

1. Einführung

Trotz gleichem, energieäquivalenten A-bewerteten Dauerschallpegel können Schienenverkehrsgeräusche eine geringere Lästigkeit hervorrufen als Straßenverkehrsgeräusche. Dieser Effekt wird meist als „Schienenbonus“ bezeichnet; er wurde in zahlreichen Feldstudien bestätigt (vgl. z.B. MÖHLER UND KNALL 1984, MÖHLER 1988, HAUCK 1991, SCHUEMER UND SCHUEMER-KOHRIS 1991, GOTTLÖB

Figur 1a zeigt vier ICE-Vorbeifahrten, Fig. 1b 30 KFZ-Vorbeifahrten, denen jeweils leise Straßenverkehrsgeräusche (etwa 2 sone bzw. 40 dB(A)) unterlagert sind. Beide Schalle weisen den gleichen A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel von 69 dB(A) auf.

Figur 1c und Fig. 1d zeigen die Lautheits-Zeitfunktionen der beiden „Innenschalle“, die sich aus den beiden „Außenschalle“ dadurch

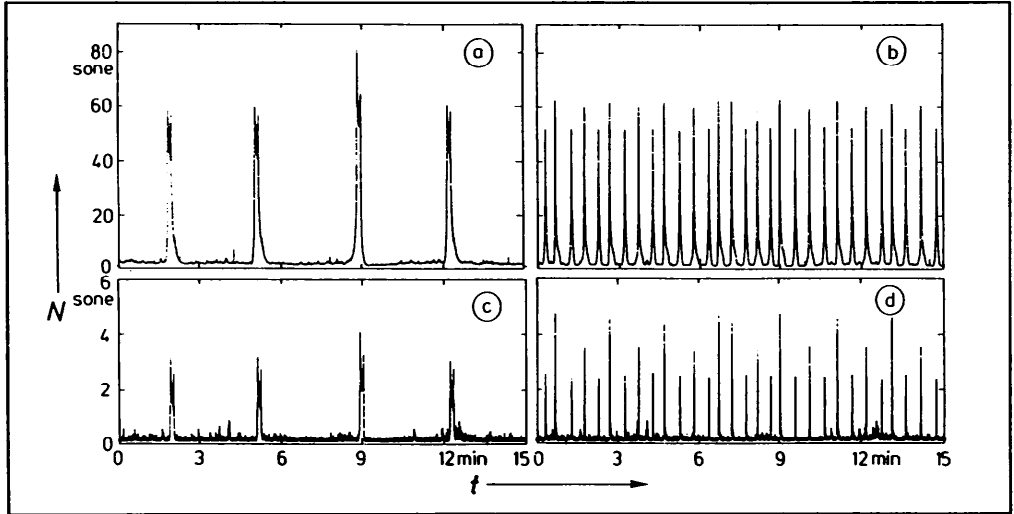


Fig. 1 Lautheits-Zeitfunktionen der untersuchten Schalle.
 (a) 4 ICE-Vorbeifahrten bzw. (b) 30 KFZ-Vorbeifahrten mit jeweils $L_{eq} = 69$ dB(A) „Außenpegel“;
 (c) und (d) wie (a) und (b), jedoch mit Schalldämm-Maß eines Fensters gemäß Fig. 2 gefiltert,
 um „Innenpegel“ zu simulieren.

1994). Kürzlich konnte ein „Schienenbonus“ auch in Laborstudien nachgewiesen werden (vgl. z.B. FASTL ET AL. 1994a, 1994b, 1996, FASTL 1996), obwohl anstelle der Lästigkeit die Lautheit der Geräusche beurteilt wurde.

Bei den bisherigen Untersuchungen zum Schienenbonus wurden meist die „Außenpegel“ berücksichtigt, also beispielsweise die Situation einer Person, die auf einer Terrasse vor dem Haus sitzt. Von großer praktischer Bedeutung sind jedoch auch die „Innenpegel“, also die Situation, daß sich die Person bei geschlossenen Fenstern und Türen im Gebäude befindet.

In einer Pilotstudie wurde die letztgenannte Situation in psychoakustischen Experimenten dadurch simuliert, daß die Geräusche von Straßen- bzw. Schienenverkehr um das bewertete Schalldämm-Maß eines Fensters gemäß VDI 2719 im Pegel abgesenkt wurden. Aus den Ergebnissen werden Hinweise auf die Existenz eines „Schienenbonus“ in Gebäuden erwartet.

