

Räumliche Gewichtung bei der Lautheitswahrnehmung

Jan Hots^{1,3}, Daniel Oberfeld-Twistel², Alexander Fischenich², Jesko L. Verhey¹

¹ Abteilung für Experimentelle Audiologie, Otto-von-Guericke-Universität, Leipziger Straße 44, 39120 Magdeburg

² Allgemeine Experimentelle Psychologie, Johannes Gutenberg-Universität, Wallstraße 3, 55122 Mainz

³ E-Mail: jan.hots@med.ovgu.de

Einleitung

Das auditorische System spielt für die Orientierung und die Lokalisation unterschiedlicher Schallquellen im Alltag eine große Rolle. Auch wenn Objekte außerhalb des Sehfeldes liegen, können Informationen über die Position einer Schallquelle noch durch das Gehör bereitgestellt werden. Im vorliegenden Beitrag soll untersucht werden, ob beim Lautheitsurteil eine Richtungsgewichtung vorgenommen wird, d.h. ob z.B. Schallquellen die außerhalb des Sehfeldes liegen für das gesamte Lautheitsurteil über eine akustische Szene wichtiger sind als andere. Insgesamt wurden fünf Raumrichtungen untersucht. Für diese Raumrichtungen wurde in einem zweiten Experiment auch die Lokalisationsgenauigkeit gemessen.

Methode

Versuchspersonen, Aufbau und Stimuli

Die fünf teilnehmenden normalhörenden Versuchspersonen (≤ 20 dB HL an den audiometrischen Standardfrequenzen zwischen 125 Hz und 8 kHz) waren zwischen 23 und 36 Jahren alt. Eine der Versuchspersonen hat nur am ersten Experiment teilgenommen. Die Versuchspersonen wurden für ihre Teilnahme bezahlt, sofern sie nicht in der Abteilung für Experimentelle Audiologie angestellt waren.

Die Versuche wurden mit fünf aktiven Nahfeldmonitoren (Genelec 6010) im Freifeld durchgeführt. Die Monitore waren im Abstand von etwa 1,6 m vor, hinter, links, rechts und senkrecht über der Versuchsperson positioniert.

Als Stimuli wurden fünf Rauschbänder mit je einer Bandbreite von je 2 Bark verwendet. Der spektrale Abstand der Bänder betrug ebenfalls 2 Bark. Die Grenzfrequenzen der Bänder waren: 100 bis 300 Hz, 510 bis 770 Hz, 1080 bis 1480 Hz, 2000 bis 2700 Hz und 3700 bis 5300 Hz. Die spektralen Eigenschaften der Bänder wurden so gewählt, um den Einfluß von gegenseitiger simultaner spektraler Verdeckung gering zu halten. Um den Einfluss inhärenter Pegelschwankungen zu reduzieren wurde ein bezüglich der Einhüllenden rauscharmes Rauschen (Low-noise noise) verwendet [1]. Das Rauschen wurde hierbei durch seine Einhüllende geteilt und dann bandbegrenzt. Dieser Vorgang wurde zweimal durchgeführt. Die Dauer der Rauschbänder betrug 300 ms. In einer Vormessung wurde jedes der fünf Rauschbänder aus jeder der fünf Richtungen mit Hilfe eines 2-Intervall 2-Alternativen Zwangwahlverfahrens (Engl. alternative forced choice, AFC) individuell an die Lautheit des mittleren Rauschbandes von vorne bei 65 dB SPL angeglichen. Die so erhaltenen Pegel

gleicher Lautheit wurden für die Messung der räumlichen Gewichte und der Lokalisationsgenauigkeit verwendet. Alle Stimuli wurden digital in MATLAB mit einer Abtastrate von 44,1 kHz generiert und über einen DA-Wandler (RME ADI 8 QS) an die Lautsprecher weitergegeben.

