

SRT-basierte Bestimmung der Kommunikationsqualität im Kfz

Rosa-Linde Fischer¹, Jörn Otten², Cristina Meinecke¹

¹ Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 91052 Erlangen Deutschland, Email: extern.rosa-linde.fischer@audi.de

² Nexans AG, 90411 Nürnberg, Deutschland, Email: joern.otten@nexans.com

Einleitung

Die Ausweitung des Lebensraums auf das Auto und die technische Weiterentwicklung im Multimedia-Bereich führen dazu, dass sprachliche Inhalte im Fahrzeug zur Verfügung gestellt und verstärkt von den Insassen genutzt werden. Deshalb soll in der Qualitätsbewertung der Infotainmentsysteme bei der Audi AG neben der Klangqualität auch die Sprachverständlichkeit in den Fokus rücken. Mit objektiven Instrumenten soll der Aufwand für Abstimmung und Freigaben der Infotainmentsysteme reduziert werden.

Die Sprachverständlichkeit ist ein Merkmal der Sprachqualität. Ihre Vorteile liegen in der hohen Messgenauigkeit und in der Existenz gut untersuchter objektiver Instrumente zu deren Vorhersage - die Sprachindizes SII und STI.

Für eine hohe Qualität der Hörsituation im Kfz ist eine gute Sprachverständlichkeit allerdings nicht ausreichend. In dieser Arbeit wird deshalb in Anlehnung an die ergonomische Sicht von Sust et al. (2009) neben der Sprachverständlichkeit die subjektive Kommunikationsqualität erhoben [1]. Erfasst werden die Konzentration (Höranstrengung), die Belästigung, die Lautstärke der Sprache und die subjektive Verständlichkeit.

Sato et al. (2008) konnten erstmals zeigen, dass der Sprachindex STI einen hohen Zusammenhang mit der Höranstrengung aufweist [2]. Dies führte zu der Frage, ob Sprachindizes genutzt werden können, um die Kommunikationsqualität im Fahrzeug vorherzusagen.

Methode

Sprachsignal- und Störgeräuschaufnahmen

Als Sprachsignale wurden die Sätze des Oldenburger Satztests (OLSA, [3]) genutzt. Diese wurden mit den binauralen Übertragungsfunktionen eines Head Acoustics HMS III-Kunstkopfes gefaltet, die für verschiedene Sprachübertragungswege und Fahrzeuge aufgezeichnet waren. Die binaural aufgenommenen Störgeräusche entstammten fahrenden Autos. Die untersuchten Fahrbedingungen sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Messung der Kommunikationsqualität und der Sprachverständlichkeit

Die Kommunikationsqualität (KQ) der verschiedenen Fahrbedingungen wurde durch 20 Normalhörende (36-64 Jahre) und 20 Hörgeschädigte (33-74 Jahre) bei festen Sprachsignal-Rausch-Abständen (SNR) beurteilt. Die SNRs wurden ausgehend vom jeweiligen Speech Re-

Tabelle 1: Untersuchungsbedingungen.

Bedingung	Sprachsignal	Störgeräusch	Position	Kurzname
Bewertung I	Fahrer	SUV, 150 km/h	Rückbank	SUV Fahrer HR
Bewertung II	Entertainment	Oberklasse Kombi, 150 km/h	Beifahrer	Kombi CD VR
Bewertung III	Navigation	Oberklasse Kombi, 150 km/h	Beifahrer	Kombi Nav VR
Bewertung IV	Telefon	Oberklasse Kombi, 150 km/h	Beifahrer	Kombi Tel VR
Bewertung V	Fahrer	Mittelklasse Kombi, 150 km/h	Rückbank	Kombi Fahrer HR
Bewertung VI	Entertainment	Mittelklasse Kombi, 150 km/h	Beifahrer	Kombi 150 km/h
Bewertung VII	Entertainment	Mittelklasse Cabrio, 150 km/h, offenes Verdeck	Beifahrer	Cabrio auf
Bewertung VIII	Entertainment	Mittelklasse Kombi, 180 km/h	Beifahrer	Kombi 180 km/h

ception Threshold (SRT) in 4dB-Abständen festgelegt, um die Bewertungen sowohl für die untersuchten Bedingungen als auch die beiden Hörergruppen vergleichen zu können. Die SRTs für die Normalhörenden wurden den empirischen Daten vorheriger Experimente entnommen [4]. Für die Hörgeschädigten wurden sie anhand eines Standardaudiogramms mit dem $BSIM_{Kfz}$ modelliert. Für jeden SNR wurden von den Versuchspersonen die vier Items der KQ anhand einer neun-stufigen Skala bewertet. Die Aussagen zur Kommunikationsqualität basieren auf dem Mittelwert dieser vier Items.

