

(Aus dem Psychologischen Institut der Universität Berlin.)

Versuche über den dichotischen Zusammenklang wenig verschiedener Töne.

Von

Dr. STEFAN BALEY.

§ 1. Vorbemerkungen.

Daß die Unterschiedsempfindlichkeit nicht nur gegenüber aufeinanderfolgenden, sondern auch, wenngleich schwerer, gegenüber gleichzeitigen Tönen bestimmt werden kann und daß die Schwelle hier ganz bedeutend größer ist als im ersten Falle, hat bereits 1890 STUMPF gegen WUNDT hervorgehoben.¹ Systematische Versuchsreihen darüber haben dann K. L. SCHAEFER und A. GUTTMANN veröffentlicht.² Sie bestimmten die Schwelle für einige geübte Beobachter in der Region von 90 bis 1200 Schwingungen. Die zu unterscheidenden Töne wurden dabei monotonisch gehört, und zwar so, daß das geprüfte Ohr von beiden Tönen möglichst gleich stark affiziert wurde.

Man kann aber das gleichzeitige Wahrnehmen beider Töne auch in der Weise zustande bringen, daß man sie an zwei Ohren verteilt. Da hierbei die Schwebungen viel weniger stören und Kombinationstöne nur unter ganz besonderen Bedingungen auftreten, kann man leichter zu sicheren Ergebnissen zu kommen hoffen. Daher hat STUMPF zu seinen vorläufigen Beobachtungen hauptsächlich gerade dieses „dicho-

¹ Tonpsychologie II, 319 ff.

² Über die Unterschiedsempfindlichkeit für gleichzeitige Töne. *Zeitschr. f. Psychol.* 32, S. 87 ff. (1903). *Diese Beitr.* 4, S. 51 ff.

tische“¹ Hören gewählt. Er fand mit verteilten Stimmgabeln, daß unterhalb der großen Oktave Terzen (mit 11 Schwingungen Differenz) nicht auseinander gehalten werden konnten. In der großen Oktave betrug die Schwelle etwa 8 Schwingungen, bei c^1 gleichfalls 8 Schwingungen, in der Gegend von c^2 lag sie zwischen 12 und 20 Schwingungen, und schließlich in der dreigestrichenen Oktave durchschnittlich bei 100 Schwingungen. Selbstverständlich brauchen die für das dichotische Hören erhaltenen Werte nicht mit denen bei monotonischem zusammenzufallen.

STUMPF unterscheidet aber eine „Empfindungsschwelle“ und eine „Wahrnehmungsschwelle“. Bei der ersten haben wir nur eine einzige Empfindung, bei der zweiten bleiben die Töne als verschiedene Empfindungen nebeneinander bestehen, können aber wegen zu geringer Differenz nicht voneinander unterschieden werden. Die dichotische Schwelle bei verteilten Gabeln hält er nur für eine Wahrnehmungs- bzw. Unterscheidungsschwelle, die monotische dagegen für eine Empfindungs- bzw. Unterschiedsschwelle. Der Grund liegt für STUMPF darin, daß es im ersten Fall ungeachtet der scheinbaren Einheit des resultierenden Tones dem Beobachter schwer fällt, dessen Höhenverhältnis zu den beiden Primärtönen anzugeben. Das Urteil darüber ist schwankend und subjektiv unsicher. Einmal scheint der resultierende Ton in der Mitte zu liegen, ein andermal wiederum mit dem tieferen Primärtone zusammenzufallen oder sogar tiefer als beide zu sein. Dieser Umstand läßt die Vermutung aufkommen, daß die Einheit des resultierenden Tones eine unechte, nur scheinbare ist.²

Auf die Ausführungen STUMPFs nimmt vielfach Bezug die Arbeit von MELATI über das binaurale Hören³, die aber zu

¹ Den Ausdruck „dichotisch“ hat STUMPF später (*Z. f. Ps.* 39, 1905, S. 276; *diese Beitr.* 4, S. 97) vorgeschlagen. Der gewöhnliche Ausdruck „diotisch“ soll die Fälle bezeichnen, wo jedes Ohr die nämlichen, der Höhe nach gleichen, Töne empfängt; wobei es sich natürlich auch um einen einzigen Ton handeln kann. „Dichotisch“ dagegen die Fälle, wo jedes Ohr einen anderen, der Höhe nach verschiedenen, Ton empfängt.

² Tonps. II, 325 f.

³ GINO MELATI, Über binaurales Hören. *Wundts Philos. Studien* 17, 431 ff. (1901).

anderen Resultaten kommt. MELATI experimentierte ebenso wie STUMPF mit Stimmgabeln. Diese befanden sich bei seiner Versuchsanordnung in zwei getrennten Räumen und wurden elektrisch zum Schwingen gebracht; ihre Töne wurden dann durch Schläuche den Ohren zugeführt. Durch diese Einrichtung wollte er die Überleitung der Töne von einem Ohre zum anderen durch die Luft oder durch die „äußere Knochenleitung“ ausschließen (S. 448). Die Töne, mit denen operiert wurde, waren im allgemeinen sehr leise.

Das Ergebnis der Beobachtungen über die gegenseitige qualitative Beeinflussung dichotisch wahrgenommener Töne formuliert MELATI folgendermaßen: „Das wichtigste und charakteristischste Merkmal des Gesamteindrucks liegt darin, daß die Töne beim binauralen Hören auch bei sehr geringen Intervallen, selbst wenn sie beinahe unisono erklingen, getrennt erscheinen, wie im monotischen Hören.“¹ Und weiter sagt er: „Die Beobachter nahmen die mit einem einzigen Ohre gehörten Intervalle wie eine wirkliche Einheit wahr, und es war eine Arbeit von willkürlicher Analyse nötig, um den einen Ton von dem anderen zu unterscheiden; binaural dagegen erschienen die Töne für sich selbst, d. h. einer unabhängig vom anderen, und die Schwebungen erscheinen gewissermaßen außerhalb der Töne selbst, lokalisiert an verschiedenen Orten.“²

Die Behauptung MELATIS geht also, soweit ich sie verstehe, dahin, daß es eigentlich keine dichotische Schwelle gibt, oder daß sie äußerst gering ist, kleiner als die monotische; so muß es ja sein, wenn wirklich, wie MELATI behauptet, zwei „beinahe unisono“ erklingende Töne dichotisch getrennt

¹ a. a. O. S. 449. Der Sinn dieser, mir nicht ganz klar erscheinenden Behauptung wird wohl der folgende sein: die Töne erscheinen beim dichotischen Hören so getrennt, wie sie monotisch beim sukzessiven Hören erscheinen.

² S. 454. MELATI berichtet daselbst weiter, daß, um „eine deutliche Vorstellung der zwei Töne“ bei kleinen Höhendifferenzen zu erhalten, die Aufmerksamkeit nicht auf diese Töne selbst, sondern auf die Schwebungen gerichtet werden mußte, und daß, wenn man ausschließlich auf die Töne selbst achtete, diese nicht gleichzeitig wahrnehmbar waren, sondern beständig alternierten. Es ist sehr schwer, aus diesen Beschreibungen ein klares Bild der Beobachtungen zu erhalten.

wahrgenommen werden. Dies wäre ein Ergebnis, welches mit STUMPFschen Beobachtungen im vollen Widerspruch steht.

