

VI.

Ueber den Einfluss der Binnenmuskeln der Paukenhöhle auf die Bewegungen und Schwingungen des Trommelfells am todten Ohre

von

J. Kessel.

Die Physiker und Physiologen haben die Ansicht, dass das Trommelfell und die Gehörknöchelchen sich in Folge der Schwingungen der Luftsäule des Gehörganges, möge dieselbe einfach oder zusammengesetzt sein, nur als Ganzes hin und her bewegen und dass der zugehörige Muskelapparat an diesem Verhalten keine wesentliche Aenderung bedinge, so dass erst den akustischen Vorrichtungen des inneren Ohres die Befähigung, ein Wellengemisch in seine einfachen Bestandtheile zu zerlegen, zugesprochen werden dürfe.

Aus den nachfolgenden Untersuchungen geht jedoch hervor, dass den gleich zu erörternden anatomischen Partien des Trommelfells an und für sich sowohl als unter dem Einfluss der Wirkung der Binnenmuskeln, eine viel grössere Selbstständigkeit zugewiesen werden muss, als man bisher anzunehmen geneigt war.

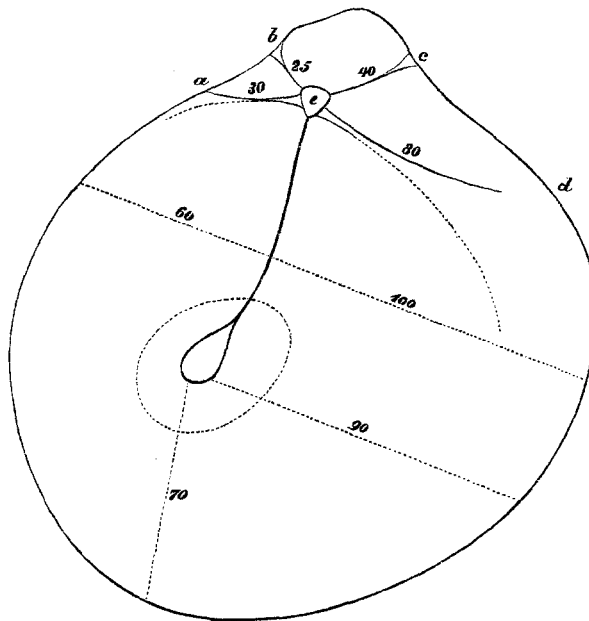
Ehe wir zu der Beschreibung der angestellten Versuche übergehen, müssen wir uns noch mit einigen bisher nicht genügend gewürdigten anatomischen Verhältnissen des Trommelfells beschäftigen.

Durch die Einfügung des Hammerstieles in das Trommelfell, insbesondere durch das Hervorstehen des kurzen Fortsatzes am oberen Stielende, wird durch letzteren das Trommelfell in Form zweier Falten, der vorderen und hinteren Trommelfellfalte, aus-

wärts gedrängt. Diese beiden Falten (*a e, e d* Fig.), welche sich in einem Bogen vom vordern Rande des Sehnenringes über den kurzen Stielfortsatz bis zum hinteren Rande desselben erstrecken, bilden eine Firste, von welcher aus sich zwei Abtheilungen nach innen, der Medianebene zu, abdachen, eine grössere unten, eine kleinere oben. Scharf ausgebildet sind die Falten nur in der Nähe des kurzen Fortsatzes; gegen die Peripherie hin flachen sie sich ab und werden breiter, daher dort weniger auffällig; sehr leicht kann man die sehr kurze und wenig ausgeprägte vordere Falte übersehen. An der oberen Abtheilung werde ich fernerhin 3 Sektoren, und an der unteren zwei Segmente unterscheiden. Die Sektoren werden nach unten durch die Trommelfellfalten, nach oben durch den Knochenfalz des Sehnenringes und den Rivinischen Ausschnitt begrenzt. Der mittlere Sector (*b e c*) wird seitlich von den beiden andern durch 2 Bänder geschieden, welche von den Ecken des Rivinischen Ausschnittes kommen und sich am kurzen Fortsatz des Hammerstiels inseriren; ihrer anatomisch-physiologischen Bedeutung wegen werde ich sie Aufhängebänder des Hammerstiels nennen und (*b e*) als vorderes von (*c e*) dem hinteren unterscheiden. Zwischen dem vorderen Aufhängeband des Hammerstiels (*b e*) und der vorderen Trommelfellfalte (*a e*) liegt der kleine vordere Sector (*a e b*) und zwischen dem hinteren Aufhängeband (*c e*) und der hinteren Trommelfellfalte (*d e*) der grössere hintere Sector (*c e d*).

