

Entwicklung eines adaptiven Verfahrens zur Untersuchung der Lokalisation von schmalbandigen Rauschsignalen.

Andreas Escher^{1,2}, Matthias Blau¹, Volker Mellert²,

¹ *Institut für Hörtechnik und Audiologie, FH Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth,
26121 Oldenburg, Deutschland, Email: a.escher@uni-oldenburg.de*

² *Carl von Ossietzky Universität, Institut für Physik, AG Akustik, 26111 Oldenburg, Deutschland*

Einleitung

Die Lokalisation von Schallquellen ist eine evolutionär überlebenswichtige Eigenschaft. Hierdurch kann in Gefahrensituationen die Gefahrenquelle einer Position zugeordnet und entsprechend reagiert werden.

Deshalb trägt die Kenntnis der Lokalisationseigenschaften zum grundlegenden Verständnis der Hörfunktion bei. Meist werden Lokalisationsexperimente indirekt durch optische Zeiger oder Eintragungen in Pläne realisiert. Dies wirft die Frage auf, ob optische Verfahren einen systematischen Fehler aufweisen, da der Versuchsteilnehmer die akustische wahrgenommene Richtung in eine optische transformieren muss. Für einen Vergleich wurde ein akustisches Lokalisationsverfahren mittels adaptiver Methode entwickelt. Dadurch bleibt die Wahrnehmung auf die akustische Sinnesmodalität beschränkt. In der folgenden Studie wurde das akustische Messverfahren evaluiert und mit einem optischen Verfahren verglichen, beide Verfahren wurden im Freifeld gemessen.

Zeige-Verfahren

Methode

In erstem Teil der Studie lokalisierten die Teilnehmer verdeckte Signalquellen und zeigten diese mittels eines optischen Systems (Abb.1) an: Die Probanden saßen auf einem Stuhl im Zentrum eines Halbkreises, auf dem sich die Testsignallautsprecher befanden. Ziel war es, den Zeiger so einzustellen, dass dieser die Richtung anzeigt, aus der das Signal wahrgenommen wurde. Durch die sphärische



Abbildung 1: Verwendetes optisches System zur Bestimmung der Richtung der Schallquelle.

Anordnung des Zeigers kann sowohl die Position in der Elevation als auch im Azimuth abgefragt werden, da die

Kugel drehbar gelagert ist. Die Bestätigung der eingestellten Position kann mit einer Maustaste eingestellt werden, während die andere Taste der Maus als Abbruchfunktion genutzt werden kann.

Stimuli

Die Teststimuli bestanden aus Schmalbandrauschen mit einer Bandbreite von jeweils einer Zehntel Oktave und Mittenfrequenzen im Terzabstand von 1-13 kHz. Um ein Clipping zu vermeiden, wurden die Testsignale mit einer gaußförmigen On-/Offset-Rampe von 250 ms versehen. Diese Signale wurden jeweils drei mal hintereinander mit einer Dauer von 1 s und einer Pausendauer von jeweils 1 s, bei einem Pegel von 63 dB(A), dargeboten.

Versuchsteilnehmer

An dem Versuch nahmen 20 normalhörende Personen teil. Von diesen Probanden waren insgesamt 8 weiblich und 12 männlich. Die Altersspanne betrug 20-35 Jahre.

Experiment Aufbau

Das für den Versuch verwendete System bestand aus fünf Testsignallautsprechern, die durch einen blickdichten und akustisch nahezu transparenten Vorhang verdeckt werden. Die Lautsprecher waren in einem Halbkreis um die Versuchsperson an den Positionen 0°, 30°, 90°, 150° und 180° in einer Entfernung von 2.75 m aufgestellt.

Adaptiv-Verfahren

Methode

Im zweiten Teil der Studie wurde die Lokalisation mittels akustischem Zeiger untersucht. Aufgabe der Probanden war in diesem Teil, einen beweglichen Lautsprecher mit einem feststehenden Testsignallautsprecher in Deckung zu bringen. Hier wurden wie im ersten Experiment die Testsignallautsprecher als auch der akustische Zeiger durch einen Vorhang verdeckt. Ebenso wurden die selben Testsignale genutzt und es nahmen dieselben Probanden wie im ersten Aufgabenteil teil.

Stimuli

Damit die Teilnehmer die Position des akustischen Zeigers bestimmen konnten, wurde von diesem Lautsprecher drei mal ein breitbandiges Rauschen, mit einer Signallänge von 1 s jeweils mit 1 s Unterbrechung, dargeboten.

Experiment Aufbau

Für den Ausschluss der optischen Rückkopplungen wurde noch ein zusätzlicher Sichtschutz um den Probanden angebracht, um zu gewährleisten, dass sich der Proband

nur auf seinen Hörsinn verlässt.

Für die Bestimmung der Position des Testsignals wurde ein adaptives Verfahren eingesetzt, wobei der Proband den akustischen Zeiger so einstellte, dass dieser in einer Flucht mit dem Testsignal stand. Hierbei konnte der Proband jeweils entscheiden, ob der Zeiger weiter nach links oder rechts, relativ zum Testsignal, bewegt werden musste. Bei jeder Richtungsänderung wurde die Schrittgröße verringert. Die Schritte waren auf folgende Größen eingestellt: 15°, 10°, 5°, 2° und 1°. Ein schematischer Ablauf des Adaptiv-Verfahrens für die Position 150° ist in Abbildung 2 dargestellt. Für die Bestimmung der Testsignalsposition wurde das Mittel über die letzten drei adaptiv eingestellten Positionen gebildet.

