

Experimentelle Studien zur Physiologie des Höraktes (insbesondere über die Funktion des runden Fensters).

Von Dr. Albert Blau

Ohren-, Nasen- und Halsarzt in Görlitz.

Die Funktion der Sinnesorgane beansprucht das weitgehendste Interesse aller Naturforscher, nicht nur der einen Gruppe der Ärzte. — Es ist nur natürlich, sich gerade über die wunderbaren Tatsachen Kenntnisse verschaffen zu wollen, die uns nicht nur in jedem Augenblick des Lebens entgegenreten, sondern auch alles Denken und verstandesmäßige Geschehen u. s. f. erst ermöglichen.

Deshalb glaube ich, darf diese kleine Abhandlung mit einiger Berechtigung in dieser allgemeinen naturwissenschaftlichen Fragen bestimmten Festschrift sich einfinden.

Um mich dem Nichtarzte verständlich zu machen, ist es wohl erforderlich, ehe ich der zu diskutierenden Frage näher trete, ganz kurz die anatomischen Verhältnisse im Ohre klar zu legen.

Anatomie.

Das äussere Ohr — äusserer Gehörgang mit Ohrmuschel führt zum Trommelfell, einer aus drei Schichten bestehenden Membran, deren Hauptschicht, die mittlere, aus zirkulär und radiär verlaufenden mit einander verflochtenen Fasern besteht; während die äussere eine etwas veränderte Fortsetzung der äusseren Haut, die innere eine ebensolche der das Mittelohr auskleidenden Schleimhaut ist.

Das Trommelfell schliesst nach aussen das Mittelohr ab, ein kleines, in den vorderen Abschnitten schmäleres, hinten breiteres,

im ganzen unregelmässig gestaltetes, lufthaltiges Kästchen, in welches vorn oben innen die Ohrtrumpete (tuba Eustacchii) mündet, die im allgemeinen geschlossen, bei bestimmten Vorgängen z. B. Schlucken, Niesen etc. sich öffnet und so durch ihre Verbindung mit der äusseren Luft — sie führt nämlich in den Nasen-Rachenraum — die Ventilation des Mittelohrs besorgt.

Mit dem Trommelfell — z. T. nämlich am Griff und kurzen Fortsatz des Hammers verwachsen — stehen in Verbindung die 3 Gehörknöchelchen: Hammer, Amboss und Steigbügel, die unter sich in sinnreicher Weise (Sperrzahngelenk etc.) gelenkig miteinander verbunden sind. Die Masse dieser Knöchelchenkette, Hammerkopf und Ambosskörper, liegen in einem oberhalb des Trommelfelles befindlichen, nach aussen durch eine dünne Wand verschlossenen Raum, dem Epitympanon, der Ausbuchtung der Pauke nach oben zu. Die Gehörknöchelchen sind durch Bänder und Synarthrosen (gelenkartige Verbindungen), ferner durch 2 Muskeln, dem Trommelfellspanner am Hammer inserierend und 1 Muskel, welcher am Steigbügelköpfchen befestigt ist, mit den Wänden des Mittelohrs verknüpft, von denen das wichtigste Band das von Helmholtz*) sogen. Achsenband ist, welches vorn und hinten (im Sinne von Bauch- und Rückenseite) den Hammer fixiert. Um dieses Band erfolgt die Ein- und Auswärtsbewegung dieses Knöchelchens, das vermöge der Sperrzahnvorrichtung mit dem Amboss diesen bei Einwärtsbewegungen in das Mittelohr hebt, bei Auswärtsbewegung dagegen in Ruhe lässt. Die Einwärtsbewegung des Ambosses überträgt sich durch seinen langen Fortsatz auf den Steigbügel, dessen Platte nunmehr, da sie durch ein bewegliches Ringband in ihrer Lage im ovalen Fenster fixiert wird, ebenfalls eine Bewegung und zwar in den Vorhof hinein vollführt. Die Steigbügelplatte verschliesst das sogen. ovale oder Vorhofsfenster an der medialen d. h. dem Schädelinnern zu gelegenen Wand der Pauke. Etwa in der Mitte, dem Trommelfell gegenüber, springt diese Wand mit einem aus besonders harten Knochen bestehenden Vorgebirge, dem Promontorium in die Paukenhöhle vor. Hinten und oberhalb desselben liegt das erwähnte Vorhofsfenster, hinten und unten das runde oder Schneckenfenster bezw. die Nische, der Eingang zu diesem. Das runde Fenster ist durch

*) Helmholtz: Mechanik der Gehörknöchelchen etc. Pflügers Archiv.

eine überhängende Knochenplatte des Promontoriums in eine Nische gebettet und wird von einer ganz dünnen, zarten Membran, der memb. tymp. sec. verschlossen. Die beiden Fenster haben ihren Namen von ihrer Form bezw. dem Raum, den sie nach aussen abschliessen. Hinter der medialen Wand, d. h. dem Schädelinnern zu, liegt das innere Ohr, und zwar fast genau hinter (medial) dem Vorgebirge, die Schnecke, nach aussen verschlossen durch die Membran des runden oder Schneckenfensters, nach hinten und aussen davon liegt der Vorhof. Vorhof und Schnecke enthalten die Endausbreitung der beiden Aestchen des Hörnerven, des N. cochlearis und N. vestibularis. Mit dem Vorhof in Verbindung stehen die 3 den Bewegungs-Ebenen des Körpers in ihrer Lage entsprechenden knöchernen Bogengänge.

