

Über das Erkennen der Schallrichtung.

Von

Professor J. v. KRIES.

Die Frage, auf welchen physiologischen Vorgängen das Erkennen der Schallrichtung beruhe, war bekanntlich bis vor kurzem durchaus kontrovers. In neuester Zeit ist durch PREYER¹ auf Grund umfassender Versuche die schon früher gelegentlich erwähnte Hypothese aufgestellt worden, daß je nach dem Ort der Schallquelle verschiedene Reizungen der halbzirkelförmigen Kanäle hierbei ins Spiel kommen; es hat dann auf Grund eigener Versuche auch MÜNSTERBERG² dieser Annahme (im Speziellen zwar unter wesentlicher Abweichung von PREYERS Vorstellungen) sich angeschlossen. Es sei gestattet, an dieser Stelle einige Bemerkungen über die interessante Frage vorzubringen und über einige einschlägige Versuche kurz zu berichten.

Betrachten wir zunächst, was auf Grund der älteren Annahmen über die Funktion des Gehörorgans ohne Hinzunahme der PREYERSchen oder ähnlicher Hypothesen erklärt werden kann. Wie bekannt, wäre hier an erster Stelle das Verhältnis der Schallintensitäten in den beiden Ohren zu erwähnen. Daß ein Schall, der von der rechten Seite herkommt, das rechte Ohr außerordentlich viel stärker affiziert als das linke, ist theoretisch einleuchtend, auch experimentell leicht zu erweisen. Die Rechts-Links-Lokalisation, wenn ich der Kürze halber diesen Ausdruck gebrauchen darf, erscheint also im allgemeinen hiernach erklärbar. Auch die neuerdings von MÜNSTERBERG bekannt gemachten Thatsachen, welche sich auf die Genauigkeit der Rechts-

¹ PREYER: *Die Wahrnehmung der Schallrichtung mittels der Bogengänge. Pflügers Archiv.* Bd. 40. S. 586.

² MÜNSTERBERG: *Beiträge zur experimentellen Psychologie.* Heft II.

Links-Lokalisation beziehen, scheinen mir mit der Annahme, daß dabei das Intensitätsverhältnis im rechten und linken Ohr in Betracht komme, nicht unvereinbar zu sein. Bestimmteres würde sich dieserhalb erst sagen lassen, wenn festgestellt wäre, wie sich für jedes Ohr die Intensitäten verändern, wenn die Schallquelle z. B. in einem Horizontalkreise um den Kopf herumbewegt wird. Es ist sehr fraglich, ob sich in dieser Hinsicht der vordere und der hintere Halbkreis genau gleich verhalten. Was die absoluten Werte jener Genauigkeit anlangt, so soll nach einer Berechnung Lord RAYLEIGHs die Abweichung von der Medianebene schon bemerkt werden, wenn der Unterschied der Schallstärke in beiden Ohren nur 1% beträgt. Dies erscheint sehr auffallend, wenn man bedenkt, daß nach allen Untersuchungen die Empfindlichkeit des Ohres für Schallintensitäten nicht kleinere Unterschiede als 10—20% wahrzunehmen gestattet. Indessen sind die Voraussetzungen der RAYLEIGHschen Berechnung wohl kaum über jeden Zweifel erhaben; außerdem aber erscheint wenigstens denkbar, daß die Vergleichung zweier gleichzeitig (rechts und links) zu stande kommenden Schallempfindungen genauer geschieht, als die zweier zeitlich aufeinander folgenden, welche bei den Bestimmungen der Unterschiedsempfindlichkeit allein in Betracht kam.

Im Gegensatz hierzu könnte man nun glauben, daß ohne die Hinzunahme neuer Annahmen über die Funktion des Gehörorgans eine Unterscheidung von Schallrichtungen gar nicht erklärt werden könne, welche in Bezug auf die Beteiligung des rechten und linken Ohres übereinstimmen, so z. B. die Unterscheidung irgend welcher in der Medianebene gelegener Punkte, eine Medianlokalisation, wie kurz gesagt werden mag. Indessen ist die Meinung derjenigen Autoren, welche die Rechts-Links-Lokalisation in der eben erwähnten Weise durch das binaurale Hören erklären wollen, doch nicht dahin gegangen, daß eine Median-Lokalisation überhaupt unmöglich sei. Vielmehr ist wohl als ein zweiter Faktor immer die ja zweifellos vorhandene Modifikation der Qualität und namentlich der Intensität anerkannt worden, welche der Schall erfährt, je nachdem er z. B. von hinten oder vorn kommt. Es würde zu erwarten sein, daß diese Lokalisation nur dann stattfinden kann, wenn der betreffende Schall seiner Beschaffenheit nach

im voraus bekannt, wenn so zu sagen bereits erlernt ist, wie er von vorn her und wie er von hinten her klingt. Man könnte vermuten, daß bei einem gänzlich unbekannten Schall eine Unterscheidung verschiedener Punkte in der Medianebene unmöglich sein werde, ähnlich wie dies z. B. auch bezüglich der Entfernungslokalisation meist angenommen wird.

