

Die  
physiologischen Grundlagen  
des  
musikalischen Hörens.

Von

**Dr. Richard Wallaschek,**  
Universitätsprofessor.

---

Vortrag, gehalten den 23. November 1910.



## Meine Damen und Herren!

Ich soll heute von einer Theorie sprechen, die seit mehr als zweihundert Jahren Künstler und Gelehrte in gleicher Weise interessiert hat, Musiker und Naturforscher; von einer Theorie, die seit dem ersten Versuche, das ihr innewohnende Problem zu lösen, wiederholt als erledigt gegolten hat, um bald darauf von neuem überprüft und nicht selten nach vergeblichen Bemühungen, zu einer besseren Erklärung zu gelangen, auf den ursprünglichen Stand zurückgeführt zu werden. Dieses eigentümliche Schicksal einer alten Lehre zwingt uns, in der Darstellung des Problems den historischen Weg wenigstens in seinen letzten Phasen zu beleuchten und zu zeigen, wie diese Theorie ungefähr um die Zeit ausgesehen hat, als Helmholtz seine „Lehre von den Tonempfindungen“ schrieb. Nach seiner Auffassung ist der Weg, den ein Ton von seiner Quelle bis zum Gehirn zurücklegt, folgender: Die periodischen Schwingungen des Tones werden zunächst von der Ohrmuschel aufgefangen und von ihr an der Öffnung des äußeren Gehörganges konzentriert. Durch diesen gelangen sie bis zum Trommelfell, das die Schwingungen auf die drei Gehörknöchelchen überträgt, auf Hammer, Amboß und Steigbügel. Der Steigbügel liegt auf dem ovalen (oberen) Fenster des festen knöchernen Labyrinthes, dessen Wasser

durch die Erschütterungen des Steigbügels die Tonschwingungen aufzunehmen in der Lage ist. Das Wasser selbst verteilt diese Bewegung auf alle Teile des Labyrinths, den Vorhof, die drei Bogengänge und die Schnecke. Hier findet jede Bewegung die zahlreichsten und empfindlichsten Gebilde, die darauf reagieren, hier findet sich zwischen zwei Spiralplatten, an die sich die Reißnersche Haut und die Basilarmembrane anschließen, der Gehörsnerv, *acusticus*, der die aufgenommenen Reize zum Gehirn leitet. Er liegt in der mittleren der drei Treppen, in welche der Schneckengang durch die beiden erwähnten Häute geteilt wird. Auf der Basilarmembrane aufstehend finden wir die Cortischen Bögen, über ihnen die Cortische Deckhaut, neben und hinter ihnen die Cortischen Haarzellen, die Hensenschen Stützzellen, kugelige Zellen und Gehörszähne. Die Cortischen Bögen sollen es nun sein, von denen jeder einem möglichen Tone der Außenwelt in derselben Weise entspricht wie die Saiten eines Klaviers. So wie diese durch ihre eigentümliche Spannung geeignet sind, beim Erklingen eines bestimmten äußeren Tones mitzuschwingen, so sollen auch die Cortischen Bögen in dieselbe Mitschwingung geraten, da jede äußere Tonwellenbewegung auf dem eben beschriebenen Wege bis zu ihnen gelangt und von ihnen als ein bestimmter Reiz an den Gehörsnerv abgegeben werden kann.<sup>1)</sup> Daß vielleicht in der Außenwelt Töne entstehen könnten, namentlich Zwischentöne unserer Skaleneinteilung, denen

---

<sup>1)</sup> Helmholtz, Tonempfindung, 4. Aufl., S. 238, 242.

keine Cortische Faser entspricht, ist nicht zu befürchten, denn es gab nach der damaligen Zählung 4500 Bogen mit je 12 Fasern. Nehmen wir an, daß sich die Gehörschwelle — sie ist nicht bei allen Menschen gleich — auf höchstens 10 Oktaven erstreckt (das Klavier hat nur 7), so würden jeder Oktave 450 Bogen entsprechen, also jedem der 12 Töne der chromatischen Skala  $37\frac{1}{2}$  Bogen. Wir können also innerhalb eines Halbtones, einer weißen und schwarzen Taste, noch 37 Töne erzeugen und für jeden von ihnen einen Bogen finden, der seine Schwingungen aufnimmt, auf sie spezifisch reagiert. Wir brauchen also nicht zu besorgen, daß die Anzahl der möglicherweise zu erzeugenden Töne größer ist als die Anzahl der ihnen entsprechenden Cortischen Bogen.

