

## **Umweltbelastung durch Verkehrsgeräusche sowie Aspekte der Schallausbreitung und Schallabsorption in Straßenschluchten**

J. Feldmann, M. Möser, R. Volz. Institut f. Technische Akustik, Technische Universität Berlin

### **Beeinträchtigung durch Verkehrsgeräusche**

Kontinuierlich durchgeführte Umfragen [1] belegen eine seit Jahrzehnten hohe Beeinträchtigung der Bevölkerung in Deutschland durch Lärm, dabei spielt der Straßenverkehrslärm eine dominierende Rolle, wobei in städtischen Ballungsgebieten oft eine Summenwirkung von Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm zu berücksichtigen ist. Die Lärmwirkungen sind hinreichend bekannt [2]. Unmittelbare Folgen sind z. B. die Beeinflussung des Schlafes, der Rekreation, der Kommunikation und die Auswirkungen auf das Wohn- und Sozialverhalten. Mittelbare Einflüsse existieren hinsichtlich Leistung, Produktivität, Sicherheit und Lebensqualität. Langfristig können sich gesundheitliche Folgen einstellen, so hat das Bundesgesundheitsamt ein tendenzielles Ansteigen des Herzinfarktrisikos bzgl. Straßenverkehrslärms mit Mittelungs-Schalldruckpegeln von 65 ...70 dB(A) (tagsüber, außen) festgestellt. Diese Werte werden in vielen Metropolen Europas überschritten. Angaben des SenatStadtUm zufolge [3], sind rund 95 % des Hauptverkehrs-Straßennetzes in der Innenstadt von Berlin tagsüber mit Pegeln über 65 dB(A) belastet, etwa 4 % der Straßen weisen sogar Mittelungspegel über 80 dB(A) auf.

### **Belastung durch Verkehrsgeräusche**

Obwohl durch eine zunehmende Verschärfung der EU-weit geltenden Emissionsgrenzwerte [4], einige Erfolge bei der technischen Geräuscheminderung an den Fahrzeugen erreicht werden konnten, ist die Belastung der Bevölkerung durch Verkehrsgeräusche im Laufe der Zeit nicht signifikant geringer geworden. So ist, basierend auf real ermittelten Verkehrszahlen, im Zeitraum zwischen 1975 und 1995 eine Steigerung des mittleren Emissions-Schalldruckpegels nach RLS 90 in Abhängigkeit vom Straßentyp von 1.4 dB(A) an Kreisstraßen und 2.5 dB(A) an Autobahnen berechnet worden [5], in deutschen Großstädten wurde im gleichen Zeitraum sogar eine Erhöhung von 3 dB(A) festgestellt [6]. Die wichtigsten Gründe für diese Entwicklung liegen einmal auf der Fahrzeugseite [4]. Durch eine tendenzielle Zunahme der reinen Reifenrollgeräusche (ab ca. 40 km/h, hierzu wird eine weitere Richtlinie angestrebt), Einflüsse, wie z. B. die Fahrweise, die in dem genormten Meßverfahren für die Emissionenkennwerte nicht adequat berücksichtigt werden und durch einen zu langsamen Austausch von alten in neue Kfz.-Typen (man rechnet mit 5 bis 10 Jahren) konnte mit den Grenzwerten nicht Schritt gehalten werden. Zum anderen wurden technische Errungenschaften immer wieder kompensiert durch die ständige Zunahme der Verkehrsmenge (so waren 1999 in Deutschland alleine 50 Millionen PKW zugelassen, 1980 betrug diese Zahl erst 27 Millionen), insbesondere aber durch die Zunahme der Verkehrsleistungen in Form der gefahrenen Personen-km beim Individualverkehr bzw. Tonnen-km beim Straßengüterverkehr [7]. Darüberhinaus wurde gerade in Ballungsgebieten durch planerische Maßnahmen vielerorts mehr Verkehr, vorallem hinsichtlich des Nutzfahrzeuganteils, auf die Hauptstraßen verlagert.