Wenn man die Möglichkeit einer solchen auf geringen und schwer definierbaren Modifikationen des Schalles beruhenden Lokalisation, ich will eine solche im folgenden als mittelbare Lokalisation bezeichnen, mit in Betracht zieht, so erscheinen die Versuche PREYERS mit einer gewissen Unsicherheit behaftet; denn da stets derselbe Schallreiz angewandt wurde, so waren für eine solche mittelbare Lokalisation jedenfalls die günstigsten Bedingungen gegeben. Es erschien aus diesem Grunde von einigem Interesse, die Versuche über Medianlokalisation des Schalles so anzustellen, daß von Versuch zu Versuch die Qualität und die Stärke des Schalles in ganz unregelmäßiger Weise gewechselt wurde, wodurch, wie man hoffen durfte, die mittelbare Lokalisation ausgeschlossen oder doch wesentlich erschwert werden würde. Insbesondere empfahl es sich, auch die Entfernung der Schallquelle gleichzeitig wechseln zu lassen, da voraussichtlich hierdurch ähnliche kleine Variierungen in die Schallbeschaffenheit gebracht werden konnten. Eine Anzahl von Versuchen, welche in dieser Art angestellt wurden, zeigte nun zwar sogleich die große Unsicherheit der Medianlokalisation; aber es stellte sich auch alsbald heraus, mit welcher Vorsicht die Resultate beurteilt sein wollen.

Ich schicke der Besprechung der Ergebnisse einige Bemerkungen über die Technik der Versuche voraus. Ich benutzte zu einem Teil der Versuche den Knall eines Telephons, durch welches Öffnungs- oder Schließungs-Induktionsschläge geschickt wurden; teils der Wechsel zwischen den Öffnungs- und Schließungsschlägen (welche meistens etwas verschieden klingen), teils die Variierung des Rollenabstandes in dem Induktionsapparat gestatteten hier eine unregelmäßige Veränderung der Schallreize. Ferner verwendete ich bei einigen Versuchen 2 Münzen oder 2 Holzplättchen, die mit dem Daumen und Mittelfinger gegen einander gedrückt und durch das Herausziehen des zwischengeklemmten Zeigefingers zusammengeklappt werden. Man kann auf diese sehr einfache Weise den Schall leicht

innerhalb gewisser Grenzen stärker und schwächer machen, wobei er sich wohl auch qualitativ etwas ändern dürfte. Ferner konnten kleine Pfeifen benutzt werden, welche mittels eines Gummischlauchs mit dem Munde angeblasen wurden; mit der Stärke des Anblasens ändert sich die Intensität des Tones, zugleich auch die Beimischung von Geräuschen. In einigen Fällen benutzte ich auch in unregelmäßigem Wechsel eine offene und eine gedackte Pfeife von gleicher Tonhöhe, aber etwas verschiedener Klangfarbe, um auf diese Weise noch größeren Wechsel in der Beschaffenheit des Schalles zu erzielen. — In allen Fällen wurde so verfahren, daß dieselben Schallgeber bald an den einen, bald an den anderen Ort der Medianebene gebracht wurden, niemals etwa so, daß an einer Stelle immer die einen, an der andern die andern benutzt wären, weil auf diese Weise zu leicht konstante Differenzen der Schallgeber die Lokalisation hätten ermöglichen können. Selbstverständlich wurde Sorge getragen, daß der dem Schallgeber vor jedem Versuch gegebene Ort weder durch optische noch durch akustische Eindrücke verraten oder auch nur irgendwie vermutet werden konnte. Es wird nicht nötig sein, die zu diesem Zweck erforderlichen Vorsichtsmaßregeln genau zu besprechen. Ich beschränkte mich in allen Fällen darauf, sehr stark abweichende Richtungen miteinander zu vergleichen, weil es mir zunächst darum zu thun war festzustellen, mit welcher Sicherheit diese unterschieden werden. Dem Sinne der Versuche entsprechend, ließ ich aber kleine Variierungen jeder einzelnen Richtung zu, wie sie von selbst vorkommen, wenn dem Beobachter aufgegeben ist den Kopf still zu halten, aber eine besondere Fixation desselben unterlassen ist. Die Einstellung der Schallgeber geschah zumeist vermöge ihrer Befestigung genau an dem gleichen Orte, in manchen Versuchsreihen aber auch aus freier Hand, so daß auch hierdurch kleine unregelmäßige Variierungen jeder einzelnen Richtung hervorgebracht wurden.¹ In allen Versuchen wurden

¹ PREYER giebt zwar an, daß bei manchen Schallrichtungen (z. B. Hinten-Oben) eine kleine Abweichung von der genauen Richtung genüge, um gewisse Verwechselungen zu begünstigen. Da indessen doch zweifellos alle Dinge, auf die es hier ankommen kann, in stetiger Weise von der Richtung der Schallquelle abhängen, so kann für die Unterscheidung zweier ganz verschiedener Richtungen das Schwanken jeder einzelnen um einige Grade wohl kaum in Betracht kommen.

nur 2 Schallrichtungen benutzt, welche überdies dem Beobachter zum voraus bekannt waren. Der Beobachter wußte also z. B., daß der Schall vorn oder hinten gegeben werden würde, und hatte nur anzugeben, ob das eine oder das andere geschehen wäre. Ob das Resultat richtig oder falsch war, wurde dem Beobachter, um die Erlernung der etwaigen verschiedenen Klänge zu erschweren, niemals mitgeteilt. Der größte Teil der Versuche wurden von mir und meinem Assistenten Herrn BAADER gemeinsam in der Weise ausgeführt, daß einer abwechselnd als Beobachter resp. als Gehülfe funktionierte.