Einen weiteren Beitrag liefern die Beobachtungen, die STUMPF 1889 in einem Falle des pathologischen „Doppelt-hörens“ an sich selbst anstellte und 1899 veröffentlichte.¹ Das linke Ohr war nach einer Parazentese des Trommelfells mehrere Tage lang in der Region zwischen c und c^4 verstimmt. Die Verstimmung erreichte in der Zone c^1 — c^2 $\frac{3}{4}$ Ton. Eine a^1 -Gabel klang links gut $\frac{3}{4}$ Ton tiefer, bei einem a^1 -Stimm-pfeifchen hörte er links ein fast reines g^1 mitklingen. Er beobachtete nun, daß eine auf den Scheitel gesetzte Stimm-gabel einen zwischen dem normalen und dem Pseudoton liegenden, doch mehr nach dem letzteren hin verstimmt und mehr links lokalisierten Ton ergab. Weiter rechts auf-gesetzt, spaltete sich der Ton in die beiden Primärtöne. Auf dem rechten Tragus wurde nur der Normalton gehört, nahe am linken Ohre nur der Pseudoton, usf. Schwebungen waren nicht vorhanden, wohl aber in den Fällen der Tonspaltung eine abscheuliche Dissonanz.

Hier entstand also tatsächlich bei annähernd gleicher Intensität der Erregung beider Ohren ein Mittelton, der bei Auf-setzung der Gabel an bestimmten Stellen des Schädels auch nicht einmal eine Beimischung von Unreinheit zeigte. Daß er in der Tonreihe zwischen beiden Primärtönen lag, liefs sich durch Vergleichung mit dem Ton, den die Gabel vor jedem Ohre gab, feststellen.

Der Ausdruck „Mittelton“, der an die von STUMPF früher untersuchte Bildung eines monotischen Zwischentons erinnert, deutet darauf hin, daß er in diesem Falle nicht blofs den Mangel einer Unterscheidung, sondern eine wirkliche physio-logische Resultantenbildung annimmt, was auch durch eine mündliche Äußerung bestätigt wird.²

Endlich haben v. LIEBERMANN und RÉVÉSZ in den „Nach-richten der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften“ (Mathe-matisch-physikalische Klasse) 1912 eine vorläufige Mitteilung

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* 21, 117 ff.

² Vgl. ferner den Bericht über den 6. Kongrefs d. Ges. f. exper. Psychologie S. 326.

„Über binaurale Tonmischung“ veröffentlicht, auf welche auch in der Abhandlung derselben Autoren „Experimentelle Beiträge zur Orthosymphonie und zum Falschhören“¹ und in dem Buche von RÉVÉSZ „Zur Grundlegung der Tonpsychologie“ 1913, S. 63 ff. Bezug genommen wird. Ganz kürzlich ist auch der ausführliche Bericht erschienen.² Die Untersuchung bezieht sich gleichfalls auf einen Fall einer pathologischen Verstimmung. Bei v. LIEBERMANN sind beide Ohren verstimmt, aber in ungleichem Maße, so daß eine Tonquelle rechts und links ungleich gehört wird. Die Verfasser sprechen hierbei allerdings nicht von ungleicher Höhe, sondern von ungleicher Qualität, während die Höhe unverändert und normal geblieben sei. Sachlich liegt aber der Fall im wesentlichen ebenso wie bei STUMPF. Denn auch v. LIEBERMANN beobachtete an sich, wenn ein gemeinschaftlicher Ton beiden Ohren zugeführt wurde (was hier nicht durch Aufsetzen einer Gabel auf den Schädel, sondern durch Zuführen von außen geschah), die Bildung eines Mitteltones, und zwar entsprach seine „Qualität“ bei gleicher Stärke der Primärtöne, d. h. des rechten und linken Pseudotones, der arithmetischen Mitte der beiden Schwingungszahlen. War ein Ton stärker, so näherte sich der Mittelton diesem stärkeren Ton. Die Verfasser bezeichnen dies als eine binaurale Mischung der Tonqualitäten, die sie mit der Farbenmischung in Parallele setzen.

Gerade mit Rücksicht auf diese pathologischen Beobachtungen wurde ich von Herrn Geheimrat STUMPF veranlaßt, aufs neue die Unterschiedsschwelle für gleichzeitige, an beide Ohren verteilte Töne im normalen Zustande, und zwar für die mittlere Tonregion, die Gegend von c^2 , unter Anwendung möglichst exakter Versuchseinrichtungen zu prüfen. Ich habe mich auf diese Tonhöhe beschränkt, weil es für den vorliegenden Zweck nicht darauf ankam, etwa das WEBERSche Gesetz oder überhaupt das Verhalten der Unterschiedsschwelle in verschiedenen Tonregionen bei dichotischem Hören nachzuprüfen, sondern nur das Verhalten verschiedener, normal

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* 63, S. 304 (1913).

² *Ebenda* 69, S. 234 (1914). Die vorliegende Abhandlung ist vor dem Erscheinen dieser ausführlichen Darstellung eingereicht, doch ist keine Veranlassung, etwas hinzuzufügen oder zu ändern.

hörender Personen in Hinsicht der dichotischen Unterscheidung der Töne in dieser mittleren Gegend festzustellen und mit den vorher erwähnten Ergebnissen zu vergleichen.

§ 2. Versuche.

Als Tonquellen wurden bei den Versuchen die Flaschenorgel des Berliner Instituts und der Tonvariator benutzt. Die beiden Instrumente befanden sich in zwei verschiedenen Zimmern und ihre Töne wurden durch getrennte Röhren in ein drittes Zimmer herübergeführt, wo die Beobachtungen gemacht wurden. Der eine Ton, und zwar derjenige der Flaschenorgel, wurde konstant gehalten; seine Höhe betrug ungefähr 500 Schwingungen pro Sekunde; bei dem anderen, welcher vom Tonvariator kam, wurde die Höhe entsprechend geändert. Die Intensität beider Töne war nach ihrem Durchgang durch die Röhren so gering, und ihre Zuleitung so eingerichtet, daß ein Herüberwandern des Tones von Ohr zu Ohr durch die Luft um den Kopf herum nicht in Betracht kam. Der Beobachter überzeugte sich immer davon in der Weise, daß beim Zudrücken eines Ohres die aus den offen gelassenen Leitungen kommenden Töne keine merklichen Schwebungen ergaben. Dennoch war die von mir gebrauchte Intensität der Töne wahrscheinlich größer als diejenige, mit welcher MELATI operierte. Meine Versuchsanordnung war im allgemeinen ungeeignet dazu, Beobachtungen an außerordentlich schwachen bis an die Intensitätsschwelle heruntergehenden Tönen anzustellen. Die Töne der Orgel und des Tonvariators sind zwar arm an Obertönen, aber nicht ganz frei von einem schwachen Geräusch, das bei minimalen Intensitäten der Töne störend wirkt. Es war aber meine Absicht nie, die Verhältnisse bei minimalen Intensitäten zu studieren, sondern eben bei solchen, die hoch genug über der Schwelle lagen, um alle den äußerst schwachen Tönen anhaftenden Täuschungsmöglichkeiten anzuschließen. Wir wollen damit keineswegs behaupten, daß die mit minimalen Intensitäten angestellten Versuche ohne Wert wären, wir bestreiten aber, daß man mit ihnen operieren muß, um die dichotische Schwelle richtig zu bestimmen.

