

## VIII.

### Unzulängliche Stützen von Zimmermann's Theorie der Mechanik des Hörens und ihrer Störungen.

Von

Privatdocent Dr. Eschweiler-Bonn.

Zimmermann hat in seinem Buche „Die Mechanik des Hörens und ihre Störungen, Wiesbaden J. F. Bergmann 1900“ aus der von ihm an Helmholtz und Bezold geübten Kritik das Facit gezogen und eine eigene Theorie der Schallübertragung aufgestellt. Von der Fachpresse ist das Werk theils zustimmend begrüsst<sup>1)</sup> theils mit kurzen Worten abgelehnt worden; eine eingehende Kritik ist nicht erschienen. So könnte es den Anschein gewinnen, als ob sich weite Kreise der Otologen Zimmermann angeschlossen hätten, zumal da noch Alt auf einer Otologenversammlung 1901 sich in zustimmendem Sinne geäußert hat.

Zimmermann's Buch zerfällt gewissermaassen in einen negativen und einen positiven Abschnitt. In ersterem sucht er nachzuweisen, dass der sogenannte schallleitende Apparat diese Function gar nicht ausübt; im zweiten begründet er die Theorie von der accomodativen Thätigkeit der Gehörknöchelchenkette.

Wenn auch beim Leser dieser Zeilen das Zimmermannsche Buch als bekannt vorausgesetzt werden muss, so ist doch wohl eine kurze Zusammenfassung der neuen Theorie hier am Platze: Nach Z. erleidet der von der Schallquelle zum Gehörorgan gelangende Schall beim Passiren des äussern Gehörgangs eine Abschwächung. Unter weiterem Energieverlust durchsetzen die Wellen das Trommelfell, welches in toto unbewegt bleibt und nur in longitudinalen Molecularschwingungen kleinster Amplitude schwingt. Am Promontorium angelangt, gehen die Schallwellen auf den hier besonders gut leitenden Knochen über und versetzen die am Knochen angehefteten Resonanzfasern der Membrana basilaris im Corti'schen Organ in stehende Schwingungen. Durch die Schwingungen der Saiten geräth das Labyrinthwasser

---

1) Vor Allem in der „Zeitschrift für Ohrenheilkunde“ von Asher, der den Ausführungen Zimmermann's das Prädicat „ausserordentlich klar“ giebt.

in Wellenbewegung, vorausgesetzt, dass ein intactes Schneckenfenster als Ausweichstelle dient. Wenn keine Wasserwellen entstehen können, so können auch keine Schwingungen der Saiten entstehen. Der Druck, unter welchem das Labyrinthwasser steht, beeinflusst die Leichtigkeit der Wellenbewegung und damit die Schwingbarkeit der Fasern der Basilarmembran. Vor Allem bedürfen die tief gestimmten Fasern eines regulirbaren Drucks behufs Dämpfung. Diese Druckanpassung, die Einstellung der Schwingungsweite der Labyrinthfasern auf den jeweils besten Grad der Perception besorgt der sogenannte schallleitende Apparat auf zweierlei Weise:

Erstens wird durch Schallwellen von grosser Amplitude und Wellenlänge eine Massenschwingung des Trommelfells und damit eine Bewegung nach Innen veranlasst; dadurch wird der Stapes ins Vorhoffenster gedrückt, noch ehe die betreffende Welle das Promontorium erreicht hat. Zweitens wird reflectorisch eine Action des Tensor tympani und des Stapedius hervorgerufen, welche die Accomodation des intralabyrinthären Drucks auf den besten Grad der Perception besorgen. Die erste Art der Accomodation ist eine Schutzvorrichtung, die zweite mehr eine Präcisionsvorrichtung, welche auch das Lauschen ermöglicht. Soweit Z.

Es soll an dieser Stelle nicht geprüft werden, inwieweit eine Kritik an den Helmholtz'schen Anschauungen über die Schallzuleitung berechtigt ist; es soll nur darauf hingewiesen werden, dass die Zimmermann'sche Theorie nicht triftig begründet ist und keine bessere Erklärung für die normale und pathologische Physiologie des schallleitenden Apparates giebt.

