

(Aus dem Psychologischen Institut der Universität Berlin.)

## Versuche über die Lokalisation beim dichotischen Hören.<sup>1</sup>

Von

STEFAN BAILEY.

(Mit einem Anhang von C. STUMPF.)

### Einleitende Bemerkungen.

Dafs unser akustischer Raumsinn eine ziemlich fein ausgebildete Fähigkeit besitzt, zu entscheiden, ob der gehörte Schalleindruck von rechts oder von links kommt, ist eine in der psychologischen und physiologischen Literatur oft erwähnte Tatsache. Dabei ist in der Regel der Fall gemeint, wo nur ein einziger Ton (ev. Geräusch) gegeben ist, über den die Entscheidung getroffen wird. Nun kann man aber die Frage aufwerfen, ob diese Unterscheidungsfähigkeit zwischen rechts und links auch dann erhalten bleibt, wenn mehrere Schallreize, die teils von der rechten und teils von der linken Kopfseite kommen, gleichzeitig die Ohren affizieren, und wenn es auferdem unmöglich ist, durch die Annäherung an die einzelnen Schallquellen oder durch Kopfbewegungen die für die Lokalisation einzelner Töne günstigen Bedingungen sukzessive herzustellen.

Dafs es bei zwei gleichzeitig erklingenden Tönen möglich ist, ohne Hilfe von Kopfbewegungen zu erkennen, welcher von ihnen von rechts und welcher von links kommt, haben

---

<sup>1</sup> Über den Ausdruck „dichotisch“ siehe die vorangehende Abhandlung S. 58.

STUMPF und v. KRIES durch Versuche bewiesen.<sup>1</sup> Das Ziel unserer, auf Anregung von Herrn Geheimrat STUMPF eingeleiteten Untersuchungen war, die Sachlage für mehr als zwei gleichzeitige Töne zu erforschen und zwar im Fall des dichotischen Hörens, wo also jeder der zusammenklingenden Töne nur je einem Ohr zugeführt wurde.

### Versuchs-anordnung.

Ich beginne mit der Angabe der Tonquellen. Es kamen zur Anwendung: die Kugelflaschen der im hiesigen Institut befindlichen Flaschenorgel, ferner zylindrische durch Eingießen von Wasser zu stimmende Flaschen, Holzpfeifen, zwei EDELMANNsche Pfeifen<sup>2</sup> und eine Galtonpfeife. Es wurden also nur Pfeifentöne benutzt, um eine möglichst weitgehende Gleichartigkeit der Toneindrücke zu erzielen. Jedes Instrument befand sich in einem mit Watte ausgepolsterten oder mit einem dicken Tuch eingewickelten Holzkasten. Der Kasten hatte zwei Öffnungen; durch die eine wurde der vermittels eines elektrisch getriebenen Gebläses erzeugte Luftstrom mit einem Schlauche dem Instrumente zugeführt, durch die andere wurde der im Instrument erzeugte Ton vermittels eines zweiten Schlauches weggeleitet. Der Ton wurde in der Regel durch einen in den Kasten hineingelegten Resonator aufgefangen; die Ausnahme bildeten sehr hohe Töne, bei welchen der Resonator durch einen Trichter ersetzt war. Die durch die Anwendung von Kästen angestrebte gegenseitige Isolierung der Töne wurde zum Teil auch dadurch erhöht, daß die Instrumente immer auf zwei Zimmer verteilt waren.

Die Zuleitung der Töne geschah folgendermaßen: Zwei lange, parallel zueinander laufende Röhren verbanden die beiden Zimmer, wo die Instrumente aufgestellt waren, mit

<sup>1</sup> STUMPF, Tonpsychol. II, 52 ff. — v. KRIES, *Zeitschr. f. Psychol.* I, 248 ff. v. KRIES' Abhandlung erschien kurz nach dem II. Bande der Tonpsychologie, der aber v. KRIES bei der Veröffentlichung noch nicht bekannt war (*Zeitschr. f. Psychol.* I, 488).

<sup>2</sup> Die zur „kontinuierlichen Tonreihe“ gehörigen EDELMANNschen Pfeifen müssen mit genauer Regulierung der Windgebung benutzt werden, da sie sonst leicht sehr störende Neben- oder Überblasungstöne geben.

dem Beobachtungszimmer, wobei sie einen aus zwei weiteren Zimmern bestehenden Zwischenraum passieren mußten. Die eine dieser Röhren hatte die Bestimmung, jedesmal die dem rechten Ohr zuzuführenden Töne aufzunehmen, die andere besorgte dasselbe für das linke Ohr. Zu diesem Zwecke verzweigten sich beide Röhren an ihren im Tonquellenraum befindlichen Endstücken in eine grössere Anzahl von Armen; auf diese wurden nun die von den Instrumentenkästen kommenden Schläuche in beliebiger Anzahl aufgesetzt.

An den anderen, und zwar an den im Beobachtungszimmer befindlichen Endstücken der Röhren setzten die Schläuche an, durch welche die Töne zu den Ohren des Beobachters gelangten. Der Beobachter saß während der Versuche auf einem Stuhl, wobei sein Kopf zwischen zwei gepolsterte Eisenringe zu liegen kam, die ihn von beiden Seiten einfaßten und seine Bewegungen unmöglich machten. Die Endungen der von den Röhren kommenden Schläuche waren dicht an den Ohröffnungen fixiert; sie konnten durch passende Einrichtung beliebig nahe herangebracht werden, blieben aber nach der Adaptierung in einer festen Lage.

