Die Entwicklung des Gehörorgans und das Hören

Autor(en): **Jenny, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bericht über die Thätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **30 (1888-1889)**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-834641

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

V.

Die Entwicklung des Gehörorgans und das Hören.

Von

Dr. med. **R. Jenny.**

(Mit 2 Tafeln).

Die Fähigkeit zu „empfinden", d. h. von Veränderungen der Aussenwelt in bestimmter, eigenthümlicher Form betroffen, „erregt" zu werden und darauf mit gewissen Veränderungen des eigenen Körpers zu antworten, ist eine der organischen Masse auch in ihren elementarsten Erscheinungsformen innewohnende Eigenschaft. Lange Zeit hat man diese Fähigkeit, allerdings in dem engern Sinne des „bewussten Empfindens" und der sogenannten „zweckmässigen Reaction", nur dem thierischen Organismus zuerkannt und dieselbe geradezu zu einem der Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen Thier und Pflanze benutzt. Das genaue Studium der Pflanzenwelt aber lehrte, dass auch hier auf gewisse äussere Erregungen manchmal mit scheinbar zweckmässigen Veränderungen geantwortet wird. Ich erinnere nur an die Bewegungen der Mimosenblätter bei Berührung, an diejenigen der Blätter der sogenannten fleischfressenden Pflanzen, wie unseres Sonnenthaus und der amerikanischen Dionæa muscipula, sowie an die Bewegungen der Staubgefässe vieler Korbblüthler zur Zeit der Pollenreife.

Und als die Forschung immer tiefer herunterstieg auf der Stufenleiter organischer Entwicklung, dahin, wo in Folge Mangels jeder Andeutung eines Nervensystemes von bewusstem

Empfinden keine Rede mehr sein konnte, und schliesslich im Reiche der Protisten, der Urwesen, die Anfänge alles organischen Lebens in der Form einzelliger Lebewesen, ja blosser Partikelchen organischer Substanz fand, da erkannte man, dass die Fähigkeit „zu empfinden“ der organischen Masse an sich zukomme, und dass in dieser Hinsicht kein principieller Unterschied zwischen Thier und Pflanze bestehe.*

Bei den Urthierchen, den Protozoen, diesen einfachsten Verkörperungen thierischen Lebens, die alle Gewässer bevölkern und überall in Masse sich entwickeln, wo Wasser an der Luft stagnirt, sind entweder alle Theile des einzelligen Körpers der Aufnahme von Empfindungen fähig (so bei den Amöben), oder es beschränkt sich diese Eigenschaft auf die fester gewordene Rindenpartie desselben, wie bei den bekannten Infusorien. Natürlich ist noch keine Spur einer differenten Empfindung verschiedenartiger Einwirkungen vorhanden. Die Amöbe, die nichts Weiteres darstellt als ein individuell existirendes mikroskopisches Tröpfchen Lebesubstanz mit einem Zellkern im Innern, die in der Wärme und bei heller Beleuchtung unter dem Mikroskope langsam ihre Gestalt ändert und ihren weichen, hüllenlosen Leib stets wechselnd in Fäden ausstreckt, ihre Nahrung umfliesst und so in sich bringt, antwortet in gleicher Weise auf Abkühlung, Erschütterung, Berührung und den elektrischen Schlag, sie zieht sich, dem sich aufrollenden Igel gleich, zu einem Klümpchen zusammen.

Auf eine höhere Stufe schon stellen sich die Quallenpolypen (Hydromedusen). Sie sind bereits vielzellige Or-

* Eine höhere Entwicklung dieser Empfindungsfähigkeit und speciell ein Wahrnehmen differenter Empfindungsqualitäten kommt, wenigstens nach dem heutigen Stand unseres Wissens, allerdings nur dem Thiere zu.

ganismen, weisen aber noch einen sehr einfachen Bau auf und bestehen nur aus einem aus zwei Zellschichten sich zusammensetzenden Schlauche, deren äussere wir die Hautschicht, das Ektoderm, deren innere wir die Darmschicht, das Entoderm, nennen. Die Zellen der letztern besorgen die Verdauung, diejenigen der erstern Bewegung und Empfindung.

In unsern Bächen und Teichen hausen, den Wasserpflanzen aufsitzend, zwei kleine, nur bei genauerer Untersuchung sichtbare, gallertartige Polypchen, die grüne und die braune Hydra, deren schlauchförmiger Leib um den Mund herum in eine Anzahl Fangarme sich ausstülpt, welche beständig in lebhafter Bewegung sind und einen kleinen, dem Munde zuzielenden Strudel im Wasser bewirken. Die Entodermzellen derselben sind cubisch und tragen einen Saum von Flimmerhärchen, die hohen Ektodermzellen ziehen sich nach innen in lange zierliche Ausläufer aus. Ihre äussere Hälfte vermittelt die dumpfe Empfindung der von der Umgebung kommenden Reize; die nach innen gelegenen Fortsätze sind contractil und ermöglichen in ihrer Gesammtheit dem Thiere Bewegungen der Leibeswand und der Fangarme. Sie stellen die erste primitive Anlage eines Nerven- und Muskelsystemes dar und werden, dem entsprechend, auch „Neuromuskelzellen“ genannt. Einzelne derselben bergen im Innern noch eigenthümliche Nesselorgane, spiralig aufgerollte, vorschnellbare Fädchen zur Verwundung und Betäubung der kleinen Beutethierchen der gefrässigen Hydra.

Obwohl nur wenige Arten dieser Gattung existiren, hat deren Kenntniss hohe Wichtigkeit für das Verständniss thierischer Entwicklung; denn eine grosse Zahl niederer Thiere treten uns in den Jugendstadien ihrer Ausbildung vorübergehend in dieser sogenannten „Gastrula“ oder Gastræaform

entgegen, und auch die höchsten Thiere passiren dieselbe in ihrer Eientwicklung.

Von „Sinnesorganen“ können wir erst reden, wenn nicht mehr sämmtliche Zellen des Ektoderms in gleicher diffuser Weise die dumpfen Empfindungen vermitteln, sondern einzelne Gruppen derselben sich ausscheiden und durch specifischen Bau zur Aufnahme einer besondern Empfindungsart in hervorragenderer Weise befähigt werden. Stets hat dann das Princip der Arbeitstheilung auch zur Bildung eines isolirten Nervensystemes geführt, und es treten die Sinnesorgane mit Nerven in Verbindung, durch welche ihre Erregungen einem Nervencentrum zugeleitet werden, um daselbst dem Thier in specifischer Weise zur Empfindung zu kommen.

Die ersten Spuren eines Nervensystemes und die ersten eigenthümlich gestalteten Sinnesorgane, primitive Seh- und Hörwerkzeuge, treten uns bei den Quallen entgegen.

Die Quallen, diese wunderhübschen, glashellen Lebewesen, welche, schillernden Seifenblasen gleich, bald ruhig dahintreibend, bald lebhaft auf- und niedersteigend, die obersten sonnendurchwärmten Schichten aller Oceane beleben, lehnen sich im Baue noch an unsere Hydra an; nur haben sich die dort besprochenen innern Fortsätze der Ektodermzellen zu einer selbstständigen, mächtigen Schicht eines zellenarmen Gallertgewebes entwickelt, welches, Züge dichterer, muskelartiger Fasern und ein oft sehr feines und zierliches Wassergefässsystem in sich bergend, die Hauptmasse des ansehnlichen Körpers bildet.

Betrachten wir uns zwei Repräsentanten dieser Thiergruppe.