An der unteren Abtheilung unterscheide ich dem Gebrauche gemäss ein vorderes und hinteres Segment. Das vordere Segment beginnt an der vorderen Trommelfellfalte und reicht bis zum Lichtkegel und das hintere Segment von letzterem bis zur hinteren Trommelfellfalte. Der Hammerstiel und die in seiner Verlängerung liegenden Fasern des Lichtkegels scheiden die beiden Segmente von oben nach unten. Wenn man den Lichtkegel als untere Grenzscheide zwischen vorderem und hinterem Segment annimmt, so geschieht dies nicht willkürlich, sondern findet eine Erklärung darin, dass diejenigen Radialfasern, welche an dem normalen ruhenden Trommelfelle von der Spitze des unteren spatelförmigen Stielendes nach vorn unten gehen etwas kürzer, daher mehr gespannt und nach innen gezogen sind als die vorn und hinten an sie angrenzenden Fasern; auch werden wir später sehen, dass noch andere Gründe für diese Scheidung der Segmente sprechen. Aus der mikroskopischen

Anatomie ist bekannt, dass die Radialfasern überall am Trommelfell vorhanden sind. Das beigegebene Schema zeigt, dass dieselben von dem vorderen Aufhängeband (*b e*) nach zwei Richtungen hin allmähig an Länge zunehmen, nämlich nach oben über die Sektoren hin und dann nach unten von dem vorderen zum hinteren Segmente. Wir haben es hier demnach mit zwei unter einander zusammenhängenden Winkelmembranen zu thun, die in Unterabtheilungen von verschiedener Grösse geschieden sind. Zu der Verschiedenheit in der Flächengrösse der einzelnen Trommelfellpartien mit der Länge ihrer Fasern kommen noch andere wichtige Eigenschaften, nämlich Grad der Spannung und Wölbung, welche an den einzelnen Partien von einander abweichen. An



Obige Zahlen beziehen sich auf Theilstriche eines Mikrometers 19 Theilstr. = 1 Mm.
a e b vorderer, *b e c* mittlerer, *c e d* hinterer Sector.
a e vordere, *e d* hintere Trommelfellfalte.

der ganzen unteren Abtheilung, wo ein bestimmtes Verhalten zwischen Circularfasern und Radialfasern besteht, werden die letzteren durch die ersteren convex gegen den Gehörgang gewölbt und durch sie vermittelt der Vorrichtungen des ganzen mechanischen Apparates in einem gewissen Grade der Wölbung und Spannung erhalten (Helmholtz).

An der oberen Abtheilung, wo ein regelmässiges Verhalten der beiden Fasersysteme nicht stattfindet, fehlen die Ringfasern am Rivinischen Ausschnitte ganz, so dass hier nur eine einzige dünne Lage von Radialfasern vorhanden ist. Der vordere und hintere Sector sind nicht mehr gewölbt, sondern flach und der mittlere schwach concav gegen den Gehörgang zu. Ferner muss hier noch erwähnt werden, dass die Ringfasern auch an der unteren Abtheilung nicht überall vorhanden sind, sondern in der Umgebung des unteren Stielendes (s. Fig.) fehlen. Ich werde in der Folge diese Partie als freie centrale Partie der Radialfasern bezeichnen, sie ist dünner als die periphere Partie des Trommelfelles und stark nach innen gezogen, weswegen sie auch „Nabel“ des Trommelfelles genannt wird.

