

Ueber das Gehörorgan der Ganoiden.

Von

Alexander G̃isow,

Assistenten am histologischen Laboratorium der Universität zu Kasan.

Hierzu Tafel XXIII und XXIV.

Die letzten Jahre haben eine ganze Reihe eingehender Arbeiten über das Gehörorgan gebracht. Diese Arbeiten waren ebenso extensiv, wie intensiv und haben wesentlich die vergleichende Morphologie dieses interessanten Organs in vielen Punkten klar gelegt. In dieser Beziehung sind vor allem die Arbeiten von Hasse, Hensen, Retzius und Paul Meyer zu nennen. In jüngster Zeit hat Kuhn es unternommen den Gegenstand auf breiter Grundlage zu bearbeiten; den zwei in diesem Archiv erschienenen Publicationen sollen noch weitere folgen. Wenn wir uns dennoch entschliessen über Studien zu berichten, die sich auf ein so vielfach und gründlich bearbeitetes Thema beziehen, so geschieht es, weil gerade die Ganoiden in letzter Zeit nicht in das Bereich der Untersuchungen gezogen wurden. Das Gehörorgan der Knorpelfische wurde überhaupt wenig untersucht. Von den älteren Anatomen berücksichtigen nur Weber¹⁾, Breschet²⁾ und Ibsen die Knorpelfische. Die im Jahre 1878 im Archiv für Anatomie und Physiologie erschienene Arbeit von Retzius bezieht sich auf die Plagiostomen und behandelt nur die macroscopischen Verhältnisse³⁾. Dasselbe gilt für die Angaben von Hasse⁴⁾.

1) E. H. Weber, *De aure et auditu hominis et animalium*. Lipsiae 1820.

2) Breschet, *Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouïe des Poissons*. Paris 1838.

3) Retzius, *Zur Kenntniss von dem membranösen Gehörlabyrinth bei den Knorpelfischen*. Archiv f. Anat. u. Physiol. II. und III. Heft. 1878.

4) Hasse, *Die vergl. Morphologie und Histologie des Gehörorgans der Wirbelthiere*. Bd. I. 1873.

Das häutige Labyrinth der Ganoiden steht, wie wir gleich sehen werden, dem Labyrinth der Knochenfische, wie es Breschet gezeigt, viel näher als dem der Plagiostomen, und was die Neuroepithelien anlangt, so stehen meine Beobachtungen mit den von Retzius ¹⁾ an Knochenfischen gemachten, beinahe in vollem Einklange. Da in den Schriften der genannten Forscher die Litteratur sehr genau berücksichtigt wurde, und Kuhn noch jüngst in den Spalten dieses Archivs sehr detaillirte geschichtliche Angaben gemacht hat, so glaube ich die Litteratur nur insoweit berücksichtigen zu müssen, als sie zur Erklärung und richtigen Deutung dessen beitragen kann, was ich an Ganoiden gesehen habe. Das fernstehende Gehörorgan der Säuger habe ich daher aus der Discussion ganz ausgeschlossen.

I.

Topographie.

Das Gehörlabyrinth der Ganoiden (Acip. Ruthenus, Acip. Sturio, Acip. Schiffa) liegt zu beiden Seiten des Gehirns und zwar des Mittelhirns und des verlängerten Marks. Das vertical stehende Septum (eine Fortsetzung der dura mater) trennt das Labyrinth vom Gehirn und besitzt Oeffnungen, durch welche Gefäße und Nerven zum Labyrinth treten. Dieses Septum ist sowohl mit dem Rande der knorpeligen Höhle, die das häutige Labyrinth umgiebt, als mit dem oberen Abschnitte der Innenwand des Sacculus und der Innenwand des Utriculus verwachsen. Mit Ausnahme der genannten Theile liegt das übrige häutige Labyrinth in den knorpeligen Nebenhöhlen des Schädels, d. h. in dem sogenannten knorpeligen Labyrinth. Das letztere wird von dem ersteren nicht vollkommen ausgefüllt, es bleibt ein Zwischenraum übrig (cavum perilymphaticum), der von dem s. g. perilymphatischen Gewebe ausgefüllt wird. Dieses Gewebe besteht aus bindegewebigen Balken, und flächenhaft ausgebreiteten Lamellen, in denen Blutgefäße und zahlreiche elastische Fasern eingeschlossen sind. Sowohl Balken, als Lamellen besitzen einen endothelialen Belag. In den Zwischenräumen dieses lockeren weichen Gewebes ist eine farblose Flüs-

1) Retzius, Das Gehörlabyrinth der Knochenfische. Stockholm 1872.

sigkeit enthalten, in der lymphoide Zellen und abgefallene Endothelien zu finden sind. Entfernt man von dem knorpeligen Labyrinth das oben erwähnte Septum, so tritt eine knorpelige Höhle zu Tage, die den mittleren Theil des häutigen Labyrinthes enthält — den *utriculus* und den *sinus superior utriculi*. Das *cavum vestibuli* wird somit nach innen von dem Septum, nach aussen vom Knorpel begrenzt. Nach unten und innen von dieser Höhle sieht man eine ovale Vertiefung, die dem hier gelegenen *Sacculus* entspricht. Das ist die *fovea sacculi et lagenae*. Weiter nach unten, aussen und vorne liegt als Fortsetzung des *cavum vestibuli* — die *fovea recessus utriculi*, allseitig vom Knorpel umgeben. Die Höhlung weitet sich nach vorn und etwas nach aussen zum *cavum anterius* aus, und enthält die *ampullae sagittalis et horizontalis*. Die Grenze zwischen *fovea recessus utriculi* und *cavum anterius* bildet ein knorpeliger Vorsprung, der in das *cavum anterius* hineinragt.

Die Höhlung des ersten sagittalen Abschnittes setzt sich in das *cavum canalis sagittalis* fort, biegt sich nach oben und hinten und mündet mit breiter Oeffnung in das obere vordere Ende des *cavum vestibuli*. Die Höhlung des (zweiten) horizontalen Abschnittes setzt sich in das *cavum canalis horizontalis* fort, welches sich in horizontalem Bogen nach aussen und hinten biegt, um in das *cavum posterius* zu münden. Nach hinten geht das *cavum vestibuli* in das *cavum posterius* ber. Letzteres stellt einen kurzen, canalfrmigen Raum dar, der sich nach hinten biegt und mit der Höhlung der frontalen Ampulle verbindet. Das *cavum posterius* enthält den *sinus posterior* und den hinteren Theil des horizontalen Canals des häutigen Labyrinths. Von der Höhle der frontalen Ampulle aus nach vorn und oben verläuft das *cavum canalis frontalis*, indem es bogenförmig nach unten in den hinteren oberen Abschnitt des *cavum vestibuli* bergeht. Nach Eröffnung der genannten Höhlen wird erst das häutige Labyrinth der Beobachtung zugänglich.

Das häutige Labyrinth der Ganoiden zerfällt in sechs Abschnitte: 1) *Utriculus* mit dem *sinus superior et posterior*, 2) *Recessus utriculi* mit den ihm anliegenden 3) *ampulla horizontalis* und 4) *ampulla sagittalis* und der gesondert gelegenen 5) *ampulla frontalis*. Aus diesen Ampullen entspringen die drei entsprechenden halbzirkelförmigen Canäle, die in den *Utriculus* münden. End-

lich 6) in den Sacculus. Dieser liegt an der unteren Wand des Utriculus und zerfällt in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt — die Lagena. Zum Sacculus gehört auch der ductus endolymphaticus mit dem saccus endolymphaticus.

Der Utriculus s. vestibulum proprium (Fig. 1 und 2 u) liegt im cavum vestibuli und bildet den mittleren Theil des häutigen Labyrinthes, mit welchem alle übrigen Abschnitte communiciren. Abgesehen von seinen beiden sinus besitzt der Utriculus die Form eines abgeflachten, ziemlich breiten von vorn nach hinten gerichteten Cylinders. Seine äussere Wand ist convex, die innere (gegen das Septum gekehrte) abgeflacht. Nach vorne öffnet sich der Utriculus mit breiter Oeffnung in den recessus utriculi (Fig. 1 r. u.). Letzterer wird von ersterem nur durch einen First an der unteren Wand getrennt. Nach hinten und etwas nach aussen geht der Utriculus in den sinus posterior über. Letzterer stellt einen Canal vor, dessen breites, vorderes Ende in den Utriculus übergeht, während das hintere in die frontale Ampulle mündet (Fig. 1 u. 2 a. f.). Nach oben setzt sich der Utriculus direkt in den sinus superior fort (Fig. 1 s. s.), der nach oben sich verengt und mit dem apex sinus superioris abschliesst. Letzterer ist übrigens nur beim Acip. sturio ausgesprochen. In dem oberen Theil des sinus superior münden zwei halbmondförmige Canäle und zwar — vorn — das hintere Ende des sagittalen — hinten — das vordere des frontalen habzirkelförmigen Canals.

Der recessus utriculi hat die Form eines horizontal liegenden Cylinders, dessen untere Wand eingedrückt, d. h. abgeflacht ist, gleichzeitig ist die obere convexe Wand dicker, überhaupt ist die Wand des recessus utriculi dicker, als die des utriculus. Indem sich der recessus von dem vorderen Ende des utriculus nach vorne biegt, weicht er gleichzeitig etwas nach aussen ab, so dass er mit der horizontalen Axe des utriculus einen Winkel bildet. An dem vorderen Ende des recessus utriculi liegen zwei Oeffnungen, die durch eine von der unteren Recessuswand aufsteigende Falte getrennt sind. Durch diese Oeffnungen communicirt der recessus mit der horizontalen und sagittalen Ampulle.

