

Ein Anzeigeverfahren für psychoakustische Experimente zur Distanzwahrnehmung

Stefan Kerber¹, Helmut Wittek², Hugo Fastl¹

¹ AG Technische Akustik, MMK, TU München, D-80290 München, Germany, Email: kerber, fastl@ei.tum.de

² Institut für Rundfunktechnik, D-80939 München, Email: wittek@irt.de

Abstract

Das Abfragen von Entfernungen bei psychoakustischen Experimenten zur Distanzwahrnehmung ist im allgemeinen sehr schwierig. Die realen Schallquellen müssen vor der Versuchsperson versteckt werden, da ansonsten durch den visuellen Einfluss der Hörereignisort immer mit der Position der Schallquelle übereinstimmen würde. Besondere Probleme ergeben sich, wenn die Quelle sehr nahe am Kopf des Hörers positioniert wird. In diesem Artikel wird ein neuer Lösungsansatz für dieses Problem vorgestellt, bei welchem die Versuchsperson mit einem rechtwinklig zur Hörereignisrichtung platzierten „Dummyslautsprecher“ eine gehörte Entfernung anzeigen kann. Das System wurde in einer Versuchsreihe in Bezug auf seine Praxistauglichkeit evaluiert.

Einleitung

Die Probleme, die beim Abfragen von Entfernungen in psychoakustischen Experimenten entstehen, sind verschiedenster Natur. Eine gängige Methode ist die Versuchspersonen nach einem (sichtbaren) Lautsprecher bzw. einer Markierung zu fragen, von wo aus Ihrer Meinung nach der Schall wiedergegeben wurde (z.B. [1]). Diese Methode führt zu einer Diskretisierung der Ergebnisse, und ist außerdem nur anwendbar, wenn mehrere Lautsprecher in verschiedenen Entfernungen vorhanden sind. Untersuchungen zur Distanzwahrnehmung beispielsweise bei Wellenfeldsynthese fallen somit von vornherein aus.

Auch die Verwendung eines Trackers ([2]) kann bei akustischen Anwendungen zu Problemen führen, da diese sehr empfindlich auf Magnetfelder, wie sie beispielsweise durch Lautsprecher erzeugt werden, reagieren.

Eine andere denkbare Methode ein solches Experiment durchzuführen wäre die, eine Versuchsperson auf einem Plan des Versuchsraums die gehörte Entfernung angeben zu lassen. Hier geht jedoch der natürliche Bezug zum Raum verloren.

All die hier genannten Probleme sollen durch Verwendung eines neuartigen Anzeigesystems, welches Thema des vorliegenden Artikels ist, vermieden werden.

Versuchsaufbau

Allgemeines

Der komplette Versuch fand im Studio des „Instituts für Rundfunktechnik (IRT)“ statt. Eine Darstellung des Aufbaus findet sich in Abbildungen 1.

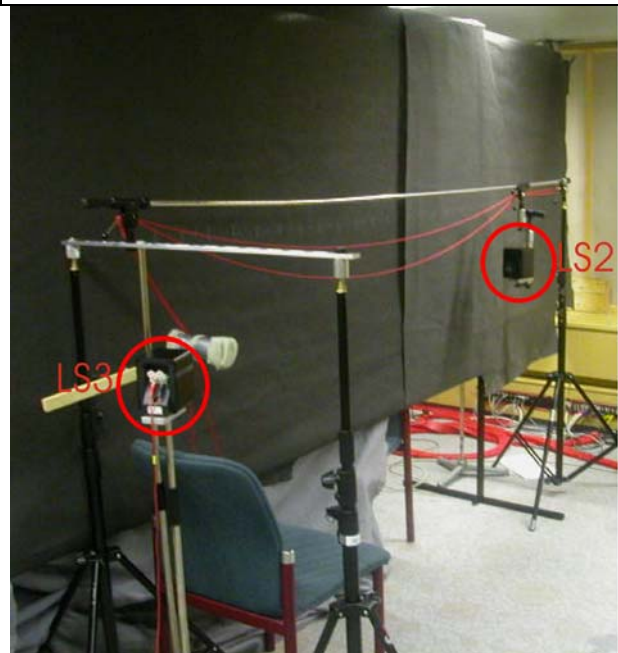
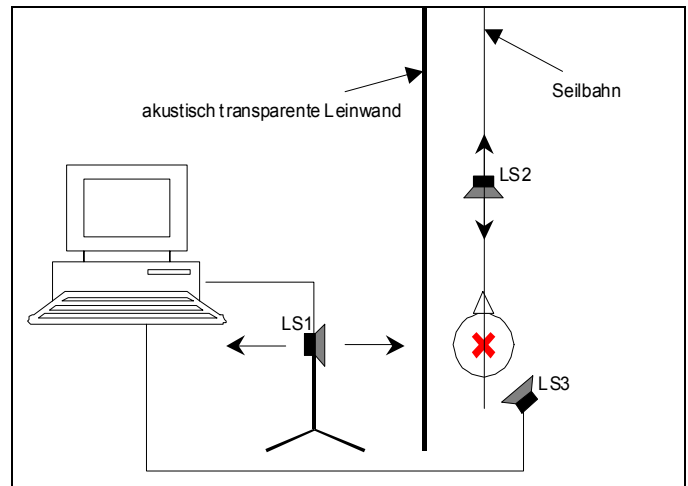


