

ARCHIV

FÜR

OHRENHEILKUNDE

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. VON TRÖLTSCH
IN WÜRZBURG

DR. ADAM POLITZER
IN WIEN

UND

DR. HERMANN SCHWARTZE
IN HALLE A.S.



ERSTER BAND.

I. Heft.

(Mit 4 eingedruckten Holzschnitten.)



WÜRZBURG.

Druck und Verlag der STAHEL'schen Buch- und Kunsthandlung.

1864.

Untersuchungen

über

die sogenannte „Knochenleitung“ und deren Verhältniss zur Schallfortpflanzung durch die Luft, im gesunden und kranken Zustande

von

Dr. August Lucae.

(Mit 3 Xylographieen.)

I.

Experimental-physiologischer Theil.

Unter „Kopfknochenleitung“ oder schlechtweg „Knochenleitung“ versteht man im Allgemeinen jene Art von Schalleitung zum Gehörorgane, welche eintritt, wenn wir schallgebende feste Körper mit dem Kopfe in Berührung bringen.

Wiewohl nicht abgeläugnet werden kann, dass auch ein Theil der per Luft zum Ohre dringenden Schallwellen, wenn auch bedeutend abgeschwächt, auf der ganzen Oberfläche des Kopfes sich ausbreiten und von dort nach innen zum Gehörorgan gelangen wird, so ist diese „indirecte Knochenleitung“ im normalen Zustande von untergeordneter Bedeutung und kommt daher bei den vorliegenden Untersuchungen nur die erstere, d. h. „directe Knochenleitung“ vorläufig in Betracht.

Schon die handgreiflichen Beobachtungen aus dem gewöhnlichen Leben hätten zu einem genaueren Studium der „Knochenleitung“ auffordern müssen, als dies bisher geschahen ist. Ich erinnere z. B. an die peinliche Lage, in welcher sich der Gelehrte befindet, dessen Studierstube nach oben, unten oder nach einer Seite durch gut tonleitende Wände mit dem Zimmer eines Bravourstücke übenden Klavierspielers in Verbindung steht.

Wer gedenkt ferner nicht des Indianers, der sein Ohr auf die Erde legt, um die Tritte des nahenden Feindes schon aus grosser Entfernung wahrzunehmen? — Wer Gelegenheit gehabt hat, wie Schreiber dieses, sich einige Meilen von einer belagerten Festung zu befinden, der hat sich von der bekannten Thatsache überzeugen können, dass der weithin wahrnehmbare Donner der Kanonen noch deutlicher wahrzunehmen ist, wenn man den Kopf mit der Erde in Berührung bringt.

Wenn schon diese wenigen Betrachtungen zu einem genaueren Studium unsres Gegenstandes auffordern, so kommen hier noch weit wichtigere Momente in Betracht: Vor Allem ist es die eigene Stimme, welche besonders auf dem Wege der „Knochenleitung“ zu unserm Ohre gelangt, eine bereits von älteren Physiologen herrührende Annahme, welche wir im Verlaufe unserer Untersuchungen vollständig bestätigt finden werden. — Endlich ist unser Gegenstand in diagnostischer Beziehung von höchster Bedeutung, freilich in ganz andrem Sinne, als er bisher zur Untersuchung Schwerhörender benutzt wurde. Bekanntlich bedient man sich dabei schallgebender fester Körper, Stimmgabeln und Uhren, welche mit den Kopfknochen in directe Berührung gebracht werden.

Unsere Untersuchungen werden vorläufig folgende Capitel umfassen:

I. Ueber die bei der „Knochenleitung“ in Betracht kommenden Medien. — Versuche mit Stimmgabeln, und mit den im eigenen Körper entstehenden Tönen und Geräuschen.

II. Ueber die Richtung der auf dem Wege der „Knochenleitung“ zum Ohre gelangenden Schwingungen und die Bedeutung der ersteren beim Hören mit beiden Ohren.

I. Ueber die bei der Knochenleitung in Betracht kommenden Medien.

Derjenige, dem wir die ersten exacten Untersuchungen über den vorliegenden Gegenstand verdanken, ist *E. H. Weber*. Von den spä-

teren Beobachtern hat meines Wissens ausser *Joh. Müller* kein Anderer wesentlich Neues hinzugefügt. Unumgänglich nöthig ist es, längere Stellen aus dem klassischen Werke *E. H. Weber's* (*De pulsu, auditu et tactu*, Lips. 1834) wörtlich zu citiren. Es heisst daselbst pag. 41:

„... super est ut doceam, sonos haud raro ad materiam osscam cranii pervenire ad eamque nominatim ipsam hominis aut bestiarum vocem facile propagari.

