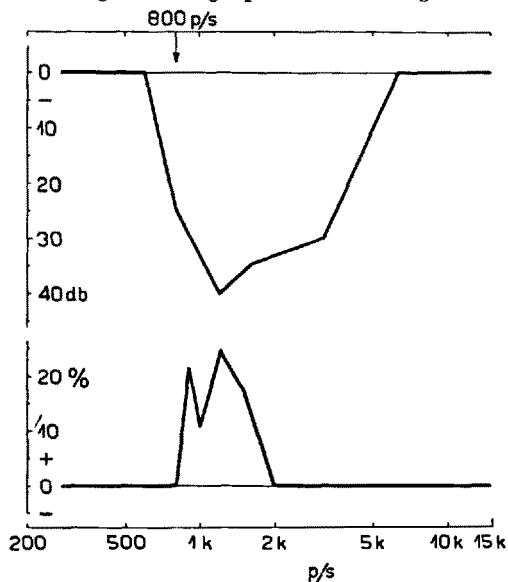


von 25–70 db erzielt werden, wobei die Erholungszeiten je nach der Schwere der Schädigung zwischen 1 h und mehreren Tagen liegen. Bei Schädigungen über 25 db werden gleichzeitig «pitch»-Änderungen beobachtet,



tet, die ein Ausmaß von bis zu 90 % erreichen. Die Abbildung zeigt ein typisches Beispiel einer Vertaubung mit einem reinen Ton von 800 p/s, 140 db, während 3' bei einer 40jährigen Versuchsperson. Der Hörverlust setzt in charakteristischer Weise dicht unterhalb der Schädigungsfrequenz ein, nimmt von 800 Hz an rasch zu und erreicht im Gebiet von 1000–3000 p/s das Maximum mit Werten von 30–40 db. Gleichzeitig treten nun auch noch Änderungen der empfundenen Tonhöhe auf, indem zwischen 900 und 2000 p/s eine deutliche «pitch»-Erhöhung bis zu 25 % gemessen wird. Bei fortschreitender Erholung bilden sich Hörverlust und «pitch»-Verschiebung zurück; während der Hörverlust gleichmäßig ver-

schwindet, erholt sich die Tonhöheempfindung zuletzt für die höchsten betroffenen Töne.

Bei Belastungen mit Tönen anderer Frequenz ergibt es sich, daß im Bereich tiefer Töne bis in die Gegend von 4000 p/s «pitch»-Erhöhungen und oberhalb von 4000 p/s «pitch»-Erniedrigungen auftreten, während um 4000 p/s keine Veränderungen der Tonhöheempfindung entstehen. Die «pitch»-Erniedrigungen oberhalb 4000 p/s bilden sich in der Weise zurück, daß sich hier die tiefsten geschädigten Töne zuletzt erholen.

Dieser nach akustischen Traumatisierungen erstmals beobachtete Effekt der «pitch»-Verschiebung wird zweifellos durch Veränderungen im Bereich des Innenohres verursacht und wirft daher neues Licht auf die bisher noch so wenig geklärte Funktion der Schnecke. Mit der auf HELMHOLTZ zurückgehenden Lokalisations- oder Einortshörtheorie lassen sich zahlreiche Erscheinungen nicht in erschöpfender Weise erklären. Im Gegensatz dazu scheint der neue Effekt die Annahme zu rechtfertigen, daß Tonhöheempfindung und Lautstärkeempfindung an zwei örtlich getrennten, jedoch funktionell eindeutig koordinierten Stellen der Schnecke wahrgenommen werden. In den Rahmen eines solchen «Zweiortsmechanismus» der peripheren Tonwahrnehmung fügen sich die Anschauungen von BÉKÉSY-RANKE und LURIE sowie die anatomischen Befunde von LORENTO DE NÓ zwanglos ein. Einzelheiten darüber werden in den «Acta oto-laryngologica» mitgeteilt.

L. RÜEDI und W. FURRER

Oto-rhino-laryngologische Universitätsklinik, Versuchs- und Forschungsabteilung PTT., Bern, den 30. August 1945.

Summary

The exposure of a human ear to a very loud pure tone produces not only an increase of the threshold but also modifications of the pitch. These observations lead to a new «two-place» mechanism of the inner ear, where pitch and loudness are perceived at two different and locally separated places of the basilar membrane.

