Lärmschutzwände in Europa

Sebastian Eggers[1], Folkard Hänisch[2]
[1] LÄRMKONTOR GmbH, 22767 Hamburg, E-Mail: s.eggers@laermkontor.de
[2] LÄRMKONTOR GmbH, 22767 Hamburg, E-Mail: f.haenisch@laermkontor.de

Einleitung

Lärmschutzwände stellen eine der wesentlichen Maßnahmen des aktiven Lärmschutzes an Schienen- und Straßenverkehrswegen in Deutschland dar. Bei den Lärmschutzwänden prägen dabei seit vielen Jahren (hoch)absorbierende Systeme z.B. in Aluminiumkassetten das Bild. Transparente Systeme werden aufgrund der reflektierenden Eigenschaften und der damit verbundenen Probleme vor allem an beidseitig bebauten Verkehrswegen deutlich seltener eingesetzt.

Im Rahmen verschiedener europäischer Forschungsprojekte [u.a. [1]] wurden europaweit starke Unterschiede hinsichtlich Bauweisen und Materialien festgestellt. Die Forschung beschäftigt sich dabei schon länger auch mit komplexeren Formen von Wänden, innovativen Materialien und neuen Konzepten. In Deutschland hat in den letzten Jahren bereits eine Entwicklung eingesetzt, die zu einer größeren führt. Neue Erkenntnisse und einhergehend weitere Entwicklungen sind auch aus mehreren aktuellen Forschungsprojekten zu erwarten, die zum Beispiel transparente, abknickende oder gekrümmte Lärmschirme betrachten.

Eine Auswahl von Möglichkeiten soll vorgestellt werden, die den Einsatz von transparenten Schallschutzwänden auch in akustisch kritischen Situationen ermöglicht.

Grundlagen

Lärmschutzwände lassen sich hinsichtlich ihrer akustischen und optischen Eigenschaften unterscheiden.

Bei den akustischen Eigenschaften sind sowohl die Schalldämmung, d.h. die Schallpegelminderung beim Durchgang durch die Wand, sowie die Schallabsorption, d.h. die Verminderung von Schallreflexionen, akustisch maßgeblich.

Bei den optischen Eigenschaften gibt es zum einen blickdichte, massive Materialien, zum anderen transparente oder transluzente Materialien. Bei einer Transparenz ist dabei ein klarer Durchblick möglich. Transluzente Materialien erlauben den Durchgang von Licht, das Erkennen von Objekten ist aber nur schwer möglich. Der Übergang ist hierbei teilweise fließend.

Hinsichtlich der gewünschten Eigenschaften gibt es bei herkömmlichen Konstruktionen und transparenten Materialien einen Konflikt, da diese üblicherweise reflektierend sind. Materialien mit absorbierenden Eigenschaften sind dagegen üblicherweise nicht transparent.

Akustische Messungen

Der Absorptionsverlust wird üblicherweise anhand einer Messung im Hallraum erfasst. Im Hallraum herrscht ein diffuses Schallfeld vor. Die Ermittlung der Absorptionseigenschaften ist auch durch In-situ-Schallmessungen möglich.

In-Situ-Schallmessungen verwenden gerichtete Schallfelder, welche den tatsächlichen Verhältnissen von Linienschallquellen wie dem Schienenweg näherkommen. Die In-situ Schallmessungen sind nicht nur im Labor, sondern auch vor Ort möglich.

Im Rahmen des Konjunkturpaketes II wurde ein Verfahren für Freifeldmessungen entwickelt. Hierbei handelt es sich um Messaufbauten, die an Schienenstrecken mit dem Zugbetrieb als Schallquelle durchgeführt werden, um die Pegelminderung von Schallschutzmaßnahmen zu beurteilen.

Die Messverfahren sollen im Fazit kurz hinsichtlich der Eignung für „innovative“ Wirkmechanismen bewertet werden.

