© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Einige neuere gegen die Helmholtz'sche Hörtheorie vorgebrachte Einwände und deren experimentelle Widerlegung.

Von

F. Siebenmann.

Die sogenannte Helmholtz'sche Theorie wird auch einfach als *Resonanztheorie* bezeichnet, da sie die Erregung des Hörnervs d. h. den mechanischen Vorgang des Hörens sowohl im Mittelohr als im Labyrinth auf das Mitschwingen von entsprechenden Membranen zurückführt. Das Trommelfell schwingt infolge seiner eigentümlichen Form und Spannung auf *alle* Töne als *Ganzes;* seine Schwingungen werden als Stösse durch die Gehörknöchelchenkette auf das Labyrinthwasser und damit auf die häutige Treppenmembran der Schnecke übertragen, aber so, dass dort je nach der Höhe des Tones nur bestimmte Abschnitte schwingen und somit auf ein und denselben Ton auch nur ein bestimmter ganz beschränkter Abschnitt der fächerförmig angeordneten Endfasern des Hörnervs in Erregung versetzt werden. Die höchsten Töne erregen das schmälere in der Schneckenbasis liegende Ende der bandartigen, gespannten Treppenmembran, die tiefern Töne dagegen bringen die in der Schneckenspitze befindlichen breiten Abschnitte der Membran zum Mitschwingen. Von den 11 Oktaven, welche wir zu hören vermögen, entspricht jedem Ton eine gewisse, sehr kleine Zone dieser Membran, sodass das Ohr eine ganze Anzahl von Tönen mit und nebeneinander zu hören und Klänge zu analysieren vermag.

Ich habe am vorletzten Jahresfest der Schweizerischen Naturforschenden Versammlung zu Basel in der medizinischen Sektion Projektionsbilder gezeigt von mikroskopischen Schnitten durch verschiedene Meerschweinchenschnecken, welche auf meine Veranlassung intra vitam durch den japanischen Arzt Dr. *Yoshi* auf dem hiesigen physiologischen Institut der Einwirkung höherer und tieferer Töne ausgesetzt worden waren und an denen deutlich zu sehen war, wie die kontinuierliche Zufuhr von schwächern oder die kürzere Einwirkung schriller Töne die Nervenelemente schädigt. Besonders interessant war aber das Ergebnis der Experimente mit Rücksicht auf

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Helmholtz'sche Theorie der *Lokalisation* des Höraktes im Labyrinth, insofern als die höhern Töne ausschliesslich in der Schneckenbasis, die tiefern Töne dagegen in den obern Abschnitten des Schneckenkanals die Nervenendstellen und die zugehörigen Nervenzüge zerstörten.

Begreiflicherweise hat die Helmholtz'sche Theorie nicht nur Vorläufer sondern auch nachträgliche Gegner gefunden. Das Gehörorgan ist so unübersichtlich im festen Knochen eingeschlossen und besitzt so geringe Grösse und dabei so komplizierte Formen, dass der mechanische Teil des Hörakts d. h. die Schwingung all dieser verschiedenen Membranen unter der Toneinwirkung nur unvollständig oder gar nicht direkt beobachtet werden kann. Deshalb ist die Deutung des Zustandekommens der Tonempfindung und der Analyse von Klängen auf *theoretischem* Wege versucht und von verschiedenen Forschern auch in verschiedener Weise gelöst worden. Selbst die Weber-Helmholtz'sche Art der *Darstellung von der Aktion und Bedeutung des Mittelohrapparates* beim Vorgang des Uebertragens von Tönen zum Labyrinth ist dabei nicht unbestritten geblieben. Zwar haben sowohl *v. Helmholtz* als eine Anzahl anderer Physiologen und Ohrenärzte experimentell bewiesen, dass das schwingende Trommelfell seine *Massen*bewegung in verkleinerter aber verstärkter Form als einzelne Stösse auf das ovale Fenster überträgt, indem sie zeigten, wie diese Stösse sowohl von den Schädelknochen als von der Luft des Gehörgangs aus als Ausdruck der Trommelfellschwingungen durch das Labyrinth hindurch auf die runde Fenstermembran fortgeleitet und dort unter dem Mikroskop auf stroboskopischem Wege beobachtet werden können. Trotzdem erheben sich immer wieder von Zeit zu Zeit vereinzelte Stimmen, welche unter Negierung des Wertes dieser Experimente behaupten, dass die als Ton empfundenen Luftwellen in Form von molekularen d. h. *longitudinalen* Schwingungen den ganzen Mittelohrapparat durchlaufen und natürlich auch die Membrana basilaris des Labyrinths in longitudinale Schwingungen versetzen; *Zimmermann* und *Dennert* wagen sogar neuerdings die letzte aber logische Konsequenz dieser von ihnen geteilten Anschauung zu ziehen mit der Behauptung, dass der Mittelohrapparat bei der Schallzuleitung ganz unbeteiligt sei und nur eine schall*dämpfende* Wirkung entfalte. Nach Zimmermann's Ansicht erfolgt ferner die Schalleitung zum Labyrinth direkt durch den Knochen hindurch auf die Treppenmembran; ihre Fasern schwingen nicht transversal sondern longitudinal. Während *Bezold*[1]) auf Grund von experimentellen und

