

Vokale charakteristischen Formen der Resonanzhöhle in ähnlicher Weise, wie es DONDERS zuerst tat und HELMHOLTZ später genauer ausführte. A. kommt zu der gleichen Ansicht wie HERMANN (scheinbar ohne dessen Untersuchungen zu kennen), daß nämlich die einzelnen Vokale sich durch Töne voneinander unterscheiden, welche im Resonanzrohre selbst gebildet werden, nicht durch bestimmte Obertöne des Stimmbandtones, welche im Ansatzrohre je nach dessen Form bei den einzelnen Vokalen in verschiedener Auswahl und in verschiedenem Maße verstärkt würden. A. schlägt endlich vor, die Vokalbildung bei Flüstersprache zu untersuchen, weil in diesem Falle die Stimmbandschwingungen unterbleiben und die Resonanztöne des Ansatzrohres für sich beobachtet werden können.

H. PIPER (Berlin).

H. ZWAARDEMAKER en F. H. QUIX. **Onze gehoorscherpte voor de tonen van midden octaven en Discant.** *Neederl. Tijdschr. v. Geneeskunde* 2 (9), 417—429. 1902.

Im Anschluß an früher mitgeteilte Experimente suchten die Verff. die physische Energie der Schallbewegung zu bestimmen, die an verschiedenen Punkten der Mittel- und Höhenlage nötig ist, damit eben ein Ton wahrgenommen werde. Als Klanggeber dienten Stimmgabeln von 128 bis 1024 Schwingungen ($c, g, c^1, g^1, c^2, g^2, c^3$) und für die Tonhöhen bis g^5 : zwei gedackte Orgelpfeifen und eine EDELMANNSCHE GALTON-Pfeife. Die Messung der physikalischen Intensitäten geschah bei den Gabeln durch mikroskopische Ablesung der Schwingungsamplitude; bei den Pfeifen wurde Quantum und Druck der zugeführten Luft manometrisch bestimmt.

Die Ergebnisse — in mehreren Tabellen und in einer Kurve dargestellt — lassen sich allgemein so zusammenfassen: das für die Tonwahrnehmung minimal erforderliche Energiequantum nimmt von der Tiefenlage bis c^2 ab, zuerst sehr rasch, dann (von G an) langsamer; zwischen c^2 und g^5 liegt eine Zone geringster Energiewerte, also größter Empfindlichkeit des Ohres; mit weiter steigender Tonhöhe wird die für das minimum perceptibile nötige Energie wiederum größer.

Theoretisch liegt die Hauptschwierigkeit solcher Berechnungen in der Ungewissheit darüber, wieviel von der totalen Energie der Schwingungsbewegung sich in akustische Energie umsetzt. Die Verff. bestimmten diesen Betrag für die Stimmgabeltöne nach WEAD, für die Pfeifentöne nach RAYLEIGH. Im ersten Falle setzten sie voraus, daß der akustisch wirksame Bruchteil der Gesamtenergie bei allen 7 Gabeln der gleiche sei, weil diese aus dem gleichen Material und gleichförmig gebaut waren. Die akustische Energie einer Gabel wurde proportional gesetzt nicht dem Quadrate der Amplitude (a^2), sondern der Amplitude in der 1,2. Potenz ($a^{1,2}$). Diese Annahme stützen die Verff. auf frühere Versuche über die Verringerung der Schallstärke mit der Entfernung. [Sie folgt aber aus jenen früheren Versuchen nur unter der Voraussetzung, daß die Schallstärke streng proportional dem Quadrate der Entfernung abnimmt.] Für die Pfeifen wurde jedesmal die günstigste Druckverteilung und Lippenstellung empirisch bestimmt, wobei der Ton am leichtesten und reinsten (het zuiverst) ansprach, und es wurde ange-