Am ruhenden Trommelfell ist die Spannung eine andere je nach den verschiedenen Abtheilungen. Deutlich und ohne Weiteres sichtlich ist die Spannung der beiden Trommelfellfalten durch den kurzen Fortsatz des Hammerstieles. Um die übrigen Partien auf ihre Spannung zu prüfen, benutzte ich den von Mach und mir beschriebenen Ohrensiegel, der zu diesem Zwecke mit einer Lupe und einem Kautschukschlauch an dem Schallzuleitungsrohre versehen ist. Mit dem Munde oder Kautschukballon werden durch letztern Luftverdichtungen und Verdünnungen vorgenommen. Die Grösse des Widerstandes der einzelnen Partien gegen die Druckvariationen giebt ein Maass für ihre leichtere oder schwerere Beweglichkeit, die wieder mit ihrer Spannung in innigem Zusammenhange steht. Ferner kann man durch diese Methode sich Aufschluss verschaffen über die Grösse der Excursionen, welche die Partien ausführen können; denn es ist klar, dass sie verschieden ausfallen müssen, je nach der Grösse ihrer Druckflächen, resp. nach der Länge, Spannung und Wölbung ihrer Radialfasern. Bei positivem Luftdruck im Gehörgange weichen die beiden Abtheilungen, die obere und die untere nach innen aus. Der Hammerstiel geht in einer schrägen Richtung von vorn aussen nach innen und hinten und macht dabei eine Drehung. Dem entsprechend geht der kurze Fortsatz von oben nach unten und ein wenig nach hinten innen, wobei die beiden Trommelfellfalten angespannt werden. An der unteren Abtheilung gehen die Segmente nach innen, wobei sich die Wölbung ihrer Radialfasern abflacht. Was die Grösse der Excursionen der Radialfasern anlangt, so steht dieselbe sichtlich im Zusammenhange mit der Lage der Fasern,

indem mit der continuirlichen Zunahme der Länge auch die Bewegung an Grösse vom vorderen zum hinteren Segmente gewinnt. Die leichtere Beweglichkeit des hinteren Segmentes spricht ferner dafür, dass mit der Längenzunahme eine Spannungsabnahme verknüpft ist. Wichtig erscheint mir letzteres Verhalten der Radialfasern für die Erklärung der Bewegung des Hammers. Durch die continuirliche Längenzunahme der Fasern und Abnahme ihrer Spannung resp. Wölbung vom vorderen zum hinteren Segmente wird es dem Hammerstiel bei einem auf ihre Wölbung wirkenden Druck ermöglicht, nicht blos nach innen und hinten auszuweichen, sondern auch eine Drehung auszuführen. Letztere Bewegungen können natürlich auch am Hammerkopfe nachgewiesen werden, nur sind sie wegen der Lage seiner Axe umgekehrt gerichtet, indem der Hammerkopf nach aussen vorn sich bewegt und so dreht, dass die beiden äusseren, der Nische zugewendeten Gelenkränder des Hammers und des Ambosses sich einander nähern, während die inneren, dem Promontorium zugekehrten Ränder sich von einander entfernen. Wir ersehen hieraus, dass die Bewegung im Hammerambossgelenk nicht eine einfache, sondern eine zusammengesetzte ist. In der That ist die Construction der Gelenke der Gehörknöchelchen eine derartige, dass Bewegungen um drei Axen vor sich gehen können und in Wirklichkeit auch bei Schwingungen nachzuweisen sind, worüber in einer späteren von Mach und mir durchgeführten Untersuchungsreihe mehr die Rede sein soll.

Der Lichtkegel erscheint bei positivem Drucke vom Gehörgange aus stark glänzend und rückt nach innen und ein wenig nach oben und hinten, wobei die starken Bewegungen des hinteren Segmentes sich sehr deutlich hier von den schwächeren des vorderen abgrenzen.