Dem Vorwurf gegenüber, daß bei etwas lauterem Tönen ihre Herüberleitung durch die Kopfknochen begünstigt werde, und daß infolgedessen das dichotische Hören sich in ein diotisches verwandle, ist folgendes zu konstatieren: 1. Zahlreiche Versuche über dichotische Schwebungen beweisen, daß ein vollständiger Ausschluss der Überleitung der Schallenergie auf dem Wege der Knochenleitung von Ohr zu Ohr bei Schwebungen von geringer Frequenz auch durch Anwendung minimaler Intensitäten nicht zu erreichen ist.¹ Man kann also beim dichotischen Hören auch sehr leiser Töne bei geringer Schwebungsfrequenz nur von dem Übergewicht je eines Tones auf jedem Ohr, und nicht von ihrer absoluten Trennung sprechen. 2. Die spezifischen Merkmale des dichotischen Hörens, und zwar das Ausbleiben von Kombinations-tönen (abgesehen von gewissen Ausnahmefällen) und das rasche Verschwinden der Schwebungen bei Vergrößerung der Höhendifferenz, treten auch da deutlich zutage, wo nicht nur die Überleitung durch die Kopfknochen sondern auch das Herumgehen der Töne von Ohr zu Ohr durch die Luft stattfindet. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man zum Experimente zwei größere Stimmgabeln mit Resonanz-kästen nimmt, die man nach mäßig starkem Anschlag an beide Ohren hält. Es treffen auch unter solchen Bedingungen beide erwähnten Merkmale zu, obwohl da von einer vollständigen Trennung der Töne nicht die Rede sein kann. Was aber auch bei dieser Anordnung vorhanden ist und das charakteristische Verhalten der Töne bedingt, das ist das Überwiegen je eines Tones an jedem Ohr.

Wir haben also, gleichviel ob wir sehr schwache oder etwas stärkere Töne zu dichotischen Untersuchungen nehmen, immer nur mit dem Überwiegen einer Art von Schallenergie zum entsprechenden Ohre zu tun, und eben diese Prävalenz bildet den wirklichen Grund der beim dichotischen Hören auftretenden Erscheinungen. Es bleibt aber eine offene Frage, ob diese Prävalenz vollkommener mit größeren oder mit geringeren Intensitäten der Töne zu erzielen ist. Werden also

¹ Vgl. Rostosky, Über binaurale Schwebungen. *Wundts Phil. Stud.* 19, 572.

gewisse spezifische Erscheinungen des dichotischen Hörens auch bei gröfserer Intensität der Töne erhalten, so ist es ohne nähere Angabe der Gründe nicht statthaft, die unter diesen Bedingungen bestehende Unterschiedsschwelle nicht als dichotische, sondern als monotische zu bezeichnen.

Der Verlauf des einzelnen Versuches gestaltete sich folgendermafsen: Zuerst wurde durch sukzessives Vergleichen die Stärke beider Töne bei gleicher Höhe reguliert. Dann wurde eine gewisse Höhendifferenz eingestellt. Nun brachte auf ein gegebenes Zeichen der Beobachter beide an ihren Enden mit Oliven versehenen Schläuche gleichzeitig an die Ohren heran, so, dafs die Mündungen der Oliven an den unteren Rändern der Gehöreingänge zu liegen kamen, ohne aber fest anzuliegen oder ganz hineingeschoben zu werden. Jetzt richtete der Beobachter seine Aufmerksamkeit darauf, ob im Gesamteindruck zwei Töne auseinander gehalten werden konnten, oder ob nur ein Ton hörbar war. Wurde nur ein Ton gehört, so versuchte er dann noch durch Vergleich mit den Primärtönen seine Höhe zu bestimmen. Die einzelnen, von Versuch zu Versuch variierenden Differenzen wurden zur Beurteilung in einer Ordnung dargeboten, die vom Beobachter nicht erraten werden konnte. Es war ihm aber immer möglich, nach dem Tempo der auch dichotisch auftretenden leisen Schwebungen sich über die Gröfse der Differenz bis zu einem gewissen Grade zu orientieren. Insofern war ein unwissentliches Verfahren hier nicht vollkommen zu erreichen.

Als Beobachter fungierten vier musikalische Personen. Ausserdem wurden, obwohl weniger systematisch, einige unmusikalische zu den Versuchen herangezogen. In der Anzahl der Musikalischen bin auch ich mitbegriffen, da ich mich an den Versuchen auch als Beobachter beteiligte. Die Namen der drei anderen Personen sind: A. SOLTYS, stud. mus., N. CZAJKOWSKYJ, Dr. phil. und W. PERZYNSKI, stud. phil.

§ 3. Ergebnisse.

Als erstes Ergebnis der Versuche mufs festgestellt werden, dafs bei allen zu den Versuchen herangezogenen Personen das Bestehen einer Schwelle konstatiert werden konnte. Innerhalb

gewisser Grenzen erschien der Eindruck einheitlich trotz der objektiven Ungleichheit der Töne. Bis zur Differenz von 6—7 Schwingungen pro Sekunde behielt er diesen Charakter bei allen Beobachtern. Erst darüber hinaus begann die Zweierheit sich geltend zu machen. Das Verspüren der Zweierheit mußte aber dabei nicht gleichbedeutend sein mit einem deutlichen Wahrnehmen zweier Töne, sondern es bildete sich ein Übergangsstadium, welches in drei verschiedenen Formen auftrat: 1. Der Gesamteindruck wurde unrein, ohne daß zwei Töne gehört wurden. 2. Ohne eigentlich unrein zu sein, erwies sich der Eindruck als zwiespältig dadurch, daß er sozusagen plastisch war und nach der Willkür des Beobachters einmal höher, einmal tiefer erschien; in der Weise konnten beide Töne, wenn nicht gleichzeitig, so doch sukzessive aus dem Gesamteindruck herausgehört werden. 3. Während eines Zeitabschnittes nach dem Anlegen der Oliven an die Ohren wurden zwei Töne gehört, die aber bald in eine Einheit zusammenfließen. Die Länge dieses Zeitabschnittes hing von der Größe der Höhendifferenz der Töne ab; sie nahm zu, wenn die Differenz wuchs. Die so zusammengefloßenen Töne konnte man oft dadurch wiederum zur Trennung bringen, daß man die Schläuche miteinander vertauschte, so also, daß der zuerst rechts zugeführte Ton nun das linke Ohr affizierte, und der früher von links kommende das rechte.

Die Stadien der Unreinheit ohne Wahrnehmung der Zweierheit und der undeutlichen Zweierheit treten auch bei der monotonischen Schwelle auf. Dagegen scheinen die erwähnte Plastizität des Eindrucks und das Verschmelzen nach einem kurzen Zeitabschnitte Phänomene zu bilden, die nur der dichotischen Schwelle vorbehalten sind. Liegen also bei der dichotischen Schwelle die Verhältnisse insofern einfacher, als hier die Schwebungen weniger störend sind, so wird dagegen durch die erwähnten Phänomene die Sachlage bei dem dichotischen Hören wiederum komplizierter.

Jenseits dieses Übergangsstadiums kam schließlich der Bereich der deutlichen, simultan wahrnehmbaren Zweierheit; aber auch in diesem Bereich schienen sich noch Stufen unterscheiden zu lassen, indem die zwei Töne als irgendwie zu

einem Ganzen zusammenhängend, oder als voneinander getrennt aufgefaßt wurden.

