Umgebung gehärteten Trommelfells. Der Paukenring der Vögel ist bekanntlich kein vollständiger. Das ihn erzeugende Gelenkstück des Unterkiefers wurde, um die natürliche Spannung des Trommelfells zu erhalten, mit dem Paukenring in Verbindung gelassen.

Gehen wir nun zur Schilderung des feineren Baues des Trommelfells der Vögel über, so ist es vor Allem die Insertion des Trommelfells, welche uns zunächst beschäftigen soll.

Meridionalschnitte zeigen leicht, dass auch das Trommelfell der Vögel einen Ringwulst besitzt. Fig. 9 (Taf. II, III) stellt einen solchen Meridionalschnitt bei 70facher Vergrösserung dar. Innerhalb dieses Ringwulstes fallen an unseren Schnitten zwei bedeutende Faserzüge auf, welche convergirend in das Trommelfell übergehen und dessen *Propria* darstellen. Der eine Faserzug ist längs getroffen und zwar sieht man, dass derselbe sich von der Paukenhöhlenseite her entwickelt. Der gegenüberliegende

Faserzug ist schief, fast quer getroffen und geht von dem Corium des Gehörganges aus. Ausserdem zeigt sich eine grössere Zahl angeschnittener Gefässe, sowie die Epidermis und das Epithel der beiden betreffenden Seiten. Knorpelzellen sind innerhalb des Ringwulstes nicht vorhanden. Auffallend ist die überaus grosse Dünnhheit des Trommelfells der untersuchten Vögel, da ein Vergleich zwischen Fig 3 und 6 (Taf. II, III) ergibt, dass das Trommelfell der Menschen das der Vögel ungefähr 4 mal an Dicke überragt.

Wenn nun auch an den vorliegenden Schnitten ein mächtiger Ringwulst kenntlich ist, so erscheint derselbe auf einer Reihe von Schnitten, die aus anderen Gegenden gewonnen sind, weit unbedeutender, ohne jedoch jemals ganz zu verschwinden. An anderen Schnitten aber, als den beschriebenen tritt die Erscheinung zu Tage, dass die Längsfaserschicht nicht von der Paukenhöhlenseite, sondern von der Gehörgangsseite ausgeht. Anfänglich, vor der genaueren Kenntniss dieser Schnitte hatte ich die Auslegung eines, die Schichten der menschlichen Propria umkehrenden Verhaltens aus der entgegengesetzten Richtung des Umbo zu erklären gesucht und eine umgekehrte Befestigung der Propria für wahrscheinlich gehalten. Dies war nun nicht mehr möglich. Ein genaueres Eingehen und eine Prüfung dieses sonderbaren Verhaltens ergibt vielmehr, dass die dem menschlichen Trommelfell entsprechende Radiärschicht auch beim Huhn aussen liegt, während die eigentliche Circularis fehlt, vielmehr durch die vorher genauer beschriebenen, in Sehnenrichtung verlaufenden, innen gelegenen Faserzüge vertreten wird. Je nachdem der zu prüfende Schnitt eine Richtung gewählt hat, welche letzteren Faserzügen parallel läuft, oder sie im Winkel trifft, werden wir ein der Fig. 6 (Taf. II, III), oder umgekehrt in der Fig. 3 (Taf. II, III) entsprechendes Bild erhalten.

Prüfen wir im Anschluss hieran einen den fibrösen Streifen *d* in Fig. 11 (Taf. II, III) senkrecht treffenden Schnitt, so liegt zunächst das quer durchschnittene Bündel hart unterhalb des äusseren Epithels, einwärts folgt eine dünne Schicht schief durchschnittener Fasern, darauf erst das innere Epithel.

Wenden wir uns weiterhin zur Betrachtung der Befestigungsweise des Knorpelastes *a* der Columella (Fig. 11. Taf. II, III) im Trommelfell, so ergibt ein auf die Länge des Knorpels senkrecht geführter Schnitt ein in Fig. 8 (Taf. II, III) wiedergegebenes Verhältniss. Sehr deutlich tritt an dieser Figur die Form des

nach aussen gewölbten Umbo hervor in directem Gegensatz zu Fig. 1 (Taf. II, III) vom Umbo des menschlichen Trommelfells. Der Knorpelschnitt bildet ein längs liegendes Oval, welches dicht von fibrösen Faserzügen umschlossen ist.

Ein Flächenbild des Epithels der inneren Trommelfellseite gibt Fig. 6 (Taf. II, III) nach geschעהener Versilberung bei 350 facher Vergrösserung. Zum Vergleich ist das innere Epithel des menschlichen Trommelfells gegenübergestellt (Fig. 4).

Das äussere Epithel besteht aus Schleimschicht und Hornschicht und zeigt die Schleimschicht jenseits des Ringwulstes nur noch 1—2 Zellenreihen, die Hornschicht hat eine beträchtliche Dicke und schilfert sich, wie Fig. 7 (Taf. II, III) zeigt, sehr leicht ab.

Nach geschעהener Schilderung des Trommelfells ergreife ich die Gelegenheit, einen Umstand hervorzuheben, welcher den äusseren Gehörgang der genannten Vögel betrifft. An seiner glatten federlosen Fläche treten in grösserer Tiefe mehr oder minder stark hervorragende, längliche Wülste von wechselnder Form auf, welche die Aufmerksamkeit zu erregen im Stande sind. Untersucht man die Haut des Gehörganges nebst diesem Wulste auf Schnitten, so zeigt es sich, dass letzterer zum Theil aus Fettgewebe, zum Theil aber auch merkwürdiger Weise aus echten folliculären Bildungen besteht.

Ein Theil eines solchen Schnittes ist in Fig. 10 (Taf. II, III) abgebildet. Wir bemerken daselbst insbesondere gruppenweise Anhäufungen von Lymphkörperchen innerhalb eines bindegewebigen Reticulum. Die Abgrenzung der kleineren oder grösseren Follikel nach aussen ist in dem einen Fall mehr oder minder scharf, ja es kommt vor, dass das Gewebe einfach von Lymphkörperchen stark infiltrirt ist. Wir haben demnach in dieser Bildung eine Gehörgangstonsille vor uns, gewiss ein seltener Ort für die Gegenwart lymphdrüsenartiger Organe. Drüsen anderer, als bindegewebiger Art, epitheliale Drüsen, fehlen dagegen dem äusseren Gehörgang dieser Vögel durchaus. Ebenso lassen sich bei mikroskopischer Betrachtung keinerlei Coriumpapillen nachweisen. Die Epidermis selbst ist gelb gefärbt in Folge Einlagerung gelber Pigmentkörnchen in die Epithelien.

Bekanntlich sind in der Haut der Vögel Vater-Pacini'sche Körperchen in überaus grosser Zahl verbreitet und wurden in der That an Zerpupfungspräparaten der Haut des äusseren Gehörganges zwei Tastkörperchen wahrgenommen, welche

ihrer Beschaffenheit nach von denen anderer Körpertheile nicht abweichen.

Das Trommelfell der Eidechsen.

Dem Trommelfell der Vögel steht das der Saurier am nächsten. In der Literatur finden sich über diesen Gegenstand nur wenige Angaben; letztere fehlen, was die feinere Structur anbetrifft, völlig, beziehen sich vielmehr nur auf die Frage eines Gehörganges, eines Trommelfells, einer Paukenhöhle überhaupt. Mehreren Sauriern fehlt das Trommelfell (Bergmann und Leuckart), bei anderen ist es vorhanden und liegt ungefähr im Niveau der äusseren Haut. Bei den Krokodilen ist sogar eine stärkere Andeutung des äusseren Gehörganges bemerkbar, indem sich über das Trommelfell eine Falte der äusseren Haut, in der eine Knochenplatte steckt, herüber wölbt.

Fassen wir das Trommelfell von *Lacerta stirpium* genauer in das Auge, so tritt dasselbe, wie Fig. 14 (Taf. II, III) erkennen lässt, bei seitlicher Betrachtung des Kopfes deutlich als ein dunkles, leicht ovales Feld von 2—2½ Mm. Durchmesser hervor, dessen Längsaxe mit geringer Neigung des unteren Endes nach vorne in der Hauptrichtung von oben nach unten verläuft. Das Trommelfell liegt um ein Geringes tiefer, als die Fläche der umgebenden Haut und ist die Erhebung des umgebenden Hautrandes unten am höchsten, so dass man hier die letzten Spuren eines äusseren Gehörganges erkennt.