In Ergänzung dieser Helmholtzschen Auffassung wäre noch die Frage zu beantworten, in welcher Weise man sich vorzustellen hat, daß der Reiz, den eine Haarzelle durch Wassertonschwingungen erhält, auf den *acusticus* übertragen wird. Sind die äußersten Nervenfasern des Gehörnerven einfach die Fortsetzung der im Sinnesepithel gelegenen Haarzellen und sind somit diese Haarzellen als Nervenzellen aufzufassen, oder sind sie Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen, die nur sekundär an den Haarzellen haften, so daß diese nicht Nervenzellen, sondern Sinneszellen darstellen? Oder kommt beides vor?<sup>1)</sup> Man glaube nicht, daß die Frage so ein-

---

<sup>1)</sup> In diesen Fragen hat Retzius das Problem in seinen „Biologischen Untersuchungen“, Stockholm, 1881, Bd. III, p. 35, formuliert.

fach durch direkte Beobachtung zu lösen ist. Das ganze Gehörorgan mit allen seinen minutiösen Bestandteilen ist viel zu klein, um sich auch dem mit einem Mikroskop bewaffneten Auge restlos zu offenbaren. Wer den Übergang vom Gehörsnerven zur Haarzelle genau kennen will, muß die Nervenfasern färben und erkennt den Verlauf der Faser erst dadurch, daß er beobachtet, wie weit sich die Färbung hinzieht. Zu diesem Zwecke wird die Methylenblaumethode oder Chromsilbermethode (Golgi) oder Goldmethode (Apathy) eingeschlagen. Retzius kam durch verschiedene Färbungsmethoden zu dem Resultate, daß alle Nervenfasern des Gehörnerven peripher verlaufende Fortsätze der bipolaren Ganglienzellen zu sein scheinen und alle Haarzellen als sekundäre Sinneszellen, nicht Nervenzellen aufzufassen sind. Nirgends hat er einen direkten Übergang der Nervenfasern in Haarzellen wahrgenommen, aber er hat bemerkt, daß die Nervenfasern schalenförmig das untere Ende der Zellen, wahrscheinlich auch den ganzen übrigen Zellkörper umfassen und umstricken. Diese Konstatierung der Sachlage ist für die Weiterleitung des von den Haarzellen übernommenen Reizes wichtig und es mag hinzugerügt werden, daß sich somit der Übergang von der Hörhaarzelle zum Gehörsnerven anders gestaltet als der von der Riechzelle zum Geruchsnerven (*olfactorius*). Die Olfactoriusfasern sind zentripetal verlaufende Fortsätze der im Epithel der Riechschleimhaut gelegenen Riechzellen. Diese sind somit Nervenzellen, nicht Sinneszellen (Retzius).

Diese Gehörstheorie, die Helmholtz popularisierte, ist von einer bestrickenden Einfachheit, ja es kann nicht geleugnet werden, daß sie durch Enthüllung aller mikroskopischen Details unseres Gehörorgans mit dem ästhetischen Zauber eines Wunderbaues auf uns wirkt, den wir um so weniger zu prüfen geneigt sind, als er uns durch seine scheinbare Zweckmäßigkeit leicht veranlaßt zu glauben, daß die Helmholtzsche Auslegung richtig sei. Draußen ein Klavier und drinnen ein Klavier, wenn das erstere erklingt, tönt das zweite mit, da es durch ein ganzes System von Häuten, Knöchelchen, Wässern und Fasern in Mitleidenschaft gezogen wird. Kann es etwas Selbstverständlicheres geben? Es gab eine Zeit, in der diese Theorie eine Bestätigung zu erfahren schien durch Experimente, welche Hensen gemacht hat, als er die Hörhaare einer *Mysis* unter dem Mikroskop beobachtete, während zugleich eine Skala gespielt wurde.<sup>1)</sup> Da bei manchen Tönen die Hörhaare in lebhaftere Bewegung gerieten, schloß er, daß sie auf Tonschwingungen spezifisch reagieren.

---

<sup>1)</sup> Er brachte Exemplare von *Mysis* (spaltfüßiger Krebs) und *Palaemon serratus* (Garnat, zu den Garneelen gehörig, engl. shrimp, franz. Crevette) in Meerwasser, dem zur Anregung der Reflextätigkeit der Nervenzentren etwas Strychnin beigegeben war. Während Hensen die Hörhaare unter dem Mikroskop beobachtete, blies jemand auf einem Ventilhorn eine Skala. Dabei stellte sich heraus, daß ein Härchen durch *dis* und *dis'* in starke Vibration versetzt wurde, weniger durch *g* und sehr schwach durch *G*. — In neuerer Zeit hat Beer die Crustaceen für gehörsunempfindlich erklärt.