---

[1]) *Bezold,* Weitere Untersuchungen über Knochenleitung etc. Funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorgans Bd. III pag. 1.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

klinischen Beobachtungen den Beweis erbracht hat, dass auch solche Töne, welche nicht von der Luft des Gehörgangs sondern nur von den Schädelknochen aus dem Labyrinth zugeleitet werden, dorthin auf dem Wege durch das ovale Fenster resp. durch den Steigbügel gelangen müssen, behauptet *Zimmermann,* dass die hörbaren Schallwellen einer auf den Kopf gesetzten Stimmgabel diesen Umweg nicht zu machen brauchen, sondern dass das Labyrinth von allen Seiten aus erregbar sei. *Wundt* spricht ja sogar die Ansicht aus, dass der Stamm des Schneckennervs durch Schall direkt erregbar sei. Am zähesten verteidigt neuerdings Prof. *Wittmaack* in Jena diesen Standpunkt, indem er behauptet, dass die obengenannten von ihm und von uns experimentell erzeugten Schädigungen der Meerschweinchenschnecke nicht auf dem Wege des Gehörgangs und des Mittelohres sondern direkt vom Knochenskelett aus durch Reizung des Nervs in seiner das Felsenbein durchsetzenden Strecke erzeugt worden seien. Zwei deutsche Ohrenärzte, Dr. *Jaehne* und Prof. *Friedrich* in Kiel gehen auf diesem Wege weiter und glauben auf Grund von klinischen Beobachtungen bei Soldaten den Schluss ziehen zu müssen, dass die Detonationen der grossen Geschütze das Ohr in der Hauptsache nicht auf dem Luftwege sondern durch Fortpflanzung des Schalls vom Boden aus durch den Körper schädigen, und dass deshalb bei den Artilleristen ein Verschluss des Ohres nichts nütze, sondern durch Interposition einer isolierenden Schuhsohle zu ersetzen sei.

Ich kann hier nicht auf alle die theoretischen, von *Bezold* auch experimentell gestützten Einwände (l. c.) eintreten, welche mit Recht geltend gemacht werden müssen gegen solche Anschauungen, sondern ich möchte Ihnen bloss das Resultat einer Anzahl unter sich gleichwertiger aber auf verschiedene Weise angestellter neuerer Experimente mitteilen, die in den letzten beiden Jahren in unserm und im physiologischen Laboratorium mit Rücksicht auf die obigen Streitfragen von zweien meiner Assistenten, Prof. *von Eicken* und Dr. *Hössli,* unter Prof. *Metzner*'s und *meiner* Leitung ausgeführt worden sind, und deren Resultate durchaus eindeutig im Sinne der Anschauung von *Helmholtz* und *Bezold* ausgefallen sind. Um dieselben leichter verständlich zu machen, muss ich aber noch einen Augenblick bei den Erscheinungen der sogenannten *Knochenleitung* verweilen.