Das Schuppenkleid, welches die übrige Haut auszeichnet, hört mit dem Beginn des Trommelfells plötzlich auf und wird ersetzt durch eine äusserst zarte, mit der Haut verschiebbare Membran, welche eben das Trommelfell darstellt. Die grosse Dünne des Trommelfells, welche derjenigen der Vögel nahe kommt, erscheint in der That um so überraschender, als es sehr oberflächlich liegt, als verstärkende Faserzüge nicht wahrnehmbar sind und gerade der anstossende Körpertheil von einer ansehnlich starken Schutzhülle umgeben ist.

Bei genauer Betrachtung sieht man nun eine von hinten und oben nach vorn und unten bis in die Nähe des Centrums des Trommelfells, nach aussen schwach prominirende Leiste herablaufen, deren vorderes Ende am meisten vorspringt und, wie bei den Vögeln eine nach aussen gerichtete Wölbung des Trommelfells bedingt, welche jedoch bedeutend schwächer ist als die, welche wir bei den Vögeln kennen gelernt haben. Die vor-

springende Leiste gehört auch hier der Columella an. Von einer deutlich ausgesprochenen Neigung des Trommelfells ist nichts wahrzunehmen. Die schwärzliche Färbung der zarten und glänzend glatten Membran rührt, wie sich durch die mikroskopische Untersuchung herausstellt (Fig. 17 und 19, Taf. II, III), theils von pigmentirten Epithelien her, theils von pigmentirten Bindegewebszellen, die unmittelbar unter dem äusseren Epithel gelegen sind.

Untersucht man das Trommelfell von der inneren Fläche und bei auffallendem Licht, so sieht man (Fig. 15, Taf. II, III) das peripherische Ende der Columella in mehrere Aeste zerfallen, von welchen sich der eine durch Länge und Verlauf als Hauptast (h h') documentirt. Die beiden Nebenäste (n und n') sind sehr kurz und liegen dem hinteren oberen Rande des Trommelfells nahe. Dichte Bindegewebszüge gehen von ihnen zur benachbarten Peripherie des Trommelfells aus. Hierdurch wird ähnlich, wie bei den Vögeln ein kleiner, nur der Befestigung dienender Bezirk des Trommelfells von einem grösseren, den Hauptast umfassenden, gesondert, welcher allein als schwingungsfähig zu betrachten sein wird. Bei a sieht man die Schnittfläche des Stieles der Columella. Von dem Hauptast geht ein deutlich wahrnehmbares radiäres System von Faserzügen aus, welches die Peripherie erreicht. Ein deutlich verschiedenes circuläres System ist nicht vorhanden, doch bemerkt man bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen an jeder Stelle des Trommelfells Faserzüge, welche das radiäre System kreuzen. Der Rand selbst erscheint leicht verdickt und werden die gleich zu beschreibenden Schnitte dies Verhältniss näher erklären.

Fig. 18 (Taf. II, III) zeigt einen Schnitt durch die Insertion des Trommelfells von *Lacerta muralis*. Auch die Eidechse besitzt hiernach einen Ringwulst, aus welchem weiterhin die Eigenschicht des Trommelfells hervorgeht. Das Gewebe des Ringwulstes steht zum Theil in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Periost des umgebenden Knochenringes, zum anderen Theil bildet es eine Fortsetzung der Lederhaut und Schleimbaut. Die Mitte des Ringwulstes ist durch zahlreiche Gefässe ausgezeichnet und von weicher Beschaffenheit. Ein um so derberer Faserzug bindegewebiger Natur bildet den Aussentheil des Ringwulstes. Dieser Faserzug stellt, wie die Abbildung zeigt, die Radiärschicht des Trommelfells dar, indem er centralwärts rasch an Mächtigkeit abnimmt und in dünner Schicht unterhalb

der Epidermis hinläuft. Aus unserer Figur wird zugleich deutlich, dass auch von der Paukenhöhlenschleimhaut aus Bindegewebszüge zu dem Trommelfell hingelangen, gleichfalls aber sich sehr bald auf eine äusserst dünne Schicht reduciren.

Was das äussere Epithel betrifft, so zeigt dasselbe eine mehrschichtige Schleimschicht und eine dieser aufliegende Hornschicht, die sich stellenweise in deutlichen, kernhaltigen Schüppchen von der Unterlage abgelöst hat. Am reichsten mit Pigmentmolekülen ist die tiefste Lage der Epithelzellen versehen, dagegen finden sich unterhalb der Epidermis nur hier und da pigmentirte Bindegewebszellen, welche jedoch im Ringwulst selbst in grösserer Häufigkeit auftreten und in der Haut jenseits des Trommelfells eine dicht gedrängte Lage bilden.

Von dem inneren Epithel gibt Fig. 16 (Taf. II, III) eine Flächenansicht nach Silberbehandlung. Wir haben demnach auch hier ein Pflasterepithel vor uns, doch nehmen dieselben mit Beginn des Ringwulstes allmählich an Höhe zu, an Fläche ab. Sie nähern sich dadurch mehr und mehr der cylindrischen Form und erreichen endlich sogar eine seltene Höhe. Zugleich treten an ihrer freien Fläche deutliche Flimmercilien auf.

Was die Befestigung der Columella an das Trommelfell betrifft, so bemerkt man am Querschnitt Fig. 19 (Taf. II, III), dass deren knorpeliges Ende von der Substanz des Trommelfells in ähnlicher Weise eingehüllt ist, wie bei den Vögeln. Zwischen dem äusseren Epithel und dem Knorpelquerschnitt finden wir schon in der Nähe des freien Endes des Knorpelstreifens einen fibrösen Strang von ziemlicher Mächtigkeit mit senkrecht getroffenem Faserverlaufe. An weiter peripheriewärts gelegenen Schnitten springt der Knorpel mehr und mehr in das Lumen der Paukenhöhle vor, während zugleich der fibröse Strang an Dicke gewonnen hat. In der Umgebung der Columella ist von dem inneren Epithel hervorzuheben, dass statt eines Pflasterepithels wiederum Cylinderepithel auftritt.

Das Trommelfell der Schildkröten.

Das Trommelfell von *Emys europaea*, dieser bei uns so häufigen Schildkrötenart, markirt sich bei seitlicher Betrachtung des Schädels als eine leicht ovale Fläche, die bei einem Exemplar von 15 Ctm. Länge (Nase bis Schwanzspitze) einen langen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Ctm. hat. Die längere Axe ist schief von oben und hinten nach vorn und unten gerichtet. Eine Einsenkung

dieses Feldes ist kaum spurweise angedeutet, doch hebt es sich theils durch beständige Faltenlosigkeit, theils durch eine feine seinen Rand begrenzende epidermale Furche von der umgebenden Kopfhaut mit genügender Schärfe ab. Ein Unterschied bezüglich der Färbung besteht dagegen nicht, alle Besonderheiten der Färbung der übrigen Kopfhaut finden sich vielmehr auch an dieser Stelle wieder. Die benachbarte Kopfhaut lässt sich ohne Schwierigkeit über die Stelle des Trommelfells hinwegpräpariren, die Cutis zeichnet sich jedoch durch grössere Dünne vor der umgebenden Hautstrecke aus. Führt man in der schichtenweisen Präparation fort, so erscheint zunächst eine Lage lockeren Bindegewebes, nach dessen Hinwegnahme endlich das merkwürdigste Gebilde des Trommelfells der Chelonier, der aus hyalinem Knorpel bestehende Discus der Columella zum Vorschein gelangt. Diese Knorpelscheibe, welche schirmähnlich in noch näher zu beschreibender Weise aus dem äusseren Ende des Schaftes der Columella hervorgeht, schliesst die äussere Mündung der geräumigen Paukenhöhle in der Weise eines Deckels bis auf einen feinen Saum vollständig nach aussen ab. Löst man den Bindegewebsgürtel, welcher die Scheibe mit dem knöchernen Rande der Oeffnung in Form eines Ringbandes verbindet, was mit Ausnahme einer am hinteren unteren Rande gelegenen Stelle festerer Adhäsion ohne Schwierigkeit geschehen kann, so folgt einwärts von dieser Knorpelstelle nur mehr eine zarte Membran, welche bei geringerer Aufmerksamkeit schon während der Lösung des Knorpelrandes eingerissen zu werden pflegt. Hiermit ist alsdann der Zugang zur Paukenhöhle geöffnet.

In Fig. 20 (Taf. IV, V) sehen wir die rechte Kopfseite einer Emys bei doppelter Vergrösserung vor uns, der Unterkiefer ist exarticulirt, Haut und Muskel in der Umgebung des Ohres sind weggenommen. Die Aussenfläche der Knorpelplatte ist in unserer Figur sichtbar und durch blaue Färbung kenntlicher gemacht. Hinterwärts von der Knorpelplatte sehen wir die dünne und geräumige Knochenkapsel der Paukenhöhle weit hervortreten.

