

Beurteilen von Fahrzeuginnenraumgeräuschen durch das Quantifizieren emotionaler Reaktionen

Oliver Jung^{1 2}

¹ Adam Opel GmbH, 65423 Rüsselsheim, Deutschland, E-Mail: oliver.jung@de.opel.com

² Chalmers University of Technology, Division of Applied Acoustics, SE-41296 Göteborg, Schweden

Einleitung

Akustische Stimuli sind in der Lage, starke emotionale Reaktionen hervorzurufen. Dies gilt sowohl für Musik als auch für eher technische Geräusche von Maschinen und Produkten. Dabei spielen die individuellen Erfahrungen und Vorlieben der jeweiligen Personen ebenso eine Rolle wie der Kontext und die physikalischen Eigenschaften der akustischen Ereignisse.

In der hier vorgestellten Arbeit werden in einem Laborversuch die emotionalen Reaktionen auf verschiedene Fahrzeuginnenraumgeräusche in gängigen Fahrsituationen untersucht. Die Probanden geben hierbei eine Selbstauskunft mit Hilfe des sogenannten „Self-Assessment-Manikin“ (SAM). Dieses Verfahren ermittelt die momentanen affektiven Befindlichkeiten der Versuchspersonen in drei vorgegebenen Dimensionen.

Das Self-Assessment-Manikin

Die Entwicklung des Self-Assessment-Manikin basiert im Wesentlichen auf der Arbeit von *Bradley & Lang* [1]. Das Verfahren des SAM ermittelt anhand einer graphischen Skala die momentanen emotionalen Befindlichkeiten von Personen, zum Beispiel während der Anwesenheit eines visuellen oder akustischen Stimulus. Die drei Dimensionen „Valenz“ (Valence), „Erregung“ (Arousal) und „Dominanz“ (Dominance) gehen auf eine Faktorenanalyse eines Semantischen Differentials mit 18 Adjektivpaaren zurück, die in einer Studie von *Mehrabian & Russell* [2] abgefragt wurden. Die graphischen Äquivalente der drei Skalen sind in *Abbildung 1* zu sehen.

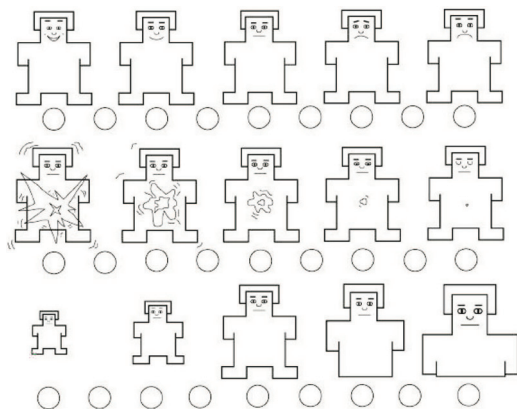


Abbildung 1: Das Self-Assessment-Manikin mit den Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz

Es gibt eine Reihe von Vorteilen dieser graphischen Methode gegenüber auf Sprache basierten Testprozedu-

ren wie zum Beispiel Semantischen Differentials. Zum einen können auch Personen, die nicht über ausreichende Sprachkenntnisse verfügen oder unter einer Schreib- und Leseschwäche leiden, an einem solchen Test teilnehmen. Zum anderen kann die Testdauer aufgrund der wenigen abgefragten Dimensionen gegenüber anderen Verfahren entscheidend verkürzt werden, so dass Einflüsse von Ermüdung und Unkonzentriertheit der Probanden auf die Bewertungen verringert werden können. Ferner ist ein direktes Mapping der SAM-Mittelwerte in einen multidimensionalen Wahrnehmungsraum ohne weitere Transformationsschritte möglich.

