

# Beurteilung von Geräuschimmissionen beim Transrapid

H. Fastl, G. Gottschling

Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München

## 1. Einführung

Geräuschimmissionen werden derzeit überwiegend anhand von Ergebnissen aus Feldstudien beurteilt (vgl. z.B. Schick 1990, Gottlob 1994). Dabei ist von Vorteil, daß sich die befragten Personen in ihrer gewohnten Umgebung befinden. Andererseits können in Laborstudien einzelne Reizparameter nahezu beliebig variiert und damit ihr Einfluß auf die Geräuschbeurteilung gezielt studiert werden. Darüber hinaus können Situationen simuliert werden, die in der Realität noch gar nicht existieren. Aus diesen Gründen ist es äußerst sinnvoll, in psychoakustischen Experimenten die Beurteilung von Geräuschimmissionen zu erfassen. In Kooperation mit Kollegen von der Universität Osaka, Japan wurden daher psychoakustische Meßmethoden zur Beurteilung von Geräuschimmissionen entwickelt (Fastl et al. 1989, Namba et al. 1988). Zunächst wurden die Methoden für die Beurteilung von Straßenverkehrsgeräuschen eingesetzt (Fastl 1989). Die Methoden wurden verfeinert (Fastl 1991) und es zeigte sich eine gute Übereinstimmung in der Beurteilung von Geräuschimmissionen in Laborstudien und in Feldstudien (Widmann 1992, Fastl 1993b). Auch für die Beurteilung von Geräuschimmissionen bei Fluglärm haben sich psychoakustische Meßverfahren bewährt (Fastl 1990, 1993a, 1994, Fastl und Hunecke 1995). Darüber hinaus konnte der erfolgreiche Einsatz der entwickelten psychoakustischen Meßverfahren auch bei der Beurteilung von Geräuschimmissionen durch Schienenverkehr nachgewiesen werden (Fastl et al. 1994a, 1994b, 1996). Nunmehr sollen psychoakustische Meßverfahren auch zur Immissionsbeurteilung bei einem anderen schienenengebundenen Fahrzeug, dem Transrapid, eingesetzt werden. In einer Pilotstudie werden daher Geräuschimmissionen von konventioneller Bahn und Transrapid beurteilt und einander gegenüber gestellt.

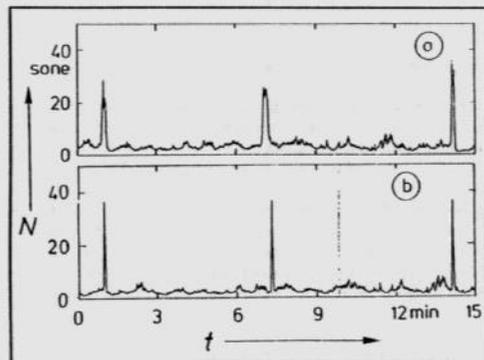


Fig. 1: Lautheits-Zeitfunktionen der untersuchten Geräusche mit  $L_{eq} = 54$  dB(A).  
Straßenverkehrsgeräusch mit 4 sone plus  
(a): IC mit 134 km/h, Güterzug mit 93 km/h, ICE mit 248 km/h,  
(b): Transrapid mit 200 km/h.

## 2. Messungen

Die Messungen wurden von 15 normalhörenden Versuchspersonen im Alter zwischen 24 und 51 Jahren (Median 27 Jahre) durchgeführt. Die Schalle wurden diotisch über einen elektrodynamischen Kopfhörer (Beyer DT 48) mit Freifeldentzerrung nach

Zwicker und Fastl (1990, S.7) dargeboten.

Figur 1 zeigt die Lautheits-Zeitfunktionen der verwendeten Schalle mit jeweils 15 min Dauer und einem A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel von  $L_{eq} = 54$  dB(A). Es wurde ein leises Hintergrundgeräusch (Straßenverkehr mit etwa 4 sone bzw. 47 dB(A)) verwendet, dem drei Vorbeifahrten in 25 m Entfernung überlagert sind. Figur 1a zeigt Vorbeifahrten eines IC mit 134 km/h, eines Güterzuges mit 93 km/h und eines ICE mit 248 km/h, die im Pegel um etwa 16 dB abgesenkt werden mußten, damit der für den Transrapid gemessene  $L_{eq}$  von 54 dB(A) erreicht werden konnte. In Fig. 1b sind Vorbeifahrten des Transrapid mit der in Ballungsräumen geplanten Geschwindigkeit von 200 km/h dargestellt.