Die horizontale Ampulle (Fig. 1 a. h.) ist mehr nach aussen und hinten geneigt, während die sagittale Ampulle (Fig. 1 a. sg.) nach innen und vorne liegt. Die obere Wand beider Ampullen ist convex, während die untere abgeflacht und verhält-

nissmässig dick ist. Diese untere Wand bildet eine Querfalte, die in die Höhle der Ampulle hineinragt, und von der einen Seitenwand bis zur anderen reicht, d. i. das Septum transversum. In der mittleren Partie ist die Falte höher als an den Seiten. Diese Höhe des Septum transversum beträgt ungefähr ein Drittel der Ampullenhöhe. Die obere Fläche des Septum erscheint (bei der Ansicht von oben) an den Rändern breiter, als in der mittleren Partie (Fig. 5 o). An der äusseren Fläche der unteren Ampullenwand sieht man eine Furche, die dem Septum transversum entsprechend verläuft, in der Mitte ihres Verlaufs sich vertieft und den Ampullennerv aufnimmt. Auf Verticalschnitten, die in der Richtung der genannten Furche geführt werden, reicht das Septum transversum von der einen Seitenwand bis zur anderen (Fig. 11). Schneidet man aber unter rechtem Winkel zur Verlaufsrichtung der Furche, so erscheint das Septum als Vorsprung, der in die Ampulle hineinragt und auf einer Kuppe das Epithel der crista acustica trägt. Gleich oberhalb der beiden Endpunkte des Septum transversum an beiden Seitenwänden der Ampullen liegen die sogenannten plana semilunata. Das sind halbmondförmige Bildungen, die als dunkle Flecke durch die unversehrte Ampullenwand hindurchschimmern. Die horizontale Ampulle besitzt nur ein planum semilunatum, das an der äusseren Ampullenwand liegt (Fig. 5 p. s). Die frontale Ampulle, die in das hintere Ende des sinus posterior mündet (Fig. 1 a. f), liegt nach hinten und etwas nach aussen vom Utriculus und zeigt dieselben anatomischen Verhältnisse, wie die eben beschriebenen Ampullen. Die drei halbzirkelförmigen Canäle stehen mit je einer Ampulle in Verbindung. Der canalis semicircularis horizontalis ist horizontal gestellt, während die beiden anderen (can. semicirc. frontalis et sagittalis) vertical gestellt sind. Der canalis frontalis (Fig. 1 c. f) beginnt an der entsprechenden Ampulle, verläuft nach oben und etwas nach aussen, biegt sich auf der Höhe bogenförmig, verläuft nach vorn und etwas nach innen und steigt dann hinab bis an den oberen Abschnitt des sinus superior, um hier mit breiter, trichterförmiger Oeffnung zu münden. Dieser Canal bildet also einen nach oben convexen Bogen. Der sagittale Canal beginnt mit rundlicher Oeffnung an der sagittalen Ampulle (Fig. 5 o. f), steigt anfangs aufwärts, biegt sich darauf nach hinten und begiebt sich hinabsteigend nach innen und unten. Er mündet ebenfalls mit breiter,

trichterförmiger Oeffnung in den oberen Theil des sinus superior. Die Convexität des sagittalen Canals ist geringer, als die der beiden übrigen. Der horizontale, halbzirkelförmige Canal begibt sich von der horizontalen Ampulle nach aussen und biegt sich dann, in einer horizontalen Ebene verlaufend, nach hinten und schliesslich (in der Nähe der frontalen Ampulle) nach vorn. Dieser letzte nach vorn gerichtete Abschnitt des Canals verläuft neben der oberen und äusseren Seitenwand des sinus posterior. Die Wände des sinus und des Canals sind auf dieser Strecke verwachsen. Die Lichtungen der halbzirkelförmigen Canäle sind auf dem Querschnitte oval. Die Länge der einzelnen Canäle ist verschieden, am längsten ist der horizontale, am kürzesten der sagittale Canal.

Der Sacculus bildet den unteren Theil des häutigen Labyrinths (Fig. 1 s) und liegt zum grössten Theil in der fovea sacculi et Lagenae. Er besitzt eine länglich ovale Form, sein vorderer Abschnitt ist jedoch höher und breiter als der übrige Theil und erhebt sich kuppelförmig (Fig. 3 c. p.). Die innere Wand des Sacculus ist dicker und flacher als die äussere, an welcher eine seichte Furche zu sehen ist (Fig. 2), die von oben nach unten verläuft und den eigentlichen Sacculus von dessen hinterem Theil, der Lagenae, abgrenzt. An der hinteren Wand ist diese Grenze nicht angedeutet, daher besitzen Sacculus und Lagenae eine gemeinschaftliche Höhle. Die obere, innere Wand des Sacculus verbindet sich (nach vorn zu) mit der unteren Wand des Utriculus. Der Uebergang des Sacculus in den Utriculus geschieht derart, dass die untere Wand (Boden) des Utriculus sich von innen an die vordere Wand des Sacculus heftet, in diese Verbindung geht jedoch der obere kuppelförmige Theil des Sacculus nicht ein, da er nach aussen verschoben ist und der äusseren Wand des Utriculus anliegt. Da, wo Utriculus und Sacculus sich berühren, sieht man von innen eine seichte Furche. Um uns diese Verhältnisse klar zu machen, betrachten wir Fig. 3, die den mittleren Theil des häutigen Labyrinthes mit dem Sacculus darstellt. In dem mittleren Theile der Figur sieht man den Utriculus (u), der nach oben in den sinus superior (s. s) übergeht; in den letzteren münden der sagittale und frontale halbzirkelförmige Canal. An den Seitentheilen der Figur sieht man den recessus utriculi (r. u.) und den sinus superior (s. p). Unmittelbar unter dem sinus superior

sieht man durch die dünne innere Wand des Utriculus das trichterförmige Ende des horizontalen halbzirkelförmigen Canals durchschimmern. Ausserdem sieht man mehr nach vorn den kuppelförmigen, jenseits der äusseren Wand des Utriculus gelegenen Abschnitt des Sacculus. Dieser kuppelförmige Theil schimmert somit durch die äussere und innere Labyrinthwand durch, während der untere Theil des Sacculus frei vorliegt. Was die Communication zwischen Utriculus und Sacculus anlangt, so gehen die Höhlen beider durch einen kurzen Canal in einander über. Dieser verticale *canalis utriculo-saccularis* durchbohrt mit ovaler Oeffnung einerseits die untere Wand des Utriculus, andererseits die obere Wand des Sacculus. Etwas nach unten von dieser letztern Oeffnung sieht man an der vorderen inneren Wand des Sacculus eine ovale Oeffnung (Fig. 3 o. d. e), die in einen häutigen Canal führt (Fig. 3 und 4 d. e). Dieser von Hasse als *ductus endolymphaticus* beschriebene Canal beginnt am Sacculus und steigt zwischen der vorderen inneren Wand des Utriculus und dem Septum in die Höhe, wo er in einen Blindsack, den *saccus endolymphaticus*, übergeht. Dieser Sack ist nach vorn geknickt und communicirt keineswegs mit der Schädeloberfläche. Canal und Blindsack sind von perilymphatischem Gewebe umgeben. Der *ductus endolymphaticus* wird von einigen Anatomen dem *aquaeductus vestibuli* der Säuger homolog gesetzt. Weber nennt *Monro* als den Entdecker des in Rede stehenden Canals bei Fischen. Weber selbst nennt den Canal: *canalis auditorius externus* und lässt ihn bei Plagiostomen vom Sacculus aufsteigen und in einen unter der äussern Haut gelegenen Sack — den *sinus auditorius externus* — übergehen. Von diesem sinus aus führen 2—3 Canäle an die Schädeloberfläche. Später hat *Breschet* den Canal bei Haien und Rochen als „*tube ou canal ascendant*“ beschrieben und auch bis an die Schädeloberfläche verfolgt. Im Gegensatz zu diesen Forschern behauptet *Hasse* ¹⁾, dass der *Saccus endolymphaticus* bei Fischen (*Spinax acanthias*, *Raja torpedo*) ein nach aussen vollkommen geschlossener Blindsack ist, während *Retzius* ²⁾ in

1) *Hasse*, Die vergleichende Morphologie und Histologie des Gehörorgans der Wirbelthiere. Bd. I. 1873.

2) *Retzius*, Zur Kenntniss von dem membranösen Gehörlabyrinthe bei den Knorpelfischen. Arch. f. Anat. u. Physiol. Heft II u. III. 1878.

seiner letzten Arbeit über das Gehörlabyrinth der Knorpelfische die Angaben der älteren Anatomen bestätigt. Retzius hat die fraglichen Verbindungscanäle bei *Acanthias vulgaris* und *Raja clavata* durch Injection und Präparation nachgewiesen. Ich habe den in Rede stehenden Blindsack wiederholt präparirt und genau mikroskopisch untersucht, habe ihn mehrere Male injicirt, aber niemals eine Communication mit irgend welchen Canälen ausserhalb des Labyrinths nachweisen können. Bei den Ganoiden stellt somit der *saccus endolymphaticus* einen nach aussen abgeschlossenen Blindsack dar.

II.

Structur der Wand des häutigen Labyrinths.

Nach Retzius ¹⁾ besteht die Labyrinthwand aus einem festen knorpeligen Gewebe mit hyaliner Grundsubstanz, in der nur spärliche Fibrillen vorkommen. In dieser Grundsubstanz sind spindelförmige Zellen eingebettet, die oft der Wandfläche parallel angeordnet sind. Retzius nennt dieses Gewebe — Spindelknorpel. Hasse ²⁾ ist mit Retzius einverstanden, unterscheidet aber noch einen Basalsaum an der inneren Fläche der Labyrinthwand. Kuhn ³⁾ stimmt ebenfalls mit den genannten Forschern überein. Von allen Autoren wurden in dem Grundgewebe Canäle beschrieben, in denen Blutgefässe verlaufen; besonders engmaschig erscheint das Blutgefässnetz in dem Verbreitungsbezirke der Nerven. Diesen letzten Punkt können wir vollständig bestätigen, was aber die Structur des Grundgewebes anlangt, so können wir die Ansichten unserer Vorgänger nicht acceptiren.

Legt man ein Stück des häutigen Labyrinths eines eben getödteten nicht zu grossen Fisches in eine indifferente Flüssigkeit und betrachtet es bei starker Vergrösserung, so sieht man auf hellem durchsichtigem Grunde feinkörnige, abgeflachte verzweigte Gebilde mit central gelegenen ovalen Kerne. Die feineren Fort-

1) Retzius, Das Gehörlabyrinth der Knochenfische. Stockholm 1872.

2) Hasse, Das Gehörorgan der Fische. Anat. Studien. Heft III. 1872.

3) Kuhn, Ueber das häutige Labyrinth der Knochenfische. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XIV. 1877.