Das oben erwähnte Übergangsstadium war nicht immer deutlich ausgeprägt, indem manche Personen die Tendenz aufwiesen, vorwiegend entweder die deutliche Einheit oder die deutliche Zweiheit zu konstatieren. So war es namentlich bei SOLTYS. Bei CZAJKOWSKYJ dagegen war die unter 3. angegebene Form des Übergangsstadiums sehr oft vorhanden und zog sich durch ein relativ großes Intervall hin. Auch bei dem unmusikalischen, aber in psychologischen Beobachtungen sehr geübtem Dr. v. ALLESCH war die Sphäre, innerhalb welcher er an dem Eindruck merkte, daß dieser nicht einheitlich war, ohne doch in ihm zwei Töne deutlich unterscheiden zu können, weit ausgedehnt.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß, obwohl die Schwelle unbestreitbar vorhanden ist, ihre Bestimmung eigentümlichen Schwierigkeiten begegnet. Da das Stadium der deutlichen Einheit in dasjenige der deutlichen Zweiheit oft kontinuierlich durch mehrere Stufen hindurchgeht, so scheint das Setzen einer Grenze nicht frei von einer Willkür zu sein. Am richtigsten wäre es, jede Stufe für sich zu prüfen und so die totale Hörschwelle in eine Anzahl von Partialschwellen zu zerlegen. Freilich waren meine Versuche nicht geeignet, den Umfang jeder einzelnen dieser Stufen bei allen Beobachtern genau festzustellen. Ich arbeitete mit der Konstanzmethode, und da es dem Ziel der Versuche entsprach, sich über den Verlauf der totalen Schwelle zu orientieren, so mußten die dargebotenen Reize über ein ziemlich ausgedehntes Intervall verteilt werden. Dies wiederum zwang mich, die Reizabstände nicht zu klein zu machen, da es sonst unmöglich wäre, während eines Versuchstages das ganze Gebiet durchzuprüfen. Dabei handelte es sich nicht bloß um die Zeit, welche die umständliche Einstellung der darzubietenden Höhendifferenz am Tonvariator in Anspruch nahm, sondern vor allem darum, die Ermüdung zu vermeiden, die sich bei diesen Versuchen leicht bemerkbar machte. Zur genauen Abgrenzung aller Stufen würde es nötig sein, die Reizabstände viel kleiner zu machen, wozu aber erforderlich wäre, jeder Stufe eine besondere Versuchsserie zu widmen. Meine Versuche begnügen

sich damit, die Arten dieser Übergangsstufen aufzuweisen und die dadurch ermöglichte beträchtliche Ausdehnung der Schwelle zu konstatieren, ohne den Umfang jedes einzelnen Übergangsstadiums genau feststellen zu wollen.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verteilung der Einheits- und Zweiheitsurteile bei den Beobachtern S., P. und B.; die angegebenen Zahlen beziehen sich nur auf die Fälle, wo noch reine Einheit, bzw. zwei Töne deutlich wahrgenommen wurden. Die Gesamtzahl der Fälle betrug für jede dargebotene Differenz 12.

Tabelle der Urteile für die Beobachter S., P. und B.

	Differenz in Schw.	4	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Beob. S. {	2 Töne	0	0	1	5	8	11	11	12	12	12
	1 Ton	12	12	7	4	0	0	0	0	0	0
Beob. P. {	2 Töne	0	0	0	0	0	3	7	10	10	12
	1 Ton	12	12	12	10	6	0	2	0	0	0
Beob. B. {	2 Töne	0	0	0	0	0	3	6	8	12	12
	1 Ton	12	12	12	9	4	0	0	0	0	0

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, war die Differenz, bei der schon zwei Töne deutlich gehört wurden, durchschnittlich am geringsten bei SOLTYS; bei 10 Schwingungen Differenz gibt er in mehr als 50 % Fällen ein Zweiheitsurteil, während bei 8 Schwingungen Differenz diese Prozentzahl noch nicht erreicht ist. Die Schwelle liegt also zwischen 8 und 10 Schwingungen pro Sekunde. Bei zwei anderen Beobachtern liegt die Schwelle etwas höher, wobei ihre Lage für beide Personen ziemlich übereinstimmt; sie ist zwischen den Grenzen 12—14 Schwingungen pro Sekunde eingeschlossen. Man sieht auch, daß bei diesen Beobachtern im Vergleich mit SOLTYS das Gebiet größer ist, wo häufig die Urteile auftreten, die weder eine deutliche Einheit noch deutlich zwei Töne angeben. Das Gebiet, innerhalb dessen die Urteile dieser Kategorie zum Vorschein kommen, umfaßt ungefähr 8 Schwingungen.

Etwas paradox verhielt sich die Sache mit CZAJKOWSKYJ.

Während bei S. P. und B. mit Fortschritt der Versuche eine Verkleinerung der Schwelle aufzutreten schien, zeigte sich bei ihm im Laufe der Versuche eine Vergrößerung. Während er bei den Vorversuchen und am Anfang der eigentlichen Versuchsreihe bei 15 Schwingungen Differenz meistens zwei Töne hörte, berichtete er später bei dieser und bei noch höheren Differenzen, daß es ihm nur im ersten Moment gelinge zwei Töne zu unterscheiden, daß diese aber bald zusammenfließen; erst bei 25—30 Schwingungen Differenz tritt die Zweiheit deutlich auf die Dauer auf. Es ist nicht anzunehmen daß die sinnliche Erscheinung bei der gleichen Schwingungsdifferenz sich veränderte, weder in unserem, noch in seinem Falle. Aber während bei uns einfach die Übung das Urteil verfeinerte, scheint bei ihm der Maßstab für das, was man noch einen und was man schon zwei Töne zu nennen habe, sich verschoben zu haben, und zwar im Sinne einer strengeren Anforderung an den Begriff der Tonzweiheit. Daß dieser musikalische Beobachter (er hat vielfach Chöre dirigiert) für sukzessive Töne eine normale Unterschiedsempfindlichkeit besitzt, haben besondere Versuche dargetan.

Was nun den Ton anbetrifft, der bei unterschwelligem Differenzen der Primärtöne aus ihnen resultiert, so ist die Tatsache vielleicht nicht uninteressant, daß er, wie wir schon erwähnten, oft erst nach einer Weile einsetzt, während zunächst eine Zweiheit bemerkbar ist. Dieser Vorgang scheint etwas Analoges mit dem zu haben, was man oft beim stereoskopischen Betrachten der Bilder erlebt: auch da spürt man zuerst eine Zweiheit der Eindrücke, bis es den Augen gelingt, die getrennten Bilder zu vereinigen. Das dichotische Hören scheint für die Ohren etwas Ungewöhnliches zu sein, woran sie sich erst anpassen müssen. Eben aus dem Grunde wäre es unrichtig, im Erlebnis des ersten Momentes alle charakteristischen Merkmale des dichotischen Hörens finden zu wollen, und danach etwa die dichotische Unterscheidungsfähigkeit zu bestimmen.

Ein weiteres Analogon zu binokularen Erscheinungen bestand bei unseren Beobachtungen in dem für eine Form des Übergangsstadiums charakteristischen Alternieren der Empfin-

dungen; nur war hier der Wechsel niemals so zwangsmäßig und so rasch, wie er oft beim binokularen Wettstreit und zuweilen auch bei den Inversionsfiguren eintritt. Hauptsächlich schien die willkürliche Aufmerksamkeit maßgebend.

Die Urteile, die über die Höhe des resultierenden Tones abgegeben wurden, waren zu schwankend, als daß sie sich zu einem eindeutigen Ergebnis zusammenfassen ließen. Ich erwähne nur, daß dieser Ton in der Regel als zwischen den Primärtönen liegend geschätzt wurde. Bei kleinen Differenzen erschien er zuweilen tiefer als beide Primärtöne. In vielen Fällen lag er dem tieferen näher, obwohl über ihm. Bei größeren Differenzen kamen auch Urteile vor, die den resultierenden Ton als dem höheren näher liegend schätzten. Bei SOLTYS, der ein guter und zuverlässiger Beobachter ist, kamen vereinzelt auch Fälle vor, wo er ihn höher als beide taxierte.

§ 4. Bemerkungen zu den Resultaten.

Das Ergebnis der beschriebenen Versuche in bezug auf die Höhe der dichotischen Schwelle stimmt mit den Angaben STUMPFs, die er mit Stimmgabeln an sich selbst gewonnen hatte („zwischen 12 und 20 Schwingungen Differenz“), im allgemeinen überein. Eine genauere Vergleichung ist deshalb unmöglich, weil STUMPF die bei unseren Beobachtungen unterschiedenen Stufen des Urteils nicht gesondert behandelt.

