

Binaurale Tonmischung, Mehrheitsschwelle und Mitteltonbildung.

Von

C. STUMPF.

§ 1. Über die sogenannte binaurale Tonmischung.

1. Bisher hielt man allgemein dafür, daß beim Tonsinne nicht, wie beim Farbensinne, gleichzeitige Eindrücke sich zu einem mittleren mischen können. In der Tat geben so verschiedene Töne wie *c* und *g* zusammen nach unseren bisherigen Erfahrungen in keinem Fall und unter keiner Bedingung *e* oder sonst einen mittleren Ton. v. LIEBERMANN und RÉVÉSZ behaupten nun aber, daß unter bestimmten Umständen eine der Farbenmischung analoge Tonmischung stattfindet. Sie erachteten diese Tatsache wichtig genug, um in einer vorläufigen Mitteilung der Göttinger Akademie davon Kunde zu geben.¹ Die Richtigkeit vorausgesetzt kann man dies auch nur angemessen finden. Aber leider spricht alles dafür, daß ihre, inzwischen ausführlicher veröffentlichten Beobachtungen² ganz anders gedeutet werden müssen, und daß sie überdies auch nicht so neu sind, wie sie damals den Verfassern erschienen.

¹ Über binaurale Tonmischung. Nachrichten der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, Mathematisch-Physikalische Kl. 1912. RÉVÉSZ kommt in seiner „Grundlegung der Tonpsychologie“ 1913, S. 63, sowie in dem Kongressvortrag „Neue Versuche über binaurale Tonmischung“ (Bericht über den 6. Kongress für experimentelle Psychologie zu Göttingen 1914, S. 90 ff.) darauf zurück.

² Die binaurale Tonmischung. *Zeitschr. f. Psychol.* 69, 1914, S. 234 ff. Stumpf, Beiträge 9. 2

Bereits vor dem Erscheinen der ausführlichen Mitteilung, von der mir schon Ende 1912 ein Korrekturabzug durch Herrn Dr. RÉVÉSZ freundlichst übersandt worden war, habe ich in privater Verhandlung mit diesem, dann auch in einer Anmerkung zu meinem Göttinger Kongressvortrag¹ entschiedene Bedenken gegen diese Aufstellungen gerichtet. Ebenso hat Dr. BAILEY in einer aus diesem Anlaß unternommenen Untersuchung der normalen dichotischen Unterschiedschwelle keinen Grund gefunden, die Beobachtungen v. LIEBERMANNs wesentlich anders denn als Schwellentatsachen zu deuten.² Die nunmehr veröffentlichte Mitteilung nötigt mich, bei der prinzipiellen Bedeutung, die der Sache von den beiden Autoren zugeschrieben wird, jetzt auch entsprechend ausführlicher darauf einzugehen.

Die beiden Forscher gehen aus von der Unterscheidung zwischen Höhe und Qualität der Töne. Das was sich mit den Schwingungszahlen parallel verändert, ist die Höhe, das was mit Verdoppelung der Schwingungszahl periodisch wiederkehrt, ist die Qualität des Tones. So ist \mathcal{C} dieselbe Qualität, mag es sich um c^1 oder um c^3 handeln.

Zwei gleichzeitige Qualitäten, wie c und g , würden sich nun nach den Verfassern tatsächlich zu einer einheitlichen mittleren Qualität mischen, wenn sie uns einmal in gleicher Höhe gegeben wären. Ein solcher Fall soll pathologisch bei Herrn v. LIEBERMANN eingetreten sein, dessen Ohren Verstimmungen und zwar in ungleichem Betrage aufweisen. Ein und derselbe objektive Ton erscheint ihm nach den Verfassern beiderseitig zwar in gleicher Höhe, aber nicht in gleicher Qualität. Gebraucht nun v. L. beide Ohren zugleich, so hört er nach den Verf. doch nicht diese beiden verschiedenen Qualitäten sondern nur eine, und zwar eine dazwischenliegende. Bei gleicher Stärke rechts und links liegt der Zwischenton genau in der Mitte, bei ungleicher Stärke liegt er in der Tonreihe dem stärkeren näher.

Hierin soll nun eine Analogie zur binokularen Farbmischung liegen, bei welcher gleichfalls Farben, die auf „iden-

¹ Bericht über d. 6. Kongress f. exp. Psychologie 1914, S. 326.

² BAILEY, Versuche über den dichotischen Zusammenklang wenig verschiedener Töne. *Diese Beiträge* 8, S. 57 ff., 60, 61 ff.

tischen Punkten“ beider Netzhäute dargeboten werden, zu einem Mischeindruck verschmelzen. Monotische Tonmischung, die der monokularen Farbmischung analog wäre, gibt es nach den Verf. nur darum nicht, weil wir — bisher wenigstens — nicht innerhalb eines Ohres die Bedingungen dafür herstellen können, daß Töne verschiedener Qualität auf einundderselben Höhe gehört werden.

Die beiden Autoren fügen hinzu — und RÉVÉSZ führte dies später („Neue Versuche usw.“) näher aus —, daß die binaurale Tonmischung nicht etwa bloß an pathologische Zustände geknüpft sei, sondern auch bei normalhörenden Menschen vorkomme: wenn nämlich die Ohren eine merkliche Verschiedenheit der Stimmung zeigen, wie dies außerordentlich häufig der Fall sei.¹ Also würde es sich sogar um ein beständig vorkommendes normales Phänomen handeln, was das Gewicht der Sache wesentlich erhöht.

2. Nun ist freilich die binokulare Farbmischung selbst, zu der hier eine Analogie im Tongebiete gesucht wird, eine Angelegenheit, über die hervorragende Beobachter sich nicht einstimmig ausdrücken. RÉVÉSZ scheint ihr Vorkommen und ihre Gesetze als völlig ausgemacht anzusehen. HELMHOLTZ hat aber ihr Vorkommen bezweifelt und für seine Augen sogar entschieden bestritten. HERING und EBBINGHAUS, die sich besonders eingehend damit beschäftigt haben, geben ihr Vorkommen zu, aber nur unter erheblichen Einschränkungen und Modifikationen gegenüber der leicht zu beobachtenden monokularen Mischung.² Geringe Sättigung und geringe Helligkeit

¹ Letzteres ist nicht zu bestreiten. Wenn aber RÉVÉSZ sagt, daß „die Mehrzahl der mit normalem Gehör ausgestatteten Menschen in der Gegend des h^2 Ohrendifferenzen, oft sogar bis zu einem Halbton, haben“ (Neue Versuche S. 91), so dürfte der Beweis für diese Formulierung doch nicht ganz leicht sein. Mathematisch gesprochen wird natürlich ein Unterschied so gut wie immer da sein, die Frage ist nur, ob er die Merklichkeitsschwelle überschreitet. RÉVÉSZ gibt nicht an, wie er die Differenz gemessen hat. Ich habe dafür Tonps. II, 320 eine gewisse Methode angegeben und danach auch später eine Anzahl Beobachtungen an anderen Personen über das ganze Tongebiet hin gemacht, möchte aber danach eine solche Behauptung doch nicht unterschreiben.