Bücherbesprechungen - Compte rendu des publications Resoconti delle pubblicazioni - Reviews

Hearing, its Psychology and Physiology

by S. SMITH STEVENS AND HALLOWELL DAVIS
(John Wiley, New York 1938) (sFr. 19.45)

Dieses Buch, das erst vor kurzem in die Schweiz gelangt ist, gehört zweifellos zu den großen Standardwerken der Literatur über das so außerordentlich reiche Problem des menschlichen Hörorgans; es reiht sich würdig an HELMHOLTZ' «Lehre von den Tonempfindungen» und an FLETCHERS «Speech and Hearing» und dürfte in seiner Gründlichkeit und Vollständigkeit noch für längere Zeit führend bleiben.

Was bei der Lektüre des Buches immer wieder besticht, ist die allgemein verständliche Herausarbeitung der physikalischen Tatsachen. Um das Werk auch für den Nicht-Physiker lesbar zu gestalten, sind einleitend einige Grundlagen der physikalischen Akustik einfach und klar dargestellt, ebenso sind die wichtigsten elektro-akustischen Geräte kurz beschrieben. Leider wird als Einheit der Lautstärke noch mit dem mehrdeutigen Begriff «decibel» operiert, an Stelle der schon

im Jahre 1937 international, auch in Amerika, eingeführten Einheit «phon».

Die Lautstärke-Reizschwelle des Ohres, die als erstes behandelt wird, kann auf 2 Arten definiert werden, entweder durch den Schalldruck im ungestörten Schallfeld, also ohne Kopf (internationale Definition) oder durch den Schalldruck am Trommelfell. Die bisher bekannten Resultate sind sehr anschaulich verglichen, und es wird auch versucht, den Unterschied zwischen beiden Definitionen zu erklären. Dabei fehlt heute noch eine genaue quantitative Erfassung aller für diesen Unterschied verantwortlichen Einflüsse; für die Audiometrie wie auch für telephonometrische Messungen wäre eine genaue Analyse sehr wichtig.

Sehr klar ist der Unterschied zwischen der physiologisch empfundenen Tonhöhe («pitch») und der Frequenz des physikalischen Reizes ausgearbeitet. Auch hier bestehen noch ungelöste Probleme, da bei konstanter physikalischer Frequenz die Tonhöheempfindung um mehr als einen ganzen musikalischen Ton ändern kann, wenn sich die Lautstärke ändert. Offen ist besonders

auch die Frage, weshalb dieser Effekt beim Hören von Musik nicht stärker in Erscheinung tritt.

Eine ausführliche Behandlung erfährt die Hörbarkeit von Tonhöhedifferenzen. Die bereits als klassisch anzusprechenden Resultate von SHOWER und BIDDULPH wurden mit frequenzmodulierten Tönen gemessen, ein Verfahren, das sehr gründlich besprochen und analysiert wird. Die Darstellung der verschiedenen physikalischen Zusammensetzung von Testtönen, die gleiche subjektive Wirkungen erzeugen, bildet eine außerordentlich wertvolle Ergänzung der erwähnten Originalarbeit. Die Reizschwelle für Tonhöhedifferenzen ist die wichtigste Eigenschaft des Ohres, die direkte Rückschlüsse auf den Hörvorgang im Sinne der HELMHOLTZschen Einortstheorie ermöglicht. Anschließend wird auch das für die Fernmeldetechnik so wichtige Problem des fehlenden Grundtones («Residuum») gestreift; leider wird hier auf die Arbeiten des Holländers SCHOUTEN nicht eingegangen.

Bei der Behandlung der Lautstärkeprobleme, d. h. der Beziehung zwischen dem physikalischen Reiz und der subjektiven Empfindung stehen naturgemäß die Arbeiten von FLETCHER und MUNSON im Vordergrund, wobei dieses komplizierte Gebiet sehr klar und anschaulich geschildert wird; auch die grundlegenden Untersuchungen von STEUDEL sowie von BÜRCK, KOTOWSKY und LICHTE über die Empfindung von Kurzimpulsen und Knallen sind eingehend dargestellt.

Ein besonderes Kapitel ist der Frage der Lokalisation einer Schallquelle gewidmet, wobei Intensitätsunterschiede, Phasenunterschiede und Zeitdifferenzen zwischen beiden Ohren eine Rolle spielen; auch hier sind noch viele Fragen und scheinbare Widersprüche zu lösen. Ferner werden die Zusammenhänge dieser Probleme mit dem stereophonischen Hören aufgezeigt.

