

# Psychophysiologische Bewertung der Geräuschqualität von Kfz-Vorbeifahrtgeräuschen

Gert Notbohm, Claudia Gärtner & Sieglinde Schwarze

Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf,  
notbohm@uni-duesseldorf.de

## Einleitung

Die Verbesserung der Geräuschsituation im Fahrzeuginnenraum von Pkw hat in den vergangenen Jahren große Bedeutung gewonnen [1]. Angesichts der erzielten Erfolge stellt sich die Frage, ob sich der Ansatz der Geräuschbewertung und -optimierung auch für Kfz-Außengeräusche nutzen lässt. Im Rahmen des EU-Projekts SVEN (Sound Quality of Vehicle Exterior Noise) [2] werden Teilaspekte dieser Fragestellung bearbeitet. In der ersten Versuchsreihe wurden typische Straßenverkehrsgeräusche verwendet [3]. Mit dem eingesetzten Untersuchungskonzept ließ sich die erlebte Geräuschqualität beschreiben und differenzieren. Hierbei kamen Fragebogen zur Erfassung der subjektiven Bewertung und physiologische Reaktionsmaße zum Einsatz, die sich bereits in ähnlichen Fragestellungen als aussagekräftig erwiesen hatten, z. B. beim Wirkungsvergleich binaural und monaural wiedergegebener Geräusche [4]. Im Folgenden werden Ergebnisse aus der zweiten Versuchsreihe vorgestellt, die sich auf die Reaktion von Versuchspersonen (Vpn) auf Vorbeifahrtgeräusche unterschiedlicher Wagentypen unter verschiedenen Fahrbedingungen konzentriert.

## Methode

### Verkehrsgeräusche

An dem Versuch nahmen 24 männliche Studenten im Alter von 24-29 Jahren teil. Im Schalllabor des Instituts wurden ihnen jeweils 2-minütige Aufzeichnungen von vorbeifahrenden PKW vorgespielt. Die Schallintensität wurde für alle Geräusche auf etwa den gleichen Pegel von  $L_{Aeq} = 83$  dB angeglichen. Folgende Pkw wurden im Versuch eingesetzt:

**Diesel**-Mittelklassewagen (1,9 l; 72 kW)

**Mittelklasse**-Wagen mit Ottomotor (1,4 l; 70 kW)

**Limousine** mit Ottomotor (gehobene Mittelklasse, 2,4 l; 121 kW)

Die jeweiligen Fahrbedingungen waren: Vorbeifahrt bei 50 km/h (Beschleunigung im 2. Gang), 70 km/h (konstante Geschwindigkeit, 3. Gang) und Bremsen-Anfahren-Beschleunigen. Die 3 Geräusche einer Fahrbedingung wurden jeweils als ein Block präsentiert. Um Reihenfolgeeffekte auszuschließen, wurde die Darbietung der Geräusche ausbalanciert. Exemplarisch werden hier die Ergebnisse für die Bedingung 70 km/h dargestellt.

### Wirkungsvariablen

Während der Beschallung wurden folgende physiologische Variablen aufgezeichnet (Kölner VITAPORT-Messsystem):

- Fingerpulsamplitude (mit Berechnung der Herzfrequenz)
- Hautleitfähigkeit
- elektrische Muskelaktivität am Unterarm.

Die physiologischen Reaktionen werden als prozentuale Veränderungen gegenüber dem Ausgangswert (Mittelwert der Messungen der letzten 30 s vor Geräuschbeginn = 100 %) dargestellt.

Im Anschluss an die Versuchsphase wurden die Geräusche noch einmal verkürzt abgespielt und von den Vpn beurteilt.

Dabei wurden Fragebögen eingesetzt

- zum *direkten Vergleich* der 3 Geräusche in den Dimensionen laut, belästigend, gefährlich und unangenehm

- zur *generellen Beurteilung*, wie sehr man das Geräusch mag, und zur Wahrnehmung unangenehmer und aktivierender Empfindungen.

## Ergebnisse

### Fingerpulsamplitude (FPA)

Die Kurven der FPA zeigen nach 8 Sek. einen deutlichen Abfall unter den Ausgangswert mit einem darauffolgenden erneuten Anstieg. (Abb. 1; bis zur 30. Sekunde sind 2-s-Mittelwerte dargestellt, danach 5-s-Mittelwerte). Dieser Verlauf entspricht einer typischen Reaktion auf einen Schallreiz mit ausreichender Lautstärke. Es fällt auf, dass bei dem Vorbeifahrtgeräusch der Limousine der Amplitudenabfall deutlich geringer ist als bei den beiden anderen Fahrzeugen und dass bereits nach 20 Sek. bis zu 90 % des Ausgangswerts wieder erreicht werden. Die Werte für die Mittelklasse-Wagen und insbesondere für das Dieselfahrzeug bleiben während des ganzen Versuchs auf einem niedrigeren Niveau. Für das Zeitintervall 8.-16. Sek. sind diese Unterschiede signifikant (ANOVA,  $p = .03$ ). Nach ca. 60 Sekunden nähern sich alle drei Kurven einander an und bleiben bei ca. 80 % des Ausgangswerts.

