

Semantisches Differential versus psychoakustische Empfindungsgrößen bei Außenstandgeräuschen von Fahrzeugen der oberen Mittelklasse

Ch. Patsouras*, Th. Filippou*, H. Fastl*, D. Patsouras**, K. Pfaffelhuber**

* AG Technische Akustik, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München

** FAIST Automotive GmbH, Krumbach

Einleitung

In einer früheren Arbeit [1] wurden die Außenstandgeräusche von Fahrzeugen der oberen Mittelklasse bezüglich ihrer psychoakustischen Empfindungsgrößen Lautheit, Schärfe, Rauigkeit und Schwankungsstärke mittels der Methode 'Größenschätzung mit Ankerschall' und bezüglich ihrer Geräuschqualität mittels der Methode 'Random Access' [2] untersucht.

Diese Geräusche wurden nun zusätzlich mittels der Meßmethode des 'Semantischen Differentials' beurteilt. Anhand einer Faktorenanalyse sollten die Adjektivpaare einer Dimensionsreduktion unterzogen werden. Die Ergebnisse des Semantischen Differentials sollen denen der früheren Messungen mit den Methoden der 'Größenschätzung mit Ankerschall' und des 'Random Access' gegenüber gestellt werden.

Experimente

Das Außenstandgeräusch von 9 verschiedenen Fahrzeugen der oberen Mittelklasse (darunter 2 Benzin angetriebene und 7 Diesel angetriebene Fahrzeuge) wurde mit einem Kunstkopf System von Head Acoustics in einem Abstand von einem Meter zum rechten Vorderrad auf einer Höhe von 1,70 m aufgenommen. Wiedergegeben wurden die Signale mit dem Originalpegel in einer schallgeschützten Kabine über einen freifeldentzerrten [3] Kopfhörer von STAX. An den Experimenten nahmen 15 normalhörende Versuchspersonen im Alter von 22 bis 57 Jahren (Median 26 Jahre) teil. Es wurden 16 Adjektivpaare in deutscher Sprache, basierend auf Untersuchungen von Takao und Hashimoto [4], verwendet.

Jedes Signal wurde bezüglich jeden Adjektivpaares von jeder Versuchsperson 2 mal beurteilt, die Ergebnisse beruhen somit auf einem Datensatz von (9x16x15x2) 4320 Urteilen.

Ergebnisse

In Abbildung 1 sind für jedes der 9 Geräusche die Mediane aus den Urteilen aller Versuchspersonen dargestellt.

Größte verwendete Bandbreite sind 5 (von 7) Kategorienpunkte, vor allem bei den Adjektivpaaren 'laut - leise' und 'Diesel typisch - Benzin typisch' klaffen die Urteile für die beiden Benzin angetriebenen Fahrzeuge (s 00, s 01) und die Diesel angetriebenen Fahrzeuge (s 02 bis s 08) auseinander.

Wird eine Faktorenanalyse basierend auf den Urteilen der einzelnen Versuchspersonen (Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung) durchgeführt, so ergibt sich zunächst für das Maß der Stichprobeneignung, das Kaiser-Meyer-Olkin-Maß, ein Wert von 0,928 (d.h. ausgezeichnete Eignung für Faktorenanalyse), werden jedoch die Diagonalwerte der Anti-Image-Correlation-Matrix überprüft ergeben sich für die Adjektivpaare 'hoch - tief' und 'tonhaltig - rauschhaft' nur Werte von 0,45 und 0,436. Wegen dieser relativ geringen Werte wurden diese beiden Items bei der weiteren Faktorenanalyse ausgeschlossen. Es ergibt sich mit den verbleibenden 14 Adjektivpaaren die in Tabelle 1 dargestellte rotierte Komponentenmatrix mit 3 Faktoren.

Adjektivpaar	1	2	3
erstklassig - minderwertig	0,88		-0,23
angenehm - unangenehm	0,87	-0,28	-0,21
ruhig - unruhig	0,81	-0,26	-0,29
nervös - beruhigend	-0,81	0,24	0,31
häßlich - schön	-0,80	0,32	0,25
schwankend - glatt	-0,72	0,45	0,13
zuverlässig - unzuverlässig	0,71		-0,12
rauh - glatt	-0,71	0,51	0,18
weich - hart	0,69	-0,44	-0,40
kräftig - schwach		0,89	0,15
laut - leise	-0,44	0,72	0,13
Diesel typisch - Benzin typisch	-0,51	0,63	0,26
metallisch - dumpf	-0,25	0,12	0,87
stumpf - scharf	0,27	-0,23	-0,83

Tab 1: Rotierte Komponentenmatrix mit 3 Faktoren, fehlende Werte bedeuten eine Ladung < 0,1.

Diskussion

Es ergibt sich demnach ein erster Faktor, der sowohl diejenigen Adjektivpaare, welche mit Komfort und Qualität ('erstklassig', 'zuverlässig', 'angenehm' und 'schön') in Verbindung gebracht werden können, als auch Adjektivpaare, welche die zeitliche Struktur des Signals ('schwankend', 'rauh', 'unruhig', 'nervös' und 'hart') beschreiben, in sich vereint.