² HERING in HERMANN'S Handbuch d. Physiologie 4. Teil, S. 591 ff. — EBBINGHAUS in *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie* 46, S. 503 ff.

der beiden Farben seien vorteilhaft. Die Analogie hierzu wird man auf dem Tongebiet vergeblich suchen. Besonders aber heben HERING und EBBINGHAUS hervor, daß man überhaupt nur selten und schwer eine dauernde binokulare Mischfarbe erhalte. Fast immer, nach EBBINGHAUS geradezu immer, handle es sich um einen Wettstreit zwischen Mischfarben, die bald der einen bald der anderen Komponente näher stehen. Von solchem Wettstreit ist aber in den Beobachtungen von RÉVÉZS und v. LIEBERMANN nicht das Geringste erwähnt. Eine gleichweit von beiden Komponenten abstehende mittlere Mischfarbe endlich hat EBBINGHAUS niemals erhalten, außer wenn Ermüdungserscheinungen hinzutreten.

Wo bleibt bei alledem die Analogie? Es ergibt sich das Seltsame, daß, während man die Mischung beim Gehörssinne nach festem einfachem Gesetz hergestellt glaubt, der Gesichtssinn selbst wieder ausweicht.

Die einzige Analogie läge vielleicht darin, daß bei ungleicher Helligkeit der beiden Farben die Mischfarbe der helleren näher liegt, ebenso wie bei ungleicher Stärke der binaural gehörten Töne der Mischton dem stärkeren näher liegt. Aber leider ist es unklar, auf welche Weise und mit welcher Genauigkeit sich die beiden Forscher des Stärkeverhältnisses der Töne, namentlich des Punktes der Stärkegleichheit vergewissert haben. Ungleichheit der Qualität erschwert bekanntlich die Stärkevergleichung. Sind nun auch die eigentlichen „musikalischen Qualitäten“ hier nur wenig verschieden, so pflegt doch bei pathologischen Verstimmungen der ganze Toncharakter eigentümlich alteriert zu sein. Mit großer Regelmäßigkeit erfährt man von den Patienten mit solchen Verstimmungen — ich selbst war einmal in dieser Lage —, daß der pathologische Ton selbst etwas Kränkliches, Dürftiges an sich hat, das sich schwer definieren läßt. Der Nachweis einer so genauen gesetzlichen Abhängigkeit des Mischtones von den Stärkeverhältnissen der beiderseitigen Töne erscheint mir daher nicht leicht erbringbar.

Auch gegen manche Einzelheiten der Versuche, wie sie in den Tabellen und Beschreibungen hervortreten, hätte ich Bedenken, will sie aber hier nicht weiter verfolgen. Vgl. u. a. die Bemerkungen im Göttinger Kongressbericht S. 315f. Daß die Feststellung der Schwin-

gungszahlen mit Hilfe des STERNschen Tonvariators keine vollkommene Methode ist, haben die Verfasser selbst hervorgehoben.

Jedenfalls aber ist die Analogie mit der binokularen Farbenmischung, wenn man die hierüber bekannten Tatsachen genauer ins Auge faßt, eine recht entfernte und die Subsumtion der Erscheinungen unter einunddenselben Begriff bedenklich. Diese Bedenken vermehren sich nun weiter noch in hohem Maße durch das Folgende:

3. In der akademischen Mitteilung ist nichts darüber gesagt, wie groß maximal die Verschiedenheiten der Tonqualitäten sein können, die sich zu einer mittleren mischen; z. B. ob etwa wirklich auf diesem Wege *c* und *g* sich zu *e* oder *es* gemischt haben. Da die Analogie zur Farbenmischung betont wird, müßte man in der Tat derartiges erwarten.

Aber schon in RÉVÉSZ' „Grundlegung“ erfahren wir, wenn auch nur anmerkungsweise, die wichtige Tatsache, daß der Unterschied der Töne, die sich mischten, niemals über ein Halbtonintervall hinausging. Selbst die Mischung von *f* und *g*, die im Text zur Erläuterung benutzt wird, wird ausdrücklich nur als eine Fiktion bezeichnet. Dies finden wir nun durch die ausführlichen Tabellen der letzten Abhandlung bestätigt. Die größte überhaupt in diesen Tabellen vorkommende Differenz der beiden Ohren entspricht 30 Schwingungen (in den ersten Versuchen der Tab. 9¹). Der Mittelwert der Tab. 9 und 10, die nach den Verfassern als die einwandfreiesten anzu-

¹ Die Verfasser befolgten in diesen Tabellen, wo Differenzen in Schwingungszahlbeträgen angegeben sind, das Verfahren, den Patienten die Unterquinte des gehörten pathologischen Tones (des „Pseudotones“), die im normalen Hörgebiete lag, aufsuchen zu lassen. Die in den Tabellen angegebenen Differenzen sind Differenzen der Unterquinten für die Töne beider Ohren, und müssen daher mit $\frac{3}{2}$ multipliziert werden.

Außerdem kommt aber in Betracht — und das macht die ganze Rechnung leider einigermaßen ungenau —, daß die Verf. in den Tabellen gar nicht Schwingungszahlen angeben, sondern Skalenteile des benutzten STERNschen Tonvariators, da ihnen ein Tonmesser nicht zur Verfügung stand. Sie haben jedoch, ausgehend von der *a*¹-Gabel, die sie stufenweise mit Hilfe von Schwebungen um je 2 Schwingungen erhöhten, die diesen Erhöhungen entsprechenden Stellen auf der STERNschen Skala festgestellt und eine Hilfstabelle gegeben (S. 241), nach welcher im großen

sehen sind, ist 20,4 Schwingungen. In anderen Tabellen liegt der Wert noch erheblich tiefer. Nun sind aber 20,4 Schwingungen in dieser Tonregion (die vorgelegten Töne lagen zwischen 683 und 855 Schw.) ein Viertelton. Das nur in ganz wenigen Fällen vorkommende Maximum von 30 entspricht einem knappen Halbton, während wieder die Differenzen in anderen Tabellen noch unter einem Viertelton liegen. Dies sind also die Fälle in denen eine „Mischung“ beobachtet wurde.