### **Zielsetzungen**

Das Umweltbundesamt (UBA) vertritt die Auffassung, daß der Mittelungs-Schalldruckpegel zur Sicherstellung des allgemein anerkannten sozialen Wertes "frei von Belästigungen leben zu können" am Tage außen 50 dB(A) nicht überschreiten sollte. Kurzfristig wird bezüglich des

## Symposium „LärmSenken“

Straßenverkehrslärms gefordert, die Belastungen durch Mittelungspegel über 65 dB(A) abzubauen. Längerfristig sollten die Immissionsgrenzwerte der Verkehrslärm-Schutzverordnung (16 BImSchV) auch an bestehenden Verkehrswegen eingehalten werden, d.h., für Wohngebiete tagsüber ein Wert von 59 dB(A) und nachts einer von 49 dB(A). Diese Zielvorstellungen [8] erfordern eine reale Senkung der Verkehrslärmbelastung an vielen Hauptverkehrsstraßen von 10 bis 15 dB(A), wobei man sich einig darüber ist, daß diese Größenordnungen nur noch durch integrierte Gesamtkonzepte zu erreichen sind, die darüberhinaus die Umweltbelastungen insgesamt berücksichtigen. Unter diesem Aspekt paßt sich das geplante Projekt LärmSenken [9] mit seinem Naturierungskonzept in hervorragender Weise ein, es verbindet objektive Ansätze technischer und planerischer Art mit Aspekten der subjektiven Belästigungswirkungen unter Wahrung ökologischer, ökonomischer und gestalterischer Gesichtspunkte.

### **Einordnung der Naturierung in den Kontext**

Zur Minderung der Geräuschbelastung durch Straßenverkehr, stehen eine ganze Reihe bekannter Werkzeuge zur Verfügung [10], wie technische Maßnahmen an den Quellen, Verkehrsmengenbeeinflussung, Stadtgebietsplanungen, Verkehrswegeplanung und -lenkung, Maßnahmen auf dem Ausbreitungsweg und an den Gebäuden. Letzterer Aspekt, von dem hier im weiteren die Rede sein soll, setzt an bei physikalischen Effekten wie z. B. Schallreflexionsminderung und Erhöhung von Schalldämmwerten der Bauwerke. Naturierung auf der Basis moderner technischer Vegetationssysteme bietet hierzu einen Ansatz. Neben der möglichen Wirkung auf quellnahe Gebiete, macht Sie da Sinn, wo ein hoher Reflexionsanteil vorhanden ist, nämlich in den Straßenschluchten verdichteter Wohnbebauungen in Ballungsgebieten.

### **Schallausbreitung in Straßenschluchten**

Bei der Schallausbreitung in Straßenschluchten bzgl. eines Immissionsortes hat man es prinzipiell mit drei Schallfeldanteilen zu tun:

- Direktschall,
- Bodenreflexionen
- und Fassadenreflexionen.

Diese Anteile unterliegen verschiedenen Dämpfungseinflüssen, nämlich:

- sog. "Energieverdünnung", d.h., die von der Quelle abgestrahlte Schallenergie verteilt sich mit zunehmender Entfernung geometrisch auf immer größere Flächen. Handelt es sich um Einzelquellen beträgt diese Abnahme 6 dB pro Entfernungsverdopplung, bei Linienquellen, also bei einer stark befahrenen Straße oder bei einem längeren Straßenbahnzug, rechnet man mit 3 dB pro Entfernungsverdopplung.
- Weiterhin unterliegt der Schall einer Ausbreitungsdämpfung durch das Medium selber (Dissipation). Dieser Effekt, der frequenzabhängig ist, ist für die in Straßenschluchten typischen Entfernungen und bei Verkehrsgeräuschen deren Hauptfrequenzanteil zwischen 500 Hz und 1000 Hz liegt, i. a. vernachlässigbar, man könnte hier für 100 m Ausbreitungsweg mit etwa 0.2 bis 0.4 dB Pegelminderung rechnen [11].
- Jede reale Reflexionsfläche, sei es eine Straßenoberfläche oder eine Häuserwand, entzieht dem auftreffenden Schall durch Absorption Energie, was bedeutet, daß der Schall umso schwächer wird, je öfter er reflektiert wird. Aus diesem Grund haben besonders die ersten energiereichen Reflexionen noch einen größeren Anteil am Gesamtschall eines Immissionsortes.

