

## Der Bogenapparat der Vögel.

Von

Dr. C. Hasse.

---

Mit Tafel XXXVII. und XXXVIII.

---

Die vorliegende Arbeit wurde unternommen, um die Kenntniss von dem subtilen Bau des Gehörapparates der Vögel zu einem gewissen Abschluss zu bringen. Dieses, glaube ich, ist mir hiermit gelungen. Manchem Punkte eine bessere Darstellung zu geben, manches Verhältniss schärfer und bestimmter hinzustellen, wird allerdings wohl kommenden Forschungen überlassen bleiben müssen, allein ich glaube, im Wesentlichen das Richtige gefunden zu haben, und der Umstand macht mir Muth, dieses auszusprechen, dass es mir durch diese Untersuchungen gelungen ist, die wesentliche Uebereinstimmung im Bau der Schnecke und des gesammten Bogenapparates zu erzielen, beide complicirte Organe gleichsam auf ein Grundschema zurückzuführen, wofür auch die Entwicklungsgeschichte bei ausgedehnteren Untersuchungen, wie meine bisherigen, immer mehr Thatsachen ans Licht bringen wird.

Die Art und Weise der Verzweigung des Nervus acusticus und die Endigungen seiner Fasern sind ja das Punctum saliens, in Vergleich zu welchem alles Uebrige als blosses, wenn auch nicht unwichtiges Beiwerk erscheint. Unendlich einfache Verhältnisse treten da zu Tage. Jede einzelne von Anfang bis zu ihrem Ende von den übrigen isolirte Nervenfasern verläuft, aus einer interpolirten bipolaren Ganglienzelle hervorgetreten, ohne Theilung zu einer Endzelle, einer von mir sogenannten Stäbchenzelle, wovon jede wiederum von ihren Nachbarn durch sie umgebende Zellelemente isolirt ist. Aus diesen Stäbchenzellen gehen haarförmige Fortsätze hervor, die mehr oder minder lang, spitz auslaufend, entweder in die den ganzen Gehörapparat er-

füllende Flüssigkeit ragen, oder in einer mit Kalkkrystallen durchsetzten Gallertmasse, oder in einer einfachen gallertigen Membran verborgen sind. Das ist das in allen Theilen des Gehörorgans wiederkehrende einfache Verhältniss, und dieses weist uns mit Nothwendigkeit darauf hin, einen und denselben physiologischen Vorgang bei Auslösung des Nervenprocesses zu statuiren. Die Schwingungen der Härchen der Stäbchenzellen sind es, die den Vorgang auslösen, und diese werden in den beiden Haupttheilen auf zweierlei Art in Schwingungen versetzt, entweder wie im Utriculus und in der Schnecke durch die Bewegungen der Otolithenmasse und der Membrana tectoria, oder wie in den Ampullen durch die Wellen in der Endolympe. Und diese einfachen Grundverhältnisse, sehen wir sie nicht durch die Reihe der Thiere auf-treten? Es wäre wohl allzu kühn, jetzt schon mit positiver Bestimmtheit diesen Satz auszusprechen, aber Alles, was uns bis jetzt über dieses complicirte Gebilde bekannt geworden ist, weist darauf hin, und mein Glaube steht allerdings in dieser Beziehung ziemlich fest, jedoch das Material für eine solche sichere Grundlage muss sich noch mehr häufen, und es wird mein Bestreben sein, in der Folgezeit durch eine Reihe von Arbeiten den Bau des Gehörorgans wenigstens innerhalb der Reihe der Wirbelthiere zu eruiren.

Alles weist, wie gesagt, darauf hin, dass Schwingungen von Fort-sätzen zelliger Elemente den Nervenvorgang bei den Gehörempfün-dungen auslösen, und das kommt bei den Vögeln im vollsten Maasse zur Geltung. Doch nicht die Nervenverhältnisse allein, soweit sie durch die Untersuchungen von KÖLLIKER, HENSEN, DEITERS, M. SCHULTZE, F. E. SCHULZE aufgeklärt sind, bieten schon jetzt in ihrem Wesen ein über-einstimmendes Bild, das kommende Forschungen, wie ich mich fest überzeugt halte, in ein noch klareres Licht bringen werden, auch die weniger wichtigen Theile bieten Analogien in bewundernswerth reich-lichem Maasse. Welch differentes Bild auch immer, wenn wir in der Reihe der Thierclassen abwärts steigen, beim oberflächlichen Betrachten das Aussehen des gesammten Gehörapparates darbietet, wie sehr wir in demselben auch zuweilen schon die einfache Bläschennatur des Or-gans verwirklicht sehen, eine nähere Betrachtung zeigt uns doch immer Anklänge an die Verhältnisse der höheren Thiere. Ich werde mich bei dieser Darstellung an den betreffenden Orten nur auf Andeutungen beschränken müssen, das Ausführliche kommenden Abhandlungen überlassend; mehr werde ich mich dagegen bemühen, die Ueberein-stimmung im Bau des Bogenapparates der Vögel mit dem der Menschen und der Säugethiere, soweit er bislang bekannt geworden ist, in ein klares Licht zu stellen, und es ist mir eine nicht geringe Befriedigung

gewesen, eine solche in eben solchem Maasse wie bei der Schnecke zu finden.

Es wäre überflüssig, eine Darstellung der Art und Weise meiner Präparation und der Conservirung des feinen Organes zu geben, da schon meine früheren Abhandlungen<sup>1)</sup> über die Schnecke das Wesentliche gebracht haben. Es sei mir gestattet, mich auf das dort Gesagte zu beziehen. Zwei neue Reagentien habe ich aber diesmal angewandt, die Osmiumsäurelösung und die des Goldchlorid und mit beiden nach den Angaben von M. SCHULTZE und COHNHEIM operirt. Beide haben mir brauchbare Bilder geliefert und kann ich dieselben namentlich zur Erläuterung der Nervenverhältnisse bestens empfehlen. Welche Flüssigkeit ich aber auch anwandte, überall traten dieselben Verhältnisse hervor, und was ich in der einen gesehen, liess sich auch bei der anderen mit Sicherheit erkennen, so dass Alkohol, MÜLLER'sche Flüssigkeit, Osmiumsäure und Goldchlorid unzweifelhaft als die besten Conservierungsmittel angesehen werden müssen.

Ich wende mich zuerst zur Betrachtung des knöchernen Bogenapparates. Eingebettet in spongiöse Knochenmasse und nach hinten gewandt, lässt derselbe sich leicht herauschälen und in seinen einzelnen Theilen darstellen. Schon der oberflächlichen Betrachtung bieten sich drei differente Theile, die Bogengänge, die Ampullen und der Utriculus dar. Erstere springen gegen die äussere Schädelwand vor, während letzterer mehr von der inneren Schädelwand aus als niedriger, unregelmässiger Vorsprung sichtbar wird, gegen den der Nervus acusticus seinen Verlauf nimmt. Wie beim Menschen und den Säugethieren zeigt der isolirte Bogenapparat, wie erwähnt, auch die knöchernen Bogengänge, die wir nach dem Lagerungsverhältniss zu den verschiedenen Ebenen als sagittalen, frontalen und horizontalen bezeichnen können. Jedoch sehen wir sie nicht ganz genau in den erwähnten Ebenen gelagert, sie erheben sich daraus in einem Winkel von ungefähr 45°, und das trifft gleichmässig alle drei, soweit sich dies überhaupt ohne eingehende feine Messungen abschätzen lässt. Während der frontal gestellte und der horizontale Bogengang in allen ihren Theilen in derselben Ebene lagern, macht der sagittal gestellte davon eine Ausnahme. Derselbe der inneren Schädelwand anliegend und daselbst namentlich in seinen hinteren Theilen eine entsprechende Hervorragung bildend, zeigt eine leichte Krümmung um seine Queraxe, so dass er mit dem anderen nach hinten convergirt. Ausserdem liegt derselbe nicht überall in gleicher Entfernung vom Schädelraume, nur die hinteren Parthien thun es, während er in der Nähe seiner Ampulle und an der Ver-

1) Diese Zeitschr. Bd. XVII. p. 382.

einigungsstelle mit dem frontal gestellten Gange sich von der inneren Wandung wendet und etwas nach aussen gekehrt ist. So bietet dieser Bogengang, im Profil gesehen, eine leicht Sförmige Krümmung dar (Taf. XXXVII. Fig. 4 c.). Ausserdem zeichnet sich derselbe durch seine beträchtliche Grösse aus, und weit nach hinten sich erstreckend, ragt er weit über die anderen beiden hinaus (Taf. XXXVII. Fig. 2 c.). Eine Differenz in der Grösse scheint mir auch zwischen dem frontalen und horizontalen Gang zu existiren, dieser ist grösser wie jener, die Dicke derselben ist an allen Stellen die gleiche. Diese Grössenverschiedenheit mag die Ursache sein, dass wir bei den Vögeln die Stellung der Bogengänge zu einander etwas verrückt finden. Während wir bei dem Menschen bei allen eine Stellung im rechten Winkel beobachten, ohne dass eine Kreuzung stattfindet, so bleibt ersteres Verhältniss, welches unzweifelhaft als das wichtigste angesehen werden muss, allerdings bei den Vögeln bestehen, allein es findet eine Kreuzung und zwar des frontalen mit dem horizontalen Bogengange statt, abgesehen davon, dass der sagittale die ersteren weit überragt; und zwar geschieht dieselbe hinten und unten in der hinteren Hälfte des horizontalen Ganges (Taf. XXXVII. Fig. 4. u. 2.). Hier öffnen sich die Bogengänge in einander, und es kommt eine gemeinsame Höhle zu Stande, in der die häutigen Theile auf bald zu beschreibende Weise sich lagern. Während so diese beiden Gänge in einem rechten Winkel zusammenstossen und sich vereinigen, findet ebenso bei den höheren Thieren eine Verschmelzung der beiden verticalen Gänge an der inneren Schädelwand statt, welche nach einer kurzen Strecke von unten her den horizontalen Bogengang in sich aufnimmt. Nach der Vereinigung findet die Einmündung in den Utriculus statt (Taf. XXXVII. Fig. 2.). Auf dem Durchschnitt erweisen sich die knöchernen Gänge elliptisch.

Ausser der vorhin erwähnten Vereinigung zeigen die Bogengänge an ihren entgegengesetzten Enden Anschwellungen, die Ampullen, zu deren Beschreibung ich jetzt übergehe. Zwei derselben, die des sagittalen und horizontalen liegen dicht beisammen, letztere vorne, unten und aussen, erstere nach innen, hinten und oben gerichtet (Taf. XXXVII. Fig. 4 f.), während die des frontalen von ihnen getrennt am entgegengesetzten Ende des Sackes nach unten gerichtet ist (Taf. XXXVII. Fig. 2 f.). Alle drei liegen in derselben Ebene, wie ihre Bogengänge, die Anschwellung wendet sich bei allen der Concavität der Krümmung der Bogengänge zu, während sie gegen den Utriculus hin abgestutzt erscheinen. Die Bogengänge wölben sich also bei allen über die Ampullen und münden in dieselben mit einer leichten Einschnürung, die namentlich an der Concavität der Krümmung am sichtbarsten ist.

Während der horizontale Bogengang zuerst gerade nach aussen und dann schräg abwärts nach hinten steigt, um sich dann nach vorne zu wenden, geht der frontale ebenfalls nach aussen, biegt dann aber nach oben und innen um. Der sagittale geht dagegen gleich nach hinten und zuerst etwas nach innen, dann nach aussen, um dann wieder nach innen und nach vorne umbiegend, sich zuerst mit dem anderen verticalen zu vereinigen. Oeffnen wir die knöchernen Ampullen von der Schädelwand her, so bekommen wir ein Bild, wie es Taf. XXXVII. Fig. 3. darbietet. Während die Ampulle des frontalen Bogengangs eine gewisse Selbständigkeit besitzt, sind die beiden anderen nur durch eine schmale Knochenleiste getrennt und münden gemeinschaftlich nach unten in den knöchernen Utriculus. Die Grösse ist bei allen Ampullen die gleiche.

Gehen wir zu der Betrachtung des Utriculus über, so erweist sich derselbe als ein rundlicher, etwas unregelmässig gestalteter Raum, der gegen die innere Schädelwand hin mehr abgeplattet ist, und dort von dem zum Bogenapparate gehenden Nerven schräge durchbohrt wird. Von oben münden in denselben die horizontale und sagittale Ampulle, von unten die frontale, von hinten die vereinigten Bogengänge. Auch nach vorne, innen und oben findet sich eine Oeffnung, und das ist das in meiner Abhandlung: »die Schnecke der Vögel«<sup>1)</sup> beschriebene Foramen vestibulare, wodurch das Vestibulum und der Utriculus mit einander communiciren.

Der gesammte Bogenapparat wird an seiner Innenfläche von Periost ausgekleidet, welches überall dem Knochen fest adhärirend sich nur mit grosser Mühe und oft nur in kleinen Fetzen von demselben trennen lässt. Es ist eine sehr dünne, homogene Membran mit eingestreuten, mehr oder minder dichten, länglich runden Kerngebilden, die nach allen Seiten hin anastomosirende Ausläufer schicken, kurz, sie gewährt ein Bild, wie ich es in meiner Abhandlung: »die Schnecke der Vögel«<sup>2)</sup> geliefert habe. Auch das, was ich dort über das Vorhandensein eines Epithels auf der Innenfläche gesagt habe, möchte ich auch hier Geltung finden lassen. Es ist nirgends auch nur eine Spur eines Epithels zu finden, wenn Flächenansichten bei dicht gedrängt stehenden Kerngebilden auch oftmals ein solches vortäuschen können. In der neuesten Zeit hat dasselbe wieder einen Vertheidiger in RÜDINGER gefunden: »Ueber das häutige Labyrinth im menschlichen Ohre«<sup>3)</sup>, wenigstens so weit es den Menschen betrifft. Es ist auch hier von vielen namhaften Forschern gelegnet, und auch ich möchte mich denselben anschliessen,

1) l. c.

2) l. c.

3) Aerztliches Intelligenzblatt. München, Juni 1866.

weil ich glaube, dass das, was bei den Vögeln gilt, auch auf die höheren Thiere Anwendung findet. Ich möchte mich somit noch gegen die RÜDINGER'sche Aufstellung eines *Canalis semicircularis membranaceus major* aussprechen, in wie vielen Puncten ich auch, wie sich alsbald zeigen wird, mit dem geehrten Forscher übereinstimme. Was RÜDINGER veranlasst hat, ein Epithel auf dem Periost zu statuiren, vermag ich nicht mit Sicherheit zu sagen, möglich, dass er sich durch das vorhin erwähnte Verhalten hat täuschen lassen.

Innerhalb des knöchernen Gehäuses sind nun die häutigen Theile, die Bogengänge, die Ampullen und der Utriculus gelagert. Wir unterscheiden demnach auch an ihnen einen sagittalen, einen horizontalen und einen frontalen Bogengang mit den entsprechenden Ampullen. Diese Theile münden dann in den Utriculus. Die Lagerung in den verschiedenen Ebenen und zu einander ist ganz dieselbe wie bei den knöchernen Theilen, und es wäre eine unnütze Wiederholung, noch einmal auf diese Verhältnisse einzugehen. Nur die Lagerungsverhältnisse der häutigen Bogengänge an der Kreuzungsstelle des horizontalen und frontalen Bogengangs bedürfen einer eingehenderen Betrachtung. Während sich die knöchernen Gänge einfach in einander öffnen, ist dies mit den häutigen Theilen nicht der Fall. Jeder Bogengang lässt sich für sich isoliren. Sie verbinden sich demnach nicht, sondern sind nur an einander gelagert. Der frontale liegt auf dem horizontalen. Eine Vereinigung der Bogengänge zu einem gemeinschaftlichen Stamme findet erst an der Hinterwand des Utriculus statt, in den er mündet. Zuerst vereinigen sich die beiden verticalen, und nehmen dann unter rechtem Winkel den horizontalen auf. Wichtig und namentlich auch in vergleichend anatomischer Beziehung von Interesse ist das Verhalten des häutigen zum knöchernen Bogenapparat. Namentlich bei den höheren Thieren hat man bis in die Neuzeit an der Idee festgehalten, die häutigen Bogengänge seien central an feinen Bindegewebsfäden in den knöchernen Gängen aufgehangen, überall von Perilymphe umflossen. Es ist RÜDINGER's Verdienst in der oben erwähnten Abhandlung<sup>1)</sup> jüngst für den Menschen nachgewiesen zu haben, dass diese Anschauung irrig, dass der häutige Bogengang excentrisch gelagert ist und mittelst starker Bindegewebsfäden, die ihm Epithel zu tragen schienen und die Gefässe einschlossen, an die mit Periost ausgekleidete knöcherne Wandung befestigt sei. Ein auf der Göttinger Anatomie von der Hand des genannten Forschers angefertigtes Präparat hat mir keinen Zweifel an der Richtigkeit seiner Beobachtung der Wandständigkeit der häutigen Canälchen gelassen. Meine Untersuchungen an den Vögeln

1) l. c.

haben mir die gleichen Resultate gegeben, nur darf ich sie mit Sicherheit auch auf die Ampullen ausdehnen. Auch für den Utriculus möchte ich ein Gleiches statuiren, doch wegen der äusserst schwierigen Anfertigung von Schnitten ist es mir bisher noch nicht gelungen, ein solches Verhältniss nachzuweisen. Taf. XXXVII. Fig. 4. und 5. geben ein deutliches Bild der gegenseitigen Lagerung, soweit es die Bogengänge und die Ampullen betrifft. Die häutigen Bogengänge sind an der Convexität des knöchernen etwas nach innen gegen die Schädelhöhle hin gelagert, die Ampullen und der Utriculus der Innenseite der Wandung, dort, wo die Nerven an sie herantreten. Allerdings lösen sich die Theile leicht aus ihrer Verbindung, und so kann eine centrale Lagerung vorgetäuscht werden, aber je frischer das Präparat ist, dem man die Schnitte entnommen, desto häufiger wird man die Theile wandständig sehen. Die Befestigung geschieht, wie auch schon RÜDINGER angiebt, mittelst Bindegewebssträngen, die von der Substanz der häutigen Theile ausgehend, zum Perioste verlaufen und sich mit diesem verbinden (Taf. XXXVII. Fig. 5 e.). Auch die Schnecke der Vögel bot in ihrer Lagena ein solches Verhalten, auch dort finden wir die feinen bindegewebigen Verbindungsstränge mit dem Periost, die den Raum zwischen den häutigen und den knöchernen Theilen zu einem ausserordentlich maschigen machten. Es sind feine Fäden von verschiedener Stärke, die untereinander anastomosiren, und in ihren Knotenpunkten Kerne zeigen. Bald sind sie länger, bald kürzer, bald stehen sie dichter, bald weiter auseinander, immer aber sind sie vorhanden. Ein Epithel besitzen diese Verbindungsfäden nicht. RÜDINGER drückt sich in Betreff desselben sehr reservirt aus. Bei den Vögeln ist es bestimmt nicht vorhanden, und es liesse sich aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen die Existenz eines solchen schwer begreifen. Ich habe in meiner Abhandlung: »Beiträge zur Entwicklung der Gewebe der häutigen Vogel-schnecke«<sup>1)</sup> für die Schnecke nachgewiesen, dass dieses feine Maschenwerk ein Ueberbleibsel zelliger Elemente ist, die den Raum zwischen knöchernen und häutigen Theilen vollkommen ausfüllen. Was für die Schnecke gilt, glaube ich, gilt auch für die Bogengänge, da wir hier die Grundelemente der Schnecke auch im Erwachsenen am einfachsten repräsentirt finden. Aus einer einzigen Zellform geht diese Bindegewebsmasse hervor, einem Epithel fehlt das entwicklungsgeschichtliche Substrat. Doch nicht allein dort, wo sich die häutigen Theile der Knochenwand anlegen, finden wir diese feinen Bindegewebsfäden, auch die übrige freie Fläche ist davon bedeckt, und zwar in ziemlich reichlichem Maasse. Sie stehen hier in Beziehung zu den Gefässen.

1) Diese Zeitschr. Bd. XVII. Heft 3.

Längs der Concavität der häutigen Bogengänge verlaufen in einigem Abstände von denselben die Hauptgefäße, Arterie und Venen und bilden dann rings um dieselben ein weitmaschiges Gefäßnetz (Taf. XXXVII. Fig. 7.). Von der Wand dieser Gefäße aus erstreckt sich nun ein äusserst feines, zierliches Netz von feinen Fäden mit länglich runden Kernen in den Knotenpunkten bis zu den Bogengängen, von ähnlichem Aussehen wie die Verbindungsstränge mit dem Periost, nur feiner und kürzer. Durch dieses Netzwerk, welches demnach die Bogengänge rings umgibt, werden die Gefäße in ihrer Lage gehalten (Taf. XXXVII. Fig. 7 b.). Auch dieses ist interessant, da wir die Gefäße und dieses zarte Gewebe aus denselben Zellen hervorgehen sehen. Daher denn auch die innige Wechselbeziehung zwischen der Gefäßwandung und dem Netzwerk. An einer Stelle haben die embryonalen Zellen gleichsam eine regressive Metamorphose durchgemacht, während dieselbe an anderen progressiv war, indem die zelligen Elemente an Masse zunahmen und nun auf eine noch näher zu eruirende Weise die Gefäßwandungen constituirten. Im erwachsenen Zustande sind die eben geschilderten Verhältnisse bei Vögeln und den höheren Thieren übereinstimmend; es liegt nahe anzunehmen, dass auch der Entwicklungsvorgang bei beiden der gleiche sein wird.