Dagegen stehen meine Resultate mit den Ergebnissen MELATIS in Widerspruch. Woran dies liegt, kann ich nicht mit Sicherheit erkennen. Ein Umstand, der vielleicht die Diskrepanz erklären könnte, kommt später (S. 81) zur Besprechung.

Die Vergleichung mit den oben erwähnten pathologischen Fällen ergibt, daß die in diesen Fällen gefundenen Grenzen, innerhalb deren zwei verschiedene Töne noch einen Mittelton ergeben, im normalen Zustande durchschnittlich etwas engere sind als im pathologischen — bei v. LIEBERMANN und RÉVÉSZ konnte die Differenz etwa bis zu 20 Schwingungen gehen, bei STUMPF im pathologischen Fall etwa bis 40. Doch scheint mir kein Grund vorzuliegen, hier einen von den bisher beobach-

teten Erscheinungen wesentlich verschiedenen Vorgang anzunehmen.

In bezug auf die von STUMPF aufgeworfene Frage, ob beim normalen dichotischen Hören eine wirkliche Zwischentonbildung wie beim monotischen Hören oder nur ein Versagen der Unterscheidungsfähigkeit stattfindet, möchten wir uns der Entscheidung enthalten. Doch läßt sich soviel sagen, daß die Schwierigkeit, die Höhe des Mitteltones gegenüber den Primärtönen genauer zu bestimmen, welche STUMPF als Grund für die letztere Annahme geltend macht, sich auch hier gefunden hat. Andererseits wäre eine wirkliche Zwischentonbildung beim dichotischen Hören nicht etwa rein physiologisch ausgeschlossen. Man könnte sich hierüber folgende Vorstellungen machen:

Mit HELMHOLTZ und STUMPF nehmen wir an, daß der in die Schnecke eindringende physikalische Ton nicht nur die ihm genau entsprechenden Fasern reizt, sondern auch in abnehmendem Maße die benachbarten. Es ist also klar, daß bei kleinen Differenzen dichotisch zugeleiteter Töne auch diejenigen Fasern, welche den zwischen den beiden Tönen gelegenen Tonhöhen entsprechen, in beiden Ohren mitgereizt werden. Man könnte nun annehmen, daß diese Erregungen, im Zentralorgan angelangt, sich dort addieren und so die Kraft gewinnen, die den beiden Tönen adäquat entsprechenden physiologischen Prozesse zurückzudrängen oder eventuell in ihre eigene Energie hineinzuziehen. Das beim dichotischen Hören unvermeidliche Herüberfließen der Schallenergie durch die Kopfknochen von Ohr zu Ohr würde natürlich auch in demselben Sinne wirken, indem es dazu beiträgt, die Miterregung der zwischenliegenden Fasern zu verstärken. Auf Grund einer solchen Hypothese könnte das Entstehen des resultierenden Tones verständlich sein. Bei der großen Labilität zentraler Prozesse würden auch die von uns beobachteten Schwankungen in der Lage des Mitteltones nicht unbegreiflich sein.

Das gilt zunächst nur für normale Verhältnisse; es läßt sich aber von vornherein nicht behaupten, daß eine solche Erklärung nicht auch für die pathologischen Fälle möglich wäre, über die STUMPF und RÉVÉSZ berichten. Man könnte z. B. annehmen, daß infolge des krankhaften Zustandes der

nervösen Endorgane in der Schnecke die Dämpfung der Resonatoren geringer und die Zahl der miterregten Fasern entsprechend gröfser würde, so dafs im Vergleich mit den normalen Verhältnissen mehr Fasern als gewöhnlich miterregt würden, wobei diese Miterregung von einer Faser zu der anderen nicht so stark in ihrer Intensität herabgemindert wäre, wie es im gesunden Ohre der Fall ist. Macht man diese Annahme, so ist damit, wie leicht einzusehen ist, die Möglichkeit gegeben, den Mittelton beim Doppelthören ähnlich durch die Summierung der Reize im Zentrum zu erklären, wie wir es für den dichotisch resultierenden Ton in normalen Verhältnissen angedeutet haben.

Man kann auch die Ergebnisse unserer Untersuchungen über den Zusammenklang mehrerer wenig differierender Töne hier heranziehen.¹ Sie haben uns gezeigt, dafs die Überdeckung von Primärtönen durch den Zwischenton unter gewissen Umständen ziemlich weit gehen kann; nur mufs eine genügend starke Erregung der dazwischenliegenden Fasern, welche die Überdeckung bewirken sollen, vorhanden sein. Eine solche denken wir uns aber in unserem Fall des pathologischen Falschhörens durch die über das Normale hinausgehende Diffusion der Erregungen verursacht.

In der Weise würde sich vielleicht die Bildung des Mitteltones unter normalen und pathologischen Bedingungen des dichotischen Hörens verständlich machen lassen, ohne dafs man dabei mit RÉVÉSZ auf die Abtrennung der Qualität der Töne von ihrer Höhe und auf die Analogie mit der Farbmischung recurriert. Wir betonen aber ausdrücklich: unsere letzten Bemerkungen haben nicht den Zweck gehabt zu beweisen, dafs die Trennung von Qualität und Höhe, wie sie v. LIEBERMANN und RÉVÉSZ befürworten, nicht aus irgendwelchen Gründen aufrecht erhalten werden kann. Wir meinen nur, dafs die hier besprochenen Tatsachen uns vorläufig nicht zwingen, von der Hypothese der Abtrennbarkeit der Qualität von der Tonhöhe und der dadurch ermöglichten Mischung der Qualitäten Gebrauch zu machen.

¹ s. o. S. 1 ff.

§ 5.

Die Erscheinungen der simultanen Hörschwelle bei mehr als zwei dichotisch gehörten Tönen.

Meine Versuche über den Zusammenklang einer größeren Anzahl wenig verschiedener Töne haben gezeigt, daß diese unter gewissen Bedingungen einen gemeinsamen Zwischenton eventuell Mittelton ergeben können, ähnlich wie es bei zwei Tönen der Fall ist. Es lag nun nahe zu probieren, ob auch bei dichotischer Verteilung mehrerer Töne eine analoge Erscheinung zustandekommen kann. Meine Proben beschränkten sich hauptsächlich auf drei zusammenklingende Töne, von denen der eine gleichzeitig beiden Ohren zugeführt wurde, während zwei andere auf beide Ohren verteilt waren. Am klarsten gestalten sich die Verhältnisse in dem Spezialfall, wo der beiden Ohren zugeführte Ton seiner Höhe nach der mittlere unter den dreien ist. Bezeichnen wir diese drei Töne mit Rücksicht auf ihre Schwingungszahlen entsprechend durch a , $(a+x)$, $(a-x)$, so ist also das eine Ohr durch die Töne a und $(a+x)$, das andere durch a und $(a-x)$ affiziert. Ist nun x gering, dann bilden sich an beiden Ohren zwei ihrer Höhe nach verschiedene Zwischentöne, wie man bei sukzessivem Hören mit je einem Ohr leicht feststellen kann. Beim gleichzeitigen Hören können dagegen weder diese Zwischentöne noch die einzelnen Primärtöne auseinander gehalten werden; man hat dann den Eindruck, nur eine Tonhöhe wahrzunehmen, und zwar die mittlere. Es liegt natürlich ganz nahe, die Erscheinung ihre Erklärung darin finden zu lassen, daß der Ton a sozusagen doppelt so oft gegeben ist und dadurch eben imstande ist, die zwei übrigen Töne zu verdrängen. Aber diese Erklärung hat nur dann einen Sinn, wenn man eine gegenseitige Beeinflussung (periphere oder zentrale) der dichotisch vermittelten Töne zugibt; sonst wäre es nicht abzusehen, warum die beim sukzessiven Hören rechts und links auftretenden verschiedenen Zwischentöne sich nicht auch beim gleichzeitigen Hören erhalten könnten.