sätze dieser sternförmigen Zellen theilen sich und anastomosiren unter einander. Durch diese Anastomosen werden Zellen verbunden, die sowohl neben als über einander liegen. Man erhält somit ein Bild, das an die Cornea erinnert. Dieses Zellennetz tritt auch sehr scharf hervor, wenn man das häutige Labyrinth mit Goldchloridkalium behandelt. Das Zellprotoplasma färbt sich dunkel, während Kerne und Grundsubstanz hell bleiben (Fig. 33). Auf Verticalschnitten erscheinen die in Rede stehenden Zellen spindelförmig, sie sind in Reihen angeordnet, die der Innenfläche der Labyrinthwand parallel laufen. Diese Spindelform wird dadurch bedingt, dass der grösste Theil der Zellenfortsätze von dem Schnitt getroffen wird, es treten nur diejenigen Fortsätze hervor, die in einer Ebene mit dem Zellkörper liegen. An Osmiumpräparaten tritt das Zellprotoplasma mit den Fortsätzen noch schöner hervor. Man überzeugt sich ausserdem, dass die Zelle der Grundsubstanz nicht unmittelbar anliegt, es bleibt zwischen den beiden ein heller Zwischenraum, der auf die Vermuthung führt, dass die anastomosirenden Zellen in besonderen Räumen liegen. Diese Vermuthung wird zur Gewissheit, wenn man die Silberimprägnation zu Hülfe nimmt. An Silberpräparaten sieht man in der Flächenansicht auf braunem Grunde ein System von hellen sternförmigen unter einander anastomosirenden Figuren, die in verschiedenen Ebenen liegen und sich zum Theil decken. Auf Fig. 32 ist dieses Saftcanalsystem bei verschiedener Focalstellung aufgenommen. Die Configuration dieses Saftcanälchennetzes ist der des Zellnetzes sehr ähnlich (conf. F. 33). An Verticalschnitten sowohl wie an Flächenpräparaten, die mit Picrocarmin gefärbt sind, sieht man sehr deutlich die gefärbten Zellen in den farblosen Safträumen liegen. Letztere erscheinen an Verticalschnitten als schmale Spalten, die in parallelen Reihen angeordnet sind und spindelförmige Zellen enthalten. Weitere Aufschlüsse erhält man mittelst des Chlorpalladiums, das man 24 Stunden in einer Lösung von 1 p. m. einwirken lässt. An Verticalschnitten sieht man in der glashellen durchscheinenden Grundsubstanz die in Rede stehenden Saftbahnen als ein System von communicirenden Röhren, (die mit besonderen doppelt contourirten Wänden versehen sind. Diese feinen, aber bei starker Vergrösserung mit doppelten Contouren versehenen Röhrenwände färben sich in Chlorpalladium gelbbraun und treten daher in der glashellen Grundsubstanz sehr scharf her-

vor (Fig. 31). In den Lichtungen der Röhren sieht man Kerne mit mehr oder weniger Protoplasma. Ob es möglich sein wird dieses Canalsystem zu isoliren und zu injiciren, wage ich noch nicht zu behaupten, ja ich weiss nicht einmal, ob dasselbe mit dem von Budge ¹⁾ aus dem hyalinen Knorpel dargestellten Canalsystem zu identificiren ist. Meine Untersuchungen werden in dieser Richtung noch fortgesetzt.

Die auseinandergesetzten Structurverhältnisse beziehen sich nicht auf alle Theile der Labyrinthwand. In den dünneren Wänden des utriculus und in der äusseren Wand des sacculus gibt es elastische Netze, die in einer faserigen Grundhaut liegen. In letzterer findet man ausserdem Zellen, die zerstreut liegen, und die oben beschriebene Form besitzen. Die elastischen Netze liegen in zwei Lagen übereinander. An der inneren Fläche des sacculus besteht dieses Netz aus feinen elastischen Fasern, während in den äusseren Wandschichten das grossmaschige elastische Netz aus dickern Fasern construirt ist.

Was das Epithel an der Innenfläche des häutigen Labyrinths anlangt, so verhält es sich ähnlich dem der Knochenfische.

In der Nähe des Neuroepithels an der crista et macula acustica findet man in grosser Zahl die seit M. Schultze bekannten, verästelten, grobkörnigen, in Osmium sich dunkel färbenden Zellen. M. Schultze nannte sie „Cylinderzellen mit sternförmigem Querschnitt“, Hasse — flaschenförmige Pigmentzellen, Retzius — protoplasmatische Epithelien. Die Bedeutung dieser Zellen ist unklar, mit Nerven haben sie nichts zu schaffen. Das flache polygonale Epithel setzt sich in den sinus superior et posterior, sowie in den recessus utriculi fort. In der Nähe der macula acustica utriculi werden die flachen Zellen dicker, cubisch, hier findet man Uebergangsformen zu den Basalzellen des Neuroepithels (Fig. 8 u. 9, g.). In den Ampullen geht das flache Epithel an der Kuppel in cylinderförmiges über, die Zellen sind hier radiär gestellt. Am Boden der Ampullen findet man die erwähnten protoplasmatischen Epithelien (Retzius). An den Seitenwänden der Ampullen, d. h. an den Enden des septum transversum, liegen die plana semilunata (Steifensand). Diese Gebilde (Fig. 6. p. s.) bestehen aus Cylinder-

1) Budge, Weitere Mittheilung über die Saftbahnen im hyalinen Knorpel. Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XVI. 1878.

zellen, die an den Rändern niedrig sind, gegen die Mitte des planum aber stetig an Höhe zunehmen (Fig. 11). An ihrer freien Fläche sieht man häufig ovale Kugeln (Albuminatkugeln-Retzius), die wahrscheinlich von dem Zellprotoplasma abgesondert werden. Der runde Kern der Zelle enthält ein glänzendes Kernkörperchen. In den halbcirkelförmigen Canälen wird das flache Epithel an der äusseren convexen Seite etwas dicker d. h. höher. Das flache Epithel des sacculus geht, wie im utriculus an der macula acustica sacculi in cylinderförmiges über. Auch im sacculus findet man in der Umgegend des Nervenepithels sternförmige protoplasmatische Epithelien. Die Wand des ductus endolymphaticus ist der oberen Wand des sacculus ähnlich gebaut, das polygonale flache Epithel wird nur an der Grenze des sacculus etwas höher. Ductus und sacculus endolymphaticus sind mit einem Brei gefüllt, der aus kleinen Kalkkrystallen besteht (Fig. 10). Von aussen wird der ductus endolymphaticus von perilymphatischem Gewebe umgeben. Letzteres befindet sich auch zwischen Septum und ductus endolymphaticus. Das Septum ist eine bindegewebige von elastischen Fasern durchsetzte Haut, deren Dicke mit der Grösse der zur Untersuchung verwendeten Exemplare sehr wechselt. Bei grösseren Fischen ist sie mit der innern Wand des utriculus und der oberen Wand des sacculus verwachsen. Die Höhle des Labyrinths ist von einer klaren Flüssigkeit, der sogenannten Endolymphe, erfüllt.

III.

Verlauf des nervus acusticus und seiner Zweige im Gehörlabyrinth.

Im Gehörlabyrinth der Ganoiden giebt es acht gesonderte Endausbreitungen des nervus acusticus: 1) Die macula acustica recessus utriculi, 2) die macula acustica sacculi, 3) die macula acustica Lagenae, 4) die crista acustica amp. sagittalis, 5) die crista acustica amp. horizontalis, 6) crista acustica ampullae frontalis, endlich 7) und 8) die beiden von Retzius entdeckten papillae basiliares.

Der Gehörnerv verlässt die medulla oblongata als kurzer abgeflachter Stamm, der sich nach aussen wendet und in zwei

Zweige theilt: den *ramus vestibularis* und *ramus cochlearis*. Der *ramus vestibularis* begibt sich nach aussen an die untere Wand des *recessus utriculi*, hier theilt er sich in zwei Zweige, den *ramulus ampullae sagittalis* und den *ramulus amp. horizontalis*. In dem Winkel zwischen den genannten Aesten entspringt der *ramulus recessus utriculi*. Er bezieht zum Theil seine Fasern aus dem *ramus vestibularis*, zum Theil aus dessen Aesten und breitet sich fächerförmig an der untern Wand des *recessus utriculi* aus, indem er die *macula acustica utriculi* bildet. Die beiden für die Ampullen bestimmten Aeste verlaufen an der unteren Wand der betreffenden Ampullen bis zum *sulcus transversus*, der bei Ganoiden schwächer ausgebildet ist, als bei den Teleostiern. Von hier aus dringen die Nerven durch das *septum transversum* bis an das Epithel der *crista acustica*. Beide Ampullennerven werden häufig durch einen an der unteren Wand des *recessus utriculi* verlaufenden *ramulus anastomoticus* verbunden.

Der *ramus cochlearis* begibt sich, nach hinten verlaufend, an die innere Wand des *sacculus*. Auf dieser Strecke entspringen aus ihm die *ramuli sacculi*, die an die *macula acustica sacculi* herantreten. Weiter nach hinten entspringen aus dem *ramus cochlearis* die kleinen büschelförmigen *ramuli basilares cochleae*. Diese Zweige verlaufen nach oben und vorn zu den von Retzius entdeckten *papillae partis basilaris*. Das sind nach innen vorspringende kleine Erhöhungen an der unteren Wand des *utriculus*. Das sie bedeckende Epithel entspricht vollkommen dem Epithel an den *cristae et maculae acusticae*. Nach Abgang der genannten Aeste theilt sich der *ramus cochlearis* in die beiden Endäste: den *ramulus lagenaris cochleae* und den *ramulus amp. frontalis* (Fig. 3 u. 4 r. a. f.). Der letztere verläuft nach oben und hinten an der unteren Wand des *sinus posterior* und der *frontalen* Ampulle und breitet sich vor dem *sulcus transversus* fächerförmig aus, um durch das *septum transversum* bis an das Epithel der *crista acustica* vorzudringen. Der zweite Endast — der *ramulus lagenaris cochleae* (Fig. 3 und 4 r. l. c.) geht nach unten und hinten, indem er sich fächerförmig an dem hinteren Ende des *sacculus*, in der *macula acustica Lagenae* ausbreitet. In Bezug auf den *nervus acusticus* muss noch bemerkt werden, dass einige seiner Zweige mit bipolaren Ganglienzellen versehen sind und zwar: der *ramus vestibularis*, *ramus cochlearis*, *ramulus recessus*

utriculi, ramulus sacculi und ramulus lagenae. Diese Ganglien fehlen hingegen an den Zweigen, die sich zu den Ampullen und den papillae basillares begeben.

Es wurde bereits erwähnt, dass der nervus acusticus acht gesonderte mit Nervenepithel bedeckte Endapparate besitzt. Letztere sind folgendermassen gelagert und geformt. Das Nervenepithel (*crista acustica* M. Schultze) der Ampullen liegt auf der oberen Fläche des septum transversum. Dieses Epithellager ist daher wie die obere Fläche des septum breiter an den Enden d. h. an den Seiten und schmaler in der Mitte. Die übrigen Endapparate des Hörnerven besitzen verschiedene Grösse und Form. Die *macula acustica sacculi* besitzt die Form eines oblongen Fleckes, der an Osmiumpräparaten dunkel erscheint. Diese dunkle Färbung hängt von der dunklen Färbung des Neuroepithels d. h. der Cylinderzellen ab, aber noch mehr von den zahlreichen myelinhaltigen Nerven, die in der Wand des sacculus dichte Plexus bilden. Diese Nervenendigung liegt an der innern Fläche des sacculus, dessen Wand hier verdickt ist. Der mittlere und zum Theil der vordere Abschnitt des sacculus ist von ihr eingenommen, während in dem hinteren Abschnitt eine gesonderte Nervenendigung, die *macula acustica Lagenae* liegt. Diese ist kleiner als die *macula sacculi* und besitzt eine rundliche Form. Was die *macula acustica utriculi* anlangt, so ist sie ebenfalls dunkel gefärbt und liegt an der inneren Fläche der verdickten unteren Wand des recessus utriculi, zwischen dem ramulus amp. sagittalis und dem ramulus amp. horizontalis. Endlich müssen die beiden von Neuroepithel bedeckten papillae partis basillaris erwähnt werden. Sie liegen an der inneren Fläche der unteren Utriculuswand als kleine rundliche Flecken, die von Retzius zuerst beim Hecht beschrieben wurden.