2. Messungen

Die Messungen wurden von acht normalhörenden Versuchspersonen im Alter zwischen 25 und 51 Jahren (Median 27 Jahre) durchgeführt. Die Schalle wurden diotisch über einen elektrodynamischen Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldzerrer nach ZWICKER UND FASTL 1990 (S.7) dargeboten. Figur 1 zeigt die Lautheits-Zeitfunktionen der vier verwendeten Schalle mit jeweils 15 min Dauer. In den oberen Teilbildern sind die „Außenschalle“, in den unteren Teilbildern die „Innenschalle“ dargestellt.

ergeben, daß deren Pegel entsprechend dem bewerteten Schalldämm-Maß R_w eines Fensters nach VDI 2719 reduziert werden. Der Dämpfungsverlauf des zur Simulation des Schalldämm-Maßes verwendeten Filters ist in Fig. 2 dargestellt. Die Pegelreduktion „durch das Fenster“ beträgt bei 100 Hz etwa 25 dB und bei 1 kHz etwa 45 dB.

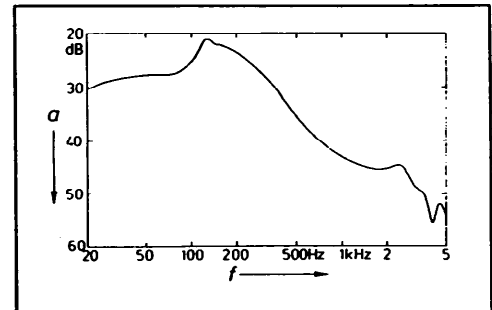


Fig. 2 Dämpfungsverlauf eines Filters zur Simulation des Schalldämm-Maßes eines Fensters nach VDI 2719.

Da die verwendeten psychoakustischen Meßmethoden zur Immissionsbeurteilung in der Literatur bereits sehr ausführlich beschrieben sind (z.B. FASTL ET AL. 1996), sollen hier nur einige wesentliche Punkte genannt werden: Die Versuchsperson bildet die momentan wahrgenommene Lautstärke mittels eines Trackballs auf die Länge einer Linie am Bildschirm eines PCs ab. Nach jeweils 15 min Versuchsdauer gibt sie ihr Urteil über die globale Lautheit auf drei verschiedene Arten ab: Kategorienskizierung, Größenschätzung, Linielänge.

3. Ergebnisse

Figur 3 zeigt die Beurteilung der globalen Lautheit anhand von sieben Kategorien zwischen „sehr leise“ (1) und „sehr laut“ (7). Mit durchgezogenen Linien sind die Ergebnisse für die „Außenschalle“, mit gestrichelten Linien die Daten für die „Innenschalle“ dargestellt. „Außen“ beurteilen nur $n = 2$ Personen die 4 ICE-Vorbeifahrten als „laut“ (6), während die 30 KFZ-Vorbeifahrten von $n = 5$ Personen als „laut“ eingestuft werden. Im Einklang mit Literaturdaten (z.B. FASTL ET AL. 1994a) werden bei gleichem L_{eq} außen Schienenverkehrsgeräusche im Vergleich zu Straßenverkehrsgeräuschen als leiser beurteilt („Schienenbonus“). „Innen“ (gestrichelte Linien) beurteilen $n = 3$ Personen die Schienengeräusche als „sehr leise“ (1), während keine einzige Versuchsperson ($n = 0$) die Straßengeräusche in die Kategorie „sehr leise“ einstuft. Demnach kann offensichtlich auch in Gebäuden ein deutlicher „Schienenbonus“ auftreten.

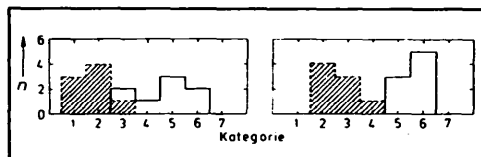


Fig. 3 Beurteilung der globalen Lautheit in Kategorien von „sehr leise“ (1) bis „sehr laut“ (7). Links: 4 ICE-Vorbeifahrten, rechts: 30 KFZ-Vorbeifahrten; durchgezogen: „außen“, gestrichelt: „innen“; n: Zahl der Versuchspersonen.

