

Meßtechnische Beurteilung und Umfrageergebnisse bei Straßenverkehrslärm

U. Widmann

Lehrstuhl für Elektroakustik, Technische Universität München

Einführung: Um die Lärmbelastung von Anrainern stark befahrener Straßen vor allem in den Nachtstunden zu reduzieren, wurden in der Vergangenheit mancherorts Fahrverbote für "laute" LKW verordnet.

In der vorliegenden Arbeit wird für einen beispielhaft gewählten Ort die für betroffene Personen in der Praxis wirksame Lärmreduktion durch ein Fahrverbot für "laute" LKW meßtechnisch erfaßt und mit der in einer Pilot-Feldstudie erhobenen subjektiv beurteilten Reduktion der wahrgenommenen Lautstärke verglichen.

Messungen: Die Schallsignale wurden gleichzeitig an drei von einem Hauptverkehrsweg unterschiedlich entfernten Meßpunkten innerhalb eines Ortes unbewertet auf DAT-Rekorder (Sony DTC 10) aufgenommen. Die Aufnahmen, jeweils in einer Nacht vor und nach Einführung des Fahrverbotes, erstreckten sich auf zwei Zeiträume unterschiedlichen Verkehrsaufkommens zwischen 0⁰⁵ Uhr und 0²⁵ Uhr bzw. 1²⁰ Uhr und 1⁴⁰ Uhr. Parallel zur Aufnahme fand eine Verkehrszählung statt.

Die physikalische Analyse des Straßenverkehrslärms wurde mit einem Lautheitsmesser (Zwicker et al. 1985) durchgeführt. Mit einem nachgeschalteten Statistikanalysator wurde die Perzentillautheit N_5 bestimmt, d.h. diejenige Lautheit, die in 5% der Meßzeit erreicht oder überschritten wurde. Um Einflüsse von Hintergrundgeräuschen zu berücksichtigen, die insbesondere in größerem Abstand von der Quelle die Lautheit des Verkehrsgerausches drosseln können, wurde neben der Perzentillautheit N_5 auch die gedrosselte Lautheit N_g ermittelt. Diese wurde aus gemessenen Terzpegelverteilungen des Verkehrs- und des Hintergrundgeräusches mittels eines Rechenprogrammes bestimmt (Zwicker 1987). Zusätzlich wurde der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} gemessen und gemäß dem Hintergrundgeräusch korrigiert.

Um die physikalisch gemessene Reduktion der Lärmbelastung der subjektiven Beurteilung vom Lärm betroffener Anwohner gegenüberzustellen, wurde in dem Ort nach Einführung der Verordnung eine Umfrage durchgeführt. Dabei wurde nach der Änderung der wahrgenommenen Lautstärke (Lautheit) durch die Einführung des Fahrverbotes für "laute" LKW gefragt. Diese Änderung sollte auf einem Fragebogen auf die Länge einer 15 cm langen Linie abgebildet werden. In der Mitte der Linie befand sich der 0% -Wert, der die Vorher-Situation kennzeichnen sollte, in der linken Linienhälfte konnte eine Erniedrigung und in der rechten Linienhälfte eine Erhöhung der wahrgenommenen Lautstärke markiert werden. Die beiden Endpunkte der Linie waren mit 100% markiert. Zur Verdeutlichung der Skalierung wurde zusätzlich in Worten darauf hingewiesen, daß eine Reduktion um 100% eine Erniedrigung auf das 'Nullfache', bzw. eine Erhöhung um 100% eine Zunahme der wahrgenommenen Lautstärke auf das 'Doppelte' des Ausgangswertes bedeutet.

Die Methode bietet im Gegensatz zur Kategorienskalierung den Vorteil einer linearen Skalierung und bereitet im Feld den befragten Personen keine Schwierigkeiten.

Ergebnisse: Die gemessenen Werte der Perzentillautheit N_5 , der berechneten gedrosselten Lautheit N_g und des bezüglich des Fremdgeräusches korrigierten äquivalenten Dauerschallpegels L_{eq} vor und nach Einführung des Fahrverbotes sind zusammen mit der Anzahl der gezählten Kraftfahrzeuge innerhalb der untersuchten Stichproben in Tab. 1 eingetragen.