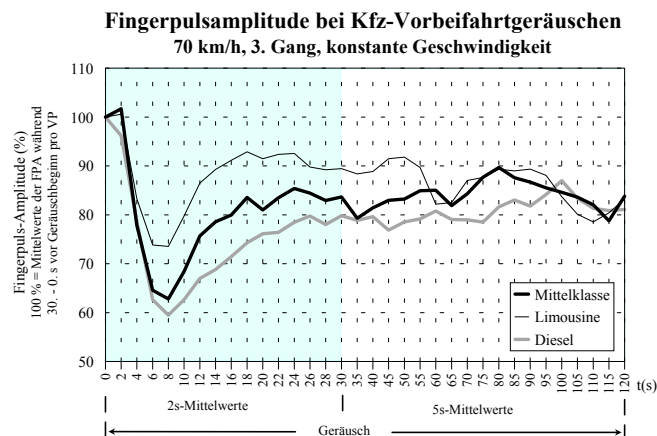


Abb. 1: Fingerpulsamplitude während 2-minütiger Beschallung mit Vorbeifahrtgeräuschen dreier verschiedener Pkw (Diesel-Mittelklassewagen, Mittelklassewagen Ottomotor, Limousine) in der Bedingung 70 km/h konstante Geschwindigkeit

### Hautleitfähigkeit

Die Hautleitfähigkeit zeigt ebenfalls eine deutliche Reaktion auf die Kfz-Vorbeifahrtgeräusche (Abb. 2; bis zur 30. Sekunde sind 2-s-Mittelwerte dargestellt, danach 5-s-Mittelwerte). Die stärkste Reaktion findet sich bei der Geräuschdarbietung des Diesel-Fahrzeugs mit einem Anstieg der Kurve auf über 130 % des Ausgangswerts. Dagegen werden für die Limousine bzw. für den Mittelklasse-Benziner nur Werte von 110 % bzw. 116 % erreicht. Die Kurven der beiden letztgenannten Fahrzeuge zeigen danach einen raschen Abfall zurück zum Ausgangswert, wohingegen die Werte für den Diesel auf einem hohen Niveau verbleiben, mit einem erneuten Anstieg nach 75 Sekunden. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant (Friedman-Test,  $p \leq .05$ ).

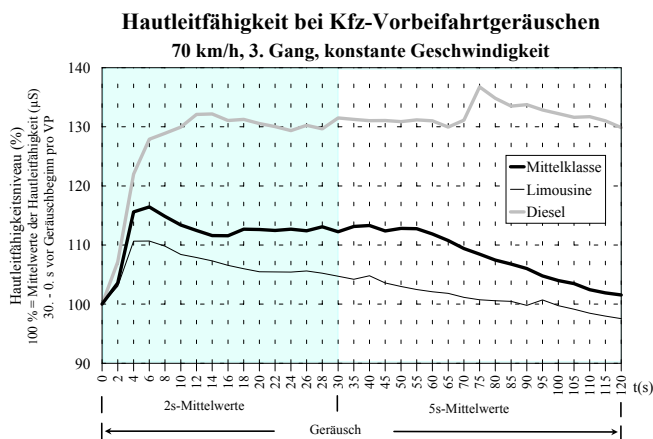


Abb. 2: Hautleitfähigkeit während 2-minütiger Beschallung mit Vorbeifahrtgeräuschen dreier verschiedener Pkw (Diesel-Mittelklassewagen, Mittelklassewagen Ottomotor, Limousine)

### Geräuschvergleich

Eine Methode der vergleichenden subjektiven Bewertung mehrerer Geräusche ist die Vergabe von Rangplätzen. Abbildung 3 zeigt die Summenwerte der Rangplätze der drei Vorbeifahrtgeräusche für die Dimensionen laut, belästigend, gefährlich und unangenehm. Es zeigt sich, dass das Vorbeifahrtgeräusch des Diesel-Fahrzeugs als deutlich gefährlicher, unangenehmer und belästigender bewertet wird als die beiden anderen. Am positivsten wird die Limousine beurteilt, die in drei von vier Dimensionen am besten abscheidet. Insgesamt decken sich die Ergebnisse der subjektiven Bewertung mit den physiologischen Reaktionen.

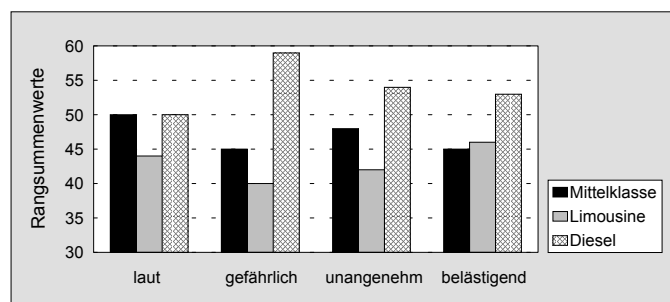


Abb. 3: Rangsummenwerte der Geräuschbeurteilung der Vorbeifahrtgeräusche dreier verschiedener Pkw (Diesel-Mittelklassewagen, Mittelklassewagen Ottomotor, Limousine) in der Bedingung 70 km/h, 3. Gang, konstante Geschwindigkeit

### Generelle Beurteilung

Die generelle Beurteilung der Geräusche bzw. der Situation erfolgte auf einer 9-stufigen Zahlenskala, in der die Zustimmung zu den in Tabelle 1 aufgeführten Vorgaben zu markieren war.

