

monischer Bestandteile in den Vokalkurven aus Resonatorenversuchen beweisen zu wollen. „Ein gewöhnlicher Resonator wird dadurch zum Mitschwingen gebracht, daß ihn Stöße in gleicher Phase seiner Eigenschwingung stets gleichsinnig treffen, während meine unharmonischen Töne in jeder neuen Periode eine Phasenverschiebung haben, und nur in Bezug auf die Perioden selbst stets in gleicher Phase auftreten.“ Dazweitem PIPPING seinen Berechnungen ausschliesslich die FOURIERSche Analyse zu Grunde legt, mußten notwendig die unharmonischen Vokalbestandteile verborgen bleiben. P.'s Methode genügt eben allein durchaus nicht zu erschöpfender Beurteilung des Vokalcharakters. Im übrigen dürfte jedoch die Übereinstimmung beider Arbeiten in der Hauptsache, der Bestätigung des HELMHOLTZschen absoluten Momentes, als wesentlicher Fortschritt der ganzen Frage gelten.

SCHAEFER.

**GÖTZ MARTIUS. Über die Reaktionszeit und Perceptionsdauer der Klänge.**

*Wundts Philos. Studien*, VI. 3. S. 394—416.

Verfasser stellte eine Einrichtung her, bei welcher Saiten durch den Beginn ihrer Schwingung zugleich einen elektrischen Strom öffneten, und setzte sie mit einem Chronoskop derart in Verbindung, daß die Uhrzeiger bei Öffnung des Stroms in Bewegung gesetzt und dann durch den Reagenten auf gewöhnliche Weise festgestellt wurden. Er fand an vier Saiten mit den Tönen  $C_1$ ,  $c^1$ ,  $c^3$ ,  $c^4$ , daß mit der Tonhöhe die Reaktionszeit abnahm: eine Bestätigung dessen, was sich nach Untersuchungen EXNERS, AUERBACHS und v. KRIES' — wenn auch wegen zu kleiner und weniger Höhenunterschiede nur mit geringerer Wahrscheinlichkeit — hatte vermuten lassen. Ganz einwurfsfrei sind auch die neuen Beobachtungen nicht. Erstlich wegen der Obertöne der Saiten. Man ist doch nicht sicher, ob das, was im ersten Moment wahrgenommen und worauf reagiert wurde, der Grundton ist. Bei  $C_1$  war, wie Verfasser selbst angiebt, der erste Oberton fast ebenso laut zu hören als der Grundton, besonders gerade beim Beginn des Schwingens. Allerdings würde durch diesen Einwand der Schluss, daß auf höhere Töne schneller reagiert wird, nicht wesentlich gefährdet, da die Obertöne (wenigstens die homologen) der höheren Saiten eben auch höher sind; aber ganz durchsichtig ist die Sachlage nicht, und jedenfalls weiß man nicht sicher, auf welche absoluten Höhen die gefundenen Reaktionszeiten zu beziehen sind. Zweitens aber sagt Verfasser nichts über das Intensitätsverhältnis der Töne. Nun aber besitzen höhere Töne eine besondere Empfindungsstärke und wird auf stärkere Eindrücke im allgemeinen schneller reagiert. Nach brieflicher Mitteilung wurde versucht, die Klänge in einer mittleren Stärke zu halten. Aber gewiß ist eine genauere Aufmerksamkeit auf diesen Punkt — soweit eben Stärkevergleichung verschiedener Töne möglich ist — ebenso erwünscht, wie die Untersuchung, die Verfasser nunmehr darüber machen will, ob Verkürzung der Reaktionszeit auch durch Verstärkung eines und desselben Klanges unter den von ihm benützten Umständen eintritt (wobei nur wieder umgekehrt zu zu beachten bleibt, daß bei Verstärkung von Klängen die Teiltöne in der Regel nicht gleichmäÙig verstärkt werden).

Verfasser zieht auch Folgerungen über die geringste Anzahl von Schwingungen, welche zur Entstehung einer Tonempfindung nötig ist. Die Brücke dazu bildet die Voraussetzung (die dem Verfasser für ausgemacht zu gelten scheint), daß die einzige Wirkung eines knallartigen Geräusches im Ohre in der einmaligen Exkursion der nämlichen Nervenendigungen besteht, die auch den Tonempfindungen dienen. Auf Grund dieser, mir nicht so unbezweifelbaren, Voraussetzung subtrahiert Verfasser von den erhaltenen Reaktionszeiten diejenigen für das Fallgeräusch eines elektrischen Hammers, welche fast durchweg kleiner waren. So ergeben sich die Zeiten, die bei verschiedenen Tönen für die jeweilig nötige Anzahl von Schwingungen verfließen mußten (Tab. III.), woraus diese Anzahl selbst durch Multiplikation mit den Schwingungszahlen gefunden wird (Tab. IV.).

Mir scheint aus letzterer Tabelle, wenn ich die genannte Voraussetzung zugebe, hervorzugehen, daß die Anzahl der nöthigen Schwingungen mit der Höhe (wenn auch nicht in gleichem Maße wie die Schwingungszahl) mindestens bis zu  $c^3$  zunimmt. Alle Werte stimmen darin überein. Von  $c^3$  zu  $c^4$  stimmen die Versuche der drei Reagenten nicht miteinander; beim ersten ebenfalls Zunahme, beim zweiten ungefähr Gleichheit, beim dritten Rückgang auf einen negativen Wert ( $-3,4$ ). Dieser hat seinen Ursprung darin, daß auf den Hammer um 1,6 Tausendstel einer Sekunde früher reagiert wurde als auf  $c^4$ . „Das Erscheinen dieser negativen Zahl muß über die Theorie, nach welcher sie gefunden ist, den Stab brechen, sobald wir voraussetzen, daß sie nicht auf Zufall beruht, daß vielmehr auch bei den anderen Reagenten, wie dies nach Tab. II. durchaus nicht unwahrscheinlich ist, die Differenz der Klangmit der Geräuschreaktion gleich Null oder negativ geworden wäre, falls wir nur die Versuche mit höheren Tönen als  $c^4$  fortgesetzt hätten.“

