

Demonstration einer kontinuierlichen Tonreihe  
zum Nachweis von Gehördefekten,  
insbesondere bei Taubstummen, und die Bedeutung  
ihres Nachweises für die HELMHOLTZsche Theorie.<sup>1</sup>

Von

Prof. FR. BEZOLD  
in München.

Mit einer Figur im Text.

Wenn irgend eine Fachdisziplin, sei ihr Untersuchungsfeld dem allgemeinen Wissen noch so entlegen, aus dem Schachte, dessen Bearbeitung ihr obliegt, Hilfsmittel zu Tage gefördert hat, deren Benützung auf ausgedehnteren Gebieten Erfolge verspricht, so gehört es zu ihren unabweisbaren Aufgaben, die Kenntnis derselben auch über ihre engeren Fachkreise hinaus zu verbreiten.

Als ein solches Hilfsmittel darf die kontinuierliche Tonreihe, eine zunächst aus den Bedürfnissen des Otiatrikers hervorgegangene Instrumentenreihe, bezeichnet werden, welche für eine genauere Analyse des Hörvermögens bestimmt ist. Ich durfte mich deshalb der ehrenden Aufforderung unseres Vorsitzenden nicht entziehen, die Tonreihe, wie sie im Lauf der Jahre allmählich von mir zusammengestellt worden ist, auch an dieser Stelle vorzulegen.

In seiner gegenwärtigen Form ist das Instrumentarium hergestellt von unserem Münchener Physiker Prof. Dr. EDELMANN. Erst durch die nunmehr länger als 3 Jahre fortgesetzte unablässige und aufopferungsvolle Arbeit dieses weltbekannten Technikers hat es die Vervollkommnung erreicht, welche dasselbe

---

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten in der I. Sektion des III. internationalen Kongresses für Psychologie in München.

nicht nur für ohrenärztliche, sondern auch für physikalische, physiologische und psychophysische Untersuchungen als geeignet erscheinen läßt.

In der unteren Hälfte der Tonskala von  $H_3$  (15 vibr. doubl.) bis zu  $c'''$  (1024 vibr. doubl.) werden die einzelnen Töne der Tonreihe erzeugt durch 10 Stimmgabeln mit verschiebbaren Laufgewichten. Für physiologische Zwecke kommt dazu noch eine 11. Stimmgabel mit mächtigen Gewichten, deren Schwingungszahlen von 18 bis 11 herabreichen. Der unterste Ton von 11 v. d. wird nurmehr von einem Teil sonst normalhöriger Gehörorgane perzipiert. Jede Stimmgabel enthält die sämtlichen Töne von beiläufig einer Quinte und kann durch Verschiebung der Gewichte auf jeden innerhalb dieses Intervalls liegenden Ton eingestellt werden. Der höchste Ton jeder tieferen Stimmgabel ist auch in der nächst höheren wieder als unterster Ton enthalten.

Je weiter wir in der Skala herabsteigen, desto mehr muß die Länge der Zinken und die Schwere der Belastungsgewichte anwachsen. Wenn wir Luftwellen von so gewaltigen Dimensionen in ausgiebige Bewegung versetzen wollen, daß für deren Erzeugung Orgelpfeifen von 32 und mehr Fuß Länge notwendig sind, so bedürfen wir dazu auch großer Dimensionen an den Stimmgabeln. Dieselben werden daher gegen das untere Ende ziemlich unhandlich. Die unterste und größte, bis zu 11 v. d. herabreichende Stimmgabel befindet sich gerade an der Grenze, welche noch gestattet, sie mit freier Hand vor dem Ohre zu halten.

Soweit ein darauf eingeübtes Ohr ohne weitere Hilfsmittel darüber entscheiden kann, sind die sämtlichen Töne dieser belasteten Stimmgabeln vollkommen frei von Obertönen. Eine graphische Darstellung der Schwingungen sowohl an den Zinken als am Stiel ergibt reine Pendelschwingungen, wie sie einfache Töne charakterisieren.

