

Messung der Zusatzdämpfung von Schienenverkehrsgeräuschen bei der Ausbreitung durch bebaute Gebiete

M. Ertl, R. Liegl, U. Möhler
 Möhler + Partner, Schwanthalerstr. 79, 80336 München

1. Einführung

Zur Ermittlung der Zusatzdämpfung bei der Ausbreitung von Schienenverkehrsgeräuschen in bebauten Gebieten gegenüber der Schallausbreitung in unbebauten Gebieten wurden im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Geschäftsbereich Basis - Technologie, BT 51, im Jahr 1996 an mehreren Bahnlinien Querschnittsmessungen durchgeführt. Ziel der Untersuchung war es, einen Berechnungsansatz für die Bebauungsdämpfung unter Berücksichtigung der Einflußfaktoren "Bebauungsdichte", "Bebauungshöhe", "Bebauungstiefe" und "aktive Schallschutzmaßnahmen" zu entwickeln. Zu diesem Zweck erfolgten Schallmessungen an 2 Querschnitten ohne Schallschutzwand in aufgelockerter und dichter Bebauung, sowie auf einem Areal ohne Bebauung. Auf der Basis der Meßergebnisse soll ein rechnerischer Bezug zwischen den jeweiligen Ausbreitungsbedingungen und den gemessenen Zusatzdämpfungen gegenüber den Rechenwerten der Schall 03 Ausgabe 1990 [1] hergestellt werden, der eine Berücksichtigung der Bebauungsdämpfung in der Schall 03 ermöglicht. Ein Korrekturterm für Bebauungsdämpfung ist in dieser Richtlinie bislang nicht enthalten. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

2. Begriffsdefinitionen

Parameter Bebauungsdichte B , mittlere Bebauungshöhe h_B und Bebauungstiefe s sind in Richtlinien bislang nicht explizit definiert. Für die Untersuchung wurden folgende Definitionen verwendet:

Die Bebauungsdichte B in einem Areal entspricht der bebauten Fläche im Vergleich zur Gesamtfläche entsprechend der schematischen Darstellung in Bild 1.

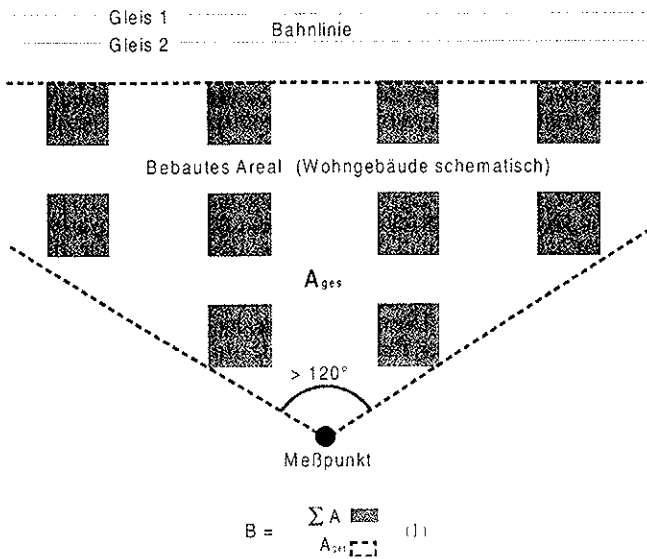


Bild 1: schematische Darstellung der Bebauungsdichte B

Als mittlere Bebauungshöhe h_B wird die vorherrschende Giebelhöhe der Gebäude im bebauten Gebiet anhand der Geschosshöhen nach Schall 03, aufgerundet auf ganze Meter, angesetzt. Die Bebauungstiefe s entspricht (idealisiert) der senkrechten Wegstrecke zwischen der vorderen der Bahn zugewandten Gebädefassade bis zum Messpunkt (vgl. Bild 2).