Die Cydippe, eine Rippenqualle des Mittelmeeres, zeigt einen kugeligen Körper, über welchen acht, mit zierlichen

Ruderplättchen und Flimmerhaaren besetzte Rippen meridianförmig herunterlaufen. Auf der Unterseite führt der Mund in eine ziemlich grosse, vom Entoderm ausgekleidete Leibeshöhle, die nach oben mit dem „Trichter“, dem Ausgangsraume des schon genannten Wassergefässsystemes, der ersten Andeutung eines Athmungs- und Kreislaufsorganes, communicirt. Seitlich vom Munde treten aus zwei Gruben zwei Fangarme oder Senkfäden hervor. Ueber dem Trichter bemerken wir einen kugeligen, grosszelligen Körper, ein Agglomerat von Nervenzellen, ein sogenanntes Nervenganglion, welches feine Fäden zu den Rippen und ein grösseres Faserbündel zu einem kleinen, dicht über ihm unter der Kuppe des Körpers gelegenen Bläschen entsendet. Dieses ist das Gehörbläschen oder die Gehörkapsel. Es besteht aus einer Schicht cubischer Zellen, die nach innen einen Saum von Flimmerhaaren tragen, und ist erfüllt von wasserheller Flüssigkeit, in welcher ein farbloser, krystallinischer Staub, bestehend aus feinen rhombischen Säulenkryställchen von kohlensaurem Kalk, suspendirt ist. Es ist dies der Gehörstaub oder Hörsand, das Otokonion.

Der zweite Repräsentant ist die Geryonia, eine Schirmqualle, die im ganzen Baue der Aurelia der Nordsee, dieser bekannten Zierde der Aquarien nordischer Grossstädte, ähnelt. Der flach-schirmförmige Körper schliesst nach unten mit einem gelappten musculösen Saume, durch dessen Contractionen der ganze Körper, wie ein Schirm, rhythmisch auf- und zugeklappt wird; hiedurch erfolgt einerseits die Bewegung des Thieres, anderseits wird dabei stetsfort frisches Wasser zur Ernährung und Athmung durch den am Ende des langen Fusses befindlichen Mund in den Verdauungsraum eingesaugt und von da aus in ein radiäres und interradiäres Wassergefässsystem getrieben. In dem genannten Körpersaume liegt

eine Anzahl Ganglien, welche durch feine Nervenstränge miteinander verbunden sind. Je im Einschnitte zwischen zwei Randlappen mündet ein Radialgefäss mit ampullenförmig erweitertem blindem Ende, über welchem ein kleines Knöpfchen, „das Randkörperchen“, sich erhebt. In diesem finden wir neben eigenthümlich glänzenden, von einem Pigmentsaum umgebenen Gebilden, primitiven Sehorganen, auch unser bekanntes Gehörbläschen wieder. Wohl ist es unmöglich, den strikten Beweis zu leisten, dass hier wirklich die ersten Anfänge eines Gehörorganes uns entgegentreten, doch sind wir zu dieser Annahme berechtigt, indem dieses Bläschen auch bei andern Thieren, wo es sich sicher als Gehörorgan documentirt, in gleicher Form uns begegnet, und indem auch bei den höchsten Thieren und dem Menschen das Gehörorgan in den ersten Stadien seiner Entwicklung diese Form des primitiven Gehörbläschens passiren muss.

Die Schallschwingungen des umgebenden Wassers theilen sich theils direct, theils durch Uebertragung auf den Körper dem Inhalte des Gehörbläschens mit, dieser geräth in zitternde Bewegungen, versetzt hiedurch die Hörzellen in eine specifische Erregung, welche vom Hörnerven centralwärts geleitet wird, um vom Thier als eine allerdings noch niedrig stehende und wenig distincte Schallwahrnehmung empfunden zu werden. Der Hörstaub stellt jedenfalls eine Art Dämpfungsapparat dar.

Bei den Korallen, den Schwämmen, den Seesternen und Seeigeln sind Gehörorgane nicht nachgewiesen worden.

Bei den niedern Würmern begegnen wir hie und da unpaaren Gehörbläschen, während sie bei den Rundwürmern, so beim Blutegel, bei unserm Regenwurme, dem lang gestreckten, symmetrischen Bau entsprechend, paarig am Kopf auftreten und durch ihre directe Verbindung mit dem dem

Gehirne höherer Thiere entsprechenden Kopfganglion als Organe hoher Dignität sich documentiren.

Unser Aufstieg in der Thierreihe führt uns nun zu den Gliederthieren. Nur in beschränkter Zahl sind dieselben mit Hörwerkzeugen ausgestattet, die auch etwas anders sich gestalten, weil einerseits Flimmerzellen dieser Thiergruppe gänzlich fehlen und weil das Auftreten eines harten Chitinpanzers eine andere Bildung des Organes nothwendig macht. Es sind speciell die Krebse und die Heuschrecken, welche mit sicher constatirten, nach zwei diversen Typen gebildeten Gehörwerkzeugen versehen sind.

Bei einem kleinen, zartschaligen Krebse der Nordsee, der Gattung Mysis, beschrieb Frey zuerst in den innern Lamellen der fünftheiligen Schwanzflosse je eine dickwandige, oblonge Kapsel, in deren Hohlraum ein kugeliges Gebilde aus kohlensaurem Kalk, besetzt mit steifen Chitinhaaren, ein Hörstein oder Otolith sich fand. Hensen wies nach, dass an diese Kapsel ein Nerv herantritt und in einem Kranze langer steifer Chitinborsten endet, welcher den Otolithen trägt. Ganz ähnlich gebaute Kapseln wurden bei andern Krebsen am Grundgliede des innern Fühlerpaares gefunden. Manchmal fehlt sogar die Decke der Kapsel, so dass eine einfache Grube sich findet, in deren Grund der Hörnerv in die beschriebenen Chitinhaare ausläuft, und wo dann an Stelle eines vom Thiere gebildeten Otolithen einfache, vom Meerwasser eingespülte Sandpartikelchen treten, die von den Hörhaaren in bestimmter Weise fixirt werden. In diesen Fällen stösst sich bei jeder Häutung der Chitinantheil des Organes mit der übrigen „Schale“ ab und wird nachher neugebildet.

Hensen beobachtete junge, durchsichtige Krebse in einer kleinen Glaskammer, deren eine Wand durch eine Membran gebildet war, mikroskopisch und constatirte die interessante

Thatsache, dass bei der Einwirkung verschiedener Klänge die einzelnen Hörhaare in bestimmter und wechselnder Weise in Schwingung gerathen.

Bei den heuschreckenartigen Thieren muss schon a priori das Vorkommen von Gehörorganen angenommen werden, da die Männchen mit eigenthümlichen Stimmapparaten ausgestattet sind und zur Paarungszeit durch ihr unermüdliches Zirpen die Weibchen oft weither anlocken.

Die Schnarrheuschrecken zeigen am dritten Brustringe, dicht über der Gelenkverbindung des Hinterbeines, die Laubheuschrecken und Grillen in den Schienen der Vorderbeine verborgen jederseits eine über eine kleine Höhle trommelfellartig auf einen Chitinring aufgespannte Membran, die im Niveau der Haut liegt. Die Wandung der Höhle trägt regelmässig angeordnete Chitinleisten, auf welchen, den Raum grösstentheils ausfüllend, eine dünnwandige Blase ruht, die meistens in directer Verbindung mit einem Luftröhrenaste steht; von unten her tritt der Nerv ein, vertheilt sich auf derselben und endet gegenüber dem Trommelfell in feinen, stäbchenförmigen Gebilden. Membran und Blase sind jedenfalls Schallleitungsorgane; die Schallperception geschieht durch die genannten eigenthümlichen Hörstäbchen.

