

Lokalisierung kohärenter und nichtkohärenter Schallquellen mit akustischer Nahfeldholographie und Beamforming

Wilfried Henze¹, Maik Liesegang¹

¹ O.-v.-G.-Universität Magdeburg, Institut für Mobile Systeme, Email:wilfried.henze@ovgu.de

Einleitung

Zur Lokalisation von Schallquellen stehen dem Akustiker heute verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Neben der Schallintensitätsmessung sind besonders Messungen mit Mikrofonarrays von Bedeutung. Bei den Arraymessungen kommen die akustische Nahfeldholographie (NAH) und das Beamforming (BF) zum Einsatz. Auflösung und Eindeutigkeit der lokalisierten Schallquellen hängen von den Eigenschaften des Mikrofonarrays und der nachgeschalteten Signalverarbeitung ab. Die Ergebnisse einer experimentellen Untersuchung mit verschiedenen Messsystemen an nichtkohärenten Schallquellen wurden in [1] veröffentlicht. Sie zeigen deutlich, dass sowohl NAH als auch BF den in der Praxis üblichen Frequenzbereich nicht allein abdecken.

Combo-Array

Vorgenannte Untersuchungen wurden zunächst mit verschiedenen Mikrofonarrays für NAH und BF durchgeführt. Während NAH ein konstantes Raster (Grid-Array) für die Mikrofonanordnung zugrundelegt, sind für BF unregelmäßige Mikrofonanordnungen von Vorteil. In der Messpraxis stellt die Arbeit mit zwei verschiedenen Mikrofonarrays aber einen erheblichen Nachteil dar. Mit dem Combo-Array [2], das sowohl für NAH als auch für BF einsetzbar ist, wurde eine Mikrofonanordnung gefunden, die im Hinblick auf beide Verfahren ein Optimum darstellt. Dabei beträgt der durchschnittliche Mikrofonabstand 12 cm. Des Weiteren wurde für NAH die statistisch optimierte Methode SONAH (Statically Optimised NAH) entwickelt. Für die Messungen mit dem Combo-Array wird bei SONAH ein Messabstand von 12 cm und bei BF von 50 – 60 cm empfohlen.

Untersuchungsziel

Die Weiterführung der bisherigen Untersuchungen mit dem Combo-Array hatte zwei Fragestellungen zum Inhalt:

- Untersuchung des Einflusses nichtkohärenter und kohärenter Schallquellen auf die Auflösung bei SONAH und BF
- Untersuchung des Einflusses des Messabstandes auf die Auflösung bei SONAH und BF.

Versuchsaufbau und Messprogramm

Die Untersuchungen erfolgten mit zwei Breitband-Lautsprechern, deren Abstand voneinander und vom Combo-Array (Messfläche) variiert wurde (Abbildung 1). Als Testsignal diente rosa Rauschen, das für die Terzbänder von 100 Hz – 5 kHz ausgewertet wurde.

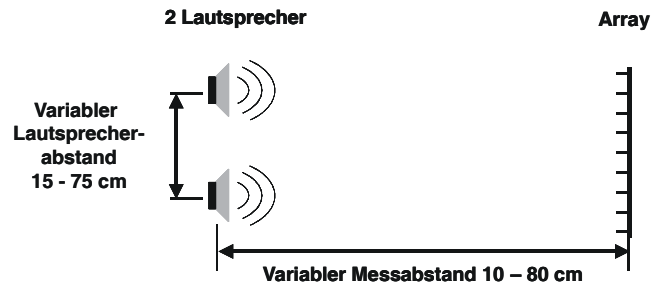


Abbildung 1: Messaufbau

Auswertung

Bei den vorgenannten Untersuchungen [1] wurden als Bewertungskriterien für die Ortungsgenauigkeit die Treffgenauigkeit, die Auflösung und die Dynamik definiert. Für die Untersuchungen mit dem Combo-Array wurde die Ermittlung der die Auflösung beschreibenden „mittleren Quelledynamik“ D_m

$$D_m = \sqrt{(L_{p1} - L_{p0}) \cdot (L_{p2} - L_{p0})} \quad [\text{dB}_m] \quad (1)$$

modifiziert. Nunmehr wird neben der Senke zwischen zwei benachbarten Schallquellen auch das „lauteste“ benachbarte Artefakt betrachtet (Abbildung 2). Bei dieser Ermittlung bedeutet eine mittlere Quelledynamik von 10 dB_m eine gute Trennbarkeit der Quellen.