Anatomisch legt Z. grossen Werth darauf, dass das Promontorium den einfallenden Schallwellen gerade gegenüber liegt (S. 12). Die vergleichende Anatomie aber lehrt, dass eine derartige Stellung keine Beziehungen zur Gehörsschärfe haben muss, weil bei gut hörenden Thieren, z. B. Pferd, Schwein, Rind, durchaus keine Gegenüberstellung vom Promontorium zur Einfallsrichtung der Schallstrahlen vorhanden ist.

Dass der Gehörgang schallschwächend wirkt (S. 48), dürfte unrichtig sein. Seine Biegung und verschieden grosse Weite hebt nicht das gute Leitungsvermögen auf, welches dem Gehörgang als Röhre eigen ist. Allerdings würde er noch besser leiten, wenn er einem graden glattwandigen Cylinder gliche.

Grösseren Raum verwendet Zimmermann auf den Nachweis, dass das Trommelfell und die Ossicula nicht in einer

Phase schwingen könnten (S. 50 ff.). Durch theoretische Erwägungen lässt sich aber unseres Erachtens nicht die Beweiskraft der bekannten Politzer'schen Experimente anfechten. Der Einwand, dass nur bei starkem Schallreiz eine Phasenschwingung nachzuweisen war, beweist nicht, dass beischwächeren Schalleinwirkungen eine solche fehlt. Die angewandten Methoden sind doch im Verhältniss zu den hier in Betracht kommenden minimalen Kräften viel zu grob, als dass man sie bei negativem Untersuchungsergebniss für beweisend halten könnte.

Auf S. 63 ff. bemüht sich Z. den Nachweis zu führen, dass es zur Empfindung von Schall weniger auf ein intactes ovales, als auf ein gesundes rundes Fenster ankomme. Die stehenden Schwingungen der Basilarfasern seien nur möglich, wenn ein bewegliches Schneckenfenster ein Ausweichen des Labyrinthwassers ermögliche.

Diese Ausführungen enthalten einen unlösbaren Widerspruch. Nach der Helmholtz'schen Schalleitungstheorie ist eine Ausweichstelle für die im Labyrinthwasser erzeugte Pulsionswelle nöthig. Wenn wir aber mit Zimmermann annähmen, dass die Schallwellen sich an der Anheftungsstelle der Basilarfasern auf diese übertragen und sie direct in stehende Schwingungen versetzen, so bedarf es zum Zustandekommen dieser Schwingungen gar keiner Ausweichstelle für etwa entstehende Flüssigkeitswellen. Die Schwingungen der Faser machen keine Volumvermehrung, denn was eine Saite im Maximum der Elongation an Länge gewinnt, büsst sie an Dicke ein, abgesehen von einem minimalen aber bei den Dimensionen der Basilarfasern wohl zu vernachlässigenden Volumzuwachs durch moleculare Elasticität. Es nimmt daher die nach Zimmermann's Theorie schwingende Basilarfaser eine Ortsveränderung vor, ohne das Labyrinthwasser in Wellen versetzen zu müssen. Auf S. 68 sucht Zimmermann den Eintritt von Labyrinthwasserwellen dadurch verständlich zu machen, dass er sagt: „Verursacht man in einer Flüssigkeit auf- und abgehende Bewegungen irgend eines hineingetauchten Körpers, z. B. Transversalschwingungen einer Feder, so sieht man an der Oberfläche leichte wellenförmige Kräuselungen entstehen.“ Die Richtigkeit dieses Satzes ist nur für gewisse Fälle anzuerkennen. Sobald der im Wasser sich bewegende Gegenstand in eine gewisse Entfernung von der Oberfläche kommt, gleichen sich die entstehenden Bewegungen der

umgebenden Wassermasse aus, ohne Oberflächenveränderungen zu machen, und zwar ist in diesem Falle keine grössere Kraftaufwendung nöthig, als wenn der Ausgleich durch Oberflächenveränderung des Wassers geschieht; man denke nur an die Flossenbewegung der in verschiedenen Tiefenzonen des Meeres lebenden Fische.