Ich berichte nunmehr über die Versuche nach der Zeitfolge ihrer Anstellung. Bei der Unterscheidung von vorn-oben und hinten-oben (einfacher Knall im Telephon ca. 20 cm über Scheitelhöhe und 20 cm nach vorn resp. nach hinten von der Scheitellinie entfernt) wurde in der ersten Versuchsreihe vom Beobachter B. 18 mal richtig und 17 mal falsch geurteilt, von K. 5 mal richtig und 11 mal falsch, während in 4 Fällen kein Urteil abgegeben werden konnte. Die Fortsetzung der gleichen Versuche an mir selbst ergab sich hier zunächst als nutzlos, weil mit voller Regelmäßigkeit sowohl der vorn als auch der hinten erzeugte Knall vorn gehört wurde. Die Ermittlung einer Verhältniszahl richtiger oder falscher Urteile hat unter diesen Umständen natürlich keinen Sinn. Bei einer zweiten Versuchsreihe war die Höhe auf wenig über 1 cm über Scheitelhöhe reduziert und die Entfernung wechselte, wurde jedoch so gewählt, daß die Richtung niemals mehr als 45° von der Horizontalen abwich, ja meistens sich dieser sehr annäherte. Das Resultat war ähnlich. Beim Beobachter B. 25 richtige und 14 falsche Urteile (in 2 Fällen kein Urteil abgegeben), bei KR. 18 richtige und 17 falsche; einmal konnte kein Urteil abgegeben werden. Auch hier wurde der von hinten kommende Schall in 19 Fällen 16 mal nach vorn und nur 3 mal nach hinten verlegt; der von vorn kommende dagegen in 18 Fällen 15 mal richtig und nur 1 mal falsch lokalisiert.

Man kann zweifeln, ob bei Ergebnissen dieser Art eigentlich von der Fähigkeit einer Medianlokalisation überhaupt gesprochen werden kann. Thatsächlich machte keiner der beiden Beobachter einen sehr großen Unterschied in der Auffassung des von vorn und des von hinten kommenden Schalles; einer

lokalisierte gleichmäÙig beide bald nach vorn, bald nach hinten, der andere dagegen fast alle nach vorn.

Zu schon etwas günstigeren Resultaten führten die Versuche über die Unterscheidung von oben und von unten kommender Schallreize; dieselben wurden so angeordnet, daß die Schallquelle in beiden Fällen sich etwas nach vorn vom Beobachter befand. Wir erhielten bei Anwendung einer Pfeife von Beobachter B. 18 richtige und 8 falsche Urteile (in einem Falle kein Urteil), von Beobachter Kr. 15 richtige und 8 falsche Urteile (in zwei Fällen kein Urteil).

Auch eine Versuchsreihe über die Unterscheidung von hinten und oben kann hier angereicht werden, bei welcher das oben erwähnte Zusammenklappen zweier Münzen als Schallreiz diente. Wir erhielten bei Beobachter B. 10 richtige, 10 falsche und 11 halbrichtige, bei K. 16 richtige, 6 falsche und 9 halbrichtige Urteile. Unter halbrichtigen sind hier solche verstanden, bei denen die Schallrichtung um 45° falsch wahrgenommen wurde, also z. B. hinten-oben angegeben, während der Schall gerade von oben oder gerade von hinten kam.

Die zunächst naheliegende Annahme, daß der Grund für die Schwierigkeit der Medianlokalisation in der bei all diesen Versuchen bestandenen unregelmäßigen Variierung der Reize zu suchen sei, erwies sich indessen bei der Fortsetzung der Versuche als nicht zutreffend. Es wurden vielmehr in späteren Reihen, zum Teil wohl infolge besserer Einübung, zum Teil auch, wie zu erwähnen sein wird, durch die Anwendung anderer Reize, erheblich bessere Resultate erhalten.

Die Versuche über Höhenlokalisation (Unterscheidung von vorn-unten und vorn-oben) ergaben zunächst bei dem einen Beobachter (Kr.) bei Anwendung eines einfachen Knalls nur 1 falsches Urteil auf 18 richtige (neben 5 Fällen, in denen kein Urteil abgegeben werden konnte). Der andere Beobachter lieferte bei dem gleichen Versuche 15 falsche auf 32 richtige Urteile (2 Fälle ungewiß), unterschied also wenig besser als in den ersten Fällen.

Noch günstigere Resultate ergab ein späterer Versuch an mir selbst, in welchem wegen gesteigerter Komplikation der Versuche ein ungünstigeres Resultat hätte erwartet werden können. In Hinblick nämlich auf die Annahme, daß irgend welche leichte Modifikation der Schallqualität die Lokalisation bedingt, ließen wir in dieser Reihe vorn und hinten 7 verschiedene Geräusche

unregelmäßig abwechseln;¹ ich lokalisierte 39 mal richtig, 4 mal falsch und war 2 mal ungewiß. Ferner sei hier eine Versuchsreihe angeführt, in welcher Herr B. (bei Telephonknall) 24 mal richtig, 3 mal falsch urteilte und nur 1 mal ungewiß war.² Eine Begünstigung der Unterscheidung schien, namentlich für mich, dann einzutreten, wenn statt des einfachen Knalls ein kurz (vielleicht $\frac{1}{2}$ —1 Sekunde) dauerndes knatterndes Geräusch angewandt wurde. Dasselbe wurde im Telephon durch schnell folgende Öffnung und Schließung des primären Stromes des Induktionsapparates bewirkt. Da wir dies durch Aneinanderstreichen zweier, den primären Strom schließenden Drähte oder durch Drehen eines Disjunktors aus freier Hand bewirkten, so war das Geräusch auch hier seinem Charakter nach sehr unregelmäßig; es wurde außerdem noch durch die Variierung des Rollenabstandes modifiziert. Ich urteilte unter 44 Versuchen 39 mal richtig, 1 mal falsch und war 4 mal im Zweifel, während unmittelbar zuvor bei einer Versuchsreihe mit einfachem Knall unter 43 Versuchen 12 falsche und 3 halbrichtige (in dem oben S. 240 angegebenen Sinne) neben 26 richtigen Urteilen (2 Fälle ungewiß) gewesen waren.

