

# Einflussgrößen für die Bewertung der Geräuschqualität von Straßenverkehr im Laborexperiment

Gert Notbohm\*, Daniel Vjástfäll\*\*, Claudia Gärtner\* & Sieglinde Schwarze\*

\**Institut für Arbeitsmedizin und Sozialmedizin, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf,*

\*\**Department of Applied Acoustics, Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden*  
notbohm@uni-duesseldorf.de

## Einleitung

Die menschliche Wahrnehmung verschiedener Geräusche ist ein komplexes Phänomen, welches bis heute noch ein Fülle von Fragen aufwirft. Neben kognitiven, emotionalen und sozialen Aspekten scheint v.a. die Wahrnehmung der Geräuschqualität eine wesentliche Rolle zu spielen. Das EU-Projekt SVEN (Sound Quality of Vehicle Exterior Noise) [1] versucht, durch einen interdisziplinären Forschungsansatz die Geräuschqualität von Kfz- und Verkehrsgereuschen näher zu untersuchen. Durch die Identifikation geeigneter Deskriptoren für die wahrgenommene Geräuschqualität ergibt sich evtl. die Möglichkeit, spezifische Geräuschcharakteristika zu verändern und so die Qualität des erlebten Geräusches zu verbessern.

In einer Serie von Laborexperimenten an der Universität Düsseldorf (Ergebnisse in [2 – 4]) und der Chalmers University in Göteborg hörten Versuchspersonen unterschiedliche Verkehrsgereusche und beurteilten sie anhand von Fragebögen; in Düsseldorf wurden zusätzlich physiologische Reaktionen aufgezeichnet. Einige Ergebnisse dieser Studien werden im Folgenden verglichen.

## Methode

### Experiment Universität Düsseldorf

#### Verkehrsgereusche

Bei den verwendeten Geräuschen handelte es sich um Aufnahmen im alltäglichen Pariser Straßenverkehr. Es wurden 4 Paare von Straßen ausgewählt, die sich möglichst nur in einem akustisch relevanten Merkmal unterscheiden sollten, z. B. in der Art der Bebauung (Häuser auf beiden Straßenseiten oder nur auf einer) oder in Aspekten der Verkehrsregulierung. Die Schallintensität wurde für alle Geräusche auf etwa den gleichen Pegel von  $L_{Aeq} = 83$  dB angeglichen, um aussagekräftige physiologische Reaktionen hervorzurufen.

#### Wirkungsvariablen

Während der Geräuschdarbietung 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 der Werte gegenüber der Ausgangslage von 100 % (Ruhelage während 30 s vor Geräuschbeginn) dargestellt.

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

- Fragen zum direkten Vergleich der 3 Geräusche in den Dimensionen laut, belästigend, gefährlich, angenehm und aktivierend.
- eine generelle Beurteilung des Geräusches auf einer mehr-stufigen Skala hinsichtlich Abneigung gegen das Geräusch und dem

Grad eigener angenehmer und aktivierender Empfindungen. Die beiden letztgenannten Items erfassen die unabhängigen Dimensionen „Wertigkeit“ und „Aktivierung“ der affektiver Reaktion auf Geräusche.

### Experiment Chalmers University, Göteborg

Bei den Versuchen von Chalmers wurden die gleichen Verkehrsgereusche wie in Düsseldorf benutzt. Im Gegensatz zu Düsseldorf führte man dort nur Hörversuche ohne Aufzeichnung der Physiologie durch. Außerdem wurden die Geräusche in ihrer Originallautstärke verwendet ( $L_{eq}=64-78$  dB(A)). In einem späteren Versuch wurde der Versuch noch einmal mit einem  $L_{eq}$  von 83 dB(A), wie er auch in Düsseldorf verwendet wurde, repliziert. Der Versuchsaufbau war insgesamt so weit wie möglich identisch mit demjenigen in Düsseldorf.

## Ergebnisse

Im Folgenden sollen einige Vergleiche zwischen den Ergebnissen der 3 Experimente vorgestellt werden. Aus Platzgründen wird nur ein interessantes Geräuschpaar, Stadtstraßen mit mittlerem Verkehrsaufkommen von ca. 1.200 Kfz/h und unterschiedlicher Verkehrsregulierung - „Ampelkreuzung vs. Kreisverkehr“, behandelt.

### Ergebnisse des Düsseldorfer Experiments

#### Fingerpulsamplitude

Als Beispiel für die physiologischen Reaktionen zeigt Bild 1 den Verlauf der Fingerpulsamplitude in den beiden Geräuschbedingungen als Mittelwerte der Stichprobe pro Zeitintervall (2-s-Intervalle für die ersten 30 s Exposition, danach 10-s-Intervalle). In beiden Kurvenverläufen zeigt sich in den ersten 10 s nach Geräuschbeginn eine deutliche Reduzierung der Amplitude, wie es aus der Lärmwirkungsforschung bekannt ist, und anschließend eine genauso typische allmähliche Rückregulierung.

