

Aussenlärm - Immissionsprognosen: ein Modell zur Berechnung und Beurteilung von Lärmbelastungen im Rahmen von Gesamtlärbetrachtungen

Autor(en): **Grolimund, Hans-Jörg / Bargetzi, Simon**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 41

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85554>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aussenlärm – Immissionsprognosen

Ein Modell zur Berechnung und Beurteilung von Lärmbelastungen im Rahmen von Gesamtlärbetrachtungen

Von Hans-Jörg Grolimund und Simon Bargetzi, Bern

In den vergangenen Jahren wurde in der Lärmbekämpfung in den meisten Fällen lediglich eine Lärmquelle in die Betrachtung der Aussenlärm-Belastung einbezogen. Bei praktischen Planungs- und Projektierungsarbeiten herrschen jedoch vielfach mehrere Lärmarten mit oft unterschiedlichen Charakteristiken vor. Die Erfassung solcher Lärmsituationen war bis jetzt nicht möglich. Diesem Mangel wurde nun durch die Erarbeitung eines Gesamtlärm-Berechnungsmodells begegnet. Den Bedürfnissen der Praxis entsprechend wurden zwei unterschiedliche Berechnungsverfahren, nämlich ein punktuelles Berechnungsmodell und ein Lärmkatastermodell, erarbeitet. Beide Modelle ermöglichen die Berechnung und Überlagerung von Strassenlärm, Eisenbahnlärm, Fluglärm, Schiesslärm und Industrielärm.

Problemstellung

Die stetige Zunahme der Lärmbelastung und das gegenüber früher stärker gewordene Umweltbewusstsein machen es notwendig, die Belange des Lärmschutzes als vordringlich zu betrachten. Planer, Architekten und Ingenieure in privater und behördlicher Sphäre stehen damit vermehrt vor der Aufgabe, bestehende oder zukünftige Lärmimmissionen zu berechnen und zu beurteilen.

In vielen Fällen herrscht eine bestimmte Lärmart, z. B. Strassenlärm, Bahnlärm, Fluglärm oder Schiesslärm, eindeutig vor. Für einzelne dieser Lärmarten bestehen heute zuverlässige, den spezifischen Charakteristiken einer Lärmart Rechnung tragende Berechnungsmodelle. Für andere Lärmarten sind Ansätze vorhanden oder Untersuchungen im Gange.

Bei praktischen Planungs- und Projektierungsarbeiten genügt jedoch die Betrachtung einzelner Lärmarten vielfach nicht. So müssen für die Ausscheidung von Bauzonen oder für die akustische Bemessung von Gebäudedefassaden in der Regel mehrere Lärmarten mit oft unterschiedlichen Charakteristiken zugleich berücksichtigt werden. Es stellt sich damit die Aufgabe der Erfassung und Beurteilung von mehr oder weniger komplexen Gesamtlärmbelastungen. Die hierfür erforderlichen Grundlagen waren bis anhin nicht oder nur lückenhaft vorhanden. Im Auftrag des Bundesamtes für Umweltschutz wurde deshalb durch das Ingenieurbüro Balzari-Blaser-Schudel ein Berechnungsmodell für Gesamtlärm-Immissionsprognosen erarbeitet. Ziel dieser Arbeit war dabei weniger eine vertiefte Analyse einzelner Teilaspekte als vielmehr die Schaffung eines praxisorientierten Arbeitsinstrumentes.

Modellbeschreibung

Den Bedürfnissen der Praxis entsprechend wurden zwei bezüglich Berechnungsaufwand und Aussagegenauigkeit unterschiedliche Berechnungsverfahren ausgearbeitet:

- ein *punktuell*es Berechnungsmodell zur genaueren örtlichen Erfassung einer Gesamtlärmsituation, mit dem sämtliche massgebende Einflussparameter hinreichend genau berücksichtigt werden können, und
- ein *Lärmkatastermodell*, mit dem auf einfache Art flächenmässige, grossräumige Betrachtungen möglich sind. Dieses Modell eignet sich beispielsweise für die Beurteilung von Baugebieten im Zusammenhang mit Orts- und Regionalplanungen oder für die Erstellung von Lärmkatalogen zur periodischen Überprüfung von Aussenlärmsituationen.