Vorhof wie Schnecke sind erfüllt von einer Flüssigkeit, der sogen. Perilymphe, die mit der Hirnflüssigkeit in einem offenen Zusammenhange steht. — In dem Vorhofe, auf einer Seite zum Teil angeheftet, im Übrigen in der Perilymphe schwimmend, finden sich 2 häutige Säckchen, die unter einander in Verbindung stehen. In das grössere münden ausserdem die häutigen Bogengänge, häutige Kanäle, die in gleicher Weise in den erwähnten knöchernen Bogengängen aufgehängt sind. Das kleinere Säckchen ist durch ein ganz feines Kanälchen, den Canalis reuniens, verbunden mit einem ebenso in der knöchernen Schnecke eingebetteten Kanal, dem Canalis cochlearis der häutigen Schnecke. Dieser, sowie die beiden erwähnten Säckchen des Vorhofs, sind ebenfalls mit einer Flüssigkeit ganz erfüllt, der Endolymphe, und enden in einen Blindsack, dem saccus endolymphaticus unterhalb der harten Hirnhaut auf der Hinterwand der Felsenbeinpyramide gelegen. In den Säckchen des Vorhofs und den häutigen Kanälen der Bogengänge enden die Verzweigungen des N. vestibularis auf einer kleinen Erhebung der Wand, umgreifen die hier befindlichen epithelialen Zellen, deren Oberfläche mit einer aus kleinsten Kalkkrystallen bestehenden Membran, der Otolithenmembran bedeckt ist. Sie bilden zusammen ein Gleichgewichtsorgan.

In der häutigen Schnecke verzweigt sich und endet der eigentliche Hörnerv, der das Hören vermittelnde Ast des N. acusticus, der N. cochlearis.

Die Schnecke, sogenannt nach den $2\frac{1}{2}$ Windungen, welche die Form einer Weinbergschnecke etwa nachahmen, zerfällt in

3 Kanälchen, von denen das mittelste der Canalis cochlearis ist. Die beiden andern, Scala vestibuli und Scala tympani genannt, umgeben mit ihrer Perilymphe dieses Kanälchen, welches, in der Form etwa dreieckig, mit Endolymphe erfüllt, auf seiner Basis das Endorgan des Hörnerven trägt, das sogen. Cortische Organ. In diesem finden sich zu beiden Seiten zweier leicht zu einander geneigter Pfeiler oder Bögen, die auf diese Weise einen Hohlraum, den Tunnel, bilden, die mit feinen Härchen versehenen Hörzellen, zu denen, durch die knöcherne Achse der Schnecke in einem kleinen Kanal bis zur Schneckenkuppel aufsteigend, die Nervenfasern des erwähnten N. cochlearis treten. Scala tympani und Scala vestibuli stehen an der Schneckenkuppel durch ein kleines Löchelchen, dem Helicotrema, in Verbindung, welches in dem hakenförmigen Ende der knöchernen Schneckenachse oder Spindel, dem sogen. Hamulus, sich findet.

Physiologie.

a) Allgemeine Literatur.

Den Weg, welchen die Schallwellen nun von der sie hervorruhenden Quelle ins Ohr bis zur Perzeption durch die Endausbreitung des Hörnerven nehmen, welcher seinerseits durch den sogenannten inneren Gehörgang aus dem Gehirn in die Felsenbeinpyramide eintritt und damit in das innere Ohr, das Labyrinth, wie es im ganzen wegen seiner gewundenen Gänge genannt wird, hat man sich nun auf alle möglichen Weisen, die in Betracht kommen könnten, zu erklären versucht.

Vor allem hat man dem Trommelfell eine hervorragende Rolle bei der Übertragung der Schallwellen beigemessen. Ich führe einige der Hypothesen an:

Johannes Müller*) glaubte, das Trommelfell würde durch die Schallwellen in molekulare Schwingungen versetzt, welche durch die Gehörknöchelchenkette, kurz die Kette genannt, wie durch einen festen Körper, etwa einen Stab, ebenso molekular verlaufen bis zum Labyrinthwasser (Perilymphe) und dessen Bewegungen auf die Hörzellen übertragen. Dem steht, die ganze Annahme über den Haufen werfend, gegenüber, dass die Kette mit ihren ausserordentlich präzis gearbeiteten Gelenken gar nicht als eine einheitliche feste Masse aufgefasst werden kann. —

*) Joh. Müller, Handb. d. Physiologie des Menschen, 1840.

