

VDA-Spezifikation für Kfz-Freisprecheinrichtungen

H.W. Gierlich, F. Kettler, W. Balduin*, H. Best**, M. Dietz, ***, G. Eisner****,
A. Hanke*****, B. Heise*****, M. Schaible*****

HEAD acoustics GmbH, Ebertstr. 30 a, D-52134 Herzogenrath, H.W.Gierlich@head-acoustics.de
*Ford Werke, Köln; **Adam Opel AG, Rüsselsheim; ***BMW AG München; ****Volkswagen AG, Wolfsburg; *****Audi AG, Ingolstadt; *****Porsche AG, Weissach; *****DaimlerChrysler AG, Stuttgart

1. Motivation

Die Randbedingungen zum Einsatz von Freisprecheinrichtungen im Fahrzeug sind schwierig:

Die Anforderungen an die akustische Entkopplung zwischen Lautsprecher und Mikrofon sind hoch, Hintergrundgeräusch in verschiedenen Fahrzuständen beeinträchtigt sowohl die Sprachqualität und Sprachverständlichkeit als auch die Signalverarbeitung wie beispielsweise Sprachechokompensation. Andererseits ist es erforderlich, mit zunehmender akustischer Qualität der Fahrzeuge auch Freisprecheinrichtungen zur Verfügung zu haben, die den hohen Ansprüchen an eine gute Sprachkommunikation gerecht wird. Nicht zuletzt erfordern die gesetzlichen Vorschriften die Verwendung von Freisprecheinrichtungen für die Sprachkommunikation im Fahrzeug. Die Qualität derartiger Einrichtungen muss so gut sein, dass die Sprachkommunikation über die Freisprecheinrichtung den Fahrer tatsächlich weniger beeinträchtigt als die Kommunikation über einen Handapparat.

Ziel der VDA-Spezifikation [1] ist es, Messmethoden und Messaufbauten zu definieren, die es erlauben, die sprachqualitätsrelevanten Parameter von Freisprecheinrichtungen objektiv zu erfassen. Hierbei werden den besonderen Gegebenheiten im Fahrzeug Rechnung getragen. Die Spezifikation erlaubt sowohl die Messung und Qualifizierung von Freisprecheinrichtungen als auch von Mikrofonen.

2. Grundlagen

Die Grundlagen der VDA-Spezifikation bilden Untersuchungen zur Sprachqualität in nichtlinearen, zeitvarianten Übertragungssystemen. Hier wird die Sprachqualität insbesondere in der Kommunikationssituation durch die klassischen Parameter wie die Übertragungsfunktion, Loudness Ratings, Echodämpfung, etc. nur unzureichend beschrieben. Es ist erforderlich, für derartige Einrichtungen a) die sprachqualitätsrelevanten Parameter basierend auf auditiven Untersuchungen zu bestimmen und b) durch geeignete Messsignale und Messverfahren die relevanten Parameter reproduzierbar und wirklichkeitsnah zu messen. Die grundlegenden Untersuchungen hierzu zeigen, dass die folgenden Parameter die Sprachqualität im wesentlichen beeinflussen:

- (Sprach-) Klangqualität
- Laufzeit
- Gegensprechperformance (Echoperformance und Schaltcharakteristik)
- Lauthheit
- Qualität der Hintergrundgeräuschübertragung

Die Grundlagen hierzu sowie die erforderlichen Messsignale und Messvorschriften sind bereits in den grundlegenden ITU-T Empfehlungen P.340 [2], P.501 [3] und P.502 [4] spezifiziert. Ein verbindlicher Standard jedoch, der nicht nur die prinzipiellen Verfahren zur objektiven Parameterbestimmung beschreibt, sondern darüber hinaus für die Situation im Fahrzeug, den entsprechenden Testaufbau, die

Testverfahren sowie die Grenzwerte detailliert beschreibt, fehlt sowohl in den ITU-T Empfehlungen als auch in den entsprechenden ETSI bzw. ANSI-Standards. Die VDA-Spezifikation ist der weltweit erste Standard, der für Freisprecheinrichtungen im Fahrzeug entsprechende Qualitätsrichtlinien beschreibt.

3. Messaufbau

Für den Messaufbau wurde versucht, die fahrzeugtypischen Bedingungen möglichst realitätsnah zu simulieren. Die VDA-Spezifikation schreibt für die Messungen der elektroakustischen Eigenschaften von Freisprecheinrichtungen eine Fahrzeugkabine vor, die entweder den Vorgaben des Fahrzeugherstellers entsprechen sollte oder typische „mittlere“ Eigenschaften des Zielfahrzeugs nachbilden soll (z.B. für die Hersteller von Nachrüst-Lösungen).

Der prinzipielle Aufbau der Messanordnung ist in Abbildung 1 gezeigt. Zur Simulation der Fahrzeuggeräusche wird eine 4-Lautsprecheranordnung mit Subwoofer verwendet, die auf die Fahrerposition eingemessen wird und für verschiedene Fahrsituationen die Hintergrundgeräusch-Einspeisung erlaubt [5]. Die Ankopplung der Freisprecheinrichtung erfolgt über einen Netzsimulator, der die entsprechenden Eigenschaften des Netzes (GSM, CDMA, etc.) simuliert.