Beide Berechnungsmodelle ermöglichen die Berechnung und Überlagerung von Strassenlärm, Eisenbahnlärm, Fluglärm, Schiesslärm und Industrielärm.

Punktuelles Berechnungsmodell

Beim punktuellen Berechnungsmodell besteht für jede Lärmart ein *individuelles Berechnungsmodell*, das den Schallausbreitscharakteristiken Rechnung trägt. Der Berechnungsvorgang selbst erfolgt für alle Lärmarten in vier gleichen Arbeitsschritten:

In einem ersten Schritt wird der für den Empfänger massgebende *Schalleinstrahlungsbereich in signifikante Berechnungssektoren aufgeteilt*, in einem zweiten Schritt die *abgestrahlte Schalleistung* dieser Sektoren bestimmt, in einem dritten Schritt aufgrund dieser Quellenwerte und der Ausbreitsbedingungen zwischen Quelle und Emp-

fänger die *Immissionspegel der Sektoren* ermittelt, und in einem vierten Schritt die *Sektorenpegel energetisch zum resultierenden Immissionspegel addiert*. Die Berechnung der *Gesamtlärmbelastung* schliesslich erfolgt, indem die Immissionspegel der einzelnen Lärmarten zunächst entsprechend ihrer Störwirkung gewichtet und danach energetisch addiert werden.

Lärmkatastermodell

Das Lärmkatastermodell basiert grundsätzlich auf dem punktuellen Berechnungsmodell. Die *einzelnen Arbeitsschritte* sind allerdings gegenüber diesem *vereinfacht* und die *massgebenden Bestimmungsgrössen der Emission und Ausbreitung zum Teil stark idealisiert*. Für grossräumige Betrachtungen wird ein nach der Hauptlärmquelle orientierter *Punktraster mit Maschenweiten von 50 bis 100 m* festgelegt. Die Immissionspegel der Rasterpunkte werden für die verschiedenen Lärmquellen anhand von *Nomogrammen* berechnet, nach den *Gesetzen des punktuellen Berechnungsmodells superponiert* und aufgrund dieser in einen Situationsplan übertragenen Werte die Lärmsituation mit Hilfe von *Kurven gleicher Lärmbelastung* dargestellt. So kann auf einfache Art und mit geringem Aufwand die flächenmässige Verteilung bestehender oder zukünftiger Lärmimmissionen über grössere Siedlungsgebiete abgeschätzt und übersichtlich dargestellt werden.

Einige besondere Aspekte

Das Lärmbelastungsmass

Als Lärmbelastungsmass wurde für beide Modelle ein *Mittelungspegel*, der sogenannte *energieäquivalente Dauerschallpegel* L_{eq} in dB (A) gewählt. Bei diesem Lärmass wird die zeitlich schwankende Intensität eines Geräusches über einen bestimmten Zeitraum – in den Berechnungsmodellen über eine Stunde – aufsummiert und danach gleichmässig über den betrachteten Zeitraum verteilt. Dieser fiktive Wert gibt also die durchschnittliche Schallintensität an einem Ort an.

Der energieäquivalente Dauerschallpegel wird heute bereits in zahlreichen Ländern als *Basislärmmass* empfohlen. Er hat den Vorteil, dass sich sowohl die Schallausbreitung als auch die Überlagerung von Schall mehrerer Quellen rechnerisch relativ leicht erfassen lässt. Zudem kann er mit verhältnismässig einfachen Instrumenten gemessen werden.