Eine weitere wichtige Frage ist das nichtlineare Verhalten des Ohres, das im Hörorgan selbst entstehende Obertöne zur Folge hat und zur Bildung von Kombinationstönen führt. Dabei ist noch nicht sicher entschieden, ob diese Nichtlinearität ihren Sitz schon im Mittelohr oder erst im Innenohr hat. Da die Cochleaspennungen diesen Effekt eindeutig zeigen, läßt sich lediglich mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten, daß die Nichtlinearität eine Eigenschaft des peripheren Organes ist; dabei muß aber noch die Rolle geklärt werden, die dem Cochleaeffekt für den Hörprozeß überhaupt zukommt. Die Arbeiten von BÉKÉSY auf diesem, wie auch auf zahlreichen andern Gebieten, kommen dabei sehr schön zur Darstellung.

Die für das Hören so wichtigen Verdeckungserscheinungen werden eingehend behandelt, ebenso die Ermüdungserscheinungen, die alle subjektiven Messungen so sehr erschweren. Gerade über das Wesen der Ermüdung ist noch recht wenig bekannt, es kann jedoch mit Sicherheit gesagt werden, daß sie mindestens teilweise zentral bedingt ist, so daß alle Versuche, durch Beobachtungen des Cochleaeffektes darüber Klarheit zu gewinnen, problematisch bleiben müssen.

Außerordentlich interessant und teilweise noch völlig ungeklärt ist die Empfindung amplituden- und frequenzmodulierter Töne. Hier ist der große Unterschied zwischen Reiz und Empfindung besonders offenkundig, da die begrenzte Analysierschärfe des Ohres in Erscheinung tritt. Frequenzmodulierte Töne kommen sehr häufig vor; beispielsweise ist das Vibrato eines Musikinstrumentes oder einer Singstimme ein wichtiges musikalisches Element, wobei die Modulationsfrequenz etwa 7 Hz beträgt. Bei einer Steigerung der Modulationsfrequenz geht jedoch die Empfindung einer Tonhöhe-

änderung völlig verloren, und es entsteht ein Eindruck rasch intermittierender Impulse; eine Erklärung dieses Effektes fehlt heute noch, trotzdem es sich um eine sehr wichtige Frage der musikalischen Akustik handelt (S. 247).

Nachdem bisher die Frage: was hören wir? beantwortet worden ist, stellt sich nun die Frage: wie hören wir?

Die mechanischen Eigenschaften des Ohres werden an Hand des anatomischen Baues besprochen. GUILD hat gewisse, seit langem bekannte, histologische Einzelheiten des Innenohres ausgemessen, während LORENTO DE NÓ die nervöse Versorgung des CORTischen Organes grundlegend bearbeitet hat.

Vorläufig sind wir über die physikalischen Vorgänge, welche sich infolge der Schallzuleitung im Innenohr abspielen, nur unvollständig orientiert. Wohl benimmt sich die Schnecke, als ob die Basilarmembran aus abgestimmten Resonatoren zusammengesetzt sei, doch spricht unter andern auch die hohe Dämpfung der Schnecke für ein viel komplizierteres System. In diesem Zusammenhang ist die von BÉKÉSY durch die Stauung der Kopfvenen erzielte Senkung der wahrgenommenen Tonhöhe (pitch) und die stroboskopische Beobachtung einer langsamer werdenden Druckwelle in der Basilarmembran bemerkenswert.

Im Kapitel Schwerhörigkeit und Knochenleitung werden nach Erwähnung der bekannten Hörprüfungsergebnisse bei Schalleitungsbehinderung und der sogenannten Innenohrschwerhörigkeit die Experimente von BÉKÉSY zur Erklärung der bei Schalleitungsbehinderung verbesserten Knochenleitung herangezogen.

Seit den wegweisenden Arbeiten von WEVER und BRAY, ADRIAN, SAUL und DAVIS ist die Neurophysiologie des Ohres, insbesondere die Umwandlung der akustischen Energie in nervöse Impulse mit Hilfe der im Schneckenbereich entstehenden meßbaren Potentiale, dem sogenannten Cochleaeffekt, weitgehend gefördert worden. Die Kurve der für die verschiedenen Frequenzen gerade noch meßbaren Cochleaeffekte des Meerschweinchens deckt sich nach STEVENS, DAVIS und LURIE weitgehend mit der Kurve der menschlichen Hörschwellenwerte. Über die Entstehung der Cochleapotentiale gehen die Meinungen noch auseinander. Mit Hilfe dieser Potentiale kann die mechano-elektrische Umwandlung der ins Ohr eingebrachten akustischen Energie bis zum CORTischen Organ gemessen werden. Das Hörvermögen des Versuchstieres läßt sich jedoch mit Hilfe des Cochleaeffektes nicht bestimmen, ja es fragt sich, ob die möglicherweise in den Haarzellen auftretenden piezoelektrischen Effekte überhaupt eine physiologische Funktion haben: möglicherweise liegt nur eine zufällige elektrische Begleiterscheinung vor.