Diesen sinnreichen Mechanismus der Kette sucht in erster Linie der geniale Helmholtz *) für die Erklärung der Schallwellenübertragung heranzuziehen. Er meinte, die Schallwellen versetzten das Trommelfell in toto in Schwingung und dieses seinerseits wieder verschöbe die Kette als Masse. Vermöge dieser Bewegung der Kette pflanzten sich die Schwingungen durch die Steigbügelplatte auf das Labyrinthwasser fort, welches ebenfalls eine Massenverschiebung erlitt. Um diese auszugleichen, da ja die Flüssigkeit im Labyrinth immer das gleiche Volumen besitzt und, wie Asher **) später bewies, auch immer unter gleichem Drucke steht, wiche das Labyrinthwasser im Ganzen nach der nunmehr einzigen nicht knöchernen, beweglichen Stelle der Labyrinthwand aus, nämlich nach der Membran des runden Fensters. —

Andere, unter ihnen in neuerer Zeit namentlich Secchi ***) betrachteten die Membran des runden Fensters, welche allerdings infolge ihrer äusserst zarten und elastischen Beschaffenheit und ihrer Fixation eine grosse Zahl Formveränderungen erleiden kann, als die Vermittlerin der Schallwellen zum Labyrinth, und sehen in der Kette nur einen Dämpfungsapparat oder meinen, die Ausweichstelle für das in Erschütterung versetzte Labyrinthwasser würde von dem Verschluss des Vorhofsfensters, der Steigbügelplatte, gebildet. —

Zimmermann †) lehnt zwar die Theorie Helmholtz, soweit sie die Schallübertragung vom Mittelohr auf das Labyrinth betrifft, ebenfalls ab, erblickt aber in der im Mittelohr eingeschlossenen Luftsäule das Werkzeug, welches in molekulare Schwingungen versetzt, durch die das Trommelfell einfach passierenden Wellen diese der inneren knöchernen Wand der Paukenhöhle namentlich am Promotorium direkt übermittelt, und so die auf der anliegenden Seite in der Schnecke angehefteten Basilarfasern und das Labyrinthwasser erregt. Das runde Fenster bleibt auch nach ihm die Ausweichstelle für die in Bewegung gebrachte Labyrinthflüssigkeit.

*) cf. pag. 489.

**) Asher: Über den Druck im Labyrinth etc. Zeitschr. f. klin. Medizin. Bd. XXVII.

***) Secchi: Das runde Fenster, der einzige Weg für die Schallwellen. Turin 1902.

†) Zimmermann: Die Mechanik des Hörens und ihre Störungen. Wiesbaden. 1906.

Die Kette jedoch erscheint ihm als der vornehmste Akkomodations-Apparat zum Zwecke der Einstellung zum Hören und zum Schutze der so unendlich zarten häutigen Labyrinthteile.

Ein anderer Autor, Kleinschmidt, lässt die hohen Töne direkt wie Zimmermann durch den Knochen der Labyrinthwand, die tiefen Töne aber durch das runde Fenster dem Endorgan zuführen.

Diese kurzen Literaturangaben, welche über Carpenter, Toynebee, von Tröltzsch etc. hinweggehen und überhaupt keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, schicke ich voraus, um aus ihnen eine Frage abzusondern: Wozu dient das runde Fenster bzw. seine Membran?

Von vornherein soll als unumstösslich feststehend gelten, die von Helmholtz*) mit überragender Genialität aufgestellte Hypothese der Erregung des nervösen Endorganes, wenn die Schallwellen einmal das Labyrinth erreicht haben. Ich führe auch dieselben nicht näher an, da die mir gestellte Frage nach der Funktion des runden Fensters mehr eine Frage der Schalleitung bis zum Labyrinth ist.

b) Eigene Untersuchungen.

Seit fast 8 Jahren beschäftige ich mich mit Untersuchungen über diese Sache, vor allem solchen experimenteller Natur. Auf der 14. und 15. Versammlung der Deutschen Otologischen Gesellschaft in den Jahren 1905 und 1906 trug ich die Ergebnisse bestimmter Experimente**) vor, die ich auf Anregung Professor Alexanders, Wien, unternommen hatte, welche den festen Verschluss des runden Fensters am lebenden Tiere zum Zweck hatten, also dieses aus dem Mechanismus des Höraktes gewissermassen ausschalteten.

Ich konnte feststellen, dass die Tiere, bei denen dieser Verschluss gemacht war, besonders wenn er beidseitig vorgenommen wurde, Geräuschen, Anrufen, Klängen gegenüber sich taub verhielten.

Die Versuche wurden derart angestellt, dass in Narkose bei Katzen, Tiere, welche sich ganz besonders für experimentelle

*) Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen. 1896. V. Aufl.

**) Blau: Experimenteller Verschluss des runden Fensters. Verh. d. Deutsch. Otolog. Ges. 1905 u. 1906.

Forschungen am Gehörorgan eignen, die Bulla, eine Knochenblase, in welcher das ganze Gehörorgan liegt, an der Stelle geöffnet wurde, welche die Schnecke und das runde Fenster ohne Verletzung der eigentlichen Paukenwände freilegt. Auf die Membran des runden Fensters wurde dann eine Plombe, wie sie der Zahnarzt fertigt, und zwar aus dem gebräuchlichen Opalzement oder aus der von Fletcher angegebenen Plombenmasse aufgelegt und fixiert. Um den Verschluss einerseits dichter, andererseits schonender für die zarte Membran zu gestalten, wurde in anderen Versuchen eine Wachsschicht untergelegt und darauf erst die Plombe.