Abb. 1: Schematische Darstellung und Photo des Versuchsaufbaus im Studio des IRT.

Das Kernstück des Aufbaus bildet die Seilbahn, welche es ermöglicht, einen „Dummyslautsprecher“ (LS2) stufenlos mittels eines Seilzuges durch die Versuchsperson zu verschieben. Dieser Lautsprecher dient der Versuchsperson zum Anzeigen der gehörten Schallquellenentfernung als rein optische Hilfe, wobei die Schallquelle vom Lautsprecher LS1 gebildet wird. LS1 steht in der Verlängerung der interauralen Achse der Versuchsperson, und kann vom Versuchsleiter in Entfernungen zwischen 25 cm und 2 m verschoben werden. Um Geräusche, die beim Verschieben von LS1 entstehen, für die Versuchsperson zu maskieren, wird während des Umstellens dieses Lautsprechers ein weißes Rauschen von 4 Sekunden Länge über Lautsprecher LS3 abgespielt. Die Ansteuerung der einzelnen Lautsprecher

erfolgt über einen Steuerrechner, welcher sowohl die Stimuli für die Entfernungsschätzung, als auch das Maskierungsgeräusch und die Geräuschabfolge generiert.

Ablauf

Jeder Versuch begann mit dem Einstellen der Kopfstütze und einer Erklärung des Versuchsaufbaus. Anschließend wurde der erste Stimulus über LS1 wiedergegeben. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand nun darin, den beweglichen Lautsprecher (LS2) so einzustellen, dass die Distanz des seitlichen Schalls subjektiv mit der Entfernung von LS2 übereinstimmte. Als Gedankenstütze sollte sie sich dabei eine Drehung von LS1 auf einer Kreisbahn mit ihrem Kopf als Mittelpunkt vorstellen, nach welcher der Schallquellenort mit dem Ort des beweglichen Lautsprechers übereinstimmen sollte. Hatte die Versuchsperson LS2 fertig eingestellt, wurde die Entfernung vom Versuchsleiter notiert, und LS1 auf eine neue Position gestellt, wobei aus LS3 weißes Rauschen dargeboten wurde, um durch das Umstellen verursachte Geräusche zu maskieren. Auf diese Weise wurden 33 verschiedene Entfernungen abgefragt.

Stimuli

Als Stimuli fand eine Pulsfolge ausgeschnitten aus Rosa Rauschen Verwendung. Der genaue Verlauf der Hüllkurve kann aus Abbildung 2 entnommen werden. Der Pegel des Signals wurde so eingestellt, dass für alle Positionen von LS1 am Kopf der Versuchsperson ein A-bewerteter Schalldruckpegel L_{AF} von 60 dB(A) herrschte.

