

Bewertung von Sound und Vibration in Fahrzeugen – ein komplexer Evaluierungsprozess

B. Schulte-Fortkamp,
Fachbereich Physik / Akustik Universität Oldenburg D – 26111 Oldenburg

Einleitung

Wenn Sound and Vibration unter dem Aspekt von Komfort oder Qualität in Fahrzeugen beurteilt werden, handelt es sich um einen sehr komplexen Prozess, der sukzessive unter Berücksichtigung der verschiedenen Dimensionen, die in einem solchen Beurteilungskontext wirksam werden, evaluiert werden muss. Um die Moderatoren der subjektiven Urteile adäquat zu erfassen, ist es notwendig, die Evaluierungsmethoden an den Gegenstand der Untersuchung anzupassen, und zwar unter technisch-physikalischen, psychoakustischen und psychologisch-sozialwissenschaftlichen Aspekten.

Bezogen auf die Vorgehensweise in einem Brite Euram Projekt zur Entwicklung eines Komfortindex in Flugsituationen¹ wird dargestellt, wie kombinierte Wirkungen von Sound und Vibration evaluiert werden können. Korrespondierend wird die Vorgehensweise in einem Brite Euram Projekt zur Sound Qualität in Fahrzeugen² eingebracht. Die einzelnen Facetten des Evaluierungsprozesses in Fahrzeugen werden diskutiert. Das interdisziplinäre Konzept und seine schrittweise Umsetzung wird hier vorgestellt; die Entwicklung des Komfortindex auf der Basis dieser Untersuchungsschritte ist Gegenstand eines weiteren Beitrags. [1]

Die Problematik des Laborexperimentes

Die meisten Studien, die zur Bewertung von Sound und Vibration oder auch nur Sound in Fahrzeugen durchgeführt werden, sind Laborstudien, die auf die jeweiligen Fragestellungen und Probleme physikalisch-technisch abgestimmt werden. In der Regel wird mit Versuchsaufbauten gearbeitet, die die Darbietung auf die akustischen Signale reduzieren.

Fahrzeuginnengeräusche werden in der Regel über Kopfhörerdarbietungen evaluiert, das gilt für Fahrzeuge vom Auto bis zum Flugzeug; in Ausnahmen werden Versuche in sog. Sound-cars oder auch Mock-ups durchgeführt; d.h. die Annäherung an die Situation, die mit dem Geräusch verbunden ist, findet nur im Kopf der Versuchsperson statt und ist in häufig unterschiedlich intentional in der Aufmerksamkeitsrichtung verglichen mit der realen Situation. [2] Dabei wird angenommen, dass durch die Messung mit den richtigen Verfahren und durch ein entsprechend großes Klientel potentielle Übertragungsfehler statistisch ausgeglichen werden können.

Laborversuche bewirken also einerseits eine Reduktion des Kontextes durch die gegebene physikalisch technische Messsituation, schaffen so den Laborkontext und vernachlässigen in der Regel den Kontext, den die Versuchsperson einbringt. Diskutiert wird hier wie das Zusammenwirken einer Vielzahl von Implikatoren, die sowohl an Versuch selber als auch an die in dem Versuch Handelnden gebunden sind, in einem adäquaten Messprocedere aufgefangen werden kann.

Im folgenden werden zunächst anhand der Untersuchung zur Entwicklung eines Komfortindex die an das Versuchsdesign gebundenen Implikatoren dargestellt. Die Ver-

fahrensweisen und Ergebnisse aus Versuchsreihen zur Bewertung von Innengeräuschen in Autos werden vergleichend diskutiert. [3,4,5]

Die Implikatoren

Aus Untersuchungen zur Schallbelastung und zum Sound design ist bekannt, dass Versuchspersonen in Bewertungssituationen assoziieren, also in die Bewertungssituation einen Kontext hineinbringen, der über den konstruierten Versuchskontext hinausgeht.

Jedes Experiment zur Schallbewertung hat eine komplexe Kontextstruktur, die durch die Faktoren beschrieben werden kann, die das Versuchsdesign determinieren: *der Versuchsaufbau, die Versuchsumgebung, die Instruktion, das Bewertungsinstrument, die Einordnung der Versuchsperson in den Versuch, der Typus Versuchsperson, der Typus Versuchsleitung, das Verhältnis von Versuchsleitung und Versuchsperson, der Versuch und seine Wiederholbarkeit, die Versuchsdauer* und die Faktoren, die durch die Alltagskontexte, d.h. durch die Erfahrungen der Versuchspersonen bestimmt werden: *die soziale Herkunft, die soziale Disposition: Alter, Geschlecht, Einkommen, Familienstand, Ausbildung, Beruf, der Alltag einer Versuchsperson, ihre Prädisposition bezogen auf den Untersuchungsgegenstand, ihre Sozialisation bezogen auf den Untersuchungsgegenstand, ihre psychische und physische Disposition zum Zeitpunkt des Experiments.*

