

## Über den Gehörsinn.

Vortrag, gehalten beim Jahresfeste  
der Seuckenbergischen naturforschenden Gesellschaft  
am 22. Mai 1898

von

Dr. Karl Vohsen.

---

Die Redner, denen die ehrenvolle Aufgabe wurde, vor dieser Festversammlung bei der Jahresfeier unserer Gesellschaft ein ihnen vertrautes Gebiet der Naturwissenschaft gemeinverständlich darzustellen, pflegen mit berechtigtem Stolz auf die gewaltigen Fortschritte hinzuweisen, die auf dem Boden naturwissenschaftlichen Denkens dem rastlosen Forschereifer gelungen sind. Wir haben in den letzten Jahren von dieser Stelle die kühnen Hypothesen der Biologie in Pflanzen- und Tierreich, die Resultate der Gehirnforschung, die staunenswerte Entwicklung unserer Kenntnisse von der Netzhaut des Auges behandeln hören. Wir haben Hutten's Worte: „Die Wissenschaften blühen, es ist eine Freude zu leben“ in uns nachfühlen können, die wir die Renaissance unserer Tage erleben, die Geburt einer neuen Welt aus dem Geist naturwissenschaftlichen Denkens, das immer tiefer in die Methoden aller Wissenszweige eindringt. — Was uns umgiebt, wir selbst, sind Teile eines großen Ganzen, das wir als Natur bezeichnen und jede Wissenschaft ist in diesem Sinne eine Naturwissenschaft. Dieses Bewußtsein drängt immer mehr in unserem geistigen Leben den Begriff der Philosophie als einer besonderen, über den anderen thronenden Wissenschaft zurück und immer allgemeiner tritt zu Tag: an Stelle einer Philosophie als solcher das philosophische Denken

auf dem Gebiet der Erfahrungswissenschaften. Wir können es dahin definieren, daß die Resultate der Einzelwissenschaft zur Bildung einer Weltanschauung verwendet werden. Philosophisch denken heißt den Blick auf's Ganze richten, und in diesem Sinne wird auch die echte Naturforschung Philosophie genannt werden müssen.

Die Sinnesphysiologie nun nimmt in dieser naturwissenschaftlichen Welterkenntnis einen ganz besonderen Platz ein. Seit Kant in seiner unsterblichen erkenntnis-theoretischen That, die Gedankenarbeit eines Berkeley und Hume vollendend, unser Erkenntnisvermögen auf die einfache Formel brachte, daß wir das Ding an sich nicht erkennen, sondern die Dinge nur soweit verstehen, als sie vermöge der eigentümlichen, einmal gegebenen Erkenntniswerkzeuge von uns verarbeitet werden — mögen wir diese gegebenen Voraussetzungen nun mit ihm aprioristische Formen unserer Vernunft nennen, oder sie als gegebene Bestandteile unserer einfachsten Sinnesthätigkeiten betrachten — seitdem erwächst für jeden Denkenden die Pflicht, die Sinnesthätigkeiten als die Erschließer der Welt zu verstehen — für den Naturforscher aber ist es geradezu eine prinzipielle Frage, sich kritische Rechenschaft abzulegen über die Sinneswerkzeuge, deren Daten den Ausgangspunkt seiner Untersuchungen bilden.

Wenn ich Ihnen heute in der kurzen Zeit eines Vortrags vorführen möchte, was die Erforschung unseres Gehörsinnes an Thatsächlichem zweifellos festgestellt hat, so muß ich von vornherein bitten, jede höher gestimmte Erwartung zu dämpfen. Des thatsächlich Feststehenden wird sich wenig ergeben — die mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothese muß mehr, wie erwünscht, die Lücken füllen, die in der Reihe der Thatsachen noch weit klaffen — und die wissenschaftliche Genugthuung wird für uns mehr darin liegen, die festgestellten Thatsachen zu betrachten unter Berücksichtigung der ungeheuren Schwierigkeiten, die gerade der Erforschung dieses Sinnes sich entgegenwürmen.

Es umgibt uns ein Ozean bewegter Luft. Kein Körper, der in geeigneter Weise bewegt, nicht in dem umgebenden Medium Schallphänomene hervorrufen könnte. Die physikalische Untersuchung hat als Ursache der Schallwahrnehmungen Ver-

dichtungen und Verdünnungen der Luft nachgewiesen, die wir uns am einfachsten unter dem Bild einer Wasserwelle veranschaulichen. Auf der überreichten Tafel finden Sie den Gesamtbereich der als Töne wahrnehmbaren Schwingungen zunächst als Oktaven eingetragen. Von 11 bis 55,000 Schwingungen sollen unserem Ohr wahrnehmbar sein, wenn auch den Grenzen nach unten und oben wenig von musikalischem Ton anhaftet. Denn, wie Sie sehen, ist der musikalisch brauchbare Teil der Skala auf die Schwingungen von  $41\frac{1}{4}$  dem  $E_1$  des Kontrabasses bis zu dem  $d_v$  der Pikkoloflöte mit 4752 Schwingungen beschränkt. Der Grund dieser Beschränkung wird Ihnen sofort klar, wenn Sie die auf einen Teil der Skala beschränkte Fähigkeit unseres Gehörs betrachten, feinere Unterschiede der Tonhöhe zu erfassen. So arm, wie es bei den halben Tönen des Klaviers scheint, jede Oktave nur 12 Töne umfassend, ist nun die Skala für unser Gehör nicht. Der deutlich unterscheidbaren Töne sind es viel mehr. Wir sehen beim Auge die Farben des Spektrums ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen, während unser Gehör eine ungemein viel größere Menge von Tönen als scharf, qualitativ unterschiedene Tonhöhen aufzufassen vermag. Das musikalisch geschulte Gehör unterscheidet nach den Untersuchungen Preyer's in den tiefen Oktaven Töne, die um 8—16 Schwingungen in der Sekunde voneinander getrennt sind, in den mittleren Oktaven von  $a_1$  —  $c_{II}$  wird sein Unterscheidungsvermögen so fein, daß es eine Drittel-Schwingung in der Sekunde als eine Tondifferenz erkennen kann, höher in der Skala nimmt dies Unterscheidungsvermögen wieder ab und über dem  $C_v$  sind, auch bei musikalischen Menschen, Irrtümer von 100—1000 Schwingungen nicht selten.

Diese physikalisch zerlegte Tonwelt ist nun in Wirklichkeit ebenso gemischt, wie es die Wellen eines brandenden Meeres für unser Auge sind. Das Auge versagt und die Phantasie erlahmt, wenn wir versuchen in dem bewegten Meere die zahllosen Wellensysteme zu verfolgen, auf und ab schwankend, zu Bergen getürmt, zu Thälern vertieft, von wechselnden Kräften zersplittert und zerstäubt! — Nur in großen Zügen nimmt das bewundernde Auge das mächtige Schauspiel auf, das Helmholtz als treffendes Beispiel des ästhetischen Wohlgefallens an der Musik heranzieht. Unser Ohr aber, ungleich dem Auge, findet

sich in dem umgebenden Ozean der Luftwellen zurecht, es vermag die unendlich feinen und komplizierten Schwingungsformen zu analysieren, die ihm die bewegte Luft zuträgt.