Der zweite Faktor kombiniert diejenigen Adjektivpaare, welche die Kraft ('laut' und 'kräftig') der Signale beschreiben - aus der Literatur [5] bekannt als der 'Power'-Faktor. Interessanter Weise ist in diesem zweiten Faktor jedoch ebenfalls das Adjektivpaar 'Diesel typisch - Benzin typisch' beinhaltet.

Der dritte Faktor bezieht sich auf die Schärfe ('metallisch' und 'scharf') der Signale - in der Literatur [5] als der 'Metallic'-Faktor beschrieben.

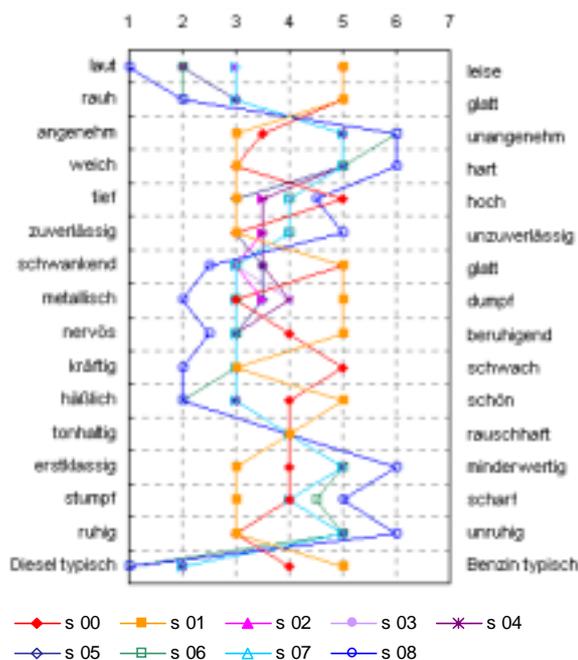


Abb1: Verlauf des Semantischen Differentials für alle 9 Fahrzeuggeräusche (s 00 bis s 08), gemittelt (Median) über alle Versuchspersonen.

Um zu erkennen, ob die Methode des Semantischen Differentials (SD) vergleichbare Ergebnisse liefert wie die in der Vergangenheit durchgeführten Experimente mit Größenschätzung mit Ankerschall (GmA) bzw. Random Access (RA), wurden in Abbildung 2 die Ergebnisse bestimmter passender Adjektivpaare denen der relativen Lautheit, Rauigkeit, Schwankungsstärke, Schärfe, Dieselhaftigkeit und dem Platz in der Geräuschqualität gegenübergestellt.

Berechnet man den Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen den jeweiligen Ergebnissen erhält man folgende Werte :

rel. Lautheit (GmA)	laut - leise (SD)	-0,97	**
	kräftig - schwach (SD)	-0,64	
rel. Schärfe (GmA)	metallisch - dumpf (SD)	-0,31	
	stumpf - scharf (SD)	+0,70	*
rel. Schwankungsstärke (GmA)	schwankend - glatt (SD)	-0,69	*
rel. Rauigkeit (GmA)	rauh - glatt (SD)	-0,78	*
rel. Dieselhaftigkeit (GmA)	Diesel typisch - Benzin typisch (SD)	-0,78	*
Geräuschqualität (RA)	erstklassig - minderwertig (SD)	+0,65	
	angenehm - unangenehm (SD)	+0,78	*
	häßlich - schön (SD)	-0,78	*
	zuverlässig - unzuverlässig (SD)	+0,44	

Tab 2: Rangkorrelationskoeffizienten (Spalte 3) nach Spearman zwischen den Ergebnissen der Messungen mit GmA bzw. RA (Spalte 1) und den Ergebnissen gemessen mit SD (Spalte 2), mit * signifikant auf einem Niveau von 5%, ** signifikant auf einem Niveau von 1%.

Es zeigt sich also bei Überprüfung der Zusammenhänge mittels Rangkorrelation, daß eine starke Übereinstimmung der Rangfolgen für die drei Methoden existiert. So besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Rangfolge der relativen Lautheit mit dem Adjektivpaar 'laut - leise', und jeweils sehr signifikante Zusammenhänge zwischen der relativen Schärfe mit 'stumpf - scharf', der relativen Schwankungsstärke mit 'schwankend - glatt', der relativen Rauigkeit mit 'rauh - glatt', der relativen Dieselhaftigkeit mit 'Diesel typisch - Benzin typisch' und der Geräuschqualität mit 'angenehm - unangenehm' und 'häßlich - schön'.

Betrachtet man jedoch die graphische Gegenüberstellung der Ergebnisse in Abbildung 2 detaillierter, so fällt ins Auge, daß sich mehrere Datenpunkte der Ergebnisse des 'Semantischen Differentials' in ein und der selben Kategorie befinden, wohingegen die Messung mit 'Größenschätzung mit Ankerschall' ein sehr viel differenzierteres Bild liefert. So befinden sich z.B. bezüglich ihrer Schärfe sechs der Schalle in der Kategorie 4 des Adjektivpaares 'stumpf - scharf', ihre relative Schärfe, gemessen mit 'GmA', variiert jedoch zwischen 90 und 130 %.