Hieran reihen sich gewisse Apparate unbestimmter Natur, welche in der Wurzel der Hinterflügel vieler Käfer und an der Basis der Schwingkölbchen mancher Fliegen gefunden wurden. Dieselben dienen wahrscheinlich ebenfalls der Schallwahrnehmung, da ja auch manche Vertreter dieser Ordnungen charakteristische Geräusche von sich zu geben im Stande sind. Ich erinnere nur an die geigenden Töne der Bockkäfer.

Es zeigt sich nämlich an diesen Stellen der Chitinpanzer porös durchlöchert, und gegen die Poren hin verzweigt sich von innen her, meist dem Verlauf eines Luftröhrenastes

folgend, ein Nerv; derselbe endet in den Porencanälchen in feinen stäbchenförmigen Gebilden, ähnlich den Hörstäbchen der Grille.

Noch bleiben uns von den niedern Thieren die Mollusken, also die Muscheln, Schnecken und Kopffüssler zur Besprechung übrig.

Die erstern beiden Ordnungen lehnen sich an die hohen Würmer an. Die paarig angelegten Gehörbläschen liegen bald nahe dem Gehirnganglion, bald rücken sie mehr nach unten in den sogenannten Fuss, dieses merkwürdige Bewegungsorgan vieler Weichthiere. Häufig zeigen die Zellen des Bläschens eine Differenzirung. Die einen sind klein geblieben und zu blossen Stützzellen herabgesunken, die andern haben sich vergrössert und zeigen einen stattlichen Haarsaum; sie sind die eigentlichen Hörzellen, die mit dem Nerven in Verbindung treten. An Stelle des Gehörstaubes tritt häufig *ein* fester, je nach der Species bestimmt geformter und verschieden grosser „Gehörstein".

Bei den Kopffüsslern oder Tintenfischen endlich, dieser eigentümlichen und in vielen Beziehungen hoch organisirten Thiergruppe, die nur noch mit einer beschränkten Anzahl Vertreter in unsere Zeit hineinragt, während viele, welche weit zurückliegenden, frühern Entwicklungsphasen unseres Erdballes angehörten, längst ausgestorben sind, finden wir zum ersten Mal das Gehörbläschen geschützt im Kopfknorpel eingebettet, und nur ein ganz feiner Canal, der durch denselben zur Oberfläche führt und dem Meerwasser gestattet, das Bläschen zu umspülen, erinnert an seine ursprüngliche Entstehung aus den Zellen des Ektoderms.

Damit lassen wir das Reich der niedern Thiere hinter uns liegen und wenden uns demjenigen der höhern, der Wirbelthiere zu.

Nur dem kopflosen Stiefkinde dieser Thiergruppe, dem Lanzettfischchen, fehlt ein Gehörorgan gänzlich. Bei den Neunaugen erhebt es sich wenig über die bei den Tintenfischen getroffene Entwicklungsstufe. Von da an aber tritt es uns schon in einer viel complicirteren Gestalt entgegen und zeigt alle Grundzüge, die ihm bis zu den höchsten Thieren und dem Menschen hinauf eigenthümlich bleiben. Diese Grundform ist das „häutige Labyrinth".

Betrachten wir als Typus dasjenige des Haifisches. Die Mitte nimmt ein sackförmiger Raum, der „Vorhof" ein, der in seiner Form noch annähernd die ursprüngliche Bläschenform des Gehörorganes wiedergibt. Derselbe scheidet sich aber durch eine (bei den einzelnen Fischgattungen verschieden stark ausgesprochene) Ringfurche bereits in zwei Theile, das obere „elliptische Vorhofssäckchen" und das untere „runde Vorhofssäckchen". Vom erstern gehen drei senkrecht aufeinander stehende „halbkreisförmige Canäle" ab, von denen die zwei in verticalen Ebenen gelegenen gemeinsamen Ursprung haben, und welche alle drei am einen Ende ampullenartig erweitert sind. Das runde Säckchen zeigt unten eine seichte Ausbuchtung, die sogenannte Lagena, und aus ihm führt ein feiner Canal nach oben, der hinter dem Kopfe frei mündet, der sogenannte Vorhofsgang.

Waren wir schon bei den Schnecken und Tintenfischen einer Scheidung der Hörbläschenzellen in eigentliche Hörzellen und indifferente Zellen begegnet, so finden wir diese Differenzirung hier noch viel mehr ausgesprochen. Das ganze Labyrinth ist ausgekleidet mit cubischen Zellen, und nur an einer bestimmten Anzahl von Stellen, an welchen die Aeste des Hörnerven an dasselbe herantreten, erheben sich dieselben zu mehr oder weniger langen, besonders gebildeten und mit Hörhaaren ausgestatteten „Hörzellen", zwischen welche häufig

eigenthümlich geformte Stützzellen sich einschalten. An diesen Stellen allein ist auch der Krystallbrei des Hörsandes angesammelt. Solche specifische Zellbildungen finden wir je in einer leistenförmigen Erhebung am Grunde der Ampulle jedes halbkreisförmigen Kanales, der sogenannten „Hörleiste", sowie an je einem runden Flecke der beiden Vorhofssäckchen und der Lagena, den „Hörflecken", und diese Stellen allein sind der specifischen Erregung durch die Schallwellen fähig. Das ganze Labyrinth ist erfüllt von einer glashellen, dicklich gallertigen Flüssigkeit, der sogenannten innern Gehörlymphe.

Der Vorhofsgang, der bei den Haien und Rochen frei am Kopfe mündet und uns wieder an die in frühester Embryonalzeit sich vollziehende Einstülpung des Gehörorganes von der allgemein empfindlichen Hautdecke erinnert, reicht bei den übrigen Fischen und den höhern Wirbelthieren nur bis in die Schädelhöhle, um dort blind zu enden.

Bei einigen wenigen Familien, so den Karpfen, begegnen wir noch einem, aus vier Knöchelchen bestehenden, Verbindungsapparate zwischen dem Labyrinth und der Schwimmblase, von welchem man annimmt, dass er dem Thiere beständige Orientirung über den Füllungsgrad seiner Schwimmblase ermöglicht.

Das häutige Labyrinth der Amphibien, Reptilien und Vögel ist in den meisten Theilen dem eben betrachteten analog; nur tritt uns bei den letztern beiden Thiergruppen an Stelle der flachen Lagena schon ein längerer, bogenförmig verlaufender und leicht schraubenförmig gekrümmter Canal entgegen, der sich mehr oder weniger deutlich vom runden Säckchen emancipirt, der „Schneckencanal".

Die höchste Entwicklung erreicht schliesslich das häutige Labyrinth bei den höhern Säugethieren und dem Menschen.

Wenden wir uns sofort dem letztern zu. Das elliptische und das runde Vorhofssäckchen haben sich vollständig von einander getrennt und communiciren nur indirect durch zwei Gabeläste des Vorhofsganges. Die Schnecke hat sich zu einem selbstständigen, langen Canal ausgezogen, der nur durch einen feinen Verbindungsgang mit dem runden Säckchen zusammenhängt und in drei schneckenförmig sich verjüngenden Spiralwindungen auf sich selbst zurückfällt. Derselbe enthält einen ungemein fein gebauten, merkwürdigen Apparat, das „Corti'sche Organ", dessen genauere Besprechung wir auf später versparen wollen.

