

# Psychoakustische Beurteilung von Geräuschmissionen verschiedener Verkehrsträger

H. Fastl, Th. Filippou, W. Schmid, S. Kuwano, S. Namba  
Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München  
Osaka University, Japan, Takarazuka University of Arts, Japan

## Einführung

Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger können trotz gleichem A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel unterschiedlich beurteilt werden. Aus umfangreichen Feldstudien ist bekannt (Möhler, 1988, Schuemer und Schuemer-Kohrs, 1991), daß bei gleichem  $L_{eq}$  Geräuschmissionen von Schienenfahrzeugen eine geringere Störwirkung hervorrufen können als Geräuschmissionen von Straßenfahrzeugen. Dieses Phänomen wird oft als „Schienenbonus“ bezeichnet und ist bereits in die Festlegung von Grenzwerten mehrerer europäischer Länder eingegangen (Gottlob, 1994).

Beim Vergleich von Geräuschmissionen durch Luftfahrzeuge und Straßenfahrzeuge ergibt sich in Feldstudien bei gleichem  $L_{eq}$  eine größere Störwirkung für die Geräusche der Luftfahrzeuge (Green, 1993, Taylor, 1993). Dieser Effekt wird in der Literatur meist als „Fluglärmalus“ bezeichnet.

In psychoakustischen Experimenten konnten im Labor vergleichbare Ergebnisse wie bei den Feldstudien für die Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger gewonnen werden: Bei gleichem  $L_{eq}$  erzeugt Schienenverkehr eine geringere globale Lautheit (Fastl et al., 1996) als Straßenverkehr, während die globale Lautheit von Fluglärm trotz gleichem  $L_{eq}$  höher liegt als diejenige von Straßenverkehrslärm (Fastl und Hunecke, 1995). Wird bei gleichem  $L_{eq}$  die Geräuschbelastung anhand der Linienlänge dargestellt, so zeigt sich hinsichtlich der Geräuschbelastung für unterschiedliche Verkehrsträger folgende Reihenfolge: Schiene, Straße, Luft (Fastl, 1997).

Bei der Interpretation der im Labor erhobenen Befunde ist jedoch zu bedenken, daß die Experimente zum „Schienenbonus“ bzw. „Fluglärmalus“ mit unterschiedlichen Personengruppen durchgeführt wurden. Deshalb wurden Experimente zur Beurteilung von Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger mit den gleichen Versuchspersonen durchgeführt. In München wurde eine Gruppe von 8 europäischen Versuchspersonen, in Osaka eine Gruppe von 8 japanischen Versuchspersonen getestet. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund bedeutsam, als Ergebnisse japanischer Pilotstudien, die praktisch keinen „Schienenbonus“ erkennen ließen, im Hinblick auf unterschiedliche Beurteilungen von Geräuschen durch Personen aus unterschiedlichen Kulturkreisen diskutiert wurden (Igarashi, 1997).

## Messungen

An den Experimenten an der Technischen Universität München nahmen 8 europäische Versuchspersonen im Alter von 25 bis 53 Jahren (Median 28 Jahre) teil. Die Experimente an der Universität Osaka wurden von 8 japanischen Versuchspersonen im Alter von 21 bis 49 Jahren (Median 27 Jahre) durchgeführt. Die Darbietung der Geräusche erfolgte diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT48) mit Freifeldentzerrer nach Zwicker und Fastl (1990, S.7). Die zu beurteilenden Geräuschmissionen hatten eine Dauer von 15 min, während der ein leises Hintergrundgeräusch (40 dB(A)), sowie 4 Vorbeifahrten von Schienenfahrzeugen, 11 Vorbeifahrten von Straßenfahrzeugen und 8 Überflüge von Luftfahrzeugen zu hören waren. Alle Geräuschmissionen wurden mit einem energieäquivalenten Dauerschallpegel von 71 dB(A) dargeboten.

Die globale Lautheit der Geräuschmissionen wurde mit drei Meßverfahren beurteilt: Kategorienskalisierung, Größenschätzung, Linienlänge. Da diese Meßmethodik in der Literatur

ausführlich beschrieben ist (Fastl, 1991) wird hier auf eine nähere Erläuterung verzichtet.

## Ergebnisse

Figur 1 zeigt die Ergebnisse der Beurteilung der globalen Lautheit der Geräuschmissionen anhand der Kategorienskalisierung. Die siebenstufige Skala erstreckte sich von „sehr leise“ bis „sehr laut“; Für die dargebotenen Schalle wurden von den Versuchspersonen die Kategorien 4 bis 7, also „weder laut noch leise“ bis „sehr laut“ gewählt. Die linken Teilbilder in Figur 1 zeigen die Ergebnisse für die europäischen Versuchspersonen, die rechten Teilbilder für die japanischen Versuchspersonen. Von oben nach unten sind die Ergebnisse für Schienenverkehr, Straßenverkehr und Luftverkehr dargestellt.

