

Innovativer Lärmschutz an Straßen

- Lärmreduzierungsplatten für den Straßenrand

Wolfram Bartolomaeus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	<i>Vorüberlegungen</i>	2
2	Klassifikation der Maßnahmen	3
3	Maßnahmen zur Beeinflussung oder Minderung der Geräuschemission	3
3.1	<i>In Deutschland umgesetzt, aber nicht berücksichtigt</i>	3
3.1.1	Aktive Maßnahmen an der Quelle, Verkehr.....	4
3.1.2	Aktive Maßnahmen an der Quelle, Straße.....	4
3.1.3	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand	4
3.1.4	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wall.....	5
3.1.5	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Tunnel, Galerien.....	5
3.2	<i>Im Ausland umgesetzt, aber in Deutschland noch nicht berücksichtigt</i>	6
3.2.1	Aktive Maßnahmen an der Quelle, Straße.....	6
3.2.2	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand	6
3.2.3	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, flache Strukturen	7
3.2.4	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Vegetation.....	7
3.2.5	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Städtischer Straßenraum.....	8
3.3	<i>Noch nie großmaßstäblich gebaut</i>	8
3.3.1	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand	8
3.3.2	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wall.....	8
3.3.3	Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Städtischer Straßenraum.....	8
4	Literaturverzeichnis	9

1 Einleitung

„Lärmreduzierungsplatten für den Straßenrand“ sind nur eine von vielen möglichen Maßnahmen für den „Innovativen Lärmschutz an Straßen“. Im Folgenden sollen weitere innovative Maßnahmen beschrieben werden.

1.1 Vorüberlegungen

Der aktive Lärmschutz an Straßen sieht nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS) neben der Berücksichtigung von lärmindernden Fahrbahnbelägen zwei Wege zur Beeinflussung der Geräuschimmission vor:

- Zum einen wird eine Ausbreitungsdämpfung inkl. Boden- und Meteorologiedämpfung zwischen Emissions- und Immissionsort aufgrund der Entfernung angenommen. Sieht man von der Dämpfung durch Bewuchs nach DIN 9613-2 ab, so ist diese Maßnahme nur bei der Planung von Straßen und Wohngebieten im Rahmen der Raumnutzung zu berücksichtigen.
- Zum anderen kann eine Abschirmung durch Lärmschutzwände oder -wälle sowohl bei der Planung als auch zu einem späteren Zeitpunkt berücksichtigt werden. Von den Eigenschaften der Abschirmeinrichtungen werden in den RLS nur die Lage der (horizontalen) Beugungskante sowie bei Wänden die Absorptionseigenschaften verwendet.

Von der Berücksichtigung der Dämpfung durch Bewuchs nach DIN 9613-2 ist bisher abgesehen worden, da bei dem Bewuchs, meist Wald, nicht garantiert werden kann, dass er Bestand hat. Die Dämpfung durch Bewuchs liegt nach DIN 9613-2 zwischen einem und mehreren dB, je nach Länge des Schallstrahls im Bewuchs. Die Dämpfung wird ab ca. 10 bis 20 m Breite wirksam.

Bei Wällen werden in den RLS die absorbierenden Eigenschaften des Wallmaterials nicht berücksichtigt. Diese können zu einer zusätzlichen Dämpfung von bis zu 7 dB führen. Ebenso wird der evtl. vorhandenen Bewuchs des Walls nicht berücksichtigt. Durch die weit von der Emissionslinie (Straße) entfernt liegende Beugungskante wird daher für Wälle im Vergleich zu gleich hohen Wänden eine deutlich niedrigere Einfügedämpfung berechnet.

Bei Lärmschutzwänden wird die Absorption des Materials nur bei der Minderung der Schallreflexion berücksichtigt, nicht jedoch bei der Schallausbreitung über die Wand. Ebenso wenig wird auch die Form der horizontalen Beugungskante(n) der Wände berücksichtigt. Gekrümmte Lärmschutzwände, deren Beugungskante in Richtung der Emissionslinie (vom Immissionsort aus betrachtet) oder sogar jenseits davon liegen, können nicht adäquat beschrieben werden. Mehrere Beugungskanten und andere Modifikationen (Helmholtz-Resonatoren) finden ebenso wenig Berücksichtigung wie neuartige (Meta-)Materialien (Sonic Crystals). In diesem Zusammenhang ist auch die Frage nach einer notwendigen Mindestschalldämmung zu stellen.

