

Die Geräuschqualität von modifizierten Kfz-Vorbeifahrtgeräuschen im Urteil von Versuchspersonen

Claudia Gärtner, Gert Notbohm & Sieglinde Schwarze
Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf,
gaertner@uni-duesseldorf.de

Einleitung und Fragestellung

Die Wirkung akustischer Reize auf den Menschen wird, wie seit langem durch zahlreiche Studien belegt, nicht allein durch die Schallintensität bestimmt. Untersuchungen zur Geräuschqualität im Kfz-Innenraum haben z. B. gezeigt, dass eine Reihe von akustischen und nicht-akustischen Parametern in die Bewertung von Pkw-Geräuschen einfließt [1]. Die zunehmende Verkehrsdichte unserer Zeit lässt auch eine Optimierung der Geräuschqualität von Kfz-Außengeräuschen dringend notwendig erscheinen. Aus diesem Grund beschäftigt sich das EU-Forschungsprojekt SVEN (Sound Quality of Vehicle Exterior Noise) mit der Geräuschqualität von Straßenverkehrs- bzw. Kfz-Vorbeifahrtgeräuschen [2].

In vorangegangenen Laborexperimenten wurden bereits spezifische Deskriptoren für erlebte Geräuschqualität herausgearbeitet und erfolgreich eingesetzt [3,4]. Neben der Erfassung der subjektiven Geräuschbewertung wurden auch physiologische Parameter registriert, die die vegetative Reaktion auf den Schallreiz abbilden. Da selbst geringe Unterschiede in den Geräuscheigenschaften bei gleichem Schallpegel zu differenzierten Ergebnissen führten, erscheint es notwendig, diejenigen Geräuschparameter genauer zu identifizieren, die maßgeblich die Wahrnehmung von Kfz-Vorbeifahrtgeräuschen determinieren. Zu diesem Zweck wird in der nachfolgenden Untersuchung die Reaktion auf das Geräusch eines serienmäßigen Pkw untersucht und mit der Reaktion auf dasselbe Geräusch verglichen, dessen akustische Eigenschaften geringfügig modifiziert wurden (Simulation eines technisch veränderten Motors).

Methode

Verkehrsgeräusche

Im Schalllabor des Instituts wurden 24 männlichen Studenten mit einem Durchschnittsalter von 23 Jahren Aufzeichnungen von Vorbeifahrtgeräuschen eines Mittelklasse-Wagens mit Dieselmotor (1,9l, 72 kW) in zwei unterschiedlichen Fahrbedingungen (50 km/h, Beschleunigung im 2. Gang und 70 km/h konstante Geschwindigkeit) vorgespielt. Dabei wurden jeweils die Originalgeräusche sowie akustische Modifikationen desselben Geräusches verwendet. In der 50 km/h-Bedingung wurde eine Änderung des Motorengeräusches durch eine Anhebung um 10 dB in der 2. Ordnung simuliert, so dass das Motorengeräusch stärker in den Vordergrund trat. In der 70 km/h-Bedingung wurde ein verändertes Reifengeräusch simuliert, indem ein entsprechend aufbereitetes moduliertes Signal beigemischt wurde. Beide Geräusche einer Fahrbedingung wurden jeweils in einem Block dargeboten. Zur Vermeidung von Reihenfolgeeffekten wurde die Darbietung der Geräusche systematisch variiert. Die Schallintensität wurde für alle Geräusche auf etwa den gleichen Pegel von $L_{Aeq} = 83$ dB angeglichen. Exemplarisch werden hier die Ergebnisse für die Bedingung 50 km/h (Beschleunigung im 2. Gang) dargestellt für die beiden Kfz-Geräusche *serienmäßiges* Modell und (bzgl. Motorengeräusch) *modifizierte* Version.

Wirkungsvariablen

Während der Geräuscharbeitung wurden folgende physiologischen Variablen kontinuierlich mit einem VITAPORT-Messsystem aufgezeichnet:

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

In den Auswertungen werden die physiologischen Reaktionen als prozentuale Veränderungen gegenüber dem Ausgangswert (Mittelwert der Messwerte während 30 s vor Geräuschbeginn = 100 %) dargestellt.

Im Anschluss an die Versuchsphase wurden die Geräusche noch einmal verkürzt abgespielt und von den Versuchspersonen mittels verschiedener Fragebögen bewertet.

Eingesetzt wurden:

- ein Fragebogen zum direkten Vergleich eines Geräuschpaares in den Eigenschaften laut, belästigend, gefährlich und unangenehm.
- eine generelle Beurteilung der Wahrnehmung unangenehmer und aktivierender Empfindungen während des Geräusches und die allgemeine Frage, wie sehr man das Geräusch mag.