Wenden wir uns nun zur Histologie der Bogengänge, so sehen wir diese aus demselben Gewebe gebildet, aus dem die Knorpel der Schnecke zusammengesetzt sind. Es sind häutige, auf dem Querschnitt elliptische Röhren von einer eigenthündlichen Bindesubstanz, die gegen das freie Lumen der Gänge ebenso wie bei der Schnecke eine feine 0,0044 Mm. dicke, glashelle Basalmembran zeigt. Bekleidet sind dieselben mit einem einfachen Pflasterepithel. Die innere Wandung ist vollkommen glatt. RÜDINGER hat in der neuesten Zeit<sup>1)</sup> aus dem menschlichen Labyrinth Zotten beschrieben, die in das freie Lumen derselben hineinragen sollen. Er beschreibt sie als glasartige Kegelgebilde mit scharfer, äusserer Contour und concentrischer, wellenförmiger Streifung, welche sich gegen das Centrum der Kegel nach und nach verliert. In einer anderen Abhandlung<sup>2)</sup> kommt er auf denselben Gegenstand zurück und findet, dass derjenige Theil der inneren Wandung, welcher dem entspricht, der dem Knochen anliegt, frei von Zotten sei. Ich habe nie dergleichen an gut erhaltenen, sowohl frischen, wie mit Reagentien behandelten Bogengängen bei den Vögeln bemerkt. Allerdings sieht man zuweilen eine zarte Streifung in dem Gewebe, allein ich wäre sehr geneigt, dieselben als Kunstproducte in Anspruch zu nehmen, da

1) Archiv für Ohrenheilkunde. II. Bd.

2) Aerztliches Intelligenzblatt. München, Juni 1866.

man sie nicht immer und nur unregelmässig findet. Es wäre möglich, dass RÜDINGER sich durch solche durch das Gewebe scheinende Streifen bei Flächenansichten getäuscht hätte, möglich auch, dass die Art und Weise der Behandlung der Präparate (zuerst Anwendung der Salzsäure, dann stark erhärtender Mittel) eine Schrumpfung des Gewebes und damit Faltenbildung zu Wege bringt. Die Abbildung, welche sich in dem vorhin erwähnten Aufsätze findet, scheint mir dafür zu sprechen. Auch HENLE erwähnt in seiner Eingeweidelehre von den Bogengängen der höheren Thiere, dass sie nach der Entleerung der Endolympe zusammenfallen und sich in steife Falten legen. Frühere Beobachtungen erwähnen nichts dergleichen und KÖLLIKER<sup>1)</sup> zeichnet eine vollkommen glatte innere Wandung bei den höheren Thieren. Die Grundsubstanz der Bogengänge ist homogen, durchsichtig, zuweilen mit den vorhin erwähnten wellenförmig und unregelmässig verlaufenden Streifen versehen. Eingebettet in diese Masse finden sich spindelförmige, zellige Gebilde mit einem länglich runden Kern von 0,006 Mm. Durchmesser (Taf. XXXVII. Fig. 7, 8 u. 9 a.). Die Zellen sind regelmässig gelagert und senden nach allen Seiten hin Ausläufer, die mit einander anastomosiren. Nur darin unterscheidet sich dieses Gewebe von dem der Knorpel der Schnecke, dass die homogene Intercellularsubstanz weicher ist und ihre Zellgebilde nicht so dicht gedrängt beisammen liegen. Die Aussenwand der Bogengänge ist gleichsam wie zerfasert und das rührt von dem Ansatz der zarten Fäden des Maschenwerkes her, die theilweise die Bogengänge an die Wandung der knöchernen befestigen, theils die Befestigungen für die Gefässe abgeben. Der helle Basalsaum zeichnet sich durch seine starke Lichtbrechung aus, und während sich das obige Gewebe leicht imbibiren lässt, bleibt dieser intact. Er tritt namentlich schön an mit Osmiumsäure und Goldchlorid behandelten Präparaten hervor (Taf. XXXVII. Fig. 9 b.). Die vollkommene Uebereinstimmung dieses Gewebes mit dem der Schneckenknorpel lässt schliessen, dass der Entwicklungsvorgang hier derselbe wie dort ist, und dass meine Darstellung<sup>2)</sup> in allen ihren Theilen auch hier Anwendung findet. Ich habe dort schon alle Gründe angegeben, die mich bestimmen, dieses Gewebe in die Classe der Bindesubstanzen zu stellen, und ich habe dem Gesagten Nichts hinzuzufügen. Es möge genügen, mich hier darauf zu beziehen. Meine Beobachtungen bei den Vögeln stimmen mit denen überein, die KÖLLIKER und RÜDINGER bei den Bogengängen der höheren Thiere gemacht. HENLE weicht von der Beschreibung dieser

1) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 4. Aufl.

2) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. Heft 3.

Autoren ab, indem er das Gewebe als ein netzförmiges und kernhaltiges Fasergewebe beschreibt. Für die Vögel passt dies entschieden nicht, wenn man die Gewebe gehörig frisch und mit Reagentien untersucht, die die geringsten Veränderungen erzeugen. Immer bot sich mir dasselbe homogene Aussehen des Intercellulargewebes dar, mochte ich eins von den früher erwähnten Reagentien anwenden, welches ich wollte, oder den Bogengang frisch auf den Objectträger bringen. Die Dicke der Wandungen der Bogengänge ist nicht überall die gleiche, variiert jedoch innerhalb geringer Grenzen, ohne dass sich eine bestimmte Norm für die grössere oder geringere Dicke an bestimmten Orten aufstellen liesse.

Die Epithelauskleidung der Bogengänge ist, wie erwähnt, ein einfach pflasterförmiges, von ganz demselben Aussehen, wie dasjenige, welches beim Menschen und den höheren Thieren beschrieben worden ist. Es sind meistens schöne, fünfeckige, polygonale, helle Zellen mit sparsamen, hellen Körnchen von 0,042 Mm. Durchmesser mit einem scharf begrenzten Kern von 0,007 Mm. Durchmesser und einem bläschenförmigen Kernkörperchen mit einem Durchmesser von 0,002 Mm. (Taf. XXXVII. Fig. 10 a.). Hin und wieder erleidet allerdings die Regelmässigkeit der Begrenzung eine Einbusse. Die Zellen liegen dicht an einander gehäuft (Taf. XXXVII. Fig. 8 c.) in einer Höhe von 0,04 Mm. Der Kern liegt im Grunde. Das ist der histologische Charakter der Bogengänge, der, abgesehen von der Uebereinstimmung mit den höheren Thieren im Wesentlichen mit dem stimmt, den DEITERS bei den Amphibien und ich bei den Fröschen gesehen habe, worauf ich in einer späteren Abhandlung zurückkommen werde. Bevor ich die Bogengänge verlasse und mich zur Beschreibung der Ampullen wende, komme ich noch einmal auf die RÜDINGER'sche Ansicht der Epithelauskleidung des perilymphatischen Raumes, also des Raumes zwischen den excentrisch gelegenen Bogengängen und den knöchernen Röhrenwandungen zurück. Auf dem Perioste bei den Vögeln habe ich kein Epithel nachweisen können, wie ich früher gesagt, ebenso wenig ist es mir aber auch gelungen, ein solches auf der Aussenwandung der Bogengänge nachzuweisen. Es findet sich dort nichts weiter als die feinen Fäserchen mit ihren Kernen aus dem feinen maschigen Bindegewebsgerüst, die letzten Ueberbleibsel einer embryonalen Zellenmasse. Ich halte mich aus den früher entwickelten entwicklungsgeschichtlichen Gründen, abgesehen von allen vergleichend anatomischen überzeugt, dass weitere Untersuchungen bei den Menschen die Unhaltbarkeit dieser RÜDINGER'schen Ansichten darthun werden.

Der erste, welcher die Ampullen der Vögel einer gründlichen Untersuchung unterwarf, war STEIFENSAND: Untersuchungen über die

Ampullen des Gehörgangs<sup>1)</sup>. In ihnen findet die Ausbreitung des Nerven statt, und sie bilden mit dem Utriculus den wichtigsten Theil des ganzen Bogenapparates. Seine Darstellung lässt an Klarheit und Richtigkeit nichts zu wünschen übrig und meine Beschreibung der größeren anatomischen Verhältnisse wird nicht mehr wesentlich Neues bringen, als er schon in seiner Abhandlung niedergelegt. Der Lagerung der Ampullen, die vollständig der der knöchernen entspricht, habe ich schon früher Erwähnung gethan, ebenso ihrer Wandständigkeit. Es sind blasige Erweiterungen der Bogengänge, oder vielmehr diese entspringen aus den bauchigen Gebilden. Die des horizontalen und des sagittal gestellten liegen neben einander im rechten Winkel gestellt, mit der Oeffnung des Winkels nach aussen und hinten. Beide münden zusammen oben in den Utriculus (Taf. XXXVII. Fig. 6 b. u. c.). Entfernt von ihnen liegt die Ampulle des frontal gestellten Bogengangs, die unten für sich in den Sack mündet. Eine Grössenverschiedenheit findet unter ihnen nicht statt. Alle haben äusserlich ein fast vollkommen gleiches Aussehen. Gegen die innere Schädelwand hin eine Abflachung zeigend (*Superficies concava STEIFENSAND*) ist die entgegengesetzte Seite stark *convex* gekrümmt. Von jener entspringend, wölbt sich jeder Bogengang über die Krümmung hinüber, genau dieselbe Lagerungsebene inne haltend. Dort wo der Bogengang aus der Ampulle hervorgeht, zeigt sich namentlich gegen die *concave* Seite hin eine schwache Einschnürung, die wir ebenfalls bei dem Uebergange in den Sack auftreten sehen. Betrachten wir die *concave* der innern Schädelwand zugewandte Fläche etwas näher, so werden wir finden, dass sie nicht bei allen das gleiche Aussehen darbietet. Die Ampullen der vertical gestellten Bogengänge geben das gleiche Bild, die des horizontalen macht jedoch eine kleine Ausnahme. Die ersteren beiden zeigen, wie schon STEIFENSAND sehr richtig beschreibt, eine quer verlaufende Vertiefung, einen *Sulcus transversus*, in den der Hörnerv hineintritt, um sich dann weiter zu verzweigen. Während nun aber bei den beiden erwähnten Ampullen diese Erscheinung fast nur auf die untere Fläche beschränkt ist und nur unbedeutend auf die Seitenflächen übergreift, zieht sich der *Sulcus transversus* der Ampulle des horizontalen Bogengangs, der auch dieser nicht fehlt, jedoch ein wenig flacher erscheint, beträchtlich an der vorderen Seitenwand in die Höhe (Taf. XXXVII. Fig. 6 e.), um allmählich an Tiefe abnehmend, ebenso wie die an den anderen Ampullen zu verschwinden. In diese Vertiefungen tritt nun der Nerv. Der Stamm des Nerven (Taf. XXXVII. Fig. 6 a.) theilt sich alsbald in drei Hauptzweige für die drei Ampullen. Von diesen ist der zur Am-

1) MÜLLER'S Archiv. 1835.

pulle des frontal gestellten Bogengangs gehende der längste, dagegen der zur Ampulle des horizontalen Ganges verlaufende im Beginne am stärksten, gewinnt aber alsbald die gleiche Stärke, wie die übrigen, durch Abgabe des Nervus utriculi. In der Nähe der Sulci verbreitern sich die Nervenzweige und theilen sich bei dem Eintritt alsbald in zwei Aeste, wie es STEIFENSAND beschrieben, die divergirend in die Ampullen hineintreten. Häufig sieht man auch diese beiden Zweige wieder in untergeordnetere zerfallen (Taf. XXXVII. Fig. 6 f.). Bei dieser Vertheilung der Nervenzweige bildet der zur Ampulle des horizontalen Bogengangs gehende Ast wiederum eine Ausnahme. Er theilt sich nicht, sondern geht als Ganzes in den Sulcus transversus hinein und senkt sich mit ihm an der Seitenfläche schräge emporziehend in denselben ein. Was die Lagerung betrifft, so ist dieselbe, wie auch schon STEIFENSAND nachgewiesen hat, constant, und ich möchte glauben, dass auch bei den übrigen Thieren die Ampulle des horizontalen Bogengangs von den übrigen abweichende Formverhältnisse zeigt, die sich oft schon auf der Aussenfläche präsentiren. Vom Crocodil hat der vorhin erwähnte Autor Andeutungen darüber gegeben, und ich kann für die Frösche bestätigen, dass diese Ampulle nicht in allen Theilen mit den übrigen übereinstimmt. Ich komme alsbald darauf zurück.

Die Ampullen sind von einem weitmaschigen Gefässnetz von ähnlichem Aussehen, wie das an den Bogengängen umspinnen. Das Hauptgefäss mit dem Nerven in die Höhlung des knöchernen Bogenapparates hineintretend, verläuft mit den Hauptästen bis an die Abflachung, die ich den Boden der Ampulle nennen möchte, neben dem Sulcus transversus (Taf. XXXVII. Fig. 44 f.), um sich dann zu verzweigen. Einer der stärksten Aeste verläuft dann über die Höhe der Krümmung des Daches der Ampulle und geht dann weiter längs der Concavität der Bogengänge, wie wir es schon früher besprochen haben. Dieses genau längs der Mittellinie des Ampullendachs verlaufende Gefäss ist ziemlich constant (Taf. XXXVII. Fig. 44 d.). Ich habe nicht eruiert, ob dieses die Ampullen umspinnende Gefässnetz durch das bei den Bogengängen beschriebene äusserst feine Bindegewebsnetz gehalten wird, jedoch bin ich a priori einer solchen Annahme geneigt, der weitere Untersuchungen eine Stütze leihen müssen. Der überwiegende Theil der Gefässe verläuft ausserhalb der Ampullenwandung und es werden hier wohl dieselben Entwicklungsvorgänge, wie bei den Bogengängen sich finden. Ebenso sind mir die Befestigungsfäden an das Periost nicht in ihrer ganzen Ausdehnung zu Gesicht gekommen. Andeutungen derselben, wie auch des feinen Netzes habe ich gesehen, wenigstens können sie dafür genommen werden, wie ich alsbald erwähnen werde.

Trägt man das Dach der Ampullen ab und betrachtet den Boden, so bietet sich dem Beschauer, worauf auch schon STEIFENSAND aufmerksam gemacht hat, ein äusserst zierliches Bild dar. Aus der Mitte desselben erhebt sich ein Wulst, *Crista acustica* oder *Septum nerveum*, der in der Mitte am höchsten, nach den Seitenflächen hin allmählich an Höhe abnimmt. Diese Erhöhung ist in den Ampullen der beiden verticalen Bogengänge von ganz demselben Aussehen, und beschreibe ich sie bei diesen zuerst. Sie zeigt die Form eines zierlichen Kreuzes, ist transversal gestellt, entsprechend dem *Sulcus transversus*, gleichsam eine Einstülpung der abgeflachten Wandung. STEIFENSAND nannte diesen Wulst *Septum cruciforme* (Taf. XXXVII. Fig. 15.). Die der Queraxe der Ampullen parallel gestellten Schenkel dieses zierlichen Kreuzchens sind die breitesten und ziehen sich, allmählich etwas an Breite abnehmend, an den Seitenwänden ein wenig in die Höhe, um dort in einer halbmondförmigen Rundung, *Planum semilunatum* (STEIFENSAND), zu enden (Taf. XXXVII. Fig. 16.). Die Schenkel haben hier zugleich an Höhe allmählich abgenommen. Die in der Längsaxe der Ampullen gestellten Kreuzschenkel sind kürzer, schmäler und laufen ziemlich rasch in eine Spitze aus. In der Mitte zeigt bei durchfallendem Lichte dies Kreuz ein lichter Feld, während die beiden queren Schenkel dunkel erscheinen. Während so die Ampullen der verticalen Bogengänge ein übereinstimmendes Bild darbieten, zeigt die des horizontalen ein gänzlich verschiedenes Aussehen. Trägt man das Dach derselben ab, so gelingt es sehr schwer, sie in eine solche Lage zu bringen, dass der Boden aufliegt und man dessen Innenfläche zu Gesicht bekommt. War dieser bei den beiden anderen breit und konnte somit eine sichere Stütze abgeben, so ist er hier recht schmal, und die Ampulle legt sich leicht auf die Seite. Man sieht aus der Mitte des Bodens eine niedrigere *Crista* sich erheben, aber nirgends findet man eine Spur des Kreuzes. Als eine breite, niedrige Erhabenheit am Boden beginnend, zieht sich die *Crista* als zungenförmiges Gebilde allmählich an Breite abnehmend, entsprechend dem *Sulcus transversus* an der vorderen Seitenwand hoch in die Höhe, um hier mit einer leichten Rundung zu enden (Taf. XXXVII. Fig. 18 a., Taf. XXXVII. Fig. 11 e.). Die gegenüberliegende Seitenwand wird kaum in ihren Bereich gezogen, sie endet an derselben. Diese zungenförmige *Crista* zeigt bei durchfallendem Licht überall dasselbe dunkle Aussehen, keine Unterbrechung durch eine lichtere Fläche in der Mitte, wie bei den *Septa cruciata*. Wir sehen also diese Abweichung in den inneren Theilen vollkommen der äusseren Verschiedenheit entsprechend. Dieses Verhalten charakterisirt die horizontale Ampulle, und es ist ein auffallendes und vielleicht auch physiologisch wichtiges

Merkmal, welchem durch die Reihe der Wirbelthiere nachzugehen, sich wohl der Mühe lohnte. Es findet sich, wie STEIFENSAND angegeben, bei allen mit einem Septum cruciatum versehenen Thieren, ob auch bei dem Menschen? das wäre wohl der näheren Untersuchung werth. Ich glaube es. Bei den Fröschen, die keine kreuzförmige Crista besitzen, sondern deren Erhöhung mehr einer einfachen Querleiste mit einer Verbreiterung an beiden Seiten gleicht, ein Verhältniss, wie es STEIFENSAND bei den Menschen und Fischen und MAX SCHULTZE<sup>1)</sup> bei den Rochen gesehen hat, ist die Crista der Ampulle des horizontalen Bogengangs mehr eine einfache, runde Erhabenheit und ebenfalls der einen Seitenwand angelagert. Die Einschnürung der Ampulle beim Uebergang in den Bogengang manifestirt sich als eine schwache flache Leiste. Ein interessantes Verhalten bietet auch die Ampulle des horizontalen Bogengangs bei ihrem Uebergang in den Utriculus. Die Stelle markirte sich aussen als eine leichte Einschnürung. Innen sieht man derselben entsprechend einen Vorsprung, eine zweite Leiste sich erheben (Taf. XXXVII. Fig. 44 b., Taf. XXXVIII. Fig. 22 f.), die allerdings bedeutend schmaler als die Crista acustica, dennoch derselben an Höhe fast gleichkommt. Diese Grenzleiste nimmt mit der Gehörleiste nach den Seiten hin allmählich an Höhe ab. Häufig habe ich dieselbe mehr liegend gefunden. Ob das zufällig war, oder ob ein Wechsel in dem Vorkommen dieses Gebildes bei den verschiedenen Arten oder Individuen vorhanden ist, vermag ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Die Wandungen der Ampullen sind ziemlich resistent. Sie fallen nicht so leicht zusammen wie die Bogengänge.

Das Gewebe, aus welchem die Wandungen gebildet sind, ist dasselbe wie in den Schneckenknorpeln und den Bogengängen, aber fester wie bei letzteren. Wir treffen hier wieder dieselbe homogene Intercellularsubstanz, mit den zuweilen sich zeigenden welligen, unregelmässigen Streifen, den spindelförmigen Zellkörpern mit den nach allen Seiten hin verlaufenden, anastomosirenden Fortsätzen und den länglich runden Kernen. Die spindelförmigen Körper scheinen hier nur etwas dichter gelagert zu sein, wie in den Bogengängen. Von Faserung ist keine Spur vorhanden, ebenso wenig von Zotten. Die Innenwand des Knorpels ist vollkommen glatt und setzt sich dort mit einer feinen, homogenen, glashellen Basalmembran ab von derselben Dicke wie in den Bogengängen (Taf. XXXVII. Fig. 44 b.). Die Aussenfläche des Knorpels ist dagegen rauh, hie und da bemerkt man kleine Fortsätze, Fäden, jedoch meistens kurz abgerissen, hie und da noch einen Kern

1) Ueber die Endigungsweise des Hörnerven im Labyrinth. MÜLLER'S Arch. 1858.

zeigend. Ich glaube dass wir hierin die Ueberreste des feinen bindegewebigen Netzwerkes und der Fäden zur Verbindung mit den Gefässen und dem Perioste haben. Intact und in natürlicher Lage habe ich aber diese Theile, wie schon erwähnt, nicht gesehen. Diesen Bau der Knorpelwandung können wir durch die Reihe der Wirbelthiere hindurch verfolgen.

Ausgekleidet sind die Ampullen mit den aus der Mitte des Bodens und an der Seitenwandung sich erhebenden verschieden geformten Cristae acusticae mit einer einfachen Epithellage, die an den verschiedenen Stellen einen etwas verschiedenen Charakter annimmt. Drei Zellformen sind es im Wesentlichen, die hier in Betracht kommen: Pflaster-, Cylinder- und Stäbchenzellen. Letztere sind die Endigungen der Nervengewebe, so wie wir es in der Schnecke gesehen haben. Die Cylinderzellen treten in vier verschiedenen Formen auf: als cylindrische Dachzellen, als Bodenzellen, als flaschenförmige Pigmentzellen und als Zahnzellen der Crista acustica. Von allen diesen Formen nehmen, glaube ich, nur die Pflasterzellen, die Pigmentzellen, die Stäbchenzellen und die Zahnzellen der Gehörleiste ein allgemeineres Interesse in Anspruch. Diese finden sich, wie ich glaube, und wie ich an den betreffenden Orten nachweisen werde, in mehr oder minder veränderter Gestalt, aber in ihrem Wesen sich gleich bleibend durch die Reihe der Wirbelthiere. Ich glaube, es wird im Interesse der Einfachheit der Darstellung sein, wenn ich das Dach, den Boden und die Crista acustica mit den hervortretenden und sich ausbreitenden Nerven getrennt beschreibe.