Wirkmechanismus - Geometrien

Zu den grundlegenden Wirkmechanismen der Verbesserung der akustischen Eigenschaften gehört die Geometrie der Lärmschutzwand. Durch eine geometrische Änderung der Wand, die von einer senkrechten, flachen Wand abweicht, kann die Reflexion des Schalls an den transparenten Scheiben vermindert bzw. so gesteuert werden, dass sich für die Nachbarschaft möglichst keine Pegelerhöhung ergibt.

z-förmige Elemente

Eine Möglichkeit, von einer senkrechten Anordnung von reflektierenden transparenten Scheiben abzuweichen ist die geneigte Anordnung der Scheiben. Wenn dies innerhalb eines Lärmschutzwandelements geschieht, entsteht insgesamt eine z-förmige Struktur. Im Produkt SilentView der Firma FORSTER (siehe Abbildung 1) ist dies in Elementbauweise realisiert. Die Scheiben sind oben von der Lärmseite weggeneigt, in der oberen horizontalen Fläche ist ein Absorbermaterial angebracht. Messungen im Hallraum haben eine absorbierende Eigenschaft festgestellt.

Abbildung 1: Lärmschutzwand FORSTER SilentView mit z-förmig angeordneten Scheiben und Absorbern
Quelle: FORSTER Metallbau Gesellschaft m.b.H.

Polygonale Annäherung

Eine weitere Möglichkeit der Anordnung von Elementen besteht in einer polygonalen Annäherung. Ein Beispiel ist in Abbildung 2 (Kohlhauer SCORSA FLEX) dargestellt. Hierbei werden herkömmliche transparente Elemente über ein Pfostensystem in eine gewünschte polygonale Form gebracht. Die Formgebung ist bei entsprechend gewählten Pfosten flexibel möglich. Die mögliche akustische Wirkung hängt stark von der gewählten Anordnung ab.

Abbildung 2: Polygonal geformte Lärmschutzwand Kohlhauer SCORSA FLEX mit transparenten Elementen *Quelle: KOHLHAUER Lärmschutzsysteme*

C-Schalen-Technologie

Die patentierte C-Schalen-Technologie von orange architekten ist eine Umsetzung eines polygonalen Systems (siehe Abbildung 3 und 4). Hierbei ist die Form auf einen bestimmten Einsatzbereich (hier: Schienenweg) optimiert.

Abbildung 3: C-Schale – transparente gebogene Lärmschutzwand, Ansicht von Anwohnerseite *Quelle: orange architekten*

Abbildung 4: C-Schale – transparente gebogene Lärmschutzwand, Ansicht bahnseitig *Quelle: orange architekten*

Das System besteht aus gekrümmten Acrylscheiben, die über keinen Rahmen verfügen. Die Form soll eine Reflexion zurück zum Zug bzw. in das Schotterbett bewirken.

Das System wurde an einer Bahnstrecke erprobt. Hier wurden auch akustische Messungen durch die DB Systemtechnik durchgeführt und eine akustische Wirkung bestätigt.

Wirkmechanismus – zusätzliche Absorber

Alternativ zu einer geometrischen Gestaltung der Wand kann auch das Einbringen zusätzlicher Absorberfläche neben den reflektierenden transparenten Flächen ein Weg sein, um die Gesamtabsorption der Wand zu erhöhen.

Lamellen

Eine Möglichkeit der Verbesserung der akustischen Eigenschaften besteht durch Kombination von transparenten Scheiben, die für die Schalldämmung geschlossen ausgeführt werden, mit Lamellen, die zusätzliche Absorptionsfläche bieten. Die Lamellen werden auf der lärmzugewandten Seite vorgesetzt. Diese können sowohl horizontal als auch vertikal angebracht werden. Je nach Anordnung ändert sich der optische Eindruck. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 mit dem System SCORSA CLEARWALL dargestellt.

Größe, Winkel und Material der Lamellen haben einen wesentlichen Einfluss auf die akustischen Eigenschaften. Untersuchungen hierzu fanden bereits in den 80er Jahren statt [2]. Aktuell verfügbare Systeme mit Lamellen konnten im Hallraum eine absorbierende Eigenschaft nachweisen.

Abbildung 5: Lärmschutzwandelemente Kohlhauer SCORSA CLEARWALL mit Lamellen und transparenten Scheiben *Quelle: KOHLHAUER Lärmschutzsysteme*

Absorber im Rahmen

Absorber können bei Lärmschutzwandelementen auch in einem (z.T. konstruktiv notwendigen) Rahmen untergebracht werden. Dies ermöglicht eine Kombination von transparenter Füllung und absorbierendem Material ohne hervorstehende Elemente. Das Konzept ist beim System TAP RAIL der Firma EUROVIA umgesetzt (siehe Abbildung 6 und 7). Im Hallraum erreichte das System eine absorbierende Eigenschaft.