Einen wichtigen Bestandteil der Anordnung bildete der Schalter, dessen Bestimmung war, allen Tönen den Zugang zu beiden Ohren gleichzeitig freizumachen oder abzusperren. Nach manchen mißlungenen Versuchen, einen solchen Schalter zu konstruieren, bewährte sich schliesslich folgende Schaltervorrichtung, deren Vorschlag ich Herrn KURT LEWIN verdanke. Sie bestand aus zwei gleichen quadratischen, dicht aneinanderliegenden Holzbrettern, von denen das eine an die Wand festgeschraubt und das andere um eine zu den beiden Brettern senkrechte und sie in der Mitte treffende Achse drehbar war. Jedes Brett besaß zwei Löcher, deren Zentren auf einer die Achse schneidenden geraden Linie in gleicher Entfernung von ihr gelegen waren. Die Entfernung beider Löcher voneinander war auf beiden Brettern gleich. Es ist daraus ersichtlich, daß man die Bretter durch die Drehung des beweglichen Stückes in eine solche Stellung bringen konnte, daß die Löcher beider Bretter übereinander kamen, so daß man durch beide Bretter an zwei Stellen hindurchsehen konnte (Stellung B der Bretter). Drehte man nun das bewegliche Brett um 90 Grad weiter, so

bildeten die Verbindungslinien der Löcher auf beiden Brettern ein Kreuz; es wurden also die Löcher eines Brettes durch die Fläche des anderen verdeckt (Stellung A). Ein am beweglichen Brett angebrachter Griff ermöglichte es, die Drehung aus der Stellung A in die Stellung B rasch und bequem auszuführen. Ein Stift am unbeweglichen Brett gestattete dem beweglichen nicht, sich über die Stellung B hinaus noch weiter zu drehen. Die Drehung konnte also prompt und sicher mit der Hand gemacht werden, ohne die Gefahr, über das Ziel hinauszukommen.

Dieser Schalter wurde in dem vor der Beobachtungskammer liegenden Überleitungszimmer so angebracht, daß die Leitungsröhren durch ihn hindurchgingen. Sie wurden zu diesem Zwecke an einer Stelle dicht an der Wand durchgeschnitten; die nun dadurch auf beiden Seiten des Schnittes freigelegten Endstücke wurden entsprechend in die Löcher des Schalters eingesteckt und zwar so, daß die ganz kurzen an der Wand befindlichen, in die Löcher des unbeweglichen, an die Wand festgeschraubten Brettes hineinkamen. Drehte man jetzt das bewegliche Brett, so mußten auch die in seinen Löchern steckenden Endstücke beider Röhren diese Bewegung mitmachen; dabei wurden die Röhren selbst etwas umgebogen, was aber wegen ihrer Länge leicht geschehen konnte, ohne daß sie dabei gebrochen oder dauernd gekrümmt wurden.

Je nachdem nun die Bretter entweder die Stellung A oder die Stellung B zueinander einnahmen, wurden die Endstücke der Röhren innerhalb des Schalters durch die Bretter abgedeckt oder sie standen miteinander in Verbindung. Bei der Stellung A wurden also die vom Tonquellenraum kommenden Töne am Schalter aufgehalten, bei der Stellung B hatten sie freien Zutritt in die Beobachtungskammer. So konnte man durch einen Ruck am Griff die Töne momentan ein- und ausschalten. Es darf noch hinzugefügt werden, daß die Innenseiten der Bretter mit Filz und Leder gut ausgepolstert waren, um das Herüberkommen der Töne durch die Bretter hindurch zu verhindern.

Wie aus der Konstruktion des Schalters zu ersehen ist, erfolgte die Einschaltung der Töne für beide Röhren streng gleichzeitig. Dies wurde durch die Beobachtungen bestätigt;

man merkte kein Nacheinander zwischen den von rechts und von links kommenden Gehörseindrücken. Sie waren auch sogleich in voller Stärke da, wenn nur die Bewegung am Schalter genügend rasch ausgeführt wurde.

Der Verlauf des Versuches gestaltete sich folgendermaßen. Dem Beobachter wurde zuerst die Gelegenheit gegeben, sich im Instrumentenraum mit den Tönen, die in der nächsten Serie der Versuche angewandt werden sollten, vertraut zu machen. Er prägte sich diese Töne ein, wobei das absolute Tonbewußtsein sehr behilflich war, und wenn ihre Anzahl größer war, notierte er sie auch auf einem Zettel. Sodann kam die Probe im Beobachtungszimmer; der Beobachter kontrollierte, ob die Töne in genügender Intensität herüberkamen, so daß man sie dort nicht nur jeden für sich hören, sondern im ganzen Tonkomplex wiederfinden konnte. Es wurde dabei auch versucht, durch Verschiebung der Resonatoren in den Kästen alle Töne subjektiv gleich stark zu machen, was nicht immer gelang; dann mußte man sich damit begnügen, daß sie deutlich beim gleichzeitigen Erklingen voneinander unterschieden werden konnten. Freilich war es bei acht oder zehn Tönen keine leichte Sache und erforderte immer sehr viel Zeit und Mühe.

Erst nach diesen Vorbereitungen fingen die eigentlichen Versuche an. Der Kopf des Beobachters wurde fixiert, und der Versuchsleiter stellte bei abgeschlossenen Röhren die zu prüfende Kombination von Tönen her, indem er die von den Kästen führenden Schläuche auf die Arme der Gabelung aufsetzte. War er damit fertig, so gab er mit einer elektrischen Klingel das Zeichen einer zweiten Person, welche im Zwischenraum den Schalter bediente. Diese gab wiederum ihrerseits dem im anliegenden Beobachtungszimmer befindlichen Beobachter ein Achtungssignal und sperrte dann den Schalter auf. Der Beobachter versuchte nun die gehörten Töne zu lokalisieren; war er damit fertig, so gab er ein Signal und daraufhin wurde der Schalter umgedreht. Der den Schalter bedienende Herr stellte zugleich mit einer Stoppuhr die Zeiten fest. Der Versuchsleiter ging nun dazu über, eine neue Kombination von Tönen herzustellen, und dann wiederholte sich alles wie vorher.