Gerade gegen dieses Experiment und gegen die daraus gezogenen Schlüsse wandte sich Herbert Hurst,<sup>1)</sup> indem er zunächst darauf hinwies, daß durch das Experiment nicht erwiesen sei, daß die Hörhaare auf Töne spezifisch reagieren. Denn auch die Augenwimpern bewegen sich bei Toneindrücken, ohne deshalb auf Töne als solche zu reagieren. Ferner herrsche eine Verwechslung über den Begriff der Tonwelle im Wasser und der Wellen an der Oberfläche des Wassers. Eine an ein Aquarium gepreßte tönende Stimmgabel erzeugt zwei Arten von Wellen: Wasserwellen an der Oberfläche und Tonwellen im Wasser selbst. Erstere seien eine offenbare Bewegung, letztere mehr eine Verdichtung des Wassers in gewissen Knotenpunkten, und zwar nach allen Richtungen hin, analog der Verdichtung der Luft bei den Schallwellen. Wäre das Aquarium durch eine wasserdichte Wand geteilt, so würden die Wellen an der Oberfläche bei der Wand stehen bleiben, die Tonwellen aber fortgepflanzt werden. Außerdem sei die eigentliche Bewegung eines Wasserteilchens bei den Wassertonwellen eine sehr geringe, namentlich im Vergleich zu den Oberflächewellen des Wassers. Da ferner das Wasser zehntausendmal weniger zusammendrückbar sei als die Luft,

---

<sup>1)</sup> Herbert Hurst, Biological Theories IV. Supposed Auditory Organs in „Natural Science“ (London und New-York), vol. II, Mai 1893, p. 350. Vergleiche auch: Biological Theories V. Suggestion as to the true functions of Tentaculocysts, Otocysts and Auditory Sacs. Ebda., June 1893, p. 421.

so wäre nur eine minimale Bewegung des Hörhaares möglich, die selbst durch das Mikroskop nicht wahrnehmbar wäre. Nach einer umständlichen und sehr genauen Berechnung hat Hurst gezeigt, daß es zu einer Bewegung, wie sie Hensen gesehen haben will, eines Tones bedürfte von solcher Stärke, daß ihn weder das menschliche Ohr, noch das Mikroskop, noch selbst das Gebäude, in dem der Versuch angestellt würde, aushalten könnte.

Ein anderes Bedenken gegen die oben vorgetragene Gehörstheorie scheint mir aber auch an einem anderen Punkte zu liegen, da nämlich, wo die Schallwellen vom Trommelfell auf die Gehörsknöchelchen übertragen werden sollen. Wie eine solche Verteilung der Schallwellen auf eine Membrane erfolgt, hat Ewald in seinen Versuchen mit Schallbildern gezeigt. Er spannte eine schwach eingeölte Membrane in einen Rahmen und hielt ihn gegen das Licht, während von einer anderen Seite die Schallwellen eines Tones gegen die Membrane geleitet wurden. Man konnte da ganz deutlich sehen, welchen Einfluß die Schallwellen auf die Membrane haben. Lichtere und dunklere Stellen zogen sich in regelmäßiger Aufeinanderfolge von der linken nach der rechten Seite über die ganze Membrane hin. Es war auch deutlich zu beobachten, daß die Schallwellen von zwei oder drei gleichzeitigen Tönen sich über- und untereinander auf die ganze Membrane verteilten. Nun beachte man, daß das Trommelfell nur an einem einzigen Punkte, ungefähr in der Mitte, mit der Handhabe des Hammers zusammenhängt. Nur dort

könnten die Schallwellen von der Membrane auf die Knöchelchen übertragen werden. Es würde also bei einer größeren Anzahl von Tönen ganz unmöglich sein, daß sämtliche Schallwellen so differenziert, wie sie in der Außenwelt gegeben sind, ungestört auf die Gehörknöchelchen übertragen und von ihnen wieder differenziert, in das Labyrinth und zu den ihnen entsprechenden Fasern geleitet werden. Wenn man sich eine Vorstellung davon machen will, welche Masse von Schwingungen selbst bei den einfachsten musikalischen Beispielen auf das Trommelfell einwirken, so beachte man die folgende Phrase und die dazu gehörigen nebenstehenden Schwingungszahlen, die jedem einzelnen Ton entsprechen. Man muß sich das Bild der hier in Betracht kommenden Zahlen einmal vor Augen halten, um eine Vorstellung davon zu haben, um welche Schwingungskomplexe es sich da handelt:

	870	783	725	$652\frac{1}{2}$	$587\frac{1}{4}$
	$652\frac{1}{2}$	$587\frac{1}{4}$	$543\frac{3}{4}$	$498\frac{3}{8}$	435
	$543\frac{3}{4}$	$489\frac{3}{4}$	435	$391\frac{1}{2}$	$362\frac{1}{2}$
	$108\frac{3}{4}$		$122\frac{11}{32}$	$135\frac{15}{16}$	$146\frac{13}{16}$

Ich bitte noch einmal, jede einzelne Schwingungszahl genau zu beachten und sich darnach zu vergegenwärtigen, welche Massen von Schwingungen in dem kleinen Labyrinthwasser ungestört nebeneinander walten müßten, wenn auf jede von ihnen nur eine bestimmte Faser rea-

gieren soll. Man rechne dann etwa noch die Obertöne hinzu. Das Beispiel wird noch unerklärlicher, wenn man sich statt jener Fasern die Basilarmembrane vorstellt, die in ihren verschiedenen Teilen alle diese Schwingungen, jede für sich, zu gleicher Zeit mitmachen soll. Welche Verwirrung und welches ein deutliches Bild von Schallwellen muß schon auf dem Trommelfell bei diesem einfachen Beispiel entstehen, das sich in einer Sekunde abspielt. Und auf wieviele Teile des Trommelfells verteilen sich diese Schwingungen, während doch nur ein einziger Punkt mit den Gehörknöchelchen zusammenhängt.