Hörversuch

In einem Labor-Geräuschvergleich bewerteten insgesamt 54 Probanden (36 männlich, 18 weiblich) im Alter zwischen 22 und 46 Jahren (Median: 25 Jahre) mit Hilfe des SAM in einer zweiteiligen Testprozedur insgesamt 18 quasi-stationäre und zwölf nicht-stationäre binaurale Fahraufnahmen von unterschiedlichen Fahrzeugen. Die quasi-stationären Geräusche waren Konstantfahrten bei 60, 100 und 130 km/h, jeweils aufgenommen auf dem Beifahrersitz in vier Fahrzeugen aus unterschiedlichen Fahrzeugklassen, vom Kleinwagen bis zur Reiselimousine. Zusätzlich wurden informationslose Rauschmuster mit einem Frequenzabfall von -6dB und -9dB pro Oktave getestet, die jeweils im A-bewerteten Pegel sowie in der interauralen Kreuzkorrelation (IACC) an die mittleren Werte der drei Fahrzustände der realen Fahrzeuge angepasst wurden. Die nicht-stationären Stimuli waren Teillast- und Vollast-Beschleunigungen, die jeweils auf dem Beifahrersitz in einem Kleinwagen, einem Mini-Van sowie einem Wagen der oberen Mittelklasse aufgenommen wurden, wobei zusätzlich beim Mittelklassewagen eine und beim Mini-Van zwei weitere Sitzpositionen auf den rückwärtigen Sitzen evaluiert wurden. Die Darbietung der Stimuli erfolgte über kalibrierte Kopfhörer, wobei multimodale Faktoren, z. B. durch zusätzliche visuelle Informationen während der Geräuschwiedergabe, keine Berücksichtigung fanden. Um einen Einfluss der Reihenfolge der Stimulusdarbietung zu minimieren, wurde die Wiedergabe der Soundbeispiele randomisiert und jedes Geräusch insgesamt zweimal wiedergegeben. Die Gesamtdauer des Tests betrug dadurch etwa eine Stunde.

Ergebnisse

Die zweifache Wiedergabe und Bewertung jedes einzelnen Geräusches erlaubt eine Überprüfung der Reliabilität der jeweiligen Bewertungen. Während bei den Kon-

stantfahrten die mittleren Reliabilitätskoeffizienten aller Probanden bei minimal 0,5 für die *Dominanz* und maximal 0,56 für die *Erregung* liegen, weisen die Korrelationskoeffizienten der Mittelwerte der beiden Datensätze (n=18) mit Werten zwischen 0,95 und 0,98 in den drei Dimensionen des SAM auf eine signifikante Korrelation dieser Datensätze hin. Für die weitere Auswertung wird daher für jedes Geräusch der Mittelwert aus den beiden Bewertungsdurchgängen gebildet. *Abbildung 2* verdeutlicht die Bewertung der einzelnen Geräuschmuster in der Dimension *Valenz*. Es zeigen sich zunächst deutlich erkennbare Unterschiede zwischen den verschiedenen Fahrzeugen und künstlichen Geräuschen. Des Weiteren nimmt die empfundene Valenz mit zunehmender Geschwindigkeit stetig ab. Eine Faktorenanalyse zeigt zudem, dass *Valenz* und *Dominanz* nahezu perfekt positiv miteinander korrelieren ($R=0,99$), während die *Erregung* annähernd perfekt negativ mit den anderen Dimensionen korreliert ist ($R=-0,99$ bzw. $R=-1$). Somit sind alle SAM-Dimensionen auf einen einzigen Faktor zurückzuführen, der in der Lage ist, über 99 % der Varianzen aller Dimensionen für die quasi-stationären Geräusche zu erklären. Eine weitere Korrelationsanalyse der Hörversuchsergebnisse der Konstantfahrten mit akustischen Parametern sowie psychoakustischen Metriken zeigt einen signifikanten Zusammenhang der Lautheit nach *Zwicker* [3] in Verbindung mit der Rauigkeit nach *Aures* [4] und dem extrahierten Faktor. Mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse ist es daher möglich, Hörversuchsergebnisse von stationären Stimuli aufgrund dieser beiden Metriken zu schätzen. Ein nachträglich durchgeführter Validierungsversuch mit 20 Probanden und teilweise in der Lautheit angepassten Stimuli bestätigt diesen Zusammenhang.