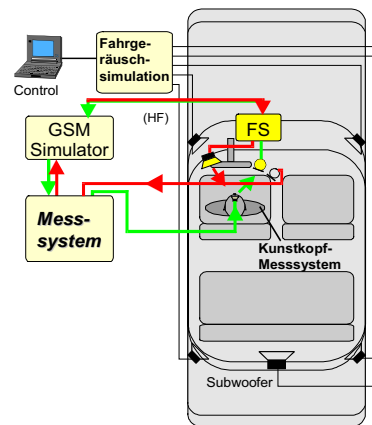


Abb. 1: Messaufbau (FS: Freisprecheinrichtung)

4. Mikrofonmessungen

Der erste Teil der VDA-Spezifikation beschreibt die Anforderungen an Mikrofone, die im Fahrzeug verwendet werden. Der für Mikrofone getrennte Anforderungsteil erlaubt es, die Spezifikationen für Zulieferer getrennt nach Mikrofon und Freisprecheinrichtung festzulegen.

Die Mikrofonmessungen beschreiben derzeit nur einige grundlegende Parameter, die die Kompatibilität zwischen Mikrofon und Freisprechelektronik sicherstellen. Neben der Bestimmung der Empfindlichkeit,

der Übertragungsfunktion sowie der Verzerrungen wird ein Messverfahren zur Bestimmung der Unterdrückung von Störsignalen beschrieben. Dieses beruht auf der Bestimmung der Direktschallempfindlichkeit des Mikrofons, sowie der Bestimmung der Mikrofonempfindlichkeit bei Störschall (verwendet wird ein typisches Fahrgeräusch). Aus der Differenz dieser Empfindlichkeiten wird der D-Wert entsprechend der ITU-T Empfehlung G.111 [6] bestimmt.

5. Freisprechmessungen

Für die Bestimmung der sprachqualitätsrelevanten Parameter wird nicht nur die Einwegübertragung betrachtet. Die Gegensprechsituation wird mittels sprachähnlicher Signale untersucht, für die Hintergrundgeräuschübertragung werden ebenfalls spezielle Messsignale und Verfahren verwendet. Diese erfordern eine exakte Bestimmung der Laufzeit sowohl in Sende- als auch in Empfangsrichtung, da für die Messung eine Synchronisation der Messsignale erforderlich ist.

Grundlegende Parameter

Die grundlegenden Parameter in der VDA-Spezifikation lehnen sich an die Forderungen in den neuen 3 GPP-Standards für Mobilfunkgeräte der 3. Generation [7] an. Auch die Grenzwerte wurde weitestgehend übernommen. Für die Messung selbst werden sprachähnliche Signale wie Artificial Voice nach ITU-T Empfehlung P.50 [8] sowie nach ITU-T Empfehlung P.501 [3] verwendet. Die folgenden Standardparameter werden bestimmt:

- Laufzeit
- Loudness Ratings (Senden und Empfangen)
- Übertragungsfunktionen (Senden und Empfangen)
- Ruhegeräusch (Senden und Empfangen), gemessen jeweils nach Aktivierung
- Außerbandsignale
- Echodämpfung (Terminal Coupling Loss)

Erweiterte Messungen

Da die Funktion des Sprachechokompensators einen wesentlichen Einfluss auf die subjektiv empfundene Qualität hat, werden zur Bestimmung der Echo-Performance verschiedene weitergehende Messungen durchgeführt. Neben der Bestimmung des Echopegels über der Zeit (Konvergenzeigenschaften) wird darüber hinaus die spektrale Echodämpfung bestimmt, da beispielsweise spektral gefärbtes Echo mit stark hochfrequenten Anteilen bei gleicher TCL erheblich störender ist, als ein spektral gleichmäßig gedämpftes Echo.

Zur Bestimmung der Qualität typischer sprachaktivierter Verstärkungsregelungen werden verschiedenste Messungen durchgeführt, die sowohl den minimalen Aktivierungspegel in Sende- und Empfangsrichtung ermitteln, als auch den Dämpfungshub in Sende- und Empfangsrichtung, über den eine entsprechende Klassifizierung der Freisprecheinrichtung (vollduplex, halbduplex, nicht duplex) möglich ist.

Besonders wichtig zur Qualifizierung von Freisprecheinrichtungen ist die Bestimmung der Übertragungseigenschaften während des Gegensprechbetriebs. Frühere Annahmen, dass während des Gegensprechens die Sprachqualität des Gesprächspartners von untergeordneter Bedeutung ist, sind in dieser Form nicht haltbar. Grundlagenuntersuchungen zeigen, dass er für die Echodämpfung bei Gegensprechen und Einzelsprechen einen funktionalen Zusammenhang gibt, der eine gleichbleibende Qualitätsbeurteilung garantiert. Absolute Werte sind ebenfalls dort abzuleiten [9].