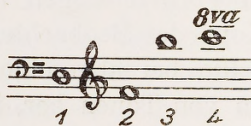
Als Beobachter fungierten die Herren Geheimrat STUMPF, Dr. v. HORNPOSTEL und Dr. ABRAHAM. Die sehr große Übung aller drei Beobachter in akustischen Analysen sowie ihre ausgezeichnete musikalische Begabung, welche ihnen gestattete, die gehörten Töne sogleich nach ihrer Stellung in der Ton-skala zu qualifizieren, waren nicht nur eine günstige, sondern eigentlich unumgängliche Bedingung der Ausführbarkeit der Versuche; denn es galt nicht nur, den gehörten Eindruck in seine Komponenten zu zerlegen, was bei acht oder zehn Tönen schon eine Leistung für sich ist, sondern auch, jeden dieser Komponenten zu identifizieren und endlich zu lokalisieren.

### Versuche.

#### A) Versuche bei bekannter Anzahl der jedem Ohr dargebotenen Töne.

1. Versuche mit vier diskordanten Tönen von großem Abstände.

Die ersten Versuche wurden mit vier Tönen gemacht, deren Zusammenklang keinen harmonischen Klang ergab, und welche Abstände von mehr als einer Oktave untereinander hatten:



Die Töne 1, 2 u. 3 kamen von Flaschen, der Ton 4 von einer Zinnpfeife.

Die Versuche waren nur insofern wissentlich, als der Beobachter von vornherein wußte, was für Töne dargeboten wurden, und daß zwei von ihnen rechts, andere zwei links gegeben wurden. Seine Aufgabe bestand darin, festzustellen, welche zwei von rechts und welche von links kommen.

An Beobachter St. wurden mit diesen vier Tönen sechs Versuche gemacht, wobei alle möglichen Kombinationen zur Beurteilung kamen. In allen Versuchen entsprach das Urteil der objektiven Verteilung der Töne. Die Zeit, die nötig war, um das volle Urteil abzugeben, schwankte zwischen 7—14 Sek.

Durchschnittlich betrug sie 11 Sek. Der Beobachter hatte in jedem Fall die absolute Gewissheit, die Aufgabe richtig gelöst zu haben. Der Prozess der Lokalisierung vollzog sich derart, daß St. die Aufmerksamkeit zuerst auf das linke Ohr richtete und nach den Tönen suchte, die auf dieser Kopfseite waren; dann tat er dasselbe mit dem anderen Ohr.

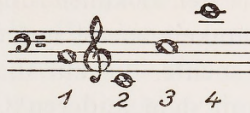
Mit denselben Tönen wurden nachher an A. experimentiert. Die Versuche erstreckten sich auf zwei Tage, ihre Zahl betrug fünfzehn. Bemerkenswert war die wachsende Übung, die in der Verkürzung der Lokalisationszeit zum Vorschein kam. Am ersten Tage dauerte sie bei einzelnen Versuchen bis zu einer Minute, während sie am zweiten Tage zwischen 7—24 Sek. schwankte.

In zwölf Versuchen hat dabei A. mit Sicherheit geurteilt und ganz richtig, in zwei Versuchen fehlte ein Ton, die übrigen waren richtig lokalisiert, in einem einzigen Fall kam eine Verwechslung vor, indem zwar der Ton 1 richtig rechts und der Ton 4 richtig links lokalisiert, die Töne 2 und 3 jedoch verwechselt wurden; der Beobachter gab dabei zu Protokoll, die mittleren Töne nicht deutlich gehört zu haben.

Bei der Lösung der Aufgabe verfuhr A. etwas anders als St. Er richtete nicht die Aufmerksamkeit nach rechts und links, sondern liefs den Eindruck als Ganzes auf sich wirken; aus diesem Ganzen sprangen dann die einzelnen Töne heraus und erschienen dabei sogleich als von rechts oder von links kommend. Meldeten sich aber derart nicht alle Töne von selbst, so wurde nach ihnen gesucht.

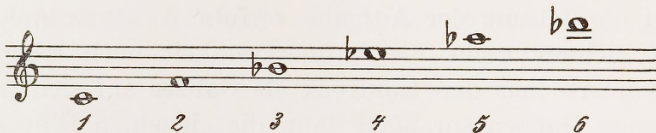
2. Versuche mit vier Oktavtönen. Die in den ersten Versuchen dargebotenen Töne bildeten miteinander Intervalle, welche der Verschmelzung wenig günstig waren. Man konnte nun vermuten, daß dieser Umstand, der die Analyse des Zusammenklanges erleichterte, auch die Richtigkeit der Lokalisation fördern könnte. Es war also mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Lokalisationsfähigkeit, die sich für diese Töne gut bewährt hatte, vielleicht bei anderen, der Verschmelzung günstigen Intervallen versagen würde. Es wurde deswegen eine Probe mit vier anderen Tönen gemacht, die miteinander Oktaven bildeten und also unter

optimalen Verschmelzungsbedingungen zueinander standen. Es waren die Töne:



Die Töne 1, 2 und 3 kamen von Flaschen, der Ton 4 von einer EDELMANNschen Pfeife. Die Technik der Versuche war der vorigen ganz analog. Als Beobachter fungierte St. Alle sechs Kombinationen wurden zur Beurteilung dargeboten und alle sicher und richtig erkannt. Subjektiv erschien die Aufgabe nicht schwieriger als bei den vorigen Tönen. Auch sonst wurde etwas Besonderes im Gegensatz zu den vorigen Versuchen nicht bemerkt. Die Erkennungszeiten schwankten zwischen denselben Grenzen wie früher. Es wurden deswegen keine weiteren Versuche mit Oktaven gemacht, sondern wir gingen gleich zu 6 Tönen über.

