

Das Ohr erschließt uns die Welt des Schalles, welche Phänomene darbietet, die — wie Sprache und Musik — in ihrer Entstehung und in ihren Wirkungen ebenso geheimnißvoll und wunderbar erscheinen, — als sie für das Leben und für die Kunst von unendlicher Bedeutung und Wichtigkeit sind!

Das Ohr und das Hören — ohne welches uns die ganze Welt der Töne und Laute mit all ihren Genüssen und Anregungen in Nichts versinken würde, zum Gegenstande einer populären physiologischen Betrachtung zu machen, bedarf wol keiner besonderen Rechtfertigung!

Welcher denkende Mensch sollte auch kein Interesse, kein Verlangen haben zu erfahren, wie es denn zugeht, daß wir überhaupt — und daß wir so vielerlei hören, d. h. einzusehen, worin eigentlich die Vorgänge bestehen, die dieser wunderbar mannichfaltigen und bedeutungsvollen Erscheinungswelt zu Grunde liegen — und welches der Mechanismus jenes Organes ist, das uns dieselbe aus seinen materiellen Elementen so zu sagen hervorzaubert?

Was nun die neuere Wissenschaft auf diese Fragen zu antworten hat — das eben will ich im Folgenden darzustellen versuchen.

Um das volle Verständniß unseres Gegenstandes zu erschließen, werde ich zunächst auseinander setzen: Was Schall überhaupt

ist, sodann wie er von uns wahrgenommen wird, und endlich welche Verschiedenheiten der Schall und die durch denselben hervorgerufenen Gehörsempfindungen darbieten.

Meine Darstellung wird — wie ich vornweg bemerken will — den handgreiflichen Beweis der überraschenden Thatsache liefern: daß die erhabensten Gedanken, die ein Redner ausspricht; daß die ergreifendsten Harmonien, die lieblichsten Melodien, durch die ein Künstler entzückt und begeistert, — im strengsten Sinne des Wortes zu bewegter Materie werden und so lange nichts weiter sind und sein können, als bis ein empfängliches Ohr und Gehirn sie in psychische Zustände wieder zurückverwandelt hat! —

Schon die tägliche Erfahrung lehrt, daß alle schallerzeugenden Körper in rascher zitternder Bewegung begriffen sind, und in der Luft Stöße und Schwingungen erzeugen, welche sich nach allen Richtungen hin durch den Luftraum fortpflanzen.

Ich muß hier vor allem daran erinnern, daß die kleinsten materiellen Theilchen, aus denen wir uns die Luft wie jedes andere Gas zusammengesetzt denken müssen, das Bestreben haben sich von einander zu entfernen, d. h. daß sie sich gegenseitig abstoßen, etwa wie die gleichnamigen Pole der Magnete. Werden diese Theilchen mit Gewalt einander von allen Seiten genähert, so daß sie sich nicht ausweichen können, so setzen sie dieser Lagenveränderung oder Verdichtung einen steigenden Widerstand entgegen, den man beim Zusammendrücken der Luft in einem allseitig geschlossenen Gefäß sehr wohl fühlt. *)

Läßt die pressende Gewalt nach, so kehren die Theilchen,

*) Die mechanische Wärmetheorie hat zwar zu anderen Vorstellungen über den Grund dieser Erscheinungen geführt, für den vorliegenden Zweck genügt jedoch die ältere, einfachere Ansicht.

indem sie sich gegenseitig abstoßen, sofort in ihre früheren Stellungen zurück — ja sie würden, wenn sie daran nicht gehindert würden durch entgegenwirkende äußere Kräfte oder Schranken, wie die Schwere oder die Wandungen von Gefäßen, in denen sie sich befinden, immer weiter und weiter auseinandertreten, so daß die Verdünnung der Luft- oder Gasmasse ins Unendliche wachsen müßte.

Wenn daher ein Lufttheilchen durch einen oscillirenden Schallkörper Stöße erhält, so schwingt es nicht nur selbst — den Bewegungen des stoßenden Körpers folgend — hin und her, sondern versetzt auch nach und nach alle die anderen Theilchen des Luftraums in genau die gleiche hin- und hergehende Bewegung, wobei nothwendig Verdichtungen und Verdünnungen der Luftmasse entstehen müssen. Es geräth also die Luft, wenn ein Schall in ihr entsteht und sie durchheilt, in eine eigenthümliche Bewegung, an welcher wir zweierlei zu unterscheiden haben:

1) die hin- und hergehende Bewegung oder Schwingung jedes einzelnen materiellen Lufttheilchens und

2) die Art der fortschreitenden Ausbreitung und Mittheilung der Bewegung von Theilchen zu Theilchen.

Ehe ich weiter gehe, wollen wir die Eigenthümlichkeit dieses ganzen Bewegungsvorganges an einem mechanischen Schema oder Modell veranschaulichen (vgl. Fig. 1).

Wir sehen hier eine Anzahl Flämmchen; dieselben sollen eine Reihe jener kleinsten, sich gegenseitig abstoßenden materiellen Theilchen vorstellen, aus denen wir uns die Luft — wie jedes andere Gas — zusammengesetzt denken müssen; — die abstoßenden Kräfte zwischen ihnen sind ins Gleichgewicht gekommen; — es herrscht Ruhe.

Gener Streif von schwarzem Blech (S), am Anfange der

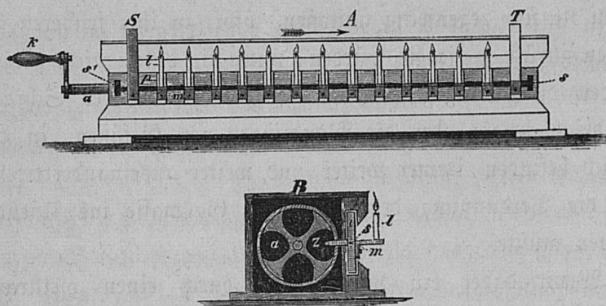


Fig. 1. Pierre's Longitudinalwellenmaschine zur Demonstration der Schallwellenbewegung.

A Ansicht von vorn; B Durchschnitt. Die genauere Beschreibung der Maschine würde uns zu weit führen; es genüge zu bemerken, daß durch Drehen an der Kurbel *k* der schwarze Blechstreif *S* und sämtliche auf der Stange *s*, *s'* aufgereihten, in einem Falz horizontal verschiebbaren Holzflößchen *p* mit ihren Dillen *m* und Lichtchen *l* genau in die im Text beschriebenen Oscillationen versetzt werden können, indem (vgl. den Durchschnitt bei B) jedes Holzflößchen mittelst eines Zapfens *z* in den Mechanismus eingreift, den die Are *a* im Inneren des Kastens durch ihre Umdrehungen treibt.

Lichtchenreihe, bedeutet ein Stück eines in schallerzeugende Schwingungen versetzbaren Körpers, z. B. einer Violinseite, welche mit der Luft in unmittelbarer Berührung steht.

Setzen wir nun den Mechanismus des Apparats in Thätigkeit, so sehen wir, wie sich der Streifen von Blech (*S*) sofort zu bewegen anfängt und das erste Lichtchen vor sich her treibt.

So wie sich das erste Lichtchen dem zweiten nähert, wächst die Abstoßung zwischen beiden und das letztere muß ausweichen, weil das erstere — von hinten gestützt — nicht ausweichen kann; und so treibt das erste Lichtchen das zweite vorwärts, das zweite das dritte, das dritte das vierte u. s. w. (vgl. den Pfeil bei A).

Unterdessen hat der Streifen von Blech seine Bewegung vollendet und beginnt seinen Rückgang; — sofort weicht auch das erste Lichtchen zurück, weil es (von hinten nicht mehr gestützt) von allen seinen Nachbarn zurückgestoßen wird, die es

vorhin mittelbar oder unmittelbar vorwärtsgestoßen und gegeneinander getrieben hatte.

Aus demselben Grunde weicht mit dem Rückgang des ersten Lichtchens auch das zweite wieder zurück — dann das dritte, dann das vierte, fünfte u. s. w.

Wir sehen, wie auf diese Weise sämtliche Lichtchen der Reihe nach in genau dieselben hin- und hergehenden Bewegungen oder Schwingungen versetzt werden, welche der schwarze Blechstreifen ausführt.

Indem nun aber jedes Lichtchen seine hin- und hergehende Bewegung etwas später anfängt, ausführt und beendet, als das unmittelbar vorhergehende, so drängen sich die Lichtchen bei ihrem Hingang dichter an einander, während sie bei ihrem Rückgang mehr auseinander weichen.

Es folgen abwechselnd Gruppen dicht zusammengedrängter und weit auseinanderstehender Lichtchen aufeinander — und es entsteht der Schein, wie wenn diese Lichtchengruppen vom Blechstreifen aus fortströmten, während doch die Lichtchen selbst in Wirklichkeit nicht fortströmen, sondern an ihrem Orte bleiben, innerhalb welches sie fortdauernd nur hin- und herschwingen.

Was wirklich fortschreitet ist bloß die specielle Form der pendelartigen Bewegung, welche Theilchen um Theilchen ergreift.

Ganz eben so geht es nun in der Luft zu, wenn sie ein schallender Körper in Bewegung bringt.

Der Streifen von schwarzem Blech entspricht in seiner Bewegung einem oscillirenden Schallkörper; die Lichtchenreihe — einer Reihe der kleinsten Lufttheilchen; die scheinbar fortströmenden Gruppen, wo die Lichtchen sich zusammendrängen, entsprechen — Luftverdichtungen, wo sie auseinander weichen — Luftverdünnungen; und der ganze ablaufende Bewegungsvor-

gang zeigt die Schallbewegung der Luft, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, daß die Lufttheilchen in ihrer geradlinigen Bahn nur hin- und herschwingen, während die hierdurch erzeugten Verdichtungen und Verdünnungen durch den Luftraum fortschreiten, indem sie sich immerwährend aus neuen Theilchen zusammensetzen.

Einen Bewegungsvorgang von dieser Eigenthümlichkeit nennt man in der Physik — eine Wellenbewegung.

Unser specieller Fall ist die Schallwellenbewegung. —

Den Namen „Wellenbewegung“ und alle näheren Bezeichnungen wie „Welle“, „Wellenberg“, „Wellenthal“ u. s. w. hat man hergeleitet vom Vergleiche mit der ganz analogen Wellenbewegung auf der Oberfläche des Wassers, welches dabei jedoch abwechselnd über sein Niveau steigt, und unter dasselbe sinkt — statt wie die Luft sich zu verdichten und zu verdünnen.

Deshalb heißen die durch den Luftraum fortschreitenden Verdichtungen — Schallwellenberge, die Luftverdünnungen — Schallwellenthäler.

Ein solcher Schallwellenberg — (Luftverdichtung) und ein solches unmittelbar benachbartes Schallwellenthal (die Luftverdünnung) zusammen genommen, bilden aber, was man eine Schallwelle nennt.