Ergebnisse

Fingerpulsamplitude

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der FPA in den beiden Geräuschbedingungen als Mittelwerte der Stichprobe pro Zeitintervall (2-s-Intervalle für die ersten 30 s Exposition, danach 5-s-Intervalle). In beiden Kurvenverläufen zeigt sich in den ersten 8 s nach Geräuschbeginn eine deutliche Reduzierung der Amplitude und anschließend eine allmähliche Rückregulierung. Während der gesamten Geräuscharbeitung ist die Reaktion auf das modifizierte Geräusche deutlich stärker. Insbesondere Unterschiede ab der 45. Sek. erweisen sich als signifikant ($p=0.04$).

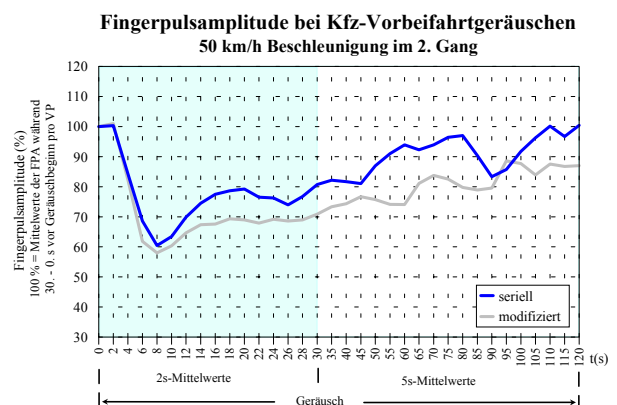


Abb. 1: Reaktion der Fingerpulsamplitude auf Vorbeifahrtgeräusche eines Diesel-Pkw mit serienmäßiger Ausrüstung und auf das gleiche Geräusch mit Modifikation des Motorengeräuschs für die Bedingung 50 km/h, Beschleunigung, 2. Gang

Hautleitfähigkeit

Abbildung 2 zeigt die prozentuale Veränderung der Hautleitfähigkeit während der beiden Vorbeifahrtgeräusche als Mittelwerte der Stichprobe pro Zeitintervall (2-s-Intervalle für die ersten 30 s Exposition, danach 5-s-Intervalle). In beiden Fällen zeigt sich als Indikator starker Aktivierung ein deutlicher Anstieg nach Geräuschbeginn. Auffällig ist, dass die Reaktion auf das technisch veränderte Motorgeräusch während der gesamten Beschallung deutlich stärker ist als auf das unveränderte serienmäßige Geräusch. Es findet sich bei dem modifizierten Geräusch ein Anstieg auf 160 % des Ausgangswerts mit einem langsamen Abfall auf 140 %.

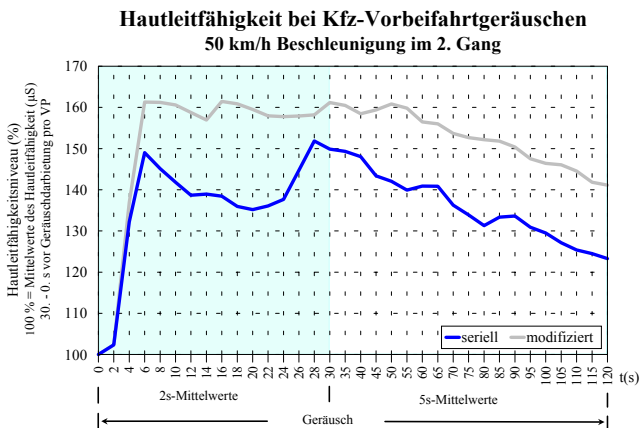


Abbildung 2: Reaktion der Hautleitfähigkeit auf Vorbeifahrtgeräusche eines Diesel-Pkw mit serienmäßiger Ausrüstung und auf das gleiche Geräusch mit Modifikation des Motorengeräusches für die Bedingung 50 km/h, 2. Gang mit Beschleunigung

Paarweiser Geräuschvergleich

Beide Geräusche wurden im direkten Vergleich von den Versuchspersonen auf einer 5-stufigen Skala bewertet. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für das Urteil „unangenehm“. Es zeigt sich, dass das serienmäßige Modell von mehr als der Hälfte der Personen (54%) als unangenehmer wahrgenommen wird, als das technisch modifizierte Geräusch. Mit ähnlicher Deutlichkeit wird das serienmäßige Geräusch auch als lauter, gefährlicher und belastigender wahrgenommen.

Frage: Welches Geräusch ist unangenehmer?