Bei sämmtlichen Wirbelthieren und dem Menschen geschehen die erste Anlage der Gehörgruben und die Bildung der primitiven Gehörbläschen in sehr frühen Perioden des Fruchtlebens. Beim Hühnchen beobachtet man das letztere schon am dritten Bebrütungstage; bei menschlichen vierwöchentlichen Früchten hat man es schon völlig ausgebildet gefunden. Es wächst und entwickelt sich nun in dem weichen Bildungsgewebe des Kopfes ohne jede Behinderung. Hat es die definitive Form und Grösse des häutigen Labyrinthes erlangt, so wird die Umgebung fester, erst derb bindegewebig, dann knorpelig, später hart knöchern. Während aber das weiche Gewebe des werdenden Geschöpfes dem häutigen Labyrinth überall dicht anlag, bleibt nun zwischen dem Verknöcherungsrand und diesem ein schmaler Saum weichen Gewebes bestehen. Die Knochenschicht bildet, in etwas grösserm Massstabe, ein ziemlich genaues Negativ des häutigen Labyrinthes, nur dass die beiden Vorhofssäckchen in eine gemeinsame Knochenkapsel zu liegen kommen. Da zudem, wenigstens in der Jugend, diese knöcherne Umhüllung bedeutend härter ist als der umgebende Knochen, so lässt sich an den Schädeln von jungen Thieren und Kindern künst-

lich mit dem Messer ein Gebilde herausschnitzeln, das annähernd die Form des Labyrinthes wiedergibt und dasselbe umschliesst: das „knöcherne Labyrinth“. Der schmale, weiche Gewebssaum, der nach innen übrig blieb, erweicht und verflüssigt sich in dieser Zeit immer mehr und verschwindet schliesslich bis auf feine, fadenförmige Stränge, und an seine Stelle tritt eine dünne, wässerige Flüssigkeit, die „äussere Gehörlymphe“. Es schwimmt also beim Neugebornen das häutige Labyrinth ziemlich frei in den Hohlräumen des knöchernen.

Bei den Fischen allein ist die Bildung des knöchernen Labyrinthes noch eine unvollständige, so dass ein Theil des häutigen nach innen freiliegt und von dem Gehirn und seinen Schutzhäuten nur durch eine derbe Membran getrennt ist. Während ausserdem bei dieser Wirbelthierklasse das Gehörorgan noch dicht unter den dünnen Deckknochen des Schädels und nahe dem Kiemengange liegt, so dass es leicht von den theils durch die Kiemendeckelschilder fortgeleiteten, theils direct in die Kiemenhöhle eindringenden Schallwellen des Wassers getroffen wird, rückt dasselbe bei den folgenden Klassen immer mehr in die Tiefe des Schädels, in das sogenannte Felsenbein, hinein, was die Anlage eines besondern Schallzuleitungsapparates nothwendig macht. Aus dem Kiemengange der Fische, der auch bei den höhern Thieren als sogenannte erste Kiemenspalte im frühen Embryonalleben angelegt ist, entwickelt sich ein geschlossener Canal, der nach aussen durch eine Membran, das „Trommelfell“, abgeschlossen wird, nach innen frei in den Rachen mündet, der direct an dem knöchernen Labyrinthe vorbeizieht und mit ihm in nähere Beziehung tritt.

Wir wollen in erster Linie das Gehörorgan des Menschen einer genauern Betrachtung unterziehen, um dann nach-

träglich einige vergleichende Rückblicke auf seine Entwicklung in der Thierreihe zu werfen.

Das äussere Ohr ist gebildet von der Ohrmuschel, einer ziemlich complicirt gestalteten, charakteristischen Hautfalte zur Seite des Kopfes, der ein knorpeliges Gerüste Halt und Festigkeit verleiht. Nahe dem vordern untern Ende führt eine runde Oeffnung in den äussern Gehörgang, einen leicht gekrümmten, ziemlich horizontal verlaufenden, circa 23 Millimeter langen Canal, dessen Wandung im äussern Theile knorpelig, im innern knöchern ist und der von Haut ausgekleidet wird, welche aus lang entwickelten Knäueldrüsen einen harzigen Stoff, das sogenannte „Ohrenschmalz", absondert. Er findet seinen innern Abschluss durch das Trommelfell, eine stark schräg von aussen oben nach innen unten verlaufende, dem beobachtenden Auge perlgrau erscheinende, prall gespannte, kreisrunde Membran, deren Mitte nabelartig eingezogen ist. Hinter demselben erweitert sich der Gehörgang zur „Paukenhöhle", die nach vorn innen wieder in einen engern Canal ausläuft, die „Eustachische Röhre". Dieser mündet seitlich in den Nasenrachenraum.

Vom Trommelfelle zum knöchernen Labyrinthe hinüber spannt sich ein eigenthümlicher Knochenapparat, bestehend aus drei Knöchelchen, dem Hammer, dem Ambos und dem Steigbügel, welche gelenkig miteinander verbunden sind. Der Griff des Hammers ist fest mit dem Trommelfelle verwachsen, die Platte des Steigbügels beweglich in eine kleine Oeffnung des knöchernen Vorhofes, das „ovale Fenster", welches durch eine starke Membran geschlossen ist, eingelassen. Eine zweite, durch eine Membran geschlossene Oeffnung des knöchernen Labyrinthes gegen die Trommelhöhle hin befindet sich an der Basis der knöchernen Schnecke; es ist das „runde Fenster". Trommelhöhle und Eustachische Röhre sind von

einer Schleimhaut ausgekleidet und bilden zusammen das „mittlere Ohr“. Nach innen schliesst sich das „innere Ohr“ an, bestehend aus dem knöchernen und dem häutigen Labyrinthe, von denen das letztere ziemlich frei in dem mit der äussern Gehörlymphe gefüllten erstern schwimmt.

Einem besondern Verhalten begegnen wir bei der Schnecke. Es setzen sich an eine spiralige Knochenleiste der Schneckenspindel zwei Membranen an, welche die Lichtung derselben in drei Theile theilen. Der mittlere derselben entspricht der häutigen Schnecke, es ist der „Schnecken-Canal“. Der obere und der untere gehören der knöchernen Schnecke an und sind mit äusserer Gehörlymphe gefüllt. Der obere steht in Verbindung mit dem Raume des knöchernen Vorhofes und heisst „Vorhofstreppe“, der untere endet am runden Fenster und heisst daher „Paukenhöhlentreppe“. Beide communiciren oben im Wirtelpunkte der Schnecke, während der häutige Schneckencanal dort blind endet. Das ganze innere Ohr ist eingeschlossen in die Knochenmasse des Felsenbeines. Von innen her tritt durch einen besondern Knochencanal der Hörnerv ein, welcher sich in einzelne Aeste theilt und, in feine Fasern aufgelöst, an den Stellen der Hörleisten und Hörflecken das knöcherne Labyrinth durchbricht. Ein starker Ast senkt sich in die Spindel der Schnecke ein.

Kehren wir nun nach dieser speciellen Betrachtung des menschlichen Gehörorganes nochmals kurz zurück an denjenigen Punkt der Wirbelthierreihe, wo wir dieselbe sprungweise verlassen.

Bei den Amphibien und Reptilien finden wir das mittlere Ohr bereits ausgebildet, das Trommelfell liegt aber noch ganz im Niveau der Haut. Bei den Vögeln rückt es um ein Weniges in die Tiefe; einem eigentlichen äussern Gehörgang aber begegnen wir erst bei den Säugern.

An Stelle des complicirten, von den drei Gehörknöchelchen gebildeten Hebelapparates, der bei den Säugethieren und beim Menschen Trommelfell und ovales Fenster verbindet, findet sich bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln ein einfaches Knochenstäbchen, die „Columella oder das Säulchen". Auch eine deutliche Ohrmuschel tritt erst bei den Säugern auf, wenn auch Andeutungen einer solchen in Form einer kleinen Hautfalte oder Hautklappe schon bei den Krokodilen und den Eulen sich nachweisen lassen. Währenddem bei vielen Thieren die Ohrmuschel durch ein ganzes System von Muskeln hin und her bewegt werden kann, und speciell bei lebhaften und intelligenten Arten fast unablässig nach allen Richtungen spielt, ist dies Vermögen den meisten Menschen vollständig abhanden gekommen, und eine auch nur ganz geringe, willkürliche Verschiebbarkeit derselben das Privilegium Weniger geworden.