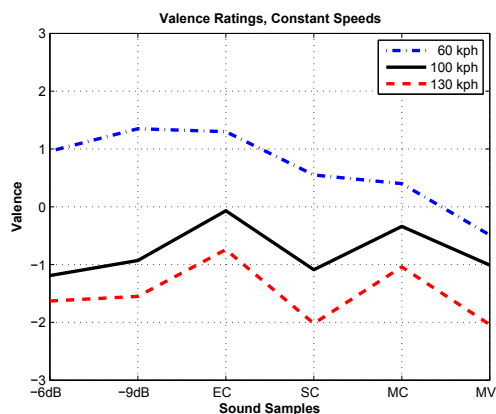


Abbildung 2: Bewertungen der Konstantfahrten in der Dimension *Valenz*; -6dB & -9dB = Künstliche Rauschmuster; EC = Reiselimousine; SC = Kleinwagen; MC = Mittelklassewagen; MV = Mini-Van

Die Bewertungen der nicht-stationären Geräusche lassen sich dagegen weder mit Hilfe akustischer Metriken noch mit dem zeitlichen Verlauf der Hochläufe eindeutig beschreiben. Lediglich die *Erregung* korreliert signifikant mit den jeweiligen mittleren dB(A)-Pegeln der einzelnen Stimuli. Der interdimensionale Zusammenhang ist für die Beschleunigungsfahrten bei Weitem nicht so aus-

geprägt wie bei den Konstant-Stimuli. Da jedoch die *Dominanz* recht stark mit den anderen Dimensionen korreliert ($R=0,81$ bzw. $R=-0,86$), lassen sich die Ergebnisse der nicht-stationären Geräusche in einem zweidimensionalen Circumplex [5] anschaulich zusammenfassen.

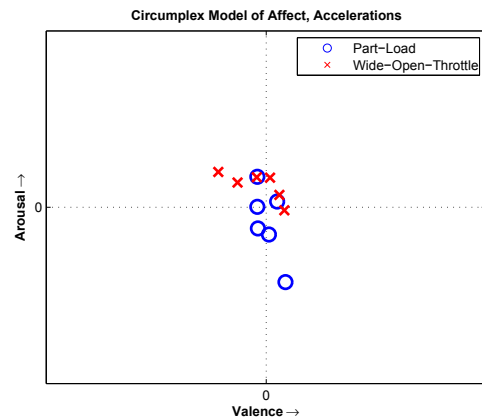


Abbildung 3: Circumplex der Bewertungen der nicht-stationären Geräusche

Durch die Lage der einzelnen Stimuli in *Abbildung 3* wird ersichtlich, dass die Probanden speziell in der *Valenz* konsistent Urteile nahe der Neutralbewertung abgegeben haben. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die entsprechenden akustischen Reize weder als besonders angenehm noch als unangenehm empfunden werden. Eine weitere Erklärung wäre, dass sich die Wahrnehmung von zeitlich veränderlichen Stimuli ohne weitere Erläuterung des Kontextes mit einer einzelnen SAM-Bewertung nur bedingt erfassen lässt.

Ausblick

Mit Hilfe des SAM ist es für zeitlich konstante Reize möglich, auf einfache Weise sinnvolle und interpretierbare Ergebnisse zu generieren. Speziell im Hinblick auf die Beschleunigungsfahrten erscheint jedoch eine multimodale Erweiterung der Testumgebung sinnvoll, ob nun im Labor oder im realen Fahrzeug.

Literatur

- [1] Bradley, Margaret M. und Lang, Peter J.: "Measuring Emotion: The Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential", *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* **25**(1), 1994.
- [2] Mehrabian, Albert und Russell, James A.: "An approach to environmental psychology", Cambridge, MA: MIT, 1974.
- [3] Zwicker, Eberhard und Fastl, Hugo: "Psychoacoustics. Facts and Models", Third Edition, Springer, Berlin, 2007.
- [4] Aures, Wilhelm: „Ein Berechnungsverfahren der Rauigkeit“, *Acustica* **58**, 1985.
- [5] Russell, James A.: "A Circumplex Model of Affect", *Journal of Personality and Social Psychology* **39**(6), 1980.