

Lärmbewertung bei mehreren Verkehrsträgern

Michael Chudalla¹, Fabio Strigari¹, Wolfram Bartolomeaus¹

¹ Bundesanstalt für Straßenwesen, 51429 Bergisch Gladbach, E-Mail: chudalla@bast.de

Einleitung

Schall ist die physikalisch Bezeichnung mechanischer Schwingungen, die sich in einem elastischen Medium ausbreiten. Diese können im hörbaren Bereich vom Menschen wahrgenommen werden. Ob sie als angenehm oder störend wahrgenommen werden ist größtenteils subjektiv, also von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Dies findet auch Ausdruck in der Bezeichnung des wahrgenommenen Schalls. Wird er wohlwollend wahrgenommen, wird er z.B. als „Klang“ bezeichnet. Eine neutrale Bezeichnung ist „Geräusch“, negativ wahrgenommener Schall wird als „Lärm“ bezeichnet.

Der heutzutage als störend empfundene Verkehrs- und Industrielärm wurde zu Beginn der Industrialisierung noch nicht grundsätzlich als störend empfunden. Dies aufgrund der Tatsache, dass er noch nicht quasi flächendeckend und andauernd zu vernehmen war, sondern auch aufgrund positiver psychologischer Faktoren. Denn er stand für Aufbruch, Fortschritt, Wohlstand.

Ob ein „Geräusch“ zu „Lärm“ wird hängt also von Faktoren wie dem „Pegel“, der Einwirkdauer und der „spektralen Zusammensetzung“ ab.

Bei der Gesamtlärmbewertung von Kumulationssituationen beim Zusammenwirken mehrerer Verkehrsträger müssen also verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigt werden, sowie eine Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen stattfinden. Bekannte Methoden reichen von der energetischen Addition von Pegel-Einzahlwerten über spektrale Betrachtungen oder die Miteinbeziehung der Anzahl Betroffener bis zur „Lärmwirkungsforschung“.

In dieser Untersuchung wird anhand eines einfachen Szenarios von parallel verlaufender Straße und Bahnstrecke ein Vergleich zwischen den Berechnungs-/Bewertungsmethoden „energetische Summe“, „Frequenzspektrum“ und „VDI 3722-2“ angestellt.

Bewertungsmethoden

Es bestehen verschiedene Möglichkeiten zur Berechnung/Bewertung von Gesamtlärmsituationen. Im Folgenden sind einige davon mit einer kurzen Erklärung aufgeführt.

1. Energetische Summe

Über die „energetische Summe“ wird der aus n inkohärenten Schalldrücken ($L_{p,i}$) resultierende Schalldruckpegel wie folgt berechnet [1]:

$$L_{p \text{ sum}} = 10 \cdot \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{(0,1 \cdot L_{p,i})}\right) \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

Die energetische Summe stellt einen Einzahlwert zur Beschreibung eines Signals dar. Mit ihr kann keine Unterscheidung über den zeitlichen Verlauf oder die Frequenzzusammensetzung getroffen werden zweier Signale getroffen werden. Da sie keine Phasenbeziehung berücksichtigt, ist sie nicht geeignet um kohärente Signale zu aufzusummieren. Ihr Anwendungsgebiet ist die Bestimmung des Gesamtpegels mehrerer breitbandig und ohne tonale Komponenten abstrahlender Schallquellen. Als Beispiel hierfür sei der Straßenverkehrslärm genannt.

2. Spektrale Betrachtung

Zur Miteinbeziehung der Frequenzzusammensetzung ist eine spektrale Analyse notwendig. Hier werden die einzelnen Frequenzanteile einzeln in Anlehnung an Formel (1) aufsummiert. Als Ergebnis erhält man ein resultierendes Gesamtspektrum.

Dieses Gesamtspektrum kann als CPB Spektrum (Constant Percentage Bandwidth) je nach Erfordernissen 1/1-Oktav-, 1/3-Oktav- (Terz-) oder 1/n-Oktav-Bänder aufweisen.

Tabelle 1: Beispiel für 1/1-Oktav und 1/3-Oktav-Bänder [Hz]

Oktav-Bänder	63			125			250		
Terz-Bänder	50	63	80	100	125	160	200	250	315

Die obere (f_o) und untere (f_u) Grenzfrequenz eines 1/n-Oktavbandes lassen sich über

$$\frac{f_o}{f_u} = \sqrt[n]{2} \quad (2)$$

bestimmen.

