

Polynome Approximation des Einfügedämmmaßes speziell geformter Lärmschutzwände

Holger Waubke, Christian Kasess

¹ Institut für Schallforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, A-1040 Wien,
E-Mail: holger.waubke@oeaw.ac.at

Einleitung

Im Rahmen des Projekts RELSKG (FFG Nr.: 2869208) [1, 2] wurden mittels der Randlelemente Methode die Einfügedämmmaße gekrümmter, geknickter und T-förmiger Wände mit und ohne Absorption gegenüber einer geraden Wand bestimmt (Abb. 1).

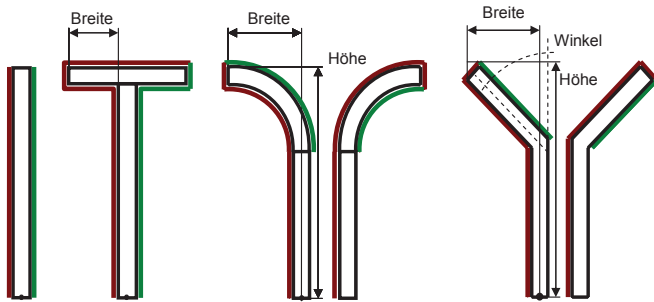


Abbildung 1: Grundformen, die in der Simulation verwendet wurden ohne Absorption, mit Absorption auf der Vorderseite (rot) und zusätzlich mit Absorption auf der Rückseite (grün).

Dabei wurden die Wände vollständig reflektierend, absorbierend auf der Vorderseite (rot) und zusätzlich absorbierend auf der Rückseite (grün) angenommen. Ausgegangen wurde in den Berechnungen von hochabsorbierendem Material.

Ein Vergleich zwischen Rechnung und Messung im Modellmaßstab zeigte eine gute Übereinstimmung. Weiters hat sich in den Berechnungen und auch in Messungen im Modellmaßstab 1:4 gezeigt, dass Absorption im Schallweg zu einer Verbesserung der Schirmwirkung führt. Aus dieser Sicht ist insbesondere die T-Wand mit hochabsorbierendem Material für die Anwendung zu empfehlen. In den Simulationen wurden für diese Wandtypen die Höhe der Wand die Breite des Kopfes und bei der geknickten Wand zusätzlich der Knick-Winkel variiert.

In den Berechnungen wurde eine kohärente Linienquelle und eine unendlich lange Lärmschutzwand mit konstantem Querschnitt vorausgesetzt, damit eine Berechnung in 2D möglich ist. Die Annahme einer kohärenten Linienquelle führt zu Interferenzeffekten, welche durch Mittelung über Oktavbandbreite abgemildert werden. Als Stützpunkte der Spektren wurden Terzmittenfrequenzen gewählt. Ausgewertet wird, wie erwähnt, die Differenz der Oktavmittelwerte der besonders geformten Wand gegenüber einer gleich hohen geraden Wand. Dies ermöglicht es in der Software die Einfügedämmung in der üblichen Weise für eine gerade Wand zu berechnen und anschließend den

Korrekturwert für die besonders geformte Wand hinzuzufügen.

Im Rahmen des Programms RELSKG wurde eine lineare Approximation der Verbesserungsmaße in dB-Skalierung über der Differenz zwischen Umweg und direkten Weg $\Delta l = l_u - l_d$ (Abb. 2) vorgenommen. Im Weiteren wird kurz „der Umweg“ geschrieben.

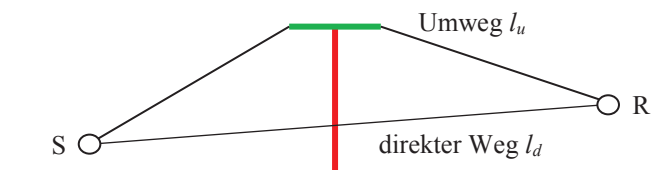


Abbildung 2: Definition des Umwegs um die Lärmschutzwand

Ein Vorteil dieser Definition ist es, dass die Menge der Daten überschaubar bleibt und dass diese Methode in einfacher Weise in Software für die Lärmkartierung integriert werden kann. Exemplarisch sind diese Kurven in SoundPlan implementiert worden.

Dabei wurden Bereiche mit Direktschall und Beugung über eine und soweit vorhanden zweite Beugungskante, getrennt behandelt. Um bei der Approximation auf der sicheren Seite zu sein, wurden die Kurven mit der einfachen Standardabweichung gegenüber dem Mittelwert in Richtung niedrigerer Einfügedämmung verschoben (Abb. 3).

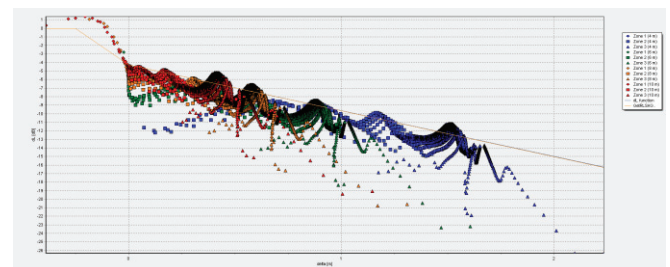


Abbildung 3: Beispiel einer Regressionsgeraden für einen Fall mit farblich unterschiedenen Quelledistanzen

Die Kurven können vom Institut für Schallforschung kostenfrei bezogen werden.

