Max Planck Research Group
Epistemes of Modern Acoustics

Sound & Science: Digital Histories

Bezold, Friedrich. "Weitere Untersuchungen über "Knochenleitung" und Schallleitungsapparat im Ohr." Zeitschrift für Ohrenheilkunde 48, (1904): 107–171

https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/node/405

Scan licensed under: CC BY-SA 3.0 DE | Max Planck Institute for the History of Science

MAX PLANCK INSTITUTE
FOR THE HISTORY OF SCIENCE

ZEITSCHRIFT

FÜR

OHRENHEILKUNDE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER

RHINOLOGIE UND DER ÜBRIGEN GRENZGEBIETE

IN DEUTSCHER UND ENGLISCHER SPRACHE

HERAUSGEGEBEN VON

Prof. Dr. H. KNAPP in New-York **Prof. Dr. O. KÖRNER** in Rostock

Prof. Dr. ARTHUR HARTMANN in Berlin **Prof. Dr. U. PRITCHARD** in London.

ACHTUNDVIERZIGSTER BAND.

Mit 23 Tafeln und 4 Abbildungen im Texte.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1904.

18ZR 367-48



Das Recht der Uebersetzung bleibt vorbehalten.

Druck von Carl Ritter in Wiesbaden.

INHALT.

Seite

Originalarbeiten.

I. Ätiologie und Pathogenese des Empyems im Verlaufe der akuten Mittelohreiterung. Von Dr. A. Scheibe in München. Mit 19 Abbildungen auf 5 Tafeln 1

II. Weitere Untersuchungen über „Knochenleitung" und Schallleitungsapparat im Ohr. Von Prof. Dr. Fr. Bezold in München. Mit 4 Abbildungen im Text 107

III. Nachträgliche Bemerkung während der Correctur über das Gehörorgan des erwachsenen Wales. Von Prof. Dr. Fr. Bezold in München 171

IV. Sektionsbefund eines Falles von einseitiger angeborener Atresie des Gehörgangs und rudimentärer Muschel. Von Professor Dr. Fr. Bezold in München. Mit 1 Abbildung auf Tafel VI 175

V. Über Geschmackstörungen bei Mittelohrerkrankungen. Von Dr. med. E. Maier, Volontärarzt der Klinik. (Aus der Ohrenklinik der Kgl. Charité zu Berlin — Geheimrat Professor Dr. Passow.) 178

VI. Über die Ausfüllung grosser Operationshöhlen im Felsenbein mit Paraffin. Von Stabsarzt Dr. Hölscher in Ulm 209

VII. Zur Theorie des binauralen Hörens. Von Dr. Stenger, Privatdozent in Königsberg i. Pr. 219

VIII. Über einen Fall von Thrombophlebitis des Sinus cavernosus, kompliziert durch Empyem der Keilbeinhöhlen und der Siebbeinzellen, irrtümlicherweise für eine Thrombophlebitis des Sinus lateralis gehalten. Von Dr. C. E. Finlag in Havana auf Cuba. (Übersetzt von Dr. Th. Schröder in Rostock.) 227

IX. Operative Eröffnung des Warzenteiles in 80 Fällen von Otitis media purulenta acuta mit Empyem in den Warzenzellen während der Jahre 1892—1901. Von Dr. Ferdinand Leimer, Assistent an der k. otiatrischen Klinik zu München. (Aus der k. otiatrischen Universitäts-Klinik zu München. [Vorstand Prof. Bezold.]) . 231

X. Zur vergleichenden, pathologischen Anatomie des Gehörorganes. II. Zur Kenntnis der kongenitalen Missbildungen des inneren Ohres. Von Privatdozent Dr. G. Alexander, Assistent der Universitäts-Ohrenklinik (Vorstand: Hofrat Professor Politzer) in Wien. (Vorgetragen auf der XIII. Versammlung der Deutschen otologischen Gesellschaft in Berlin, Mai 1904.) Mit 10 Figuren auf den Tafeln VII/VIII, IX/X. (Aus dem I. anatom. Institut [Vorstand: Hofrat Professor Zuckerkandl] in Wien.) . . . 258

XI. Zur operativen Freilegung des Bulbus venae jugularis. Von Stabsarzt Dr. Voss, Assistent der Klinik. Mit 5 Abbildungen auf den Tafeln XI—XIV. (Aus der Ohrenklinik der K. Charité in Berlin [Direktor Geh. Med.-Rat Professor Dr. Passow].) . 265

XII. Anatomische Befunde an Taubstummen-Labyrinthen. Von Geh. San.-Rat Dr. Schwabach in Berlin. Mit 4 Abbildungen auf Tafel XV—XVII 293

XIII. Untersuchungen über den Drehschwindel der Taubstummen. Von Dr. Hugo Frey, em. Assistenten an der k. k. Univ.-Ohrenklinik in Wien und Dr. Victor Hammerschlag, Dozenten für Ohrenheilkunde an der Universität Wien. Mit 4 Abbildungen auf Tafel XVIII 331

Seite

XIV. Zur vergleichenden, pathologischen Anatomie des Gehörorganes, III. Weitere Studien am Gehörorgan unvollkommen, albinotischer Katzen. Von Privatdozent Dr. G. Alexander, Assistent der Universitätsohrenklinik in Wien (Vorstand: Hofrat Professor Politzer). (Vorgetragen auf der XIII. Versammlung der Deutschen otologischen Gesellschaft in Berlin, Mai 1904.) Mit 5 Abbildungen auf Tafel XIX/XX. (Aus dem I. anatom. Institut [Vorstand: Hofrat Professor Zuckerkandl] in Wien.) . . . 378

XV. Die Verteilung der Blutgefässe im Ohrlabyrinth des Schafes und des Kalbes. Von Georg M. Shambaugh, M. D., Instruktor in der Anatomie des Ohres, der Nase und des Halses in der Universität von Chicago. Mit 3 Figuren auf den Tafeln XXI/XXIII. (Aus dem Hull-Laboratorium für Anatomie der Universität von Chicago.) 381

Gesellschaftsberichte.

Société Belge d'Otologie, de Laryngologie et de Rhinologie. Von Oberstabsarzt Dr. Brandt in Strassburg 390

Bericht über die Versammlung der New-Yorker otologischen Gesellschaft. Erstattet von Dr. Arnold Knapp. (Gekürzt übersetzt von Dr. Röpke in Solingen.) 392

Bericht über die Verhandlungen der Otologischen Sektion der New-Yorker medizinischen Akademie. (Gekürzt übersetzt von Dr. Röpke in Solingen.) 396

VII. internationaler Otologen-Kongress in Bordeaux. (1.—4. Aug. 1904.) Von Dr. Dreyfuss in Strassburg 404

Bericht über die Verhandlungen der Berliner otologischen Gesellschaft. Von Dr. Max Leichtentritt 408

IX. Kongress der Gesellschaft Russischer Ärzte zum Andenken an Pirogow zu St. Petersburg. Abteilung 14: Nasen-, Rachen- u. Ohrenheilkunde. Bericht von Dr. med. A. Sacher in St. Petersburg . 411

Literaturbericht.

Bericht über die Leistungen und Fortschritte auf dem Gebiete der Ohrenheilkunde, der Rhinologie und der übrigen Grenzgebiete im zweiten Quartal des Jahres 1904. Zusammengestellt von Prof. Dr. Arthur Hartmann in Berlin 307. 419

Besprechungen.

Atti del Settimo congresso della Società italiana di laryngologia, d'otologia e di rinologia. Veröffentlicht von Professor Massei und Dr. H. Prota. Besprochen von Dr. E. Rimini in Triest . . . 330

Kirchner, W. Handbuch der Ohrenheilkunde für Ärzte und Studierende. 7. Aufl. Besprochen von E. Bloch in Freiburg i. Br. . . . 439

Grunert, Prof. Dr. K. Die operative Ausräumung des Bulbus venae jugularis (Bulbusoperation) in Fällen otogener Pyämie. Besprochen von O. Körner in Rostock 440

Fach- und Personalnachrichten 230. 330. 441

Das **„Ergänzungsheft“** zu diesem Bande hat ein besonderes Inhaltsverzeichnis.

II.

Weitere Untersuchungen über „Knochenleitung“ und Schallleitungsapparat im Ohr.

Von Prof. Dr. Bezold in München.

A. Indirekte Zuleitung von Schallwellen zum Schädel.

In einem auf der XII. Versammlung der Deutsch. Otol. Gesellsch. zu Wiesbaden 1903 gehaltenen Vortrag[1]) ist es mir gelungen, den Nachweis zu liefern, dass die stärksten Schallwellen, welche mit obertönefreien Stimmgabeln im ganzen Bereich der unteren Hälfte der Tonskala zu erzeugen sind, von einem normalen Gehörorgane nicht zur Empfindung gelangen, wenn sie der Oberfläche des Knochens durch Luftleitung übermittelt werden.

Als Untersuchungsmaterial haben mir einseitig Labyrinthlose mit intaktem anderen Ohre gedient.

Der Gehörgang, die Mittelohrräume und die an Stelle des theilweise oder ganz ausgestossenen Labyrinthes zurückgebliebene Höhle stellen hier einen weiten direkten Zugang in das Innere der Schädelbasis dar.

Auf diesem Wege können die mächtigen Luftschwingungen, wie sie durch die grossen, tiefen Stimmgabeln der kontinuierlichen Tonreihe zu erzeugen sind, wenn wir ihre weit ausschwingenden Zinken direkt vor den Meatuseingang halten, konzentriert wie durch ein Hörrohr bis zu der nur mit einer dünnen Weichtheildecke überkleideten Innenwand der Höhle, d. h. also bis in die nächste Nähe des anderen intakten Labyrinths gelangen.

Trotzdem wird auf diesem Wege von dem ganzen unteren Theil der Skala bis zur kleinen, in einem Theil der Fälle sogar bis zur eingestrichenen Oktave absolut nichts gehört.

Für die Erklärung dieser Beobachtungsthatsache gibt es nur zwei Möglichkeiten:

Entweder der mit Weichtheilen überkleidete Schädel geräth überhaupt nicht in Mitschwingung, wenn Wellen von Tönen, welche in der unteren Hälfte der Tonskala liegen, in Luftleitung auf ihn auftreffen.

---

[1]) „Die Hörprüfung mit Stimmgabeln bei einseitiger Taubheit und die Schlüsse, welche sich daraus für die „Knochenleitung“ und für die Funktion des Schallleitungsapparates ziehen lassen. Von Prof. Dr. Bezold, Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. 45, S. 263.

Oder die Schallwellen gehen zwar auf den Knochen über, aber der mechanische Endapparat, in welchem die Haarzellen des Nerv. acusticus eingespannt sind, wird, wenn die Überleitung direkt durch den Knochen, d. h. ohne Vermittlung des Schallleitungsapparates geschieht, nicht in eine derartige Bewegung versetzt, dass die Corti'schen Zellen dadurch gereizt werden.

Diese zweite Möglichkeit ist meines Wissens bis heute noch von Niemanden genauer ins Auge gefasst worden; und doch ist sie nicht weniger vorhanden als die erstere; wir werden uns später eingehend mit ihr zu beschäftigen haben.

Was zunächst die erstere Möglichkeit betrifft, so können die Schallschwingungen des Knochens, vorausgesetzt, dass wirklich Schallwellen aus der Luft direkt auf den Schädel übergehen, auf keinen Fall ein minimales Mafs überschreiten; denn würden sie auch nur eine mäfsige Stärke erreichen, so müssten sie bei dem erwähnten Experiment am einseitig Labyrinthlosen nothwendig dessen normalen Schallleitungsapparat, zu dem sie ja durch das auf der labyrinthlosen Seite entstandene natürliche Hörrohr, ebenso wie zum intakten Labyrinth, sehr nahe hingeleitet werden, in Mitschwingung versetzen und also auch nothwendig zur Perzeption im gesunden Ohre gelangen.

Im Anschluss an die Eingangs zitierte Arbeit will ich hier zunächst noch ein weiteres einfaches Experiment beschreiben, welches ebenso wie die Versuche am Labyrinthlosen beweist, dass Schallwellen von tieferen Tönen jedenfalls nicht in erheblicher Stärke aus der Luft auf die Schädelfläche übergehen.

Um Luftschallwellen, welche von einer Stimmgabel erzeugt werden, mit Umgehung des Schallleitungsapparates auf eine grössere Schädelfläche einwirken zu lassen, habe ich folgende einfache Vorrichtung benutzt:

2. Versuch.[1])

Über einen Glastrichter mit einem Durchmesser von $4^1/_2$ cm wird ein konischer Gummimantel gestülpt, dessen äusserer die Umrandung des Trichters deckender Rand durch ein dünnwandiges Gummirohr gebildet wird. Dieses Gummirohr kann ähnlich der Pneumatik eines

[1]) Als Versuch 1 soll künftighin die erörterte Prüfung des labyrinthlosen Ohres mit der Tonreihe angeführt werden.

Velozipedes aufgeblasen werden und bildet so einen isolierenden elastischen Wulst zwischen Trichterrand und Schädeloberfläche, sodass man nun den Trichterrand direkt auf die Stirne oder anderswo aufsetzen kann, ohne dass von der festen Masse des Trichters aus selbst Schallwellen auf den Kopf fortgeleitet werden. Über die Düse des Trichters ist ein Gummischlauch von einem Meter Länge gestülpt. In das andere Ende des Schlauches wird der Stiel einer Stimmgabel gesteckt, welcher mit einem runden Knopf endigt, wie er an der gebräuchlichen Musikerstimmgabel (a') sich findet.

Die unbelastete Stimmgabel a', welche ich zu diesem und den folgenden Versuchen benutzt habe, ist bereits seit Jahren in meinem Gebrauch und besitzt bei korrektem Anschlag fast keine Obertöne.[1]) Sie klingt nach stärkstem Anschlag, direkt an mein Ohr gehalten, 90 Sekunden lang.

Überziehe ich das kugliche Stielende dieser Gabel mit einem Gummischlauch von einem Meter Länge und führe das andere mit einer passenden Kanüle versehene Schlauchende in den Gehörgang ein, so klingt die Stimmgabel nach stärkstem Anschlag genau ebenso lang, als wenn ihre ausschwingenden Zinken so nahe als möglich an den Meatuseingang gehalten werden, nämlich ebenfalls 90 Sekunden. Es klingt also bei dieser Anordnung das Stielende der Stimmgabel ebensolang als ihre Zinken, und es geht durch den einen Meter langen Schlauch von der normalen Hördauer der Stimmgabelzinken nichts verloren.

Setzen wir an Stelle der Ansatzkanüle den oben beschriebenen Trichter und drücken diesen mit seinem Gummiluftring gegen den Umkreis des Meatuseinganges, so klingt die Stimmgabel 65—70 Sekunden.

Es gehen also durch die konische Ausweitung des Trichters 20—25 Sekunden der normalen Hördauer für die Stimmgabel a' verloren, was ja durch die Verbreiterung der zugeleiteten Schallwellen über den Meatuseingang hinaus auf eine grössere Kreisfläche leicht verständlich ist. Immerhin ergibt sich bei dieser Anordnung noch eine Hördauer von 72—78% der normalen (90 Sekunden).

Wenn wir nun den Trichter mit seinem Gummiluftring anstatt im Umkreis des Ohres auf die Stirne aufsetzen und beide Gehörgänge ver-

---

1) Wie ich bereits vor Jahren gelegentlich mitgetheilt habe, scheinen auch die Stimmgabeln durch Jahre langen korrekten Anschlag und Vermeidung der Erzeugung von Obertönen ebenso wie andere Musikinstrumente vollkommener und obertönefreier zu werden.

schliessen, so hören wir von der Stimmgabel a' auch bei stärkstem Anschlag absolut nichts, ja wir hören selbst im Moment des Aufschlagens keine Spur vom Grundton der Gabel, sondern nur das aus hohen Tönen zusammengesetzte kurze harte Geräusch des Anschlages, welches natürlich schon durch die Luftleitung allein auch bei festverschlossenen beiden Ohren zur Perzeption gelangt.

Ebensowenig wird der Ton gehört, wenn der Trichter an irgend einer anderen Stelle des Schädels, selbst direkt hinter der Muschel auf dem Warzentheil aufgesetzt wird.

Trotzdem also einer ziemlich umfangreichen Knochenfläche an irgend einer Stelle des Schädels mit Ausnahme des Gehörganges eine bedeutende Schallquantität zugeführt wird, findet doch eine Tonempfindung nicht statt.

Später habe ich mich auch überzeugt, dass man für diesen Versuch sogar den Gummimantel und Luftring auf dem Trichter entbehren kann, und dass man ebensowenig von der stark angeschlagenen Stimmgabel hört, wenn man ihn direkt mit seinem Glasrand auf die Stirne aufsetzt.

Der Versuch steht an Genauigkeit und Beweiskraft allerdings weit hinter den Versuchen am einseitig Labyrinthlosen zurück. Denn hier können wir die ganze Schallquantität der Stimmgabel ausnützen, indem wir ihre Zinken nach stärkstem Anschlag direkt vor das gehörlose Ohr bringen und dieselben durch ein kurzes natürliches Rohr bis zu einer dem hörenden Labyrinth nahe benachbarten Knochenwand führen, welche einen viel dünneren Weichtheilüberzug trägt, als die Stirne.

Trotzdem glaube ich, dass auch der 2. hier angegebene Versuch Manchem willkommen sein wird. Denn nicht immer sind wir in der glücklichen Lage, einen einseitig Labyrinthlosen, bei welchem zudem das andere Ohr normal ist, zur Demonstration bereit zu haben. Für die grobe Orientierung, einerseits um sich selbst, andererseits um Zuhörer rasch zu überzeugen, ist also auch dieser zweite Versuch gut verwendbar.

Wir erfahren durch denselben, dass zum Mindesten eine beträchtliche Quantität von Schallwellen den Schädel treffen kann, ohne entweder denselben zum Mitschwingen zu bringen, oder vom Cortischen Organe perzipiert zu werden.

Der Ton a' liegt direkt an der unteren Grenze des Tonbereichs b'—g'', welcher nach den Ergebnissen meiner Taubstummenuntersuchungen für die Perzeption der Sprache der wichtigste ist.

Wenn in diesem Tonbereich das Gehör für Stimmgabeln unter 10% sinkt, so ist nach unseren Erfahrungen am Taubstummen ein Hörvermögen für die Sprache ausgeschlossen. Der Versuch 2 zeigt uns aber, dass 72—78% der Hördauer für die Stimmgabel a' spurlos verloren geht, wenn ihr Ton der Oberfläche der Stirne oder irgend einer anderen Stelle des Schädels zugeleitet wird. Sehr wahrscheinlich wird es darnach schon durch diesen einfachen Versuch, dass auch die den Schädel von aussen treffende und mit Umgehung des natürlichen Zugangs nur durch die Knochenleitung dem Ohr zugeführte Sprache sehr unvollkommen oder gar nicht zur Perzeption gelangt.

Einen merkwürdigen Ausspruch fand ich in dieser Beziehung bereits aus dem Jahre 1851:

Bonnafont sagt nämlich in einer Kommunikation an die französische Akademie im Jahre 1851: »Les sons articulés constituant la parole ne peuvent être perçus qu'autant qu'ils pénètrent dans l'oreille interne par le conduit auditiv externe.«

Nach unseren heutigen Erfahrungen muss dieser Ausspruch allerdings in der Richtung eingeschränkt werden, dass der äussere Gehörgang hier nur insofern in Betracht kommt, als er den vollkommensten Zuleitungsweg zum Schallleitungsapparat darstellt.

Denn an Beobachtungen, die an Fällen mit angeborenem doppelseitigen Verschlusse des äusseren Gehörgangs und Atresie der Muschel gemacht worden sind, wissen wir, dass auch bei doppelseitigem Fehlen des äusseren Gehörganges in der Regel ein Rest von Hörvermögen besteht, welcher ausreichend ist, dass die Sprache in der Jugend ohne künstliche Beihilfe erlernt werden kann, vorausgesetzt, dass der Schallleitungsapparat noch einen gewissen Grad von Funktionsfähigkeit besitzt.

Es liegen bis heute nur sehr wenige genauere Untersuchungen des Hörvermögens bei doppelseitiger Gehörgangsatresie vor.

Der Erste, welcher einen derartigen doppelseitigen Fall eingehend funktionell geprüft hat, war unser für die Wissenschaft zu früh verstorbener A. Schwendt.[1])

Eine Zusammenstellung der sämtlichen in der Literatur vorliegenden sowohl einseitigen als doppelseitigen Gehörgangsatresien mit Funktions-

[1]) „Über kongenitale Missbildung des Gehörorgans in Verbindung mit branchiogenen Cysten und Fisteln." Arch. für Ohrenheilk. Bd. 32, 1891, S. 37.

prüfung hat später im Jahre 1899 Th. Ruedi[1]) unter der Leitung von Schwendt gemacht.

Strengeren physiologischen Anforderungen können nur die wenigen genauer untersuchten doppelseitigen Fälle entsprechen, da wir durch den Verschluss des anderen normalen Ohres nicht einmal die Luftleitung, noch viel weniger die Knochenleitung völlig von demselben abschliessen können, welche letztere durch den Verschluss ja sogar verstärkt wird.

Das hervorragende Interesse, welches diese Fälle durch ihre verhältnismäfsig grossen Hörreste bieten, lässt es nothwendig erscheinen, die Hörprüfungs-Resultate der 4 in Betracht kommenden Fälle hier in Erinnerung zu bringen.

I. Fall.

Am Genauesten untersucht ist der erwähnte Fall von Schwendt. Das Mädchen wurde im 7. und im 14. Jahre von Schwendt funktionell geprüft. Es sei hier nur die spätere Hörprüfung mitgetheilt, welche sich bei Ruedi[2]) findet:

Als untere Hörgrenze fand sich klein fis (einer Appunn'schen Stimmgabelreihe), als obere Hörgrenze Edelmann-Galton-Pfeife 0,6 (das war die obere Grenze des zur Verwendung gekommenen Pfeifchens auch für das normale Ohr).

Schon bei der erstmaligen Untersuchung war Schwendt das auffallend gute Gehör für die höchsten vom menschlichen Ohre wahrnehmbaren Töne aufgefallen, indem die König'schen Klangstäbe bei mässigem Anschlag alle bis inkl. »ut 9« gehört wurden (zur Prüfung kamen »sol 7«, »ut 8«, »mi 8«, »sol 8« und »ut 9«). Die damals von Schwendt gebrauchte schwächere Galton-Pfeife wurde von Theilstrich 3 bis 12, wo die Töne der damaligen Pfeifen bereits schwach wurden, und auch noch tiefer herab von der Untersuchten gehört. Während sie das blasende Geräusch ihres Ballons nicht vernahm, konnte sie ihr Pfeifen noch durch eine dünne Wand hindurch in der Entfernung von 10 Meter vernehmen.

Die Prüfungsergebnisse mit den Klangstäben wurden bei der zweiten Untersuchung im 14. Lebensjahre bestätigt.

Die Hördauern wurden sowohl mit einer Appunn'schen als mit einer Lucae-Hartmann'schen Stimmgabelreihe gemessen und ergaben folgende Werthe in Prozentzahlen:

[1]) „Anat. physiologische Befunde bei Mikrotie mit Atresia auris congenita.“ Inaug.-Diss. Bergmann, Wiesbaden 1899.

[2]) c. f. S. 31.

Appunn'sche Stimmgabelreihe				Lucae-Hartmann'sche Stimmgabelreihe		
normale Hördauer		rechts	links	normale Hördauer	rechts	links
A_1	34"	0	0			
C	135"	0	0			
A	152"	0	0	A belastet 38"	0	0
c	150"	0	0	c belastet 54"	0	0
a	116"	8%	14%			
c'	102"	14%	16%	c^{I} belastet 88"	3%	4%
a'	52"	32%	40%			
c"	40"	40%	47%	c^{II} unbelastet 68"	35%	28%
a"	30"	63%	60%			
c"'	22"	90-100%	86-90%	c^{III} unbelastet 66"	44%	40%
				c^{IV} unbelastet 30"	90-100%	87%
				König'sche Stimmgabel		
				c^{V} unbelastet 12"	95%	95%

Prüfung der Knochenleitung.

Schwabachs Versuch

A, c, c' } verlängert [1])

Rinne's Versuch

A — ϑ

c — ϑ

c' — x [1])

[1]) Die Zahl der Sekunden konnte nicht genauer bestimmt werden.

Prüfung der Sprache.

Flüstersprache: unsicher (nur einzelne Konsonanten richtig).

Konversationssprache: bekannte leichte Worte auf 1—4 Meter zum Theil nur unvollkommen (statt »Teppich« »hätt' ich« u. s. w.).

Der II. und III. Fall wurden von mir mitgetheilt.[1])

II. Fall

bereits 1889 beobachtet, betraf ein 7jähriges Mädchen.