2 Klassifikation der Maßnahmen

Zunächst lassen sich die Maßnahmen zur Lärminderung in aktive und passive Maßnahmen einteilen. Der aktive Lärmschutz umfasst Maßnahmen hinsichtlich der Emission (Quelle) und der Schallausbreitung (z. B. Schirmung). Passive Maßnahmen sind hingegen solche am Immissionsort.

Passive Maßnahmen sollen nicht weiter betrachtet werden, da sie keinen innovativen Charakter im Sinne des Lärmschutzes besitzen. Sie sind auch nur in Ausnahmefällen anwendbar, wenn die aktiven Maßnahmen nicht durchführbar sind oder die Kosten außer Verhältnis zum Lärmschutz stehen.

Bei den aktiven Maßnahmen lassen sich wiederum Maßnahmen an der Quelle und solche im Ausbreitungsweg des Schalls unterscheiden. Grundsätzlich soll der Schall direkt an der Quelle gemindert werden, da diese Art der Lärmbekämpfung die effizienteste ist und vor allem auch flächenhaft wirkt.

Bei Maßnahmen an der Quelle muss zunächst das Fahrzeug selbst mit seinen Reifen genannt werden. Aber auch der Verkehr, die Menge der beteiligten Fahrzeuge mit ihren Geschwindigkeiten beeinflussen den Straßenverkehrslärm maßgeblich. Die Straßenoberfläche – als Gegenspieler zum Reifen – kann durch eine entsprechende Texturierung bzw. durch ein gewisses Absorptionsvermögen lärmtechnisch optimiert werden.

Sind die Mittel zur Lärmreduktion an der Quelle weitestgehend ausgeschöpft, so bleibt nur die Lärminderung bei der Ausbreitung. Planerische Maßnahmen wie eine optimierte Trassenführung sind hier nicht aufgeführt, da sie nicht als innovativ gelten können. Die klassische Dämpfung des Schalls im Ausbreitungsweg geschieht durch Schirmung mit Wänden, Wällen, Galerien und Tunneln. Diese Bauwerke können durch Modifikationen (Aufsatz, Sonic Crystal) noch optimiert werden. Daneben sind aber auch Pegelminderung bei der Schallausbreitung durch flache Strukturen am Boden oder Bewuchs möglich. Im städtischen Straßenraum können Modifikationen von Fassenden (reflektierend oder absorbierend) pegelmindernd wirken.

3 Maßnahmen zur Beeinflussung oder Minderung der Geräuschmission

3.1 In Deutschland umgesetzt, aber nicht berücksichtigt

Aktive Maßnahmen am Fahrzeug sollen hier nicht berücksichtigt werden. Es sind Maßnahmen an Fahrzeugen oder Reifen notwendig, die nicht im Rahmen der RLS umgesetzt werden können.

(Höchst-)Geschwindigkeit und Verkehrsmengen werden in der RLS bereits berücksichtigt. Die Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeitsverteilung, wird aber nicht berücksichtigt. Diese hat aber ebenfalls einen Einfluss auf die Geräuschmission.

3.1.1 Aktive Maßnahmen an der Quelle, Verkehr

Hierzu wurde ein Projekt unter dem Titel "Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use-Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen" durchgeführt und vor kurzem angeschlossen [34].

3.1.2 Aktive Maßnahmen an der Quelle, Straße

In [14] wurden an Messstrecken aus AC 8, SMA 8, SMA/LA 8, DSK 5, DSH-V 5 und PMA 5 Kenngrößen der Textur, des Strömungswiderstandes, des Schallabsorptionsgrades und der Geräuschemission bestimmt. Gegenüber dem Referenzbelag aus nicht geriffeltem Gussasphalt ergaben sich so Pegelreduktionen um typischerweise 2 bis 4 dB(A) in einem Ausnahmefall auch von über 6 dB(A). Die Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit den Aussagen aus [15]. Eine in [14] geschilderte Nachrechnung der Geräuschemissionen mit dem SPERoN-Modell¹ war nur z. T. erfolgreich. Das größte Problem bei lärmarmen Dünnschichtbelägen ist deren akustische Dauerhaftigkeit [12], [13], [19], [20].