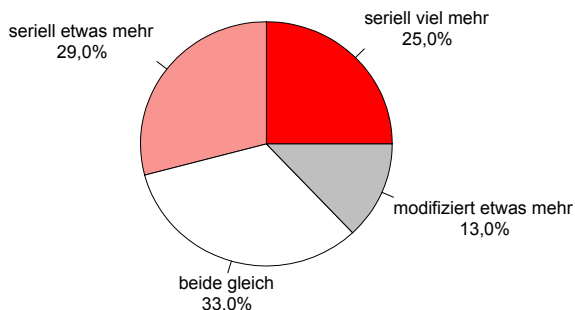


Abbildung 3: Bewertung des Vorbeifahrtgeräusches eines Diesel-Pkw mit serienmäßiger Ausrüstung im Vergleich zu dem gleichen Geräusch mit Modifikation des Motorengeräusches für die Eigenschaft „unangenehm“ (Fahrbedingung 50 km/h, Beschleunigung, 2. Gang)

Generelle Beurteilung

Die generelle Beurteilung der Geräusche bzw. der Situation erfolgte auf einer 9-stufigen Zahlenskala, in der die Zustimmung zu den

Vorgaben zu markieren war (Tabelle 1). Auch hier zeigt sich, dass das modifizierte Geräusch lieber gemocht wird und sich die Vpn bei diesem Geräusch angenehmer und weniger aktiviert fühlen.

Urteil	Vorbeifahrtgeräusch 50 km/h, 2. Gang		Diesel-Pkw	
	modifiziert	seriell		
	\bar{x}	\bar{x}	p	
<i>Ich mag dieses Geräusch außerordentlich (1) überhaupt nicht (9)</i>	5,33	5,83	.21	
<i>Ich fühle mich angenehm (- 4) unangenehm (+ 4)</i>	0,71	1,42	.07	
<i>Ich fühle mich deaktiviert (- 4) aktiviert (+ 4)</i>	0,46	0,96	.26	

Tabelle 1: Generelle Beurteilung der Vorbeifahrtgeräusche eines Diesel-Pkw mit serienmäßiger Ausrüstung im Vergleich zu dem gleichen Geräusch mit Modifikation des Motorengeräusches (Bedingung 50 km/h, 2. Gang mit Beschleunigung)

Diskussion

In der subjektiven Bewertung zeigt sich eine klare Tendenz, dass die Versuchspersonen das Geräusch der modifizierten Version deutlich bevorzugen. Die physiologischen Parameter zeigen ebenfalls eine stärkere Reaktion auf das Vorbeifahrtgeräusch des technisch veränderten Geräusches. Dieses Ergebnis kann als Hinweis gewertet werden, dass die individuelle Bewertung der erlebten Geräuschqualität nicht nur von den akustischen Einflussgrößen des jeweiligen Geräusches, sondern auch von kognitiven Parametern beeinflusst wird. Die Attribution der jeweiligen Geräuschquelle beispielsweise beeinflusst nicht nur die subjektive Einstellung zum Geräusch, sondern auch die physiologische Erregung, die nicht als von Kognitionen unabhängig zu betrachten ist.

Da die Vpn im dargestellten Versuch keinerlei Informationen über die gehörten Geräusche hatten, wurden sie im Anschluss an das Experiment zu den Geräuschen befragt. Fast alle Vpn glaubten, bei dem veränderten Motorengeräusch (50 km/h, Beschleunigung im 2. Gang) einen vorbeifahrenden Sportwagen auf der Autobahn gehört zu haben. Einige meinten sogar spezifische Marken zuordnen zu können (z. B. Porsche, BMW Z). Dieses scheint eine mögliche Erklärung für die deutliche Präferenz der modifizierten Version in dieser Fahrbedingung zu sein. Da in unserer Gesellschaft Sportwagen mit dem Image von Sportlichkeit, Draufgängertum und Luxus behaftet sind, haben diese gesellschaftlichen Werte offenbar einen Einfluss auf die subjektive Bewertung ausgeübt, - ein Effekt der sicherlich noch zusätzlich durch das Geschlecht der (ausschließlich männlichen) Versuchspersonen verstärkt wird.

Literatur

1. Bednarzyk, M.: Qualitätsbeurteilung der Geräusche industrieller Produkte. Der Stand der Forschung, abgehandelt am Beispiel der Kfz-Innenraumgeräusche. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 396. Düsseldorf: VDI-Verlag 1999
2. Krebber, W.; Genuit, K.; Sottek, R.: Lärmbelastigung 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)
3. Notbohm, G.; Gärtner, C.; Schwarze, S.: Evaluation of sound quality of vehicle pass-by noises by psycho-physiological methods. Sociedad Espanola de Acústica (ed.): Official publication – Forum Acusticum Sevilla 2002, 16. – 20.09.2002, Sevilla, Spain. Special issue of the Revista de Acústica, Vol. XXXIII, 2002. ISBN: 84-87985-06-8. CD-ROM