3. Versuche mit sechs Tönen. Es wurden folgende sechs Töne genommen, die, wie man sieht, eine Quartenreihe bildeten:



Der Ton 1 kam von einer Zinnpfeife, 2 und 3 von Flaschen, 4 und 5 von Holzpfeifen, 6 von der EDELMANNschen Pfeife. Diese Töne waren auf beide Ohren zu drei in verschiedenen Kombinationen verteilt; der Beobachter wufste nicht, welche Kombination gegeben wurde, er wufste aber, daß rechts drei und links drei Töne zur Darbietung kommen würden. Es waren also diese Versuche wissentlich und unwissentlich in demselben Sinne wie die vorigen.

Zuerst wurden an St. zwölf Versuche gemacht, wobei jedesmal eine andere Kombination gegeben wurde. So wurden zwar nicht alle möglichen erschöpft, es kamen aber alle wichtigsten, typisch verschiedenen Fälle zur Beurteilung, darunter der Fall, wo alle drei einem Ohr zugeführten Töne tiefer waren als diejenigen am anderen Ohr (rechts: 1, 2, 3, links: 4, 5, 6



und umgekehrt), ferner der Fall, wo sowohl der höchste wie der tiefste Ton auf derselben Kopfseite erklangen (z. B. rechts: 1, 4, 6, links: 2, 4, 5) und andere.

Die Lokalisation wurde richtig vollzogen mit Ausnahme eines einzigen Falles, wo eine Verwechslung stattgefunden hat. Es wurde damals dargeboten: rechts 3, 4, 6, links 1, 2, 5, und geurteilt wurde: rechts 3, 4, 5, links 1, 2, 6. In einem Fall wurde ein Ton gar nicht gehört. Die Dauer der Lokalisation schwankte zwischen 20 Sek. und 1 Minute.

Beim Lösen der Aufgabe wendet St. jetzt eine andere Methode an, als dies bei vier Tönen der Fall war. Er sucht jetzt nicht, was rechts und was links gegeben ist, sondern er sucht nach bestimmten Tönen, die er sich zuerst in der Vorstellung vergegenwärtigt. Er fängt dabei mit dem tiefsten Ton an; nachdem er sich diesen Ton innerlich vorgestellt hat, wobei er sich auf das absolute Tonbewußtsein und das Gedächtnis stützen muß, versucht er ihn aus dem Zusammenklang herauszuhören. Ist dies gelungen, so erscheint der wahrgenommene Ton nicht nur als ein wirklich gegebener, sondern sogleich als ein von rechts oder links kommender. Ist so der Beobachter mit der Lokalisation eines Tones fertig, so geht er nun zum zweiten, dritten usw.

Am Beobachter v. H. wurden mit sechs Tönen 10 Versuche gemacht. Es wurde wie bei St. ein Fehler begangen. Gegeben war in diesem Fall: rechts 2, 4, 6, links 1, 3, 5; gehört wurde: rechts 4, 5, 6, links 1, 3; 2 wurde überhaupt nicht wahrgenommen. Sonst war das Urteil immer richtig, nur war in drei Fällen je ein Ton nicht gehört. Die Zeit, die bei zwei Versuchen nicht gemessen wurde, schwankte zwischen 17 Sek. und  $1\frac{1}{2}$  Minuten. Bei der Lokalisation fielen dem Beobachter manche Töne von selbst auf und zwar gleich mit bestimmten Lokalzeichen; die noch fehlenden wurden dann gesucht. Der Beobachter berichtet, daß sich ihm manchmal gleich im ersten Moment zwei Töne simultan bemerkbar machten, von denen der eine im rechten, der andere im linken Ohr ertönte.

Interessant war die von H. während der Versuche gemachte Beobachtung, daß, je länger man den Zusammenklang auf sich wirken ließ, desto mehr die einzelnen Töne

ihre Selbständigkeit zu verlieren und im ganzen aufzugehen schienen. Manche Töne, und zwar betrifft dies insbesondere den höchsten, waren später überhaupt nicht herauszuhören, obwohl sie im ersten Moment recht stark erklangen. Wir haben deswegen drei solche Versuche eingeschaltet, wo der Beobachter den Zusammenklang nicht gleich im ersten Moment zu analysieren suchte, sondern zuerst (zwei Minuten lang) seine Aufmerksamkeit von ihm möglichst ablenkte, und erst dann an die Analyse ging. In allen drei Fällen wurde die Lokalisation richtig vollzogen und auch die Zeiten zogen sich nicht übermäßig in die Länge. Systematisch wurde aber das Problem nach dieser Richtung nicht weiter verfolgt.