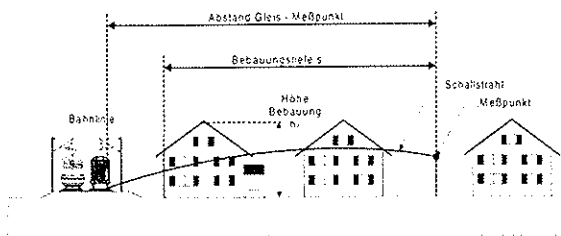


Bild 2: Prinzipdarstellung der mittleren Bebauungshöhe h_B , der Bebauungstiefe s sowie des Schallweges durch die Bebauung

3. Meßgebiete

Zur Durchführung der Messungen wurden 2 Meßquerschnitte in der Gemeinde Vaterstetten an der Bahnlinie München-Salzburg und 3 Meßquerschnitte in der Stadt Bürstadt an der Bahnlinie Frankfurt-Mannheim ausgewählt. Beide Bahnlinien sind als Hauptstrecken einzustufen.

Meßort	B	h_B	Abstand MP** zur Bahn [m]	Höhe MP über Gelände [m]***
Vaterstetten				
Querschnitt 1	0,15	7	25/50/100/200	3,5/6,3/9,1
Querschnitt 2	0,12	10	25/50/100/150	3,5/6,3/9,1
Bürstadt				
Querschnitt 3*	-	-	25/50/100/150	3,5
Querschnitt 4	0,25	10	25/50/100/150	3,5/6,3/9,1
Querschnitt 5	0,40	10	25/50/100/150	3,5/6,3/9,1
gemessene Vorbeifahrten:				ca. 600
ausgewertete Vorbeifahrten:				410

* Vergleichsmessung ** MP = Meßpunkt

*** 25m-Meßpunkt jeweils in $h = 3,5$ m über Schienenoberkante

Tab. 1: Meßquerschnitte / Mikrophonstandorte

Im Meßgebiet Vaterstetten sind entlang der Bahn keine Schallschutzwände angeordnet. Im Stadtgebiet von Bürstadt befinden sich beiderseits der Bahn Schallschutzwände mit einer Höhe von 2,0 m über Schienenoberkante. Die Schienen beider Bahnlinien wurden vor Durchführung der Messungen nach dem Verfahren „besonders überwachtes Gleis“ geschliffen.

4. Messungen und Erhebungen

Als Meßgröße für alle Meßpunkte wurde der Einzelereignispegel L_i gemäß dem Entwurf der DIN 45 642 „Messung von Verkehrsgeräuschen [2]“ gewählt. Die Meßdatenaufzeichnung erfolgte für alle Meßpunkte je Meßquerschnitt simultan A-bewertet und linear. Der Schienenzustand wurde durch Messungen des Schallmeß-Wagens des BT 51 vor Durchführung der Querschnittsmessungen dokumentiert. Die örtlichen Gegebenheiten sowie das verkehrende Zugmaterial wurden begleitend zu den Messungen erhoben.

5. Auswertungen

Die aufgezeichneten Vorbeifahrten wurden nach dem Rechenalgorithmus der Schall 03 normiert, um Quervergleiche zu ermöglichen. Der Grundwert nach Schall 03 wurde unter Berücksichtigung eines Pegelabschlages von 3 dB(A) für das besonders überwachte Gleis mit 48 dB(A) angesetzt. Die für einen Meßpunkt gewonnenen normierten Einzelereignispegel wurden über alle Zuggattungen und Vorbeifahrten energetisch gemittelt. Aus der Pegeldifferenz zu den Rechenwerten nach Schall 03 ergibt sich die Zusatzdämpfung durch Bebauung.

6. Ergebnisse der Schallmessungen

6.1 Zusätzliche Pegelminderung ohne aktive Schallschutzmaßnahmen (Meßquerschnitte 1 und 2)

Die Messungen an beiden Meßquerschnitten ergaben im Nahbereich der Bahn am 25 m bzw. 50 m-Meßpunkt um 2 bis 4 dB(A) höhere Mittelungspegel, als dies eine Rechnung nach Schall 03 erwarten läßt. Die Begründung hierfür ergibt sich aus der, in den Pegelschrieben des Schallmeß-Wagens dokumentierten, erhöhten Schallabstrahlung des Gleisoberbaues in derselben Größenordnung. In größerem Abstand zur Bahn ergaben sich Pegelminderungen von ca. 14 dB(A) (Querschnitt 1) und ca. 11 dB(A) (Querschnitt 2) gegenüber den Rechenwerten der Schall 03. In Bild 3 wird die Pegelminderung durch Bebauung anhand des Meßquerschnittes 2 in Abhängigkeit von der Bebauungstiefe für die Meßhöhen 3,5 m, 6,3 m und 9,1 m über Gelände dargestellt. Weiterhin ist die Pegelminderung über den Meßquerschnitt durch eine lineare Anpassungsfunktion nachgebildet. Unter Einbezug der Bebauungsdichte $B = 0,12$ und der Bebauungshöhe $h_B = 10$ m als lineare Faktoren in der Gleichung ergibt sich für das Bebauungsdämpfungsmaß der rechnerische Zusammenhang

