

Zur interaurealen Lokalisation diotischer Wahrnehmungen.

Von

KARL L. SCHAEFER
in Jena.

Bei den Untersuchungen über die *Wahrnehmung und Lokalisation von Schwebungen und Differenztönen*¹ wurde konstatiert, daß der scheinbare Ausgangspunkt der Schwebungen zweier Töne zwischen die Tonquellen (Stimmgabeln) verlegt wird, aber um so näher der lauterem, je größer die Intensitätsdifferenz. Demgemäß wird der Ursprungsort zwischen den Ohren gesucht, wenn die Primärtöne in gleicher Stärke, der eine dem rechten, der andere dem linken Ohre zugeleitet werden. Bei eingehenderer Prüfung ergab sich aber die Lokalisation bei solcher Verteilung der Gabeln auf beide Ohren als sehr unbestimmt und wechselnd. Zum Teil hört man nämlich die Stöße genau in der Medianebene und zwar bald im Innern des Kopfes, bald in größerer Entfernung vor oder über sich, in anderen Fällen treten sie zugleich median und in den Ohren selbst auf oder scheinen wohl auch oberhalb des Kopfes aus einer durch die Mittelpunkte der Gehöreingänge gehend gedachten Vertikal-ebene zu entspringen. Es dürfte nicht unwichtig sein, die Bedingungen und Ursachen dieser Verschiedenheit der Versuchsergebnisse aufzudecken.

SILVANUS P. THOMPSON² hat über die interaureale Lokalisation, offenbar ganz unabhängig von den viel früheren Angaben PURKYNÉS³, sehr genaue Erhebungen angestellt, allerdings ohne

¹ Jahrgang I, Heft 2 dieser Zeitschrift. S. 81 ff.

² *Phenomena of Binaural Audition*, II. *Philosoph. Magaz.* Serie V. No. 38, S. 383 ff.

³ Referat darüber in der „*Prager Vierteljahrsschrift*“, 1860, Bd. 3, S. 94.

den interessanten Ergebnissen derselben eine Erklärung hinzuzufügen. Er fand zunächst, daß, wenn man zwei Telephone, deren Platten Schwingungen von gleicher Frequenz und Amplitude ausführen, fest an die Ohren drückt, nur eine akustische Wahrnehmung und zwar median im Hinterkopfe gemacht wird. Dazu müsse jedoch noch die dritte Bedingung erfüllt sein, daß nämlich die Platten immer gleichzeitig sich dem Kopfe nähern resp. von ihm entfernen, also stets in entgegengesetztem Sinne schwingen. Dasselbe ergab sich dann für Stimmgabeltöne, wenn ein solcher beiden Ohren in gleicher Intensität und so zugeführt wurde, daß die Maxima der Verdichtungen und ebenso die der Verdünnungen rechts und links immer genau gleichzeitig eintrafen. URBANTSCHITSCH¹ bestätigte letzteren Befund an einer größeren Anzahl Personen und fügte die Thatsache hinzu, daß für verschiedene Individuen und Tonhöhen auch die Lokalisation gewissen Schwankungen unterworfen ist, indem der wahrgenommene Ton nicht ausschließlich in das Hinterhaupt, sondern auch in die Stirn oder an einen Punkt zwischen beiden verlegt wird, ja zuweilen gar nicht median, sondern an zwei symmetrischen Stellen rechts und links von der Mittelebene auftritt.

Daß wir für zwei gleichzeitig beide Gehörapparate treffende quantitativ und qualitativ gleiche Eindrücke einen einzigen Ursprungsort in der Medianebene annehmen, ist eine einfache Konsequenz der alltäglichen Erfahrung, daß mediane Aufstellung einer Schallquelle und gleiche Intensität der beiderseitigen Wahrnehmung sich gegenseitig bedingen. Auffallend aber ist die endocephale Lokalisation, die sich in den meisten Fällen dem Beobachter trotz des doch bestehenden Bewusstseins grober akustischer Täuschung unwiderstehlich aufdrängt. Bei gründlicherem Eingehen auf diese Verhältnisse stellt sich indessen doch heraus, daß man nur unter einer ganz bestimmten Bedingung gewissermaßen gezwungen von der Verlegung des akustischen Bildes in die mediane Umgebung des Kopfes Abstand nimmt, um dasselbe intrakraniell zu lokalisieren.

