

# Aktive Störgeräuschbefreiung für Freisprecheinrichtungen in Kfz

Gregor Feneberg, Rolf Schirmacher, Carsten Zerbs, Müller-BBM GmbH, Planegg b. München

## 1. Einleitung

Durch Inkrafttreten der 33. ÄndVStVR (Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften) ist auch in Deutschland das Telefonieren mit dem Mobiltelefon in der Hand bei laufendem Motor und während der Fahrt untersagt. Als Alternative werden Freisprechanlagen genannt. Weiterhin wird zur Verringerung der Blickabwendung empfohlen, die Anwahl des Gesprächspartners mittels Sprachwahl (automatische Spracherkennung) durchzuführen [1]. Diese Vorgaben haben massive Auswirkungen auf die akustischen Anforderungen von Telefonapparaten in Fahrzeugen.

## 2. Freisprechproblematik im Fahrzeug

Aus rein akustischer Sicht betrachtet zeigt in störgeräuscherfüllter Umgebung das Halten eines mobilen Telefons unmittelbar in der Nähe von Mund und Ohr deutliche Vorteile im Vergleich zu Freisprecheinrichtungen. Diejenigen Lösungen, die ein Mikrofon mittels Schwanenhals oder durch portable Headsets in die unmittelbare Nähe des Sprechers bringen, können im strengen Sinn eigentlich nicht als Freisprecheinrichtungen betrachtet werden [2].

Ein Hauptvorteil von Freisprecheinrichtungen im Einsatz während der Autofahrt ist das unbefangene Telefonieren, ohne dass dem Sprecher während des Telefonats eine fixierte Kopfposition aufgezwungen wird. Der Fahrer wird in seinem Sicherungsverhalten (z.B. Umschauen vor dem Abbiegen) nicht eingeschränkt. Dies stellt jedoch hohe Anforderungen an die Störgeräuschunterdrückung, da während der Fahrt hauptsächlich Betriebsgeräusche in Form von aeroakustischen Strömungs-, Abroll- sowie Motorengeräuschen im Fahrzeuginnenraum auftreten. Zudem wird der Pegel des Nutzsignals, der Sprache, durch die größere Entfernung zum Sprecher verringert.

Weitere Anforderungen werden an die Reduzierung von Übersprechen vom Lautsprecher in das Mikrofon (Echo-kompensation) gestellt, die jedoch - vorausgesetzt ist ein lineares Übertragungsverhalten der elektroakustischen Wandler- inzwischen sehr effektiv funktioniert.

Ein weiterer kritischer Punkt für die Sprachverständlichkeit sind die im GSM-System eingesetzten Codierungsalgorithmen für gestörte Sprache. Das Motorengeräusch verursacht bei GSM-Übertragung beim Gesprächspartner am fernen Ende ein „blubberndes“ oder „röhrendes“ Störgeräusch.

## 3. Messungen zum Innengeräuschverhalten bei Kleinwagen und Kleinbussen

Automobile der Oberklasse haben inzwischen ein sehr geringes Innengeräuschniveau erreicht, welches einen nahezu problemlosen Einsatz von Freisprecheinrichtungen erlaubt.

Falls man jedoch die starke Zunahme von Mobiltelefonnutzern auf den Wunsch zum Telefonieren im Automobil hochrechnet, wird in Zukunft die überwiegende Mehrzahl von Telefonaten in Standardautomobilen geführt, z.B. sind dabei die beruflich motivierten Telefonate im Lieferverkehr zu beachten.

Um diesen Umstand gerecht zu werden, wurde in einer Voruntersuchung das Innengeräuschniveau von 9 typischen Kleinwagen und Kleinbussen in zwei

Fahrzuständen aufgezeichnet und analysiert. Dabei wurden 7 Benzin- und 2 Dieselfahrzeuge - allesamt neuerer Bauart - untersucht. Die Motorleistung bewegte sich zwischen 33 und 85 kW. Es wurden zwei Fahrzustände untersucht:

- Fahrt bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h im höchsten Gang (niedertourige Drehzahl)
- Leerlauf im Stand mit einer Drehzahl von ca. 3.200 min<sup>-1</sup>

Der erste Fahrzustand wurde gewählt, um eine Dominanz der Wind- und Abrollgeräusche gegenüber der motortypischen Einstreuungen in den Fahrzeuginnenraum zu bestimmen. Die Leerlaufsituation kennzeichnet sich durch ausschließlich motorverursachte Geräusche.