Abbildung 6: Lärmschutzwandelemente EUROVIA TAP RAIL - Absorber im Rahmen *Quelle: KOHLHAUER Lärmschutzsysteme*

Abbildung 7: Lärmschutzwandelemente mit Absorber im Rahmen – Detailansicht – Eurovia TAP RAIL
Quelle: KOHLHAUER Lärmschutzsysteme

Wirkmechanismus – Material

Neben dem Einbringen zusätzlicher Absorber ist es auch möglich, die akustischen Eigenschaften der transparenten Elemente über Änderungen am Material zu optimieren.

Periodische Absorber

Eine periodische Anordnung von Absorbern direkt auf der transparenten Scheibe (bzw. bei Elementen im Wechsel mit diesen) ist experimentell untersucht worden. Es ergibt sich dabei eine erhöhte Absorption bei periodischer Anordnung gegenüber der Absorption, die anhand der Flächenanteile rechnerisch zu erwarten wäre. Hierdurch können gemäß Forschungsergebnissen u.a. in [3], auch bei Teiltransparenz noch Absorptionswerte von 4 dB („absorbierend“) erreicht werden. Die Wirkung hängt u.a. von der Periodizität und dem Absorberanteil ab.

Mikroperforation

Sogenannte mikroperforierte Paneele (englisch: panels) oder Folien besitzen je nach Auslegung verschiedene absorbierende Eigenschaften. Diese bestehen meist aus einem gelochten Paneel oder einer gelochten Folie auf der Vorderseite, auf welches der Schall auftrifft, und einer schallharten Rückwand, welche sich in einem bestimmten Abstand zum vorderen Paneel befindet. Dadurch entsteht hinter der gelochten Vorderseite eine Kavität. Forschung hierzu wurde überwiegend in Japan durchgeführt [4,5,6] (Beispiel in Abbildung 8). Im Einsatz befinden sich neben dem Produkt „Eco Kyuon“ in Japan [6] auch Produkte von SAFITAL S.r.l. in Italien bzw. van Eycken in Belgien. Bei den Produkten kann abhängig von der Lochung ggf. eine verringerte Transparenz bzw. eine Transluzenz gegeben sein.

Abbildung 8: Beispiel eines mikroperforierten Paneels [4]

Weitere Methoden

Neben einer Optimierung der akustischen Eigenschaften der Wand kann das Ziel einer Sichtverbindung transparenter Wände, auch durch eine Verringerung der Wanddimensionen erreicht werden.

Aufsätze

Durch die Nutzung von Lärmschutzwandaufsätzen wie dem FORSTER Schallresonator (Abbildung 9), dem CALMA-TEC PIN Lärmspoiler (Abbildung 10) oder WHIS®top von 4Silence kann potenziell eine geringere Wandhöhe erreicht werden. Die Aufsätze ergänzen (bestehende) „herkömmliche“ Lärmschutzwände. Es werden unterschiedliche Wirkungsweisen zur Beeinflussung der Schallbeugung genutzt.

Abbildung 9: Aufsatz FORSTER Schallresonator auf Lärmschutzwand *Quelle: FORSTER*

Abbildung 10: Aufsatz CALMA-TEC Lärmspoiler auf bestehender Lärmschutzwand *Quelle: CALMA-TEC*

Niedrige Wände

Im Bereich der Schiene ist ein Heranrücken der Wand an die wesentliche Lärmquelle (Rad-Schiene) möglich (z.B. FORSTER Noise Breaker in Abbildung 11). Hierdurch sind z.T. niedrigere Lärmschutzwände möglich. Die Systeme für Schienenwege sind in der Berechnungsvorschrift Schall03 bereits implementiert. Eine Kombination mit z.B. Aufsätzen ist denkbar (4Silence WHIS®wall in Abbildung 12), um die Wirkung zu erhöhen.