Was unser Gehör in feiner Differenzierung der Laute leistet, offenbart uns am besten das wichtigste Gebiet seiner Thätigkeit, die menschliche Sprache. — Was der Mensch durch Kultur geworden, verdankt er der Sprache. Sie ist die Trägerin des Gemeinnsinns, sie kündigt die Gefühle, sie ermöglicht die Bildung abstrakter Begriffe, durch die der Menscheng Geist sich die Welt erobert. Worte sind akustische Zeichen für Begriffe. Wir können uns vorstellen, daß eine Sprache aus Gebarden an die Stelle der Lautsprache tritt, wie sie das sogenannte französische System des Taubstummenunterrichts in der That ausgebildet hat. Aber eine Geberdensprache eignet sich nur mit unsäglicher Mühe und Unbeholfenheit das an, was die Menschheit sich in Jahrtausenden an Begriffs- und Wortschätzen erworben hat, denn ihr fehlt gerade das, was den Gehörsinn so geeignet machte, die Geburts- und Aufnahme-Stätte der Zeichen für die abstrakten Begriffe zu werden. Die Geberdensprache verhält sich zur Lautsprache, wie der optische Telegraph zum Telephon. Die Übermittlung des Lichtpunktes erfolgt wohl rasch, aber Form und zeitliche Aufeinanderfolge der Zeichen, deren sich der optische Telegraph bedient, erfordert als Voraussetzung eine umständliche Verabredung, wenn seine Zeichen Worte oder Sätze bedeuten sollen, — und einer größeren Beweglichkeit, wie sie durch optische Buchstaben-Zeichen erreicht wird, entspricht wieder ein größerer Zeitverlust. Der telephonischen Mitteilung folgt das Verständnis sozusagen im Momente der Wahrnehmung.

Geben wir uns Rechenschaft über die Eigentümlichkeiten, die gerade den Gehörsinn befähigen, Träger der Verständigung zwischen den Geschöpfen zu werden und die abstrakte Begriffsbildung zu ermöglichen.

Alle Dinge können tönen! — So suchte man sich früher die Entstehung der Sprache zu erklären, daß man Schallnachahmung als Ausgangspunkt der Bezeichnung durch Laute annahm. Wohl spielt die Schallnachahmung im Leben der Sprache eine Rolle — aber die Worte, die auf sie hinweisen, sind, nach Max Müller's treffendem Wort, Spielzeug nicht

Werkzeug der Sprache. Nicht die Dinge, die tönend bewegt werden, erzeugen die Sprache, sondern das Geschöpf, das Laute äußert. Wohl kann der Klang von Dingen in die lautliche Bezeichnung verwoben werden — aber das geschieht erst, nachdem der Mensch auf anderem Wege bereits Sprache und abstrakten Begriff erworben hat, und das Ding benennt, das er bereits kennt.

Auch auf dem Gebiete der Sprachforschung ist in den letzten Jahrzehnten an Stelle willkürlicher, mehr weniger geistreicher Theorien die naturwissenschaftliche, empirische Methode getreten, die das geheimnisvolle, mehr wie jedes andere Problem für die Selbsterkenntnis des Menschen wichtige Rätsel des Sprachursprungs zu lösen versucht. Der bahnbrechende Geist des Frankfurter Gelehrten Lazarus Geiger erwies zuerst den Inhalt der Sprachwurzeln als sichtbare Objekte, während man bis zu ihm immer nur an tönende Objekte als Inhalt der primitiven sprachlichen Bezeichnung dachte. Er verlangte zuerst neben den von Grimm, Pott und Anderen ergründeten Lautumwandlungs-Gesetzen nach den Gesetzen der Begriffs- oder Bedeutungs-Umwandlung. Sein umfassendes Genie aber ließ, wie Theodor Neubürger<sup>1)</sup> treffend sagte, den Bogen des Odysseus zurück, den bis heute kein Berufener gleich ihm zu spannen vermochte. Geiger starb schon im 42. Lebensjahre. — Auf seinen Schultern ruht die Theorie des Sprachursprungs, die mir naturwissenschaftliches Denken am ehesten zu befriedigen geeignet erscheint, die Ludwig Noiré's. Geiger fand das sichtbare Objekt, an das die sprachliche Bezeichnung sich anlehnte, in dem „Anblick eines heftig bewegten, menschlichen oder tierischen Gesichts, den Schrei auslösend als Ausdruck der Teilnahme und inneren Erregung.“ (Neubürger.) Noiré nimmt, dem Inhalt der Sprachwurzeln entsprechend, die stets auf die menschliche Thätigkeit hinweisen, die gemeinschaftliche Arbeit einer Stammesgemeinschaft, von unwillkürlichen Lauten begleitet, wie wir sie auch beim Tiere beobachten, als Ausgangspunkt der Sprachbildung an. Das von Geiger zuerst postulierte Gesichtsbild erscheint ungezwungen mit dem Laute vereinigt als das Produkt der schaffenden Thätigkeit.

<sup>1)</sup> Anthropologenkongreß 1882: Das Verhältnis der Sprachforschung zur Anthropologie.



Auch Max Müller hat sich dieser Theorie angeschlossen, die alle Elemente aufweist, welche Sprach- und Begriffsbildung voraussetzen. Erstens der unwillkürliche Laut, der künftige Träger der Sprache, die Thätigkeit begleitend, zweitens das Geschaffene, die gemeinsam gegrabene und bewohnte Höhle, der gemeinsam überwundene Feind, als der Inhalt des zukünftigen Wortes, den es vermöge der rückerinnernden Kraft der Gehörs wahrnehmung im Gefühl der Gemeinschaft hervorruft, — und drittens die Verständlichkeit und Mitteilbarkeit für eine größere Zahl von Individuen, deren jedes mit diesem jederzeit erzeugbaren Laut die Fähigkeit hat, in seinem Nächsten durch dessen Gehörsinn die gleiche Erregung hervorzurufen, die es selbst bewegt. — Von diesem Keime aus mag der Wunderbaum menschlicher Sprache und Begriffsbildung vielleicht entstanden sein! — Möge aber auch an Stelle dieser so anschaulichen Theorie, die Noiré in seinem tiefdurchdachten Werke „Logos, Über Ursprung und Wesen der Begriffe“ durchgeführt hat, eine andere Anschauung treten — so bleibt doch immer die gleiche Bedeutung des Gehörsinns für die Sprache und Begriffsbildung. Denn das Wesentliche für die abstrakte Begriffsbildung, in der die Überlegenheit des intelligenteren Geschöpfes besteht, beruht in der raschen Aufeinanderfolge der Vorstellungen, für die eben nur solche Zeichen brauchbar sind, die sich selbst rasch folgen können, mannigfaltigster Wandlungen fähig sind und rascheste Auffassung ermöglichen.

Wir verdanken unserem Mitbürger Herrn Oskar Wolf in seinem ausgezeichneten, 1871 erschienenen Werk über Sprache und Ohr eine genaue Analyse der Sprachlaute in physikalischer und musikalischer Beziehung. Er zeigte darin zum erstenmale, daß Vokale sowohl wie Konsonanten, die man wesentlich als bloße Geräusche zu betrachten geneigt war, ihre bestimmte in kleinen Grenzen schwankende Tonhöhe haben. Diese erstreckt sich vom R als tiefstem Laut mit 16 Schwingungen bis zum S ( $c_{iv}$  —  $c_v$ ) mit 4032 Schwingungen in der Sekunde. — Neben der Aufnahme dieser in ihrer Zusammensetzung, in Form, Zahl und Stärke unendlichen Verschiedenheiten unterworfenen Laute beweist unser Gehör eine außerordentliche Schnelligkeit der Auffassung. Während unser Auge eine Reihe von Eindrücken, deren Einzeldauer unter  $\frac{1}{10}$  Sekunde liegt, nicht mehr vonein-

ander sondern kann, unterscheidet unser Gehör in der Sprache mit Leichtigkeit 20 und mehr qualitativ verschiedene Laute in der Sekunde. Diese große Beweglichkeit der Gehörswahrnehmungen eignet sie dazu, erstens den an sie gebundenen Begriffen eine rasche Aufeinanderfolge zu gestatten und zweitens stellt sie eine unendliche Fülle der Bezeichnungen zu Gebote. Gesichtswahrnehmungen, und solche sind ja auch die Elemente der Geberdensprache, wechseln für unser Auffassungsvermögen viel langsamer, ein Gesichtsbild verdrängt das andere und hinterläßt einen Eindruck, der erst wieder von einer ähnlichen Wahrnehmung geweckt werden muß, welche Wahrnehmung wir aber nicht aktiv, künstlich hervorrufen können — das Gehörbild aber ist ein reines Symbol für das, was es bezeichnet — (zwischen dem Worte „Haus“ und einem Haus besteht gar kein Zusammenhang) — und bindet so die geistige Repräsentation oder Abstraktion an eine sinnliche Wahrnehmung, den Laut, der allzeit aktiv reproduzierbar ist. Das Wort Vernunft schreibt sich vom Vernehmen her und deutet schon auf die Wichtigkeit der Gehörswahrnehmungen für die Bildung abstrakter Begriffe hin. —