Ich beginne mit dem Dache der Ampulle und den Seitenwänden bis in die Nähe des *Planum semilunatum* STEIFENSAND'S. Die Innenfläche desselben bietet ein überraschend schönes Bild der Aneinanderlagerung ziemlich regelmässig polygonaler und rundlicher Zellen. Wir sehen die Innenwand von einem Stratum dicht an einander liegender, fünfeckig polygonaler Pflasterzellen bekleidet, von ähnlichem Aussehen, wie das in den Bogengängen, nur noch regelmässiger. Jede einzelne Zelle hat einen Durchmesser von 0,012 Mm. Eine Zellmembran ist deutlich nachzuweisen. Das Protoplasma ist licht hell granulirt, der Kern rund von 0,006 Mm. Durchmesser mit deutlichem bläschenförmigen Kernkörperchen, welches sich im Carmin schön röthet. Doch nicht überall an der Innenwand des Daches finden wir diese schönen Zellen, die Mittellinie bildet davon eine Ausnahme. Längs dieser sehen wir einen dunkleren Zellstreifen (Taf. XXXVII. Fig. 1 2e.) verlaufen, welcher über der flachen Leiste, entsprechend der Einschnürung am Uebergange der Ampulle in den Bogengang hinüberziehend, dann gegen die der Schädelhöhle zu-

gekehrte Wandung des Bogenganges verläuft, um hier allmählich zu enden. Dieser Zellstreif besteht aus hellen, leicht granulirten Zellen von 0,006 Mm. Durchmesser. Sie enthalten einen schönen, runden Kern von 0,004 Mm. Durchmesser, mit deutlichem Kernkörperchen. Der Uebergang zwischen diesen Zellen und den polygonalen ist jedoch kein schroffer, sondern ein allmählicher, es fanden sich Uebergangszellen von 0,009 Mm. Durchmesser mit einem Kern von 0,006 Mm. Die polygonalen Zellen verlieren allmählich ihr regelmässiges Aussehen, werden immer rundlicher, nehmen zugleich wie auch der Kern, am Durchmesser ab (Taf. XXXVII. Fig. 13 b.). Jedoch auch an den Seitenflächen verändert sich das Epithel auf gleiche Weise. Wir bekommen allmählich rundliche Zellen von 0,006 Mm. Durchmesser mit einem runden Kern und Kernkörperchen. Der Durchmesser des ersteren beträgt 0,005 Mm. Diese Zellen sind ebenfalls schön hell mit wenigen hellern Körnchen im Protoplasma. Es sind Cylinderzellen, wie man deutlich an den Seitenwandungen, wo sie im Profil sichtbar werden, sieht (Taf. XXXVII. Fig. 13 b.). Gegen den Bogengang und den Utriculus nehmen sie allmählich an Höhe ab und verschwinden dort gänzlich. Ein Querschnitt zeigt uns das Wechselverhältniss dieser verschiedenen Epithelformen. Die polygonalen Zellen sind deutlich pflasterförmig mit dem Kern im Grunde (Taf. XXXVII. Fig. 14 e.). Diese nehmen in der Nähe der Mittellinie allmählich an Höhe zu, entsprechend den Uebergangszellen, und es zeigt sich dann entsprechend dem dunkleren Zellstreif ein Cylinderepithelwulst, dessen Begrenzungslinie gegen das freie Lumen hin eine leicht gebogene ist, so dass nicht überall die Höhe eine gleiche. Durchschnittlich beträgt sie 0,015 Mm. Auch im Beginn des Bogenganges zeigt sich derselbe (Taf. XXXVII. Fig. 9 d.). Der Kern, der anfangs im Grunde der Zelle lag, steigt allmählich gegen die Mitte derselben auf. Nicht bloß gegen die Mittellinie des Dachs nehmen die Pflasterzellen allmählich an Höhe zu, dasselbe geschieht an den Seitenflächen. Auch hier steigt der Kern allmählich gegen die Mitte der Zellen empor. Die Höhe dieser Cylinderzellen an den Seitenwänden wird eine sehr beträchtliche und steigt von 0,004—0,03 Mm. Die Höhe dieser Zellen nimmt jedoch nicht bloß von der Mitte des Dachs nach dem Planum semilunatum zu, sondern auch von dem Utriculus und den Bogengängen her. Mit diesen Veränderungen im Epithel sehen wir noch eine Veränderung in der Dicke des Knorpels einhergehen. Entsprechend dem Wulst der Zellen in der Mittellinie, die ich eben Dachzellen der Ampullen nennen möchte, findet sich dort die grösste Knorpeldicke. Es kommt mir vor, als nähmen gleichsam die gegenüberliegenden Ampullenwände an demselben Vorgange Theil,

Während sie sich an der einen Seite zur Crista verdickt, geschieht dasselbe jedoch auf einfachere Weise an der entgegengesetzten Wand. Nach den Seiten nimmt dann der Knorpeldurchmesser wieder ab. Diesen Dachzellstreifen, der bisher der Beobachtung entgangen ist, habe ich auch bei den Fröschen beobachtet, nur bestand er hier aus gelblich pigmentirten, etwas höheren Pflasterzellen.

Wenden wir uns nun zum Boden der Ampulle, so kommen auch da höchst interessante Gebilde zum Vorschein. Bei schwacher Vergrösserung sehen wir hin und wieder zerstreute, bald dichter, bald lückenhafter stehende, mehr oder minder grosse, sternförmige Gebilde von der Crista bis nahe an den Bogengang und hinter denselben bis an den Utriculus. Zwischen denselben fanden sich dann rundliche Zellen. Die sternförmigen Gebilde sind dunkel, gelblich pigmentirt (Taf. XXXVII. Fig. 15 b.). Bei oberflächlicher Betrachtung machen sie zuerst den Eindruck einfacher zelliger Gebilde, allein stärkere Vergrösserungen zeigen uns, dass sie ein Conglomerat von mehreren Zellen bilden. Diese sind unregelmässig polygonal mit dunklem Kern und kleinem Kernkörperchen. Die Zelle hält 0,007 Mm. im Durchmesser, während der Kern 0,0042 Mm. hält. Sie zeigen dasselbe dunkle, gelbliche Pigment und die starken Granulationen, wie die sternförmigen Gruppen. Zuweilen, aber selten sieht man sie einzeln hie und da vorkommen, häufiger jedoch zu zwei und mehreren. Ich habe bis zu 44 in einer Gruppe gezählt (Taf. XXXVII. Fig. 44 a.). Die zwischen ihnen liegenden Zellen, denen ich den Namen Bodenzellen beilegen möchte, während ich die anderen aus alsbald zu erwähnenden Gründen flaschenförmige Pigmentzellen nenne, sind durchsichtig, hell, leicht granulirt, unregelmässig rundlich von 0,006 Mm. Durchmesser, mit einem länglich runden Kern von 0,005 Mm. und hellem bläschenförmigen Kernkörperchen. Es sind ganz dieselben Gebilde, wie ich sie vorhin aus der Nähe des Planum semilunatum der Seitenflächen der Ampullen beschrieb. Dieses Zellstratum der sternförmigen Zellgruppen und der rundlichen Bodenzellen bekleidet, wie gesagt, die Ampullenwand rings um das Septum cruciatum der verticalen Bogengänge und der zungenförmigen Crista acustica des horizontalen und steigt selbst an der Gehörleiste empor, wie wir alsbald sehen werden. Betrachtet man einen Ampullenboden von oben, so wird man sie an den Seitenflächen natürlich als dunklen höheren Streifen sehen (Taf. XXXVII. Fig. 45 d.), der sich sowohl gegen den Utriculus wie gegen den Bogengang hin verliert. Durch diese sternförmigen Zellengruppen wird der Boden der Ampullen auf charakteristische Weise ausgezeichnet und bekommt eine diffuse leicht gelbliche Färbung. Sie waren für mich um so mehr von Interesse,

als ich in der Abhandlung M. SCHULTZE'S: »Ueber die Endigungsweise des Hörnerven im Labyrinthe<sup>1)</sup> vom Hechte unter dem Namen Zellen mit sternförmigem Querschnitt ähnliche Gebilde beschrieben fand. Es legte mir den Gedanken nahe, dass es möglicherweise constant vorkommende Bildungen seien. HARTMANN hat für die Knochenfische in seiner Abhandlung: »Die Endigungsweise des Hörnerven im Labyrinthe der Knochenfische<sup>2)</sup> eben solche Befunde, wie ich gemacht und in seiner Fig. 13. abgebildet. Die Beschreibung, die SCHULTZE von diesen Zellen giebt, stimmt nicht ganz mit HARTMANN'S und meinen Befunden bei den Vögeln, sie wären vollkommen übereinstimmend, wenn man sternförmige Zellgruppen als einfache riesige Sternzellen, wie der genannte Forscher gefunden, auffassen will. Die äusserlich mit der meinigen so sehr übereinstimmende Abbildung, welche er von denselben gegeben, liess die Vermuthung in mir aufsteigen, dass die Aehnlichkeit im Bau meiner sternförmigen Zellgruppen und SCHULTZE'S Zellen mit sternförmigem Querschnitt doch grösser sei, als es auf den ersten Blick erscheint. Ich finde von SCHULTZE angegeben, dass sich oft zwei Kerne innerhalb derselben finden, und das lässt mich hoffen, dass wir es auch bei den Fischen, wie HARTMANN es ja auch glaubt, mit complicirten Gebilden, mit Gruppen von Zellen zu thun haben. Noch einen anderen Umstand möchte ich als Stütze für meine Vermuthung aussprechen, wofür ich alsbald weitere Belege durch ausführlichere Untersuchungen beizubringen hoffe. Ich habe beim Frosche vor und hinter der Crista acustica einen gelblichen runden Fleck gefunden, der aus einzelnen unregelmässig rundlichen, gelblich pigmentirten Pflasterzellen constituirt sich darstellt. Also auch hier finden sich pigmentirte Zellgebilde, allerdings etwas verändert in ihrer Form, aber ebenfalls in Gruppen zusammenstehend. Während wir bei den Vögeln die Gruppen nur hie und da zerstreut auftreten finden, so zeigten sich dieselben hier zu einem rundlichen Haufen zusammengeschlossen. Stellten sich nun auch bei den Fischen die Zellen mit sternförmigen Querschnitt als Zellgruppen heraus, so wäre kein so schroffer Unterschied vorhanden, dass wir bei der einen Thierclassen vereinzelt stehende Pigmentzellen hätten, während sie in einer anderen complicirte Gebilde darstellten. Es wäre dann eine erfreuliche Uebereinstimmung in diesen durchgehend sich findenden Gebilden erzielt, und nur darin wäre ein geringer Unterschied gegeben, dass das eine Mal die Gruppen geschlossen, das andere Mal zerstreut vorkämen. Wenn ich sage, das Vorkommen dieser Pigmentzellen ist ein constantes, so bedarf das allerdings einer

1) MÜLLER'S Archiv. 1858.

2) REICHERT'S und DU BOIS REYMOND'S Archiv. 1862.

näheren Darlegung. Bisher ist es nur von den Fischen von SCHULTZE und HARTMANN, und von den Vögeln und Fröschen von mir nachgewiesen, doch auch bei dem Menschen zeigen sich, soweit die Untersuchungen bis jetzt reichen, Andeutungen davon. In der Fig. 40 b. seiner Eingeweidelehre zeichnet HENLE von einem mit Kalilauge behandelten Utriculus grössere Zellen. Es wäre wohl möglich, dass wir hier den Pigmentzellen wieder begegneten. Auch ODENIUS in seiner Abhandlung: »Ueber das Epithel der Maculae acusticae beim Menschen«<sup>1)</sup> giebt Andeutungen darüber, gesteht aber, dass die Bedeutung derselben ihm unklar geblieben sei. Ich werde am betreffenden Orte darauf zurückkommen.

Wir kommen jetzt zu den wichtigsten Gebilden der Ampullen, zu den Cristae acusticae. In ihnen verbreiten sich die Nervenfasern, auf ihnen sitzen die Epithelzellen, die für das Zustandekommen der Gehörempfindungen von wesentlichster Bedeutung sind. Betrachten wir zunächst die Cristae acusticae oder die Septa cruciata der Ampullen der vertical gestellten Bogengänge. In der Mitte des Bodens sich am höchsten erhebend, mit den beiden spitz auslaufenden in der Längsaxe der Ampullen gelegenen Fortsätzen, gleichsam Andeutungen einer Längsleiste, die sich aber beim Ursprung der Crista aus dem Boden nach beiden Seiten hinüberwölbt, verschmälert sich die Leiste jenseits dieser Fortsätze plötzlich und verläuft dann stetig an Höhe und etwas an Breite abnehmend, jedoch immerhin ziemlich steil gegen den Boden hin abfallend gegen die Seitenwandungen der Ampullen, steigt ein kleines Stück an denselben empor, um dort allmählich sich abzudachen. Dadurch wird bewirkt, dass, während die Crista an den Seiten überall eine scharfe Begrenzung zeigt, an den Seitenwandungen dieselbe verwaschen ist, sich dort als eine Verbreiterung darstellt, die wegen der leichten Abrundung, die die Leiste hier an ihrem Ende hat, eine rundliche Fläche bilden muss, das STEIFENSAND'sche Planum semilunatum (Taf. XXXVII. Fig. 46.). Durch das plötzliche Vorspringen der Fortsätze des Septum cruciatum kommen in der Mitte der Crista vier Incisuren zum Vorschein (Taf. XXXVII. Fig. 43.), die, abgesehen von den Abhängen der Leiste, durch die Seitenwandungen der flügel förmigen Fortsätze begrenzt sind. Weniger hoch erhebt sich, wie früher erwähnt, die Crista acustica der Ampulle des horizontalen Bogengangs, und fällt nicht so steil wie die beiden anderen gegen den Boden hin ab. Es treten dadurch die Grenzcontouren derselben nicht so scharf hervor, sie sind mehr verwaschen, und da die Abdachung nach allen Seiten

1) M. SCHULTZE's Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. III. 1867.

hin mehr eine allmähliche ist, so wird auch an dieser das Planum semilunatum fehlen. Die Crista endet in einer leichten Abrundung und hat im Beginn des Aufsteigens an der Seitenfläche ihre grösste Breite. Das Gewebe der Gehörleisten besteht aus denselben Elementen, wie die Wandung der Bogengänge und der Ampullen (Taf. XXXVIII. Fig. 22., 25., 29 a.). Wir finden dieselben spindelförmigen Körperchen regellos zerstreut, mit ihren langen Fortsätzen eingebettet in einer homogenen Intercellularsubstanz. Gegen die Höhlung der Ampullen hin finden wir auch hier einen schönen, hellen, feinen Basalsaum abgesetzt, ebenso wie wir es an allen anderen Theilen des Bogenapparates bisher beschrieben haben (Taf. XXXVIII. Fig. 20 a. und 29.). Diesem sitzt in einfacher Lage das Epithel auf.

Das Zellenstratum, welches ich aus dem Boden der Ampullen in der Flächenansicht beschrieben, steigt an den Abhängen der Crista acustica und der flügelartigen spitz auslaufenden Fortsätzen empor, ja es geht selbst auf die Höhe des Septum cruciatum über und bekleidet sonach sämtliche Flächen der beiden Fortsätze (Taf. XXXVIII. Fig. 20 b. d. e.). Erst an einer leichten Erhebung im Bereich der Mitte der Crista acustica macht es Halt, und hier sehen wir es von einem anders geformten haartragenden Epithel abgelöst werden, auf dessen Natur ich später ausführlicher zu sprechen komme. Jenseits des Septum cruciatum geht dieses Zellstratum nicht ganz bis an die Kuppe der Leiste heran, sondern lässt dieselbe frei, so dass hier auch noch ein Theil des Abhanges mit dem vorhin erwähnten Epithel bekleidet wird. Dort, wo sich die Seitenflächen des Septum cruciatum auf die obere herumschlagen, sieht man einen dunkleren Streifen verlaufen, der in den an den Seitenflächen der Ampullen beim Querschnitt zum Vorschein kommenden übergeht (Taf. XXXVII. Fig. 45 f.). Es sind die auf der Schnecke stehenden im Profil sichtbar werdenden Zellen. Wir haben es hier wieder mit den sternförmigen Zellgruppen und den zwischen ihnen liegenden Bodenzellen zu thun. Beide erweisen sich als cylindrische Zellen, die in einfacher Lage der Wandung aufsitzen (Taf. XXXVIII. Fig. 20 b. und 25 a. b.). Auf einem Querschnitt sind die dunkleren Zellen als flaschenförmige Gebilde gleichsam zwischen die Cylinderzellen eingesprengt zu sehen (Taf. XXXVIII. Fig. 25. 29 b. und 23 a.). Jene besitzen eine Höhe von 0,006 Mm. Der Bauch der Flasche nimmt den unteren Theil der Zelle ein (Taf. XXXVIII. Fig. 24 a.), gegen die Höhlung der Ampulle hin verjüngt sich der Durchmesser. Der Kern mit dem Kernkörperchen lagert ebenfalls im unteren bauchigen Theil der Zelle. Die Zellmembran ist ausserordentlich zart, das Protoplasma enthält, wie erwähnt, starke Granulationen und ist, wie es scheint,

ungemein zähe. Oftmals sieht man den unteren Zelltheil verletzt (Taf. XXXVIII. Fig. 24 b.), aber niemals sieht man den Inhalt herausgetreten und die Zelle zusammengefallen. Es gewährt dieselbe dann ein Bild, als sei sie überall mit kleinen Rauhigkeiten und Knötchen besetzt. Es sind die Körnchen des nicht herausgetretenen zähen Protoplasma's, welche dieses Aussehen bewirken. Die cylindrischen Bodenzellen sind durchgängig einfach cylindrische Gebilde, hell, durchsichtig, leicht granulirt, von derselben Höhe wie die flaschenförmigen Pigmentzellen. Der Kern liegt hier oft im unteren Theile der Zelle. Sehr häufig sieht man aber auch bei denselben, dass der Kern ebenso wie bei den cylindrischen, die die Seitenwände der Ampullen bekleiden, in der Mitte liegt, und dass sie ihre Gestalt wechseln (Taf. XXXVIII. Fig. 24.). Es kommen alle denkbaren Formen vor, ohne dass man dadurch veranlasst werden könnte, bestimmte Kategorien aufzustellen. Bei den Seitenwandzellen sieht man häufig eine leichte Einbuchtung unterhalb des Kerns (Taf. XXXVIII. Fig. 24 b.) oder selbst den unteren Theil der Zelle fadenförmig (Taf. XXXVIII. Fig. 24 c.), oder den unteren Zellfortsatz in mehrere Aeste getheilt oder verbreitert (Taf. XXXVIII. Fig. 23 c.). Worin dieser Wechsel der Gestaltung liegt, ist mir nicht ganz klar geworden. Sehr wahrscheinlich, dass die verschiedenen Reagentien Einfluss darauf haben. Ich habe sie sowohl an in Alkohol, wie in MÜLLER'scher Flüssigkeit bewahrten Präparaten gesehen. Ich muss auf diesen Umstand noch einmal beim Nervenepithel und dem der Macula acustica zurückkommen. Es ist jedoch hier schon von Interesse, weil dadurch die Beobachtungen von M. SCHULTZE<sup>1)</sup> und ODENUS<sup>2)</sup> erweitert werden. Auch das Planum semilunatum die Abdachung der Crista acustica an den Seitenwandungen sehen wir mit diesem Epithellager bekleidet (Taf. XXXVII. Fig. 46 c. d.). Dasselbe setzt sich mit einem schärferen Contour gegen die mit Nervenepithel bekleidete Kuppe der Gehörleiste ab, allein man bemerkt auch eine schwache Grenzlinie gegen die cylindrischen Zellen, die die Seitenwandungen der Ampullen bekleiden (Taf. XXXVII. Fig. 46 b.). Während man diese bei einem ausgebreiteten Schnitt scharf von der Fläche zu Gesicht bekommt, sieht man jene, da wo die Crista sich allmählich zu erheben beginnt, ein wenig von der Seite, und diesem Umstande ist der schwache Grenzstreifen an dem Planum zuzuschreiben. Da die Crista der Ampulle des horizontalen Bogengangs allmählich abfällt, so fehlt hier sowohl der scharfe Grenzstreifen an der Abdachung des Septum cruciatum (Taf. XXXVII. Fig. 45 f.), als auch der des Planum. Die Bodenzellen und

1) l. c.

2) l. c.

die Cylinderzellen der Seitenwandung sind nicht gegen einander abgesetzt (Taf. XXXVII. Fig. 48 *b. c.*). Doch auch insofern bildet diese Crista eine Abweichung von den beiden übrigen, dass wir das Stratum der flaschenförmigen Pigmentzellen und der Bodenzellen nicht so hoch an der Abdachung der Gehörleiste hinaufgehen sehen. Das Nervenepithel ragt hier tief hinunter, tiefer wenigstens, wie mir scheint, als jenseits der flügel förmigen Fortsätze an den anderen Leisten (Taf. XXXVIII. Fig. 29.). Auch die früher von mir beschriebene Knorpelhervorragung, die die Ampulle des horizontalen Bogengangs von dem Utriculus trennt (Taf. XXXVIII. Fig. 22 *f.*), ist mit denselben beiden Epithelformen bedeckt (Taf. XXXVIII. Fig. 22 *d.*).