In Fig. 21 (Taf. IV, V) ist die Knorpelplatte von der Paukenhöhlenseite aus bei vierfacher Vergrösserung dargestellt. Zugleich bemerkt man einen Theil der Columella, welche bei natürlicher Haltung des Kopfes von innen und hinten nach vorn und aussen zieht, um nicht ganz in der Mitte, sondern etwas näher dem hinteren Rande der Scheibe in letztere ohne Unterbrechung überzugehen.

Bevor ich nach dieser Schilderung mit freiem Auge wahrnehmbarer anatomischer Eigenschaften zur genauen Untersuchung aller hier in Betracht kommenden mikroskopischen Verhältnisse übergehe, ist es geboten, zuzusehen, wie weit unser Gegenstand bisher in der Literatur bekannt geworden ist.

Die erste Erwähnung der knorpeligen Scheibe der Columella finde ich bei Bojanus, welcher in seiner: *Anatome testudinis europaeae* zugleich naturgetreue Abbildungen lieferte. Im beigefügten Texte sagt er über die Form der Knorpelscheibe: *Lunati aliquid habet margine anteriore sphaerico, truncato posteriore*. In der Folge finden wir Erwähnung dieses Befundes in verschiedenen Handbüchern der vergleichenden Anatomie (Siebold und Stannius etc.), während in anderen der Gegenstand übersehen worden ist, so dass er offenbar der Vergessenheit anheim zu fallen drohte. Noch weniger sind speciellere Angaben, insbesondere solche, welche sich auf mikroskopische Untersuchungen stützen, bis jetzt bekannt geworden.

Was nun die Form der Knorpelscheibe betrifft, so ahmt dieselbe die Gestalt des ovalen Einganges der Trommelhöhle mit Ausnahme eines kleinen, hinten und unten gelegenen Stückes vollständig nach. Hierselbst ist die Knorpelscheibe leicht bogenförmig ausgeschnitten, so dass die Scheibe im Ganzen eine nierenförmige Gestalt besitzt. Ihre Dicke wird am besten auf Schnitten deutlich, ebenso ihre allmähliche Zuschärfung vom Centrum nach der Peripherie. Der Rand erscheint überall in scharfen Bogen geschnitten und glatt contourirt.

In Fig. 22 (Taf. IV, V) haben wir einen Schnitt vor uns, welcher in frontaler Ebene durch den Schädel des genannten Thieres in der Gegend des Trommelfells und der Paukenhöhle geführt worden ist. Das untere Ende der Figur ist am Schädel dorsalwärts, das obere ventralwärts zu denken. Die Paukenhöhle, von beträchtlicher Höhe und Tiefe wird nach aussen durch die uns aus dem Früheren schon bekannten Schichten abgeschlossen.

Was zunächst speciell die Knorpelscheibe betrifft, so erweist sie sich durch die mikroskopische Untersuchung völlig als aus hyalinem Knorpel bestehend. Sie schliesst, wie man sieht, die äussere, vom Knochen begrenzte Mündung der Paukenhöhle nahezu vollständig ab. Ein kleines, ringsum laufendes bindegewebiges Band befestigt den Rand der Knorpelscheibe an den gegenüberstehenden, etwas zugeschärften Knochenrand. Aus der

Betrachtung dieses, sowie einer Reihe in gleicher Ebene geführter Schnitte ersehen wir, dass weder die äussere noch die innere Fläche der Knorpelscheibe eben gestaltet ist. Die äussere Fläche ist vielmehr in ihrer Totalität nach aussen convex, die innere dagegen ist concav mit der Einschränkung, dass der Schaft der Columella etwas unter der Mitte (die Figur ist in umgekehrter Stellung zu denken) unter allmählicher Dickenzunahme in den Discus übergeht.

Es verdient eine kurze Bemerkung, dass der Discus in seiner ganzen Ausdehnung nirgends eine Durchlöcherung für durchtretende Gefässe zeigt, ein Verhalten, von dem ich mich an mehreren Objecten überzeugt habe. Was die Anordnung der Knorpelzellen an verschiedenen Zellen des Querschnittes betrifft, so stehen die in dem inneren Bezirk gelegenen Zellen theils netzförmig gruppiert, theils in wagerechten Reihen, während die äusseren Zellen langgezogene Formen besitzen und mit ihren Flächen parallel der Oberfläche des Discus verlaufen.

Bei der für die Fig. 22 (Taf. IV, V) gewählten Schnitt- richtung konnte nur das Endstück des Schnittes in schiefer An- schnitt getroffen werden; Fig. 23 (Taf. IV, V) dagegen stellt uns einen Theil des Schaftes der Columella auf dem Längsschnitte dar, welcher der Uebergangsstelle des knorpeligen in den knö- chernen Theil entspricht. Die betreffende Columella stammt nicht von demselben, sondern einem älteren, nahezu 2 Decimtr. langem Thiere derselben Species. Der knöcherne Theil grenzt sich gegen den knorpeligen in einer unregelmässigen, buchtigen, concaven Linie ab. Ein Haversischer verzweigter Kanal liegt nahe dies- seits der Knochengrenze. Der jenseits liegende knorpelige Theil zeigt zunächst eine Anordnung der Intercellularsubstanz zu Rich- tungsstrahlen, der Zellen zu Reihen. Weiter nach auswärts ver- liert sich diese Anordnung unter Dazwischentreten einer dicht- gedrängt in convexen Bogen gestellten Reihe von Knorpelzellen. Das äusserste Ende der Figur zeigt noch gerade die beginnende Ausschweifung des Knorpels zur Bildung des Discus. Periost und weiterhin Perichondrium nebst Epithel überziehen den Schaft. Osteoblasten sind in dem Gefässraume des Knochens nicht vor- handen, weder an diesem noch an einer Reihe anderer Schnitte, das Ende der Verknöcherungsperiode scheint daher erreicht zu sein.

Die Paukenhöhlenfläche des Discus, sowie des kurzen, ihn an den Knochen befestigenden Ringbandes ist zunächst bedeckt

von einer dünnen Bindegewebslage, welche im Bereich des Knorpels als Perichondrium aufzufassen ist. Hat man weiterhin an einer mässig gehärteten Kopfhälfte die unversehrte Innenfläche des Trommelfells sich zugänglich gemacht, an derselben die Schleimhaut sorgfältig abgezogen und diese der Untersuchung bei auffallendem, besser noch nach geschehener Färbung bei durchfallendem Lichte unterworfen, so gewahrt man auswärts des Epithels, sowie auswärts einer das Epithel tragenden zarten, mit spärlichen, länglichen Kernen versehenen Grundplatte zahlreiche, zu einem höchst zierlichen Netzgewebe geordnete, glatte Züge fibrillärer Binde substanz. In den stärkeren Bälkchen des Netzes haben die Gefässbahnen der Schleimhaut ihren Sitz aufgeschlagen.

Die Knotenpunkte des Netzwerkes zeigen in der Regel eine Verbreiterung, selbst im Gebiet der feinsten Bälkchen und zwar oft in beträchtlichem Grade. Einzelne bald feine, bald breite Bindegewebsbündel laufen indessen nicht zu dem Netzwerk zurück, sondern haften mit ihren Enden an der Grundplatte fest. Die Gegenwart von ausserhalb und längs der Blutgefässe liegender Lymphkörperchen lässt auf das Vorhandensein von Lymphgefässen schliessen, die hier ihren Verlauf haben.

So findet sich denn also bei der genannten Schildkrötenart dasselbe Gebilde wieder, welches von Gruber beim Menschen als dendritisches Gebilde beschrieben worden ist. Form und Lage beider stimmen in der That allzusehr mit einander überein, als dass hier mit Recht ein Zweifel erhoben werden könnte.

Die bindegewebige Grundplatte, die Propria der Schleimhaut ist auf ihrer Innenfläche von einem schönen Pflasterepithel bekleidet, worüber Fig. 25 (Taf. IV, V) eine Vorstellung gibt, welche nach einem mit Hämatoxylin bereiteten Präparate gezeichnet wurde. Es ist bemerkenswerth, dass an sehr vielen Stellen des Epithellagers die zwischen den einzelnen Zellen vorhandene Kittsubstanz besonders schön hervortritt.

Untersuchen wir ferner das die Knorpelscheibe aussen deckende Gewebe mit stärkerer Vergrösserung, so begegnen wir zunächst einer dichten perichondralen Bindegewebsschicht von ansehnlicher Stärke. Hierauf folgt lockeres, subcutanes Bindegewebe ohne Fettzelleneinschluss, weiter nach auswärts die dicke, derbe Lederhaut und endlich die Epidermis. Zahlreiche verästelte Pigmentzellen zeichnen insbesondere die äusseren Lagen

der Lederhaut aus, sie fehlen aber auch im subcutanen Bindegewebe nicht völlig (Fig. 22, Taf. IV, V).