Für eine exakte Frequenzbestimmung ist die Verwendung einer FFT-Analyse (Fast Fourier Transformation) angezeigt. Hier werden die Anteile an n Stützstellen eines linear unterteilten Frequenzbereiches Δf bestimmt.

$$df = \frac{\Delta f}{n - 1} \quad (3)$$

df: Frequenzschritt zwischen zwei benachbarten Stützstellen.

3. Lärmkennziffer (LKZ)

Die Lärmkennziffer ist eine kombinierte Methode aus dem Produkt einer Pegelüberschreitung über einen Schwellenwert und der Anzahl Betroffener (n) [2].

$$LKZ = \sum n \cdot (L_p - L_S) \quad (4)$$

L_p : Immissionspegel

L_S : Schwellenwert

Mit der Lärmkennziffer steht eine Methode zu Verfügung eine Vergleichbarkeit zwischen Stellen unterschiedlicher

Immissionspegel und Anzahl an Betroffenen herzustellen. Somit ist es möglich begrenzte Finanzmittel am sinnvollsten einzusetzen.

4. VDI 3722

Die VDI 3722 [3] ist in zwei Teile gegliedert. Der Teil 1 definiert Begriffe und beschreibt die Wirkung des Lärms auf den Menschen. Teil 2 stellt ein Verfahren zur verkehrsträgerübergreifenden Bewertung von Verkehrsgeräuschen von Schienen-, Straßen- und Luftverkehr vor. Hier werden die Lärmpegel, die vom Luftverkehr bzw. Schienenverkehr ausgehen über ihre Wirkung in Straßenverkehrspegel umgerechnet. Diese können dann einfach energetisch summiert werden. Mit diesem wirkungsäquivalenten Gesamtpegel lassen sich dann Aussagen über den Prozentsatz an insgesamt Belästigten und Schlafgestörten in der jeweiligen Region treffen.

Vergleich

Am Beispiel einer parallel verlaufenden Straße und Bahnstrecke wurden die Berechnungs-/Bewertungsmethoden „energetische Summe“, „Frequenzspektrum“ und „VDI 3722-2“ gegenübergestellt. Als Referenz diente die Variante 1 „freie Schallausbreitung“. In weiteren 4 Varianten wurden die verschiedenen Quellen einzeln oder zusammen mit Lärmschutzmaßnahmen versehen. Die Varianten sind in Abbildung 1 zusammengefasst dargestellt. Die Höhe der Lärmschutzwände wurde auf 4 m festgelegt. Die Flächen der Lärmschutzwände, die einer Quelle zugewandt sind, sind mit absorbierender Eigenschaft belegt. Der Vergleich wurde an zwei Immissionspunkten (bahnseitig sowie straßenseitig) betrachtet.

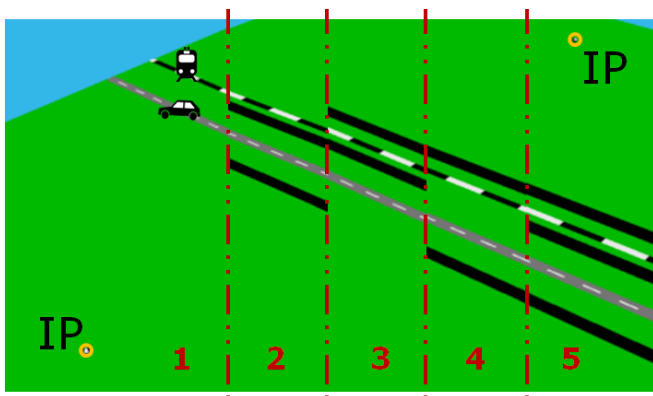


Abbildung 1: Darstellung der 5 Varianten für den Vergleich der Berechnungs-/Bewertungsmethoden. Variante 1: freie Schallausbreitung, Variante 2: Lärmschutzwände entlang der Straße, Variante 3: Lärmschutzwände entlang der Bahnstrecke, Variante 4: Straße und Bahn gemeinsamer Lärmschutzwand und Variante 5: Variante 4 mit zusätzlicher Lärmschutzwand zwischen Straße und Bahnstrecke.

Ergebnisse

Die nachfolgend ermittelten Ergebnisse am straßen- bzw. bahnseitigen Immissionspunkt der 4 Varianten mit Lärmschutzwänden wurden durch Differenzbildung mit der Referenzvariante 1 ermittelt. Negative Werte stellen eine

Verbesserung der jeweiligen Variante gegenüber der Variante der freien Ausbreitung dar. Grundlage der Untersuchung sind die im Berechnungsprogramm implementierten Normen und Richtlinien.