Es erübrigen noch ein paar Worte über die membranae tectoriae und die Otolithen. Die ersteren bedecken als feine homogene, durchlöchernte Häute das Epithel der maculae acusticae, ihre gegen das Epithel gekehrte Fläche zeigt Vertiefungen, sodass die Membran in der Flächenansicht durchlöchert erscheint. Ihre nach innen gekehrte Fläche d. h. die obere — ist noch von einer halbflüssigen, schleimigen, in frischem Zustande vollkommen homogenen Masse bedeckt, in welcher die Otolithen liegen. Beim Acipenser giebt es nur einen grossen Otolithen (*sagitta*), der auf der macula

sacculi liegt. Auf der *macula utriculi* und *macula lagenae* fehlen die grossen Otolithen der Knochenfische (*Lapillus*, *Asteriscus*). Hier liegt aber eine Masse kleiner Steine, die eine concentrische Streifung erkennen lassen (Fig. 10). Im Centrum dieser Otolithen sieht man einen homogenen Kern, der von mehr oder weniger zahlreichen Schichten bedeckt ist, je zahlreicher diese Schichten, um so grösser der Stein. Er wächst also durch Auflagerung neuer Schichten. An den *cristae acusticae* fehlen sowohl die Otolithen, wie die *membranae tectoriae*. Das Epithel ist hier aber von der sogenannten *cupula terminalis* (Lang) bedeckt. Nach der Beschreibung von Hasse, Retzius und Kuhn ist es ein durchsichtiges, zartes längsgestreiftes Gebilde, das kuppelförmig in die Höhle der Ampulle hineinragt.

Hensen¹⁾ hält die *Cupula* für ein Kunstproduct, weil er an frischen, jungen, durchsichtigen Exemplaren von *Gobius*, Barsch und Hering nichts von einer *cupula terminalis* sehen konnte, wohl aber sehr lange Hörhare, die in die Höhle der Ampullen hineinragten. Bei den Ganoiden bekommt man an gehärteten Labyrinthien eine ebensolche *cupula terminalis* zu Gesicht, wie sie für die Knochenfische beschrieben wurde. Hingegen sieht man nichts von einer *cupula*, wenn man die *crista* einem eben getödteten Fische entnimmt und in indifferenter Flüssigkeit untersucht. Ich bin daher geneigt mit Hensen die *cupula* als Kunstproduct anzusehen.

IV.

Der Endapparat des Gehörnerven.

Die Structur des Epithels, das die *maculae* und *cristae acusticae* bedeckt, sowie die Beziehungen dieses Epithels zu den Enden des *nervus acusticus* sind immer noch als offene Fragen zu betrachten, trotz vielfältiger und sorgfältiger Untersuchungen, die gerade in letzter Zeit veröffentlicht wurden. Die älteren Beobachter (Hartmann, Krieger) liessen den Hörnerv in Endschlingen auslaufen, während die späteren Autoren einen Zusam-

1) Hensen, Bemerkungen gegen die *cupula terminalis*. Archiv für Anat. u. Physiol. VI. Heft. 1878.

menhang der Epithelien mit den Fasern des nervus acusticus statuirt. Meissner, Stannius, Leydig und Reich vertreten eine dritte Ansicht, die in der Annahme von spindelförmigen Verdickungen der Nervenfasern gipfelt. Diese Verdickungen (Nervenzellen) sollen an der Grenze des Epithels liegen und sich als fadenförmige Gebilde zwischen die Epithelien fortsetzen. F. E. Schultze beschreibt einen directen Uebergang der Fasern des Hörnerven in die Hörhaare. Diejenigen Autoren, welche den unmittelbaren Zusammenhang der Neuroepithelien mit den Nervenfasern statuirt, zerfallen wiederum in zwei Lager. Die einen (Oedenius, Kölliker, Rüdinger, Grimm, Ebner und Kuhn) bestätigen die Angaben von Max Schultze, der die sogenannten Fadenzellen mit den Fibrillen des Hörnerven in Verbindung bringt, während die anderen (Hasse, Deiters, Hensen, Retzius, Paul Meyer) den Hörnerven mit den Cylinderzellen in Verbindung setzen. Zu dieser letzten Ansicht bekennt sich auch Kuhn in seiner letzten Arbeit „Ueber das häutige Labyrinth der Amphibien“ (dieses Archiv Bd. XVII). Gleichzeitig statuiren aber Kuhn und Paul Meyer die Existenz feinsten Nervenfasern, die frei zwischen den Cylinderzellen endigen.

Bei der Mittheilung dessen, was ich gesehen, werde ich zuerst das Neuroepithel und dann die eigentlichen Nervenendigungen behandeln:

a) Das Neuroepithel.

An Isolationspräparaten ist es leicht die von M. Schultze unterschiedenen Zellformen wiederzufinden. Die Cylinderzellen und die Fadenzellen. Die Cylinderzellen sind etwas aufgebauht an der Stelle, wo der Kern liegt. Letzterer ist oblong und besitzt ein glänzendes Kernkörperchen. An jedem aufgebauhten Cylinder kann man zwei Theile unterscheiden, einen peripheren und einen centralen (Fig. 19 c. e.). Der periphere Theil ist cylinderförmig, breiter als der centrale, beginnt unmittelbar am Zellkörper und verjüngt sich etwas gegen das freie Ende, welches gewöhnlich mit einem hellen Saume abschliesst (Fig. 19 o.). Dieser structurlose Saum tritt besonders an Osmiumpräparaten hervor, weil er farblos und hell bleibt, während die Zelle dunkelgekörnt erscheint. Manchmal fehlt der Saum an isolirten Zellen. Das sind verstümmelte Zellen mit abgefallenem

Saum. An gut conservirten Zellen sieht man an der freien Fläche des Saumes ein Büschel feiner Härchen. Sie erscheinen als helle Fäden, die an der Basis aneinandergerückt sind und gegen die Peripherie hin pinselförmig auseinanderfahren. Diese sog. Hörhaare sind sehr lang, sie messen 0,01—0,022 mm. In jedem Büschel zählt man 6—8 Haare (Fig. 19 h.). An dicken Schiefschnitten überzeugt man sich, wenn die Grenzen der freien Zellflächen scharf hervortreten, dass die Büschel in die Mitte der freien Zellfläche sich inseriren. Dieses Verhältniss tritt auf Fig. 14 sehr klar hervor. Aber auch an Verticalschnitten überzeugt man sich, dass die Hörhaare von der Mitte der freien Zellfläche und nicht etwa an der Grenze zwischen zwei Zellen entspringen, wie es Ebner beschrieben. An Präparaten, die mit Osmium und darauf mit Chromsäure bearbeitet wurden, sieht man häufig (Fig. 19 c, Fig. 20 h und Fig. 21 h) statt des Haarbüschels nur ein Haar, das mit breiter Basis am Zellsaum beginnt und sich gegen das freie Ende verjüngt, es ist viel dicker als die Haare des Büschels, während die Länge dieselbe bleibt. Welche Bilder dem natürlichen Sachverhalt entsprechen, ist schwer zu entscheiden. Retzius hält das Hörhaar für ein zusammengesetztes Gebilde, das unter Umständen in einzelne Stäbe zerfallen kann, während Kuhn die Büschelform als die natürliche ansieht und das Erscheinen eines einzelnen dicken Haars auf ein Zusammenkleben der feinsten Härchen zurückführt. Berücksichtigt man die Beobachtungen von Hensen, welcher an lebenden Exemplaren von Gobius, Barsch etc., nur ein Haar an jeder Zelle gesehen hat, so scheint die Deutung von Retzius die richtigere zu sein. Die übrigen Autoren sehen das Hörhaar als einfaches Gebilde an. Ein Durchtreten der Härchen durch den Zellsaum, wie es Grimm, Rüdinger, Paul Meyer beschrieben, habe ich nie beobachtet. Der grösste Theil der Beobachter konnte das in Rede stehende Verhalten nicht bestätigen. Das centrale Ende der Cylinderzelle verjüngt sich und geht in einen centralen Fortsatz über (Fig. 19 c.), der jedoch grösstentheils fehlt, daher erscheint das centrale Ende gewöhnlich abgestumpft (Fig. 19 a. b.). Der centrale Fortsatz, wenn er vorhanden ist, erscheint nach meinen Beobachtungen nie so fein und lang, wie er von einigen Beobachtern (Kuhn, Retzius, Hasse) beschrieben wird. Er ist im Gegentheil verhältnissmässig kurz und ist weder varicös noch fadenförmig, wohl aber streifig und ver-

hältnissmässig dick (Fig. 19 c. e.). Da in den meisten Fällen, sowohl an Isolationspräparaten als an Verticalschnitten das centrale Ende der Cylinderzellen abgestumpft erscheint, so ist es möglich, dass ein centraler Fortsatz überhaupt fehlt, und das, was als Fortsatz manchmal imponirt, als abgerissener der Zelle anliegender Nervenfaden zu deuten ist. Die häufig zu beobachtende Streifung an der Zelle unterstützt diese Deutung. Wir kommen darauf noch zurück. In Osmium und Chlorgold erscheinen die Cylinderzellen dunkel. An Osmiumpräparaten erscheinen die dunkelgefärbten Cylinderzellen körnig. Diese Körnelung rührt daher, dass eine zwischen den Cylinderzellen vorhandene körnige Kittsubstanz durch das Osmium gefärbt wird und den Cylinderzellen anhaftet. An gelungenen Macerationspräparaten schwinden diese Körnchen und die Cylinderzelle erscheint dann längsstreifig (Fig. 25 u. 27).

Diese zarten Längsstreifen erscheinen bei starker Vergrösserung als feine, häufig varicöse Fäden, die bis an den helleren Saum der Zelle reichen. Manchmal ist auch der untere centrale Fortsatz streifig, wodurch der letztere den Nervenfibrillen, die unterhalb der Cylinderzellen einen Plexus bilden, sehr ähnlich wird. Bei wechselnder Focalstellung überzeugt man sich, dass die Streifung nur eine oberflächliche ist, bei scharfer Einstellung auf die tieferen Partien des Zellprotoplasma oder auf den Kern schwindet die Streifung. Wir machen auf dieses Verhältniss besonders aufmerksam angesichts dessen, dass einige Beobachter die Nervenfasern bis an den Kern durch das Zellprotoplasma hindurch verfolgt haben wollen. Es muss aber schon hier bemerkt werden, dass wir eine Verbindung des Nervenfadens mit dem Zellkern durchaus in Abrede stellen. Die körnige Kittsubstanz, sowie die Streifung der Cylinderzellen in den Ampullen der Vögel hat bereits Ebner constatirt. Dieser Forscher lässt es aber unentschieden, ob die Strichelung von den Abdrücken herrührt, welche die Fadenzellen auf der Oberfläche der Cylinderzellen hinterlassen, oder von Nervenfasern, die an der Oberfläche der Cylinderzellen sich in längslaufende Fäden auflösen. Wir schliessen uns mit einiger Modification der letzteren Ansicht an und glauben, dass die erstgenannte Möglichkeit nicht in Betracht kommen kann, weil die peripheren Fortsätze der Fadenzellen viel dicker sind, als die feine Streifung der Oberfläche der Cylinderzellen. An den *cristae acusticae* sind alle Cylinderzellen gleich lang, was an den *maculae*

acusticae nicht der Fall ist. An der Peripherie der macula acustica Lagenae und in der Mitte der macula utriculi sind die Cylinderzellen um die Hälfte kürzer, als an den übrigen Localitäten.