Mit der Annahme oder Verwerfung der secundären Wellenbewegung des Labyrinthwassers, hervorgerufen durch die primäre Schwingung der Basilarfaser steht und fällt die Zimmermannsche Theorie.

Aber selbst bei Einräumung dieser Möglichkeit verwickelt sich Zimmermann im weiteren Ausbau seiner Theorie in Widersprüche. Er sagt: (S. 68) es „ist für ein möglichst feines Spiel resonirender Schwingungen eine Ausweichstelle ein unbedingtes Erforderniss, und diese Forderung erfüllt allein durch Einführung des zarten Häutchens der Schneckenfenstermembran.“ und vorher (S. 67): „Und die Membran des Schneckenfensters bewegt sich ganz selbstständig wie ein zartes Häutchen, welches die Flüssigkeit in einem Gefässe abschliesst. Auch dieses beantwortet die Plätscherbewegungen, die in der Flüssigkeit irgendwie hervorgerufen werden, für sich durch leichte wellenförmige Kräuselungen seiner Oberfläche“.

Also das wesentliche Erforderniss ist nach Zimmermann eine den allerfeinsten Wasserwellen nachgebende Beweglichkeit des Schneckenfensters.

Zunächst ist hier zu bemerken, dass schon anatomisch ein Widerspruch besteht zwischen der Wellengrösse, erzeugt durch die Schwingung einer 0,04 bis 0,4 mm langen Faser und den correspondirenden „Kräuselnbewegungen“ einer sehnigen, relativ dicken Membran, welche durchaus kein „zartes Häutchen“ ist.

Vor allem aber passt zu dieser Function nicht die von Zimmermann dem Schneckenfenster zugewiesene Aufgabe bei der Regulation des Labyrinthdrucks. Er sagt S. 77: „Rückt die Steigbügelplatte maximal nach innen, so wächst der intralabyrinthäre Druck so stark, dass die Membrana secundaria des Schneckenfensters übermässig belastet, ihre Federkraft paralytisch wird und sie dem Druck nicht mehr ausweichen kann. Damit ist die Grundbedingung für das Zustandekommen stehender Schwingungen aufgehoben.“ Und ferner S. 78: „Rückt nun die Steigbügelplatte nicht maximal, sondern abstufbar veränderlich nach innen, so werden die Schwingungen der gleichstimmigen

Fasern nicht völlig unmöglich gemacht, sie werden in ihren Schwingungen nur beschränkt.“ Auf diese Weise soll dann der Muskelzug der Mittelohrmuskeln oder die Verschiebung des ganzen Trommelfells durch starke Schallwellen den Labyrinthdruck accomodiren.

Wie ersichtlich, soll also nach Zimmermann die Membran des Schneckenfensters zweierlei besorgen. Sie soll erstens auf die allerfeinsten Wellenbewegungen des Labyrinthwassers mit entsprechenden Ausweichbewegungen antworten. Sie soll zweitens die Abstufung des intralabyrinthären Drucks dadurch ermöglichen, dass sie dem vom Stapes nach Innen gedrückten Labyrinthwasser einen elastischen Widerstand bietet. Beide Functionen können unseres Erachtens nicht von derselben Membran ausgeübt werden. Denn beim Einpressen des Stapes ins ovale Fenster wird — abgesehen von der Wirkung der nach Zimmermann nur langsam wirkenden Aquäducte — solange das Labyrinthwasser nicht unter erhöhtem Druck stehen, als eben die Schneckenfenstermembran ausweichen kann. Erst wenn sie über ein gewisses Maass und unter Ausnutzung ihrer Elasticität nach Aussen vorgebaucht ist, wird thatsächlich auf der Perilymphe ein erhöhter Druck lasten. Wenn das eintritt, so ist aber die Schneckenfenstermembran in ihrer Schwingbarkeit so geschädigt, dass sie keinesfalls mehr als eine passende Ausweichstelle für die äusserst feinen von Zimmermann angenommenen Wasserwellen dienen kann. Man denke sich nur, dass ein sehr lauter tiefer Schall und ein hoher Ton aus dem Orchester heraus gleichzeitig das Ohr treffen. Von diesen Tönen ist der erste nach Zimmermann besonders geeignet, die Accomodation auszulösen. Es wird also — nach Zimmermann — der Stapes einwärts gedrückt und die Schneckenfenstermembran gespannt. Wie soll nun aber der hohe Ton percipirt werden, dessen entsprechende Basilarfaser — nach Zimmermann — nur schwingen kann, wenn die Schneckenfenstermembran durch Kräuslung ihrer Oberfläche der entstehenden Labyrinthwasserwelle Spielraum giebt?