Da Ertaubungen durch reine Töne Hörverluste über den ganzen Hörbereich, also nicht nur für den schädigenden Ton, ergeben, eignen sich diese, übrigens keineswegs einheitlich und vollständig durchgeführten Versuche nicht zum Beleg der Einortstheorie. Dagegen sprechen die klinischen und histologischen Untersuchungen von CROWE, GUILD und POLVOGT für eine Tonlokalisation auf der Basilarmembran, indem bei Innenohrschwerhörigen mit allmählicher Hörabnahme im Bereich der hohen Töne (Presbyakusis) häufig eine Atrophie der nervösen Elemente in der basalen Schneckwindung gefunden wird, während die seltenere Innenohrschwerhörigkeit mit steilem Abfall der Hörfähigkeit an der oberen Grenze mehrfach eine umschriebene Degeneration des CORTischen Organes im Bereich der basalen Windung aufweist. Nicht in den Rahmen der Einortstheorie passen die mittels des Cochleaeffektes

gemessenen Empfindlichkeitsverluste nach umschriebener Schneckenverletzung. Deshalb bleibt die Verteilung der hörbaren Töne in der Meerschweinchenschnecke, wie sie CROWE und seine Mitarbeiter und CULLER mit Hilfe des Cochleaeffektes getroffen hat, vorläufig noch recht problematisch.

Der im CORTISCHEN Organ ausgelöste nervöse Reiz wird durch die zugehörigen Nervenfasern chiffriert den übergeordneten Zentren zugeleitet. Im primären Hörzentrum der Medulla oblongata konnte LORENTO DE NÓ an Hand der einlaufenden Fasern die Form der aufgewickelten Basilmembran rekonstruieren. Der Umwandlung der akustischen Reize in nervöse Energie liegt wahrscheinlich ein in seinem Wesen noch unbekannter chemischer Vorgang zugrunde.

In zwei letzten Kapiteln werden die Besonderheiten der am Gehörnerven meßbaren Aktionspotentiale besprochen und schließlich das wenige kritisch gesichtet, was heute über die nervösen Impulse im Bereich der höheren Hörbahnen bekannt ist. Zum Schluß wird von den Autoren des wegweisenden Werkes der noch völlig unbekannte Übergang der physiologischen zu den psychischen Hörleistungen in kluger Zurückhaltung nur spekulativ angedeutet.

L. RÜEDI und W. FÜRER

Lebendige Gewebelehre

Von Dr. med. et phil. VONWILLER,
242 S. mit 26 Abbildungen. (Kommissionsverlag
Zollikofer & Co., St. Gallen, 1945.) Fr. 22.50.

PAUL VONWILLER, dem Ophthalmologen durch seine gemeinsam mit KNÜSEL in Aarau vor fast 25 Jahren durchgeführten Vitalfärbungsversuche am Epithel der menschlichen Binde- und Hornhaut bekannt, hat eine «Histo-Physiologie auf neuer Grundlage» geschrieben, eine «lebendige Gewebelehre», wie er sie — sprachlich leider ganz unrichtig — nennt.

Die Arbeit ist in den Jahren 1938/39 im staatlichen Forschungsinstitut für Physiologie in Moskau entstanden. Sie setzt die vorwiegend mikroskopisch-methodischen Untersuchungen fort, die der Verfasser seinerzeit in Zürich durchgeführt hat. Sie gibt einen, allerdings sehr kurzgefaßten Überblick über die beachtliche und originelle wissenschaftliche Forschung VONWILLERS während der letzten zweieinhalb Dezennien. Ob man ihre Ergebnisse schon als eine neue Lehre vom lebendigen Gewebe bezeichnen kann, will uns allerdings vorerst fraglich erscheinen. Dazu fehlt noch die Sichtung und Systematisierung all des Geschauten und der zahlreichen Erkenntnisse.