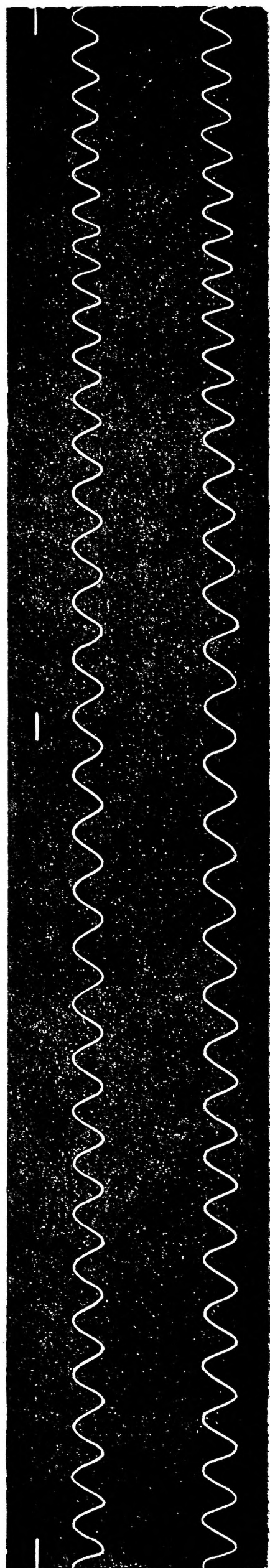
Eine solche Aufschreibung der tiefen Stimmgabel bei 16 v. d. sowohl von den Zinken als vom Stiel aus kann ich Ihnen hier vorlegen (cf. Abbildung). Durch eine Hebelvorrichtung sind die Schwingungen des Stiels neben diejenigen der Zinken verlegt worden, und Sie können sich davon überzeugen, daß beide sich in ihrer Form vollkommen gleich verhalten, daß also am Stiel zum wenigsten bei diesen Stimmgabeln nicht die Oktave des Grundtones der Gabel zum Vorschein kommt, wie dies

für andere Stimmgabeln von einigen Forschern gefunden wurde.

Einen weiteren Beweis dafür, daß die Stimmgabeln mit der für unsere Tonreihe gewählten Belastungsgröße frei von Obertönen sind, erhalten wir aus der Beobachtung von Ohrenkranken. Es existieren nämlich einige häufig vorkommende, später genauer zu erörternde Erkrankungsformen des Ohres, bei welchen wir konstant einen größeren oder kleineren vollkommenen Hördefekt am unteren Ende der Tonskala nachweisen können. Wir überzeugen uns nun, wenn wir diese Kranken mit den unterhalb ihres unteren Grenztönen liegenden Stimmgabeln untersuchen, daß innerhalb ihres pathologischen Defektes nicht nur der Grundton der in den Defekt fallenden Stimmgabeln ausgefallen ist, sondern daß die Kranken, wenn wir nur das Auge ausschließen, keine Ahnung davon haben, ob überhaupt die in starke Schwingung versetzte Gabel direkt vor dem Ohre sich befindet oder nicht. Es ist daher auch diese pathologische Hörgrenze meist sehr scharf, bis auf einen halben Ton, zu bestimmen.

Aus diesen für den Ohrenarzt täglich wiederkehrenden Beobachtungen geht zunächst hervor, daß auch die Schwingungen dieser tiefen Stimmgabeln trotz ihrer großen Elongationen keine taktile Empfindung bei ihrer Annäherung an die Muschel hervorbringen.

Da aber die betreffenden Kranken mit Hördefekt am unteren Ende der Tonskala (für die Luftleitung) ein um so vollkommeneres Gehör besitzen, je höher wir in der Skala hinaufsteigen,





wie wir uns durch Prüfung mit den in der Reihe ja ebenfalls enthaltenen höheren Stimmgabeln überzeugen können, so dürfen wir auch schließen, daß Obertöne, zum mindesten soweit sie für die Hörprüfung in Betracht kommen, in den tiefen Stimmgabeln der vorliegenden Tonreihe nicht vorhanden sind.

Mit Hülfe dieser 10 Stimmgabeln sind wir also in den Stand gesetzt, jeden beliebigen innerhalb der unteren 6 Oktaven gelegenen Ton isoliert und von Obertönen frei zu erzeugen, und zwar bis zu einer solchen Stärke, daß sein Ausfall als Taubheit für den betreffenden Ton bezeichnet werden darf.