Was die Schwebungen anbetrifft, so ist es bemerkenswert, daß der Zusammenklang im Rhythmus x und nicht im Rhyth-

mus $2x$ schwebt, daß also die Schwebungen zwischen dem Tone $(a+x)$ und $(a-x)$ nicht zum Vorschein kommen.

Wie groß x noch sein kann, wenn die hier beschriebene Erscheinung stattfinden soll, habe ich nicht untersucht; bei $x =$ vier Schwingungen pro Sekunde ist sie jedenfalls gut zu beobachten.

Ist der beiden Ohren zugeführte Ton nicht genau der mittlere, sind also die drei Töne a , $(a+x)$ und $(a-x')$, wo x und x' voneinander wenig verschieden sind, so sind auch in diesem Fall die einzelnen Töne im Zusammenklang nicht unterscheidbar; die beiden Schwebungsrhythmen x und x' bestehen gleichzeitig nebeneinander, bei ungleicher Stärke kann aber der eine von ihnen verdrängt werden und zwar leichter der schnellere.

Ist x klein und x' etwas größer (z. B. $x=1$, $x'=3$), dann hört man sehr deutlich die dem langsamen Schwebungsrhythmus entsprechende Anschwellung des Tones, die viel stärker ist als dann, wenn die das schnellere Schwebungstempo erzeugenden Töne nicht erklingen, wenn also das eine Ohr objektiv frei ist. Dieser Umstand beweist, daß an dem Eindruck beide Ohren sich beteiligen, obwohl der jedem von ihnen dabei zukommende Anteil sich nicht isolieren läßt. Dagegen lassen sich die am rechten und am linken Ohr entstehenden Schwebungen (bei gleicher Stärke) nicht nur voneinander trennen, sondern auch richtig nach rechts und links lokalisieren. Es zeigen also die Schwebungen im Vergleich mit den Tönen eine größere Erhaltungskraft beim dichotischen Hören. Freilich gilt dies nur, wenn die Töne nicht zu stark die Ohren affizieren. Denn sonst hört man im Kopfe ein Dröhnen, in welchem nicht nur die einzelnen Töne, sondern auch die von rechts und links kommenden Schwebungsrhythmen ihre Selbständigkeit verlieren.

§ 6. Ergänzende Versuche über räumliche Erscheinungen bei dichotischer Zuleitung wenig verschiedener Töne.

In den bis jetzt besprochenen Versuchen handelte es sich darum, die dichotische Hörschwelle zu bestimmen. Dem-

entsprechend war die Aufmerksamkeit der Beobachter hauptsächlich darauf gerichtet, ob der dichotisch vermittelte Eindruck seiner Tonhöhe nach eine Einheit oder eine Zweiheit bilde. Die Beobachter kamen aber von selbst oft darauf, den Eindruck auch nach seinen räumlichen Eigentümlichkeiten zu beschreiben; es ließen sich danach gewisse Beziehungen zwischen den qualitativen und den räumlichen Merkmalen des dichotischen Eindrucks vermuten. Es war mir aber damals unmöglich, das Problem nach dieser Richtung weiter zu verfolgen. Erst ein Jahr später, als zum Zweck anderer Experimente eine für dichotische Versuche passende Einrichtung im Institut hergestellt wurde, ergriff ich die Gelegenheit, um mit der gütigen Erlaubnis von Herrn Geheimrat STUMPF die Beobachtungen in der eben angedeuteten Richtung weiter fortzusetzen. Leider konnten sich mir die bei vorigen Versuchen fungierenden Beobachter nicht wiederum zur Verfügung stellen, ich war also gezwungen, andere Personen als Beobachter heranzuziehen. Diejenigen drei Personen, die sich am meisten an den Versuchen beteiligten, waren: KURT LEWIN, stud. phil., Dr. phil. RIEFFERT und Dr. RUPP, Assistent des psychologischen Instituts. Gelegentlich beobachteten noch mehrere andere Personen, musikalische und unmusikalische.

Die Versuchsanordnung blieb im wesentlichen dieselbe, wie sie in den vorigen Versuchen angewendet wurde, nur kam jetzt eine Einrichtung hinzu, die es ermöglichte, beiden Ohren die Töne genau gleichzeitig zuzuführen.¹ Eine Änderung im Vergleich mit den vorigen Versuchen bestand auch darin, daß der Kopf der Beobachter während der Versuche mittels passender Einrichtung fixiert wurde, um die durch etwaige Bewegung des Kopfes ermöglichten Kriterien der Unterscheidung auszuschalten.

Während nun ähnlich wie vorher zwei Töne, deren Höhenunterschied innerhalb gewisser Grenzen variiert wurde, dichotisch dargeboten waren, versuchten die Beobachter nicht nur die qualitative Seite des Eindrucks zu beschreiben, sondern

¹ Sie ist beschrieben in meiner unmittelbar folgenden Arbeit über Lokalisation mehrerer Töne beim dichotischen Hören.

auch seine Lokalisationseigentümlichkeiten zu beobachten und zu Protokoll zu geben.

Als erstes Ergebnis dieser Versuche ist vor allem die Bestätigung der Resultate der vorigen Versuchsreihe zu verzeichnen. Auch diesmal liefs sich bei allen Beobachtern eine Schwelle nachweisen, unterhalb welcher die dichotisch zugeleiteten Töne eine qualitative Trennung nicht zuliefen, obgleich unter diesen Beobachtern auch Dr. v. HORNBOSTEL und Dr. ABRAHAM waren. Ihr ausgezeichnetes musikalisches Gehör und ihre grofse Übung in akustischen Beobachtungen leisten eine genügende Bürgschaft dafür, dafs das Nichtunterscheidenkönnen nicht etwa nur die Folge einer mangelnden Gehörsausbildung sei.

Der Umstand, dafs diesmal bei den Beobachtungen der Kopf fixiert war und die Töne den Ohren genau gleichzeitig zugeführt wurden, erweist zugleich die Hinfälligkeit eines etwaigen Einwandes, der die Richtigkeit der Resultate der vorigen Versuchsreihe eben wegen Fehlens dieser Anordnungsdetails beanstanden würde.

Es mufs aber folgendes erwähnt werden. Bei ganz kleiner Höhendifferenz der Primärtöne (etwa eine Schwingung pro Sekunde), wo sich der Verlauf des An- und Abschwellens beim resultierenden Tone deutlich verfolgen liefs, hatten manche Beobachter den Eindruck, dafs die Höhe des resultierenden Tones während der einzelnen Schwebung nicht konstant bleibe, sondern parallel mit der sich ändernden Tonstärke hinauf- und hinabgehe. Es schien also so, als ob die Resultante zwischen zwei Höhengrenzen hin und her pendelte, die vielleicht, was sich aber schwer konstatieren liefs, mit beiden Primärtönen zusammenfielen. Möglich ist es, dafs die Schwankung der Tonhöhe durch die Schwankung der Tonstärke nur vorgetäuscht wurde, möglich aber auch, dafs die bekannte Vertiefung eines Tones durch Verstärkung dabei mitspielte. Wird der Schwebungsrhythmus etwas schneller, dann verlieren sich diese Höhenschwankungen. Der resultierende Ton scheint nun dem Beobachter ein eindeutiger, echter Ton zu sein.¹ Interessant

¹ Der Vollständigkeit halber darf ich vielleicht noch erwähnen, dafs einer von meinen Beobachtern an manchen Versuchstagen die Ten-

ist dabei die Aussage von Dr. v. HORNPOSTEL, dem der dichotische Ton im Unterschied von den Primärtönen etwas eigenartiges zu besitzen scheint, das er als dessen „Breite“¹ bezeichnet; ein Ausdruck, welcher den Angaben mancher Beobachter über die „Vollheit“ des dichotischen Eindrucks zur Seite tritt.