Nun kamen aber doch im Laufe der Jahre bei v. LIEBERMANN nach den anderwärts mitgeteilten Tabellen, wenn wir einmal die Angaben als ganz zuverlässig ansehen, bedeutend größere Differenzen der beiden Ohren vor; z. B. soll der Klavierton c^3 einmal rechts als g^2 , links als d^2 — dis^2 , der Ton dis^3 rechts als fis^2 — gis^3 , links als dis^3 , der Ton a^3 rechts als a^3 , links als dis^3 gehört worden sein, usf.¹ Wie schade, daß bei dem vielfachen Wechsel der Pseudotöne, wie er nach den Angaben RÉVÉSZ' stattfand, nicht solche Fälle sofort benutzt wurden, um die Mischungsergebnisse daran zu studieren! Wenn der Patient in einem solchen Falle, wo es sich um Differenzen bis zu einer Quinte handelte, einen Mischton gehört hätte, oder wenn gar zwei Töne wie ges^2 und d^3 sich gegenseitig aufgehoben und nur ein Geräusch hinterlassen hätten, so wie zwei Gegenfarben sich zu Weiß mischen (die Tonqualitäten bilden ja nach RÉVÉSZ einen Kreis, worin also die an den Enden eines Durchmessers liegenden Töne recht und ganzen die Differenzen der Skalenteile in solche der Schwingungszahlen umgerechnet werden können.

Immerhin bleibt das ganze Messungsverfahren von Vollkommenheit weit entfernt. Daher dürfen auch unsere obigen aus den Tabellen berechneten Werte keinen Anspruch auf genaue Wiedergabe des Tatbestandes in den Ohren des Patienten machen.

¹ v. LIEBERMANN und RÉVÉSZ, Experimentelle Beiträge zur Orthosymphonie. *Zeitschr. f. Psychol.* 63, S. 308. Allerdings wurde das rechte Ohr am 19., das linke am 20. April untersucht. Warum wurde bei einer so bedeutenden Differenz nicht am 20. das rechte noch einmal verglichen? Warum fehlen überhaupt Angaben über die Differenz beider Ohren am gleichen Tage in dieser ganzen Abhandlung? — In der ersten Veröffentlichung über Orthosymphonie bei v. LIEBERMANN (*Zeitschr. f. Psychol.* 48, S. 259 ff.) wurden die Wahrnehmungen beider Ohren überhaupt nicht getrennt beschrieben. Hat man es etwa dort nach den Verfassern nur mit Mischtönen zu tun?

wohl Gegentöne sein könnten) —: wenn solches einträte, dann freilich müßten wir die Segel streichen und das Vorkommen einer echten binauralen Mischung in Analogie zur Farbmischung anerkennen.

Aber nichts davon ist bekannt. Nirgends handelt es sich um Unterschiede, die über eine halbe Tonstufe hinausgingen.

Hier liegt das entscheidendste Manco, wodurch allein schon die angebliche Analogie dahinfällt. Wenn daher in der ersten, der Göttinger Akademie eingereichten Mitteilung ganz uneingeschränkt und in gesperrtem Druck die These hingestellt wird: „Es gibt eine Tonmischung, die der Farbmischung entspricht“, so hat die spätere ausführliche Darstellung den Beweis dieser These nicht erbracht.

4. Wir müssen aber die Analogisierung noch in einer anderen Beziehung beanstanden. Die Bedingung der Tonmischung soll Gleichheit der Tonhöhen sein, wie die der Farbmischung gleiche Lokalisation. Tonhöhe wäre also hiernach das Analogon des Ortes eines Farbeneindrucks im Sehraum.

Zunächst läge es nun, wenn man schon die Unterscheidung von Höhe und Qualität bei den Tönen macht, zweifellos näher, als Analogon der Höhe bei den Farben die Helligkeit anzusehen, wie dies bekanntlich BRENTANO getan hat, und wie es die vielfach vorkommende sprachliche Bezeichnung tiefer Töne als dunkler, hoher als heller nahelegt.¹ Indessen trägt RÉVÉSZ Bedenken, den Ausdruck und Begriff „Helligkeit“ auf die Tonhöhen anzuwenden.² Und es ist auch sofort klar, das dann seine Forderung nicht stimmen würde, da bei den Farben gleiche Helligkeit für die binokulare Mischung, wenn auch günstig, doch keineswegs unbedingt erforderlich ist.

Als Analogon für die räumlichen Eigenschaften der Farbenercheinungen wird man dagegen eben die räumlichen

¹ Noch kürzlich erzählte mir Dr. O. ABRAHAM, daß sein 1½ jähriges Söhnchen ganz spontan, als er in der tiefen Region des Klaviers spielte, bat: „nicht so dunkel!“

² Grundlegung S. 17, 19. In einer Anmerkung S. 90 vermutet er, daß die Helligkeitsunterschiede der Töne auf der (KÖHLERSCHEN) Vokalität beruhen, womit er dann freilich, da er die Vokalitäten anerkennt, auch die Helligkeitsreihe zugibt.

Eigenschaften der Tonempfindungen anzusehen haben, die in neuerer Zeit immer allgemeiner anerkannt werden. Die identische Lokalisation von Gesichtseindrücken beider Augen wird man zu vergleichen haben mit der identischen Lokalisation von Gehörseindrücken beider Ohren, soweit sich eben Gleichheiten und Unterschiede in beiden Fällen finden.

Die Parallele erscheint also zunächst recht künstlich, um nicht zu sagen verkehrt. Indessen, versuchen wir in Révész' eigene Vorstellungsweise näher einzudringen. Die binokulare Farbenmischung, meint er, sei nur dann und insoweit möglich, wenn und soweit die Eindrücke auf korrespondierende Punkte beider Netzhäute fallen und dann vermutlich in der Sehsphäre des Gehirns an einem identischen Orte zusammen treffen. So werde es also auch bei den Tönen sein: die Töne gleicher Höhe werden durch Reizung korrespondierender Punkte in den beiden Schnecken verursacht, und dann vermutlich zu einer gemeinsamen Stelle des Hörzentrums geleitet.¹

Es scheint den Verfassern, obgleich v. LIEBERMANN Physiologe von Fach ist, nicht bewußt geworden zu sein, welch' kühne Hypothesen sie da aufbauen, um die vermeintliche neue Tatsache zu erklären, und wie sehr sie dadurch ihre Auffassung schädigen statt sie zu festigen. Kann man sich beim Gesichtssinn ein Zusammentreffen in identischen Punkten der Sehsphäre noch einigermaßen vorstellen, so ist dies beim Gehörssinn doch äußerst schwierig. Wir wissen durch die Exstirpationsversuche, daß die Sehsphären der rechten und linken Gehirnhemisphäre dicht beisammen liegen und daß die linken Netzhauthälften beider Augen links, die rechten rechts in der gesamten Sehsphäre vertreten sind. Wir haben hier außerdem die hemianopischen Sehstörungen zur weiteren Be-