Meßgröße	Meßpunkt	Zeitraum 0 ⁰⁵ Uhr - 0 ²⁵ Uhr		Zeitraum 1 ²⁰ Uhr - 1 ⁴⁰ Uhr	
		vorher	nachher	vorher	nachher
		KFZ: 112 LKW: 41	KFZ: 109 LKW: 31	KFZ: 57 LKW: 23	KFZ: 33 LKW: 15
N ₅ / sone	1	7.5	5.8	5.6	4.2
	2	7.0	5.6	5.1	4.1
	3	4.6	3.9	3.7	2.9
N _g / sone	1	7.5	5.8	5.6	3.6
	2	7.0	5.6	4.9	3.4
	3	4.3	3.1	2.3	1.3
L _{eq} / dB(A)	1	48.3	45.4	43.2	39.9
	2	48.5	45.2	43.1	38.5
	3	44.5	43.0	40.0	37.5

Tab. 1: Gemessene Perzentillautheit N₅, berechnete gedrosselte Lautheit N_g und bezüglich des Fremdgeräusches korrigierter äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} von Verkehrslärm vor und nach Einführung des Fahrverbotes an drei unterschiedlichen Meßpunkten innerhalb des Ortes. Verteilung der Meßpunkte innerhalb des Ortes gemäß Abb. 1.

Die Anzahl der LKW-Vorbeifahrten im Analysezeitraum ist besonders wichtig für die gemessenen Werte der Perzentillautheit N₅, weil sie die lautesten Vorbeifahrten markieren. Im Zeitraum von 0⁰⁵ Uhr bis 0²⁵ Uhr fuhren vor Einführung der Maßnahme 41 LKW und nach Einführung 31 LKW. Nahe am Verkehrsweg (MP 1, MP 2) nimmt durch diese Reduktion die Perzentillautheit N₅ im betrachteten Meßzeitraum im Mittel um den Faktor 1.27, d.h. auf etwa 79% des Ausgangswertes ab. Dies bestätigt sich in ähnlicher Weise für den zweiten untersuchten Zeitraum. Es fällt auf, daß sich die Perzentillautheit N₅ nicht in demselben Maße reduziert wie die Anzahl der LKW. Dies ist darauf zurückzuführen, daß auch nach Einführung des Fahrverbotes die gemessenen Lautheitsspitzen durch einige "laute" LKW hervorgerufen werden. Die Anzahl dieser mit Ausnahmegenehmigungen betriebenen "lauten" LKW prägt das 'Lärmklima' in den Meßpunkten MP 1 und MP 2.

Im Meßpunkt 3, der am weitesten von der Lärmquelle entfernt liegt, reduziert sich die Perzentillautheit N₅ nur um den Faktor 1.18 auf etwa 84% des Ausgangswertes. In diesem Meßpunkt (MP 3) wird nach Einführung der Maßnahme die gemessene Perzentillautheit N₅ stark durch das Hintergrundgeräusch bestimmt. Wird der Einfluß der Lautheitsdrosselung des Verkehrslärms durch dieses Ruhegeräusch (N₅=2.9 sone) berücksichtigt, dann ergeben sich die Werte der gedrosselten Lautheit N_g. Diese zeigen im ruhigeren Meßort (MP 3) eine deutlichere Abnahme der gemessenen Lautheit um den Faktor 1.6. Dies entspricht einer Reduktion auf etwas weniger als 2/3 des Ausgangswertes.

Die bezüglich des Fremdgeräusches (37.5 dB(A)) korrigierten äquivalenten Dauerschallpegel sinken nahe dem Verkehrsweg (MP 1, MP 2) im Mittel um 3.3 dB(A). Im Meßpunkt 3 beträgt die Abnahme dagegen nur etwa 2 dB(A). Berechnet man aus den Pegeldifferenzen die relative Reduktion der Schallenergie, dann prognostiziert sie im MP 1 und MP 2 eine Abnahme auf weniger als 1/2 und im MP 3 auf etwa 2/3 des Ausgangswertes.