Mit A. wurden in dieser Serie sechs Versuche gemacht mit ähnlichem Resultat wie bei St. und H. Nur die Erkennungszeiten wurden bedeutend länger, ungefähr  $1\frac{1}{2}$  Minuten im Durchschnitt. Dabei muß aber hinzugefügt werden, daß A. sich keine Mühe gab, mit dem Resultat möglichst bald fertig zu werden, er wußte auch nicht, daß die Zeit gemessen wurde. A. fand die Aufgabe, ebenso wie H., ziemlich schwierig; während der Lösung fühlte er bei sich eine deutliche Tendenz, den Kopf zu bewegen. Zwei Fehler wurden begangen; anstatt: rechts 3, 5, 6, links 1, 2, 4 wurde angegeben: rechts 2, 3, 6, links 1, 4, 5, und anstatt: rechts 2, 3, 6, links 1, 4, 5 wurde angegeben: rechts 2, 4, 6, links 1, 3, 5. Die verwechselten Töne wurden in beiden Fällen als schwach bezeichnet, im zweiten Fall war das Urteil unsicher.

Es wurde von A. keine bestimmte Regel beim Lösen der Aufgabe festgehalten, sondern die Töne drängten sich von selbst auf, der eine nach dem anderen in bunter Ordnung, einmal rechts, einmal links. Die dann noch fehlenden wurden gesucht.

4. Versuche mit acht Tönen. Nach demselben Muster, wie die eben beschriebenen Versuche mit vier und sechs Tönen wurde nun eine neue Versuchsreihe mit acht Tönen angestellt. Die vorher angegebenen Töne der Quartreihe wurden beibehalten, aber es kamen noch zwei neue hinzu: ein tiefer Ton  $A$  (Flasche) und ein hoher  $h^4$  (kleine EDELMANNsche Pfeife). Diese acht Töne wurden bei den Ver-

suchen auf beide Ohren in verschiedenen Kombinationen zu vier verteilt; die Versuche waren wissentlich und unwissentlich in dem vorher definierten Sinne.

Mit St. wurden zehn Versuche gemacht bei immer wechselnder Verteilung der Töne. Da bei der jetzt genommenen Anzahl von Tönen die Zahl der dargebotenen Kombinationen derjenigen der theoretisch möglichen sehr nachsteht, so wird es vielleicht zu näherer Einsicht in die Versuche nicht überflüssig sein, diese Kombinationen anzuführen. Dies tut die folgende Tabelle. Die Zahlen von 1 bis 8 bezeichnen darin der Reihe nach die Töne vom tiefsten angefangen; jede horizontale Reihe enthält die in einem Versuch dargebotenen Töne.

Beobachter St. (8 Töne).

	links	rechts	
I	2, 4, 5, 6	1, 3, 7, 8	} 22. X. 13
II	1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8	
III	2, 3, 4, 7	1, 5, 6, 8	
IV	2, 5, 6, 7	1, 3, 4, 8	
V	1, 2, 6, 7	3, 4, 5, 8	} 23. X. 13
VI	2, 3, 5, 7	1, 4, 6, 8	
VII	2, 3, 4, 5	1, 6, 7, 8	
VIII	1, 2, 4, 8	3, 5, 6, 7	
IX	2, 5, 6, 8	1, 3, 4, 7	
X	3, 4, 5, 8	1, 2, 6, 7	

Ein Lokalisationsfehler kam nur im Versuch II vor. Dort wurden irr tümlicherweise der Ton 1 rechts und der Ton 6 links lokalisiert, wobei angegeben wurde, daß beide Töne sehr schwach gehört wurden. Im Versuch VI wurde der Ton 7 nicht gehört. Sonst vollzog sich die Lokalisation richtig. Die Erkennungszeit schwankte zwischen 47 und 185 Sek.

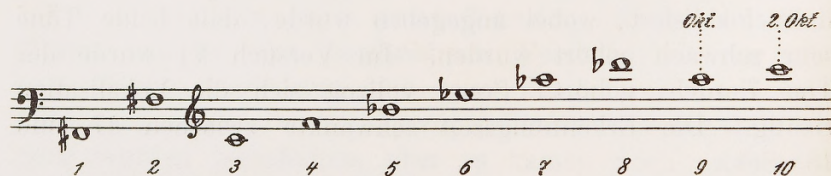
Es muß noch hinzugefügt werden, daß es nötig war, manche Versuche als ungültig zu erklären. Dies geschah dann, wenn beim Heraushören mehrere Töne nicht gehört wurden.

Die Ursache lag darin, daß ihre Intensität für die eben dargebotene Kombination zu gering war, um sie wahrnehmbar zu machen. Die fraglichen Töne wurden dann objektiv verstärkt, und dieselbe Kombination kam später noch einmal zur Beurteilung.

In dieser Versuchsserie konnten an A. und H. nur je 4 Versuche gemacht werden. A. machte einen Fehler, indem bei der Kombination: links 1, 5, 7, 8, rechts 2, 3, 4, 6, der Ton 3 links lokalisiert wurde. Dabei wurde 1 gar nicht gehört und 3 sehr schwach. Die durchschnittliche Lokalisationszeit betrug ungefähr 3 Minuten.

Ebenso hatte v. H. einen Fehler. Bei der Kombination: links 2, 3, 5, 8, rechts 1, 4, 6, 7 wurde 8 nicht gehört, und 7, welcher nur zu Anfang des Versuches hörbar war, auf die linke Seite verlegt. Die Zeit durchschnittlich ungefähr 2½ Minuten.