Natürlich wird mit jeder der Varianten 2-5 eine Verbesserung gegenüber der Variante 1 erzielt. Die interessanten Fragen sind jedoch einerseits, wie sich die Varianten 2-5 unterscheiden und welche Variante das beste Ergebnis erzielt, und andererseits, wie die drei untersuchten Methoden die jeweilige Situation abschätzen. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der energetischen Summe und der Berechnung nach VDI 3722-2 dargestellt.

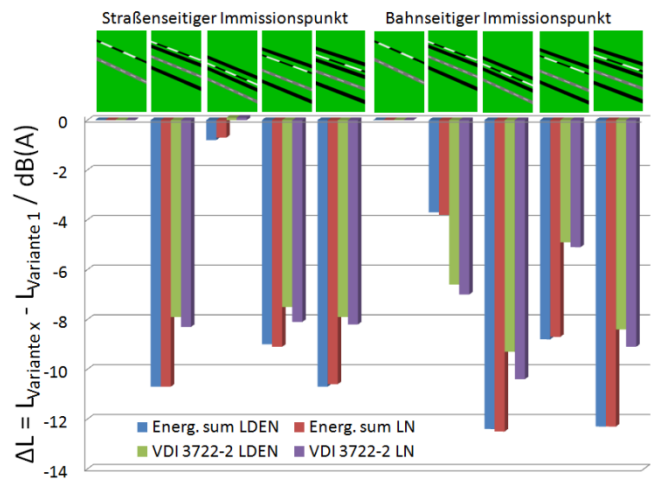


Abbildung 2: Darstellung der 5 Varianten für den Vergleich der Berechnungs-/Bewertungsmethoden. Variante 1: freie Schallausbreitung, Variante 2: Lärmschutzwände entlang der Straße, Variante 3: Lärmschutzwände entlang der Bahnstrecke, Variante 4: Straße und Bahn gemeinsamer Lärmschutzwand und Variante 5: Variante 4 mit zusätzlicher Lärmschutzwand zwischen Straße und Bahnstrecke.

Straßenseitiger Immissionspunkt

Für den straßenseitigen Immissionspunkt lässt sich qualitativ sagen, dass die größte Pegelreduktion mit der Maßnahme von Lärmschutzwänden entlang der Straße erzielt wird. Die Lärmschutzwand zwischen Immissionspunkt und Straße mindert den Schallpegel welcher von der Straße ausgeht und die Lärmschutzwand zwischen Straße und Schiene mindert den Schallpegel welcher von der Schiene ausgeht. Fehlt diese, fällt die Pegelreduktion geringer aus (Variante 4). Da der Emissionspegel der Bahnstrecke etwas niedriger ist im Vergleich zum Emissionspegel der Straße, und diese sich auch weiter entfernt vom straßenseitigen Immissionspunkt befindet, fällt die Pegelreduktion der Variante 3 (Bahnstrecke mit Lärmschutzwänden) kaum ins Gewicht.

Im Vergleich der beiden Methoden „energetische Summe“ und „VDI 3722“, bewertet die VDI die Varianten 2, 4 und 5 annähernd gleich. Im Gegensatz dazu bewertet die energetische Summe die Variante 4 um ca. 2 dB weniger effektiv als die Varianten 2, und 5.

Bahnseitiger Immissionspunkt

Beim bahnseitigen Immissionspunkt unterscheiden sich die Ergebnisse für die verschiedenen Varianten grundsätzlich

sehr viel mehr. Vergleichbar zum straßenseitigen Immissionspunkt verhält sich die Variante, bei der nur die immissionspunktnähere Quelle mit Lärmschutzwänden versehen ist, quasi gleich zur Variante 5. Bei der energetischen Summe zeigen beide Varianten das gleiche Ergebnis. Beim bahnseitigen Immissionspunkt bewertet die VDI die beiden Varianten leicht unterschiedlich. Hier scheinen die Reflexionen an der entfernten Lärmschutzwand eine Rolle zu spielen. Die Lärmschutzwand ist zwar absorbierend (-10 dB) definiert, da die Straße aber insgesamt lauter ist wirken sich die gedämpften Reflexionen trotzdem noch aus. Und auch hier gilt, dass die Varianten mit den beiden immissionspunktnahen Lärmschutzwänden zu höheren Pegelreduktionen führen als die Variante 4.