Die Tiere wurden verschieden lange Zeit am Leben erhalten — am Versuch eingegangen ist kaum ein Tier —, wurden wiederholt geprüft betreffs ihres Gehörvermögens und dann in Narkose getötet, die Labyrinth auf Serienschnitten mikroskopisch untersucht.

Wie ich bereits erwähnte, zeigten sich die Tiere auf der plombierten Seite taub, reaktionslos, vollführten, wenn auch das andere Ohr verschlossen wurde oder wie in den meisten Fällen ebenfalls in gleicher Weise plombiert war, keinerlei reaktive Bewegungen, zuckten nicht wie sonst mit der Ohrmuschel, richteten diese nicht der Schallquelle zu, bewegten nicht die Augen oder ihre Lider, wandten nicht den Kopf etc., blieben gänzlich teilnahmslos. Am auffallendsten war dies gleichgültige Verhalten, welches mit einer merkwürdigen Trägheit und Fresslust verbunden war, dem Diener gegenüber, der die Tiere fütterte und dessen Kommen und Rufen, auch wenn er Futter brachte, sie, wenn sie ihn nicht sahen, nicht bemerkten.

Ausser meist leichten entzündlichen Veränderungen in der Umgebung der Plombe selbst zeigten sich vor allem bei der mikroskopischen Untersuchung keinerlei degenerative Veränderungen am Hörnerven und seinen Endausbreitungen. Nur ein Niedersenken bzw. Niedergedrücktsein der einen häutigen Wand des Canalis cochlearis, der Membrana Reissneri bis zum Verkleben, bzw. Verwachsen derselben mit der Membrana Corti, welche das Cortische Organ deckt, wurde beobachtet je nach der Zeit, welche zwischen Experiment und Tod des Tieres lag. Des weiteren in einigen Fällen, bei weitem aber nicht etwa in allen, konnten leichte Gerinnungen in der Labyrinthflüssigkeit gesehen werden, besonders in der Scala tympani der untersten Schneckenwindung, also des Kanales, welcher direkt durch die Membran des runden Fensters verschlossen ist.

Diese bereits auf den erwähnten Versammlungen vorgetragenen Befunde vermerke ich gleich hier, weil ich diese Versuche bis heute weitergeführt habe, freilich mit wesentlichen Modifikationen. Die Resultate, der seit 1906 angestellten Versuche sind bisher noch nirgends publiziert. Aus diesem Grunde, und weil ich bisher die aus den Resultaten sich ergebenden physiologischen Schlüsse noch nicht gezogen, glaube ich, diese Arbeit überhaupt veröffentlichen zu dürfen. Ich verwandte seither die verschiedensten Plombenmassen: Euchlorolzement, Fletcher, Opalzement, Paraffin, Wachs und in allerneuester Zeit auch Agar und Gelatine. Und um alle Schädigungen durch Druck, auch den leisesten, hintanzuhalten, also jeden physikalischen oder traumatischen Einwand zu beheben, wurden diese Plombenmassen in einem etwa festweichen Zustande z. T. auch flüssigen mit einer kleinen Pipette aufgetropft und dann erstarren gelassen. Die allerletzte Reihe meiner Versuche, etwa 8 Tiere, muss ich, da ihre mikroskopische Untersuchung noch nicht abgeschlossen ist, hier ausser Acht lassen.

In all den anderen Versuchsreihen, die sich beiläufig vielleicht auf etwa 40 Tiere beziehen, darunter auch einige Hunde, zeigte sich wieder, das schon oben mitgeteilte Ergebnis: Völlige Reaktionslosigkeit der Tiere bei doppelseitigem Verschluss bezw. Reaktionsbewegungen nur auf einer Seite, wenn nur ein rundes Fenster verschlossen war.

Durch diese wesentlich vorsichtiger gestaltete Versuchsanordnung — Auftropfen, verschiedene auch weichere Plombenmassen, ferner sofortiges Verschliessen der eröffneten Bulla durch eine Knochenplastik — blieben eine Reihe von den in den vorgetragenen Fällen vorgekommenen Erscheinungen aus, die ich noch nicht erwähnte: Schwindelerscheinungen, Erbrechen, schwankender Gang, Unmöglichkeit zu springen, bezw. ungeschickter Sprung mit Fall auf die plombierte Seite, Schiefhalten des Kopfes. Schon in einem Teile der bereits 1906 vorgetragenen Versuchsergebnisse gelang es, diese Erscheinungen auszuschalten, welche auf Entzündung oder erhöhten Druck im Vorhof und in den Bogengängen deuteten. Seither gelang dies stets.

Was also durch diese Versuche, deren genauere Beschreibung einer Fachzeitschrift überlassen werden müssen — der Rahmen dieser Arbeit gestattet das nicht — sicher bewiesen wurde, ist: die völlige Taubheit oder besser die völlige Reaktions-

losigkeit auf Gehörseindrücke nach festem Verschluss des runden Fensters bei der Katze.