»Das Kind spricht die ihm täglich vorkommenden Ausdrücke ganz gut und geläufig nach, während es Mühe hat, ihm unbekannte Worte wiederzugeben. In der Artikulation lässt die Sprache keinen Mangel erkennen, und das Kind kann dem Unterricht in der Volksschule folgen. Wenn man mit demselben spricht, schaut es gewöhnlich auf den Mund des Sprechenden, ist aber auch bei abgewandtem Gesicht imstande, Fragen zu verstehen, welche in gewöhnlichem Konversationston in circa $^1/_2$ Meter Entfernung an dasselbe gerichtet werden.

Hörprüfung für Flüstersprache: unsicher direkt am Ohr.

Konversationssprache: rechts 30 cm, links 18 cm

für die Zahlen »5« und »9«, während die übrigen Zahlen theilweise auf viel grössere Entfernung richtig perzipiert wurden.

Eine Taschenuhr von circa 1 Meter Hörweite für das normale Ohr wird beiderseits bei mässigem Andrücken an das Ohr vernommen.

Die bei ihr geprüften Stimmgabeln fis^{IV}, c^{IV}, f^{III}, und a^{II} wurden sämtlich beiderseits sowohl per Luftleitung, als auf den Scheitel, als auf die Muschelrudimente aufgesetzt sicher gehört.

Von a^{I} abwärts wurden alle tieferen Gabeln, auch bei stärkstem Anschlage, per Luftleitung beiderseits nicht mehr gehört. Dagegen wurden die zur Prüfung gekommenen Gabeln (a^{I}, a, A, F_1 und C_1) sämtlich, sowohl auf den Scheitel als auf die Muschelrudimente aufgesetzt, stark und lang beiderseits perzipiert, was jedesmal leicht an der momentanen Erheiterung im Gesicht des intelligenten Mädchens zu er-

[1]) „Hörvermögen bei doppelseitiger angeborener Atresie des Gehörgangs mit rudimentärer Muschel.“ Zeitschr. f. Ohr, Bd. 26, 1895 und „Über die funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorgans.“ Ges. Abh. Wiesbaden Bergmann 1897, S. 194.

kennen war, wenn die Stimmgabel nicht stumm, sondern klingend aufgesetzt wurde.

Sämtliche Töne der Orgelpfeifchen, bis zu deren unterstem Tone f^{II} herab wurden beiderseits sicher gehört und ebenso das nach oben anschliessende Galton-Pfeifchen. Als obere Tongrenze in demselben fand sich 4,5 beiderseits.«

III. Fall

1891 von mir beobachtet, betraf einen 10jährigen Knaben.

«Hörvermögen für Flüstersprache: sämtliche Zahlen ausser »5« und »9«, welche nicht verstanden wurden, direkt am Ohr.

Für Konversationssprache: beiderseits 12 cm »4« und »3« am Schlechtesten, die übrigen Zahlen theilweise bis 20 cm.

Prüfung mit der kontinuierlichen Tonreihe:

Untere Tongrenze für Luftleitung beiderseits d^{I}.

Obere Tongrenze (im Galton-Pfeifchen) { rechts 4,0 / links 4,1

keine Lücken weder für Stimmgabel noch für Pfeifchen.

Die Perzeptionszeit für die beiden Lucae'schen Stimmgabeln c^{IV} und fis^{IV} in Luftleitung betrug beiderseits, verglichen mit der meinigen 0,4 der normalen.

Die unbelastete Stimmgabel A wird vom Scheitel um 8 Sek. und die Stimmgabel a^{I} um 6 Sek. verlängert gehört.

Rinne'scher Versuch mit a^{I} { rechts — 15 Sek. / links — 20 Sek.

IV. Fall.

Beobachtung von Brieger[1]).

»Patient, 17 Jahre alt, ist in der Taubstummenanstalt erzogen worden. Er liest im Verkehr meist vom Munde der Sprechenden ab, ist aber auch im Stande, gewöhnliche Konversationssprache zu verstehen, wenn hinter ihm oder seitlich, in einiger Entfernung vom Ohr, zu ihm gesprochen wird. Er spricht wie ein mit Hörresten begabter, mittelst Lautsprachunterrichts erzogener Taubstummer.

Die Hörprüfung ergibt: rechts . . . Flüsterworte (Deutschland, Kaiser) in 8 cm, links dieselben in 12 cm Abstand. Taschenuhr, — normal ca. 2,5 m — in Kontakt perzipiert. Rinne'scher Versuch beiderseits negativ; C und c werden in Luftleitung nicht, dagegen auf den

[1]) Klinische Beiträge zur Ohrenheilkunde. Wiesbaden, Verl. v. Bergmann 1896, Seite 13.

Scheitel oder die Warzenfortsätze aufgesetzt gehört. Normale Perzeption hoher und mittlerer Töne (bis a^{II} herunter).«

Dazu sind seither noch folgende Fälle gekommen:

V. Fall

im Jahre 1901 von Siebenmann mitgetheilt. [1])

8 jähriges Mädchen. Erlernen der Sprache nicht verzögert. Sprache deutlich.

Hörweite beiderseits 15 cm Flüstersprache (alle Zahlen).

Rinne's V. für a^{I} { rechts — 12 / links — 9

Schwabach's V. { mit $a^{I} = +11$ / mit $A = +25$

Untere Tongrenze { rechts C / links F

Obere Tongrenze beiderseits 0,5 Edelmann-Galton (normale obere Tongrenze). Keine Tonlücken.

VI. Fall.

Steinbrügge hat einen 13 jährigen Knaben mit doppelseitiger angeborener Atresie auf der VIII. Versammlung der Deutsch. Otol. Gesellschaft [2]) vorgestellt.

»Trotz der Missbildung hört der Knabe durch Knochenleitung ganz vorzüglich, so dass er dem Unterricht in einer gewöhnlichen Schule folgen kann. Das Ticken einer Taschenuhr (normal 6 m) hört er rechts dicht am Ohr, links 0,02 vom Ohr entfernt. Flüstern versteht er in der Nähe der Ohren, mittellaute Sprache etwa einen Meter weit.«

VII. Fall.

Endlich berichtet noch Lannois [3]) über einen doppelseitigen Fall, welcher gewöhnlicher Konversation folgen und die Schule besuchen konnte.

Das Hörvermögen dieser Fälle von doppelseitigem angeborenen Verschluss des Gehörganges entspricht vollkommen dem Funktionsbild, wie wir es, erst im späteren Leben erworben, einerseits bei ausgedehnten Defekten am Schallleitungsapparate, andererseits bei Fixation des-

---

[1]) Jahresbericht der oto-laryngol. Klinik etc. Zeitschrift f. Ohr. Bd. 40, Seite 255.

[2]) Cf. Verhandlungen Seite 59.

[3]) „L'audition dans l'Atrésie congenitale de l'oreille.“ Arch. internat. de Laryng. d'Otol. etc. 1902. Tome XV, Nr. 3. Seite 210.

selben insbesondere an seinem Endgliede d. i. bei Ankylose der Steigbügelfussplatte zu beobachten täglich Gelegenheit haben.

Von dem Scheinbild des labyrinthlosen Ohres bei normalem anderen Ohre unterscheidet es sich, abgesehen von seinem doppelseitigen Vorhandensein und der Hördauerverlängerung bei unmittelbarer Zuleitung des Tons zum Knochen, noch durch das raschere Ansteigen des Hörvermögens gegen die obere Tongrenze zu, welches besonders in dem sorgfältig untersuchten Fall von Schwendt auffällig hervortritt.

Das verhältnissmässig gute Hörvermögen dieser Fälle für die Sprache steht in anscheinendem Widerspruch mit meiner oben ausgesprochenen Vermuthung, dass durch die Knochenleitung allein wahrscheinlich ein Hörvermögen für die Sprache nicht vermittelt werden könne.

Es bestehen aber für die Aufnahme der Sprachlaute in den Fällen von angeborener Gehörgangsatresie nach verschiedenen Richtungen andere und günstigere Bedingungen, als für die Aufnahme tieferer Töne, wie wir sie bei unserem oben geschilderten Versuche mittelst eines langen Schlauchs und Trichters ausschliesslich dem Knochen aus der Ferne zuführen können.

Damit die Sprache verstanden wird, muss man sich bei den in Rede stehenden angeborenen Defekten dem Ohre stark nähern. Dadurch finden die Sprachlaute mit ihren meist höher in der Skala gelegenen Eigentönen verschiedene Wege, auf denen sie den Schallleitungsapparat erreichen können.

Erstens ist hier der Weg durch die Tuba nicht ausgeschlossen. In dem Fall von angeborener Atresie des Gehörgangs, welchen ich pathologisch-anatomisch untersuchen konnte, und dessen von mir aufgenommener Sektionsbericht in der Dissertation von Joél [1]) wiedergegeben ist, fand sich die Tuba abnorm weit, was dadurch bedingt war, dass, wie am mazerierten Präparat sich zeigte, das Knochenplättchen fehlte, welches den Semicanalis pro tensore tympani von der Tuba trennt, und so beide Kanäle zusammenflossen. Ebenso fehlte die Fortsetzung des Plättchens und das Rostrum cochleae vollständig an der Innenwand der Paukenhöhle. Nach diesem Befund ist es wahrscheinlich, dass der Musc. tensor tympani missbildet oder überhaupt nicht vorhanden war, und es ist dementsprechend wohl möglich, dass auch in der eigentlichen Tubenmuskulatur Anomalieen vorlagen, deren Musc.

[1]) Über Atresia auris congenita. Zeitschr. f. Ohr. Bd. 18, Seite 278.

spheno-salpingo-palatinus mit dem Musc. tensor tympani embryonal aus der gleichen Blastemsäule entsteht. [1]) Die knorplige Tuba war am Weichtheilpräparat nur theilweise erhalten gewesen, und ihr auf dem Schnitte quer durchschnittenes Lumen hatte keine Abweichung von der Norm gezeigt. (Auf die durchschnittenen Tubenmuskeln war nicht genauer geachtet worden). Nach der Zusammenstellung, welche Joél auf meine Veranlassung von den in der Literatur vorliegenden pathologisch-anatomisch untersuchten Fällen gegeben hat, scheint die Tuba, soweit darüber Angaben vorliegen, in der Mehrzahl der Fälle vorhanden gewesen zu sein. In einem Fall (Truckenbrod) ist sie ausdrücklich als »sehr weit« bezeichnet. Auch in einem zweiten Fall von angeborner Atresie, welchen ich selbst im Jahre 1901 pathologisch-anatomisch untersuchen konnte, war ein mindestens normal weites Lumen durch die ganze Tuba vorhanden, soweit sie am Präparat erhalten war, und fand sich wie in meinem ersten Fall der Musc. tensor tympani missbildet, indem seine Sehne als direkte Fortsetzung in der Richtung des Muskels ohne Berührung mit der Paukenhöhleninnenwand an ein Hammerrudiment sich ansetzte. [2]) Nach diesen anatomisch festgestellten Befunden ist es sehr wohl möglich, dass Schallwellen, wenn in der Nähe des Kopfes gesprochen wird, theilweise durch die Tuba in das Lumen der Paukenhöhle ihren Weg finden. Die in meinem ersten Fall konstatierte abnorme Weite und die gleichzeitig vorliegende Muskelanomalie lassen es wohl möglich erscheinen, dass in derartigen Fällen die Tuba nicht nur vorübergehend beim Schlucken oder bei willkürlicher Muskelaktion sich öffnet, sondern dauernd offen steht.

Zweitens wurde das Gehör für Sprache, wenigstens in meinen Fällen, nur in der Weise geprüft, dass in der Richtung auf das eine oder das andere rudimentäre Ohr aus geringer Entfernung gesprochen wurde. Man stellt sich nun die Verschlussplatte, welche das meist ziemlich umfangreich gefundene mit Luft ausgefüllte Paukenhöhlenlumen von der Aussenwelt abschliesst, vielleicht dicker vor, als sie in Wirklichkeit ist. Das wichtigste Ergebniss der Zusammenstellung von Joél ist, dass durchgängig das Os tympanicum mit dem Sulcus tympanicus und einem eigentlichen Trommelfell gefehlt hat. An Stelle desselben

---

[1]) Eschweiler „Die Entwicklung des schallleitenden Apparates etc.“ Arch. f. mikr. Anat. und Entwicklungsgesch. Bd. 63, 1903, Seite 190.

[2]) Bei dem grossen Interesse, welches die genaueren Details all dieser Fälle bieten, werde ich den Obduktionsbefund dieses Falles in extenso anhangsweise nachfolgen lassen.

habe ich in meinen beiden Fällen eine Fortsetzung der vom horizontalen Schuppentheil gebildeten, nach unten sich zu einem scharfen Rand verjüngenden äusseren Wand des Kuppelraumes gefunden. In meinem ersten von Joél veröffentlichten Fall endet am Mazerationspräparat diese Wand nach innen mit einer scharfen Kante, welche eine Öffnung von der Grösse und Form eines Apfelkerns einschliesst. Diese Öffnung führt direkt in die Paukenhöhle; mit ihrer Spitze geht dieselbe in einen kurzen Spalt über, der sich direkt in die knöcherne Tuba fortsetzt. Also Paukenhöhle und Tuba waren in diesem Falle gegen die Aussenfläche des Schädels nur membranös verschlossen. In dem zweiten von mir 1901 obduzierten Fall zeigte sich im nicht mazerierten Präparat an der dieser Öffnung entsprechenden Stelle nur eine mit Bindegewebe ausgefüllte anscheinende Knochenspalte. (cf. unten »Sektionsbericht etc.«) Also auch in dieser Richtung können stärkere Schallwellen, insbesondere von höheren Tönen, leicht direkt in die Paukenhöhle gelangen.

Drittens bietet aber auch die cranio-tympanale Leitung in diesen Fällen andere und zwar günstigere Verhältnisse, als sie in der Norm vorliegen: Hammer und Amboss sind zwar meist nur rudimentär ausgebildet (in meinem zweiten Sektionsfall endete der lange Ambossschenkel mit einer freien Spitze ohne Verbindung mit dem vorhandenen Steigbügel.) Die Innenwand der Paukenhöhle und die Fenster zeigen entsprechend dem meist intakten Labyrinth gewöhnlich nur geringe Abweichungen von der Norm. Auffällig häufig wird eine mehr oder weniger starke Fixation des Steigbügels im ovalen Fenster angegeben. Auch in meinem letzten Fall erschien der Steigbügel bei Berührung mit der Sonde makroskopisch unbeweglich (im ersten Fall waren die Gehörknöchelchen bei der Mazeration verloren gegangen.) Nun wissen wir aus den funktionellen Ergebnissen einerseits bei Stapesankylose, andererseits bei Residuen von chronischer Mittelohreiterung mit Unterbrechung der Schallleitungskette, dass hier noch ein verhältnismässig gutes Gehör für Sprache in Luftleitung besteht. Auch mit verschlossenem Ohr sind solche Kranke noch im Stande, Konversationssprache aus der Nähe zu verstehen. Was aber die osteo-tympanale Leitung betrifft, so ist dieselbe hier bekanntlich gegenüber der Norm ganz bedeutend gesteigert.

Einen ähnlichen begünstigenden Einfluss für die osteo-tympanale Leitung wie die genannten Veränderungen am Schallleitungsapparat hat der Verschluss des äusseren Gehörgangs.

Um für die am Häufigsten von mir benutzten beiden unbelasteten Stimmgabeln a' und A den Grad der Leitungsverbesserung auf cranio-

tympanalem Wege zu erfahren, welcher durch Verschluss der beiden Gehörgänge zu erreichen ist, habe ich einige Versuche in dieser Richtung an zwei für Sprache normal hörenden Assistenten gemacht.

Versuch 3.

Hördauer für a′ und A vom Scheitel bei offenen und bei geschlossenen Ohren.

Tabelle.

Dr. W., 33 Jahre alt, Hördauer in Sekunden		Durchschnitt	Differenzen	Durchschnitts-Differenz
a′	bei unverschlossenen Ohren 16, 17, 15, 15	16	9, 8, 10, 9	9
	bei verschlossenen Ohren 25, 25, 25, 24	25		
A	bei unverschlossenen Ohren 25, 22, 21, 25	24	15, 18, 18, 12	16
	bei verschlossenen Ohren 40, 40, 39, 37	39		

Dr. v. R., 26 Jahre alt, Hördauer in Sekunden		Durchschnitt	Differenzen	Durchschnitts-Differenz
a′	bei unverschlossenen Ohren 17, 17, 15, 15	16	6, 4, 6, 7,	6
	bei verschlossenen Ohren 23, 21, 21, 22	22		
A	bei unverschlossenen Ohren 18, 15, 15, 15	16	12, 10, 10, 10	10,5
	bei verschlossenen Ohren 30, 25, 25, 25	26		

Es wurden mit den beiden Stimmgabeln a′ und A je 4 Versuche angestellt, wie lange die Hördauer der direkt nach stärkstem Anschlag auf den Scheitel aufgesetzten Stimmgabel bei unverschlossenen und wie lange bei verschlossenen beiden Ohren ist. Um die Fehler zu vermeiden, welche aus den unvermeidlichen geringen Stärkeunterschieden bei freiem Anschlag der Stimmgabel entspringen, erscheint es zweckmässiger, wenn der Geprüfte, nachdem die Stimmgabel, welche ihm der Untersuchende unter gleichmässigem Druck auf den Scheitel auf-

setzt, [1]) bei offenen Ohren verklungen hat, sofort die Gehörgänge verschliesst (was mit starkem Druck der in den Gehörgang eingeführten benässten Finger geschieht) und nun weiter bis zum zweitmaligen Ausklingen fortauskultiert, als für die Prüfung bei offenem und bei geschlossenem Ohre jedesmal die Stimmgabel von Neuem anzuschlagen.

Die Stimmgabel a' wurde von beiden Geprüften auf dem Scheitel bei offenen Ohren durchschnittlich 16 Sekunden lang gehört und klang nach sofortigem beiderseitigen Verschluss des Ohrs bei dem Einen noch 6, bei dem Andern noch 9 Sekunden weiter.

Die Verlängerung der Hördauer durch Gehörgangsverschluss betrug also für die Stimmgabel a' bei dem Einen der Geprüften (Dr. v. R.) 37,5 %, bei dem Andern (Dr. W.) sogar 56,3 % der Knochenleitungsdauer bei offenem Ohre.

Die Stimmgabel A wurde von Dr. v. R. 16, von Dr. W. 24 Sek. lang auf dem Scheitel bei offenem Ohr gehört und klang nach sofortigem beiderseitigen Verschluss des Ohres für Dr. v. R. noch 10,5, für Dr. W. noch 16 Sek. weiter.

Die Verlängerung der Hördauer durch Gehörgangsverschluss betrug also für die Stimmgabel A bei Dr. v. R. 65,6 %, bei Dr. W. 66,6 %, der Knochenleitungsdauer bei offenem Ohre.

Die Verstärkung der cranio-tympanalen Leitung durch Verschluss des Gehörgangs ist nach diesem Versuch für den mittleren und insbesondere für den unteren Teil der Tonskala eine sehr beträchtliche.

Kehren wir nun zur angeborenen doppelseitigen Atresie des Gehörgangs zurück, so liegen hier gleichzeitig die beiden erörterten Momente vor, welche nach unseren Erfahrungen die cranio-tympanale Leitung begünstigen: erstens eine oftmals konstatierte mehr oder weniger starke Fixation der Steigbügelfussplatte und zweitens ein Verschluss der äusseren Gehörgänge. Beide Einflüsse werden sich in ihrer Wirkung summieren.

Dementsprechend ergaben auch die sämtlichen funktionell genauer geprüften Fälle von angeborener Atresie des Gehörgangs, sowohl die doppelseitigen als die einseitigen, eine mehr oder weniger stark ausgesprochene Verlängerung der Knochenleitung beim Schwabach'schen Versuch und ein extremes Überwiegen derselben gegenüber der Luft-

[1]) Bei der grossen und schweren A Stimmgabel ist ein gleichmässiger Druck einfach dadurch zu erreichen, dass ihr Stiel von der Hand des Untersuchenden nur soweit fixiert wird, dass die Gabel durch ihr Gewicht in vertikaler Richtung auf dem Scheitel erhalten wird.

leitung beim Rinne'schen Versuch, welcher durchgängig stark negativ resp. für den mittleren und unteren Teil der Skala — ϑ ausfiel.

Mit Rücksicht auf all die hier aufgezählten verschiedenen Möglichkeiten einer Zuführung von Schallwellen zum Schallleitungsapparat — zu denen ja auch eine verbesserte Knochenleitung zu rechnen ist — wird es uns wohl verständlich, warum bei doppelseitiger angeborener Gehörgangsatresie noch ein Rest von Hörvermögen bestehen kann, welcher ausreicht, um die Konversationssprache auf kurze Entfernung zu perzipieren, ohne dass für uns die Annahme notwendig wird, dass hier ausschliesslich der Knochen die aus der Luft aufgenommenen Schallwellen mit Umgehung des Schallleitungsapparates direkt auf das Labyrinth überträgt.

Das Verhalten der einseitig Labyrinthlosen sowie der oben mitgetheilte Versuch mit dem auf die Stirne aufgesetzten Glastrichter haben uns den Nachweis geliefert, dass die in der unteren Hälfte der Skala gelegenen Töne, wenn sie auch in beträchtlicher Stärke der Knochenoberfläche in Luftleitung zugeführt werden, nicht zur Perzeption gelangen, vorausgesetzt, dass sie sich unterhalb der Grenze von Intensität halten, welche ein Mitschwingen des Schallleitungsapparates, resp. eine Zuleitung zum äusseren Gehörgang des intakten Ohres nicht mehr vermeiden lässt.

Um diese Grenze nicht zu überschreiten, war es nothwendig, zu dem erwähnten Versuch einen Trichter mit meterlangem Schlauch zu benützen. Die Länge des Schlauchs schliesst ein Hören durch Luftleitung aus und erlaubt uns sogar bei dem Versuch die Gehörgänge des Geprüften offen zu lassen.

Wenn wir uns dem Geprüften mit der Tonquelle mehr nähern wollen, so müssen wir seine Gehörgänge mit dem benässten Finger schliessen lassen. Schon dadurch erfährt der Versuch eine Modifikation; denn durch den Gehörgangsverschluss wird, wie wir vorhin gesehen haben, die Knochenleitung in ihrer Dauer um ca. die Hälfte verlängert, also beträchtlich gebessert.

Gehen wir mit den schwingenden Gabelzinken bis direkt vor die Stirne, so bildet der Kopf des Untersuchten zwar einen Schlagschatten; da sich aber die Tonwellen nicht nur geradlinig fortpflanzen, sondern auch feste Gegenstände umfliessen, so gelangeu sie um die Krümmung des Schädels herum zur Muschel und zur verschliessenden Hand und

können auf diesen Wegen den Gehörgang und Schallleitungsapparat erreichen.

Trotzdem der Versuch beim Abklingen der Gabelzinken direkt vor der Stirne mit Verschluss beider Gehörgänge also in mehrhafter Beziehung unrein ist, bietet es doch ein Interesse, denselben mit verschieden hohen belasteten oder unbelasteten Stimmgabeln anzustellen.

Versuch 4

a) mit den unbelasteten Gabeln a', a und A.

Meine unbelastete Gabel a' wird nach stärkstem Anschlag, mit den schwingenden Branchen direkt vor die Stirne gebracht, von jüngeren Normalhörenden kurze Zeit gehört; eine 50jährige Versuchsperson hörte sie vor der Stirne nicht, dagegen vor der Nasenöffnung eine kurze Zeit und dann noch eine weitere kurze Zeit in der Nähe des verschlossenen Ohres, doch im Ganzen nicht länger als 20 Sekunden oder 22 % ihrer normalen Hörzeit per Luftleitung.

Meine unbelastete, klein a Stimmgabel, welche etwas mehr Obertöne als meine a' Gabel enthält, hörte auch letztere von der Stirne eine Spur und etwas länger von der Nasenöffnung, sowie in der Nähe des verstopften Ohres.

Meine sehr stark und lang klingende, unbelastete gross A Gabel dagegen wird von Stirn und Nase nicht, in der Nähe des verstopften Ohres kurze Zeit gehört.

b) mit den grossen belasteten, obertönefreien Gabeln der von Edelmann gefertigten Tonreihe.

Der Eine der Untersuchten (Dr. W., 33 Jahre alt) hörte die belastete Stimmgabel klein dis noch einen Moment, wenn sie nach stärkstem Anschlag mit ihren schwingenden Zinken in nächster Nähe der Stirn gehalten wurde; die höheren Stimmgabeln der Reihe wurden successive um so länger vor Stirn und Nasenöffnung gehört, je höher ihr Ton in der Skala lag. Von klein d abwärts wurde kein Ton der Skala weder von der Stirn noch von der Nasenöffnung aus gehört.

Bei einem anderen Untersuchten (Dr. M., 34 Jahre alt) lag die untere Hörgrenze beim Versuch von der Stirne nicht bei klein dis, sondern bei klein f, und wurde von e abwärts die ganze Skala nicht mehr gehört.