Bestimmung der räumlichen Gewichte

Zur Bestimmung der räumlichen Gewichte wurden in jedem Trial die fünf Rauschbänder zufällig auf die fünf Lautsprecher verteilt und die Pegel für jeden Lautsprecher aus einer von zwei Normalverteilungen gezogen. Die zwei Normalverteilungen unterschieden sich in ihrem mittleren Pegel um 2 dB und hatten je eine Standardabweichung von 2,5 dB. Sehr hohe oder niedrige Pegel wurden ausgeschlossen, indem die gezogenen Pegel auf eine Abweichung vom Mittelwert um die dreifache Standardabweichung begrenzt wurden. Um auszuschließen, dass die Ergebnisse durch die spektralen Gewichte der einzelnen Rauschbänder [2, 3] verfälscht werden, wurden alle 120 möglichen Anordnungen der Rauschbänder auf die Lautsprecher für die Messung verwendet.

Die Stimuli wurden durch die Versuchspersonen in einem 1-Intervall 2-AFC-Verfahren bewertet. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand dabei darin, anzugeben, ob der Stimulus eher lauter oder leiser war als die zuvor gehörten Stimuli. Ein solches Verfahren wurde bereits vielfach erfolgreich zur Untersuchung zeitlicher Gewichte der Lautheitswahrnehmung verwendet (siehe z.B. [4, 5]). Die Messung wurde in neun Blöcke mit je 250 Trials unterteilt. Jeder Block begann mit zehn Orientierungstrials, die nicht in die Auswertung einfließen. In den übrigen 240 Trials wurden alle 120 möglichen Anordnungen der fünf Rauschbänder auf die fünf Lautsprecher jeweils mit Pegeln einer der zwei Normalverteilungen in zufälliger Reihenfolge dargeboten. Aus den Antworten der Versuchspersonen und den zufällig gezogenen Pegeln der Lautsprecher wurden in einer multiplen logistischen Regression die Gewichte der einzelnen Richtungen für das Lautheitsurteil bestimmt. Um die Gewichte unter den Versuchspersonen vergleichen zu können, wurden die Regressionskoeffizienten für jede Versuchsperson so normiert, dass die Summe der Gewichte der fünf Richtungen eins ergibt. Vor der Messung der neun Blöcke wurde eine Trainingsmessung mit 150 zufällig gezogenen Trials durchgeführt, in der die Versuchspersonen in den ersten 100 Trials Feedback bekamen. Das Feedback bezog sich darauf, ob die Antwort der Versuchsperson („laut“ oder „leise“) mit dem mittleren Pegel der in diesem Trial verwendeten Normalverteilung übereinstimmte.

Lokalisationsgenauigkeit

Um zu untersuchen, ob die Versuchspersonen die verschiedenen Richtungen erkennen können, wurden die fünf Rauschbänder aus den fünf Richtungen einzeln in einem 1-Intervall 5-AFC-Verfahren (d.h. die 5 Raumrichtungen) dargeboten. Jede Anordnung der Rauschbänder auf die Richtungen wurde fünf mal wiederholt, so dass sich insgesamt 125 Trials ergaben. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, anzugeben aus welcher der fünf Richtungen das Geräusch kam.

Ergebnisse

Bestimmung der räumlichen Gewichte

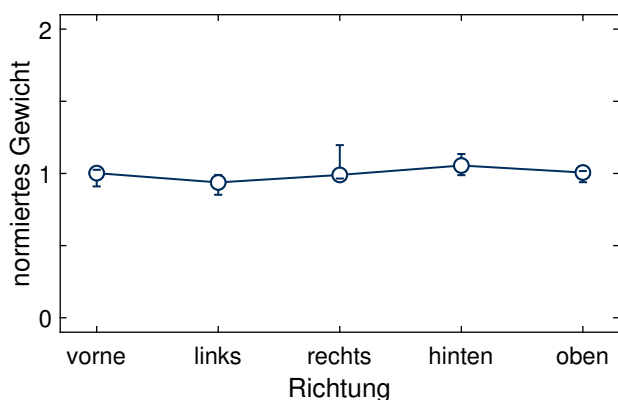


Abbildung 1: Median und Interquartilsbereiche der normierten Gewichte der fünf Versuchsperson für die fünf Darbietungsrichtungen.