Wir kommen jetzt zu der Beschreibung des wichtigsten und interessantesten Theils, zur Ausbreitung des Nerven und zum Nervenepithel, von welchem letzterem STEIFENSAND<sup>1)</sup> nur erwähnt, dass es eine weiche Pulpa sei. Ich habe schon früher den Verlauf und die Verzweigung des Nerven bis zu seinem schrägen Eintritt in den Sulcus transversus der Ampullen geschildert (Taf. XXXVIII. Fig. 22 *d.*), Verhältnisse, die ja auch bei den höheren Thieren constant zu sein scheinen. Ich habe dasselbe auch beim Frosche gesehen und sowohl STEIFENSAND wie HENLE<sup>2)</sup> sprechen von einer Zweitheilung des Nerven im Sulcus. Es erübrigt nun noch, bevor ich mich mit der Verbreitung des Nerven befasse, die histologischen Verhältnisse der einzelnen ungetheilten Zweige in Betracht zu ziehen, und ich wurde überrascht, dort ähnliche Verhältnisse zu finden, wie ich sie in meinen: »Nachträge zur Anatomie der Vogelschnecke«<sup>3)</sup> vom Nervus cochlearis beschrieben.

Die Ampullenäste sind mehr platte, ovale Stränge (Taf. XXXVIII. Fig. 27.) umhüllt von einer ziemlich starken, homogenen Membran (Taf. XXXVIII. Fig. 27 *a.*), von ähnlichem Aussehen wie das Periost mit eingestreuten, Fortsätze aussendenden Kerngebilden. Diese umschliesst also die Masse der Nervenfasern und umhüllt mit ihren Fortsätzen wahrscheinlich die einzelnen, jedoch habe ich dieses Verhältniss nicht eingehender studirt. Während wir nun aber am Nervus cochlearis ein eigenes Ganglion auftreten sehen, sehen wir hier nichts dergleichen. Dennoch fehlen die Ganglienzellen nicht. Sie finden sich zerstreut in der Masse der Nervenfasern in der ganzen Länge der Nervenäste, namentlich aber in der Mitte stärker angehäuft. Auch REICH: »Ueber den feineren Bau des Gehörorgans von Petromyzon und Ammocoetes«<sup>4)</sup>

1) l. c.

2) Eingeweidelehre.

3) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. Heft 3.

4) Untersuchungen zur Ichthyologie von ECKER. Freiburg 1857.

hat solche Ganglienzellen gefunden und bestreitet STANNIUS, dass sich apolare fänden. Es sind länglich runde Zellen von verschiedener Grösse von 0,044—0,023 Mm. Durchmesser, mit schönem glänzenden, ovalen Kerne. Das Protoplasma der Zelle ist stark granulirt (Taf. XXXVIII. Fig. 26 a. und 27 c.). Sie finden sich bis an die Verzweigung des Nerven in der Crista acustica. An beiden entgegengesetzten Enden zieht sich die Ganglienzelle in zwei Nervenfasern von der gleichen Stärke aus (Taf. XXXVIII. Fig. 26 b.), die einen Durchmesser von 0,0023 Mm. zeigen. Sie sind einfach contourirt und besitzen eine Scheide. Somit haben wir es auch hier mit einfachen bipolaren Ganglienzellen zu thun. Der Stamm des Nerven zeigt starke doppelt contourirte Nervenfasern, die sich dann theilen, um mit den einzelnen Theilästen nach längerem oder kürzerem Verlauf in die Ganglienzellen zu treten, von denen dann wieder, je nach der Lagerung der Ganglienzellen, kürzere oder längere Fäden von oben genannter Dicke zur Gehörleiste der Ampullen hin verlaufen. Die Zweitheilung des zu diesem Theile hin verlaufenden Nervenastes lässt sich sehr gut innerhalb der Crista verfolgen. Schon die einfache Flächenansicht lässt sie zum Vorschein kommen. Ihnen entsprechen die dunkleren Seitentheile des Septum cruciatum (Taf. XXXVII. Fig. 15 h.) bei durchfallendem Licht, die auch schon STEIFENSAND angegebeu. Schön aber treten diese beiden Aeste in Flächenschnitten durch die Crista zu Tage (Taf. XXXVIII. Fig. 23 f.), an denen man sieht, dass sie sich in der Mitte verschmälern und nur durch einen Streifen sich verbinden. Man bemerkt dann noch, dass mit jedem Nervenaste ein Gefässchen in der Substanz des Knorpels der Leiste verläuft (Taf. XXXVIII. Fig. 25 g.).

Was nun die weitere Anordnung und den Verlauf der Nerven in der Leiste betrifft, so sind darüber im Laufe der Zeit entsprechend den Schwierigkeiten des zu erforschenden Gegenstandes verschiedene Ansichten laut geworden. STEIFENSAND<sup>1)</sup>, der diesem Verhältnisse zuerst eine eingehendere Aufmerksamkeit geschenkt und seine Untersuchungen über Fische, Reptilien, Vögel, Säugethiere und den Menschen ausgedehnt hat, fand bei allen das gleiche Verhalten, soweit es sich ohne starke Vergrösserung erkennen liess. Der Nerv dringt in das Septum ein, vertheilt sich in einige feine Fäden und löst sich an der Oberfläche in ein wahres Nervenmark auf, ähnlich wie der Sehnerv in der Retina. Ihm folgt REICH<sup>2)</sup>, welcher das Mikroskop zu Hülfe nahm. Er fand, dass feine Nervenfasern die Knorpelmasse durchsetzen, die er für faserig hält, und dass dieselben, bevor sie an die freie Oberfläche treten, eine

1) l. c.

2) l. c.

kleine spindelförmige Anschwellung erleiden. Noch ausführlicher behandelt SCHULTZE<sup>1)</sup> den Gegenstand bei den Fischen. Der Nerv breitet sich fächerförmig gegen die Enden der Crista acustica aus. Die Fasern verlaufen überall in derselben Dicke, die äussersten in Biegungen bis zur Epithelgrenze, ohne Schlingen irgend welcher Art zu bilden. Es sind nach ihm markhaltige Axencylinder. Kurz bevor sie jedoch die Grenze des Epithels erreichen, verlieren sie ihr Mark, durchbohren dann die harte gegen das Epithel scharf abgesetzte Bindegewebslage und dringen nackt in den Epithelüberzug ein. HARTMANN tritt in seiner Abhandlung<sup>2)</sup> dieser Darstellung SCHULTZE's entgegen, und giebt folgende Beschreibung des einschlägigen Verhaltens. Die markhaltigen Primitivfasern sollen allerdings, indem sie in der Crista emporsteigen, hier zu enden scheinen, jedoch verlieren sie dort ihr Mark nicht, wenigstens nicht alles. Sie verlaufen in der Crista in Bündelchen zu zwei und drei. Die Primitivfasern begeben sich in gleicher Dicke bis zum Rande, theilen sich, wie ihm scheint, selten und biegen dann, anstatt den Basalsaum zu durchbohren, schlingenförmig um. Wenn sie über den Rand hinübertreten, so sind sie künstlich hervorgeedrückt. LANG: »Das Gehörorgan der Cyprinoiden mit besonderer Berücksichtigung der Nervenendapparate«<sup>3)</sup> lässt die Nervenfasern ohne Scheide parallel dem freien Rande zuziehen. F. E. SCHULZE: »Zur Kenntniss der Endigungsweise des Hörnerven bei Fischen und Amphibien«<sup>4)</sup> sah dieselben bei diesen Thieren von zellenähnlichen Anschwellungen, die er für bipolare Ganglienzellen halten möchte, wenn ihnen nicht der Kern fehlte, in die Crista in einem Bündel treten, ohne dass sich eine Theilung bemerken liess. KÖLLIKER<sup>5)</sup> schliesst sich im Wesentlichen an M. SCHULTZE an. Er hat seine Wahrnehmungen an *Spinax acanthias* gemacht. Die Nerven sollen bei ihnen einen Plexus bilden, und dann treten die einzelnen Primitivfasern verfeinert und blass durch Oeffnungen der Ampullarwand. HARTMANN's Schlingenendigung hält er für unrichtig und hält fest an dem Durchtritt der Nerven in die Höhlung der Ampulle. Nach HENLE<sup>6)</sup> sollen die Nervenfasern, nachdem sie sich in der Crista ausgebreitet haben, zugespitzt an der inneren Wand der Gehörleiste enden, doch bestreitet er die Endschlingen, da er die Nervenfasern ohne Uebergang der einen in die andere an Flächenansichten auf und ab verfolgen konnte.

1) l. c.

2) l. c.

3) Diese Zeitschr. Bd. XIII.

4) REICHERT's und DU BOIS REYMOND's Archiv 1862.

5) Gewebelehre. 4. Auflage.

6) Eingeweidelehre.

Meine eigenen Untersuchungen an den Ampullen ergaben nun Folgendes: Nachdem der Nerv schräge an den Sulcus transversus herantreten (Taf. XXXVIII. Fig. 22 d.), sich in seine Hauptzweige getheilt und in den Sulcus hineingesenkt hat, bis wohin wir auch das Vorhandensein bipolarer Ganglienzellen verfolgen können, treten die Nervenbündelweise (Taf. XXXVII. Fig. 46., XXXVIII. 20 f., 22 e., 29.) in die Knorpelmasse der Crista. Jedes Bündel, welches namentlich deutlich an einem Flächenschnitte zum Vorschein kommt (Taf. XXXVIII. Fig. 25 f.), enthält eine verschiedene Anzahl von Primitivfasern. Sie sind zusammengefasst in zwei grosse Gruppen, entsprechend den beiden Hauptästen in den Ampullen der verticalen Bogengänge, zwischen denen nur in der Mitte ein Zusammenhang durch einzelne Bündel bewerkstelligt wird. Das Verhalten der Ampulle des horizontalen Bogengangs ist ein etwas verschiedenes, wie ich alsbald erwähnen werde. Auf welche Weise jede einzelne Nervenprimitivfaser im Bündel von den anderen isolirt ist, ist mir nicht gelungen, nachzuweisen. Ich glaube aber, es geschieht auf dieselbe Weise, wie ich es aus dem Nerven-durchtritt und der Lagena der Schnecke beschrieben. Alsbald lösen sich die Bündelchen in ihre einzelnen Fasern auf. Der ganze Nerv gewinnt dadurch gleichsam eine fächerförmige Ausbreitung (Taf. XXXVIII. Fig. 29.). Jede einzelne Primitivfaser verläuft als einfach contourirter Strang von 0,0023 Mm. Dicke in seinem Knorpelcanälchen, häufig in leichten Schlangelungen bis in die Nähe des Basalsaumes. Hier sehen wir oftmals eine leichte Umbiegung der einzelnen Fasern, und ich halte mich fest überzeugt, dass diese von HARTMANN als Schlingen gedeutet worden sind. Alsbald erheben sich aber die Fäserchen und durchsetzen nun senkrecht den Basalsaum, um in das Epithel einzutreten. Es ist mir niemals gelungen, einen Dickenunterschied beim Austritt aus dem Bündel und beim Herantritt an die freie Oberfläche der Gehörleiste zu sehen. Eine Verfeinerung, ein Zuspitzen, wie es einzelne Forscher behauptet haben, habe ich bei den Vögeln nie entdecken können, und möchte ich mich auch gegen die SCHULTZE'sche Ansicht aussprechen, dass beim Durchtritt durch den Basalsaum die Primitivfaser ihre Scheide verlöre, sich zuspitze und als nackter Axencylinder weiter verlief. Die Dicke des Fäserchens im Basalsaum ist dieselbe, wie nach dem Abgang von der bipolaren Ganglienzelle, und ich habe es deutlich einfach contourirt hindurchtreten sehen. Einen parallelen Verlauf halten die Fasern nicht streng inne, sie schlängeln sich zuweilen um einander herum, und so könnte man wohl von einer Plexusbildung sprechen. Während nun die Nervenbündel und die Primitivfasern in der Mitte des Septum cruciatum senkrecht die Substanz der Crista durchsetzen,

nehmen sie gegen das Planum semilunatum einen schrägeren Verlauf, der sich fast einem horizontalen nähert. Dadurch ist es bedingt, dass das Licht weit leichter die Mitte der Leiste durchsetzen kann, als jenseits derselben, und daher kommt es denn auch, dass wir die Mitte des Septum als helle Fläche bei auffallendem Lichte erscheinen sehen, während die Seiten sich dunkel präsentiren. Natürlich ist auch die Zweitheilung des Nerven auf dieses Verhältniss nicht ohne Einfluss. Etwas abweichende Verhältnisse bietet, wie gesagt, die Crista der Ampulle des horizontalen Bogengangs. Es betrifft jedoch nur den Verlauf der Fasern, das übrige näher beschriebene Verhalten bleibt dasselbe. Der schräge herantretende Nerv behält mit seinen Bündelchen und Fasern diese Richtung bei und läuft an der Seitenwand in der Crista empor. Anschwellungen oder gar bipolare Ganglienzellen habe ich ebenso wenig wie in der Schnecke im Nervendurchtritt und in der Lagena gesehen. Diese verschwinden beim Eintritt in die Knorpelsubstanz.

Die Verhältnisse, die ich hier soeben geschildert, finde ich scheinbar auch bei anderen Thieren, so bei den Fröschen wieder. Nirgends eine Theilung der Primitivfasern in der Knorpelsubstanz, dagegen wohl Plexusbildung, nirgends auch, wie mir vorkommt, eine Dickenabnahme derselben, nirgends eine wahre Endschlingenbildung. Dagegen durchsetzen auch bei diesen Thieren die Primitivfasern als gleichmässige, einfach contourirte Gebilde, deren jede von der anderen getrennt, den Basalsaum. Freilich bekommt man auch hier häufig Umbiegungen der Fasern, die als HARTMANN'sche Schlingen imponiren können, aber immer wieder sieht man die Fäserchen aufsteigen.

Wenden wir uns jetzt zur wichtigen Frage der Epithelauskleidung der Crista acustica im Bereiche der Ausbreitung der Nervenfasern und zu der der Endapparate des Nerven. Manche und differente Ansichten sind darüber zu Tage getreten, aber alles weist in der neuesten Zeit darauf hin, dass die Endigung in Härchen tragende Gebilde stattfindet. Für die Vögel werde ich auch, was die Ampullen betrifft, den bestimmten Nachweis dafür führen. Die alte STEIFENSAND'sche Anschauung der Bekleidung der Crista mit einer weichen Nervenpulpa, in die die Primitivfasern treten, machte, so richtig die Beobachtung auch ohne Anwendung feinerer Hilfsmittel ist, bald einer besseren Erkenntniss Platz, und das Mikroskop lehrte uns einen complicirten Apparat kennen, über dessen Zusammensetzung trotz mannigfacher Versuche man noch nicht einig geworden ist. REICH und MAX SCHULTZE<sup>1)</sup> gebührt das grosse

1) l. c.

Verdienst, auch hier zuerst Licht gebracht zu haben. REICH wies zuerst das Eintreten der Nervenfasern in ein Epithel nach. Hier sollten sie bei Petromyzon und Ammocoetes zuerst eine kleinere, rundliche Anschwellung mit Kern und Kernkörperchen zeigen. Von hier aus erstreckt sich ein Faden, der zwischen die Cylinderzellen, die im Uebrigen die Höhe der Leiste bekleiden, in die Höhe steigt, und dann noch eine kleine Zelle mit einem feinen Faden als Verlängerung trägt. SCHULTZE lässt nach seinen Untersuchungen bei Fischen die nackten Axencylinder sich alsbald, nachdem sie in das Epithel getreten sind, in feine Fäden theilen, deren Endigung er nicht verfolgen konnte. An dem bekleidenden Epithel unterscheidet er wesentlich drei Formen, walzenförmige Zellen, kegelförmige Basalzellen, die dem Basalsaum aufsitzen, während die anderen zwischen ihnen gelagert sind, und Fadenzellen, die sich als spindelförmige Körper mit einem feinen, varicösen Faden und einem frei in die Ampulle ragenden Härchen versehen, repräsentiren. Von der Fläche gesehen, bieten diese Epithelien ein Bild, wie aus der Retina und SCHULTZE vermuthet, dass die Nervenfädchen mit den Fadenzellen in Verbindung stehen. Bei Fischen und Vögeln fand dieser Forscher auch Fädchen, die über das Epithel hinausragten. FR. E. SCHULZE<sup>1)</sup> sah bei Fischen und Amphibien die Crista mit Cylinderzellen bedeckt, zwischen denen steife Haare hervorkommen und glaubt er, den unmittelbaren Zusammenhang mit den sich theilenden Nervenfädchen gesehen zu haben. HARTMANN, welcher, wie schon erwähnt, Endschlingen annimmt, beschreibt das die Crista bekleidende Epithel als einfache Schicht von Cylinderzellen, von denen viele mit Leisten versehen sind. Er leugnet aber jeden Zusammenhang der Nerven mit dem Epithel. LANG<sup>2)</sup> beschreibt bei den Cyprinoiden das Epithel als ein cylindrisches. Unter demselben befindet sich dann eine Schicht, über deren Bedeutung er nicht ins Klare kam. Sie zeigte Hohlräume und die Nervenfaserschichten. Als wichtigste Bildung beschreibt er aber, indem er die Härchen als normale Bildung leugnet, eine sogenannte Cupula terminalis, ein helles, hyalines, feinstreifiges Gebilde, gleichsam ein Aufsatz auf den Epithelzellen. Die Plana semilunaria sollen nichts dergleichen, sondern nur einfache Cylinderzellen zeigen. KÖLLIKER<sup>3)</sup> fand im Epithel bei Spinax acanthias ausser pflasterförmigen Zellen, spindelförmige Körper mit einem inneren, schmalen und fadenförmigen, und einem äusseren, am Ende angeschwollenen Fortsatz. Diese Spindel hält er denen entsprechend, die SCHULTZE bei Haien und Rochen gefun-

1) l. c.

2) l. c.

3) Gewebelehre. 4. Aufl.

den hat. Bei Säugethieren fand er das Epithel auch von Härchen überragt. Er fand im Epithel auch die SCHULTZE'schen Spindelzellen, doch sollen auch die übrigen gewöhnlichen Epithelzellen zwei Fortsätze zeigen, von denen der innere oft varicos erschienen. HENLE<sup>1)</sup>, der das Epithel der Crista als ein geschichtetes Cylinderepithel beschreibt, verneint jedes Eintreten des Nerven in das Epithel. Er konnte die Primitivfasern nie über den Basalsaum hinüber verfolgen. In der neuesten Zeit behauptet ODENIUS<sup>2)</sup>, der seine Beschreibung wesentlich auf das Epithel der Macula acustica beim Menschen beschränkt, dass dasjenige der Hörleiste der Ampullen wahrscheinlich dasselbe sei. Es ist daher wohl erlaubt, hier schon auf seine Beschreibung derselben näher einzugehen, ebenso wie das von den übrigen Forschern beschriebene Verhalten der Bekleidung auch für die Macula acustica gilt. Nachdem die Nerven mit Verlust ihrer Markscheide den Basalsaum durchbohrt haben, treten die nackten Axencylinder ins Epithel hinein und theilen sich hier häufig dichotomisch. Eine solche pinselförmige Ausstrahlung des Axencylinders, wie M. SCHULTZE sie beschreibt, hat er nicht zu sehen vermocht. Die Zweitheilung war das Höchste. Was das Epithel betrifft, welches er auch von Härchen überragt findet, so führt er die drei SCHULTZE'schen Formen der Cylinder, Basal- und Fadenzellen, auf zwei zurück, einfache Cylinderzellen von verschiedenen Formen, die durch die Anwendung von Reagentien, wie er glaubt, hervorgerufen werden, und Spindelzellen. Von den Basalzellen SCHULTZE's hält er es für möglich, dass sie einfache Cylinder seien, deren Inhalt im oberen Ende ausgetrieben sei. Von den Spindelzellen vermuthet er, dass sie den SCHULTZE'schen Fadenzellen gleich seien. Es sind langgestreckte, schmale Spindeln mit entgegengesetzten Fortsätzen. Ein Kern konnte nicht mit Sicherheit beobachtet werden. Die Härchen hat ODENIUS nicht constant mit diesen Zellen in Verbindung gesehen, aber er glaubt, dass sie den Spindelzellen regelmässig aufsitzen und an der Verbindungsstelle mit einer oft unregelmässigen Scheide versehen sind. Einen Zusammenhang der getheilten Axencylinder mit diesen Zellformen hat ODENIUS nicht mit Sicherheit nachweisen können.

Meine eigenen Untersuchungen haben mir einen solchen gezeigt. Das Epithel der Cristae acusticae, welches ich in allen Ampullen von Härchen überragt finde, findet sich, wie erwähnt, auf der Höhe der Leisten, geht aber auch jenseits des Septum cruciatum auf den Abhang etwas über, namentlich deutlich an der Leiste der horizontalen Ampulle. In der Mitte des Septum cruciatum in der grössten Breite sich findend,

1) Eingeweidelehre.

2) l. c.

ragt es auch hier wegen der Höhe der Crista am weitesten ins freie Lumen der Ampullen hinein, und senkt sich dann mit der Abnahme der Höhe und Breite tiefer gegen den Boden hin und nimmt auch allmählich an Breite ab, um an den Seitenflächen der Ampullen mit einer leichten Abrundung am Planum semilunatum (Taf. XXXVII. Fig. 16 f.) zu enden. Ein Längsschnitt durch die Crista wird demnach das Epithel gegen die Mitte hin ansteigend zeigen, und an einem Flächenschnitt durch die Leiste werden sich demnach auch die Seitenflächen der Hervorragung mit dem haartragenden Epithel bekleidet finden (Taf. XXXVIII. Fig. 23 d. e.).