Die objektive Sprachverständlichkeit ist der Anteil der verstandenen Wörter an insgesamt vier dargebotenen Sätzen des OLSA bei jedem SNR.

Bestimmung der Werte der Sprachindizes

Für die binauralen SII-Vorhersagen wurde das Binaural Speech Intelligibility Modell [5] genutzt, welches aufgrund erster Untersuchungen [4] für die Anwendung im Kfz angepasst war ($BSIM_{Kfz}$). Die untere Grenzfrequenz war durch zwei weitere Tieftonkanäle auf 11Hz abgesenkt. Dasselbe Modell wurde auch für die monauralen Berechnungen des SII_{Kfz} genutzt. Dafür wurde der binaurale Teil des Modells (Equalization-Cancellation-Prozess) umgangen. Die Berechnungen des SII basieren auf der Ein-Drittel-Oktav-Prozedur mit der Bandbedeutungsfunktion des SPIN (vgl. ANSI S3.5-1997). Die STI-Werte wurden mit dem NTI Acoustilyzer AL1 anhand des implementierten STIPA berechnet.

Ergebnisse

Wie in der Abbildung 1 für die Normalhörenden dargestellt ist, nahm die Sprachverständlichkeit (SV) ab einem SNR von +8dB kaum noch zu. Bei den Hörgeschädigten trat diese Sättigung ab einem SNR von +12dB auf. Dagegen wiesen die Kommunikationsqualität (KQ) und die Werte des Sprachindex $BSIM_T$ einen nahezu linearen Zuwachs über die untersuchten SNRs auf. Die Varianzanalysen ergaben einen signifikanten Effekt über den

SNR sowohl für SV ($F_{[1,5]} = 25,383; p \leq .001$), als auch KQ ($F_{[1,5]} = 45,975; p \leq .001$) und $BSIM_T$ ($F_{[1,5]} = 57,671; p \leq .001$). Die Kontraste zeigten, dass die KQ und das $BSIM_T$ bis zu einem höheren SNR signifikant zunahm (siehe Tab. 2). Die Korrelationen zwischen den untersuchten Sprachindizes und der SV waren entsprechend auch geringer als diejenigen mit der KQ (siehe Tabelle 3). In der Abbildung 2 ist beispielhaft das Streudiagramm für den Zusammenhang der Sprachindizes mit der KQ für die Normalhörenden dargestellt.

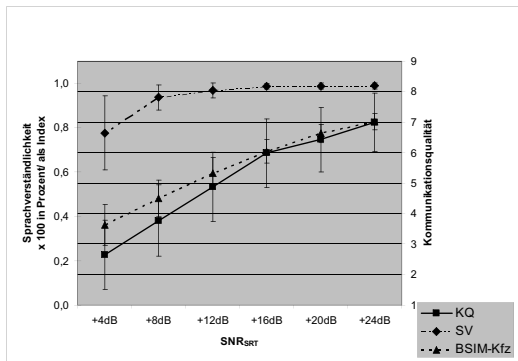


Abbildung 1: Mittelwerte der Sprachverständlichkeit (SV) und der Kommunikationsqualität (KQ) bei den dargebotenen SNRs für die Normalhörenden. Die rechte y-Achse steht für die KQ von 1 (überhaupt keine) bis 9 (sehr gute), die linke y-Achse steht für die SV in Prozent bzw. als Index ($BSIM_{Kfz}$). Die Fehlerbalken stellen die gemittelte Standardabweichung dar. Die Werte sind über die Versuchspersonen und Bedingungen gemittelt.

Tabelle 2: Wiederholte Kontraste für die Veränderung der Sprachverständlichkeit (SV), der Kommunikationsqualität (KQ) und des $BSIM_{Kfz}$ mit zunehmendem SNR für die Normalhörenden und die Hörgeschädigten.