Die Schalle wurden sowohl in der Lautheit als auch im A-bewerteten Schalldruckpegel analysiert. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 1 und 2:

Lautheit in sone	Minimal	Maximal	Arithm. Mittelwert
Fahrt bei 80 km/h	16	27	20,5
Leerlauf mit ca. 3.200 min <sup>-1</sup>	11	25,5	17,9

Schalldruckpegel A-bew.	Minimal	Maximal	Arithm. Mittelwert
Fahrt bei 80 km/h	62	70	65,4
Leerlauf mit ca. 3.200 min <sup>-1</sup>	59	71,5	64,6

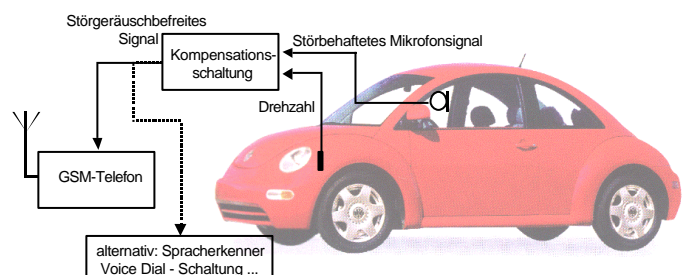
Tab. 1 und 2 – Lautheit und A-bewerteter Schalldruckpegel bei Fahrt und Leerlauf. Zusammenfassung von Messungen an 9 Fahrzeugen

Die Ergebnisse zeigen, dass bei Standardfahrzeugen die motordominierten Fahrzeuginnengeräusche durchaus in einem Niveau mit den beiden anderen Hauptgeräuschquellen Reifen / Fahrbahn und Fahrtwind liegen.

## 4. Verfahren zur Störgeräuschreduktion

Es existieren eine Reihe von ein bzw. mehrkanaligen Geräuschreduktions- und kompensationsverfahren, welche hauptsächlich das Signal- Rauschverhältnis durch Erzeugung einer Richtwirkung zum Sprecher hin oder durch korrelationsbasierte Algorithmen verbessern [3].

Das in dieser Studie benutzte Verfahren zur Störgeräuschreduktion zielt isoliert auf drehzahlbasierte Geräusche, wie sie von Verbrennungsmotoren herrühren und sich durch Motorordnungen kennzeichnen. Das Verfahren wurde aus einem bei Müller-BBM entwickelten System zur gezielten Minderung und Beeinflussung von Motorgeräuschen im Fahrzeuginnenraum entwickelt. Das Motorgeräusch wird gezielt im Mikrofonpfad der Freisprechanlage oder des Spracherkennungssystems kompensiert [4]. Entscheidend für das Funktionieren des Verfahrens ist die Kenntnis der Motordrehzahl. In folgender Prinzipdarstellung ist die Funktionsweise skizziert:



Das vorgestellte System arbeitet mit einer Drehzahlinformation vom Motor und kompensiert im Mikrofonpfad die entsprechenden Ordnungen (halb- und ganzzahlige Vielfache der Drehfrequenz), aus denen sich das Motorgeräusch zusammensetzt. Da dieses Kompensationssignal sehr genau mit dem vorhandenen Originalschall (phasen-invers) übereinstimmen muss, um eine deutliche Pegelreduktion zu erhalten, werden Betrag und Phase des Kompensationssignals adaptiv so angepasst, dass das nach der Kompensationsschaltung gemessene Reststör-signal minimal wird. Das Verfahren ist beliebig mit anderen ein- und mehrkanaligen Maßnahmen zur Reduzierung von Geräuschanteilen kombinierbar.

## 5. Versuchsaufbau

Um die Wirksamkeit des Verfahrens zu überprüfen, wurden Fahrzeuginnengeräusche bei Fahrt aufgenommen sowie eine GSM Labor-Versuchsstrecke aufgebaut. Zunächst wurde in Ruhe in einem der oben vermessenen Fahrzeuge über künstlichen Mund nach ITU-T P.58 Sprachsignale in Form eines Wortverständlichkeitstests nach Sotscheck (Reimtest) eingespielt [6]. Die Aufnahme erfolgte an der Position eines typischen Freisprechermikro-fons in der Nähe der Mittelkonsole. Anschließend wurden Fahraufnahmen durchgeführt, die einer Stadtfahrt entsprechen. Diese Signale wurden für den nachfolgenden auditiven Test zusammengefügt. Eine Prinzipskizze des Versuchsaufbaus ist in Abb. 2 aufgeführt.