Id vero ratione, partim experimentis intelligitur: ratione, quia via, qua sonus vocis nostrae ad aures nostras facile pervenit, cognita est: quum enim vocem emitimus, aër oscillans basin cranii, ossa nasi, palati et dentes percillit, porro larynx et haud raro etiam costae vehementer contremiscunt, qui tremores per columnam vertebralem et per musculos ad caput transferri videntur: experimentis, si quidem experimentis probare licet, vocem saepe tum quoque audiri et clarissime percipi, cum sonus neque per meatum auditorium neque per tubam Eustachii ad labyrinthum auris perveniat.

Si stylum furcae musicae oscillantis, sonum non nimis acutum edentis, ad dentes apprimimus et os, quantum fieri potest, labiis et lingua ocludimus, auresque simul vel manibus ad aures appressis, vel digito in meatum auditorium inmisso claudimus, furcae sono vehementius percillimur quam auribus apertis. Si altera auris clausa, altera aperta est, sonum in aure clausa fortiolem quam in aure aperta audimus. Idem tum adeo observamus, si dextram aurem claudimus et stylum furcae musicae oscillantis ad cutim tempora sinistra tegentem apprimimus; sic enim, etsi furca musica oscillans auriculæ sinistrae et meatui auditorio proxima, ab aure dextra vero valde remota est, tamen effectum multo vehementiorem hac aure, quam in aure sinistra habet et vice versa. Apparet vero sonum in hoc experimento neque per meatum auditorium, neque per tubam Eustachii, sed tantum per ossa capitis ad labyrinthum perferri, et tum vehementius audiri, si meatus auditorius aurium clausus est. Hic effectus vehementior sonorum in clausas aures admirationem quidem movet, quia facile crederes, fore ut vis soni per ossa capitis recepti augeatur, si idem sonus simul per meatum auditorium aditum habet, attamen non plane repugnat, suspicari enim licet meatu auditorio clauso aut mutationem aliquam auris fieri, qua labyrinthus aptior reddatur ad sonos per ossa cranii propagatos recipiendos, aut duos sonos diversa via, per ossa cranii scilicet et per meatum auditorium, ad labyrinthum pervenientes se invicem tollere. Quod illam explicationem attinet soni vis v. c. per resonantiam, forsitan ab aère in tympano et in meatu auditorio contento profectam, augeri fortasse potest, si auris clausa est.“

Soweit *E. H. Weber's* zunächst mit der Stimmgabel angestellte Untersuchungen. Ohne in dieselben vorläufig näher einzugehen, will ich die meinigen sogleich hier anreihen.

Es kommt vor Allem darauf an, wo möglich durch Experimente nachzuforschen, welche Media bei der „Knochenleitung“ in Betracht kommen.

Trägt letztere ihren Namen mit Recht, so muss zunächst nachgewiesen sein, dass der Knochen allein genügt, um den Schall zum Labyrinth fortzupflanzen.

Diese Frage kann nur durch Beobachtung an solchen Individuen gelöst werden, welche weder ein äusseres noch ein mittleres Ohr be-

sitzen und dennoch im Stande sind, Schalleindrücke per Knochen wahrzunehmen.

Die Gunst des Schicksals führte mir im Herbst des Jahres 1862 einen solchen Fall zu. Es war ein 47jähriger Arbeitsmann, welcher auf der Station des Herrn Prof. Traube in der Berliner Charité an Morbus Brightii lag und daselbst starb. Während das linke Ohr normalen Bau als auch eine im Allgemeinen normale Hörfähigkeit zeigte, war die rechte Ohrmuschel nur sehr mangelhaft, ein äusserer Gehörgang auf der rechten Seite gar nicht vorhanden, und war auf dieser Seite für den Ton ^a (Glocke mit Uhrwerk) nur noch die Knochenleitung vorhanden, während derselbe Ton auf der andern Seite sowohl per Luft als per Knochen, per Knochen jedoch stärker gehört wurde, als auf der kranken Seite. Die Section ergab einen fast vollständigen Mangel des äussern wie mittlern Ohres. Das innere Ohr war mit Ausnahme einiger Abnormitäten im Allgemeinen normal gestaltet. (Vgl. Virchow's Archiv Bd. XXIX.)