Diese Gesichtspunkte werden zu leicht außer Acht gelassen in der so aktuellen Frage des Taubstummenunterrichts. Wie irrümliche Anschauungen über das Wesen der Sprache und ihre Beziehungen zum Laut herrschen, zeigt unter Anderen Arthur Hartmann, der in seinem Buch über Taubstummheit und Taubstummensprache, das die Frage in sonst trefflicher und klarer Weise behandelt, noch annimmt, daß die Geberden die ursprüngliche Sprache des Menschengeschlechts gewesen und durch die phonetische Sprache verdrängt worden seien. „Auf je tieferer Stufe ein Volksstamm steht, je weniger die phonetische Sprache entwickelt ist, um so mehr finden sich Geberden im Gebrauch, wie wir dies von den Forschungsreisenden aus den lange Zeit von der Kultur unberührt gebliebenen Gegenden Asiens, Afrikas und Amerikas berichtet bekommen.“<sup>1)</sup> Es dürfte dem Verfasser schwer fallen diese Behauptung zu belegen. Ein so gründlicher Forscher, wie Waitz in seiner Anthropologie, weiß nichts davon. O ja, das Mienenspiel, die „darstellenden Zeichen“,

---

<sup>1)</sup> Hartmann l. c. S. 109.

wie sie Waitz nennt: Zeichen des Grußes, der Verehrung, Verachtung, des Friedens, der Feindschaft, die Standesmerkmale mögen bei niederstehenden Völkern besonders ausgeprägt sein — aber das ist keine Sprache, keine begriffliche Mitteilung, die dieser voranging, sondern erst Ergebnis sprachlich erreichter Kultur. — Wir selbst leiden ja keinen Mangel an solchen Zeichen, nur treten sie mit der fortschreitenden Herrschaft der Vernunft und Sitte, soweit sie Äußerungen spontanen Gefühls sind, zurück. Aber darüber ist kein Zweifel, daß sie zum wesentlichen Charakteristikum des Menschen erst als sekundäre Merkmale gehören — das primäre aber ist allüberall Lautsprache und kein Volk, das ohne diese gefunden wäre. —

Sie erinnern sich noch einer jüngst stattgehabten öffentlichen Polemik, in der der Altmeister des Taubstummenunterrichts, unser Landsmann Vatter mit überzeugter Begeisterung seine erfolgreiche Methode des Laut-Unterrichts vertrat. In ihm verleihen wir dem Taubstummen nicht nur die Möglichkeit sich mit dem Vollsinnigen zu verständigen, sondern wir geben ihm in den Bewegungsempfindungen, die das Sprechen auch des nichthörenden Taubstummen begleiten, eine Art von Ersatz für die aktiv reproduzierbaren Laute und verhelfen ihm so zu einem Teil der Beweglichkeit des Denkens, die seine hörenden Brüder in so hohem Maße besitzen. — Die Geberden sind unbeholfen und arm, wenn der Taubstumme mit ihnen auf eine Nachahmung der Gegenstände ausgeht — dienen ihm die Geberden als Zeichen für die Schrift, so wird sein Ausdrucksvermögen wohl reicher, aber schwerfällig und unvollkommen, und bei dem nötigen raschen Wechsel der optischen Buchstabenzeichen, die doch ursprünglich als ein zur Dauer fixierter, räumlich ausgedehnter Sinneseindruck gedacht sind — wird die Mitteilung unendlich viel schwieriger zu erlernen und aufzufassen.

Die Wechselwirkung zwischen Gehör und Sprache, die sich aus dem Gesagten ergibt und die sich in der innigen Wechselbeziehung zwischen schallwahrnehmenden und lautbildenden Organen ausdrücken muß, findet ihren deutlichen Ausdruck in geradezu frappanter Weise in dem Verhalten der Organe in der Tierreihe.

Die Entwicklungsgeschichte zeigt uns die erste Anlage des Gehörorgans, wie die jedes anderen Sinnesorgans, aus dem Ektoderm sich entwickeln. Die einfachste Form ist in einer



| Lauterzweigende Organe  | Tier-Reihe   | Gehör-Organ   |   |   | Ausseres Ohr                                      |
|---|--|---|---|---|---|
|   |  | Organe und (Hörsehnen und Hörbläschen)  | Labyrinth   | Paukenhöhle   |   |
|   | <b>Protozoen (Urtiere)</b>   |   |   |   |   |
|   | <b>Coelenteraten (Pflanzentiere)</b><br>a) Spongie (Schwämme)<br>b) Acalophae (Muscheln etc.)                      | Blaeschen an Rand des Schemas, in Verbindung mit dem Nerveensystem; häufig Concomente (Otolithen) vorhanden, aber nicht Hörbläschen oder Stäbchen getragen, sondern der Wand anhängend. |   |   |   |
|   | <b>Vermes (Würmer)</b>   | Bei einigen Parasiten (z.B. Schistosomum) sind von Hirschen getragene Otolithen. Der Zusammenhang mit dem Nerveensystem nicht immer nachweisbar.  |   |   |   |
|   | <b>Echinodermen (Stachelhäuter)</b>  | Bei Synapta, einer Holothuroide, sind fünf Bläschenpaare beschreiben, ebenso problematisch wie ihre sogenannten Seborgane.  |   |   |   |
|   | <b>Arthropoden (Gliedertierfasser)</b>   | fehlon weist nur bei  |   |   |   |
| Bei <i>Orypoda arenaria</i> , einer Krabbenart, geringe Leistensamerehen, heron bei Männchen und wahrscheinlich zur Brunnszeit in Thätigkeit. | a) Crustaceen (Krebse)   | Offene und geschlossene Hörbläschen mit Hörbläschen und Otolithen. — Hörbläsche sind nur Modifikationen anderer Nervenzellen, gegen Nervenzellen des Gehörorgans (Taststäbchen).        |   | Tympanales Sinneorgan mit ganglionärer Nervenausbreitung, von welcher eigentümliche Nervenzellen endigun gen in Gestalt kleiner Sinneszellen mit reichlicher Fäden entspringen. |   |
| Abgemengte, aus Zellen und Leisten.   | b) Insekten  |   |   |   |   |
|   | <b>Brachiopoden (Armfüsser)</b>  | Zurückgebliebene Bläschen.  |   |   |   |
|   | <b>Mollusken</b>   | Herzfüsschen mit in Bläschen großer Otolithen und Otolithen.  |   |   |   |
|   | <b>Tunkaten (Manteltiere)</b>  | Eierbläschen mit Otolithen.   |   |   |   |
|   | <b>Vertebraten (Wirbeltiere)</b>   | Begleit einer höheren Differenzierung des Gehörorgans.  |   |   |   |
| Wenige Fischarten vertragen Luft aus ertragen, oder Bewegung des Kiemes meist nur lassen Wasser entstehen (Umherwache, Knurrebühne).          | I. Acanthia (Schädellose)<br>II. (Yanitia, Schädellose)<br>a) (Yreus, Mantel)<br>b) (Mantelstoma) (Kiefernblätter) | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke in der Innere mit entwirrt Colonna (Gehörknöchelchen). |   |   |
| Begleit einer Kalkhülle, Primäre Stammzellen, die in einem Kiefernknorpel zu differenzieren.  | 2. Amphibien   | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke als basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Begleit einer Gehörungsänderung einer Ohrmuschel. |
| Rückbildung: Stammzellen, die in der Schwingelante mit dem Schwanz (Kiefernknorpel).  | e) Anurida (mit Eibildung geborene Wirbeltiere)<br>1. Reptilien  | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke und basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Gebirgtrag und Änderung einer Ohrmuschel.         |
| Stirax an der Teilungsstelle der Laubblätter, entwickeltes Laubblättervermögen.   | 2. Vögel   | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke als basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Gebirgtrag und Änderung einer Ohrmuschel.         |
| Entwickelter Kalkhülle.   | 3. Säugetiere  | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke als basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Gebirgtrag und Änderung einer Ohrmuschel.         |
| Kalkhülle zurückgebildet. Stammes   | Wale   | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke als basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Keine Ohrmuschel, nur Gehörzug.                   |
| Kalkhülle auf niederer Stufe hydrother Teil von ektischen, mehr gebildet. Schwache Knurren, Schmafen, Stöhnen                                 | Monotremen (Kloaken- und Beuteltiere)  | Secotus, Urtrichus und halb-zirkelförmige Kanne.  | Schnecke als basilaris die beim spiraltigen Drehung zeigt       | Paukenhöhle mit einfacher knöchern-georgener Colonna (Gehörknöchelchen).  | Keine Ohrmuschel, nur Gehörzug.                   |