An der oberen Abtheilung tritt der mittlere Sector viel weiter nach innen als die beiden anderen, er bildet eine Grube, die vorn durch einen scharfen Rand, das stark ausgespannte vordere Aufhängeband des Hammerstiels begrenzt wird, während an seiner hinteren Grenze das Aufhängeband nicht so scharf markirt wird. Bei negativem Druck vom Gehörgange aus kehren sich die eben beschriebenen Bewegungen des Trommelfelles und des Hammers um. Die Wölbung der Radialfasern der unteren Abtheilung wird vermehrt und die drei Sektoren, vorzugsweise der mittlere, stark convex gegen den Gehörgang gewölbt. Sehr gut kann man die leichte Beweglichkeit des

mittleren Sectors zur Anschauung bringen durch eine rasche Aufeinanderfolge von Druckvariationen, wobei er sehr augenfällig hin und her flattert. Der Hammerstiel bewegt sich von innen und hinten nach aussen und vorn und dreht sich so, dass sein kurzer Fortsatz, welcher diese Bewegung mitmachen muss, nach oben und vorn abweicht und zugleich eine Drehung ausführt, wodurch das hintere Aufhängeband deutlich gespannt wird.

Nach diesen vorausgehenden Betrachtungen werden wir nun angewiesen, zu untersuchen, welche Wirkung die Binnenmuskeln des Ohres auf das Trommelfell ausüben.

I.

Die Wirkung der Binnenmuskeln der Paukenhöhle, hervorgerufen durch Zug an denselben.

Die Zugwirkung des Tensors am Trommelfell lässt sich mit schwachen Vergrößerungsgläsern gut studiren. Es ist dabei vorthellhaft den knöchernen Gehörgang ein Stück abzutragen, um leichter Zugang für das Beobachtungsinstrument zu erlangen. Was die Präparation der Muskeln und die Zugvorrichtung betrifft, so wurde dieselbe in einer früheren Abhandlung (Sitzber. d. Akad. d. Wiss. Wien Oct.-Heft 1872) bereits auseinandergesetzt. Da man von dem Gehörgange aus nur die Bewegungen des Hammerstieles übersehen kann, so wird man gut thun, eine zweite controllirende Beobachtung von der Paukenhöhle aus folgen zu lassen, wobei der ganze Hammer leicht übersehen werden kann.

Beim Zug am Tensor bewegt sich der Hammerstiel von aussen und vorn nach innen und hinten, wobei sein kurzer Fortsatz von oben nach unten und in Folge einer Drehung ein wenig nach vorn geht.*) Die beiden Trommelfellfalten spannen sich, die hintere mehr als die vordere, wodurch eine scharfe Grenze zwischen oberer und unterer Abtheilung gebildet wird. Letztere bewegen sich in entgegengesetzter Linie, indem die untere nach innen und die obere nach aussen rückt. Der Effect des Muskelzuges auf die einzelnen Partien ist je nach dem Verhalten ihrer Fasersysteme zum Hammerstiel ein anderer.

*) Bei sehr starkem Zuge wird der ganze Hammer auch aus seiner Lage nach innen und oben geschoben; ob letztere Wirkung aber beim Hörvorgange in Betracht kommt, oder durch den schwachen Tensor überhaupt hervorgerufen werden kann, muss ich dahingestellt sein lassen.

Die allmähliche Längenzunahme von vorn nach hinten hat zur Folge, dass beim Zuge die kürzeren Fasern früher und straffer gespannt werden als die längeren. Mit der straffen Spannung der Fasern wird ihre Bewegung nach innen sistirt; man sieht daher letztere nicht gleichzeitig an allen Fasern beendigt, sondern in einem Bogen von vorn nach hinten um den Hammerstiel herumlaufen. Die Fasern, welche in der verlängerten Richtung des S-förmig nach vorn gebogenen unteren Stielendes liegen und den Lichtkegel bilden, spannen sich ihrer Kürze wegen stärker als die seitlich angrenzenden.

Die Wölbung der Radialfasern wird durch den Tensorzug an der untern Abtheilung vermindert und zwar am vorderen mehr als am hinteren Segmente.

An der oberen Abtheilung wird durch die Anspannung der hinteren Trommelfellfalte und des hinteren Aufhängebandes des Stieles der hintere Sector mehr angespannt als die beiden anderen, doch sichtlich weniger als die beiden Segmente. Am wenigsten wird die schlaffe Spannung des mittleren Sectors geändert, so dass er selbst bei starkem Zug immerhin noch seine leichte Beweglichkeit beibehält.