Gehen wir von dem ursprünglichen Telephonversuche THOMPSONS aus. Ich pflege mich zu seiner Anstellung des

¹ *Zur Lehre von der Schallempfindung. Pflügers Archiv, Bd. 24, S. 579 ff.*

Doppelinduktoriums von PREYER¹ zu bedienen, einer Modifikation des Du-Boisschen Schlittens, welche in sinnreicher und einfacher Weise es ermöglicht, mittelst einer und derselben primären Spirale gleichzeitig durch zwei sekundäre, mit deren jeder ein Telephon in Verbindung steht, Induktionsströme zu senden. Durch Verschieben der sekundären Rollen hat man es jederzeit in der Hand die Intensität der Telephongeräusche beliebig zu variieren. Leistet man nun den oben² bereits erwähnten Versuchsbedingungen Genüge und drückt die Telephone fest an die Ohren, so wird also, wenn beiderseits gleiche Hörschärfe besteht — umgekehrt kann dies Experiment zu vergleichenden Messungen derselben benutzt werden — das intermittierende Knacken in der Mitte des Hinterhauptes vernommen. Wird durch Annähern seiner Rolle an die primäre Spirale eines der Telephone zu lauterem Tönen gebracht, dann nähert sich das akustische Bild die Medianebene verlassend dem entsprechenden Ohre, und so kann der Beobachter dasselbe durch Änderungen der Rollenabstände im Kopfe hin- und herwandern lassen. Während nun diese Resultate THOMPSONS auch von unbefangenen Beobachtern schon bei den ersten Versuchen mit großer Leichtigkeit und Bestimmtheit bestätigt zu werden pflegen, verliert die eigentümliche Erscheinung eines endocephalen Geräusches sofort ihre charakteristische Deutlichkeit, wenn man die Telephone weiter vom Kopfe entfernt. Dann bleibt zwar der scheinbare Ursprungsort des Rassels median, aber er ist nicht mehr wie vorher scharf zu umgrenzen; es besteht mindestens ebenso große Geneigtheit, ihn außerhalb des Kopfes wie innerhalb zu suchen; und läßt man das Geräusch jetzt von Ohr zu Ohr wandern, so geschieht dies nunmehr deutlich außerhalb des Kopfes, also um diesen herum.

Man könnte a priori versucht sein, das ursächliche Moment hierfür in der Verringerung der Intensität, welche durch das Entfernen der Telephone vom Kopfe gesetzt wird, zu vermuten. Allein man überzeugt sich leicht, daß das Gesagte auch bei sehr großer Intensität seine Giltigkeit behält, während andererseits, sobald die Telephone den Ohren fest anliegen,

¹ *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Jahrgang IV, Januar 1884.

² S. 265 Absatz 2.

das Geknatter, auch wenn es fast bis zur Grenze der Wahrnehmbarkeit abgeschwächt wird, immer gleich deutlich im Innern des Schädels bleibt.

Daraus geht also offenbar hervor, daß die Schätzung des Abstandes der wahren Schallquellen von den Ohren eine wesentliche Rolle bei der medianen Lokalisation spielt. In der That läßt sich durch eine Reihe einfacher Versuche zeigen, daß je näher die Schallquellen einzeln vernommen geschätzt werden, um so näher dem Kopfe auch bei ihrem Zusammenwirken das median auftretende akustische Bild lokalisiert wird, und daß dasselbe dann im Schädel selbst erscheint, wenn man jede der Schallquellen, für sich beobachtet, direkt im Ohre ihrer Seite hört. Setzt man beispielsweise eine maximal laut tönende Stimmgabel auf die Mitte eines Kautschuckschlauches, dessen eines Ende fest in ein Ohr, sagen wir in das rechte, eingefügt wird, so wird der sehr starke Ton unmittelbar im rechten äußeren Gehörgang vernommen. Armirt man dann auch das linke Ohr mit dem anderen Schlauchende, so tritt alsbald mediane und zwar intrakranielle Lokalisation ein, die noch präziser wird, wenn man die Gabel wiederholt abhebt und gleich nachher fest wieder auf den Schlauch setzt. Verfährt man hierauf ganz analog mit einer möglichst leise tönenden Gabel, so wird im ersten Teil des Versuches der Ton deutlich außerhalb des Ohres in schwer genauer zu bestimmender Entfernung vor demselben gehört und ebenso außerhalb des Kopfes, nachdem auch das andere Ohr in Verbindung mit dem Schlauche gebracht ist. Dasselbe Verhalten zeigen übrigens Schwebungen, falls solche statt eines einfachen Tones in Anwendung kommen, indem beide Gabeln dicht nebeneinander auf die Schlauchmitte placiert werden.