Die Epidermis (Fig. 26, Taf. IV, V) besteht aus Schleimschicht und Hornschicht. Erstere wird zusammengesetzt aus durchschnittlich drei Lagen hoher Plattenepithelien, welche selbst in ihrer tiefsten Lage mit ihrer langen Fläche parallel der Oberfläche der Lederhaut verlaufen. Das Protoplasma aller dieser Zellen ist reichlich mit dunkelbraunen Pigmentkörnchen durchsät. Letztere Eigenschaft zeichnet auch die aus flachen Schüppchen bestehende Hornschicht aus, in deren unteren Lagen noch deutlich Kerne ohne besondere Reagentien nachgewiesen werden können.

Nach dem Vorausgehenden ist die Gesamtdicke des Trommelfells von *Emys europaea* eine sehr beträchtliche. Selbst an den dünneren Stellen theiligt sich an der Dicke des Trommelfells

die Schleimhaut	mit 0,06 Mm.
die Knorpelscheibe	„ 0,2 „
die Bindegewebslage	„ 0,18 „
die Epidermis	„ 0,06 „

Zusammen: 0,5 Mm.

Das Trommelfell der Schildkröte übertrifft daher das der Gans und der Eidechse ungefähr um das 16fache.

Ausser von *Emys europaea* untersuchte ich noch das Trommelfell einer Landschildkröte (*Testudo graeca*), beschränkte mich jedoch auf das Studium der makroskopischen Verhältnisse, weil schon hier die genaueste Uebereinstimmung mit der vorgenannten Species zu Tage trat. Insbesondere war die Form und Anheftungsweise der Knorpelplatte eine so übereinstimmende, dass ich mich der weiteren Beschreibung enthalten kann. Nur der äussere Ueberzug schien nicht so faltenlos und auch in seiner Dicke etwas geringer, Verhältnisse, die ja von keiner grossen Bedeutung sind.

Das Trommelfell von Batrachiern.

Das Trommelfell des Frosches (*Rana esculenta* und *temporaria*) ist bekanntlich bei Betrachtung der Seitenflächen des Kopfes leicht wahrzunehmen. Der vordere Rand des Trommelfells greift etwas über eine Linie hinüber, die man vom Hinterrand des Bulbus oculi zum Winkel der Mundspalte zieht. Das von ihm eingenommene rundliche Feld besitzt einen Durchmesser von

4 bis nahezu 5 Mm. Die vordere Hälfte der Begrenzungslinie ist etwas stärker nach vorn ausgeschweift, nicht unähnlich dem Schenkel einer Parabel, die hintere Hälfte dagegen stellt einen etwas gedrückten Halbkreis dar. Der Rand des Trommelfells setzt sich gegen die übrige Fläche der Kopfhaut ab in Form eines schmalen und niedrigen ringförmigen Walles der Cutis, den ich als Grenzwall bezeichnen will. Unmittelbar innerhalb dieses Walles sinkt die Trommelfellfläche leicht ein und erhebt sich in geringerem Grade erst wieder in der Nähe des Centrums in einem dreieckigen, oder rundlichen Bezirke, sowie in der Richtung einer Linie, welche von der oberen Spitze dieses Dreieckes dorsalwärts und mit geringer Neigung nach hinten zieht. Die beiden letzteren Erhebungen entsprechen der Insertion der Columella und ihrem Verlauf von innen, dorsalwärts und hinten nach aussen, ventralwärts und vorn.

Der bei horizontaler Lage des Thieres von vorn nach hinten durch das Trommelfell gelegte Durchmesser ist mit seinem vorderen Ende leicht einwärts, der von oben nach unten gelegte mit seinem unteren Ende nahezu in einem Winkel von 67° lateralwärts geneigt.

Diese dachförmige Neigung, Ausdehnung etc. des Trommelfells veranschaulicht am Besten der Frontalschnitt auf S. 148.

Der Schnitt ist an einem in Chromsäure entkalkten und erhärteten Objecte erhalten und stammt derselbe aus der Gegend der Trommelfellinsertion der Columella (*co*). Die Schlundhöhle (*ph*) geht durch eine kurze, weit offene Tube (*o*) in die Paukenhöhle über, welche letztere nach aussen durch die dünne Wand des Trommelfells abgeschlossen ist.

Ungefähr in der Mitte seiner Länge ist der Ansatz der Columella sichtbar. Ihr Schaft steht, so weit er gesehen wird, nicht senkrecht auf der Trommelfellebene, sondern weicht zugleich nach aufwärts und hinten aus. Der Winkel, welchen das Trommelfell mit der Horizontalen bildet, ist in Fig. B herausgesetzt und beträgt 67° .

Auch in der Farbe ist das Trommelfell von seiner Umgebung in der Regel deutlich unterschieden, theils durch stärkere Pigmentirung des Grenzwalles und durch verschiedenartige Vertheilung der Pigmentflecke und Streifen, theils durch Modificationen der Grundfarben. Durch die vermehrte Spannung und Glätte der Trommelfellgegend erhält dieselbe einen sie vor der übrigen Kopfhaut auszeichnenden Glanz.

Bei genauerer Betrachtung der Aussenfläche des Trommelfells, am besten mit der Lupe, bemerkt man auf demselben eine Gruppe punktförmiger Erhebungen und feiner Grübchen, welche wie wir sehen werden, Drüsen entsprechen.

Fig. 4.

A Frontalschnitt durch den Kopf von *Rana esculenta* in der Trommelfellgegend. *cu* Cutis. *co* Columella. *t* Trommelfell. *o* Tube. *ph* Pharynx. *m* Medullarrohr. *u* Unterkiefer.
 B Neigung des Trommelfells gegen die Horizontale.

Bei Schlucken und heftigen Athembewegungen des Thieres wird das Trommelfell mit der Columellainsertion deutlich und mitunter sehr stark nach aussen aufgebläht, um alsbald wieder seine Wölbung zu verlieren und auf seine frühere Stellung zurückzusinken.

Sucht man an einem getödteten Thiere die Cutis der Umgebung über das Trommelfell hinweg zu präpariren, so erfährt man an der Stelle des Grenzwalles einen kräftigen Widerstand, da hierselbst die Cutis durch straffes Bindegewebe an die Unterlage angeheftet ist. Ueberwindet man diese Adhäsionen durch vorsichtige, gegen die Cutis selbst gerichtete, immer weiter vordringende Schnitte, so gelingt es bei einiger Uebung bald, die dünnere Cutis über die unversehrten, tiefer gelegenen Bestandtheile des Trommelfells theils durch Schnitt, theils durch Zug hinweg zu nehmen. Mit der Hinwegnahme erscheint dann eine

glänzende, sehr feine, verhältnissmässig jedoch resistente Membran, welche allein noch den Zugang zur engen, einem Trichter ähnlichen Paukenhöhle deckt, über dessen Basis das Trommelfell sich ausspannt. Die von der Cutisdecke befreite Membran, die Propria des Trommelfells, verwandte ich weiterhin am besten in der Weise zum Studium, dass ich die betreffende Kopfhälfte in Chromsäure und Spiritus erhärtete und die Propria mit ihrer unmittelbaren Umgebung durch Flachschnitte mit dem Rasirmesser vom Kopfe abtrug. Sie ist nach dieser Vorbereitung ebenso zu Schnitten, wie zur Flächenuntersuchung vorbereitet, doch liess ich einerseits für letzteren Zweck auch frische Membranen nicht fehlen, sowie andererseits zur Anfertigung von Schnittpräparaten auch mit der Cutis in toto gehärtete Trommelfelle benutzt wurden.

Prüfen wir zunächst das Flächenbild der Propria bei schwacher Vergrösserung. Ein solches Flächenbild zeigt uns Fig. 27 (Taf. IV, V), welche nach einem Hämatoxylinpräparate mit dem Prisma entworfen worden ist. Die Propria befindet sich noch im Zustand der Spannung, da sie von einem Knorpelrahmen ihren Ursprung nimmt. Dieser Knorpelrahmen erstreckt sich, wie besonders Schnitte deutlich zeigen, im ganzen Umfange etwas weiter peripheriewärts, als die Propria selbst, krenpt sich aber alsdann dünner werdend mit dem Aussenrande einwärts um, so dass auf dem Schnitt eine hakenförmige Figur zum Vorschein kommt (Fig. 28, Taf. IV, V). Von dessen Spitze, oder auf den ganzen Knorpelrahmen übertragen, von dessen zugeschärfem Saume, sehen wir die Propria entspringen.