Was die Abnormitäten im innern Ohre betrifft, so lege ich ein Hauptgewicht auf das Fehlen der normalen häutigen Gebilde des Vorhofes und auf die Entartung der häutigen Ampullen (dieselben waren mit unregelmässigen Kalkmassen angefüllt, liessen jedoch deutlich dunkelrandige Nervenfasern erkennen; in der äussern Schicht viel Pigment) als andererseits auf das normale Vorhandensein der Schnecke mit ihren Corti'schen Fasern; Befunde, von denen sich Herr Prof. Virchow zu überzeugen die Güte hatte. — Meines Wissens ist dies der erste schlagende am Menschen dargethane Beweis der Helmholtz'schen Theorie, dass die Schnecke (Corti'sche Fasern) unserm Ohre die Wahrnehmung der Töne vermittelt, oder dass sie wenigstens allein dazu hinreicht. — Ich erinnere daran, dass der Kranke, wie es a. a. O. zu lesen ist, auf der rechten Seite die Glocke „sehr gut“ hörte, jedoch schwächer als auf der normalen Seite, und erklärte ich diese Erscheinung aus dem Mangel des rechten äussern und mittlern Ohres.

Soll diese letztere Erklärung richtig sein, so musste die Mitwirkung des schallleitenden Apparates bei der „Knochenleitung“ im normalen Zustande bewiesen sein.

Schon die einfachen Versuche Johannes Müller's am Lebenden machen dies sehr wahrscheinlich:

„Setzt man eine tönende Stimmgabel bei verstopften Ohren auf den Scheitel, so ist der Ton am schwächsten; stärker ist er, wenn sie auf die Schläfe gesetzt wird; je näher sie dem Gehörgange steht, um so stärker wird der Ton; und der Ton nimmt nicht bloss in dem

Verhältniss zu, je näher der tönende Körper dem Labyrinth ist, sondern zugleich, je näher die schalleitenden Theile des Kopfes der äusseren Ohröffnung sind.“ (Physiologie Bd. II, S. 455.)

Es lag nahe, sich hierüber auf dem Wege des Experimentes vermittelst der graphischen Methode Gewissheit zu verschaffen, ebenso wie diese Methode von *Politzer*¹⁾ zur Untersuchung der Schalleitung durch die Luft am todtten Gehörorgane angewendet wurde.

Ich machte diese Versuche (ebenfalls wie *Politzer* unter der freundlichen Assistenz des Herrn *R. König* in Paris) in der Art, dass ich den Griff einer starken Stimmgabel in den Warzenfortsatz eines normalen, menschlichen Schläfenbeins (von einem jugendlichen Individuum entnommen) fest einschraubte und nach Eröffnung der Paukendecke einen Fühlhebel direct auf die Innenfläche des Trommelfells zwischen Hammergriff und Peripherie als auch auf die einzelnen Gehörknöchelchen aufkittete. Strich ich die Stimmgabel mit dem Violinbogen, so erhielt ich in allen Fällen deutlich sichtbare Schwingungen des Fühlhebels als auch die entsprechenden den *Politzer*'schen ähnlichen Curven aufgezeichnet, wenn ich die Spitze des Fühlhebels mit einem rotirenden, berussten Cylinder in Berührung brachte. (Vgl. *Virchow's Archiv* Bd. XXV.)

Es war nun von Interesse, diese Experimente auch mit kombinierten Tönen anzustellen und zu untersuchen, wie sich sowohl die Schwingungen des Knochens als die der Gehörknöchelchen (des Trommelfells) bei Luftdruckschwankungen im äussern Gehörgang und in der Tuba resp. in der Trommelhöhle, sowie bei Contraction des *m. tensor tympani* verhalten würden.

Zu diesem Zweck war vor Allem eine Tonquelle von gleichmässig konstanter Intensität erforderlich, und fand ich die von *Helmholtz* konstruirte Unterbrechungsgabel (vgl. *Tonempfindungen* S. 186) wie dazu geschaffen.

Herr *R. König* fertigte mir eine solche, welche den Ton *c* gab, mit zwei den Zinken der Gabel gegenüberstehenden Electromagneten an. Hierzu liess ich mir (vom Orgelbauer *Lange* in Berlin) noch eine Reihe von höheren Stimmgabeln, leicht an Stelle der ursprünglichen zu setzenden Stimmgabeln anfertigen und fand es nach mancherlei Vorversuchen für zweckmässig, zunächst alle Untersuchungen, am lebenden sowie am todtten Gehörorgane, als auch an Schwerhörigen mit dem Tone *c*¹⁾ anzustellen und die Gabel stets in verticaler Ebene schwingen zu lassen, eine Konsequenz, die ich zwei Jahre lang geübt

¹⁾ Vergl. dieses Archiv Bd. I, Heft 1.

habe und der ich, wie sich ergeben wird, mancherlei wichtige Aufschlüsse sowohl über die „Knochenleitung“ als auch überhaupt über die Schallfortpflanzung im Gehörorgane verdanke. Ich wählte den Ton *c*, weil derselbe der Mittellage auf dem Pianoforte als auch der mittleren Tonhöhe der menschlichen Stimme ziemlich entspricht.