Wenn eine a' Stimmgabel zunächst auf den Warzenfortsatz des normalen Ohres aufgesetzt wird, bis sie dort verklungen ist, und dann sofort mit den freien Zinkenenden vor die Oeffnung des nämlichen Ohres gehalten wird, so kann sie daselbst noch ca. 30 Sekunden weiter gehört werden. Die Leitung durch den Gehörgang übertrifft also in ihrer Dauer und Stärke beträchtlich die Leitung durch die Schädelknochen. Man nennt diesen Versuch nach seinem Erfinder

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den *Rinne*'schen Versuch. Stören wir nun in dem so exakt arbeitenden Mittelohr das labile Gleichgewicht durch Anbringen eines Loches im Trommelfell oder durch Ausschalten einer der beiden antagonistisch wirkenden Binnenmuskeln der Paukenhöhle — des Tensor oder des Stapedius — so muss auf die Steigbügelplatte, die bis dahin sich in Mittellage befand, je nach der Verletzung ein Zug oder ein Druck überwiegend in *einseitiger* Richtung sich geltend machen und ihre Beweglichkeit herabsetzen. Unter diesen Verhältnissen gibt der Rinnesche Versuch ein anderes Resultat: die Luftleitung wird begreiflicherweise schlechter. Aber es wird gleichzeitig die Knochenleitung auffallend besser und länger. Die Differenz zwischen Luft- und Knochenleitung sinkt dementsprechend mehr oder weniger stark und kann schliesslich ganz zu Gunsten der Knochenleitung ausfallen, falls die Steigbügelfixation eine besonders hochgradige geworden ist. Der Grund dieser Erscheinung liegt ohne Zweifel erstens darin, dass bei straffer Anspannung der zwischen Steigbügelplattenrand und Fensterrahmen liegenden Bänder diese auch besser den Schall von den andern Schädelknochen resp. vom Felsenbein auf den Steigbügel überzuleiten vermögen; denn eine Verknöcherung der betreffenden Bandmasse führt zur nämlichen Aenderung im Resultat des Rinne'schen Versuchs. Zweitens fällt unter den neugeschaffenen Verhältnissen der sogenannte Gegenstoss beim Uebertritt der molaren Schwingungen vom Knochen auf Trommelfell und Ringband fort, sodass nun Steigbügelplatte und Fensterrand in gleichem Sinne miteinander schwingen (Bezold l. c.).