Eine Variation der beschriebenen Versuchsanordnung besteht nun darin, daß eine Schallquelle vor einen Trichter gebracht wird, der durch einen gleichschenklig gegabelten Schlauch mit beiden Ohren in Kommunikation steht. Ich habe in dieser Weise folgendes recht instruktive Experiment anstellen können. Es ward ein BELLsches Telephon mit der sekundären Spirale eines DU-BOISSchen Schlitteninduktoriums verbunden, bei großem Rollenabstand in Thätigkeit gesetzt und in nächste Nähe des Trichters gebracht. Darauf wurden die Ohren mit den Schläuchen armirt und unter langsamem Annähern der

Rolle an die Primärspirale das Verhalten der Lokalisation beobachtet. Es liefs sich so in zahlreichen Versuchen an anderen und an mir feststellen, daß der mediane scheinbare Ursprungsort des Rasseln proportional der Verringerung des Rollenabstandes sich dem Kopfe nähert, dann in denselben förmlich hineinkriecht, und schliesslich mehr oder weniger genau zwischen den Ohren Halt macht. Wird dann ein Schlauchende zugedrückt, so tritt sofort das Geräusch im Gehörgang der entgegengesetzten Seite auf. Es wandert aus diesen in den Raum hinaus, wenn der Rollenabstand langsam vergrößert wird, und wird nun der zusammengepresste Schlauch wieder frei gegeben, so findet auch wieder extrakranielle Lokalisation statt. Von dem Augenblicke an, wo das akustische Bild den Kopf verläfst, ist eine genauere Bestimmung seines Ortes innerhalb der Medianebene gewöhnlich überhaupt unmöglich oder es werden wenigstens arge Irrtümer begangen. Nur solange ich allein experimentierend den Ort des Telephons — vor mir auf dem Tische — kannte, machte ich beim Hin- und Herschieben der Rolle deutlich die Wahrnehmung, wie das Rasseln von aussen durch die Nasenwurzel in den Schädel hinein vordrang oder denselben auf dem nämlichen Wege verlies.

Den Ton einer median auf den Scheitel gesetzten Gabel hört man median über der Ansatzstelle. Wird aber ein Ohr fest verschlossen, so springt er in dieses hinein. Dieser bekannte WEBERSche Versuch gelingt stets besonders gut, wenn die Gabel sehr laut tönt. Ist aber das Gegenteil der Fall, so verläfst der Ton zwar auch die Medianebene in der Richtung auf den verschlossenen Gehöreingang zu, ist aber nicht recht genau zu lokalisieren, und vor allem hat man nicht den Eindruck, als entspränge er im Ohre selbst. Diese Thatsache bietet eine weitere Handhabe zur Bestätigung der vorliegenden These. Verschliesst nämlich der Beobachter beide Ohren und setzt eine laute Gabel fest auf die angegebene Stelle, so erfüllt der Ton den ganzen intrakraniellen Teil der Medianebene, um sofort aus dem Kopfe in den Raum oberhalb des selben überzutreten, sowie der Gabelstiel gelockert wird. Durch rasch alternierendes, loser und festeres Andrücken kann man sich auch hier am besten von dem Lokalisationswechsel überführen. Es entspricht also auch in diesem Falle die intrakranielle Lokalisation diotischer Wahrnehmungen

der intraaurealen monotischer, die extrakranielle der extra-aurealen.¹

Wenn bei dem Doppelinduktoriumversuche ein Telephon fest an ein Ohr gedrückt und das zweite dem anderen Ohr aus gröfserer Entfernung mäfsig rasch genähert wird, so findet sich,² dafs der Ton des ersteren sich zunächst erheblich verstärkt, ohne aber, wie wohl theoretisch zu erwarten wäre, gleichzeitig einen Ortswechsel gegen die Medianebene hin zu beginnen. Erst wenn die Annäherung an das zweite Ohr sehr erheblich fortgeschritten, scheint der Ton in das Innere des Kopfes einzudringen. Es ist wirklich auch bei grofser Übung und Aufmerksamkeit so gut wie unmöglich, zugleich mit der Verstärkung auch den Eintritt einer Platzänderung des Geräusches zu beobachten. Dies gelingt aber sofort, wenn man in dem Augenblicke, wo der Intensitätszuwachs ganz deutlich geworden ist, das bewegte Telephon plötzlich zum Schweigen bringt. Man hat in diesem Moment ausdrücklich die Empfindung, dafs das Geräusch von einer der Medianebene näher gelegenen Stelle in das Ohr zurückspringt. Das Nämliche gilt von dem Ton unisoner und auch von den Schwebungen verstimmter, auf beide Ohren verteilter Gabeln.