Damit hätten wir also die Vorstellung von Schallwellen, die sich in gerader Linie nach einer Richtung hin fortpflanzen. Aber die Ausbreitung des Schalles geschieht gleichzeitig nach allen Richtungen des Raumes und so müssen wir uns die Schallwellen in Wirklichkeit nothwendig in Gestalt von übereinander geschachtelten Kugelschalen oder Hohlkugelschichten von abwechselnder Dichtigkeit denken, deren Durchmesser immer mehr und mehr wachsen, je weiter sie sich von ihrem gemeinschaftlichen Ausgangs- und Mittelpunkt — dem schallerzeugenden

Körper — entfernen, etwa so wie die Wellenkreise immer größer und größer werden, welche wir durch einen Steinwurf auf der glatten Fläche eines Wasserspiegels erzeugen! —

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Schallwellen den Luftraum durchheilen, hat man gemessen und bei ruhiger Luft auf 340 Meter in der Sekunde bestimmt, d. h. der Schall braucht eine ganze Secunde Zeit, um eine Strecke von 340 Meter, etwas über 1000 Fuß, zu durchlaufen, während das Licht in derselben Zeit viele 1000 Meilen macht; — deshalb hören wir aber auch den Knall einer in großer Entfernung abgeschossenen Kanone viel später, als wir das Aufblitzen derselben sehen! — Je weiter die Entfernung ist, desto später hören wir die Detonation des Geschüßes, und bei der bekannten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles können wir die Größe dieser Entfernung schätzen, wenn wir die Zeit messen, welche vom Momente des Aufblitzens bis zur Wahrnehmung des Knalles vergeht. Jeder Secunde Verspätung entspricht eine Vergrößerung der Entfernung um 340 Meter, jeder $\frac{1}{2}$ Secunde um 170 Meter.

Ebenso wie in der Luft und in Gasen entsteht der Schall und pflanzt sich fort in jedem anderen elastischen Medium, z. B. im Wasser und in festen Körpern — nur mit verschiedener und zwar größerer Geschwindigkeit. —

Hiermit haben wir die physikalische Antwort auf unsere erste Frage: Was ist Schall überhaupt?

Der Schall ist nichts weiter, als eine eigenthümliche Bewegung der Materie! —

Mit dem Worte „Schall“ bezeichnet der Sprachgebrauch jedoch nicht nur den eben erörterten *grobmolecularen* Bewegungsvorgang, sondern zugleich auch die besondere Empfindung, welche derselbe veranlaßt, wenn er unseren Hörnerv afficirt.

Dies führt uns zu unserer zweiten Frage: Wie der Schall von uns wahrgenommen wird? —

Mit der allgemeinen Antwort: „durch das Gehör“, wollen wir uns jedoch hier nicht begnügen, sondern genauer zusehen, was im Ohre vorgeht, wenn Schallwellen dasselbe treffen — wenn wir also hören.

Zu diesem Ende will ich versuchen, mit Hülfe dieser klossalen schematischen Durchschnittszeichnung des Ohres (vgl. Fig. 2) und mit Hülfe vergrößerter plastischer Nachbildungen einiger seiner Theile eine klare Vorstellung von dem äußerst complicirten Bau des Gehörorgans zu geben.

Das Gehörorgan ist bekanntlich doppelt vorhanden und symmetrisch zu beiden Seiten des Kopfes an und in dem sogenannten Schläfebein angebracht.

Es zerfällt in drei Abschnitte, welche man als äußeres, mittleres und inneres Ohr bezeichnet.

Das äußere Ohr besteht aus der knorpeligen, von der allgemeinen Hautdecke überzogenen Ohrmuschel (Fig. 2. I. M) und dem äußeren Gehörgang (G), dessen Wandungen zum Theil aus Knorpel (k^2 , k^4 , k^5), zum Theil aus Knochen gebildet werden. An seinem Ende ist der Gehörgang durch eine feine, elastische Haut verschlossen. Er endet somit blind.

Diese Haut, das sogenannte Trommelfell (T) bildet die Grenze und Scheidewand zwischen dem äußeren und dem mittleren Ohr, welches letztere die Paukenhöhle (P) oder Trommelhöhle genannt wird.

Diese hinter dem Trommelfell gelegene Höhle ist ein kleiner unregelmäßiger Raum mit knöchernen Wänden. Er ist nicht allseitig geschlossen, sondern steht durch eine enge, nach vorn und innen herabsteigende Röhre (R) mit dem hintersten Theile der Nasenhöhle in Verbindung.

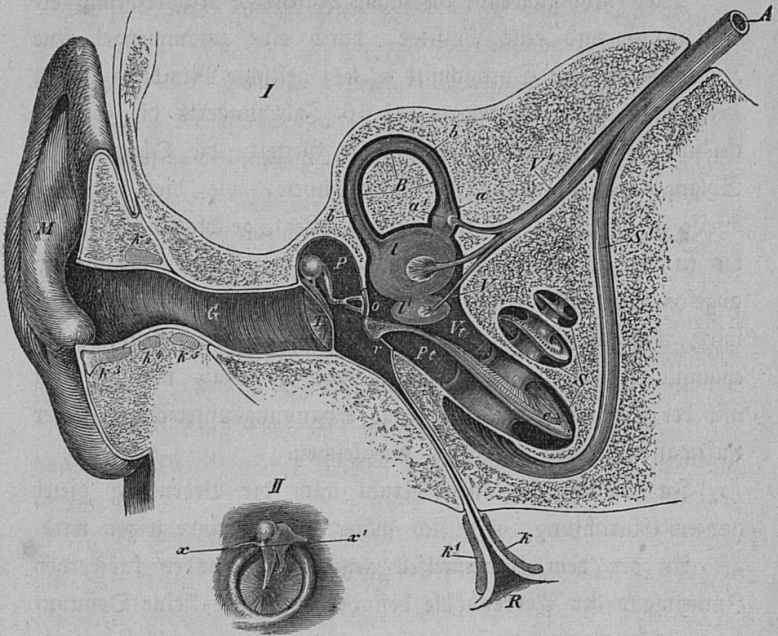


Fig. 2. I. Schematischer Durchschnitt des menschlichen Gehörorgans der rechten Seite.

M äußeres Ohr; ZG äußerer Gehörgang, k^2, k^3, k^4, k^5 Durchschnitte der Knorpel der Ohrmuschel und des äußeren Theiles des Gehörgangs, dessen innerer Theil knöcherne Wandungen hat; T Trommelfell; P Paukenhöhle; o ovales Fenster, r rundes Fenster, zwischen T und o die gelenkig verbundene Gehörknöchelchenkette. R die Eustach'sche Ohrtrumpete, k, k' die durchschnittenen Knorpelplatte ihrer wulstigen und erweiterten Nasenmündung. V, B und S das knöcherne Labyrinth, V der Vorhof, B ein halbzirkelförmiger Bogengang mit seiner Ampulle a; S die Schnecke, durch die Spiralplatte in die Vorhofstreppe (Vt) und in die Paukentreppe (Pt) getheilt. l, l, b das häutige Labyrinth, l, l' die Vorhofsfächer, b ein häutiger halbzirkelförmiger Bogengang mit seiner Ampulle a'. A der Stamm des Hörnerven oder N. acusticus in den inneren Gehörgang eintretend und in zwei Hauptäste (V' und S') sich spaltend; V' der Vorhofsnerv mit seinen Endverzweigungen auf den umschriebenen weißen Stellen des häutigen Labyrinths; S' der Schneckenerv, von unten in die Kanälchen der Schneckenwindung eintretend, um durch die knöcherne Spiralplatte zum Corti'schen Organ o zu gelangen, welches auf der oberen oder Vorhofstrepfenfläche der häutigen Spiralplatte aufliegt. Zu bemerken ist, daß der Verständlichkeit und Deutlichkeit wegen die Paukenhöhle und die Gehörknöchelchen, namentlich aber das ganze Labyrinth im Verhältniß zur Ohrmuschel viel zu groß, die Schnecke aber mit ihrer Basis nach unten gewendet gezeichnet wurde, obgleich sie in Wirklichkeit die Basis ihrer Spindel nicht, wie in unserem Bilde, nach unten, sondern vielmehr nach oben und innen, gegen den N. acusticus kehrt, jedoch der Verlauf des Schneckenerven S' ein geradliniger wird!

Fig. 2. II. Das in seinem Knochenring ausgespannte Trommelfell der rechten Seite von innen gesehen mit Hammer und Ambos in natürlicher Verbindung. x, x' zeigt die Are, um welche sich die beiden Knöchelchen vereint hebelartig bewegen lassen.

Diese Röhre, welche an ihrem Nasenende trichterförmig erweitert ist und eine wulstige, durch eine zusammengebogene Knorpelplatte (im Durchschnitt k , k^1) gestützte Mündung besitzt, heißt nach einem Anatomen des 16. Jahrhunderts die Eustachii'sche Röhre, oder — nach ihrer Gestalt, die Ohrtrumpete. Solange die Mündung der Ohrtrumpete, wie dies normaler Weise in der Ruhe der Fall zu sein pflegt, geschlossen ist, wird die in der Paukenhöhle enthaltene Luft vollständig hermetisch abgeschlossen sein; sowie aber die wulstige Mündung geöffnet wird, was regelmäßig bei jeder Schlingbewegung geschieht, so communicirt die Paukenhöhlenluft durch die Nase hindurch frei mit der Atmosphäre und etwaige Spannungsunterschiede beider Luftmassen können sich sofort ausgleichen.

In diesem Umstande beruht auch die Bedeutung dieser ganzen Einrichtung, wie sich später noch genauer zeigen wird.

An der dem Trommelfell gegenüber liegenden knöchernen Innenwand der Paukenhöhle befinden sich zwei kleine Oeffnungen, welche durch zarte, quergespannte Häutchen verschlossen sind.

Die untere der beiden Oeffnungen heißt das runde (r), die obere das ovale (o) Fenster.

Noch habe ich im mittleren Ohr die zierlichen Gehörknöchelchen zu beschreiben, welche quer durch die Paukenhöhle hindurch zwischen dem Trommelfell und dem Häutchen des ovalen Fensters (o) eine feste, gegliederte Brücke schlagen.

Es gibt drei Gehörknöchelchen: den Hammer (H), den Amboss (A) und den Steigbügel (S) (vgl. Fig. 3).

Der Griff oder Stiel des Hammers (H , s) ist mit dem Trommelfell verwachsen und reicht fast bis in dessen Mitte herab; sein Kopf (H , k) ragt über den Paukenring, in dem das Trommelfell ausgespannt ist, frei nach oben hervor; sein langer Fortsatz (H , l) ist nach vorn in einer Knochenpalte eingeklemmt.

Der Kopf des Hammers besitzt nach hinten eine Gelenkfläche (H, g), welcher eine ähnliche Gelenkfläche am Körper des Amboß (A, g') entspricht. Beide Knöchelchen articuliren daselbst miteinander. Der Amboß liegt hinter dem Hammer. Sein langer Fortsatz (A, l') läuft parallel mit dem im Trommelfell eingewachsenen Hammergriff und ragt frei nach abwärts. Sein kurzer Fortsatz (A, k') ist nach hinten in einem Knochengrübchen angestemmt und befestigt (vgl. Fig. 2. II.).

Die Beweglichkeit der Gelenkverbindung zwischen Hammer und Amboß ist sehr gering, dagegen können sich beide Knöchelchen weit ausgiebiger um eine gemeinschaftliche Are (Fig. 2. II. x, x') hebel förmig bewegen, welche durch ihre nach vorn und hinten ausgestreckten und fixirten Fortsätze (Fig. 3. l u. k') bestimmt ist.