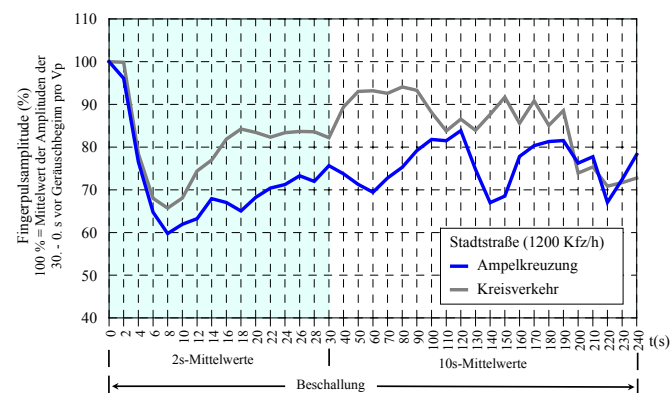


Abbildung 1: Prozentuale Veränderung der Fingerpulsamplitude während 4-minütiger Beschallung mit Verkehrsgereuschen. Bis zur 30. Sekunde sind 2-s-Mittelwerte dargestellt, danach 10-s-Mittelwerte

Es ist festzustellen, dass die Reduzierung der FPA in der Situation „Kreuzung mit Ampel“ stärker ausfällt und auch länger anhält als in der Vergleichssituation „Kreisverkehr“. In den Abschnitten 40. –

80. s und 130. – 150. s unterscheiden sich die Mittelwerte pro Zeitintervall fast durchgängig statistisch signifikant (t-Test für abhängige Stichproben,  $p < .05$ ).

Die stärkere physiologische Aktivierung durch die Geräuschsituation „Ampelkreuzung“ lässt sich ebenfalls an der gemessenen Hautleitfähigkeit ablesen, die in dieser Bedingung deutlich stärker steigt. Hinsichtlich der subjektiven Bewertung wird dieses Geräusch in allen angewendeten Maßen ungünstiger beurteilt, in einigen Fällen mit statistischer Signifikanz der Unterschiede.

### Vergleich mit den Ergebnissen von Chalmers

Abbildung 2 zeigt die Mittelwerte der beiden Geräusche für die Bewertung „Ich mag das Geräusch nicht“ für Untersuchung in Düsseldorf (DUS) und die beiden schwedischen Experimente mit der Original- (ORI) und der angehobenen Lautstärke (GOT). Die Bewertung erfolgte auf einer 9-stufigen Skala mit den Polen „Ich mag das Geräusch äußerst gern (+1) bis „...überhaupt nicht“ (+9).

Es zeigt sich, dass in allen 3 Versuchen die Situation mit der Ampelkreuzung weniger gemocht wird als der Kreisverkehr. Für die beiden schwedischen Experimente ist der Mittelwertsunterschied statistisch signifikant (t-Tests, DUS:  $p = .144$ , GOT:  $p = .021$ , ORI:  $p = .000$ ). Die Geräusche in Originallautstärke werden für beide Verkehrssituationen am günstigsten beurteilt. Bei den Geräuschen mit angehobenem Schallpegel von 83 dB(A) scheinen die schwedischen Versuchspersonen ein wenig aversiver zu reagieren als die deutschen, auch wenn diese Mittelwertunterschiede nur einen Trend darstellen.

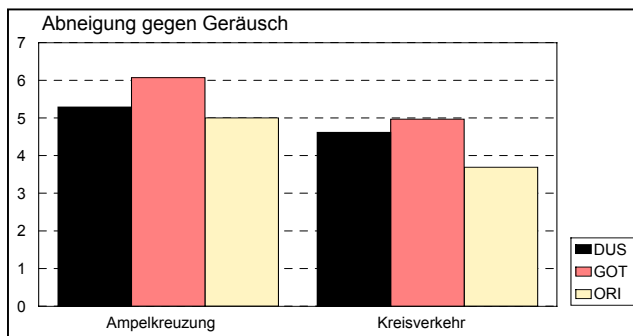


Abbildung 2: Mittelwerte für die allgemeine Beurteilung „Ich mag das Geräusch nicht“ für die Verkehrssituation Ampelkreuzung vs. Kreisverkehr für die 3 Stichproben Düsseldorf (DUS n=24), Göteborg (GOT n=30) und Originallautstärke Göteborg (ORI n=52)

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse für die Dimensionen „Wertigkeit“ - von „äußerst unangenehm“ (-4) bis „äußerst angenehm“ (+4) – und „Aktivierung“ – von „äußerst deaktiviert“ (-4) bis „äußerst aktiviert“ (+4) - abgetragen. Es zeigen sich deutliche Parallelen zu der Geräuschbewertung in Abbildung 2: Die beiden Geräusche in Originallautstärke werden in der Dimension „Wertigkeit“ als angenehm bewertet mit einem deutlichen positiven Votum für die Kreisverkehr-Situation. Für den höheren  $L_{eq}$  von 83 dB(A) zeigt sich, dass das Geräusch „Kreisverkehr“ eher neutral bewertet wird, während die Situation „Ampelkreuzung“ in beiden Stichproben als recht unangenehm bewertet wird.