Um nun den Lokalisationsverhältnissen des dichotischen Hörens näher zu treten, müssen wir von dem Grenzfall ausgehen, der noch unter den Begriff des diotischen Hörens fällt, dem Falle, wo die beiden getrennt zugeleiteten Primärtöne ihrer Höhe und ihrer Intensität nach gleich sind, oder, was auf dasselbe hinauskommt, wo ein Ton mit gleicher Stärke auf beide Ohren verteilt wird. Es ist bekannt, daß sich unter diesen Umständen eine sogenannte „intrakranielle“ Lokalisation des Toneindrucks ausbilden kann, wobei der Ton im Inneren des Kopfes bald mehr nach vorne, bald mehr hinten (dieses ist öfters der Fall) gehört wird. Auch kommt es vor, daß der Ton nach ausen (vorne oder hinten) verlegt wird; es kommt auch vor, daß der Ton gleichzeitig im Kopf und in dem den Kopf umgebenden Raum lokalisiert wird.

Welche von diesen Formen die Lokalisation des Tones annimmt, hängt zum Teil von der Intensität des Tones ab, läßt sich aber nicht ohne Rest auf diesen Faktor zurückführen. Die ursprüngliche Veranlagung der Person spielt dabei eine bedeutende Rolle. Die individuellen Unterschiede betreffen dabei nicht nur den Ort, wohin der Ton verlegt wird, sondern auch dasjenige Moment am Tone, was man dessen Materialisierung nennen könnte. Der Ton kann nämlich zum Raume nicht nur dadurch in Beziehung treten, daß er irgendwo gehört wird; sondern er kann auch unter gewissen Umständen räumliche Dimensionen anzunehmen scheinen, so

denz zeigte, bei allen, auch den kleinsten Differenzen der Primärtöne eine Zweiheit herauszuhören. Diese Zweiheit schien aber auch dann zu bestehen, wenn nur ein Ton dichotisch zugeführt wurde. Lag nicht eine solche Täuschung den Aussagen mancher Versuchspersonen MELATIS zugrunde, die bei ganz minimalen Höhendifferenzen zwei Töne zu hören glaubten?

¹ Vergleiche dazu STUMPF, Tonpsychologie II, 538 (Anmerkung), wo er über die „Verbreiterung“ der Töne beim zweiohrigen Hören spricht.

daß er dann eine umgrenzte Gestalt bekommt, die er mit einer gewissen Dichtigkeit ausfüllt. Eben diese letzte Art von räumlicher Tonauffassung ist es, zu der verschiedene Personen in einem sehr ungleichen Maße neigen. Wenn ein in dieser Hinsicht stark disponierter unter meinen Beobachtern (Herr LEWIN) in einem speziellen Fall angibt, daß der von ihm gehörte eine Ton ungefähr die Form einer Kugel von ca. 3 cm Durchmesser besitzt, die er dicht ausfüllt, und daß er dabei von einem anderen Ton umgeben ist, der im Raum diffus ausgedehnt ist, so wird eine solche Aussage manchen ziemlich unverständlich erscheinen, während sie für andere einen guten Sinn haben mag. Uns interessiert hier diese Art des räumlichen Hörens insofern, als eben das diotische Hören eines beiderseits durch Schläuche gesondert zugeführten Tones bei genügender Intensität desselben eine solche „Materialisation“ des Tones begünstigt.

Bemerkenswert ist diese „Materialisierung“ der Töne unter anderem auch aus dem Grunde, weil sich an ihr manches Analoge zu den auf dem optischen Gebiete als Raum- und Flächenfarben bezeichneten Erscheinungen zeigt. Dem Beobachter L. drängten sich diese Ähnlichkeiten während der Versuche von selbst auf, so daß er sich darüber spontan äußerte. Die Art, wie der Ton einen Raum auszufüllen scheint, hat etwas Ähnliches mit der Art, wie die Raumfarbe den Raum erfüllt; und wiederum die Art, wie ein solcher „Raumton“ gegen den tonfreien Raum abgegrenzt ist, scheint oft durch seine eigenartige Unbestimmtheit ein Analogon der Flächenfarbe zu bilden.

Wir haben schon oben bemerkt, daß diese „Materialisation“ des Tones sich erst bei einer genügenden Intensität einstellt; ist seine Intensität geringer, so tritt dann leicht das Stadium der unbestimmten Lokalisation ein. Auf die Frage: wo ist der Ton? antworten in diesem Stadium die Beobachter, er sei eigentlich nirgends, oder, wie sich andere ausdrücken, er sei in einem Raum, der mit dem wirklichen, den Beobachter umgebenden Raum nichts zu tun habe. Wird die Aufmerksamkeit auf die Ohren konzentriert, so glauben manche Beobachter etwas von dem Ton dort zu hören,

während andere angeben, daß sie an den Ohren selbst nichts merken. Der zweite Fall löst auch oft von selbst den ersten ab, wenn man den Eindruck etwas längere Zeit auf sich ruhig wirken läßt. Sind die Intensitäten des von rechts und links kommenden Tones nicht gleich, so wird, wie bekannt, der Eindruck auf die Seite der stärkeren Komponente verlegt, es wird, wie sich manche ausdrücken, der schwächere Ton „verdrängt“.

Kommen wir jetzt zu dem Fall, wo die beiden getrennt zugeleiteten Töne ihrer Höhe nach etwas differieren, so lassen sich die nun auftretenden räumlichen Eigentümlichkeiten des Eindrucks folgendermaßen charakterisieren: Der aus zwei verschiedenen Primärtönen resultierende dichotische „Zwischenton“ verhält sich in räumlicher Beziehung ähnlich wie der diotisch zugeführte einfache Ton. Auch er wird also entweder im Kopf oder im Raum außerhalb des Kopfes oder unbestimmt lokalisiert. Ebenso ist es auch bei ihm möglich, das Stadium herbeizuführen, wo der ganze Toneindruck nur auf der einen Kopfseite lokalisiert wird, wo also die schwächere Komponente räumlich „verdrängt“ erscheint. Es existiert also beim dichotischen Hören neben und infolge einer qualitativen Schwelle auch eine räumliche Schwelle; die wenig verschiedenen von rechts und links kommenden Töne können nicht richtig nach rechts und links lokalisiert werden, weil sie im Eindruck qualitativ nicht differenziert sind.

Die Frage ist nun die, ob beide Schwellen ihrer Größe nach zusammenfallen, ob also die Töne, die schon qualitativ als zwei richtig unterschieden werden, gleichzeitig auch richtig ihre Lokalisation nach rechts und links erhalten. Wie meine Versuche zeigen, verhält sich die Sache im großen und ganzen auch wirklich so; zwei Töne, die deutlich gleichzeitig dichotisch als verschieden perzipiert werden, werden in der Regel auch richtig nach rechts und links lokalisiert. Immerhin sind Ausnahmen möglich (und zwar auch bei musikalischen), die in dem an die qualitative Schwelle grenzenden Gebiet vorkommen. So wird in dem Stadium, wo es möglich ist, aus dem dichotischen Ein-