Was die andere Zellenart — die Fadenzellen angeht, so ist ihre Form verschieden je nach der Lagerung des Kerns (Fig. 22 f). Liegt der Kern in der Mitte des fadenförmigen Gebildes, so resultirt eine Spindelform (Fig. 22 u. 23), d. h. wir haben die von M. Schultze beschriebene Fadenzelle vor uns. Von dem ovalen Zellkörper, in welchem der Kern liegt, umgeben von einer dünnen Protoplasmaschicht, treten zwei dünne blasse Fortsätze ab; der Kern dieser Zellen reicht nie bis zwischen die Cylinderzellen, sondern liegt immer tiefer. Zwischen den letzteren liegt nur der periphere Fortsatz der Fadenzelle (Fig. 22, 25, 26, 27, f). Er steigt bis an den hellen Cuticularsaum der Cylinderzellen empor, wo er mit etwas verbreitertem Ende abschliesst, oder richtiger mit dem Cuticularsaum verschmilzt, indem letzterer eine continuirliche Grenzschiebt bildet, gleichsam eine membrana limitans externa (Fig. 20, 21 o). Der untere centrale Fortsatz der spindelförmigen Fadenzellen ist keineswegs varicos, wie er vielfach beschrieben wird, er ist allerdings manchmal feiner, als der periphere und inserirt sich etwas verbreitert an dem Basalsaum. Die anderen Fadenzellen, deren Kerne tief unten liegen, besitzen nur einen peripheren Fortsatz, während der den Kern beherbergende Zellkörper unmittelbar dem Basalsaum aufsitzt (Fig. 22 f'). Der Fortsatz entspringt vom konischen Zellkörper und reicht bis an den Cuticularsaum, mit dem er verschmilzt (Fig. 24). Reisst der Fortsatz ab, so erhalten wir verstümmelte conische Zellen (Fig. 23 f'), die den Basalzellen M. Schultze's vollkommen entsprechen. Dort wo das Epithel niedriger ist (in der Mitte der macula recessus utriculi und an der Peripherie der macula Lagenae) sind auch die Fortsätze der Basalzellen kürzer (conf. Fig. 23 III). Daraus folgt, dass die Basalzellen als solche nicht existiren. Das, was die Autoren unter diesem Namen beschreiben, sind Fadenzellen, deren Kerne im unteren centralen Ende der Zelle liegen und deren periphere Fortsätze abgerissen sind (Retzius).

An Isolationspräparaten sieht man nicht selten folgende Bilder (Fig. 24). Mehrere periphere Fortsätze der Fadenzellen hängen an dem Cuticularsaum unter einander zusammen. Zwischen den Fadenzellen erscheinen Zwischenräume, aus denen die Cylin-

derzellen herausgefallen sind. An anderen Präparaten (Fig. 26 I und II) sind die Cylinderzellen noch erhalten. An den Stellen, wo die Cylinderzellen eine geringe Höhe besitzen, wie in der Mitte der *macula acustica recessus utriculi* und in der Peripherie der *macula Lagenae*, fehlen die spindelförmigen Fadenzellen M. Schultze's vollkommen. Man findet zwischen den Cylinderzellen nur die Basalzellen M. Schultze's, deren periphere Fortsätze bis an den Cuticularsaum reichen (Fig. 23 III). An Schnittpräparaten aus der Mitte der *maculae acusticae recessus utriculi* treten gewöhnlich nur die kerntragenden Basaltheile der fraglichen Zellen hervor, während die Fortsätze zwischen den Cylinderzellen verdeckt werden (Fig. 34).

Da wir nun die Basalzellen als verstümmelte Fadenzellen mit tiefliegendem Kerne erkannt haben und uns (wie weiter unten auseinandergesetzt wird) überzeugt haben, dass nur die Cylinderzellen mit Nerven in nähere Beziehungen treten, so unterscheiden wir Cylinderzellen und Stützzellen, indem wir die letztere von Retzius gewählte Bezeichnung, sowohl auf die Fadenzellen, als die Basalzellen M. Schultze's anwenden.

Hat man sich an Isolationspräparaten über die Form der epithelialen Elemente instruiert, so gelangt man auch zu einer richtigen Deutung dessen, was man an einem Verticalschnitte des Epithelstratum sieht. An einem regelrecht geführten Schnitte aus der *crista acustica* (Fig. 12 u. 20) sieht man an dem freien Rande des Epithels einen hellen in Osmium sich nicht färbenden Saum, den sogenannten Cuticularsaum (Fig. 20 o). Von diesem Saume aus und zwar entsprechend der Mitte der freien Fläche je einer Cylinderzelle tritt ein langes, an der Basis breites, gegen das freie Ende sehr feines Haar ab. Niemals sitzen diese Haare an der Grenze zwischen den freien Flächen der Zelle oder an dem Rande. Unmittelbar an den hellen Cuticularsaum schliessen sich die dunkeln Cylinderzellen, die durch helle, schmale Zwischenräume getrennt sind. Diese hellen Linien sind die peripheren Fortsätze der Fadenzellen. Ungefähr in der Mitte einer jeden Cylinderzelle liegt ein heller ovaler Kern. Diese Kerne liegen alle in einem Niveau (Fig. 20 d). Die centralen Enden der Cylinderzellen reichen nicht bis an den Basalsaum, sondern hören an Schnittpräparaten mit stumpfen Enden auf, oder stossen unmittelbar an die unterhalb liegenden Kerne der Fadenzellen. Diese Kerne

liegen in zwei- bis dreifacher Reihe übereinander und erscheinen besonders scharf an carminisirten Präparaten. Endlich sieht man in der Tiefe, unmittelbar über dem Basalsaum, eine Reihe Kerne, die in conischen Zellkörpern liegen, das sind die M. Schultze'schen Basalzellen, deren nach oben strebende Fortsätze durch die Kerne der Fadenzellen grösstentheils verdeckt werden. Die an Schnittpräparaten hervortretende Schichtung des Epithelstratum ist also nur eine scheinbare. Es giebt hier keine Elemente, die übereinanderliegen, sondern nur solche, die nebeneinander liegen.

Alle drei Ampullen verhalten sich in Bezug auf das Neuroepithel vollkommen gleich. An Verticalschnitten des Epithels aus der macula acustica findet man dasselbe Bild (Fig. 29). Nur in der Mitte der macula recessus utriculi und an der Peripherie der macula Lagenae, wo die Cylinderzellen kürzer sind, erscheint nur eine Reihe Kerne unmittelbar über dem Basalsaum, die übrigen Kernreihen fehlen, weil eben die spindelförmigen Fadenzellen an diesen Stellen fehlen. Zwischen den Cylinderzellen giebt es hier, wie feine Schnitte und namentlich Zupfpräparate (Fig. 23) lehren, nur Fadenzellen mit basalem Zellkörper. Eine körnige Masse (Kittsubstanz), die zwischen den Basaltheilen der Fadenzellen liegt, verdeckt gewöhnlich die Fortsätze der letzteren. An Verticalschnitten aus der macula sacculi und utriculi (Fig. 30 und 34) sieht man an den Cylinderzellen eine scharfe Längsstreifung, die von feinen der Zelle entlang verlaufenden Nervenfäden abhängt.

Es sei hier noch erwähnt, dass ich die Beobachtung von Kuhn, hinsichtlich des Zusammenhangs der Fadenzellen mit dem centralen Ende der Cylinderzellen nicht bestätigen kann. Allerdings findet man an Isolationspräparaten Formen, die den von Kuhn beschriebenen und abgebildeten ähnlich sind. Sie entstehen aber durch Zusammenkleben von Fadenzellen und Cylinderzellen. Rollt man solche Gebilde, so findet man gewöhnlich den peripheren Fortsatz der Fadenzelle eng anliegend an der Cylinderzelle. Wird nun dieser Fortsatz bei weniger günstiger Lagerung von der Cylinderzelle maskirt, so wird ein Zusammenhang beider Zellarten simulirt.

b) Die Nervenendigungen in den cristae und maculae acusticae.

Den Verlauf der Nerven in den cristae acusticae studirt man am besten an Verticalschnitten, die das Septum transversum der

Länge nach oder quer treffen. Auf Fig. 11 sieht man das Septum transversum im Längsschnitt, dasselbe reicht von der einen Seitenwand bis zur anderen und ist von dem Nervenepithel bedeckt. Von dem letzteren erscheinen bei schwacher Vergrößerung nur die Cylinderzellen scharf gezeichnet und ebenfalls noch die Kerne der sogenannten Basalzellen. Unter dem Epithel sieht man die myelinhaltigen mit Osmium gefärbten Nerven. Sie verlaufen in zwei dicke Stämmchen getheilt, etwas schief gegen das Epithel. Auf diesem Wege zerfallen sie in einzelne Nervenfasern, die hart an der Grenze des Epithels sich der weiteren Beobachtung entziehen. Auf Fig. 9 sieht man das Septum transversum im Querschnitt als ziemlich steilen Hügel an der unteren Wand der Ampulle. Das Nervenepithel an der Kuppe liegt auf einer flachen Einsenkung des Septum und verhält sich ebenso wie auf dem Längsschnitt (Fig. 11). Ein dickes Nervenstämmchen, umgeben vom perilymphatischen Gewebe, sieht man an der Aussenseite der unteren Ampullenwand verlaufen (Fig. 9 n). Da wo letztere sich zum Septum transversum einstülpt, zerfällt das Stämmchen in einzelne Nervenfasern, die verschieden dick sind und ungetheilt bis an das Epithel verlaufen, wo sie sich gewöhnlich der Beobachtung bei schwacher Vergrößerung entziehen.

Bevor wir jedoch den schwierigen Versuch machen die intraepithelialen Nerven aufzusuchen, mögen einige Bemerkungen über die Structur der an das Epithel herantretenden myelinhaltigen Fasern Platz finden.

