

# Anwendung des Interferenzschalldämpfer-Prinzips auf eine Lärmschutzwand

Michael Chudalla<sup>1</sup>, Wolfram Bartolomaeus<sup>1</sup> und S.-R. Mehra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Straßenwesen, 51427 Bergisch Gladbach, E-Mail: chudalla@bast.de, bartolomaeus@bast.de

<sup>2</sup>Fraunhofer Institut für Bauphysik, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart, E-Mail: mehra@lbp.uni-stuttgart.de

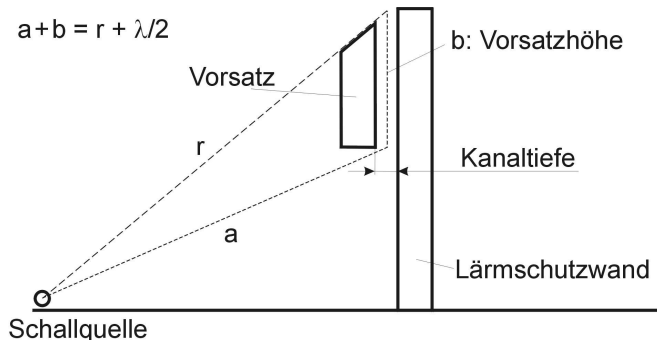
## Einleitung

Durch den physikalischen Effekt der Beugung wird die Minderung des Schallpegels hinter einer Lärmschutzwand reduziert. Mit Hilfe von Vor- bzw. Aufsätze an der Lärmschutzwand-Oberkante wird versucht die Beugung in den Schall-Schattenbereich hinein zu minimieren um die abschirmende Wirkung der Lärmschutzwände zu erhöhen. Diese sogenannten „Schirmkronen“ sind so konstruiert, dass sie dem Schallfeld durch Absorptionsmaterial und/oder mehr oder minder aufwändiger Geometrie an der Beugungskante Energie entziehen. Eine Gruppe dieser Schirmkronen erreicht dies mit einer „schallweichen“ Beugungskante. Schallweiche Oberflächen erhält man durch Resonatoren. Bekannte Versuche bedienen sich  $\lambda/4$ - oder Helmholtz-Resonatoren. Ein weiterer Resonatortyp, dessen Einsetzbarkeit an Lärmschutzwänden noch nicht untersucht wurde, ist der  $\lambda/2$ -Resonator.

Es wurde die prinzipielle Einsetzbarkeit von  $\lambda/2$ -Resonatoren als Vorsätze für Lärmschutzwände untersucht. Die  $\lambda/2$ -Resonatoren nutzen den Interferenzeffekt, indem ein Signal in zwei Wege aufgeteilt wird. Ein Weg stellt im Normalfall den direkten Weg zwischen Ein- und Ausgang des  $\lambda/2$ -Resonators dar, der andere einen um  $n \cdot \lambda/2$  längeren Weg ( $n$ : ungerade Ganzzahl). Dadurch kommt es zu einer Auslöschung dieses Signals.

## Anwendung eines $\lambda/2$ -Resonators an einer Lärmschutzwand

Die Umsetzung des „Interferenzschalldämpfer-Prinzips“ an einer Lärmschutzwand erfolgt mit Hilfe eines Vorsatzes, welcher in Höhe der Lärmschutzwandoberkante so angebracht wird, dass zwischen ihm und der Lärmschutzwand ein Spalt bestehen bleibt. Um destruktive Interferenz zu erreichen, muss die Höhe des Vorsatzes so gewählt werden, dass zwischen dem direkten Schallweg  $r$  und dem Schallweg durch den Kanal ( $a+b$ ) eine Laufwegdifferenz von  $\lambda/2$  entsteht (Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Darstellung der Geometrie des Interferenzschalldämpfers an einer Lärmschutzwand.

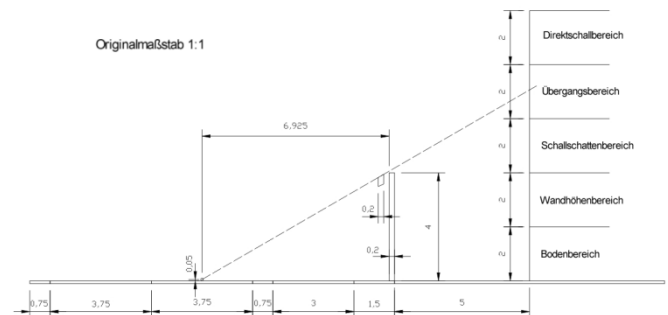
Weitere Möglichkeiten zur Erlangung destruktiver Interferenz sind gegeben, wenn ungradzahlige Vielfache von  $\lambda/2$

als Laufwegdifferenz gewählt werden. Die Kanalbreite in  $\lambda$  bezieht sich auf die Auslegungsfrequenz von 800 Hz.