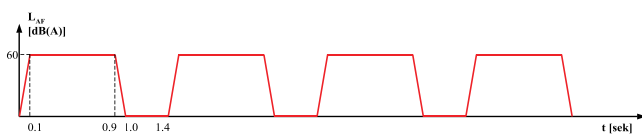


Abbildung 2: Hüllkurve des Stimulus. Der A – bewertete Schalldruckpegel am Kopf der Versuchsperson betrug für alle Schallquellenentfernungen 60 dB(A).

Versuchspersonen

Alle 17 Versuchspersonen waren Mitarbeiter des IRT, die alle über ein gesundes Gehör verfügten. Drei der Personen waren weiblichen, der Rest männlichen Geschlechts mit einem Alter zwischen 22 und 55 Jahren. Eine der Personen klagte über eine Sehschwäche, die es erschwerte Entfernungen optisch abzuschätzen. Unter den Teilnehmern waren sowohl welche mit Erfahrung in psychoakustischen Experimenten diesen Typs als auch völlig Unerfahrene.

Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse des Versuchs zeigt Abbildung 3. Dargestellt sind die Mediane und die wahrscheinlichen Schwankungen (Interquartile) über die Daten aller 17 Versuchspersonen. Wie zu sehen ist, sind die Versuchspersonen im Mittel sehr gut in der Lage Entfernungen abzuschätzen, auch wenn Schallereignis- und Anzeigerichtung rechtwinklig aufeinander stehen. Nahe Entfernungen werden zwar leicht über-, und ferne leicht

unterschätzt, dieser Umstand wurde allerdings bereits in anderen Arbeiten ([3]), bei gleicher Schallereignis- und Anzeigerichtung, nachgewiesen.

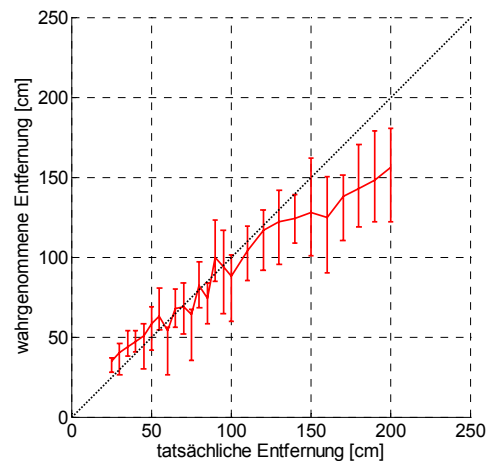


Abbildung 3: Ergebnisse des Versuchs als Mediane mit wahrscheinlichen Schwankungen. Die 45° Gerade gibt den optimalen Verlauf an.

Auch ein Blick auf die individuellen Ergebnisse einzelner Personen zeigt ein ähnliches Bild. So korrelieren die angezeigten Entfernungen aller Personen mit den tatsächlichen Distanzen auf einem Signifikanzniveau von 1% (Rangkorrelation nach Spearman).

Zusammenfassung

Im Experiment wurde ein neuartiges Anzeigesystem für psychoakustische Experimente zur Distanzwahrnehmung evaluiert. Es hat sich gezeigt, dass das Abschätzen von Entfernungen durch Personen auch dann möglich ist, wenn Schallereignis- und Anzeigerichtung nicht parallel zueinander verlaufen. Das Verfahren umgeht außerdem einige Probleme, die bei üblichen Anzeigeverfahren entstehen und stellt somit ein wirkungsvolles Werkzeug für Experimente, vor allem in Zusammenhang mit der Wellenfeldsynthese dar [4].

References

- [1] S.H. Nielsen: *Distance Perception in Hearing*. PhD Thesis, Aalborg University, Denmark, 1991.
- [2] D. S. Brungart and W. M. Rabinowitz. *Auditory localization of nearby sources. II. Localization of a broadband source*. J.Acoust.Soc.Am. **106**: 11953-1968, 1999.
- [3] J. Blauert: *Spatial hearing*. MIT Press, Cambridge, USA, 1997.
- [4] Kerber S., Wittek H., Fastl H., Theile G.: *Experimental investigations into the distance perception of nearby sound sources: Real vs. WFS virtual nearby sources*. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 2004, Verl.: Dt. Gesell. für Akustik e. V., Oldenburg, (2004), Strassburg, France