Das Ergebnis dieses Versuches stimmt vollkommen überein mit der Bestimmung der unteren Tongrenze bei einseitig Labyrinthlosen oder

in anderer Weise einseitig Ertaubten. Wanner[1]) hat nämlich an einem einseitig Labyrinthlosen und drei in anderer Weise einseitig Ertaubten, welche sämtlich auf der anderen Seite normal hörten, mit derselben Tonreihe, die hier zur Verwendung kam, als untere scheinbare Hörgrenze des ertaubten Ohres ebenfalls klein d gefunden. Das ist also der Ton, bis zu welchem herab noch eine Perzeption auch bei Verschluss des normalen Ohres vorhanden sein kann. Unser eben erwähnter Versuch zeigt, dass es hierfür gleichgültig ist, ob die Stimmgabel in nächster Nähe des ertaubten Ohres oder bei beiderseits normalem Ohr in nächster Nähe der Stirne schwingt.

Versuch 5.

Bei grösserer Annäherung dieser umfangreichen obertönefreien Gabeln an das mit dem Finger verstopfte Ohr ergab sich, dass auch die tieferen Stimmgabeln und zwar bis A_1 (Kontraoktave) herab noch deutlich gehört wurden.

Ihr Ton erscheint, wie man sich leicht überzeugen kann, um so stärker, je mehr sich die schwingenden Zinken dem verschliessenden Finger oder der Hand nähern. Die Stimmgabel a und die höheren wurden sogar noch gehört, wenn sie nach stärkstem Anschlag nahe an das obere Ende des Unterarms gebracht wurden.

Durch diesen letzteren Versuch haben wir zum erstenmal einen unzweifelhaften Beweis dafür erlangt, dass ein Körpertheil durch eine ihn nicht direkt berührende Stimmgabel in Mitschwingung versetzt werden kann. Der verschliessende Finger, welcher gleichzeitig mit dem Arm schwingt, verhält sich hier ebenso wie der Stiel einer tönenden Stimmgabel, welcher direkt in den Gehörgang eingesetzt wird. Bekanntlich ist bei dieser Art der Auskultation der Stimmgabelton am Längsten zu hören, sogar beträchtlich länger, als wir den Ton von den in nächster Nähe des Eingangs ausschwingenden Zinken zu hören vermögen.

Natürlich hört der Geprüfte bei diesem Versuch nicht vermittelst der Knochenleitung, welche ja, wie wir gesehen haben, sogar viel höhere Töne (Versuche mit a') dem Labyrinth nicht zuzuführen vermag, sondern vermittelst der in Schwingung versetzten Gehörgangsluft und vielleicht der Überführung durch die Gehörgangswände zum Trommelfell und zum Schallleitungsapparat.

---

[1]) „Funktionsprüfungen bei Labyrinthnekrose und einseitiger Taubheit“. Verh. der Deutsch. Otol. Gesellsch., XII. Vers. Wiesbaden 1903, S. 32.

B. Direkte Zuleitung von Schallwellen fester Körper durch Aufsetzen derselben auf den Schädel.

Der Übergang von Schallwellen aus der Luft auf die Schädeloberfläche, mit welchem wir uns bisher beschäftigt haben, ist ein so schwieriger und unvollkommener, dass wir uns nur durch direkte Auskultation des Armes mit Hilfe des in den Gehörgang eingesetzten Fingers davon zu überzeugen vermochten, dass Körpertheile wirklich in Mitschwingung versetzt werden können, wenn eine Stimmgabel in ihrer nächsten Nähe tönt.

Dagegen ist die Aufnahme und Fortleitung der Schallwellen im Knochen, wenn wir die schwingende Stimmgabel mit ihrem Stiel auf den Schädel aufsetzen, eine sogar noch vollkommenere, als Schallwellen in der Luft allein sich fortzupflanzen vermögen, da die Intensität der letzteren mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, was in begrenzten festen Körpern nicht der Fall ist, die ihre Schwingungen nur in sehr beschränktem Maſse der umgebenden Luft mitzutheilen vermögen.

Auch die den Schädel bedeckenden Weichtheile bieten kein wesentliches Hindernis für den Übergang der Schwingungen vom Stimmgabelstiel auf den Knochen. Davon kann man sich leicht überzeugen, wenn eine Anzahl Versuchspersonen die Köpfe so aneinander hält, dass sie eine Reihe bilden und mit ihren Parietalhöckern aneinander drücken.

Versuch 6.

Auf diese Weise wurde beispielsweise meine langsam ausklingende unbelastete, grosse A Gabel noch durch 6 Köpfe hindurch je 13, 15, 20 Sekunden, also durchschnittlich 16 Sekunden lang, vom Letzten der Reihe perzipiert, wenn sie nach stärkstem Anschlag auf den Parietalhöcker des Ersten aufgesetzt wurde.

Die normale Hördauer dieser Stimmgabel für Knochenleitung vom Scheitel bei offenen Gehörgängen beträgt durchschnittlich 24 Sekunden (vergl. Versuch 3 Dr. W.). Es geht also trotz dem oftmaligen Passieren von Weichtheilen bei diesem Versuch nicht mehr als ein Drittel der Hördauer auf dem langen Wege verloren.

[Nur nebenbei möchte ich hier bemerken, dass sich dieser Versuch auch als eine auffällig empfindliche Probe auf das Vorhandensein von Knochenleitungsverkürzung erwies. Während nämlich bei dem oben geschilderten Versuch der letzte (Dr. W. mit seiner durchschnittlichen Hördauer von 24 Sekunden für diese Stimmgabel) sie noch

16 Sekunden lang perzipierte, konnte der vorletzte, Dr. v. R., durch dessen Kopf die Schwingungen gingen, von ihrem Ton überhaupt nichts hören. In der Tabelle des Versuches 3 haben wir gesehen, dass die Knochenleitungsdauer dieses Untersuchten nur 16 Sekunden für A bei offenen Gehörgängen beträgt, sich also, obgleich sein Gehör für Sprache normal ist, als ziemlich verkürzt erwiesen hat. Die Verkürzung ist vielleicht auf einen Fall auf den Kopf mit nachfolgender Bewusstlosigkeit zurückzuführen, den er in seiner Jugend beim Turnen erlitten hat.]

Die Leitungsfähigkeit durch den Schädel, wenn wir den Stimmgabelstiel direkt auf dessen Oberfläche aufsetzen, lässt also nach dem mitgetheilten Versuch 6 trotz des oft wiederholten Durchgangs durch Weichtheile an Vollkommenheit gewiss nichts zu wünschen übrig.

Mindestens in gleich vollkommener Weise, wie durch die Schädelreihe, müssen sich die dem Schädel direkt zugeführten Schallwellen auch auf das Labyrinth fortpflanzen und dasselbe durchlaufen.

Ebenso müssen sie auf ihrem Wege durch den Schädel das Trommelfell wie den gesamten Schallleitungsapparat passieren und denselben in Mitschwingung versetzen.

Dass derartige Mitschwingungen auch des Schallleitungsapparats bei unmittelbarer Knochenzuleitung in Wirklichkeit stattfinden, das ist durch die von Lucae[1]) und Politzer[2]) angestellten Versuche seit Langem bewiesen.

Lucae hat nicht nur die Schwingungen, welche am Trommelfell entstehen, wenn eine in das Schläfenbein eingeschraubte Stimmgabel mit dem Violinbogen angestrichen wird, durch aufgekittete Fühlhebel direkt dargestellt, sondern auch durch Auskultation sich überzeugt, dass der Verschluss des Gehörgangs oder der Tuba, ebenso wie Spannungsveränderungen des Trommelfells durch Luftverdichtung oder -Verdünnung innerhalb der Mittelohrräume ebenso wie am lebenden auch am herausgenommenen Ohre den vom Knochen zugeleiteten Ton in seiner Intensität verändern und zieht daraus die Schlussfolgerung, dass auch »bei der ‚Knochenleitung‘ der schallleitende Apparat eine weit wichtigere Rolle spielt als die den Ton direkt zum Labyrinthe leitenden Kopfknochen[3]).«

---

[1]) Virchow's Archiv Bd. XXV und Arch. f. Ohr., Bd. I, Seite 303.
[2]) Archiv f. Ohr. I, Seite 318.
[3]) A. a. O. S. 314.

Politzer[1]) hat den Auskultationsschlauch in den inneren Gehörgang eingesetzt, nachdem er das Labyrinth nach innen eröffnet und seine Flüssigkeit entleert hatte. Der Ton einer auf den Knochen aufgesetzten Stimmgabel wurde deutlich durch den Schlauch gehört. Wurde nun das Amboss-Steigbügelgelenk durchtrennt, so erfuhr der Ton eine merkliche Schwächung. Durch diesen Versuch hält auch Politzer die Übertragung der von den Kopfknochen auf das Trommelfell geleiteten Schallwellen zum Labyrinthe für erwiesen.

8 Jahre später hat Berthold[2]) die Bewegungen, welche das Trommelfell bei Schallzuleitung durch die Kopfknochen macht, im physikalischen Institut von Helmholtz auf optischem Wege am Lebenden dargestellt, indem er in ein T förmiges Glasrohr Leuchtgas einleitete, dessen einer Schenkel luftdicht in den Gehörgang eingesetzt, dessen zweiter Schenkel mit der Gasleitung verbunden und dessen dritter Schenkel zu einem spitzen Gasbrenner aufgezogen war, und die hier erzeugte Flamme im rotierenden Spiegel beobachtet, während dem Knochen Töne von Stimmgabeln oder seine eigene Stimme zugeleitet wurden. Mit beiden Arten von Tönen konnten auf diesem Zuleitungswege im rotierenden Spiegel als Ausdruck für die dabei entstehenden Trommelfellbewegungen Wellenlinien erzeugt werden, deren Berge und Thäler entsprechend der Vertiefung des Tones auseinander rückten und umgekehrt. Den Einfluss von Luftdruckverdichtungen und -Verdünnungen innerhalb der Paukenhöhle auf die Bewegungsgrösse des Trommelfells konnte Berthold ebenso wie Lucae nachweisen, indem sowohl bei positivem als bei negativem Valsalvaschen Versuch die Bewegungen der Flamme schwächer wurden.

In einer Arbeit jüngeren Datums von Nagel und Samojloff[3]) konnten die Versuche von Berthold bestätigt werden. Ausserdem haben Nagel und Samojloff den Versuch Bertholds in der Weise modifiziert, dass sie die Paukenhöhle als Gaskammer benützten, indem sie an einem frischen Hammelkopf das Gas in die Tuba einleiteten, und das Rohr mit dem Brenner in die Bulla ossea einsetzten. Auch bei dieser Anordnung konnte deutliche Reaktion der Flamme beobach-

[1]) A. a. O. S. 330, 12. Versuch.

[2]) „Optische Darstellung der durch Schallleitung durch die Kopfknochen erzeugten Bewegungen des Trommelfells am Lebenden", Monatsschr. f. Ohr. 1872, No. 3.

[3]) „Einige Versuche über die Übertragung von Schallschwingungen auf das Mittelohr". Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abt. 1898, Seite 505.

tet werden, wenn eine Stimmgabel auf den Schädelknochen des Hammelkopfes aufgesetzt wurde. Diese wurde noch verstärkt, wenn die äussere Mündung des Gehörgangs verschlossen wurde.

Aus allen diesen Versuchen geht hervor, dass Töne, welche wir dem Knochen zuführen, nicht nur auf das Trommelfell übergeleitet werden, sondern auch eine Ortsbewegung an demselben hervorbringen, welche am Fühlhebel und der manometrischen Flamme direkt zum Ausdruck gelangt.

Auf anderem Wege hat neuerdings Mader[1]) experimentell die Frage zu lösen versucht, welche Rolle beim Hören vom Knochen aus einerseits dem Schallleitungsapparat, andererseits der direkten Knochenleitung ohne Zwischenschaltung dieses Apparates zukommt.

Nach dem Vorgang von Sigm. Exner benutzte Mader das Mikrophon, welches unter den von ihm geschilderten Vorsichtsmafsregeln (auf welche hier nicht näher eingegangen werden kann) gestattet, nicht nur starke Töne, wie sie bei den früheren Versuchen benützt worden waren, sondern auch verhältnismäfsig sehr schwache Schalleindrücke auf ihr Vorhandensein und ihr gegenseitiges Intensitätsverhältniss am Schallleitungsapparat und am Knochen zu prüfen.

Es sei hier zunächst bezüglich der Übermittlung von Luftschallwellen durch den Schallleitungsapparat bemerkt, dass die experimentellen Ergebnisse Mader's durchgehends in erfreulicher Übereinstimmung sich befinden mit den gegenwärtig so vielfach angegriffenen Theorieen von Helmholtz über die Massenschwingungen des Schallleitungsapparates als Ganzes und über die kraftverstärkende Wirkung der leichtgebogenen Trommelfellfasern sowie des Hammerambosses als Hebels.

Was die Aufnahme und Weiterleitung der Schallwellen durch den Knochen betrifft, so war er imstande, mit Hilfe seiner präzisen Untersuchungsinstrumente den Nachweis zu liefern,[2]) dass von der Schädeloberfläche ein, allerdings nur geringer, Bruchtheil von Schallwellen aufgenommen und weitergeleitet wird, auch wenn die tönende Schallquelle sie nicht direkt berührt, wovon er sich sowohl für die nahe am Occiput schwingende B Stimmgabel von 240 Schwingungen als für

[1]) „Mikrophonische Studien am schallleitenden Apparate des menschlichen Gehörorgans“. Sitzungsbericht der k. k. Akad. der Wissensch. in Wien. Mathem. naturw. Klasse. Bd. CIX, Abt. III, Februar 1900.

[2]) A. a. O. V: Knochenleitung.

die gegen das Occiput gerichtete Sprache mittelst dem auf die Stirne aufgesetzten Mikrophonstift zu überzeugen vermochte.

Bei direkter Zuleitung zum Knochen[1]) durch eine in die Schuppe oder die angrenzenden Theile des Seitenwandbeins eingeschraubte leichte a' Stimmgabel (428 Schwingungen), mit welcher durch Auffallen eines kleinen Schrotes ein so schwacher Ton erzeugt wurde, dass ein daneben aufrechtstehender Beobachter denselben nicht hörte, konnte Mader, wenn er den Mikrophonstift auf die Steigbügelfussplatte aufsetzte, noch so starke Schwingungen konstatieren, dass ihre Hördauer durchschnittlich 11,6 Sekunden und auch nach Durchtrennung des Amboss-Steigbügelgelenkes 10 Sekunden betrug.

Damit hat Mader also die vorhin aufgeführten Beobachtungen von Lucae, Politzer, Berthold, Nagel und Samojloff über die Mitbetheiligung des Schallleitungsapparats bei der Knochenleitung bestätigt und zwar nicht nur für starke, sondern auch für schwache Töne.

Die Beobachtungen Mader's haben somit eine Reihe von neuen Bestätigungen gebracht für die Theorieen der älteren Forscher über die Wirkungsweise des Schallleitungsapparates sowohl bei Luft- als bei Knochenleitung, welche heute noch wenigstens bei der Mehrzahl der Otologen Geltung haben, und seine Resultate dürfen als eine wesentliche Stütze für die Berechtigung dieser Theorieen betrachtet werden.

Dagegen findet sich unter den Schlussfolgerungen, die Mader aus seinen Versuchsergebnissen zieht, eine, mit welcher ich mich nicht einverstanden erklären kann. Da sie die Bedeutung der Knochenleitung für den Hörakt betrifft, deren Analyse ich mir hier zur speziellen Aufgabe gemacht habe, so erscheint es nothwendig, genauer auf dieselbe einzugehen.

Mader hat eine Aufnahme und Fortpflanzung der Schallwellen durch die Kopfknochen nicht nur bei deren direkter Berührung mit der schwingenden Stimmgabel, sondern auch bei Zuleitung von Schallwellen durch die Luft konstatieren können. — Bei der letzteren Art der Zuleitung wird zwar der grösste Theil derselben von der Schädeloberfläche wieder zurückgeworfen; ein Bruchtheil — der auch nach den Zahlenergebnissen Mader's sehr klein ist — geht aber sicher auf den Schädel über. (Das können wir schon nach Analogie des mittönenden Vorderarms, wie wir vorhin an unserem Versuch 5 gesehen haben, auch für den Schädel annehmen. Ich werde aber ausserdem

[1]) A. a. O. VIII Osteotympanale Leitung.

später noch Versuche am Lebenden mitzutheilen haben, die für ein wenngleich schwaches Mitschwingen des Schädels auch bei Zuleitung von Tönen aus der Luft beweisend sind.) — Die Thatsache selbst, dass ein kleiner Theil der Luftschallwellen auf den Knochen übergehen und direkt zum Labyrinth fortgeleitet werden kann, kann ich somit auch nach meinen Beobachtungen bestätigen. Dagegen kann ich mich der aus dieser Thatsache gezogenen Schlussfolgerung Mader's nicht anschliessen, dass diese das Labyrinth auf direktem Wege erreichenden Schwingungen des Knochens auch nothwendig zur Perzeption gelangen müssen.

Das wird Manchem sonderbar und vielleicht auf den ersten Blick sogar widersinnig erscheinen. Es sind aber nicht in erster Linie theoretische Bedenken, sondern Beobachtungsthatsachen, welche mich, seitdem ich mit der Knochenleitung mich beschäftige, an einer Perzipierbarkeit von Schallwellen haben zweifeln lassen, die dem Labyrinth direkt, d. h. ohne Vermittlung des Schallleitungsapparates zugeführt werden.

Vor Allem kommt hier in Betracht die verhältnissmäfsig kurze Hördauer für Stimmgabeln, welche mit ihrem Stiel der Schädeloberfläche aufgesetzt werden, gegenüber der langen Hördauer für dieselben in Luftleitung.

Während bei der letzteren die Schallwellen erst von der Luft auf ein festes Medium, das Trommelfell und den Schallleitungsapparat, und von diesem wieder auf ein anderes Medium, das Labyrinthwasser, übergehen müssen, findet beim Aufsetzen der Stimmgabel auf den Schädel ein direkter Übergang von festen zu festen Theilen statt, bei dem von der lebendigen Energie der Schallwellen auf dem kurzen Wege zur Schnecke und der zwischen ihren Wänden ausgespannten Membrana basilaris so viel wie nichts verloren gehen wird.

Wir sind also wohl berechtigt, zu fragen, warum trotzdem die Hördauer für Knochenleitung eine so viel kürzere ist als für Luftleitung.

Wie das genauere Zahlenverhältniss zwischen Luft- und Knochenleitung für die Stimmgabel a' sich gestaltet, deren Ton ungefähr in der Mitte der musikalischen Skala liegt, habe ich in meiner »Analyse des Rinne'schen Versuchs«[1]) genauer ausgeführt.

[1]) Vortrag, gehalten auf der IX. Versammlung der Deutsch. Otol. Gesellsch. zu Heidelberg 1900, Seite 42, und „Über die funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorgans“, Ges. Abh., Bd. II, Wiesbaden, J. F. Bergmann.

Dass bei normalem Schallleitungsapparat der Ton, welcher von den Zinken der Stimmgabel per Luft dem äusseren Gehörgange zugeführt wird, längere Zeit gehört wird, als der durch Aufsetzen des Stiels dem Knochen direkt zugeleitete Ton, ist bekannt, seitdem Rinne im Jahre 1855 seinen Versuch angegeben hat. Da in den letzten Jahren Zweifel darüber laut geworden sind, ob ein Vergleich der von den Zinken in der Luft erzeugten mit den vom Stiel auf den Knochen übergeleiteten Schallwellen zulässig sei, so habe ich den Rinne'schen Versuch in der Weise modifiziert, dass der Schwellenwerth sowohl der Knochenleitung als der Luftleitung vom Stiele aus geprüft werden kann.

Beim gewöhnlichen Rinne'schen Versuche klingt meine Stimmgabel a^1, wenn ihr am Warzenfortsatz aufgesetzter Stiel abgeklungen hat, mit ihren Zinken nahe dem äusseren Gehörgang gehalten, noch 30 Sekunden. Ich habe den Versuch dadurch vervollständigt, dass ich nun den abgerundeten Stiel der Stimmgabel leise in den Gehörgang einsetzte, worauf sie noch 12 Sekunden weiterklingt. Dass dieser letzte Rest von Hörbarkeit trotz der Berührung des Stiels mit dem Gehörgang nicht der Knochenleitung zuzuschreiben ist, sondern den im Gehörgang erzeugten Luftschallwellen, geht mit Sicherheit daraus hervor, dass zwischen dem Abklingen vom nahe benachbarten Warzenfortsatz und dem Einsetzen des Stiels in den Gehörgang volle 30 Sekunden verflossen sind. Wenn ein weiterer Beweis überhaupt nothwendig wäre, so geben ihn die einseitig Labyrinthlosen, welche die gleiche Stimmgabel selbst dann, wenn sie direkt nach stärkstem Anschlag mit dem Stiele leise in den Gehörgang der labyrinthlosen Seite eingesetzt wird, mit ihrem anderen normalen Ohre entweder gar nicht oder nur eine ganz kurze Spanne Zeit hören.

Luftleitung wie Knochenleitung werden also bei dieser Modifikation des Versuches vom Stiele aus geprüft, und die letztere wird von der ersteren um mindestens 42 Sekunden überwogen. Wenn wir bei dieser Modifikation des Versuches die Stimmgabel frei in der Luft, d. h. ohne Aufsetzen des Stieles auf den Gehörgang ausklingen lassen könnten, so würde die Hördauer für Luftleituug sogar noch grösser werden, da sie auch bei leisem Aufsetzen des Stieles rascher abschwingt, als wenn das Stielende frei von Berührung bleibt. — Es ist mir damals in Heidelberg der scheinbar nicht unberechtigte Einwand gemacht worden, dass der Versuch unrein sei, weil durch Verschliessung des Gehörgangs die Resonanzverhältnisse im Ohre sich ändern.

Es lässt sich leicht nachweisen, dass zum Mindesten die Knochenleitung durch den Gehörgangsverschluss auch nicht entfernt eine so bedeutende Verbesserung erfahren kann, dass sie die Luftleitung überwiegt. Inwieweit nämlich der Gehörgangsverschluss auf die Knochenleitung einwirkt, das ist unserer Messung direkt zugänglich: Wenn wir die Stimmgabel auf den Warzenfortsatz aufsetzen und den Gehörgang mit dem Finger verschliessen, nachdem sie abgeklungen hat, so erscheint ihr Ton allerdings wieder, aber nicht länger als für weitere 5 Sekunden, während unser Versuch eine Hörverlängerung von 42 Sekunden ergeben hat. Dass auch der Einfluss des Gehörgangsverschlusses auf die Luftleitung — wenn überhaupt ein solcher bei diesem Versuche besteht — nicht gross sein kann, geht daraus hervor, dass durch Verlängerung des Resonanzrohres mit Hilfe eines Schlauches, dessen eines Ende über den Stimmgabelstiel gestülpt ist, dessen anderes Ende im Gehörgang steckt, nur eine der wachsenden Länge des Schlauches entsprechende geringe Verkürzung für Luftleitung eintritt. Beispielsweise wird noch, wie oben erwähnt, bei einer Länge des Schlauches von 1 Meter die Stimmgabel a^1 90 Sekunden lang gehört, das ist ihre normale Hördauer per Luftleitung von den Zinken aus. Also auch aus der Entfernung von 1 Meter übertrifft die Luftleitung vom Stiele aus immer noch die Knochenleitung um 30 Sekunden.

Wenn wir uns einerseits die leichte unmittelbare Schallleitung durch den Knochen zum Labyrinth und andererseits den komplizierten Weg durch drei verschiedene Medien vergegenwärtigen, welche beim Hören in Luftleitung zu passieren sind, so müssten wir für die Hördauer in Knochen- und Luftleitung gerade das umgekehrte Verhältniss erwarten, als der Rinne'sche Versuch und seine erwähnte Modifikation uns ergeben, d. h. ein Überwiegen der Knochenleitung anstatt der Luftleitung — vorausgesetzt, dass die bisher wohl allgemein geltende theoretische Annahme berechtigt ist, dass Schallwellen, mögen sie das Labyrinth auf irgend einem Wege, also auch direkt durch den Knochen erreichen, zur Perzeption gelangen müssen.

Um diese Annahme auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen, habe ich die folgenden Versuche am Lebenden angestellt, welche für unsere Beurtheilung noch einfachere Verhältnisse darbieten, als der Rinne'sche Versuch und seine Modifikation.

Versuch 7.

Wenn wir die belasteten Stimmgabeln der kontinuierlichen Tonreihe bei verstopften Gehörgängen nach stärkstem Anschlage mit ihren schwingenden Zinken der Stirne so weit als möglich annähern, so wird, wie wir in Versuch 4 b gesehen haben, die Tonreihe bis in die kleine Oktave herunter gehört. Für den Einen meiner untersuchten Assistenten (Dr. M.) habe ich als untere Hörgrenze f, für den Andern (Dr. W.) dis gefunden.

Als ich nun bei dem Letzteren die um einen halben Ton tiefere schwingende Stimmgabel d, welche er selbst während des oft wiederholten Versuches niemals hörte, seiner Stirne nahe brachte, konnten andere Normalhörende bei verschlossenen Augen den Ton dieser Stimmgabel jedesmal in dem Moment ihrer Annäherung an die Stirne von Dr. W. mit Sicherheit hören, wenn sie die Platte eines hölzernen Stethoskops auf dessen Hinterhaupt aufsetzten und an das andere Ende des Stethoskops, das durch einen in sein Lumen gesteckten, am freien Ende abgerundeten Holzstab verlängert war, ihren Gehörgang anlegten.