Bei rein monotischen Wahrnehmungen gelingt es bekanntlich im Gegensatz hierzu auch unter gröfstmöglicher Annäherung und Intensitätssteigerung nie, den Schalleindruck der Medianebene näher als bis höchstens in den äufseren Gehörgang zu bringen. Hält man diese beiden Befunde vergleichend zusammen, so folgt daraus das psychophysiologisch bedeutungsvolle Ergebnis, dafs, trotzdem bei quantitativ gleicher aber verschieden starker diotischer Erregung das schwächer afficierte Ohr ebenso „physiologisch taub“ erscheint, wie bei alleiniger Erregung des anderen Gehörorganes, das Sensorium dennoch sehr wohl darüber unterrichtet ist, ob beide akustische Ner-

¹ Hierher gehört noch folgende Beobachtung, die sich mit Erfolg an mehreren Normalhörigen anstellen liefs. Wird ein recht tiefes „u“ laut gesungen, und dabei ein Ohr, aber nicht ganz fest, verschlossen, so rückt das „u“ aus dem Kehlkopf in das Ohr und von da in die Mittel-ebene des Schädellinnern, wenn auch das zweite Ohr in gleicher Weise behandelt wird.

² Vgl. PREYER: *Die akumetrische Verwendung des Bellschen Telephons*. Sitzgs-Ber. d. Jenaer Gesellsch. f. Mediz. u. Naturw. vom 21. II. 1879.

venapparate oder ausschließlich einer an der Vermittelung der Perception beteiligt sind.

Immerhin ist die Wahrnehmung vom Wechsel des Ortes bei weitem weniger präzise als die einer Intensitätsänderung. Ist das Doppelinduktorium für intrakraniell-mediane Lokalisation eingestellt, so darf die eine Telephonrolle um mehrere Centimeter weit verschoben werden, bevor das Geräusch die Mittelebene zu verlassen anfängt. Wird indessen nun der Versuch abgebrochen und ohne vorherige Korrektur der bestehenden Ungleichheit des Rollenabstandes nach einer Pause wieder aufgenommen, so wird dann in den meisten Fällen den Verhältnissen richtig entsprechend extramedian lokalisiert. Darin bestätigt sich die schon bei früheren Gelegenheiten betonte Thatsache aufs neue, daß momentane akustische Reize oder länger andauernde im ersten Augenblicke ihres Auftretens leichter und richtiger lokalisiert werden, als nach längerer Beobachtung, was von der Ermüdung der Aufmerksamkeit, von Reflexionen, von Suggestion abhängig sein mag.

FECHNER¹ hat zuerst gezeigt, daß nicht nur der Ton zweier unisoner vor beide Ohren verteilter Gabeln ausschließlich auf der Seite der lauterer gehört werde, sondern auch die Schwebungen derselben, welche entstehen, sobald die Gabel vor dem physiologisch tauben Ohre in nicht zu großen Exkursionen rhythmisch geschwungen wird. Auch er übersah, daß der Ton jedesmal während der Annäherung sich, außer daß er stärker wird, auch der Medianebene nähert, und bemerkte dies erst, wenn die Elongationen der bewegten Gabel sehr ausgiebig wurden. In Proportion zu deren Wachsen wanderte der Ton bei der Näherung in die Medianebene und eventuell über diese hinaus in das andere Ohr, gemäß dem Prinzip von der Verlegung des Schalles nach der Seite der stärkeren Erregung.

Vervollständigt man die FECHNERSchen Untersuchungen dahin, daß beide Gabeln gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden, so läßt sich folgendes eruieren.

1. Es sollen anfangs beide Gabeln in gleichem Abstände von der Medianebene vor den Ohren fixiert, ihr Ton also median lokalisiert sein. Beginnen nun beliebig rasche synchrone

¹ Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens. Abhdlg. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. (Mathemat. Klasse V) Bd. 7. S. 543 ff.

Schwingungen von beiderseits gleicher Weite und in stets genau entgegengesetztem Sinne, so kommen mediane Schwebungen zu Gehör.

2. Werden aber beide Gabeln immer *a tempo* nach rechts oder links verschoben, also gleichsinnig, so wandert der Ton von Ohr zu Ohr, solange die Schwingungen in geringer Frequenz geschehen.¹

3. Werden sie hingegen möglichst rasch vollführt, so haben die Schwebungen (und zwar ausschließlich) in den beiden Ohren ihren Sitz.