Auch die Höhenlokalisation (Unterscheidung von oben und unten, beide Orte wenig nach vorn gelegen) gelang mir bei der Anwendung des Knatterns besser, indem unter 25 Fällen 22 mal richtig geurteilt wurde.

Die Fähigkeit einer Medianlokalisation auch bei unregelmäßiger Variierung der Schallbeschaffenheit kann hiernach nicht bezweifelt werden. Jedoch zeigt sich dieselbe in hohem Maße von der Beschaffenheit des gewählten Schalls, von der Einübung und übrigens wohl auch von jeweiliger Disposition abhängig. Gerade der zu den ersten Versuchen gewählte Telephonknall scheint schwerer zu lokalisieren zu sein, als z. B. das Zusammenschnellen der Holzplättchen. Doch ist es schwer,

¹ Dieselben waren: 1. Der Knall des Telephons. 2. Derselbe durch Bedeckung des Schallbechers mit einem Papierblatt gedämpft. 3. Dergleichen durch Bedeckung mit einem Uhrglas gedämpft. 4. Zusammenschnellen zweier Münzen. 5. Schlag mit einem Holzstäbchen auf eine Münze. 6. Der Fall eines Schrotkorns in eine Porzellanschale. 7. Ein durch Kratzen mit einem Glasstab auf Sandpapier verursachtes Geräusch.

² Dabei ist allerdings zu bemerken, daß der Knall stets irrtümlicherweise mehr oder weniger oben gehört wurde; es wurde also immer statt vorn und hinten, vorn oben und hinten oben angegeben.

hierüber bestimmte Angaben zu machen, weil auch andere Dinge von bedeutendem Einfluß sind. Wir bemerkten öfter, daß der Beobachter nach einer Reihe sicherer und richtiger Urteile unsicher zu werden anfang, zuweilen auch im Gegenteil nach einer Anzahl falscher Urteile eine annähernd sichere Unterscheidung gewonnen wurde, als ob die Unterscheidung im Laufe der Versuchsreihe erlernt worden wäre.

Zu noch besseren Ergebnissen aber, als durch Fortsetzung der Versuche an denselben Beobachtern gelangten wir durch Übergang zu anderen Versuchspersonen. Ich wurde zu der Anstellung der Versuche an einer größeren Zahl von Personen durch folgende Erwägung geführt. Wer an die Fähigkeit einer auf besonderen physiologischen Hilfsmitteln beruhenden Schalllokalisation nicht zu glauben, vielmehr nur eine mittelbare Lokalisation anzunehmen geneigt ist, der wird immer behaupten können, es sei die in den Versuchen erzielte Variierung der Schallreize keine zureichende oder keine geeignete gewesen; gewisse Eigentümlichkeiten, z. B. des zeitlichen Verlaufs oder des Timbres könnten doch wohl, je nach Lage der Schallquelle, für alle Reizarten sich in ähnlicher Weise geltend machen und für die wenigen in den Versuchen zur Anwendung kommenden Reize insgesamt leicht erlernt werden. Es lag im Hinblick auf diesen Einwand nahe, eine erworbene Kenntnis der Reize in der Weise zu verhindern, daß die zur Ausschließung des Zufalls erforderliche Häufung der Versuche durch Heranziehung einer großen Zahl von Beobachtern erreicht, mit jedem einzelnen aber nur ganz wenige (5) Versuche angestellt würden. Ich experimentierte auf diese Weise an 22 Studenten; es wurde stets der durch Zusammenschnellen zweier Holzplättchen bewirkte Knall (übrigens auch in wechselnder Intensität und Entfernung) benutzt, und zwar gerade hinter und gerade vor dem Kopf erzeugt. Bei den so erhaltenen 111 Versuchen (an einem Beobachter wurden 6 ausgeführt) wurde, obwohl stets im voraus gesagt war, daß der Schall gerade vorn oder gerade hinten sein würde, häufig gerade nach oben oder auch nach hinten-oben oder vorne-oben lokalisiert; die Urteile zerfallen also in richtige, in solche, die um 45° , um 90° oder mehr als 90° falsch waren, indem ich unter der letzten Kategorie die Verwechselung z. B. von vorn mit hinten und mit hinten-oben zusammenfaßte. So fanden sich unter den 111 Versuchen 47 richtige Urteile,

um mehr als 90^0 falsch waren	23,
um 90^0 „ „	14,
um 45^0 „ „	21,

in 6 Fällen konnte der Ort nicht angegeben werden.