Der Steigbügel endlich ist mit dem freien und etwas nach einwärts gebogenen Ende des langen Amboßfortsatzes (A, l') gelenkig verbunden, und steht horizontal nach innen. Ein winziges Knochenplättchen, welches sich zwischen die Gelenkflächen der Verbindung zwischen Steigbügel und Amboßfortsatz einschiebt, beschreibt man wol auch als viertes Gehörknöchelchen.

An unserem Schema (Fig. 2. I.) sehen wir die Gehörknöchelchen als Brücke zwischen dem Trommelfell (T) und der Membran des ovalen Fensters (o), mit welcher die Fußplatte des Steigbügels (Fig. 3. S, u) verwachsen ist, in ihrer natürlichen

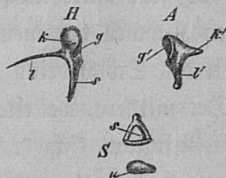


Fig. 3. Die Gehörknöchelchen in natürlicher Größe.

H der Hammer, k dessen runder Kopf, s sein Stiel oder Griff, l sein langer dünner Fortsatz, g die kleine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Amboß. A der Amboß, l' sein langer, k' sein kurzer Fortsatz, g' die kleine Gelenkfläche zur Verbindung mit dem Hammer. S der Steigbügel, bei s von der Seite gesehen, bei u von unten dargestellt, um Form und Größe der Fußplatte zu zeigen.

Anordnung ausgespannt. Der Körper des Amboss wird bei dieser Ansicht fast ganz durch den Kopf des Hammers verdeckt, dagegen sieht man deutlich seinen langen Fortsatz, welcher den Steigbügel trägt. Das schwarze Pünktchen am Halse des Hammerkopfes gibt die Projection der Nre (Fig. 2. II. x, x'), um welche sich Hammer und Amboss gemeinschaftlich wie Hebel drehen können.

Ich komme zur Darstellung des letzten und complicirtesten Abschnittes des Gehörorgans, des sogenannten inneren Ohrs oder Labyrinths, welches die Endausbreitungen des Gehörnerven enthält.

Dasselbe ist eine allseitig geschlossene, mit wässeriger Feuchtigkeit gefüllte Höhle von außerordentlich verwickelter Gestalt.

Mit Ausnahme der beiden durch Membranen verschlossenen Fenster, des ovalen und des runden, ist diese Höhle ganz und gar durch sehr harte knöcherne Wände begrenzt, indem sie in den festesten Knochen des menschlichen Körpers, den sogenannten Felsentheil des Schläfebeins so zu sagen hineingemeißelt ist.

Der mittlere, weiteste Theil des Labyrinths heißt der Vorhof, Vestibulum (Fig. 2. I. V); von demselben gehen drei enge gebogene Kanäle ab — die sogenannten halbkreisförmigen Bogengänge (B). (In unserem Durchschnittsschema, Fig. 12. I. konnte nur ein einziger der drei Bogengänge gezeichnet werden, weil sie in drei verschiedenen, senkrecht aufeinander stehenden Ebenen liegen.)

Jeder dieser drei Bogengänge ist ein enger, gleichweiter Kanal, dessen beide Enden in den Vorhof münden; nur eines dieser Enden zeigt bei allen eine kleine, flaschenförmige Erweiterung — die sogenannte Ampulle (a), deren es also auch drei gibt.

An der den Einmündungen der Bogengänge entgegengesetzten Seite verlängert sich der Vorhof in eine allmählig sich verjüngende blind endigende Röhre, welche, wie ein Schneckenhaus,

spiralig um eine Spindel aufgewickelt ist und deshalb, sehr passend, die Schnecke (S) genannt wird.

Brechen wir die Wand der aus dem Felsenbein herausgemeißelten Schneckenwindungen auf, so sehen wir in das Innere derselben, und bemerken, daß der Schneckenkanal nicht einfach ist, sondern durch eine quere Scheidewand in zwei übereinanderliegende Wendeltreppen getheilt wird. Diese Scheidewand heißt die Spiralsplatte der Schnecke; sie beginnt zwischen den beiden Fenstern des Vorhofs und erstreckt sich spiralig gewunden bis in die letzte Windung hinauf; sie ist zum Theil knöchern, zum Theil häutig.

Der unmittelbar von der Schneckenwindung ausgehende knöcherne Theil reicht bis über die Hälfte in die Richtung der Windungen hinein; der äußere Saum zwischen hier und der gegenüberliegenden Wand besteht aus einer straffen elastischen Haut.

Von den beiden auf diese Weise gebildeten Wendeltreppen heißt die obere die Vorhofstreppe (Vt), die untere die Paukentreppe (Pt), weil erstere direct in den Vorhof führt, letztere aber, wenn das runde Fenster nicht mit einer Membran verschlossen wäre, mit der Paukenhöhle communiciren würde.

Die beiden genannten Treppen und das in ihnen enthaltene Labyrinthwasser hängen nur durch eine feine Oeffnung im obersten Ende der Spiralsplatte — das sogenannte Schneckenloch oder Helicotrema — mit einander zusammen, im übrigen sind es vollständig von einander getrennte Kanäle.

Das Labyrinth besteht also aus dem Vorhof mit den drei halbzirkelförmigen Bogengängen und aus dem Doppelrohr der Schnecke.

Dieser ganze Hohlraum ist mit einer Flüssigkeit — dem sogenannten Labyrinthwasser erfüllt.

In dieser Flüssigkeit schwimmend, sind im Vorhof zwei

rundliche glashelle häutige Bläschen (l und l') enthalten und in jedem der drei Bogengänge ein feiner häutiger Schlauch (b, b), der wie der knöcherne Gang und genau an derselben Stelle eine Erweiterung oder Ampulle (a') besitzt; und wie die knöchernen halbzirkelförmigen Gänge mit dem Vorhofsraum, so hängen die häutigen Bogengänge mit den Vorhofsbläschen zu einem geschlossenen Ganzen zusammen. Man nennt dieses zarte Gebilde (vgl. Fig. 2. I. l', l, b, a'), das häutige Labyrinth, und die Flüssigkeit, welche es einschließt, das innere Labyrinthwasser zum Unterschiede vom äußeren, in welchem es derart schwimmt, daß es nirgendwo die Wände des knöchernen Labyrinths berührt.

Ich füge das Verfaßstück des häutigen Labyrinths in unserm Ohrschema an seinen Platz ein, und wir haben jetzt den klaren und vollständigen Ueberblick über alle Theile des Gehörorgans und ihres Zusammenhanges — bis auf den Gehörnerven und seine akustischen Endorgane.

Der Hörnerv oder Nerv. acusticus (A) besteht aus mehreren tausend mikroskopisch feinen Nervenfädchen, die von einer Bindegewebsscheide umschlossen und zusammengehalten werden.

Er entspringt aus jenem Theile des Gehirns, den man das verlängerte Mark, Medulla oblongata nennt, und tritt durch den sogenannten inneren Gehörgang — einen Kanal im Felsenbein — an das Labyrinth heran.

Dabei spaltet er sich in zwei Äste, von denen der eine — der für die Schnecke bestimmte Schneckenerv (S') — seine Fasern durch feine Röhrchen in der Spindel der Schnecke zur Spiralplatte aufsteigen läßt, während der andere oder Vorhofsnerv (V'), in mehrere Bündelchen gespalten, das häutige Labyrinth versorgt. Ein Bündelchen geht zu genau umgrenzten Stellen der Vorhofsäckchen, drei andere finden ihr Ende in den

Ampullen — das ganze übrige Labyrinth bleibt nervenlos.

Die letzten Enden der Hörnervenfaser stehen an allen den genannten Orten mit eigenthümlichen und je nach der Localität verschiedenen mikroskopischen Gebilden — den sogenannten akustischen Endorganen — in Verbindung, welche wir nun im Einzelnen betrachten müssen, denn sie sind von der höchsten physiologischen Bedeutung.

In den Ampullen ist in die wulstige Stelle, die ins Innere derselben vorspringt und das umschriebene Verästelungsgebiet

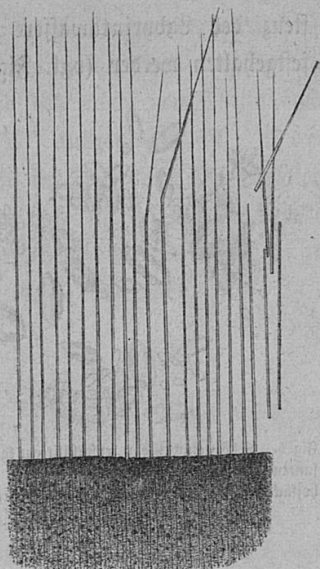


Fig. 4 Die steifen Härchen des Nervenverbreitungsbezirks in den Ampullen.

der Nervenenden enthält, eine große Menge dichtstehender, überaus feiner, zugespitzter steifer Härchen eingepflanzt (vgl. Fig. 4.).

Solche steife, lange Härchen sind überaus geeignet, durch Strömungen des sie umspielenden Labyrinthwassers in Bewegung zu gerathen und dabei eine mechanische Reizung der zwischen ihren eingepflanzten Enden liegenden Nervenverästelungen zu veranlassen.

In den Bläschen des Vorhofs sind auf den umschriebenen verdickten Stellen, wo die Nerven enden, keine oder nur kurze und spärliche Härchen zu finden, dagegen liegen ganz nahe der nervenreichen inneren Oberfläche dieser Stellen zahllose spitze Kryställchen von kohlensaurem Kalk — die sogenannten Gehörsteinchen oder Otolithen, welche durch eine schleimige Constanz

stanz des Labyrinthwassers an diesen Stellen zusammen- und festgehalten werden (vgl. Fig. 5).



Fig. 5. Gehörsteinchen von krystallisiertem kohlen-sauren Kalk, den nervenreichen Stellen der Vorhofsfächen entnommen, und unterm Mikroskop gesehen.

Wenn dieser Krystallbrei mit der nervenreichen Oberfläche in Zusammenstoß geräth, so wird eine mechanische Reizung der Nervenenden wol nicht ausbleiben können!

Die akustischen Endorgane der Nerven, welche zur Spiralplatte der Schnecke treten, sind noch eigenthümlicher und wunderbarer angeordnet, als die bisher betrachteten.

Es sind elastische Fäden oder Stäbchen, welche auf der oberen oder Vorhofstreppenfläche der häutigen Spiralplatte, ihrer ganzen Ausdehnung entlang — von unten bis hinauf in die letzte Windung — sehr regelmäßig dicht nebeneinander gereiht, und in der Richtung der Radien der Spiralplatte, aufgesetzt sind.

Man nennt sie nach ihrem Entdecker, dem Marschese A. Corti di St. Stefano-Belbo, Corti'sche Stäbchen oder das Corti'sche Organ.

Ich habe (Fig. 6) zum leichteren Verständniß dieses verwickelten Gegenstandes eine möglichst vereinfachte schematische Durchschnittszeichnung der Spiralplatte entworfen.