Der Einfluss des Valsalva'schen und Gellé'schen Versuches oder der willkürlichen Action des Tensor tympani darf hier nicht zum Beweise herangezogen werden, weil dabei der schallzuleitende Apparat unter ganz besondere, mit der physiologischen Thätigkeit nicht übereinstimmende Bedingungen gebracht wird.

Als Beispiel für die Wirkung des schallleitenden Apparates als Accommodator führt Z. den Phonographen an und sagt S. 81: „Im Phonographen werden von einer möglichst genäherten Schallquelle Schallstrahlen in grosser Menge durch den mächtigen Schalltrichter aufgefangen und alle durch Reflexion von den Wänden gegen das verjüngte innere Ende zusammengebracht. Durch die Superposition der gleichen Wellen entsteht hier eine erhebliche Vergrösserung ihrer Amplituden, so dass die Schallwellen, mit jedem molecularen Ausschlag die Schallplatte durchsetzend, den angelagerten Hebel gegen die rotirende Walze andrücken und mit grösster Treue sich hier eingraben. Trotzdem ist die Anzahl der Schwingungen, welche das Hebelwerk auslösen, eine nur geringe, weil alle aus weiter Entfernung kommenden, oder von vornherein sehr schwachen, durch den Schalltrichter doch nicht auf die genügende Stärke gebracht werden können, um den Hebel zu bewegen. Noch geringer ist natürlich die Zahl, welche den Mittelohrapparat in Thätigkeit versetzt.“

Auch hier dürfte Z. von unrichtigen Voraussetzungen ausgehen; die Schwingungen, welche das Hebelwerk des Phonographen auslösen, sind nicht gering an Zahl, d. h. eine Auswahl von denen, welche in den Schalltrichter gelangen, sondern alle Wellen participiren an der Bildung derjenigen Wellenform, welche den Stift des Phonographen in die Walze drückt; eben daher reproducirt der Phonograph auch wieder alle ihm übergebenen Wellen, eben daher lässt er sogar die Stimme dessen wieder erkennen, der in den Aufnahmetrichter gesprochen hat. Gerade der Umstand, dass die anscheinend roh in das Wachs eingedrückte Furche die Membran des Phonographen zur Wiedergabe einer so complicirten Tonmasse nöthigt, wie die menschliche Sprache ist, dient zum Beweis dafür, dass wir es bei der Schallübertragung mit unmessbar kleinen Grössen und äusserst complicirten Formen zu thun haben, die wir in ihren Einzelheiten nicht sehen, obschon sie sicher vorhanden sind.

Ebensowenig wie die Theorie an sich, befriedigt ihre Anwendung zur Erklärung pathologischer Zustände des Ohres. Z. beginnt das entsprechende Capitel mit den Worten: „Reine Schallleitungshindernisse im Ohr machen bei der hohen Empfindlichkeit des Endorgans keine oder nur geringe Störungen der Hörfähigkeit.“ Hat sich denn Z. nie davon überzeugt, wie viel man noch mit fest verschlossenen Ohren hört?

Ebensowenig darf man den Satz gelten lassen (S. 88): „Es ist bekannt, dass langsam entstandene grosse Ceruminalphröpfe, die . . . . das Lumen verstopfen, keine ihrem Träger auffallende Gehörsverschlechterung verursachen; erst mit dem Moment, wo die ceruminösen Massen . . . . das Trommelfell fixiren, werden sie lästig durch Ausschaltung der Accommodationsmöglichkeit.“ Es tritt bekanntlich eine bedeutende Gehörsstörung dann schon ein, wenn das Lumen des Gehörgangs völlig verlegt wird. Ein Druck auf das Trommelfell ist hierfür nicht nöthig.