Ehe wir zur Deutung der Befunde gehen, sei noch einiger, von anderen ausgeführter Experimente gedacht, sowie einiger Daten aus der pathologischen Anatomie des menschlichen Ohrs.

Spec. Litteratur.

Siebenmann*) und Panse**) hatten bereits früher, bei Menschen, denen das Trommelfell fehlte, die Nische zum runden Fenster durch mit Vaseline imprägnierte Baumwolle tamponiert und haben Verminderung des Gehörs für Flüstersprache beobachtet. Aber diese Verschlüsse waren nicht fest und konnten es auch nicht sein, liessen mithin Schallwellen durch, auch durch die Baumwolle selbst etc.

Secchi***) hat ebenso die Nische des runden Fensters beim Menschen mit Kollodium oder Gelatine verschlossen und das Gleiche bemerkt. Eine kleinere Zahl von Fällen sind bekannt, in denen bei tauben Menschen nach dem Tode bei der Sektion Verschlüsse des runden Fensters bezw. der Nische zu ihm, gefunden sind: Exostosen, Schleimcysten, verdickte Schleimhaut in der Nische, Verkalkungen, Verknöcherungen der Membran selbst. Und je fester oder enger der Verschluss, desto völliger taub waren die Leute. Diese Fälle finden sich zum Teil vor allem in der fleissigen Arbeit Panses gesammelt. Ferner ist beschrieben ein Fall von Verschluss des runden Fensters von Habermann†) einer von Lucae††) mit absoluter Taubheit.

Der letztere Fall ist beim Lebenden beobachtet worden und auch daher besonders wertvoll, weil er therapeutisch angegangen wurde und dann eine wesentliche Hörverbesserung aufwies.

Dem gegenüber muss hervorgehoben werden, dass neben einer grossen Zahl von Fällen mit Taubheit bei Verschluss oder Starrheit des ovalen Fensters eine ansehnliche Zahl von Fällen bekannt gegeben ist, in denen bei vollkommener Fixierung der Steigbügelplatte, völliger Unbeweglichkeit derselben, noch ein relativ günstiges Gehör

*) Siebenmann cf. nach Blau cf. pag. 493.

**) Panse: Die Schwerhörigkeit durch Starrheit der Paukenfenster. 1897.

***) Secchi: cf. pag. 492.

†) Habermann, Arch. f. Ohr.

††) Lucae: Die progress. chron. Schwerhörigkeit. 1907.

bestand. Dieses ist in keinem der veröffentlichten Fälle von Verschluss bezw. Starrheit des runden Fensters erwiesen worden. Des weiteren ist bekannt, dass trotz Verlust des Trommelfells und des Hammers und Ambosses sehr häufig (z. B. nach der Totalaufmeisselung) noch ein durchaus brauchbares Hörvermögen erhalten bleibt, bis zu 6 und 9 m Flüstersprache und mehr. Dies letztere Faktum wird meist auch von denen herangezogen, welche die Transmission der Töne vom Trommelfell durch die Kette zum Labyrinth bestreiten. Es darf freilich nicht vergessen werden, dass in solchen Fällen der Steigbügel fast immer erhalten ist und auch imstande wäre, auf ihn direkt auffallende Schallwellen weiter zu übertragen, vorausgesetzt, dass seine Platte im ovalen Fenster nicht fixiert ist, was in der Tat in diesen Fällen ausserordentlich selten vorkommt. Dies um so mehr, als der Steigbügel durch den *Musculus stapedius* nach aussen, d. h. dem Mittelohr zu herausgezogen wird. Dieser Muskel wird von *N. facialis* versorgt, welcher zugleich mit dem Hörnerven aus dem Gehirn durch den inneren Gehörgang in das Felsenbein und durch das Mittelohr zieht, wo er durch einen besonders harten Knochenwulst verdeckt und geschützt wird. Durch willkürliche und reflektorische Impulse in Bewegung versetzt, dient dieser Muskel auch zum Schutz des Labyrinths. Ferner ist das Ringband, welches die Steigbügelplatte befestigt, oben breiter und dehnbarer als in seiner unteren Fläche. Um diese untere Partie als *Hypomochlion* vollführt nun die Steigbügelplatte gleichzeitig eine nach aussen zu hebelnde Bewegung. Endlich wird der Steigbügel nach dem Gesetz der Trägheit und Schwere schon an sich einen weiteren Schutz für das Labyrinth bieten. Natürlich wird dieser Mechanismus bei Erhaltung aller Teile im Ohr erst recht seine Wirkung entfalten. Er wird auch in Anspruch genommen von denen, welche das ovale Fenster als Ausweichstelle der Labyrinthflüssigkeit betrachten und die Schallwellen durch das runde Fenster passieren lassen. — Aber es leuchtet ein, dass auch bei direkter Übertragung der Schallwellen auf den Steigbügel Schutzmassnahmen möglich sind. — Freilich erscheint mir diese eventuelle Hilfsaktion als Schallwellenvermittlung zumindest als alleinige sehr fraglich. —

Kehren wir nun zu der Frage nach der Funktion des runden Fensters zurück! Wir haben gesehen, dass wie im Tierexperiment auch am Menschen, wenigstens in einer beschränkten Zahl von

Beobachtungen, eine Feststellung der runden Fenstermembran das Gehör völlig vernichtet, dass dies wenigstens beim Menschen bei Feststellung der Steigbügelplatte nicht so ständig und nicht so vollkommen der Fall ist, ja, dass sogar ein ganz gutes Gehör dabei noch möglich ist.