In den einschlägigen Regelwerken [11] berücksichtigt man die beschriebenen Effekte, die übrigens prinzipiell auch für Situationen mit Lärmschutzwänden gelten, wie folgt:

Die erste Reflexion wird als sog. Spiegelquelle des Originals betrachtet, dessen Schalleistungspegel (Emissionskennwert) je nach Absorptionseigenschaften vermindert ist:

## Symposium „LärmSenken“

$$LW_{\text{Spiegel}} = LW_{\text{Original}} - DR$$

mit  $LW_{\text{Original}}$  = Schalleistungspegel der Originalquelle in dB(A)

$DR$  = Reflexionsverlust:

0...1 dB(A) bei glatten Wänden (z. B. Glasfassaden)

1...2 dB(A) bei strukturierteren Wänden (z. B. Hausfront mit Balkonen)

1 dB(A) bei reflektierenden Lärmschutzwänden

4 dB(A) bei absorbierenden Lärmschutzwänden

8 dB(A) bei hochabsorbierenden Lärmschutzwänden.

Die Spiegelquelle wird, soweit die Ausbreitungsgeometrie der Bedingung  $h_{\text{Beb}} > 0.3 (a_r)^{1/2}$  ( $h_{\text{Beb}}$  = mittlere Höhe der reflektierenden Fläche oder mittlere Bebauungshöhe,  $a_r$  = Abstand zwischen Quelle und Reflektor) genügt, wie eine neue zusätzliche Schallquelle behandelt. Die Bodenreflexionen werden in Abhängigkeit zur Art der Fahrbahnoberfläche mit einem Korrekturwert zum Originalschall addiert [11], als Referenz dient die normale nicht geriffelte Asphaltdecke. Bei geschlossener Bebauung (Lückenanteil < 30 %), d. h. bei mehr als einer Begrenzungsfläche, werden alle weiteren Reflexionen (Mehrfachreflexionen) pauschal in einer Erhöhung des Schalldruckpegels am Immissionsort berücksichtigt und zwar: wenn die reflektierenden Flächen nicht absorbieren

$$DR_{\text{refl,mehrf}} = 4 h_{\text{Beb}}/w \text{ dB(A)} \quad (\text{max. } 3.2 \text{ dB(A)}) ;$$

wenn die reflektierenden Flächen normal absorbieren

$$DR_{\text{refl,mehrf}} = 2 h_{\text{Beb}}/w < \text{dB(A)} \quad (\text{max. } 1.6 \text{ dB(A)})$$

( $w$  = Abstand der reflektierenden Flächen untereinander oder auch Baufluchtenabstand). Bei hochabsorbierenden Begrenzungsflächen wird dieser Term vernachlässigt. Im ungünstigsten Fall kann damit bei normalen Straßen- und Bauwerksflächen der Immissions-Schalldruckpegel aufgrund von Reflexionen insgesamt um rund 6 dB(A) erhöht sein, dieser Wert stellt gleichzeitig das theoretisch mögliche Minderungspotential durch Absorption bei geschlossener Bebauung dar.