¹ Akademische Mitteilung S. 4 f.: „Vermutlich treffen die Erregungen von korrespondierenden Stellen (beider Hörorgane) an einer gemeinsamen Stelle des Gehirns zusammen, ähnlich wie es die anatomische Hypothese für die Netzhautkorrespondenz annimmt.“ *Zeitschr. f. Psych.* 69, S. 252: „Wie nun korrespondierende Punkte der beiden Netzhäute solche sind, von denen Optikusfasern zu einer Hirnhälfte laufen, vielleicht zu derselben Stelle, so wollen wir annehmen, daß es auch in den beiden Schnecken Punkte gebe, von denen die Akustikusfasern zu einer einzigen Stelle des Gehirns ziehen.“ Vgl. auch S. 255.

stätigung. Fürs Gehör liegen analoge Tatsachen meines Wissens nicht vor. Die beiden Hörsphären liegen in entgegengesetzten Teilen des Gehirns, im rechten und linken Schläfenlappen, und ihre Beziehung zu den beiden Schnecken ist die einer vollständigen oder wenigstens vorwiegenden Kreuzung; d. h. die Erregungen der rechten Schnecke gehen ausschliesslich oder vorwiegend zum linken Schläfenlappen und umgekehrt. Der linke Schläfenlappen scheint dabei aber im allgemeinen wichtiger als der rechte, während man dies vom rechten Ohr gegenüber dem linken nicht behaupten kann. Das scheint ziemlich alles zu sein, was in dieser Hinsicht feststeht¹, und es enthält, wie wir soeben sahen, an sich schon gewisse noch nicht auflösbare Paradoxien. Wie soll man sich nun gar aus diesen Anhaltspunkten ein Bild davon machen, wie die Erregungen „korrespondierender“ Fasern beider Schnecken an einem identischen Punkt im Gehirn zusammenlaufen? Jedenfalls kommen die anatomischen Tatsachen einem solchen Postulat bisher keineswegs entgegen.

So endigt die vermeintliche Parallele auch in dieser Beziehung eher in einem Gegensatz.

Um nun aber von den Hypothesen zu den Erscheinungen zurückzukehren: woher weiss denn RÉVÉSZ überhaupt, dass der den beiden Ohren zugeführte objektive Ton, der im einen Ohr z. B. als \mathcal{C} -Qualität, im anderen als $\mathcal{C}\text{is}$ -Qualität vernommen wurde, wirklich in derselben Höhe erschien? Sollten sich bei verschiedener Stimmung der beiden Ohren nur die Qualitäten, nicht aber zugleich, wenn auch vielleicht in geringerem Masse, die Höhen (bzw. Helligkeiten) verändern? Davon, dass der Beobachter, v. LIEBERMANN, direkt ein Gleichbleiben der Höhen wahrgenommen und angegeben hätte, lesen wir nichts. Im Kongressbericht gesteht RÉVÉSZ selbst zu, dass die Höhengleichheit „nicht mit aller Strenge nachgewiesen sei, sondern nur durch manche Beobachtungen und Überlegungen gestützt werden konnte“, — ohne indessen solche Beobachtungen und Überlegungen namhaft zu machen. Damit wird aber die ganze Grundlage seiner theoretischen Konstruktion wankend.

¹ S. NAGELS Handb. d. Physiol. IV, 1, S. 84f., 105f.

Auch mit der Behauptung einer Summierung der Intensitäten der beiderseitigen Gehörseindrücke, die RÉVÉSZ wiederholt als Stütze seiner Mischungslehre anführt (Akad. Mitteil. S. 5, Neue Versuche S. 92), hat er sich's etwas leicht gemacht. Er meint, sie stehe im besten Einklange „mit dem was wir über die Summation der Intensitäten von Tonempfindungen wissen“. Was wissen wir denn hierüber? Doch wohl noch sehr wenig Genaues. Was speziell den Unterschied des doppelohrigen Hörens vom einohrigen betrifft, so möchte ich ihn mehr auf eine Art Verbreiterung als auf eine Verstärkung des Tones deuten.¹

Wir wollen aber einmal annehmen, es bestände wirklich eine Summierung der Intensitäten beim doppelohrigen Hören gleich hoher Töne: dann ist wieder sehr die Frage, ob damit eine Analogie zum doppeläugigen Sehen gegeben wäre. FECHNER, HELMHOLTZ, HERING lehren, daß man im allgemeinen die Dinge mit beiden Augen nicht heller sieht als mit einem (HERMANN'S Handb. a. a. O. S. 597). Danach würde also eine Analogie zwischen Gesicht und Gehör vielmehr gerade dann herauskommen, wenn beim einen wie beim anderen keine Verstärkung stattfände. Da nun aber weiterhin PIPER in dieser Hinsicht einen Unterschied zwischen dem Sehen mit Dunkel- und mit Helladaptation gefunden hat, indem nach seinen Versuchen im ersten Fall eine Erhellung für das Doppelauge stattfindet, im zweiten aber nicht (*diese Zeitschr.* 32, S. 161ff.), so hat RÉVÉSZ noch die Wahl, welchen Fall er aufs Ohr übertragen will, die Hell- oder Dunkeladaptation. Ein entsprechender Unterschied muß da freilich erst gefunden werden; bisher ist von einem Gegenstück der Hell- und Dunkeladaptation beim Ohr, auch von Stäbchen und Zapfen in der Schnecke nichts bekannt geworden.

Man sieht, wohin solche Analogisierungen um jeden Preis führen. Ihren Wert als Leitfaden zu neuen Untersuchungen will ich durchaus nicht in Abrede stellen. Aber ehe man eine Gesetzlichkeit als gemeinsam oder gleichartig für beide Sinnes-

¹ Tonpsychol. II, 430 ff., 538. Ebenso v. HORNBOSTEL bei BAILEY, Versuche über den dichotischen Zusammenklang wenig verschiedener Töne. *Diese Beitr.* 8, S. 76.

gebiete anspricht, müssen die Tatsachen doch viel genauer geprüft und verglichen werden, als es von seiten der beiden Forscher geschehen ist.