Die Bedenken, die im Laufe der Zeit gegen die oben vorgetragene Gehörstheorie geltend gemacht wurden, veranlaßten schließlich Helmholtz, das Hauptgewicht nicht auf die Cortischen Fasern, sondern auf die Basilarmembran zu legen und zu sagen, daß durch eine verschiedene Spannung dieser Membrane, die an dem unteren Ende breit und am oberen schmal ist, es ermöglicht werde, daß die auf der Membrane liegenden Hörfasern je nach ihrer Lage auf verschiedene Töne reagieren. Mit dieser Erklärung ist Helmholtz wieder zu der Auffassung zurückgekehrt, die schon im Jahre 1683 Du Verney in seinem berühmten Werke über das Ohr mitgeteilt hat.<sup>1)</sup> Nun

---

<sup>1)</sup> Du Verney, *Traité de l'organe de l'ouïe*. Paris 1683, 2 Th., p. 79: „Enfin cette lame n'est pas seulement capable de recevoir les tremblemens de l'air, mais sa structure doit faire penser qu'elle peut repondre à tous leurs caractères différens; car estant plus large au commencement de sa première révolution qu'à l'extrémité de la dernière, où

war gerade diese Theorie ohneweiters durch ein Experiment zu überprüfen. In der Tat hat man solche Versuche mit Hunden gemacht und untersucht, ob wirklich der untere breitere Teil der Membrane zur Wahrnehmung der tiefen Töne, der obere Teil zur Wahrnehmung der höheren nötig sei. Denn bisher war diese Annahme nichts als eine Hypothese, die sich lediglich auf die einzige Tatsache gründete, daß die Basilarmembrane oben spitzig, unten breit ist. Zu dem erwähnten Experiment hat man einen Hund so abgerichtet, daß er auf den Pfiff eines tiefen Tones eine ihm dargereichte Wurst zu erfassen hatte, auf den Pfiff eines hohen Tones aber von ihr ablassen mußte. Nachdem das Tier in geeigneter Weise nach diesen Pfiffen abgerichtet war, nahm man eine Operation vor, bei welcher der tiefere Teil der Basilarmembrane ganz entfernt wurde. Nachdem die Schnittwunde verheilt war und der Hund wieder sein normales Verhalten gewonnen hatte, wiederholte man das Experiment mit den hohen und tiefen Tönen. Es zeigte sich, daß der Hund die hohen und tiefen Töne trotz der Entfernung eines Teiles der Basilarmembrane genau so zu unterscheiden wußte wie früher.

---

elle finit comme en pointe, et ses autres parties diminuant proportionnellement de largeur, on peut dire que les parties les plus larges pouvant estre ébranlées sans que les autres le soient, ne sont capables que de frémissemens plus lents, qui répondent par consequent aux tons graves, et qu'au contraire ses parties les plus étroites estant frappées, leurs frémissemens sont plus vistes, et repondent par conséquent aux tons aigus.

Ein weiteres Bedenken gegen diese Funktion der Basilarmembrane würde sich ergeben aus der Demonstration von Präparaten, wie sie auf dem letzten physiologischen Kongreß in Wien gezeigt wurden. Es stellte sich dabei heraus, daß diese Membrane mit einer dichten Schichte belegt sei, deren Charakter keineswegs so klar geworden ist, daß man entscheiden könnte, ob die Membrane, mit dieser Schichte belegt, überhaupt schwingen kann. Nachdem man also über 200 Jahre die Schwingungen der Basilarmembrane als die Grundlage unserer Tonempfindung betrachtet hat, stellt sich jetzt erst heraus, daß man gar nicht sicher weiß, ob die Membrane schwingen kann. Andererseits aber ist es sicher, daß nicht bestimmte Teile der Membrane zur Wahrnehmung bestimmter Töne nötig sind. Wenn es wirklich wahr wäre, daß nur die verschiedene Breite dieser Membrane genügte, um verschiedene Töne wahrnehmbar zu machen, so müßten gerade große Differenzen dieser Breite auf die Hörfähigkeit einen besonderen Einfluß haben. Es zeigt sich aber, daß die Gehörsorgane derjenigen Tiere, die viele Windungen in der Schnecke haben, deren Membrane also große Differenzen in der Breite aufweist, durchaus nicht besser hören als diejenigen, die weniger Windungen haben. So hat die Schnecke des Kaninchens zweieinhalb Windungen, des Menschen nicht ganz drei, der Katze drei Windungen, des Ochsen dreieinhalb und des Schweines vier. Und man kann wohl nicht behaupten, daß sich die Hörfähigkeit der erwähnten Wesen in demselben Grade steigert wie die Windungen ihrer Schnecke.