An den Nervenfasern der Fische lässt sich die fibrilläre Structur der Axencylinder verhältnissmässig leicht demonstrieren. An Zupfpräparaten, die mit Osmium behandelt waren, sieht man an isolirten Nervenfasern nach innen von der Schwann'schen Scheide, die Lanterman'schen Einkerbungen der Myelinscheide. Bei scharfer Einstellung erscheint der Axentheil der Nervenfasern auch bei erhaltener Myelinscheide streifig, viel schärfer tritt aber diese Streifung an den Stellen hervor, wo die genannten Scheiden in Folge der Präparation abhanden gekommen sind und der Axencylinder frei liegt. An diesem unterscheidet man einen scharfen Contour — die Axencylinderscheide (Hornscheide) und den fibrillären Inhalt (Fig. 18). Ebenso häufig bekommt man an Schnittpräparaten die Fibrillen des Axencylinders zu Gesicht, namentlich an den Stellen, wo der nackte Axencylin-

der in das Neuroepithel ausstrahlt (Fig. 12). Sowohl an Schnitt- wie an Isolationspräparaten des Nervenepithels sieht man manchmal (Fig. 13, 15) Axencylinder, die büschelförmig auseinanderfallen. Obgleich diese bereits von M. Schultze beschriebenen Büschel, wie wir weiter sehen werden, keine normale Erscheinung, sondern nur Folgen der Präparation sind, sind sie jedoch insofern instructiv, als die Fibrillen hier sehr scharf und fast isolirt hervortreten. Diese Fibrillen kann man sich an Osmiumpräparaten sowohl im reellen als im optischen Querschnitte zur Anschauung bringen. Auf Fig. 16 sieht man im Epithel helle, scharf punktirte Kreise, von denen einige unmittelbar in Nervenfasern übergehen. Das sind eben Nervenfasern, die durch den Schnitt gerade an der Stelle getroffen wurden, wo sie aus der verticalen in die horizontale Richtung übergehen. Aus diesen Auseinandersetzungen wird der Leser ersehen haben, dass die fibrilläre Structur der Axencylinder an den Fasern des Gehörnerven verhältnissmässig leicht zu demonstrieren ist. Die Lehre von M. Schultze, obgleich von vielen Histologen angefochten, interpretirt die Erscheinungen viel besser, als die Lehre von dem homogenen oder gar flüssigen Aggregatzustand des Axencylinders. Die fibrilläre Structur des Axencylinders hat in der letzten Zeit in Hans Schultze ¹⁾ einen sehr geschickten Vertheidiger gefunden, und wir können diesem Autor nur beipflichten. — Unsererseits möchten wir darauf aufmerksam machen, dass das Verhalten des Axencylinders an der Peripherie, d. i. die Auffaserung und der Uebergang in feine Fibrillen sich schlechterdings mit dem flüssigen Aggregatzustande nicht vereinigen lassen.

Die von Boll studirten Zersetzungsbilder beweisen im besten Falle nur, dass innerhalb der Axencylinderscheide eine Flüssigkeit sich befindet; die Existenz der Fibrillen wird aber durch diese Bilder keineswegs widerlegt. An Rissstellen von Nervenfasern, die mit Osmium behandelt waren, sieht man nicht selten Tropfen einer Flüssigkeit austreten, die sich im Osmium selbst nach wochenlangem Liegen nicht färbt (Fig. 18).

1) Hans Schultze, Axencylinder und Ganglienzelle. Arch. f. Anat. u. Physiologie IV. u. V. Heft. 1878.

Die fibrilläre Structur der Nervenelemente bei Wirbellosen. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XVI. 1878.

Alle diese Thatsachen zusammengekommen führen uns zu der Ansicht, dass der Axencylinder als Fibrillenbündel aufzufassen ist, das von einer Scheide umschlossen und in einer Flüssigkeit suspendirt ist.

Kehren wir nun zu den intraepithelialen Nervenendigungen zurück. Es wurde bereits erwähnt, dass die Nervenfasern steil gegen das Epithel aufsteigen, ohne Theilungen einzugehen. Einige Fasern verlieren an der Grenze des Epithels die Myelinscheide, sowie die Schwann'sche Scheide und steigen als Axencylinder, ohne in Fibrillen zu zerfallen in die Höhe. Andere behalten anfangs die äusseren Scheiden innerhalb des Epithels und steigen, ohne sich zu theilen, zwischen den Fadenzellen empor (Fig. 7). Nachdem sie die unteren Enden der Cylinderzellen erreicht haben, biegen sie bogenförmig um, verlaufen eine kurze Strecke horizontal, verlieren darauf ihre Scheiden und setzen dann ihren Weg als nackte Axencylinder fort (Fig. 20). Dass die Nervenfasern im unteren Theil des Epithels sich nicht auffasern, ersieht man aus Fig. 16. Es treten hier zwei myelinhaltige Fasern an das Epithel und setzen ihren Weg als nackte Axencylinder fort. Der Schnitt hat letztere quer getroffen, daher sieht man runde, scharf contourirte, fein punktirte Scheiben. Etwas höher im Epithel sieht man ähnliche, nur etwas kleinere Scheiben, deren Zusammenhang mit myelinhaltigen Fasern nicht zu demonstrieren ist. Der scharfe Contour der Kreise (Fig. 16 c) rührt von der Axencylinderscheide her, die feine aber scharfe Punktirung von den quer durchschnittenen Fibrillen. Diese Bilder beweisen meines Erachtens nach, dass die Axencylinder in der Tiefe des Epithels sich nicht auffasern, wie es M. Schultze und Kuhn behaupten. Letzterer beschreibt ein intraepitheliales, nervöses Netz, das sich zwischen den Cylinderzellen und den Basalzellen ausbreitet. Ich habe viel Mühe darauf verwandt, um dieses Netzes ansichtig zu werden, muss aber gestehen, dass es mir nicht gelungen ist. Ich vermisste in diesem Niveau nicht nur das Netz, sondern auch isolirte Fibrillen, wohl aber sieht man Fibrillenbündel (i. e. Axencylinder, die ihre Myelinscheide verloren haben), gegen die Cylinderzellen ziehen und auf diesem Wege sich in zwei oder drei Zweige spalten (Fig. 12). Diese Zweige schlagen eine horizontale Richtung ein und entziehen sich dann gewöhnlich der Beobachtung. Es muss jedoch erwähnt werden, dass man in seltenen Fällen

Bilder erhält; die eine Auffaserung des Axencylinders bei seinem Eintritt in das Epithel zu demonstrieren scheinen und somit der Auffassung von M. Schultze und Kuhn günstig sind.

Fig. 13 stellt ein Isolationspräparat dar, aus der *Crista acustica*, während Fig. 15 einem Schnittpräparat aus der *macula sacculi* entnommen ist. Die Büschel feinsten Fibrillen entstehen, wie ich meine, in Folge mechanischen Insults. An dem Schnittpräparat Fig. 15 ist das Epithel von der Unterlage zum grössten Theil abgerissen, während aber die eine Nervenfasern (c') noch Andeutungen von Theilungen des Axencylinders zeigt, ist die andere Faser (c) schon an der Eintrittsstelle verstümmelt, d. h. büschelförmig ausgefasert. An Isolationspräparaten (Fig. 13) leiden die nackten Axencylinder noch viel leichter. Solche Präparate stehen in directem Widerspruch mit guten Osmium- und Chlorgoldpräparaten, an denen man die Axencylinder immer eine Strecke weit in's Epithel verfolgen kann, wo sie sich häufig theilen und eine horizontale Richtung einschlagen (Fig. 12, 17, 20).

Was wird nun aus diesen horizontalen Fibrillenbündeln? An Schnittpräparaten ist es unmöglich darüber Aufschluss zu erhalten. Verschafft man sich aber Flächenansichten des Epithels, indem man grössere oder kleinere Epithelfetzen isolirt, an denen die Lage der Cylinderzellen abgestreift ist, so erhält man Bilder, die auf einen Plexus von Fibrillenbündeln schliessen lassen. Man sieht nämlich im optischen Querschnitt die Kerne der Fadenzellen als helle Kreise, manchmal ist in ihnen auch ein Kernkörperchen als glänzender feiner Punkt zu constatiren. In einem Niveau mit den Kernen, zum Theil etwas oberflächlicher sieht man Fibrillenbündel verlaufen, die sich theilen und untereinander anastomosiren. Man bekommt somit ein fibrilläres Balkenwerk zu Gesicht, in dessen Maschen Kerne eingelagert sind. Kombiniert man diese Bilder mit den Verticalabschnitten, so gelangt man zu der Vorstellung, dass die Nervenfasern bis an die centralen Enden der Cylinderzellen vordringen, darauf einen horizontalen Verlauf einschlagen, um mit den benachbarten Fasern Fibrillen auszutauschen. Es kommt somit ein Plexus zu Stande, der zwischen den centralen Enden der Cylinderzellen und den oberen Kernen der Fadenzellen liegt. Dieser Plexus ist nicht zu verwechseln mit dem vorerwähnten von Kuhn beschriebenen nervösen Netze, das wir bei den Ganoiden vergebens gesucht haben. Das von Kuhn für die Knochenfische beschrie-

bene Netz liegt tiefer, d. h. gleich oberhalb der Basalzellen und besteht aus einzelnen feinen Fäden, während derselbe Autor in einer jüngst erschienenen Arbeit: „Ueber das häutige Labyrinth der Amphibien“ (dieses Arch. Bd. XVII. p. 479) einen weitmaschigen intraepithelialen Plexus beschreibt, der möglicherweise mit dem von mir beschriebenen Plexus identisch ist, obgleich seine Abbildungen von den meinigen differiren. Die isolirt verlaufenden, feinen Nervenfasern im Bereiche der unteren Kernreihe stelle ich für die Ganoiden in Abrede.

Wie verhalten sich nun die Fibrillenbündel des intraepithelialen Plexus zu den Elementen des Neuroepithels? Wir kommen nun zu dem Angelpunkte der Lehre von dem Endapparate des Hörnerven. Die Ansichten der Forscher differiren in diesem schwierigen Punkte ungemein, weil die gegenwärtigen Untersuchungsmethoden kaum ausreichen, um einen sicheren Entscheid zu treffen.

Studirt man an Osmiumpräparaten, die man mit feinen Nadeln zerzupft hat, die isolirten Gebilde des Neuroepithels, so findet man in günstigen Fällen, abgesehen von den im vorigen Abschnitte beschriebenen Cylinder- und Fadenzellen, dünne Fibrillenbündel, von denen noch feinere Zweige abgehen. Diese Zweige bestehen ihrerseits aus einer gewissen Anzahl von Fibrillen und erscheinen in den meisten Fällen abgerissen. In anderen Fällen kann man sie bis an die Cylinderzellen verfolgen, wobei man entschieden den Eindruck erhält, als ob der fibrilläre Nervenzweig unmittelbar in das längsstreifige Protoplasma der Cylinderzellen übergehe. Fig. 25 ist eine möglichst getreue Wiedergabe eines Isolationspräparates aus der crista acustica. Abgesehen von den kurzen Zweigen, die sich direct zu den Cylinderzellen begeben, sieht man solche (p'), die abgerissen enden. Hier ist höchstwahrscheinlich der Zusammenhang mit der Cylinderzelle durch Präparation zerstört. Es wurde bereits erwähnt, dass die Längsstreifung an den Cylinderzellen nur an deren Oberfläche zu constatiren ist. Dasselbe sieht man auf der in Rede stehenden Figur. Die feinen Nervenfasern, welche diese Streifung bedingen, liegen somit an der Oberfläche und nicht etwa in der Tiefe des Zellprotoplasma. Eine Verbindung der Nervenfasern mit dem Zellkern, die einige Beobachter constatirt haben wollen, müssen wir durchaus in Abrede stellen. Es fragt sich nun, ob diese oberflächlich gelegenen Fibrillen mit