In der vorliegenden Untersuchung werden folgende Vorgaben zur Geometrie festgelegt:

- Straßenquerschnitt: Regelquerschnitt, RQ 31
- Schallquellenposition in Mitte des rechten Fahrstreifens
- Höhe der Schallquelle: 5 cm über der Fahrbahn
- Höhe der Lärmschutzwand: 4 Meter
- Stärke der Lärmschutzwand und des Vorsatzes: 20 cm.

Abbildung 2 zeigt die untersuchte Geometrie im Originalmaßstab. Ausgewertet wurden Punkte auf einer vertikalen Linie 5 Meter hinter der LSW. Diese umfasst den Bereich vom Boden bis in 10 Meter Höhe und ist in fünf Bereiche unterteilt.



**Abbildung 2:** Unterteilung der Auswertelinie in fünf Bereiche (Boden-, Wandhöhen-, Schallschatten-, Übergangs- und Direktschallbereich).

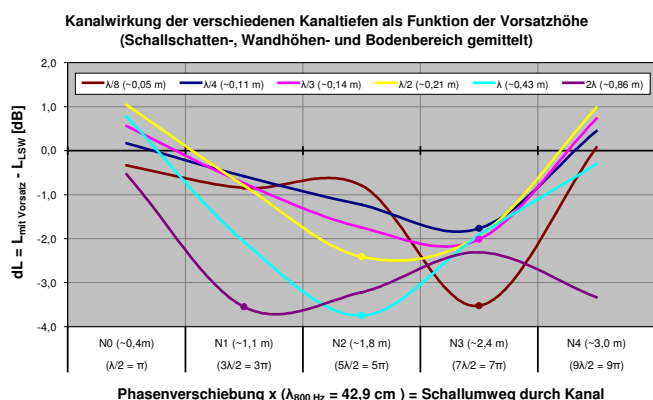
Im ersten Schritt der Untersuchungen wurden Simulationsberechnungen über die Wirksamkeit verschiedener Lärmschutzwand-Vorsätze durchgeführt. Im zweiten Schritt erfolgten Messungen an Modellen der am besten geeigneten Varianten.

## Ergebnisse der Simulationsberechnungen

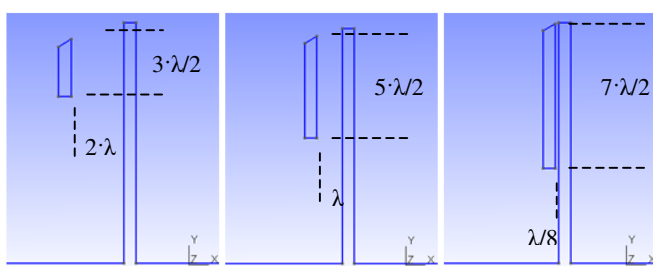
Die Berechnungen wurden zweidimensional im Frequenzbereich von 200 Hz bis 2,4 kHz mit einer Abstufung von 200 Hz durchgeführt. Als Referenz zum Vergleich der Varianten dienen die Werte der Lärmschutzwand ohne Modifikation. Von den energetischen Summenpegeln der Berechnungspunkte wurden die entsprechenden Werte der Lärmschutzwand ohne Modifikation abgezogen ( $\Delta L = L(\text{Variante}) - L(\text{LSW})$ ). Das Hauptkriterium für die Auswertung der gemittelte Wert war, eine größtmögliche Pegelreduktion in den unteren drei Auswertebereichen (Boden-, Wandhöhen- und Schallschattenbereich) zu erzielen. Die hier erreichten Pegelminderungen sind in Abbildung 3 grafisch dargestellt. Hier ist für jede Kanaltiefe als Funktion der Vorsatzhöhe die Wirksamkeit der Variante (Differenz zur nicht modifizierten Lärmschutzwand) dargestellt.

Es kristallisierten sich drei ähnlich wirksame Vorsatzvarianten heraus. Diese unterscheiden sich stark in

Verhältnis Kanaltiefe/Kanalhöhe. Sie sind mit den Angaben über Kanaltiefe und Schallumweg (Auslegungsfrequenz 800 Hz) in Abbildung 4 dargestellt.



Abbildungen 3: Gemittelte Pegelreduktionen der verschiedenen Kanaltiefen als Funktion der Vorsatzhöhe.



Abbildungen 4: Wirksamste Vorsatzvarianten mit Angaben über Kanaltiefen und Schallumwege.