Abbildung 1 zeigt die normierten Gewichte für die fünf Richtungen. Es sind Median und Interquartilsbereiche der fünf Versuchspersonen dargestellt. Alle Gewichte waren nahezu gleich, d.h. die unterschiedlichen Richtungen hatten den gleichen Beitrag zum Urteil der Gesamtlautheit. Die kleinen Interquartilsbereiche zeigen eine hohe Konsistenz der Bewertungen der teilnehmenden Versuchspersonen.

Lokalisationsgenauigkeit

Alle Versuchspersonen haben im Experiment zur Bestimmung der räumlichen Gewichte Schwierigkeiten geäußert, die Richtungen, aus denen die Stimuli kamen, zu erkennen. Die Ergebnisse des zweiten Experiments bestätigen diesen subjektiven Eindruck der Versuchspersonen. Tabelle 1 zeigt die prozentualen Antworthäufigkeiten der vier Versuchspersonen, die an diesem Experiment teilnahmen. Es ist zu erkennen, dass die Versuchspersonen die Rauschbänder von links und rechts eindeutig diesen Richtungen zuordneten (hundertprozentige Trefferrate). Bei Quellen in der Medianebene war hingegen eine sichere Lokalisation der Rauschbänder kaum möglich. Für die Darbietung von vorne gab es in 40 % der Darbietungen eine richtige Zuordnung. Zu 26 % wurden die von vorne dargebotenen Rauschbänder hinten und zu 34 % oben wahrgenommen. Wurden die Rauschbänder von hinten dargeboten, wurde dieses zu 37 % richtig erkannt. Zu 38 % gaben die Versuchspersonen an, die Stimuli von vor-

Tabelle 1: Antworthäufigkeit in %

		Wiedergabe				
		vorne	links	rechts	hinten	oben
Antwort	vorne	40	0	0	38	36
	links	0	100	0	0	0
	rechts	0	0	100	0	2
	hinten	26	0	0	37	32
	oben	34	0	0	25	30

ne zu hören, zu 25 % von oben. Bei einer Darbietung der Rauschbänder von oben, wurde die Richtung in 30 % der Trials richtig erkannt. In 36 % gaben die Versuchspersonen an, die Geräusche von vorne zu hören, in 32 % von hinten und in 2 % von rechts. Die Ergebnisse liegen nahe bei den 33 %, die bei einer zufälligen Zuordnung der Schallquelle auf eine der drei Lautsprecherpositionen in der Medianebene erwartet würden.

Zusammenfassung

Das Experiment zur Bestimmung der räumlichen Gewichte zeigt keine unterschiedlichen Gewichte für die unterschiedlichen Richtungen. Im Experiment zur Lokalisationsgenauigkeit wurde allerdings gezeigt, dass die verwendeten drei Raumrichtungen in der Medianebene kaum voneinander unterschieden werden konnten. Es kann damit nicht abschließend entschieden werden, ob Schallquellen von vorne, hinten oder oben beim Lautheitsurteil unterschiedlich gewichtet werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch zumindest, dass Schallquellen in der Medianebene nicht anders gewichtet werden als Schallquellen, die sich rechts oder links von der Versuchsperson befinden.

Danksagung

Dieses Experiment wurde unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (OB346/6-1 und VE373/2-1).

Literatur

- [1] Kohlrausch, A., Fassel, R., Heijden, van der, M., Kortheke, R., van de Par, S., Oxenham, A., Püschel, D.: Detection of tones in low-noise noise: Further evidence for the role of envelope fluctuations. *Acustica united with Acta Acustica* 83 (1997), 659-669
- [2] Doherty, K., Lutfi, R.: Spectral weights for overall level discrimination in listeners with sensorineural hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.* 99 (1996), 1053-1058.
- [3] Jesteadt, W., Valente, D., Joshi, S.: Perceptual weights for loudness judgments of six-tone complexes. *J. Acoust. Soc. Am.* 136 (2014), 728-735.
- [4] Pedersen, B., Ellermeier, W.: Temporal weights in the level discrimination of time-varying sounds. *J. Acoust. Soc. Am.* 123 (2008), 963-972.
- [5] Oberfeld, D., Plank, T.: The temporal weighting of loudness: Effects of the level profile. *Atten. Percept. Psychophys.* 73 (2011), 189-208.