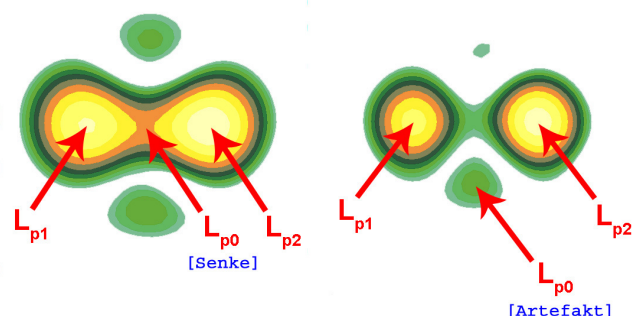


Abbildung 2: Ermittlung der mittleren Quelledynamik

Untersuchungsergebnisse

In Abbildung 3 ist die Auswertung der Messungen bei einem Lautsprecherabstand von 30 cm mit den empfohlenen Messabständen SONAH (12 cm) und BF (60 cm) dargestellt. Die Auswertung für nichtkohärente Schallquellen bestätigt die bereits in [1] abgeleiteten frequenzabhängigen Einsatzbereiche von NAH und BF. Grundsätzlich ist auch eine Auflösung kohärenter Schallquellen möglich. Im

Vergleich zu nichtkohärenten Schallquellen ist die Auflösung bei gleichen Frequenzen aber geringer.

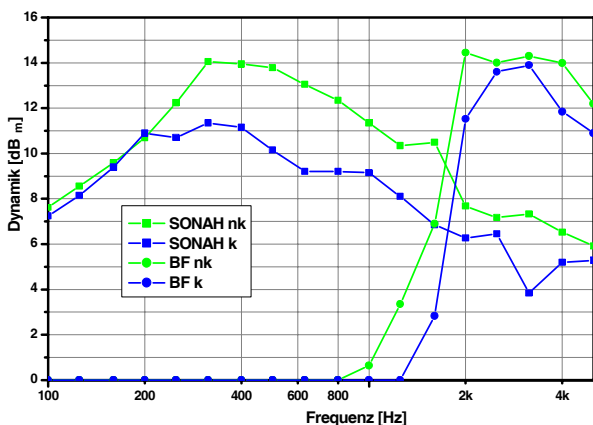


Abbildung 3: Einfluss nichtkohärenter (nk) und kohärenter (k) Schallquellen auf die Auflösung bei akustischer Nahfeldholographie (SONAH) und Beamforming (BF)

Abbildung 4 zeigt für nichtkohärente Schallquellen und einen Lautsprecherabstand von gleichfalls 30 cm den Einfluss verschiedener Messabstände bei SONAH. Erkennbar ist der erhebliche Einfluss einer Abweichung vom empfohlenen Messabstand auf die Auflösung im unteren Frequenzbereich.

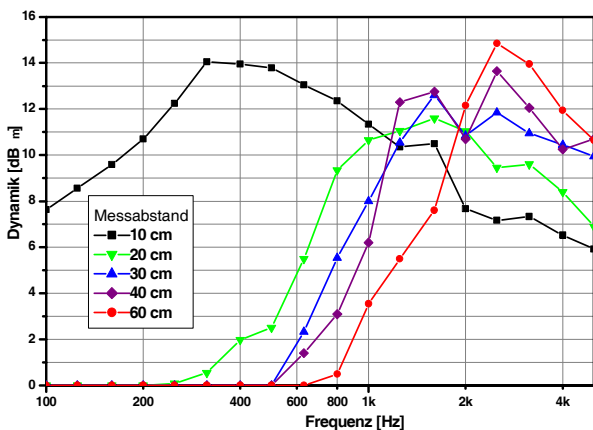


Abbildung 4: Einfluss verschiedener Messabstände auf die Auflösung bei akustischer Nahfeldholographie (SONAH)

Die entsprechende Auswertung für BF ist in Abbildung 5 dargestellt. Sie zeigt einen gegenüber SONAH deutlich geringeren Einfluss des Messabstandes auf die Auflösung.