Um die aus Laboranalysen stammenden Werte der Lärminderung der subjektiven Beurteilung durch vom Lärm betroffene Anwohner gegenüberzustellen, wurde im Ort eine Umfrage durchgeführt, an der 94 Personen teilnahmen. 11 Personen fühlten sich überhaupt nicht vom Verkehrs-

lärm betroffen, so daß 83 auswertbare Schätzungen vorlagen. Bei der Auswertung fiel auf, daß näher am Verkehrsweg wohnende Personen geringere Reduktionen der wahrgenommenen Lautstärke angaben, als weiter entfernt wohnende Personen. Deshalb wurde entsprechend der Lärmbelastung eine Gruppenbildung vorgenommen, die zusammen mit den Meßpunkten in Abb. 1 schematisch dargestellt ist.

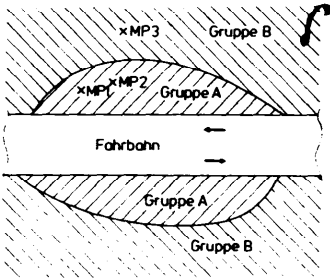


Abb. 1: Skizze der Messorte und Zuordnung der Personen zu Gruppen

In Abb. 2 ist die Häufigkeitsverteilung der geschätzten prozentualen Reduktion der Lautheit für zwei Personengruppen dargestellt. Die subjektiven Urteile wurden dazu in Klassen von 5% zusammengefaßt. Die meßtechnisch ermittelte Reduktion der Perzentillautheit N_5 , der gedrosselten Lautheit N_g und der A-bewerteten Schallenergie wurde zum Vergleich ebenfalls in Abb. 2 eingetragen.

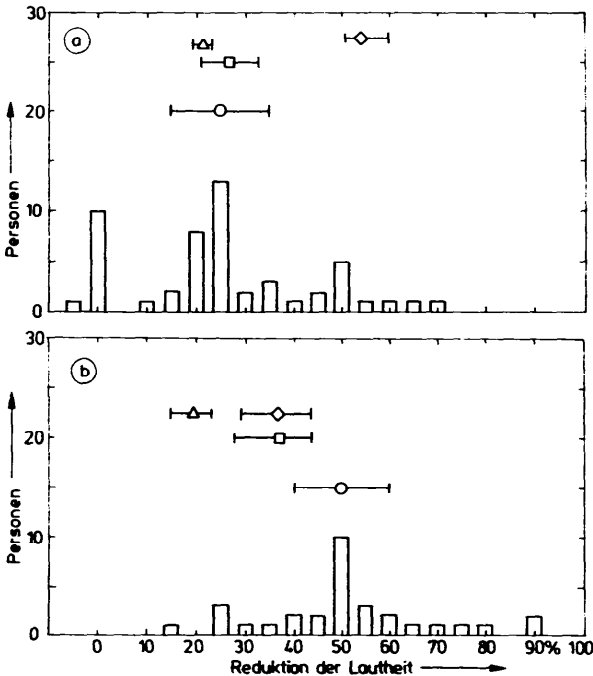


Abb. 2: Von 83 betroffenen Personen subjektiv beurteilte Reduktion der Lautheit von Verkehrslärm durch Einführung eines Fahrverbotes für "laute" LKW. Angaben von 52 Anliegern des Verkehrsweges (Teilbild a, Gruppe A) und von 31 etwas entfernter wohnenden Personen (Teilbild b, Gruppe B). Zentralwerte und Wahrscheinliche Schwankungen der subjektiven Urteile (Kreise), Verhältnisse der gemessenen Perzentillautheit N_5 (Dreiecke), der gedrosselten Lautheit N_g (Quadrate) und der Schallenergie (Rhombe).

