

## Psychoakustische Experimente zum Fluglärmalvus

H. FASTL, J. HUNECKE

Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München

### Einführung

Zur meßtechnischen Beurteilung von Verkehrsgeräuschen wird weltweit in der Regel der A-bewertete energie-äquivalente Dauerschallpegel verwendet (vgl. z.B. Gottlob 1994), obwohl bekannt ist (vgl. z.B. Fastl 1993), daß zum Teil eklatante Unterschiede zur subjektiven Beurteilung auftreten. Um die Diskrepanzen zwischen subjektiver und meßtechnischer Beurteilung zumindest etwas zu mildern, werden häufig Korrekturwerte zum energie-äquivalenten Dauerschallpegel hinzugefügt.

Der im Bereich des Verkehrslärms wohl bekannteste und in mehreren Ländern (A, CH, D, DK, NL) verwendete Korrekturwert ist der „Schienenbonus“: Vom gemessenen  $L_{eq}$ -Wert werden meist 5 dB(A) subtrahiert, da Ergebnisse von Feldstudien (vgl. z.B. Schuemer und Schuemer-Kohrs 1991) dergestalt interpretiert werden, daß bei gleichem  $L_{eq}$  Schienenlärm weniger lästig sei als Straßenlärm. Ergebnisse psychoakustischer Experimente (Fastl et al. 1994) weisen darauf hin, daß auch bei Laborstudien ein „Schienenbonus“ auftreten kann. Allerdings muß dessen Abhängigkeit von wesentlichen Schallparametern noch untersucht werden.

Ein weiterer Korrekturwert bei der Beurteilung von Verkehrsgeräuschen ist der „Fluglärmalvus“, der gewissermaßen als Gegenstück zum „Schienenbonus“ aufgefaßt werden kann. Detaillierte Analysen umfangreicher Feldstudien (z.B. Hall et al. 1981) haben ergeben, daß bei gleichem  $L_{eq}$  Fluglärm lästiger sein kann als Straßenlärm. Für gleiche Lästigkeit von Fluglärm und Straßenlärm wird ein „Fluglärmalvus“ von 5 dB(A) bei mittleren Pegeln (Green 1993) und bis zu 15 dB(A) bei höheren Pegeln (Taylor 1993) in Betracht gezogen.

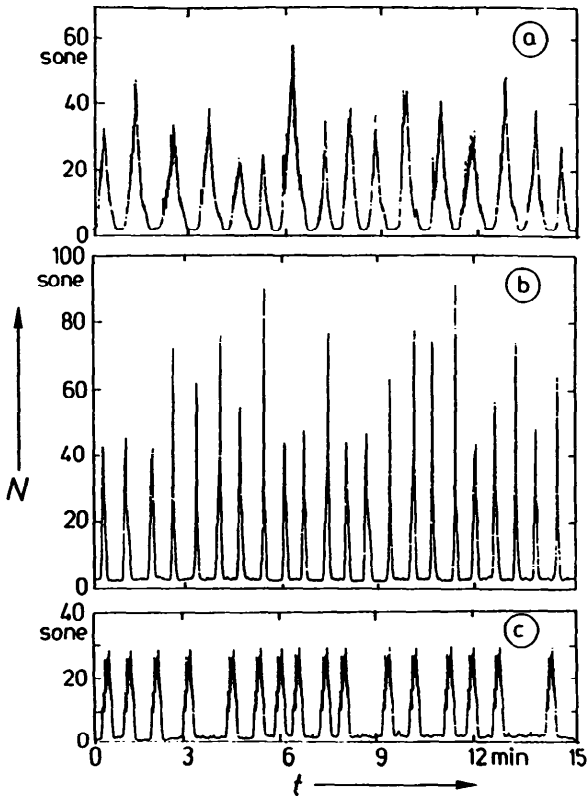
In dieser Arbeit werden erste Ergebnisse psychoakustischer Experimente zum „Fluglärmalvus“ dargestellt. In einer Pilotstudie wird untersucht, ob ein „Fluglärmalvus“ auch im Labor nachgewiesen werden kann.

### Experimente

An den Experimenten nahmen 14 normalhörende Versuchspersonen im Alter zwischen 21 und 50 Jahren teil. Die Verkehrsgeräusche wurden auf DAT-Band gespeichert und in einer schalldämmten Meßzelle diotisch über elektrodynamische Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldentzerrer nach Zwicker und Fastl (1990, S. 7) dargeboten.