Die Wirkung des Steigbügel Muskels am Trommelfelle ist im Allgemeinen eine antagonistische des Tensors, indem beim Zuge an ihm die untere Abtheilung nach aussen und die obere nach innen bewegt und eine Abspannung der Trommelfellabtheilungen verursacht wird. Relativ am stärksten wird das vordere Segment nach aussen bewegt und die Wölbung der Radialfasern hier über die Norm vermehrt. Der Lichtkegel bildet auch hier noch eine Grenze, indem die stärkere Wölbung des vorderen Segmentes von der schwächeren des hinteren Segmentes abgegrenzt wird. Der kurze Fortsatz des Hammerstiels bewegt sich nach oben, aussen und hinten. Die hintere Trommelfellfalte und das hintere Aufhängeband werden abgespannt, ebenso der dritte Sector, während die vordere Falte und das vordere Aufhängeband deutlich markirt werden. Nach diesem Rückblick über das Verhalten der Membran an ihren einzelnen Abtheilungen kann es uns nicht entgehen, dass, wenn wir dasselbe mit der Anordnung der akustischen Apparate des inneren Ohres vergleichen, eine gewisse Aehnlichkeit zwischen beiden besteht, indem das Verhalten der beiden Segmente demjenigen der Basilarmembran der Schnecke und das Verhalten der Sectors mehr den Vorrichtungen des Vorhofs entspricht.

Die Aehnlichkeit der Wölbungs- und Längenverhältnisse an den Segmenten und der Basilmembran ist eine unverkennbare, ebenso könnten noch andere gemeinsame Merkmale mit einbezogen werden. Hier möchte ich mich auf das Nothwendige beschränken und nur auf einige Thatsachen hinweisen, welche sich speciell auf die Radialfasern des Trommelfelles beziehen. Untersucht man die Radialfaserschicht nach geeigneten Methoden unter dem Mikroskope, so findet man, dass benachbarte Fasern wohl untereinander durch schwache schiefe Anastomosen zu Bändern verbunden sind, dass diese aber in centrifugaler Richtung divergiren, so dass zwischen ihnen Spatien bleiben, welche durch capillare Gefässe, die in derselben Richtung verlaufen und gegen die Peripherie an Caliber zunehmen, ausgefüllt werden. Die Breite der untereinander verbundenen Fasern, sowie ihrer Spatien ist eine regelmässige, so dass die beiden Segmente als eine aus einer grossen Zahl solcher Bänder, oder wie ich sie nennen möchte, Saitenbänder bestehende Winkelmembran aufzufassen sind. Die Ohrenärzte kennen die Existenz der Saitenbänder sehr gut, da sie unter bestimmten pathologischen Verhältnissen auch für das unbewaffnete Auge sichtbar werden. Gruber hat durch Heitzmann in seiner Ohrenheilkunde Taf. I. Fig. 4. eine gute Abbildung davon anfertigen lassen.

Die Aehnlichkeit zwischen den Sektoren und den akustischen Vorrichtungen des Vorhofes kann natürlich nicht auf gleiche morphologische Merkmale, sondern nur auf ähnliche physikalische Eigenschaften bezogen werden. Nach den Begriffen der Physik dürfte nämlich der sehr dünnen und schlaffen Membran des mittleren Sectors die Befähigung auf verschiedenartige Impulse, auch wenn sie in unregelmässiger Reihe folgen, mit Leichtigkeit zu reagiren, nicht abgesprochen und ihr demnach analoge Leistungen wie den Gehörsteinchen des Vorhofes zugesprochen werden.

Es ist nun klar, dass wir jetzt nach den gegebenen anatomischen Thatsachen dazu gelangt sind, durch das Experiment das wirkliche Verhalten der einzelnen Partien gegen Luftschwingungen zu ermitteln und zu sehen, inwieweit die obigen Voraussetzungen ihre Berechtigung finden.

II.

Die stroboskopischen Bewegungen des schwingenden Trommelfelles bei constanter Tonhöhe.