Für die Abschätzung der Wirksamkeit eines Fahrverbotes für "laute" LKW ist die subjektive Lärminderung für die stark vom Verkehrslärm betroffenen Personen, die nahe am Verkehrsweg wohnen, besonders interessant. Dieser Personenkreis gibt im Mittel eine Reduktion um 25%, d.h. auf 3/4 des Ausgangswertes an (Teilbild 2a). Diese Minderung kann mit den in den Meßpunkten MP 1 und MP 2 gemessenen Perzentilwerten N_5 und den berechneten gedrosselten Lautheiten ausgezeichnet nachgebildet werden. Durch die aus dem äquivalenten Dauerschallpegel abgeleitete Reduktion der Schallenergie wird dagegen die erzielte Lärminderung deutlich überschätzt.

In größerer Entfernung von der Lärmquelle wird das Urteil der Personen durch das Hintergrundgeräusch deutlich beeinflusst. Aufgrund der maskierenden Wirkung des Hintergrundgeräusches ergibt sich eine höhere Reduktion der wahrgenommenen Lautstärke des Verkehrslärms auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes (Teilbild 2b). Diese Abnahme kann durch die berechneten Werte der gedrosselten Lautheit in etwa nachgebildet werden, während die gemessene Perzentillautheit N_5 durch das Hintergrundgeräusch bestimmt wird und damit die subjektive Verbesserung deutlich unterschätzt. Mit zunehmendem Abstand von der Quelle wird das Geräusch gleichförmiger und die subjektiv wahrgenommene Lautstärkereduktion kann in diesem Fall durch die aus den äquivalenten Dauerschallpegeln errechneten Werte in etwa nachgebildet werden. Allerdings gilt dies nur für ein Gebiet mit ohnehin geringer Lärmbelastung.

Zusammenfassung: Durch die Einführung eines Fahrverbotes für "laute" LKW hat sich im untersuchten Fall die Lärmbelastung der betroffenen Bürger reduziert. Nahe dem Verkehrsweg wohnende Personen geben eine Reduktion um etwa 25% an. Für diese Personengruppe bestimmt die Abnahme der Anzahl der "lautesten" Schallereignisse das Ausmaß der Lärminderung. Die Reduktion der wahrgenommenen Lautstärke kann deshalb in Einklang mit Literaturdaten (Fastl 1989, Fastl et al. 1991) durch Messung der Perzentillautheit N_5 mit einem Lautheitsmesser nach Zwicker et al. (1985) sehr gut quantitativ nachgebildet werden. Die aus dem äquivalenten Dauerschallpegel abgeleitete Schallenergie überschätzt dagegen die Lärminderung deutlich. Weiter entfernt wohnende Personen geben eine höhere Reduktion der Lautheit auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes an. Hier beeinflusst die maskierende Wirkung des Hintergrundgeräusches die erzielte Lärminderung. Die subjektive Beurteilung der Lautstärkereduktion kann deshalb durch die berechneten Werte der gedrosselten Lautheit besser nachgebildet werden. Für diese vom Verkehrslärm wesentlich weniger betroffene Personengruppe kann die subjektiv empfundene Abnahme der Lautstärke in diesem Fall auch durch die Reduktion der A-bewerteten Schallenergie ausgedrückt werden.

Der Autor dankt Herrn Prof. Dr.-Ing. H. Fastl für wertvolle Anregungen. Diese Arbeit wurde im Rahmen des SFB 204 "Gehör", München, gefördert.

Literatur:

- Fastl, H. (1989) Average loudness of road traffic noise. In: Proc. inter-noise '89, Vol. II, 815-820.
- Fastl, H., Widmann, U., Kuwano, S., Namba, S. (1991) Zur Lärmbekämpfung durch Geschwindigkeitsbegrenzungen. In: Fortschritte der Akustik, DAGA '91, DPG-GmbH, Bad Honnef, 449-452.
- Zwicker, E., Deuster, K., Peisl, W. (1985) Loudness meters based on ISO 532 B with large dynamic range. In: Proc. inter-noise '85, Vol. II, 1119-1122.
- Zwicker, E. (1987) Berechnung partiell maskierter Lautheiten auf der Grundlage von ISO 532 B. In: Fortschritte der Akustik, DAGA '87, DPG GmbH, Bad Honnef, 181-184.