(Das durch einen Stab verlängerte Stethoskop war für diesen Versuch nothwendig, um einen genügend grossen Abstand von der der Stirne genäherten Stimmgabel zu gewinnen, welcher ein Hören derselben durch die den Schädel des Auskultierten umfliessenden Luftwellen mit Sicherheit ausschliessen lässt.)

Der Versuch wurde oftmals an verschiedenen Individuen wiederholt und ergab immer das gleiche Resultat.

Ein analoges Ergebniss, nämlich ein besseres Hören des Auskultierenden als des Auskultierten erhalten wir auch bei unmittelbarer Zuleitung der Schallwellen zum Kopf des Ersteren durch folgenden Versuch, welcher uns ausserdem gestattet, die verschieden langen Hördauern direkt zu messen und miteinander zu vergleichen.

Versuch 8.

Wie für den Rinne'schen und andere hier mitgetheilte Versuche wurde auch hierfür die unbelastete langsam ausklingende a'-Stimmgabel gewählt. Dieselbe wurde zum Vergleich von verschiedenen Stellen des Kopfes aus geprüft. (Ein Verschluss der Gehörgänge ist bei diesem Versuche für Keinen der beiden gleichzeitig Beobachtenden nothwendig, ebensowenig wie wir ihn ja beim Rinne'schen Versuch bedürfen.)

Die Ergebnisse dieser Versuchsweise sind auf der hier folgenden Tabelle zusammengestellt.

Versuche mit der unbelasteten Stimmgabel a'.

a) Stimmgabelstiel auf der Stirne, Auskultationen am Hinterhaupt:

	Hördauer in Sekunden	Durchschnitt	Differenz
Dr. v. R. mit dem Stiel der a'-Gabel auf der Stirne	8, 7, 7, 7	7	+ 6,6
Dr. W. mit dem Ohr am Hinterhaupt von Dr. v. R.	14, 14, 13, 13	13,5	
Dr. W. mit dem Stiel der a'-Gabel auf der Stirne	14, 14, 13, 14	14	+ 5
Dr. v. R. mit dem Ohr am Hinterhaupt von Dr. W.	20, 20, 16, 20	19	

b) Stimmgabelstiel auf dem Hinterhaupt, Auskultation an der Stirne:

	Hördauer in Sekunden	Durchschnitt	Differenz
Dr. v. R. mit dem Stiel der a'-Gabel auf dem Hinterhaupt	15, 14, 15, 13	14	+ 13
Dr. W. mit dem Ohr an der Stirne von Dr. v. R.	27, 25, 28, 28	27	
Dr. W. mit dem Stiel der a'-Gabel auf dem Hinterhaupt	15, 13, 14, 17	15	+ 7
Dr. v. R. mit dem Ohr an der Stirne von Dr. W.	20, 19, 24, 26	22	

c) Stimmgabelstiel auf dem einen, Auskultationen auf dem andern Parietalhöcker:

	Hördauer in Sekunden	Durchschnitt	Differenz
Dr. v. R. mit dem Stiel der a'-Gabel auf dem Seitenhöcker	11, 9, 10	10	+ 0
Dr. W. mit dem Ohr auf dem andern Seitenhöcker von Dr. v. R.	11, 9, 10	10	
Dr. W. mit dem Stiel der a'-Gabel auf dem Seitenhöcker	16, 19, 16, 17	17	+ 3
Dr. v. R. mit dem Ohr auf dem andern Seitenhöcker von Dr. W.	19, 21, 20, 20	20	

d) Stimmgabelstiel auf dem Hinterhaupt, Phonendoskop[1]) auf der Stirne:

	Hördauer in Sekunden	Durchschnitt	Differenz
Dr. v. R. mit dem Stiel der a'-Gabel auf dem Hinterhaupt	13. 14, 16, 13	14	+ 11
Dr. W. mit dem Phonendoskop an der Stirne von Dr. v. R.	26, 22, 25, 27	25	

Der Stimmgabelstiel wurde theils auf die Stirne, theils auf das Hinterhaupt, theils auf den Seitenhöcker aufgesetzt, während der zweite Beobachter auf der gegenüberliegenden Stelle des Kopfes sein Ohr direkt anlegte.

Nur in drei Einzelversuchen, vom Seitenhöcker aus, fielen die Hördauern für beide Beobachter gleich lang aus; in allen übrigen 24 Beobachtungen hörte der auskultierende zweite Beobachter die Stimmgabel länger als der erste Beobachter, auf dessen Kopf die Stimmgabel verklang.

[1]) Phonendoskop, Firma Bazzi u. Bianchi.

Am Kleinsten waren die Differenzen bei der Benutzung der beiden Parietalhöcker, nämlich bei 4 Versuchen 3, 2, 4, 3 Sekunden und bei 3 weiteren Versuchen ± 0.[1])

Sowohl beim Ausklingen von der Stirne als vom Hinterhaupt ergaben sich durchgängig grössere Differenzen zugunsten des zweiten auskultierenden Beobachters.

Wenn die Stimmgabel auf der Stirne des Einen aufgesetzt wurde, so hörte sie der andere am Occiput Auskultierende in einer Versuchsreihe durchschnittlich 5, in einer zweiten 6,5 Sekunden länger als der, auf dessen Kopf sie verklang.

Wurde die Stimmgabel auf das Hinterhaupt des Einen aufgesetzt, so hörte sie der andere an der Stirne Auskultierende 7, respektive 13 Sekunden länger als der Erstere.

Versuche mit der Stimmgabel auf dem Hinterhaupt und Auskultation an der Stirne mittelst eines Phonendoskops ergaben ganz ähnliche Zahlenverhältnisse.

Wie die einzelnen Zahlen der Tabelle ergeben, kann die Hörzeit des zweiten auskultierenden Beobachters nahezu das Doppelte der Hörzeit für den ersten Beobachter betragen, auf dessen Kopf die Stimmgabel abklingt.

Versuch 9[2])
am einseitig Labyrinthlosen.

Die Gründe, warum der einseitig Labyrinthlose besonders günstige Verhältnisse für die Beurtheilung der »Knochenleitung« darbietet, wurden bereits von mir erörtert. Das offene, bis zur Schädelbasis führende Rohr, welches Gehörgang, Mittelohr und leere Labyrinthhöhle hier bilden, gestattet, wie wir gesehen haben, den Luftschallwellen freien Zutritt zu einer dem anderen intakten Ohre sehr nahe liegenden Knochenwand.

---

[1]) Bei nachträglicher Wiederholung des Versuches von den Seitenhöckern aus an anderen Versuchspersonen erhielt ich auch an dieser Stelle durchgängig grössere Differenzen zugunsten des Auskultierenden.

[2]) Für die Versuche 7, 8 und 9 darf allerdings nicht ausser Betracht bleiben, dass nach den Untersuchungen von Hugo Frey*) dem Schädel zugeleitete Schallwellen vorzugsweise nach den symmetrischen Punkten der andern Schädelhälfte geleitet werden. Für sich allein ist aber diese Thatsache nicht ausreichend, um die Ergebnisse der obigen Versuche zu erklären.

*) Exper. Studien über d. Schallleitung im Schädel. Zeitschr. f. Physiol. u. Psychol. d. Sinnesorgane Bd. 28.

Zufällig stand mir gerade für diesen Versuch nur ein einziger Fall zu Gebote, bei welchem noch dazu das zweite Ohr nicht ganz normal war. Es bestand nämlich zur Zeit ein subakuter Mittelohrkatarrh mit Einsenkungserscheinungen am Trommelfell auf der hörenden Seite, welcher die Hörweite für Flüstersprache auf 1 Meter herabsetzte. Die Luftdouche, nach welcher das Trommelfell in starker Vorwölbung stehen bleibt, vergrösserte die Hörweite auf 3 Meter.

Dem 60jährigen Kranken war von mir vor Jahren das ganze nekrotische Labyrinth rechterseits extrahiert worden. Die Eiterung hat längst aufgehört, und die Höhle ist leer.

Als untere Grenze des scheinbaren Hörbereichs auf dem labyrinthlosen Ohre fand sich cis'' der Tonreihe belasteter Stimmgabeln, wenn man sie mit ihren Zinken vor den Meatuseingang hielt.

Der Versuch wurde in folgender Weise angestellt:

Ein Kautschukschlauch mit einem für den Ohreingang passenden Glasansatz von im Ganzen 18 cm Länge wurde mit seinem Kautschukende über den Stiel der zur Prüfung gekommenen Stimmgabeln gestülpt und der Glasansatz des Rohres in den Gehörgang des labyrinthlosen Ohres gesteckt.

Wie wir uns bei der geschilderten Modifikation des Rinne'schen Versuchs überzeugt haben, ist eine derartige Zuleitung der Schallwellen vom Stiel der Stimmgabel durch ein kurzes Verbindungsrohr diejenige Anordnung, welche die längste Hördauer, die günstigste Zuleitung der mit der Stimmgabel erzeugten Luftschallwellen zum Ohr, also hier durch den Gehörgang der labyrinthlosen Seite zu den Knochenwänden der Höhle und von hier zum anderen hörenden Ohre ergibt. Dementsprechend rückte bei dieser Anordnung auch die scheinbare untere Gehörgrenze des labyrinthlosen Ohres weiter, nämlich bis auf klein dis, also noch um nahezu 2 Oktaven tiefer hinab (von cis''—dis), als wenn die Zinken der Gabeln nach stärkstem Anschlag vor den Meatuseingang gehalten wurden.

Die Zuleitung mit Hilfe des kurzen Schlauches durch das labyrinthlose Ohr wurde nun benutzt, um zu erfahren, ob und in welcher Stärke auch ein zweiter Beobachter die im Schädelhohlraum erzeugten Schallwellen wahrzunehmen vermag.

Zu diesem Zwecke setzte der den Kopf des Patienten Auskultierende (Dr. W.) auf dem der labyrinthlosen Seite gegenüberliegenden Parietal-

höcker die Platte des durch einen Holzstab verlängerten Stethoskops auf und drückte das freie Ende des Stabs gegen seinen Gehörgang.

Erst die belasteten Stimmgabeln von dis' abwärts aus der stark gebauten Edelmann'schen Tonreihe konnte für diesen Versuch benutzt werden, weil die höheren vom Auskultierenden trotz Verschlusses seines anderen nicht auskultierenden Ohres, auch ohne dass das Stethoskop den Scheitelhöcker berührte, also durch Umfliessen des Schädels per Luftleitung gehört wurden.

Von dis' nach abwärts wurde jedoch selbst bei stärkstem Anschlag keine Gabel mehr vom Auskultierenden gehört, wenn er die auf dem Kopf aufgesetzte Stethoskop-Platte lüftete.

Die Ergebnisse des Versuchs 9 sind in der beifolgenden Tabelle zusammengestellt. (cf. S. 139.)

Ganz analog wie bei unseren vorausgehenden Versuchen 7 und 8 am Normalen hörte auch am einseitigen Labyrinthlosen der den Schädel auskultierende Beobachter den Ton der Stimmgabeln durchgängig länger als der Labyrinthlose selbst mit seinem unzerstörten Ohr.

Für die gefundenen Hördauern bei diesem Versuch hat noch in Betracht zu kommen, dass der Kranke gerade interkurrent an einer subakuten Mittelohraffektion seines hörenden Ohres litt. In Folge dessen dürfen wir annehmen, dass seine Hördauern in Knochenleitung bei der Untersuchung sogar länger als normal waren.

Trotzdem vermochte der Auskultierende von dem der Schallzuleitung gegenüberliegenden Scheitelhöcker aus durchgängig bei allen Stimmgabeln, welche zur Prüfung gelangen konnten, und in allen Einzelversuchen den Ton länger zu hören, als der Untersuchte, dessen Kopfe die Luftschallwellen unter den denkbar günstigsten Bedingungen zugeführt wurden.

Und zwar klang dem Auskultierenden der Ton der verschiedenen zur Prüfung gekommenen Stimmgabeln theils nahezu, theils sogar mehr als doppelt so lang wie dem Kranken.

Unter dis herab hörte der Letztere die Stimmgabeln überhaupt nicht mehr bei der verwendeten Anordnung, während der Auskultierende sie noch bis A_1 herab (also noch anderthalb Oktaven tiefer) kurze Zeit (durchschnittlich 4 und 3 Sekunden) perzipierte. Erst von F_1 nach abwärts war der Ton auch für den Auskultierenden erloschen.

Tabelle III

(zu Versuch 9.)

Hördauer der Stimmgabeln in Sek. bei Zuleitung vom Stiel durch den Kautschukschlauch in den Gehörgang des labyrinthlosen Ohres.

Belastete Stimmgabel	Vom hörenden Ohr des Labyrinthlosen	Durchschnitt	Vom Auskultierenden (Dr. W.) auf dem Scheitelhöcker der hörenden Seite	Durchschnitt	Durchschnittliche Differenz zu Gunsten des Auskultierenden.
dis^1	5, 8, 5, 8, 5, 6, 7	6	9, 12, 9, 10, 11, 10, 11	10	**4**
a	5, 6, 6, 8	6	10, 10, 11, 12	11	**5**
dis	4, 4, 4, 5	4	10, 7, 12, 7	9	**5**
Fis	0, 0, 0, 0	0	5, 3, 5, 4	4	**4**
A_1	0, 0, 0, 0	0	3, 3, 4, 2	3	**3**
F_1	0, 0, 0, 0	0	0, 0, 0, 0	0	**0**

Die hier mitgetheilten Versuche 7—9 belehren uns nach zweierlei Richtungen:

Erstens erfahren wir aus den Versuchen 7 und 9, dass, ebenso wie wir dies am Vorderarm und der Hand konstatieren konnten, auch der Schädel in Mitschwingungen versetzt werden kann, wenn seiner Oberfläche (Versuch 7), resp. der offenstehenden leeren Labyrinthhöhle (Versuch 9) genügend starke Stimmgabeltöne durch die Luftleitung zugeführt werden.

Zweitens geht aus diesen drei Versuchen mit Sicherheit hervor, dass Schallwellen durch den Kopf geleitet werden können, welche ein zweiter, den Kopf auskultierender Beobachter stärker als der erste, ja sogar solche, welche dieser gar nicht und der zweite Auskultierende allein hört.

Durch diese Versuche ist der einwandfreie Nachweis geliefert, dass Schallwellen die Schädelknochen und somit auch das Labyrinth durchströmen können, ohne dass sie zur Perzeption gelangen.

Die allgemein geltende Voraussetzung, dass alle Schallwellen, wenn sie nur überhaupt auf irgend einem Wege das Labyrinth erreichen und erschüttern, auch eine Hörempfindung auslösen müssen, bestätigt sich also nicht, und wir sind gezwungen, hier auf die theoretische Frage näher einzugehen:

Wodurch unterscheiden sich diese nicht zur Perzeption gelangenden rhythmischen Vibrationen des Labyrinths von den übrigen, sei es durch die Luft, sei es durch den Knochen zugeleiteten, welche unser Ohr zu hören vermag?

Unser Empfindungsvermögen für Schalleindrücke, welche das Ohr auf dem natürlichen Wege durch die Luftleitung erreichen, ist bekanntlich ein ganz erstaunlich scharfes.

Bereits der Mathematiker Riemann hat in seiner unvollendet hinterlassenen »Mechanik des Ohres«, welche Helmholtz in seiner fundamentalen Arbeit über den gleichen Gegenstand zum Ausgangspunkt genommen hat, den Schallleitungsapparat als allen unseren mechanischen Apparaten an Empfindlichkeit himmelweit überlegen erklärt. Indem er von der Beobachtung ausgeht, dass der Ruf der Schildwachen über das Wasser 4—5 englische Meilen weit gehört wird, und annimmt, dass dieser Ruf auf 8—10 Fuss eine noch eben mit blossem Auge sichtbare Bewegung des Steigbügels hervorbringt, so ist die mechanische Kraft der das Trommelfell treffenden Schallwellen bei der ersteren Entfernung

4 Millionen mal kleiner, und die Bewegungen des Steigbügels sind 2000 mal kleiner. Nach neueren Versuchen von W. Heinrich im physiologischen Institut von Exner[1]) sind aber die Bewegungen am Trommelfell (somit auch am Steigbügel) schon bei gewöhnlichen Schallintensitäten so gering, dass er die Hoffnung aufgeben musste, sie mit starken mikroskopischen Linsen studieren zu können.[2]) Die Untersuchungen von Rayleigh[3]) und von Töpler und Boltzmann[4]) haben ergeben, dass der Ton von Orgelpfeifen auf eine Entfernung gehört wird, in welcher die Amplitude der vor dem Ohre schwingenden Lufttheilchen nur 0,00004, resp. sogar nur 0,000,0001 mm beträgt.

Vergleichen wir mit dieser Empfindlichkeit des Ohres für Luftschallwellen sein Verhalten beim Hören durch Knochenleitung, so kann uns der Rinne'sche Versuch eine annähernde Vorstellung davon geben, bei welcher Amplitudengrösse hier die Grenze der Wahrnehmbarkeit gelegen ist:

Wie früher erwähnt, wird meine Stimmgabel a', welche per Luftleitung eine Hördauer von 90 Sek. hat, nachdem sie auf dem Warzenfortsatz abgeklungen hat, mit ihren Zinken an den Meatuseingang gehalten, noch weitere 30 Sek. gehört, und ebensolang, wenn wir ihren Stiel durch einen Schlauch von 1 Meter Länge mit dem Gehörgang verbinden. Die Stimmgabel a' wird also per Knochenleitung schon unhörbar, wenn zwei Drittel ihrer normalen Hörzeit per Luftleitung (60 Sek.) abgelaufen sind.

Die Elongation, welche diesem Moment entspricht, ist aber mikroskopisch für eine Stimmgabel von der Tonhöhe a' noch sichtbar, wie die Messungen ergeben haben, welche vor Kurzem Ostmann mit Hilfe aufgestreuter Amylumkörperchen ausgeführt hat.[5])

Aus diesem Vergleich der ausserordentlich kleinen Amplituden, wie sie vorhin für die Grenze des Hörens in Luftleitung angegeben werden konnten, und andererseits der relativ grossen Amplitude, bei welcher die Grenze des Hörens durch Knochenleitung liegt, geht mit genügender

---

[1]) Zentralblatt f. Physiologie 1896.

[2]) Citiert nach Mader a. a. O. Seite 38.

[3]) „Über die Amplituden von Schallwellen", Beiblatt zu Poggendorfs Anal. Bd. 1, Seite 503.

[4]) „Über eine neue optische Methode, die Schwingungen tönender Luftsäulen zu analysieren". Poggendorfs Anal. Bd. 141, Seite 321.

[5]) „Ein objektives Hörmafs und seine Anwendung." Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden 1903.

Deutlichkeit hervor, welch relativ geringer Werth der letzteren für den Menschen und für die in der Luft lebenden Thiere zukommt.

Aber auch für die Zeit, in welcher der Ton wirklich durch »Knochenleitung« gehört wird, steht es keineswegs fest, in wie weit während derselben die unmittelbare Zuleitung von der Knochenoberfläche zum Labyrinth oder nur die mittelbare Zuleitung durch den mitschwingenden Schallleitungsapparat, also der osteo-tympanale Weg für die Perzeption in Betracht kommt.

Zur Lösung dieser Frage finden sich werthvolle Zahlenangaben in der Arbeit von Mader:

Um die osteo-tympanale Leitung zu prüfen, hat Mader, wie früher erwähnt, eine leichte Stimmgabel mit 428 Schwingungen, also nahezu unserem a' entsprechend in die Schuppe oder die angrenzenden Theile des Seitenwandbeins eingeschraubt. Zur leichten und gleichmäfsigen Erregung der Stimmgabel liess er auf die horizontal gestellte Zinke derselben eine kleine Schrotkugel von 0,26 g Gewicht aus einem verschliessbaren Trichter circa 7 cm hoch herunterfallen.

Der dadurch erzeugte Ton war so schwach, dass ein daneben aufrecht stehender Beobachter wohl das Auffallen der Kugel, nicht aber den Ton der Stimmgabel per Luft hören konnte. Der Stift des Mikrophons wurde auf die vom Labyrinth her freigelegte Steigbügelfussplatte unter geringem Druck aufgesetzt. Bei dieser Anordnung konnte eine Dauer des Abklingens von 11,6 Sek. konstatiert werden. Die Zerstörung des Trommelfells änderte die Hördauer nicht wesentlich; auch nach Durchtrennung des Ambosssteigbügelgelenkes betrug sie noch 10 Sek.

Die beiden letzteren Ergebnisse werden uns leicht verständlich durch unsere Beobachtungen am Lebenden bei fehlendem Trommelfell, resp. isoliertem Steigbügel. Durch beide Momente wird das Hören in Knochenleitung nicht verschlechtert, sondern vielmehr verbessert, wobei allerdings am Lebenden noch die Verdickung und stärkere Spannung des Ligamentum annulare mit in Betracht kommt.

Wie Mader, meines Erachtens mit Recht, schliesst, sind es eben bei der Knochenleitung in erster Linie die Fasern des Ligamentum annulare, durch welche die Schallschwingungen der Stapesfussplatte übermittelt werden.

Der Effekt für den hier in Rede stehenden Bewegungsmodus ist der gleiche, ob die Übermittelung vom Knochen zunächst auf Trommel-

fell und Hörknöchelchen, oder ob sie direkt auf das Endglied, die Fussplatte stattfindet.

Hier interessiert uns vor Allem die beträchtliche Hördauer von 11,6, resp. 10 Sek., welche Mader gefunden hat. Berücksichtigen wir den geringen Antrieb, welcher durch Auffallen einer Kugel von 0,26 g aus 7 cm Höhe der Gabel gegeben wurde, ferner die Beschleunigung des Abklingens, welche durch das Einschrauben ihres Stiels bedingt war und endlich die bedeutende Dämpfung durch Aufsetzen des Mikrophonstiftes an der Stapesfussplatte selbst, so muss die Hördauer von 10—11 Sek. als eine sehr beträchtliche bezeichnet werden, welche sehr wohl zwei Drittel der Hördauer für die gebrauchte Stimmgabel in Luftleitung bei diesem schwachen Antrieb entsprechen kann.

In diesem Falle wäre aber der Beweis geliefert, dass während der ganzen Hördauer in Knochenleitung — für welche der Rinne'sche Versuch mit a' uns ja zwei Drittel der Hördauer in Luftleitung ergeben hat — die Steigbügelfussplatte gleichzeitig mit dem Knochen fortschwingt, dass also während der ganzen Zeit der Hörbarkeit in Knochenleitung die Labyrinthflüssigkeit ihre Impulse auch von der Steigbügelfussplatte aus erhält.

Die hier zusammengestellten Beobachtungsergebnisse führen zu der Schlussfolgerung:

Dass eine unmittelbare Zuleitung zum Labyrinth auch beim Hören von direkt dem Schädel zugeführten Schallwellen zum Mindesten keine Notwendigkeit ist.

Es bestehen aber auch theoretische Gründe, welche eine Erregung des Nervenendapparates durch Schallwellen, die demselben von der Gesamtwandung des knöchernen Labyrinthes übermittelt werden, direkt unwahrscheinlich machen:

Wir dürfen annehmen, dass die Bewegungen, in welche die Membrana basilaris der Schnecke versetzt wird, ganz anderer Art sein werden, wenn sie von der Gesammtwand, als wenn sie von der ein- und austretenden Stapesfussplatte kommen.

Bei der verhältnissmäfsig grossen Länge der Schallwellen auch von den höchsten für das menschliche Ohr perzipierbaren Tönen im Knochen wird jede Verdichtungswelle eine Verkleinerung, jede Verdünnungswelle eine Vergrösserung der ganzen Labyrinthhöhle erzeugen; ihr flüssiger Inhalt wird bei der Verkleinerung des Raumes, abgesehen von den Aquädukten und der Verdrängung des Blutes in den Gefässen, gleichzeitig gegen die bewegliche Membran des runden Fensters und gegen

die bewegliche Steigbügelfussplatte andrängen; beide werden eine Bewegung im gleichen Sinne nach aussen und umgekehrt bei der Vergrösserung des Raumes nach innen machen. Vorausgesetzt, dass die Ausweichung in beiden Fenstern gleich gross ist, wird auch keine Druckdifferenz zwischen dem Flüssigkeitsinhalt der Skala tympani und vestibuli zustande kommen, welche zu einer seitlichen Ausweichung der Membrana basilaris führen könnte. Für die Querfasern dieser Membran bleibt also hier nur eine Bewegung übrig, nämlich eine Anspannung bei jeder Verdünnungs- und eine Erschlaffung bei jeder Verdichtungswelle. Auf diese Weise könnten wir uns die Entstehung von longitudinalen Wellen in den Fasern der Membrana basilaris vorstellen.