Im Zusammenhang mit der Beurteilung von Lärmsituationen ergeben sich aber auch mit diesem Lärmass einige Probleme. So wird unter anderem das *Zeitverhältnis zwischen Lärm und Ruhe*

nicht erfasst. Ein einzelner Schnellzug pro Stunde beispielsweise bewirkt in 30 m Entfernung vom Geleise einen L_{eq} - Wert von ca. 65 dB (A), dauert aber als Schallereignis nur etwa eine Minute. Derselbe Pegelwert wird in 30 m Entfernung von einer Autobahn bei einer Verkehrsmenge von ca. 1000 Fahrzeugen je Stunde erreicht, also bei einer Ereigniskadenz von durchschnittlich 3 bis 4 Sekunden. Bei gleichem Dauerschallpegel herrscht im ersten Fall 98 Prozent, im zweiten Fall dagegen 0 Prozent Ruhe. Nicht oder nur teilweise erfasst werden u. a. auch das Störfempfinden entscheidend beeinflussende Eigenschaften wie Informationsgehalt, Tonhaltigkeit und Impulshaltigkeit eines Geräusches.

Gewichte, Superposition

Solche spektrale und dynamische Eigenschaften eines Geräusches bewirken, dass die subjektiv empfundene Störwirkung verschiedener Lärmarten bei zahlenmässig gleichen energieäquivalenten Dauerschallpegeln unterschiedlich gross sein kann. So wird im vorstehenden Beispiel der L_{eq} - Pegel von 65 dB (A) des einmal stündlich vorbeifahrenden Schnellzuges erfahrungsgemäss erheblich weniger lästig empfunden als der gleiche Pegelwert der Hochleistungsstrasse (Bild 1).

Für die Beurteilung eines Gesamtgeräusches müssen demnach die berechneten bzw. messbaren L_{eq} - Werte der Einzelgeräusche entsprechend ihrer subjektiv empfundenen, effektiven Störwirkung korrigiert bzw. gewichtet werden, und zwar so, dass zahlenmässig gleiche gewichtete L_{eq} - Werte auch gleichen Lästigkeitsempfindungen entsprechen. Zuverlässige Unterlagen für die Festlegung solcher Gewichtungsgrossen fehlen heute noch weitgehend. Prinzipiell aber scheint dieses Vorgehen zweckmässig, da so die Möglichkeit gegeben ist, für alle Lärmarten dasselbe, allgemeingültige Grenz- und Richtwertschema zu verwenden, unabhängig von Art und der Anzahl Lärmquellen.

Als Ausgangs- bzw. Bezugsgrösse dieser Gewichtung kann die Belästigungswirkung des in der Praxis häufig als Hauptlärmquelle wirkenden Strassenlärms verwendet werden (Gewichtungskorrektur = 0). Davon abweichende Belästigungswirkungen anderer Lärmarten sind dann durch dazu relative Gewichtungen zu korrigieren. Relativkorrekturen dieser Art lassen sich aufgrund erster Untersuchungsergebnisse für den Eisenbahnlärm in allgemeiner Form gemäss Bild 2 angeben.

Wenn beispielsweise ein Strassenlärmpegel von 60 dB (A) und ein Eisenbahnlärmpegel von 65 dB (A) gemessen wird, ergeben sich für die Beurteilung der Störwirkung der Einzelquellen

$60 \text{ dB (A)} - 0 \text{ dB (A)} = 60 \text{ dB (A)}$
für den Strassenlärm und