$$d_{B,s} = -0,10 * h_B * B * s \text{ [dB(A)]} \quad (2)$$

Dieser Berechnungsansatz wird durch die Ergebnisse aus den Messungen am Querschnitt 1 bestätigt.

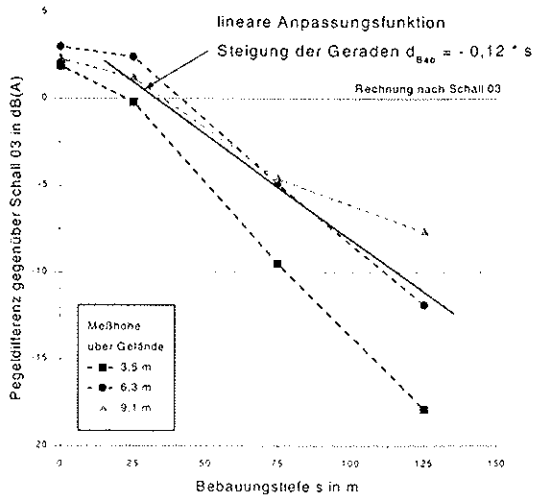


Bild 3: Meßquerschnitt 2, $B = 0,12$, $h_B = 10$ m, ohne Schallschutz

6.2 Freifeldmessung mit aktiven Schallschutzmaßnahmen (Meßquerschnitt 3, ohne Bebauung)

Die Abschirmrechnung nach Schall 03 wurde anhand einer Vergleichsmessung an einem Streckenabschnitt mit Schallschutzwand, jedoch ohne dahinter liegender Bebauung verifiziert (Meßquerschnitt 3). Da eine gute Übereinstimmung der gemessenen Schallpegel mit den Rechenwerten nach Schall 03 vorlag, konnte davon ausgegangen werden, daß die zur Auswertung der Meßquerschnitte in Ansatz gebrachte Abschirmrechnung nach Schall 03 auf die vorliegende Situation anwendbar ist.

6.3 Zusätzliche Pegelminderung mit aktiven Schallschutzmaßnahmen (Meßquerschnitte 4 und 5)

Über beide Meßquerschnitte ergab sich im Vergleich zu den errechneten Pegeln eine kontinuierlich zunehmende Pegelminderung. Bei einer Bebauungstiefe von 125 m betrug die zusätzliche Pegelminderung am Meßquerschnitt 4 ($B = 0,25$) ca. 8 dB(A), am Meßquerschnitt 5 ($B = 0,40$) ca. 12 dB(A). Die Ergebnisse für den Meßquerschnitt 5 sind in Bild 4 analog zu Bild 3 dargestellt. Der Pegelschrieb des Schallmeßwagens zeigt für den betrachteten Streckenabschnitt eine Unterschreitung des Grundwertes von 48 dB(A) um bis zu 2 dB(A), woraus sich die im Mittel etwas niedrigeren Emissionspegel am Referenzmeßpunkt begründen.

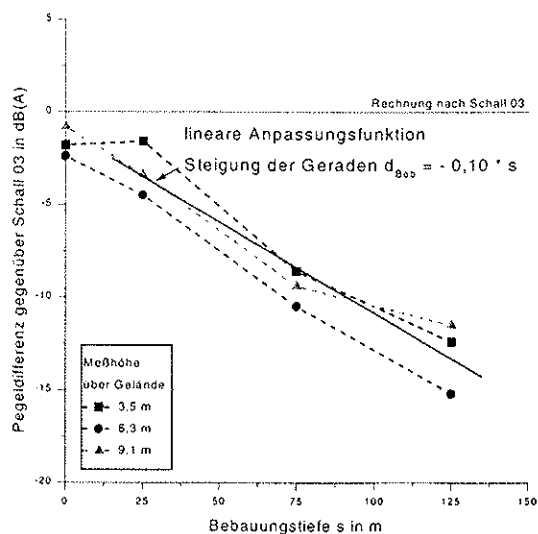


Bild 4: Meßquerschnitt 5, $B = 0,40$, $h_B = 10$ m, mit Schallschutzwand $h = 2,0$ m über Schienenoberkante