Die Tieren sind entnommen aus Gegenbaun, Grünzner, Hensen, Kuhn, Reitzins, v. Stein, Wiederheim. Ander diesen Übersichtstabelle wurde der Vortrag noch durch erläuternde Abbildungen unterstützt.

v  
a  
n  
e  
v  
-  
t  
e  
f  
r  
l  
v

l  
t  
e  
l  
m  
in  
ni  
für  
ein  
Br  
bei  
Na  
bei  
mö  
bei  
zei  
lich  
teil

aus  
bez  
gan  
frag

Gel  
Ekt



# Übersicht unserer Tonwahrnehmungen.

(Daten aus Bezold, Helmholtz, Hensen, Preyer, O. Wolf.)

Gesamtbereich der als Schall wahrnehmbaren Schwingungen in ca.  $11^{1/2}$  Oktaven.

|    | Tonbereich der Sprache |   |     | S-Laut       |          |       |      |            |              |       |        |       |
|----|------------------------|---|-----|--------------|----------|-------|------|------------|--------------|-------|--------|-------|
|    | Contrabass             | Tonbereich der Instrumentalmusik (Orchester). |     | Piccoloflöte |          |       |      |            |              |       |        |       |
| 11 | $16^{1/2}$             | 33—41 $^{1/4}$ —66                            | 132 | 264          | 528      | 1056  | 2112 | —4224—4752 | 8448         | 16896 | 33792  | 55000 |
|    | C II                   | C I   | c   | c I          | c II     | c III | c IV | c V        | c VI         | c VII | c VIII | ect.  |
|    |                        | (A I) 55                                      |     | 40           | 50       | 10    |      |            |              |       |        |       |
|    |                        |   |     | 0,4          | 0,36     | 0,5   |      |            | Irrtümer von |       |        |       |
|    |                        | ?   |     |              | 100—1000 |       |      |            |              |       |        |       |
|    |                        |   |     |              |          |       |      |            |              |       |        |       |
|    |                        |   |     |              |          |       |      |            |              |       |        |       |
|    |                        |   |     |              |          |       |      |            |              |       |        |       |
|    |                        |   |     |              |          |       |      |            |              |       |        |       |

Bei Schwingungszahlen von . . . . . sind als verschiedene Tonhöhen unterscheidbar Differenzen von . . . . . 0 ?





Einstülpung des Ektoderms gegeben, die bald offen, bald abgeschlossen, als Gehörbläschen, neben ihrem Zusammenhang mit dem Nervensystem als charakteristisches Merkmal Hörhaare, entsprechend den Fühlhaaren der äußeren Decke und einen Hörstein oder Otolithen, oder auch eine Otokonie genannte Konkrementanhäufung enthält. Homologe Gebilde können wir durch die ganze Tierreihe bis zum Menschen verfolgen.

Die überreichte Tafel zeigt Ihnen das Auftreten der sogenannten Gehörorgane in der Tierreihe im Zusammenhang mit dem Auftreten der lauterzeugenden Organe. Sie sehen auf der ersten Abbildung die kleinen konkrementlosen Bläschen in der Randzone der Qualle, die als hypothetische Gehörorgane angesprochen werden. Den Zusammenhang der haarartigen Bildungen in der Otocyste mit den gleichen der äußeren Decke sehen Sie noch ganz deutlich ausgesprochen bei der Meduse, die Ihnen die zweite Abbildung wiedergibt. Die dritte Abbildung zeigt Ihnen das otolithenhaltige, mit Hörhaaren versehene Bläschen, die Otocyste, das uns nun durch die ganze Tierreihe bis zu den Wirbeltieren begleitet. Die einzige Ausnahme bilden die Insekten, denen die Otocyste fehlt und die ein paukenhöhlenartiges Sinnesorgan mit ganglionärer Nervenaustrittsbreite, in keulenförmigen Stäbchen endigend, besitzen. Und gerade diese Tiere sind es auch, die ein Integumentgebilde, aus Zähnen und Leisten bestehend, aufweisen, mit denen sie die wohlbekannten, brummenden, zirpenden, schrillen Laute erzeugen. — Bei den Krebsen, deren vielleicht Schall wahrnehmende kompliziertere Organe die Abbildungen Ihnen wiedergeben, kommt ein lauterzeugendes Organ an den vorderen Gliedmaßen vor, das nur bei Männchen vorhanden, zur Zeit der Brunst zur Anlockung der Weibchen benutzt zu werden scheint. — Bei den Wirbeltieren finden wir die Acranioten ohne lauterzeugende und tonwahrnehmende Organe. Bei den Cranioten aber entwickelt sich das otolithenhaltige Organ in besonderer Weise. Es gestalten sich allmählich die halbzirkelförmigen Kanäle in Verbindung mit einem doppelten Vorraum, dem Sacculus und Utriculus, von denen aus zunächst bei den Fischen als lagena leicht angedeutet und ohne entwickeltere, besonders differenzierte nervöse Gebilde, mehr vorgeschritten schon bei den Amphibien, der Anhang des nun Labyrinth genannten Organs entwickelt,

der sich zu immer größerer Selbständigkeit gelangt, eine spiralförmige Drehung annimmt und endlich als Schnecke in dem Labyrinth unterschieden wird. Ein weiteres Gebilde tritt bei den Amphibien zuerst auf: die Paukenhöhle. Sie bildet einen Hohlraum, dem Labyrinth vorgelagert und enthält zunächst einen knorplig knöchernen Stab, die Columella. Diese wird vorwiegend knöchern bei Reptilien, ganz knöchern bei den Vögeln. Reptilien und Vögel haben als weiteren Fortschritt ein äußeres Ohr, zunächst in einem Gehörgang und Ansatz zu einer Ohrmuschel bestehend. Die Säuger endlich haben 3 Gehörknöchelchen, Gehörgang und entwickelte Ohrmuschel.

Dieser Entwicklung entspricht nun aufs genaueste die des lauterzeugenden Organs von der Stelle an, wo eine Schnecke als selbständigeres Gebilde auftritt.

Die Fische gelten als stumm. Nur von den Umberfischen, den Maigres der Franzosen, wissen wir, daß sie eine unterseeische Musik machen, wahrscheinlich in der Schwimmblase erzeugt, welche von den Fischern benutzt wird, da man sie an der Oberfläche des Meeres vernehmen kann. Ob es richtig ist, daß, wie die Fischer behaupten, sie durch Pfeifen angelockt werden können, will ich dahingestellt sein lassen. Was sonst — besonders von Johannes Müller — von lauterzeugenden Fischen mitgeteilt wird, bezieht sich meist auf Laute, die accidentell erzeugt werden, wenn der Fisch seinem Elemente entnommen ist, Geräusche, die zufällige Bewegungen, wie das Öffnen der Kiemen begleiten und etwa den Geräuschen in den Därmen gleichzustellen sind.