Ganz anders ist die Vertheilung des Flüssigkeitsdruckes, wenn die rhythmische Bewegung dem Labyrinth durch den Schallleitungsapparat, resp. dessen Endglied, die Steigbügelfussplatte übermittelt wird. Hier wird bei der Inkursion derselben nur die in der Skala vestibuli abgeschlossene Wassersäule vorwärtsgetrieben, und die Bewegung setzt sich durch das kleine offene Helikotrema nach rückwärts zurücklaufend bis zur nachgiebigen Membran des runden Fensters fort.

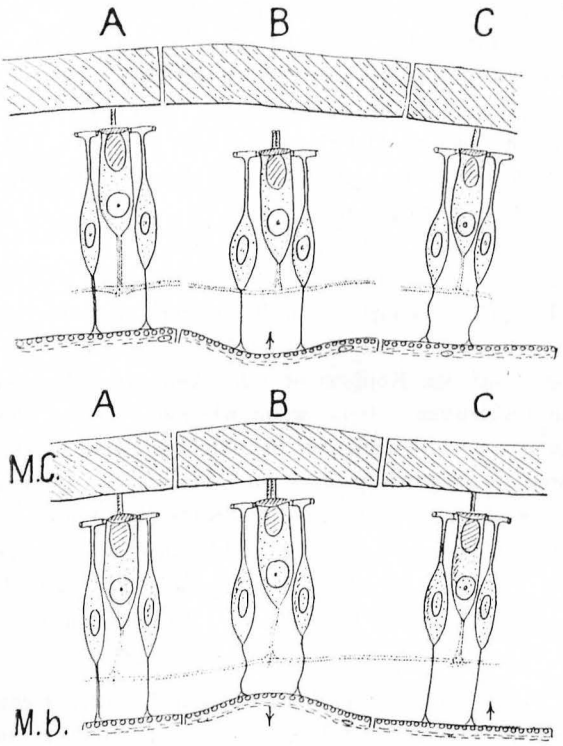
Auf ihrem ganzen Wege durch die Skala vestibuli drängt aber die vorwärts geschobene Flüssigkeitssäule gegen die einzige nachgiebige Parthie ihrer Wandung, die Membrana basilaris an und sucht sie zum seitlichen Ausweichen gegen die Skala tympani zu bringen, bei der Exkursion der Stapesplatte findet umgekehrt ein Zug gegen die Skala vestibuli statt.

Hier können also transversale Schwingungen entstehen, wie sie tönenden Saiten entsprechen, und es sind für die Querfasern der Membrana basilaris die Voraussetzungen erfüllt, welche die Helmholtz'sche Theorie macht.

Ich möchte in dieser Beziehung auf die klare Darstellung der Bewegungsvorgänge am Corti'schen Organ hinweisen, wie sie jüngst von Hensen[1]) gegeben worden ist. Hensen verlangt für das Zustandekommen einer Tonempfindung, dass sich die Haare der Corti'schen Zellen von der Membrana tectoria alternierend abheben und gegen sie anschlagen. Das ist aber, wie Hensen an der Hand einer schematischen Abbildung zeigt, welche hier reproduziert ist, nur möglich, wenn trans-

[1]) „Das Verhalten des Resonanzapparates im menschlichen Ohr.“ Sitzungsberichte der königl. preuss. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1902, XXXVIII. Gesamtsitzung vom 24. Juli, Seite 910.

Figur I.



versale Wellen in den Querfasern erzeugt werden; longitudinale Wellen in den Querfasern, wie sie durch alternierende Erschlaffung und Anspannung ev. zustande kommen, werden die Membrana basilaris und die Membrana Corti nicht soweit auseinander treten lassen, dass eine Abhebung der Stäbchen von der letzteren einträte. Noch stärker wäre die Reizung der Corti'schen Zellen, wenn die Hörhaare, wie es nach einigen histologischen Befunden zu sein scheint, mit der Corti'schen Membran verwachsen wären. Denn dann würde jedes Auseinanderweichen eine starke Zerrung der Hörhaare zur Folge haben.

Nach den vorliegenden anatomischen Verhältnissen können wir uns also sehr gut vorstellen, dass wohl transversale aber nicht ebenso auch longitudinale Schwingungen in der Membrana basilaris zu einer Erregung der Nervenenden führen.

Auf Grund aller hier mitgetheilten Beobachtungsergebnisse und Erwägungen dürfen wir als in hohem Grade

wahrscheinlich bezeichnen, dass nur diejenigen den Knochen durchfliessenden Schallwellen zur Perzeption gelangen können, welche auf den Schallleitungsapparat überzugehen vermögen und von hier dem Labyrinth übermittelt werden, — dass also kein Hören durch rein osteale, sondern nur durch osteo-tympanale oder, wie wir uns präziser ausdrücken können, durch osteo-stapediale Leitung zustande kommt.

Einer Erklärung bedarf es noch, warum auch bei direkter Verbindung der Schallquelle mit dem Knochen, beim Aufsetzen des Stimmgabelstiels etc. auf den Kopf nicht zum Wenigsten ebensolange gehört wird, wie in Luftleitung. Denn wenn wir auch hierfür ebenso wie für die Luftleitung ausschliesslich den Schallleitungsapparat als wirksamen Zuführungsweg in Anspruch nehmen, so muss es doch beim ersten Blick räthselhaft erscheinen, warum eine so direkte Zuleitung, wie hier vom Knochen aus auf Trommelfell, Gehörknöchelchen und Labyrinthwassersäule stattfindet, nicht wirksamer ist, als die Luftschallwellen, welche erst auf ein anderes Medium, das Trommelfell übergehen müssen, sondern vielmehr das Gegentheil.

Hier muss die verschiedene Richtung in Betracht gezogen werden, in welcher die Schallwellen das Trommelfell etc. einerseits aus der Luft, andererseits beim Übergang vom Knochen treffen.

Den Luftschallwellen ist ihre Richtung durch den Verlauf des Gehörgangs vorgeschrieben. Die Gegend des dreieckigen Reflexes, welche senkrecht zur Gehörgangsachse steht, wird stets senkrecht von ihnen getroffen werden, die übrige Aussenfläche des Trommelfells in mehr oder weniger schiefer Richtung.

Die vom Knochen aus auf den Schallleitungsapparat übergehenden Schallwellen wirken dagegen ringsum von den Ansätzen seiner Membranen und Bänder am Knochen. Sie werden also ebenso wie wir dies an der Membrana basilaris im Labyrinth gesehen haben, durch rhythmische Verkleinerung und Vergrösserung des Trommelfellfalzes und der Umrahmung des ovalen Fensters in der Hauptsache eine alternierende Erschlaffung und Anspannung der Membranen und Bänder bewirken und dieselben in longitudinale Schwingungen versetzen. Nur soweit die Ansatzrichtung derselben von der jeweiligen Richtung abweicht, in

welcher die Schallwellen auf sie treffen, können auch transversale Schwingungen auf sie übertragen werden.

Dabei ist noch ausserdem zu berücksichtigen, dass die Übertragung vom Knochen auf den Schallleitungsapparat da am Vollkommensten sein wird, wo seine Membranen und Bänder am Straffsten gespannt sind. Das ist der Fall einerseits im vorderen unteren Quadranten des Trommelfells, auch in der nächsten Umgebung des kurzen Fortsatzes, sowie im Achsenband des Hammers und in der durch den hinteren Theil der Stapesfussplatte verlaufenden Bewegungsachse des Stapes, andererseits in den beiden Binnenmuskelsehnen, während auf die sehr schlaffe Membran des runden Fensters auf diesem Wege sich wahrscheinlich gar keine Schwingungen übertragen werden.

Der Gesamteffekt aller dieser Bewegungsimpulse auf den Schallleitungsapparat wird beim Übergang der Schallwellen vom Knochen mehr zugunsten einer rhythmischen Erschlaffung und Anspannung, beim Eintritt aus der Luft durch den Gehörgang dagegen mehr zugunsten einer rhythmischen In- und Exkursion des Gesamtapparates ausfallen.

Bereits vor 18 Jahren habe ich den Unterschied zwischen Luft- und Knochenleitung ausschliesslich darin gesehen, »dass bei der Knochenleitung das Trommelfell und ebenso das Ligamentum annulare nicht von der Fläche, sondern von der Kante getroffen werden«.[1])

Nur beim Auftreffen der Schallwellen auf seine Fläche können ausgiebigere transversale Schwingungen des Trommelfells zustande kommen, welche grössere In- und Exkursionen der Stapesfussplatte zur Folge haben.

Auf Grund dieser mechanischen Verhältnisse, welche sich einfach aus dem Bau und der Einlagerung des Schallleitungsapparates in seine Knochenumrahmung ergeben, werden uns auch erst die zuletzt mitgetheilten Versuche 7, 8 und 9 verständlich. Wir haben dort gesehen, dass ein Beobachter, auf dessen Kopf wir die schwingende Stimmgabel aufsetzen, sie durchgängig kürzere Zeit hört, als ein zweiter Beobachter, welcher das Ohr vis-à-vis der Stelle anlegt, auf welcher der Stimmgabelstiel aufgedrückt wird, ja dass sogar Luftschallwellen, welche den Kopf des ersten Beobachters aus nächster Nähe treffen, von diesem

[1]) „Erklärungsversuch zum Verhalten der Luft- und Knochenleitung". Vortrag, gehalten auf der VII. Versammlung süddeutscher und schweizer Ohrenärzte in München 1885, und in den ges. Vortr. über die funkt. Prüfung des menschlichen Gehörorgans. Wiesbaden, Verl. Bergmann, 1897, Seite 50.

nicht gehört werden, während ein zweiter Beobachter, der vis-à-vis den Schädel auskultiert, sie zu hören vermag.

Anscheinend liegen bei diesen Versuchen für den ersten Beobachter doch alle Verhältnisse günstiger:

Erstens haben die Schallwellen für ihn nur einmal eine Weichtheilschichte zu passieren, während dies für den Auskultierenden dreimal nothwendig ist; zweitens hört der erste Beobachter mit beiden Ohren, der zweite nur mit einem Ohre, und drittens befinden sich die beiden Gehörorgane des Ersteren der Schallquelle viel näher als das Ohr des Letzteren.

Der einzige Umstand, welcher hier zugunsten des zweiten auskultierenden Beobachters überhaupt in Betracht kommen kann, ist die verschiedene Stellung, in welcher sich einerseits die beiden Gehörorgane des ersten und andererseits das auskultierende Gehörorgan des zweiten Beobachters zur Schallquelle befinden: der Schallleitungsapparat des Ersteren wird durch die den Knochen durchströmenden Tonwellen von den Kanten getroffen, der zweite auskultierende Beobachter dagegen befindet sich mit seinem äusseren Gehörgang vis-à-vis der Schallquelle, und die Tonwellen pflanzen sich durch die Luft des Gehörganges und in der Achse desselben auf die Fläche seines Trommelfells fort.

Die hier mitgetheilten Versuche liefern somit einen direkten Beweis, dass es in erster Linie, wenn nicht ausschliesslich die transversalen Schwingungen des Trommelfells, resp. der Stapesfussplatte sind, welche zur Perzeption gelangen.

Als ich die hier gegebenen theoretischen Begründungen meinem Freunde Prof. Edelmann vorlas, um auch das Urtheil eines Physikers darüber zu hören, machte er mich darauf aufmerksam, dass ausser den von mir hier ausschliesslich berücksichtigten molekularen Schwingungen, welche von einer auf den Schädel aufgesetzten schwingenden Stimmgabel aus das Gehörorgan durchlaufen, auch noch eine zweite Art von rhythmischer Erschütterung in Betracht kommen muss, welche dem Schädel von der aufgesetzten Stimmgabel mitgetheilt wird.

Wenn wir nämlich umfangreiche tiefe Stimmgabeln benützen und dieselben, auch ohne stärkeres Andrücken, nur einfach mit ihrem Eigengewicht während ihres Ausschwingens an irgend einer Stelle des Kopfes

aufruhen lassen, so können wir leicht, schon durch Auflegen der Hand auf der gegenüberliegenden Seite, konstatieren, dass auch der Kopf im Ganzen in rhythmische Bewegung versetzt wird.

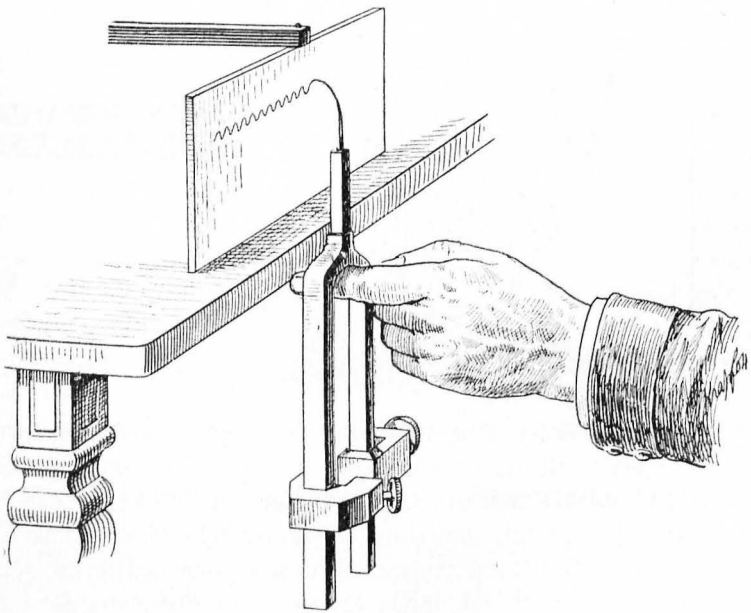
Versuch 10.

Wenn wir eine derartige tiefe Stimmgabel mit grossen Schwingungselongationen dem Schädel aufsetzen, so können wir die ihm mitgetheilten Schwingungen leicht graphisch darstellen.

Bei dem von uns angestellten Versuche wurde die tiefste Stimmgabel der kontinuierlichen Reihe benutzt und mit ihren Gewichten auf 24 Doppelschwingungen in der Sekunde eingestellt. Die Anfangselongation der Zinken bei dieser Einstellung beträgt 9 mm.

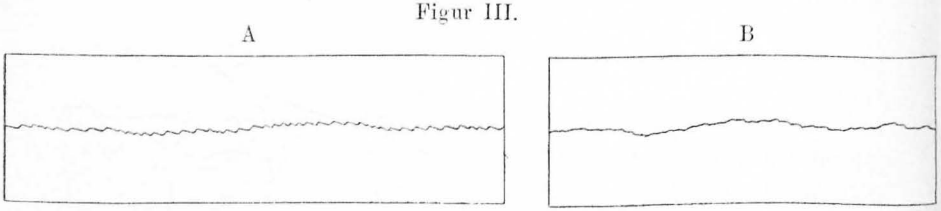
Um zunächst eine graphische Darstellung der Exkursionen zu erhalten, welche diese Stimmgabel mit ihrem Stiele macht, wurde, wie die beifolgende Figur II zeigt, die schwingende Gabel über den Zeigefinger gehängt und ihr mit einer aufgeklebten Messingblech-Schreibspitze versehener Stiel an einer vertikal festgestellten berussten Glasplatte vorbeigeführt.

Figur II.



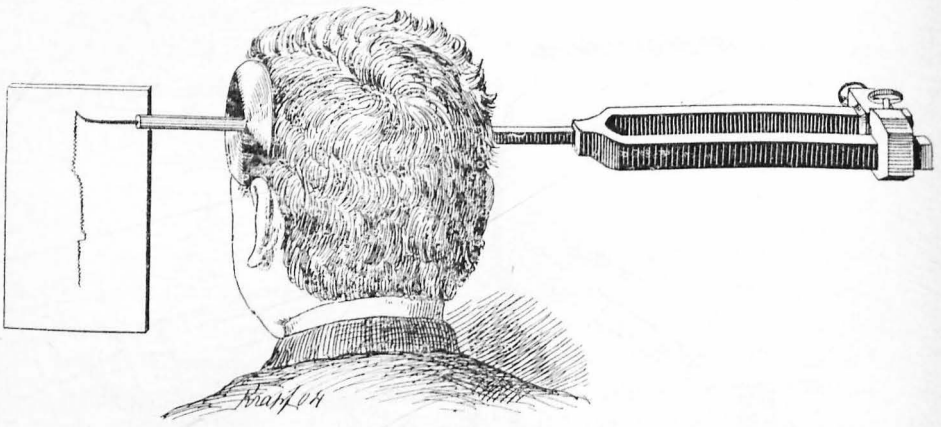
Auf diese Weise erhielten wir die Schwingungskurve des Stiels (Figur III A). Die zweite, weniger gerade verlaufende Kurve B ist

Figur III.



die Schrift des Schädels, angetrieben von derselben Stimmgabel und unter den gleichen Schwingungsverhältnissen. Diese Kurve wurde in der Weise gewonnen, dass die Versuchsperson den Stiel der schwingenden Gabel mit ihrer rechten Hand in horizontaler Richtung fest an die rechte Scheitelgegend andrückte und mit ihrer linken Hand eine mit einem Stiele in der Mitte versehene Metallplatte ebenfalls fest gegen die linke Scheitelgegend hielt. Der Stiel der Metallplatte trug die aufgeklebte Blechschreibspitze, und eine zweite Person führte an dieser eine berusste Glasplatte rasch in vertikaler Richtung nach abwärts vorbei, wie dies in der Figur IV mit Weglassung der Hände gezeichnet ist.

Figur IV.



Die entsprechenden Erschütterungen des Kopfes im Ganzen finden auch statt, wenn wir irgend eine höhere schwingende Stimmgabel von kleineren Dimensionen fest mit dem Stiel gegen den Schädel andrücken.

Die in ihren Achsen hin- und herschwingende Schallleitungskette ist nun einerseits mit ihrem Anfangsglied, dem Hammergriff durch das Trommelfell, andererseits mit ihrem Endglied, der Fussplatte des Steig-

bügels durch dessen Ringband so in der Luft frei aufgehängt, dass sie mit einer Genauigkeit, welche Alles, was wir von mechanischen Apparaten kennen, weit hinter sich lässt, allen geringsten Bewegungsantrieben zu folgen vermag, die ihr, sei es aus der Luft, sei es von den Knochenrahmen aus, übertragen werden, und zwar auch dann, wenn diese Antriebe in beliebiger Raschheit sich wiederholen — mit anderen Worten, der Schallleitungsapparat befindet sich in einem ausserordentlich labilen Gleichgewicht.

Es ist eine immer von Neuem in der Literatur wieder auftauchende unrichtige Anschauung, dass die einzelnen Glieder der Gehörknöchelchenkette bei Bewegungen, welche ihnen, auch von nicht exzessiv starken Schallwellen übertragen werden, schlottern könnten. Die Sehnen der beiden Binnenmuskeln fixieren die einzelnen Glieder vielmehr so vollkommen gegen einander, dass sie niemals auseinander zu weichen vermögen und ebenso wie die Columella sich stets als Ganzes bewegen.

Genaueres über dieses Zusammenwirken der beiden Binnenmuskeln habe ich bereits vor 24 Jahren in meinen »Experimentellen Untersuchungen über den Schallleitungsapparat des menschlichen Ohres«[1]) mitgetheilt, auf welche ich hier verweisen muss.

Die drei Gehörknöchelchen wirken in ihrem gegenseitigen Zusammenschluss wie eine zwangsläufige Kette, welche zwar als Ganzes durch den minimalsten Anstoss in Bewegung geräth, deren einzelne Glieder aber nur etwas mit ihren Gelenkflächen auf einander zu gleiten, sich jedoch weder bei der Inkursion, noch bei der Exkursion voneinander zu entfernen vermögen.

Ebenso, wenn auch wie erörtert in geringerem Mafse, wie von den Luftschallwellen, welche das Trommelfell durch den äusseren Gehörgang treffen, wird der Schallleitungsapparat wohl auch durch die vom Knochen ihm zugeleiteten Schallwellen, welche den Schädel durchlaufen, soweit sie seine Kanten in schiefer Richtung treffen, als Ganzes in Aus- und Einwärtsbewegung versetzt.

Ausserdem muss aber bei der unmittelbaren Zuleitung der Schallwellen durch eine am Schädel angesetzte Stimmgabel nothwendig der Schallleitungskette noch eine zweite rhythmische Bewegung mitgetheilt werden:

Wir haben gesehen, dass tiefe schwingende Stimmgabeln vermöge ihres

[1]) Archiv f. Ohr. Bd. 16, 1880, und Gesammelte Abhandlungen über die funktionelle Prüfung des menschlichen Gehörorganes. Wiesbaden, Bergmann, 1897. 1. Abh.

Eigengewichtes und höhere vermöge des Druckes, mit welchem sie aufgesetzt werden, den Schädel als Ganzes in rhythmische Erschütterung versetzen.

Die im Gehörorgane ausserordentlich beweglich aufgehängte Schallleitungskette wird nun diesem rhythmischen Hin- und Hergang des Schädels nicht einfach folgen, sondern vermöge der Trägheit ihrer Massen jede Bewegung des Schädels in der Richtung des Stimmgabeldruckes mit einer Verschiebung im entgegengesetzten Sinne beantworten. Bei dem ausserordentlich labilen Gleichgewicht der Schallleitungskette dürfen wir annehmen, dass diese Bewegungen in der Zeit sich ebenso oft wiederholen, wie die Stösse des Stimmgabelstiels, welche den Kopf treffen.

Die Bewegungsrichtung kann dabei in den beiden Gehörorganen eine verschiedene sein. Setzen wir beispielsweise den Stimmgabelstiel in der nächsten Umgebung des einen Ohres auf den Warzenfortsatz oder auf die Schuppe, so wird das zunächst liegende Ohr die dem Schädel von der Stimmgabel mitgetheilte positive Druckphase mit einer Exkursion, das andere Ohr aber mit einer Inkursion der Schallleitungskette beantworten. Setzen wir dagegen den schwingenden Stimmgabelstiel auf irgend eine Stelle in der Mittellinie des Schädels, so wird erstens an beiden Gehörorganen überhaupt nur ein geringer Theil der Stosskraft in eine In- resp. Exkursion der Kette sich umsetzen, da der Stoss hier nicht in der Bewegungsrichtung der Kette stattfindet, und zweitens wird hier die Bewegung auf den beiden Seiten nicht in entgegengesetztem, sondern in gleichem Sinne stattfinden.

Es ist nun vor Allem die Frage zu stellen: In welcher Weise wird sich diese rhythmische, aus dem Trägheitsmoment des Schallleitungsapparates resultierende Gegenbewegung — wir können sie kurz molare Bewegung nennen — mit der molekular vermittelten Bewegung kombinieren, welche vom Knochen direkt auf ihn übergeht.

Da diese Gegenbewegung, wie eben erörtert, abhängig ist von der Stelle, von welcher aus die Erschütterung stattfindet, so wird diese Kombination sehr verschieden ausfallen, je nach dem Ort, wo der Stimmgabelstiel aufgesetzt wird.

Nur wenn wir die nächste Umgebung des Ohres hierfür wählen, werden sich molare und molekulare Bewegung summieren und zwar auch in diesem Falle nur im entfernten gegenüberliegenden Ohre. In allen anderen Fällen wird die molare Bewegung der molekular vermittelten mehr oder weniger stark entgegengesetzt sein. Sie werden sich also beide gegenseitig stören und theilweise aufheben.

Es wird vielleicht Manchem das Hereinziehen dieses bis heute unberücksichtigt gebliebenen neuen Bewegungsmomentes in die Theorie über die Vorgänge bei der osteo-tympanalen Leitung als eine verwirrende Komplikation erscheinen, und ich muss gestehen, dass es mir zuerst ebenso gegangen ist.

Bei eingehenderer Beschäftigung mit demselben habe ich mich jedoch überzeugt, dass es uns manche Beobachtungsthatsachen, welche bei der Prüfung der Knochenleitung uns entgegentreten, besser verständlich zu machen im Stande ist, als unsere bis heute bestehenden Anschauungen.

Dahin gehört vor Allem das Intensitätsverhältniss zwischen aëro- und osteo-tympanaler Leitung. Das starke Überwiegen der ersteren über die letztere erschien mir trotz der früheren Erklärung, dass bei der ersteren das Trommelfell hauptsächlich von der Fläche, bei der letzteren Trommelfell, Ligamentum annulare und die Bänder hauptsächlich von der Kante getroffen werden, doch immer noch schwer begreiflich bei Berücksichtigung der so ausserordentlich viel leichteren Fortleitung durch lauter feste Körper, resp. Bandfasern bis zum Labyrinthwasser. Die Störung nun, welche die theilweise in entgegengesetztem Sinne stattfindende molare Bewegung hereinbringt, lässt das Missverhältniss zwischen aëro- und osteo-tympanaler Leitung viel leichter verstehen.

Sehr einfach erklärt sich ferner das seit Langem bekannte Phänomen, dass eine in der Nähe des Ohres mit ihrem Stiel aufgesetzte Stimmgabel am Stärksten auf dem entgegengesetzten Ohre perzipiert wird. [1]). In diesem Ohre wirken eben, wie wir vorhin gesehen haben, die beiden Arten der Bewegung in gleichem Sinn, während sie im zunächstliegenden Ohr einander theilweise aufheben. Allerdings könnte für diese Erscheinung vielleicht noch ausserdem in Betracht kommen, dass dem Schädel mitgetheilte Schwingungen auch objektiv am Stärksten an dem der Ansatzstelle für den Stimmgabelstiel symmetrisch gegenüberliegenden Punkte klingen und zwar sogar stärker als an Punkten der gleichen Seite, welche der Ansatzstelle nahe gelegen sind [2]).