Wie hören wir?

Bevor wir zur Betrachtung dieses zweiten Hauptpunktes unseres heutigen Themas, zur Erörterung der Physiologie des Gehörorganes, übergehen, wollen wir uns in Kürze einige Elementarsätze der Physik ins Gedächtniss zurückrufen.

Schall entsteht, so lehrt uns dieselbe, wenn ein elastischer Körper in stehende Molekularschwingungen geräth, und wird weiter geleitet durch fortschreitende Molekularschwingungen eines solchen. (Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft beträgt 332 Meter; im Wasser ist sie $4^1/_2$, im Gussstahl 15 Mal schneller.) Dient als Leiter ein gasförmiger Körper, speciell die Luft, so pflanzen sich vom schallgebenden Körper weg die fortschreitenden Luftwellen in Form von Kugelschalen allseitig gleichmässig fort. Unregelmässige Schwingungen erzeugen Geräusche, rhythmische: musikalische

Töne und Klänge. Wir unterscheiden an jeder Schallwelle die Wellenlänge, die Schwingungsamplitude (d. h. den seitlichen Ausschlag) und die Form der Welle. Die erstere bedingt die Tonhöhe, die zweite die Tonstärke, die dritte den Charakter des Tones, die Klangfarbe. Durch Aufzeichnen der Schwingungen einer Stimmgabel oder einer Saite auf eine bewegte Papierfläche, sowie durch Beobachten der Flammenbilder im rotirenden Spiegel des König'schen Phonautographen hat man nachgewiesen, dass die „einfachen Töne" (Töne im engern Sinne) auch einfache Schwingungscurven (sogenannte Sinuscurven) erzeugen, die musikalischen Klänge dagegen complicirtere Curvenbilder liefern, die sich aber in eine Anzahl einfacher Sinuscurven auflösen lassen. Die Geräusche geben sehr complicirte, nicht entwirrbare Curvenbilder. Befähigen wir durch Einstecken eines Resonators in unser Ohr dasselbe zum alleinigen Wahrnehmen seines Eigentones, so können wir durch Wechseln der Resonatoren alle in einem Klang enthaltenen Töne isolirt hören. Es sind seine Partialtöne, Grundton und Obertöne. Einen einfachen Ton gibt einzig die Stimmgabel; alle unsere musikalischen Instrumente liefern Klänge, die sich durch die verschiedene Combination der Partialtöne in charakteristischer Weise von einander unterscheiden. Töne, deren Wellenlängen resp. Schwingungszahlen sich verhalten wie die Einzahl zur Vielzahl (1 : 2 : 3 u. s. w.) klingen harmonisch oder consonant, verhalten sich dieselben aber wie Bruchzahlen, so entstehen durch Interferenz Schwebungen des Tones. Treten diese nur spärlich auf, so empfindet sie unser Ohr als isolirte Stösse; je mehr sie sich einer Frequenz von 33 per Secunde nähern, desto mehr geht die Empfindung des Stosses in diejenige einer peinlichen Disharmonie, der „Dissonanz", über. Die Wellenlänge der einzelnen Töne in der Luft ist eine unge-

mein verschiedene; sie beträgt z. B. für den Grundton einer offenen, 32 Fuss langen Orgelpfeife circa 20 Meter und ist für die höchsten wahrgenommenen Töne auf acht Millimeter berechnet worden. Klingen zwei harmonische Töne gleichzeitig und gleich stark, so vernehmen wir bei genauem Zuhören einen dritten, leisen, tiefen Ton, dessen Schwingungszahl gleich der Differenz der primär erklingenden ist, den Tartinischen Differenzton.

Unser Ohr ist speciell für das Hören in der Luft eingerichtet; nur Schallwellen, die durch die Luft uns zugeführt werden, verlegen wir nach aussen. Alle anderweitig uns zugekommenen Schallerregungen, z. B. die durch die Knochenleitung des Kopfes oder durch das Wasser (beim Untertauchen unter solches) uns zugeleiteten, empfinden wir, wie Eduard Weber nachwies, als in unserem Kopfe selbst entstanden. Die Bedeutung unserer Ohrmuschel als Schallsammler und Schallreflector ist eine minimale; bei Fehlen derselben konnte keine Beeinträchtigung des Hörens constatirt werden. Die Schallwellen passiren unseren Gehörgang, stossen an dessen Ende auf das Trommelfell und versetzen dieses ebenfalls in Schwingungen, aber nicht in molekulare, sondern, in Folge seiner gegenüber der Flächenausdehnung sehr geringen Dicke, in Massenschwingung senkrecht zu seiner Fläche. Diese übersetzt sich auf die Gehörknöchelchen und durch die Steigbügelplatte auf die äussere Gehörlymphe. Die Uebertragung ist aber keineswegs ein einfache. Wir haben oben gesehen, dass die Wellenlängen der einzelnen Töne ungeheuer differiren. Allein in der Spannweite unserer gewöhnlichen musikalischen Tonreihe schwankt dieselbe vom tiefen E des Contrabasses bis zum fünfgestrichenen d der Piccoloflöte zwischen 8 Meter und 7 Centimeter. Wie sollte das Trommelfell solchen Schwingungen folgen können! Helm-

holtz, der geniale Altmeister der physiologischen Optik und Akustik, hat durch genaue Berechnungen festgestellt, dass das Trommelfell, in Folge seiner schrägen Lage und seiner eigenthümlichen Form eines Trichters mit gekrümmten Wandungen, speciell befähigt ist, die so wechselnden und zum Theil kolossalen Schallwellen in solche von minimaler Elongation, aber grosser Kraft umzusetzen.

Auch die drei Gehörknöchelchen stellen zusammen einen so construirten Winkelhebel dar, dass die Schwingungen der Steigbügelplatte wieder in kleinerer Excursion, aber mit grösserer Kraft vor sich gehen als diejenigen des Hammergriffes.

In eben so kolossalen Grenzen, wie die Wellenlängen, bewegt sich auch die Kraft, die Amplitude, der Schallwellen, die unser Trommelfell erschüttern, vom Knall der neben uns abgefeuerten Kanone oder des uns zu Häupten rollenden Donners bis zum Pianissimo eines hinsterbenden Tones. Es bedarf feiner und stetsfort wirkender Regulationsvorrichtungen, wenn unser Ohr durch diese wechselnden und oft plötzlich hereinbrechenden Schallmassen nicht schweren Schaden leiden soll.

Von der innern Wand der Trommelhöhle hinüber zum Ende des Hammergriffes zieht sich die feine Sehne eines kleinen Muskels, des „Trommelfellspanners“. Seine Contraction erhöht die Spannung des Trommelfelles und erschwert dadurch seine Schwingungen. Wie die Muskeln der Regenbogenhaut in stetem, fein regulirtem Spiele sind, um durch Verengung der Pupille unser Auge vor der schädlichen Einwirkung des allzu grellen Lichtes zu schützen, oder ihm durch deren starke Erweiterung die spärlichen Strahlen einer schwachen Dämmerbeleuchtung möglichst zu Gute kommen zu lassen, so ist auch der Spanner des Trommelfelles in stetiger

Arbeit, durch verschiedene, fein abgestufte Anspannung desselben es den so ungemein wechselnden Schallstärken und Schallhöhen in einer für das innere Ohr zuträglichen Weise zu adaptiren.

Ein zweiter kleiner Muskel setzt sich an das Köpfchen des Steigbügels an, fixirt durch seine Contraction dessen Platte im ovalen Fenster und verhindert ein zu tiefes Eintreiben derselben gegen das Labyrinth zu.