An feinen Querschnitten und Isolationspräparaten treten zwei Epithelformen zu Tage, ganz wie es ODENIUS für die Macula acustica beschreibt, und glaube ich demnach mit ihm, dass SCHULTZE's drei Formen auf zwei zurückgeführt werden müssen. Es sind Cylinderzellen, die ich als Zahnzellen der Crista acustica bezeichnen möchte, und haartragende Zellen, die ich Stäbchenzellen nenne. Betrachtet man die Epithelbekleidung im Zusammenhange von der Fläche, so treten diese beiden Elemente deutlich zu Tage (Taf. XXXVII. Fig. 14.) Wir finden dunklere grosse Zellen, mit grossem, runden Kern (Taf. XXXVII. Fig. 14 e.), umgeben von kleineren, letztere ebenfalls mit deutlichem Kern versehen. Ueber das Ganze sieht man feine Streifen, die von den grossen Zellen ausgehen, ausgebreitet (Taf. XXXVII. Fig. 14 c.). Erstere sind die Stäbchenzellen, die Streifen, die Härchen und die umgebenden, die Zahnzellen. Jede Stäbchenzelle wird von fünf Zahnzellen regelmässig umgeben. Stellt man den Kern dieser Gebilde scharf ein, so tritt der Kern der anderen nur undeutlich zu Tage. Sie liegen also in verschiedenen Ebenen. Die Flächenansicht gewährt ein Bild, wie bei der Retina, wie auch schon M. SCHULTZE in der Fig. 14 seiner Abhandlung gezeichnet. Die Stäbchenzellen entsprechen den Zapfen, die Zahnzellen den Stäbchen. Jede Stäbchenzelle ist auf diese Weise von der anderen isolirt. Das ganze Bild erinnert auch an das, welches ich in der Fig. 14 meiner Abhandlung: »Beiträge zur Entwicklung der Gewebe der häutigen Vogelschnecke<sup>1)</sup> gegeben habe, wo auch jede Stäbchenzelle sich durch einen Kranz von Zahnzellen isolirt zeigte, nur dass hier die Zahl der Letzteren nicht festzustellen war. Der Querschnitt zeigt ein ganz entsprechendes Lagerungsverhältniss. Auf eine Stäbchenzelle folgt eine Zahnzelle u. s. w., ganz wie ich es aus der Lagena der Vögel beschrieben. An diesen bemerken wir auch, dass die Kerne dieser verschiedenen Gebilde in verschiedenen Ebenen liegen.

1) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. Heft 3.

Der Kern der Zahnzellen findet sich im Grunde, unmittelbar am Basalsaum, während der der anderen oberhalb liegt. Die ersteren liegen neben einander mit schmalen Zwischenräumen und gewähren ein Bild, wie das der Zahnzellen in der Lagena. Betrachten wir nun die beiden Formen etwas näher. Die Zahnzellen sind cylindrische Gebilde, hell, schwach granulirt, von 0,0056 Mm. Durchmesser. Der im Grunde liegende Kern ist rund, mit schönen bläschenförmigen Kernkörperchen und füllt die Breite der Zelle fast ganz aus. Oberhalb des Kerns eine Einschnürung zeigend, verbreitert sie sich dann wieder und endet mit einer leichten Abrundung an der inneren Oberfläche der Ampullen (Taf. XXXVIII. Fig. 29 h.). Diese Beschreibung stimmt mit der, die ich von den Zahnzellen der Lagena gegeben, nur dass hier der obere Zelltheil schlanker wie dort ist. Bei Isolationsversuchen sieht man häufig den unteren Theil der Zelle abgebrochen und nur der obere isolirt sich mit den Stäbchenzellen (Taf. XXXVIII. Fig. 28 f.). Vielleicht hängt dieser Umstand mit der Annahme SCHULTZE's der Basalzellen zusammen, denn in der That entspricht die Form des unteren Zellabschnittes völlig den von ihm gegebenen Bildern. Die Stäbchenzellen sind flaschenförmige Gebilde und zeigen alle Theile, die wir an den Stäbchenzellen der Schnecke und der Lagena gefunden. Körper, Kern, Verdickungssaum, Härchen und unterer Fortsatz. Der Körper der Stäbchenzellen oberhalb der Kernanschwellung der Zahnzellen gelegen und die Einschnürung derselben bewirkend, ist bauchig, fast ganz erfüllt von einem schönen, glänzenden, runden Kern mit Kernkörperchen (Taf. XXXVIII. Fig. 30 b.). Nach oben hin zieht sich dieselbe ähnlich wie an einer bauchigen Flasche mit langem dünnen Halse in einen dünnen Fortsatz aus von 0,0035 Mm. Durchmesser, während der Körper der Zelle 0,007 Mm. und der Kern 0,0045 Mm. Durchmesser hält. Sobald dieser Fortsatz die innere Oberfläche des Epithels erreicht, zeigt er nach Art einer Console einen schönen, hellen, zuweilen leicht querstreifigen 0,0046 Mm. im Durchmesser haltenden Verdickungssaum, der 0,0014 Mm. Dicke besitzt. Aus diesem steigt mit 0,002 Mm. breit beginnend, ein bis 0,023 Mm. langes, in eine feine Spitze auslaufendes, leicht geschlängelttes Haar empor, welches zuweilen selbst eine zarte Strichelung zeigt. Es sieht zuweilen aus, als käme dasselbe vorn aus einem Becher heraus, doch nur dann, wenn man den Verdickungssaum etwas von der Fläche zu Gesicht bekommt (Taf. XXXVIII. Fig. 30 d.). Häufig findet man die Spitze des Härchens abgebrochen, auch wohl das Ganze zu einem Eiweisskügelchen zusammengeschrunpft, während die übrige Zelle gut erhalten ist. Namentlich zeigte sich mir oft dieses Verhalten in Goldchloridlösung. Ein Ablösen des Härchens mit dem Ver-

dickungssaum bei gut erhaltener Zelle habe ich hier nicht wie in der Schnecke beobachtet, doch habe ich meine Präparate nicht so wie meine bezüglichen Präparate dort so lange in MÜLLER'scher Flüssigkeit liegen lassen. Während sich nun der Zellkörper der Stäbchenzellen nach der inneren Oberfläche allmählich auszieht, geht er auch nach unten zu jedoch ziemlich plötzlich in einen feinen, glänzenden, einfach contourirten, oft Varicositäten zeigenden Fortsatz von 0,0023 Mm. Durchmesser aus, der ganz das Aussehen eines feinen Nervenfäserchens der Ampulle hat. An in MÜLLER'scher Flüssigkeit bewahrten Präparaten verschwindet dieser Fortsatz oft leicht, und der untere Theil der Zelle wird dann einfach bauchig. Das Protoplasma der Zelle ist stark mit Granulationen durchsetzt (Taf. XXXVIII. Fig. 30.). Diese soeben gegebene Beschreibung stimmt vollständig mit der der entsprechenden Gebilde aus der Schnecke, und die Uebereinstimmung tritt in ein noch klareres Licht, wenn wir die Nervenverhältnisse weiter in Betracht ziehen.

Doch bevor ich auf diese eingehe, sei es mir gestattet, einige Rückblicke auf die Angaben der übrigen Forscher zu machen. Ich schliesse mich der Anschauung von ODENIUS und KÖLLIKER in Betreff der zwei Epithelformen an, und wenn ich auch nicht so häufig einen Wechsel in der Gestaltung der Zahnzellen, wie ODENIUS, gesehen habe, so finde ich doch keinen Grund, die Angaben dieses Forschers in dieser Beziehung zu bezweifeln. Auch die Abbildungen, die er von den Stäbchenzellen giebt, glaube ich, lassen sich gut mit meinen in Einklang bringen. Der Kern ist jedenfalls vorhanden, und ich glaube, ODENIUS hat auch Andeutungen meines Verdickungssaumes gesehen, und zwar in der undeutlichen Umgrenzungsmembran an der Basis des Härchens. Seine Befunde stimmen, scheint mir, so gut mit den meinen, und die Uebereinstimmung der Vögel und Menschen in dieser Beziehung ist wieder so gross, dass ich nicht zweifle, dass auch bei den übrigen Thieren sich Aehnliches finden werde. M. SCHULTZE's Angaben stimmen schon recht gut in vielen Punkten, ebenso die von F. E. SCHULZE, der ja zuweilen Anschwellungen unterhalb der Härchen gesehen hat. Dann zeichnet auch LANG in seiner Fig. 9. ein Bild, welches mir dafür zu sprechen scheint, dass er das gesehen, was er bestreitet. Seine Cupula terminalis habe ich nicht wiederfinden können, dagegen zeichnet er dort Streifen über seinen Zellen, von denen ich vermüthe, dass sie die flach liegenden Härchen repräsentiren. Auch die Fig. 12, die REICH giebt, scheint mir eine gewisse Verwandtschaft mit den Abbildungen darzubieten, die ich gegeben. Der Frosch, bei dem ich die Untersuchung dieser Theile noch nicht zum vollständigen Abschluss gebracht habe,

hat mir doch schon so viel gezeigt, dass die wesentlichsten Elemente in allen ihren Theilen sich auch dort finden. Wir haben, so viel ich bis jetzt sehe, ein geschichtetes Pflasterepithel, an dessen innerer Oberfläche sich spindelförmige Stäbchenzellen mit Verdickungssaum, Haar und unterem Fortsatz erkennen lassen. Jede ist isolirt von der anderen durch eine Masse, die, wie ich glaube, den unterliegenden Zellen angehört. Also auch hier Stäbchenzellen und isolirende Zahnzellen.

Ich gehe weiter in meiner Beschreibung und wende mich zu dem wichtigsten Verhältnisse, zu der Endigungsweise der Nervenprimitivfasern. Schon der Umstand, dass das haartragende Epithel nicht über den Bereich des untersten in den Basalsaum hineintretenden Nervenfadens hinausgeht, lässt schon a priori vermuthen, dass die haartragenden Gebilde in inniger Wechselbeziehung zu den Nervenfäden stehen, und so ist es in der That. Jede Stäbchenzelle bekommt einen zwischen den Zahnzellen isolirt emporsteigenden Nervenfaden (Taf. XXXVIII. Fig. 29 g.). Nachdem die Primitivfäden nach der häufig sich findenden leichten Umbiegung unterhalb des Basalsaumes durch diesen in gleicher Dicke und mit einfachem Contour versehen, hindurchgetreten sind, begeben sie sich in ganz derselben Dicke, mit demselben einfachen Contour in den Raum, der zwischen den dichtliegenden Zahnzellen gegeben ist, und treten an das untere sich schnell zuspitzende bauchige Ende der Stäbchenzellen. Der untere Fortsatz ist also nichts weiter als ein abgerissenes Nervenfädchen. Eine Theilung der hindurchgetretenen Nervenprimitivfaser findet nicht statt, weder auf die Weise, wie es SCHULTZE beschreibt, so dass die nackten Axencylinder pinselförmig ausstrahlen, noch so, dass sie sich, wie ODENIUS will, dichotomisch theilen. Ich vermute, dass die Bilder, die M. SCHULTZE bekommen, auf einer Täuschung beruhen, und ich berufe mich, ausser auf die angestellten Messungen, auf meine Resultate beim Frosch. Auch hier treten die Fädchen auf dieselbe Weise durch die innere Knorpeloberfläche, um im Epithel weiter zu verlaufen, aber ich bekam hier, wenn ich das Epithel vorsichtig ablöste, häufig Bilder, wie SCHULTZE sie zeichnet. Starke Vergrößerungen zeigten mir aber, dass wir es mit einem feinen Nervenplexus zu thun haben, gleichsam einem subepithelialen, wie ihn ENGELMANN in der neuesten Zeit von der Hornhaut des Frosches beschrieben. Es findet eine Aneinanderlagerung der Fädchen statt, keine Verbindung und keine Theilung der heraustretenden Fasern. Häufig kann man jede einzelne als einfach contourirten Faden in gleicher Dicke durch den Plexus bis zu dem in dem Knorpel eingeschlossenen Nervenbündel verfolgen.

Gegen die Darstellung HÄRTMANN's, in Betreff der Endschlingen, sind alle Forscher aufgetreten, und ich glaube für meinen Theil mit KÖLLIKER, dass er gerade das gesehen hat, was er bestreitet, die Endigung des Nerven in Zellen. Obgleich ich noch directere Beweise, die man vielleicht durch ausgedehntere Anwendung der Osmiumsäurelösung bekommen wird, beibringen müsste, so bin ich doch jetzt schon geneigt, anzunehmen, dass die Primitivfasern ihre Scheide bis zum Herantreten in die Stäbchenzellen behalten, und dass sie dort mit der unzweifelhaft vorhandenen Membran derselben sich verbindet. Letztere, glaube ich, tritt allerdings erst im Laufe der Entwicklung auf. Ich habe sie an den embryonalen Zellen, aus denen sich die verschiedenen Theile der Schnecke differenzierten, überall vermisst, aber sie ist hier vorhanden im erwachsenen Zustande, entweder als eine Verdickungsschicht des Protoplasma oder, wie ich anzunehmen geneigt wäre, als eine Art Cuticularabscheidung nach Art der festen Intercellularsubstanzen, nur eben in beschränkterem Maasse. Es kann nun freilich diese Cuticularabscheidung der Zellen an verschiedenen Punkten verschieden sein, aber sie geht an der ganzen Oberfläche vor sich. Damit stimmen meine eigenthümlichen Befunde bei der Entwicklung der Membrana basilaris. Wir haben nach der einen Seite eine mächtige Cuticularbildung in den grossen, langen, die Basilar-membran bildenden Fortsätzen, zugleich treiben aber die Zellen auch solche nach der entgegengesetzten Seite, die allerdings später resorbirt werden. Dann aber sehen wir noch rings um das Protoplasma der embryonalen Bildungszelle einer Membran auftreten, die dann, wenn die Zelle ihre Functionsthätigkeit verloren hat, den Kern eng umschliesst. Aehnliches sehen wir an den Stäbchenzellen; die obere Fläche des embryonalen Protoplasma sondert den Verdickungssaum und das Härchen ab, zugleich sehen wir aber, an der ihrer Vollendung entgegengehenden Zelle eine Membran auftreten.

Ich hätte noch einen Punkt zu erwähnen, den ich kommenden Forschern zur Beachtung empfehlen möchte. Ich habe innerhalb des oberen schmäleren Theils des Zellkörpers der Stäbchenzellen einen dunkleren Streifen gesehen, der auch in der Fig. 30 angedeutet ist, und der mir zuweilen die Gestalt eines Fadens anzunehmen schien. Es wäre somit möglich, dass wir etwas Aehnliches bei den Stäbchenzellen hätten, wie der RITTER'sche Faden in den Stäbchen der Retina und es würde eine höchst interessante Uebereinstimmung dieser beiden Endapparate sein. Ich vermag für diesmal nicht darüber zu entscheiden, möchte aber die Aufmerksamkeit darauf gelenkt haben.

Nachdem ich so den Bogengängen und Ampullen eine eingehendere Betrachtung gewidmet, gehe ich zur Beschreibung des letzten Theils des Bogenapparates der Vögel, dem Utriculus über. Dieses, wie ich vermuthe, ebenfalls excentrisch der Innenwand des knöchernen Gehörs anliegende Gebilde ist ein rundlicher Sack, in den etwas nach oben und aussen die horizontale und sagittale Ampulle, nach unten und aussen die frontale und nach hinten die Bogengänge münden. Durch das ovale, hinten und oben im Vestibulum liegende Foramen vestibulare gesehen, zeigt sich etwas nach innen hin eine rundliche, weisse Masse, die Otolithen, und hat man diese abgehoben, ein rundlicher Fleck, die Macula acustica. Diese Theile des Utriculus sind also vorliegend. Durch das Foramen vestibulare tritt nun, wie wir bei der Schnecke gesehen haben, sich dicht an die innere Wand des Vestibulum haltend, ein Tegmentstreifen, der von mir sogenannte Canalis reuniens. In meiner Arbeit: »die Schnecke der Vögel«<sup>1)</sup>, erwähnte ich, ohne näher auf den weiteren Verlauf einzugehen, dass er sich zur vorliegenden Ampulle begäbe. Dies ist unrichtig, er biegt sich entweder in Gestalt eines Tegmentstreifens mit dessen charakteristischen Gebilden oder als einfaches Gefäss zu der inneren vorderen Wand des Utriculus. Ich brachte diesen Canalis reuniens in Analogie mit dem menschlichen, und das halte ich aufrecht, glaube aber, noch weitere Erläuterungen geben zu müssen. Während wir beim Menschen und den höheren Thieren zwei Säcke, den Utriculus und Sacculus auftreten sehen, welch letzterer durch den Canalis reuniens mit der Schnecke verbunden ist; sehen wir hier bei den Vögeln nur einen Sack, den Utriculus, an den ein Theil des Schneckendaches sich legt. Wie sind diese Verhältnisse nun in Einklang zu bringen? Entweder müsste man annehmen, der Utriculus entspräche einfach dem gleichnamigen Gebilde bei den höheren Thieren und der Tegmentstreifen, resp. das feine Gefäss, seien Rudimente des Sacculus und Canalis, oder man müsste annehmen, der Utriculus entspräche einer Verschmelzung der beiden Säcke des Menschen, und der Tegmentstreifen sei das Rudiment der geschlossenen Schneckenverbindung. Ich möchte mich für letztere Ansicht aussprechen und zwar aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen. An der Hand der Entwicklungsgeschichte scheint die Erklärung sich einfach zu ergeben. Wie KÖLLIKER<sup>2)</sup> ausführlich uns gelehrt, geht der ganze complicirte Apparat des Gehörorganes durch Ausstülpung oder Zellenwucherung aus einem bläschenförmigen Gebilde hervor, wel-

1) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. Heft 4.

2) Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. Leipzig, 1864.

ches wiederum, wenn die Schnecke, die Ampullen und die Bogengänge eine gewisse Selbständigkeit erreicht haben, in zwei Theile, die beiden erwähnten Säcke zerfällt. Man kann sich nun einfach vorstellen, diese letztere Trennung sei bei den Vögeln unterblieben, trotzdem sich alle anderen Theile eben so gut wie bei den höheren Thieren differenziren. Der Sack bleibt gleichsam auf einer fötalen Stufe stehen und ungetheilt. Die Verbindung mit der Schnecke geht aber förmlich weiter in der Entwicklung. Während sie bei den höheren Thieren durch ihre röhrenartige Natur gleichsam anzeigte, dass die Schnecke ein Auswuchs des Sackes sei, bietet derselbe Theil bei den Vögeln nicht so charakteristische Merkmale. Er ist nicht länger ein Canal, sondern ein Theil der Wandungen dieses Gebildes geht in der Entwicklung zurück, verschwindet, und es bleibt nur ein Theil des Daches der Streifen des Tegmentes oder wohl gar nur ein Gefäss zur Verbindung zurück. Im erwachsenen Zustande scheinen Bogenapparat und Schnecke bei den Vögeln völlig selbständig, und die Spur eines fötalen Zusammenhanges ist viel geringer. In früheren Stadien glaube ich freilich mehr gefunden zu haben, und ich erinnere da an die mit Pflasterzellen bekleidete Membran, die jenseits des Zusammentritts der Knorpel sich befand, und von der ich vermuthete, dass sie den Boden des fötalen Canalis reuniens repräsentire. An die als dunkler runder Fleck erscheinende *Macula acustica* (Taf. XXXVIII. Fig. 32 a.) tritt schräge von dem zur Ampulle des horizontalen Bogengangs gehenden Nervenast ein Zweig, und strahlt nun auf eine bald zu beschreibende Weise aus (Taf. XXXVII. Fig. 6 d.). Die dem Foramen vestibulare zugewandte Wandung ist äusserst fein und zart, gegen die Innenwand des knöchernen Sacks treffen wir aber wieder dasselbe resistente Gewebe wie in den Ampullen und Bogengängen. Umsponnen ist der ganze Utriculus mit einem weitmaschigen Netz von Gefässen, ähnlich wie die Bogengänge und Ampullen, und herrührend von dem Stamme (Taf. XXXVII. Fig. 44 c.), der mit dem Nerven in das knöcherne Gehäuse eintritt. Nur eine Stelle ist mir frei von Gefässen erschienen, nämlich der Theil der Wandung des Sacks, welcher dem Foramen vestibulare gegenüber liegt, doch könnte ich mich getäuscht haben, da ich keine künstlichen Injectionen gemacht habe, sondern nur eine, wenn auch, wie mir schien, vollständige, natürliche Injection vor mir hatte. Ob das Gefässnetz auf dieselbe Weise an den Utricularwandungen befestigt ist, wie wir es bei den Bogengängen gesehen, vermag ich nicht zu sagen, es ist mir aber wahrscheinlich, ebenso wie die Befestigung an die knöcherne Wand mittelst der zarten, mehr oder minder langen zum Periost sich begebenden Fäden. Andeutungen dieser Verbindungen habe ich in den Rauigkeiten der Aussenwandungen gesehen, die, wie

in den übrigen Theilen in Gestalt mehr oder minder dicht stehender, längerer oder kürzerer Fädchen emporragen.