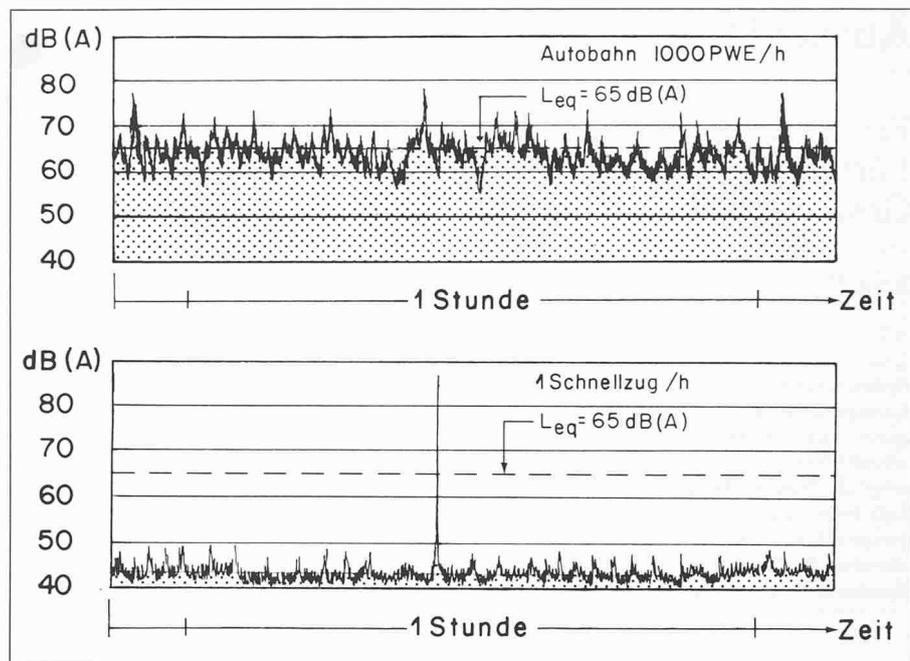


Bild 1. Pegelverlauf Autobahn und Eisenbahn in jeweils 30 m Entfernung, gleicher L_{eq}

$65 \text{ dB (A)} - 7 \text{ dB (A)} = 58 \text{ dB (A)}$
für den Eisenbahnlärm

Hier würde also nicht der Eisenbahnlärm, sondern der Strassenlärm als lästiger empfunden. Die gewichtete Gesamtlärmbelastung ergibt sich durch energetische Addition der gewichteten Einzelquellen, im obigen Beispiel also zu