Subjective Geräusche entstehen nach Z. dadurch, dass das erkrankte Ohr in seiner Accommodationsfähigkeit beeinträchtigt ist, so dass hier die Schneckenfasern in Folge objectiver Geräusche viel ausgedehnter, in weiteren Amplituden schwingen und nachschwingen können. Wenn in der Nacht eine Abschwächung der Geräusche nicht erfolgt, so erklärt Z. dies aus der Verharrung im „Reizzustand“.

Wenn Z. Recht hätte, so müssten für den Sklerotiker die subjectiven Geräusche in gewisser Abhängigkeit von den in seiner Umgebung herrschenden objectiven Geräuschen stehen, was bekanntlich durchaus nicht immer der Fall ist. Häufig fühlen sich diese Patienten in geräuschvoller Umgebung sogar erleichtert, weil ihnen die subjectiven Geräusche weniger zu Bewusstsein kommen.

Wie sollen wir uns ferner das Beharren im Reizzustand in der Nacht bei einer Faser denken?

Wenn wir uns, wie Z., den Höract als einen physikalischen Vorgang — Schwingen einer Saite — vorstellen, so kann Verharren im Reizzustand nichts anderes heissen als: Verharren in der Schwingung. Dass aber eine schwingende Faser von den Dimensionen und der lebendigen Kraft einer Basilarfaser auch nur Minuten lang in der Schwingung beharren soll, wird nicht anzunehmen sein.

Die Theorie vom Nachschwingen der nicht accommodirten Faser gipfelt in der Behauptung (S. 105): „Die verlängerte Hördauer des Stimmgabelstiels vom Knochentisch ist nur der gleiche Ausdruck und für den Arzt gewissermaassen die mehr objective Bestätigung der subjectiven Geräuschempfindungen, über welche der Kranke klagt.“ (!)

Hiernach sollte man annehmen, dass jeder Patient mit verlängerter Knochenleitung, resp. einer Störung am schallleitenden (accommodirenden) Apparat subjective Geräusche habe. Z. scheint

auf diesem Standpunkte zu stehen, denn er sagt S. 102: „Ist die Accommodation durch Unterbrechung oder Unbeweglichkeit ausgeschaltet, so ist allemal ein Ausfall in der exacten Wahrnehmung der tiefen Töne zu constatiren und das Auftreten von subjectiven Geräuschen.“ Diese Behauptung widerspricht direct der Erfahrung bei Patienten, denen Hammer und Amboss oder gar der Steigbügel fehlt. Diese haben keinen „Accommodationsapparat“ mehr und trotzdem nur selten subjective Geräusche.

Am ehesten könnte Zimmermann's Theorie zur Erklärung des Umstandes dienlich scheinen, dass bei Sklerotikern vielfach die Sprache zwar gehört, aber nicht verstanden wird. Wenn indess Z. Recht hätte, so müssten diese Patienten die Sprache successive schlechter percipiren im Verlauf ihrer Krankheit, gleichgültig, ob laut oder gedämpft gesprochen wird; es müsste nämlich — nach Z. — die laute Sprache die nicht accommodirten Fasern zu überstarken Schwingungen bringen, welche die Perception der akustischen Wortbilder besonders leicht zudecken würden. Dem entgegen zeigt die Erfahrung, dass ein Sklerotiker zwar geschrieene Worte nicht besser hört, als laut gesprochene, dass aber bis zu einer gewissen Grenze die Hörfähigkeit um so besser ist, je lauter gesprochen wird.

Die Bemühungen, gewisse Schwierigkeiten im Verständniss der Gehörswahrnehmung, welche die Helmholtz'sche Theorie nicht hebt, durch Aufstellung neuer Hypothesen aus der Welt zu schaffen, sind gerechtfertigt und dankenswerth. Wenn aber eine neue Theorie die alte ablösen soll, so muss sie die dort herrschenden Unklarheiten beseitigen, ohne dafür neue und grössere heraufzubeschwören. Zimmermann's Theorie bedeutet keinen Fortschritt in der Erkenntniss des Höracts.

---