Zur Untersuchung der stroboskopischen Bewegungen des Trommelfelles bediente ich mich derselben Apparate, welche in

einer früheren Arbeit von Mach und mir (Sitzgsber. d. Akad. d. Wissensch. Oct.-Heft 1872) beschrieben wurden. Das Licht eines Heliostaten wird durch eine Helmholtz'sche Unterbrechungsgabel von 256 Schwingungen in der Secunde intermittirt und das Trommelfell durch eine nahezu gleich gestimmte Orgelpfeife in Mitschwingung versetzt. Letzteres geschieht dadurch, dass man einen Gummischlauch aus dem Knoten der Pfeife zu dem mit der Lupe versehenen Ohrenspiegel führt und den Trichter derselben luftdicht in den Gehörgang einfügt. Nothwendig ist der feste Schluss im Gehörgange nicht zum Gelingen des Versuchs, indem schon das lose Einfügen in seinen knorpeligen Theil genügt, um ausgiebige Schwingungen hervorzurufen.

Bringt man die Pfeife zum Tönen und setzt ein Präparat mit angespannten Muskeln in Schwingung, so sieht man bei intermittirender Beleuchtung die Bewegungen des Trommelfelles in vorzüglicher Weise. Man bemerkt, dass wohl alle beschriebenen Trommelfellpartien schwingen, aber, wie vorausszusehen, nicht in gleich grossem Maasse. Die beiden Trommelfellfalten spannen sich an und ab, wobei sie abwechselnd scharf markirt oder abgefacht werden, besonders deutlich treten diese Erscheinungen an der hinteren Falte auf. An der unteren Abtheilung nehmen die Ausweichungen der Radialfasern in der Richtung von vorn nach hinten an Grösse zu. Am vorderen Segmente werden seine kürzeren Fasern früher gespannt als die längeren am hinteren, daher die Bewegung hier früher sistirt als dort. Die ausgiebigsten Excursionen machen die Fasern nicht etwa an der Stelle ihrer grössten Wölbung, sondern da, wo sie dünn und frei von Circularfasern sind, nämlich an der freien centralen Partie. Letzteres kann man sehr gut sehen, wenn man den Boden der Paukenhöhle entfernt und von unten her beobachtet. Die Circularfasern, welche kleinere Bewegungen ausführen als die freien Radialfasern, heben sich in Form eines platten Ringes mit scharfem Rande von ihnen ab.

An der oberen Abtheilung sind die Ausweichungen des mittleren Sectors am stärksten und die beiden Aufhängebänder bilden deutliche Falten beim Schwingen; am kleinsten ist die Bewegung des vorderen und etwas stärker die des hinteren Sectors. Was nun die Schwingungsrichtung der Fasern beider Abtheilungen betrifft, so muss hier bemerkt werden, dass sie nicht senkrecht zur Medianebene, sondern schief, von vorn

aussen und unten nach innen hinten und oben geht. Das untere Stielende des Hammers schwingt von vorn aussen nach innen und hinten und dreht sich, wobei das Knöpfchen des kurzen Hammerfortsatzes von oben nach unten und hinten geführt wird, woher es kommen mag, dass die ganze obere Abtheilung bei ihrem Ein- und Auswärtsgehen noch stark in fast horizontaler Richtung von vorn nach hinten und umgekehrt, geschoben wird. Durch die Tenotomie des Trommelfellspanners werden die Excursionen am Hammerkopf um ein Viertel vergrössert und seine Drehung sehr vermehrt.

Uebt man einen Zug am Tensor aus, so werden jetzt die stroboskopischen Bewegungen am vorderen Sector und am vorderen Segmente sistirt und am hinteren Segmente und hinteren Sector auf einen Bruchtheil der früher vorhandenen reducirt. Die Bewegung am hinteren Sector wird merklich geschwächt, am zweiten aber so wenig, dass ein starker Zug und Aufmerksamkeit dazu gehört, um die geringe Abnahme zu bemerken. Die Aufhängebänder des Hammerstiels bilden unter diesen Umständen scharfe Grenzfalten zwischen den Sectors. Vergleicht man jetzt die Excursionen am hinteren Segmente und am zweiten Sector, so findet man, dass sie am letzteren grösser als am ersteren sind.