Zusammenfassung

Eine Faktorenanalyse bestätigt Ergebnisse ('Power'-Faktor und 'Metallic'-Faktor) aus der Literatur [5], wobei der Diesel typische Charakter eines Geräusches von den Versuchspersonen in den sogenannten Power-Faktor mit einbezogen wird.

Bei einem Vergleich der Psychometrischen Methoden ergibt sich eine recht gut Rangkorrelation zwischen den jeweiligen Adjektivpaaren des 'Semantischen Differentials' mit den Psychoakustischen Empfindungsgrößen, gemessen mit der Methode der 'Größenschätzung mit Ankerschall'. Während jedoch das 'Semantische Differential' ein eher qualitatives Bild des beurteilten Signals zeichnet, ergibt sich bei Messung mit 'Größenschätzung mit Ankerschall' ein sehr viel detaillierteres und insbesondere quantitatives Bild der befragten Empfindungsgröße.

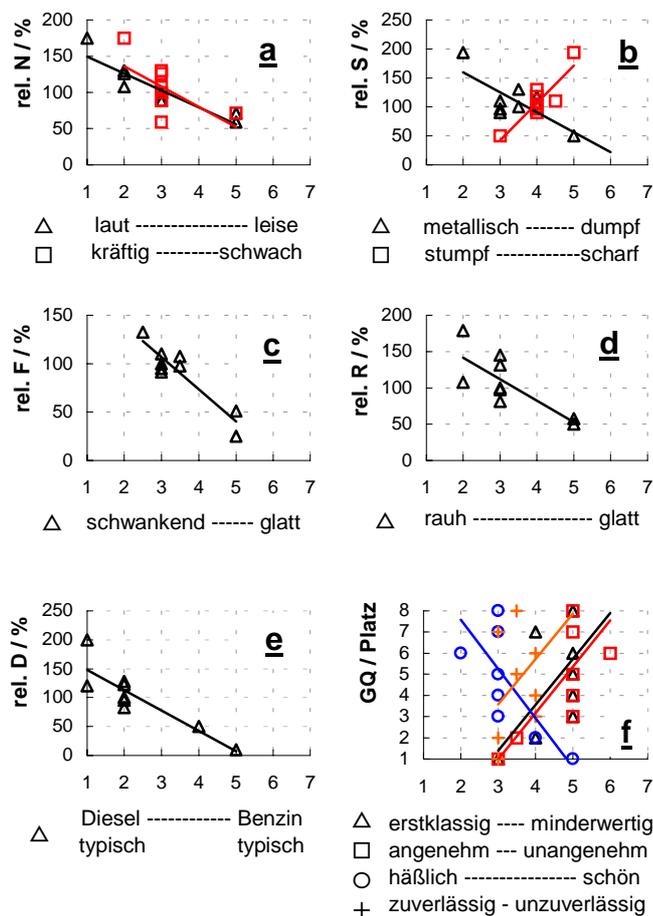


Abb. 2 a bis f: Gegenüberstellung der Ergebnisse erzielt durch die Methoden 'GmA' bzw. 'RA' und durch die Methode des 'SD'.

- relative Lautheit (N) versus 'laut - leise' und 'kräftig - schwach',
- relative Schärfe (S) versus 'metallisch - dumpf' und 'stumpf - scharf',
- relative Schwankungsstärke (F) versus 'schwankend - glatt',
- relative Rauigkeit (R) versus 'rauh - glatt',
- relative Dieselhaftigkeit (D) versus 'Diesel typisch - Benzin typisch',
- Geräuschqualität (GQ) versus 'erstklassig - minderwertig', 'angenehm - unangenehm', 'häßlich - schön' und 'zuverlässig - unzuverlässig'.

Literatur

- [1] Patsouras, Ch., Fastl, H., Patsouras, D., Pfaffelhuber, K.: Psychoacoustic sensation magnitudes and sound quality ratings of upper middle class cars' idling noise. Proc. ICA, Rome 2001.
- [2] Patsouras, Ch., Fastl, H., Patsouras, D., Pfaffelhuber, K.: Subjective evaluation of loudness reduction and sound quality ratings obtained with simulations of acoustic materials for noise control. Proc. Euronoise, Patras 2001.
- [3] Zwicker, E., Fastl, H.: Psychoacoustics - Facts and Models. 2nd Updated Ed., Springer Verlag Berlin, 1999.
- [4] Takao, H., Hashimoto, T.: Die subjektive Bewertung der Innengeräusche im fahrenden Auto - Auswahl der Adjektivpaare zur Klangbewertung mit dem Semantischen Differential. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 41, S. 72-77, 1994.
- [5] Namba, S., Kuwano, S., Hatoh, T.: Sound quality of road traffic noise transmitted through different types of simulated wall. Proc. Internoise Nizza 2000.