Weber-Liel*) hat in ausgiebiger Weise die Anatomie und Physiologie der runden Fenstermembran zu ergründen gesucht. Er studierte die Bewegungen derselben, besonders am herausgenommenen Schläfenbein, und schliesst aus seinen Versuchen: „Dass das Nebentrommelfell beim Hören eine wesentliche Rolle als schwingende Membran, welche ihre Schwingungen dem Labyrinthwasser mitteilt, spielt, ferner dass die Membran nicht ausschliesslich den Zweck hat, dem Druck der vom ovalen Fenster aus andrängenden Flüssigkeitsmasse eine nachgiebige Wand zu bieten.“

Bringen unsere Versuche die Frage nun der Lösung etwas näher? Nach meiner Meinung ist hier zunächst noch einmal zu untersuchen, ob zum Ausgleich des Wasserdrucks im Labyrinth überhaupt eine Vorrichtung wie die der beiden Fenster nötig ist, gleichviel welches nun als Ausweichstelle dienen soll. Die Endolympe führenden häutigen Gebilde des ganzen Labyrinthes stehen in Verbindung mit einander und endigen, wie schon gesagt, in einen Blindsack. Sie sind nur an einem kleinen Teile ihrer Wand fest an der knöchernen Unterlage befestigt und zwar alle; im übrigen schwimmen sie in der Perilymphe, welche mit den arachnoidalen Lymphräumen der Schädelhöhle in offener Verbindung steht. A priori sollte es also durchaus möglich erscheinen — ich finde das aber nirgends ausführlicher hervorgehoben — dass Drucksteigerung in den endolymphhaltigen Räumen gerade wegen der Art ihrer Fixierung den freien Teil der häutigen Wand ausdehnen könnte, wobei der festgeheftete Teil gewissermassen zum Angriffspunkt würde, und dass ferner die dadurch komprimierte Perilymphe nach den Schädellymphräumen zu sich flüchtete. Noch leichter möglich erscheint dies, weil es sich doch bei den Schalleindrücken im allgemeinen um zweifellos ausserordentlich kleine Verschiebungen innerhalb der Labyrinthflüssigkeit handeln wird. Nach Bezold**) hindert die Capillarität der Aquädukte einen freien Austausch der

*) Weber-Liel: cit. nach Panse cf. pag. 496.

**) Bezold: cit. nach Panse cf. pag. 496.

Flüssigkeit zwischen Schädel und Labyrinth. Aber er meint doch, dass „für jeden irgendwie stärker auf den Labyrinthinhalt einwirkenden Druck, welcher für die Funktion der Acusticusausbreitung in Betracht kommen könnte, dieses Hindernis um so leichter zu überwinden sein wird“, da Rüdinger*) wenigstens im ductus endolymphaticus Längsfalten gefunden hat, welche bei Drucksteigerung eine Erweiterung desselben gestatten würden. Weiter hält Bezold es für wahrscheinlich, analog den Verhältnissen am Auge, dass „durch Absorbition eines geringen Quantums Labyrinthwasser die durch Einwärtsdrücken der Steigbügelplatte verursachte momentane Druckdifferenz im Labyrinthwasser, sich in sehr kurzer Zeit ausgleichen wird.“ Im ductus cochlearis sind ganz sicher zwei Wände und zwar die Basilarmembran mit dem Cortischen Organ und die gegenüberliegende Reissnerische Membran verschieblich, die eine nach der Scala tympani, die andere nach der Scala vestibuli zu. Es ist ferner durch Eichler**) nachgewiesen, dass die Wand der häutigen Schnecke eine besonders elastische, feste, von ihm Grundhaut genannte Membran enthält, also eine für Druckschwankungen äusserst günstige Widerstandskraft und Elastizität besitzt. Wie bereits erwähnt, ist das Volumen und die Spannung der Labyrinthflüssigkeit immer die gleiche. Bei der Feinheit der für ein Ausweichen nach dem Schädellymphraum in Betracht kommenden Kanälchen dürfte die Annahme richtig sein, dass die erörterten Ausweichmöglichkeiten der Endo- und Perilymphe zur Erhaltung des gleichen Volumens und der gleichen Spannung im Ruhezustande dienen und vielleicht bei besonders kleinen Erschütterungen ausreichen werden. Dazu würde unterstützend mitwirken die von Bezold angenommene Absorbtionsfähigkeit und die Funktion der Striae vascularis als Produktionsgebiet von Endolympe. Diese Striae bilden nämlich einen Teil der dritten Wand des Canalis cochlearis und sind ausserordentlich gefässreich. Auch bei der Knochenleitung, besonders der direkten, dürften diese Vorrichtungen mithelfen, die Erschütterungen auszugleichen.