Dies Resultat kann im ganzen wohl auch ein sehr ungünstiges genannt werden, welches eher gegen als für das Vorhandensein eines physiologischen Hilfsmittels der Lokalisation sprechen würde. Es war aber die kleine Zahl der an jeder Person angestellten Versuche ausreichend, um einige individuelle Eigentümlichkeiten zu entdecken, welche bedeutungsvoller waren, als das Gesamtergebnis. Unter den 22 Personen war nur eine (stud. J.), welche in 6 Versuchen hintereinander stets richtig urteilte. Ich setzte die Versuche mit diesem Beobachter fort und erhielt bei der Unterscheidung von vorn und hinten in 30 Fällen 29 richtige Urteile, während der Beobachter in 1 Fall ungewiss war. Ich stellte sodann 32 Versuche mit demselben Beobachter an, in welchen vorn, oben und hinten wechselte; es wurde 30 mal richtig geurteilt, in 2 Fällen kein Urteil abgegeben. Als Reiz diente in diesen Fällen ebenfalls ein einfacher Knall (zwei Holzplättchen), der an Stärke und Klangfarbe variabel war, und es wurde zugleich die Entfernung beträchtlich verändert. Bei dem hohen Prozentsatz richtiger Urteile reicht die kleine Zahl vollkommen aus, um jede Täuschung durch Zufall auszuschließen. Worauf aber die entschieden sehr ungewöhnliche Sicherheit im Erkennen der Schallrichtungen bei diesem Beobachter zurückzuführen ist, weiß ich nicht anzugeben; musikalisch war derselbe weder beanlagt noch ausgebildet.

Mit Recht hat MÜNSTERBERG¹ darauf hingewiesen, daß in PREYERS Versuchen — da jedesmal angegeben werden sollte, an welcher von 26 bestimmten Stellen der Schall erzeugt wäre — die Aufgabe des Beobachters sehr schwer gemacht ist, das Lokalisationsvermögen also unter relativ ungünstigen Bedingungen in Thätigkeit kommt. Bei den von uns angestellten Versuchen ist dies in weit geringerem Maße der Fall, da es sich nicht um die richtige Erkennung einer von 26, sondern nur einer von 2 Schallrichtungen handelt. Immerhin kann man sagen, daß auch hier die gestellte Aufgabe nicht die einer Unterschei-

¹ A. a. O. S. 222.

dung unter möglichst günstigen Bedingungen, sondern mehr die einer Rekognition war. Es liefs sich erwarten, dafs die Erkennung eines Richtungsunterschiedes leichter und sicherer gelingen werde, wenn die beiden Schallreize in ganz kurzem Intervall nacheinander zu Gehör gebracht würden. Auch hierbei konnte ihr Verhalten bezüglich Stärke und Entfernung gewechselt werden. In der That fanden wir dies. Indem ich je zwei Holzplättchen vor und hinter dem Kopf des Beobachters B. zusammenschnellte, mit einem Zeitintervall von etw 1 Sekunde, unterschied dieser die Reihenfolge vorn-hinten von der entgegengesetzten in 25 Versuchen mit voller Sicherheit (ohne einen einzigen Fehler), während vorher die Rekognition der Einzelreize ziemlich unsicher gewesen war. Dabei wurde allerdings der Übergang von vorn nach oben als demjenigen von vorn nach hinten, ebenso der von oben nach hinten dem von vorn nach hinten etc., als gleichsinnig betrachtet und somit als richtiges Urteil gerechnet, wenn die Angaben auch nur in dieser bedingten Weise der Wahrheit entsprachen.

Die Wahrnehmung der Schallrichtung ist, wie schon PREYER mitgeteilt hat und auch hier bereits berührt wurde, durchaus nicht blofs in dem Sinne eine unsichere, dafs etwa 2 Richtungen, *a* und *b*, verwechselt und dabei ebenso leicht *a* für *b*, wie *b* für *a* gehalten würde. Es zeigen sich vielmehr nicht selten konstante Tendenzen zu ganz bestimmten Irrtümern. Hierfür haben auch unsere Versuche zahlreiche Beispiele ergeben. Die Tendenz, den von hinten kommenden Schall nach vorn zu verlegen, war bei mir selbst in den ersten Versuchsreihen in ausgeprägtester Weise vorhanden; ich fand sie in gleicher Weise noch bei 2 andern Personen. Die eine derselben (Kp.) lokalisierte den durch 2 Holzplättchen bewirkten Knall im Anfange einer ersten Versuchsreihe immer nach vorn¹, schien aber dann die Unterscheidung einigermassen zu lernen und lokalisierte vorn stets und hinten wenigstens ziemlich oft richtig. Um die Einübung auszuschliessen, stellte ich mit Kp. während mehrerer Tage täglich nur 4 Versuche an, und es wurde dabei durchgängig sowohl der von vorn als der von hinten kommende Schall nach vorn lokalisiert. Bei Anstellung einer längern

¹ Die gleiche Tendenz, den von hinten kommenden Schall nach vorn zu versetzen, bestand hier auch für hohe Pfeifentöne.

Reihe ergab sich dann wieder das erste Resultat; zwar wurde keine hohe Sicherheit der Unterscheidung gewonnen, aber doch eine Anzahl von Malen hinten richtig erkannt, während vorn niemals nach hinten verlegt wurde. Bei mir selbst hatte sich nach einer längeren Unterbrechung der Versuche das Verhältnis umgekehrt und ich lokalisierte hinten fast durchgängig richtig, vorn dagegen meist gleichfalls nach hinten.