Urteil	Wagentyp	Diesel	Mittelklasse	Limousine	p
		$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	
Ich mag dieses Geräusch außerordentlich (1) ...überhaupt nicht (9)		5,91	6,04	5,56	.413
Ich fühle mich angenehm (-4) ... unangenehm (+4)		0,58	0,79	0,21	.069
Ich fühle mich deaktiviert (-4) ... aktiviert (+4)		0,58	0,29	-0,17	.000

Tabelle 1: Mittelwerte der generellen Beurteilungen für Vorbeifahrtgeräusche dreier verschiedener Pkw (Diesel-Mittelklassewagen, Mittelklassewagen Ottomotor, Limousine)

Das Geräusch des Mittelklasse-Benziners wird am wenigsten gemocht, und die Vpn fühlen sich beim Hören am unangenehmsten. Die Limousine dagegen wird in allen Kategorien am besten bewertet. Beim Hören des Diesel-Fahrzeugs fühlen sich die Vpn signifikant stärker aktiviert.

### Diskussion

Die vorgestellten physiologischen Parameter – Fingerpulsamplitude und Hautleitfähigkeit – bestätigen sich gegenseitig in der Erfassung unterschiedlicher Intensitäten der Erregung des autonomen Nervensystems, wie sie durch die unterschiedlichen Kfz-Geräusche hervorgerufen wurden. Außerdem zeigt sich in der hier präsentierten Fahr-situation eine gute Übereinstimmung zwischen den physiologischen Messungen und der subjektiven Evaluation. Dies ist umso bemerkenswerter, als dass alle 3 Geräusche von ähnlichem Typ und darüber hinaus in ihrer Geräuschintensität auf einen einheitlichen  $L_{eq}$  angepasst waren. Mit den eingesetzten Messmethoden lassen sich offensichtlich auch in der Wahrnehmung von nicht geübten Versuchspersonen Unterschiede von relativ ähnlichen Geräuschen feststellen. Es dürfte erlaubt sein, diese feinen Unterschiede zusammenfassend als Ausprägungen der „Geräuschqualität“ dieser Vorbeifahrtgeräusche anzusehen. Welche spezifischen akustischen Eigenschaften der dargebotenen Pkw-Geräusche dabei eine Rolle spielen, wäre noch zu klären.

Natürlich ist auch zu bedenken, dass die individuelle Wahrnehmung von Geräuschqualität nicht allein durch akustische Gegebenheiten bestimmt wird. Dass das Geräusch des Dieselfahrzeugs die negativsten Reaktionen hervorruft und das Limousinengeräusch die positivsten, ist sicher nicht zu trennen von kognitiven Einstellungen, Erwartungen, eigenen Vorlieben, Wünschen und Erfahrungen. Insbesondere im Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Auto-Geräuschen scheinen gesellschaftlich bedingte Werte wie Sportlichkeit, PS-Stärke oder Fabrikat und Preis die subjektive Beurteilung zu beeinflussen.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass aus methodischen Gründen für alle Fahrzeuge die gleiche Betriebsbedingung vorgesehen war; es konnte nicht berücksichtigt werden, dass ein Dieselfahrzeug in der Praxis oft anders gefahren wird und entsprechend bei dieser Geschwindigkeit andere Geräusche verursacht. Im Vordergrund steht bei dieser Studie die Überprüfung des methodischen Ansatzes und nicht eine konkrete Aussage über den Vergleich bestimmter Fahrzeugtypen im Hinblick auf Umweltaspekte. Konkretere Anwendungen der Methodik bleiben späteren Experimenten vorbehalten.

### Literatur

- Schick, A.: Zur Geschichte der Bewertung von Innengeräuschen in Personenwagen. Z. Lärmbekämpf., 41 (1994) 61 – 68
- Krebber, W.; Genuit, K.; Sottek, R.: Lärmbelästigung durch Straßenverkehr – (k)ein Sound Quality Thema? In: Fortschritte der Akustik – DAGA '02, S. 82 – 83, CD-ROM. 28. Dt. Jahrestagung für Akustik, Bochum. Oldenburg: DEGA (2002)
- Notbohm, G.; Schwarze, S.: Physiologische Reaktionen als Indikator der Geräuschqualität von Straßenverkehr. Fortschritte der Akustik DAGA '02, S. 328 – 329, CD-ROM. 28. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Bochum. Oldenburg: DEGA 2002
- Schwarze, S.; Notbohm, G.; Jansen, G.: Die Bedeutung des binauralen Hörens für die Stärke der physiologischen Reaktion auf Geräusche. Z. Lärmbekämpf., 40 (1993) 151 – 160