Eine vortheilhafte Einrichtung brachte ich an dem Apparate der Art an, dass ich die beiden Electromagnete mit einer Schraubenvorrichtung (von den Herren *Siemens* und *Halske* in Berlin angefertigt) verband, durch welche ich dieselben der Stimmgabel nähern oder von letzterer entfernen, d. h. die Intensität des Tones beliebig zu ändern im Stande war.

Zum Betriebe dienten vier von *Siemens* und *Halske* modificirte sogenannte „konstante“ Elemente.

Dieser Apparat, den ich den tongebenden nenne, steht bei allen Untersuchungen auf einer kleinen an einer massiven Wand angebrachten Konsole und ist von letzterer durch untergelegte Gummischläuche isolirt.

Hat man alle Nebengeräusche und Töne, welche leicht durch das Lockerwerden von Schrauben und anderen kleinen Theilen des Apparates beim Schwingen der Gabel entstehen, vermieden und setzt letztere in Gang, so hört man bei einer gewissen Einstellung der Electromagnete nur in äusserster Nähe der Gabel einen schwachen Ton; man ist daher im Stande mit dem so hergerichteten Apparate die „Knochenleitung“ von der „Luftleitung“ — wie ich der Kürze halber die Schallfortpflanzung per Luft nennen will — isolirt zu untersuchen, ein Erforderniss, welches noch wichtiger ist, als die gleichmässige Intensität des Tones.

Befestigt man — wie es zur Untersuchung am toden Gehörorgane oben beschrieben ist — das Schläfenbein mit dem Griff der Stimmgabel, so kommen die geringen von der Gabel zum Präparat per Luft dringenden Schallwellen nicht in Betracht.

Geschicht die Untersuchung am Lebenden — vermittelt eines etwa drei Fuss langen mit dem Griff der Gabel verbundenen Holzstabes, welcher von dem zu Untersuchenden zwischen die Schneidezähne genommen wird —, so ist das Untersuchungsobject der Gabel noch ferner gerückt, und gehört schon ein sehr scharfes Gehör dazu, um per Luft einen leise summenden Ton wahrzunehmen.¹⁾

¹⁾ Ich benutze diese Gelegenheit, um einen Irrthum zu verhindern, der beim Lesen des *Politzer'schen* Aufsatzes (a. a. O. S. 62) leicht entstehen könnte. Es heisst daselbst, nachdem *P.* gesagt, dass er Orgelpfeifen zu seinen Versuchen an-

Die weiteren Methoden, mit denen ich die Untersuchungen anstellte, waren zunächst: die graphische Methode. Zu derselben dient jener rotirende und dabei in einem Schraubengange sich fortbewegende Cylinder. Wie *Politzer*, bediente ich mich bei meinen ersten Versuchen eines solchen um eine horizontale Axe sich drehenden Cylinders, da die Schwingungen der Gabel in horizontaler Ebene damals stattfanden. Da bei dem eben beschriebenen tongebenden Apparate die Gabel jedoch in verticaler Ebene schwingt, so änderte ich den „Schreibapparat“ aus leicht einzuschenden Gründen dahin ab, dass der Cylinder sich um eine verticale Axe dreht und zugleich durch seine eigene Schwere und durch Gewichte nach abwärts gezogen wird. Die bei meinen Versuchen angewendeten Gewichte bewirkten in etwa zwei Sekunden eine Umdrehung des Cylinders. Der Schreibapparat steht in der Nähe des tongebenden Apparates auf einem Tische, so zwar, dass das freie mit einem Fäserchen versehene Ende des etwa 12 Cm. langen Fühlhebels die berusste (Papier-) Fläche des Cylinders eben berührt.

Ich schreite nun zunächst zu den Ergebnissen, welche ich mit Hilfe der *graphischen Methode* erhalten habe.

Versuche mit Stimmgabeln.

I. Versuche über die Schwingungen des Knochens, des Trommelfells und der Gehörknöchelchen bei einfachen und kombinierten Tönen.