In sieben der acht untersuchten Fälle (2 Immissionspunkte x 4 Varianten) bewertet die VDI die Situation als weniger effektiv im Vergleich zur energetische Summe. Nur bei der Pegelbetrachtung am bahnseitigen Immissionspunkt der Variante mit Lärmschutzwänden entlang der Straße bewertet die VDI die Maßnahme um ~ 3 dB(A) effektiver als die energetische Summe. Diese Maßnahme ist die einzige Maßnahme die vom jeweiligen Immissionspunkt aus gesehen nur auf die Lärmquelle Straße pegelmindernd wirkt. Da sich die Straße über die Expositions-Wirkungsbeziehungen gegenüber der Schiene stärker auf den Gesamtpegel auswirkt, fällt hier die Maßnahme der Lärmschutzwand entlang der Straße stärker ins Gewicht. Alle anderen Maßnahmen wirken entweder pegelmindernd auf beide Lärmquellen (6 Fälle) oder in einem Fall nur auf die Schiene. An diesem Fall, straßenseitiger Immissionspunkt mit Lärmschutzwänden entlang der Bahn, kann man erkennen, dass die Schallemission des Schienenverkehrs bei der straßenseitigen Betrachtung der Schallimmission praktisch keine Rolle spielt. Hier ist also nur die Quelle „Straße“ für den Pegel am Immissionsort ausschlaggebend.

In den den Berechnungen zugrunde liegenden Oktavspektren lassen sich die unterschiedlichen Frequenzzusammensetzungen der beiden Verkehrsträger Schiene und Straße leicht erkennen (siehe Abbildung 3).

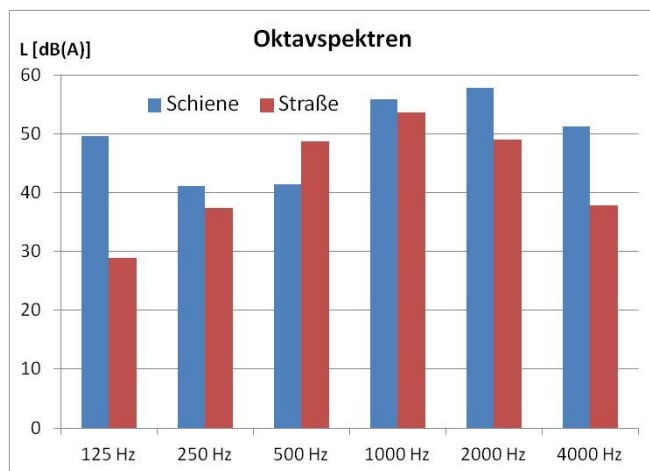


Abbildung 3: Den Berechnungen zugrunde liegenden Oktavspektren für Schiene und Straße.

Das Spektrum der Schiene weist in der tieffrequenten Oktave von 125 Hz einen um 20 dB höheren Pegel auf als die Straße. Auch in den hochfrequenten Oktaven 2000 Hz und 4000 Hz ist ihr Anteil um 10 dB höher als der der Straße. Die Straße weist nur bei 500 Hz einen um ca. 10 dB höheren Pegel auf.

Zusammenfassung

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Ergebnisse der Berechnungen der „energetischen Summe“ und nach VDI 3722 je nach Lage des Immissionspunktes und je nach Maßnahme zu gegensätzlichen Werten führen können. Dies kommt durch die unterschiedlichen Expositions-Wirkungsbeziehungen der beiden Verkehrsträger zustande. Ein Blick auf die Spektren zeigt, dass es in den den Berechnungen zugrunde liegenden Frequenzzusammensetzungen starke Unterschiede gibt. Diese sind bei der Straße durch das Verkehrslärmspektrum [4] festgelegt, bei der Schiene hingegen abhängig von der Zusammenstellung der zugrundegelegten Züge.

Die den VDI-Richtlinien zugrunde liegenden Expositions-Wirkungsbeziehungen beruhen auf länger zurückliegenden Untersuchungen. Bezüglich der Wirkung von Verkehrslärm auf den Menschen existieren mittlerweile neue Untersuchungen die in der WHO Studie [5] und der NORAH Studie [6] veröffentlicht wurden.

Literatur

- [1] RLS-90, Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Bundesministerium für Verkehr, 1990
- [2] Bönninghausen, G; Popp, C., Lärmkennziffermethode. Baubehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, 1988
- [3] VDI 3722-2, Wirkungen von Verkehrsgeräuschen. Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 2013
- [4] DIN EN 1793-3, Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum, 1997
- [5] WHO, Burden of disease from environmental noise. The WHO European Centre for Environment and Health, 2011
- [6] Guski, R., Schreckenberger, D., NOHRA Noise-related annoyance, cognition and health, Gemeinnützige Umwelthaus GmbH, 2015