Drittens ist das Gelenk zwischen Hammer und Ambos derart mit einer Sperrzahnvorrichtung versehen, dass wohl die Bewegung des letztern nach einwärts unbehindert vor sich geht, diejenige nach auswärts aber bald eine Hemmung erfährt, wodurch ein Herausreissen der Steigbügelplatte aus dem ovalen Fenster verhindert wird.

Legen wir auf eine ausgespannte Membran einige ganz kleine Korkkügelchen, und lassen wir in der Nähe der Reihe nach verschiedene Töne erklingen, so bleiben jene zunächst ganz ruhig, gerathen dann aber plötzlich in lebhafte Bewegung. Wir haben nämlich den „Eigenton“ der Membran getroffen, d. h. denjenigen Ton, welchen dieselbe erklingen liesse, wenn sie als tongebender Körper in Bewegung versetzt würde, und sie schwingt nun lebhaft mit.

Auch das Trommelfell hat seinen Eigenton, und es würde zum Schaden des innern Ohres stark mitschwingen, sobald es von demselben oder einem ihm nahe liegenden Tone getroffen wird, wenn es nicht hieran einerseits durch die stetige Thätigkeit des Trommelfellspanners verhindert würde, und wenn nicht anderseits der ganze Gehörknöchelchenapparat in toto, dessen Masse im Vergleich zu den minimalen Schwingungen eine sehr grosse ist, so dass in Folge ihrer Trägheit und durch Reibung etwa 75 % der Arbeit des Trommelfelles consumirt und nur etwa 25 % weiter auf das Labyrinth

übertragen werden, dem Schwungrade einer Maschine gleich wirkte, seine Schwingungen zwar vermindernd, aber egalisirend.

Dass aber bei manchen Personen der Einfluss dieser Eigenschwingungen des Trommelfelles nicht gänzlich amortisirt wird, beweist der Umstand, dass von ihnen sehr hohe Töne, wie das Zirpen der Grillen, oder sogenannte Kritzeltöne, die jenem Eigentone nahe kommen, nicht nur unangenehm, sondern geradezu schmerzhaft empfunden werden.

Durch die Eustachische Röhre, deren Oeffnung in den Nasenrachenraum zwar für gewöhnlich geschlossen ist, aber bei jeder stärkern Bewegung der Rachenmuskeln, wie beim Schlucken, Sprechen, Schneuzen, jeweilen für kurze Zeit sich öffnet und der Luft Ein- und Austritt gestattet, wird es ermöglicht, dass auf beiden Seiten des Trommelfelles immer gleicher Luftdruck herrscht, was für ein freies Schwingen desselben unerlässlich ist. Sind Differenzen im Luftdrucke vorhanden, so wird das Trommelfell entweder nach aussen oder innen gepresst und in seiner Beweglichkeit gehemmt. Momentan ist dies der Fall bei plötzlichem Eintreten in verdünnte Luft (rasches Aufsteigen im Ballon), oder in verdichtete (Eintritt in die mit comprimirter Luft gefüllten Arbeitskessel bei Fundamentbauten unter Wasser). Die Differenz des Druckes und die Schwerhörigkeit werden rasch gehoben, wenn durch einige Schluckbewegungen Luft von der Dichtigkeit der äussern in die Paukenhöhle getrieben wird. Wir alle kennen ferner die vorübergehende Schwerhörigkeit im Verlauf eines starken Nasenkatarrhs, die eintritt, wenn durch Schwellung der Schleimhaut um die Oeffnung der Eustachischen Röhre herum deren Mündung mehr oder weniger verlegt wird.

Die Schwingungen der Membran des ovalen Fensters,

in welche die Steigbügelplatte eingelassen ist, übertragen sich auf die äussere Gehörlymphe. Dies ist nur möglich durch die Anwesenheit einer zweiten nachgiebigen Stelle in der Wandung des knöchernen Labyrinthes, nämlich des ebenfalls durch eine Membran verschlossenen runden Fensters, welche der Lymphe ein Ausweichen gestattet. Hiedurch wird das ganze häutige Labyrinth mit seiner gallertigen innern Gehörlymphe in eine zitternde Bewegung versetzt, die genügt, in uns noch unbekannter Weise die Hörzellen in specifische Erregung zu versetzen. Durch den Hörnerven wird deren Erregung dem Gehirne zugeleitet und uns dort als Schallempfindung zum Bewusstsein gebracht.

Die Feinheit des Gehöres ist auch unter normalen Verhältnissen eine nach Anlage und Uebung bei verschiedenen Personen ungemein wechselnde. Bei feinhörigen Menschen kann die zur Erregung der Hörzellen und Hörnerven nothwendige Kraft der Luftwellen auf ein kaum fassliches Minimum sinken. Hat doch Raleigh durch genaue Versuche constatirt, dass der Schall eines ein Millimeter hoch fallenden, ein Milligramm schweren Korkkügelchens fünf Centimeter weit gehört wurde und die hiedurch entstehende Amplitude (also die Kraft) der Luftschwingungen auf 1 Milliontel Millimeter berechnet. Und hiebei haben wir noch zu bedenken, dass gegen 75 % dieser Kraft bei der Ueberleitung verloren gehen und nur circa 25 % wirklich auf das Labyrinth einwirken.

Der Krystallbrei des Gehörsandes wirkt wahrscheinlich, den Filzplatten des Pedals der Klaviere gleich, schalldämpfend und befähigt so das Ohr, auch sehr rasch aufeinander folgende Schalleindrücke getrennt wahrzunehmen. Ohne einen solchen Dämpfungsapparat würden dieselben zu langsam abklingen und bei einigermassen rascher Wiederholung mit-

einander zu einem undeutlichen Gewirre verschmelzen, ähnlich dem Ineinanderfliessen der Töne beim Klavierspiel mit aufgehobenem Dämpfer.

All' dies ist aber nur ein kleiner Theil der Leistung unseres Ohres!

Versetzen wir uns einen Augenblick in Gedanken in ein Instrumentalconcert. Theils gleichzeitig, theils in rascher Folge dringt ein wahres Chaos von Tonwellen auf unser Ohr ein und erregt das Trommelfell. Dieses kann aber in einem bestimmten Moment eine einzige Schallwelle weiterpflanzen, und zwar ist diese die Resultirende aus all' den vielen Componenten, die es gleichzeitig treffen.

Trotzdem ist es uns Allen jederzeit möglich, auch in dem grössten Tongewirr *eine* Instrumentenart, so die Violinen, die Hörner, die Clarinetten, zu verfolgen und ihre Klangreihe aus dem Ganzen herauszuhören. Einem geübten Musiker ist es unschwer, selbst wieder ein einzelnes Individuum unter den Instrumenten, z. B. eine bestimmte Violine, oder eine bestimmte Stimme eines Sängerchores, herauszuhören, ja, mit einem besonders feinen Gehör Begnadete analysiren sogar die Klänge in ihre Partialtöne und folgen diesen.

Ferner hören wir auch im grössten continuirlichen Lärm, z. B. dem Gerassel eines Maschinensaales, oder dem Tosen eines Wasserfalles, Rede oder Sang eines neben uns Stehenden ganz deutlich, wenn dessen Stimme nur laut genug ertönt.

Diese Thatsachen, sowie einige andere, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, zwangen Helmholtz zur Annahme, es werden die complicirten resultirenden Schwingungen, welche das Trommelfell auf das innere Ohr überträgt, daselbst wieder in ihre Elemente (die Sinusschwingungen) zerlegt, jeder einzelne Partialton errege einen bestimmten, mit einer eigenen Nervenfaser verbundenen Endapparat in

seiner Stärke genau entsprechender Intensität — alle diese Einzelerregungen vereinigen sich im Gehirne wieder zu einer ganz bestimmten Gesammterregung und kommen uns schliesslich als solche, also als Klang, Klanggruppe, Accord, zum Bewusstsein.