Bei Amphibien finden wir schon Stimmlippen als Wulste angedeutet, es differenzieren sich die Knorpel des Kehlkopfs, der sich bei den Reptilien schon als ein deutlich von der Luftröhre abgesetztes Gebilde zeigt. Die Vögel mit ihrem entwickelten Gesangsvermögen zeigen den feingebauten Syrinx an der Teilungsstelle der Luftröhre und die Säuger endlich den mehr weniger vollkommenen mit kompliziertem Muskelapparat ausgestatteten Kehlkopf.

Was aber den Parallelismus dieser Organe am meisten erhärtet, ist die Thatsache, daß er sich auch in den Rückbildungen ausgeprägt hat. Das zeigen Schlangen, Wale und Monotremen (Kloaken- und Beuteltiere), deren Ohr und Kehlkopf entsprechende Verkümmierungen aufweisen.

Diese Thatsachen ordnen sich vor unserem Blick, wenn wir sie im Lichte unserer modernen Erkenntnis von der Doppel-funktion des Gehörorgans betrachten.

Die Störungen des Körper-Gleichgewichts — die durch zahllose Versuche, zuerst von Florens und in unserer Zeit besonders durch die Forschungen Ewald's nachgewiesen sind — bei Verletzungen der zu den Otolithen in naher Beziehung stehenden halbzirkelförmigen Kanäle sprechen für eine statische Funktion des Labyrinthes, wenn wir auch dahingestellt sein lassen, ob wir diese als statischen Sinn bezeichnen dürfen. — Schon früh wurden die otolithenhaltigen Gebilde von den Zoologen als Gehörorgane angesprochen, aber wesentlich per exclusionem, man wußte nicht was sonst mit diesen Gebilden anfangen. Yves Delages und später vorzüglich Chun und Verworn haben durch ihre Untersuchungen die Natur der Otocysten als Gleichgewichtsorgane sichergestellt. Für ihre Thätigkeit aber als Gehörorgane fehlt uns jeder zwingende Beweis. Theoretisch können wir sie als wohlgeeignet ansehen, geübt durch die Wahrnehmung größerer Bewegungen allmählich auch die feineren Schwingungen des umgebenden Mediums dem Nervensystem zu übermitteln. Aber spärlich sind die Versuche, die dies festzustellen scheinen. Eigentlich sind es nur zwei Beobachtungen. Ranke's Beobachtungen an *Pterotrachea* und Hensen's bei *Mysis*. Die zugeführten Töne bewirkten hier Bewegungen der als Fühler, Wimpern oder Hörstäbe bezeichneten Gebilde. — Auf die spärlichen Beobachtungen können wir eine Erkenntnis nicht aufbauen. —

Diese Beobachtungen aber wurden erst unternommen, nachdem eine Hypothese unsere Wissenschaft befruchtet hatte, die zu den größten Errungenschaften der Physiologie zu rechnen ist und streng logisch aus physikalischen und physiologischen Thatsachen entwickelt wurde: Die Hypothese Helmholtz von der Funktion des Corti'schen Organs!

Wir haben doppelte Veranlassung bei der Jahresfeier der Senckenbergischen Gesellschaft dieser wissenschaftlichen That zu gedenken. In der Vorrede zur ersten Auflage seiner Lehre von den Tonempfindungen gedenkt Helmholtz in besonderer Dankbarkeit der Senckenbergischen Gesellschaft, die ihm durch Verleihung des Soemmeringpreises die Mittel gewährt habe, ein

Harmonium in reiner Stimmung bauen zu lassen und so einen Teil der Untersuchungen auszuführen, die seinem Werke zu Grunde liegen.

Ich erlaube mir Ihnen die interessanten Schreiben vorzulegen, die von dem großen Physiker und Physiologen bei dieser Gelegenheit an die Senckenbergische Gesellschaft gerichtet wurden.<sup>1)</sup>

Helmholtz fand als Grundlage zu seinem Werke „Die Lehre von den Tonempfindungen“ die Kenntnis der Obertöne, der Kombinationstöne und der Schwebungen schon vor. Aber er vervollkommnete zunächst die Methoden der Beobachtung der Obertöne durch Erfindung der sie verstärkenden Resonatoren

---

<sup>1)</sup> Der erste Brief lautet:

Herrn Dr. Ripps  
Sekretär der Senckenbergischen Gesellschaft  
zu Frankfurt a. M.

Hochgeehrter Herr!

Bei meiner gestern erfolgten Rückkehr aus England fand ich die mir von Ihnen zugesendete Anzeige vor, daß die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft mir den Soemmerringischen Preis zuerkannt habe. Ich bitte Sie der Gesellschaft mittheilen zu wollen, daß ich diese ehrenvolle Auszeichnung mit der größten Freude und Dankbarkeit entgegennehme, und auf die Anerkennung meiner Leistungen, die mir in dieser Weise von einer so ausgezeichneten und berühmten Gesellschaft geschenkt wird, stolz bin. Ich habe durch vielfältige Erfahrungen über Aussetzungen von wissenschaftlichen Preisen u. s. w. mich überzeugt, daß Geldbewilligungen in der Art vertheilt, wie sie mit dem Soemmerringschen Preise verbunden sind, bei weitem am nützlichsten für die Wissenschaft sind. In meinem eigenen Falle kommt die mir ertheilte Bewilligung einem Bedürfniß entgegen. Ich werde sie nämlich verwenden, um ein musikalisches Instrument ausführen zu lassen, auf welchem der Versuch zu einem vollkommeneren Stimmungssystem gemacht werden soll, als das bisherige war, und worüber Sie eine kurze Auseinandersetzung des Planes auf beiliegendem gedruckten Blatt finden. Es ist die Ausführung dieses Instruments für die Vollendung meiner akustischen Studien über physiologische und physikalische Theorie der Musik nöthig, deren Veröffentlichung ich eben vorbereite, und es wird mir diese Vollendung durch die Hülfe Ihrer Gesellschaft beträchtlich erleichtert.

Mit der größten Hochachtung  
Ihr ergebener

H. Helmholtz.

Im zweiten Brief bestätigt Helmholtz den Empfang des Preises und des Diploms als korrespondierendes Mitglied.



und fand in diesen erst das Mittel, die Lehre von den Klängen, die sich ja durch die Kombination ihrer Obertöne voneinander unterscheiden, in vollendeter Weise aufzubauen. Er entdeckte zu den Kombinationstönen die Summationstöne, und so war eine breite Basis gewonnen, um die bis dahin verborgenen Ursachen der Konsonanz und Dissonanz in den bei naheliegenden Schwingungszahlen auftretenden Schwebungen aufzudecken. — Zum Verständnis seiner Betrachtungsweise, wie auch für physiologisch-psychologische Untersuchungen im Allgemeinen besonders wichtig und charakteristisch für die Denkart des großen Mannes scheint mir seine Darlegung der Kontroverse, die zwischen Ohm und Seebeck entstanden war.

Schon vor Helmholtz hatte Ohm das Gesetz aufgestellt, daß unser Gehör nur eine pendelartige Schwingung der Luft als einfachen Ton auffassende, jede andere periodische Luftbewegung aber zerlege in eine Reihe von pendelartigen Schwingungen und die diesen entsprechende Reihe von Tönen empfinde. — Seebeck aber, der mangels geeigneter Methoden, diese einfachen pendelartigen Schwingungen als Obertöne in Klängen sehr oft nicht wahrnehmen konnte, behauptete, daß wir auch andere Schwingungen als pendelartige empfinden, indem der Grundton durch einen Teil der Obertöne verstärkt und nur als solcher empfunden, die Obertöne aber nur zum Teil wahrgenommen würden.