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 erhält sie einen Fragebogen. Sie listet die gehörten Geräusche auf, macht Angaben über die Schwierigkeit des Experiments und beurteilt die globale Lautheit auf drei verschiedene Arten: Kategorienskalisierung, Größenschätzung, Linienlänge.

## 3. Ergebnisse

Die Auswertung der Fragebögen erbrachte folgende erste Ergebnisse: Alle Versuchspersonen bezeichnen die ihnen unbekannteren Geräusche des Transrapid als "Zuggeräusche". Die meisten Versuchspersonen können die Experimente ohne Schwierigkeiten durchführen; einige merken an, es sei ihnen langweilig, sie seien müde bzw. sie müßten gut aufpassen.

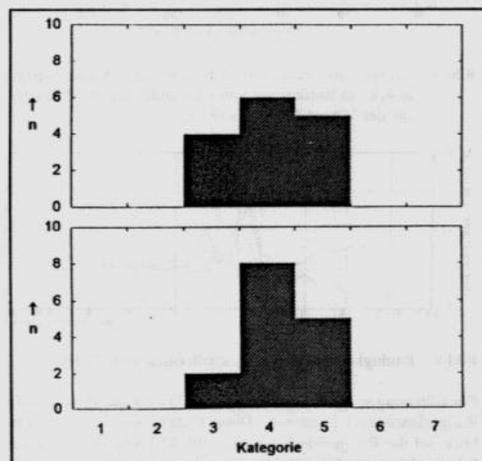


Fig. 2: Beurteilung der Geräuschimmissionen anhand von Kategorien zwischen "sehr leise" (1) und "sehr laut" (7).  
Oben: konventionelle Bahn; unten: Transrapid.  
n: Zahl der Versuchspersonen

Figur 2 zeigt die Ergebnisse der Immissionsbeurteilung anhand der Kategorienskalerung. Im oberen Teilbild sind die Daten für die konventionelle Bahn, im unteren Teilbild für den Transrapid dargestellt. Beide Geräuschimmissionen werden in Kategorien zwischen "ziemlich leise" (3) und "ein bißchen laut" (5) eingeordnet. Am häufigsten wird für beide Geräusche die Kategorie "weder laut noch leise" (4) gewählt.

Hinsichtlich der Größenschätzung der globalen Lautheit wurden für jede Versuchsperson das Verhältnis der angegebenen Zahlenwerte für Transrapid bzw. konventionelle Bahn gebildet und die zugehörigen Mediane berechnet. Die Geräusche der konventionellen Bahn (Fig. 1a) werden im Mittel um 2 % lauter beurteilt als die Geräusche des Transrapids (Fig. 1b). Bei gleichem  $L_{eq}$  ergibt sich demnach für Geräuschimmissionen von konventioneller Bahn und Transrapid praktisch die gleiche globale Lautheit.

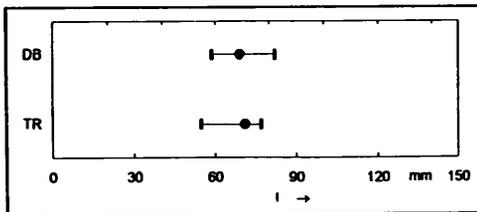


Fig. 3: Beurteilung der globalen Lautheit anhand der Linienlänge  $l$ .

DB: konventionelle Bahn, TR: Transrapid.

Die mit der Methode der Linienlänge erzielten Ergebnisse sind in Fig. 3 als Zentralwerte mit wahrscheinlichen Schwankungen dargestellt. Oben sind Werte für die konventionelle Bahn (DB), unten für den Transrapid (TR) angegeben.

Die Geräuschimmissionen (Zentralwerte) von DB ( $l = 69$  mm) und TR ( $l = 71$  mm) werden als gleich beurteilt.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Psychoakustische Meßmethoden zur Beurteilung von Geräuschimmissionen können erfolgreich auch bei Geräuschen des Transrapids eingesetzt werden. Die Geräusche des Transrapids werden von "naiven" Versuchspersonen als "Zuggeräusche" eingestuft. Bei gleichem  $L_{eq} = 54$  dB(A) ergibt sich für konventionelle Bahn (DB) und Transrapid (TR) mit den Meßmethoden Kategorienskalerung, Größenschätzung und Linienlänge die gleiche globale Lautheit. Eine statistische Auswertung anhand des t-Testes bestätigt diese Aussage, da für die drei verwendeten Methoden nicht signifikante Unterschiede zwischen DB und TR berechnet werden.