Punkt für Punkt ist uns die Gleichsetzung der beobachteten Gehörerscheinungen mit denen der binokularen Farbenmischung oder gar der Farbenmischung überhaupt dahingeschwunden. Was von der ganzen Analogie übrig bleibt, ist eine andere Art von Tatsachen, und diese sind längst bekannt. Es sind die Tatsachen der Unterschiedsschwelle gleichzeitiger Töne und der Mittel- oder Zwischentonbildung bei wenig verschiedenen Tönen. An diese Tatsachen scheint Révész zuerst nicht gedacht zu haben, wenigstens tut er in der akademischen Mitteilung ihrer keine Erwähnung. In der „Grundlegung“ (S. 65) und in der ausführlichen Abhandlung über die binaurale Tonmischung (S. 234, 251) ist er bemüht, — wie ich vermute, aus Anlaß einer inzwischen unter uns stattgehabten mündlichen Besprechung —, Unterschiede der von ihm beobachteten und der früher schon bekannten Erscheinungen aufzufinden. Aber diese letzteren zerfallen wieder in mehrere Klassen, und es ist nicht schwer, die sog. binaurale Tonmischung in diese Klassifikation einzuordnen. Wir versuchen im folgenden, um auch zugleich einen gewissen positiven Ertrag aus diesen Betrachtungen zu ziehen, eine solche Übersicht und Einordnung.

§ 2. Unterscheidungs-(Mehrheits-)Schwelle bei gleichzeitigen Tönen.

Es handelt sich hier nicht darum, neue Tatsachen zur Kenntnis zu bringen, sondern nur darum, bereits bekannte in einer geeigneten, in den Erscheinungen selbst begründeten Weise zusammenzuordnen.

1. Zunächst ein Vorschlag zur Einteilung und Benennung der verschiedenen Fälle möglicher Verteilung von Schalleindrücken auf beide Ohren.

Unaural¹ (monotisch, einohrig) nennen wir das Hören, wenn der Schall nur von einem Ohre vernommen wird.

¹ Entsprechend dem HERINGSchen „unokular“ (HERMANN'S Handbuch a. a. O. S. 596 ff. Grundzüge d. Lehre vom Lichtsinn. S. 213).

Binaural (diotisch, doppelohrig) nennen wir es, wenn der Schall von beiden Ohren in gleicher Höhe und Qualität (nur etwa der Stärke nach verschieden) vernommen wird.

Endlich dichotisch (getrennt-ohrig) werde es genannt, wenn ein Schall von beiden Ohren in ungleicher Höhe oder Qualität vernommen wird. Unter Höhe verstehen wir die mit den Schwingungszahlen zunehmende Helligkeit, unter Qualität die mit verdoppelter Schwingungszahl identisch wiederkehrende Eigenschaft, die zu identischer Buchstabenbezeichnung in der Musik geführt hat; daher auch prägnanter als „musikalische Qualität“ bezeichnet.

Es sei ausdrücklich bemerkt, daß die Unterscheidung des diotischen und dichotischen Hörens hier nicht begründet wird auf Unterschiede in der Verteilung der äußeren Schallreize, sondern auf die Beschaffenheit der Schallempfindungen und ihren Ursprung in den Ohren. Darum ist es für das diotische Hören einerlei, ob, wie in den gewöhnlichen Fällen des Hörens, die nämliche individuelle Schallquelle ihre Luftschwingungen zu beiden Ohren sendet oder ob zwei individuell verschiedene Schallquellen gesondert zu beiden Ohren geleitet werden. Es kommt nur darauf an, daß die von beiden Ohren vernommenen Schalle, wenn wir sie nacheinander im isolierten Zustande vergleichen, keine Unterschiede der Höhe oder Qualität aufweisen. Ebenso nennen wir dichotisch ein Hören nicht darum, weil z. B. eine eine Gabel rechts, eine andere von merklich ungleicher Schwingungszahl links einwirkt, sondern darum und dann, weil und wann die beiden Reize, isoliert dargeboten, verschiedene Töne im Bewußtsein erzeugen. Daher nennen wir auch die Fälle dichotisch, wo zwar objektiv der nämliche Reiz auf beide Ohren einwirkt, aber die Stimmung der Ohren verschieden ist. Als ich zuerst diesen Ausdruck vorschlug, war auf diesen besonderen Fall noch keine Rücksicht genommen und daher die Definition durch die äußeren Reize gegeben worden (*diese Beitr.* 4, S. 97: „zwei Gabeln an die beiden Ohren verteilt“). Aber es erscheint zweckmäßig, den Begriff in solcher Weise zu erweitern. Man kann auch umgekehrt ein diotisches Hören herstellen, bei dem die einwirkenden Reize nicht wie in den gewöhnlichen Fällen iden-

tisch sondern verschieden sind: wenn nämlich ein merklicher Unterschied in der Stimmung der Ohren durch einen umgekehrt gerichteten Unterschied der einwirkenden Reize kompensiert wird, z. B. wenn ich rechts um einen Viertelton höher höre als links, dafür aber dem rechten Ohr eine um ebensoviel tiefere Gabel darbiete.

Nimmt man's ganz genau, so werden allerdings die Grenzen der hier unterschiedenen Fälle gegeneinander nicht vollkommen scharf erfunden werden. So ist es bei etwas stärkeren Schallquellen wegen der Knochenleitung, teilweise auch schon der Luftleitung, nicht möglich, ein rein monotisches Hören herzustellen, wenn auch der in das gegenseitige Ohr herüberdringende Schall unter Umständen so schwach sein kann, daß er für die Beschreibung der Erscheinungen vernachlässigt werden darf. Aus demselben Grund ist auch das dichotische Hören nur unter besonders ausgesuchten Umständen rein dichotisch. Umgekehrt geht das diotische Hören insofern fließend in ein dichotisches über, als der Unterschied in der Stimmung der beiden Ohren vielleicht niemals absolut null, und die Grenze, wo es merklich wird, nicht vollkommen scharf bestimmbar ist. Das alles hindert aber nicht, daß man ein so gut wie rein monotisches, diotisches, dichotisches Hören herstellen oder konstatieren kann, Fälle also, in denen so gut wie nichts in das gegenseitige Ohr hinübergeht, andere Fälle, in denen beide Ohren Töne ohne irgend deutliche Verschiedenheit hören, endlich Fälle, in denen jedes Ohr, einzeln geprüft, in einer nach Qualität oder Höhe deutlich verschiedenen Weise affiziert ist.

Innerhalb jeder der drei Klassen von Fällen gibt es dann wieder normale und abnorme, bzw. pathologische Erscheinungen.

2. An Beobachtungen in Hinsicht der Schwellentatsachen liegt nun wesentlich folgendes vor:

a) **Monotisches und diotisches Hören.** Wird die Schwingungszahldifferenz zweier gleichzeitiger objektiver Töne immer mehr verringert, es entstehen zuerst rasche Schwebungen, während die Töne noch ganz deutlich unterscheidbar bleiben, dann werden diese schwerer unterscheidbar, auch tritt ein dritter Ton zwischen ihnen auf, der weiterhin mit den äußeren immer mehr zur Einheit verschmilzt, dann

hört man im strengsten Sinne nur einen einzigen langsam schwebenden und zuletzt einen ruhenden Ton. Ob der langsam schwebende zwischen Maximum und Minimum der Schwebung seine Höhe sukzessiv ein wenig ändert, mag uns hier nicht beschäftigen, in jedem Augenblick ist er jedenfalls eine streng einheitliche Empfindung.