Helmholtz klärt nun diese Kontroverse wie folgt auf. Er unterscheidet zwei verschiedene Arten oder Grade des Bewußtwerdens: (Helmholtz l. c. S. 107.) „Der niedere Grad des Bewußtwerdens ist derjenige, bei welchem der Einfluß der betreffenden Empfindung sich nur in der von uns gebildeten Vorstellung von äußeren Dingen und Vorgängen geltend macht und diese bestimmen hilft. Dies kann geschehen, ohne daß wir uns dabei zur Erkenntnis zu bringen brauchen oder vermögen, welchem besonderen Teile unserer Empfindungen wir die Anschauung dieses oder jenes Verhältnisses in unseren Wahrnehmungen verdanken. Wir wollen mit Leibnitz den Ausdruck brauchen, daß der betreffende Empfindungseindruck perzipiert sei. — Der zweite höhere Grad des Bewußtwerdens ist der, wo wir die betreffende Empfindung unmittelbar als einen vorhandenen Teil der zur Zeit in uns erregten Summe von Empfindungen unterscheiden.

Eine solche Empfindung wollen wir als wahrgenommen (apperzipiert nach Leibnitz) bezeichnen. Beides muß sorgfältig voneinander geschieden werden.

Seebeck und Ohm sind miteinander darüber einig, daß die harmonischen Obertöne der Klänge perzipiert werden, denn als perzipiert erkennt Seebeck sie an, indem er zugiebt, daß ihre Einwirkung auf das Ohr die Stärke oder Klangfarbe des betreffenden Schalls verändern. Der Streit dreht sich darum, ob sie auch in allen Fällen in ihrer gesonderten Existenz wahrgenommen, apperzipiert werden können, ob also das Ohr auch ohne Unterstützung von Resonatoren oder anderen physikalischen Hilfsmitteln, welche die zu ihm gelangende Klangmasse selbst verändern, durch bloße passende Richtung und Spannung der Aufmerksamkeit unterscheiden könne, ob und wie stark in dem gegebenen Klang die Oktave oder Duodecime etc. vorhanden sei.“

Helmholtz verweist nun auf andere Sinne, wie z. B. den Geschmack, der auch den Menschen nicht fähig mache, die Bestandteile einer vorgesetzten Speise zu ermitteln, wenn er nicht selbst die Kochkunst praktisch ausgeübt habe, obschon die Ingredienzien unserer Speisen nicht gar so mannigfaltig seien und führt ähnliches auch für andere Sinne aus.

Er kommt zu dem Schluß, daß die durch scharfe Aufmerksamkeit und physikalische Hilfsmittel nachweisbaren, die Klangfarbe bestimmenden Obertöne, welche den einfachen Schwingungen eines zusammengesetzten Klanges entsprechen, empfunden (perzipiert) werden, wenn sie auch nicht immer zur bewußten Wahrnehmung kommen (apperzipiert) werden.

Wir stehen bei sinnesphysiologischen Untersuchungen überhaupt mehr, wie bei anderen, unter dem Bann der gewohnten Gesamtempfindung, d. h. der vielfachen Empfindungen, die zu gleicher Zeit auf uns wirksam sind und waren und die unser Apperzeptionsvermögen sich längst in Fülle angeeignet hat, ehe wir zu der Reife gelangen, die wissenschaftliche Untersuchungen voraussetzen. Diese mannigfaltigen Erfahrungen können je nach dem gegebenen Fall unsere Erkenntnis ebenso unterstützen, wie sie erschweren.

So hören wir die Klangmasse eines Orchesters, nachdem wir jedes einzelne Instrument oft gesehen und gehört oder auch

eines oder das andere gespielt haben. Infolge davon löst sich die Gesamtmasse des Klangs viel eher in unterscheidbare Einzelwahrnehmungen auf, als wenn wir etwa Orchestermusik zum ersten Male durch einen Phonographen vernehmen würden, ohne alle aus andersartigen sinnlichen Wahrnehmungen sich herschreibenden Erfahrungen.

Andrerseits nehmen wir von Jugend auf als einfache Klänge den Grundton mit seinen Obertönen auf. In dieser einheitlichen Wahrnehmung kommen uns gar keine Obertöne zum Bewußtsein. Und doch sind diese, einmal als Ursache der Klangfarbe erkannt, durch geschärfte Sinne und geeignete Instrumente für unser Bewußtsein fixiert, der Kompaß in den unzähligen Wandlungen periodischer und nicht periodischer Luftschwingungen, der uns den Weg zeigt zu einem Verständnis des geheimnisvollen Vorgangs, mit dem unser Gehör sich in der umflutenden Ton- und Geräusch-Masse zurechtfindet.

Die physikalische Analyse der Klänge, die physiologische Analyse der Klangempfindungen hatte zu den Obertönen, Kombinations-, Summationstönen und den Schwebungen als Elementen der Tonwelt geführt. Wo aber war das Organ, das diese Analyse in unserem Ohr vornahm?

Der einfachste Nachweis der Mischung eines Klanges aus Grundton und Obertönen ist am Klavier zu erbringen, wo wir jeden Ton beliebig dämpfen können. Es zeigt sich hier, daß jeder angeschlagene oder auch bei gehobenem Pedal hineingesungene Ton eine Reihe bestimmter Saiten zum Tönen bringt. Dies erfolgt nach den Gesetzen des Mitschwingens. Wenn die kleinen regelmäßigen Anstöße der Luftteilchen in der richtigen Zeit erfolgen, beobachten wir an den Saiten dasselbe, was wir etwa an einer Schaukel beobachten, die sich immer ausgiebiger bewegt, wenn ihr in Momente des positiven oder negativen Aufschwungs der richtige Anstoß gegeben wird.

Sind solche Teile im Ohr vorhanden, so wäre die Zerlegung der Klänge erklärt. Helmholtz sprach als solche das von dem Marchese Corti 1851 entdeckte Organ, das Endgebilde des Hörnerven in der Schnecke an, in welcher eine von der Basis nach der Spitze an Breite zunehmende Membrana basilaris sich ausspannt, die nach seinen Berechnungen der Tonskala ausreichende mitschwingende Fasern zur Verfügung stellt.

Veranschaulichen wir uns nun die Schwierigkeiten, die sich der experimentellen Bestätigung dieser Theorie entgegenstellen.

Die Hypothese bringt mit einem Male einen Zusammenhang in das geschilderte Verhalten der Tierreihe. Nun wissen wir, warum es gerade die Schnecke ist, deren Entwicklung mit der der lauterzeugenden Organe gleichen Schritt hält. Die Wechselwirkung, die uns theoretisch nahe lag, erhält ihre thatsächliche Bestätigung in der Organentwicklung. Der Forschereifer, neu befruchtet durch die Helmholtzsche Theorie, übertrug sie aber auch auf die niederen Tiere, die Otocysten- und Antennen-Fühler, und fand zwei Thatsachen, die der Hypothese eine Stütze zu verleihen schienen. Ranke zeigte die Bewegungen der Wimpern bei *Pterotrachea*, Hensen die Bewegungen der Hörstäbchen bei Krebsen, die auf bestimmte Töne mit Bewegungen reagierten. Aber diese Versuche sind nicht eindeutig. Sie beziehen sich auf Tiere und, wie Weber Liel treffend bemerkt, auf die Frage: Was hört ein Tier? kann nur der Mensch antworten. — Daß Stäbchen von gewisser Länge entsprechend ihrer Größe und Gestalt zum Mitschwingen geeignet sind, ist ein physikalisches Gesetz. Die Folgen ihrer Bewegungen aber können ebensowohl nur Tastempfindungen sein, denn nichts verrät uns ihr Wesen. Da auch die Beziehung dieser Otocysten- und sogenannten Hörhaare zu einem Zentralorgan mit bestimmbarer Hörsphäre nicht nachzuweisen ist, geht der Wert dieser Thatsachen nicht darüber hinaus, als daß das Mitschwingen von Körperteilen bei Tieren nachgewiesen erscheint, und Hensen selbst will auch weitergehende Schlüsse daraus nicht gezogen haben.