nommen, daß dann das ganze aufgewendete Energiequantum sich unverkürzt in Schall umsetze. Weitere, sorgfältig bedachte aber wahrscheinlich zu einfache Voraussetzungen beziehen sich auf die Vergleichbarkeit der an den verschiedenen Tonquellen gewonnenen Werte. Die Stimmgabeln wurden mit einem Hammer angeschlagen und ausklingend beobachtet, während die Flöten konstante Töne gaben und daher auch an der Hörgrenze noch ein wiederholtes Hinhorchen gestatteten. Bei den Gabeln waren die Bestimmungen unsicherer, besonders in tiefer Tonlage. [Die Größe der Streuung wird nicht angegeben.] Um hier „eine lange Gehörzeit zu erhalten“, sei es, wie die Verff. bemerken, notwendig, von einem starken, gut hörbaren Tone auszugehen. [Bei ähnlichen Schwellenbeobachtungen an HENSENS Wellensirene fand ich die Genauigkeit und die Größe der Schwellenwerte abhängig nicht nur von der Ausgangsintensität als solcher, sondern auch von der Geschwindigkeit ihrer Abnahme. — Die Beobachtungen an ausklingenden und die an konstant fort klingenden Tönen scheinen mir unter zu verschiedenartigen psychischen Bedingungen zu stehen, als daß die Ergebnisse unmittelbar verglichen werden könnten.] Die Verff. führen den Einfluß der Ausgangsintensität auf die Akkommodation zurück. Sie bestätigen die von HENSEN neuerdings beschriebene Erscheinung, wonach gleichzeitige Metronomschläge die subjektive Stärke eines konstanten Tones jedesmal herabsetzen. In dem Schalle des verwendeten Metronoms waren mit Resonatoren einige Töne der zwei- und dreigestrichenen Oktave zu hören, und daraus erklären es die Verff., daß bei Verwendung eben dieser höheren Töne neben dem Metronom die HENSENSCHE Erscheinung weniger deutlich war.

Schließlich gehen sie dazu über, auf Grund der Messungen TÖPLERS und BOLTZMANNs die absoluten Energiewerte aus den gefundenen relativen zu berechnen. Diese absoluten Werte bewegen sich zwischen $36,6 \times 10^{-8}$ ergs (für g) und $0,7 \times 10^{-8}$ ergs (für c^2). Sie stimmen mit den Schätzungen WIENS für a^1 , RAYLEIGHs für f^4 und WEADS für c und g^2 befriedigend überein; andere Bestimmungen WEADS und RAYLEIGHs weichen wiederum erheblich ab. — Zur Bekräftigung ihrer Ergebnisse heben die Verff. noch hervor, daß die dominierenden Teiltöne der meisten Vokale danach in die Zone größter Empfindlichkeit des Ohres fielen. Innerhalb dieser Zone (c^2 bis g^5) schien die Empfindlichkeit an zwei Punkten höchste Maxima zu erreichen: bei c^2 und um f^4 . Im zweiten Falle war wegen der Resonanzverstärkung durch den Gehörgang eine gesteigerte Hörschärfe in der Tat zu erwarten.¹

F. KRUEGER (Leipzig).

¹ Das vorstehende Referat war bereits abgeliefert, ehe die Untersuchung M. WIENS „Über die Empfindlichkeit des menschl. Ohres für Töne verschiedener Höhe“ (in *Pflügers Archiv* 97) erschien. WIEN arbeitete mit einem Sinusinduktor nach KOHLRAUSCH und mit seiner Wechselstrom-Telephonsirene bei Anwendung elektrischer Resonanz. Er erhielt namentlich für die tieferen, von ZWAARDEMAKER und QUIX mit Stimmgabeln untersuchten Tonlagen sehr erheblich abweichende Energiewerte. Die Empfindlichkeit des Ohres steigt nach WIEN von 50 bis zu 2.000 Schwingungen etwa 1 Million mal steiler an, als nach Zw. und Qu. Diesen weitgehenden Unter-