1) *Schwingungen des Knochens.* Es scheint mir unnöthig, dieselben mit Hilfe dieser Methode noch nachzuweisen; doch will ich zum Ueberfluss den Octavenversuch mittheilen.

Fig. 1. zeigt in doppelter Vergrößerung die mit demselben erhaltenen Curven, wenn ich den Fühlhebel auf die Oberfläche des Felsenbeins in der Nähe des oberen halbeirkelförmigen Kanals aufkittete. Während die Stimmgabel $c^1 = 264$ Schwingungen in der Sekunde durch die Elektromagnete in Vibrationen gesetzt wurde, liess ich die tiefere Octave mit ersterer zusammen tönen, indem ich die entsprechende Stimmgabel anschlug und auf das Brett des tongebenden

wende: „Man kann auch zu den Versuchen Stimmgabeln, welche mit *Resonanzböden* versehen sind, anwenden. (*Lucae*)“ Dem Leser dieses Aufsatzes wie meiner vorläufigen Mittheilung im Centralblatt 1863 Nr. 40 wird einleuchten, dass ich bei diesen Versuchen *Resonanzböden* gerade vermeiden will.

Apparates fest aufsetzte. Auf eine Erklärung der beiden Wellenlinien brauche ich mich nicht näher einzulassen, da *Politzer* a. a. O. dieselbe schon gegeben hat, und will nur erwähnen, dass während die obere gezeichnet wurde, die Geschwindigkeit des rotirenden Cylinders im Zunehmen, die Intensität der Stimmgabel $c = 132$ Schwingungen in der Sekunde im Abnehmen begriffen war.

Fig. 1.



2) *Schwingungen des Trommelfells und der Gehörknöchelchen.* Was die an denselben mit einfachen Tönen angestellten Versuche betrifft, so verweise ich auf die Abbildungen der entsprechenden Curven a. a. O. und führe hier nur die Versuche mit einfachen und kombinierten Tönen an, welche ich erhielt, wenn ich den Fühlhebel auf den Ambosskörper dicht neben der Gelenkverbindung mit dem Hammer aufkittete. Fig. 2 zeigt in dreifacher Vergrößerung die erhaltenen Schwebungen der Töne c^1 und cis^1 , welche ich erhielt, wenn ich letzteren Ton nach der angegebenen Weise mittönen liess. Fig. 3 zeigt dreifach vergrößert in der oberen Linie die Schwingungen des Tones c^1 , in der unteren die mit demselben kombinierten der unteren Octave.

Fig. 2.



Fig. 3.



Aus diesen Versuchen erhellt, dass sowohl einfache wie kombinierte Töne nicht allein direct durch den Knochen zum Labyrinth sich

fortpflanzen, sondern dass hierbei auch der eigentlich schalleitende Apparat wie bei der „Luftleitung“ mitwirkt.

II. Versuche über den Einfluss des Tensor tympani auf die Schwingungen des Knochens, des Trommelfells und der Gehörknöchelchen.

Zieht man mit einer Pincette an dem Muskelbauche des Tensor tympani oder belastet denselben, indem man eine Schnur anknüpft, und an letzterer, nachdem dieselbe über eine Rolle geführt, Gewichte anhängt, so zeigt der Fühlhebel, wenn auf den Knochen, auf das Trommelfell oder auf die einzelnen Gehörknöchelchen gesetzt, überall eine *kleinere Amplitude*; und zwar ist letztere *proportional der Trommelfellspannung*, während der Ton im gleichen Verhältniss dämpfer wird.

III. Versuche über den Einfluss von Luftdruckschwankungen im äusseren Gehörgang auf die Schwingungen des Knochens, des Trommelfells und der Gehörknöchelchen.

Wird der Gehörgang mit dem Finger luftdicht geschlossen, so macht der Hebel (auf Trommelfell und Gehörknöchelchen) der dadurch eintretenden Spannung des Trommelfells gemäss zunächst eine grosse Excursion; die Schwingungen zeigen überall wie beim Verschluss des äusseren Ohranges eine *kleinere Amplitude proportional der Trommelfellspannung*, während der Ton im gleichen Verhältniss dämpfer wird. Dieselben Resultate bekommt man, wenn man einen kurzen Gummischlauch luftdicht in dem äusseren Ohrange befestigt und durch das Zudrücken des freien Endes des ersteren, oder indem man in den Schlauch mit dem Munde hineinbläst, Luftverdichtungen im äusseren Ohrange hervorbringt.

Ich reihe hieran, ohne weitere Schlüsse aus den beiden letzteren Versuchen zu ziehen, sogleich die bei denselben zum Theil schon angewandte *auscultatorische Methode* der Untersuchung.