Figur 1 zeigt die Lauthheits-Zeitmuster der verwendeten Verkehrsgeräusche; a) 16 Überflüge von Düsen- und Propellermaschinen, b) 22 Vorbeifahrten von PKW, LKW, Moped, c) 16 Überflüge von Düsenmaschinen. Zusätzlich zu den Einzelereignissen ist ein leises Hintergrundgeräusch (weit entfernte Autobahn) mit 2 sone (etwa 40 dB(A)) zu erkennen. Die A-bewerteten energie-äquivalenten Dauerschallpegel betragen: a) 70 dB(A), b) 70 dB(A) und c) 65 dB(A).

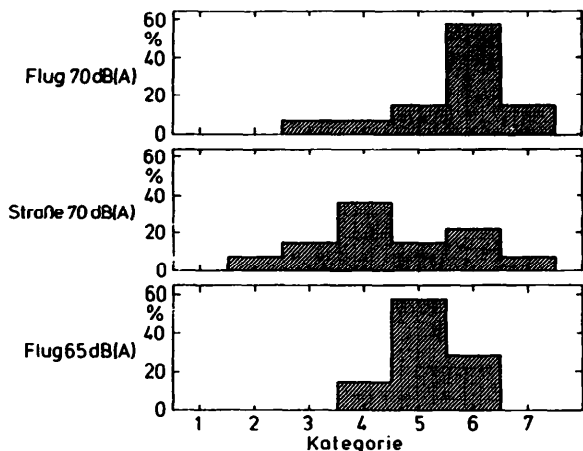
Die subjektive Beurteilung der Verkehrsgeräusche wurde anhand der Methode der Linienlänge durchgeführt. Dabei bildet die Versuchsperson mittels eines Trackballs die instantane Lautheit auf die Länge eines Balkens ab, der am Monitor eines PCs dargestellt wird. Nach 15 Minuten Versuchsdauer wird die äquivalente Dauerlautheit auf drei verschiedene Arten angegeben: 1. Kategoriensklierung, 2. Größenschätzung, 3. Linienlänge. Detailliertere Angaben zum Meßverfahren finden sich in der Literatur (z.B. Fastl 1991, Fastl et al. 1994).



Figur 1: Lautheits-Zeitmuster von a) Fluglärm mit 70 dB(A), b) Straßelärm mit 70 dB(A) und c) Fluglärm mit 65 dB(A) energie-äquivalentem Dauerschallpegel.

### Ergebnisse

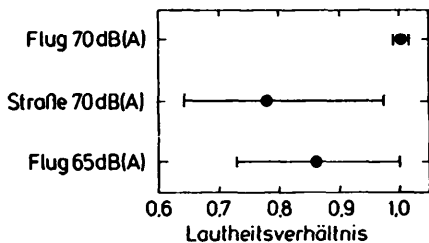
Figur 2 zeigt die Histogramme der Beurteilung der äquivalenten Dauerlautheit durch die 14 Versuchspersonen mittels einer siebenstufigen Kategorienskala. Der Fluglärm mit  $L_{eq} = 70$  dB(A) wird mehrheitlich der Kategorie 6 = *laut* zugeordnet, beim Straßelärm mit  $L_{eq} = 70$  dB(A) dominiert die Kategorie 4 = *weder leise noch laut*, während für den Fluglärm mit  $L_{eq} = 65$  dB(A) am häufigsten die Kategorie 5 = *etwas laut* gewählt wird. Trotz der breiten Verteilung beim Straßelärm ergibt sich dennoch ein Hinweis auf einen „Fluglärmmalus“: Bei gleichem  $L_{eq}$  wird die äquivalente Dauerlautheit von Fluglärm im Mittel als größer eingeschätzt als diejenige von Straßelärm.



Figur 2: Histogramme der Lautheitsbeurteilung von Fluglärm bzw. Straßelärm mit  $L_{eq}$ -Werten wie angegeben durch 14 Versuchspersonen. Die äquivalente Dauerlautheit wird Kategorien von 1 = sehr leise bis 7 = sehr laut zugeordnet.

Figur 3 zeigt die Beurteilung der äquivalenten Dauerlautheit der Verkehrsgeräusche mittels absoluter Größenschätzung. Für jede Versuchsperson wurden individuelle Lautheitsverhältnisse der drei untersuchten Verkehrsgeräusche durch Normierung auf den Fluglärm mit  $L_{eq} = 70$  dB(A) angegebenen Zahlenwert gebildet. Aus den resultierenden 14 Daten für jedes Verkehrsgeräusch wurden der Zentralwert mit Wahrscheinlichen Schwankungen berechnet und in Figur 3 dargestellt.