Versuche zur Exploration von Schallbewertungen im Labor, in denen neben den herkömmlichen Verfahren wie Skalierungen nach psychoakustischen Parametern sensible kontextorientierte Verfahren eingesetzt wurden, haben z.B. für die Bewertung von Fahrzeuginnengeräuschen gezeigt: es gibt für verschiedene Gruppen von Versuchspersonen vergleichbare Strategien, sich in einem Versuch zu „bewegen“. Hier besteht u.a. eine nachgewiesene Abhängigkeit mit den dargebotenen Geräuschen und ihren Bekanntheitsgraden.

Bei Geräuschen, die für Versuchspersonen unbekannt sind, streben die Vpn z.B. an, assoziativ bekannte vergleichbare Geräusche und den damit verbundenen Erlebniszusammenhang zu thematisieren. Diese Ergebnisse konnten vergleichbar auch in einer Versuchsreihe zur Bewertung von Industrieeräuschen evaluiert werden [2]

Kombinierte Evaluationsmethoden

In den Versuchsreihen zur Bewertung von Fahrzeuginnengeräuschen wurde die Methode AISP (Associated Imaginations on Sound Perception) explizit entwickelt, um die Gefühle, die durch die Geräuschdarbietung evoziert werden, zu explorieren. Diese Methode ist in subjekt-zentrierte Methodologien eingebettet: sie setzt bei den spontanen Imaginationen und Erinnerungen der Versuchspersonen an, wenn diese Geräusche hören. Das Forschungsinteresse richtet sich hier auf die emotionalen Aspekte und ermöglicht, Gefühle und Bilder bezogen auf Geräusche zu evaluieren und in den beschreibenden Kategorien die verbalen Attribuierungen zu entdecken, die die Entwicklung des Semantischen Differentials unterstützen.[6] In den Versuchsreihen zur Vorbereitung der Evaluation von Bewertungen von Flugsituationen bezogen auf kombinierte Wirkungen von Sound

und Vibration wurde durch die kombinierte Methode von Skalierung und Laut Denken (CIS-Methode) der Sprachraum detektiert. In mehrstufigen explorierenden Verfahren wurde jeweils ein Semantisches Differential am Forschungsgegenstand entwickelt. [3]

Die Entwicklung des Semantischen Differentials für Jets und Propellermaschinen einerseits und Helicopter andererseits führt zu zwei Semantischen Differentialen, die sich bezogen auf 10 Adjektivpaare überlappen, 10 weitere Adjektivpaare sind als helicopterspezifisch einzustufen, 5 als spezifisch für „aircrafts“, d.h. in diesem spezifischen Fall für Jets und Propellermaschinen. Zusätzlich wurden die sog. Sozialdaten wie auch eine Bewertung der Gesamtversuchssituation durch einen zusätzlichen Fragebogen erfasst. [4]

ITEMS OF THE SD		Helicopter	Aircraft
bearable	unbearable	X	X
comfortable	uncomfortable	X	X
threatening	harmless	X	X
shaking	calm	X	X
vibrating	not vibrating	X	X
dangerous	safe	X	-
pleasant	unpleasant	X	-
oppressing	liberating	X	-
well-sounding	ugly-sounding	X	-
crumpled	smooth	X	-
rotating	still	X	-
strong	weak	X	-
shrill	dull	X	-
palpable	impalpable	X	-
pushy	reserved	X	-
muffled	not muffled	-	X
acceptable	unacceptable	-	X
regular	irregular	-	X
monotonous	varied	-	X
high-frequency	low-frequency	-	X
loud	quiet	X	X
rough	not rough	X	X
tonal	not tonal	X	X
unsteady	steady	X	X
sharp	not sharp	X	X
		20	15

Diskussion

Diese jeweils spezifischen semantischen Differentiale beweisen, dass es notwendig ist, die Verfahren an den Untersuchungsgegenstand sukzessive anzupassen. Dies wird noch deutlicher, wenn man das semantische Differential heranzieht, das in einem vergleichbaren Verfahren für die Bewertung von car-interior-sound entwickelt wurde. [6,7,8,9] Obwohl es generell um die Bewertung von Geräuschen in Fahrzeugen geht, sind die gewählten Items unterschiedlich, und zwar abgeleitet aus den Bewertungen von Versuchspersonen in zunächst assoziativer Deskription. Ein weiterer wesentlicher Aspekt in dieser Diskussion ist, dass die Differentiale jeweils im deutschen Sprachraum entwickelt wurden, für die kombinierten Untersuchungen in Italien und Frankreich mit übersetzten Items gearbeitet wurde. Das bedeutet, dass u.U. bei abweichender Beurteilung im interkulturellen Vergleich nicht nur der jeweils kulturelle Background wirkt, sondern auch der sprachliche Bedeutungszusammenhang. Hier sind noch weiterführende Untersuchungen notwendig.