Die Grenze, bei der Mehrheit in Einheit übergeht, ist nicht leicht eindeutig anzugeben; einmal wegen der störenden Schwebungen, dann aber wegen gewisser Übergangsstufen, die selbst wieder stetig ineinander übergeben: die Unterscheidung der beiden Töne wird zuerst weniger deutlich, dann hört man nur eine Unreinheit des Kluges, endlich einen deutlich einheitlichen unteilbaren Ton. Dafs immerhin eine zahlenmäfsige Bestimmung innerhalb gewisser Grenzen möglich ist, dafs hierbei die Schwelle für verschiedene Tonregionen verschieden ist, aber allgemein weit höher liegt als die für die Unterscheidung der Höhe (bzw. Qualität) zweier aufeinanderfolgender Töne, ist bereits in der Tonpsychologie (II, 319 ff.) angeführt. Dann haben K. L. SCHAEFER und A. GUTTMANN Versuchsreihen für verschiedene Tonregionen veröffentlicht, wonach bei monotonischem oder diatonischem Hören „deutliche Zweiheit“ für die meisten Beobachter in der mittleren Region (400 Schw.) bei 10—11 Schw. Differenz, in höheren und tieferen Regionen (bis 1200 nach der Höhe, 90 nach der Tiefe) bei 17—30 Schw. Differenz beginnt, wenn man vom Unisono ausgeht. Die blofse „Unreinheit“ beginnt natürlich früher, aber auch im günstigsten Falle nicht unter 3 Schw. Differenz, während aufeinanderfolgende Töne schon bei 0,5 Schw. Differenz ihrer Höhe (Qualität) nach mit ziemlicher Sicherheit unterschieden werden können.

Auf Wunsch Prof. WAETZMANN'S in Breslau habe ich 1913 wegen der Konsequenzen für die physiologische Hörtheorie noch eine Nachprüfung für meine Person unternommen, stiefs aber dabei in der höheren Region auf eine neue, früher nicht beachtete, Schwierigkeit. Wenn man nämlich c^3 und des^3 zusammen angibt, so entstehen nicht blofs schnelle Schwebungen, sondern auch ein dicht neben c^3 liegender starker Differenzton $2t-h$ (t der tiefere, h der höhere Primärtön), der das Urteil, ob c^3 und des^3 voneinander unterscheidbar sind, ausserordentlich erschwert, da er eben die Aufgabe der Unterscheidung vervielfältigt. Der Differenzton bildet hier mit den beiden Primärtönen zusammen gewissermassen eine

einzig breitere Klangmasse. Da mir die Untersuchung auch noch aus anderen Gründen zu anstrengend und zeitraubend wurde, habe ich sie aufgegeben.

b) Für das dichotische Hören bezeichnete ich nach gelegentlichen Beobachtungen (Tonpsych. a. a. O.) in der großen Oktave etwa 8 Schw., ebensoviele bei c^1 , bei c^2 zwischen 12 und 20 Schw., in der unteren Hälfte der 3-gestrichenen Oktave aber durchschnittlich 100 Schwingungen als Grenze, wo die Töne für mich noch unterscheidbar waren. Für die Gegend des c^2 hat vor kurzem BALEY die dichotische Schwelle bei mehreren Individuen gleich etwa 8 bis 12 Schw. gefunden. Für einen Beobachter trat aber die deutliche Zweiheit erst bei 15, später sogar bei 25 bis 30 Schw. auf. BALEY vermutet, daß dieser gut musikalische Beobachter strengere Anforderungen an den Begriff der Tonzweiheit gestellt habe.

Die Angaben der „Tonpsychologie“ möchte ich in diesem Punkte nur als provisorische betrachtet wissen, wie sie mir bei den damaligen ungenügenden experimentellen Hilfsmitteln eben möglich waren. Ich fand sie zwar unter gleichen Umständen auch jetzt wieder bestätigt, auch in bezug auf die starke Erhöhung der Schwelle in der 3-gestrichenen Oktave. Aber die Versuche sind, so angestellt, nicht rein dichotische, da die Töne der Gabeln durch Luftleitung und die der höheren auch durch Knochenleitung ein wenig zum gegenseitigen Ohr hinüberdringen, was u. a. durch Schwebungen bezeugt wird. Man müßte die Versuche systematisch in der Weise wiederholen, wie es für c^2 durch BALEY geschehen ist. Daß meine Zahlenangaben für c^2 ziemlich gut mit den seinigen übereinstimmen, ist angenehm, läßt aber keinen sicheren Schluß auf die übrigen Regionen zu. Die merkwürdige Steigerung oberhalb c^3 findet sich bei den SCHAEFER-GUTTMANNschen monotischen Versuchen nicht. Aber für diese Region wären eben auch die Versuche selbst aus dem oben erwähnten Grunde noch einmal nachzuprüfen.

Eine vereinzelt Angabe begegnete mir kürzlich in FECHNERS immer noch sehr instruktiver Abhandlung „Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens“. Abh. d. sächs. Akad. d. Wiss., math.-phys. Kl., 1860, S. 543f. Der bekannte Violinvirtuose Wasielewsky konnte zwei Stimmgabeln, die an beide Ohren verteilt wurden, noch bei einer Differenz von etwa $\frac{1}{16}$ Ton unterscheiden. Die Tonhöhe ist nicht angegeben, vermutlich waren es a^1 -Gabeln. Aber die Maßbestimmung beruhte leider nur auf der Schätzung des Künstlers selbst, und solche Schätzungen ungewohnter ganz kleiner Intervalle können außerordentlich fehlgehen. $\frac{1}{16}$ Ton in dieser Gegend wären nur etwa 3 Schwingungen. Daß selbst ein so vorzüglicher Geiger dabei noch zwei gleichzeitige Töne auseinanderhalten könnte, scheint mir ausgeschlossen.

Für das durch bloße Stimmdifferenz der Ohren im normalen Zustande bedingte dichotische Hören habe ich (a. a. O. 320) gleichfalls den größeren Betrag der Schwelle gegenüber aufeinanderfolgenden Tönen hervorgehoben. Später hatte ich Gelegenheit, in einem pathologischen Fall an mir selbst mit einer bis zu $\frac{3}{4}$ Ton vergrößerten Verstimmung des einen Ohres die Bildung eines einheitlichen Toneindrucks zu beobachten, wenn eine a^1 -Gabel auf bestimmte Punkte des Schädels gesetzt wurde.¹ Dies entspricht einer Schwingungsdifferenz von etwa 40 Schw. Aber hierbei war aller Wahrscheinlichkeit nach der eine Ton zugleich etwas schwächer als der andere, während sie bei gleicher Stärke von einander gesondert werden konnten (s. u.).