Etwa von der großen Oktave an nach aufwärts macht sich bei sämtlichen Tönen der Stimmgabelreihe ein anscheinend hochliegendes, musikalisch nicht genau bestimmbares Schwirren bemerklich, wenn die Zinken sehr stark angeschlagen und der Muschel bis nahe zur Berührung angenähert werden; bei etwas größerer Entfernung und ebenso bei etwas weniger starkem Anschlag klingt der Ton rein, ebenso, auch nach stärkstem Anschlag, beim Aufsetzen des Stimmgabelstiels auf den Scheitel. Unterhalb der großen Oktave fehlt auch in der Luftleitung dieses Schwirren. Setzen wir aber die tiefen Stimmgabeln mit ihrem Stiel auf eine Tischplatte auf und legen den Kopf auf die letztere, so tritt dasselbe auch für sie mit großer Stärke hervor.

Nach HELMHOLTZ kommt dieses Schwirren wahrscheinlich dadurch zu stande, daß infolge der starken Erschütterung die beiden Flächen des Sperrgelenks zwischen Hammer und Ambos sich teilweise voneinander loslösen und gegeneinander schlagen.

Jedenfalls entsteht dasselbe nicht in der Stimmgabel selbst, sondern erst im Schalleitungsapparate des Ohres, da es bei wachsender Steigerung der Tonintensität plötzlich hervortritt, und da es vom Knochen aus nicht hörbar ist.

Für die Hörprüfung braucht das Vorhandensein dieses von der großen Oktave an beginnenden Schwirrens beim Hören der Stimmgabeln vor dem Ohre nur selten in Betracht zu kommen.

Doch scheinen hierher einige seltene Fälle von hochgradiger Schwerhörigkeit aus meiner Beobachtung zu gehören, welche die Annäherung der verschiedensten Stimmgabeln nur als ein



unbestimmbares Geräusch zu hören angaben, das sich bei den hohen und tiefen Tönen ganz gleich blieb, so daß die jeweilige Höhe des Tones für diese Kranken, unter denen auch ein Klaviermacher sich befand, vollkommen unbestimmbar blieb.

In der großen Mehrzahl der von mir untersuchten Fälle wurden dagegen die Töne in der ganzen Ausdehnung der Skala entweder bei einer bestimmten Intensität richtig gehört oder sie fielen ganz aus.

Die obere Hälfte der Tonreihe, von  $e''$  an,<sup>1</sup> wird hervorgebracht durch drei gedackte Orgelpfeifchen mit verschiebbarem Stempel, von denen das höchste unter dem Namen des Galtonpfeifchens von BURCKHARDT-MERIAN 1884 in die otologische Praxis eingeführt worden ist.

In die Strecke der Tonskala, welche im Galtonpfeifchen enthalten ist, fällt die obere Tongrenze für das menschliche Ohr; oberhalb dieser Grenze verschwindet das Pfeifen für unser Ohr, und bleibt nur mehr ein leises Anblasegeräusch übrig, welches auch schon vorher neben den leisen höchsten Tönen immermehr vorwiegt, je mehr wir uns der oberen Grenze nähern. Entfernen wir das Pfeifchen weit genug vom Ohr, so verschwindet dieses Anblasegeräusch, während das Pfeifen noch auf größere Entfernung, für ein normales Ohr auf 5 m und mehr, hörbar bleibt, also auf diesem Wege auch von seinen Nebengeräuschen isoliert werden kann.

Die gedackten Pfeifen gehören ebenfalls zu den relativ obertönefreien Instrumenten. Wenn sie auch in dieser Beziehung hinter den belasteten Stimmgabeln zurückstehen, so reichen sie, wie mir die Erfahrung gezeigt hat, für unsere klinischen Hörprüfungen doch aus; denn abgesehen von der Bestimmung der oberen Tongrenze bedürfen wir dieser höheren Töne nur bei hochgradig Schwerhörigen und bei Taubstummen, bei welchen es mir oftmals möglich war, mit ihrer Hilfe Lücken oder Inseln im oberen Hörbereich nachzuweisen.

Ein sehr leises aber doch von dem Anblasegeräusch sicher unterscheidbares Pfeifen beginnt in dem EDELMANNschen Galtonpfeifchen bereits bei einer Zylinderhöhe von 0,2 mm des Pfeifenrohres. Diese höchsten Töne reichen nach den Berechnungen

---

<sup>1</sup> Das Stück von  $e''$  —  $c'''$  ist sowohl in den Stimmgabeln als in den Pfeifen vorhanden.

von EDELMANN bis ungefähr zum oberen Ende der 8-gestrichenen Oktave hinauf (der oberste in der Pfeife eingezeichnete Ton ist  $a^{\text{VIII}}$ , über den aber das Pfeifen noch ein Stück hinaus gehört wird).