Wenn es also unmöglich ist, durch direkte Beobachtung herauszufinden, ob irgendein Bestandteil unseres inneren Ohrs zum Hören absolut nötig ist, so wird vielleicht der indirekte Weg darüber Aufschluß geben können. Wir brauchen nur die Gehörorgane verschiedener Tiere miteinander zu vergleichen, um daraus vielleicht zu entnehmen, welche Teile bei den besser hörenden Tieren vorhanden oder besonders entwickelt sind, um daraus zu schließen, daß sie eine besondere Funktion bei der Tonempfindung übernehmen. Die phylogenetische Entwicklung des Gehörorgans zeigt, daß bei den Reptilien eine gewisse Höhe erreicht ist, die als Zwischenglied zwischen den Amphibien einerseits und den Vögeln und Säugetieren andererseits aufgefaßt werden kann. Bei den Reptilien ist das Gehörorgan der Vögel schon ziemlich vollkommen vorbereitet, wenn auch das Vogelohr noch einen selbständigen Typus bildet. Dieser besteht in folgendem: Die besondere Anordnung des vorderen und hinteren Bogenganges und die umgekehrte Einmündung desselben in den *Sinus superior* ist auffallend. Bei den niederen Vögeln, den Schwimmvögeln, ist diese Anordnung weniger, bei den höheren weit mehr ausgesprochen, so daß es möglich wäre, daß sie z. B. bei den Pinguinen noch nicht oder kaum ausgeprägt ist. Für den Vogeltypus ist ferner die sehr geringe Ausdehnung des *Sacculus* mit seiner *Macula acustica* charakteristisch. Außerdem zeigt sich, daß gerade bei den Singvögeln, die doch zweifellos Töne wahrnehmen, jener Teil der *Papilla basilaris*, der beim Menschen zum feineren Bau des Cor-

tischen Organs entwickelt ist, diese Entwicklung noch nicht zeigt.<sup>1)</sup> Die Singvögel also empfinden Töne ohne Cortisches Organ, was schon Hasse<sup>2)</sup> im Jahre 1866 in seiner Untersuchung des Gehörorgans der Vögel nachgewiesen hat. Außer den Singvögeln würde uns aber auch ein Klettervogel ganz besonders interessieren, der die Fähigkeit, Töne unmittelbar nachzuahmen, in ausgezeichneter Weise besitzt. Und das ist der Papagei.<sup>3)</sup> Bei diesem fällt es vor allem auf, daß er das ganze System von Gehörknöchelchen, wie es das menschliche Ohr aufweist, nicht besitzt. Statt dessen hat er nur eine einzige knöcherne Säule, *columella*, welche das Trommelfell nach außen stülpt, während ihr anderes Ende mit ihrer Fußplatte durch ein Bindegewebe mit dem Vorhofenster verbunden ist. Es ist also ganz unnötig, mit Helmholtz in der Anordnung der menschlichen Gehörknöchelchen ein besonders zweckmäßiges System zu erblicken, das wie ein sinnreiches Hebelwerk die zarten Schwingungen der Membrane auf ihrem Wege zum Labyrinth zu verstärken geeignet ist. So roh sind diese Schwingungen nicht, daß sie durch sinnreiche Hebel

---

1) Retzius, Das Gehörorgan der Wirbeltiere. Stockholm 1884.

2) Hasse, De cochlea avium. Kiliae 1866. Hier hat Hasse den Cortischen Bogenfasern den höchsten Wert für die Gehörempfindung abgesprochen. Auch den „Schwingungen“ der Basilarmembran legt er keine Bedeutung bei.

3) Alfred Denker, Das Gehörorgan und die Sprachwerkzeuge der Papageien. Wiesbaden 1907.

verstärkt und dadurch vorteilhafter weitergeleitet werden könnten. Das Ohr des Papagei kennt auch keinen *Tensor tympani*, statt dessen einen Muskel, der von der Schädelbasis her durch den *nervus facialis* innerviert wird. Die Länge der *Papilla basilaris*, die beim Menschen 33·5 mm beträgt, beträgt beim Papagei nur 2·6—2·7 mm. Auch dem Papagei fehlt das eigentliche Cortische Organ, das somit auch bei ihm nicht die Funktionen übernehmen kann, die ihm Helmholtz beim Menschen zugeschrieben hat.