Von diesem pathologischen Fall unterscheidet sich der v. LIEBERMANNS dadurch, daß hier der objektive Ton statt durch Knochenleitung durch Luftleitung den Ohren zugeführt wurde. Das ist indessen für die Natur des dichotischen Hörens selbst irrelevant. Man kann aber bei v. LIEBERMANN, soweit die mitgeteilten Tatsachen reichen, nicht einmal von einer pathologisch vergrößerten Erhöhung der Unterscheidungsschwelle sprechen: denn sie betrug nur etwa 16—20 Schwingungen in der mittleren Gegend, ein Schwellenwert, der nur wenig größer ist als bei der Mehrzahl der BALEYSchen Beobachter und sogar kleiner ist als bei einem unter ihnen, und der mit dem von mir im normalen Zustand für c^2 angegebenen Werte ganz übereinstimmt. Die Unterschiede zwischen meinem pathologischen Fall und dem v. LIEBERMANNschen, die die beiden Autoren S. 251 der letzten Abhandlung herauszufinden glauben, betreffen nicht die beobachteten Tatsachen, sondern lediglich „die gänzlich verschiedene Auffassung“, d. h. eben ihre Theorie. Der einzige tatsächliche Unterschied, den sie anführen, ist der, daß in meinem Falle nicht immer ein einziger Ton gehört wurde, sondern der Ton je nach der Aufsetzung der Gabel mehr oder weniger in einen Doppelton übergang. Das bedeutet aber doch nur ein Plus von Tatsachen, nicht eine Abweichung. Hätte man v. LIEBERMANN eine Gabel

¹ Beobachtungen über subjektive Töne und über Doppelthören. *Diese Beitr.* 3, S. 47 ff.

auf den Schädel gesetzt, so wäre vielleicht auch diese Modifikation zum Vorschein gekommen.

Was nun aber die gänzlich verschiedene Auffassung betrifft, so will es mir scheinen, daß man nicht eine grundstürzende Neuerung proklamieren sollte, solange es möglich ist, die Beobachtungen mit längst bekannten akustischen Tatsachen zu koordinieren, ja eine solche Koordination sich geradezu aufdrängt.

§ 3. Lage des unterhalb der Unterscheidungsschwelle gehörten einheitlichen Tones zu den isolierten Tönen.

Das eben Gesagte bestätigt sich weiter, wenn wir fragen: wie verhält sich beim Zusammenklingen zweier wegen zu geringer Differenz nicht mehr unterscheidbarer Töne der gehörte einheitliche Ton zu den beiden einzeln vorgelegten?

Von welcher Theorie man auch ausgehe, man wird immer erwarten, daß er seiner Höhe (bzw. Qualität) nach im allgemeinen zwischen den beiden Einzeltönen, und daß er bei gleicher Stärke derselben ungefähr oder genau in der Mitte, bei ungleicher aber dem stärkeren näher liege. Im ganzen bestätigt dies die Beobachtung. Doch schien sie mir in bezug auf die genaue Mittellage stets nicht leicht zu sein. So schon beim monotischen und diotischen Hören (Tonpsych. II, 481). Die Ursache liegt sicherlich wieder besonders in der beständigen Intensitätsschwankung, den Schwebungen. Etwas leichter wird die Beobachtung, wenn man zu größeren Differenzen der Einzeltöne übergeht, wobei der resultierende nicht mehr als ganz einheitlich, ja sogar als dritter Ton neben den primären gehört wird, wo also die Mehrheitsschwelle schon überschritten ist. Doch konnte ich selbst da bei oft wiederholten Beobachtungen nicht zu genügender Sicherheit in bezug auf die genaue Mitte gelangen und hatte besonders häufig den bestimmten Eindruck eines Näherliegens zum tieferen Primärtone.

Neuerdings hat BAILEY den Mittelton einer ganzen Anzahl gleichzeitig schwingender Zungen gesucht, deren Schwingungszahlen eine fortschreitende arithmetische Reihe bildeten, und hier in der Tat die arithmetisch mittlere Schwingungszahl für die

Höhe des auch hier auftretenden einheitlichen Zwischentones gefunden.¹ Und so mag man von solchen deutlicheren Fällen aus rückwärts schliessen, das auch bei nur zwei Primärtönen dasselbe Gesetz gelte.

Rein mathematisch und in bezug auf die resultierende Wellenlänge gilt es ohne Zweifel.² Aber das Verhalten der Wellenlängen darf nicht ohne weiteres auf die Tonempfindungen übertragen werden, schon darum nicht, weil dazwischen die ganze Reihe der Prozesse im Organ und im Nervensystem liegt, aber auch darum nicht, weil nicht sogleich vorausgesetzt werden darf, das die Empfindungsmittel mit der Reizmittel zusammenfällt. Darauf beziehen sich bekanntlich schon bei aufeinanderfolgenden Tönen schwierige Untersuchungen, für gleichzeitige sind überhaupt noch keine veröffentlicht. Die Ergebnisse mathematisch-physikalischer Deduktion dürfen also, ehe wir nicht die Übertragung auf die Empfindungen rechtfertigen können, nur als Analogien benutzt werden.

Dichotisch schien mir bei Beobachtungen mit verteilten Gabeln die genaue Bestimmung des resultierenden Tones gleichfalls schwer und das Urteil wechselnd (II, 326 ff.), obgleich hier die Schwebungen weit geringer und unter besonderen Umständen unmerklich werden. Die gleiche Schwierigkeit fanden BALEYS Beobachter bei dichotischen Zusammenklängen.

In meinem pathologischen Falle lag der resultierende Ton zwischen den Einzeltönen, wenn er nicht mit einem von ihnen zusammenfiel. Setzt man voraus, das der verstimmte Ton des kranken linken Ohres physiologisch stärker war³, so kann man die einzelnen von mir angeführten Beobachtungen unter die Regel ordnen, das der resultierende Ton dem je-

¹ Über den Zusammenklang einer gröfseren Zahl wenig verschiedener Töne. *Diese Beitr.* 8, S. 1 ff.

² S. m. Abh. „Über zusammengesetzte Wellenformen“, *diese Beitr.* 4, S. 68 ff. Auch für den BALEYSchen Fall liefert die Rechnung nach M. PLANCKS Darlegung die arithmetisch mittlere Wellenlänge. BALEY a. a. O. S. 273.