Nach den Ergebnissen, welche mit Hülfe der hier zusammengestellten Instrumente zu gewinnen sind, liegt somit die untere Grenze der vom menschlichen Ohre perzipierbaren Schallwellen bei 11 Doppelschwingungen oder noch etwas niedriger, die obere Grenze bei 55 000 und mehr Doppelschwingungen in der Sekunde.

Die Tonreihe, welche durch diese beiden noch sicher perzipierbaren Schwingungszahlen nach oben und unten begrenzt wird, umfaßt etwas über 12 Oktaven.

M. H.! Die Fähigkeit unseres Ohres, sowohl jeden einzelnen Ton nach seiner Lage in der Skala genau zu bestimmen, als auch eine ganze Reihe von zusammenklingenden Tönen gleichzeitig aufzufassen, wird uns nur verständlich durch die Annahme eines an den Enden der weit verzweigten Acusticusausbreitung angebrachten mechanischen Hilfsapparates, der die Eigenschaften unserer Saiteninstrumente besitzt, daß jedem einzelnen Ton der ganzen Skala je ein Element in diesem Hilfsapparat entspricht, welches durch ihn in Mitschwingung versetzt wird und eine an ihm endende Nervenfasern erregt.

Die zwingende Notwendigkeit eines solchen Hilfsapparates und sein wahrscheinliches Vorhandensein in der Schnecke des Ohres klargelegt zu haben, ist eines der Verdienste von HELMHOLTZ, welche seinen Namen unsterblich machen.

Als mitschwingendes Organ erscheint am geeignetsten die Membrana basilaris der Schnecke.

Der Anordnung ihrer successive gegen die Kuppel der Schnecke sich verlängernden quergespannten Fasern entsprechend, muß angenommen werden, daß die Perzeption von den höchsten bis zu den tiefsten Tönen in der Richtung vom Anfang der untersten Schneckenwindung bis zur Kuppel verteilt ist.

Diese Theorie von HELMHOLTZ ist, obgleich er selbst sie stets nur als eine Hypothese bezeichnet hat, doch heute die Basis für unser ganzes otologisches Denken geworden; denn ohne dieselbe müßten wir auf ein genaueres Verständnis der funktionellen Vorgänge im Ohr überhaupt einfach verzichten.

Ihre thatsächliche und unanfechtbare Begründung kann diese Theorie aber nur durch genaue Funktionsprüfungen am erkrankten Ohre des Menschen finden.

Vor allem sind es partielle Zerstörungen innerhalb der Schnecke, welche hier Aufschluß zu geben im Stande sind. Derartige Zerstörungen müssen nach der Theorie von HELMHOLTZ auch einen partiellen, das heißt auf einzelne Tongruppen beschränkten Ausfall in der vom menschlichen Ohre perzipierten Skala zur Folge haben.

Die erste und wichtigste Frage ist daher:

Kommen überhaupt derartige Lücken im Verlauf der Skala oder an ihren Enden in Wirklichkeit zur Beobachtung?

Ist dies der Fall, so ist die zweite Frage, welche wir zu stellen haben: Lassen sich an den Stellen, welche derartigen Lücken nach unseren obigen Voraussetzungen im Verlaufe der Lamina spiralis entsprechen, auch wirklich pathologisch-anatomisch bei der Sektion Zerstörungen nachweisen?

Wie leicht in dieser Richtung gemachte Experimente an Tieren zu Täuschungen führen können, das beweist die bis zum heutigen Tage nur unvollkommen entschiedene Frage, ob nicht sogar nach totaler Entfernung des häutigen Labyrinths bei Tieren noch ein Rest von Gehör zurückbleibt.

Beim Menschen bedingt ein Verlust der Schnecke, wie wir ihn nach Labyrinthnekrose beobachten können, wenigstens nach meinen eigenen Beobachtungen, ausnahmslos vollkommene Taubheit des betroffenen Ohres.

Beispiele von partiellen Defekten und Lücken in der Perception der Tonskala liegen schon ziemlich zahlreich in der ohrenärztlichen Litteratur vor. Auch eine Reihe von Sektionsberichten existiert bereits, welche Nervenatrophie etc. in den entsprechenden Regionen der Schnecke ergeben haben.

Direkt gegen die HELMHOLTZsche Theorie würde nur eine pathologisch-anatomisch in der Schnecke nachgewiesene Zerstörung sprechen, ohne daß vorher im Leben ein entsprechender Hördefekt bestanden hätte. Ein solcher Befund liegt meines Wissens, wenigstens vom Menschen, bei dem allein eine vollkommen zuverlässige Hörprüfung möglich ist, bis heute nicht vor.