Wir sind also imstande überhaupt für Töne, besonders für tiefe Töne, die sogenannte Knochenleitung d. h. die Zuleitung des Schalles vom übrigen Skelett auf den Steigbügel und damit auf das Labyrinth willkürlich zu verstärken und durch den dabei angewandten operativen Eingriff gleichzeitig die Luftleitung, die über Trommelfell, Hammer und Amboss zum Steigbügel geht, herabzusetzen. Diese Tatsache haben wir für unsere Experimente nutzbar gemacht: Sind die Annahmen von *Zimmermann, Wittmaack* etc. richtig, wonach die Schneckennerven hauptsächlich auf dem Wege der Knochenleitung erregt resp. geschädigt werden, so müssen wir bei einem Tiere, welches einem intensiven, durch die Luft zugeführten Schalle ausgesetzt wird, und bei dem die genannte Veränderung im Mittelohrapparat herbeigeführt worden ist, grössere Labyrinthschädigungen entstehen sehen als da, wo das Mittelohr in intaktem Zustande der nämlichen Schallwirkung ausgesetzt worden ist. Bei unsern Versuchstieren, bei denen jeweilen auf *einem* Ohre der Amboss in in Narkose und ohne Verletzung des Trommelfelles extrahiert worden war, wo also durch Ausschaltung der Tensorwirkung von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den beiden Antagonisten nur noch der Steigbügelmuskel zur Geltung kommen konnte und die Steigbügelplatte durch Anspannung des Ringbandes fixieren musste, waren alle Bedingungen gegeben zur Abschwächung der Luftleitung und zu bedeutender Verstärkung der Knochenleitung. Das Resultat war folgendes: Sowohl bei den Versuchen mit höhern als mit niedern Pfeifen konnte durchgängig nur auf der gesunden Seite, wo also vorwiegend die Luftleitung zur Geltung kam, eine Labyrinthschädigung erzeugt werden; das nämliche wurde auch bei Schiessversuchen beobachtet, wo an beiden Ohren des Versuchstieres vorbei ein Revolver mehrmals abgeschossen worden war. Ueberall dagegen wurde das Labyrinth auf der *operierten* Seite nicht nur nicht stärker lädiert, sondern sogar gänzlich intakt befunden, gerade wie es nach der v. Helmholtz'schen Theorie zu erwarten war. Einen der schlagendsten Beweise für die Irrelevanz der Knochenleitung beim Zustandekommen der akustischen Labyrinthschädigung lieferte *Hössli,* welcher 7 Meerschweinchen, bei denen je ein Ohr auf die angegebene Weise operiert worden war, in einen metallenen, dickwandigen, geräumigen, zylindrischen Käfig einschloss, welcher jeweilen nachts durch die Hämmer eines Wasserwerks kräftig beklopft wurde. Sogar hier, wo die Tiere 7—11 Wochen, d. h. während der ganzen Versuchszeit direkt auf dem tönenden Metall stehen oder liegen mussten, blieb regelmässig in dem Ohr mit der künstlich erhöhten Knochenleitung das Labyrinth unbeschädigt, während auf der andern intakt gelassenen Seite die mikroskopischen Merkmale hochgradigster Zerstörung des Nervenendorgans auftraten: Bilder von Schneckenschnitten, welche den Gehörorganen dieser Tiere entstammen, zeigen auf der einen Seite das Cortische Organ mit seinen Hörzellen, der Cortischen Membran, den zuführenden Nervenenden und Nervenzellen ganz normal, während auf der andern Seite — in gleicher Weise übereinstimmend — das Bild hochgradiger professioneller Schwerhörigkeit zustande gekommen ist. (Die betreffenden Abbildungen werden in der Arbeit von *Hössli,* Zeitschrift f. Ohrenheilkunde 1912, erscheinen.)

Damit ist zur Evidenz bewiesen, dass in der Hauptsache der Trommelfell-Gehörknöchelchenapparat es ist, welcher die Schallübertragung zum Labyrinth vermittelt, und dass die Luftleitung zum mindesten die Hauptrolle spielt bei der Entstehung der professionellen Schwerhörigkeit. Als Schutzmittel zur Verhinderung der letztern sind die empfohlenen Isolationsmittel der Füsse absolut wertlos.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch noch auf das interessante Nebenresultat hinweisen, welches wir bei unsern Versuchen bezüglich des Wertes des *runden* (Schnecken-)*Fensters* als *Eingangspforte* für die das Labyrinth durchsetzenden Schallwellen gefunden haben. Es

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ergibt sich nämlich, dass, trotzdem in den entambossten Mittelohren jeweilen das Schneckenfenster intakt war, doch das Labyrinth vom Schall nicht geschädigt wurde. Allerdings ist dabei in Betracht zu ziehen, dass als Ausweichstelle für die vom runden Fenster aus bewegte Flüssigkeitssäule des Schneckenkanals wegen der Fixation des Stapes vielleicht nur die Aquädukte in Betracht kommen könnten; indessen dürften dieselben für die enorm kleinen Schwingungsexkursionen, welche einer c^5-Pfeife entsprechen, sicher genügen. Da nun auch bei diesen letztern Versuchen sich das Labyrinth der operierten Seite intakt fand, darf man als bewiesen erachten, dass in Uebereinstimmung mit *Bezold* und im Gegensatz zu den Ansichten von *Joh. Müller, Weber-Liel, Secchi* u. a. das runde Fenster als *Eingangspforte* für die das Labyrinth erregenden Töne nicht in Betracht kommt.

Eingegangen Januar 1912.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 23_1912

Autor(en)/Author(s): Siebenmann F.

Artikel/Article: Einige neuere gegen die Helmholtz'sche Hörtheorie vorgebrachte Einwände und deren experimentelle Widerlegung 22-27