³ Eine auf die Kopfknochen gesetzte Gabel wird bei Erkrankung der schalleitenden Teile von dem kranken Ohr regelmäfsig verstärkt gehört. Vgl. URBANTSCHITSCH, Lehrb. d. Ohrenheilkunde 5, 910, S. 47 ff.

weilig stärkeren Einzelton in der Höhe (Qualität) näher lag.¹ Auf den Scheitel gesetzt gab die Gabel einen dem verstimmtten linken Tone näherliegenden, auch mehr links im Kopfe lokalisierten Ton, verknüpft mit einem nur ganz schwachen Eindruck der Falschheit. Auf die rechte Schläfe gegen vorn gesetzt gab sie einen stärkeren Mittelton, der aber auch mehr links im Kopfe zu liegen schien, ohne deutliche Beimischung von Unreinheit. Daß er in der Tonlinie zwischen beiden Einzeltonen lag, liefs sich leicht durch Vergleichung mit den Tönen, die die Stimmgabel vor jedem Ohre gab, erkennen. An der linken Schläfe war die Erscheinung ähnlich wie auf dem Scheitel; näher gegen das linke Ohr aber hörte ich nur den verstimmtten Ton dieses Ohres, auf dem Tragus des rechten Ohres nur den normalen Ton usf. Wurde die Gabel in der Nähe des rechten Ohres einen Finger breit vom Tragus nach vorn, also auf den rechten Backenknochen, gesetzt, so spaltete sich der Ton, beide Töne waren gesondert zu hören und auch gesondert lokalisiert. Dies war vermutlich der Fall gleicher physiologischer Stärke beider Töne, indem die längere Knochenleitung zur linken Schnecke durch die Überempfindlichkeit des kranken Ohres ausgeglichen wurde. Daß hier nicht ein einheitlicher Zwischenton gehört wurde, war die Folge des grofsen Unterschiedes von $\frac{3}{4}$ Ton, der bedeutend über der normalen Mehrheitsschwelle liegt.

Endlich in v. LIEBERMANN'S Falle, wo bei geringerer Differenz stets ein einheitlicher Zwischenton entstand, wurde dieser bei gleicher Stärke der Primärtöne in der qualitativen Mitte zwischen beiden gehört, und zwar mit befriedigender Genauigkeit der arithmetischen Mitte der Schwingungszahlen entsprechend.

Man sieht (und darum erlaubte ich mir eigene frühere Beobachtungen so ausführlich zu zitieren), dafs auch in Hinsicht der Höhe (Qualität) des resultierenden Tones dieser Fall sich ganz in die Reihe der von früher her bekannten einordnet.

¹ a. a. O. S. 119. Ich fügte damals nur bei: „All dies begreift sich unschwer aus den Verhältnissen der Knochenleitung von Ohr zu Ohr“ — wobei ich die obengenannte Voraussetzung stillschweigend zugrunde legte.

Auf die früher von mir besprochene Frage, ob die Einheit des Tondruckes bei zu geringer Differenz der beiden Töne eine Empfindungseinheit oder nur eine Auffassungseinheit sei¹, will ich hier nicht eingehen. Selbstverständlich haben wir's bei den Aussagen unserer Beobachter immer zunächst mit Urteilen zu tun. Aber diese Urteile können durch die Beschaffenheit der beurteilten Erscheinungen selbst und sie können durch andere Umstände bedingt sein. Eigentümliche, unbesiegbare Urteilsschwankungen bezüglich der Höhe des Mitteltons beim normalen dichotischen Hören schienen mir für die zweite Deutung zu sprechen, während ich für den monotischen Zwischenton Empfindungseinheit statuierte und eine Hypothese entwickelte, wonach sein Ursprung schon in der Schnecke zu suchen wäre. BALEY hat darauf hingewiesen (a. a. O. S. 334), daß man diese Hypothese auch auf die von beiden Ohren ins Gehirn kommenden Erregungen übertragen und so das Zustandekommen eines einheitlichen zentral bedingten Mitteltons auch beim normalen dichotischen Hören verstehen könne. Als im allgemeinen mögliche, wenngleich anatomischen Schwierigkeiten ausgesetzte Vorstellungsweise lasse ich dies gelten und gebe auch zu, daß Empfindungen infolge zentraler Ursachen merklichen Schwankungen unterliegen können. Doch bleibt ein Unterschied, je nachdem die Schwankungen richtungslos und unüberwindlich sind oder das Urteil sich bei fortgesetzter Beobachtung unter gleichen äußeren Umständen immer mehr einer bestimmten Tonhöhe zuneigt. Das erste scheint mir beim normalen dichotischen Hören, das zweite beim monotischen, diotischen und pathologisch-dichotischen Hören stattzufinden. Das ist die tatsächliche Unterlage für die Einordnung in die beiden Klassen der „Auffassungs-“ und der „Empfindungseinheit“. Aber es wäre zwecklos, über die Zuordnung einer einzelnen Erscheinung zu diesem oder jenem Glied der Alternative zu verhandeln, wenn über die Zulässigkeit der Alternative selbst Streit ist. Jüngere Psychologen arbeiten daran, die ganze Empfindungslehre, ja in notwendiger Folge die ganze Seelenlehre im Sinne einer Streichung dieses Unterschiedes umzugestalten. Es scheint mir, daß sie sich über den Nutzen und die Durchführbarkeit der Operation täuschen. Man kann die tatsächlichen Unterschiede des Verhaltens wohl in verschiedenen Sprachwendungen ausdrücken, aber man kann sie nicht hinwegschaffen. Indessen gehört diese Frage in ein allgemeineres Kapitel als das gegenwärtige.

Kehren wir schließlic zum Ausgangspunkte zurück, so hat die positive Darlegung bekräftigt, was die kritische bereits erkennen liefs: es liegt nicht der geringste Grund vor, die von

¹ Tonpsychol. II, S. 325 ff. Bericht über den Göttinger Psychologenkongress S. 326. Vgl. BALEY, *diese Beitr.* 8, S. 70.

HELMHOLTZ behauptete Eigentümlichkeit des Tonsinnes als eines analysierenden Sinnes gegenüber dem Farbensinn in Frage zu stellen. Dafs bei geringer Differenz der Schwingungszahlen der Klang unanalysierbar wird und dafs dann im allgemeinen ein mittlerer Ton herauskommt, hat schon HELMHOLTZ gewußt. Wenn man dies eine Tonmischung nennen will, ist gegen das Wort nicht zu streiten. Aber man darf sich nicht der Illusion hingeben, als könnte es mit dieser Umtaufung gelingen, Gehörs- und Gesichtsempfindungen in Hinsicht eines prinzipiellen und weittragenden Gegensatzes unter einen Hut zu bringen.