Wenn überhaupt von der Untersuchung der Schneckenkrankungen an der Leiche sichere Aufschlüsse erwartet



werden sollen, so muß vorher im Leben das Gehörorgan auf seine Perzeption für die gesamte Tonskala geprüft sein.

Da auch die Geräusche eine gewisse Tonhöhe erkennen lassen und deshalb wahrscheinlich in der Schnecke zur Perzeption gelangen, so darf unter der letzteren Voraussetzung mit der Prüfung der Perzeption für die gesamten Töne die Hörfunktion des Ohres als vollständig analysiert betrachtet werden.

Diese Erwägungen haben mich veranlaßt, seit einer Reihe von Jahren an der Zusammenstellung einer lückenlosen Reihe von einzelnen reinen Tönen zu arbeiten, welche in ihrer gegenwärtigen Gestalt den gesamten menschlichen Hörbereich umfaßt.

Seit ich im Besitz der kontinuierlichen Tonreihe bin, habe ich nach Tonlücken unter den Ohrenkranken gesucht und habe eine ziemliche Anzahl solcher Fälle sammeln können.

Die Aufgabe ist indes nicht so einfach, als sie auf den ersten Blick erscheint.

Vor allem sind wir außer Stande, das andere Ohr, falls dasselbe nicht ebenfalls hochgradig schwerhörig oder taub ist, bei der Prüfung auszuschließen.

Inwieweit dies unmöglich ist, davon kann man sich leicht überzeugen an Fällen mit unzweifelhafter einseitiger Taubheit. Als solche Fälle dürfen Kranke betrachtet werden, bei welchen das Labyrinth auf einer Seite früher zur nekrotischen Ausstoßung gekommen ist. Zwei solche Kranke, denen ich selbst einige Jahre zuvor die Schnecke auf der einen Seite als Knochensequester entfernt habe, während ihr anderes Ohr annähernd normal hört, konnte ich mit der kontinuierlichen Tonreihe untersuchen. Der Gehörgang des gesunden Ohres wurde bis in seinen knöchernen Teil mit nasser Watte verstopft und der hervorragende Pfropf noch mit dem Finger angedrückt. Der Hörbefund war in beiden Fällen der gleiche: Vom unteren Ende der Tonskala bis herauf in die zweigestrichene Oktave hörte das schneckenlose Ohr absolut nichts, weder wenn die starkschwingende Stimmgabel mit ihren Zinkenenden direkt vor die Muschel gehalten, noch wenn ihr Stiel in die Muschel oder in den Gehörgang leise aufgesetzt wurde. Sobald der Druck verstärkt wurde, erklang der Ton, wobei es dem Kranken nicht immer möglich war, zu unterscheiden, in welchem Ohre. Die Knochenleitung muß aus dem letzteren Grunde für diese

Prüfungen, als leicht zu Täuschungen führend, ganz ausgeschlossen werden. Innerhalb der zweigestrichenen Oktave begann ein Hören auch per Luftleitung von dem tauben Ohre aus, und zwar verlängerte sich die Hördauer für die einzelnen Stimmgabeltöne successive um so mehr, je mehr ich in der Skala emporstieg. Für den Ton *f*<sub>is</sub> in der viergestrichenen Oktave betrug die Hördauer bereits die Hälfte derjenigen des normalen Ohres, und für die leisen Töne im GALTONpfeifchen an der oberen Hörgrenze fand sich nur mehr eine geringe Einschränkung.

Wenn wir berücksichtigen, daß starke Töne von einer gewissen Höhe an durch verschlossene Thüren und durch Wände dringen, so dürfen wir auf dieses anscheinende Hören des schneckenlosen Ohres in der oberen Hälfte der Skala bei Verschluss des anderen gesunden kein Gewicht legen. Können wir uns doch auch bei doppelseitigem Verschluss unseres eigenen Ohres überzeugen, wie laut die hohen Töne trotzdem perzipiert werden.

Bei den erwähnten Versuchen kommt aber noch außerdem in Betracht, daß diese Töne sehr wahrscheinlich von dem unverschlossenen schneckenlosen Ohre aus auch in transversaler Richtung die kurze Knochenstrecke bis zum anderen intakten Ohre durchdringen, wobei das offene, schneckenlose Ohr, obgleich gehörlos, doch als Schallfänger wirkt.