dem Zellprotoplasma organisch verbunden sind oder ob sie dem letzteren nur unmittelbar anliegen? Der Umstand, dass die Cylinderzellen sich in Osmium und Chlorgold dunkel färben, scheint auf den ersten Blick für die nervöse Natur dieser Gebilde zu sprechen. Allein, abgesehen von dem Fettgewebe färben sich die von Retzius sogenannten protoplasmatischen Zellen des häutigen Labyrinths und viele Drüsenepithelien (Nussbaum) ebenso stark im Osmium und was das Chlorgold anbelangt, so werden durch dasselbe bekanntlich viele nicht nervöse Elemente dunkel gefärbt. Berücksichtigt man weiter, dass an isolirten Cylinderzellen die feine Längsstreifung sehr häufig fehlt, so muss man voraussetzen, dass die Verbindung der Cylinderzellen mit den an sie herantretenden Nervenfibrillen keine sehr innige ist. Es muss hier erwähnt werden, dass einige Autoren Paul Meyer ¹⁾, Kuhn ²⁾, abgesehen von der Endigung der Nerven in Cylinderzellen, noch feine Nervenendigungen zwischen den Cylinderzellen beschreiben und abbilden. Ebner ³⁾ lässt diese feinen Fäden in den Ampullen der Vögel in Hörhaare auslaufen und Fr. E. Schulze ⁴⁾ behauptet dasselbe für Gobius. Solche zwischen den Cylinderzellen gelegene Nervenfasern habe ich bei Fischen nie gesehen, trotzdem ich sehr eifrig darnach gesucht habe. An Verticalschnitten sieht man zwischen den dunkeln Cylinderzellen (Fig. 28, 29) die peripheren Fortsätze der Fadenzellen und Basalzellen als feine helle Streifen.

Dieser Unterschied in den Nervenendigungen bei Fischen einerseits und bei Amphibien und Reptilien andererseits erklärt sich aus dem Umstand, dass bei den letzteren die Fadenzellen fehlen. Es existiren bei Amphibien und Reptilien nur fortsatzlose, tiefliegende Kerngebilde, die Kuhn als Basalzellen beschreibt (l. c. p. 518). Es ist also erklärlich, dass in diesem Falle die

1) Paul Meyer, *Etudes histologiques sur le Labyrinthe membraneux chez les Reptiles et les oiseaux*. Paris 1876.

2) Kuhn, Ueber das häutige Labyrinth der Amphibien. *Archiv für mikr. Anat.* Bd. XVII. 1880.

3) Ebner, Das Nervenepithel der crista acustica in den Ampullen der Vögel. Separatabdr. aus d. Bericht. des naturwiss. Vereins zu Innsbruck. 1872.

4) F. E. Schulze, Zur Kenntniss der Endigungsweise der Hörnerven bei Fischen und Amphibien. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1862.

Nervenfäden in den leeren Zwischenräumen zwischen den Cylinderzellen verlaufen und dort verhältnissmässig leicht zu constatiren sind. Bei den Fischen hingegen existiren diese leeren Zwischenräume nicht, sie werden von den peripheren Fortsätzen der Fadenzellen und Basalzellen eingenommen. Es ist also klar, dass die Nervenfäden nur zwischen Cylinderzellen und Fadenzellen verlaufen können, d. h. den Cylinderzellen unmittelbar aufliegen müssen, sie umstellen letztere allerseits, präsentiren sich aber an Schnittpräparaten (Fig. 30, 34) nur an der dem Beobachter zugekehrten Zellfläche — daher die feine Längsstreifung. Diese Nervenfäden verlaufen bis an den freien Rand des Epithels, indem sie mit dem Zellprotoplasma in Contact treten. Für die Behauptung eines organischen Zusammenhanges zwischen Cylinderzellen und Nerv reichen die thatsächlichen Beobachtungen nicht aus. Sollen wir schliesslich unsere Ansicht in einen Satz formuliren, so würde er etwa folgendermassen lauten: aus dem intraepithelialen Nervenplexus treten feine Fibrillenbündel, die sich an den Cylinderzellen derart vertheilen, dass letztere von den Nervenfäden umstellt werden.

Ebensowenig habe ich an meinen zahlreichen Zupf- und Schnittpräparaten etwas gesehen, was auf einen Zusammenhang der Fadenzellen mit Nerven hingewiesen hätte. Niemals war ein varicöser, centraler Fortsatz an ihnen [nachzuweisen, wie mir das so häufig an den Riechzellen der regio olfactoria gelang¹⁾. An nicht verstümmelten Fadenzellen läuft der centrale Fortsatz immer in eine Verbreiterung aus, die dem Basalsaum unmittelbar aufsitzt. In Osmium und Chlorgold bleiben die Fadenzellen immer hell, während die Cylinderzellen dunkel erscheinen, daher kann man namentlich an Chlorgoldpräparaten die dunkelgefärbten Nerven sehr leicht bis an die Cylinderzellen verfolgen (Fig. 28, 29, 30). Zwischen den dunkeln Cylinderzellen erscheinen die peripheren Fortsätze der Fadenzellen als helle Streifen oder Interstitien. An etwas dicken Schnitten oder gequollenen Cylinderzellen fehlen diese hellen Zwischenräume. Endlich muss ich noch daran erinnern, dass ich in der Region der centralen Fortsätze der Fadenzellen, d. h. in der Tiefe des Epithelstratums, Nervenfäden nicht

1) Centralblatt f. med. Wissenschaft. 1874, 44 u. Arbeiten der naturforschenden Gesellschaft zu Kasan. 1879.

gesehen habe, wohl aber streifige Axencylinder, die über die Kerne der Fadenzellen hinaus bis an die Cylinderzellen verfolgt werden konnten. Man müsste also rücklaufende Nervenfasern annehmen, wollte man einen Zusammenhang der Fadenzellen mit den Nerven postulieren, eine Voraussetzung, für welche die Untersuchung gar keine Anhaltspunkte gegeben hat.

In Bezug auf die Nervenendigungen im Epithel der macula recessus utriculi, maculae sacculi und maculae Lagenae können wir uns kurz fassen, da das Verhalten der Nerven an diesen Stellen ein ähnliches ist, wie in den cristae acusticae. Auf einem Schnitte, der durch die ganze macula geht (Fig. 8) sieht man eine Anzahl Nervenstämmchen sich auf dem Wege zum Epithel in einzelne myelinhaltige Nervenfasern auflösen. Die einzelnen Fasern verlaufen mehr oder weniger gewunden und theilen sich manchmal bevor sie das Epithel erreichen, was an der crista acustica nur innerhalb des Epithels geschieht. Eine Theilung der Nervenfasern innerhalb des Epithels kann man auch an den maculae acusticae beobachten (Fig. 30 g). An Verticalschnitten aus der macula recessus utriculi (Fig. 28) und der macula sacculi (Fig. 30) sieht man die myelinhaltigen Nerven im Epithelstratum die helle Schicht der Fadenzellen durchsetzen und bis an die Cylinderzellen vordringen. Hier verlieren sie gewöhnlich ihre Scheiden (Schwann'sche und Myelinscheide), werden zu nackten Axencylindern, die in die horizontale Richtung umbiegen und eine Strecke weit noch verfolgt werden können, oder sie entziehen sich der Beobachtung, bevor sie noch die horizontale Richtung eingeschlagen haben. In anderen Fällen verlieren die myelinhaltigen Nerven, wie an der crista acustica, ihre Scheiden noch vor dem Eintritt in das Epithel und theilen sich als nackte Axencylinder innerhalb des Epithels. An Isolationspräparaten aus der macula acustica utriculi et sacculi ist es mir ebenfalls gelungen die Beziehungen der Cylinderzellen zu den Nerven festzustellen. Auf Fig. 27 I sieht man eine Cylinderzelle aus der macula utriculi, welche direct in einen dünnen Zweig eines streifigen, kurz abgerissenen Axencylinders (n) übergeht. Fig. 27, II bezieht sich auf eine Cylinderzelle aus der macula sacculi. Man sieht einen Zweig von dem Axencylinder (n) abgehen, sich theilen und mit der Cylinderzelle in Contact treten; die eine von den Zweigfasern (p') ist abgerissen.

V.

S c h l u s s.

Die Resultate unserer Untersuchungen lassen sich folgendermassen formuliren.

1. Das häutige Labyrinth der Ganoiden unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Knochenfische. Diese bereits von Breschet festgestellte Homologie bezieht sich nach meinen Untersuchungen auch auf die mikroskopischen Verhältnisse.

2. Der ductus endolymphaticus beginnt bei den Ganoiden am sacculus und läuft in einen Blindsack (saccus endolymphaticus) aus, der mit dem äusseren Medium nicht communicirt, zum Unterschied von den Plagiostomen, bei welchen Weber und in letzter Zeit Retzius Canäle nachgewiesen haben, die vom saccus endolymphaticus an die Schädeloberfläche gehen.

3. Die von Retzius bei den Knochenfischen entdeckten papillae partis basilaris werden durch meine Untersuchungen auch für die Ganoiden festgestellt.

4. Hinsichtlich der Structur des häutigen Labyrinths kann ich den Anschauungen meiner Vorgänger (Hasse, Retzius, Kuhn), die das betreffende Gewebe als „Spindelknorpel“ bezeichnen, — nicht beitreten. Nach meinen Beobachtungen besitzt das in Rede stehende Gewebe viel Aehnlichkeit mit der Cornea. Auch hier gibt es Saftcanäle, in denen netzförmig verbundene Protoplasmakörper liegen. Die Grundsubstanz des häutigen Labyrinths enthält Bindegewebsfibrillen, die am besten mittelst der Trypsinverdauung zur Anschauung gebracht werden.

5. Das Neuroepithel ist an allen cristae et maculae acusticae, sowie an den papillae partis basilaris gleich. Es ist einschichtig und besteht aus zwei Zellenarten, die sich durch ihre Form unterscheiden. Die Cylinderzellen liegen zwischen den peripheren Fortsätzen der Fadenzellen. Das Protoplasma der Cylinderzellen ist körnig; an der Stelle, wo der oblonge Kern mit dem glänzenden Kernkörperchen liegt, ist der Cylinder etwas ausgebaucht. Manchmal zeigt die Oberfläche der Cylinderzelle eine feine Längsstreifung. An ihrem freien Ende sind die Cylinderzellen von einem hellen Grenzsaum bedeckt, der von einer Zelle auf die andere continuirlich übergeht. Von diesem Saum, entsprechend der Mitte der Zell-

oberfläche, erhebt sich mit breiter Basis ein langes Hörhaar, das sich manchmal an der Spitze auffasert. Das entgegengesetzte innere Ende der Cylinderzelle reicht ungefähr bis in die Mitte des Epithelstratum, wo es gewöhnlich mit abgestutztem Ende aufhört. Die Form der Fadenzellen ist eine etwas verschiedene, je nach der Lagerung des Zellkerns. Liegt letzterer ungefähr in der Mitte des fadenförmigen Gebildes, so resultirt daraus eine Spindelform, — das sind die M. Schultze'schen Fadenzellen mit peripherem und centralem Fortsatz. Der erstere reicht bis an den Cuticularsaum, der letztere inserirt sich mit etwas verbreitertem Ende an den Basalsaum der Labyrinthwand. Liegt hingegen der Kern an dem centralen Ende der Fadenzelle, so stösst auch der conische Zellkörper unmittelbar an den Basalsaum. Diese Zellen besitzen nur einen peripheren Fortsatz und entsprechen den Basalzellen M. Schultze's. Ihr Fortsatz reicht, wie bei den übrigen Zellen, bis an den Cuticularsaum.