Wirkt der Zug am Tensor dauernd fort, so kann man durch Anspannung des Stapedius die sistirten Bewegungen am vorderen Segmente und vorderen Sector in geringem Maasse wieder herstellen und die noch vorhandenen des hinteren Sectors und des hinteren Segmentes etwas vergrössern.

III.

Die stroboskopischen Bewegungen des mit dem Grundton und der Octave schwingenden Trommelfelles.

Um diesen Versuch auszuführen, bleiben die Vorrichtungen dieselben wie beim vorangehenden, nur wird mittelst T-Rohr die Octavenpfeife möglichst rein auf den Grundton gestimmt, dem Schallrohr des Ohrenspiegels zugeleitet. Der Gummischlauch der offenen Octavenpfeife ist wie bei der anderen in dem Knoten angebracht. Zum Tönen bringen wir die Pfeifen durch einen Blasebalg, der so eingerichtet ist, dass man jede Pfeife für sich und beide zusammen anblasen kann. Tönt nun die Pfeife mit 256 Schwingungen in der Secunde, so treten, da die Bedingungen dieselben wie im vorigen Versuche, auch dieselben

Erscheinungen auf. Leitet man zu dem Grundtone die Octave, so schwingt das Trommelfell beide Töne mit und man sieht deutlich die Doppelschwingung der Octave in der des Grundtones. Analog dem Vorgange im vorhergehenden Versuche schwingen sämtliche Partien beide Töne mit. Die überall sehr gut zu sehenden dikrotischen Bewegungen sind am hinteren Segmente stärker als am vorderen, am mittleren Sector grösser als an den beiden andern.

Durch Zug am Tensor werden die Bewegungen am vorderen Segmente und am vorderen Sector sistirt, also Grundton und Octave gelöscht. Anders verhalten sich die übrigen Theile. Am hinteren Sector und am hinteren Segmente wird bei beginnender Spannung rasch die Octave gedämpft und bei stärkerer auch der Grundton bedeutend abgeschwächt, jedoch nicht in dem Grade wie die Octave, so dass die einfache stroboskopische Bewegung die vorherrschende ist und der Dicrotismus nur mit Aufmerksamkeit gesehen werden kann.

Ein sehr wichtiges Verhalten zeigt der mittlere Sector insofern, als er ungeschwächt Grundton und Octave mitschwingt; jedenfalls geschieht, wenn durch einen sehr starken Zug eine Abschwächung stattfindet, diese nicht auf Rechnung der Octave, sondern des Grundtones. Es ist klar, dass bei der gleichzeitigen Dämpfung des Grundtones am hinteren Segmente jetzt die Octave ein relatives Uebergewicht über den Grundton erhält.

Was nun die Wirkung des Stapedius betrifft, so können durch ihn, wie im früheren Versuche, auch hier die sistirten Bewegungen des vorderen Segmentes und vorderen Sectors wieder eingeschaltet und die noch vorhandenen des hinteren Segmentes vergrößert werden, wobei der Dicrotismus wieder an allen Theilen auftritt, jedoch nicht in dem Grade, wie beim ungehemmten Trommelfelle.

In einer früher veröffentlichten Versuchsreihe (l. c.), bei welcher vorzugsweise die Schwingungslinien des mit Goldbronze bestäubten Hammerkopfes beobachtet wurden, ist bemerkt, dass der Tensor die Fähigkeit besitzt, tiefe Töne in merklicherem Grade zu schwächen als hohe. Aus den hier angeführten Versuchen erfahren wir, dass jene Thatsachen ihre Erklärung nicht etwa darin finden, dass das Trommelfell durch die Anspannung „als Ganzes“ für höhere Töne accommodirt wird, sondern dass es vielmehr einzelne Partien sind, welchen diese Eigenschaft zugeschrieben werden muss. Von hoher Bedeutung erscheint auch hier das Verhalten des mittleren Sectors, indem er seine

ursprüngliche Befähigung, combinirte Schwingungen leicht aufzunehmen, selbst nach Einwirkung der Muskeln ungestört beibehält.