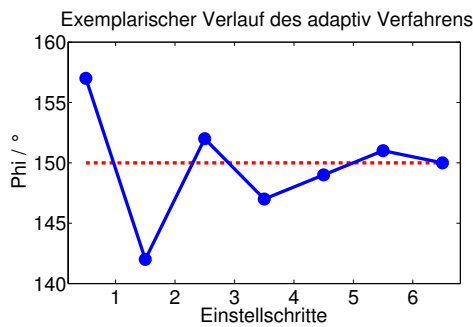


Abbildung 2: Schematischer Ablauf der Richtungslokalisierung des Adaptiv-Verfahrens für die Testsignalsposition 150°.

Ergebnisse

Für die Ermittlung der Ergebnisse werden jeweils die Mediane als auch die Quartile der entsprechenden Position und Frequenz berechnet. In Abb.3 ist ein beispielhafter Vergleich der Messergebnisse für beide Verfahren dargestellt. Bei einer vorne/hinten Vertauschung wird die Korrektur von *Wightman et al.* [4] angewandt.

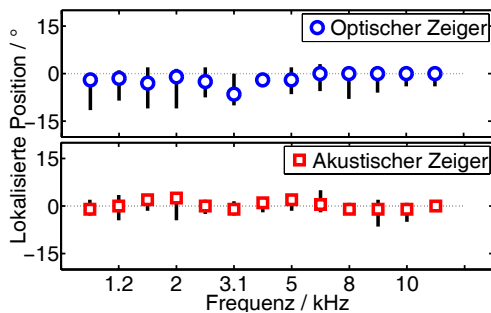


Abbildung 3: Mediane und Quartile des optischen Verfahrens (oben) und des akustischen Verfahrens (unten) für die Position 0° in Abhängigkeit von der Frequenz.

In der Vorwärtsrichtung zeigt sich im optischen Verfahren bis zu einer Frequenz von 6 kHz eine konstante Unterlokalisierung, während in darüber hinaus gehende Frequenzen die tatsächliche Position exakt angezeigt wird.

Im akustischen Verfahren sind die Mediane eher um die Lautsprecherposition gestreut, bilden dafür aber geringere Quartile aus.

In Abb.4 sind die medianen absoluten Abweichungen über alle Versuchspersonen und alle Einfallrichtungen

bei der jeweiligen Mittenfrequenz beider Verfahren dargestellt. Es zeigt sich, dass das akustische Verfahren überwiegend kleinere Abweichungen aufweist als das optische Verfahren. Besonders im Bereich 9 kHz, weist das optische Verfahren eine wesentlich höhere Abweichung auf als das akustische Verfahren. Dies mag mit der Bedeutung dieses Frequenzbereiches für die „oben“-Lokalisation zusammenhängen [3], die beim optischen Verfahren zu größerer Variabilität führen könnte.

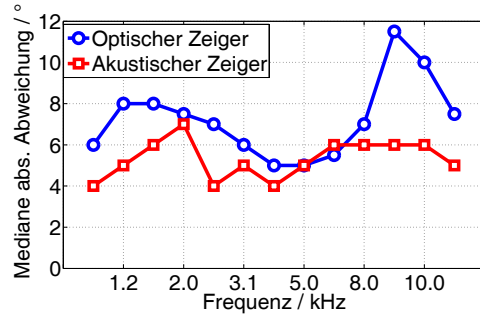


Abbildung 4: Mediane der absolute Differenz über alle Probanden und alle Einfallrichtungen bei der jeweiligen Mittenfrequenz, dargestellt für das akustische (rote Quadrate) und das optische Verfahren (blaue Kreise)

Zusammenfassung

Aus den gewonnenen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass das akustische Verfahren eine überwiegend bessere Lokalisation erzielt als die bisher verwendeten Methoden [2, 3].

Betrachtet man den Median der abs. Differenz zwischen gegebener und dargebotener Richtung, über alle Versuchspersonen, Frequenzen und Winkel, so ergibt sich eine mediane abs. Abweichung von 7° für das optische Verfahren, dies entspricht den Ergebnissen von *Seeber*[1], während das akustische Verfahren einen Median von 5° erreicht. Im akustischen Verfahren zeigten sich in der Regel kleinere Quartile und somit eine geringere Streubreite.

Somit ergibt sich für das akustische Verfahren nicht nur einen Vorteil in der genaueren Erfassung der akustischen Richtungslokalisierung sondern auch darin, dass die subjektive Bestimmung innerhalb einer Sinnesmodalität bleibt.

Literatur

- [1] Seeber, Bernhard: Untersuchung der auditiven Lokalisation mit einer Lichtzeigermethode. PhD thesis, Technische Universität München, 2002.
- [2] Jörn Otten: Factors influencing acoustical localisation. PhD thesis, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 2001.
- [3] Blauert, Jens: Räumliches Hören. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1972.
- [4] Wightman, Frederic L. and Kistler, Doris J.: Headphone simulation of free-field listening. II: Psycho-physical validation, JASA, 1989