druck sukzessive zwei Tonhöhen herauszuhören, von den Versuchspersonen manchmal angegeben, sie können diese Tonhöhen in keine Beziehung zu rechts und links bringen. Solche Aussagen kamen bei Dr. RUPP vor, der auch einmal angegeben hat, beide Töne zugleich hören zu können, ohne sie rechts und links zu lokalisieren; dafür sah er sie vorne vor sich in Notenzeichen optisch gegeben. Bei Herrn LEWIN zeigten sich zuweilen Schwankungen und subjektive Unsicherheit in bezug auf die Lokalisation sukzessiv heraushörbarer Töne; auch hatte er einmal angegeben, die Töne hätten ihre Lage in bezug auf rechts und links geändert, was objektiv nicht der Fall war. Fälle einer solchen Unsicherheit bei zwei nur schwer zu unterscheidenden Tönen habe ich zuweilen auch an mir selbst beobachtet. Dafs es also eine Zone gibt, wo die qualitative und die räumliche Schwelle nicht immer genau Schritt halten müssen, halte ich für sicher; eine feste Regel liefs sich aber dafür nicht aufstellen. Abgesehen von diesen Ausnahmen gehen beide Schwellen parallel und die qualitative Unterscheidung findet oft in der räumlichen ihre Stütze. So gelingt es zuweilen im ersten Moment nicht, im Eindruck zwei der Höhe nach verschiedene Töne zu hören; wandert man aber mit der Aufmerksamkeit von einem Ohr zum anderen, so wird bemerkt, „dafs es an einem Ohr etwas höher, am anderen etwas tiefer klingt“. Bei den den Töneindruck „materialisierenden“ Personen, wobei dieser ihnen oft den Kopf in der Form eines Ringes oder Halbringes zu umgeben scheint, kommt vor, dafs sie innerhalb der diffusen Tonmasse zwei mehr nach rechts bzw. links gelegene Dichtigkeitszentra bemerken, die als Quellen zweier verschiedenen Tonhöhen erscheinen. Das Parallelgehen der qualitativen und der räumlichen Trennung kommt auf eine interessante Art bei Beobachter RIEF. zum Vorschein. Solange der Ton qualitativ noch einheitlich ist, erscheint er ihm seiner räumlichen Beschaffenheit noch als eine undifferenzierte Masse, die sich von einem Ohr zum anderen teils innerhalb, teils ausserhalb des Kopfes hinzieht. Bei wachsender Höhendifferenz der Primärtöne zerfällt diese Masse in drei Teile, von denen der eine median gelegen ist, während die zwei übrigen rechts und links von ihm in der Nähe der Ohren ihre Stellung nehmen und zur

Quelle zweier verschiedenen im Eindruck enthaltenen Tonhöhen werden. Je größer die Differenz der Primärtöne, desto weniger räumlich ausgedehnt wird der mittlere Teil und zwar zugunsten der beiden seitlichen, die unterdessen immer wachsen; allmählich verwandelt er sich in eine dünne, die beiden rechts und links gelegenen Töne trennende Schicht, um schließlich bei noch größerer Höhendifferenz gänzlich zu verschwinden.

Wenn bei einem dichotischen Tonpaar schon beide Schwellen, sowohl die qualitative als auch die räumliche, überschritten sind, das heißt also, wenn beide Töne schon deutlich simultan als verschieden gehört und richtig nach rechts und links lokalisiert werden, so hören dann die Töne noch lange nicht auf, einander in ihren räumlichen Eigenschaften zu beeinflussen. Wie mehrere meiner Versuchspersonen einstimmig angeben, erscheinen beide Töne, wenn dichotisch gehört, bei genügender Intensität ziemlich breit an der einen und der anderen Kopfseite ausgedehnt, so daß sie sich in der Medianebene zu berühren scheinen; dabei sind sie zwar richtig nach rechts und links lokalisiert, sie sitzen aber nicht in den Ohren. Wird nun der eine von den Tönen weggenommen, dann scheint in demselben Moment der zweite, alleinbleibende zusammenzuschumpfen, klein zu werden, und sich in das Ohr zurückzuziehen.

§ 7. Die Erscheinungen bei verschiedener Klangfarbe der beiden Töne.

Alles, was bis jetzt sowohl über die simultane Hörschwelle wie auch über die Lokalisationsphänomene gesagt wurde, gilt für die Töne, die zwar nicht ganz obertonfrei, immerhin aber arm an Obertönen und in ihrer Klangfarbe einander ähnlich sind. Sind die Klangfarben unähnlich, dann kommen alle die früher beschriebenen Erscheinungen nicht zum Vorschein oder werden wenigstens sehr abgeschwächt. Führt man z. B. den Ton einer Flasche und den eines Zungenapparates getrennt beiden Ohren zu, so verschmelzen die Klänge nicht zu einer qualitativen Einheit, sondern werden auch bei kleinsten Höhen-

unterschieden, ja bei Höhengleichheit deutlich voneinander unterschieden.¹ Es ist also nicht statthaft, Ergebnisse, die man mit einer gewissen Art von Tönen bekommen hat, ohne weiteres auf die Töne mit beliebiger Klangfarbe auszudehnen. In dieser Hinsicht erfordern die elektrisch getriebenen Stimmgabeln eine besondere Vorsicht; da sie starke Obertöne geben, so läuft man, wenn man mehrere von ihnen gleichzeitig gebraucht, immer Gefahr, daß ihr Klangcharakter ungleich sein kann. Unter diesen Umständen wäre es nach dem oben Gesagten erklärlich, daß die Versuche mit ihnen in bezug auf die dichotische Schwelle negative Resultate geben können. Ich halte es für nicht ausgeschlossen, daß die Ergebnisse MELATIS zum Teil wenigstens durch diesen Umstand bedingt sind.

Die Verhältnisse liegen hier also beim dichotischen Hören ähnlich wie beim gewöhnlichen diotischen, ja sogar beim monotischen Hören, wo, wie STUMPF hervorgehoben hat, auch eine solche Trennung klangverschiedener Töne vorkommt.² Mit der qualitativen Trennung geht beim dichotischen und diotischen Hören auch die räumliche einher, indem solche auf Grund ihrer Klangunähnlichkeit auseinandergehaltene Töne als rechts und links lokalisiert erscheinen.

Zum Schluß will ich noch die Frage berühren, ob nicht zwei klangunähnliche aber ihrer Höhe nach wenig verschiedene, getrennt zugeleitete Töne einander in dem Sinne beeinflussen können, daß sie, trotzdem sie als zwei klangverschiedene Töne erkannt werden und auch räumlich auseinandertreten, dennoch ihre Tonhöhen gegenseitig zu einer gemeinsamen Resultante ausgleichen. Das Problem ist schon für das monotische Hören nicht leicht zu entscheiden. Aus theoretischen Gründen muß unter diesen Umständen die Bildung eines Zwischentones postuliert werden. Bei der Beobachtung scheint aber der schärfere Ton (z. B. des Tonmessers) durch das Hinzutreten eines

¹ Die Trennung klangunähnlicher Töne durch ihre Verteilung nach rechts und links erwähnt schon STUMPF, Tonpsychol. II, 546f.

² Tonpsychol. II, 396 Anm. Es könnten hierher auch die Fälle gehören, in denen von Ohrenkranken ein sog. Echo, im Ohre lokalisiert, vernommen wird. Vgl. daselbst I, 273 den Fall des Kaufmanns.

ungleich hohen milderen Tones (z. B. einer Flasche) in seiner Tonhöhe ungeändert zu bleiben, wogegen der weichere Ton seine Tonhöhe derjenigen des schärferen Tones anzunähern scheint. Beim dichotischen Hören bzw. getrennter Zuleitung scheinen die Verhältnisse ähnlich zu liegen (systematisch habe ich dieses Problem nicht untersucht, sondern nur gelegentlich einige diesbezügliche Beobachtungen gemacht). Eine qualitative Beeinflussung dichotisch gehörter, wenig verschiedener Töne wäre also in diesem Sinne auch im Fall ihrer klanglichen Unähnlichkeit vorhanden; aber sie fände nicht im Sinn einer Mitteltonbildung statt, sondern im Sinn einer (scheinbaren oder wirklichen) einseitigen Assimilation.