Damit stellt sich in der Messpraxis die Frage, ob für Vormessungen mit dem Combo-Array möglicherweise ein Messabstand für SONAH und BF ausreichend ist. Hierzu ist in Abbildung 6 bei einem Messabstand von 20 cm die Auswertung als Kombination von SONAH für den unteren Frequenzbereich und BF für den oberen Frequenzbereich angegeben. Deutlich erkennbar ist der Einfluss des Quellenabstandes auf die Auflösung.

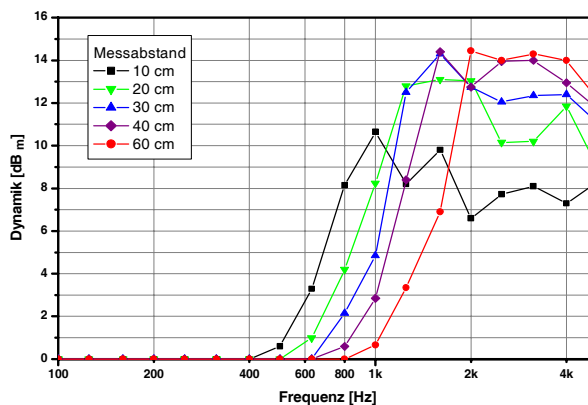


Abbildung 5: Einfluss verschiedener Messabstände auf die Auflösung bei Beamforming

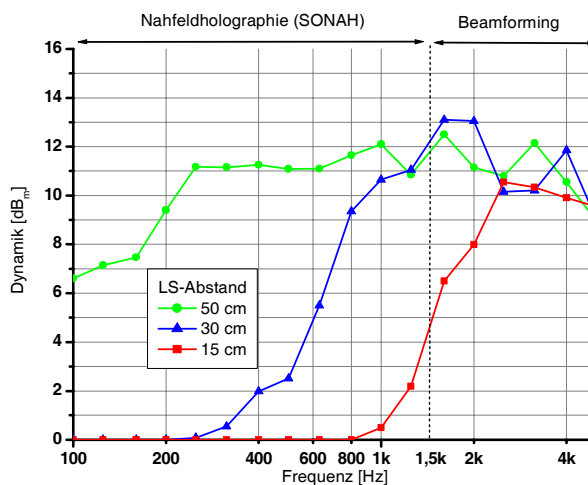


Abbildung 6: Einfluss verschiedener Lautsprecher (LS) – Abstände auf die Auflösung bei akustischer Nahfeldholographie und Beamforming mit einem Messabstand von 20 cm

Zusammenfassung

Mit einem Combo-Array für SONAH und BF wurden Messungen an Lautsprechern als Schallquellen durchgeführt. Die Untersuchungen zeigen, dass sowohl nichtkohärente als auch kohärente Schallquellen mit einem Mikrofonarray lokalisiert werden können. Nichtkohärente Schallquellen sind besser trennbar. Kohärente Schallquellen zeigen bei akustischer Nahfeldholographie verstärkte Interferenzeffekte.

Literatur

- [1] Henze, W.; Liesegang, M.; Oppermann, N.; Röpke, P.: Einfluss des Mikrofonarrays auf die Ortungsgenauigkeit: Messergebnisse eines Tests mit verschiedenen Mikrofonarrays. Motor- und Aggregate-Akustik II, expert Verlag 2005, S. 121 - 139
- [2] Hald, J.: Combined NAH and Beamforming Using the Same Array. Technical Review No. 1 - 2005, Brüel & Kjær, S. 11 - 39