Die Untersuchungen bei Wirbeltieren, wo wir es mit einem Homologon der Schnecke oder entwickelten Schnecken zu thun haben, ergaben auch wenig befriedigende Resultate. Bei Fischen ist durch keine sichere Beobachtung Gehörvermögen nachgewiesen. Und in den anderen Klassen ist gerade die Schnecke das einem operativen Eingriff am schwersten zugängige Organ. Während die halbzirkelförmigen Kanäle einzeln zerstört, unterbunden, ja plombiert werden konnten, wie uns dies die technisch so glänzenden Arbeiten Ewalds zeigten, und man so die Ausfallserscheinungen zu studieren vermochte — können wir der Schnecke nicht ohne Eingriffe an *sacculus*, *utriculus* und meist



auch den halbzirkelförmigen Kanälen beikommen. Daß wir mit unseren gegenüber den fraglichen Gebilden plumpen Instrumenten, einmal vermöchten, gar Teile des Cortischen Organs zu zerstören, erscheint mir sehr fraglich. — Eingeschlossen in eine feste Knochenhülle wird schon jede Zerstörung dieser das zarte Gebilde verletzen und von den Fenstern des Labyrinths aus zerstört, werden die Verletzungen nicht zu begrenzen sein.

Wir müssen demnach hier das Werk der Zerstörung so feiner Gebilde anderen Agentien überlassen, die in Form krankhafter Vorgänge Zustände schaffen, die wir mit unseren groben Fingern nicht zu erzielen vermögen. Wie in der Physiologie des Zentralnervensystems, speziell der Sprachbildungsvorgänge, die Beobachtung des kranken Menschen die wichtigsten Resultate gezeitigt hat, indem sie durch die Ausfallerscheinungen den Mechanismus unseres Denkens und Sprechens erkennen lehrte — so muß auch dieser Weg vor Allem beschritten werden, um zu einem Thatfachenmaterial zu gelangen, das die Helmholtzsche Theorie zu erhärten geeignet erscheint.

Die Erfüllung dieser Forderung setzt Zweierlei voraus: Eine einwandfreie Prüfungsmethode für das Gehör des Menschen und eine genaue makroskopische und mikroskopische Untersuchung des Gehörorgans am Lebenden und an der Leiche.

Die Fortschritte auf diesem Gebiete sind seit dem Erscheinen des Helmholtz'schen Werkes großartige gewesen. Wohl werden wir nie die Endigungsstelle des Hörnerven in gleicher Weise experimentellen und histologischen Untersuchungen unterwerfen können, wie wir vor einigen Jahren durch Herrn Edingen uns von der Netzhaut des Auges berichten ließen; denn die Endigungsstelle des Hörnerven ist nur nach umständlichen Vorbereitungen, Härtungs- und Färbungsmethoden untersuchbar, die den Nachweis so feiner, nur am frischen Organ untersuchbarer Verhältnisse unmöglich machen, wie die chemischen Reaktionen und elektrischen Spannungsverhältnisse der Netzhaut. Doch aber reichen unsere heutigen Methoden schon aus, feinere Veränderungen am Cortischen Organ nachzuweisen. In Bezug auf die Vorgänge im lebenden Nervenendorgan werden wir wahrscheinlich für immer auf Analogien angewiesen bleiben, da die Grundlagen der Thätigkeit von Sinnesnerven auf einheitliche Vorgänge zurückgeführt werden dürften.

Schalleitende Teile des Ohres, äußeres Ohr, Trommelfell und Gehörknöchelchen wollen wir heute nicht in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen. Es genüge, daß auch in Bezug auf diese Teile des Apparates die Helmholtzschen Untersuchungen bahnbrechend waren, wenn auch fleißige Arbeit hervorragender Männer wie Bezold, Hensen, Kessel, Lucae, Mach und Politzer die Helmholtzschen Daten vielfach ergänzt und geändert haben. Das allgemeine Resultat ist, daß die genannten Apparateile die Aufgabe erfüllen, die Schallwellen der Luft auf die kleine Steigbügelplatte zu übertragen, die sie auf die Flüssigkeit des Labyrinths und der Schnecke fortpflanzt. In den Muskeln der Trommelhöhle ist ein Akkomodationsapparat gegeben, der durch feine Einstellung der Gehörknöchelchen die Übertragung der Schwingungen reguliert.

Die funktionelle Prüfung, die uns nun zum Schlusse beschäftigen muß, wird in erster Linie berufen sein, die Daten zu liefern, ohne welche die pathologische Anatomie unsere Kenntnisse nicht weiter fördern kann. Seit Bestehen einer wissenschaftlichen Ohrenheilkunde ist an dieser Prüfung naturgemäß von Ohrenärzten auf das eifrigste gearbeitet worden.

Die Beurteilung der funktionellen Leistungen eines kranken Ohres ist durch mehrere Umstände sehr erschwert. Die Schallwellen der Luft bewegen nicht nur das Trommelfell, sondern übertragen sich auch auf die Knochen des Schädels, die ihnen eine breite Fläche bieten. Die Hohlräume der Schädelknochen müssen auf mannigfaltige Weise den Schall beeinflussen, wenn auch noch genauere Untersuchungen darüber fehlen. Hat man doch diagnostisch die Resonanz der Warzenfortsatz-, Stirn- und Kieferhöhlen zur Beurteilung ihres Füllungszustandes heranziehen können. Sie beeinflussen die Schalleitung durch ihre Resonanz, wie durch die Vergrößerung der Fläche der Schädelknochen. Die Resonanz der eigenen Stimme, die sich bis zur Schmerzhaftigkeit steigern kann, beruht darauf, wie auch auf der Knochenleitung die Unmöglichkeit beruht durch Verschuß der Ohröffnungen Schallwahrnehmungen auszuschließen. — Hieraus erwächst für die objektive Gehörsprüfung die unüberwindliche Schwierigkeit, bei einseitiger Schwerhörigkeit das gesunde oder bessere Ohr auszuschließen. Bei den tieferen Oktaven gelingt das noch, von der 2 gestrichenen Oktave aber hören

wir bei noch so fest verschlossenem Ohr die Töne. Sie wissen aus Erfahrung, wie hohe Töne dicke Mauern durchdringen, wie in Gefängnissen, wo jede Möglichkeit der Mitteilung unter Gefangenen ausgeschlossen werden soll, die akustische Übermittlung alle Hindernisse überwindet. — Oft überrascht uns ein einseitig schwerhöriger Mensch, wenn wir sein gesundes Ohr fest verschlossen wissen, daß er bei nunmehr erfolgreichem Verschuß beider Ohren ebensogut hört, wie bei offenem kranken Ohr, ein Beweis, daß die Hörwahrnehmung fein genug war, den Verschuß zu umgehen.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in der Unfähigkeit mancher Menschen, Ton und eine schwirrende taktile Empfindung zu unterscheiden, wie sie durch tiefe Töne mit weiter Amplitude am Trommelfell und durch Erschütterung des Schädels beim Aufsetzen von Stimmgabeln im Kopf hervorgerufen wird. Besonders störend wirkt diese Empfindung bei Feststellung des Hörvermögens von Taubstummen, von dessen Wichtigkeit wir uns gleich noch zu unterhalten haben werden.

Aus praktischen Gründen bildet das wichtigste Mittel für die Hörprüfung die Sprache. In dem Mangel ihres Verständnisses liegt das schwerste Leiden für den Kranken, das ihn zum Arzt führt — aber die Prüfung mit Sprachlauten hat auch hohes theoretisches Interesse. Wir wissen aus Oskar Wolf's schon angeführtem Werk, daß Vokale wie Konsonanten ihre bestimmte Tonhöhe haben. Sie sehen die Sprachlaute auf der Tafel eingereiht in die Tonskala und es liegt nach späteren Untersuchungen Dennerts und Barths, denen es allerdings auch nicht an Widerspruch, besonders Hensens, gefehlt hat, kein Grund vor, die Geräusche aus den Tonwahrnehmungen auszuschließen und für sie — wie Helmholtz — ein besonderes Nervenendgebilde in den otolithenhaltigen Endigungen des Hörnerven im Vorhof anzunehmen. — So hat man schon lange die Sprache als Hörprüfungsmittel benutzt und wir müssen sagen, daß wir ein feineres uns kaum auszusinnen vermöchten. Wir können bis zum S-Laut eine Reihe von Prüfungslauten und Worten zusammenstellen, die mit dem R von 16 Schwingungen schon beginnt und der geübte Diagnostiker kann aus der Hörschärfe für gewisse Worte auf die Natur des Leidens Rückschlüsse ziehen. Wir sehen, daß auch die musikalische Skala so gut wie

ganz in diesem Tonbezirk vorhanden ist, wie wir denn die ganze Instrumentalmusik als erwachsen aus dem Gesang betrachten dürfen. Sie löste gleichsam die Stimme ab, um das Gehör zu jenem Grad von musikalischer Auffassungsfähigkeit zu erziehen, der die Quelle unserer reinsten Genüsse ist — und auf dem Gipfel der Vollendung reicher dem Gesang zurückzugeben, was sie ihm entliehen hatte. — Aber doch kann die Sprache als Prüfungsmittel bei aller praktischen und theoretischen Bedeutung nicht ausreichen, uns die Funktionen des Ohres zu analysieren.