Die Angaben zur Größenschätzung der globalen Lautheit wurden wie folgt ausgewertet: Zunächst wurde für jede Versuchsperson der Quotient der angegebenen Zahlenwerte für 30 KFZ-Vorbeifahrten bzw. 4 ICE-Vorbeifahrten sowohl „außen“ als auch „innen“ gebildet. Aus den jeweils acht Daten wurden dann die Mediane berechnet. „Außen“ ergibt sich ein Faktor 1,28, „innen“ ein Faktor 1,48. Dies bedeutet, daß bei gleichem L_{eq} außen das Straßengeräusch (Fig. 1b) 1,28 mal lauter beurteilt wird als das Schienengeräusch (Fig. 1a). „Innen“ wird das Straßengeräusch (Fig. 1d) sogar 1,48 mal lauter beurteilt als das Schienengeräusch (Fig. 1c). Ein „Schienenbonus“ würde in dem hier gezeigten Beispiel im Gebäude sogar größer sein als im Freien vor dem Gebäude. Figur 4 zeigt die Beurteilung der globalen Lautheit anhand der Linielänge als Zentralwerte mit wahrscheinlichen Schwankungen. Ausgefüllte Symbole gelten für „außen“, unausgefüllte Symbole für „innen“; die maximal mögliche Länge beträgt 150 mm. Bei gleichem L_{eq} außen entspricht die globale Lautheit (Zentralwert) der 4 ICE-Vorbeifahrten einer Linielänge $l = 77$ mm, die globale Lautheit der 30 KFZ-Vorbeifahrten jedoch einer Linielänge von $l = 105$ mm; die entsprechenden Werte für „innen“ betragen $l = 17,5$ mm bzw. $l = 32$ mm. Diese Daten deuten wieder auf einen „Schienenbonus“ hin. Betrachtet man die Relationen der Linielängen, so zeigt sich, daß die Reduktion der globalen Lautheit bei den 4 ICE-Vorbeifahrten relativ größer ist als bei den 30 KFZ-Vorbeifahrten. Demnach wäre ein „Schienenbonus“ „innen“ sogar größer als „außen“.

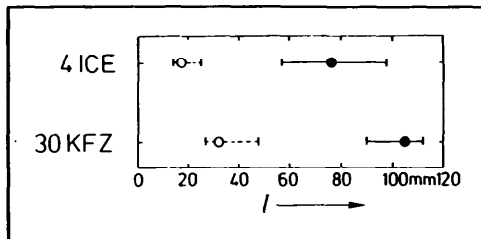


Fig. 4 Beurteilung der globalen Lautheit mittels Linielänge l . Ausgefüllte Symbole: „außen“; unausgefüllte Symbole: „innen“.

4. Zusammenfassung

In der hier vorgestellten Pilotstudie konnte gezeigt werden, daß im Labor ein „Schienenbonus“ auch für Geräuschbeurteilungen in Gebäuden auftreten kann. Bei gleichem L_{eq} außen kann der „Schienenbonus“ im Gebäude sogar größere Werte annehmen als vor dem Gebäude. Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt ist in der Frequenzabhängigkeit des Luftschalldämm-Maßes von Fenstern zu suchen: Tieffrequente Spektralanteile, beispielsweise von LKW-Geräuschen um 100 Hz, werden durch Fenster wesentlich weniger reduziert als höherfrequente Geräusche. Wie bereits in der Literatur dargestellt (z.B. FASTL 1996), können als eine psychoakustische Ursache für den „Schienenbonus“ Klangfarbenunterschiede zwischen verschiedenen Schallquellen nachgewiesen werden, die durch ein einkanaliges Meßverfahren wie den A-bewerteten Schallpegel nicht erfaßt werden. Insofern kann die geringere Schalldämmung von Fenstern bei tiefen Frequenzen dazu beitragen, daß in einem Gebäude ein größerer „Schienenbonus“ auftritt als vor dem Gebäude.

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

Literatur:

- MÖHLER, U. UND KNALL, V. 1984, Lautstärkeunterschied zwischen Schienen- und Straßenverkehrslärm. In: Fortschritte der Akustik, DAGA '84, DPG-Verlag Bad Honnef, 587-590.
- MÖHLER, U. 1988, Community response to railway noise: a review of social surveys. J. Sound Vib. 120, 321-332.
- HAUCK, G. 1991, Lästigkeitsunterschied zwischen den Geräuschen des Straßenverkehrs und des Schienenverkehrs. Z. f. Lärmbekämpfung 38, 162-166.
- SCHUEMER, R. UND SCHUEMER-KOHR, A. 1991, Lästigkeit von Schienenverkehrslärm im Vergleich zu anderen Lärmarten - Überblick über Forschungsergebnisse. Z. f. Lärmbekämpfung 38, 1-9.
- GOTTLÖB, D. 1994, Regulations for community noise. In: Proc. inter-noise 94, Vol. 1, 43-56.
- FASTL, H., KUNIMANO, S., NAMBA, S. 1994a, Psychoakustische Experimente zum Schienenbonus. In: Fortschritte der Akustik, DAGA '94, Verl.: DPG-GmbH, Bad Honnef, 1113-1116.
- FASTL, H., KUNIMANO, S., NAMBA, S. 1994b, Psychoacoustics and rail bonus. In: Proc. inter-noise 94, Vol. II., 821-826.
- FASTL, H., KUNIMANO, S., NAMBA, S. 1996, Assessing the railway bonus in laboratory studies. J.A.S.J. (E) 17.
- FASTL, H. 1996, Masking effects and loudness evaluation. In: Recent Trends in Hearing Research, in print.
- ZWACKER, E., FASTL, H. 1990, Psychoacoustics. Facts and models. Springer-Verlag, Heidelberg, New York.
- Richtlinie VDI 2719 (Aug. 1987): Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen.