

Untersuchung verschiedener Mikrofon – Lautsprecherpositionen im Fahrzeug

F. Kettler, H.W. Gierlich, W. Krebber

HEAD acoustics GmbH, Ebertstraße 30a, 52134 Herzogenrath

1. Einleitung

Beim Einsatz von Freisprecheinrichtungen im Fahrzeug ist aufgrund der extremen Störgeräuschkulisse eine optimale Empfindlichkeit für das Sprachsignal des lokalen Sprechers wichtig. Neben der Richtcharakteristik des Mikrofons, dem Einsatz aufwendiger Signalverarbeitung zur Störgeräuschreduktion ist die Mikrofonposition selbst kritisch. Zusätzlich zu den Übertragungswegen zwischen der Quelle und den Mikrofonorten ist auch die aus unterschiedlichen Lautsprecherpositionen relativ zum Mikrofonort resultierende akustische Kopplung (Echo) relevant. Verschiedene Einbauorte von Mikrofon und Lautsprecher wurden in einem Fahrsimulator experimentell untersucht.

2. Meßaufbau im Fahrzeug

Ein Kunstkopfmesssystem ausgestattet mit einem nach ITU-T P.58 spezifizierten künstlichen Mund [1] wurde auf dem Fahrersitz positioniert, um Realitätstreue und Reproduzierbarkeit der Messungen zu garantieren [2].



Abb. 1: Kunstkopfmesssystem im Fahrsimulator und Auswahl einiger Mikrofonpositionen

Die Verwendung eines künstlichen Mundes, dessen Richtcharakteristik dem Durchschnitt der menschlichen Bevölkerung entspricht, ist hierbei elementar wichtig. Die Fahrerposition entsprach der eines durchschnittlich großen Erwachsenen. Die Messungen wurden in der Fahrzeugkabine eines Mittelklassewagens durchgeführt, der Bestandteil eines Fahrsimulators ist.

Dieser Fahrsimulator bietet eine optimale Testumgebung für Freisprecheinrichtungen [3] und garantiert für die Messungen verschiedener Mikrofonpositionen realistische akustische Randbedingungen (Volumen, Auskleidung der reflektierenden

Flächen, Wölbung der Frontscheibe, etc.). Die untersuchten Mikrofonpositionen sind nachfolgend aufgeführt:

Nr.	Position
1, 2	auf dem Armaturenbrett Mitte und links
3, 4, 5, 6	A-Säule unten, 1/3 Höhe, 2/3 Höhe und oben
7, 8, 9	an der Sonnenblende links, Mitte, rechts
10	Bedienungseinheit Schiebedach
11	Innenspiegel
12	Mitte der Windschutzscheibe
13	auf der Mittelkonsole
14	auf dem Armaturenbrett rechts
15	Fahrtür vorne (Höhe Außenspiegel)
16	Fahrtür (Mitte)
17	Kopfstütze links
18	Dach (über künstlichem Mund)
19	Mittelkonsole links unten (am Radio)
20	Lenkrad
21	Lenksäule

3. Analysen

Um aus den Messungen Aussagen über die Fahrzeuginnenraumakustik abzuleiten, ohne sich auf die Charakteristik einer speziellen Freisprecheinrichtung zu beschränken, wurden die vom künstlichen Mund wiedergegebenen Testsignale (engl. und deutsche Testsätze, CS-Signale [4]) mit einem omnidirektionalen Meßmikrofon an den Testpunkten aufgezeichnet. Die unten angegebenen Ergebnisse basieren auf schmalbandigen Auswertungen der Mikrofonsignale (300 Hz bis 3,4 kHz).

3.1 Nutzsignalempfindlichkeit

Nachfolgende Abb. 2 zeigt die gemessenen Nutzsiegel an den Mikrofonorten (Meßsignal Sprache), wobei die Ergebnisse auf das Minimum aller gemessenen Werte bezogen sind. Der geringste Nutzsiegel wurde am Armaturenbrett rechts gemessen (Bezugsposition). Die Ergebnisse stellen somit ein Maß für die Verbesserung des Nutzsiegels gegenüber der ungünstigsten unter den getesteten Positionen dar.

Die gemessenen Pegel variieren um mehr als 10 dB. Interessanterweise wird der höchste Nutzsiegel an der A-Säule unten auf der Höhe des Armaturenbretts gemessen, obwohl eine Vielzahl der untersuchten Mikrofonorte geometrisch näher zur Signalquelle (künstlicher Mund des Kunstkopfmesssystems) liegen. Verbesserungen des Nutzsiegels um 6 dB und mehr gegenüber der Bezugsposition lassen sich für mehrere Mikrofonpositionen messen, z.B. an der A-Säule oben und an der Sonnenblende, an Lenksäule und Fahrtür. Die deutlichste Erhöhung des

Nutzsignalpegels an der A-Säule unten aber wird vermutlich direkt durch die Geometrie in der Kabine und hierbei insbesondere durch die Form der Reflexionsflächen Windschutzscheibe, Armaturenbrett und Fahrertür bedingt.

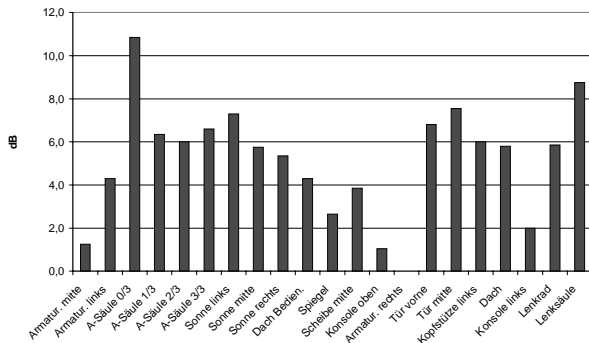
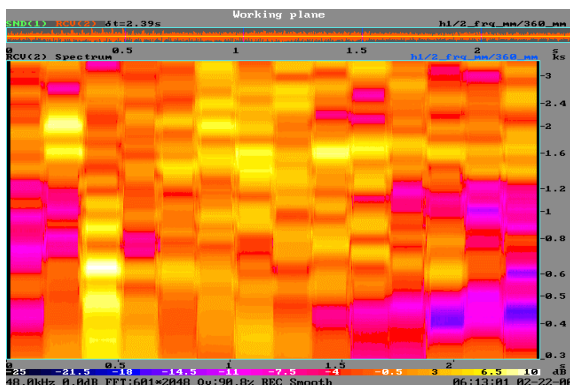


Abb. 2: Variation der Nutzsignalempfindlichkeit

Wichtig für eine gute Sprachqualität unter Störgeräuscheinfluß ist zusätzlich die spektrale Charakteristik der Signale und Übertragungswege. Hierzu zeigt Abb. 3 eine spektrografische Analyse des Übertragungsmaßes vom künstlichen Mund zu den 14 Mikrofonorten, die aus Fahrersicht gegen den Uhrzeigersinn angeordnet sind (von links nach rechts: Armaturenbrett mitte und links, 4 Positionen an der A-Säule von unten nach oben, 3 Positionen an der Sonnenblende von links nach rechts, Bedieneinheit Dach, Spiegel, Frontscheibe, auf der Mittelkonsole oben, am Armaturenbrett rechts).



Pos.: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Abb. 3: Analyse des Übertragungsmaßes

Für die Position an der A-Säule unten (3. Position von links in Abb. 3) erkennt man eine deutliche Erhöhung des Übertragungsmaßes unterhalb von 1 kHz. Im Vergleich zu anderen Positionen lassen sich in diesem Frequenzbereich spektrale Unterschiede von mehr als 10 dB messen. Dies ist bei Abhören der Aufnahmen auch auditiv wahrnehmbar.

Obwohl der Pegel des Nutzsignals an der A-Säule unten hoch ist, läßt sich nicht folgern, hiermit die optimale Position gefunden zu haben, da für das Fahrzeuginnengeräusch an den Mikrofonpositionen eine hohe Störleistungsdichte im tieffrequenten Bereich zu erwarten ist. Es empfiehlt sich daher, neben den absoluten Pegeln auch das spektrale Verhältnis von Nutz- und Störsignal zu bestimmen. Für beide Parameter lassen sich nur eingeschränkt fahrzeugunabhängige Voraussagen treffen. Meßergebnisse wie oben in Abb. 2 lassen einen hohen fahrzeugspezifischen Einfluß vermuten.

3.2 Akustische Kopplung

Es wurden 4 Lautsprecherpositionen im Fahrerfußraum, im Ablagefach in der Mittelkonsole sowie im Beifahrerfußraum links und rechts untersucht. Die Ergebnisse in Abb. 4 zeigen beispielhaft für die Lautsprecherposition im Fahrerfußraum für jede Mikrofonposition die Verringerung des Echopegels relativ zur Position an der Kopfstütze links. Dies war trotz des großen geometrischen Abstands die ungünstigste Position mit direktem „Sichtkontakt“ zum Lautsprecher.

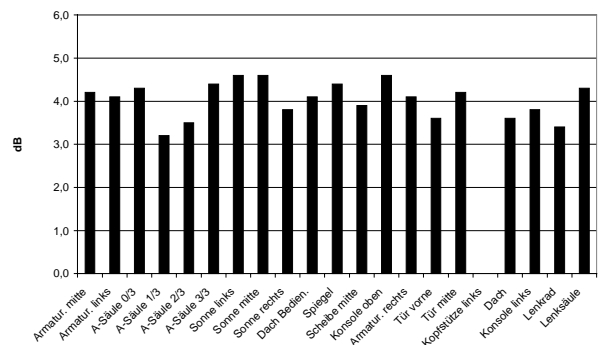


Abb. 4: Unterschiede zwischen den Echopegeln

Aus diesem Beispiel erkennt man eine Verringerung des Echopegels um 3 bis 5 dB alleine durch eine Vermeidung des Direktschalls. Prinzipiell gleiche Resultate ergeben auch die Analysen anderer Lautsprecherpositionen. Diese Ergebnisse sind insbesondere für Freisprecheinrichtungen von Bedeutung, die eingebaute Lautsprecher im Fahrzeug (meist im Armaturenbrett) verwenden. Von hier besteht zu vielen häufig benutzten Mikrofonpositionen eine Direktschall-Kopplung (Spiegel, Sonnenblende, etc).

4. Diskussion

Durch eine optimierte Mikrofonposition lassen sich deutliche Verbesserungen im Pegel des Nutzsignals (bis zu 10 dB) und in der Reduktion der akustischen Kopplung erzielen (3 bis 5 dB). Extrem wichtig ist auch das spektrale Verhältnis von Nutz- und Störchallanteil. Zusätzlich kann der Störchallanteil an den Begrenzungsflächen in der Kabine (typische Mikrofonorte) nicht als diffus angesehen werden. Die Ergebnisse zeigen einen hohen Einfluß durch fahrzeugspezifische Einflüsse, fahrzeugunabhängige Voraussagen lassen sich nur eingeschränkt ableiten. Für entsprechende Untersuchungen sind daher die Testbedingungen entscheidend (reale Kabine, künstlicher Mund, Kunstkopfmeßsystem). Die Eignung vereinfachter Kabinennachbildungen, wie es anfänglich auch in internationalen Standardisierungsgremien zum Test von Freisprecheinrichtungen diskutiert wurde, ist fraglich.

5. Literatur

- [1] ITU-T Recommendation P.58: Head and Torso Simulator for Telephony
- [2] ITU-T Draft Recommendation P.581: Application of Head and Torso Simulators for the Measurements of Hands-free Terminals
- [3] F. Kettler, H. W. Gierlich, W. Krebber: Hands-free Car Kits - A Performance Discussion of "State of the Art"-Solutions - Joint EAA/ASA meeting, Berlin, 1999
- [4] ITU-T Recommendation P.501: Test Signals for Use in Telephony