Scheinen nach diesen Erörterungen insgesamt all die beschriebenen Ausgleichsmöglichkeiten des Labyrinthwassers

*) Rüdinger: cit. nach Panse cf. pag. 496.

**) Eichler: Anat. Untersuchungen über die Wege des Blutstromes im menschl. Ohrlabyrinth. 1892.

eventuellen Massenverschiebungen der Labyrinthflüssigkeit angepasst und die Ausweichfunktion eines der Fenster vielleicht erübrigend, so wäre schliesslich überhaupt noch die Frage aufzuwerfen, ob die Flüssigkeit wirklich Massenverschiebungen erleidet oder etwa nur molekuläre Bewegungen vollführte. Ohne auf lange physikalische Erwägungen einzugehen, muss man, glaube ich, Zimmermann*) beipflichten, der, obschon er Trommelfell und Paukenhöhlenluft nur molekular schwingen lässt, welche diese molekularen Impulse direkt auf den Knochen, besonders das Promontorium der harten, festen Schneckenkapsel übertragen sollen, für das Labyrinthwasser Massenverschiebungen verlangt. Um den im ductus cochlearis eingeschlossenen Fasern des Cortischen Organs (Haarzellen) das Schwingen zu ermöglichen — und als Resonatoren, wie wir sie uns nach Helmholtz**) sicher zu denken haben, müssen sie schwingen —, muss das Labyrinthwasser in seiner Masse bewegt werden und bedarf so einer Ausweichstelle, da der umgebende feste Knochen der Schneckenkapsel „absolut unachgiebig ist.“ Die engen Verbindungskanäle zum Schädellymphraum sind ja, wie wir gesehen haben, ausdehnungsfähig, bieten aber vermöge ihrer Enge einen sehr grossen Reibungswiderstand, der bei so schnell ablaufenden Bewegungen, wie sie die Schallwellen verursachen, wohl kaum ebenso schnell und regelmässig zu überwinden sein dürfte. (Kaiser***) berechnete die Zeit, welche vibrierende Bewegungen in der menschlichen Schnecke vom ovalen bis zum runden Fenster brauchen, auf 0,0001 Sekunden.) Aus diesen Gründen dürfte die Annahme einer Ausweichstelle in der Wand des Labyrinthes unumgänglich nötig sein und die bisher diskutierten Vorrichtungen eine Art von Sicherheitsventil in äusserster Not darstellen.

Bei der erwähnten Schnelligkeit des Ablaufs der Labyrinthwasserbewegung müsste natürlich auch die Ausweichstelle sehr schnell diesen Bewegungen folgen. Es ist nun aber die Membran des runden Fensters wesentlich leichter beweglich als die Steigbügelplatte und, was noch wichtiger, einer sehr grossen Zahl von Formveränderungen zugänglich, wodurch der Raschheit einer über-

*) Zimmermann: cf. pag. 492.

**) Helmholtz: Die Lehre von den Tonempfindungen.

***) Kaiser: cit. nach Zimmermann cf. pag. 492.

tragenen Bewegung zu folgen wiederum Vorschub geleistet werden dürfte. (Die Steigbügelplatte setzt z. B. einem nicht durch die Kette übertragenen direkten Druck einen viel grösseren Widerstand entgegen [nach Bezold].)

Was können nun unsere Experimente mit dem festen Verschluss des runden Fensters an dieser Frage klären? Kann die Labyrinthflüssigkeit nicht ausweichen, so können die resonierenden Fasern des Cortischen Organs nicht schwingen, es tritt also keine Erregung der Nervenendzellen ein und damit keine Vermittelung der Töne zu den Zentralstellen im Hirn, welche den Ton perzipieren: Mithin besteht Taubheit.

Im Zusammenhang mit den Beobachtungen am Menschen, die ich angeführt habe, ist nun ein Beweis mehr erbracht, durch unsere Versuche für die Schwingungsunmöglichkeit des Cortischen Organs bezw. seiner Zellen sobald die Membran des runden Fensters festgestellt ist. Eine so grosse Zahl von experimentell erzeugten Bewegungsunmöglichkeiten der runden Fenstermembran mit immer gleichem Resultat, nämlich der Taubheit usf. darf sicher als ein sehr strikter Beweis dafür angesehen werden, dass hier die Ausweichsstelle für die Labyrinthflüssigkeit gegeben ist. Es ist ferner klar, dass wenn die Schneckenfenstermembran unbeweglich geworden ist, auch die andern, an sich verschiebbaren Membranen des Labyrinths, vor allem die Basilarmembran und die Membrana Reissneri, in ihrer Bewegungsfähigkeit ausserordentlich gehindert sein werden. Es müsste denn sein, dass doch noch ein genügender Ausgleich des Drucks innerhalb der Labyrinthflüssigkeit nach den Schädellymphräumen möglich wäre. Diese notwendige Annahme wird durch unsere mikroskopischen Befunde an der Schnecke unserer Versuchstiere zerstört, zumindest soweit ein grösserer Ausgleich gedacht werden sollte. Der Canalis cochlearis wurde verengt, die Scala vestibuli erweitert gefunden durch ein Niedergedrücktsein der Membrana Reissneri und zwar, je länger der Verschluss dauerte umso mehr; also bei den Tieren je nach der Länge der Zeit, welche sie mit dem Verschluss lebten stärker werdend, bis zur Berührung, Verklebung und Verwachsung mit dem Cortischen Organ. Dies kann nur durch übergrossen — also nicht ausgeglichenen Druck in der Scala vestibuli geschehen sein.