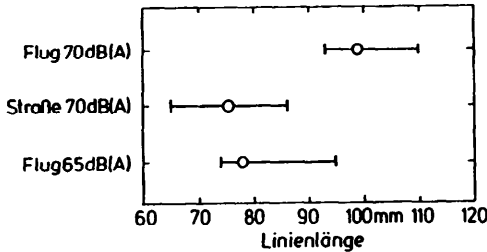
Obwohl insbesondere beim Straßelärm deutliche interindividuelle Unterschiede in der Beurteilung der Lautheitsverhältnisse auftreten, deuten die Zentralwerte auf einen „Fluglärmalus“ hin: Bei gleichem  $L_{eq} = 70$  dB(A) ist die äquivalente Dauerlautheit von Fluglärm etwa um 28 % größer als diejenige von Straßelärm. Sogar ein „Fluglärmalus“ von 5 dB(A), d.h. Fluglärm 65 dB(A) versus Straßelärm 70 dB(A), führt noch nicht zu gleicher Dauerlautheit.



Figur 3: Beurteilung der äquivalenten Dauerlautheit von Fluglärm bzw. Straßelärm mittels absoluter Größenschätzung. Lautheitsverhältnisse für  $L_{eq}$ -Werte wie angegeben.

Figur 4 zeigt die Beurteilung der äquivalenten Dauerlautheit der Verkehrsgeräusche anhand der Methode der Linienlänge. Aus den von den 14 Versuchspersonen angegebenen Längen wurden Zentralwerte mit Wahrscheinlichen Schwankungen gebildet. Bei gleichem  $L_{eq} = 70$  dB(A) von Straßelärm und Fluglärm ergibt sich für letzteren eine um etwa 30 % größere äquivalente Dauerlautheit. Für einen „Fluglärmalus“ von 5 dB(A) ergeben sich

ähnlich große Zentralwerte der Lautheitsbeurteilungen. Die asymmetrischen Wahrscheinlichen Schwankungen weisen jedoch auf einen eher größeren Korrekturwert hin.



Figur 4: Beurteilung der äquivalenten Dauerlauthet von Fluglärm bzw. Straßelärm anhand der Methode der Linienlänge.

## Ausblick

Bei der Beurteilung von Geräuschimmissionen muß der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel durch Korrekturwerte wie „Schienenbonus“ oder „Fluglärmalus“ ergänzt werden, um Daten aus Feldstudien beschreiben zu können. Da beide Korrekturwerte auch in Laborstudien erfaßt werden konnten, eröffnet sich die Möglichkeit systematischer Studien der Einflußgrößen.

Für die in dieser Arbeit beschriebenen Verkehrsgeräusche konnte ein „Fluglärmalus“ mit den Meßmethoden Kategorienskalisierung, Größenschätzung und Linienlänge nachgewiesen werden. Unabhängig von der Meßmethode weisen die Ergebnisse darauf hin, daß in den hier behandelten Beispielen ein „Fluglärmalus“ von mehr als 5 dB(A) auftritt. Allerdings müssen für fundierte Aussagen über die Größe des „Fluglärmalus“ noch zahlreiche psychoakustische Experimente durchgeführt werden.

Insgesamt gesehen wäre es sicher sinnvoller, anstelle immer neuer Korrekturglieder auch bei der Messung von Geräuschimmissionen von Anfang an gehörgerechte Meßverfahren einzusetzen.

Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 204 Gehör, München gefördert.

## Literatur

- Fastl, H. (1991) Beurteilung und Messung der wahrgenommenen äquivalenten Dauerlauthet. *Z. für Lärmbekämpfung* 38, 98-103.
- Fastl, H. (1993) Psychoacoustics and noise evaluation. In: *Contributions to Psychological Acoustics*, (A. Schick et al. eds.) BIS Oldenburg, 505-520.
- Fastl, H., Kuwano, S., Namba, S. (1994) Psychoacoustics and rail bonus. In: *Proc. inter-noise '94*. Yokohama Vol. II, 821-826.
- Gottlob, D. (1994) Regulations for community noise. In: *Proc. inter-noise 94*. Yokohama Vol.1, 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.
- Hall, F.L., Birnie, S.E., Taylor, S.M., Palmer, J. (1981) Direct comparison of response to road traffic noise and to aircraft noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 70, 1690-1698.
- Schuemer, R. und Schuemer-Kohrs, A. (1991) Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmquellen - Überblick über Forschungsergebnisse. *Z. f. 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.