### Minderungspotential der Naturierung

Naturierung setzt an reflektierenden Verkehrsbegleitflächen an, das kann wie bei Straßenbahntrassen nah am Boden und damit quellnah sein, an Lärmschutzwänden, an Dachbereichen oder aber an den Vertikalen der Bauwerke. Wichtig ist, daß dabei das Potential moderner technischer Vegetationssysteme genutzt wird, denn man weiß aufgrund umfangreicher Messungen aus der Vergangenheit [12], daß die schallmindernde Wirkung von natürlichem Bewuchs in Straßenschluchten relativ gering und außerdem jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Die mit einer Schallausbreitungssoftware durchgeführten Simulationsrechnungen auf der Basis der schon jetzt verfügbaren Horizontalsysteme, führen auf vielversprechende Ergebnisse [9]. Die errechneten Effekte sind umso größer, je besser das Vegetationssystem auf das typische Spektrum der Geräuschquelle abgestimmt ist, je größer die beaufschlagten Begrenzungsflächen sind, je kleiner der Bebauungsabstand und je höher der Immissionsort gelegen ist. Bild 1 zeigt zunächst das meßtechnisch ermittelte Absorptionsvermögen bekannter Naturierungssysteme im Vergleich mit herkömmlichen Materialien sowie ein typisches Luftschallspektrum von Straßenverkehrsgeräuschen. In Bild 2 sind die berechneten Pegelminderungen für zwei verschiedene Naturierungsarten, zwei Baufluchtvarianten und drei verschiedene Immissionsorthöhen dargestellt, dabei wurde jeweils ein 400 m langer Straßenabschnitt mit 20 m Bebauungshöhe auf beiden Seiten naturiert. Bild 3 zeigt den Einfluß einer verkleinerten Naturierungsfläche bei sonst gleichbleibenden Bedingungen. Bild 4 präsentiert schließlich den Einfluß einer quellennahen Naturierung am Beispiel einer Straßenbahntrasse, wobei der Anteil der Kfz-Geräuschimmissionen nur entsprechend gering vermindert wird. Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß man je nach Art und Umfang mit modernen Naturierungssystemen signifikante Pegelminderungen in Straßenschluchten von 3 bis 4 dB(A) erreichen kann, was rechnerisch mindestens einer

Symposium „LärmSenken“

Halbierung der Verkehrsmenge oder einer Senkung der Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf etwa 30 km/h (bei gleichbleibender Verkehrsstärke und einem angenommenen LKW-Anteil von 10%) entsprechen würde.

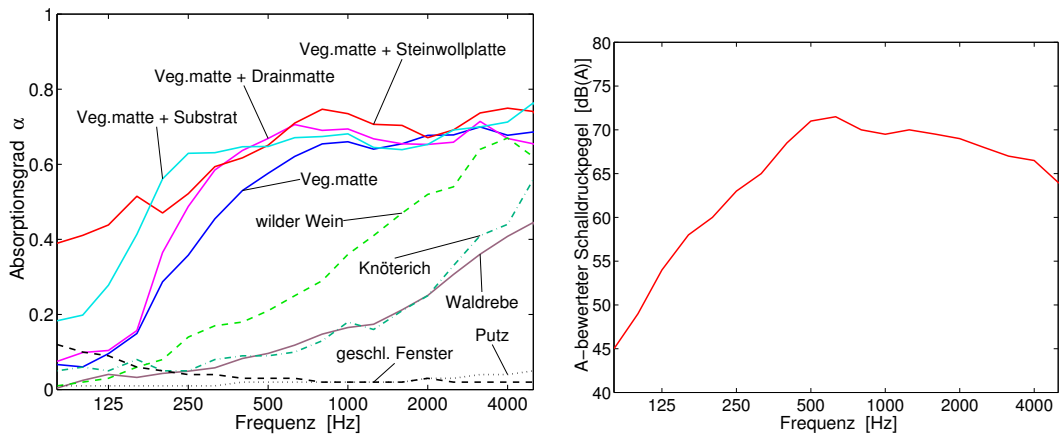


Bild 1: Absorptionsgrad von Naturierungsaufbauten n. DIN EN 20354. Eigene Messungen (durchgezogene Linien) und aus Literatur (gestrichelt). Rechte Seite: Typisches A-bewertetes Straßenverkehrsgeräusch.