Die Berücksichtigung physikalischer, psychologischer und kognitiver Dimensionen, aber auch die Einbeziehung des Designaspekts erfordert teilweise neue Ansätze. Während binaurale Mess- und Analysetechnik und Psychoakustik sich in diesem Zusammenhang bereits als wertvolle Hilfsmittel erwiesen haben und etabliert sind, ist es bis heute noch

nicht gelungen, globale, d.h. allgemeingültige Größen für Geräuschqualität zu erarbeiten“ [10] Auf die Bedeutung des Kontextes in solchen Laborstudien wurde bereits 1994 aufmerksam gemacht und nachgewiesen, dass durch kontextsensible Verfahren, die durch Verknüpfung herkömmlicher psychoakustischer Verfahren und explorativer sozialwissenschaftlicher Verfahren eine detaillierte Deskription und Bewertung von Geräuschen im Labor möglich ist [2].

Forderungen und Ausblick

Evaluation bezogen auf Sound und Vibration muss der Kontextvielfalt in einer gegebenen experimentellen Situation gerecht werden. Wenn Komfortvariablen im Kontext von Sound und Vibration in Fahrzeugen untersucht werden, müssen interdisziplinäre Verfahren eingesetzt werden, die im weitesten Sinne Akustik, Physik, Psychologie, Medizin und Soziologie methodisch implizieren. Es ist auch noch nicht ausreichend erforscht, welche Rolle z.B. virtuelle Umgebungen oder laborgestaltete Szenarien spielen können. Der Vergleich von Komfortdaten, die in während realer Flüge in Helicoptern und auch in Mock-ups evaluiert wurden, wird hier einen wesentlichen Beitrag leisten.

Literatur

1. Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., Schulte-Fortkamp, B., Remmers, H. (2000) Hauptdimensionen einer kombinierten Geräusch- und Vibrationswahrnehmung in Flugsituationen: Auswertungen zum semantischen Differential, DAGA 2000, in print
2. Schulte-Fortkamp, B. (1994) Geräusche beurteilen im Labor, Düsseldorf, VDI-Verlag
3. Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., Schulte-Fortkamp, B., Remmers, H. (1999). Effects of helicopter and aircraft interior noise and vibration on passengers' comfort sensation and subjective well-being. J. Acoust. Soc. Am., 105 (2), 1084, and ACUSTICA/acta acustica, 85, 158.
4. Quehl, J., Schick, A., Mellert, V., Schulte-Fortkamp, B., Remmers, H. (2000). Evaluation of combined aircraft interior sound and vibration effects on passengers' well-being and comfort sensation: the elaboration of a concept-specific methodological instrument. Results of the 8th Oldenburg symposium on psychological acoustics. Oldenburg: bis.
5. Buss, S., Chouard, N. Schulte-Fortkamp, B. Semantic Differential tests show intercultural differences and similarities in perception of car-sounds, DAGA 2000, in print
6. Muckel, P., Ensel, L., Schulte-Fortkamp, B. (1999) Exploration of associated imaginations on sound perception (AISP): A method for helping people to describe and to evaluate their sound perceptions, in J. Acoust. Soc. Am., Vol. 105, No.2, Pt 2, February 1999, 1279
7. Schulte-Fortkamp, B., Muckel, P., Chouard, N., Ensel, L. (1999) Subjective Evaluation Method: The Meaning of Context in Evaluation of Sound Quality and an Appropriate Test Procedure, Proceedings of the 6th International Congress on Sound and Vibration, Kopenhagen, Denmark, 1999
8. Hempel, T., Chouard, N. (1999) Evaluation of Interior Car Sound with a New Specific Semantic Differential Design Sounds in J. Acoust. Soc. Am., Vol. 105, No.2, Pt 2, February 1999, 1280
9. Krebber, W. et al (2000) Objective Evaluation of Interior Car Sound – the OBELICS project, DAGA 2000, in print
10. Genuit, K. (1998) Verfahren und Methoden der psychoakustischen Analysetechnik, DAGA 98, Zürich

Referenzen

- ¹BRITE-EURAM project "IDEA PACI" / BE97-4056
²BRITE-EURAM project "OBELICS" / BE 96-3727