Die mit Hülfe derselben angestellten Beobachtungen geschahen sowohl subjectiv an mir und anderen Personen, als auch *objectiv*, indem ich durch ein Otoscop das Ohr des zu Untersuchenden mit dem meinigen in Verbindung brachte oder mit Hülfe eines Stethoscops, welches ich auf den Warzenfortsatz des zu Untersuchenden aufsetzte.

Am Todten wurde ganz in derselben Weise experimentirt, wenn beide Ohren zugleich untersucht wurden, nur mit dem Unterschiede, dass der von mir im Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1865 Nr. 13 bereits angegebene Hörmesser zur Anwendung kam. Derselbe besteht in einer starken Stimmgabel (c²), welche in einem nur an einer Seite (zum Zwecke der Untersuchung der „Luftleitung“) offenem Behälter befestigt ist. Der Anschlag der Gabel geschieht durch einen federnden Hammer, dessen Ausschlag messbar ist. Zur Untersuchung eines Ohres für sich wurden frische menschliche normale Schläfenbeine mit ganzer Tuba, in der oben angegebenen Weise mit dem tongebenden Apparate in Verbindung gebracht, jedoch ohne alle weitere Präparation, als dass ich zur Verhütung des durch Verkleben oder durch Vertrocknen eintretenden Tubarverschlusses eine etwa 1 Zoll lange elastische Röhre von der Dicke eines Federkiels luftdicht in der Pharyngealmündung der Tuba befestigte. Ein langer Gummischlauch diente zur Auscultation, und wurde sein eines Ende mit dem Ohr des Untersuchers, das andere abwechselnd mit der Tuba, dem äusseren und inneren Ohrgeange in Verbindung gebracht. Ein kurzer Gummischlauch diente zur Hervorbringung von Luftdruckschwankungen in dem äusseren Ohrgeange und der Tuba resp. Trommelhöhle, und wurde sein eines Ende abwechselnd mit der Tuba und dem äusseren Ohrgeange in luftdichte Verbindung gebracht.

Versuche am Lebenden.

A. Subjective Beobachtung.

1) Nimmt man den (am tongebenden Apparate befestigten) tonleitenden Holzstab zwischen die Schneidezähne genau in der Mittellinie, so zwar, dass die Schwingungen desselben in verticaler mit der Medianebene des Kopfes zusammenfallender Ebene erfolgen, so hört man den Ton im ganzen Kopf, d. h. gleich stark auf beiden Ohren; verbindet man den Stab mit den Eck- oder Backzähnen einer Seite, so zwar, dass die Schwingungen in verticaler mit der Medianebene des Kopfes paralleler Ebene erfolgen, so hört man den Ton ebenfalls im ganzen Kopf, ausserdem jedoch auf jener Seite ein wenig stärker als auf der anderen.

2) Beim positiven wie beim negativen Experimentum Valsalvae hört man den Ton gedämpft; steigert man bei ersterem den Druck

allmählig, so geht der Dämpfung zuweilen eine momentane Verstärkung voraus.

3) Schliesst man beide Ohren mit dem Finger oder abwechselnd das eine oder andere, so kann man das von E. H. Weber beschriebene, oben citirte Experiment sehr schön zur Wahrnehmung bringen.

4) Bringt man den Griff verschieden gestimmter Stimmgabeln mit dem Kopf in Verbindung, so kann man Schwebungen, Intervalle und Accorde wahrnehmen.

B. Objective Beobachtung.

Dieselben auscultatorischen Beobachtungen kann man auch an anderen Individuen machen und nimmt man hierbei den Schall mit dem *Otoscop* weit stärker wahr als mit dem *Stethoscop*. Mit letzterem nahm ich beim Zudrücken des Ohres der Versuchsindividuen in der Regel keine Veränderung, nur zuweilen eine Abschwächung des Tones wahr, und konnten mir auch andere musikalisch gebildete Personen, so wie geübte Musiker nur selten eine von ihnen nicht näher zu bestimmende Veränderung des Tones angeben.

Versuche am Todten.

A. Am unsecirten Kadaver.

Auch hier lassen sich die Experimente am Lebenden A. I u. 4 objectiv wiederholen.

B. An einem herausgenommenen Ohre.

1) Der kurze Gummischlauch wurde, wie oben angeführt, mit dem äusseren Ohrange, der lange Auscultationsschlauch mit der Tuba verbunden: Bei Compression des kurzen Schlauches an seinem freien Ende hört man den Ton *schwächer*.

2) Kurzer Schlauch mit der Tuba, langer Auscultationsschlauch mit dem äusseren Ohrange verbunden: Bei Compression des kurzen Schlauches an seinem freien Ende hört man den Ton *stärker*, bei zunehmender Verdichtung (durch Hineinblasen bewirkt) der Luft in der Tuba *dämpfer*; dieselbe Dämpfung tritt beim Aussaugen der Luft ein.

In beiden eben geschilderten Versuchen nimmt der Untersucher deutliche Bewegungen seines eigenen Trommelfells bei den durch die

Luftdruckschwankungen hervorgerufenen Bewegungen des todten Trommelfells wahr.

3) Wird der lange Auscultationsschlauch am innern Ohr gänge mittelst eines Holzstiftes befestigt, so hört man den Ton bei weitem *schwächer* als beim Experimente 1 und 2 und nimmt dieselben Veränderungen des Tones bei den so eben beschriebenen Luftdruckschwankungen in der Tuba resp. Trommelhöhle und im äusseren Gehörgänge wahr. —

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass bei der „Knochenleitung“ der schalleitende Apparat eine weit wichtigere Rolle spielt als die den Ton direct zum Labyrinth leitenden Kopfknochen. Ferner ergibt sich daraus, dass hierbei Luftdruckschwankungen in der Trommelhöhle einen sowohl subjectiv als objectiv wahrnehmbaren Einfluss auf die Intensität und Klangfarbe des Tons ausüben, während Luftverdichtung im äussern Ohr gänge eine subjective *Verstärkung* des Tones hervorbringt, welche indess objectiv am Lebenden nicht wahrzunehmen, während bei demselben Experimente am Todten der Ton objectiv *schwächer* ist.

Ich habe die Versuche, so weit dieselben mit graphischer Methode angestellt sind, möglichst in derselben Reihenfolge wiedergegeben, wie dieselben von *Politzer* über die „Luftleitung“ angestellt und a. a. O. beschrieben sind.

Vergleicht man die Resultate beider Untersuchungen, so wird man im Allgemeinen eine grosse Uebereinstimmung zwischen den *Politzer'schen* und meinen Untersuchungen finden.

Die meinigen unterscheiden sich jedoch von denen *Politzer's* durch eine trotz aller am Lebenden wie am Todten angestellten Versuche ungelöst gebliebenen Frage: *Wie erklären wir am Lebenden die beim Zudrücken des äusseren Gehörganges eintretende „Verstärkung der Knochenleitung“?*

Wie ich a. a. O. am todten Gehörorgane gezeigt habe, bewirkt der den äusseren Gehörgang schliessende Finger eine Spannung des Trommelfells nach innen, als auch eine positive Druckschwankung im Labyrinth.

Durch die Untersuchungen *Toynbee's* 1) und *Politzer's* 2) wissen wir, dass ganz dieselben Veränderungen im Gehörorgane durch die Contraction des Tensor tympani hervorgebracht werden. Und hiermit komme ich zum Kern der Frage, welche mich seit der Veröffent-

1) Diseases of the ear 1860 p. 178.

2) Sitzungsberichte der Academie der Wissenschaften in Wien, März 1861.

lichung meiner ersten Arbeit (*Virchow's Archiv* Bd. XXV) unaufhörlich beschäftigt hat:

Wie erklären wir den Widerspruch, welcher zwischen der am Lebenden feststehenden Thatsache — dass wir den Ton bei verschlossenem Ohre per Knochen besser hören — und zwischen den an der Leiche angestellten Versuchen besteht? Denn wie wir oben gesehen haben, wurde am todtten Gehörgange beim Zudrücken des äusseren Ohranges die Amplitude des Fühlhebels überall kleiner, als auch der Ton der Stimmgabel dumpfer gehört. Dieselben Resultate mit dem *Politzer'schen* übereinstimmend brachte der Tensor tympani hervor, wenn er gezerrt oder belastet wurde.

Ausgehend von der oben citirten Beobachtung *E. H. Weber's*, dass die beim Verschluss des äusseren Ohranges eintretende „Verstärkung der Knochenleitung“, besonders bei tieferen Tönen wahrzunehmen ist, stellte ich mir die Frage: Ist dies Phänomen blos der „Knochenleitung“ eigenthümlich, was mir nicht wahrscheinlich schien, oder ist dasselbe auch bei der „Luftleitung“ zur Wahrnehmung zu bringen?

Nach vielen vergeblichen Versuchen erhielt ich durch folgendes leicht anzustellende Experiment eine bündige Antwort auf diese Frage: Ich schaltete in einem 42 Cm. langen Gummischlauch eine kleine mit letzterem communicirende Röhre von Horn ein, welche an einer Stelle ihrer Wand eine Oeffnung hat. In letzterer wurde ein trichterförmiger Aufsatz luftdicht befestigt, welcher mit einer dünnen Gummimembran überspannt wurde. ¹⁾

Drückte ich nun, nachdem das eine Ende des Schlauches in meinen Gehörgang luftdicht eingesetzt war, mit dem Finger auf die Gummimembran, so musste in dem Schlauche nach beiden Richtungen eine Luftverdichtung eintreten, und das Trommelfell nach innen angespannt werden, welche Spannung deutlich wahrzunehmen ist.

Liess ich gleichzeitig mit diesem Drucke tiefere Stimmgabeln (*c*, *c'* und *e'*) vor dem freien Ende des Schlauches tönen, so hörten ich sowohl wie alle von mir untersuchten Personen den Ton *weit stärker*, entfernte ich den Finger von der Membran, sofort wieder *schwächer*. — Die Gunst des Schicksals wollte es, dass zu derselben Zeit Hr.

¹⁾ Die Details dieser Versuche werden in einer besonderen Arbeit: „die Accommodation des Ohres etc.“ erfolgen.

Dr. Klebs in Berlin mir mittheilte, dass er die Fähigkeit besitze, seinen Tensor tympani willkürlich zu contrahiren. Während ich an Herrn Dr. Klebs dabei *keine* Bewegung des Gaumensegels beobachtete, konnte ich mit Hülfe des Ohrenspiegels eine *deutliche Bewegung des Trommelfells nach innen* constatiren und durch das Ohrmanometer noch sichtbarer machen.

Sowohl *per Knochen als auch per Luft* hört Hr. Dr. Klebs, sobald er seinen Tensor tympani contrahirt, *die tieferen Töne entschieden stärker*.

Zu dieser nicht abzuläugnenden Thatsache will ich an dieser Stelle nichts weiter hinzufügen und zum Schluss die wesentlichen Ergebnisse kurz zusammenfassen, welche sich aus allen oben geschilderten Untersuchungen ergeben haben:

I. Die „Knochenleitung“ unterscheidet sich insofern von der Schallfortpflanzung durch die Luft, als die Schallwellen ohne Hülfe des schallleitenden Apparates direct per Knochen zum Labyrinth sich fortzupflanzen vermögen.

II. Aus dem Umstande, dass der schallleitende Apparat eine wesentlichere Rolle dabei spielt, und in demselben eintretende Veränderungen sowohl auf dessen eigene Schwingungen als auch auf die des Knochens von Einfluss sind, ergibt sich jedoch, dass die „Knochenleitung“ ihren Namen *nicht* mit Recht trägt und dass man mit demselben Unrechte die Schallfortpflanzung durch die Luft „Luftleitung“ nennen würde.

III. Die Thatsache, dass man die per Knochen in das Ohr eines Andern geleiteten Schwingungen einer Stimmgabel in das *eigene* Ohr mit Hülfe eines Otoscops übertragen kann, lässt sich diagnostisch vortreflich verwerthen (vgl. Centralblatt 1865, Nr. 13).

IV. Durch Druck auf das Trommelfell wird eine Veränderung im Ohre hervorgerufen, welche letzteres zur Wahrnehmung *tieferer* Töne besser accomodirt.

V. Dasselbe thut der m. tensor tympani.

Aus den beiden letzten Sätzen erklären sich: die beim Schliessen des (normalen) Ohres eintretende „Verstärkung der Knochenleitung“, das Fehlen dieses Phänomens in den Fällen, wo durch irgend welche Ursache das Trommelfell resp. die Gehörknöchelchen abnorm nach innen gespannt oder überhaupt unbeweglich sind; ferner die That-

sache ¹⁾, dass bei offenen Ohren der Ton der Stimmgabel (c¹) auf dem per Luft schwerhörenden Ohre per Knochen sehr oft besser gehört wird, und sind dies allgemein gesprochen die Fälle, wo beim Verschiessen des Ohres jenes Phänomen *nicht* eintritt. Ferner erklären sich hieraus die Wirkung des sogenannten „künstlichen Trommelfells“ und andere im folgenden Abschnitt zu beschreibende Erscheinungen.

¹⁾ welche ich (bereits seit dem Jahre 1862) täglich zu beobachten Gelegenheit habe.

Berlin, den 18. März 1865.