Der erste Versuch entspricht genau dem Doppeltelefonversuche THOMPSONS. Die beiden anderen enthalten die bisher noch ausstehende Erklärung für dessen zweite Entdeckung, daß nämlich das mediane Geräusch aus der Mittelebene in beide Ohren verlegt wird, wenn die Telephonplatten gleichsinnig schwingen, die eine sich also dem Kopfe nähert, während die andere zurückgeht. Daß wir in Versuch 2 den Ton von Ohr zu Ohr durch die Medianebene wandern hören, ist wiederum, wie kaum mehr erwähnt zu werden braucht, in dem Prinzip der Schallverlegung nach der Seite stärkerer Intensität begründet. Geschieht nun dieser Wechsel, wie in Fall 3, zu schnell, als daß wir seine einzelnen Phasen noch verfolgen könnten, so nehmen wir nur noch die beiden Endlagen des hin- und herwandernden Tones wahr. Diese Erscheinung dürfte als akustisches Analogon zu jener optischen aufzufassen sein, welche zum Beispiel ein rasch genug schwingender, an einem Ende festgeklemmter, dünner Metallstab darbietet. Auch diesen sieht man scheinbar in seinen Endlagen fixiert ruhend, während zwischen diesen Endlagen nichts als höchstens ein schattenhaftes Flimmern wahrzunehmen ist. Die obige Überlegung muß nun auch für die gleichsinnig schwingenden Telephonplatten gültig sein, denn auch bei deren Benutzung springt die größere Intensität in raschem Wechsel von Ohr zu Ohr. Das Bestehen einer Intensitätsdifferenz aber ergibt sich daraus, daß das Geräusch, welches beim Angezogenwerden der Platte durch den Magneten auftritt, sich quantitativ merklich unterscheidet von dem beim Loslassen entstehenden, wie man leicht

¹ Denselben Effekt erzielt übrigens die Aufstellung sehr wenig verstimmter und also ganz langsam schwebender Gabeln rechts und links vom Ohre.

durch abwechselndes Schließen und Öffnen eines durch das Telephon geschickten konstanten Stromes findet.

Außerdem sind aber auch Öffnungs- und Schließungsticken, wenigstens bei den zur vorliegenden Untersuchung benutzten Instrumenten, qualitativ verschieden — und dies ist ein weiteres Moment, das wohl geeignet ist, getrennte Lokalisation in beiden Ohren zu veranlassen. Man darf diese Folgerung aus den klassischen Taschenuhrversuchen E. H. WEBERS herleiten, in denen gezeigt worden ist, daß zwei in verschiedenem Takte schlagende Uhren, monotisch vernommen, den Eindruck des Zusammenklanges in rhythmischen Perioden machen, während bei diotischer Verteilung solche Kombination nie stattfindet. Daraus und aus leicht anzustellenden ähnlichen Versuchen geht die große Unterschiedsempfindlichkeit gegenüber getrennt diotischen Schalleindrücken von qualitativer Verschiedenheit hervor.

Eben diese Unterschiedsempfindlichkeit gibt nun auch Aufklärung darüber, in welchen Fällen Schwebungen statt in der Medianebene in beiden Gehörgängen gehört werden. Verbindet man einen Trichter durch einen gegabelten Schlauch mit den Ohren, bringt ein schwebendes Gabelpaar vor seine Schallöffnung und nähert derselben dann abwechselnd die tiefere und die höhere, so nehmen entsprechend die Schwebungen einmal einen tieferen, das andere Mal einen höheren Charakter an. Dies richtet sich also nach der jedesmal lauterer Gabel. Gesetzt nun, es werden die Gabeln, gleich laut tönend, in gleichem Abstände vor je ein Ohr gehalten, etwa links die höhere, rechts die tiefere, dann erregt der höhere Ton entweder auf dem Wege der Luft- oder der Knochenleitung von links kommend auch das rechte Ohr, aber durch den Leitungswiderstand abgeschwächt weniger stark als der tiefe. Ebenso überwiegt links der höhere Ton an Intensität. Daher werden die Schwebungen links höher, rechts tiefer, also auf beiden Seiten qualitativ etwas verschieden wahrgenommen werden. Dieser Unterschied muß nun um so merklicher werden, je mehr die Differenz der Schwingungszahlen zunimmt, und in der That lehrt die Beobachtung, daß es viel leichter gelingt, die Schwebungen eines Gabelpaares mit vier Stößen (etwa 512 und 516) in die Medianebene zu verlegen — wie dies doch die doppelseitige Wahrnehmung von Schwebungen in gleicher

Frequenz und Intensität erfordert —, als wenn die Differenz der Schwingungszahlen z. B. 22 beträgt, wie bei den Tönen 494 und 516.

Findet Lokalisation der Schwebungen in die Medianebene entweder rein oder zusammen mit einer Verlegung in die Ohren statt, so sind für die weitere genauere Bestimmung der Lage und Entfernung des scheinbaren Ursprungsortes die im ersten Abschnitt dieser Untersuchung aufgestellten Gesichtspunkte maßgebend.
