



Rosa-Linde Fischer (Autor)
**Sprachverständlichkeitsbasierte Modellierung der
Kommunikationsqualität im Kfz**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/284>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	11
2. Wahrnehmung von Sprache	15
2.1 Wahrnehmung von Sprache in geräuschvoller Umgebung	15
2.2 Wahrnehmungsveränderungen durch Hörschäden	17
2.3 Qualitätswahrnehmung von Sprache	19
2.4 Zusammenfassung	20
3. Messung und Vorhersage der Wahrnehmung von Sprache	21
3.1 Quantifizierung der Wahrnehmung von Sprache	21
3.1.1 Sprachqualität	21
3.1.2 Sprachverständlichkeit	22
3.1.3 Kommunikationsqualität	22
3.2 Modellierung der Wahrnehmung von Sprache	23
3.2.1 Sprachqualität	23
3.2.2 Sprachverständlichkeit	24
3.2.2.1 Speech Intelligibility Index (SII)	25
3.2.2.2 Speech Transmission Index (STI)	26
3.2.2.2.1 Speech Transmission Index for Public Adress Systems (STIPA)	27
3.2.2.3 Binaurale Sprachverständlichkeitsmodelle	28
3.3 Empirische Befunde zur Modellgüte	29
3.3.1 Sprachqualitätsmodelle	29
3.3.2 Sprachindizes	30
3.3.2.1 Zusammenhang mit der Sprachverständlichkeit	30
3.3.2.2 Zusammenhang mit der Höranstrengung	33
3.4 Zusammenfassung	33
4. Fragestellung und Übersicht der empirischen Untersuchungen	35
5. Datenbank zur Beschreibung der akustischen Bedingungen im Fahrzeug	37
5.1 Die Hörsituation im Fahrzeug	37
5.1.1 Die Störgeräuschsituation im Fahrzeug	37
5.1.2 Darstellung des Signalübertragungswegs im Fahrzeug	38
5.1.3 Die binaurale Hörsituation im Fahrzeug	40
5.1.4 Zusammenfassung	41
5.2 Erstellung der Datenbank	41
5.2.1 Binaurale Aufnahmen	41
5.2.1.1 Innenohrmikrofone - Soundman Originalkopf-Mikrofone	42
5.2.1.2 Kunstkopf - Head Acoustics Head Measurement System III	42
5.2.2 Erzeugung der Sprachsignale	42
5.2.2.1 Insassenkommunikation	43

5.2.2.2	Telefon	44
5.2.3	Versuchsplan	44
5.2.4	Durchführung	46
5.2.4.1	Aufnahme der Innenraumgeräusche	46
5.2.4.2	Aufnahme der Sprachsignale	46
5.2.5	Datenaufbereitung	47
5.2.6	Datenauswertung	47
5.2.6.1	Frequenzspektren	47
5.2.6.2	Pegel	48
5.2.6.3	Pegeldifferenzspektren	48
5.2.6.4	Modulationsspektren	48
5.3	Ergebnisse	48
5.3.1	Störgeräuschaufnahmen	48
5.3.1.1	Einfluss der Geschwindigkeit	48
5.3.1.2	Einfluss der Karosserie	50
5.3.1.2.1	Baureihe	50
5.3.1.2.2	Kabinenzustand	50
5.3.1.3	Einfluss der Sitzposition	53
5.3.1.3.1	Beifahrersitz und Rückbank	53
5.3.1.3.2	Fahrer- und Beifahrersitz	54
5.3.2	Sprachaufnahmen	58
5.3.2.1	Einfluss der Signalquelle	58
5.3.2.1.1	Sprachwiedergabesysteme	58
5.3.2.1.2	Fahrer als Sprecher	59
5.3.2.2	Einfluss der Karosserie	62
5.3.2.2.1	Baureihe	62
5.3.2.2.2	Kabinenzustand	63
5.3.2.3	Einfluss der Sitzposition	65
5.3.2.3.1	Entertainmentwiedergabe auf Beifahrerplatz und Rückbank	65
5.3.2.3.2	Insassenkommunikation zwischen Fahrer und Personen in der zweiten bzw. dritten Sitzreihe im SUV	66
5.4	Zusammenfassung	68
6.	Experiment 1 - Evaluation der Sprachindizes für Störgeräusche im Kfz	71
6.1	Hypothesen	72
6.2	Methode	75
6.2.1	Personen	75
6.2.2	Versuchsaufbau	75
6.2.2.1	Apparatur	75
6.2.2.2	Stimuli	76
6.2.3	Versuchsplan	77
6.2.4	Durchführung	78
6.2.5	Modellierung der Sprachverständlichkeit durch die Sprachindizes	80
6.2.6	Datenauswertung und Statistik	81
6.3	Ergebnisse 1	81
6.3.1	Tonaudiometrie	81