Letztere zeigt nun entsprechend der Fig. 27 (Taf. IV, V) eine vom Rande ausgehende, sehr reichliche Radiärstreifung, welche von dunkelgefärbten glatten Bündeln (*m*) hervorgebracht wird, die nach kurzem Verlauf sich zuspitzen und helle Felder zwischen sich treten lassen, um schliesslich selbst in eine helle ringförmige Zone (*b*) sich zu verlieren. Letztere erleidet nur an einer einzigen Stelle (*f'*) eine Unterbrechung. Verfolgen wir das helle Feld weiter nach dem Centrum, so beginnt alsbald von Neuem eine Radiärstreifung (*f*), die jedoch minder deutlich in einzelne Felder zerfällt, als die äussere dunkle Zone (*m*). Schliesslich gelangen wir auf das der Insertion der Columella zugehörige Gebiet, deren Endstück hart über der Propria herlaufend durchschnitten worden war.

Bevor wir dieses Flächenpräparat bei stärkerer Vergrösserung

untersuchen, erscheint es zweckmässig die bisherigen Vorkommnisse auch an einem Meridionalschnitte durch das in toto gehärtete Trommelfell in Betrachtung zu ziehen. Die Abbildung eines solchen Schnittes finden wir in Fig. 28 (Taf. IV, V) bei 16facher Vergrösserung. Als äusserste Lage erscheint einerseits die Epidermis (*e*) mit einigen in die Cutis eindringenden kleinen Drüsen (*d*), andererseits das Epithel (*e'*). Den Knorpelhaken (*ca*) haben wir schon vorher kennen gelernt und ebenso den Ursprung der Propria selbst, deren Verlauf wir übrigens als eine verdickte Stelle wahrnehmen. Die Propria verdünnt sich nämlich hierauf ausnehmend, verläuft in dieser Weise eine Strecke weit, um in der Nähe des Centrums des Trommelfells allmählich an Dicke zu gewinnen und gegenüber dem knorpeligen Kopfe der Columella (*co*) zu einer ansehnlichen Lamelle anzuschwellen, die jenseits wieder in die früheren Verhältnisse zurückkehrt. Zugleich ist an dieser Figur der Grenzwall (*gw*) der Cutis deutlich erkennbar, ebenso das erweiterte Endstück der Paukenhöhle. Es zeigt sich ausserdem noch, dass auch das Corium in der Mitte des Trommelfells sich wiederum verdickt, während es im übrigen Bezirk gegenüber der Umgebung an Mächtigkeit zurücksteht.

Nach dieser allgemeinen Auseinandersetzung hat sich eine Reihe von Punkten in den Vordergrund gedrängt, welche unsere besondere Aufmerksamkeit erregen. Auf sie soll im Folgenden näher eingegangen werden. Als solche, genauer zu beleuchtende Punkte erscheinen besonders die Epidermis mit ihren Drüsen, sowie der Ursprung der Propria vom Knorpelhaken und die Insertion der Columella am Trommelfell.

Einen so hohen Grad von Ausbildung gerade die Histologie des Frosches in vieler Hinsicht erreicht hat, so finden wir doch nur selten Angaben, die unseren Gegenstand betreffen. Seit den Beobachtungen Leydig's ist meines Wissens eine neue Arbeit hierüber nicht hervorgetreten. Um so mehr ist es Pflicht, dessen Angaben dem Leser vorzuführen, da überdies meine Beobachtungen in mehreren wichtigen Punkten eine Bestätigung der Angaben jenes Forschers enthalten.

In seinem Lehrbuch der Histologie, S. 266, spricht sich Leydig über das Trommelfell des Frosches folgendermassen aus: „Beim Frosch sind in das Bindegewebe radiäre, glatte Muskeln eingewebt, welche am Rand des Trommelfells einen Ring bilden. In der Mitte des Trommelfells, im Umkreise der Ansatzstelle

des dem Hammer vergleichbaren Knorpels finden sich elastische Fasern, die, obwohl verzweigt, doch in der Hauptrichtung ebenfalls radiär verlaufen. Es steht sich hier somit die Muskelschicht am äusseren Rande und die Lage elastischer Fasern in der Mitte des Trommelfells antagonistisch gegenüber. Die Muskeln wirken wie ein Spanner des Trommelfells und bei Nachlass ihrer Thätigkeit führen die elastischen Fasern dasselbe auf seinen gewöhnlichen Extensionsgrad zurück. Ueber das eigentliche Trommelfell schlägt sich die äussere Haut weg, sie wird dabei verdünnt, behält aber ihre, wenn auch kleiner gewordenen Drüsensäckchen bei.“

Kehren wir nach dieser historischen Bemerkung zur weiteren Verfolgung unseres Gegenstandes zurück.

Die Epidermis (Fig. 33, Taf. IV, V) zeigt drei Schichten. Die Schleimschicht (*s*) ist an den dünnsten Stellen des Trommelfells 2—3, an den dickeren 3—4 Zellenlagen mächtig. Die Zellen selbst sind undeutlich gegen einander abgegrenzt, um so schärfer erscheinen ihre grossen runden Kerne, welche ein centrales oder excentrisches Kernkörperchen und mehrere öfters kreisförmig gestellte Nebenkernkörperchen einschliessen. Das Zellprotoplasma ist fein granulirt. Auf diese folgt eine dünnere Schicht von 1—2 Zellen Mächtigkeit mit ovalen längsgestellten Kernen. Ihr Protoplasma ist nahezu von homogenem Aussehen. Den Abschluss bildet endlich eine sehr dünne, längsstreifige, einschichtige Lage mit sehr niedrigen, flachgestellten Kernen. Letztere hebt sich an gewissen Stellen entweder in Form von einzelnen Blättchen, oder zusammenhängenden Blättern blasenförmig von der Unterlage ab.

Die Drüsen des Trommelfells sind, wie schon früher gesagt worden ist, hauptsächlich in der Mitte des Trommelfells, gegenüber der Insertion der Columella vorhanden. Ihre Gestalt ist ballonförmig, indem sich der kugelförmige Drüsenkörper in einen äusserst feinen, die Epidermis senkrecht durchbohrenden Ausführungsgang fortsetzt. Um das Lumen des letzteren stehen die Epithelien in Form von einschichtigem Plattenepithel, dessen Längsrichtung die Oberfläche der übrigen Epidermis senkrecht kreuzt. Der Drüsenkörper besteht aus einer einzigen den Hohlraum begrenzenden Lage kubischer Drüsenzellen, deren Protoplasma körnige Beschaffenheit hat. Der Hals der Drüsen ragt in die Dicke der Epidermis ein wenig hinein; spärliches Bindegewebe umgibt kapselförmig ihre Aussenflächen.

Die Lederhaut des Trommelfells besitzt durchaus die Beschaffenheit der Lederhaut der anstossenden Theile, doch ist sie bei weitem dünner als die letztere. Man erkennt deutlich an ihr, wie Fig. 29 (Taf. IV, V) zeigt, ihre blättrige Structur und das Hervorgehen der letzteren aus Längsbündeln von Fibrillen, welche in gewissen Abständen von senkrecht aufsteigenden Gefässe und Nerven enthaltenden Bindegewebsfasern gekreuzt und zusammengehalten werden. Nahe der Epidermis findet sich eine beinahe ununterbrochene, nur von den Drüsen hie und da verdrängte Lage von längsgestellten, verästelten Pigmentzellen. Eine, oder selbst zwei Lagen von Bindegewebszellen, deren Kerne in Fig. 33 und Fig. 29 (Taf. IV, V) deutlich bemerkbar sind, schiebt sich indessen noch zwischen Epidermis und die genannte Pigmentlamelle ein.

Auch das subcutane Gewebe mit mehr weniger zahlreichen Gefässanschnitten und zerstreuten Pigmentzellen schwindet nicht völlig, wie Fig. 29 und Fig. 30 (Taf. IV, V) deutlich macht. Im Gebiete der dünneren Strecke des Trommelfells ist es jedoch auf einen sehr geringen Antheil reducirt.

Auch das Bindegewebe der Schleimhaut drängt sich zwischen Propria und Epithel ein (Fig. 29, Taf. IV, V), wird nach und nach sehr dünn und gewinnt erst wieder grössere Mächtigkeit in der Nähe des Columellaansatzes, an welcher Stelle, wie schon angegeben, auch die Lederhaut eine Verstärkung zeigte.