Sehr häufig scheinen aber auch die Irrtümer bezüglich der Höhe zu sein und zwar zunächst in dem Sinne, daß die in Wirklichkeit mit dem Kopf gleich hoch liegende Schallquelle nach oben verlegt wird. Herr B. verlegte den Telephonknall, obwohl ihm bekannt war, daß er grade vor oder hinter dem Kopf hervorgebracht wurde, stets ziemlich stark nach oben, unterschied also nur vorn oben oder hinten oben, statt vorn und hinten, und nahm gelegentlich den Schall auch grade oben wahr. Auch mir schien der Telephonknall stets mehr oder weniger von oben zu kommen. Bei uns beiden persistierte diese Täuschung, selbst wenn das Telephon erheblich unter die Kopfhöhe gebracht wurde. Beachtenswert scheint mir, daß die Täuschung in weit geringerem Grade vorhanden war, wenn statt des Telephonknalls die zusammenklappenden Holzplättchen benutzt wurden, deren Knall im allgemeinen lauter und schärfer klang, als der des Telephons.

Von den untersuchten Studenten lokalisierte einer den Knall der Holzplättchen von hinten stets richtig, der von vorn kommende dagegen wurde in allen Fällen grade oben wahrgenommen. Eine irr tümliche Lokalisation des Schalles nach unten habe ich dagegen nie beobachtet.

Aus den mitgeteilten Versuchen läßt sich, trotz der numerischen Geringfügigkeit des Materials, zweierlei ersehen. Erstlich, daß eine nahezu sichere Medianlokalisation (wenigstens in Bezug auf die Unterscheidung von vorn und hinten) unter Umständen auch dann stattfinden kann, wenn die Schallreize von Versuch zu Versuch ihrer Qualität und Stärke nach, sowie bezüglich ihrer Entfernung ganz unregelmäßig wechseln. Zweitens aber fällt die außerordentliche Unsicherheit, welche die gleiche Lokalisation unter anderen Umständen zeigt, in die Augen. Welche theoretische Folgerung bei dieser Sachlage zu ziehen ist, das scheint mir nicht ohne weiteres klar. Wenn man nur eine

mittelbare Lokalisation anzunehmen geneigt ist, wird man doch schwer begreiflich finden müssen, daß diese bei beständig wechselnder Schallbeschaffenheit möglich ist. Wenn man dagegen mit PREYER eine besondere, der Lokalisation dienende physiologische Einrichtung annimmt, so wird es zum mindesten auffallend erscheinen, daß diese häufig so äußerst mangelhaft funktioniert, in vielen Fällen die grade entgegengesetzten Richtungen verwechselt werden und zwar, was vielleicht besonders merkwürdig ist, Angaben, die um 180° falsch sind, mit positivistischer Sicherheit ausgesprochen werden.

Ohne eine Entscheidung versuchen zu wollen, möchte ich noch zwei Thatsachen anführen, die zur Vorsicht mahnen. Für die indirekte Natur der Medianlokalisation würde es offenbar in hohem Grade sprechen, wenn es möglich wäre, willkürlich durch die Natur der gewählten Geräusche oder Klänge das Ergebnis der Lokalisation zu bestimmen. Uns ist im allgemeinen nichts derartiges gelungen; wir konnten z. B. nicht finden, daß etwa der schwächere Klang mit Vorliebe nach hinten, der stärkere nach vorn verlegt worden wäre. Nur in einer Versuchsreihe ergab sich mit einer gewissen Regelmäßigkeit ein derartiges Resultat. Es wurden nämlich bei den schon oben erwähnten Versuchen, in denen eine größere Anzahl verschiedener Geräusche in unregelmäßigem Wechsel verwendet wurden, von Herrn B. alle fast durchgängig richtig lokalisiert; nur eines wurde unter 10 Fällen 9 mal nach hinten versetzt, obwohl es vorn hervorgebracht wurde. Es möchte hieraus doch zu schließen sein, daß wenn auch ein physiologisches Hilfsmittel der Schall-Lokalisation existiert, doch neben demselben auch Qualität und Intensität des Schalles in Betracht kommen, und auf das Ergebnis von Einfluß sind, ähnlich wie ja auch bei der optischen Entfernungs-Lokalisation sehr verschiedenartige Umstände von Einfluß sind, ohne daß man im allgemeinen sich bewußt würde, worauf das Resultat beruht. — Die Annahme aber, daß geringfügige Differenzen der Schallart mit großer Feinheit aufgefaßt werden, scheint eine gewisse Stütze auch in den Thatsachen zu finden, welche sich auf die Wahrnehmung der Entfernung einer Schallquelle beziehen. Auch diese ist nämlich weit vollkommener, als man erwarten sollte, wenn man davon ausgeht, daß sie auf Schlüssen aus der Intensität und dem Timbre des Schalles beruht und daß daher nur bei im voraus bekanntem Schallreize eine