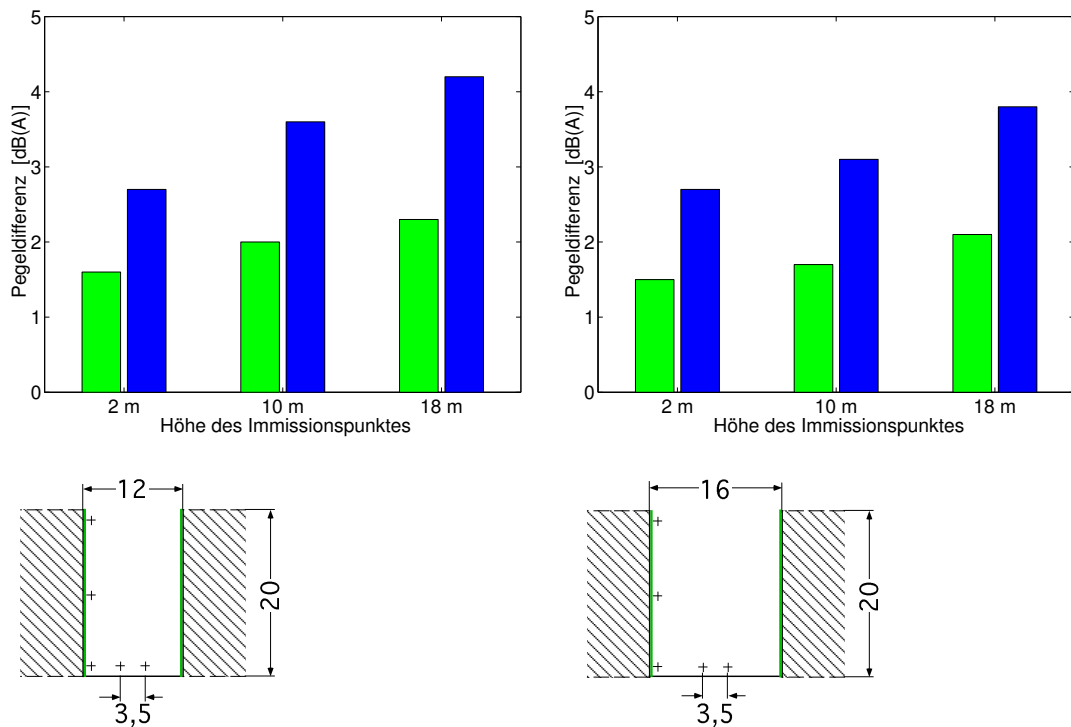


Bild 2: Pegelminderungen in dB(A) für zwei Vertikalnaturierungen (grün (grau): wilder Wein, blau (sw): Vegetationsaufbau mit Drainmatte) über 400 m Länge und 20 m Höhe beidseitig und zwei verschiedene Baufluchtenabstände (s. untere Bilder) in Abhängigkeit von der Höhe des Immissionsortes.

Symposium „LärmSenken“

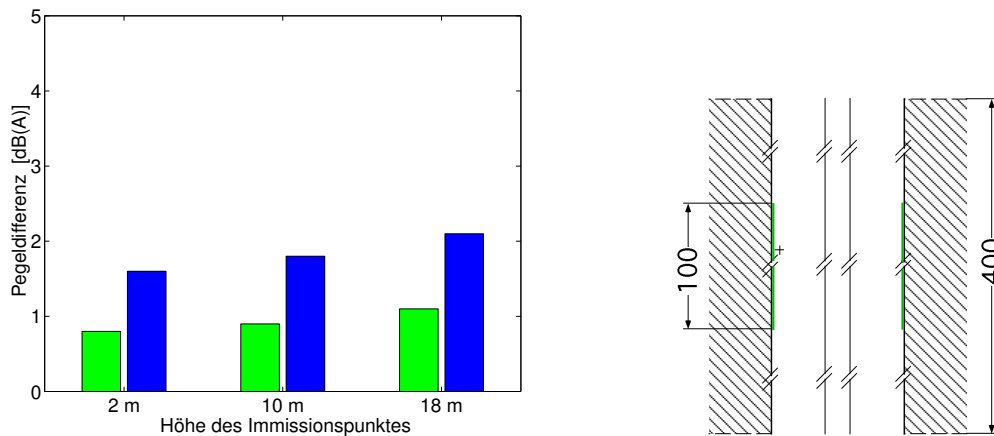


Bild 3: wie Bild 2 rechts (Baufluchtenabstand 16 m), aber Naturierung vertikal, einseitig auf Immissionspunktseite über eine Höhe von 20 m und eine Länge von nur 100 m.