5. Versuche mit zehn Tönen. Die Versuche mit sechs und acht Tönen haben uns gezeigt, daß die Vergrößerung der Anzahl der zu lokalisierenden Töne keinen grundsätzlichen Einfluß auf die Lokalisation selbst ausübt. Zwar forderte die Lösung der Aufgabe bei mehreren Tönen auch mehr Zeit, dabei wurde sie subjektiv als schwieriger empfunden, auch erheischte sie ein mehr systematisches Vorgehen seitens der Beobachter; qualitativ stellten sich aber keine wesentlich neuen Momente ein, und trotz einzelner Fehler erwies sich die Lokalisation auch für so viele Töne als ganz gut durchführbar. Um zu sehen, ob nicht noch bei weiterer Vermehrung die Unterscheidbarkeit mit der Lokalisation zusammen ihre Grenze finde, wurden an St. noch einige Versuche mit 10 Tönen gemacht. Diese waren, wie folgt:



Die Töne 3 bis 8 waren also dieselben wie in der Quartendreie (S. 90 die Töne 1 bis 6). Dazu kamen aber zwei tiefe

Flaschentöne 1 und 2 und zwei hohe Töne 9 und 10; der Ton 9 kam von einer kleinen EDELMANNschen Pfeife, der Ton 10 von einer Galtonpfeife.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die dargebotenen Kombinationen.

Beobachter St. (10 Töne).			
	links	rechts	
I	3, 4, 7, 8, 10	1, 2, 5, 6, 9	} 31. XII. 13
II	2, 3, 4, 7, 10	1, 5, 6, 8, 9	
III	2, 4, 5, 9, 10	1, 3, 6, 7, 8	
IV	2, 3, 6, 9, 10	1, 4, 5, 7, 8	} 2. I. 14
V	2, 3, 4, 7, 10	1, 5, 6, 8, 9	
VI	4, 5, 7, 8, 10	1, 2, 3, 6, 9	
VII	1, 3, 4, 8, 10	2, 5, 6, 7, 9	
VIII	3, 4, 7, 9, 10	1, 2, 5, 6, 8	
IX	2, 4, 5, 7, 9	1, 3, 6, 8, 10	

Einmal war das Urteil nicht ganz richtig und zwar beim Versuch VIII; es wurde dort fälschlich 2 links und 9 rechts lokalisiert. Sonst war das Urteil richtig, wenn man von den im früher erklärten Sinne ungültigen Versuchen absieht. Die Zeit schwankte zwischen 85 Sek. und 210 Sek.

B) *Versuche bei unbekannter Anzahl der jedem Ohre dargebotenen Töne.*

Bei den bis jetzt beschriebenen Versuchen war die Aufgabe der Beobachter durch die partielle Wissentlichkeit der Versuche einigermaßen erleichtert. Ging der Beobachter so vor, wie St. in der ersten Reihe, daß er zuerst ein Ohr gewissermaßen absuchte, und hatte er die Töne auf einer Kopfseite schon mit Sicherheit lokalisiert, so wußte er von vornherein, welche Töne auf der anderen zu erwarten waren. Aber auch wenn Ton für Ton lokalisiert wurde, war die bekannte Gesamtzahl insofern eine Unterstützung, als man sich erst dann mit dem Suchen beruhigte, wenn diese Zahl erreicht war. Selbstverständlich machten die Beobachter von ihrem Wissen niemals Gebrauch in dem Sinne, daß sie etwa Töne

zu Protokoll gegeben hätten, deren Vorhandensein nicht bemerkt, sondern blofs erschlossen wäre. Die Möglichkeit, aus dem obigen Umstand einen Nutzen zu ziehen, war aber jedenfalls nicht ausgeschlossen.

Es wurde deswegen noch eine Serie von Versuchen veranstaltet, wo sowohl die Gesamtanzahl der dargebotenen Töne wie auch das Zahlenverhältnis rechts zu links dem Beobachter unbekannt waren. Bekannt waren lediglich die Tonhöhen, die als zu hörende in Betracht kommen konnten. Neunzehn solche Versuche wurden an St. und sechs an H. gemacht. Die dargebotenen Töne wurden unter denjenigen gewählt, die früher bei den Versuchen mit acht Tönen angewendet wurden.

Über die Art der Darbietung orientiert am besten die folgende Tabelle, die sich auf die Versuche mit St. bezieht (die Zahlen unter „Zeit“ bedeuten die Erkennungszeiten in Sekunden):

Beobachter St.

	links	rechts	Zeit	
I	1, 2, 4, 8	3, 5, 6	126	} 19. I. 14.
II	1, 2, 6, 7, 8	3, 4, 5	95	
III	1, 2, 6	3, 4, 5, 7, 8	160	
IV	1, 2	3, 4, 5, 6	80	
V	4, 8	1, 2, 3, 5, 6, 7	155	} 24. I. 14.
VI	1, 3	5, 6, 7, 8	85	
VII	1, 2, 3, 6, 7	4, 5, 8	72	
VIII	2, 5, 8	1, 2, 3, 6, 7	105	
IX	1, 3	4, 5, 6, 7, 8	82	} 30. I. 14.
X	2	1, 4, 5, 6, 7, 8	120	
XI	2, 3, 7	1, 4, 5, 6, 8	35	
XII	3, 6, 7, 8	1, 4, 5	65	
XIII	1, 2, 3, 4, 6, 7	5, 8	47	} 30. I. 14.
XIV	1, 3, 7	2, 5, 6, 8	58	
XV	1, 3, 6	2, 5, 8		
XVI	1, 2, 3, 8	3, 5, 6, 7		
XVII	5, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4		} 30. I. 14.
XVIII	1, 2, 3, 5, 7, 8	4, 6		
XIX	1, 4, 5	2, 3, 6, 7, 8		

In diesen 19 Versuchen mit zusammen 141 Tönen kam nur zweimal eine unrichtige Lokalisation eines Tones vor. In beiden Fällen war der unrichtig lokalisierte Ton im Protokoll des Beobachters als schwach bezeichnet. In sieben Versuchen wurde je ein Ton nicht wahrgenommen, in einem Versuch fehlten 2 Töne.