[1]) Cf. Lucae, Berliner klin. Wochenschr. 1871, No. 10. — v. Tröltsch, Lehrbuch der Ohrenheilk. — Urbantschitsch, Arch. f. Ohr. Bd. XII, Seite 277. — Kessel, Arch. f. Ohr. Bd. XVIII, Seite 729.

[2]) Kessel, a. a. O. — Hugo Frei, „Exper. Studien über die Schallleitung im Schädel", Zeitschrift f. Psychol. und Physiol. d. Sinnesorg. Bd. XXVIII. Jahrg. 1902, Seite 9. — Alex. Iwanoff, „Ein Beitrag zur Lehre über die Knochenleitung." Ibidem Bd. XXXI, Jahrg. 1903, Seite 266.

Endlich werden uns durch die Berücksichtigung der in Rede stehenden molaren Bewegung erst eine Reihe bis jetzt räthselhafter Beobachtungsergebnisse verständlich, welche bei den verschiedenen Erkrankungen des Schallleitungsapparates uns entgegentreten:

Ausnahmslos alle Erkrankungen dieses Apparats, mögen nun akute Prozesse mit Schwellung und Durchtränkung seiner Schleimhautbekleidung oder freie Flüssigkeitsexsudate in der Paukenhöhle, oder mögen chronische Prozesse mit Verdichtung der Schleimhaut, Erstarrung der Bandapparate oder Defekte in diesen, resp. der Kette selbst vorliegen, haben konstant eine mehr oder weniger bedeutende Verbesserung der osteo-tympanalen Leitung, d. h. eine Verlängerung der Hördauer beim Aufsetzen der Stimmgabel auf den Scheitel oder an irgend eine andere Stelle des Kopfes zur Folge.

Bisher habe ich die Erklärung für diese konstante Begünstigung der osteo-tympanalen Leitung bei allen Veränderungen am Schallleitungsapparat ausschliesslich darin gesucht, dass alle hier in Betracht kommenden Prozesse ohne Ausnahme in irgend einer Weise eine stärkere Anspannung des Bandapparates bewirken, welcher die Schallleitungskette mit ihrer knöchernen Umrahmung verbindet. Auch die von mir beschriebenen Fälle von Steigbügelankylose und die Isolierung des Steigbügels oder sogar seiner Fussplatte allein nach Zerstörungen sind im Endresultat ihrer funktionellen Wirkung nicht anders aufzufassen, vorausgesetzt, dass der Fussplatte noch eine Spur von Beweglichkeit erhalten geblieben ist.

Mit dieser stärkeren Anspannung des Bandapparats, welche die Überleitung der Schallwellen vom Knochen auf die Steigbügelplatte je nach dem Grad der Spannung und Verdickung der Bänder erleichtert, wird immer gleichzeitig eine entsprechend grosse Störung des labilen Gleichgewichts, resp. der Beweglichkeit des Gesamtleitungsapparats gegenüber von Luftschallwellen verbunden sein. — Ebenso aber, wie diese mehr oder weniger starke Fixation den Apparat ungeeigneter macht für die Aufnahme von Luftschallwellen, wird sie nothwendig auch die molare Gegenbewegung desselben bei direkter Erschütterung des Kopfs durch den Stimmgabelstiel vermindern.

Eine stärkere Fixation des Schallleitungsapparats begünstigt also nicht nur direkt die Zuleitung der vom Knochen auf ihn übergehenden Schallschwingungen (Fadenexperiment) sondern sie hebt auch mehr oder weniger die Störungen auf, welche die vermöge seines Trägheitsmoments

erfolgenden Gegenbewegungen unter normalen Verhältnissen hervorbringen.

Wir haben somit in der Verminderung der normalen Gegenbewegung ausser der stärkeren Anspannung der Bänder noch ein zweites Moment gewonnen, welches zur Erklärung für die Verbesserung der osteo-tympanalen Leitung bei Erkrankungen des Schallleitungsapparats herangezogen werden darf.

Das Vorhandensein eines solchen zweiten Moments für die Begünstigung der osteo-tympanalen Leitung bei Schallleitungserkrankungen habe ich längst als eine Nothwendigkeit empfunden. Denn die verschiedenen hier in Betracht kommenden Erkrankungen, wenn sie auch alle gemeinsam die Hördauer in Knochenleitung verlängern, zeigen doch im Übrigen so grosse Differenzen in ihrem Einfluss auf die Gesamtfunktion des Schallleitungsapparates, dass dieselben unmöglich alle nur durch die mehr oder weniger starke Anspannung seiner Aufhängebänder allein bedingt sein können.

Ich habe hier vor Allem den grossen Gegensatz in funktioneller Beziehung zwischen den mehr akuten exsudativen und den chronischen Adhäsiv-, Sklerosierung- und Zerstörungsprozessen an der Schallleitungskette im Auge.

Während nämlich bei den genannten chronischen Prozessen neben der konstant vorhandenen Verlängerung der Knochenleitung ausnahmslos auch eine entsprechende Einengung für das Hören in Luftleitung am unteren Ende der Tonskala und ein mehr oder weniger starkes Missverhältniss zwischen Luft- und Knochenleitung zu beobachten ist, wie es beim Rinneschen Versuch zum Ausdruck kommt, kann bei den exsudativen Prozessen neben der auch hier ausnahmslos stark ausgesprochenen Verlängerung der Knochenleitung die Einengung am unteren Ende der Skala fehlen und der Rinnesche Versuch positiv ausfallen trotz einer stärkeren Beeinträchtigung des Hörvermögens in Luftleitung.

Bereits 1887 [1]) habe ich mich bezüglich des Rinneschen Versuches darüber folgendermafsen geäussert: »Eine ganz befriedigende Erklärung für dieses auffällig differente Verhalten eines Theils der akuten und subakuten Erkrankungen ist gegenwärtig noch schwer zu finden.«

[1]) Statistische Ergebnisse über die diagnost. Verwendbarkeit des Rinneschen Versuchs und eine daraus sich ergebende Erklärung für die physiol. Funktion des Schallleitungsapparates. Zeitschr. für Ohr. Bd. XVII, 1887 und Ges. Abh. über die funktionelle Prüfung des menschl. Gehörorgans Bd. I, 1897, Seite 55.

Damit, dass sich uns in der durch Gegenstoss zu Stande kommenden molaren Bewegung ein zweites Moment ergeben hat, welches bei der osteo-tympanalen Leitung mitwirkt, sind wir der Lösung auch dieser Frage näher gekommen:

Exsudative Prozesse im Mittelohr können erfahrungsgemäss die Luftleitung für tiefe Töne unter Umständen nur wenig beeinträchtigen; dagegen wird die starke Belastung, welche der Schallleitungsapparat durch dieselben erfährt, immer einen grossen Einfluss auf die molare Gegenbewegung bei Erschütterung des Kopfs durch den Stimmgabelstiel ausüben. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird dieselbe im Gegensatz zu der Beeinträchtigung, welche sie durch die Fixationsprozesse bei chronischen Affektionen erfährt, hier durch die Massenvermehrung und noch relativ leichte Beweglichkeit des Gesamtapparats so bedeutend verstärkt, dass sie für sich allein im Stande ist, in diesen Fällen eine übernormale Perzeption bei Knochenzuleitung hervorzubringen. Damit würden wir eine Erklärung für die auffällige Verstärkung der osteotympanalen Leitung bei akuten exsudativen Prozessen [1]) haben, trotzdem bei ihnen die sonstigen Symptome fehlen, welche wir für chronische Prozesse mit stärkerer Fixation des Schallleitungsapparats als charakteristisch durch Erfahrung kennen gelernt haben.

Ich musste mich hier, gegen meine sonstige Gewohnheit, etwas weit in theoretische Betrachtungen einlassen.

Sie waren deshalb nicht zu umgehen, weil nur auf diesem Wege gezeigt werden konnte, dass alle unsere Beobachtungsergebnisse sowohl am normalen als auch am erkrankten Ohre sich sehr wohl mit der von uns gemachten Annahme vereinigen lassen, dass ebenso wie bei der Luftleitung so auch bei der Knochenleitung der Weg für die zur Perzeption gelangenden Schallwellen immer durch den Schallleitungsapparat führt, dass also eine reine osteale Leitung zum Labyrinth für die Hörperzeption weder nothwendig noch auch nur wahrscheinlich ist.

Das Hauptgewicht der hier gegebenen Erörterungen ist übrigens, wie ich hier am Schluss derselben ausdrücklich bemerken will, nicht

[1]) Wenn die Paukenhöhle vollständig mit Exsudat ausgefüllt ist, so wird allerdings hierbei noch eine weitere Komplikation eintreten, dadurch, dass der Gegenstoss gleichzeitig sowohl das ovale als das runde Fenster trifft.

auf die von mir entwickelte Theorie des Bewegungsmechanismus zu legen, welche vielleicht in einzelnen Punkten anfechtbar ist, und jedenfalls von einem Physiker korrekter und präziser dargestellt werden kann, sondern vielmehr auf die verschiedenen oben zusammengestellten Beobachtungsthatsachen, welche schon für sich allein, auch ohne die daran geknüpften theoretischen Erörterungen, genügen, um die Unentbehrlichkeit des Schallleitungsapparats für das Gehör nicht nur in Luft- sondern auch in Knochenleitung zu beweisen.

Nur kurz möchte ich noch darauf hinweisen, dass auch Beobachtungen über Fixation des Schallleitungsapparats durch pathologische Prozesse sowie einige phylogenetische und vergleichend anatomische Thatsachen uns auf die Unentbehrlichkeit der Schallleitungskette als Überleitungsweg für die Schallwellen hinweisen.

Was zunächst die pathologischen Befunde am Schallleitungsapparat betrifft, so sei hier erinnert an die Fälle von Feststellung des Steigbügels und gleichzeitigem vollständigen, grösstentheils knöchernen Verschluss des runden Fensters, welche Habermann mitgetheilt hat.[1]) Da im Labyrinth und zentralwärts keine Veränderungen aufzufinden waren, scheint die Ausserfunktionsstellung beider Fenster für sich allein zu genügen, um vollständige Taubheit für Sprache und Stimmgabeln in Luftleitung zu erzeugen, wie sie von Habermann im Leben konstatiert war. Diese Beobachtungen sind um so werthvoller, als sie von einem so gewiegten Labyrinthhistologen stammen, wie wir ihn in Habermann besitzen.

Dass dagegen eine auch zum Theil knöcherne Ankylose der Steigbügelfussplatte für sich allein nur Schwerhörigkeit mittleren Grades, keineswegs Taubheit bedingt (Flüstersprache kann dabei noch auf 25 cm Entfernung verstanden werden) [2]), ist durch genaue funktionelle Prüfung

[1]) Vers. d. Deutsch. Otol. Gesellschaft in Dresden 1897, Seite 143 und Arch. f. Ohr. Bd. 53, Seite 52 ff.

[2]) Cf. „Ein weiterer im Leben diagnostizierter Fall von doppelseitiger Steigbügelankylose" Bezold, Zeitschr. für Ohr. Bd. 26, Seite 1, und gesammelte Abhandlungen über die funkt. Prüfung des menschlichen Gehörorgans. Bd. I, 1897, Seite 185.

im Leben mit nachfolgender histologischer Untersuchung wiederholt von Andern und mir sichergestellt worden.

Die Erklärung für diese Beobachtungsthatsache finde ich aber nicht, wie dies heute ziemlich allgemein angenommen wird, in einem Rollentausch zwischen den beiden Fenstern, d. h. in einer Übertragung der Trommelfellschwingungen durch die Paukenhöhlenluft auf die Membran des runden Fensters — denn diese Membran erscheint, wie das schon Johannes Müller ausgesprochen hat, und meine »experimentellen Prüfungen«[1]) ergeben haben, viel zu schlaff, um mit Schallwellen zu schwingen, —, sondern es scheinen mir diese Beobachtungen vielmehr dafür beweisend zu sein, dass auch die am Rand theilweise fixierte Steigbügelfussplatte vermöge ihrer relativen Dünnheit im Verhältniss zu dem sie umgebenden dicken Knochenrahmen noch im Stande ist, minimale Schwingungen auszuführen, welche bei der ausserordentlichen Empfindlichkeit des normalen Cortischen Organs noch ausreichen, um eine Schallperzeption zu vermitteln.

Vollkommene Ertaubung durch ausschliessliche Ankylose des Steigbügels scheint erst dann einzutreten, wenn seine verdickte Fussplatte ringsum in neugebildete Knochensubstanz eingemauert ist. Eine Anzahl derartiger pathologischer Befunde mit totaler im Leben beobachteter Taubheit ist von Politzer[2]) mitgetheilt, und scheint nach seiner Beschreibung der Prozess wenigstens in einem Theil derselben auf das ovale Fenster beschränkt gewesen zu sein, ohne das runde Fenster und das Innere der Schnecke in Mitleidenschaft gezogen zu haben.

In phylogenetischer Beziehung spricht für die Nothwendigkeit der Schallleitungskette als integrierender Theil des Hörorgans das Auftreten einer Paukenhöhle mit Tuba, der Fenster und der Columella gleichzeitig mit dem Auftreten eines höher entwickelten Schneckenanfangs, wie dies in der Thierreihe zuerst in der Klasse der Amphibien bei den Batrachiern in Erscheinung tritt, während noch bei den nach Kreidls Untersuchungen gehörlosen[3]) Fischen weder Schnecke noch Schallleitungskette vorhanden sind.

---

[1]) Cf. a. a. O.

[2]) „Über primäre Erkrankung der knöchernen Labyrinthkapsel“. Zeitschr. für Ohr. Bd. XXV, 1894, Seite 309 ff.

[3]) Die Beweiskraft der Versuche von Kreidl, welche diesen Autor dazu geführt haben, die Fische als gehörlos zu erklären, ist neuerdings in Zweifel

Von besonderem Interesse sind endlich die Umwandlungen, welche der Schallleitungsapparat sowie das gesamte Ohr bei den im Wasser lebenden Säugethieren erlitten hat, wie sie unlängst in einem lehrreichen Vortrag [1]) von Bönninghaus uns geschildert worden sind, welcher eben noch vor Abschluss dieser Arbeit in erweiterter Ausführung [2]) mir zugekommen ist.

Auf Grund einer gründlichen anatomischen Durchforschung des Walohres und des Ohres der übrigen Wassersäugethiere und der zahlreichen Umwandlungen, welche äusseres, mittleres und inneres Ohr bei den unter Wasser lebenden gegenüber den in Luft lebenden Thieren aufweisen, gewinnt Bönninghaus eine Reihe von bemerkenswerthen Anhaltspunkten für Schlussfolgerungen auf die Funktion des Schallleitungsapparates sowohl bei den Land- als bei den Wassersäugethieren.

Während der äussere Gehörgang sich beim Wal verschlossen hat, und das dick und undurchsichtig gewordene Trommelfell nurmehr durch einen langen sehnigen Fortsatz mit dem Hammergriff in Verbindung geblieben ist, also beide theilweise oder ganz ausser Funktion getreten sind, haben die Gehörknöchelchen zwar sehr bedeutende Formveränderungen aber durchaus keine Verkleinerung, sondern vielmehr eine relativ sehr bedeutende Vergrösserung und Gewichtsvermehrung erfahren. Hammer-Amboss- und Amboss-Steigbügelgelenk haben sich als ziemlich dicke Knorpelschichten ohne durchlaufende Spalte erhalten, bilden also Synchondrosen; das Amboss-Steigbügel-Gelenk zeigt eine festere Fügung durch erhebliche Verstärkung des Gelenkbandes. An der Verbindung der Stapesfussplatte mit dem ovalen Fenster ist nach Bönninghaus das Ligamentum annulare nur mehr andeutungsweise vorhanden; an Stelle desselben ist grösstentheils, bei den erwachsenen Thieren wahrscheinlich ringsherum eine, nach der (S. 82) gegebenen Abbildung, ziemlich ansehnlich breite Knorpelschichte getreten. Das Vorhandensein einer knöchernen

gezogen worden von Zenneck, welcher ein Entfliehen der in der Nähe befindlichen Fische konstatierte, wenn er eine grössere von einem Eimer umgebene elektrische Glocke unter Wasser erklingen liess. Es scheint mir aber hier eine taktile Empfindung durch den die Glocke umgebenden Eimer nicht mit Sicherheit ausgeschlossen. Trotz der guten Leitungsfähigkeit des Wassers für Töne reagiren auf 8 m Entfernung die Fische meistens nicht mehr. Pflügers Arch. f. Physiol. 1903, Bd. 95, Seite 346–256.

[1]) Verh. der Deutsch. Otol. Gesellsch. 1903 zu Wiesbaden.

[2]) „Das Ohr des Zahnwales, zugl. ein Beitrag zur Theorie der Schallleitung. Bönninghaus (Aus dem zoologischen Institut der Univ. Breslau.) Verl. von G. Fischer, Jena 1903.

Stapesankylose, wie sie Hyrtl auf Grund des Befundes bei einem Exemplar von Narwal annahm, konnte Denker[1]) bei 3 untersuchten Walschädeln nicht bestätigen.

Die Nische des runden Fensters ist entweder von dem in der Paukenhöhle vorhandenen kavernösen Körper oder von stark verdickter Schleimhaut ausgefüllt.

Die beiden Binnenmuskeln, Tensor tympani und Stapedius, sind gut entwickelt und bieten keine Zeichen von Degeneration.

Ebenso wie bei einer Reihe von Landsäugethieren ist auch bei den Walen der Processus folianus des Hammers mit der Glaserspalte knöchern verwachsen. Während er aber bei den ersteren vermöge seiner Dünnheit und Länge federt, erscheint die Verbindung hier eine so feste, dass der Hammer »selbst bei starker Lupenvergrösserung und stärkerem Druck unbeweglich erscheint.«

Die auffälligsten und für die Hörfunktion bedeutungsvollsten Umwandlungen weisen aber die knöchernen Kapseln des Schallleitungsapparats und des Labyrinths, das Tympanicum und das Perioticum oder Petrosum des Wales, auf. Während das letztere beim 68 cm langen Embryo noch in das Schädelinnere vorspringt, rückt es mit fortschreitendem Wachsthum aus der Schädelbasis heraus und nach abwärts, sodass das Perioticum allseits vom knöchernen Schädel isoliert wird. Ebenso bleibt das Tympanicum nur durch derbes Bindegewebe und auch das nur in bescheidenem Umfange mit den Schädelknochen in Verbindung. Infolge dessen ist — wie ich sowohl an den Knochenpräparaten von Bönninghaus als von Denker auch selbst gesehen habe — am gut mazerierten Schädel das Tympano-Perioticum einfach herausgefallen. »Am nicht mazerierten Schädel federt die derbe Bindegewebsverbindung des Tympanicum mit der Schädelbasis derart, dass man seine Spitze gegen die Schädelbasis hinabdrücken kann« (S. 42).

Unter einander selbst sind Tympanicum und Perioticum nur nach oben und in beschränkter Ausdehnung durch zwei knöcherne Fortsätze verwachsen. Mit ihrem ganzen Körper ragen Bulla und Petrosum von einander isoliert nach abwärts und stehen nur noch durch die zwischen beiden verlaufende Gehörknöchelchenkette miteinander in Verbindung.

Das Os tympano-perioticum ist so ausserordentlich dicht und fest, dass es sich nicht mit der Säge, sondern nur mit der Feile bearbeiten lässt.

[1]) „Zur Anatomie des Gehörorgans der Cetacea“. Anat. Hefte von F. Merkel und R. Bonnet. Heft LXII, (19. Band, Heft 2) 1902.

Betrachten wir nun die physiologische Bedeutung aller dieser Umwandlungen, so tritt uns hier vor Allem die merkwürdige Thatsache entgegen, dass gerade bei den unter Wasser lebenden Thieren, welche doch am Meisten auf Zuleitung des Schalls durch den Knochen angewiesen zu sein scheinen — da ihnen einerseits der freie Zutritt der Schallwellen durch den Gehörgang fehlt, und da andererseits Schallwellen vom Wasser aus auf ihre Schädeloberfläche viel leichter als bei den Lufthieren übergehen können — trotzdem die allerungünstigsten tektonischen Verhältnisse darbieten für eine Überleitung des Schalls durch den Knochen, indem bei ihnen das ausserordentlich hart gewordene Labyrinth von seiner knöchernen Umgebung nach Möglichkeit isoliert gefunden wird.

Diese Bauanordnung des Walschädels deutet nach der vollberechtigten Auffassung von Bönninghaus darauf hin, dass hier eine direkte Überleitung für die Schallwellen von der Schädeloberfläche auf dem Knochenwege zum Labyrinth viel mehr vermieden als gesucht ist [1]); auch bei den Landsäugethieren besteht ja durch die Umlagerung der harten und kompakten Labyrinthkapsel theils mit pneumatischen Räumen, theils mit auffällig weitmaschiger Spongiosa eine gewisse, wenn auch viel unvollkommenere Isolierung des Labyrinths.

Man kann sich nicht leicht eine morphologische Thatsache vorstellen, welche unverkennbarer für die Bedeutungslosigkeit der direkten Knochenleitung zum Labyrinth sprechen würde; ja man kann nach den Umwandlungen, welche das Walohr in dieser Beziehung erfahren hat, sogar vermuthen, dass diese Art der Zuleitung, wenn sie nicht mit allen Mitteln ausgeschlossen worden wäre, eine direkte Schädigung für das Hören bedeutet haben würde.

Da auch die Nische des runden Fensters beim Wal mit Weichtheilen verschlossen ist, so erklärt Bönninghaus als den einzigen möglichen Weg für die Zuleitung der Schallwellen die Gehörknöchelchenkette und das ovale Fenster.

Was uns die hier für unsere Einsicht besonders günstig liegenden anatomischen Verhältnisse bei den Wassersäugethieren als nothwendige Schlussfolgerung erscheinen lassen, das erhöht für die Gesamtheit aller, auch der in Luft hörenden Thiere, welche über-

[1]) Von früheren Autoren hat, wie Bönninghaus anführt, Claudius die akustische Bedeutung dieser anatomischen Isolierung des Tympano-Perioticums bereits erkannt und gewürdigt.

haupt eine Gehörknöchelchenkette besitzen, die Wahrscheinlichkeit, dass eine direkte Überleitung von der Schädeloberfläche durch den Knochen zum Labyrinth keine Rolle für das Hören spielt, sondern dass auch die Schallwellen, welche die Schädeloberfläche direkt treffen, bei allen Thieren ausschliesslich durch Vermittlung der Gehörknöchelchenkette und ihres Endglieds, der Stapesfussplatte diejenige Art von Bewegung im Cortischen Organ hervorzurufen vermögen, welche als Schall zur Perzeption gelangt.

Grössere Schwierigkeiten treten uns beim Wal entgegen, wenn wir die Bewegungsvorgänge an seiner Gehörknöchelchenkette selbst genauer zu analysieren und mit den bei den Landsäugethieren vorliegenden Verhältnissen in Analogie zu bringen versuchen.

An der aktiven Betheiligung der Gehörknöchelchen des Wals beim Hören überhaupt können wir zwar nicht zweifeln; die Gründe, welche Bönninghaus dafür anführt, scheinen mit genügender Sicherheit dafür zu sprechen:

Ihre Form hat zwar sehr augenfällige Umwandlungen erfahren, an Grösse und Gewicht haben sie aber nicht verloren, sondern gewonnen. Die beiden Binnenmuskeln, den Tensor sowohl wie den Stapedius hat Bönninghaus wohl entwickelt gefunden, (Denker hat in einem Falle, der rasch hatte präpariert werden müssen, den Tensor vermisst.) Die Verbindungen zwischen den drei Gehörknöchelchen werden durch Knorpelscheiben von ziemlicher Mächtigkeit vermittelt. Auch der Rand der Stapesfussplatte ist nach Bönninghaus ebenso wie nach Denker im ovalen Fenster nicht knöchern fixiert, wie Hyrtl in einem Falle fand, sondern durch eine breite Knorpelschichte.

Der Hammer aber, welcher auch in seiner Form die grössten Abänderungen zeigt, ist mit einem seiner plump und kurz gewordenen Fortsätze, den Bönninghaus für den verdickten Processus folianus, Denker für den Hammergriff hält, mit dem Os tympanicum so fest und ausgedehnt verwachsen, dass Bönninghaus selbst bei stärkstem Druck unter Lupenvergrösserung ihn vollständig unbeweglich fand.

Die vielfachen Abweichungen vom Typus des Säugethierohres, welche der Schallleitungsapparat der Wassersäugethiere darbietet, verlangen zunächst die Beantwortung der Frage, ob dieser Apparat überhaupt seine Funktionsfähigkeit bewahrt hat, d. h. ob dieselben ein normales Gehör besitzen.