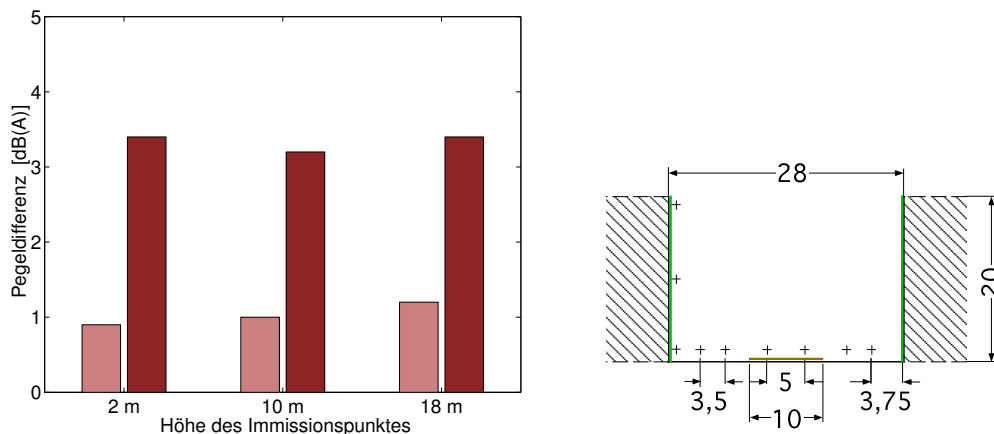


Bild 4: Pegelminderung in dB(A) durch Gleisbettnaturierung mittels Vegetationsaufbau mit Drainmatte in der Mitte der Straße auf eigener Trasse (10 m Breite) bei verschiedenen hoch gelegenen Immissionsorten. Referenz: In Straßenfahrbahn eingebettete Gleise. Dunkelbraun (sw): Anregung nur durch Straßenbahn, hellbraun (grau): Anregung nur durch Kfz-Verkehr. Keine Fassadennaturierung.

Literatur

[1] Ortscheid, J. (1996): Daten zur Belästigung der Bevölkerung durch Lärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43, S. 15-23.  
 [2] VDI 3722 (1988): Wirkungen von Verkehrsgläuschen. Beuth Verlag GmbH, Berlin.  
 [3] Umweltatlas Berlin (1998): Band 3, Bereich Verkehr/ Lärm. Hrsg. SenatStadtUm Berlin. Kulturbuchverlag, 12351Berlin.  
 [4] Stenschke, R., Jäcker, M. (1996): Einfluß von Reifen und Fahrbahnen auf das Reifen/ Fahrbahngeräusch von Kraftfahrzeugen und administrative Maßnahmen zur Verminderung. Symposium Innovative Ideen zur Minderung der Kfz-Rollgeräusche. BLU/ DEGA/ VDI, München 10/11. Juni 1996.  
 [5] Ullrich, S. (1998): Lärmbelastung durch den Straßenverkehr. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 45 Nr. 1, S. 22-26.  
 [6] Stevens, H. (1996): Gedanken zur Verkehrslärminderungsstrategie nach der Jahrtausendwende. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43, S. 164-169.  
 [7] Verkehr in Zahlen (1999). Hrsg. BMV. Deutscher Verkehrsverlag, Hamburg.  
 [8] Jäcker, M. (1993): Integrierte Gesamtkonzepte zur Verkehrslärmbekämpfung. Berichtsband DAGA'93, S. 130-137. DBG-Verlag, Bad Honnef.  
 [9] LärmSenken- Machbarkeitstudie und F%E-Antrag (1999/ 2000). Interdisziplinäres Projekt. Koord. Zentrum Technik Gesellschaft (ZTG)/ Techn. Univ. Berlin.  
 [10] Kürer, R. (1982): Neue Möglichkeiten gegen den Straßenverkehrslärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 29, S. 163-173.  
 [11] RLS 90 (1990) Hrsg. BMV; Schall 03 (1990) Hrsg. DB AG; DIN 18005 Schallschutz im Städtebau (1987/91); VDI 2714 Schallausbreitung im Freien (1988).  
 [12] Buchta, E., et al. (1984): Lärmindernde Wirkung von Bewuchs in Straßenschluchten und Höfen. FB BMI 84-10504/401, Inst. f. Lärmschutz, Düsseldorf.