Es ergibt sich somit aus diesen Versuchen am schneckenlosen Ohre, daß wir bei einseitiger Hörstörung überhaupt nur die untere Hälfte der Tonskala mit voller Sicherheit zu prüfen im stande sind.

Für diese aber findet sich nach Labyrinthnekrose ausnahmslos vollkommene Taubheit.

Bei der Beurteilung von Hördefekten, welche nicht die ganze, sondern nur ein Stück der Tonskala betreffen, müssen wir fernerhin berücksichtigen, daß derartige Defekte keineswegs ausschließlich durch Labyrinthkrankung bedingt zu sein brauchen. Sie können vielmehr auch ebensowohl durch peripher als durch zentral vom Labyrinth gelegene Erkrankungen hervorgerufen werden.

So hat mir die konsequent durchgeführte Untersuchung mit der kontinuierlichen Tonreihe ergeben, daß bei den so häufigen Erkrankungen des Mittelohres mit objektiv nachweisbarer

Zerstörung oder Fixation an der Schallleitungskette regelmässig ein, je nach dem Grad der Störung, gröfserer oder kleinerer Defekt am unteren Ende der Tonskala vorhanden ist. Bei hochgradigen objektiv nachweisbaren Veränderungen beträgt dieser Defekt mehrere Oktaven. Von seinem oberen Ende nach aufwärts in der Skala nimmt die Hördauer für die einzelnen Töne successive und gleichmässig zu.

Da diese Verhältnisse bei den genannten Erkrankungsformen des Mittelohres ausnahmslos wiederkehren, wie ich mich durch tausendfältig wiederholte Untersuchungen überzeugt habe, so erscheint es mir berechtigt, in der Überleitung des unteren Teils der Tonskala aus der Luft zum Labyrinth überhaupt die physiologische Funktion des Schallleitungsapparates zu suchen.

Eine Verwechselung dieses vom Mittelohr aus bedingten Defektes an der unteren Tongrenze mit Defekten des Nervenendapparats in der Strecke, welche die Theorie von HELMHOLTZ dafür in Anspruch nimmt, d. h. in den oberen Windungen der Schnecke ist indes leicht zu vermeiden.

Der durch Erkrankung des Schallleitungsapparates bedingte Ausfall betrifft nämlich nur die Luftleitung, nicht gleichzeitig die Knochenleitung. Bei Schneckendefekten dagegen mufs selbstverständlich auch die Knochenleitung ausfallen. Ist ausschliesslich der Schallleitungsapparat erkrankt, so findet sich im Gegenteil die Knochenleitung sogar mehr oder weniger weit über die Norm, und zwar ebenfalls konstant, verlängert, ein Symptom, auf dessen Zustandekommen genauer einzugehen hier zu weit abführen würde. Die eben erwähnte Verlängerung der Knochenleitung erlaubt uns sogar bei einseitiger Erkrankung diese beiden Formen von Defekt an der unteren Tongrenze mit Sicherheit auseinander zu halten.

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse bei Hördefekten, welche ihre Ursache in einer Erkrankung des Nervus acusticus selbst jenseits des Labyrinths, in seinem Wurzelgebiet, den Acusticuskernen, seinen weiteren zentralen Bahnen und schliesslich in seinem Hirnrindengebiet haben.

Was die Erkrankung des Acusticus und der ihm zugehörigen Bahnen betrifft, so ist die Möglichkeit einer Entstehung von partiellen Defekten auf ihren Wegen allerdings sehr wohl denkbar. In der grossen Mehrzahl der Fälle wird indes hier



die gleichzeitige Beteiligung benachbarter Hirnnervengebiete unsere Diagnose leiten können.

Ob in der Hirnrinde selbst Hörlücken für einzelne umschriebene Strecken der Tonskala entstehen können, darüber dürfen wir wohl überhaupt zweifelhaft sein.

Die Zerlegung der gesamten Schalleindrücke in einzelne Töne ist nach der Hypothese von HELMHOLTZ eine mechanische Funktion der Schnecke. Für unser Bewußtsein ist diese Analyse von Jugend auf in den Hintergrund getreten, und nur durch künstliche Hilfsmittel oder spezielle Einübung können wir dahin gelangen, beispielsweise in dem anscheinend einfachen Ton eines Musikinstruments dessen einzelne Komponenten heraus zu hören.