Bei K sehen wir das äußere Ende der knöchernen Spiralplatte, welche zahllose Kanälchen für die Bündel des in der Schneckenwindung aufsteigenden Schneckenerven enthält. In der Zeichnung ist ein solches Kanälchen vom Durchschnitt gerade getroffen worden, so daß es aussieht, wie wenn die Spiralplatte

doppelt, oder in eine obere (o) und in eine untere (u) Knochenlippe zerspalten wäre. M ist der membranöse Theil der Spiralplatte, welcher zwischen dem Rande des knöchernen Theils und der Wand der Schneckenwindung (K') ausgespannt ist. Dort ist er festgewachsen, indem er sich in zwei Lamellen spaltet, welche die obere (o) und die untere (u) Fläche des knöchernen Theiles (K) als Knochenhaut überziehen; hier, indem er in Bandfasern (b) ausstrahlt, die sich an K' befestigen.

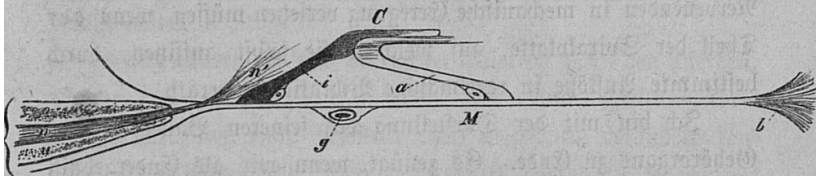


Fig. 6. Schematischer Durchschnitt der Spiralplatte mit dem Corti'schen Organ.

K das äußere Ende des knöchernen Theils der Spiralplatte, scheinbar in zwei Lippen (o und u) gespalten. n Fasern des Schneckenerven, in feinste Endfäserchen n' ausstrahlend. M membranöser Theil der Spiralplatte. b fächerförmige Bandfasern, welche M an die Innenfläche der äußeren Wand (K') der Schnecke anheften. C das Corti'sche Organ, i Innenstäbchen, a Außenstäbchen, g Durchschnitt eines Blutgefäßes.

Bei C befindet sich das Corti'sche Organ, wie gesagt, auf der oberen, der Vorhofstreppe zugewendeten Fläche der häutigen Spiralplatte. Ihm entspricht an der unteren Fläche derselben ein Blutgefäß (g).

Es besteht aus Fäden oder Stäbchen von zweierlei Art, welche man als innere (i) und äußere (a) unterscheidet.

Das eine der verdickten Enden der Außenstäbchen (a) sitzt in der Mitte der häutigen Spiralplatte fest, das andere articulirt mit dem oberen Ende des Innenstäbchens (i), dessen unteres ebenfalls verdicktes Ende nahe am inneren Rande der häutigen Spiralplatte festgewachsen ist. Es sind in der menschlichen Schnecke etwa 3000 Corti'sche Außenstäbchen und noch mehr Innenstäbchen, indem etwa drei der letzteren auf zwei der ersteren gezählt werden.

An die Corti'schen Stäbchen, welche von einem zarten Netz von Zellchen und Fäserchen umspunnen sind — in der Zeichnung sind alle diese complicirten Gebilde der Klarheit wegen weggelassen — treten die Schneckenerven (n), durch einen schrägen Kanal im Anfangstheil der häutigen Spiralplatte, mit ihren feinsten Enden (n') heran.

Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Stäbchen des Corti'schen Organs die mit ihnen in Berührung stehenden Nervenenden in mechanische Erregung versetzen müssen, wenn der Theil der Spiralplatte, auf welchem sie selbst aufsitzen, durch bestimmte Anstöße in regelmäßige Vibrationen geräth.

Ich bin mit der Darstellung des feineren Baues unseres Gehörorgans zu Ende. Es genügt, wenn wir als Endergebniß derselben klar erfaßt haben, daß die Hörnervenenden auf zarten elastischen Membranen ausgebreitet und überall mit besonderen schwingungsfähigen Gebilden — den akustischen Endorganen — verbunden sind, welche allseitig von Flüssigkeit umspült, durch Impulse von außen in bestimmte Bewegungen versetzt werden können, die die Nerven mechanisch erregen.

Nun kann ich unsere zweite Frage: wie der Schall von uns wahrgenommen wird? dadurch beantworten, daß ich zu zeigen versuche, was in den drei Abschnitten des Ohres vorgeht und wie sich die einzelnen beschriebenen Gebilde verhalten, wenn Schallwellen das Ohr treffen! —

Die Ohrmuschel und der äußere Gehörgang fangen die Schallwellen auf, und so gelangen sie bis an das Trommelfell. Die Bedeutung der Ohrmuschel als Fang- oder Schallrichter ist beim Menschen jedoch — trotz ihrer augenscheinlich sinnvollen und eigenthümlichen Modellirung nur sehr untergeordnet, denn wenn sie verloren gegangen ist, oder durch Binden glatt an den Schädel gedrückt wird — vorausgesetzt, daß der Gehörgang frei

bleibt, so wird das Gehör nur wenig beeinträchtigt. Ferner zeigt der einfachste Versuch, daß man sogleich etwas besser hört, wenn man die Ohrmuschel aus ihrer Lage und Form mit dem Finger nach vorn herausdrängt oder gar — wie Schwerhörige zu thun pflegen — durch die von hinten her an die Ohrmuschel angelegte gekrümmte Hohlhand trichterförmig zusammenbiegt und vergrößert — ein Beweis, daß die Ohrmuschel in ihrer natürlichen Lage und Gestalt, als Schall- und Fangtrichter, nur wenig leistet.

Ganz anders ist dies bei vielen Thieren, z. B. den Pferden, Hunden, Schafen u. s. w., welche Form und Stellung ihrer Ohren durch besondere Muskeln nach Bedürfniß verändern können. Wer hätte nicht schon Gelegenheit gehabt zu sehen, wie ein Pferd z. B. seine Ohren spitzt und oft ganz unabhängig von einander nach verschiedenen Richtungen wendet, um den Schall besser aufzufangen. Ähnliche Muskeln besitzt zwar das menschliche Ohr ebenfalls — aber sie sind so armselig entwickelt und werden so wenig geübt, daß sie die wenigsten Menschen willkürlich gebrauchen können — wodurch übrigens nichts verloren wird, da ihre Wirkung unter allen Umständen unbedeutend und von keinem merklichen Einfluß auf das Hören ist.

Daß diese Muskeln aber nichtsdestoweniger wirklich vorhanden sind, zeigt die anatomische Präparation und die Fähigkeit mancher Menschen, dieselben willkürlich spielen zu lassen.

So pflegte z. B. der berühmte Anatom Albinus, der 1697 geboren war, — wenn er in seinen Vorlesungen an der Universität Leyden zu diesem Gegenstande kam, seine Allongeperrücke mit Feierlichkeit abzuheben und den Schülern die Wirkung dieser Muskeln an seinen eigenen Ohren zu demonstrieren.

Um die willkürlichen Bewegungen der Ohrmuskeln zu zeigen, habe ich mir folgendes Hülfsmittel (vgl. Fig. 7) ausgedenkt:

Man binde zu diesem Ende ein Stirnband um den Kopf, an welchem ein kleiner Fühlhebel befestigt ist; stütze den Hebel

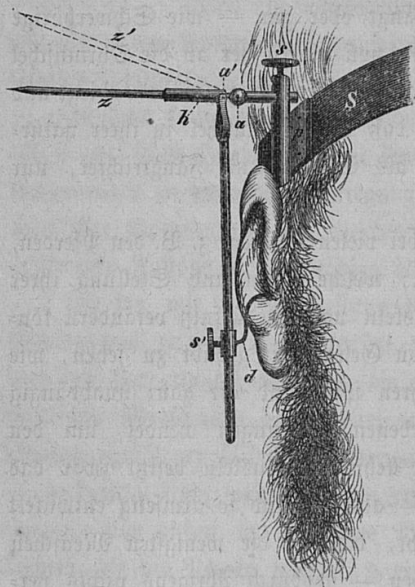


Fig. 7. Fühlhebel zur Demonstration der willkürlichen Bewegungen der Ohrmuschel.

S ein Stirnband, a welchem eine Messingplatte p befestigt ist, die einen senkrechten Stab mit horizontaler Bohrung und Schraubchen (s) trägt. In der Bohrung steckt ein Stäbchen, das mit einer Stahlnadel (z) gelenkig (bei a) verbunden ist. Auf die Stahlnadel ist ein federndes Hülfschen (h) aufgeschoben, welches wieder mit der Gabel eines längeren verticalen Stäbchens (bei a') articulirt. Am unteren Ende desselben befindet sich ein durch das Schraubchen s' verstellbares Drahthäkchen (d), welches in die Ohrmuschel eingehängt wird. Auf die Spitze der Stahlnadel kommt zur Verlängerung des Fühlhebels, welchen die Nadel bildet, eine lange leichte, durch aufgelegtes Blattgold glänzend und weithin sichtbar gemachte Vogelfeder. Die kleinsten Bewegungen der Ohrmuschel heben das angehängte Ende des verticalen Stäbchens und veranlassen hierdurch sehr ausgiebige Bewegungen des Fühlhebels (s. den punktirten Contour z').

vermittelft eines Stäbchens, an dem sich ein Drahthäkchen befindet, auf das Ohr, indem man das Häkchen in die Muschel einhängt — und man sieht nun wie die schuhlange mit Blattgold überzogene Vogelfeder, welche auf der Spitze des Fühlhebels steckt, die willkürlichen Bewegungen des Ohrs in vergrößertem Maßstab wiedergiebt. —

Nach diesem beiläufigen Excurse über die Ohrmuschel kehre ich zu der Auseinandersetzung der akustischen Vorgänge im Ohre zurück.

Die Schallwellen pflanzen sich also bis in die Luft des Gehörorgans hinein fort und gelangen, wie gesagt, bis an das Trommelfell, welches den Gang abschließt.

Es ist nun leicht begreiflich, daß jede einzelne Schallwelle das Trommelfell in je eine Schwingung versetzen muß, welche der hin- und hergehenden Bewegung der Lufttheilchen und des schallerzeugenden Körpers selbst entspricht.

Um diesen Vorgang sofort ganz anschaulich zu machen, brauche ich nur unsere — vorhin zur Demonstration der Schallwellenbewegung benutzte — Maschine (Fig. 1) neuerdings in Thätigkeit zu setzen, nachdem mit dem letzten Lichtchen der Reihe ein weißlackirter Blechstreifen (T) — welcher das elastische Trommelfell bedeuten soll, während der schwarzlackirte Blechstreif vor dem ersten Lichtchen den schwingenden Körper vorstellt, — in Verbindung gebracht worden ist.

Man sieht, wie der weiße Blechstreif, d. h. das Trommelfell — in dieselben Schwingungen geräth, welche der Streifen von schwarzem Blech (d. h. der schallerzeugende Körper) ausführt und wie die Bewegungen der Lichterreihe — (d. h. die Schallwellen der Luft) — diese Uebereinstimmung der Schwingungen hervorbringen!

In Wirklichkeit bildet also die Luft sozusagen die unsichtbare Brücke, auf welcher die Oscillationen der schallerzeugenden Körper auf das Trommelfell hinübergetragen werden.

Die Schwingungen, zu welchen das Trommelfell auf diesem Wege gezwungen wird, macht der Hammer natürlich mit, weil sein Griff oder Stiel in das Trommelfell eingewachsen ist.

Hammer und Amboß hängen aber innig zusammen und bewegen sich hebel förmig um eine gemeinschaftliche Ase.