richtige Beurteilung der Entfernung möglich sei. Wir ließen, um uns hierüber zu orientieren, den Knall des Telephons abwechselnd in 25 und 65 cm Entfernung vom Kopfe des Beobachters in genau seitlicher Richtung erklingen, dabei die Intensität durch Wechsel des Rollenabstandes unregelmäßig variieren und zwar in einem Spielraum, von dem schon ein kleiner Teil genügte, um die mit der Abstandsänderung verknüpfte Variierung der Intensität zu kompensieren. Der Beobachter hatte in einer Reihe von Einzelversuchen jedesmal angegeben, ob der Schall von der nahen oder von der entfernten Stelle kam. Dabei wurden von B. in 27 Fällen 24 richtige und 3 falsche, von K. in 27 Fällen 23 richtige und 3 falsche Urteile (in einem Falle kein Urteil) abgegeben. Bei Versuchen mit 2 schnell aufeinander folgenden Knallen (Holzplättchen), von denen der nähere in 20–40 cm, der entferntere in 100–140 cm Abstand gegeben und ebenfalls die Intensität stark geändert wurde, konnte nicht minder die Reihenfolge (Nah-Fern oder umgekehrt) in allen Fällen richtig erkannt werden; keineswegs gelang es das Urteil durch große Intensität des fernen und geringe des nahen Schalles irrezuführen. Sollte man auch hier einen physiologischen Mechanismus annehmen? So viel ich sehe, würde die Ausdehnung der PREYERSchen Hypothese auf die Entfernungswahrnehmung auf einige Schwierigkeit stoßen. Auch nach der Auffassung MÜNSTERBERGS könnten die Hilfsmittel der Richtungswahrnehmung wohl für die Beurteilung der Entfernung nichts nützen, da der Bewegungsanstoß in beiden Fällen qualitativ gleich sein würde; auch könnte es nicht genügen, etwa dem entfernten Reiz der Auslösung eines stärkern Bewegungsimpulses zuzuschreiben, da die Stärke doch jedenfalls auch von der Schallintensität abhängig gedacht werden muß. Überdies mag daran erinnert werden, in welcher Weise gerade bezüglich der Entfernungsbeurteilung die willkürliche Herstellung gewisser Schallqualitäten zu Täuschungen führt; die Leistungen geschickter Bauchredner sind in dieser Hinsicht sehr belehrend.

Wie dem nun auch sein mag, jedenfalls scheint mir die Frage der Schalllokalisation noch keineswegs vollständig klar zu liegen. Vielleicht wird durch eine systematische Vergleichung der Entfernungs- und der Richtungswahrnehmung am ehesten eine weitere Sicherung, sei es der einen, sei es der andern Anschauung zu gewinnen sein.

Ich möchte endlich noch auf eine eigentümliche Konsequenz gewisser Lokalisationstheorien aufmerksam machen, welche teils für den vorliegenden Gegenstand von einiger Bedeutung, teils wohl auch von allgemeinem Interesse ist. Es ist häufig angenommen worden, daß eine Lokalisation auf irgend welchen, die betreffenden Empfindungen regelmässig begleitenden Nebenerscheinungen beruhe, welche je nach der Art des Reizes verschieden wären. Das erste Beispiel hierfür bietet wohl LOTZES Theorie der optischen Lokalisation, nach welcher die Erregung jeder Netzhautstelle einen Bewegungsimpuls erzeugt; derselbe wird so beschaffen gedacht, daß durch Ausführung der betreffenden Bewegung die Stelle des deutlichsten Sehens an den Platz der erregten Netzhautstelle gebracht würde.¹ Dieser Ansicht sehr nahe steht die Anschauung, welche MÜNTERBERG über den Raumsinn des Ohres sich gebildet hat; nach ihm sollen es die durch Reizungen der halbkreisförmigen Kanäle reflektorisch ausgelösten Impulse zu Kopfbewegungen sein, auf denen die Lokalisation der Schallempfindungen beruht.

Soviel ich nun sehe, ist eine Theorie, welche in dieser Weise die Lokalisation auf Begleiterscheinungen der Empfindung zurückführt, nicht im stande, die gleichzeitige richtige Lokalisation mehrerer Empfindungen zu erklären, führt vielmehr zu der Konsequenz, daß eine solche unmöglich sein müsse. In der That denken wir uns die Empfindung X mit dem Bewegungsimpuls α , Y mit dem Bewegungsimpuls β verknüpft; entsteht nun X und Y , demgemäß auch α und β gleichzeitig, wie unterscheidet sich der psychische Effekt in diesem Fall von dem entgegengesetzten, daß β durch X und α durch Y hervorgerufen worden ist? Ich vermag diese Frage auf dem Boden einer derartigen Theorie nicht zu beantworten, wenigstens nicht ohne ganz neue und wenig wahrscheinliche Annahmen in dieselbe einzuführen. Mir scheint vielmehr zunächst als Konsequenz sich zu ergeben, daß entweder die beiden Bewegungsimpulse zu einem einheitlichen von mittlerer Beschaffenheit verschmelzen und sodann die beiden Empfindungen an demselben Ort lokalisiert würden, oder aber daß beide unabhängig bestehen bleiben und alsdann beide Orte richtig erkannt werden,

¹ LOTZE: *Medizinische Psychologie*. S. 353 f.