Unter der Leitung der Gesamtsinneseindrücke haben wir vielmehr vom Beginn eines bewußten Hörens an gelernt, auch die Schalleindrücke auf die Objekte zu beziehen, von welchen sie ausgehen, und den momentan von einem Objekt herrührenden Komplex von Tönen und Geräuschen als Ganzes aufzufassen.

Die Elemente für unsere bewußten Schalleindrücke werden nicht dargestellt von der Reihe einfacher Töne, wie sie in der kontinuierlichen Tonreihe vorhanden sind, sondern vielmehr von den Klängen der verschiedenen Musikinstrumente, den mannigfaltigen zusammengesetzten Geräuschen, Säuseln, Plätschern, Rauschen etc., den Sprachlauten, kurz den ungezählten Lautkomplexen, welche unser Ohr treffen. Alle diese Höreindrücke haften als Ganzes in unserer Erinnerung, und wir dürfen wohl auch annehmen, daß ihre Lokalisation in der Hirnrinde dem entsprechend und nicht entsprechend der Tonreihe angeordnet ist.

Es läßt sich daher auch nicht erwarten, daß durch eine partielle Zerstörung der Hirnrinde einfach Lücken in die Tonreihe gerissen werden.

Dazu kommt noch, daß jedes Ohr mit beiden Hirnhemisphären in Verbindung steht, woran wir nach den Ausführungen von LICHTHEIM nicht mehr zweifeln können. Denn würde eine vollkommene Kreuzung der Hörnerven bestehen, so müßte ja eine rechtsseitige absolute Taubheit gleichzeitig Sprachtaubheit zur Folge haben. Daß dies nicht der Fall ist, läßt sich leicht hundertfach konstatieren. Ich brauche nur beispielsweise auf die rechtsseitigen Labyrinthnekrosen hinzuweisen.

Eine Zerstörung in der Hörsphäre des Schläfenlappens müßte demzufolge, um Hörlücken zu machen, nicht nur stets eine doppelseitige sein, sondern es müßten auch jedesmal gleichzeitig auf beiden Seiten die gleichen Stellen der Hörsphäre betroffen sein.

Auf Grund dieser Erwägungen scheint es berechtigt, an dem Zustandekommen von einfachen Tonlücken durch Zerstörungen in der Hirnrinde und den primär von ihr ausgehenden Bahnen überhaupt zu zweifeln.

Verschiedene Gründe legten mir die Vermutung nahe, daß insbesondere bei Taubstummen häufiger Tonlücken zu erwarten sein müßten:

1. Ist es eine seit langem bekannte Thatsache, daß eine bedeutende Zahl von Taubstummen noch größere oder kleinere Reste von Hörvermögen besitzt.

2. Soweit pathologisch-anatomische Untersuchungen von Taubstummen vorliegen, haben sie in ihrer großen Mehrzahl Veränderungen im Labyrinth ergeben. Eine Mittelohraffektion für sich allein scheint nach unseren Erfahrungen überhaupt nicht ausreichend, um Sprachtaubheit zu verursachen.

3. Endlich fällt bei Taubstummen die bei den übrigen Ohrenkranken so häufig uns entgegentretende Schwierigkeit weg, das zweite gut hörende Ohr von der Untersuchung auszuschließen.

Einerseits um zu erfahren, wie oft und in welcher Form überhaupt Lücken im menschlichen Hörbereich vorkommen können, andererseits um die von mir zusammengestellte kontinuierliche Tonreihe auf ihre durchgängige Verwertbarkeit, auch bei den geringsten Hörresten, zu prüfen, habe ich vor einigen Jahren die 79 Insassen des königlichen Zentral-Taubstummen-Instituts in München durchuntersucht.

Wie vollkommen meine Erwartungen bestätigt worden sind, das können Sie mit einem Blick auf die vorliegenden Tafeln<sup>1</sup> überschauen. Dieselben geben in graphischer Darstellung, eingezeichnet in die Tonskala, die Hörstrecken wieder, welche sich in den Gehörorganen der untersuchten Taubstummen vor-

---

<sup>1</sup> Siehe: „*Das Hörvermögen der Taubstummen.*“ Wiesbaden, Bergmann. 1896.

gefunden haben, soweit sie überhaupt noch ein Hörvermögen besaßen.

48 Gehörorgane erwiesen sich als total taub.

Ein Taubstummer war nicht genauer zu prüfen.