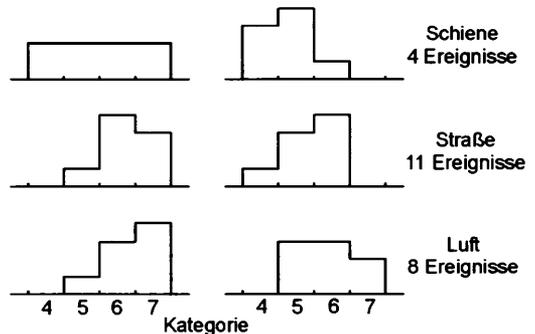


Fig. 1: Beurteilung von Geräuschmissionen durch Schienenverkehr (oben), Straßenverkehr (mitte) und Luftverkehr (unten). Ergebnisse von europäischen Versuchspersonen (links) und japanischen Versuchspersonen (rechts).

Die in Figur 1 dargestellten Daten zeigen, daß von oben nach unten fortschreitend zunehmend höhere Kategorien von den Versuchspersonen gewählt werden. Dies bedeutet, daß trotz gleichem energieäquivalenten Dauerschallpegel von 71 dB(A), die globale Lautheit von Schienenverkehr über Straßenverkehr zu Luftverkehr zunimmt. Die Urteile der Versuchspersonen erstrecken sich über drei Kategorien; lediglich bei den europäischen Versuchspersonen umfassen die Urteile für Schienenverkehr vier Kategorien. Während bei den japanischen Versuchspersonen die höchste Kategorie (7) nur bei der Beurteilung von Geräuschmissionen durch Luftfahrzeuge vorkommt, geben zwei europäische Versuchspersonen diese Kategorie auch bei Geräuschmissionen von Schienenfahrzeugen an. Obwohl die Urteile der europäischen Versuchspersonen mehr streuen als die Urteile der japanischen Versuchspersonen ergibt sich dennoch auch für die europäischen Versuchspersonen eine deutliche Verschiebung des Schwerpunkts der Histogramme nach höheren Werten für die Verkehrsträger Schiene-Straße-Luft.

Figur 2 zeigt die Ergebnisse der Größenschätzungen. Die globalen Lautheiten wurden jeweils auf die Beurteilung der Geräuschmissionen von Schienenfahrzeugen normiert (Lautheitsverhältnis 1,0). Die Daten für die europäischen Versuchspersonen sind durch Kreise, die Werte der japanischen Versuchspersonen durch Dreiecke dargestellt. Angegeben sind jeweils Mediane und wahrscheinliche Schwankungen der Lautheitsverhältnisse.

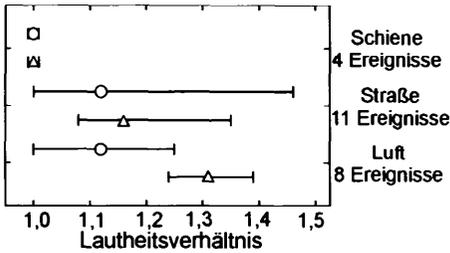


Fig. 2: Beurteilung der globalen Lautheit von Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger anhand der Methode der Größenschätzung. Lauthheitsverhältnisse für europäische Versuchspersonen (Kreise) und japanische Versuchspersonen (Dreiecke).

Die großen wahrscheinlichen Schwankungen in den Ergebnissen der europäischen Versuchspersonen deuten auf größere interindividuelle Unterschiede als bei den japanischen Versuchspersonen hin. Dennoch ergibt sich im Mittel für Geräuschmissionen durch Straßenverkehr eine größere globale Lautheit als für Geräuschmissionen durch Schienenverkehr. Für die europäischen Versuchspersonen (Kreise) sind die globalen Lautheiten für Geräuschmissionen von Straßenverkehr und Luftverkehr nahezu gleich während bei den japanischen Versuchspersonen (Dreiecke) unterschiedliche Mediane auftreten. Für die japanischen Versuchspersonen sind die Unterschiede zwischen Geräuschmissionen von Schienenverkehr und Straßenverkehr deutlicher als die Unterschiede zwischen Geräuschmissionen von Straßenverkehr und Flugverkehr mit überlappenden wahrscheinlichen Schwankungen.

Figur 3 zeigt die mit der Methode der Linienlänge erzielten Ergebnisse. Die Daten der europäischen Versuchspersonen streuen wieder stärker als die Daten der japanischen Versuchspersonen.

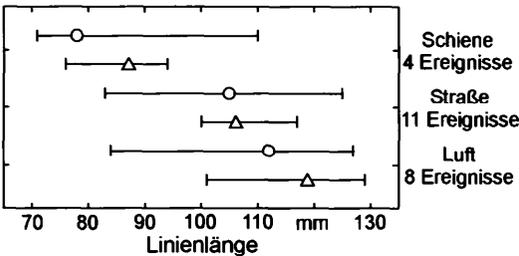


Fig. 3: Beurteilung von Geräuschmissionen anhand der Linienlänge. Symbole wie bei Figur 2 beschrieben.