$60 \text{ dB (A)} + 58 \text{ dB (A)} = 62 \text{ dB (A)}$

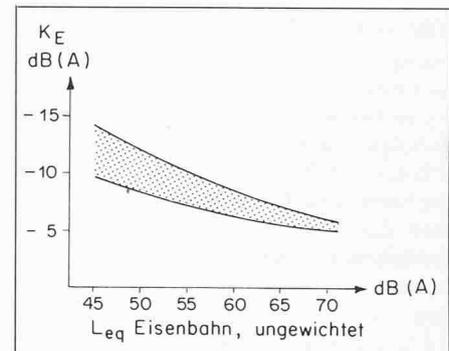


Bild 2. Relative Gewichtungskorrekturen K_E

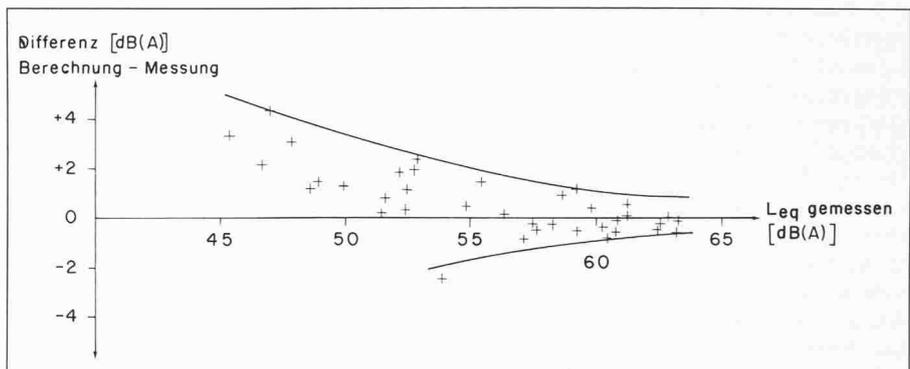


Bild 3. Streubereich punktuelleres Berechnungsmodell

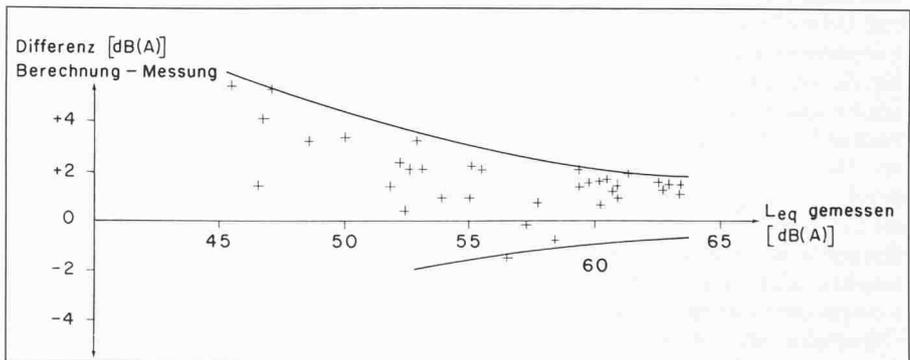


Bild 4. Streubereich Lärmkatastermodell

Referenzmessungen

Die erarbeiteten Berechnungsmodelle beruhen teilweise auf *empirischen* Annahmen. Eine *messtechnische Überprüfung der Modelle* durch Referenzmessungen war deshalb angebracht. Damit sollte die Zuverlässigkeit der Einzelmodelle abgeschätzt und allfällige kumulative Effekte bei der Überlagerung mehrerer Lärmarten erfasst werden.

Für die Berechnungsmodelle des Strassenlärms, Eisenbahnlärms und Fluglärms wurden in vier repräsentativen Gebieten Referenzmessungen durchgeführt und nach den einzelnen Lärmarten sowie nach den möglichen Überlagerungskombinationen ausgewertet. In den Bildern 3 und 4 sind die Streubreiche der Differenzen zwischen Berechnungen und Referenzmessungen in Funktion der gemessenen Schallpegel dargestellt.

Die Bilder zeigen insgesamt eine gute,

das heisst praktisch hinreichende Übereinstimmung von modellmässig berechneten und im Felde gemessenen Einzel- und Gesamtlärmbelastungen. Die Zuverlässigkeit beider Rechenmodelle steigt mit zunehmenden Pegelwerten. Im Bereich höherer Pegelwerte erreichen die Prognosepegel eine Genauigkeit, die innerhalb der Messtoleranz von ± 2 dB (A) liegt. Bei beiden Modellen befinden sich die Differenzen zwischen Messungen und Berechnungen mehrheitlich auf der positiven bzw. sicheren Seite, wobei der Streubereich des Lärmkatastermodells erwartungsgemäss etwas grösser ausfällt als jener des punktuellen Berechnungsmodells.

Mit den beiden Berechnungsmodellen können verständlicherweise nicht alle Aspekte und Zusammenhänge der Immissionsberechnung erfasst werden. Die Aussagegrenzen ergeben sich nicht nur aus dem heutigen Erkenntnisstand,

sondern auch aus der Vielfalt unterschiedlicher Einflussgrössen und ihrer Variationsbreite. So sind die Modelle etwa bei besonderen quellenseitigen Bedingungen, z. B. nur Lastwagenverkehr, oder bei besonderen Schallausbreitungsverhältnissen, beispielsweise bei Wannenlagen oder speziellen Reflexionsbedingungen, nur beschränkt aussagekräftig. Es muss dem Benutzer überlassen bleiben, die Besonderheiten seiner individuellen Immissionsberechnung abzuschätzen und entsprechend zu berücksichtigen.

Adresse der Verfasser: H.-J. Grolimund, dipl. Ing. ETH/SIA, Balzari-Blaser-Schudel, Ingenieure und Planer, Kramburgstr. 14, 3006 Bern und S. Bargetzi, Sektionschef im Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern.