Man darf hier auch einschalten, dass das ovale Fenster einen genügenden Ausgleich für die Labyrinthflüssigkeit nicht gegeben

haben kann, wenn man etwa annehmen wollte, dass die Schallwellen direkt durch die Paukenhöhlenluft auf die Schneckenkapsel übertragen würden. Dies per exclusionem vielleicht ein kleiner Beweis mehr für unsere Behauptung. Auch dann, wenn etwa die runde Fenstermembran den Weg für die Schallwellen zum Labyrinth bildete, müsste die Ausweichstelle am ovalen Fenster liegen. In diesem Falle aber könnten bei Feststellung dieser Membran Druckveränderungen im Labyrinth gar nicht eintreten. Diese sind aber nach unseren Experimenten sicher vorhanden. Man könnte nur die dafür sprechenden Befunde damit abtun, dass man die erwähnten Verklebungen und Verwachsungen und das Heruntergedrücktsein der Membrana Reissneri als Entzündungsprodukte auffasste, hervorgerufen durch den Reiz der Plombe am runden Fenster. Dem ist gegenüber zu halten, dass sonstige Anhaltspunkte von Entzündungen im Labyrinth (die Gerinnungen an sich allein?) fehlten und dass gerade in den für diese Auseinandersetzungen benützten Fällen, Erscheinungen, die auf entzündliche Druckvermehrungen deuten, am lebenden Tiere nicht beobachtet wurden. Im übrigen hoffe ich, durch Untersuchung der letzten Tierserie, die ich, wie angegeben bei dieser Arbeit nicht berücksichtigen konnte, neue beweiskräftige Kontrollresultate zu erhalten. Bis dahin muss ich die bisherigen Resultate als genügend ansehen.

Wenn ich nun behaupte, den Beweis erbracht zu haben:

Die Funktion des runden Fensters ist, das in Bewegung versetzte Labyrinthwasser ausweichen zu lassen und damit den Haarzellen des Endorgans so die einzig gegebene Schwingungsmöglichkeit zu bieten, so könnte nur noch entgegengehalten werden, dass alles, was dies beweisen soll, ebensogut für die Annahme Geltung hätte, dass die Schallwellen überhaupt auf dem Wege dieses Fensters ins Labyrinth gelangten. Es gilt für die Wichtigkeit des runden Fensters und die Unerlässlichkeit seiner ungestörten Funktion allerdings das Gleiche, und taub müssten die Tiere dann natürlich nach dem Verschluss ebenso sein.

Wie bereits ausgeführt, widersprechen hier die mikroskopischen Befunde — denn in diesem Falle kämen ja Schallwellen überhaupt nicht ins Labyrinth. — Ferner, für die Ausweichstelle ist eine viel empfindlichere, leichter bewegliche, anpassungsfähigere und elastischere Membran erforderlich als sie einmal die Steigbügelplatte darböte und andererseits auch als sie für die Eintrittspforte der

Schallwellen angenommen werden muss. Endlich liegt das runde Fenster so versteckt in seiner Nische beim Menschen, bei der Katze in der Bulla so ungünstig für die Aufnahme von Schallwellen, dass auch hierdurch diese Annahme schon sehr unwahrscheinlich wird. Ferner liegt es beim Menschen mit seiner Fläche etwas nach unten geneigt, so dass die Flüssigkeitssäule des Labyrinths überhaupt immer ein wenig auf ihm lastet, was freilich durch das immer gleiche Volumen und die gleiche Spannung annähernd paralytisiert wird. — Zudem müsste dann auch angenommen werden, das runde Fenster wäre der einzige Weg für die Schallwellen, wie es Secchi allerdings fordert. — Gerade dies aber scheint mir nach allem oben Gesagten am allerunwahrscheinlichsten. Die Ausweichsstelle des Labyrinthwassers muss einen relativ einfachen, aber sehr empfindlichen Apparat darstellen, und ob man nun in der Kette einen Accommodationsapparat oder die eigentliche Leitung sieht, ganz gleich, die ovale Fenstermembran, die Steigbügelplatte, ist als Ausweichsstelle allein mit einem viel zu komplizierten Mechanismus versehen. Das widerspricht der in der Natur üblichen weisen Beschränkung und Einfachheit ebenso, wie Bau, Lage und Anordnung des runden Fensters dafür sprechen. Durch unsere Versuchsergebnisse gerade halte ich diese Annahme für sehr wesentlich gestützt.

Ich hoffe, dass weitere Versuche den unumstößlichen Beweis dafür erbringen werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [27](#)

Autor(en)/Author(s): Blau Albert

Artikel/Article: [Experimentelle Studien zur Physiologie des Höraktes \(insbesondere über die Funktion des runden Fensters\) 488-503](#)