Das innere Epithel (Fig. 34, Taf. IV, V) besteht aus Plattenepithel mit polygonalen Zellen, doch wird dasselbe cylindrisch und selbst mehrschichtig in der Gegend der Umbeugungsstelle zur Paukenhöhle, sowie beim Uebergang auf die Columella. Zugleich erhalten ihre freien Flächen Flimmercilien.

Der Ursprungstheil der Propria beginnt, wie der Meridionalschnitt (Fig. 29, Taf. IV, V) zeigt, zugespitzt am Ende des Knorpelhakens, schwillt bald darauf bauchförmig an, um in langsamerem Abfall an Dicke zu verlieren und sich als sehr dünne Platte fortzusetzen. Schon die Beobachtung ungefärbter Flächenpräparate lässt bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen an die Möglichkeit denken, dass man es in dem genannten Wulst mit glatter Musculatur zu thun habe. Indessen erweckt die Berücksichtigung der besonderen Lage mancherlei Bedenken und man ist von vornherein eher versucht in dem Wulst eine dichtere Anhäufung fibrösen Gewebes zu erwarten. Aber schon die Behandlung mit Pikrocarmin färbt auffällig genug den Wulst gelb

oder röthlich gelb, das umgebende Gewebe dagegen roth. Zerzupfung der unter der Lupe isolirten und in stark verdünnter Chromsäure macerirten fraglichen Partie führt einen Schritt weiter, indem man dadurch langgestreckte, stäbchenförmige Kerne enthaltene Zellen isoliren kann. Unter den das Vorhandensein glatter Musculatur ausserdem noch nachweisenden Mitteln bediente ich mich endlich noch der Herstellung solcher Schnitte, welche die Faserichtung senkrecht trafen. Die Abbildung des mittleren Theiles eines solchen, in Pikrocarmin gefärbten Schnittes sehen wir in Fig. 31 (Taf. IV, V). Die Cutis (rechts gelegen) ist nicht gezeichnet, ebenso wenig das in der Figur längs zu denkende innere Epithel. Wir sehen dagegen innerhalb eines bindegewebigen Stroma eine längs gelagerte Gruppe kleiner, polygonaler oder rundlicher Felder, in deren Mitte ein querdurchschnittener Kern zwar häufig, aber nicht immer sichtbar ist. Innerhalb des Kernes kann hie und da noch ein Kernkörperchen wahrgenommen werden. Einige Lücken sind als Capillargefässanschnitte zu deuten. Weiter nach links sehen wir ein längs geschnittenes, grösseres Gefäss die Figur begrenzen. Nach diesem Befunde schien ein Zweifel an der Musculosität dieses Ringwulstes, mit welchem Namen die fragliche, ringförmige Verdickung der Propria in Beziehung auf das entsprechende Gebilde der übrigen Thierklassen zu bezeichnen ist, völlig ausgeschlossen werden zu müssen. Auf die Nerven dieses Muskels gedenke ich bei anderer Gelegenheit zurückzukommen. Eine in der Folge vorgenommene genaue Nachprüfung des Ringwulstes der vorher beschriebenen Thiere erzielte ein negatives Resultat. Verfolgt man diesen Trommelfellspanner weiter nach dem Centrum des Trommelfells zu, so geht er allmählich in den fibrösen Theil der Propria über, welcher demnach in der That neben seiner Function der Uebertragung von Schallschwingungen zugleich eine Sehne (Centrum tendineum) des Ringmuskels darstellt.

Der fibröse Theil geht gegen das Centrum, wie schon angegeben, in eine ansehnliche Verdickung über (Fig. 27, Taf. IV, V). Letztere besteht indessen nicht, wie Leydig annehmen zu müssen glaubte, aus elastischem Gewebe, sondern aus einer Zunahme des fibrösen Gewebes, wie Querschnitte und das Verhalten gegen Essigsäure sicher zeigen. Die Betheiligung von elastischem Gewebe an der Zusammenstellung der Propria ist nur eine geringe, doch finden sich Netzwerke feiner und feinsten elastischer Fäserchen inmitten des Bindegewebes und der Musculatur (Fig. 32, Taf. IV, V).

Betrachten wir endlich noch die Befestigung der Columella im Trommelfell. Das aus hyalinem Knorpel bestehende knopfförmig angeschwollene Ende der Columella liegt den resistenteren Schichten der Mitte des Trommelfells einfach von innen her an, indem lockeres Bindegewebe den seitlichen Umfang des Köpfchens umgibt. Die gewölbte Aussenfläche der letzteren zeigte sich gewöhnlich noch von einer Lage dichterem fibrösen Gewebes umgeben, welches sich gegen die aussen liegende fibröse Platte, wie durch eine Gelenkspalte absetzte, ohne indessen ein wirkliches Gelenk darzustellen. Fig. 30 *sp* (Taf. IV, V). Zu dieser centralen Befestigung kommt noch eine andere, das Mittelstück der Columella selbst betreffende, indem von dem oberen Umfang der ersteren ein fibröser Faserzug sich gegen die Peripherie des Trommelfells hin fortsetzt und in diesem ganzen Verlauf eine innige Verbindung zwischen Trommelfell und Columella herstellt.

Die Dicke des Trommelfells ist nach dem Vorausgehenden eine an verschiedenen Stellen sehr schwankende, die dünne intermediäre Zone hat im Allgemeinen eine Dicke von 0,07—0,08 Mm.

Vergleicht man mit dem Trommelfell des Frosches dasjenige der Kröte (*Bufo cinereus*), so grenzt sich dasselbe auch bei letzterem Thiere schon bei äusserer Betrachtung insbesondere durch den Mangel an Drüsenpapillen von der Umgebung ab, steht jedoch an Flächeninhalt auffallend gegen ersteres zurück. Die Textur ist im Uebrigen dieselbe, nur ist zu bemerken, dass auch der Ringwulst eine viel geringere Ausbildung erlangt.

Hyla arborea zeigt wiederum dem Frosch nähere Verhältnisse, wenn man dabei die Kleinheit des Organs in Rechnung nimmt.

Bei den *Aglossa* (*Pipa* und *Xenopus*) soll nach Siebold und Stannius die Seitenwand der Paukenhöhle durch Knochen gebildet sein und statt des Trommelfells sich ein knorpliger Deckel auf dem Eingange der Paukenhöhle befinden. Mir stand leider bis jetzt kein Exemplar dieser Batrachierfamilie zur genaueren Untersuchung zur Disposition, makroskopisch liess sich an den Spirituspräparaten der hiesigen zoologischen Sammlung nichts Auffallendes erkennen.

Rückblick.

Am Ende meiner Mittheilungen angelangt, ist es noch meine Aufgabe, die Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten, welche im

Bau des Trommelfells der untersuchten Thierklassen der Reihe nach hervorgehoben worden sind, nach sachlichen Gesichtspunkten zu ordnen. Wenn ich auch hoffen darf, dass der gemachte Versuch einer vergleichenden Histologie des Trommelfells nicht ohne Erweiterung unserer Kenntnisse des genannten Organs sein wird, so möchte es doch manchem der Leser als gewagt und verfrüht erscheinen, auf Grundlage der Untersuchung so weniger Species je einer Klasse bereits generalisirende Zusammenstellungen machen zu wollen. In der That bedarf es für diesen Zweck grosser Vorsicht und handelt es sich wesentlich darum, die richtigen Grenzen inne zu halten, denn auch ich bin der Ueberzeugung, dass die Erwartungen, die man für die Kenntniss eines Organes von der vergleichenden Histologie hegen kann, nur durch Beschaffung eines erschöpfenden Materiales erfüllt werden können.

Von der Erreichung dieses letzten Zieles ist der gemachte Versuch noch fern genug, und wird es immerhin noch einer gewissen Extensität der Arbeit bedürfen, um demselben näher zu kommen. Nichtsdestoweniger kann eine Strecke des Weges nunmehr als geebnet betrachtet werden, und eine Umschau auf das thatsächlich Vorliegende dürfte auch jetzt schon nicht ohne sachliches Interesse sein.

Die Hauptergebnisse lassen sich auf folgende Punkte zusammendrängen:

1. Das Trommelfell bildet in keinem der untersuchten Fälle eine vollständige Kreisfläche, oder ein regelmässiges Oval. Die Entfernung von solchen Formen zeigt sich überall so sehr ausgeprägt, dass man sagen kann, die Herstellung einer Kreisfläche, oder eines regelmässigen Ovals sei von der Natur nicht erstrebt worden.

2. Die Grössenverhältnisse des Trommelfells zeigen in absolutem und relativem Sinne die bedeutendsten Unterschiede selbst bei nahestehenden Familien. Im Allgemeinen kann man sagen, dass das Trommelfell eine verhältnissmässig um so grössere Ausdehnung besitze, je geringer die Körpergrösse des Thieres.

