©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Betrachtungen über den Mechanismus des Paukenfells. *)

Von

Prof. A. Fick

in Würzburg.

Aus den leichtest zu beobachtenden Erscheinungen des Gehörs scheint mir hervorzugehen, dass unser Ohr zwar nicht besondere Tonhöhen begünstigt, wohl aber regelmässig periodische Schwingungen — Klänge — überhaupt gegenüber einzelnen aperiodischen Anstössen. In der That wird Jeder zugeben, dass der Eindruck vom Knalle eines in der Nähe abgefeuerten Geschützes den Eindruck von einem Trompetenstosse nicht in ähnlichem Maasse an Stärke übertrifft, wie die Amplitude der durch das Geschütz erzeugten Luftschwingung die Amplitude der einzelnen von der Trompete ausgehenden Welle. Es muss also im Schallübertragungsapparate des Ohres eine Summirung der Wirkung regelmässig aufeinanderfolgender Oscillationen, eine sogenannte Resonanz stattfinden. Die Fähigkeit des Paukenfells, Töne von beliebiger Höhe annähernd gleich gut auf das innere Ohr zu übertragen, kann also nicht darauf beruhen, dass diese Membran — wie man jetzt meist annimmt — wegen sehr hoher Lage ihres Eigentones und bedeutender Dämpfung ihrer Schwingungen annähernd aperiodisch, d. h. ohne erhebliches Nachzittern mit Luftschwingungen mitschwingt. Im Gegentheil müssen wir im Paukenfell einen eigentlich resonanzfähigen Körper erblicken, der aber so beschaffen ist, dass er nicht nur auf einen oder einige wenige Eigentöne resonirt, sondern, dass er auf alle Töne der musikalischen Scala annähernd gleich gut, nach Maassgabe der objectiven

*) Abdruck des gleichnamigen Aufsatzes des Verfassers aus dem Archiv für Ohrenheilkunde.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Stärke des Tones resonirt. Dass solche Körper möglich sind, davon können wir uns an den Resonanzorganen der Saiteninstrumente, Geige, Klavier etc. jeden Augenblick überzeugen. Sie schwingen merklich nach und doch resoniren sie mit allen Tönen gleich gut.

Das Paukenfell des menschlichen Ohres scheint mir nun zu dieser universalen Resonanz befähigt zu sein durch die Einwebung des Hammerstieles längs eines seiner Radien. In der That, die spannenden Kräfte, welche auf den eingefügten starren Radius von Seiten der Membran wirken, kann man sich ausgeübt denken von einzelnen Sectoren und Streifen derselben, die theils vom centralen Ende des Radius, theils von seinen übrigen Punkten ausgehend zu den Punkten des kreisförmigen Randes überspringen. Stellen wir uns für den Augenblick einmal diese Streifen unabhängig von einander vor, so können sie gewissermassen als Saiten von verschiedener Länge und wohl auch verschiedener Spannung angesehen werden, so dass ihnen verschiedene und ziemlich stetig aufeinanderfolgende Eigentöne zukommen. Die tiefsten Töne werden den von der Spitze des starren Radius ausgehenden Sectoren zukommen, welche nahezu in ihrer Verlängerung liegen, die höchsten den Streifen, welche vom peripherischen Theile des Radius ungefähr senkrecht zu seiner Richtung an nahe benachbarte Punkte des Randes überspringen. Diese letzteren wären nämlich die kürzesten und wohl auch stärkstgespannten Streifen. Diese Streifen, in welche wir so die Membran zerlegt denken, sind nun zwar in Wirklichkeit nicht völlig freie, von einander unabhängige Saiten, aber es werden doch gewiss einzelne derselben schwingen können, ohne dass wenigstens die weit entfernten stark mitbewegt zu werden brauchen.

Unter dieser Annahme ist es leicht verständlich, dass die Membran regelmässig periodische Bewegung durch Summirung der Energie successiver Schwingungen gegenüber einzelnen Anstössen begünstigt und doch Schwingungen von beliebiger Anzahl und Form ganz treu auf die Spitze des starren Radius überträgt. In der That, denken wir uns einen beliebigen Klang wirkend, der sich zusammensetzt aus den Partialtönen von n, 2n, 3n etc. Schwingungen, immer werden sich unter den Membranstreifen solche finden, welche auf die gleichen Schwingungszahlen gestimmt sind. Sie werden in heftige Bewegung gerathen und durch Zug an ihren Ansatzpunkten am starren Radius diesen in eine gleiche Anzahl von Schwingungen versetzen. Da aber dieser als starrer Körper nur als Ganzes schwingen kann, etwa Drehungen um

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

seinen peripherischen Endpunkt ausführend, so werden in der Bewegungsform seines centralen Endes die sämmtlichen Componenten vertreten sein.