Die Hörenden habe ich in sechs Gruppen eingeteilt.

Die I. Gruppe derselben enthält eine Anzahl von 28 Gehörorganen, welche nur mehr eine „Insel“ besaßen, wie wir diese Form von Hörrest bezeichnen können. Die kleinste Insel umfasste nur zwei halbe Töne. Zu den Inseln wurden alle Fälle gerechnet, deren Hörbereich  $2\frac{1}{2}$  Oktaven nicht überschritt.

Die II. Gruppe stellt „Lücken“ verschiedenen Umfangs innerhalb der Kontinuität der Tonskala dar. Ihr gehören 20 Gehörorgane an, und zwar 16 mit einfachen und 4 mit doppelten Lücken.

Die III. Gruppe wird nur von einem einzigen in mehrfacher Beziehung singulären Fall dargestellt, dem die ganze obere Hälfte der Tonskala fehlt, während er in der unteren Hälfte eine der Norm nahestehende Hörfähigkeit aufweist.

Die IV. Gruppe (mit 8 Gehörorganen) zeigt verschieden große Defekte an der unteren und zugleich an der oberen Grenze.

Die V. Gruppe (mit 18 Gehörorganen) bietet ausgedehntere Defekte nur an der unteren Grenze der Tonskala.

M. H.! Wenn Sie alle die verschiedenen Defekte dieser fünf Gruppen überschauen, so finden Sie unter ihnen so ziemlich eine jede Möglichkeit von partieller Zerstörung des Perzeptionsapparates im Ohre vertreten, sowohl was den verschiedenen Umfang der hörempfindlichen und unempfindlichen Stellen, als was ihre wechselnde Lage innerhalb der Tonskala betrifft.

Aus der großen Häufigkeit und Mannigfaltigkeit dieser partiellen Defekte läßt sich die Schlussfolgerung ziehen, daß die normale Perzeption für die einzelnen Teile der Tonskala auf einer weit ausgedehneten Strecke stattfinden muß.

Es dürfen somit schon diese Beobachtungen am Lebenden in ihrer Gesamtheit als eine wesentliche Stütze für die Hypothese von HELMHOLTZ betrachtet werden, wenn auch die direkte Bestätigung durch eine größere Anzahl von Sektionsbefunden noch fehlt.



Einen interessanten Gegensatz zu den übrigen Gruppen bietet endlich die letzte von mir abgeschiedene VI. Gruppe der Taubstummen mit der ansehnlichen Zahl von 33 Gehörorganen.

Hier finden wir durchgängig nur geringere, grossenteils sogar nur ganz unbedeutende Defekte am oberen und unteren Ende der Tonskala. Sowohl die Ausdehnung der Hörstrecke als die Perzeptionsdauer für die einzelnen darauf geprüften Töne im ganzen Verlauf der Strecke würde hier für ein Verstehen der Sprache meistens genügend, teilweise sogar sicher vollkommen ausreichend sein. — Trotzdem haben alle diese Kinder die Sprache entweder gar nicht oder doch nur so mangelhaft erlernt, daß sie in der Taubstummenanstalt untergebracht werden mußten.

Das gute Hörvermögen, welches hier für die Tonreihe gefunden wurde, läßt uns für diese Fälle gröfsere Zerstörungen im Labyrinth oder im Verlauf des Hörnerven ausschliessen, es bleibt uns also hier nur übrig, als Grund für die Taubstummheit zerebrale Veränderungen anzunehmen.

Die VI. Gruppe ist das Bild, unter welchem uns die Erkrankungen der zentralen Hörsphäre entgentreten, während die Inseln und Lücken, zum Teil auch die kleineren Hörstrecken der III., IV. und V. Gruppe, als partielle Zerstörungen in der Schnecke, in seltenen Fällen vielleicht auch in den Acusticusbahnen des Hirnstammes, angesprochen werden dürfen.

Erst grofse, konsequent durchgeführte Untersuchungsreihen mit der kontinuierlichen Tonreihe am Lebenden können allmählich das Material vorbereiten, um die Theorie von HELMHOLTZ auch auf pathologisch-anatomischem Wege sicher zu stellen.

Diese Aufgabe geht aber über die Leistungsfähigkeit des Einzelnen hinaus und verlangt die thätige Mithülfe nicht nur der gesamten Otologen, sondern auch weiterer wissenschaftlicher Kreise, zu welcher ich hiermit eine Anregung gegeben haben möchte.

---