6.3.2	Güte der Sprachindizes in den Validierungs- und Mischbedingungen	82
6.3.3	Güte der Sprachindizes im Fahrzeug	84
6.3.3.1	Normalhörende	84
6.3.3.2	Hörgeschädigte	86
6.3.4	Einfluss einzelner Wirkgrößen auf die Güte der Sprachindizes	87
6.3.4.1	Normalhörende	87
6.3.4.2	Hörgeschädigte	88
6.3.5	Auswirkungen von Geschwindigkeit und Sitzposition auf die empirischen SRTs	88
6.3.5.1	Normalhörende	88
6.3.5.2	Hörgeschädigte	89
6.4	Ergebnisse 2	89
6.4.1	Güte des $BSIM_T$ in den Validierungs- und Mischbedingungen	89
6.4.2	Güte des $BSIM_T$ im Fahrzeug	90
6.4.2.1	Normalhörende	90
6.4.2.2	Hörgeschädigte	92
6.4.3	Einfluss einzelner Wirkgrößen auf die Güte des $BSIM_T$	92
6.4.3.1	Normalhörende	93
6.4.3.2	Hörgeschädigte	93
6.5	Diskussion	94
6.5.1	Vergleich der Ergebnisse der Validierungsbedingungen mit den Daten aus Beutelmann und Brand (2006)	94
6.5.2	Vergleich der Modellgüte des SII und des BSIM in der Validierung I- und den Mischbedingungen	95
6.5.3	Modellgüte des $BSIM_T$	96
6.5.3.1	Vergleich der Modellgüte in der Validierung I mit den Mischbedingungen	97
6.5.4	Modellgüte des $BSIM_T$ in den Hauptbedingungen	97
6.5.5	Vergleich der Modellgüte des SII und BSIM in den Hauptbedingungen	98
6.5.6	Einfluss einzelner Wirkgrößen auf die Güte des SII und des BSIM	99
6.5.7	Auswirkungen von Geschwindigkeit und Sitzposition auf die empirischen SRTs	101
6.5.8	Zusammenfassung	102
7.	Experiment 2 - Evaluation der Sprachindizes für Sprachsignale im Kfz	103
7.1	Fragestellung und Hypothesen	103
7.2	Methode	105
7.2.1	Personen	105
7.2.2	Versuchsaufbau	105
7.2.2.1	Apparatur	105
7.2.2.2	Stimuli	105
7.2.3	Versuchsplan	106
7.2.4	Durchführung	106
7.2.5	Modellierung der Sprachverständlichkeit	107
7.2.6	Datenauswertung und Statistik	107
7.3	Ergebnisse	108
7.3.1	Güte der Sprachindizes im Fahrzeug	108

7.3.2	Einfluss einzelner Wirkgrößen auf die Güte der Sprachindizes	109
7.3.2.1	Fahrer als Sprecher im Vergleich zum Entertainmentsystem	109
7.3.2.2	Sitzplatz	110
7.3.2.3	Sprachwiedergabesysteme als Signalquelle	111
7.3.3	Auswirkung von Signalquelle und Sitzplatz auf die empirischen SRTs	111
7.3.3.1	Fahrer als Sprecher im Vergleich zum Entertainmentsystem	111
7.3.3.2	Sitzplatz	112
7.3.3.3	Sprachwiedergabesysteme als Signalquelle	112
7.4	Diskussion	113
7.4.1	Güte der Sprachindizes im Fahrzeug	113
7.4.2	Einfluss einzelner Wirkgrößen auf die Güte des SII_T und des $BSIM_T$	114
7.4.3	Auswirkung von Signalquelle und Sitzplatz auf die empirischen SRTs	116
7.4.4	Zusammenfassung	118