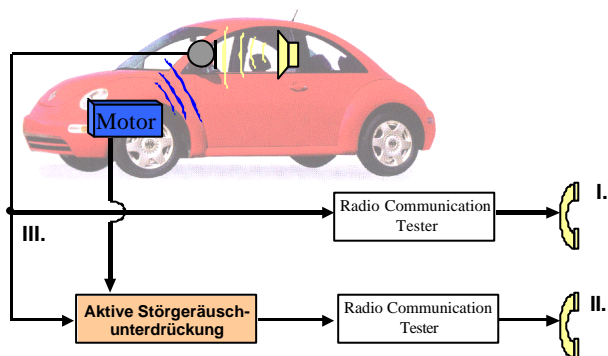


Abb. 2 – Blockschaltbild für den Aufbau des auditiven Wortverständlichkeitstests

Den Versuchspersonen wurden drei Situationen vorgespielt:

- I. Sprache und Innenraumgeräusch über GSM Telefonstrecke am fernen Ende (Gesprächspartner) ohne Verfahren.
- II. Sprache und Innenraumgeräusch über GSM Telefonstrecke am fernen Ende (Gesprächspartner) mit aktiver Störgeräuschunterdrückung
- III. Sprache und Innenraumgeräusch nach dem Mikrofon vor der GSM Funkstrecke ohne Verfahren

Der Wortverständlichkeitstest wurde mit insgesamt 13 Versuchspersonen mit einer offenen Antwortform durchgeführt.

## 6. Ergebnisse des Wortverständlichkeitstests

Die Resultate des Wortverständlichkeitstests unterscheiden sich deutlich. Ohne Störgeräuschunterdrückung und ohne Telefonstrecke wird in dieser Sprach- / Störgeräuschsituation eine Wortverständlichkeit von 60 % erzielt (Zentralwert). Dieser Wert fällt drastisch auf eine

Verständlichkeitsrate von 1/3, wenn die GSM-Telefonstrecke eingeschleift wird. Dieser Wert lässt eine Satzverständlichkeit von etwa 90 % erwarten [7], was bereits als eine sehr unangenehme Gesprächssituation empfunden wird. Schaltet man das aktive Störgeräuschunterdrückungsverfahren hinzu, so steigert sich dieser Wert deutlich auf knapp 50 %, was einer Satzverständlichkeit von fast 100 % entspricht. Das Verfahren bietet also bei stark mit Motorgeräuschen gestörten Sprachsignalen eine effektive Verbesserung.

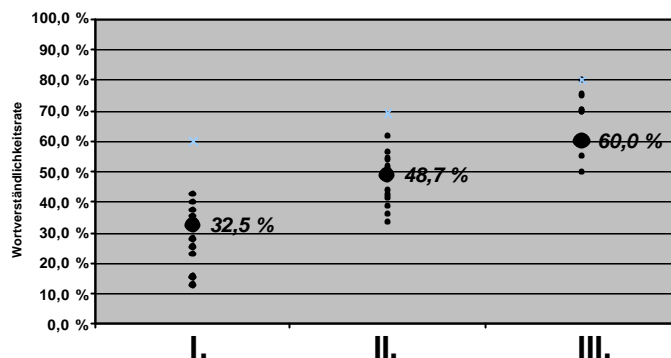


Abb. 3 – Wortverständlichkeitsraten der drei Situationen bei simulierter Stadtfahrt. Eingetragen sind alle Resultate von 13 Versuchspersonen. Dick markiert und als Wert notiert sind die Zentralwerte.

## 7. Zusammenfassung

Die Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- GSM-Codex sind sehr empfindlich in Bezug auf motortypische Störgeräusche. Die Wortverständlichkeit von übertragener Sprache sinkt deutlich.
- Das vorgestellte Verfahren bietet bei Zuhilfenahme des Drehzahlsignals eine wirksame Geräuschreduktion für motordominierte Fahrsituationen und Fahrzeuge und kann, da einkanalig, einfach bis in den kHz – Bereich realisiert werden.

## 8. Ausblick

Da sich das Verfahren nicht auf die beiden weiteren fahrzeugtypischen Störgeräuschkomponenten Abroll- und Windgeräusche auswirkt, kann prinzipiell mit schon bekannten Störgeräuschreduktionsverfahren kombiniert werden. Die Wirksamkeit in Kombination mit diesen Verfahren soll in weiteren Untersuchungen behandelt werden.

- [1] 33. ÄndVStVR Verordnung zur Änderung straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften, Seiten 3 und 18
- [2] G. Feneberg; „Telefonieren im Kraftfahrzeug – nicht nur ein akustisches Problem“; DAGA 2000
- [3] P. Vary, U. Heute, W. Hess; „Digitale Sprachsignalverarbeitung“ – Teubner Verlag
- [4] R. Schirmacher, R. Lippold, O. Martner; „Aktive Klangbeeinflussung in einem PKW“; DAGA 2000
- [5] A. Engelsberg; „Geräuschreduktion beim Freisprechen“; DAGA 96
- [6] J. Sotscheck; Beurteilung und Messung der Sprachübertragungsgüte; Taschenbuch der Fernmeldepraxis 20 (1983), S 90-121
- [7] M. Heckl, H.A. Müller, Taschenbuch der technischen Akustik, Springer Verlag; S. 97