VONWILLERS Arbeit entspringt dem zweifellos weitgehend richtigen Gedanken, daß die traditionelle histologische Untersuchungsmethodik mit ihrer Fixierungs-, Schnitt- und Färbetechnik sich vom lebendigen Ausgangsmaterial oft allzuweit entfernt, uns gelegentlich wundervolle Präparate, aber in der Regel nur veränderte, künstliche Zustandsbilder vom physiologischen und pathologischen Geschehen im Gewebe zu vermitteln vermag. Das Schwergewicht der VONWILLERSCHEN Arbeit liegt naturgemäß auf methodisch-technischem Gebiet. Seine histologische Untersuchungsmethodik basiert auf den klinischen Mikroskopiermethoden mit Hilfe der Spaltlampe am lebendigen Auge und auf der

Kapillaroskopie der lebenden Haut. Entscheidend für die Resultate der Untersuchungen ist der Gebrauch starker Vergrößerungen, die allein vital-histologische Analysen ermöglichen. Das war möglich, dank der Anwendung des Opakvertikal-Illuminators und des LEITZschen Ultropaksystems, Instrumente, welche Beobachtungen im auffallenden Licht gestatten. Mikromanipulatorische Eingriffe mit dem Mikromanipulator von PÉTERFI und dem Instrument von CHAMBER waren in vielen Fällen notwendig.

Die Grundlage der Untersuchungen VONWILLERS bildet die vital-mikroskopische Beobachtung des Auges. Denn nirgends kann die mikroskopische Beobachtung am lebenden Körper so tief ins Innere des Organismus vordringen, und nur hier sind wir in der Lage, fast alle Gewebsarten untersuchen zu können. Das Auge ist daher nicht nur um seiner selbst willen, sondern aus allgemein-biologischen Gründen einer genauen Analyse zu unterziehen. Das Problem der Sichtbarmachung einzelner histologischer Elemente im sonst homogenen durchsichtigen Gewebe wurde durch die Methode der Vitalfärbung gelöst. Es glückte beispielsweise die Darstellung der KRAUSESCHEN Endkörperchen. An vaxinalen Hornhautreaktionen am lebenden Kaninchen konnten selbst GUARNERISCHE Körperchen sichtbar gemacht werden. An der Netzhaut wurden die Pigmentepithelzellen mit ihren Pigmentkörnchen, ja sogar die Stäbchen und Zapfen erkannt.

An der menschlichen Haut gelang es, Verhältnisse zu schaffen, welche mikroskopische Beobachtungen mit starken Vergrößerungen erlaubten: ein Platin- oder Silberplättchen von 0,1 mm Dicke wurde als künstlicher Reflektor unter eine Hauttasche geschoben. Mit Hilfe des Opakilluminators konnte dann mit Öl-immersion bei bis zu 1000facher Vergrößerung untersucht werden. Es gelangen genaue Beobachtungen über die Form der roten Blutkörperchen in der Blutsäule der normalen oder pathologisch veränderten Kapillare. Die wissenschaftliche Ausbeute der Methodik für die Untersuchung von Hautkrankheiten steht noch aus. Das Verhalten der Blutgefäße und die Vorgänge an den Blut-Gewebe-Schranken wurden am freigelegten Froschmagen und an der Froschhaut untersucht.

Besondere Aufmerksamkeit galt dem Kapitel über die Mikroskopie am lebenden Nervensystem. Hier konnten nicht nur markhaltige periphere Nervenfasern und die Liquorströmung im Ventrikelsystem des Gehirns des Frosches beobachtet werden, sondern es war sogar möglich, einzelne Nervenzellen der Rinde nach Trypanblau-Injektionen in die Gehirngefäße darzustellen. Von besonderem Interesse sind Untersuchungen über die Permeabilität der Gehirngefäße und über die Einwirkung chemischer Stoffe auf die Permeabilität der Kapillaren.

VONWILLERS Ziel, die Ausarbeitung einer allgemein verwendbaren Vital-Mikroskopie, die am lebenden Gewebe mit beliebigen Vergrößerungen in vivo zu beobachten ermöglicht, ist offenbar erreicht. In manchen Fällen ist das Verfahren selbst am lebenden Menschen anwendbar. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, daß die neue Methodik sowohl für die Histo-Physiologie als auch die experimentelle Pathologie sowie nicht zuletzt auch für die Klinik von großer Bedeutung werden kann. Die Grenzen zwischen Anatomie und Physiologie beginnen zu schwinden, eine biologisch aufgefaßte Histo-Physiologie, eine Lehre vom lebenden gesunden und kranken Gewebe beginnt sich abzuzeichnen.

F. RINTELEN