Die stroboskopische Bewegung, welche nur die Combination bestimmter Töne gestattet und nur durch Aufwand eines grossen Instrumentenapparates dazu verwendet werden könnte, das Verhalten der Partien auf mehrere weit von einander abliegende Tonhöhen zu prüfen, ist offenbar nicht sehr geeignet hierzu. Durch die voranstehenden anatomischen Untersuchungen werden wir aber direct darauf hingewiesen, das Verhalten der Partien auf eine möglichst continuirliche Tonreihe zu untersuchen. Um Letzteres durchzuführen, könnte man auf den Gedanken kommen, die Sirene anzuwenden; sie bietet ja zum Theil den gewünschten Vortheil, freilich nicht ganz, weil ihre Töne sehr bald eine obere Grenze erreichen, ohne jedoch jene Tonhöhen zu erzeugen, welche zur Prüfung des Trommelfelles nothwendig erscheinen. Ein Hauptübelstand, der gegen die Verwendung der Sirene nach der bisher geübten Methode spricht, ist der, dass sie das Trommelfell mit einem grossen Druck belastet (6"—7" Wasserdruck). Es ist klar, dass durch diesen starken Druck das dünne Trommelfell an allen Abtheilungen nachgeben und daher „als Ganzes“ nach Verlauf der Zeitdauer von halben Wellenlängen, während Verdichtung und Verdünnung wechseln, ein- und auswärts gedrängt werden muss. Das eben Gesagte gilt, wenn auch in geringerem Grade, auch für die Versuche mit der Pfeife. Eine vierfüssige Pfeife zeigt im Knoten bei Anwendung der Kundt'schen Verdichtungs- und Verdünnungsmanometer 3"—4" Wasserdruck während der Verdichtung und Verdünnung, ein Druck, der immerhin genügt, das Trommelfell mit allen seinen Abtheilungen ein- und auswärts zu führen, so dass man diese Erscheinungen unter Berücksichtigung ihrer ursächlichen Momente zur Beweisführung, dass das Trommelfell unter normalem Verhalten als Ganzes schwingt, nicht folgerichtig einführen könnte. Ich habe nun, um die angegebenen Fehlerquellen zu umgehen, eine andere Versuchsreihe mit einer Anzahl verschieden langer Pfeifen vorgenommen, welche vor dem Ohre angeblasen werden und die dabei auftretenden Schwingungen des Trommelfelles und Hammerkopfes beobachtet. Letzteres geschah entweder durch Beachtung der daselbst auftretenden Schwingungslinien oder dadurch, dass nach den Vorgängen Janonschek's, (Mach's Opt. akust. Versuche p. 47, auch Pogg. Ann. 1872) bei Untersuchung schwingender Membranen,

ein Splitterchen eines versilberten Deckgläschens auf den Hammerkopf aufgeklebt und ein Lichtbündel des Heliostaten an die Wand reflectirt wurde. Beim Anblasen der Pfeife wird der reflectirte Lichtpunkt zu einer von der Schwingungsweise des Hammers abhängigen Schwingungslinie ausgezogen. Letztere Methode eignet sich auch dazu, um die Schwingungsweisen des Trommelfelles, resp. Hammers, bei gesungenen Vocalen und Consonanten einem grösseren Zuhörerkreise zu demonstriren. Die Resultate dieser Untersuchungen sollen in einer spätern von Mach und mir gemeinschaftlich durchgeführten Arbeit über die Lagebestimmung des Gehörorganes im Schädel und über den Bewegungsmechanismus der Gehörknöchelchen veröffentlicht werden.

Schliesslich möge es mir noch gestattet sein, Herrn Prof. Mach, dem durch Abhalten von Vorlesungen und Beschäftigung mit andern wissenschaftlichen Arbeiten, sowie durch den Zeitverlust, der ihm aus der zuerkannten Dekanatswürde erwachsen, bisher keine Zeit blieb, selbst einzugreifen, für seine bereitwilligst ertheilten Rathschläge meinen schuldigen Dank auszusprechen.

Prag, 23. Juli 1873.