Es ist uns aber, allerdings in nach Anlage und Uebung sehr verschiedenem Grade, jederzeit möglich, unsere Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Gruppe der componirenden Schwingungen (z. B. den Klang einer Klanggruppe, den Partialton eines Klanges) zu richten und sie in hervorragenderer Weise wahrzunehmen.

Finden wir nun aber im Ohre wirklich Apparate, denen eine solche Leistung zugeschrieben werden kann, eine Art Resonatorensystem, welches ein materielles Substrat bildet für diese genialen Erwägungen von Helmholtz?

Das runde und das elliptische Vorhofsäckchen mit den drei halbkreisförmigen Canälen, welche in der ganzen Wirbelthierreihe sich finden und sich eng anlehnen an das primitive Gehörbläschen niederer Thiere, dienen wohl nur dem Hören an und für sich und demjenigen unmusikalischer Geräusche. Dagegen lässt schon das späte Auftreten der Schnecke in ihr ein Organ hoher Dignität vermuthen. Es enthält denn auch die häutige Schnecke wirklich ein ungemein fein gebautes Organ, welches obigen Anforderungen entspricht. Dies ist das „Cortische Organ“.

Schon weiter vorne sahen wir, dass die häutige Schnecke den mittlern Theil der Lichtung der knöchernen einnimmt und oben und unten von zwei Membranen, aussen und im innern Winkel von Knochen begrenzt ist. Längs der obern sogenannten Reissnerschen Membran und auf der Aussenseite zieht sich eine Schicht indifferenter cubischer Zellen; am Grunde, auf

der Basilarmembran, dagegen erheben sich dieselben zu eigenthümlich specifischen Bildungen. Die Mitte ist eingenommen von zwei miteinander verbundenen Pfeilern aus harter, elastischer Cuticularsubstanz, einem Zellausscheidungsproduct, das dem Chitin des Insectenpanzers nahe steht, den „Cortischen Bögen". Aussen und innen lehnen sich eine Anzahl der uns bekannten Hörzellen mit Stützzellen an. Von der Spindel der Schnecke her kommen Zweige des Hörnervens durch einen kleinen Knochencanal und enden, in feine Fäden aufgelöst, an der Basis der Hörzellen. Ueber das Ganze deckt sich, an Stelle des Hörsandes, die spröde dicke Cortische Membran, wohl auch eine Art Dämpfer.

Nach Köllikers Berechnungen trägt die ganze Schnecke 3000 Cortische Bögen, eine Zahl, die auch den feinsten bis jetzt beobachteten Tonwahrnehmungen (einzelne Musiker unterscheiden im Intervall eines ganzen Tones noch deutlich 128 verschiedene Tonabstufungen) genügen würde. Helmholtz betrachtete sie als ein abgestimmtes Resonatorensystem, von dem aus dann je die zugehörigen Hörzellen erregt würden.

Hasse aber wies nach, dass dem Cortischen Organe der Vögel, denen doch die Fähigkeit musikalischer Tonwahrnehmung unbedingt zugestanden werden muss, die Bögen gänzlich fehlen. Daher nimmt man jetzt nach Hensens Vorgang an, dass die Basilarmembran, welche aus gegen 20,000 radiär gespannten, sehr elastischen, in den verschiedenen Partien des Schneckencanales verschieden langen Fasern besteht, eine Art abgestimmter Saitenclaviatur darstellt, dass jede Faser auf einen bestimmten Ton anklingt und dadurch die Hörzellen in specifische Erregung versetzt. Für die Bedeutung der Schnecke als tonanalysirendes und tonpercipirendes Organ sprechen auch Sectionsbefunde bei Personen, die an der allerdings seltenen Erkrankung oder Abnormität umgrenzter Taub-

heit, nämlich Basstaubheit oder Taubheit für die höchsten Töne gelitten hatten, welche also nicht im Stande gewesen waren, Töne von einer bestimmten Tiefe an abwärts oder über einer bestimmten Höhe wahrzunehmen. Es fand sich constant Degeneration bestimmter Theile des Schneckencanales.

Unser Ohr arbeitet mit einer wunderbaren Promptheit und Schnelligkeit. Der complicirte Klangaccord eines grossen Orchesters trifft dasselbe, wird dem Labyrinth zugeleitet und hier in alle seine vielen Elementartöne zerlegt; von diesen erregt jeder, in seiner Kraft entsprechender Intensität, einen Resonator und durch diesen eine Hörzelle. Die Erregung der letztern wird durch die Hörnervenfaser dem Gehirne zugeleitet, ruft hier uns unbekannte Veränderungen gewisser nervöser Apparate, der Ganglienzellen, hervor, welche wiederum zu einer bestimmten Gesammterregung verbunden werden, — und vor unser Seelenohr tritt, nach aussen an die Quelle seines Entstehens projicirt, die bewusste Wahrnehmung des Accordes. Dieser ganze, so complicirte Vorgang spielt sich aber in derselben kurzen Zeit ab, in welcher unser Auge den Taktstock in der Hand des Dirigenten sich senken und wieder heben sieht. Selbst im schnellsten Tempo arbeiten Auge und Ohr prompt zusammen, wenn es sich nicht um so grosse Entfernungen handelt, oder den Schallwellen auf ihrem Wege zum Ohre sich solche Hindernisse in den Weg stellen, dass sich die, der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes gegenüber, ungemein langsame Fortleitung des Schalles in der Luft störend geltend macht.

Wie unser Auge durch gewisse Farbenzusammenstellungen und Lichtarten angenehm betroffen, durch andere unangenehm berührt wird, so klingen auch unserem Ohr bestimmte Tonzusammenstellungen wohlgefälliger als andere, und manche machen ihm sogar einen sehr unangenehmen

Eindruck. Erstere nennen wir consonirende Töne, letztere dissonirende, und erinnern uns aus unserem physikalischen Resumé, dass bei den erstern die Schwingungszahlen im Verhältnisse des Einfachen zum Vielfachen stehen. Die vollkommenste Consonanz bieten die Verhältnisse 1 : 2 (Octave) und 1 : 3 (Duodecime); in der Quinte, Quarte, Sexte und Terze nimmt sie gegen die Dissonanz zu ab. Stehen aber die Schwingungen in einem Bruchverhältnisse, so kommt es zu Schwebungen im resultirenden Klange, welche bei einigermassen grösserer Frequenz uns den peinlichen Eindruck der Dissonanz machen, ein Eindruck, der uns ebenso unangenehm berührt wie jener, den wir bei der Betrachtung einer rasch flackernden Flamme erhalten.

Auf der Consonanzlehre, sowohl derjenigen im Accord als jener in der Aufeinanderfolge der einzelnen Klänge in der Melodie, beruht die Harmonielehre; auf der Consonanz beruht auch, wie Helmholtz nachwies, der so verschiedene Eindruck, welchen Accorde und Melodien in Dur- und Molltonart auf uns machen. „In der Durtonart consoniren sowohl die Grund- und Obertöne der Klänge, als auch die mannigfach entstehenden Differenztöne. Dies verleiht ihr den Charakter des Bestimmten, Fertigen, Befriedigenden. In der Molltonart aber consoniren nur die Grund- und ein Theil der Obertöne, ein anderer Theil der letztern dagegen, sowie die Differenztöne stehen in Disharmonie. Hiedurch wird in uns das Gefühl des Unbefriedigenden, Trüben, Ringenden erweckt, das eine Lösung in bestimmtere harmonische Verhältnisse erwünscht macht“ (Landois).