Was die histologischen Verhältnisse des Sacks betrifft, so lassen sich diese auf das Schema der bindegewebigen Wandung und der einfachen Epithelauskleidung zurückführen. Betrachten wir zuerst die erstere. Den inneren, resistenteren Theil des Sacks sehen wir aus derselben knorpelartigen Bindegewebssubstanz, wie die Ampullen, die Bogengänge und die Schneckenknorpel gebildet (Taf. XXXVIII. Fig. 34, 35, 36 a.). Wir treffen wieder die homogene, zuweilen eine Streifung zeigende Zwischenzellsubstanz mit den eingebetten, spindelförmigen, nach der Seite hin anastomosirende Ausläufer aussendenden Zellgebilde, die sich nach dem inneren Lumen des Sackes gegen das Epithel hin mit einem feinen Basalsaum von der früher erwähnten Dicke absetzen (Taf. XXXVIII. Fig. 31 b., 35 d., 36.). Eingeschlossen in der Knorpelsubstanz sehen wir hin und wieder sparsam verlaufende Gefässe (Taf. XXXVIII. Fig. 35 c., 36 b.), die wir in der Wand der Bogengänge und der Ampullen, mit Ausnahme der Crista, vermissten. An der Stelle, wo der Sacknerv an die Wandung herantritt, zeigt die Bindegewebsmasse ihre grösste Dicke, nimmt aber allmählich gegen die Peripherie der Macula acustica an Durchmesser ab (Taf. XXXVIII. Fig. 36.), um schliesslich so dünn zu werden, dass es mir nicht einmal gelungen ist, das Gewebe mittelst eines Querschnitts im Profil zu sehen. Das ist der Theil der Wandung, welcher dem Foramen vestibulare gegenüber liegt, den ich schon früher als einen ungemein feinen erwähnte. Flächenansichten haben mich gelehrt, dass diese Fortsetzung der dicken Wandung ein Aussehen wie das des Periost's besitzt. Wir haben es mit einer gleichmässigen Membran, mit sparsam eingestreuten Kernen zu thun, deren Ausläufer anastomosiren, und es ist mir dies Gewebe, abgesehen von seiner wahrscheinlichen, wichtigen, physiologischen Dignität den Schallwellen den geringsten möglichen Widerstand entgegenzusetzen, dadurch von Interesse gewesen, als es wieder einmal zeigt, dass die Knorpelsubstanz den Bindegewebssubstanzen zugezählt werden muss, da ein allmählicher Uebergang dieser beiden Gewebe durch weiteres Auseinanderrücken der spindelförmigen Körperchen und Verminderung der Intercellularsubstanz stattfindet. Elastisch ist mir diese feine Membran nicht vorgekommen. Sie reisst ungemein leicht und selbst bei den mittelgrossen Vögeln, wie dem Huhn und der Gans, ist es ungemein schwierig, den Sack ohne Verletzung zu isoliren. Eine Erhebung der Wand, nach Art einer Crista acustica, wie in den Ampullen, findet nirgends statt, es handelt sich um eine einfache Verdickung der Wandung an der Stelle der Macula acustica. Wegen der

allgemeinen runden Form des Sackes ist es wohl kaum nothwendig, hier von einer besonderen, gleichsam schüsselförmigen Vertiefung zu sprechen, die Angaben, welche ältere Forscher über den Bau der Utricularwand auch bei anderen Thieren liefern, stimmen ganz mit ihren Angaben über den Bau der Bogengänge und Ampullen überein, und will ich hier nicht deren von der meinigen differente Ansichten wiederholen. Meine weiteren Untersuchungen bei dem Frosche haben im Gewebe des Steinsackes einen ganz gleichen Bau wie den des Utriculus ergeben.

Ich wende mich zur Epithelauskleidung zuerst jenseits der *Macula acustica*. SCHULTZ<sup>1)</sup> beschreibt aus dem Otolithensacke des Hechtes Pflasterzellen und die früher von mir erwähnten Zellen mit sternförmigem Querschnitt, die er für cylindrisch hält. Gegen diese Aufstellung wendet sich HARTMANN<sup>2)</sup>, der im Otolithensack der Knochenfische diese Zellen wiederfand und sie als Zellengruppen beschreibt. Zwischen diesen kommen nach ihm mehr plattenartige Zellen vor. Diese Zellen finden sich nur in der Umgebung der *Macula acustica*, an der übrigen Wandung findet sich dagegen einfaches, cylindrisches Pflasterepithel. HENLE<sup>3)</sup> zeichnet nach Behandlung mit Kalilauge über Kerngebilden eine einfache Lage grösserer Zellen aus der Umgebung der *Macula*. ODENTUS<sup>4)</sup> hat auch zweierlei Gebilde gesehen, einmal solche, die erst bei tieferer Focaleinstellung sichtbar sind und sich dann als helle Kreise zeigen, welche dann wieder von vielen Gebilden ungefähr von dem Durchmesser der Cylinderzellen umgeben sind. Er ist geneigt, erstere mit den Hohlräumen in Verbindung zu bringen, die er an Holzessigpräparaten bei Querschnitten häufig in der Dicke des Epithels sah. Im Uebrigen zeichnet er ein gegen das Epithel der *Macula acustica* vom pflasterförmigen zum cylindrischen allmählich aufsteigendes Zellstratum.

Meine Erfahrungen in Betreff der Vögel schliessen sich in dieser Beziehung den seinen vollkommen an, wenn einige Abweichungen auch alsbald zu Tage treten werden. Während die dünne gegen das Foramen vestibulare sehende Wand mit einem einfachen Plattenepithel bekleidet ist, welches hell, feinkörnig, zuweilen unregelmässig polyedrisch (Fig. XXXVIII. Fig. 33 a.) erscheint, ebenso wie das in den Bogengängen und am Dach der Ampullen, sehen wir dieses sich allmählich gegen die *Macula acustica*, wo auch die Wandung des Utriculus sich verdickt, erheben, und den Charakter des cylindrischen Epithels annehmen, von ganz demselben Ansehen und der Grösse und Form, wie ich es von den Seitenflächen der Ampullen beschrieben. Auf einer Flächenansicht

1) l. c. 2) l. c. 3) l. c. 4) l. c.

(Taf. XXXVIII. Fig. 33.) sehen wir die vieleckigen Zellen allmählich immer rundlicher werden. Die Kerne derselben liegen in der Mitte. Ihnen folgen dann in mehr oder minder weitem Umkreise um die Macula zwei Epithelformen, die ich auch aus den übrigen Theilen des Bogenapparates beschrieben, die flaschenförmigen Pigmentzellen und die cylindrischen Bodenzellen (Taf. XXXVIII. Fig. 33 c. u. d.). Erstere stehen ebenso wie in den Ampullen in sternförmigen Gruppen zusammen, wie es HARTMANN gesehen, doch finde ich, dass die Zahl der einzelnen Zellen in einer Gruppe hier nicht so gross ist, wie in der Ampulle. Zuweilen finden sie sich auch einzeln vor. Sie sind ebenso, wie dort unregelmässig eckig, dunkel granulirt, mit undeutlichen, grossem Kern und von flaschenförmiger Gestalt. Zwischen ihnen liegen dann die hellen, cylindrischen Bodenzellen, deren früherer Beschreibung ich Nichts hier zuzusetzen habe. Ich glaube auch für den Utriculus die Erwartung aussprechen zu dürfen, dass erneute Untersuchungen an anderen Thieren und auch beim Menschen so gebaute Bildungen constatiren werden. Was darauf hindeutet, habe ich schon vorhin erwähnt. Beim Frosch finden wir auch zwei Zellformen im Steinsack, die Gruppe der pigmentirten höheren Pflasterzellen und die einfachen, schön polyedrischen Plattenepithelien, gerade so wie am Boden der Ampulle. So finden sich auch hier die beiden differenten Zellformen, wenn auch in etwas modificirter Gestalt, und manches Thier mag wohl an den entsprechenden Stellen mehr ein Bild wie das vom Frosche geben, das begründet aber doch noch keinen wesentlichen Unterschied von den Verhältnissen bei den höheren Thieren. Das Wesen ist dabei doch dasselbe.

Bevor ich nun auf die Epithelauskleidung der Macula acustica eingehe, will ich zuerst die Verbreitung des Nerven innerhalb der Knorpelwandung derselben beschreiben. REICH<sup>1)</sup> notirt keine besonderen Unterschiede zwischen der Ausbreitung der Nervenfasern in den Ampullen und in den übrigen Theilen des Labyrinths, ebenso wenig M. SCHULTZE, der ebenso wie für die Ampulle daran festhält, dass die Nervenfasern sich gegen die innere Oberfläche verfeinern, ihr Mark verlieren und als nackte Axencylinder den Basalsaula durchbohren. HARTMANN sagt: die Nerven des Otolithensackes beim Hecht durchkreuzen sich in allen Richtungen, bilden zuweilen ein Chiasma und zeigen bald tiefer, bald oberflächlicher Schlingen. Die tieferen Schlingen entstehen nach ihm dadurch, dass einzelne Fäserchen von den Bündeln sich abzweigen und zu anderen Bündeln bogenförmig treten. Neben diesen scheinbaren Schlingen bilden sich in grösserer oder geringerer Entfernung

1) l. c.

von der Oberfläche des Sackes wirkliche Schlingen, ohne an den hellen Cristasaum zu gehen. Unter diesem findet schliesslich noch eine Schlingenbildung der aus der Tiefe hervordringenden Primitivfasern, wie bei den Ampullen statt. HENLE und KÖLLIKER lassen die Nervenvertheilung in den Ampullen und im Sacke die gleiche sein. ODENIUS beschreibt die Verhältnisse vom Menschen folgendermaassen: Anfangs sind die Nerven zu dicken Bündeln vereinigt, strahlen später nach allen Richtungen aus und lösen sich an der Peripherie der Macula in einzelne Fasern auf. Die Bündelchen lösen sich ebenfalls in ihrem Aufsteigen gegen die innere Fläche immer mehr auf. Einzelne Fasern schliessen sich angrenzenden Bündeln an, wie es auch HARTMANN beschreibt. Es bildet sich ein wahrer Plexus. Theilungen der Primitivfasern sind nicht beobachtet worden. Die einzelnen spitzen sich zu, verlieren die Markscheide und laufen in den Axencylinder aus. Dies Verhalten findet entweder unmittelbar unter der homogenen Schicht oder tiefer unten statt. Dann treten die Axencylinder durch die homogene Schicht und verbreiten sich im Epithel.

Für die Vögel kann ich mich den Angaben von ODENIUS anschliessen, ebenso für die Frösche, aber ich bestreite ebenso, wie bei den Ampullen, dass die Nervenfasern unter dem Basalsaum sich zuspitzen, ihre Markscheide verlieren und als nackte Axencylinder denselben durchbohren. Der schräge herantretende Nervenast, der bis an den Knorpel der Macula acustica die früher beschriebenen bipolaren Ganglienzellen zeigt, löst sich beim Eintritt in denselben in eine grosse Menge feiner Bündel auf, die eine grössere oder geringere Anzahl von Primitivfasern in sich schliessen (Taf. XXXVIII. Fig. 30 c.). Diese Bündel, die in der Mitte der Macula senkrecht emporsteigen und dichter gesammelt sind, neigen sich gegen die Peripherie hin immer mehr und werden weniger an Zahl. Sie lösen sich alsbald fächerförmig in ihre einzelnen Fäserchen auf, die vielfach durch einander gewirrt, einen wahren Plexus bilden. Fäserchen des einen Bündels laufen oft mit den benachbarten zusammen. Eine Verbindung findet nie statt, ebenso wenig eine Theilung. In mannigfachen Biegungen und mehr oder minder starken Krümmungen (Taf. XXXVIII. Fig. 36 f.) steigen nun die Fäserchen innerhalb dieses wahren Nervenplexus gegen den Basalsaum hin auf, als einfach contourirte hellglänzende Stränge von dem bei den Ampullen erwähnten Durchmesser, überall gleich dick. In der Nähe des Basalsaumes sieht man oftmals wieder mehr oder minder starke Umbiegungen, und erst dann wieder findet ein Aufsteigen statt, denn auch hier kommt keine HARTMANN'sche Schlingenbildung zu Stande. Nie habe ich ein Zuspitzen der Fasern unterhalb des Basalsaumes ge-

sehen und Messungen bestätigten mir dieses Resultat; ich möchte glauben, dass eine optische Täuschung vorliegt. Es ist mir namentlich beim Utriculus vorgekommen, dass der Verlauf der einzelnen aus den Bündeln hervorgetretenen Nervenfäserchen ein verhältnissmässig kurzer ist und nebenbei im weiteren Verlaufe noch eine Plexusbildung stattfindet, die sich erst wieder nahe unter dem Basalsaume auflöst, dass dann dünne Nervenfäserchen im Verhältniss zu den viel dickeren Bündelchen im Durchmesser abzunehmen scheinen, aber, wie gesagt, die Messungen heben allen Zweifel. Nicht als nackter Axencylinder tritt die Primitivfaser durch den Basalsaum, sondern als ebenso dicker, einfach contourirter Strang wie nach seinem Abgange von den bipolaren Ganglienzellen und während seines Verlaufs durch den Knorpel im Bündelchen. Dasselbe gilt, wie vorhin erwähnt, vom Steinsack des Frosches, wo ganz derselbe Verlauf innerhalb der Knorpelsubstanz sich darbietet.

Wenden wir uns nun zu dem die Macula acustica bekleidenden Epithel, so habe ich schon die Angaben derjenigen, die vor mir über diesen Gegenstand arbeiteten, namentlich die höchst interessanten Angaben von M. SCHULTZE und ODENIUS ausführlich bei der Darstellung derselben Verhältnisse in den Ampullen erwähnt, und darf ich mich wohl auf das dort Gesagte beziehen.

Nachdem wir die Otolithenmasse abgehoben haben, bekommen wir von der Fläche dasselbe Bild, wie ich es in der Fig. 49. von den Ampullen gegeben. Grössere, dunklere Zellen von dem dort angegebenen Durchmesser mit grossem Kern, umgeben von einem Kreise von fünf kleineren, helleren Zellen, so dass jede einzelne grössere von den andern isolirt wird. Erstere sind die Stäbchen-, letztere die Zahnzellen, die ich hier Zahnzellen des Utriculus nennen will. Die Kerne dieser beiden Zellgebilde liegen nicht in derselben Ebene. Darüber sieht man hie und da Streifen ausgebreitet, die von den Stäbchenzellen ausgehen. Schon dieses Aussehen lässt vermuthen, dass wir hier ganz dieselben Verhältnisse, wie bei dem Nervenepithel der Ampullen haben und ein Querschnitt zeigt uns, dass es sich in der That so verhält (Taf. XXXVIII. Fig. 36.). Wir finden ein von Haaren überragtes Epithel abwechselnd aus Stäbchenzellen von flaschenförmiger Form (Taf. XXXVIII. Fig. 35 f.) und dieselben isolirenden, cylindrischen Zahnzellen bestehend (Taf. XXXVIII. Fig. 35 g.), den Kern der letzteren sieht man im Grunde der Zelle unmittelbar auf dem Basalsaum liegend. Der Körper zeigt eine Einschnürung und verbreitert sich dann wieder. Der Kern der Stäbchenzelle liegt höher und entspricht einer bauchigen Anschwellung des Zellkörpers (Taf. XXXVIII. Fig. 37 b.). Nach oben zu verschmälert sich

derselbe zu einem längeren Fortsatze, der an der Innenfläche des Utriculus einen hellen, leicht streifigen Verdickungssaum trägt, der sich in ein spitz auslaufendes Haar auszieht, dessen einziger Unterschied von dem entsprechenden Gebilde der Stäbchenzellen der Ampullen darin besteht, dass es kürzer (0,044 Mm.) ist. Sonst sind die übrigen Dimensionen dieselben. Nach unten zu spitzt sich der Körper plötzlich in einen meistens kurz abgerissenen Fortsatz zu (Taf. XXXVIII. Fig. 37 h.). Auch hier wie bei der Ampulle möchte ich die nach mir kommenden Untersucher darauf aufmerksam machen, dass ich innerhalb des oberen Theils des Zellkörpers einen dunkleren Contour gesehen habe, wie man es in Fig. 37 angedeutet findet, der vielleicht die Andeutung eines complicirten Baues der Zelle ist. Was ich in Betreff der Epithelbekleidung oberhalb des Nervenintritts am Steinsacke der Frösche zu sagen hätte, ist dasselbe, was ich früher bei den Ampullen erwähnt habe.

In den einfach cylindrischen Epithelbeleg der Vögel treten nun die feinen Nervenfäserchen, nachdem sie den Basalsaum auf die vorhin erwähnte Weise durchbohrt. Zwischen den Zahnzellen verlaufend und zwischen oder über den Kernen derselben, je nach der Schnittführung, als heller Strang liegend, hegeben sie sich an das untere Ende der Stäbchenzellen. Der untere Fortsatz derselben ist also auch hier ein Nervenfasersfortsatz. Nie habe ich ein pinselförmiges Ausstrahlen des Axencylinders, wie SCHULTZE es beschreibt, oder eine Dichotomie, wie ODENIUS will, gesehen. Immer verläuft das Nervenfäserchen in der gleichen Dicke, einfach contourirt weiter (Taf. XXXVIII. Fig. 30 c.), und verbindet sich mit der Stäbchenzelle. Es ist schwierig, den Zusammenhang dieser Gebilde isolirt zu bekommen. Es ist mir jedoch gelungen (Taf. XXXVIII. Fig. 34 d.). Freilich ist hier der obere Theil der Stäbchenzelle verletzt, aber ich glaube, man wird doch in dem übrig gebliebenen Reste den Charakter des Gebildes erkennen, so sehr man auch etwa zu zweifeln geneigt sein möchte. Dem früher Gesagten über die Nervenvertheilung beim Frosche innerhalb des Epithels hätte ich für den Steinsack Nichts hinzuzufügen.

Ein Gebilde kommt nun aber noch hinzu, welches wir in den Ampullen fehlen sahen, wo die längeren Härchen der Stäbchenzellen frei in die Endolymphe hineinragten. Es ist die Otolithenmasse, die als weisser, glänzender Fleck durch das Foramen vestibulare sichtbar ward. Die Figur dieser Masse entspricht genau der der Macula, und in der That hält sich dieselbe vollständig in deren Bereich und geht nicht darüber hinaus auf die Bodenzellen und die flaschenförmigen Pigmentzellen, ganz so wie wir es in der Lagna von der Otolithenmasse und in der eigentlichen Schnecke von der Membrana tectoria sahen. Sie gingen

ja auch nicht über den Bereich der Stäbchenzellen und der sie isolirenden Zahnzellen. Die Otolithen liegen der Epithelbekleidung der Macula acustica unmittelbar auf und ragen die Härchen der Stäbchenzellen in sie hinein. Bei Isolationsversuchen schwimmen die einzelnen Otolithen leicht fort, und es bleibt schliesslich eine Membran übrig, die eine unregelmässige, helle, breite Streifung zeigt (Taf. XXXVIII. Fig. 34 b.). Keine Spur irgend einer besonderen Organisation aus Zellen ist zu erkennen. In der Masse sieht man bald mit grösserer, bald mit geringerer Deutlichkeit rundliche Kreise wieder einen kleineren Kreis umgebend (Taf. XXXVIII. Fig. 34 c.). Diese halte ich für den Ausdruck der Löcher, die die Härchen der Stäbchenzellen machen. Der Basis der Haare entspricht der grössere Kreis, der kleinere irgend einer anderen, schmälere Stelle, die sich nicht näher bestimmen lässt, da das Haar meist einen etwas geschlängelten oder gekrümmten Verlauf hat. Wäre das Haar gestreckt und gerade, so müsste man, entsprechend der Spitze, ein Pünctchen in der Mitte des Kreises sehen. Zuweilen ist es mir vorgekommen, als sähe ich diese Eindrücke wieder von anderen umgeben, entsprechend den die Stäbchenzellen umgebenden Zahnzellen, jedoch sind mir die Bilder nicht rein genug gewesen. Ich möchte aber an die Richtigkeit glauben, da solche Bilder der anatomischen Lagerung der beiden Gebilde vollkommen entsprechen. Das Bild würde völlig der Fig. 23 meiner früheren Abhandlung<sup>1)</sup> gleichen. Wie ist nun da das Verhältniss der Otolithen zu dieser Membran? Ich glaube, es ist ganz dasselbe, wie das der Otolithenmasse der Lagena. Wir haben es hier mit einer von den Zahnzellen abgesonderten Gallertmasse zu thun, in der die Otolithen regellos eingebettet sind, ohne mit den Härchen in Verbindung zu stehen. Die Fig. 36 e. spricht ganz besonders für dieses Verhalten. Jedoch muss ich gestehen, dass diese Otolithen sich viel leichter wie die der Lagena lösen, und dass eine viel charakteristischere Membran wie dort zurückbleibt. Allerdings könnte man annehmen, und ich halte es nicht für unmöglich, dass diese Gallertmasse mehr wie die der Lagena durch den Einfluss der Reagentien Wasser verlöre, sich zu einer dünnen Membran verdichtete und die Otolithen dann leicht fahren liesse. Doch ist dieses nichts als eine, wenn auch plausible Hypothese. Das Verhältniss ist, glaube ich wohl, eine Untersuchung werth, namentlich noch in Betreff der Entstehung der Otolithen, ob, wie ich glaube, als Krystallisationsproducte in der Masse, oder, wie andere bei niederen Thieren angenommen, aus Zellen.

Somit hätte ich die Beschreibung des Bogenapparates und damit den Bau des gesammten Gehörapparates der Vögel beendet. Es sei mir

1) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. Heft 3

nun noch gestattet, die grosse Aehnlichkeit hervorzuheben, die im Bau der wesentlichen Theile der für gewöhnlich getrennt aufgeführten Apparate, der Schnecke und des Bogentheils sich findet.