3. Die Flächenkrümmung des Trommelfells schwankt bei den verschiedenen Thierklassen in geradezu entgegengesetzten Verhältnissen.

Es lassen sich drei Formen unterscheiden:

- a) Die Trommelfläche bildet eine Ebene, oder ist derselben wenigstens sehr genähert (Schildkröte, Frosch).

b) Die Fläche des Trommelfells ist in schwächerem Grade (Eidechse), oder in stärkerem Grade (Vögel) nach auswärts gewölbt. Seine Mitte stellt eine Kuppe dar, deren zum Rande gezogenen Meridiane *concave* Linien darstellen.

c) Die Fläche des Trommelfells ist mehr weniger stark einwärts gewölbt, sie stellt einen nach dem Gehörgange offenen Trichter dar, dessen Meridiane nach aussen *convexe* Linien bilden. So beim Menschen und, so weit bekannt, bei den übrigen Säugethieren.

Dabei ist für Fall b und c noch hervorzuheben, dass die Spitze der Kuppe wie die des Trichters eine *excentrische* Lage einzunehmen pflegt.

4. Da das Trommelfell eine Ebene oder eine Kuppe bei jenen Thieren bildet, welche eine *Columella* besitzen, einen Trichter dagegen bei denen, welche mit einem Hammer etc. ausgestattet sind, so scheint zwischen jener Form und der Art der Gehörknöchelchen ein gewisser Zusammenhang zu bestehen.

5. Mit der Abänderung der Flächenkrümmung des Trommelfells ändert sich auch der Mechanismus des letzteren. Bezüglich der Einzelheiten ist auf die bei den Vögeln gegebenen Ausführungen zu verweisen.

6. Wie die Flächenkrümmung so zeigt auch die Neigung des Trommelfells bei den verschiedenen Klassen geradezu entgegengesetzte Verhältnisse. Bei den Vögeln verhält sich die Neigung im Allgemeinen ähnlich, wie bei Menschen und Säugethieren. Bei den Eidechsen schneiden sich beide Trommelfelle in der Verlängerung nach hinten; bei der Schildkröte stehen die Trommelfelle nahezu in *sagittaler* Ebene, laufen daher ungefähr parallel; bei den Fröschen ist dagegen die Neigung eine dachförmige, so dass beide Ebenen verlängert sich dorsalwärts schneiden würden.

Eine Begründung dieser so auffallenden Verschiedenheiten aus dem Schalleitungsmechanismus selbst lässt sich zur Zeit nicht geben.

7. Die Dicke des Trommelfells zeigt sehr beträchtliche Verschiedenheiten bei den verschiedenen Klassen, auch ist die ungleiche Dicke der einzelnen Zonen eines und desselben Trommelfells eine durchgreifende Eigenthümlichkeit.

Am auffallendsten ist die Dicke der intermediären Zone des Trommelfells der Schildkröte; sie beträgt hier 0,5 Mm.

Dieselbe Zone beim Menschen	0,1 Mm.
beim Frosch	0,07—0,08 Mm.
bei der Gans	0,03 Mm.
bei der Eidechse	0,03 Mm.

8. Die elastische Dehnbarkeit der Trommelfellsubstanz muss im Allgemeinen als eine geringe bezeichnet werden. Dies tritt besonders bei dem Trommelfell der Vögel und Eidechsen hervor.

9. Bei allen untersuchten Thieren besteht das Trommelfell aus einer äusseren und inneren epithelialen und einer dazwischen liegenden Schicht von Binde substanz. Letztere zeigt jedoch wesentliche Modificationen, sie kann sogar Muskelfasern enthalten (Ringwulst des Frosches).

10. Das äussere Epithel besteht in allen Fällen aus einer Schleimschicht und Hornschicht, beide sind dünner, als die betreffende Schicht der Umgebung. Eine oder beide können Pigment aufnehmen (Eidechse, Schildkröte). Hervorzuheben ist, dass das äussere Epithel der Vögel wenigstens im embryonalen Zustande (12.—15. Tag) Pigment besitzt, um es späterhin zu verlieren. Bei den Vögeln, Eidechsen, Schildkröten, ja selbst beim Menschen besteht auch die tiefste epitheliale Lage aus längs liegenden Zellen. Drüsen des Trommelfells finden sich nur beim Frosch.

Das innere Epithel ist durchgehends ein einschichtiges Plattenepithel. Es nähert sich der Cylinderform und wird selbst mehrschichtig an den Umschlagsstellen auf die Paukenhöhle und Columella. Ebendasselbst kann es mit Cilien ausgestattet sein.

11. Einen Ringwulst besitzen alle untersuchten Thiere mit Ausnahme der Schildkröte, der letztere wird hier durch ein Ringband vertreten, bei den Fröschen durch einen organischen Radiärmuskel. Beim Menschen mischen sich Knorpelzellen in die im Uebrigen fibrilläre Binde substanz des Ringwulstes.

12. Aus dem Ringwulst entwickelt sich unter Verdünnung die Propria des Trommelfells, die in allen Fällen aus fibrösem Gewebe besteht, ausgenommen die Schildkröte, wo sie durch eine scheibenförmige Verbreiterung der knorpeligen Columella vertreten wird.

13. Während beim Menschen Radiär- und Circulärschicht deutlich differenzirt sind, treffen wir bei den Vögeln die Circularis durch Faserzüge dargestellt, welche von verschiedenen Punkten der Peripherie beginnen und bogenförmig verlaufend wieder zur Peripherie gelangen. Auch beim Frosch finden wir innerhalb der Propria sich kreuzende Faserzüge, ohne dass sich

bestimmte Schichten unterscheiden liessen, ebenso wenig bei der Eidechse.

14. Die Propria ist sowohl an ihrer Innen- als Aussenfläche von gefäss- und nervenführendem lockerem Bindegewebe bedeckt, welches sich gegen die epithelialen Schichten hin verdichtet. Beide Bindegewebslagen führen bei der Eidechse, der Schildkröte und dem Frosch mehr oder minder reichliche Pigmentzellen. Bei der Schildkröte finden wir ein Analogon des vom Menschen bekannten, sogenannten dendritischen Gebildes.

15. Der Handgriff des menschlichen Hammers geht zum grössten Theil aus endochondraler Verknöcherung hervor. Reste des primordialen Knorpels bleiben dabei in allen Lebensaltern erhalten. Diese restirenden Knorpelschichten werden aussen bedeckt von einer dünnen, periostalen Knochenlamelle.

16. Die Form des Manubrium lässt sich mechanisch begründen. Sie beruht auf Materialverwendung am günstigsten Platze bei möglichster Krafftleistung des Knochenstäbchens.

Leipzig, September 1877.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren sind mit dem Prisma gezeichnet mit Ausnahme von Fig. 14, 20, 21.

Tafel II u. III.

Fig. 1–5 Trommelfell vom Menschen.

Fig. 1 *a*. Querschnitt durch das untere Ende des Manubrium. ⁴²/₁. *k* Knochen. *c* Knorpel. *f* periostale Knochenlamelle. *q* Querschnitt von fibrösen Faserzügen. *pr* Propria. *e* äusseres Epithel. *e'* inneres Epithel. *p* periostale Knochenlamelle.

Fig. 1 *b*. Querschnitt durch den mittleren Theil des Manubrium. ⁴²/₁. Bezeichnung wie in Fig. 1 *a*.

Fig. 2. Längsschnitt durch den unteren Theil des Manubrium. ²⁵/₁. *m* Manubrium. *c* Knorpel. *p* periostale Knochenlamelle. *r* Radiärschicht (aufsteigende Radiärfasern). *r'* Radiärschicht (absteigende Radiärfasern). *e* äusseres Epithel. *e'* inneres Epithel.

Fig. 3. Meridionalschnitt durch die Insertion des Trommelfells. ⁷⁰/₁. *e* äusseres Epithel. *e'* inneres Epithel. *gf* Gefässe. *pt* Pars tympanica. *p* Periost. *pa* Papille des äusseren Gehörganges mit Gefässen. *r* Radiärschicht der Propria. *ci* Circulärschicht der Propria. *ci'* äusseres Bündel der Circulärschicht. *fr* Fibrae rectae. *ft* Fibrae transversae des Ringwulstes. *c* Knorpelzellen desselben.

Fig. 4. Flächenbild des inneren Epithels des Trommelfells nach Silberbehandlung. ³³⁰/₁.

Fig. 5. Querschnitt durch das Trommelfell in der intermediären Zone. ³³⁰/₁. *h* Hornschicht (aufgefaserl). *s* Schleimhaut, durchschnittlich dreischichtig, selbst die tiefste Zellenlage abgeplattet. *b b'* lockeres Bindegewebe. *p* Propria. *e'* inneres Epithel.