Wegen der großen wahrscheinlichen Schwankungen sind für die europäischen Versuchspersonen (Kreise) nur bedingt Aussagen über unterschiedliche Beurteilungen der globalen Lautheit von Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger bei gleichem  $L_{eq}$  zu treffen. Die Mediane deuten jedoch eine Zunahme der globalen Lautheit von Schienenverkehr über Straßenverkehr zu Luftverkehr an. Für die japanischen Versuchspersonen (Dreiecke) zeigen sich geringere wahrscheinliche Schwankungen und damit eindeutiger Trends: Die globale Lautheit von Schienenverkehrsgeräuschen liegt bei gleichem  $L_{eq}$  unterhalb derjenigen von Straßenverkehrsgeräuschen. Die Unterschiede betragen mehr als 20%, die wahrscheinlichen Schwankungen überlappen sich nicht. Im Gegensatz dazu ergeben sich zwischen den globalen Lautheiten von Straßenverkehrsgeräuschen und Luftverkehrsgeräuschen nur Unterschiede von etwa 12% und deutliche Überlappungen der wahrscheinlichen

Schwankungen. Bezüglich der hier untersuchten Geräusche scheint also bei gleichem  $L_{eq}$  der Unterschied zwischen Geräuschen des Schienenverkehrs und des Straßenverkehrs größer zu sein als der Unterschied zwischen Geräuschen des Straßenverkehrs und des Luftverkehrs.

## Ausblick

Die hier vorgelegten Daten zeigen, daß bei gleichem  $L_{eq}$  Geräuschmissionen unterschiedlicher Verkehrsträger auch im Labor unterschiedlich beurteilt werden können. In weiteren Untersuchungen sollen Geräusche unterschiedlicher Verkehrsträger für die gleiche Anzahl von Ereignissen bei gleichem  $L_{eq}$  verglichen werden. Darüber hinaus soll für ein und denselben Verkehrsträger die Anzahl der Ereignisse erhöht, der  $L_{eq}$  jedoch konstant gehalten werden. Außerdem sollen innerhalb der 15 Minuten Versuchszeit Geräusche unterschiedlicher Verkehrsträger dargeboten werden.

Bei gleichem  $L_{eq}$  scheint die globale Lautheit von Schienenverkehrslärm geringer zu sein als diejenige von Straßenverkehrslärm. Dies gilt insbesondere auch für die Urteile japanischer Versuchspersonen. Die Hypothese, daß bei japanischen Versuchspersonen kein „Schienebonus“ auftreten würde, wird durch die vorliegenden Ergebnisse nicht gestützt. Sowohl mit der Methode der Größenschätzung als auch mit der Methode der Linienlänge zeigen sich in den Ergebnissen der japanischen Versuchspersonen keine Überlappungen der wahrscheinlichen Schwankungen der Urteile Schienenverkehr vs. Straßenverkehr. Beim Vergleich der globalen Lautheiten für Straßenverkehr und Luftverkehr zeigen sich sowohl für japanische als auch insbesondere für europäische Versuchspersonen deutliche Überlappungen der wahrscheinlichen Schwankungen, obwohl die Mediane in ihrem Trend einem „Fluglärmalus“ nicht widersprechen. Andererseits sind sehr hohe Werte des Fluglärmalus von bis zu 15 dB, wie sie aus Feldstudien bekannt sind, unter kontrollierten akustischen Bedingungen im Labor eher nicht zu erwarten.

## Literatur

- Fastl, H., (1991), Beurteilung und Messung der wahrgenommenen äquivalenten Dauerlautheit. Z. für Lärmbekämpfung 38, 98-103.
- Fastl, H., (1997), Psychoacoustic noise evaluation. In: Proceedings of the 31<sup>st</sup> International Acoustical Conference, Acoustics-High Tatras '97, 21-26.
- Fastl, H., Hunecke, J., (1995), Psychoakustische Experimente zum Fluglärmalus. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 95, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Oldenburg, 407-410.
- Fastl, H., Schmid, W., Kuwano, S., Namba, S., (1996), Untersuchungen zum Schienebonus in Gebäuden. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 96, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Oldenburg, 208-209.
- Gottlob, D., (1994), Regulations for community noise. In: Proceedings inter-noise '94, Vol. I, 43-56.
- Green, D.M., (1993), A theory of community annoyance created by noise exposure. In: Contributions to Psychological Acoustics, (A. Schick ed.), BIS Oldenburg, 459-471.
- Igarashi, J., (1997), Persönliche Mitteilung.
- Möhler, U., (1988), Community response to railway noise: a review of social surveys. J. Sound Vib. 120, 321-332.
- Schuermer, R., Schuermer-Kohrs, A., (1991), Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmarten - Überblick über Forschungsergebnisse. Z. für Lärmbekämpfung 38, 1-9.
- Taylor, S.M., (1993), Transportation noise annoyance: studies of the McMaster Research Group. In: Contributions to Psychological Acoustics, (A. Schick ed.), BIS Oldenburg, 473-485.
- Zwicker, E., Fastl, H., (1990), Psychoacoustics. Facts and Models. Springer, Heidelberg, New York.