Ähnliches gilt für Schalten: Der maximal erlaubte Pegelhub in Sende- und Empfangsrichtung zur Erzielung einer Typ 1 (vollduplex) Klassifizierung beträgt jeweils nur 3 dB. Alle diese Daten, die in Tabelle 1 zu finden sind, beruhen auf den Ergebnissen auditiver Tests und stellen somit die entsprechenden Grenzwerte in der Gegensprechsituation dar. Die entsprechenden Messungen basieren sowohl auf zeitmultiplexen Testsignalen als auch auf frequenzmultiplexen Testsignalen, die in Sende- und Empfangsrichtung gleichzeitig eingespielt werden.

MOS	≥ 4,0	4,0 – 3,5	3,5 – 3,0	3,0 – 2,5	2,5 – 2,0	≤ 2,0
TEL _{RDT} [dB]	≥ 37	≥ 33	≥ 27	≥ 21	≥ 13	< 13
A _{usdt} [dB]	≤ 3	≤ 6	≤ 9	≤ 12	≤ 15	> 15
A _{wrdt} [dB]	≤ 3	≤ 5	≤ 8	≤ 10	≤ 12	> 12

	Type 1	Type 2			Type 3
		Type 2a	Type 2b	Type 2c	
TEL _{RDT} [dB]	≥ 37	≥ 33	≥ 27	≥ 21	< 21
A _{usdt} [dB]	≤ 3	≤ 6	≤ 9	≤ 12	> 12
A _{wrdt} [dB]	≤ 3	≤ 5	≤ 8	≤ 10	> 10

Tabelle 1: Typisierung von Freisprecheinrichtungen (1-vollduplex, 2-halbduplex, 3-nicht duplex)

Im letzten Teil der Spezifikation befinden sich Messungen zur Hintergrundgeräuschübertragung. Für alle diese Messungen wird ein reales Fahrgeräusch im Fahr Simulator eingespielt. Hierbei können verschiedene Geschwindigkeiten sowie verschiedene Motor- bzw. Karosserievarianten berücksichtigt werden. Für die Analyse der Hintergrundgeräuschübertragung (Qualität des Hintergrundgeräusch-Reduktionsalgorithmus) zu Gesprächsbeginn wird der Relative Approach [10] verwendet. Unter der Voraussetzung, dass das Hintergrundgeräusch keine starken, zeitlichen Schwankungen sowie keine dominanten Strukturen im Frequenzbereich aufweist, kann mit dieser Methode in einfacher Weise die Qualität der Hintergrundgeräuschreduktion bestimmt werden.

In einem weiteren Test wird die Hintergrundgeräuschübertragung in Senderichtung bei gleichzeitiger Simulation eines Sprechers am fernen Ende betrachtet. Hier werden Schwankungen des übertragenen Hintergrundgeräusches sowie die Qualität des gegebenenfalls eingespeisten Comfort Noise bestimmt.

Messungen mit Simulation von Sprache am nahen Ende konzentrieren sich auf die Untersuchung der Pegelschwankungen des Hintergrundgeräusches nach Ausschalten des Testsignals am nahen Ende.

6. Zusammenfassung

Die VDA-Spezifikation für Freisprecheinrichtungen ist ein Standard, der zum ersten Mal die verschiedensten Aspekte der Sprachkommunikation bei Freisprecheinrichtungen im Fahrzeug berücksichtigt. Die Spezifikation erlaubt nicht nur die Qualifikation von Freisprecheinrichtungen sondern auch den objektiven Vergleich verschiedener Implementierungen. Darüber hinaus erlauben die Messungen die gezielte Optimierung von Systemeigenschaften.

7. Literatur

- [1] VDA-Spezifikation für Freisprecheinrichtungen, Entwurf, Version 1.3 vom 09.10.2001
- [2] ITU-T Empfehlung P.340, Transmission Characteristics and Speech Quality Parameters of Hands-free Telephones
- [3] ITU-T Empfehlung P.501, Test Signals for Use in Telephony
- [4] ITU-T Empfehlung P.502, Objective Analysis Methods for Speech Communication Systems, Using Complex Test Signals
- [5] Krebber, W.; Gierlich, H.W.; Genuit, K., Virtual Acoustic Environments: Basics and Applications for Interactive Simulations, Zeitschrift "Signal Processing", Sonderausgabe DSP, Volume 80, Issue 11, Paper 2226, Juli 1999
- [6] ITU-T Empfehlung G.111, Loudness Ratings (LRs) in an International Connection
- [7] 3 GPP: TS 26.131, TS 26.132
- [8] ITU-T Empfehlung P.50 (1993), Artificial Voices
- [9] F. Kettler; Gierlich, H.W.; Diedrich, E., Echo and Speech Level Variations During Double Talk Influencing Hands-free Telephones Transmission Quality, IWAENC '99, 27.-30.09.1999, Pocono Manor, USA
- [10] Genuit, K. Objective Evaluation of Acoustic Quality Based on a Relative Approach, InterNoise '96, Liverpool, UK