»Nach Claudius (von Bönninghaus angeführt) wird ein an der Oberfläche des Meeres ruhender Walfisch durch ein leichtes Geräusch im Wasser oder an einem das Wasser berührenden festen Körper aufgeschreckt, und Delphine werden in manchen Gegenden durch Klopfen auf den Bootrand wie Wild gejagt; gegen Luftschallwellen sind die Cetaceen dagegen schwerhörig. In der Nähe eines ruhenden Walfisches kann man schreien, selbst Flintenschüsse thun, ohne dass er es hört.«

Was die Art der Funktionsbethätigung des Walohres anbelangt, so erscheint Bönninghaus die knöcherne Feststellung des Hammers als ein zwingender Grund, um eine Massenbewegung des Schallleitungsapparates, wie sie E. Weber als den Modus der Schallübertragung aufgestellt hat, und wie sie auch Bönninghaus für die Landsäugethiere akzeptiert, beim Wal für ausgeschlossen zu erklären, und hier eine molekuläre Fortleitung durch die Kette anzunehmen.

Wenn indess auch der Hammer hier unbeweglich geworden ist, so haben doch der Amboss und der Steigbügel mit seiner Fussplatte vermöge der knorpeligen Zwischenscheiben einen geringeren Grad von Beweglichkeit bewahrt.

Berücksichtigen wir, dass die Schallwellen, welche vermittelst Wassers auf die Schädeloberfläche treffen und von da auf die Gehörknöchelchen übergehen, gegenüber den Luftschallwellen zwar kleinere In- und Exkursionen des Schallleitungsapparates bewirken, aber wegen des ausserordentlich viel grösseren spezifischen Gewichtes der schwingenden Substanz auch viel mehr Wucht entfalten, als dem Trommelfell auf dem Luftwege mitgetheilt wird, so können wir uns wohl vorstellen, dass dieselben die im Gehörorgan des Wales noch beweglich gebliebenen Theile als Gesamtmasse in Bewegung zu versetzen im Stande sind.

Es ist ausserdem auch das Fehlen einer Gelenkspalte in der Hammer-Amboss- und in der Amboss-Steigbügel-Verbindung, die Synchondrose an beiden Stellen, sowie der fast völlige Ersatz des Ligamentum annulare durch eine Knorpelzwischenschicht, welche Bönninghaus eine molare Bewegung der Schallleitungsplatte hier als unmöglich erscheinen lassen. Der Unterschied zwischen Land- und Wassersäugethieren ist aber in dieser Beziehung kein prinzipieller, sondern nur ein gradueller; denn auch bei den Ersteren findet sich nach einer unter Siebenmann's Leitung entstandenen Arbeit von Christ. Schmidt[1])

[1]) „Zur Anatomie und Entwickelung der Gelenkverbindungen der Gehörknöchelchen beim Menschen.“ Zeitschr. f. Ohr, Bd. XXIII, S. 125.

keineswegs eine durchgehende, sondern nur stellenweise oder selbst gar keine Spaltung. Die Bezeichnung Ankylose, welche Bönninghaus für die genannten Gelenkverbindungen des Wals gebraucht, ist daher besser zu vermeiden, schon deshalb, weil wir darunter das Resultat eines pathologischen Vorgangs zu verstehen pflegen.

Die Bedeutung der Umwandlung am Schallleitungsapparat des Wales für seine Funktion sehe ich vielmehr im Gegensatz zu Bönninghaus in der Ausschaltung nicht nur des Trommelfells, sondern ausserdem noch des knöchernen mit dem Tympanicum verwachsenen Hammers, welcher hier nurmehr als festgewordener Ansatzpunkt für den beweglich gebliebenen Rest der Schallleitungskette bestehen geblieben ist.

In Erschütterung versetzt wird dieser Rest durch die Schallimpulse, welche vom umgebenden Wasser auf die Schädeloberfläche stattfinden. Ihre Wirkung auf die beweglich eingefügte Amboss-Steigbügelkette lässt sich am Einfachsten als molare Gegenbewegung in dem von mir oben eingehend erörterten Sinne vorstellen, welche in der Hauptsache eine Aus- und Einwärtsbewegung dieser Kette mitsamt der Labyrinthwassersäule zu Stande bringen wird.

Die Kleinheit der Bewegung an sich — mag sie auch noch so minimal sein — kann keinen Grund abgeben, sie als molekulare zu bezeichnen. Auch Bewegungen, welche weit jenseits unserer mikroskopischen Beobachtungsmöglichkeit stehen, bleiben immer molare, so lange überhaupt der Apparat als Gesamtmasse gleichzeitig sich hin und her bewegt.

Da der Schallleitungsapparat des Wales nur den kleinen aber wuchtigeren Bewegungen zu entsprechen hat, welche ihm von der Schädeloberfläche übermittelt werden, und die Luftschallwellen mit ihren grossen Exkursionen und ihrer geringen Kraft hier ganz ausser Spiel bleiben, so ist nicht nur das Trommelfell überflüssig geworden, sondern wir können auch ferner in der geschilderten Umwandlung der Gehörknöchelchen geradezu eine günstige Adaptierung für diese neue Funktionsweise sehen.

Ist uns doch aus der Pathologie des menschlichen Ohres zur Genüge bekannt, welche enorm begünstigende Einwirkung auf die Verlängerung des Gehörs in Knochenleitung eine Zunahme der Anspannung und theilweise Fixation an dem normal für Luftleitung gebauten Schallleitungsapparat ausübt.

Täglich treten uns eine Reihe von Ohrenkrankheiten entgegen, bei denen wir ausser einer stärkeren Belastung oder Fixation der Schallleitungskette jede andere pathologische Veränderung mit Sicherheit aus-

schliessen können. Das regelmässige und niemals fehlende funktionelle Symptom für alle diese Erkrankungsformen ist neben der Hörverschlechterung in Luftleitung die Verbesserung und Verlängerung des Hörens in Knochenleitung.

Es sei hier nur an zwei Erkrankungsformen erinnert, welche in dieser Beziehung als reine Typen bezeichnet werden können: einerseits die unkomplizierten Tubenverschlüsse, welche zu einer einseitigen Belastung des Trommelfells und damit zu Anspannung in der ganzen Leitungskette inklusive der Steigbügelfussplatte führen und andererseits die Steigbügelankylose bei den sogenannten Sklerosierungsprozessen, welche ausschliesslich an der für die Schallüberleitung wirksamsten Stelle, der Verbindung zwischen Fussplatte und ovalem Fenster, eine mehr oder weniger starke Fixation bildet.

Gerade die letztere Form von Erkrankung, welche uns verhältnissmäfsig so häufig im Leben zur Beachtung kommt, bietet ein ausserordentlich lehrreiches Beispiel dafür, wie eine fortschreitende Fixation der Steigbügelfussplatte das Gehör in Knochenleitung keineswegs beeinträchtigt, sondern vielmehr ganz bedeutend verbessert.

Beispielsweise war in zwei von mir mitgetheilten Sektionsfällen von doppelseitiger theilweise knöcherner Stapesankylose die Hördauer für die im Leben geprüfte Stimmgabel A um 19, resp. 15 Sek. gegenüber einem normalen Ohre verlängert. [1])

Von einer makroskopischen Beweglichkeit der Stapesfussplatte konnte in diesen beiden Fällen, wie ich mich durch die Untersuchung an der Leiche überzeugt habe, [2]) längst keine Rede mehr sein. Trotzdem besteht für mich nach den Gesamtergebnissen der in dieser Arbeit aufgeführten Versuche kein Zweifel, dass auch in solchen Fällen von theilweise knöcherner Fixation der Steigbügelfussplatte durch die starke Erschütterung, welche die auf den Scheitel aufgesetzte grosse und schwere A-Gabel dem Steigbügel mittheilt, dieser noch in eine leichte federnde Erschütterung versetzt werden kann, welche um so intensiver auf die Labyrinthflüssigkeit übergeht, je vollkommener sie durch das theilweise noch vorhandene gespannte Ligamentum annulare auf die Fussplatte übertragen wird.

Unzweifelhaft noch verstärkt wird ferner ihre Bewegung beim Aufsetzen der Stimmgabel auf den Scheitel durch die Gewichtszunahme, welche die ankylosierte Fussplatte durch ihre bei diesen Prozessen wohl niemals fehlende beträchtliche Verdickung erfahren hat.

[1]) Zeitschrift f. Ohrenheilk. Bd. XXIV, S. 269 und Bd. XXVI, S. 3.

[2]) l. c.

Endlich sind wir durch die Beobachtung über das Verhalten des Gehörs bei Verlust von Trommelfell, Hammer und Amboss längst mit der Thatsache vertraut, dass auch der Steigbügel, ja selbst seine Fussplatte für sich allein noch einen beträchtlichen Rest von Gehör, sogar in Luftleitung,[1]) zu übermitteln vermag. Die Knochenleitung erfährt aber bekanntlich durch diese Verkürzung der Kette durchgängig eine auffällige Verbesserung.

Alle diese mechanischen Veränderungen am Schallleitungsapparat — die Verkürzung der Kette, die Gewichtsvermehrung ihrer Glieder und die straffere Anspannung ihrer Weichtheilverbindungen — treten uns bei den Wassersäugethieren physiologisch als Produkte von phylogenetischen Umwandlungen entgegen, welche dieselben erfahren haben.

Wir sind zu dem Schlusse berechtigt, dass dieselben ebenso wie beim erkrankten menschlichen, auch am normalen Walohr in ihrer Gesamtheit

[1]) In einem soeben im Archiv für Ohrenheilkunde, Bd. 61, S. 152, über den ersten Theil dieser Arbeit erschienenen Referat wird dem von mir aufgestellten Satze, „dass ohne den Schallleitungsapparat ein Hören per Luftleitung bis zur eingestrichenen Oktave herauf unmöglich sei“ als Gegenbeweis von einem Patienten der Halle'schen Klinik, dem im Verlauf doppelseitiger Totalaufmeisselung beiderseits Hammer und Amboss, auf der einen Seite auch der Stapes, entfernt worden waren, angeführt, „dass von ihm auf beiden Ohren C (256 Schwingungen) zweifellos gehört und nachgesungen wurde. Nach landläufigem Sprachgebrauch konnte er nicht für „schwerhörig“ für die Sprache gelten.“ (Grunert).

Darauf ist Folgendes zu erwidern:

Dass nach Verlust von Trommelfell, Hammer und Amboss noch immer ein ansehnlicher Rest von Hörvermögen — allerdings mit durchgängigem Verlust mindestens der unteren 2—3 Oktaven — zurückbleiben kann, ist eine Erfahrung, welche wir alltäglich zu machen in der Lage sind. Es wäre wahrhaftig schlimm um die Menschheit bestellt, wenn die Forterhaltung des Gehörs, dieser Grundsäule für unsere ganze Welt des Vorstellens und Empfindens auf einem so unsicheren Boden basiert wäre, wie die Unversehrtheit von Trommelfell, Hammer und Amboss, die so leicht und häufig der Zerstörung anheimzufallen pflegen. Es ist mir ferngelegen, jemals eine so ungereimte Behauptung aufzustellen.

Dass auch nach Verlust des Stapes noch ein Hörvermögen für Luftleitung nicht bloss bis c' mit 256 Schwingungen (in Halle als C bezeichnet), sondern sogar bis A mit 110 Schwingungen vorhanden sein kann, habe ich selbst bereits vor 10 Jahren in einem Falle nachgewiesen.*) Die übrige genaue Hörprüfung

*) „Eine Entfernung des Steigbügels.“ Vortrag gehalten in der II. Versammlung der Deutsch. Otol. Gesellsch. 1893, Zeitschr. f. Ohr. Bd. XXIV, S. 259 und „Über die funktionelle Prüfung des menschl. Gehörorgans“, Bd. I, Wiesbaden, Bergmann 1897. S. 167.

zwar zu einer Verschlechterung des Gehörs für Schalleindrücke, welche aus der Luft kommen, dagegen zu einer Verbesserung des Hörens unter Wasser geführt haben.

Wenn auch theilweise auf anderen Wegen, so ist doch Bönninghaus im Ganzen zu dem gleichen Schlusssatz gekommen.

Für die Überleitung der Schallwellen nimmt Bönninghaus ebenso wie bei den Land- auch bei den Wassersäugethieren die Gehörknöchelchenkette als nothwendiges Mittelglied in Anspruch.

Die Fortleitung innerhalb dieser Kette und im Labyrinth kann sich Bönninghaus nur als eine molekuläre denken, während ich im anatomischen Bau derselben kein Hinderniss sehe, auch für das Ohr der Wassersäugethiere analoge Massenbewegung des ganzen Apparates mit Ausnahme der beiden ausser Funktion getretenen Anfangsglieder, des Trommelfells und des Hammers, anzunehmen, wie sie sich durch die oben mitgetheilte Versuchsreihe am Menschen, sowohl für Luft- als für Knochenleitung als Haupt- und wahrscheinlich einzige Bewegung ergeben hat, die ein Hören zu vermitteln im Stande ist.

---

möge man a. a. O. nachlesen. Bei diesem Falle ist, wie dort erwähnt, das Knorpelgebilde von der Fussplatte zurückgeblieben und hat später wahrscheinlich den Boden für eine Verdickung und spätere Verknöcherung, also einen theilweisen Wiederersatz der Fussplatte gegeben.

Dass aber auch der Besitz der Stapesfussplatte allein noch ein beträchtliches Sprachgehör möglich macht, das ist ja durch die allgemeine Erfahrung zur Genüge bekannt. Man kann sich sogar wohl vorstellen, dass auch ein rein membranöser Verschluss des ovalen Fensters noch einen Rest von Gehör zu übermitteln vermag, vorausgesetzt, dass die Membran genügend gespannt ist.

Die hervorragende Bedeutung der Fussplatte geht schon daraus hervor, dass sie derjenige Theil des Schallleitungsapparates ist, welcher sowohl phylogenetisch (Operculum bei den Urodelen und den Ophidiern), als ontogenetisch im Lauf der embryonalen Entwickelung am Frühesten auftritt.

Einen wirklichen totalen Ausfall des Schallleitungsapparates dürfen wir somit erst dann annehmen, wenn die stark verdickte Fussplatte oder ein Derivat derselben fest und ringsherum im ovalen Fenster eingemauert steht, wie dies im Endstadium der Sklerose eintreten kann. Derartige Fälle hat uns, wie erwähnt, Politzer eine Anzahl mitgetheilt.*) Sie waren alle taub; nur bei einem dieser Fälle meldet Politzer, dass auch das runde Fenster beiderseits knöchern verschlossen war. Erst wenn in einem solchen durch die Sektion konstatierten Falle vor dem Tode noch ein Hörvermögen nachzuweisen wäre, würde eine Berechtigung vorliegen, den Schallleitungsapparat als für die Funktion des Hörens entbehrlich zu bezeichnen.

*) A. a. O.

Ich möchte am Schlusse dieser Betrachtung über das Walohr noch eine Möglichkeit andeuten, in welcher Weise die vielfachen Umwandlungen, die dasselbe erfahren hat, zu einer Verbesserung des Hörens im Wasser beizutragen im Stande sein könnten:

Die Schallwellen, welche vom Wasser auf den Schädel treffen, werden denselben in eine ähnliche Gesamtbewegung versetzen, wie wir dies oben beim Aufsetzen tiefer Stimmgabeln am menschlichen Schädel experimentell nachgewiesen und graphisch dargestellt haben (Versuch 10).

Da nun das ganze Tympano-Perioticum nur durch straffes Bindegewebe im Schädel festgehalten und nirgends in seiner ganzen Zirkumferenz knöchern mit dem übrigen Schädel verwachsen ist, so muss in diesem Falle nothwendig das ganze knöcherne Gehörorgan des Wals vermöge der Trägheit seiner Masse und seiner Aufhängung in straffen Bandmassen die entsprechenden molaren Gegenbewegungen machen, die ihrerseits wieder eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne an Amboss und Steigbügel zur Folge haben werden. Diese zweimalige Übertragung und Umkehr der Bewegung würde an sich wahrscheinlich keine Vergrösserung, sondern eher eine Verkleinerung in der Ex- und Inkursion der Gehörknöchelchen bewirken.

Hier muss aber daran erinnert werden, dass das Os tympanicum und das Os petrosum selbst bis auf zwei ganz schwache Knochenbrücken an ihrer oben liegenden gegenseitigen Berührungsfläche eine vollkommene Isolierung voneinander erfahren haben. Denker, welcher gerade dieses Verhältniss genauer beschreibt[1]), gibt an, dass es ihm »bei zwei mazerierten Präparaten unschwer möglich war, beide Knochen ohne grosse Gewaltanwendung von einander zu trennen.« Die hintere Verbindung zwischen beiden Knochen wird durch ein »Processus des Tympanicums hergestellt, der aber »keinen massiven Knochen darstellt, sondern in seinem Innern, wie sich am Korrosionspräparat feststellen lässt, einen mit der Paukenhöhle kommunizierenden Hohlraum aufweist. Auf die obere Fläche dieses Vorsprungs legt sich die untere Fläche eines vom Petrosum ausgehenden Processus und verwächst mit demselben«. Die vordere Verbindung beider Knochen geschieht nur durch einen »lefzenartigen Wulst«.

Denkt man sich nun diese beiden nach unten vollkommen von einander isolierten Knochenkörper innerhalb straff gespannter Saiten eingespannt, so liegt die Vermuthung nahe, dass beide Körper

[1]) A. a. O.

durch Schwingungen, welche den Saiten mitgetheilt werden, mögen diese longitudinal oder transversal sein, in eine gegeneinander federnde Bewegung versetzt werden können, welche an der zwischen beiden Knochen eingesetzten Amboss-Steigbügelkette eine kräftige In- und Exkursion bewirken wird.

Nach unseren Kenntnissen über die ausserordentliche Empfindlichkeit des Cortischen Organs können wir uns diese Bewegungen nahezu beliebig klein vorstellen, und doch noch, wenn sie nur intensiv genug sind, eine Reaktion des Cortischen Organs auf dieselben erwarten.

In diesem Falle würde auch die Fortexistenz des M. tensor tympani beim Wal verständlich werden, der sich an dem zu einem knöchernen Muskelfortsatz gewordenen Hammerrudiment ansetzt. Es würde dann dieser Muskel hier nicht wie bei den Landsäugethieren die Bewegungen von Trommelfell und Schallleitungskette, sondern von dem etwas beweglich gewordenen Os tympanicum beeinflussen.

Auch die starke Reduktion der sehr schwach gewordenen Verbindungssehne des kurzen Ambossschenkels mit dem Os tympanicum (Bönninghaus, S. 81), sowie der Wegfall der verschiedenen Befestigungsbänder für die Schallleitungskette an der Umgebung wäre mit der hier gegebenen Anschauung in Einklang zu bringen.

Ich bin natürlich weit davon entfernt, diese zuletzt ausgeführten Gedanken für mehr als reine Vermuthungen zu halten, welche vielleicht geeignet sind, uns die vielfachen beim Wal vorliegenden Umwandlungen in etwas verständlicher zu machen.

Eine Untersuchung des Ohres am frischen Wal mittelst des Mikrophons etc. könnte uns vielleicht einer Lösung der verschiedenen hier zuletzt aufgeworfenen Fragen näher bringen.

Schlusssätze.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Abhandlung in einer Schlussübersicht zusammen, so gelangen wir zu folgenden Sätzen:

A. Indirekte Zuleitung von Schallwellen durch die Luft zum Schädel.

1. Die Schallwellen, welche aus der Luft die Schädeloberfläche treffen, vermögen weder ein Gehör für Sprache noch für Töne zu vermitteln, soweit der Verschluss des Gehörgangs ausreichend gemacht werden

kann, um ihr Eindringen auf dem natürlichen Wege durch den Gehörgang zu verhindern.

(Versuch 1 an einseitig Labyrinthlosen, Versuch 2 mit Zuleitung zur Schädeloberfläche durch den Schlauchtrichter.)

2. Der Schädel selbst kann, ebenso wie andere Körpertheile, durch Luftschallwellen, z. B. eine ihn nicht direkt berührende grössere stark schwingende Stimmgabel, in schwache Mitschwingung versetzt werden.

(Versuch 5 am Unterarm, Versuch 7 am Schädel selbst.)

3. Soweit diese Töne gehört werden, kann es nur durch Vermittelung des Schallleitungsapparates geschehen (Versuch 7).

B. Direkte Zuleitung von Schallwellen fester Körper durch Aufsetzen derselben auf den Schädel.

4. Die Leitungsfähigkeit des Schädels mitsamt seinen Weichtheilen bei direktem Aufsetzen des Stimmgabelstiels auf seiner Oberfläche ist eine sehr vollkommene.

(Versuch 6, Durchleitung durch mehrere Köpfe.)

5. Auf ihrem Wege durchsetzen diese Schallwellen sowohl das Labyrinth als den Schallleitungsapparat.

(Die Mitschwingungen des Schallleitungsapparates bei direkter Zuleitung durch den Knochen sind durch die Versuche von Lucae, Politzer, Berthold, Nagel und Samojloff und Mader bewiesen.)

6. Nicht alle den Schädel und das Labyrinth durchlaufenden Schallwellen gelangen jedoch zur Hörperzeption.

(Versuch 7 und 8, Auskultation des Schädels durch einen zweiten Beobachter bei mittelbarer sowohl als unmittelbarer Schallzuleitung zu demselben und Versuch 9, Auskultation des Schädels durch einen zweiten Beobachter beim einseitig Labyrinthlosen.)

7. Aller Wahrscheinlichkeit nach beschränkt sich unsere Hörperzeption nicht nur in Luft-, sondern auch in Knochenleitung ausschliesslich auf die Schallwellen, welche auf ihrem Wege zum Labyrinth den Schallleitungsapparat passiert haben, und bleiben die Schallwellen, welche das Labyrinth direkt, d. h. ohne geeignete Vermittelung des letzteren treffen, für uns unhörbar.

(Verhältnissmäfsige Kürze der Hördauer in Knochenleitung gegenüber der Hördauer in Luftleitung bei Rinne's Versuch und Versuche 7—9).

8. Aber auch von den Schallwellen, welche zum Schallleitungsapparat gelangen, scheinen nur diejenigen für das Gehör in Betracht zu kommen, welche diesen Apparat mitsamt der auf ihm ruhenden Labyrinthwassersäule als Ganzes in transversale Schwingungen, d. h. In- und Exkursionen, versetzen.

9. Aus der Gesamtheit der vorliegenden Beobachtungsthatsachen und theoretischen Erwägungen können wir die Schlussfolgerung ziehen, dass auch die abgestimmten Fasern der Membrana basilaris im Cortischen Organ nur durch ihre Hin- und Herbewegung in transversaler Richtung eine Hörreaktion in den Cortischen Zellen hervorzurufen vermögen, und dass

10. die Aufgabe des Schallleitungsapparates für die Hörperzeption darin besteht, die longitudinalen Schallwellen der Luft ebenso wie die den Schädel direkt durchsetzenden longitudinalen Schallwellen in transversale Schwingungen umzuwandeln, welche allein im Stande sind, die nervösen Endapparate des Ohres in perzipierbare Mitschwingungen zu versetzen.

III.

Nachträgliche Bemerkung während der Correctur über das Gehörorgan des erwachsenen Wales.

Von Professor Dr Fr. Bezold in München

Nachdem ich obige Arbeit zum Druck gegeben hatte, wurde mir durch Prof. Denker Gelegenheit, einige knöcherne Gehörorgane, auch von erwachsenen Walen und Delphinen aus dem Berliner zoologischen Museum einzusehen.

Beim Delphin scheinen die Nähte zwischen Os tympanicum und petrosum auch im erwachsenen Zustand erhalten zu bleiben, wobei die Verbindungsfläche der vorderen, den beiden Knochen angehörigen Fortsätze eine sehr schmale bleibt, die Berührungsfläche zwischen den beiden hinteren Fortsätzen von Tympanicum und Petrosum dagegen einen verhältnissmäfsig grossen Umfang zeigt. Doch scheint diese Berührungsfläche nach dem regelmäfsig parallel gerippten Relief, das ich an einem

Ich möchte am Schlusse dieser Betrachtung über das Walohr noch eine Möglichkeit andeuten, in welcher Weise die vielfachen Umwandlungen, die dasselbe erfahren hat, zu einer Verbesserung des Hörens im Wasser beizutragen im Stande sein könnten:

Die Schallwellen, welche vom Wasser auf den Schädel treffen, werden denselben in eine ähnliche Gesamtbewegung versetzen, wie wir dies oben beim Aufsetzen tiefer Stimmgabeln am menschlichen Schädel experimentell nachgewiesen und graphisch dargestellt haben (Versuch 10).

Da nun das ganze Tympano-Perioticum nur durch straffes Bindegewebe im Schädel festgehalten und nirgends in seiner ganzen Zirkumferenz knöchern mit dem übrigen Schädel verwachsen ist, so muss in diesem Falle nothwendig das ganze knöcherne Gehörorgan des Wals vermöge der Trägheit seiner Masse und seiner Aufhängung in straffen Bandmassen die entsprechenden molaren Gegenbewegungen machen, die ihrerseits wieder eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne an Amboss und Steigbügel zur Folge haben werden. Diese zweimalige Übertragung und Umkehr der Bewegung würde an sich wahrscheinlich keine Vergrösserung, sondern eher eine Verkleinerung in der Ex- und Inkursion der Gehörknöchelchen bewirken.