Unter Berücksichtigung von $B = 0,40$ und $h_B = 10$ m entsprechend Gleichung 2 ergibt sich für d_{Beb} der Zusammenhang

$$d_{Beb} = -0,03 \cdot h_B \cdot B \cdot s \text{ [dB(A)]} \quad (3)$$

Die am Meßquerschnitt 4 gewonnenen Ergebnisse führen zu einer vergleichbaren Anpassungsfunktion.

7. Zusammenfassung der Berechnungsansätze

Für die Einbindung der Berechnungsansätze in die Schall 03 erscheint eine Zusammenführung der Gleichungen 2 und 3 notwendig. Die u. a. Gleichung 4 ist bezüglich der Koeffizienten auf das Berechnungsmodell „Teilstückverfahren“ abgestimmt und basiert auf der Annahme, daß das Maß der Bebauungsdämpfung d_{Beb} in einem exponentiellen Zusammenhang zur Höhe der Schallschutzwand steht.

$$d_{Beb} = \left(-0,01 - 0,08 \cdot e^{-h_{\text{Schallschutzwand}}} \right) \cdot h_B \cdot B \cdot s \text{ [dB(A)]} \quad (4)$$

Dieser Berechnungsansatz führt einerseits zu den gemessenen zusätzlichen Pegelminderungen der oben beschriebenen Meßreihen, andererseits bei einer „beliebig hohen“ Schallschutzwand und einer (verbreiteten) Bebauungshöhe von 10 m zum Berechnungsalgorithmus der ISO/DIS 9613-2.2 [3]. Es wird vorgeschlagen, den wirksamen Schallweg durch die Bebauung mit einem 5 km-Radius des Schallstrahles von der Quelle zum Berechnungspunkt unter Abzug der 1. Gebäudereihe anzusetzen und diese mit einem Abschlag von 40 m auf die wirksame Schallweglänge, d. h. der Wegstrecke, auf der der Schallstrahl innerhalb der Bebauung verläuft, zu berücksichtigen. Als Maximalwert für d_{Beb} erscheint zur einheitlichen Behandlung von Situationen mit und ohne Schallschutz ein Wert von -10 dB(A) sinnvoll.

8. Ausblick

Mit den dokumentierten Meßergebnissen kann gezeigt werden, daß in bebauten Gebieten im allgemeinen von einer stärkeren Schallpegelabnahme auf dem Ausbreitungsweg auszugehen ist, als dies im Freifeld der Fall ist. Zudem belegen die Meßergebnisse, daß sich die Bebauungsdämpfung verringert, wenn der Bahn benachbart Schallschirme angeordnet sind. Anhand der Anpassungsfunktion (Gl. 4) können diese Zusammenhänge näherungsweise beschrieben werden.

Über die hier dokumentierten Meßergebnisse hinaus wäre es wünschenswert, den gefundenen Berechnungsansatz anhand weiterer Messungen zu verifizieren. Von besonderem Interesse ist hierbei der Einfluß unterschiedlicher Schallschutzwandhöhen sowie der Zusammenhang zwischen dem Abstand „Schallschutzwand - Gleis“ und der damit verbundenen Erhöhung bzw. Minderung des Bebauungsdämpfungsmaßes bei ansonsten gleichen Rahmenbedingungen.

Literatur:

- [1] Akustik 03, Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen - Schall 03, Ausgabe 1990, Deutsche Bahn AG, Frankfurt M
- [2] DIN 45 642 „Messung von Verkehrsgeräuschen, 11. Vorlage, Juli 1994, Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI
- [3] ISO/DIS 9613-2.2, Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors, Part 2: General method of calculation, Ausgabe 1994
- [4] VDI 2714, Schallausbreitung im Freien, Ausgabe 1988