Abbildung 11: Niedrige Lärmschutzwand FORSTER Noise Breaker *Quelle: FORSTER Metallbau Gesellschaft m.b.H.*

Abbildung 12: Aufsatz WHIS®wall von 4Silence auf niedriger Wand *Quelle: 4Silence BV*

Bodenabsorber, Sonic Crystals, Aktive Systeme

Durch die Nutzung von Bodenabsorbern in direkter Nähe zu bodennahen Schallquelle (z.B. 4Silence WHIS®stone an Straßen) soll durch Diffraktion am Boden die Ausbreitung verringert werden.

Sonic Crystals sind eine periodische Anordnung von Zylindern, die einer kristallinen Struktur ähnelt. Aufgrund der Periodizität kommt es innerhalb der Anordnung zu destruktiven Interferenzen. Auch wenn der Einsatz bisher hochexperimentell ist (u.a. [7, 8]), wurde von der Firma Van Campen Industries ein System an der A2 bei Eindhoven umgesetzt.

Bei einem aktiven System wird zum einfallenden Schall mit einer Reihe von elektroakustischen Komponenten, wie Mikrofonen, Lautsprechern und elektrischen Regelkreisen, der entsprechende Gegenschall erzeugt. In einem bestimmten Bereich entsteht damit eine destruktive Interferenz und der Schalldruckpegel wird somit verringert. Das System benötigt jedoch viele Komponenten, eine gute Wirkung bei bewegten Quellen und bewegten Empfängern ist fraglich.

Fazit

Es gibt bereits erste Systeme, die transparente Lärmschutzwände mit einer reduzierten Reflexion ermöglichen. Bei vielen Wirkweisen zeigt sich, dass Hallraum-Messungen nicht geeignet sind, um die Reflexion bzw. Absorption des Gesamtsystems passend abzubilden. Auch In-Situ-Messungen sind nur teilweise geeignet. Freifeldmessungen können die Wirkung einer Wand im eingebauten Zustand am besten ermitteln. Diese sind jedoch (noch) nicht einheitlich und somit die Ergebnisse für Gutachten nicht allgemein übertragbar. Bei Simulationen zeigten sich auch große räumliche Abhängigkeit der Wirkung, sodass eine hohe vertikale Auflösung bei Freifeldmessungen empfohlen wird.

Im Rahmen des noch laufenden Forschungsprojektes „Gutachten zu transparenten Schallschutzwänden mit hoher akustischer Wirksamkeit“ im Auftrag des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) wurden zu verschiedenen Wirkmechanismen vertiefende Betrachtungen angestellt und über die hier dargestellten Systeme hinaus Prototypenideen entwickelt und untersucht.

Literatur

[1] Bendtsen, H.; Fryd, J.; Popp, C.; Eggers, S.; Dilas, J. Tønnesen, A., Klæboe, R.: ON-AIR Optimised Noise Assessment and Management Guidance for National Roads, 2015, URL: http://on-air.no

[2] Beyer, E. (Hrsg.): Konstruktiver Lärmschutz: Forschung und Praxis für Verkehrsbauten, Beton-Verlag, 1989

[3] Takahashi, D.: Excess sound absorption due to periodically arranged absorptive materials. In: Journal of the Acoustic Society of America December 1989 (1989), Vol. 86 No. 6, 2215–2222

[4] Sakagami, K., Yairi, M., Morimot, M.: MULTIPLE-LEAF SOUND ABSORBERS WITH MICROPERFORATED PANELS: AN OVERVIEW. Acoustics Australia 38 (2010), Nr. 2

[5] Asdruball, F.; Pispola, G.: Properties of transparent sound-absorbing panels for use in noise barriers. Journal of the Acoustic Society of America 2007 (2007), 121 (1) January 2007, 214-221

[6] Yamagiwa, I.; Horio, M.; Nakaoka, S.; Yamada, T.: "Eco Kyuon" - Microperforated Sound Absorbing Panel. Kobelco Technology Review 2016 (2016), No. 34, 32–37

[7] Peiró-Torres, M. P.; Redondo, J.; Bravo, J. M.; Pérez, J.; Sánchez, V.: Open Noise Barriers Based on Sonic Crystals. Advances in Noise Control in Transport Infrastructures. Transportation Research Procedia 18 (2016), 392–398

[8] Gupta, Arpan: A review on sonic crystal, its applications and numerical analysis techniques. Acoustical Physics 60 (2014), Nr. 2, 223–234