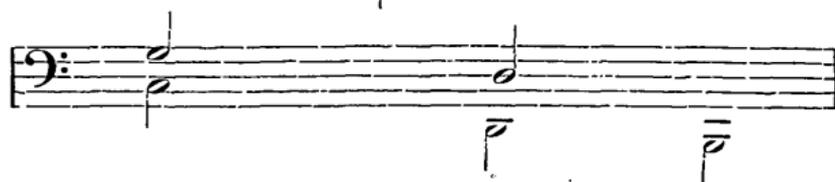
Wenn es also unmöglich ist nachzuweisen, daß bestimmte Fasern nur auf bestimmte Töne reagieren, und es unmöglich ist zu zeigen, welche Fasern das sind; wenn es ferner erwiesen ist, daß von einem großen Komplex gleichzeitiger Schallwellen wieder nur ein Gesamtkomplex, nicht einzelne differenzierte Tonwellen in das Labyrinthwasser gelangen, so werden wir uns zu der Anschauung bekehren müssen, daß es überhaupt nicht nötig ist, für jeden einzelnen Ton eine bestimmte Faser zu suchen, die ihn aufnimmt. Das Schallwellenbild gelangt keineswegs so klar und übersichtlich in die Schnecke wie etwa das optische Bild der Außenwelt auf die Netzhaut. Töne und Geräusche aller Art, Tonwellen und Bewegungswellen sind da zu einem Komplex vereinigt, den wir erst allmählich zu analysieren lernen müssen. Ich glaube wir können sagen, daß, wenn auch von einer komplizierten musikalischen Phrase keineswegs völlig distinkte Tonwellen im Labyrinthwasser vorhanden sind, wir dennoch imstande sein können, große Wellenkomplexe so zu analysieren, daß wir schließ-

lich genau wissen, welche Töne der Außenwelt diesem anfangs ganz verschwommenen Komplex entsprechen. Aber dazu gehört Übung, Beurteilung und allmähliche Einführung in die Natur solcher Komplexe. Auf welchem Wege immer eine Mehrheit von Tonwellen und Geräuschen in das Labyrinth kommt (ob über die Gehörknöchelchen, den ganzen Knochenbau des Kopfes, die Zähne oder sonst wo her) und wie verworren sie dort auch schließlich aussehen mögen, wir werden doch empfinden, daß der Reiz, den eine Gruppe A auslöst, ein anderer ist als der, den eine Gruppe B zur Folge hat. Welche Töne diesen Reizen entsprechen, das muß erst allmählich durch Übung gelernt werden. Daß ein Organ im Ohr besteht, das alle diese Teile gesondert aufnimmt, ist bisher nicht nachgewiesen worden und es ist meiner Ansicht nach auch nicht nötig, das Vorhandensein eines solchen um jeden Preis zu suchen. Jedes Hörhaar, jede Cortische Faser, jeder Teil der Basilarmembran kann alle möglichen Arten von Bewegungen aufnehmen, wir sind schon in der Lage, die Reize zu entziffern und für sie die richtigen Töne der Außenwelt festzustellen. Zu dieser Erklärung des Hörens musikalischer Töne finde ich mich deshalb veranlaßt, weil die psychologische Tatsache besteht, daß sich Ungeübte schon bei einer kleinen Anzahl von Tönen absolut nicht auskennen und nicht einmal zu sagen wissen, wieviel Töne sie eigentlich vor sich haben. Selbst da muß erst eine längere Übung über die Anzahl von Tönen Aufschluß geben. Ist sie aber erfolgt, dann können nicht nur zwei, sondern etwa

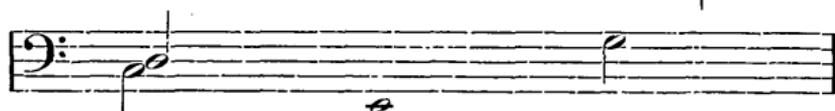
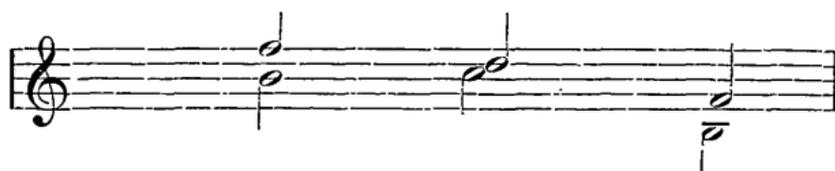
zwanzig gleichzeitige Töne ohneweiters entziffert werden. Es ist ganz unnötig anzunehmen, daß diesen zwanzig Tönen auch wirklich zwanzig verschiedene Fasern entsprechen, von denen jede einzelne sich gewissermaßen den ihr zugehörigen Ton heraussucht. Diese Annahme wäre schon deshalb zu umständlich, weil sich die Luftwellen der Töne von den Luftwellen der Geräusche keineswegs qualitativ unterscheiden, sondern nur durch Quantität und Intensität der Schwingungen. Man müßte dann auch annehmen, daß für jedes nur irgendwie mögliche Geräusch auch wieder nur eine bestimmte Faser vorhanden ist, die nur auf dieses und kein anderes Geräusch spezifisch reagiert.