Es ist mir nicht ganz klar, ob sich Verfasser hier gegen die unmittelbar vorher erwähnte Annahme wendet, daß die Anzahl der nötigen Schwingungen mit der Höhe wachse, oder gegen die Annahme Früherer, die er ebenfalls bekämpft, daß die Anzahl überall etwa 10 betrage. Aber wie dem sei, das Erscheinen jener negativen Zahl gründet, soviel ich sehe, überhaupt in keiner Theorie, außer in der obigen gerade vom Verfasser stillschweigend adoptierten über die Wirkung von Geräuschen. Zudem halte ich es für sehr prekär, auf eine so winzige Differenz wie die von 1,6 Tausendstel einer Sekunde (bei 18 und 14 Versuchen und einer mittleren Variation von einem Tausendstel) einen Schluss zu bauen und zu diesem Schluss auch noch eine Anleihe zu machen bei Ergebnissen, die vielleicht erfolgt wären, wenn —.

Verfasser betont brieflich, daß wir die Geräusche ganz fortlassen und die Reaktionszeit für  $c^4$  von den übrigen abziehen können, um eine Schätzung für die Zeitunterschiede zu gewinnen, die bei der Entstehung der Töne im Organ auftreten. Dann verschwindet aber der negative Wert und erscheinen zugleich nach Multiplikation mit den Schwingungszahlen ausnahmslos aufsteigende Zahlen. Hiernach scheint es mir also erst recht klar, daß, wenn überhaupt etwas, nur die Zunahme der erforderlichen Anzahl von Schwingungen mit der Höhe erschlossen werden

kann. Etwas hypothetisch ist freilich auch dieses Verfahren; jedenfalls gestattet es nicht, absolute Werte zu erschliessen.

Richtig bemerkt Verfasser, daß in meiner Wiedergabe der AUERBACH-KRIESSchen Resultate (*Tonpsychologie*, I. 215 f.) das Komma um eine Stelle zu weit links steht. Doch wird das Verhältnis der Zahlen und die Schlussfolgerung, auf die es hier ankommt, dadurch nicht geändert; und daß ich diese Versuche überhaupt (mit ausdrücklicher Reserve) in Ermangelung genauerer heranzog, verdient doch wohl keinen Tadel, nachdem die des Verfassers die Wahrscheinlichkeit des Ergebnisses nur erhöht haben.

C. STUMPF (München).

J. BREUER. **Über die Funktion der Otolithenapparate.** *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol.*, Bd. 48, S. 195—304.

Die historische Einleitung enthält eine Zusammenstellung derjenigen vergleichend-anatomischen und -physiologischen Arbeiten, welche dafür sprechen dürften, daß die im Tierreich weit verbreiteten Otolithenapparate zunächst ein Sinnesorgan für Wahrnehmung und Wahrung des Gleichgewichts sind, und daß sich aus dieser ihrer Aufgabe, die gleichgewichtstörenden Erschütterungen des umgebenden Mediums zu perzipieren, erst sekundär die Auffassung der Lufterschütterungen als Schall entwickelt hat. Verfasser trat und tritt jetzt wieder dafür ein, daß die Empfindung von Winkelbeschleunigungen direkt durch die Ampullenerven, die der gradlinigen Progressivbeschleunigungen und der Lage durch Vermittelung der Otolithen ausgelöst werde. Daß dabei der Haut-, Muskel-, Sehnen-, Gelenksensibilität, sowie Gesichtswahrnehmungen ein großer Anteil normaler Weise zukommt, wird ausdrücklich betont. Für ein lageperzipierendes Sinnesorgan im Kopfe sprechen zwingend die eigentümlichen, eben nicht anders erklärbaren, reflektorischen Augenbewegungen bei Neigung des Kopfes gegen die Vertikale; ferner die sehr gute Orientierung Gesunder im Wasser bei doch stark geschwächter Gravitationsempfindung der Glieder und die — übrigens keineswegs ausnahmslos — sehr schlechte Taubstummer, die zum großen Teil auch nicht drehgeschwindig werden. Auch dem eingehend gewürdigten vergleichend-anatomischen Befund wird eine entschiedene Bekräftigung der Annahme abgewonnen, daß die Otolithenapparate ein lageperzipierendes Organ darstellen, während akustische Leistungen weder mit ihrer histologischen Struktur noch der topographischen Disposition in Einklang zu bringen sind. Experimentelle Untersuchungen sind schwierig wegen des naheliegenden Mithineinspielens von Erscheinungen seitens der Bogengänge. Doch zeigen gut operierte Frösche Ausfall der Lageempfindungen im Wasser. Tauben mit beiderseits ganz entferntem Labyrinth machen bei passiven Drehungen um ihre Längsaxe nicht im geringsten jene lagekompensierende Kopfdrehung, welche normale sehr selten versäumen. Galvanische Reizung lieferte dem Verfasser keine direkt zwingenden Beweise für seine These, wenn auch stützende Momente. STEINER und SEWALL sahen nach mechanischer Beschädigung der Bogengänge bei Haien keine nennenswerten Bewegungsstörungen, wohl aber solche — jedoch auch nicht konstant — nach Läsion der Otolithenapparate. — Für eine Leitung von Lageempfindungen seitens des Acusticus spricht, daß Tiere