Diese Aufgabe galt es zu lösen und die letzten Jahre haben uns durch die unermüdlichen Arbeiten eines hervorragenden Gelehrten und Arztes, Friedrich Bezolds in München, diesem Ziele wesentlich näher gebracht. — Sprachlaute und Klänge musikalischer Instrumente enthalten zahlreiche Obertöne und sind deshalb zur Prüfung in dem von uns verlangten Sinne nicht ausreichend, da wir dem Ohr ja einfache, pendelartige Schwingungen zuführen wollen, wie sie die Helmholtzsche Hypothese von den Fasern der Basilarmembran allein aufgenommen werden läßt. Ausfallserscheinungen können, die Richtigkeit der Theorie vorausgesetzt, nur durch solche nachgewiesen werden. — Instrumente, die solche obertönefreien Klänge erzeugen können, sind Stimmgabeln und gedackte Pfeifen.

Während wir bei den letzteren Obertöne nicht ganz ausschließen können, gelingt uns dies bei Stimmgabeln durch Belastung ihrer Gabelenden mit Gewichten. Es gelang Bezold und Edelmann solche Stimmgabeln bis  $a^2$  herzustellen, von diesem Ton ab folgen gedackte Pfeifen bis zu  $f^5$ , das schon oberhalb der musikalisch brauchbaren Töne liegt und von diesem ab das sogenannte Galtonpfeifchen, das wir bis zur Erzeugung eines Tones von zirka 55000 Schwingungen verstellen können. — Interessant ist die von Bezold mitgeteilte Thatsache, daß es dem Physiker Hagenbach-Bischoff gelungen sei, noch über diesen höchst wahrnehmbaren Ton hinaus, an einer sensitiven Flamme Wirkungen des Galtonpfeifchens nachzuweisen. Das wäre ein Analogon zu den wirksamen Strahlen des Lichtes jenseits des Violetts, die wir durch thermoelektrische Experimente nachweisen können.

Mit den Instrumenten dieser lückenlosen, die ganze wahrnehmbare Skala umfassenden Tonreihe können wir nun dem Ohr



jene einfachen pendelartigen Schwingungen zuführen, deren Wahrnehmung ausbleiben wird, wenn die entsprechenden Teile der Basilmembran außer Thätigkeit sind oder die Nervenleitung zu denselben unterbrochen ist.

Da, wie wir sahen, die Leitung durch den Kopfknochen und dadurch ein Hinüberhören nach dem künstlich verschlossenen Ohr nicht auszuschließen ist, eignen sich zu Untersuchungen dieser Art nur solche Kranke, deren Hörvermögen beiderseits hochgradig herabgesetzt ist, also fast taube oder taubstumme Menschen. An solchen nun hat Bezold zahlreiche Untersuchungen vorgenommen, deren Ergebnisse Ihnen die vorgelegten Tafeln wiedergeben. Er hat die Kranken in Gruppen geteilt je nachdem ihr Hörbereich inselförmig einzelne Tonwahrnehmungen erhalten zeigte, größere Lücken in der Tonskala aufwies, Defekte entweder am oberen oder unteren Ende oder Einschränkungen am oberen und unteren Ende darbot.

Aus dem auffallenden, vielhundertfach erhärteten Befund, daß der Verlust von Trommelfell und Gehörknöchelchen ohne wesentliche Störung in der Sprachwahrnehmung ertragen werden kann, daß aber diesen Kranken die Töne vom großen A mit 110 Schwingungen abwärts verloren gehen, zieht Bezold den Schluß, daß es sich in der Schalleitungskette um einen Hilfsapparat handle, der bei den Wirbeltieren durch sein Dazutreten eine Ausbreitung der wahrnehmbaren Tonskala um eine Reihe von Oktaven abwärts bewirke.

Der sichere Nachweis — und gesichert wird er durch die vielfachen Wiederholungen der Versuche mit gleichem Ergebnis und von verschiedenen Untersuchern — dieser umschriebenen Tondefekte bedeutet für die Helmholtz'sche Theorie die bedeutsamste Stütze. Denn nur dann können solche Erscheinungen vorkommen, wenn in der That ein Endapparat mit abgestimmten Elementen vorhanden ist, durch deren teilweisen Verlust sich der umschriebene Tondefekt erklärt. — Aber auch der direkte Befund des der Leiche entnommenen Gehörorgans hat in einer Reihe von Fällen umschriebene Zerstörungen am Corti'schen Organ nachgewiesen, die der Helmholtz'schen Theorie entsprachen. In erster Linie sind hier die Habermann'schen Untersuchungen bei Kesselschmieden zu nennen, einer Klasse von Arbeitern, die durch ihre Beschäftigung alle mit der Zeit an Schwerhörigkeit

leiden. Es fand sich, entsprechend dem Verlust an der oberen Hörgrenze, eine Erkrankung der ersten Windung der Schnecke, welche die kürzesten Fasern des Corti'schen Organs enthält, die entsprechend den kürzeren Saiten des Klaviers oder der Harfe auf die höchsten Töne abgestimmt sein müßten. —

Ein besonderes Verhalten einer Reihe von Taubstummen muß noch erwähnt werden. Trotz eines lückenlosen, wenn auch herabgesetzten Gehörs für die einfachen Töne der kontinuierlichen Tonreihe, welche den Sprachlauten entspricht, zeigten sie sich für die Sprache taub. Der Zustand scheint in einer gestörten Funktion des Zentralorgans begründet und gehörte bis jetzt zu den schwierigsten Aufgaben der ärztlichen Diagnostik. Es ist eine Wort- oder Sprachtaubheit, entsprechend der Seelenblindheit bei erhaltenem Sehvermögen. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Zustand bei Kindern entsteht, die frühzeitig durch ein Leiden des Schalleitungsapparates schwerhörig wurden. Das Leiden blieb ungehoben und es bleiben die zentralen Bahnen ungeübt, die zur Ausbildung des Zentrums für die Sprachlautwahrnehmungen führen.

Nach dieser Seite eröffnen die scheinbar nur theoretisch wichtigen Untersuchungen auch einen Ausblick auf praktische Nutzbarmachung, die den unglücklichen, von der menschlichen Gemeinschaft ausgeschlossenen und so oft verbitterten Taubstummen zu Gute kommen wird.

Dies Gebiet der Beziehungen zwischen Hirnrinde und peripherem Gehörorgan ist ein noch wenig geklärtes, und ich muß es mir versagen, darauf einzugehen. Wir wissen eine scharfe Grenze zwischen Leistung der beiden räumlich getrennten Teile noch ebensowenig zu ziehen, wie wir es bei dem sonst so viel genauer ergründeten Gesichtssinn vermögen. Hier bleibt zukünftiger Forschung noch das Meiste vorbehalten.

Wie auf dem heute betrachteten Gebiet, so, dürfen wir hoffen, wird auch auf diesem, rastlose Arbeit langsam eine klare Einsicht anbahnen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [1898](#)

Autor(en)/Author(s): Vohsen Karl

Artikel/Article: [Über den Gehörsinn. 91-112](#)