Die Schwingungen des Trommelfells macht also wie der Hammer so der Amboß mit — und, da der Steigbügel an der Spitze des langen Fortsatzes des Amboßes sitzt — natürlich auch der Steigbügel, — und zwar in der Art, daß er die mit seiner Fußplatte verwachsene Membran des ovalen Fensters (vgl. Fig. 2.

I. o) ein- und ausstülpt und dadurch in dieselben Schwingungen versetzt, welche das Trommelfell ausführt.

In dem Moment, wenn die Membran des ovalen Fensters durch die Steigbügelplatte eingestülpt wird, wölbt sich die elastische Membran des runden Fensters (r) hervor, und umgekehrt. Fehlte diese elastisch verschlossene Gegenöffnung des runden Fensters am Labyrinth, so würde das in starre Wandungen eingeschlossene, incompressible Labyrinthwasser die Oscillationsbewegung der Steigbügelplatte beeinträchtigen oder ganz verhindern.

So wird also die Schallbewegung durch die Kette der Gehörknöchelchen und die Membran des ovalen Fensters auf das Labyrinthwasser übertragen. —

Ehe ich weiter gehe, muß ich bemerken, daß diese Uebertragung der Bewegung nur dann leicht und vollständig stattfindet, wenn die Theile ihre volle freie Beweglichkeit haben und besonders auch die in der Paukenhöhle eingeschlossene Luft weder dünner noch dichter ist als die Atmosphäre.

Es ist in diesen beiden Fällen leicht verständlich, daß — wegen der stärkeren Spannung und Vorwölbung des Trommelfells gegen die Seite der dünneren Luftmasse hin die freie Beweglichkeit der Theile vermindert und somit das Hören selbst beeinträchtigt sein muß.

Die Ohrtrompete oder Tuba Eustachii (vgl. Fig. 2. I. R) dient nun dazu, die Ausgleichung derartiger, das Hören wesentlich beeinträchtigender, Druckdifferenzen zwischen der Paukenhöhlenluft und der Atmosphäre zu ermöglichen, — indem sich die Mündung ihres Nasenendes öffnet und den Kanal, der die Paukenhöhle mit der Nase verbindet, wegsam macht.

Dies geschieht, ohne daß wir es wollen und wissen, während der Schluckbewegungen. Machen wir daher, sobald sich eine Schwerhörigkeit infolge von Luftdruckdifferenzen einstellt,

einige Schlingbewegungen, so verschwindet dieselbe sofort wieder, weil durch die dabei sich öffnende Ohrtrompete Luft entweder aus der Nase in die Paukenhöhle, oder aus dieser in die Nase einströmt, und das Gleichgewicht auf beiden Seiten des Trommelfells sich herstellt.

Bei verschiedenen Menschen ist die Ohrtrompete von sehr verschiedener Weite. Bei Manchen ist sie so weit, daß sie immer offen steht und es daher niemals zu den beschriebenen Erscheinungen kommt, weil die ungehinderte Ausgleichung das Zustandekommen etwaiger Spannungsunterschiede verhindert. Bei anderen ist sie wieder so eng, daß sie bei der geringsten Schwellung der Schleimhaut ganz unwegsam wird. Die stets verhältnißmäßig geringe Weite des Ohrtrompetenkanals ist, beiläufig bemerkt, einer der Gründe, warum man so häufig bei heftigem Schnupfen, wo die Schleimhäute schwellen, schlecht hört.

Hierdurch wird die Bedeutung und der Nutzen jener sehr sonderbaren Communication zwischen der Pauken- und Nasenhöhle gewiß verständlich geworden sein.

Von den Umständen aber, unter welchen diese Art vorübergehender Schwerhörigkeit entsteht, will ich zwei anführen, weil sie ein besonderes Interesse darbieten dürften.

Läßt man sich nämlich in einer Taucherglocke in die Tiefe des Wassers hinab, — oder steigt man in einem Luftballon rasch in beträchtlich dünnere Luftschichten empor, so tritt jene Schwerhörigkeit sehr deutlich ein — in der Taucherglocke, weil die Luft, in der man athmet, stark comprimirt ist, während die Paukenhöhlenluft nur die Spannung einer Atmosphäre hat — das Trommelfell daher zu stark eingestülpt wird; — im Luftballon, weil die Luft, in die man emporgekommen, dünn ist im Vergleiche zu jener, die man von der Erdoberfläche — dem Grunde der Atmosphäre — in seiner Paukenhöhle mit hinauf-

genommen hat — das Trommelfell also dauernd herausgestülpt wird.

Ich kann diese Thatfachen aus eigener Erfahrung bestätigen, denn ich habe mich im Jahre 1850 im polytechnischen Institut in London mit drei anderen Herren in einer Taucherglocke in die Tiefe eines brunnenartigen Bassins hinabgelassen — und bin im Herbst 1867 in Paris, in Gesellschaft von 14 anderen Personen mit einem sogenannten „Ballon captif“ — einem an einem langen Seil befestigten kolossalen Luftballon, der erst gegen das Ende der Ausstellungszeit fertig geworden war — an 300 Meter hoch in die Luft geflogen. —

Weder die unheimliche gedrückte Situation in der grünlich dämmerigen Taucherglocke — noch die wahrhaft entzückende Empfindung bei der Luftfahrt, und die über alle Beschreibung herrliche Aussicht aus dem Ballon auf das vom schönsten Abendgold übergossene Paris mit seinen zahllosen punktförmigen Menschlein und zwerghaft zusammengeschrumpften Bauten — seinem Hôtel des Invalides, seinem Panthéon, seinem Arc de l'Etoile . . . tief unter meinen Füßen — haben mich an der physiologischen Beobachtung über die unter diesen Umständen eintretende Schwerhörigkeit und deren sofortige Vertreibung durch Schlingbewegungen verhindert.

Ebenso wenig hinderten mich aber auch diese Beobachtungen daran, die Unbehaglichkeit der Existenz in der Taucherglocke zu empfinden und die großartige Pracht und Herrlichkeit der mir unvergeßlichen Luftfahrt in vollen Zügen zu genießen. —

Warum empfindet man Aehnliches nicht auch beim Befahren jedes tiefen Bergwerkes oder beim Besteigen jedes höheren Berges? Einfach darum nicht, weil man dabei nicht rasch genug in die Höhe und Tiefe gelangt und mittlerweile alle paar Mi-

nuten — ohne daran zu denken, einige Schlingbewegungen macht! — —

Ich kehre zur Schallbewegung im Ohre zurück. Wir hatten sie vorhin bis ins Labyrinthwasser verfolgt, welches durch die vom oscillirenden Steigbügel ein- und ausgestülpte Membran des ovalen Fensters in entsprechende Erschütterungen und Strömungen versetzt wird. ,

Diese bringen dann natürlich auch das häutige Labyrinth und die elastische Spiralplatte der Schnecke in Bewegung, und dabei kann es nicht fehlen, daß — je nach der Richtung, Anzahl, Kraft und Beschaffenheit der Impulse — endlich auch diese oder jene der so verschiedenen, früher beschriebenen akustischen Endorgane an den Ausbreitungsstellen des Hörnerven in Erzitterungen oder Mitschwingungen gerathen und die Nervenenden drücken und zerren, d. h. sie mechanisch reizen.

Der durch diese mechanische Reizung hervorgebrachte Erregungszustand der Nervensubstanz, welcher noch immer ein durch die neueren Hülfsmittel der Untersuchung nachweisbar materieller Bewegungsvorgang ist, pflanzt sich innerhalb der Nervenröhrchen — etwa wie eine telegraphische Depesche im elektrischen Leitungsdraht — ins Gehirn hinein fort; — und im Gehirn erst findet jene geheimnißvolle Transsubstantiation des physikalischen Bewegungsvorganges der Nervenenerregung in den psychischen Zustand der Schallempfindung statt.

Und so wären wir denn bei der Schallempfindung angelangt. —

Wir übersehen jetzt die ganze zusammenhängende Kette von mechanischen Bewegungsvorgängen, welche der Wahrnehmung des Schalles überhaupt zu Grunde liegen, — von den Schwingungen des schallerzeugenden Körpers an — bis zu dem durch die mechanische Reizung gewisser Nervenenden hervorgebrachten Er-

regungszustand der akustischen Nervenmasse im Gehirn, welcher schließlich in etwas ganz Neues, mit der physikalischen Schallbewegung auch nicht entfernt Vergleichbares — in eine Empfindung — umschlägt. Strenggenommen können wir also gar nicht von einer Wahrnehmung des Schalles sprechen, denn was wir wirklich wahrnehmen, wenn wir hören, ist nicht der Schall d. h. die Schallbewegung als solche; was wir wirklich wahrnehmen ist vielmehr nur eine Veränderung unseres Ich's — ein psychischer Zustand, dem gar nichts Aehnliches in der Außenwelt entspricht! — —

Für die Schallwellen gibt es, wie ich hier beiläufig erwähnen muß, noch einen zweiten kürzeren Weg zu dem Hörnerven mit seinen Endorganen im Labyrinth — nämlich durch die Schädelknochen selbst.

Diesen directeren Weg können die Schallwellen jedoch nur dann in erheblicher Stärke betreten, wenn sie durch einen festen Körper fortgeleitet werden, welcher mit den Schädelknochen selbst oder mit den Zähnen in unmittelbarer Berührung steht. —

Wenn man sich beide Ohren zustopft und dann einen Bindfaden zwischen die Zähne klemmt, an dessen Ende ein großer silberner Löffel oder noch besser ein eisernes Lineal herabhängt — so hört man, sowie der Löffel oder das Lineal — gegen eine Tischkante hingeschwungen — anschlägt — trotz der verstopften Ohren einen so mächtigen Schall, daß man glauben kann neben der großen Glocke des Kremels von Moskau zu stehen. — Ich empfehle diesen einfachen und höchst überraschenden Versuch — nicht etwa bloß für die Kinderstube.

Viele Schwerhörige, ja sogar manche scheinbar ganz Taube hören das auf einem Klavier gespielte Musikstück vollkommen gut, wenn sie einen zwischen den Zähnen gehaltenen Holzstab auf den Resonanzboden des Instruments aufstemmen.

Dieser Kunstgriff gelingt indeß nur solchen Gehörkranken, bei denen das Labyrinth und der Hörnerv mit seinen Endorganen noch gesund sind, während die Theile des Leitungsweges für die Schallwellen der Luft — also Trommelfell und Gehörknöchelchen irgendwie gelitten haben und functionsunfähig geworden sind. —

Wir haben vorhin gesehen, daß sich uns mit der Gehörsempfindung, gleichgiltig auf welchem Wege der Schallleitung dieselbe hervorgerufen wurde, eine neue nur in uns und für uns existirende Welt von Erscheinungen erschließt, und wir fragen nun nach einer Erklärung ihrer Mannigfaltigkeit.

Die Beantwortung dieser dritten und letzten Frage, muß darin bestehen, daß ich zeige wie vielerlei Unterschiede die Gehörsempfindungen, deren unser Ohr fähig ist, erkennen lassen und welche Verschiedenheiten des äußeren Erregungsmittels — der Schallwellen nämlich — durch ihre besondere Einwirkung auf den Mechanismus des Ohrs jenen Unterschieden der Empfindung zu Grunde liegen.

Der Unterschied, welchen ich zuerst besprechen will, weil er allen Arten der Schallempfindung zukommt, ist der hinsichtlich ihrer Stärke oder Intensität.

Jede wie immer geartete Schallempfindung kann nämlich — einen stärkeren oder schwächeren Eindruck machen.

Dieser quantitative Unterschied der Schallempfindungen hängt unter übrigens gleichen Umständen nur ab von der Größe der Schwingungen, d. h. von der Breite des Raumes, innerhalb welches der schallerzeugende Körper und die einzelnen Theilchen des leitenden Mediums hin- und heroscilliren. Denn je größer die Excursionen der Schwingungen sind, desto mächtiger werden die Erschütterungen des Trommelfells, der Gehörknöchelchen, des Labyrinthwassers und der betreffenden Endorgane des Hörnerven

ausfallen — desto intensiver ist dann auch die mechanische Erregung der Nerven und dieser entsprechend die Schallempfindung selbst.

Je kleiner hingegen die Schwingungsgröße der ganzen Reihe der schallerzeugenden Schwingungen ist, desto schwächer muß die nervöse Erregung und desto leiser die erzeugte Empfindung sein. Die einfache Beobachtung einer schwingenden Saite läßt uns keinen Zweifel über die Beziehung zwischen der Schwingungsgröße und der Empfindungsstärke.

Ich komme zu dem zweiten und zwar dem Hauptunterschiede des Schalles; es ist der zwischen Geräuschen und musikalischen Klängen.

Geräusche und Klänge können in mannichfach wechselnden Verhältnissen sich mischen, ja durch Zwischenstufen unmerklich ineinander übergehen — ihre Extreme liegen aber weit auseinander.

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Hauptklassen von Schallempfindungen ist darin begründet, daß beim Geräusch die hin- und hergehenden Bewegungen der einzelnen Lufttheilchen ganz unregelmäßig sind — und daß demzufolge die miteinander abwechselnden Verdünnungen und Verdichtungen der Luft, aus denen die fortschreitenden Schallwellen des Geräusches bestehen, nicht gleichartig und übereinstimmend zusammengesetzt erscheinen, sondern ganz verschieden und regellos wechselnd.

Beim reinen Klang hingegen geschehen die Schwingungen der einzelnen Lufttheilchen ganz regelmäßig, nach einer ganz bestimmten, in immer gleicher Weise wiederkehrenden Norm, und infolge dessen sind auch alle die aufeinander folgenden Schallwellen eines und desselben Klanges genau einander gleich; es herrscht eine mathematische Uebereinstimmung der Bewegung.

Eine solche Bewegung, welche in genau gleichen Zeitabschnitten, in genau derselben Weise oder Norm wiederkehrt — mag diese Weise oder Norm an sich welche immer sein — nennt man in der Physik eine periodische.

Jene Schallwellenbewegung also, welche den musikalischen Klang hervorbringt, ist eine periodische — jene, welche das Geräusch erzeugt, eine nicht periodische Bewegung.

Die verschiedenen Wirkungen dieser beiden Arten von Schallwellenbewegung auf das Ohr scheint sich aber einfach daraus zu erklären, daß periodische Schallwellen andere der Endorgane des Hörnerven in Mitschwingungen versetzen und demgemäß auch andere Nervenäste erregen — als nicht periodische. Die verschiedenen Hörnervenäste vermitteln aber verschiedene Empfindungsqualitäten — daher der Unterschied.

Um dies einigermaßen verständlich zu finden ist es von Wichtigkeit sich zu erinnern, wie außerordentlich verschieden die akustischen Endorgane der beiden Hauptäste des Hörnerven — des Vorhofastes und des Schneckenastes — hinsichtlich ihrer Form, Consistenz, Elasticität, Beweglichkeit und Befestigungsart sind.

Der zähe Krystallbrei der Hörsteinchen in den Vorhofsäckchen, und die steifen brüchigen Härchen in den Ampullen der halbzirkelförmigen Bogengänge sind offenbar weit weniger geeignet in anhaltende periodische Schwingungen versetzt zu werden, als die in querrer Richtung saitenartig gespannten Abschnitte der häutigen Spiralplatte, auf welchen die Corti'schen Stäbchen festsitzen, und umgekehrt.

Wie Helmholtz mit gutem Grunde vermuthet, liegt eben in diesen Verhältnissen die Möglichkeit einer mechanischen und räumlichen Trennung der Einwirkung periodischer und nicht

periodischer Schallwellen auf die beiden Hauptäste des Gehörnerven.

Die Vorhofsnerven werden also vorwiegend durch nicht-periodische, die Schneckenerven durch periodische Schallwellen erregt.

So wie es nun aber einzig und allein die akustischen Nerven überhaupt sind, durch deren Erregung Gehörsempfindungen entstehen — und diese Eigenthümlichkeit, welche keinem andern Nerven zukommt, nennt man die „specifische Energie“ derselben — so ist es die specifische Energie der Vorhofsnervenfasern jene Art von Gehörsempfindungen zu vermitteln die wir Geräusche heißen, während die durch Erregung der Schneckenervenfasern vermittelten Gehörsempfindungen den specifischen Charakter der Töne und Klänge haben. —

Uebrigens hat man sich auf die genauere Analyse der unendlich mannigfaltigen Geräusche noch fast gar nicht eingelassen — nur so viel steht fest, daß es meist sehr complicirte Gemische sind, die mitunter stark hervortretende Klangelemente enthalten, wie ja auch umgekehrt alle Töne oder Klänge durch Geräusche mehr oder weniger verunreinigt erscheinen.

Was aber die weiteren Verschiedenheiten der reinen musikalischen Klänge angeht, so habe ich noch zu erklären, wodurch einerseits die musikalische Tonhöhe und die sogenannte Klangfarbe oder ihr Timbre — bedingt wird, und wie andererseits der Schneckenerv und die häutige Spiralplatte mit der abgestuften Klaviatur der Corti'schen Stäbchen zur Vermittelung dieser beiden Empfindungsqualitäten befähigt ist.

Die musikalische Höhe und Tiefe der Tonempfindungen ist bedingt durch die Anzahl der Schwingungen, welche der tönende Körper in einer Secunde macht.

Je größer die Anzahl der Schwingungen in einer Secunde

ist, desto höher — je kleiner, desto tiefer ist der Ton. Von dieser fundamentalen Thatsache kann man sich vermittelt der sogenannten Sebeck'schen Sirene überzeugen. Dies ist ein Instrument, in welchem Töne, d. h. periodische Schallwellen, nur dadurch entstehen, daß ein Luftstrom, der aus einem Röhrchen entweicht, durch eine rotirende Scheibe, die eine Reihe von Löcheln besitzt, abwechselnd unterbrochen und freigegeben wird (vgl. Fig. 8).

Man hat es dabei also ganz in seiner Gewalt, durch die Schnelligkeit der Rotation der Löchelnscheibe, die Häufigkeit dieser Unterbrechungen und Impulse zu bestimmen und damit die Tonhöhe zu verändern — ohne sonst etwas an der Art der Schallbewegung zu ändern. Man setzt die Scheibe in Rotation und treibt durch das Röhrchen (c) einen kräftigen Luftstrom, — je rascher die Scheibe rotirt, je größer also die Zahl der Schallwellen in einer Secunde wird — desto höher wird der Ton und umgekehrt.

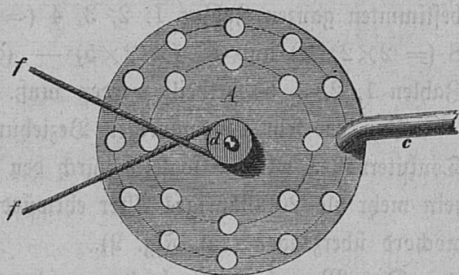


Fig. 8. Sebeck'sche Sirene.

Eine Scheibe von Pappe mit regelmäßig angeordneten Löcheln, gegen welche ein Röhrchen c einen Luftstrom bläst, während die Scheibe durch die Schnur f f rasch um ihre horizontale Are gedreht wird.

Jeder bestimmten Tonhöhe entspricht immer und unter allen Umständen eine und dieselbe Schwingungszahl. Dies ist ein akustisches Fundamentalgesetz.

Dem eingestrichenen a z. B. entsprechen nach Scheibler's, in Deutschland allgemein angenommener Festsetzung, — 440

Schwingungen in einer Secunde — nach der Pariser Stimmung, die etwas tiefer ist, jedoch nur $437\frac{1}{2}$. Die tiefsten, überhaupt noch wahrnehmbaren Töne haben etwa die Schwingungszahl $16\frac{1}{2}$ — die höchsten dagegen bis über 38,000! — was einen Umfang der überhaupt hörbaren Töne von etwa 11 Octaven gibt. Davon sind nur etwa sieben Octaven musikalisch brauchbar.

Längst bevor man noch irgend etwas von periodischen Schallwellen und deren Messung und Zählung wußte, hatte Pythagoras entdeckt, daß, — wenn man eine Saite durch einen untergeschobenen Steg so theilen will, daß ihre beiden Abschnitte consonante Töne geben — sie im Verhältniß der bestimmten ganzen Zahlen 1, 2, 3, 4 ($= 2 \times 2$), 5, 6 ($= 2 \times 3$), 8 ($= 2 \times 2 \times 2$) und 10 ($= 2 \times 5$) — (also eigentlich der vier Zahlen 1, 2, 3, 5) getheilt werden muß.

Von der sehr merkwürdigen Beziehung der Zahlen zu den Tonintervallen will ich sogleich durch den interessanten und durch sein mehr als 2000jähriges Alter ehrwürdigen Versuch am Monochord überzeugen (vgl. Fig. 9).

Das Monochord ist ein langer schmaler Resonanzkasten (R) von dünnen Brettchen, auf welchem eine einzige Saite (daher der Name) ausgespannt ist, indem ihre Enden in die festen scharfkantig aufgebogenen Lager (k, k') eingeschraubt sind. Ein Steg (t) kann beliebig wo unter die Saite geschoben werden und theilt dann dieselbe in zwei selbständig schwingende Hälften. An der Seite des Kastens (R) ist ein Maßstab (in der Fig. in 150 Theile getheilt), von welchem man das Verhältniß der Längen, in dem die entstandenen Saitenhälften zu einander stehen, ablesen kann.

Setzt man den Steg (t) genau unter die Mitte der Saite (nach dem Maßstab der Zeichnung also in die Verlängerung des Theilstrichs 75), so stehen die Saitenhälften im Verhältniß 1 : 1,

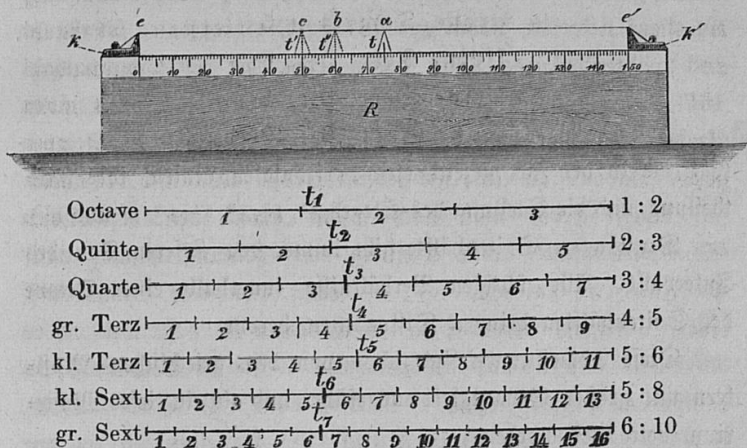


Fig. 9. Das Monochord.