Einfluss der Hohlraumbildung auf die Schall-Längsdämmung von abgehängten Deckenverkleidungen

Von Beat M. Kühn, Unterägeri

Theoretische Überlegungen [1] und Labormessungen [2] zeigen, dass bei richtig dimensionierten abgehängten Decken, ohne allzu grossen Aufwand, Schall-Längsdämmung in der Grössenordnung von 50 - 55 dB erreicht werden können. Neuere Untersuchungen, die vom Autor selber durchgeführt worden sind, zeigen, dass bei der Betrachtung der Schallübertragung über den Hohlraum zwischen einem seitlich geschlossenen (reflektierenden) und einem seitlich offenen (absorbierenden) Hohlraum unterschieden werden muss, da die Art der Ausbildung der seitlichen Hohlraumabschlüsse einen grossen Einfluss auf die Schall-Längsdämmung hat.

Die Schallübertragung über abgehängte Decken lässt sich grob in drei Komponenten aufteilen (Bild 1):

1. Übertragung über das Plattenmaterial selber
2. Übertragung über Fugen und Undichtheiten
3. Übertragung über den Deckenhohlraum

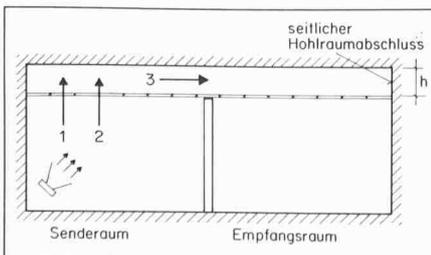


Bild 1. Darstellung der für die Schallübertragung massgebenden Komponenten

Der folgende Beitrag befasst sich mit der Übertragungskomponente 3, die noch selten behandelt worden ist.

Schallübertragung über einen seitlich geschlossenen Hohlraum

Ein seitlich geschlossener Hohlraum weist eine stark reflektierende ($\alpha \leq 0,03$) Begrenzung auf, an der die auftreffende Schallenergie fast ungeschwächt zurückgeworfen wird. Dieser Fall liegt bei den üblichen Prüfständen vor, in denen man die akustischen Eigenschaften von abgehängten Decken untersucht. Die in den Deckenhohlraum direkt oberhalb des Senderraums eindringende Schallenergie bildet mit den an den seitlichen Hohlraumbegrenzungen stattfindenden Reflexionen ein mehr oder weniger dif-

fuses Schallfeld. Der Schallpegelunterschied zwischen dem Senderraum und dem Deckenhohlraum hängt von den Schalldämm-Eigenschaften der abgehängten Decke (Dämmung der einzelnen Deckenplatten inklusive Fugen) und der Absorption im Deckenhohlraum ab. Diese Differenz nimmt verständlicherweise mit zunehmender Bedämpfung des Hohlraums zu.

Aus diesem Schallfeld im Deckenhohlraum oberhalb des Senderraums wandert nun die Schallenergie in den Deckenhohlraum oberhalb des Empfangsraumes. Entlang dem Ausbreitungsweg findet eine weitere Umwandlung von Schallenergie in Wärme statt (Dissipation), deren Grösse von der Art der verwendeten Dämpfung (Dicke, Dichte, Strömungswiderstand) und der lichten Höhe des Hohlraums abhängt (siehe dazu auch Schalldämpfertheorie). Anhand von Diagramm 1 soll die Abhängigkeit der Verbesserung ΔI_a der Schall-

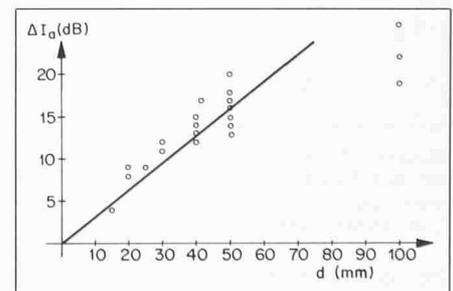


Diagramm 1. Verbesserung ΔI_a der Schalldämmung durch eine Mineralwolle-Auflage der Dicke d bei einer Abhängehöhe von 440 mm. Dichte der Mineralwolle: 20-30 kg/m³.

○ Messpunkte, - Theorie nach Mariner