Die vorgetragene Anschauung vom Mechanismus des Paukenfells wird wesentlich gestützt durch Versuche, welche in meinem Laboratorium angestellt sind an künstlichen Membranen, die in allen wesentlichen Punkten dem menschlichen Paukenfell nachgeahmt, nur erheblich grösser waren. Die Versuche sind beschrieben in der Inaugural-Dissertation des Dr. Nolda*). Sie ergaben erstens, dass eine solche Membran sehr charakteristische Phonautogramme liefert, wenn man an dem eingefügten starren Radius eine geeignete Schreibspitze befestigt, unter der man während des Mitschwingens eine berusste Glasplatte durchzieht. Die Membran begünstigt dabei keine besondere Tonhöhe und bei leicht analysirbaren Klängen entspricht die beobachtete Schwingungsform sehr gut der Theorie.

Der bei starken Erschütterungen von der Membran ausgehende Nachhall ist, der oben entwickelten Anschauung entsprechend, nicht ein Ton oder Klang, sondern ein Getöse, wie man es etwa beim Anschlagen des sogenannten Tam-Tam hört, offenbar zusammengesetzt aus unzähligen unharmonischen, stetig aufeinanderfolgenden Partialtönen. Dieser akustischen Erscheinung entspricht auch die graphische Darstellung. Spannt man nämlich die Membran sehr stark durch einen besonderen, am starren Radius befestigten Faden und brennt diesen, während die berusste Glasplatte unter der Zeichenspitze durchfährt, ab, so erhält man eine Curve, die keinerlei regelmässige Periodicität zeigt. Die Bewegung der Membran ist also aus unzähligen unharmonischen Componenten zusammengesetzt.

Diese stetig aufeinanderfolgenden unzähligen Eigentöne der dem Paukenfell nachgebildeten Membran kann man auch mehr oder weniger isolirt zu Gehör bringen. Beklopft man sie nämlich mit einem leichten Stäbchen ganz leise und geht man dabei dem starren Radius entlang, etwas jenseits des centralen Endes anfangend, so hört man eine Reihe von immer höher werdenden Klängen. Sie sind natürlich sehr unrein, aber dass ihre Höhe zunimmt beim Fortschreiten von der Mitte zum Rande auf einem dem alten Radius nahe gelegenen Wege, darüber kann nicht der leiseste Zweifel bestehen.

*) Würzburg, Stahel'sche Universitätsbuchhandlung 1886.

©Verein für Naturkunde Kassel; download www.zobodat.at

Ein Edison'scher Phonograph, mit einer Membran der in Rede stehenden Art montirt, reproducirt den Klang der menschlichen Stimme zwar nicht so laut wie die gewöhnlich gebrauchten Membranen, aber wie mir und einigen anderen Beobachtern schien, merklich getreuer.

Wenn die Hypothese, die ich vorstehend zu begründen gesucht habe, richtig ist, so hätten wir das Gehörorgan anzusehen als eine Combination zweier Resonanzapparate. Der erste, der Paukenapparat, hätte den Zweck, mit Begünstigung regelmässig periodischer Schwingungen einen Punkt, die Hammerstielspitze, und mittelbar den Steigbügel in Schwingungen zu versetzen, die an Frequenz und Form den einwirkenden Luftschwingungen vollkommen gleichen und die mit grösserer Amplitude ausgeführt werden, als wenn die Luftschwingungen direct auf den Steigbügel einwirkten. Der zweite Resonanzapparat in der Schnecke hat den Zweck, die einzelnen Componenten des Klanges an räumlich getrennten Orten zur Wirkung zu bringen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen und Berichte des Vereins für Naturkunde Kassel

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 34-35

Autor(en)/Author(s): Fick A.

Artikel/Article: Betrachtungen über den Mechanismus des Paukenfells 39-42