Ein einfaches Schema der Entwicklung liegt den beiden Theilen des Gehörapparates zu Grunde. Wir haben eine bindegewebige Umhüllung mit einer einfachen Epithelauskleidung: Erstere differenzirt sich in der Schnecke mehr wie im Bogenapparat, wo wir die Wandung desselben aus einem und demselben Elemente gebildet sehen, dessen Entwicklungsgeschichte wohl dieselbe ist, wie die der Knorpel der Schnecke. Das Wesen beider Theile bleibt dasselbe. An beiden Orten gehen die Fasern des Nervus acusticus von bipolaren Ganglienzellen ab, verlaufen dann in grösserer oder geringerer Länge, immer in derselben Dicke, entweder durch den Nervendurchtritt, oder in dem Bogenknorpel, oder durch die Crista, oder den Knorpel der Macula acustica bis unter den Basalsaum, durchbohren denselben ohne sich zu verändern und treten nun an Gebilde heran, die überall denselben Charakter durchblicken lassen. Es sind cylindrische Zellen, die nach oben hin einen in ein längeres oder kürzeres Haar auslaufenden Verdickungssaum tragen, von denen es möglich ist, dass sie einen noch complicirteren Bau besitzen, als bisher beschrieben, dass sie in sich noch einen Faden tragen. Ebenso wie die einzelnen Nervenfasern überall während ihres Verlaufs bis zur Endzelle hin, entweder durch eine zarte Umhüllungsmembran, oder durch ein bindegewebiges Netzwerk, oder durch die Substanz der Basalmembran, oder durch die Zahnzellen isolirt sind, ebenso sind auch die Endzellen durch die sie rings umgebenden Zahnzellen isolirt, die entweder, wie in der Lagena und im Bogenapparat, sich als weiter entwickelte embryonale Zahnzellen, oder als eben solche rückgebildete, wie in der eigentlichen Schnecke darstellen. Das Härchen, das Ende der Nervenendzelle ragt nun entweder frei in die den Bogenapparat erfüllende Endolymphe, oder in die Membrana tectoria, oder in die Gallertmasse der Lagena, oder des Utriculus. Sehen wir in der Schnecke die Otolithenmasse und die Membrana tectoria von den Zahnzellen abgesondert werden, so ist es wohl wahrscheinlich, dass dasselbe im Utriculus der Fall ist, da auch hier die Masse sich streng an den Bereich derselben Zellgebilde hält. Doch auch die Theile des Bogenapparates sind unter sich, abgesehen von den Nervenverhältnissen, identisch. Sowohl in den Ampullen, wie in dem Utriculus, treffen wir in der Umgebung der Austrittsstelle des Nerven ganz dieselben Zellgebilde, kein Unterschied ist wahrzunehmen. So ist es auch beim Bogenapparat der Frösche, der wieder in seinem Wesen mit den entsprechenden Apparaten der Vögel harmonirt, wie ich an den be-

treffenden Orten nachgewiesen habe und bald wohl ausführlicher nachzuweisen im Stande sein werde. Gerade diese Uebereinstimmung, sowohl der einzelnen Abtheilungen des Gehörapparates unter einander, als die des Baues desselben Organs bei zwei ganz verschiedenen Thierclassen giebt mir, wie ich schon in der Einleitung erwähnt, die Gewissheit, dass das, was ich beobachtet, richtig, dass es kaum zu kühn ist, den Anspruch zu thun, dass das Wesen des Gehörorgans durch die Reihe der Thiere dasselbe sein wird, geknüpft an dieselben oder einander ähnliche Endapparate. Mögen sich in Einzelheiten der Darstellung Unrichtigkeiten finden, das Grund- und Hauptfactum, der isolirte Verlauf der ungetheilten Nervenprimitivfasern zu isolirten Endzellen, die auf dieselbe Weise gebaut sind, steht fest bei Vögeln und Fröschen, und alles scheint mir darauf zu deuten, dass es sich auch bei den übrigen Thierclassen bestätigen wird. Ebenso wird es mit der Entwicklung sein. Die zwei Grundelemente der äusseren Hülle, die runden embryonalen, membranlosen Zellen und die sie bekleidende, einfache Epithelzelllage ist gegeben, aus denen sich die differenten Theile entwickeln, und ich halte mich überzeugt, dass durch alle Thierclassen hindurch die Entwicklung der einzelnen Theile dieselbe sein wird, wie in der Schnecke, den Ampullen, den Säcken und selbst da, wo diese bei den höheren Thieren getrennten Apparate mehr oder weniger verschmolzen oder zu einer einfachen Blase umgewandelt sind.

Ich will mich nicht damit aufhalten, auf Grund der anatomischen Thatsachen, weitläufige, physiologische Hypothesen in Betreff der Bedeutung des peri- und endolymphatischen Raumes des Bogenapparates und der physiologischen Dignität der einzelnen Theile, in denen der Nerv sich verbreitet, zu bauen. Es wäre das ein zum Theil unfruchtbares Unternehmen für mich, aber so viel darf ich aussprechen, gestützt auf die Identität der Nervenendigungen im ganzen Gehörapparat und deren Lagerung, wie ich es schon früher für die Schnecke gethan, dass die Schwingungen der Härchen der Stäbchenzellen den Nervenvorgang auslösen und die Gehörempfindungen bewirken. Wesentlich auf zweierlei Weise werden sie in Bewegung gesetzt, entweder direct durch die in der Endolymphe mittelst des Steigbügels erregten Wellen, wie in den Ampullen, oder durch die auf die Otolithenmassen oder die Membrana tectoria von der Endolymphe übertragenen Wellen. So ist auch physiologisch eine Einheit der Vorgänge hergestellt.

Im April 1867.

## Erklärung der Abbildungen.

## Tafel XXXVII.

- Fig. 1. Vergr.  $\frac{2}{1}$ . Der knöcherne Gehörapparat eines Huhns von oben gesehen. Das Präparat ist ein wenig um die Längsaxe medianwärts gedreht, so dass die dem Foramen ovale entsprechende Oeffnung des Vestibulum mit sichtbar wird. *a* Knöcherne Lagena. *b* Vestibulum. *c* Sagittaler Bogengang. *d* Frontal gestellter Bogengang. *e* Horizontaler Bogengang. *f* Ampulle des sagittal gestellten Bogengangs. *g* Ampulle des horizontalen Bogengangs.
- Fig. 2. Vergr.  $\frac{2}{1}$ . Der knöcherne Gehörapparat aus der Lage der vorigen Figur fast  $90^\circ$  um die Längsaxe gedreht. *a* Knöcherne Lagena. *b* Vestibulum. *c* Sagittal gestellter Bogengang. *d* Frontal gestellter Bogengang. *e* Horizontaler Bogengang. *f* Ampulle des frontal gestellten Bogengangs. *g* Ampulle des horizontalen Bogengangs.
- Fig. 3. Vergr.  $\frac{1}{4}$ . Die knöchernen Ampullen von der Schädelswand her geöffnet. *a* Ampulle des sagittal gestellten Bogengangs. *b* Ampulle des frontal gestellten Bogengangs. *c* Geöffneter frontal gestellter Bogengang. *d* Einmündung des sagittalen Bogengangs in seine Ampulle. *e* Ampulle des horizontalen Bogengangs.
- Fig. 4. Vergr.  $\frac{1}{4}$ . Querschnitt durch die knöchernen und häutigen Ampulle einer Taube. *a* Wandung der knöchernen Ampulle. *b* Häutige Ampulle.
- Fig. 5. Vergr.  $\frac{90}{1}$ . Querschnitt durch den knöchernen und häutigen sagittalen Bogengang einer Taube. *a* Wandung des knöchernen Bogengangs. *b* Gefäße. *c* Knorpel des häutigen Bogengangs. *d* Basalsaum des häutigen Bogengangs. *e* Feine Verbindungsfäden mit dem Periost.
- Fig. 6. Vergr.  $\frac{1}{4}$ . Der Bogenapparat ohne häutigen Bogengänge einer Taube von der inneren Schädelswand aus gesehen. *a* Der Nervenstrang des Acusticus. *b* Ampulle des sagittal gestellten Bogengangs. *c* Ampulle des horizontalen Bogengangs. *d* Utriculus mit hervortretendem Nerv. *e* Ampulle des frontal gestellten Bogengangs. *f* Theilung des zu dieser Ampulle tretenden Nerven.
- Fig. 7. Vergr.  $\frac{120}{1}$ . Flächenansicht des häutigen sagittalen Bogengangs von einer Taube mit natürlicher Injection der Gefäße. *a* Knorpel des häutigen Bogengangs. *b* Hauptgefäß an der Concavität verlaufend. *c* Das feine netzförmige Bindegewebe zwischen den Wandungen der Gefäße und dem Knorpel.
- Fig. 8. Vergr.  $\frac{120}{1}$ . Durchschnitt durch einen häutigen Bogengang einer Gans. Alkoholpräparat. *a* Knorpel. *b* Basalsaum des Knorpels. *c* Pflasterepithelauskleidung des häutigen Bogengangs.
- Fig. 9. Vergr.  $\frac{120}{1}$ . Querschnitt durch einen häutigen Bogengang einer Taube in der Nähe der Einmündung in die Ampulle. Nicht ganz frisch mit Goldchlorid behandelt. *a* Knorpel. *b* Basalsaum. *c* Pflasterepithelauskleidung. *d* Cylinderepithelwulst aus der Ampulle hineinragend.
- Fig. 10. Gruppe von Pflasterepithelzellen aus einem häutigen Bogengang der Gans. *a* Einzelne Zelle.

- Fig. 11. Vergr.  $^{120}/_1$ . Ein wenig seitwärts der Mittellinie geführter Längsschnitt durch die Ampulle des horizontalen Bogengangs eines Huhns mit fast vollständiger natürlicher Injection. *a* Wandung des Utriculus. *b* Leistenförmige Hervorragung zwischen Ampulle und Sack. *c* Hauptgefäßsstamm. *d* Längs der Mittellinie des Ampullendachs verlaufendes Gefäß. *e* Crista auditoria. *f* Häutiger Bogengang.
- Fig. 12. Vergr.  $^{120}/_1$ . Das Dach einer häutigen Ampulle einer Gans von der Innenfläche gesehen, mit durchschimmernden natürlich injicirten Gefäßen. *a* Knorpelwandung der Ampulle. *b* Die in der Nähe der Crista auditoria befindlichen Cylinderepithelzellen. *c* Streifen der Dachzellen. *d* Die polygonalen Pflasterzellen des häutigen Bogengangs. *e* Die in den häutigen Bogengang hineinziehenden cylindrischen Dachzellen.
- Fig. 13. Vergr.  $^{300}/_1$ . Gruppe von Dachzellen der vorhin beschriebenen Ampulle. *a* Polygonale Pflasterepithelzellen. *b* Die Dachzellen der Mittellinie.
- Fig. 14. Querschnitt durch das Dach einer Ampulle des Huhns. *a* Knorpel der Ampulle. *b* Basalsaum der Ampulle. *c* Die gegen die Crista auditoria nachsteigenden Cylinderzellen. *d* Der Wulst der Dachzellen. *e* Pflasterepithelzellen des Dachs.
- Fig. 15. Vergr.  $^{120}/_1$ . Der Boden der Ampulle des sagittal gestellten Bogengangs einer Taube von innen gesehen mit dem Septum cruciatum der Crista auditoria. *a* Pflasterepithelzellen des häutigen Bogengangs. *b* Sternförmige Zellengruppe des Ampullenbodens. *c* Cylindrische Bodenzellen. *d* Die gegen die Crista auditoria aufsteigenden Cylinderzellen. *e* Wandung der Ampulle. *f* Die am Abhang des Septum cruciatum befindlichen Zellen. *g* Masse des Nervenepithel. *h* Dunkle durchscheinende Masse des in der Crista auditoria sich verzweigenden Nervenastes.
- Fig. 16. Vergr.  $^{120}/_1$ . Der Beginn der Crista auditoria der Ampulle des frontal gestellten Bogengangs eines Huhns von der Innenfläche gesehen. *a* Die in der Umgegend der Crista auditoria befindlichen Cylinderzellen. *b* Dieselben am Beginn der Erhebung der Leiste (Planum semilunatum). *c* Sternförmige Zellgruppe am Abhange der Crista. *d* Dazwischen liegende Bodenzellen. *e* Zu der Crista auditoria verlaufende Nervenbündel schräg durchschnitten. *f* Masse des Nervenepithels auf der Höhe im Innern der Crista.
- Fig. 17. Vergr.  $^{700}/_1$ . Flächenansicht am Boden einer häutigen Ampulle befindlicher Zellen. *a* Sternförmige Gruppe der pigmentirten flaschenförmigen Zellen. *b* Dazwischenliegende Bodenzellen.
- Fig. 18. Vergr.  $^{120}/_1$ . Stück der äusseren Seitenfläche der Ampulle des horizontalen Bogengangs einer Taube. *a* Crista auditoria. *b* Sternförmige Zellengruppe. *c* Cylindrische Bodenzellen.
- Fig. 19. Vergr.  $^{700}/_1$ . Das Nervenepithel der Crista acustica aus voriger Figur von der Fläche. *a* Stäbchenzelle. *b* Die dieselbe umgebenden Zahnzellen. *c* Haar der Stäbchenzelle in der Fläche ausgebreitet.

## Tafel XXXVIII.

- Fig. 20. Vergr.  $^{300}/_1$ . Querschnitt durch das Septum cruciatum der Crista acustica der Ampulle des sagittalen Bogengangs. *a* Nervenepithel. *b* Das die Höhe der Flügel des Septum bekleidende Epithel. *c* Basalsaum der Crista acustica. *d* Sternförmige Zellgruppe die Wände des Septum bekleidend.

*e* Zwischenliegende Bodenzellen. *f* Die in der Crista sich erhebenden Nervenbündel.

- Fig. 21. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Gruppe der die Umgebung des Planum seminulatum bekleidenden Cylinderzellen. *a* Cylinderzelle. *b* Eine solche unterhalb des Kerns mit einer Endigung versehen. *c* Eine solche, deren oberes Ende fadenförmig erscheint.
- Fig. 22. Vergr.  $\frac{420}{1}$ . Schnitt durch die Crista acustica und Umgebung aus der Ampulle des horizontalen Bogengangs eines Huhns. *a* Knorpel der Ampulle. *b* Epithel der Abdachung der Crista. *c* Nervenepithel. *d* Der schräg herantretende Nervenzweig. *e* Die Nervenbündel in der Crista. *f* Die Leiste zwischen Crista acustica und Utriculus. *g* Epithel derselben.
- Fig. 23. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Gruppe von Zellen aus dem Boden einer Ampulle der Taube. *a* Flaschenförmige Pigmentzellen aus einer sternförmigen Gruppe. *b* Bodenzelle. *c* In ihrer Form veränderte Bodenzelle.
- Fig. 24. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Gruppe isolirter flaschenförmiger Pigmentzellen vom Boden einer Ampulle der Taube. *a* Isolirte Zellen. *b* An ihrem flaschenförmigen unteren Ende verletzte Zelle.
- Fig. 25. Vergr.  $\frac{300}{1}$ . Flächenschnitt durch das Septum cruciatum der Ampulle des sagittal gestellten Bogengangs einer Taube. *a* Knorpel. *b* Flaschenförmige Pigmentzelle des Abhangs der Crista acustica. *c* Dazwischenliegende Bodenzellen. *d* Nervenepithel. *e* Die Härchen des Nervenepithels. *f* Nervenbündelchen im Querschnitt. *g* Gefäß.
- Fig. 26. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Isolirte bipolare Ganglienzellen aus dem zur Ampulle des frontal gestellten Bogengangs eines Huhns gehenden Nervenast. *a* Körper der Zelle. *b* Nervenfasersfortsatz.
- Fig. 27. Vergr.  $\frac{420}{1}$ . Querschnitt durch den in voriger Figur erwähnten Nervenast. *a* Umhüllungsmembran. *b* Nervenfasermasse in der Mitte auseinander gerzert. *c* Ganglienzelle.
- Fig. 28. Vergr.  $\frac{700}{1}$ . Isolirtes Nervenepithel aus einer Ampulle der Taube. *a* Körper der Stäbchenzelle. *b* Verdickungssaum derselben. *c* Haar der Stäbchenzelle. *d* Nervenfasersfortsatz. *e* Kern der Stäbchenzelle. *f* Im unteren Theil verletzte die Stäbchenzellen umgebende Zahnzellen.
- Fig. 29. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Querschnitt durch die Crista acustica der Ampulle des horizontalen Bogengangs einer Taube. *a* Knorpel der Papille. *b* Flaschenförmige Pigmentzellen am Abhange der Papille. *c* Dazwischenliegende Bodenzellen. *d* In eine Stäbchenzelle herantretende Nervenfasers. *e* Stäbchenzelle. *f* Verdickungssaum der Stäbchenzelle.
- Fig. 30. Vergr.  $\frac{700}{1}$ . Isolirte Stäbchenzellen der Crista acustica vom Huhn. *a* Körper der Stäbchenzelle. *b* Kern mit Kernkörperchen derselben. *c* Nervenfasersfortsatz. *d* Verdickungssaum der Stäbchenzelle halb von der Fläche gesehen. *e* Hakenförmig gekrümmtes Haar. *f* Verdickungssaum der Stäbchenzelle im Profil.
- Fig. 31. Vergr.  $\frac{400}{1}$ . Stück von der Kuppe einer Crista acustica vom Huhn. *a* Knorpelmasse. *b* Basalsaum der Crista. *c* Jenseits des Basalsaums im Epithel lagernde Nervenfasers. *d* Mit einer im oberen Abschnitt verletzten Stäbchenzelle in Verbindung stehende Nervenfasers.
- Fig. 32. Vergr.  $\frac{420}{1}$ . Macula acustica aus dem Utriculus eines Huhns von der Innenfläche gesehen. *a* Masse des Nervenepithels. *b* Membran des Utriculus jenseits der Macula.

- Fig. 33. Vergr.  $\frac{450}{1}$ . Epithelgruppe aus der Reihe der Macula acustica einer Taube. *a* Polygonales Pflasterepithel. *b* Brücke. *c* Flaschenförmige Pigmentzellen aus einer sternförmigen Gruppe. *d* Dazwischenliegende Bodenzellen.
- Fig. 34. Vergr.  $\frac{700}{1}$ . Masse, in der die Otolithen eingebettet sind, in Alkohol geschrumpft, aus dem Utriculus einer Taube von der Fläche gesehen. *a* Homogene Membran. *b* Streifen der homogenen Membran. *c* Eindrücke der Stäbchenzellen.
- Fig. 35. Vergr.  $\frac{700}{1}$ . Stück eines Querschnitts durch die Macula acustica aus dem Utriculus einer Taube. *a* Knorpelmasse. *b* Gefäße. *c* Nervenfaserbündel. *d* Basalsaum des Knorpels. *e* Einzeln verlaufende Nervenfasern im Knorpel einen weitmaschigen Plexus bildend. *f* Stäbchenzelle. *g* Die die Stäbchenzellen umgebenden Zahnzellen. *h* Stäbchenzellenhaar.
- Fig. 36. Vergr.  $\frac{300}{1}$ . Stück eines Querschnitts durch die Macula acustica einer Taube. *a* Knorpelmasse. *b* Gefäß. *c* Nervenfaserbündel. *d* Stäbchenzellen. *e* Otolithenmasse mit Otolithen. *f* Nervenfaserverplexus.
- Fig. 37. Vergr.  $\frac{700}{1}$ . Isolierte Stäbchenzellen aus der Macula acustica einer Taube. *a* Stäbchenzellenkörper. *b* Von der Stäbchenzelle. *c* Verdickungssaum derselben. *d* Haar. *e* Nervenfasersfortsatz.
-

## Nachtrag zur Arbeit: „Der Bogenapparat der Vögel“.

Von

Dr. C. Hasse.

---

Um meine Erfahrungen in Betreff des Bogenapparates der Vögel auch auf die Säugethiere auszudehnen und so der Arbeit, da damit ein näherer Anschluss an die Verhältnisse beim Menschen erzielt wird, ein erhöhtes Interesse zu verschaffen, und um zugleich auch hier wömmöglich zu constatiren, dass die Uebereinstimmung im Bau eine vollkommene ist, habe ich den Hund und die Katze in den Bereich meiner Betrachtungen gezogen und soweit untersucht als nöthig, um den soeben erwähnten Zweck zu erreichen.

Eine vollkommen erschöpfende Darstellung vermag ich nicht zu geben, allein immerhin ist die Uebereinstimmung selbst bis ins Einzelste hinein in hohem Grade vorhanden, wenn auch nicht so sehr, als ich es bei der vorherigen Beschreibung vermuthet. Das Wesen des Baues freilich bleibt dasselbe, aber dennoch sind Differenzen in Betreff eines interessanten Gebildes, der flaschenförmigen Pigmentzellen vorhanden. Diese fehlen den Säugethiern.

Sahen wir bei den Vögeln schon in den groben anatomischen Verhältnissen der Ampullen Verschiedenheiten zu Tage treten, so ist dasselbe auch bei den Säugern der Fall, nur nicht in einem so hohen und auffallenden Grade. Auch bei ihnen hat die horizontale Ampulle einen von dem der anderen abweichenden Bau. Während die Ampullen der vertical gestellten Bogengänge am Boden eine Crista acustica zeigen, die symmetrisch eine kleine Strecke gleich hoch an den Seitenwänden emporsteigt, hält dasselbe Gebilde der horizontalen sich etwas mehr an eine Seitenwand, ragt an dieser höher empor, wie an der anderen. Während die zu jenen verlaufenden Nervenäste beim Eintritt

in den auch hier vorhandenen Sulcus transversus STEIFENSAND's sich in zwei Zweige theilen, so schien mir der zu dieser verlaufende Ast ungeheilt hineinzutreten. Dieser äusserlichen Verschiedenheit entspricht eine Differenz im Inneren, wie sich deutlich nach Wegnahme des Ampullendaches zeigt. Wir sehen an allen drei Gehörleisten das Septum cruciatum fehlen, und sie verlaufen in der Mitte am breitesten und steil an den Seiten sich abdachend, allmählich schmaler werdend zur Seitenwand, enden hier abgerundet und zwar mit einem auf beiden Seiten vorhandenen Planum semilunatum. Bei den Vögeln sahen wir an der Ampulle des horizontalen Bogengangs das Planum fehlen, hier ist es aber an dem entsprechenden Orte vorhanden. Die Differenz kommt dadurch zum Vorschein, dass sich bei den verticalen Leisten aus der Mitte eine papillenförmige Erhabenheit erhebt, die der Crista der horizontalen Ampulle fehlt. Es ist das gleichsam ein Anklang an die Kreuzform bei den Vögeln, nur dass dort die Hervorragungen die beiden Seitenflächen einnehmen, während hier der Kamm der Leiste mit einer einfachen zungenförmigen Hervorragung besetzt ist. Dieses Verhalten habe ich namentlich deutlich bei der Katze beobachtet.