In weiterführenden Studien sollten unterschiedliche energieäquivalente Dauerschallpegel, verschiedene Abstände sowie unterschiedliche Geschwindigkeiten untersucht werden. Insbesondere sollten in die Untersuchungen Transrapid-Immissionen bei Geschwindigkeiten über 400 km/h in 100 m Abstand als typische Situationen auf der freien Strecke einbezogen werden.

Die Autoren danken der DB, der MVP sowie der IABG für die Überlassung von DAT Aufnahmen der verwendeten Zug- und Transrapidgeräusche.

#### Literatur

- Fastl, H., (1989).  
Average loudness of road traffic noise.  
In: *Proc. inter-noise '89*, Vol. II, 815-820.
- Fastl, H., (1990).  
Trading number of operations versus loudness of aircraft.  
In: *Proc. inter-noise '90*, Vol. II, 1133-1136.
- Fastl, H., (1991).  
Beurteilung und Messung der wahrgenommenen äquivalenten Dauerlautheit.  
*Z. für Lärmbekämpfung* 38, 98-103.
- Fastl, H., (1993a).  
Loudness evaluation by subjects and by a loudness meter.  
In: *Papers in Honor of Jozef J. Zwislocki*, Lawrence Erlbaum Assoc., Hillsdale New Jersey.
- Fastl, H., (1993b).  
Psychoacoustics and noise evaluation.  
In: *Contr. to Psychological Acoustics*, (A. Schick ed.) Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Carl von Ossietzky Univ., 505-520.
- Fastl, H., (1994).  
Psychoacoustics and noise evaluation.  
In: *NAM '94*, (H. S. Olesen, ed.) Aarhus, Denmark, Danish Technol. Institute, 1-12.
- Fastl, H., Hunecke, J., (1995).  
Psychoakustische Experimente zum Fluglärmalms.  
In: *Fortschritte der Akustik, DAGA '95*, Verl.: Dt. Gesell. für Akustik e.V., Oldenburg, 867-870.
- Fastl, H., Kuwano, S., Namba, S., (1994a).  
Psychoakustische Experimente zum Schienenbonus.  
In: *Fortschritte der Akustik, DAGA '94*, Verl.: DPG-GmbH, Bad Honnef, 1113-1116.
- Fastl, H., Kuwano, S., Namba, S., (1994b).  
Psychoacoustics and rail bonus.  
In: *inter-noise '94*, Proc. of the Int. Cong. on Noise Control Engng., Noise - Quantity and Quality, Yokohama, Japan, Aug. 29-31. Vol. II Osaka: Noise Control Engng., 821-826.
- Fastl, H., Kuwano, S., Namba, S., (1996).  
Assessing in the railway bonus in laboratory studies.  
*J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 17.
- Fastl, H., Zwicker, E., Kuwano, S., Namba, S., (1989).  
Beschreibung von Lärmimmissionen anhand der Lautheit.  
In: *Fortschritte der Akustik, DAGA '89*, Verl.: DPG-GmbH, Bad Honnef, 751-754.
- Gottlob, D., (1944).  
Regulations for community noise.  
In: *Proc. inter-noise '94*, Vol I, 43-56.
- Namba, S., Kuwano, S. and Fastl, H., (1988).  
Loudness of road traffic noise using the method of continuous judgment by category.  
In: *Noise as a Public Health Problem*, Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden, 241-246.
- Schick, A., (1990).  
*Schallbewertung. Grundlagen der Lärmforschung*. Springer Verlag.
- Widmann, U., (1992).  
Meßtechnische Beurteilung und Umfrageergebnisse bei Straßenverkehrslärm.  
In: *Fortschritte der Akustik, DAGA '92*, Verl.: DPG-GmbH, Bad Honnef, 369-372.
- Zwicker, E. and Fastl, H., (1990).  
*Psychoacoustics. Facts and models*. Springer series in Information sciences. Ed.: M. R. Schröder. Springer-Verlag, Heidelberg, New York.