Wie unklar die ungeübte Tonempfindung ist und wie klar sie mit der Zeit durch Übung werden kann, geht aus folgenden Beispielen hervor. Ich habe neun unmusikalischen Personen das untenstehende Beispiel vorgelegt und sie gefragt, ob sie in jedem einzelnen Falle einen oder zwei Töne vor sich haben. Ich bemerke noch, daß ich unter unmusikalisch hier lediglich diejenigen Personen verstehe, die gar keinen musikalischen Unterricht genossen haben und auch Melodien nur schwer oder gar nicht nachsingen können, deren Gehörorgan aber sonst natürlich intakt ist. Es zeigte sich, daß von den unten angeführten 24 Tönen und Intervallen nur ein einziger Ton, nämlich der Ton *g* richtig als ein Ton erkannt wurde. In allen anderen Fällen sind neben den richtigen auch unrichtige Urteile gefällt worden. Die unter den Noten stehenden Zahlen sind in der Weise zu

interpretieren, daß die Bezeichnung  $8 \times 2$  so viel bedeutet als, daß in 8 Fällen auf 2 Töne geraten wurde, während die darunter stehende Bezeichnung  $1 \times 1$  soviel sagen will, als daß in einem Falle das Intervall nur als ein Ton erkannt wurde.



$8 \times 2^1)$   $7 \times 2$   $3 \times 2^2)$   $4 \times 2^2)$   $5 \times 2$   $5 \times 2$   
 $1 \times 1$   $2 \times 1$   $6 \times 1$   $5 \times 1$   $4 \times 1$   $4 \times 1$



$6 \times 2$   $5 \times 2$   $7 \times 2$   $6 \times 2$   $9 \times 1$   $8 \times 2^4)$   
 $3 \times 1^3)$   $4 \times 1^3)$   $2 \times 1$   $2 \times 1$   $1 \times 1$   
 1 unsicher

<sup>1)</sup> Davon einmal eher zwei als eins.

<sup>2)</sup> Davon einmal bei wiederholtem Hören als ein Ton angegeben.

<sup>3)</sup> Davon einmal bei wiederholtem Hören als zwei Töne bezeichnet.

<sup>4)</sup> Davon einmal als „vielleicht drei Töne“ bezeichnet.

Stav

The first musical example consists of two staves. The treble staff (labeled 'Stav') contains a sequence of notes: a quarter rest, a quarter note G4, a quarter note A4, a quarter note B4, and a quarter note C5. The bass staff contains a sequence of notes: a quarter note G2, a quarter note F2, a quarter note E2, and a quarter note D2.

$1 \times 2$     $7 \times 2$     $5 \times 2^1$     $7 \times 2$     $7 \times 2$     $6 \times 2$   
 $8 \times 1^1$     $2 \times 1$     $2 \times 1$     $1 \times 1$     $1 \times 1$     $3 \times 1$   
 („klingt hell“)   1 mehrere   1 unsicher

Stav

The second musical example consists of two staves. The treble staff (labeled 'Stav') contains a sequence of notes: a quarter rest, a quarter note G4, a quarter note A4, a quarter note B4, a quarter note C5, a quarter note D5, a quarter note E5, and a quarter note F5. The bass staff contains a sequence of notes: a quarter note G2, a quarter note F2, a quarter note E2, a quarter note D2, a quarter note C2, and a quarter note B1.

$9 \times 1$     $3 \times 2$     $6 \times 2$     $4 \times 2$     $4 \times 2$     $5 \times 2$   
 $6 \times 1$     $1 \times 1$     $1 \times 1$     $5 \times 1$     $4 \times 1$     $3 \times 1$   
 1 Oktav   1 vielleicht 2   1 mehr als eins  
 1 unbestimmt   (einmal als „Miß-  
 klang“ bezeichnet)

Noch auffallender ist das Ergebnis des Experiments, wenn statt zwei Tönen drei vorgelegt wurden. Da haben selbst musikalische Personen, selbst Schüler der Musiktheorie am Konservatorium nicht genau anzugeben gewußt, wieviel Töne sie vor sich haben. Bei vier gleich-

<sup>1)</sup> Davon einmal bei wiederholtem Hören als ein Ton angegeben.

zeitig erklingenden Tönen ist überhaupt immer falsch geurteilt worden. Einen einzigen Komponisten und sehr eifrigen Forscher der Musiktheorie fand ich, der bei vier Tönen vollständig über die Anzahl der Töne im klaren war. Und was sind vierstimmige Akkorde im Vergleich zu einem einfachen Musikstück, was ist dieses im Vergleich zu einer Aufführung des Chors oder Orchesters? Hier gehört wirklich eine eingehende Übung, eine allmähliche Einführung in das Stimmengewirr des Klangkörpers dazu, um dem Hörer Aufschluß darüber zu geben, welche Töne eigentlich vor seinem Ohr erklingen. In der Tat hat jeder Musikschüler Gelegenheit, eine solche Übung im kleinen vorzunehmen. Schon das Studium des Instruments, das mit sehr einfachen Beispielen beginnen muß, zwingt ihn, sich allmählich an einfache Intervalle zu gewöhnen, und zeigt ihm an dem Notenbild, das er vor sich hat, welche äußere Töne seiner inneren Empfindung entsprechen. So lernt er allmählich die Gehörsempfindung analysieren. Und so glaubt er schließlich die Töne durch die Empfindung allein ganz distinkt wahrzunehmen. Und bei jedem neuen Klangkörper, der ihm Musik vermittelt, muß er wieder allmählich die komplexen Empfindungen entziffern lernen. Er muß es beim Chor, in dessen einzelne Stimmen er sich allmählich einleben muß, er muß es beim Quartett und ganz besonders beim Orchester. Wer diese Übung nicht durchgemacht hat, wird von der ihm dargebotenen Musik kaum das Zehnte, vielleicht schon kaum das Dritte hören. Also ohne Übung kein deutliches Auseinanderhalten der