die Lokalisation aber nun verwechselbar ist. Welche Empfindungen an den einen, welche an den andern Ort zu verlegen ist, müßte zunächst ungewiß bleiben und könnte erst jedesmal z. B. durch Bewegungen festgestellt werden. Es ist hinlänglich bekannt, daß für das Auge die Sache sich nicht so verhält; wir erkennen ja, wenn z. B. ein rotes und ein grünes Licht im Gesichtsfelde aufblitzt, jederzeit sogleich den Ort eines jeden, und niemals kommt eine Verwechselung etwa derart vor, daß man das Grüne unten und das Rote oben zu sehen glaubte, während es sich in Wirklichkeit umgekehrt verhält. Mir ist aus diesem Grunde die LOTZESche Theorie der optischen Lokalisation nie genügend erschienen. Bezüglich der Schalllokalisation war es indessen bisher ungewiß, wie die Thatsachen in dieser Hinsicht eigentlich lägen, und es erschien deswegen von einigem Interesse, Versuche über die gleichzeitige Lokalisation zweier Schallreize anzustellen. Ich gestehe, daß ich mit wenig Vertrauen an diese Versuche heranging; denn zwei Beobachtungen gewisser Art gleichzeitig zu machen, muß unter allen Umständen schwierig und im Ergebnis unsicherer sein, als eine einzelne. Hiernach schien zu befürchten, daß, selbst wenn der ganze Mechanismus der Lokalisation derart wäre, daß auch die Erkennung zweier Richtungen gleichzeitig dadurch nicht ausgeschlossen würde, doch praktisch diese sich unausführbar erweisen möchte. Ein negatives Resultat hätte also in keiner Richtung etwas beweisen können. Die Versuche ergaben indessen durchaus nicht die Unmöglichkeit einer doppelten Lokalisation. Es mußte bei denselben natürlich auf strenge Gleichzeitigkeit der zwei zu unterscheidenden Schallreize geachtet werden. Ich verfuhr deswegen zunächst so, daß mittels eines Gabelrohrs und Gummischläuchen zwei Pfeifen gleichzeitig angeblasen wurden; klingt die eine zu laut, so kann man leicht den zu ihr führenden Schlauch ein wenig zuklemmen und so die erforderliche Gleichheit der Stärke herstellen. Bläst man nun die Pfeifen in solcher Stellung an, daß die eine rechts, die andere links von der Medianebene des Beobachters sich befindet, so ist der Erfolg allerdings zunächst meist verwirrend; es werden die Töne nach rechts und links lokalisiert, es scheint aber nicht sicher, welcher Ton rechts und welcher links klingt. Nach kurzer Einübung aber gelingt dies ganz gut, namentlich wenn man die Töne von recht ungleicher Höhe

und dissonierend wählt. Noch leichter und sicherer fand ich die Unterscheidung, wenn nur auf der einen Seite eine Pfeife angewandt, das andere Ende des Schlauches aber stark verengert und auf diese Weise durch die herausströmende Luft ein zischendes Geräusch hervorgebracht wurde. Es wird alsdann, wie ich mich an mehreren Beobachtern in zahlreichen Versuchen überzeigte, mit Leichtigkeit und Sicherheit Ton und Geräusch, jedes an seinem richtigen Platz gehört. Um sich vor Irrtümern zu schützen, ist es übrigens notwendig, bei den Versuchen auch solche Fälle einzuschalten, in denen Geräusch und Ton an derselben Stelle gegeben werden, da sonst der Verdacht entstehen könnte, es würde nur eine der beiden Schallarten, etwa als stärkere, richtig lokalisiert, und der anderen nur gemäß der zum voraus bekannten Einrichtung der Versuche der entgegengesetzte Ort zugeschrieben. — Bezüglich der Rechts-Links-Lokalisation ist also die gleichzeitige richtige Wahrnehmung zweier verschiedener Schallrichtungen in der Weise möglich, daß jede Schallart in ihrer wahren Richtung gehört wird. Soviel ich sehe, wird auch derjenige, der die Annahmen MÜNSTERBERGS adoptiert, zur Erklärung dieser Unterscheidungen doch auf die Vergleichung der Intensität jedes Schalles in den beiden Ohren rekurrieren müssen.

Es ist nach jeder Theorie begreiflich, daß der gleiche Versuch bezüglich der an sich viel weniger sicheren Medianlokalisation weniger schlagend ausfällt. Gleichwohl findet man auch, wenn Ton hinten und Geräusch vorn erklingt oder umgekehrt, wenigstens im allgemeinen die Möglichkeit einer doppelten Richtungswahrnehmung. In einer mit Herrn J. ausgeführten Versuchsreihe wurden beide Schalle dann richtig lokalisiert, wenn sie beide vorn oder beide hinten erzeugt wurden, ebenso auch, wenn der Ton hinten und das Geräusch vorn erzeugt wurde; regelmäßig wurde dagegen fälschlich sowohl Geräusch als Ton nach hinten verlegt, wenn in Wirklichkeit nur das erste hinten, die Pfeife aber vorn sich befand. Die Lokalisation des Pfeifentones für sich allein war zwar bezüglich vorn und hinten auch nicht ganz sicher, doch wurden hier selten Fehler gemacht. Kein Zweifel also, daß das von hinten klingende Geräusch die Lokalisation des vorn erzeugten Tones beeinträchtigt. Bei der entgegengesetzten Anordnung aber wurde doch mit voller Sicherheit der eine Schall nach vorn, der

andere nach hinten, der Wirklichkeit entsprechend verlegt; die Möglichkeit einer doppelten Richtungswahrnehmung besteht also jedenfalls auch, und auch hier scheint es kaum, daß die beiden gehörten Schallarten sozusagen ganz zufällig in die beiden wahrgenommenen Richtungen verteilt würden. Herr BAADER, der bezüglich der Medianlokalisation überhaupt weniger sicher war, hörte meist die beiden Schalle an der gleichen Stelle und zwar da, wo in Wirklichkeit das Geräusch war. Doch wurden nicht selten auch beide Richtungen wahrgenommen, zuweilen jeder Schall an richtiger Stelle, zuweilen auch vertauscht.

Die mitgeteilten Beobachtungen prätendieren natürlich durchaus nicht, den Gegenstand erschöpfend aufzuklären; doch dürften sie genügen um zu zeigen, daß auch ein weiteres Studium der Doppel-Lokalisationen und der dabei auftretenden Verwechslungen von einigem Interesse und für die Theorie der Lokalisation von Bedeutung sein würde.