R Resonanzkasten mit Maßstab für die Einstellung des verschiebbaren Steges (*t*). Die einzige Saite des Instruments ist horizontal über die scharfkantig aufgebogenen Lager *k*, *k'* gespannt.

d. h. sie sind gleich lang; ich schlage sie an; sie geben, wie Sie hören, genau denselben Ton (unisono).

Theilt man die Saite in Gedanken in drei gleiche Theile und schiebt den Steg genau am Grenzpunkt zwischen dem ersten und zweiten Drittel unter die Saite (vgl. Fig. 9 *t'* bei Theilstrich 50), so hat die linke Saitenhälfte $\frac{1}{3}$, die rechte $\frac{2}{3}$ der ganzen Länge. Beide Hälften stehen im Verhältniß von 1 : 2, und wenn man sie erklingen läßt, so geben sie das Intervall einer Octave.

Setzt man den Steg so, daß links $\frac{2}{5}$, rechts $\frac{3}{5}$ der Länge liegen (vgl. in der Fig. 9 *t''* bei Theilstrich 60), so ist das Verhältniß der Stücke 2 : 3 und die Töne bilden eine Quinte:

So fortfahrend findet man das Verhältniß für die

Quarte 3 : 4

große Terz 4 : 5

kleine Terz 5 : 6

kleine Sext 8 : 5

große Sext 6 : 10 oder 3 : 5

(vgl. die in der Fig. gezeichneten horizontalen Linien, ihre Theilung und die Stellung des Steges t^1 , t^2 , t^3 , t^4 , t^5 , t^6 und t^7).

Die längere Saitenhälfte gibt immer den tieferen Ton des Intervalls. Alle übrigen Verhältnisse innerhalb einer Octave der Saitenhälften bringen Dissonanzen hervor.

Diese Abmessungen sind schon von den griechischen Musikern mit großer Genauigkeit ausgeführt und als ein tiefes Mysterium betrachtet worden.

Erst sehr viel später ermittelte man, daß die einfachen Verhältnisse der Saitenlängen auch ebenso für die Schwingungszahlen der Töne bestehen und somit den Tonintervallen aller musikalischen Instrumente zukommen. Auf den Tonintervallen beruht aber eben schließlich die ganze Musik — und wir werden nun das Körnchen Wahrheit in dem vielcitirten geistreichen Ausspruch, „daß die Musik eigentlich klingende Arithmetik“ sei, zu würdigen verstehen.

Nun noch von der Klangfarbe!

Läßt man eine und dieselbe Note nach einander durch verschiedene Instrumente, etwa eine Geige, eine Clarinette, ein Piano oder eine Singstimme in der gleichen Stärke angeben, so ist die Empfindung trotz dem jedesmal von anderem akustischen Charakter, und diesen nennt man Klangfarbe oder Timbre. An Klangfarbe oder Timbre erkennt man leicht das Instrument, welches den Ton hervorgebracht hat.

Welche Verschiedenheit der periodischen Schallbewegung liegt nun diesem Unterschiede der Empfindung zu Grunde?

Wir haben gesehen, daß von der Schwingungsgröße die Stärke, — von der Schwingungsanzahl die musikalische Höhe des Tones abhängt — zur Erklärung der verschiedenen Klänge oder Klangfarben bleibt also nur noch jene Mannichfaltigkeit der periodischen Schwingungen übrig, welche sich auf deren Form oder Zusammensetzung bezieht, d. h. auf die specielle Art und Weise, wie die schwingenden Theilchen ihre Bewegung während eines einmaligen Hin- und Herganges ausführen.

Ich muß hier, um kurz zu sein, die überraschende Mittheilung machen, daß es nur durch besondere physikalische Vorrichtungen gelingt, einen wirklich ganz einfachen Ton zu erzeugen — und daß ein jeder Klang — wie ihn unsere verschiedenen musikalischen Instrumente durch ihre complicirten Schwingungen hervorbringen — niemals wirklich ein einziger einfacher Ton ist, sondern stets zusammengesetzt aus mehreren Tönen von verschiedener Stärke und Höhe, die gleichzeitig und in demselben Momente miteinander erklingen — sobald irgend eine Note eben durch eines unserer bekannten Musikinstrumente angegeben wird!

Von diesen einfachen Tönen, die, wie gesagt, einen jeden solchen scheinbar einfachen Klang zusammensetzen, wird derjenige, welcher der tiefste und stärkste ist, und deshalb auch durch seine Schwingungszahl die musikalische Höhe des ganzen Klanges bestimmt, der Grundton genannt, während die übrigen höheren Töne, welche gleichzeitig aber in verschiedener Stärke noch mitklingen, die Obertöne heißen.

Der Grundton und seine Obertöne verschmelzen für das Gehör so sehr zu einer einheitlichen Empfindung — der des **specifischen Klanges** — daß sie nur durch besonders geübte und aufmerksame Ohren wie sie z. B. Rameau's Nefte besaß,

oder durch besondere künstliche Veranstaltungen — einzeln aus dem Range herausgehört werden können.

Wir sehen, daß somit von der Form oder Zusammensetzung der periodischen Schwingungen — d. h. von der verschiedenen Anzahl und Stärke der Overtöne die nebst dem Grundton im Klange enthalten sind, die Verschiedenheit der Klangfarbe oder des Timbres abhängt.

Wenn, um nur ein Beispiel anzuführen, die Violine und die menschliche Stimme das eingestrichene *a* nach einander angeben, — so stimmen diese, nur noch durch ihren Timbre leicht auseinanderzukennenden Klänge darin überein, daß sie beide dasselbe *a* (mit seinen 440 Schwingungen in einer Secunde) zum Grundton haben; sie unterscheiden sich aber dadurch von einander, daß beim *a* der Violine die Overtöne in anderer Anzahl und Stärke mitklingen als beim *a* der menschlichen Stimme — und dies gilt für alle übrigen Musikinstrumente. Ich verzichte darauf, noch mehr über die Overtöne und ihr Intervallverhältniß zum Grundton und zu einander zu sagen, sowie darauf, zu zeigen, wie die Luftbewegung beschaffen ist, welche gleichzeitig erklingenden und neben einander bestehenden Tönen entspricht, die einen Klang zusammensetzen, denn einerseits müßte ich zu weitläufig werden, um leicht verständlich zu bleiben, andererseits aber genügt das Mitgetheilte vollständig für unseren Zweck und entzieht sich in seiner Einfachheit keiner Fassungskraft. Oder irre ich mich, wenn ich glaube, daß das Gesagte hinreicht, um sich eine im allgemeinen richtige Vorstellung vom Wesen des Klanges und der sogenannten Klangfarbe zu machen?

Jeder Klang — ich wiederhole es — ist eine Mischung verschiedener gleichzeitig im Instrument entstehender Töne, und die Verschiedenheit dieser Mischung bedingt die Verschiedenheit der Klänge oder die verschiedene Klangfarbe.

Jetzt habe ich nur noch zu erklären, wie der Schneckennerve mit seinem System der Corti'schen Stäbchen die Schwingungszahl oder die Tonhöhe und die Schwingungsform oder die Klangfarbe wahrzunehmen im Stande ist. Um dies in Kürze und doch in allgemein faßlicher Weise zu thun, werde ich einen Vergleich weiter ausführen, der von Helmholtz selbst angedeutet worden ist — dem Begründer und Entdecker der Function der Schnecke und dieser ganzen Anschauung über die zusammengesetzte Natur der Klänge! —

Denken wir uns den Dämpfer eines Klaviers gehoben, den Deckel zurückgeschlagen und lassen wir irgend einen Klang kräftig gegen die freiliegende Besaitung wirken, so bringen wir nach den Gesetzen des Mitschwingens eine Reihe von Saiten zum Mittönen — nämlich alle die Saiten und nur die Saiten, welche den einzelnen Tönen entsprechen, die in dem angegebenen Klange als Grundton und als Obertöne enthalten sind, denn nach jenen Gesetzen des Mitschwingens kann man durch einen Ton von bestimmter Schwingungszahl einen schwingungsfähigen Körper nur dann zum Mittönen bringen, wenn er auf dieselbe Schwingungszahl d. h. auf denselben Ton abgestimmt ist,

Mann nehme z. B. zwei große Stimmgabeln, von denen jede auf einem eigenen Resonanzkästchen aufgeschraubt ist und schlage sie beide an, so wird man hören, daß sie beide genau denselben Ton geben. Das Unisono ist vollkommen, denn man merkt auch nicht die geringste Schwankung oder Veränderung an dem schönen gleichmäßig austönenden Klang. Durch Berührung bringe man jetzt beide Gabeln zum Schweigen, es herrscht vollkommene Stille. Schlägt man jetzt nur die eine der beiden Gabeln an und bringt sie nach kurzer Zeit durch Anfassen zum Schweigen — so hört man nichts destoweniger den

Ton noch ununterbrochen, wenn auch etwas schwächer, fortflingen; es ist jetzt die andere Gabel, die man gar nicht angeschlagen hat, welche tönt! Trotz einer Entfernung von mehreren Fuß ist sie durch den Ton der angeschlagenen Gabel in Mitschwingungen versetzt worden. Man berührt sie — der Ton ist weg, zum Beweise daß sie es war, welche fort tönte. Dieser Versuch gelingt jedoch nur, wenn die Gabeln genau unisono abgestimmt sind. Man nehme z. B. die erste Gabel wieder her und klebe auf jede ihrer beiden Zinken ein kleines Wachskügelchen, schlage sie an — sie gibt einen Ton wie früher und man merkt kaum ob er höher oder tiefer ist als der frühere, so wenig ist die Gabel durch die angeklebten Wachskügelchen verstimmt worden. Dennoch ist das Unisono zwischen beiden Gabeln hinreichend gestört, denn man mag nun die verstimmte Gabel noch so stark anschlagen und noch so nahe an die andere heranbringen, sie ist nicht mehr im Stande die andere Gabel zum Mittönen zu bringen — und wenn man beide Gabeln anschlägt so hört man die mächtigen und raschen Stöße, welche jetzt das ruhige Austönen des gemeinschaftlichen Klanges von früher, stören! Kurz! ein schwingungsfähiger Körper geräth nur dann durch einen Ton in Mitschwingungen, wenn er auf die Schwingungszahl dieses Tones abgestimmt ist. Dies gilt ganz allgemein — also auch für die Claviersaiten, und wenn wir daher, wie oben erwähnt, einen Ton von bestimmter Klangfarbe auf die ungedämpfte Besaitung eines Claviers wirken lassen, so gerathen alle die Saiten, aber auch nur die Saiten in Mitschwingungen, welche auf die Töne abgestimmt sind, welche als Grundton und Obertöne in dem Klange enthalten und zusammengemischt sind. Die Folge davon ist, daß uns der fremde Klang, den wir auf die freiliegende Besaitung des Claviers wirken lassen mit seinem specifischen Cha-

akter, mit seiner eigenthümlichen Klangfarbe — wie bei einem Echo — aus dem Clavier zurücktönt.