auf die Gehörsempfindung einwirkenden Töne. Diese Übung aber macht die Annahme eines die Analyse vorbereitenden Organes vollständig überflüssig.

Man wird mir einwenden, daß in Konsequenz dieser Theorie bei jedem neuen Klangkörper auch wieder eine neue Übung erfolgen müsse, wenn wir über die Tonelemente dieses Körpers im klaren sein wollen. Diese neue Übung muß auch in der Tat erfolgen. Stellen wir einen noch so geübten Musiker vor eine Chorproduktion irgendeines eingebornen Stammes in Afrika, so steht er ihr in der ersten Zeit völlig ratlos gegenüber. Es gibt Beispiele genug, die diese Unzulänglichkeit des europäischen Musikers bewiesen haben. Er hört zunächst nichts als Geräusche und den sehr deutlichen Rhythmus. Derselbe Musiker aber kann durch allmähliches Gewöhnen und Analysieren des Klangcharakters schließlich die einzelnen Töne des Chors ganz gut unterscheiden und er wundert sich dann, daß er im Anfang diese Unterscheidung nicht vorzunehmen vermochte und ihm der ganze Chor als ein melodiöses Geräusch erschien.

Zum musikalischen Hören gehört schließlich noch ein Vorgang, der auf rein physiologischem Wege nicht zu erklären ist. Wer musikalisch hören will, muß nicht nur einzelne Töne wahrnehmen, er muß sie auch im Gedächtnis behalten und jeden kommenden Ton im Vergleich zu dem Klangbilde der vorigen Töne beurteilen. Nur dann, wenn er die ganze Reihe der Töne im Kopf hat, sie miteinander vergleicht, sie gegeneinander stellt, die wichtigsten hervorhebt, die anderen innerhalb dieser

hervorgehobenen zu einer Gruppe zusammenfaßt, nur dann empfindet er Melodien, nur dann hört er musikalisch. Er muß sich zunächst die Töne merken, muß aufmerken, hervorheben, vergleichen, zusammenfassen. Er muß also eine Operation vornehmen, die nicht durch die Empfindung allein gegeben ist, zu der auch das beste Ohr nicht genügt, die erst vom Gehirn vorgenommen werden muß. Diese Gehirnarbeit zu verfolgen, ist nicht mehr unsere Sache. Aber sie muß vorhanden sein, sie ist sogar wichtiger als das vom Sinnesorgan vermittelte Tonmaterial.

Darf ich also die Ergebnisse in sechs Punkten zusammenfassen, so möchte ich folgendes sagen:

1. Es ist unmöglich, daß wir die Bewegungen sehen, die durch Wassertonwellen auf einzelne Elemente des Labyrinths hervorgerufen werden.

2. Die Singvögel haben kein Cortisches Organ und sind dennoch imstande, Töne wahrzunehmen, zu unterscheiden und zu reproduzieren.

3. Die Basilarmembrane unterscheidet nicht hohe und tiefe Töne nach der größeren oder geringeren Breite ihres eigenen Verlaufes. Es ist ganz ungewiß, ob sie überhaupt in Schwingung geraten kann.

4. Es ist unnötig, im Ohr irgendein Element anzunehmen, das die einzelnen Schallwellen von Tönen oder Geräuschen vollständig differenziert aufnimmt und nur auf bestimmte von ihnen spezifisch reagiert (Klaviertheorie).

5. Die Übung in der Analyse des Empfindungskomplexes genügt nicht nur vollständig, um uns ein Bild

von den Tönen, die in der Außenwelt erklingen, zu verschaffen, sie gibt auch viel vollständiger die Entstehung und das Resultat wieder, das wir bei einem komplizierten Eindruck von Schallwellen haben (Interpretationstheorie).

6. Zum musikalischen Hören gehört nicht nur die Analyse des Empfindungskomplexes, sondern noch eine Gehirnarbeit, die von der Beschaffenheit des Sinnesorganes vollständig unabhängig ist.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Wallaschek Richard

Artikel/Article: [Die physiologischen Grundlagen des musikalischen Hörens. 177-200](#)