

# Binaurale Entmaskierung zirkulär bewegter Schallquellen

Norbert Kolotzek, Bernhard U. Seeber

*Audio Information Processing, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München,  
E-Mail: norbert.kolotzek@tum.de, seeber@tum.de*

## Einleitung

Unsere Umwelt ist in ständiger Bewegung. In den meisten Hörsituationen sind wir von Schallquellen umgeben, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten fortbewegen. Im Straßenverkehr müssen wir schnell fahrende Fahrzeuge genauso wahrnehmen wie einen sich langsam bewegenden Fußgänger. Hinzu kommt, dass häufig Störgeräusche die Schalle maskieren und die Detektion einzelner Schallquellen erschweren. Phasenunterschiede zwischen den beiden Ohrsignalen können eine entmaskierende Wirkung auf die Zielschalle in Störgeräuschen haben [5], [6], [7]. Der Unterschied in der Maskierungsschwelle ist als binauraler Maskierungspegelunterschied oder –gewinn (engl: Binaural Masking Level Difference, BMLD) bekannt.

Die Bewegung und die sich dadurch kontinuierlich ändernde Schallquellenposition führt zu zeitvarianten Änderungen in den interauralen Pegel- und Phasenunterschieden. Die zeitvariante Änderung der interauralen Merkmale kann dabei einen Einfluss auf diese BMLD haben [1], [3]. Außerdem ist aus der Literatur bekannt, dass bei dynamischen interauralen Merkmalen das auditorische System träge ist und schnelle zeitliche Änderungen nur langsam verarbeiten kann [3], [4].

In der bisherigen Literatur werden BMLDs mit statischen oder mit dynamischen interauralen Merkmalen meist durch ein Detektionsexperiment über Kopfhörer ermittelt [1], [6], [7]. Dies beschreibt jedoch nicht die allgemeine Hörsituation im Alltag. Normalerweise werden Schalle mit den eignen Ohren wahrgenommen. Eine Freifelddarbietung berücksichtigt die individuellen kopfbezogenen Übertragungsfunktionen und stellt eine natürlichere Hörsituation dar, stellt aber Randbedingungen an ITDs und ILD, die bisher unserem Wissen nach nicht in derartigen Tests berücksichtigt wurden.

## Methoden

### Stimuli

Die Wahrnehmungsschwelle eines 500 Hz Sinustons wurde in verschiedenen Rauschbedingungen und bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten gemessen. Der Ton hatte eine effektive Dauer von 300 Millisekunden zzgl. 30 Millisekunden gaußförmiger Anstiegs- und Abfallzeit. Die effektive Dauer des Stimulus wurde ab Erreichen von 67,5% der Amplitude gemessen. Der bewegte Stimulus wurde in Matlab (Math Works, Inc, Nantick, US-MA) mit Ambisonics 17. Ordnung generiert. Es wurden fünf verschiedene Geschwindigkeiten simuliert: 0°/s (als Referenz), 30°/s, 50°/s, 100°/s und 200°/s. Die Bewegung startete jeweils bei 0° und war im Uhrzeigersinn. Zusätzlich zu den bewegten Stimuli wurden statische Schallquellen an den absoluten Endpositionen des bewegten Stimulus getestet, das heißt an der Winkelposition, die bei einer gegebenen Geschwindigkeit am Ende des Sinussignals erreicht wurde. Diese statischen

Signale wurden ebenfalls mit Ambisonics 17. Ordnung generiert.

Für diese Vorstudie wurden zwei verschiedene Rauschbedingungen getestet, zum einen ein einzelnes Oktavbandrauschen mit einer Mittenfrequenz von 500 Hz, dargeboten bei 0° von vorne. Dieses Rauschen entspricht in etwa einem binaural korrelierten Rauschen ( $N_0$  Bedingung). Zum anderen wurde ein diffuses Rauschen generiert, welches denselben Frequenzbereich wie in der  $N_0$  Bedingung aufweist ( $N_{diff}$  Bedingung), jedoch binaural unkorreliert ist. Die effektive Dauer des Rauschens beträgt 600 Millisekunden mit jeweils 30 Millisekunden gaußförmiger Anstiegs- und Abfallzeit. Der Pegel in beiden Rauschbedingungen ist auf 60 dB SPL am Kopfmittelpunkt gesetzt.

## Probanden

In der Vorstudie nahmen insgesamt zwei Personen freiwillig teil. Die Teilnehmer hatten eine normale Ruhehörschwelle mit einem Hörverlust weniger als 15 dB bis 8 kHz. Alle Teilnehmer gab eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme ab und wurden nicht für die Teilnahme bezahlt.

## Testdurchführung

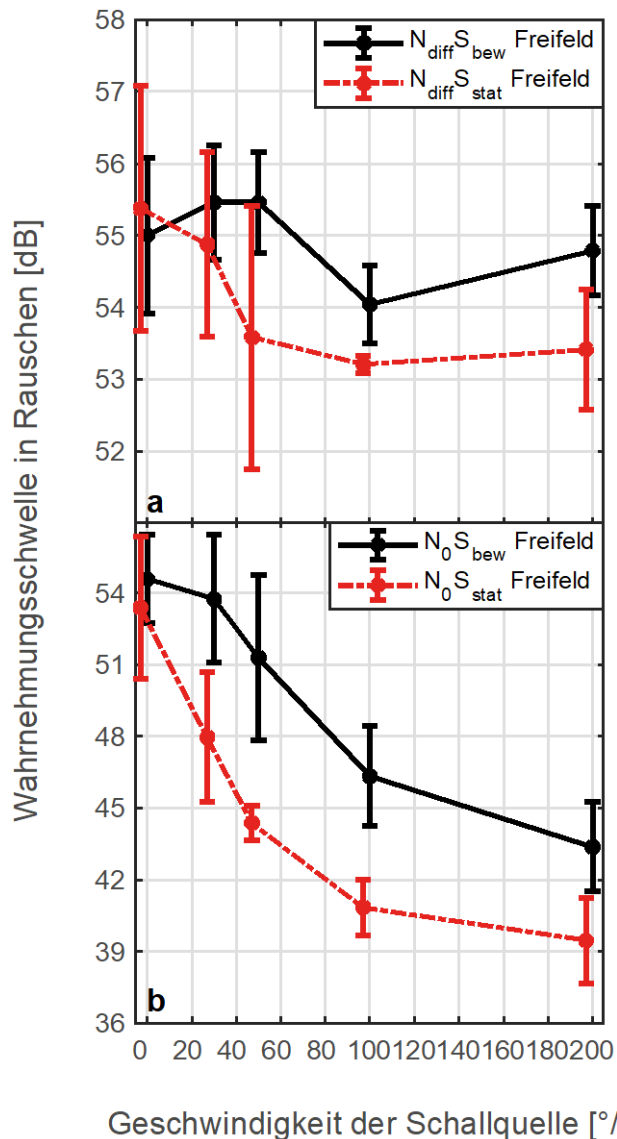
Die Probanden saßen in einem komplett abgedunkeltem reflexionsarmen Raum in der Mitte eines Lautsprecherrings mit 36 horizontalen Lautsprechern. Als Testmethode wurde ein adaptives Zwangswahl-Stufenverfahren mit drei aufeinanderfolgenden Intervallen gewählt (3I-3AFC). Die Probanden hörten drei Intervalle des Rauschsignals. In einem dieser Intervalle wurde der bewegte oder statische Sinuston mittig im Rauschen platziert. Aufgabe der Probanden war es auf einer Tastatur einzugeben, in welchem der drei Intervalle sie den Sinuston wahrgenommen haben. Der Anfangspegel des Sinustons war 65 dB SPL und wurde in Abhängigkeit der Antworten erhöht oder verringert. Wurden drei richtige Antworten in Folge gegeben, wurde der Pegel um 5 dB, im Folgenden um 2 dB und schließlich um 1 dB verringert. Der Mittelwert der letzten 12 Umkehrpunkte mit der niedrigsten Pegelverringerng ergab schließlich die Wahrnehmungsschwelle. Die nächste Bedingung aus Geschwindigkeit oder Position und Rauschen wurde erst begonnen, nachdem die vorherige Bedingung beendet war.

## Ergebnisse

In Abbildung 1a sind die Wahrnehmungsschwellen für die  $N_{diff}$  Bedingung eines bewegten und einen statischen Stimulus dargestellt. Die vorläufigen Daten zeigen, dass die Bewegung des Sinustons im diffusen Rauschen kaum Einfluss auf die Schwellen hat. Im Mittel weichen die Schwellen eines bewegten Stimulus nur um 1 dB von denen der statischen Darbietung ab.

Bei einem einzelnen Rauschsignal von vorne (siehe Abbildung 1b) erkennt man eine deutliche Änderung der

Wahrnehmungsschwellen für laterale Schalle und Schallquellen mit hoher Winkelgeschwindigkeit mit einer Abnahme von bis zu 13 dB verglichen mit der Referenzbedingung an 0°. Auch in diesem Experiment kann eine Trägheit des auditorischen Systems festgestellt werden. An den vorläufigen Daten ist dies an der weniger stark ausgeprägten Entmaskierung bei einem bewegten Stimulus im Vergleich zur statischen Darbietung zu erkennen. Jedoch ist hier erwähnenswert, dass bereits bei geringen Geschwindigkeiten von 30°/s oder 50°/s der Unterschied zur statischen Darbietung bis zu 6 dB beträgt.



**Abbildung 1:** Median mit oberem und unterem Quartil der gemessenen Wahrnehmungsschwellen von zwei Probanden für eine bewegte (schwarze Linie) und eine statische (rote, gestrichelte Linie) Darbietung eines 500 Hz Sinustons im Freifeld in diffusem Oktavbandrauschen (a) oder mit einem Oktavbandrauschen von vorne (b) mit 60 dB SPL.

## Zusammenfassung und Ausblick

Diese vorläufigen Ergebnisse lassen vermuten, dass die binaurale Entmaskierung in einem diffusen Rauschen nicht von der Bewegung der Schallquelle oder ihrer lateralen Position beeinflusst wird. Da in vielen alltäglichen Hörsituationen diffuses Rauschen angenommen werden kann, ist es interessant, dass hier nur ein geringer binauraler

Detektionsvorteil beobachtet werden kann. Mit nur einem Störuschen von vorne kann sowohl bei bewegter als auch bei statischer Freifeldarbitung eine Entmaskierung von bis zu 13 dB beobachtet werden. Die vorliegenden Daten weisen darauf hin, dass hier die Entmaskierung sowohl von der Bewegung an sich als auch von der jeweiligen Bewegungsgeschwindigkeit abhängt.

Im weiteren Verlauf sollen die Trajektorien sowie die Endpositionen und die effektive Dauer der Stimuli näher betrachtet werden.

## Referenzen

- [1] Breebaart, J., van de Par, S., and Kohlrausch, A.: The contribution of static and dynamically varying ITDs and IIDs to binaural detection. *J. Acoust. Soc. Am.* 106 (1999), 979-992.
- [2] Bronkhost, A.W.: The cocktail party phenomenon: A review on research on speech intelligibility in multiple-talker conditions. *Acta Acoustica United with Acoustica.* 86 (2000), 117-128.
- [3] Grantham, D.W., and Wightman, F.L.: Detectability of a pulsed tone in the presence of a masker with time-varying interaural correlation. *J. Acoust. Soc. Am.* 65 (1979), 1509-1517.
- [4] Holube, I., Kinkel, M., and Kollmeier, B.: Binaural and monaural auditory filter bandwidths and time constraints in probe tone detection experiments. *J. Acoust. Soc. Am.* 104 (1998), 2412-2425.
- [5] Licklider, J.C.R.: The Influence of Interaural Phase Relations upon Masking of Speech by White Noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 20 (1948), 150-159.
- [6] van de Par, S., and Kohlrausch, A.: A new approach to comparing binaural masking level differences at low and high frequencies. *J. Acoust. Soc. Am.* 101 (1997), 1671-1680.
- [7] van de Par, S., and Kohlrausch, A.: Dependence of binaural masking level difference on center frequency, masker bandwidth, and interaural parameters. *J. Acoust. Soc. Am.* 106 (1999), 1940-1947.