Die menschliche Lautsprache setzt sich zusammen aus Vocalen und Consonanten. Erstere sind musikalische Klänge, welche aus ganz bestimmten Partialtönen sich zusammen-

setzen, letztere Geräusche, die zum Theil einen musikalischen Charakter haben.

Durch genaue Combination der Partialtöne, in bestimmtem gegenseitigem Intensitätsverhältnisse, gelingt es mit Stimmgabeln oder Orgelpfeifen die Vocale synthetisch darzustellen.

Auf Grund von Thierversuchen haben einige Forscher, wie Flourens, Goltz, Breuer, den drei senkrecht aufeinander stehenden, halbkreisförmigen Canälen eine besondere, vom Gehör unabhängige Function zugeschrieben und in ihnen ein Organ angenommen, das die Wahrnehmung der Kopfstellung im Raum und der Kopfbewegungen vermittle. Verletzung der Bogengänge bei Vögeln zieht nämlich eigenthümliches Kopfpendeln in der Ebene des verletzten Ganges und Gleichgewichts-Störungen nach sich. Andere Forscher haben aber darauf hingewiesen, dass diese Erscheinungen eben so gut auf beängstigenden Geräuschen, die das Thier in einer bestimmten Richtung hört, oder auf Reizung des naheliegenden Kleinhirns beruhen können.

Der neugeborne Weltbürger ist stets für die erste Zeit seines Lebens taub. Der Gehörgang und die Eustachische Röhre sind noch sehr eng, das Trommelfell liegt fast horizontal, und die Paukenhöhle enthält keine Luft. Erst nach und nach erweitern sich die zuführenden Gänge, hebt sich das Trommelfell und tritt durch Schlucken Luft hinter dasselbe. Wie lange aber die physiologische Taubheit dauert, ist noch nicht sicher festgestellt und jedenfalls von verschiedenen Umständen abhängig. Preyer constatirte bei seinem eigenen, genau beobachteten Kinde die erste deutliche Reaction auf Schall am 4. Lebenstage.

Unser Ohr wird auch häufig erregt durch Schallwellen, die im Kopfe selbst ihren Ursprung nehmen, und die wir auch normaler Weise dahin verlegen. Wir hören brausende

Geräusche, wenn Luft im Gehörgang oder in der Paukenhöhle abgesperrt ist, Reibungsgeräusche der umliegenden Muskeln oder des Blutes in den Gefässen, klopfende Geräusche durch Pulsiren des Blutes in den Arterien. Dieselben haben sehr verschiedene Intensität, je nach der Arbeit unseres Herzens, nach der Erregbarkeit der Hörnerven und der Körperlage.

Wie ferner durch Erregung und Ermüdung der Netzhautelemente unseres Auges positive und negative Nachbilder vor demselben entstehen, so können auch im Ohre Geräusche und Töne nachklingen, oder es entstehen durch abnorme, innere Erregung von Hörnervenfasern subjective Gehörsempfindungen (Ohrenklingen); hieran reihen sich schliesslich die „Gehörsphantasmen“ oder „Gehörshallucinationen“, krankhafte innere Erregung derjenigen Partien des Grosshirns, in welche die Hörnerven ausstrahlen, und deren Resultat, die innere, bewusste Gehörwahrnehmung, fälschlich nach aussen projicirt wird. Diese spielen eine grosse Rolle bei Geisteskranken.

Hiemit würden wir aber das Gebiet des Pathologischen betreten und wollen daher abschliessen. Meine Absicht war nur, in gedrängtem Rahmen ein Bild der normalen Entwicklung eines der edelsten Sinnesorgane und seiner Functionen zu entwerfen, von den ersten Anfängen seiner Differenzirung und Emancipation von der allgemein empfindlichen Körperoberfläche, auf den untersten Stufen des Thierreiches, an bis hinauf zu der Feinheit und Complicirtheit des Baues, zu welcher es sich im menschlichen Ohre herausgebildet, von der ersten dumpfen Schallempfindung der im Meere dahintreibenden Qualle bis zu der uns vergönnten, wunderbaren Perception der musikalischen Monumentalwerke unserer Tonmeister.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Geryonia (Schirmquallen). R Randkörperchen.

„ 3. Randkörperchen von Geryonia vergrössert. A Ampulle eines Radiärgefässes; S Sehorgan; G Gehörbläschen; (nach Frey).

„ 2. Nervenganglion und Gehörbläschen von Cydippe (Rippenquallen); (nach Frey). NG Nervenganglion; NF Nervenfasern; G Gehörbläschen; O Otokonion.

„ 4. Schema der Gattung Hydra (Quallenpolypen); (Fangarme verkürzt); 4a Neuromuskelzellen aus dem Ektoderm derselben; (nach Keller).

„ 5. Schnitt durch das Gehörorgan von Mysis (Krebse); Ch Chitinschicht des Panzers; G Gehörkapsel; O Otolith; N Hörnerv; (nach Frey).

„ 6. II. und III. Brustring einer Schnarrheuschrecke. In letzterm Membran des Gehörorganes (M); T Oeffnung einer Trachee; (nach Frey).

„ 7. Vorderbein einer Grille; M Membran des Gehörorganes; (nach Frey).

„ 8. Schnitt durch das Gehörorgan der Grille. Ch Chitinschicht der Haut; GH Gehörhöhle; M Hörmembran; HB Hörblase; HN Hörnerv; HS Hörstäbchen; (nach Frey).

„ 9. Gehirnganglion und Sinnesorgane von Pterotrachea (Kielschnecken). G Gehirnganglion mit den austretenden Nerven; A Auge; H Gehörbläschen; (aus Gegenbaur).

„ 10. Gehörbläschen von Carinaria (Kielschnecken). HZ Hörzellen; SZ Stützzellen; O Otolith; HN Hörnerv; (nach Frey).

„ 11. Häutiges Labyrinth des Haifisches.

„ 12. Häutiges Labyrinth der Vögel. EV elliptisches Vorhofsäckchen mit den drei halbkreisförmigen Canälen; RV rundes Vorhofsäckchen mit der Lagena (L); VG Vorhofsgang; HF Hörfleck; HL Hörleiste; SC Schneckencanal; (aus Gegenbaur).

„ 13. Häutiges Labyrinth des Menschen. Bezeichnung wie bei Fig. 12; (nach His).
VT Vorhofstreppe } knöcherne Schnecke;
PT Paukenhöhlentreppe }
HN Hörnerv.

„ 14. Durchschnitt durch die knöcherne Schnecke. Bezeichnungen s. Fig. 13. SN Schneckennerv.

Fig. 15. Gehörknöchelchen des Menschen in ihrer Verbindung; H Hammer; A Ambos; S Steigbügel; (nach His).

„ 16. Das menschliche Gehörorgan.

Kr G knorpeliger Gehörgang } äusserer Gehörgang;
KnG knöcherner Gehörgang

Tr Trommelfell;

PH Paukenhöhle m. d. Gehörknöchelchen } mittleres Ohr;
ER Eustachische Röhre

KL knöchernes Labyrinth; OF ovales Fenster; RF rundes Fenster; SS Steigbügelspanner; TrS Trommelfellspanner; (nach His).

„ 17. Das Cortische Organ der Schnecke im Querdurchschnitt. VT Vorhofstreppe; PT Paukenhöhlentreppe; SN Schneckennerv; BM Basilarmembran; CB Cortische Bögen; HZ Hörzellen; SZ Stützzellen; CM Cortische Membran; (aus Wiedersheim).

„ 18. } Schnitt durch einen Hörfleck des menschlichen Ohres.
„ 19. } Schnitt durch eine Hörleiste des menschlichen Ohres. HZ Hörzellen; SZ Stützzellen; HN Hörnerv; HS Hörsand; (nach His).