Hier muss aber daran erinnert werden, dass das Os tympanicum und das Os petrosum selbst bis auf zwei ganz schwache Knochenbrücken an ihrer oben liegenden gegenseitigen Berührungsfläche eine vollkommene Isolierung voneinander erfahren haben. Denker, welcher gerade dieses Verhältniss genauer beschreibt[1]), gibt an, dass es ihm »bei zwei mazerierten Präparaten unschwer möglich war, beide Knochen ohne grosse Gewaltanwendung von einander zu trennen.« Die hintere Verbindung zwischen beiden Knochen wird durch ein n Processus des Tympanicums hergestellt, der aber »keinen massiven Knochen darstellt, sondern in seinem Innern, wie sich am Korrosionspräparat feststellen lässt, einen mit der Paukenhöhle kommunizierenden Hohlraum aufweist. Auf die obere Fläche dieses Vorsprungs legt sich die untere Fläche eines vom Petrosum ausgehenden Processus und verwächst mit demselben«. Die vordere Verbindung beider Knochen geschieht nur durch einen »lefzenartigen Wulst«.

Denkt man sich nun diese beiden nach unten vollkommen von einander isolierten Knochenkörper innerhalb straff gespannter Saiten eingespannt, so liegt die Vermuthung nahe, dass beide Körper

[1]) A. a. O.

durch Schwingungen, welche den Saiten mitgetheilt werden, mögen diese longitudinal oder transversal sein, in eine gegeneinander federnde Bewegung versetzt werden können, welche an der zwischen beiden Knochen eingesetzten Amboss-Steigbügelkette eine kräftige In- und Exkursion bewirken wird.

Nach unseren Kenntnissen über die ausserordentliche Empfindlichkeit des Cortischen Organs können wir uns diese Bewegungen nahezu beliebig klein vorstellen, und doch noch, wenn sie nur intensiv genug sind, eine Reaktion des Cortischen Organs auf dieselben erwarten.

In diesem Falle würde auch die Fortexistenz des M. tensor tympani beim Wal verständlich werden, der sich an dem zu einem knöchernen Muskelfortsatz gewordenen Hammerrudiment ansetzt. Es würde dann dieser Muskel hier nicht wie bei den Landsäugethieren die Bewegungen von Trommelfell und Schallleitungskette, sondern von dem etwas beweglich gewordenen Os tympanicum beeinflussen.

Auch die starke Reduktion der sehr schwach gewordenen Verbindungssehne des kurzen Ambossschenkels mit dem Os tympanicum (Bönninghaus, S. 81), sowie der Wegfall der verschiedenen Befestigungsbänder für die Schallleitungskette an der Umgebung wäre mit der hier gegebenen Anschauung in Einklang zu bringen.

Ich bin natürlich weit davon entfernt, diese zuletzt ausgeführten Gedanken für mehr als reine Vermuthungen zu halten, welche vielleicht geeignet sind, uns die vielfachen beim Wal vorliegenden Umwandlungen in etwas verständlicher zu machen.

Eine Untersuchung des Ohres am frischen Wal mittelst des Mikrophons etc. könnte uns vielleicht einer Lösung der verschiedenen hier zuletzt aufgeworfenen Fragen näher bringen.

Schlusssätze.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Abhandlung in einer Schlussübersicht zusammen, so gelangen wir zu folgenden Sätzen:

A. Indirekte Zuleitung von Schallwellen durch die Luft zum Schädel.

1. Die Schallwellen, welche aus der Luft die Schädeloberfläche treffen, vermögen weder ein Gehör für Sprache noch für Töne zu vermitteln, soweit der Verschluss des Gehörgangs ausreichend gemacht werden

abgetrennten Os tympanicum sah, eine geringe Verschiebung wenigstens in einer Richtung und zwar in der Ebene der Gehörknöchelchensäule zuzulassen.

Ganz andere Verhältnisse bietet das Ohr des erwachsenen Wales. Ich finde bereits bei Bönninghaus die Bemerkung[1]), dass die Verbindung zwischen den Processus posteriores bei den älteren Thieren »eine wirklich feste, durch Gewalt nicht lösbare« wird. Zur Untersuchung stand mir das knöcherne Gehörorgan eines 12 Meter langen Knöllwals (Megapt. boops) zu Gebote, an dem auch die mächtig herangewachsene Gehörknöchelchenkette mit dem eingetrockneten, ansehnlichen Steigbügelmuskel erhalten geblieben ist. An der Umrandung der Steigbügelfussplatte ist deutlich eine feine ringsumlaufende Spalte sichtbar, es scheint also keine Ankylose vorhanden. Ebenso sind die eingetrockneten Knorpelscheiben des Hammer-Amboss- und des Amboss-Steigbügelgelenkes erkennbar. Tympanicum und Petrosum zusammen haben ein Gewicht von nahezu einem Kilogramm. Ein weiteres, noch etwas grösseres isolirtes Tympanicum, das einem Seiwal angehört, wiegt für sich allein $^1/_2$ Kilogramm. Das Tympanicum hat hier vollkommen die Gestalt einer Meermuschel mit nach oben gerichteter weiter Spaltöffnung. In der Mitte von deren dünnerer äusserer Lefze ragt als starker, tragfähiger Querbalken über die weite Spaltöffnung der Muschel der am Präparat erhaltene mächtige Hammer, der an seiner Innenfläche zwei im rechten Winkel aufeinander stehende glatte Gelenkebenen trägt. Derselbe ist mit seinem starken Processus folianus der Mitte der äusseren Lefze fest angewachsen. Wenn man den Zeigefinger unter den frei über die Spaltöffnung herüberragenden Hammer legt, so kann man darauf das schwere Os tympanicum in seiner natürlichen Lage im Körper balanciren lassen.

Die am anderen Präparate erhaltene ganze Gehörknöchelchenkette bildet in ihrer Gesamtheit einen annähernd gestreckten, quer zwischen Os tympanicum und petrosum eingestellten Stab.

Nur ein Theil dieser mechanischen Verhältnisse würde mit der oben entwickelten Theorie von der molaren Gegenbewegung zwischen Os tympanicum und petrosum bei Schalleinwirkungen übereinstimmen.

Bedenklich haben mich in dieser Beziehung besonders zwei Punkte gemacht. Erstens die gewaltige Grösse, welche beide Knochen am erwachsenen Thiere gewonnen haben. Von einem in einer Schaubude gezeigten, etwa 30 Meter langen Wal habe ich ein Os tympanicum ge-

[1]) l. c. Seite 34.

sehen, welches in allen seinen Durchmessern mehr als doppelt so gross war, wie die beiden eben erwähnten Exemplare. Vollständig unmöglich gemacht ist aber zweitens eine Verschieblichkeit der beiden Knochen aneinander durch die feste Verwachsung, welche zwischen den vorderen sowohl als den hinteren Fortsätzen an Erwachsenen eingetreten ist. Sowohl vorne als hinten läuft oben zwischen beiden Knochen als feste Brücke eine Lamelle kompakten Knochens herüber. Da diese beiden Lamellen relativ zur Grösse und Schwere der durch sie miteinander verbundenen Knochen dünn sind und das Licht etwas durchscheinen lassen, so wäre ein geringes Federn zwischen beiden im Übrigen frei suspendirten Knochen immerhin denkbar.

Ich bin aber an dem in seiner Gesammtheit erhaltenen knöchernen Gehörorgan des erwachsenen Wals noch auf eine Eigenthümlichkeit gestossen, welche eine Aufnahme und Überleitung des Schalles von der Aussenfläche des Schädels auf die Gehörknöchelchenkette auch noch in anderer Weise denkbar erscheinen lässt: Von den vereinigten hinteren Fortsätzen beider Knochen, welche dem Processus mastoideus der Landsäugethiere entsprechen, ist nämlich ein 18 cm langer, flügelförmiger Fortsatz ausgewachsen, welcher aus verschieden porösen und verschieden langen gegen seine Wurzel zusammenlaufenden Lamellen gebildet ist. Ebenso hat sich das Os petrosum in der Richtung nach innen zu einer ausserordentlich porösen Pyramide entwickelt.

Beklopfen wir nun den flügelförmigen Fortsatz mit einem Metallhämmerchen, so erhalten wir eine fortlaufende Reihe von Tönen, welche sich über einen grossen Theil der ganzen Tonskala erstreckt. Die tiefsten, allerdings sehr leisen Töne erhalten wir bei leisestem Aufschlagen auf die porösesten Stellen; die Töne werden um so höher, auf je kompakteren und dickeren Knochen wir übergehen. Überschreiten wir die hintere Verbindungsbrücke und gehen auf das Os tympanicum und den damit verwachsenen Hammer über, so erhalten wir noch höhere Töne; die höchsten gibt der Amboss bei leiser Perkussion, den Steigbügel konnte ich an dem Präparat mit dem Hammer nicht erreichen. Auch das Os tympanicum gibt sehr verschiedene und zum Theil auffällig sonore Töne, wenn wir nacheinander seine dünneren und dickeren Stellen leise beklopfen. Sehr tiefe Töne erhalten wir schliesslich auch bei der Percussion der stark spongiösen Pyramide.

Im höchsten Grade auffällig ist die grosse Ähnlichkeit des Os tympanicum mit den Meermuscheln, welche bekanntlich rauschen, wenn man ihre Spaltöffnung an das Ohr hält. Ich war nun verwundert, wie

deutlich dieses Rauschen auch an der weiten Spaltöffnung des isolierten Os tympanicum zu hören ist. Wenn man in der Nähe sprechen lässt, so wird der Klang der Sprache auffällig metallisch, sie lautet ähnlich, als wie in einem leeren Zimmer. Von Vokalen wird besonders das a, weniger das o, nicht sicher werden die übrigen Vokale verstärkt.

An einem Sinnesorgane von der Bedeutung des Ohres können so gewaltige Umbildungen, wie sie hier vorliegen, unmöglich bedeutungslos für die Funktion sein.

Der Vergleich liegt nahe, dass wir hier an den verschieden dichten, langen und dicken Knochenlamellen im Verein mit dem Hohlraum der Bulla ein Analogon des Resonanzkastens von Streichinstrumenten mit ihren Schalllöchern haben, an welchen die im Wasser entstehenden Schallwellen sich direkt zu übertragen vermögen.[1])

Die Annahme einer molaren Bewegung der Gehörknöchelchen selbst beim Hörakt brauchen wir auch bei dieser Art der Überleitung nicht aufzugeben. Dadurch, dass die bewegliche Schallleitungskette um den Hammer vermindert ist, kann ihre relative Grösse immer noch eine Bewegung als Ganzes zulassen. Diese Annahme scheint mir im Gegentheil gefordert durch das Vorhandensein der Knorpelscheiben zwischen den Gelenken und der knorpligen Verbindung der Steigbügelfussplatte im ovalen Fenster, welche für eine moleculare Fortpflanzung durch die Kette statt einer Erleichterung eine ohne die obige Annahme unverständliche Erschwerung bilden würden. Setzen wir den Fall, dass eine moleculäre Überleitung von dem mit den Schallwellen im Wasser resonirenden Os tympanicum auf das Labyrinth für die Hörperception ausreichend wäre, so würde gerade hier die Verbindung vollauf genügen, welche zwischen Os tympanicum und petrosum hergestellt wird durch die beiden compakten Knochenlamellen, welche die zwei Knochen miteinander verbinden und wie zwei Stege auf dem Resonanzkasten des Tympanicums aufgestellt sind; eine weitere dritte, stabförmige Verbindung mit Knorpelunterbrechungen wäre überflüssig.

Ich wollte es nicht versäumen, die Fülle von Problemen hier nachträglich wenigstens in ihren Grundzügen anzudeuten, für deren

[1]) Nachdem uns an der Bulla des Wales ihre Bedeutung als ein an die Gehörknöchelchen angehängter Resonanzkasten so unverkennbar entgegen getreten ist, können wir auch eine ähnliche Bedeutung der Bulla und ebenso der übrigen pneumatischen Höhlenräume des Schläfenbeins bei den Landsäugethieren, da wo sie gut entwickelt sind, nicht mehr so schlechtweg von der Hand weisen, wie dies bis heute noch allgemein geschieht.

Lösung das Walohr ein ungewöhnlich günstiges Untersuchungsobjekt zu sein scheint.

Wäre es doch sogar möglich, dass die Bulla ossea kleinerer Walfische als Schallfänger für Schwerhörige auch eine praktische Verwendung finden könnte. Ich erinnere nur daran, dass es beispielsweise bei Sklerose gerade der Vocal a (die Zahl 8) ist, welcher besonders schlecht gehört wird.

IV.

Sektionsbefund eines Falles von einseitiger angeborener Atresie des Gehörgangs und rudimentärer Muschel.

(cf. die vorausgehende Abhandlung II, Seite 118 Anmerkung.)

Von Professor Dr. Fr. Bezold in München.

Mit 1 Abbildung auf Tafel VI.

Im Folgenden gebe ich eingehenderen Bericht über den in der Abhandlung II erwähnten zweiten, von mir pathologisch-anatomisch untersuchten Fall von angeborener Atresie des Gehörgangs und rudimentärer Muschel. Derselbe bildet eine Ergänzung meiner ersten von Dr. Joél[1]) mitgetheilten Beobachtung von dieser Anomalie insofern, als damals die Gehörknöchelchen bei der Mazeration zu Verlust gegangen waren und nur das mazerierte Schläfenbein beschrieben werden konnte, während diesmal das frische Schläfenbein zur Untersuchung kam und ein für die Betrachtung vortheilhafter Schnitt durch die Paukenhöhle parallel der Promontorialfläche einen vollkommenen Einblick in dieselbe mitsammt den Gehörknöchelchen-Rudimenten gestattet.

Die Bildungsanomalie fand sich bei einer den 28. V. 1901 an Carcinoma uteri verstorbenen 46jährigen Frau auf der rechten Seite.

Die Sektion des frisch herausgenommenen Schläfenbeins ergab folgenden Befund:

An Stelle der Ohrmuschel liegt nur ein bleistiftdicker Knorpelwulst von der halben Länge der normalen Muschel vor.

Von einem Gehörgang ist nichts zu sehen. Der Warzenfortsatz ist etwas klein, von normaler Gestalt und mit normalem Ansatz der an ihm inserirenden Muskeln. Nach vorne befindet sich an dem keilförmig herausgenommenen Schläfenbein noch ein Rest des Unter-

[1]) „Über Atresia auris congenita", Zeitschr. f. Ohr., Bd. XVIII, S. 278.

kiefergelenkfortsatzes, durch welchen der vordere Schnitt gefallen ist. Zwischen diesem letzteren und dem Warzenfortsatz liegen die oberen Parthieen der Glandula Parotis, die sich bis nahezu herauf zur Wurzel der Crista temporalis erstrecken. Von einer Gehörgangsöffnung ist nichts vorhanden. Die zwischen dem Gelenkfortsatz des Unterkiefers und dem Processus mastoideus liegende Drüsenmasse ist ca. 6 mm breit.

Nach Entfernung der Weichtheile von der äusseren Schuppen- und Warzenfortsatzfläche findet sich auch im Knochen keine Spur einer Gehörgangsöffnung, sondern die Fossa mastoidea läuft als seichte Rinne des Planum mastoideum unterhalb und entlang der ganzen Crista temporalis und setzt sich direkt weiter als in die Fossa glenoidalis verlaufende Furche fort. Auch von einer Spina supra meat. ist keine Spur vorhanden. Die Fossa mastoidea ist etwas tiefer als normal. An der Stelle, wo der Gehörgang und die Spina supra meat. liegen müsste, ist der Knochen etwas uneben und haften die Weichtheile fester an.

Die Form der Pyramide ist vollkommen der Norm entsprechend; der obere halbzirkelförmige Kanal auf die Ausdehnung von nahezu 1 cm durchscheinend. Der Porus acustic. int. ist normal. Auch die Fissur für den Aquaeductus vestibuli ist an der Rückwand der Pyramide vorhanden. Der Sinus sigmoideus ist gut entwickelt und ziemlich weit nach vorne liegend.

Durch das Tegmen tympani und antri scheinen nach Ablösung der Dura einige kleine, pneumatische Zellen durch. Von der Fissura petroso-squamosa ist nur der hinterste Theil vorhanden, der grössere vordere Theil des Tegmen geht unvermittelt in die Squama über.

Im Übrigen scheint die Form des Tegmen, ebenso wie der ganzen vorderen Pyramidenwand normal und das Tegmen anscheinend nicht verschmälert.

Die knorpelige Tuba ist grösstentheils an dem keilförmigen Schnitt stehen geblieben und zeigt normale Beschaffenheit; bei der Sondirung der Tuba lässt sich die Sonde mühelos auf 4 cm weit vorschieben.

Der Nasen-Rachenraum zeigt, soweit am Präparat erhalten, normale Verhältnisse.

Nach Ablösung der Weichtheile weiter nach einwärts an der Basis der Schuppe kommt als Fortsetzung des Planum mastoideum nach medialwärts eine glatte, allmählich in die Horizontale übergehende

Knochenplatte zutage, welche nach rückwärts direkt in die Basis des Warzenfortsatzes übergeht. Nach vorne unter der Wurzel des Processus zygomaticus ist eine Knochenspalte, aus der ein Bindegewebsstrang kommt; 6 mm dahinter findet sich das Foramen stylo-mastoideum mit dem austretenden Nervus facialis.

Die ganze untere Fläche der Squama und des Warzentheils ist dadurch am Einfachsten in ihrer Form zu charakterisiren, dass man sich vom normalen Schläfenbein das ganze Os tympanicum wegdenkt.

Das Tegmen tympani und antri zeigt sich bei der Abmeisselung von oben entsprechend dem Antrum dünn, gegen die Paukenhöhle allmählich an Dicke stark zunehmend. Das Antrum ist in annähernd normaler Grösse vorhanden, auch der Aditus ad antr., resp. Recessus epitympanicus hat normale Gestalt. In ihm eingebettet liegen die Rudimente von Hammer und Amboss durch ein zartes Band mit der Aussenfläche verbunden; über den Hammer-Ambosskörper verläuft eine deutlich sichtbare Gelenkfurche.

Sägeschnitt durch das Schläfenbein in der Richtung der Tuba und der Haupträume des Mittelohres, welcher Innen- und Aussenwand der Paukenhöhle von einander trennt. Vorher hatte ich mich davon überzeugt, dass der lange Amboss-Schenkel frei mit einer Spitze endet und die Sehne des Tensor tympani die Paukenhöhle nicht quer durchsetzt. Auf dem Knochendurchschnitt kommen zunächst zahlreiche und theilweise grosse Warzenzellen zutage, die den Sulcus sigmoideus umgeben und sich bis zur Spitze des Warzenfortsatzes erstrecken. Im Boden der Paukenhöhle über dem Bulbus der Vena jugularis befinden sich ebenfalls ziemlich grosse Zellen. Der knöcherne Boden der Paukenhöhle selbst liegt bedeutend höher als am normalen Präparat, nämlich nicht viel tiefer als der Boden des Ostium tympanicum der Tuba. Die ganze auf diese Weise stark verkleinerte Aussenfläche der Paukenhöhle bildet eine glatte, knöcherne Wand, die direkte Fortsetzung der Aussenwand des Recessus epitympanicus. Knöcherne und knorpelige Tuba sind vollkommen normal gebildet.

Was das Hammer-Ambossrudiment im Recessus epitympanicus betrifft, so ist vom Hammer nur der Kopf und, abwärts an denselben anschliessend, ein kleines, kugeliges Rudiment vorhanden, an welches die nicht quer durch die Paukenhöhle, sondern von vorne nach rückwärts in der Richtung der Tuba weiter verlaufende Sehne des

Tensor tympani sich inserirt. Vollkommener ist der Amboss entwickelt, an welchem Körper und kurzer Fortsatz von normaler Gestalt sind, während sein langer Schenkel als nach vorn gekrümmtes, kürzeres Horn mit scharfer frei endender Spitze sich präsentiert (cf. Tafel VI).

An der Innenwand der Paukenhöhle erscheinen die Formverhältnisse vollkommen normal. Promontorium, Nische des ovalen und runden Fensters von normaler Grösse, der Steigbügel in situ, soweit zu übersehen normal, mit der an normaler Stelle inserirenden Sehne des Musculus stapedius.

Bei Berührung des Steigbügels mit der Sonde zeigt sich derselbe übrigens anscheinend vollkommen unbeweglich.

Von einem Trommelfell ist weder bei der Betrachtung von der Aussen- noch von der Innenseite etwas zu sehen. Der kolbenförmige Fortsatz des Hammergriffes endet frei in der Paukenhöhle.

V.

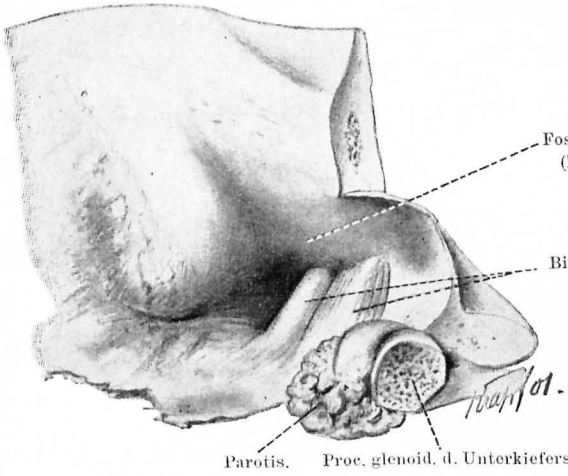
(Aus der Ohrenklinik der Kgl. Charité zu Berlin — Geheimrat Professor Dr. Passow.)

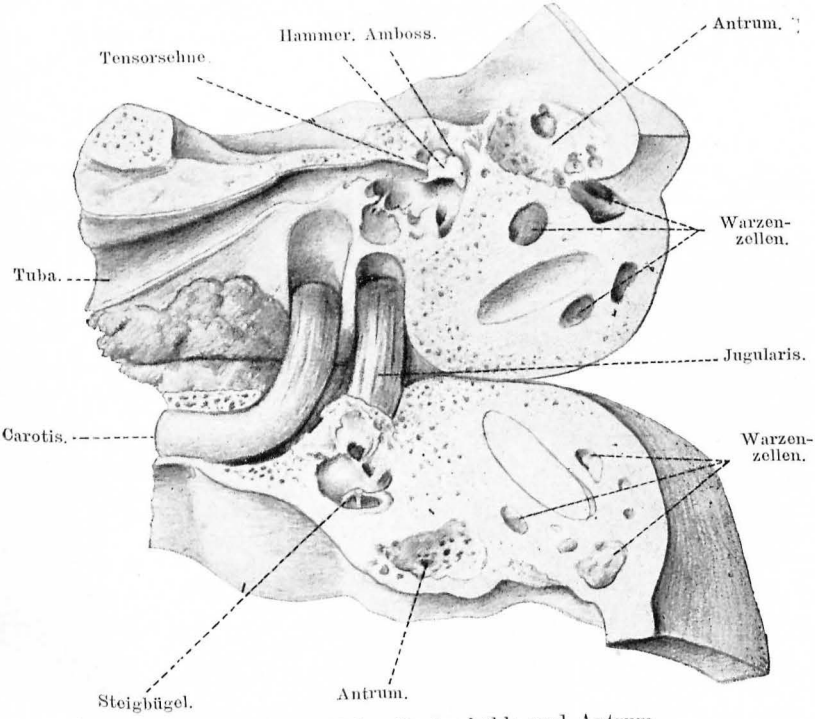
Über Geschmackstörungen bei Mittelohrerkrankungen.

Von Dr. med. E. Maier,
Volontärarzt der Klinik.

Wenn wir auch durch die in letzter Zeit häufiger ausgeführten Untersuchungen über die Störungen des Geschmackes, wie sie nicht nur im Verlaufe von chronischen Mittelohreiterungen und den durch diese bedingten Operationen, sondern auch in Fällen von Operationen am Trigemnus beobachtet worden sind, in der Kenntnis der Versorgung der Zunge und des Gaumens mit Geschmacksfasern und über den weiteren zentripetalen Verlauf dieser Fasern einen guten Schritt vorwärts gekommen sind, so besteht doch eine einheitliche Anschauung über die Beteiligung der Chorda, des Trigeminus und des Glossopharyngeus noch nicht. Als verlassen darf man wohl jetzt im allgemeinen die von Herrmann und Brücke vertretene Ansicht bezeichnen, dass der neunte Hirnnerv allein der Geschmacksnerv sei, wenn sie auch, wenigstens vom theoretischen Standpunkte aus, das Bestechende für sich hat, dass auf diese Weise die Geschmacksempfindung wie ja auch Geruch- und Gehörsempfindung, nur durch eine einzige Nervenbahn schliesslich

Aussenfläche des Schläfenbeins.





Schnitt durch Tuba, Paukenhöhle und Antrum.

Verlag von J. F. Bergmann, Wiesbaden.