Für die Dimension „Aktivierung“ ergibt sich bei einem Schallpegel von 83 dB(A) eine höhere Bewertung der Situation „Ampelkreuzung“, wobei die Werte für die schwedische Stichprobe deutlich höher ausfallen. In der Originallautstärke werden sowohl der Kreisverkehr als auch die Ampelkreuzung relativ neutral bewertet. Zusammenfassend kann man feststellen, dass das Verkehrsgesch „Ampelkreuzung“ in allen drei Experimenten und in mehreren er-

hobenen Parametern ungünstiger abschneidet als das Geräusch „Kreisverkehr“. Zwischen den 3 Stichproben zeigt sich in verschiedenen subjektiven Maßen eine plausible Reihenfolge dergestalt, dass die Originalgeräusche am positivsten beurteilt werden und dass die schwedischen Versuchspersonen etwas stärker auf die Geräusche mit hohem Schallpegel reagieren.

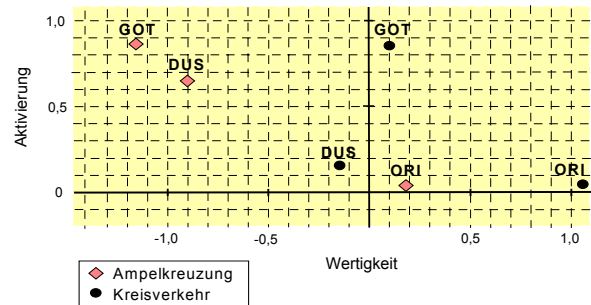


Abbildung 3: Bewertung der beiden Verkehrsgeräusche „Ampelkreuzung“ und „Kreisverkehr“ in den Dimensionen „Wertigkeit“ - von „äußerst unangenehm“ (-4) bis „äußerst angenehm“ (+4) - und „Aktivierung“ - von „äußerst deaktiviert“ (-4) bis „äußerst aktiviert“ (+4) - für die 3 Stichproben Düsseldorf (DUS), Göteborg (GOT) und Originalgeräusche Göteborg (ORI)

## Diskussion

Physiologische Messungen und subjektive Bewertungen haben sich bereits im Düsseldorfer Experiment gegenseitig bestätigt im Hinblick auf ihre Plausibilität und Validität bzgl. der Geräuschwahrnehmung. Generell bestätigen die dargestellten Ergebnisse den methodischen Ansatz zur Untersuchung der subjektiv wahrgenommenen Geräuschqualität. Allerdings sind die Ergebnisse nicht für alle Vergleiche von Geräuschpaaren so eindeutig wie in dem hier vorgestellten Beispiel. Auch wenn die Vergleiche des Geräuschpaars Ampelkreuzung vs. Kreisverkehr unabhängig von der Stichprobe weitgehend die gleiche Tendenz zeigen, macht die geringe Größe der einzelnen Stichproben eine Verallgemeinerung der Ergebnisse schwierig. Es ist anzumerken, dass sich in interkulturellen Vergleichen häufig auch sprachliche und kulturelle Unterschiede auf die subjektive Bewertung auswirken. Weitere Untersuchungen insbesondere im interkulturellen Vergleich erscheinen daher notwendig, um die Zuverlässigkeit der verwendeten Instrumente weiter zu verbessern.

## Literatur

1. Krebber, W.; Genuit, K.; Sottek, R.: Was bestimmt die Qualität des Fahrzeugaußengeräusches? DAGA '03, Aachen [auf dieser CD]
2. 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
3. Notbohm G, Schwarze S: Evaluation of sound quality of urban traffic noise by psycho-physiological methods. East European Acoustical Ass. (ed.): Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium *Transport Noise and Vibration*, St. Petersburg, Russia: 2002, CD-ROM: pdf\section5\tn02\_s5
4. Notbohm G, Schwarze S: Evaluation of sound quality of transportation noise by means of psycho-physiological measures – Comparison of traffic noise in streets with L- and U-shaped building. In: Institute of Noise Control Engineering INCE (ed.): Proceedings of INTER-NOISE 2002. CD-ROM.