Dieser bekannte, aber meist unverstandene und höchstens zur Unterhaltung der Kinder angestellte Versuch ist aber ganz interessant und ernsthaft zu nehmen, denn er beweist einerseits, daß jeder Klang wirklich aus einer Reihe von Theil- oder Partialtönen besteht und durch eine hinreichend abgestufte Besaitung mechanisch in seine einfachen Elemente zerlegt — so zu sagen analysirt werden kann, andererseits aber zugleich, daß die Mischung jener Tonreihe wirklich den Eindruck der beim Versuche angewendeten Klangfarbe macht, daß sich also die Klangfarbe aus einer Reihe einzelner Töne in der That zusammenmischen oder künstlich durch Synthese erzeugen lasse.

Diesen lehrreichen Versuch kann man sich zu Gehör bringen und zwar mit lautgerufenen Vokalen.*)

Die Vokale sind nämlich nichts anderes als verschiedene Klangfarben der menschlichen Stimme, welche dadurch entstehen, daß die Mundhöhle verschiedene Formen annimmt, und durch Resonanz ganz bestimmte im Klange der Stimme enthaltene Partialtöne verstärkt — andere hingegen schwächt.

Da nun die Klangfarbe, wie gesagt, von der Stärke und Anzahl der mit dem Grundton zusammengemischten Obertöne abhängt, so muß unter diesen Umständen der Klang der menschlichen Stimme verschiedene Färbungen annehmen und diese sind eben die Vokale! —

Man trete an ein Clavier, dessen Deckel entfernt ist, so daß der Resonanzboden mit seiner Besaitung bloßliegt; nun hebe man

*) Näheres über die Vokale, die Stimme und die Sprachlaute überhaupt findet der Leser in „Populäre physiologische Vorträge“ von Prof. Czermak. Wien 1869.

die Dämpfung durch Niedertreten des Pedals auf und rufe mit starker Stimme a, dann e, dann o, u und i gegen die Saiten. Das Clavier beantwortet die Rufe nicht wie ein musikalisches Instrument, sondern wie ein Echo, d. h. man hat nicht die bekannten Töne des Clavier's, sondern die Vokale der Stimme in ihrer specifischen Klangfarbe aus dem Clavier hervorklingen hören. Die Besaitung desselben hat nämlich auf rein mechanischem Wege die zusammengesetzten Klangfarben der Vokale in ihre Bestandtheile zerlegt, indem alle die Saiten, aber auch nur die Saiten ins Mittönen geriethen, welche den Schwingungszahlen der im Klange des Vokals enthaltenen einzelnen Töne entsprachen. Es mußte daher dieselbe Tonmischung nachhallen, welche die Klangfarbe des betreffenden Vokals ausmacht, und das Ohr hat diese Mischung sogleich als den bekannten Vokal-klang erkannt und aufgefaßt.

Freilich kann man auch bemerken, daß die einzelnen Vokale nicht mit derselben Deutlichkeit aus dem Clavier hervortönen — so ist namentlich das i weniger vollkommen als die anderen Vokale — ferner daß bei allen Vokalen, selbst bei jenen die unverkennbar und kräftig nachhallten, ein gewisser metallischer Hauch hörbar ist, der nicht in der menschlichen Stimme liegt. Diese Unvollkommenheiten rühren daher, daß die Claviersaiten selbst keine absolut einfachen Töne geben, daß die Besaitung nicht hinreichend fein chromatisch abgestuft ist, und endlich daß in den Vokal-klängen, namentlich im i Geräusche stecken, die sich wie es scheint nicht ganz in Töne zerlegen lassen.

Immerhin ist dieser Clavierversuch so schlagend, daß wir folgende Erörterung, die uns über den Mechanismus der Schnecke aufklären soll, mit Erfolg hier anknüpfen dürfen.

Denken wir uns nämlich, wir könnten jede Saite des Clavier's mit einem akustischen Nervenfädchen so in Verbindung

sehen, daß es mechanisch gereizt werden müßte, sobald die betreffende Saite in Mitschwingungen versetzt würde; — und denken wir uns ferner, daß jedes dieser Nervenfädchen durch seine Erregung die Empfindung einer anderen bestimmten — und zwar gerade jener Tonhöhe vermittelte, für welche die mit ihm in Beziehung stehende Saite eben abgestimmt ist, — so also, daß z. B. das mit der eingestrichenen *a*-Saite verknüpfte Nervenfädchen — erregt — die uns bekannte Empfindung des *a* d'Orchestre, das mit der *as*-Saite verbundene Fädchen die Tonhöhe *as* gäbe, und so fort durch die ganze chromatische Tonleiter nach unten und nach oben; — so hätten wir offenbar ein Organ geschaffen, das zur Wahrnehmung der Tonhöhen und der Klangfarben geeignet und befähigt wäre! — da ein Clavier, welches in der vorausgesetzten Art mit akustischen Nerven ausgestattet wäre, dem Inhaber dieser Nerven genau dieselben Ton- und Klangempfindungen unmittelbar wahrnehmbar machen würde, welche wir vorhin aus dem Clavier hervorklingen hörten.

Ein solches Miniatur-Nervenclavier ist aber in der That die Schnecke, die wir im Ohr haben!

Nach den neuesten Untersuchungen von Hensen und Helmholtz läßt sich diese Analogie in folgender Weise durchführen:

Jeder Abschnitt der in querrer Richtung saitenartig gespannten häutigen Spiralplatte (s. Fig. 6), auf welchen je ein Paar der 3000 Corti'schen Stäbchen sitzt, entspricht je einer Claviersaite von gewisser Länge, Dicke und Spannung und ist demgemäß auf einen Ton von bestimmter Höhe abgestimmt. Die fein abgestufte Besaitung unseres Miniatur-Nervenclavier's ist also zu einer elastischen Membran — der häutigen Spiralplatte — so zu sagen verschmolzen; — was aber durchaus nicht hindert, daß jeder saitenartig gespannte Abschnitt derselben selbstständig für sich vibriert und auf eine andere Schwingungszahl abgestimmt ist.

Die Verbindung oder Beziehung zwischen diesen verschmolzenen Miniatursaiten und je einem akustischen Nervenfädchen wird aber durch die Corti'schen Stäbchen hergestellt; diese sind so zu sagen die Hämmerchen, welche die sie umspinnenden Nervenfädchen bearbeiten und mechanisch erregen, so oft der betreffende saitenartig gespannte Abschnitt der Spiralplatte, der sie trägt, in Schwingungen versetzt wird.

So wie die Claviersaiten nur dann in Mitschwingungen gerathen, wenn die ihnen entsprechenden Töne auf sie einwirken, so schwingen auch die einzelnen saitenartig gespannten Abschnitte der Spiralplatte nur dann mit und das aufliegende Corti'sche Stäbchenpaar überträgt nur dann den mechanischen Reiz auf das zugehörige Nervenfädchen, — wenn Schallwellen durch das Labyrinthwasser zu ihnen gelangen, deren Schwingungszahl jenem Ton entspricht, auf den sie eben abgestimmt sind.

Die Empfindung verschiedener Tonhöhe ist somit eine Empfindung in den einzelnen Schneckennervenfasern, deren jede immer nur eine einfache Tonempfindung von bestimmter absoluter musikalischer Höhe vermittelt.

Die Empfindung der Klangfarbe beruht aber darauf, daß ein Klang — wie beim Versuch am Clavier — nach den Gesetzen des Mitschwingens mechanisch zerlegt, außer dem seinem Grundton entsprechenden saitenartig ausgespannten Abschnitt der Spiralplatte, gleichzeitig auch noch eine Anzahl anderer Abschnitte, deren verschiedene Abstimmungen den einzelnen Obertönen entsprechen, in mehr oder weniger heftige Mitschwingungen versetzt; und somit in einer Reihe von Schneckennervenfasern die einfachen, ihnen eigenthümlichen Tonempfindungen erregt, welche dann zu einer einheitlichen Gesamt-Empfindung — eben der der Klangfarbe — verschmelzen.

Hiermit dürfte der Mechanismus und die Function der Schnecke im allgemeinen verständlich geworden sein.

Nun zum Schluß noch einen kurzen zusammenfassenden Rückblick und eine allgemeine Schlußbemerkung!

Nachdem wir den Schall als einen eigenthümlichen grob-materiellen Bewegungsvorgang erkannt hatten, verfolgten wir denselben durch das äußere, mittlere und innere Ohr bis zu den Hörnervenfäsern, welche er auf mechanische Weise in Erregung versetzt, und innerhalb welcher dieser Erregungszustand — ein neuer, aber immer noch materieller Bewegungsvorgang — etwa wie eine Depesche im Telegraphendraht, in die akustische Gehirnmasse gelangt, wo sich endlich das natürliche Wunder der Transsubstantiation des physikalischen Vorgangs der Nervenirregung in den psychischen Zustand der Gehörsempfindung vollzieht.

Wir haben dann die Stärke aller Arten von Gehörsempfindungen aus der Schwingungsgröße, die Empfindung der Geräusche aus unregelmäßigen nichtperiodischen, die der Töne oder Klänge aus regelmäßigen, periodischen Schwingungen erklärt, — und zugleich erkannt, daß in Folge der Verschiedenheit der sogenannten „akustischen Endorgane“, erstere vorwiegend durch die Vorhofsnerven, letztere durch die Schneckennerven vermittelt werden.

Die Empfindung verschiedener Tonhöhe erwies sich abhängig von der Schwingungszahl und geknüpft an die Erregung der einzelnen Fasern des Schneckennerven, deren jede eine einfache Tonempfindung von anderer musikalischer Höhe giebt; — während endlich die Klangfarbe, abhängig von der Schwingungsform oder der Zusammensetzung der Schwingungen, und mechanisch zerlegt in ihre einfachen Tonelemente durch die fein abgestufte Besaitung des Miniaturclavier's der Schnecke,

gleichzeitig eine Gruppe von Schneckenervenfaseru erregt, und als eine einheitliche, specifische Mischung oder Verschmelzung einer Reihe von Tönen empfunden wird.

Damit aber habe ich die ganze Welt des Schalles — so weit dies der exacten Naturforschung bis jetzt gelungen ist — mechanisch verständlich gemacht, und darf wohl hoffen, daß die volle Wahrheit der folgenden Schlußbemerkung einleuchten wird!

Da draußen in der uns umgebenden Außenwelt existirt weder Klang noch Sang, weder Lärm noch Stille, da existirt nur periodisch und nichtperiodisch schwingende Bewegung oder Ruhe.

Die herrlichste Musik, die geistvollste Rede ist da nichts — gar nichts als eine wilde, sinnlose Schallwellenbrandung — eine rein mechanische, grobmaterielle Bewegung der schallerzeugenden Körper und der schallleitenden Lufttheilchen.

Erst in der rein subjectiven Sphäre der Gehörsempfindung geht uns eine neue schöne und bedeutungsvolle Welt auf, die aber nur in uns und für uns — sonst aber überhaupt gar nicht existirt.

Vernichten wir in Gedanken alle existirenden specifischen akustischen Gehirnmassen — und diese Empfindungs-Welt hat mit einem Schlage aufgehört zu sein!

Es wäre schwer außerhalb des Gebietes der Physiologie des Gehörsinnes eine handgreiflichere, einleuchtendere Begründung jener philosophischen Gedanken zu finden, die in der Ueberzeugung gipfeln: „Die Welt ist meine Vorstellung“.