8. Experiment 3 - Sprachindizes und Kommunikationsqualität im Kfz 119

8.1	Fragestellung und Hypothesen	121
8.2	Methode	123
8.2.1	Personen	123
8.2.2	Versuchsaufbau	123
8.2.2.1	Apparatur	123
8.2.2.2	Stimuli	125
8.2.3	Versuchsplan	125
8.2.4	Durchführung	126
8.2.5	Modellierung der Sprachverständlichkeit	127
8.2.6	Bestimmung der Messpunkte für die Kommunikationsqualität . . .	127
8.2.6.1	Normalhörende	128
8.2.6.2	Hörgeschädigte	128
8.2.7	Datenauswertung und Statistik	128
8.3	Ergebnisse	129
8.3.1	Tonaudiometrie	129
8.3.2	Methodische Betrachtungen	130
8.3.2.1	Mittelwerte der Items in Abhängigkeit des SNR	130
8.3.2.1.1	Normalhörende	130
8.3.2.1.2	Hörgeschädigte	130
8.3.2.2	Beiträge der Items zur Kommunikationsqualität	131
8.3.2.2.1	Normalhörende	132
8.3.2.2.2	Hörgeschädigte	132
8.3.2.3	Qualitativer Vergleich der SNR- und SRT-basierten Kom- munikationsqualität im Kfz	133
8.3.2.3.1	Normalhörende	133
8.3.2.3.2	Hörgeschädigte	134
8.3.3	Zusammenhänge der Items der Kommunikationsqualität	135
8.3.3.1	Normalhörende	135
8.3.3.2	Hörgeschädigte	136
8.3.4	Veränderung der Kommunikationsqualität, der Sprachverständ- lichkeit und des $BSIM_T$ in Abhängigkeit des SNR	136
8.3.4.1	Normalhörende	137
8.3.4.2	Hörgeschädigte	138

8.3.4.3	Korrelationen zwischen Sprachverständlichkeit bzw. Kommunikationsqualität und den Sprachindizes	139
8.3.5	SRT-basierte Qualitätsniveaus für Kommunikation im Kfz	139
8.3.5.1	Normalhörende	140
8.3.5.2	Hörgeschädigte	140
8.4	Diskussion	142
8.4.1	Methodische Betrachtungen	143
8.4.1.1	Mittelwerte der Items in Abhängigkeit des SNR	143
8.4.1.2	Beiträge der Items zur Kommunikationsqualität	143
8.4.1.3	Qualitativer Vergleich der SNR- und SRT-basierten Kommunikationsqualität im Kfz	144
8.4.2	Zusammenhänge der Items der Kommunikationsqualität	145
8.4.3	Veränderung der Kommunikationsqualität, der Sprachverständlichkeit und des $BSIM_T$ in Abhängigkeit des SNR	146
8.4.4	SRT-basierte Qualitätsniveaus für Kommunikation im Kfz	148
8.4.4.1	Normalhörende	148
8.4.4.2	Hörgeschädigte	149
8.4.5	Zusammenfassung	150
9.	Gesamtdiskussion	153
9.1	Modellgüte der Sprachindizes im Kfz	153
9.2	Zusammenhang zwischen den Sprachindizes und der Kommunikationsqualität	155
9.3	Modellgüte der Sprachindizes für Personen mit Höreinschränkungen	155
9.4	Anwendungen in der Infotainmententwicklung der Audi AG	156
10.	Zusammenfassung	161
	Literaturverzeichnis	165
	Anhang	171
A1	Experiment 1	171
A1.1	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten - Normalhörende	171
A1.2	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten - Hörgeschädigte	174
A1.3	Test der Anwendungsvoraussetzungen für das ALM zur Modellgüte des SII und des BSIM in den Validierungs- und Mischbedingungen - Normalhörende	178
A1.4	Test der Anwendungsvoraussetzungen für das ALM zur Modellgüte des SII und des BSIM in den Validierungs- und Mischbedingungen - Hörgeschädigte	179
A1.5	Test der Anwendungsvoraussetzungen für das ALM zum Vergleich der Modellgüte des SII und des BSIM über die Hauptbedingungen - Hörgeschädigte	180
A1.6	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten bzgl. der Modellgüte des $BSIM_T$ - Normalhörende	181

A1.7	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten bzgl. der Modellgüte des $BSIM_T$ - Hörgeschädigte	182
A1.8	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM zur Modellgüte des $BSIM_T$ mit dem BSIM in den Validierungs- und Mischbedingungen - Normalhörende	183
A1.9	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM zur Modellgüte des $BSIM_T$ mit dem BSIM in den Validierungs- und Mischbedingungen - Hörgeschädigte	183
A2	Experiment 2	184
A2.1	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten bzgl. der Modellgüte des SII_T und des $BSIM_T$ - Normalhörende	184
A2.2	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM zur Modellgüte des SII_T und $BSIM_T$ bzgl. der Signalquellen - Normalhörende . . .	185
A2.3	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM über die empirischen SRTs bzgl. der Signalquellen - Normalhörende	186
A3	Experiment 3	187
A3.1	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten bzgl. SV, KQ und $BSIM_T$ - Normalhörende	187
A3.2	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung der Daten bzgl. SV, KQ und $BSIM_T$ - Hörgeschädigte	190
A3.3	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM über die SNRs bzgl. SV, KQ und $BSIM_T$ - Normalhörende	193
A3.4	Test der Anwendungsvoraussetzung für das ALM über die SNRs bzgl. SV, KQ und $BSIM_T$ - Normalhörende	194