Die letzten fünf Versuche wurden so gemacht, daß gleich nach jedem einzelnen Versuch genau geprüft wurde, welche Umstände das Ungenügende am Urteil verursacht haben könnten. Es stellte sich heraus, daß die bei der Lokalisation vom Beobachter nicht wahrgenommenen Töne objektiv zu schwach waren, obwohl man sie für sich allein durch die Leitungsröhre hören konnte. Wurde der betreffende Ton objektiv verstärkt, so konnte er dann bei derselben Kombination von Tönen auch im richtigen Ohre wahrgenommen werden.

Beim Lösen der Aufgabe verfuhr der Beobachter ähnlich wie bei den vorigen Versuchen mit mehreren Tönen. Indem er wußte, unter welchen acht Tönen bei der Darbietung die Wahl getroffen werden konnte, vergegenwärtigte er sie sich der Reihe nach und stellte fest, ob der betreffende Ton in der eben dargebotenen Kombination überhaupt vorkam und ob er rechts oder links erklang.

Dem Beobachter H. wurden folgende Kombinationen dargeboten:

Beobachter H. (ganz unwissentliche Versuche).

links	rechts
1, 2	3, 4, 5, 6, 7, 8
1, 4, 7	2, 3, 6, 7
1, 3, 5, 8	2, 4, 6, 7
1, 3, 4, 5, 6	2, 8
1, 3, 5, 6	7, 8
1, 4, 7	2, 3, 5, 6, 8

Zwei Fehler wurden gemacht, indem im ersten und sechsten Versuch 5 irrtümlich links lokalisiert wurde. Auch

wurden im ersten Versuch die Töne 2 und 6, im zweiten 6, im dritten 3, im sechsten 3 und 6 nicht gehört.

### Versuche mit einer Tonserie aus Ganztonintervallen.

In allen vorigen Versuchen waren die Intervalle, welche die angewandten Töne miteinander bildeten, ziemlich groß; sie gingen nicht unter eine Quart herab. Damit war die Analyse begünstigt und zugleich waren Schwebungen und starke Differenztöne ausgeschaltet, die bei der Lokalisation etwa als ein Nebenkriterium hätten benutzt werden können. Faktisch sind solche Kriterien nach Angabe der Beobachter nie benützt worden; es wäre auch äußerst schwierig oder unmöglich gewesen, Schwebungen oder Differenztöne auf die richtigen Töne zu beziehen.

Nachdem nun aber die Sachlage bei den größeren Intervallen klargelegt war, hatten wir die Absicht, auch die kleineren Tondistanzen zu den Versuchen heranzuziehen. Es wurden deswegen mit Hilfe von Flaschen und Pfeifen sechs Töne hergestellt, die voneinander je um ein Ganztonintervall entfernt waren (von  $c^1$  bis  $ais^1$ ). Die Technik und die Analyse der Versuche bei diesen Intervallen bot aber so viele Schwierigkeiten, daß auf ihre Ausführung verzichtet wurde. Einiges, was sich trotzdem dabei ergab, bringt die am Schlusse folgende Aufzeichnung des Herrn Geheimrat STUMPF, in der er seine Selbstbeobachtungen und seine Bemerkungen zu den sämtlichen Versuchen zusammenfaßt und die er mir gütigst zur Verfügung stellte.

Wir ersuchten bei dieser Kombination von fünf Ganztonintervallen auch einen zufällig anwesenden sehr musikalischen Herrn, den Assistenten des Phonogrammarchivs A. KREICHGAUER, statt im Beobachtungszimmer in der Nähe der Klangquellen selbst, in dem Verbindungsgange der beiden Zimmer, worin sich die Klangquellen befanden, den Zusammenklang zu analysieren. Er fand es äußerst schwierig und gab nur wenige Töne an. Der Gefühlseindruck schien ihm, ebenso Herrn Dr. RUPP, sehr schlimm, während Herr Dr. VON ALLESCH (unmusikalisch) ihn nicht unangenehm fand.



### Ergebnisse.

Unsere Versuche zeigen, daß es möglich ist, beim dichotischen Hören die von rechts und von links kommenden Töne ohne Hilfe von Kopfbewegungen richtig zu lokalisieren, auch wenn eine gröfsere Anzahl von Tönen gegeben ist, die genau gleichzeitig in die Ohren gelangen. Selbstverständlich gilt die Bedingung, daß die zu lokalisierenden Töne der Höhe nach im Zusammenklang deutlich unterscheidbar sind. Sie müssen daher einen gewissen Höhenabstand voneinander und eine hinreichende relative Intensität haben. Ich spreche von einer relativen Intensität, da ein Ton, der stark genug ist, um allein gehört und richtig lokalisiert zu werden, sich im Zusammenklang mit anderen Tönen zu schwach erweisen kann, um ein zuverlässiges Lokalisationsurteil zu ermöglichen. Man hört einen solchen Ton noch eben unter den anderen klingen, man lokalisiert ihn auch zur Not, man kann sich aber dabei täuschen. Immer, wo ein Fehler in unseren Versuchen gemacht wurde, galt er solchen schwächsten, undeutlich wahrgenommenen Tönen. Töne, die klar und deutlich wahrgenommen wurden, waren durchwegs richtig lokalisiert. Dabei bilden das deutliche Hervortreten eines Tones aus dem Ganzen und seine Lokalisierung nicht zwei getrennte, nacheinanderfolgende Prozesse, sondern der Ton erscheint in demselben Momente, wo er wahrgenommen wird, als von rechts oder von links kommend. Diesen Umstand bezeugen übereinstimmend alle drei Beobachter; nur ein einziges Mal gab H. zu Protokoll, ein Ton sei im ersten Moment ohne lokale Bestimmtheit erschienen, die erst nachher hinzutrat. Daß ein Ton während der Versuchsdauer gehört würde, aber dennoch gänzlich unlokalisiert bliebe und als solcher zu Protokoll gegeben würde, war kein einziges Mal vorgekommen. Es ist in dieser Hinsicht interessant, daß unsere Versuche neben richtigen auch falsche, aber so gut wie keine unbestimmten Lokalisationen aufweisen.