6. Hinsichtlich der Nervenendigungen bin ich zu folgenden Resultaten gekommen: Die Nervenfasern treten in das Epithelstratum entweder als Axencylinder, die von der Axencylinderscheide bedeckt sind, oder sie behalten anfangs die Schwann'sche Scheide und die Myelinscheide bei. Sie gehen, ohne sich zu theilen, an den centralen Fortsätzen der Fadenzellen und ihren Kernen vorbei. In dem Niveau der unteren Enden der Cylinderzellen theilen sich die Axencylinder, während die myelinhaltigen Fasern die Myelinscheide verlieren und eine horizontale Richtung einschlagen, um bald darauf ebenfalls Theilungen einzugehen und mit den benachbarten Fibrillenbündeln zu anastomosiren. Dadurch kommt unterhalb der Cylinderzellen ein Plexus blasser Nervenfasern zu Stande. Aus diesem Plexus treten feine Fibrillenbündel ab, die sich an die centralen Enden der Cylinderzellen begeben; hier legen sie sich an die Cylinderzelle und verlaufen an ihrer Oberfläche bis an den Cuticularsaum, ohne jedoch letzteren zu durchbohren.

Aus dieser Beschreibung folgt, dass die feinen Nervenfasern, welche die Cylinderzellen umgeben, als Nervenendapparat aufzufassen sind, während die Zellen nur als Träger der Nerven (Hasse) gelten können.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXIII u. XXIV.

Mit Ausnahme der beiden ersten Figuren beziehen sich alle übrigen auf den *Acipenser ruthenus*.

Fig. 1 u. 2. Häutiges Labyrinth des *acipenser sturio*. Fig. 1 von innen, Fig. 2 von aussen gesehen. Natürliche Grösse.

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| u. — utriculus. | c. s. — canalis sagittalis. |
| s. s. — sinus superior. | a. h. — amp. horizontalis. |
| a. s. s. — apex sinus superioris. | a. s. — amp. sagittalis. |
| a. f. — amp. frontalis. | r. u. — recessus utriculi. |
| c. f. — canalis frontalis. | s. — sacculus. |
| c. h. — canalis horizontalis. | lag. — Lagna. |

Fig. 3. Der mittlere Theil des häutigen Labyrinths von *acipenser ruthenus* von innen gesehen. Die Nerven sind durch Osmium dunkel gefärbt. Loupenvergrösserung 15.

- | | |
|---------------------------------|--|
| r. u. — recessus utriculi. | p. b. — papillae basilares. |
| c. f. — canalis frontalis. | r. b. c. — ramuli basilares cochleae. |
| c. s. — canalis sagittalis. | |
| s. e. — saccus endolymphaticus. | o. d. e. — orificium ducti endolymphatici. |
| d. e. — ductus endolymphaticus. | |
| s. p. — sinus posterior. | r. s. — ramuli sacculi. |

Fig. 4. Häutiges Labyrinth des *acip. ruthenus*, Osmium. Natürliche Grösse.

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| r. a. f. — ram. amp. frontalis. | n. a. — nervus acusticus. |
| r. l. c. — ram. lagenaris cochleae. | r. a. h. — ram. amp. horizontalis. |
| r. a. s. — ram. amp. sagittalis. | d. e. — ductus endolymphaticus. |
| r. s. — ram. sacculi. | r. b. — ram. basilares cochleae. |

Fig. 5. Die untere Wand des recessus utriculi mit den anliegenden (horizontalen und sagittalen) Ampullen. Osmium. 15-fache Vergrösserung.

- | | |
|------------------------------------|---|
| p. v. — ramus vestibularis. | r. a. h. — ram. amp. horizontalis. |
| r. r. u. — ram. recessus utriculi. | m. a. r. u. — macula ac. rec. utriculi. |
| p. s. — planum semilunatum. | c. s. — canalis sagittalis. |
| o. — septum transversum. | r. a. s. — ram. amp. sagittalis. |

Fig. 6. Seitenwand (d) der frontalen Ampulle mit dem Epithel des planum semilunatum (p. s.). Ausserdem ist das seitliche Ende des septum transversum mit dem Epithel der crista acustica (c. a.) zu sehen. Hartnack. Ocul. 3. Object. 4.

n. — Nervenfasern.

Fig. 7. Verticalschnitt aus der crista acustica Hartnack. ocul. 3. Object. 7.

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| d. — Cylinderzellen. | n. — Nervenfasern. |
| f. — Fadenzellen. | g. — Wand des septum. |
| h. — Hörhaare. | |

- Fig. 8. *Macula acustica recessus utriculi*. Verticalschnitt. Hartnack. ocul. 3. Object. 4.
 m. — Cylinderepithel. n. — Nervenbündel.
 c. — Pflasterepithel. a. — Utriculuswand.
- Fig. 9. *Septum transversum*. Querschnitt. Hartnack. ocul. 3. Object. 4.
 c. a. — Epithel der crista acustica. s. t. — septum transversum.
 g. — Uebergangsepithel. n. — Nervenstamm.
 f. — einzelne Nervenfasern. c. p. — Perilymphatisches Gewebe.
- Fig. 10. *Lapilli maculae recessus utriculi*. Hartnack. Ocul. 3. Object. 7.
- Fig. 11. Verticalschnitt der frontalen Ampulle. Hartnack. Ocul. 3. Object. 4.
 p. s. — planum semilunatum. f. — einzelne Nervenfasern.
 c. a. — Epithel der crista acustica. n. — Nervenstamm.
 a. — Ampullenwand.
- Fig. 12. Verticalschnitt aus der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 d. — Cylinderzellen. f. — Fadenzellen.
 h. — Hörhaare. n. — Nervenfaser.
 k. — Kerne der Cylinderzellen. o. — Axencylinder.
- Fig. 13. Isolationspräparat des Epithels aus der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 d. — Cylinderzellen. n. — Axencylinder, bei p in Fibrillenbüschel zerfallend.
- Fig. 14. Oberfläche des Epithels der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 a. — Oberfläche der Cylinderzellen.
 h. — Bündel der Hörhärchen.
- Fig. 15. Verticalschnitt aus der macula utriculi. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 o. — Saum. n. — Nervenfaser.
 d. — Cylinderzellen. c'. — sich theilende Axencylinder.
 f. — Fadenzellen.
- Fig. 16 u. 17. Verticalschnitt aus der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 d. — Cylinderzellen. n. — myelinhaltige Nervenfaser.
 f. — Fadenzellen. c. — Querdurchschnitte der Axencylinder.
- Fig. 18. Isolierte Nervenfaser aus dem ramulus ampullae frontalis. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 o. — Axencylinder. d. — helle Tropfen.
 m. — Myelinscheide. c. — Kerne der Schwann'schen Scheide.
- Fig. 19. Die isolierten Cylinderzellen aus der crista acustica (a. e.) und (b, c, d) aus der macula acustica utriculi. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 h. — Hörhaar. o. — Saum.
 k. — Kern.

- Fig. 20. Verticalschnitt aus der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 h. — Hörhaar. d. — Cylinderzellen.
 o. — Saum. f. — Fadenzellen.
 c. — der nackte Axencylinder. e. — Basalzellen.
 n. — eine sich theilende Nervenfasern.
- Fig. 21. Isolationspräparat der Cylinderzellen aus der crista acustica. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 h. — Hörhaar. o. — Saum.
 d. — Cylinderzelle. f. — peripherer Fortsatz der Fadenzelle.
- Fig. 22. Isolationspräparat von Cylinder- und Fadenzellen nach Bearbeitung mit chromsaurem Ammoniak. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 d. — Cylinderzellen. f. — Fadenzellen.
 f'. — Basalzellen.
- Fig. 23. Isolationspräparat. Osmium. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
 f. — Fadenzellen. f'. — Basalzellen.
- Fig. 24. Anheftung peripherer Fortsätze der Fadenzellen an den Cuticularsaum. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
 o. — Saum. p. — der periphere Fortsatz der Fadenzelle.
 f. — Fadenzelle.
- Fig. 25. Isolationspräparat, Gruppen von Cylinderzellen, deren untere Fortsätze in Verbindung mit Nerven zweigen sich befinden. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 n. — sich theilender Axencylinder. f. — der periphere Fortsatz der Fadenzelle.
 p. — Nerven zweige, welche vom Axencylinder kommend in die unteren Fortsätze der Cylinderzellen übergehen. p'. — Abgerissener Nerven zweig.
- Fig. 26. Isolirter Saum, mit welchem die peripheren Fortsätze der Fadenzellen in Verbindung stehen. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
 o. — Saum. f. — der periphere Fortsatz der Fadenzelle.
- Fig. 27. Zwei isolirte Cylinderzellen (I) aus der macula utriculi und (II) aus der macula sacculi. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
 d. — Cylinderzelle. f. — peripherer Fortsatz der Fadenzelle.
 p. — Nerven zweig.
- Fig. 28. Verticalschnitt aus der macula acustica utriculi. Chlorgoldpräparat. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
 o. — Saum. k. — Capillaren.
 d. — Cylinderzellen. a. — Utriculuswand.
 f. — Fadenzellen. n. — myelinhaltige Nervenfasern.

- Fig. 29. Verticalschnitt aus der macula acustica sacculi. Chlorgoldpräparat. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
(wie Fig. 28.)
- Fig. 30. Verticalschnitt aus der macula sacculi. Chlorgoldpräparat. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
(wie Fig. 28.)
- Fig. 31. Verticalschnitt aus der Wand des häutigen Labyrinths, mit Chlorpalladium bearbeitet. In der hellen Grundsubstanz ist ein Netz hohler, unter sich anastomosirender Gänge sichtbar. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
- Fig. 32. Flächenschnitt aus der Wand des häutigen Labyrinths, mit Argent. nitr. bearbeitet. In der dunklen Grundsubstanz ist ein Netz heller sternförmiger, unter sich anastomosirender Canäle sichtbar. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
- Fig. 33. Flächenschnitt aus der Wand des häutigen Labyrinths, bearbeitet mit Chlorgold. In heller Grundsubstanz ist ein Netz dunkelgefärbter, unter sich anastomosirender Zellen, mit hellen Kernen sichtbar. Hartnack. Ocul. 3. Object. 8.
- Fig. 34. Verticalschnitt aus der Mitte der macula recessus utriculi. Hartnack. Ocul. 3. Object. 11.
d. — Cylinderzellen.
f. — Kerne der Basalzellen.
n. — Nervenfaser.