SNR _{SRT}	wiederholte Kontraste zwischen den SNR _{SRTs}											
	Normalhörende						Hörgeschädigte					
	MW	Sig.	MW	Sig.	MW	Sig.	MW	Sig.	MW	Sig.	MW	Sig.
+4dB	0,77		2,7	0,36	0,64		2,5	0,38				
+8dB	0,94	p<.001	3,8	p<.01	0,48	p<.001	0,83	p<.001	3,3	p<.01	0,51	p<.01
+12dB	0,97	p=n.s.	4,9	p<.01	0,59	p<.01	0,93	p<.001	4,2	p<.001	0,62	p<.01
+16dB	0,99	p=n.s.	6,0	p<.01	0,69	p<.01	0,97	p<.05	5,2	p<.001	0,71	p<.05
+20dB	0,99	p=n.s.	6,4	p=n.s.	0,77	p<.05	0,99	p=n.s.	6,2	p<.001	0,78	p=n.s.
+24dB	0,99	p=n.s.	7,0	p=n.s.	0,82	p=n.s.	0,98	p=n.s.	6,5	p=n.s.	0,82	p=n.s.

Tabelle 3: Korrelationen zwischen der Kommunikationsqualität bzw. Sprachverständlichkeit und den Sprachindizes für die Normalhörenden und die Hörgeschädigten. Korrelationen mit ** sind auf $p \leq .001$ signifikant.

	Normalhörende		Hörgeschädigte	
	SV	KQ	SV	KQ
SII_{Kfz}	$r=.69^{**}$	$r=.93^{**}$	$r=.63^{**}$	$r=.87^{**}$
$BSIM_{Kfz}$	$r=.71^{**}$	$r=.94^{**}$	$r=.68^{**}$	$r=.88^{**}$
STI	$r=.68^{**}$	$r=.86^{**}$	/	/

Diskussion

Die Kommunikationsqualität verbessert sich in Abhängigkeit des SNR stärker als die Sprach-

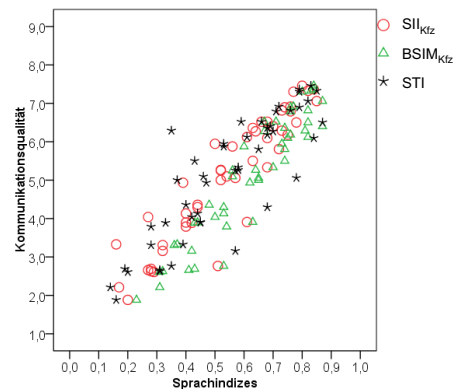


Abbildung 2: Korrelationen zwischen der Kommunikationsqualität und den Sprachindizes für die Normalhörenden.

verständlichkeit. Somit spiegelt die Kommunikationsqualität die Qualität der Hörsituation besser wider.

In Übereinstimmung mit Sato et al. (2008) kann festgehalten werden, dass die Sprachindizes oberhalb des SRT eher subjektive Qualitätsmaße vorhersagen als Sprachverständlichkeit. Deren Aussagen können somit auf akustische Situationen mit Störgeräusch und auf andere Sprachindizes ausgeweitet werden. Dies gilt sowohl für Normalhörende als auch Hörgeschädigte.

Ausblick

Die subjektiv wahrgenommene Qualität der Hörsituation (Kommunikationsqualität) kann durch den Einsatz der Sprachindizes im Entwicklungsprozess von Infotainment-systemen berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] Sust, C.A., Lazarus, H., Steckel, R. Kulka, M. and Kurtz, P.: Assessing speech comprehension in noise: Acoustic quality of speech for near real communication conditions. Acta Acustica united with Acustica 95 (2009), 86-96
- [2] Sato, H., Morimoto, M., Sato, H. and Wada, M.: Relationship between listening difficulty and acoustical objective measures in reverberant sound fields. Journal of the Acoustical Society of America 123(4) (2008), 2087-2093
- [3] Wagener, K., Kühnel, V. und Kollmeier, B.: Entwicklung und Evaluation eines Satztests für die deutsche Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. Zeitschrift für Audiologie 38(1) (2008), 4-15
- [4] Fischer, R.-L., Meyer, S., Otten, J. and Meinecke, C.: Application of the binaural speech intelligibility model for prediction of intelligibility in in-car noise. In: Fortschritte der Akustik - NAG/DAGA International Conference on Acoustics (2009), 1122-1125
- [5] Beutelmann, R.: Modelling binaural speech intelligibility in spatial noise and reverberation for normal-hearing and hearing-impaired subjects. Dissertation. Carl-von-Ossietzky-Universität, Oldenburg, 2008