Der Tatbestand, für den diese Versuche sprechen, läßt sich also auch folgendermaßen formulieren: Beim dichotischen Hören erscheinen die Töne, auch wenn sie zusammen mit vielen anderen gegeben sind, sobald sie nur deutlich aus

dem Ganzen hervortreten, guten Beobachtern unmittelbar als rechts oder links erklingend, und zwar in Übereinstimmung mit der objektiven Verteilung der Reize.

Was nun das Verhalten einzelner Beobachter bei den Versuchen anbetrifft, so zeigt es um so mehr Übereinstimmung, je reicher der zu lokalisierende Zusammenklang. Obwohl eine bestimmte Art des Verfahrens bei der Lösung der Aufgabe nicht vorgeschrieben war, so gehen doch alle Beobachter bei 8 Tönen so vor, daß sie sich die zu erwartenden Töne in einer bestimmten Reihenfolge vorstellungsmäßig vergegenwärtigen und dann nach ihnen suchen. Bei einer geringeren Anzahl von Tönen machen sich mehr individuelle Unterschiede bemerkbar. So geht St. immer systematisch, nach einem festgesetzten Plan vor, während A. und H. den Eindruck zuerst passiv auf sich wirken lassen und sozusagen warten, was er ihnen von selbst bringt; erst, wenn alle Töne sich nicht von selbst melden wollen, sind sie gezwungen, aktiv vorzugehen. Interessant sind in dieser Hinsicht die früher schon erwähnten Fälle bei H., wo sich zwei auf verschiedenen Kopfseiten befindlichen Töne zu gleicher Zeit als solche dem Beobachter bemerkbar machen (solche Fälle sind auch St. erinnerlich).

Bei einem Versuch mit sechs Tönen, wo auf der rechten Kopfseite drei höhere und auf der linken drei tiefere dargeboten waren (rechts 4, 5, 6, links 1, 2, 3), gab H. zu Protokoll: „Der erste Eindruck war: rechts höher, links tiefer und zwar gleichzeitig bemerkt.“ Dabei war sich der Beobachter bewußt, daß dieses „höher“ und „tiefer“ sich nicht auf einen bestimmten Ton bezog, sondern das ganze rechts und links Gehörte umschloß. Solche Beobachtungen sind theoretisch insofern wichtig, als sie für die Möglichkeit sprechen, in beiden Hälften des Gehörsfeldes gleichzeitig die Lokalisation zu vollziehen. Solche totale, das ganze Gehörsfeld umfassende Überblicke bilden aber keineswegs die Regel. Öfters ist so, wie St. angibt, daß im gegebenen Moment nur ein Ton beachtet und lokalisiert wird, während alles übrige einen undifferenzierten Hintergrund bildet. Es ist aber zu bemerken, daß, wenn St., der oft erstaunlich rasch mit der Aufgabe fertig ist und unter den drei Beobachtern die sichersten Urteile abgibt, über solche simultane Überblicke nicht berichtet, dies sicher

mit der früher erwähnten bei ihm bestehenden Einstellung zusammenhängt. Indem er, um die Lokalisation möglichst bald zu vollführen, nach einer bestimmten Regel vorgeht, zwingt er die Aufmerksamkeit, sich in einer bestimmten Richtung zu konzentrieren und sich nicht diffus über das ganze Gehörsfeld ausbreiten. Wenn er im letzten Moment nach erledigter Arbeit das Ganze auf sich wirken liefs, konnte auch für ihn ein solcher zweiteiliger Gesamteindruck entstehen.

Worin besteht nun das Suchen nach einem Ton, welches die Beobachter vornehmen, wenn der Ton sich nicht von selbst melden will? Es bleibt dabei sicher nicht bei dem blofsen vorstellungsmässigen Vergegenwärtigen des zu findenden Tones. Man wandert gewissermassen mit der Aufmerksamkeit umher, bald nach rechts bald nach links. „Man hört sich um“ wie sich H. ausdrückt. Dieses „Sichumhören“ läfst sich auf die Kopfbewegungen nicht zurückführen, da diese unmöglich gemacht sind, und sich, wie St. berichtet, nach der Gewöhnung an die Versuchsbedingungen nicht einmal durch eine Tendenz kundgeben müssen. Auch von Spannungen im Ohr konnte St. nichts merken. Was nun beim Ausschlufs dieser Momente als das eigentliche Wesen des Vorganges anzusprechen ist, darüber wollen wir keine Vermutungen aufstellen. Es war überhaupt die Aufgabe dieser Arbeit gewesen, nicht eine Theorie der Gehörslokalisation zu geben, sondern Tatsachen festzustellen.

Ich darf zum Schlusse nicht unterlassen, den Herren Beobachtern, Geheimrat C. STUMPF, Dr. ABRAHAM und Dr. v. HORNPOSTEL, für ihre gütige Mitwirkung, Herrn cand. phil. KURT LEWIN für die Einrichtung des Schalters und Herrn Dr. v. ALLESCH für die freundliche Hilfeleistung bei der Regulierung des Schalters und bei der Zeitmessung meinen besten Dank zu sagen.

---