Fig. 6–13 Trommelfell von Vögeln.

Fig. 6. Flächenbild des inneren Epithels des Trommelfells der Gans. ³³⁰/₁.

Fig. 7. Querschnitt durch dasselbe Trommelfell. ³³⁰/₁. *h* Hornschicht. *s* zweischichtige Schleimschicht. *p* Propria. *e'* inneres Epithel.

Fig. 8. Querschnitt durch die Spitze des Hauptastes der Columella mit dem Trommelfell. $^{42}_{/1}$. *gf* Gefäße. *ca* hyaliner Knorpel des Hauptastes. *e* äusseres Epithel. *e'* inneres Epithel. *p* Propria.

Fig. 9. Schnitt durch die Insertion des Trommelfells. *p* Paukenring. *pe* Periost. *e* äusseres Epithel. *e'* inneres Epithel. *lh* Lederhaut. *ß* Längfasern der Circularis. *ft* Schiefgetroffene Fasern der Radiärschicht. *p* Propria.

Fig. 10. Stück eines Längsschnittes durch den Gehörgang des Huhnes. $^{70}_{/1}$. *ep* Epithel. *gf* Gefäße. *fe* Fett. *fo* Lymphfollikel.

Fig. 11. Flächenbild des Trommelfells der Gans von der Paukenhöhlenseite aus. $^{5}_{/1}$. *k* Trommelfellende des Knochenschaftes der Columella. *a*, *h*, *v* die drei Knorpeläste der Columella. *a* äusserer oder Hauptast, *h* hinterer, *v* vorderer Ast. *a'* peripherisches Ende des Hauptastes. *a''* ein das letztere an die Peripherie befestigender Bandstreifen. *c* Bandstreifen des hinteren Astes. *b* und *f* solche des vorderen Astes. *d* Bandstreifen der Spitze des Hauptastes zur Peripherie. *g*, *e* Bandstreifen zwischen den Knorpelästen. *r*, *r'*, *r''* Bandstreifen der Circularis in Sehnenrichtung verlaufend. *ra* Radiärfasern.

Fig. 12. Dieselbe Ansicht wie in Fig. 11 nach Entfernung des verbindenden Knorpelstückes. Bezeichnung wie in Fig. 11. $^{5}_{/1}$. *i* Faserzug zwischen vorderem und äusserem Ast. Die punktirte Linie zwischen beiden entspricht der Lage einer Schleimhautduplicatur.

Fig. 13. Längsschnitt durch den Hauptast der Columella mit dem Trommelfell. $^{8}_{/1}$. *k* Uebergang des knöchernen in den knorpeligen Theil der Columella. *a* centraler, *a'* peripherischer Theil des Hauptastes der Columella. *a''* verstärkter Randtheil des Trommelfells. *f* Faserzüge in der concaven Aussendfläche des Hauptastes. *f* Trommelfell.

Fig. 14–19 Trommelfell der Eidechse.

Fig. 14. Seitenansicht des Kopfes und Halses von *Lacerta stirpium* mit dem Trommelfell und dem Hauptast der Columella. $^{2}_{/1}$.

Fig. 15. Flächenbild des Trommelfells desselben Thieres von der Paukenhöhle aus. $^{8}_{/1}$. *h* Hauptast der Columella. *h'* hinteres Ende desselben. *n*, *n'* Nebenäste der Columella. *a* Schnittfläche des Schaftes der Columella.

Fig. 16. Inneres Epithel des Trommelfells. Silberbehandlung. $^{330}_{/1}$.

Fig. 17. Querschnitt durch das Trommelfell. $^{330}_{/1}$. *h* Hornschicht (die äussere Lage sich theilweise abblätternd). *s* zweischichtige Schleimschicht. *p* Propria. *e* inneres Epithel. *pi* Pigmentzellen.

Fig. 18. Meridionalschnitt durch die Insertion des Trommelfells (von *Lacerta muralis*. $^{70}_{/1}$. *e* äusseres, *e'* inneres Epithel. *p* Propria. *rw* Ringwulst. *gf* Gefäße. *k* Paukenring. *pe* Periost. *pi* Pigmentzellen. *lh* Lederhaut.

Fig. 19. Querschnitt durch den Hauptast der Columella mit dem Trommelfell. *ca* hyaliner Knorpel. *p* Pigment. *f* querdurchschnittene fibröse Bündel. *e* äusseres, *e'* inneres Epithel.

Tafel IV u. V.

Fig. 20–26 Trommelfell der Schildkröte (*Emys europaea*).

Fig. 20. Seitenansicht des Kopfes von *Emys* mit blossgelegtem Trommelfellknorpel. $\frac{2}{1}$.

Fig. 21. Dasselbe Trommelfell von Innen. $\frac{4}{1}$. *s* Endstück des Schaftes der Columella mit dem Uebergang auf die hyaline Knorpelscheibe.

Fig. 22. Frontalschnitt durch die Paukenhöhle und das Trommelfell desselben Thieres. $\frac{16}{1}$. *ct* Cavum tympani. *k* knöcherne Umgebung desselben. *co* Ende des Schaftes mit der Trommelfellscheibe *dc* der Columella, beide aus hyalinem Knorpel bestehend. *pch* Perichondrium. *la* Ringband der Knorpelscheibe. *lh* Lederhaut. *p* Pigment. *e* äusseres, *e'* inneres Epithel.

Fig. 23. Uebergang des knöchernen in den knorpeligen Theil der Columella. $\frac{70}{1}$. *k* Knochen. *ca* Knorpel. *gf* Gefässe.

Fig. 24. Dendritisches Fasergebilde des Trommelfells desselben Thieres. $\frac{120}{1}$. *p* Propria der Schleimhaut. *d* stärkerer Ast des dendritischen Gebildes. *g* Blutgefässe. *b* Blutkörper. *l* Lymphkörper.

Fig. 25. Flächenbild des inneren Epithels des Trommelfells der Propria aufliegend. Hämatoxylinpräparat. $\frac{330}{1}$.

Fig. 26. Querschnitt durch die Cutis des Trommelfells. $\frac{330}{1}$. *h* Hornschicht. *s* Schleimschicht (dreischichtig mit Pigmentkörnern). *c* angrenzender Theil des Corium mit Pigmentzellen.

Fig. 27–34 Trommelfell des Frosches.

Fig. 27. Flächenbild der Propria des Trommelfells von Innen. $\frac{8}{1}$. *m* Musculus tensor tympani. *f* fibröse Radiärfasern. Im Centrum die Ansatzstelle der Columella sichtbar. *f'* Verbindungsfasern mit dem Schaft der Columella. *b* Intermediärzone der Propria.

Fig. 28. Meridionalschnitt durch das Trommelfell. $\frac{16}{1}$. *ca* knorpeliger Paukenring. *co* Köpfchen der Columella. *e* äusseres, *e'* inneres Epithel. *lh* Lederhaut und subcutanes Bindegewebe. *m* Muskel. *pr* Propria. *f* Centrale Verstärkungsschicht derselben. *k* Knochen. *gw* Grenzwall des Trommelfells.

Fig. 29. Meridionalschnitte durch den Ringwulst des Trommelfells. $\frac{200}{1}$. *u* Knorpelhaken. *m* Tensor tympani. *pr* Propria. *gf* Gefässe. *p* Pigmentzellen. *c* Corium. *e* äusseres, *e'* inneres Epithel.

Fig. 30. Schnitt durch den Ansatztheil der Columella. $70/1$
e äusseres, *e'* inneres Epithel. *p* Pigment. *gf* Gefässe. *dr* Drüsen
 des Trommelfells. *f* verdickte Propria. *ca* Köpfchen der Columella
 nach aussen von fibrösen Faserzügen bedeckt und durch einen Spalt
 (*sp*) von der Peripherie geschieden.

Fig. 31. Randschnitt durch den Tensor tympani, welcher die
 Faserrihtung quer trifft. $330/1$. *m* Muskelfasern, quergetroffen.
b Bindegewebe. *gf* Gefässe.

Fig. 32. Intermediärzone der Propria nach Essigsäureeinwir-
 kung. $330/1$. *bk* Bindegewebskerne. *el* elastisches Fasernetz.

Fig. 33. Querschnitt durch das Epithel des Trommelfells. $330/1$.
h Hornschicht. *h'* Epitrichialschicht (Kerbert). *s* Schleimschicht.
b Bindegewebskerne. *pi* Pigmentzellen.

Fig. 34. Inneres Epithel des Trommelfells, Flächenbild nach
 einem Hämatoxylinpräparat. $330/1$.