### Ergebnisse der Modellmessungen

Die in Abbildung 4 dargestellten Varianten wurden im Modellmaßstab 1:5 aufgebaut. Der in den Modellmaßstab transformierte Frequenzbereich erstreckt sich von 1 kHz in 1 kHz-Schritten bis 12 kHz. Die Auslegungsfrequenz liegt hier bei 4 kHz. Somit bleiben die auf  $\lambda$  bezogenen Verhältnisse gewahrt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Modellmessungen

$\Delta L$ [dB]	Kanaltiefe ( $\lambda_{4000 \text{ Hz}} = 8,6 \text{ cm}$ )					
	2λ	λ	λ/2		λ/8	
	2L_N1	L1_N2	L2_N2	L2_N2_g	L8_N3	L8_N3_g
Direktschallbereich	-1,4	-1,0	-0,0	0,4	-0,4	0,5
Übergangsbereich	-2,5	-1,8	-1,8	-0,0	-0,8	0,0
Schallschattenbereich	-1,8	-0,7	-1,0	-0,4	-1,0	0,5
Wandhöhenbereich	-1,4	-0,7	-0,3	-0,1	-0,5	-0,3
Bodenbereich	-0,2	-0,0	0,3	1,1	-0,6	0,2
Alle Bereiche	-1,5	-0,8	-0,6	0,2	-0,7	0,2
untere 3 Bereiche	-1,2	-0,5	-0,4	0,2	-0,7	0,1

Die zusammengefassten Messergebnisse (Tabelle 1) lassen folgende Schlüsse zu:

- Es ist eine Kanalwirkung messbar. Diese bewirkte im Mittel etwa eine Verbesserung von 1 dB gegenüber der Referenz-Lärmschutzwand.
- Der tiefste Vorsatz ( $2\lambda$ ) weist die größten Pegelreduktion auf.
- Die Verbesserung gegenüber der Referenz-Lärmschutzwand ist nicht bedingt durch die vorgezogene Beugungskante, also die reine Geometrieänderung. Vergleichsmessungen an Vorsätzen mit geschlossenen Kanälen (in Tabelle 1 mit g gekennzeichnet) belegen, dass sie bei sonst gleicher Geometrie den Kanaleffekt unterbinden.

Die Messwerte bei geschlossenen Kanälen zeigen keine Verbesserung gegenüber der Referenz-Lärmschutzwand.

- Die höchste Wirksamkeit von 1 bis 2,5 dB Pegelreduktion wird im Übergangsbereich erreicht. Im Schallschattenbereich sind Pegelreduktionen von bis zu 1,8 dB möglich und im Wandhöhen- und Direktschallbereich Pegelreduktionen bis 1,4 dB. Im Bodenbereich ist die Wirksamkeit mit bis zu 0,6 dB am geringsten.

### Zusammenfassung

Die geschlossenen Kanäle zeigen bei beiden Untersuchungsmethoden, in den Bereichen im Schallschatten, im Mittel ein nahezu identisches Ergebnis. Deshalb lässt sich der Schluss ziehen, dass die Simulation den Beugungseffekt richtig widerspiegelt. Kommen spezielle physikalische Effekte, wie Interferenzerscheinungen und Kanaldämpfung hinzu, ergeben sich Differenzen zwischen den Prognosen aus den Simulationen und den Messungen an den verkleinerten Modellen. Hierbei prognostizieren die Berechnungen durchgängig höhere Pegelreduktionen.

Mit den durchgeführten Untersuchungen konnte die Funktion des Interferenzschalldämpfer-Prinzips nachgewiesen werden. Der Vergleich zwischen den Simulationsberechnungen und den Messungen zeigt Parallelen, deckt aber auch Abweichungen auf. Ein Teil der Abweichungen kann mit Differenzen aufgrund von nicht übertragbaren Randbedingungen erklärt werden. Diese betreffen die Schallquelle und die Absorptionseigenschaften der Oberflächen. Die Simulationen ergaben bei gleichbleibender Kanaltiefe, einen sehr großen Einfluss der Vorsatzhöhe auf die Wirksamkeit. Der Zusammenhang zwischen der Wirksamkeit und der Vorsatzhöhe ist nicht linear. In Abhängigkeit der Kanaltiefe ergeben sich unterschiedliche, maximal wirkende Vorsatzhöhen. Dieser Zusammenhang konnte nicht abschließend geklärt werden.

Die durch die Simulationsberechnungen prognostizierten Pegelminderungen konnten in den Modellmessungen in diesem Umfang nicht bestätigt werden. Die über die Auswertebereiche gemittelten, messtechnisch ermittelten Pegelminderungen, fielen mit ca. 1 dB gering aus. Da es sich bei Interferenzschalldämpfern um schmalbandig wirkende Schalldämpfer handelt, war davon auch nicht auszugehen. Durch die Kombination mehrerer unterschiedlich abgestimmter Resonatoren sollte es möglich sein, die Wirksamkeit wesentlich zu erhöhen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen die prinzipielle Wirksamkeit von  $\lambda/2$ -Resonatoren zur Minderung des Beugungseffektes. Bis zu einem ausgereiften Produkt ist jedoch noch Entwicklungsarbeit zu leisten. Eine Abschätzung der Wirksamkeit einer ausgereiften Schirmkrone mit  $\lambda/2$ -Resonatoren kann noch nicht abgegeben werden.

### Literatur

[1] Auerbach, M., Droste, B., Chudalla, M.: Vergleich von Modell-Untersuchungen und Akustik-Simulationen mit Freifeldmessungen. Bundesanstalt für Straßenwesen (2006)