Die Wandungen der Ampullen sowohl wie des Utriculus erschienen mir viel weicher wie bei den Vögeln, wenn auch der Bau der gleiche ist. Wir haben überall die spindelförmigen Zellen, eingebettet in homogener Intercellularsubstanz mit den nach allen Seiten hin verlaufenden, anastomosirenden Ausläufern. Die Zellen sind hier jedoch grösser und rundlicher, liegen auch dichter gedrängt wie bei den Vögeln. Die Intercellularsubstanz ist demnach spärlicher. Umsponnen sind die Bogengänge sowohl wie die Ampullen von einem weitmaschigen Gefässnetz, welches mittelst eines zarten, bindegewebigen Maschennetzes ganz wie bei den Vögeln an die Wandungen befestigt ist. Eine Epithelbekleidung fehlt der Aussenwand gänzlich, so dass auch für die Säuger die Einwendungen, die ich gegen RÜDINGER erhoben, Geltung gewinnen. Gegen das freie Lumen hin ist das Bindegewebsrohr mit einem feinen Basalsaum abgesetzt.

In den Bogengängen ist dieser mit demselben einfachen pflasterförmigen, schön polygonalen Epithel bekleidet, wie bei den Vögeln. Dasselbe findet sich auch bei den Ampullen in der Nähe des Bogengangs, an den Seitenwänden bis zu den Plana semilunata und am Dach. An letzterem kommt jedoch ganz dasselbe interessante Verhältniss zum Vorschein wie bei den Vögeln, ein dunklerer etwas gelblich gefärbter Zellstreifen, der über die Einschnürung am Bogengang hin verlaufend sich eine kurze Strecke in denselben hinein biegt. Diesem Streifen entsprechen auf der Aussenfläche mehrere über die

Höhe des Daches verlaufende Gefässe. Es ist, wenn man so will, eine Art Raphe. Die Pflasterzellen, die anfänglich einen Durchmesser von 0,045 Mm. und einen Kern von 0,009 Mm. nebst Kernkörperchen haben, nehmen allmählich etwas am Durchmesser ab, werden rundlich und zugleich höher, so dass wir in der Mitte des Zellstreifens niedrige Cylinderepithelien von 0,04 Mm. mit einem Kern von 0,007 Mm. haben. Die einzelnen Dachzellen sind hier wie bei den Vögeln etwas granulirt, während die Pflasterzellen wie dort schön licht sind, und nur hie und da helle Körnchen zeigen.

Je näher wir dem Abhange der Gehörleisten kommen, desto mehr ändert sich das Epithel, und wir sehen dasselbe in der nächsten Umgebung derselben leicht gelblich gefärbt, jedoch als vollkommen gleichmässiges Stratum. Man bemerkt nirgends solche dunkle, gelblich pigmentirte Zellgruppen wie bei den Vögeln, oder gar solche gelbe Pigmentflecke wie bei den Fröschen. Die flaschenförmigen Zellen fehlen und wir haben es ausschliesslich mit den einfachen Bodenzellen zu thun, die sich allmählich aus der pflasterförmigen Epithellage herausbilden. Das Pigment derselben ist gleichsam auf diese übergegangen. Die Pflasterzellen werden in der Umgebung der Leisten allmählich höher, bis sie am Beginn des Aufsteigens der Crista eine Höhe von 0,04 Mm. erreichen. Sie steigen dann noch etwas an den Abhang empor, um dann von dem Nervenepithel abgelöst zu werden und an der Grenze dieses eine Höhe von 0,024 Mm. zu bekommen. Es sind mässig granulirte, rundliche Cylinderzellen von 0,006 Mm. Durchmesser mit Kern und Kernkörperchen. Ersterer besitzt einen Durchmesser von 0,0042 Mm., letzterer von 0,004 Mm. Sie sitzen dem Basalsaume in einfacher Lage auf, unter ihnen befindet sich keine andere Zellform. Ganz dieselben sieht man auch auf dem Planum semilunatum in einer Höhe von 0,004—0,024 Mm. auftreten und sich dann mit einer ziemlich scharfen Grenzlinie gegen das Nervenepithel absetzen.

Was nun das Verhalten der Nerven und deren Endigungen anlangt, so sehen wir auch hier an den zu den Ampullen tretenden Aesten bis zu ihrem Eintritt in die Gehörleisten bipolare Ganglienzellen von derselben Grösse und Form wie bei den Vögeln auftreten. Sie sind auch hier nicht zu einem Ganglion vereinigt, sondern in den Zweigen zerstreut. Von ihnen aus gehen feine, innerhalb geringer Grenzen verschieden dicke, blasse Nervenfasern, deren Verhalten in Osmiumsäure ich nicht näher untersucht habe. Es standen mir nur Alkoholpräparate zu Gebote. Es wollte mir aber nicht gelingen, doppelt contourirte Fasern jenseits der Zellen verlaufen zu sehen. Ich glaube wir haben hier ein ganz den Vögeln entsprechendes Ver-

halten. In die Knorpelwand eingetreten, verlaufen sie bis zum Basalsaum in leichten Schlingelungen, auch wohl in stärkeren Biegungen, um oftmals unmittelbar unterhalb desselben noch eine stärkere Krümmung zu machen und dann senkrecht den Saum zu durchsetzen. Ein Zuspitzen der Fasern habe ich hier ebenso wenig wie bei den Vögeln gesehen. Auch im Knorpel habe ich keine doppelcontourirte Fasern entdecken können, es sind eben überall in gleicher Dicke weiterverlaufende, blasse Nervenfädchen. Ob dieselben noch mit einer Scheide versehen sind, darüber will ich mich für jetzt noch nicht aussprechen. Ich werde darauf ausführlicher bei der Schilderung der Verhältnisse beim Frosche zu sprechen kommen. Bei ihnen zeigen sich nämlich bis dicht unter dem Basalsaume doppelcontourirte Fasern, die sich dann zuspitzen und als blasse denselben durchsetzen und ins Epithel treten. Für diese Thiere kann ich also die Entdeckung M. SCHULTZE's bei den Fischen bestätigen, und meine früher ausgesprochene Vermuthung, dass auch bei ihnen blasse Fäserchen von den Ganglienzellen bis zu den Epithelien verlaufen werden, ist demnach für diese Thiere hinfällig.

Während sich das Nervenepithel bei den Vögeln in den mit einem Septum cruciatum versehenen Ampullen auf der Höhe der Gehörleisten hält und nur unbedeutend an den Seitenwänden hinunterragt, während dieses bei den horizontalen tiefer geht, ist das letztere Verhalten bei den Säugethieren in allen Ampullen ein durchstehendes und überall, wie mir scheint, gleichmässiges. Es ist auch hier eine einfache Zelllage, bestehend aus zwei Elementen, den Zahn- und Stäbchenzellen, von ganz ähnlichem Aussehen wie bei den Vögeln. Ueberragt ist dasselbe von feinen Härchen, die frei in die Endolymphe hineinragen. Das Nervenepithel hält sich streng an den Bereich der Ausbreitung der Nervenfasern. Von der Fläche gesehen sehen wir auch hier jede einzelne Stäbchenzelle von einem Kreise von meistens fünf Zahnzellen umgeben und von den übrigen isolirt. Es ist schwieriger wie bei den Vögeln, dieses Verhältniss zu constatiren. Die Unterschiede im Durchmesser sind nur gering, was mit der alsbald zu beschreibenden Form der Zellen zusammenhängt. Dagegen giebt das Aussehen besseren Aufschluss. Die Stäbchenzelle stellt sich namentlich an schwächer imbibirten Präparaten als lichter Kreis dar, aus dem man als wichtigstes Merkmal das Haar sich erheben sieht. Die einzelnen Zahnzellen erscheinen dagegen wegen der stärkeren Färbung des runden Kerns dunkel. Die Anordnung der Zahnzellen im Kreise ist mir nicht so regelmässig wie bei den Vögeln erschienen, doch mag das vielleicht von Zufälligkeiten, unbedeutenden Zerrungen des Präparates etc. abge-

hängen haben. Die Isolation ist aber immer und überall vorhanden. Die einzelnen Zahnzellen sind cylindrisch von 0,028 Mm. Höhe mit einem 0,005 Mm. im Durchmesser haltenden, im Grunde liegenden Kern, der ein Kernkörperchen in sich schliesst. Oberhalb des Kerns zeigen die Zellen eine Einschnürung, um sich dann wieder zu verbreitern und gegen die freie Oberfläche hin mit einer leichten Rundung zu enden. Die Zellen sind schön hell, schwach granulirt. Die Stäbchenzellen sind schlanker, wie bei den Vögeln, nicht so brüchig in der Gegend des Kerns, der sich mehr als länglich rundes Gebilde präsentiert. Sie besitzen eine Höhe von 0,02 Mm. Gegen die freie Oberfläche hin wird die Zelle allmählich schmaler, und setzt sich an derselben ebenso wie bei den Vögeln mit einem 0,002 Mm. dicken Verdickungssaum ab. Unterhalb desselben hat die Zelle einen Durchmesser von 0,0025 Mm. Der Saum zeigt sich zuweilen leicht quergestreift, und zieht sich dann in einen langen, leicht geschlängelten, unendlich spitz auslaufenden, an der Basis 0,003 Mm. dicken Stachel aus. Also ganz dasselbe Verhalten wie bei den Vögeln. Jede Stäbchenzelle besitzt einen länglich runden, den unteren Theil der Zelle fast ganz ausfüllenden, 0,0045 Mm. im Durchmesser haltenden Kern mit einem kleinen Kernkörperchen. Gegen den Basalsaum der Knorpelwandung spitzt sich dann die Stäbchenzelle allmählich in einen feinen, hellglänzenden Faden zu, der jedenfalls auch hier wohl wie bei den Vögeln mit einem Nervenfasерchen im Zusammenhange steht. Ich vermag mich hier nicht mit voller Bestimmtheit darüber auszusprechen, obgleich mir Bilder zu Gesicht kamen, die dieses Verhalten zu zeigen schienen. Unzweifelhafte Präparate habe ich jedoch nicht bekommen. Der Zusammenhang ist mir aber mehr als wahrscheinlich.

Nachdem die blassen Nervenfasern durch den Basalsaum getreten sind, sieht man sie zwischen den Zahnzellen einfach und ungetheilt emporsteigen, gerade wie bei den Vögeln. Es findet entschieden keine feine Verästelung statt, wenn die Fäserchen sich auch oft beim Abheben des Epithels aneinander legen und durch einander wirren; immer gelingt es, ungetheilte Fäserchen bis in den Knorpel hinein zu verfolgen.

Sehen wir auf diese Weise das Wesen des Baues der Ampullen bei den Säugern dem der gleichen Gebilde bei den Vögeln bis auf die flaschenförmigen Pigmentzellen bis ins Einzelste entsprechen, so ist das nicht minder bei dem Utriculus mit dessen rundlich ovaler Macula acustica der Fall. Die Wandungen desselben sind, wie erwähnt, aus denselben Elementen, wie bei den Vögeln, constituirt. Die der Macula gegenüberstehende Wand ist ausserordentlich fein und dünn,

gegen diese hin verdickt sie sich immer mehr, doch auch hier sind mir die Wände viel weicher und nachgiebiger wie bei den Vögeln erschienen, was auch hier wohl mit der sparsameren Intercellularsubstanz und dem dichteren Anschliessen der grossen, rundlicheren Kerngebilde zusammenhängt. In der Knorpelwandung der Macula sieht man reichlich feine Capillaren verlaufen. Auch hier findet sich der gegen das Epithel die Grenze bildende feine Basalsaum.

Die Epithelbekleidung ist jenseits des Gehörflecks ein einfach pflasterförmiges, von ganz demselben Aussehen, wie das in den Bogen- gängen und im Beginne der Ampullen. Erst in der Umgebung der Macula verliert es seinen Charakter. Er wird hier allmählich, wie in der Nähe der Crista der Ampulle, höher, der Kern rückt gegen die Mitte der Zelle empor und so bekommen wir auch hier schöne cylin- drische Zellen, leicht granulirte Bodenzellen, die im Zusammenhange betrachtet, eine leichte gelbliche Färbung zeigen. Die bei den Vögeln auch hier eingesprengten flaschenförmigen Pigmentzellen fehlen gänzlich, sie sind vollständig wie in den Ampullen durch die einfachen Boden- zellen vertreten. Betrachtet man dieses Epithel aus der Umgebung der Macula bei verschiedener Einstellung von der Fläche, so hat es zu- weilen den Anschein, als läge ein Stratum grösserer Zellen unter dem- selben. Querschnitte zeigen uns aber, dass die Cylinderzellen in ein- facher Lage der Wandung aufsitzen, dass das, was als tiefer liegendes Zellstratum erscheint, der Wandung angehörende, dichter zusammen- liegende Kerngebilde sind. Ich würde dieses Verhaltens nicht speciell Erwähnung gethan haben, wenn nicht sowohl HENLE<sup>1)</sup> wie ODENIUS<sup>2)</sup> aus der unmittelbaren Umgebung des Flecks zwei Epithelformen be- schrieben, von denen die eine entschieden meinen Bodenzellen ent- spricht, während ich von der anderen vermuthete, es möchte sich dabei um meine flaschenförmigen Pigmentzellen handeln. Diese Vermuthung hat sich für die Säugethiere entschieden nicht bestätigt. Sie fehlen denselben und ich möchte glauben, dass sie auch beim Menschen nicht vorhanden sind. Es fragt sich demnach, was die von den beiden For- schern beschriebenen Gebilde repräsentiren. Möglich ist es immerhin, dass es den Menschen eigenthümliche Formen sind, allein schon ODENIUS macht auf die Möglichkeit aufmerksam, dass sie den von ihm aus dem Epithel an in Holzessig bewahrten Präparaten beschriebenen Hohl- räumen entsprechen. Ich halte es für möglich, dass die Kerngebilde der Wandung ein Zellstratum, unter den Cylinderzellen vorgetauscht hätten. Ich möchte diesen Punct Forschern empfehlen, denen Gelegen-

1) l. c.

2) l. c.

heit geboten wird, die Verhältnisse beim Menschen nächzuuntersuchen. Ich habe nie solche Hohlräume weder bei den Vögeln, noch bei den Fröschen, noch bei den Säugethieren, wie ODENIUS, gesehen, und vielleicht mögen sie durch die Art der Behandlung mit Holzessig entstanden sein.

Was nun die Nervenverhältnisse und die Endigungen der Fasern betrifft, so ist das Verhalten ganz dasselbe wie in den Ampullen, und auch hier entsprechen sie den bei den Vögeln gefundenen. Von bipolaren Ganglienzellen gehen blasse Nervenfasérchen ab und treten, zu Bündeln vereinigt, in die Knorpelwandung der Macula. Innerhalb derselben finden sich keine Ganglienzellen mehr. Auch im Utricularrast sind sie nicht zu einem Ganglion vereinigt, sondern in dem Zweige zerstreut. Von den Bündeln strahlen dann die Nervenfasérchen wie bei den Vögeln aus und bilden einen schönen Plexus, schlängeln, krümmen sich und treten dann bis dicht unter den Basalsaum, um hier oftmals noch umzubiegen oder eine Strecke unterhalb desselben wegzulaufen, und dann ihn senkrecht zu durchsetzen. Es ist nicht ganz leicht, an Alkoholpräparaten dieses Verhalten zu constatiren und sicher zu sein, dass nirgends doppelcontourirte Fasern vorkommen. Feine Gefässe verlaufen überall in der Knorpelsubstanz, deren Kerne sich nicht immer deutlich von den Kerngebilden der Wandung unterscheiden lassen, und der Glanz derselben steht oftmals nicht viel dem der Nervenfasérchen nach. Dann können noch, wenn auch weniger leicht, Verwechslungen der blassen Nervenfasern mit den Ausläufern der Kerngebilde der Wandungen vorkommen, und namentlich oft erscheint ein Bild von doppelcontourirten Fasern, wenn zwei blasse Fädchen zuweilen eine Strecke vollkommen parallel neben einander verlaufen. Dann sieht man sie jedoch an guten Präparaten sich trennen. Ich glaube nicht, dass an irgend einer Stelle der Gehörleiste oder der Macula acustica markhaltige Fasern vorkommen, obgleich mir allerdings die Controlle mit Osmiumsäure fehlte, und dass auch bei den Säugern das Verhalten ganz dem bei den Vögeln gefundenen entspricht. Freilich gerathe ich da in einen Widerspruch mit ODENIUS, der überall markhaltige Fasern abbildet und dieselben, wie M. SCHULTZE für die Fische gefunden, unter dem Basalsaume die Markscheide verlieren und sich zuspitzen sieht. Ich habe, da ich eben keine markhaltigen Fasern gefunden, noch kein Zuspitzen und Uebergehen in blasse Fasérchen finden können, habe aber, wie in den Ampullen, so auch im Steinsack der Frösche dieses Verhalten aufs Schönste gesehen, so dass ich mich jetzt überzeugt halte, dass SCHULTZE's Angaben für die Fische in dieser Beziehung vollkommen gültig sind.

Der Bau des Nervenepithels ist ganz derselbe wie in der *Crista acustica*, und alle dort erwähnten Hauptverhältnisse kommen auch hier in Betracht, ebenso was dort über den Zusammenhang mit den Nervenfasern gesagt worden ist. ODENIUS hat beim Menschen den Kern der Stäbchenzelle nicht gesehen und giebt nur eine Andeutung des Verdickungssaumes derselben in der ihnen anhaftenden granulirten Masse, allein beide Theile sind bei den Säugethieren vorhanden, und ich glaube mich wohl berechtigt, ein Gleiches von dem Menschen anzunehmen. Etwas näher muss ich aber auf die Frage eingehen, ob nach dem Durchtritt der Fäserchen durch den Basalsaum in das Epithel, dieselben sich theilen oder nicht. Ich muss hier den Angaben M. SCHULTZE's und ODENIUS, sowohl für die Säuger wie für die Frösche widersprechen. Ueberall da, wo man das Epithel nur ein wenig abgehoben, sieht man, wie die Nervenfasern ungetheilt in dasselbe tritt. Es sind glatte, ziemlich parallel verlaufende Stränge und man vermag sie ungetheilt zwischen die Zahnzellen hinauf verfolgen. Ist dagegen das Epithel losgelöst, so habe ich allerdings häufig die Fasern ebenfalls ganz glatt verfolgen können, allein oft kamen mir Bilder zu Gesicht, die, wie bei ODENIUS, eine Dichotomie, oder wie nach M. SCHULTZE, ein pinselförmiges Ausstrahlen des Axencylinders vortäuschten und zwar auf verschiedene Weise. Allerdings ist man immer genöthigt, starke Vergrößerungen anzuwenden, um das Verhalten zu constatiren, und habe ich mich meistens dazu des Systems No. 9 von HARTNACK bedient. Einmal sieht man Fasern, die sich einfach in zwei Zweige zu theilen scheinen, allein immer bemerkt man, dass der Stamm von derselben Dicke wie die beiden Zweige ist. Dann sieht man ferner, dass dieselben nicht ganz in einer Ebene liegen. Der eine verlegt sich hinter den anderen, um dann weiter zu verlaufen. Die Bilder, welche das pinselförmige Ausstrahlen zeigen, sind entweder dadurch zu Stande gebracht, dass der Axencylinder gequetscht wird, was dadurch leicht entdeckt wird, dass derselbe breiter wie innerhalb des Basalsaums erscheint, oder es haftet ihm etwas Masse der umgebenden zarten Zahnzellen, in Gestalt von längeren oder kürzeren, hellen Zacken an, immer aber lässt sich im letzteren Falle der einfache Contour der blassen Faser bis zum Basalsaume verfolgen. Ich weiss nicht, ob nicht gerade der letztere Umstand M. SCHULTZE zu der Annahme der Theilung der Axencylinder gebracht hat. Auffällig ist das Verhalten namentlich an mit Alkohol behandelten Präparaten, an denen die Isolation der einzelnen Gebilde nur mit Mühe bewerkstelligt werden kann.

Auf dem Nervenepithel des Utriculus, streng an den Bereich desselben sich haltend, ruht die Otolithenmasse, die auch hier eine voll-

kommen homogene Gallertmasse darstellt, in der die Kalkkörperchen eingesprengt sind. Ohne Structur zeigt sie an erhärteten Präparaten mehr oder minder deutlich die Eindrücke der Stäbchenzellen und nur darin differirt sie, wie mir scheint, von der der Vögel, dass die Consistenz eine grössere ist, und dass dieselbe die Otolithen nicht so leicht fahren lässt. Im Uebrigen gilt alles, was ich dort über dieses Gebilde gesagt habe, auch hier.

So sehen wir denn bei diesen beiden verschiedenen Thierclassen die Bogenapparate bis ins Einzelste hinein einander entsprechen, und damit ist denn auch für die Säuger ein entsprechender physiologischer Vorgang anzunehmen. Ich zweifle nicht, dass ganz dieselben Verhältnisse, wie ich soeben geschildert, auch beim Menschen sich finden.