Polynome Approximation

Zwei weitere übliche Parameter sind der Quellwinkel zwischen Quelle und Beugungskante der Wand und den Zielwinkel zwischen der Wand und der Empfängerposition. Bei Einfachbeugung wird der Winkel zur Horizontalen zwischen Beugungskante und Empfänger als Zielwinkel

definiert, bei Mehrfachbeugung wird der Winkel auf die letzte Beugungskante bezogen. (Abb. 4).

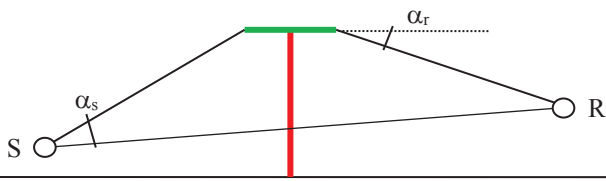


Abbildung 4: Definition des Quellwinkels α_s und des Empfängerwinkels α_r

Es hat sich gezeigt, dass mit dieser Methode das Verbesserungsmaß einer besonders geformten Wand gegenüber einer geraden Wand besser approximiert werden kann, als über den Umweg alleine. Allerdings ist in diesem Fall ein Polynom dritten Grades für den Quellwinkel und eines vierten Grades für den Zielwinkel in der Approximation zu verwenden. Als problematisch zeigt sich die Gewichtung der Einzelergebnisse da gewisse Winkelbereiche deutlich mehr Datenpunkte enthalten als andere und diese Bereiche dann das Ergebnis dominieren. Durch mitteln über kleine Winkelabschnitte kann eine gleichmäßige Gewichtung erzeugt werden.

Die Verbesserung zeigt sich vor allen bei höheren Frequenzen. Die Approximation ist unter diesen Umständen gut genug, um auf eine Verschiebung der Kurve mittels der Standardabweichung in Richtung niedrigerer Abschirmwerte zu verzichten, da die Standardabweichung sehr klein ist. Weiters werden wandnahe und höhere Empfängerpunkte deutlich besser abgebildet.

Bei üblichen Verkehrsemissionsspektren ist der Einfluss des hohen Frequenzbereichs auf den Gesamtwert der Abschirmung zwar vergleichsweise gering, trotzdem wird teilweise eine Verbesserung von mehreren dB(A) erreicht, vor allem in erwähnten Positionen.

Die Ergebnisse werden nach Abschluss der Untersuchungen ebenso wie die ursprünglichen Korrekturwerte auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

Zusammenfassung

Ein auf Simulationen mit der Randlelementmethode basierendes Verfahren zur Erfassung der Schirmwirkung besonders geformter Lärmschutzwände wurde verbessert, in dem anstelle eines Parameters, des Umwegs, zwei Parameter, der Quell- und Zielwinkel, verwendet werden. Dabei ist anstelle einer stückweisen linearen Regression eine Regression mit einem Polynom dritter Ordnung für den Quellwinkel und vierter Ordnung für den Zielwinkel erforderlich. Verbesserungen zeigen sich dabei vor allem bei den hohen Frequenzen sowie in wandnahen und hohen Positionen. Bestimmt wird in beiden Fällen die zusätzliche Schirmwirkung infolge der Geometrie und der Absorption einer Lärmschutzwand gegenüber einer gleichhohen geraden Wand.

Die so bestimmten Korrekturen können in einfacher Weise in Software für die Lärmkartierung integriert werden, was eine praktische Anwendung der Ergebnisse in der Praxis

erlaubt. Die ursprünglichen Korrekturen sind im Programm SoundPlan implementiert und können sofort angewendet werden.

Allgemein hat sich gezeigt, dass hochabsorbierendes Material nicht nur Reflexionen auf die gegenüberliegende Seite und Mehrfachreflexionen reduziert, sondern auch die Schirmwirkung erhöht. Der Grund hierfür ist die Absorption von Energie aus dem Schallpfad längs der absorbierenden Fläche. Durch Absorption gewinnt die Kopfausbildung wesentlich an Bedeutung für das Einfügedämmmaß. Ziel muss es dabei sein, möglichst viel Absorption in den Schallweg einzubringen. Aus dieser Überlegung heraus kann insbesondere das T-Profil für die Anwendung empfohlen werden. Problematisch ist allerdings die Bestimmung des Absorptionsgrades im Hallraum, weil dabei der Absorptionsgrad überschätzt wird. Dies ist insbesondere kritisch, wenn auf Basis dieser Werte Simulationen durchgeführt werden.

Literatur

- [1] Waubke, H., Kasess, C. Bestimmung der Einfügedämmung von Lärmschutzwänden mit besonderer Geometrie, in: DAGA 2014 - 40. Jahrestagung für Akustik 10.-13. März 2014, Oldenburg, Deutschland, CD-ROM.
- [2] Waubke, H., Kasess, C., Hoislbauer, H., Strohmayer, G. Boundary element method for the calculation of correction factors of insertion loss for arbitrarily shaped noise barriers, in: Internoise 2013. Innsbruck, Austria, CD-ROM.