In [15] wird die Oberflächenbehandlung von Beton mit dem Grinding (Schleifen) als eine prinzipiell lärmindernde Maßnahme dargestellt. In der Praxis konnte der Nachweis dafür aber noch nicht zweifelsfrei erbracht werden.

In [16] sind die Ergebnisse von Geräuschemissionsmessungen an Offenporigem Beton mit dem Verfahren der Statistischen Vorbeifahrt dargestellt. Der Belag weist einen ca. 7 dB(A) niedrigeren Pegel verglichen mit dem Referenzbelag aus nicht geriffeltem Gussasphalt auf. Leider musste der Belag nach ca. drei Jahren wieder ausgebaut werden, da er Risse zeigte, die vermutlich durch den zu flexiblen Unterbau hervorgerufen wurden. Auf Autobahnen konnte der Offenporige Beton bis heute nicht dauerhaft eingebaut werden. Er hätte erhebliche Vorteile gegenüber dem Offenporigen Asphalt bzgl. der Anfälligkeit gegenüber Verschmutzung.

3.1.3 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand

Abknickende Lärmschutzwände wirken durch eine Verschiebung der Beugungskante in Richtung Emissionslinie. Für die Berechnung ist insbesondere der Fall problematisch, bei dem die Beugungskante vom Immissionsort gesehen hinter der Emissionslinie liegt. Dieser Fall ist weder in den RLS-90 noch in der ISO 9613-2 geregelt.

Bei gekrümmten Lärmschutzwänden ist nicht klar, wie die gekrümmte Fläche hinsichtlich der Reflexion zu behandeln ist. Die Statik für solche Konstruktionen scheint aber unproblematisch zu sein [7].

Reflektierende Flächen im oberen Bereich einer Lärmschutzwand treten z. B. auf Brücken auf. Die Berechnung deren Reflexionswirkung in Verbindung mit absorbierenden Elementen ist problematisch.

¹ <https://www.muellerbbm.de/umwelt/verkehr-umwelt/speron/>

Zu diesem Themenkomplex gibt es bereits eine Untersuchung aus 2006 [1]. In dieser wurden aber nur Testaufgaben entwickelt. Eine messtechnische Überprüfung fand nicht statt. Dies soll in einem Forschungsprojekt, dass gerade in Vergabe ist, nachgeholt werden.

Die Wirkung absorbierender Lärmschutzwände auf die Schallausbreitung hinter den Wänden wurde rechnerisch und messtechnisch im Modellmaßstab überprüft [2]. Bei einer quellseitigen oder beidseitigen Bekleidung der Wand mit Absorptionsmaterial ergibt sich ein um 1 bis 3 dB höheres Abschirmmaß, falls sich der Messpunkt nicht oberhalb der Kante der Lärmschutzwand befindet. Dies gilt aber nicht für den Frequenzbereich zwischen 450 und 850 Hz, in dem eine Erhöhung des Schalldruckpegels vorliegt, die wahrscheinlich auf den reflektierenden Boden vor der Lärmschutzwand zurückzuführen ist.

Durch Kombination von Lärmschutzwand und Rückhaltesystem (Schutzplanke, Schutzwand) [7] wird die Beugungskante näher an den Emissionsort gebracht. Dies führt zu Pegelminderungen, zumindest für den ersten Fahrstreifen.

Fotovoltaik auf Lärmschutzwänden kann zu einem zusätzlichen wirtschaftlichen Nutzen der Wand führen. Die Wand ist dann aber i. d. R. reflektierend. Untersuchungen, ob diese vermieden werden kann laufen derzeit im Forschungsprojekt PVwins². Bei Beschichtung einer absorbierenden Lärmschutzwand mit TiO₂ zur Reduktion von NO_x wird die akustische Wirkung i. d. R. nicht gemindert. Die Wirksamkeit der Beschichtung in Bezug auf eine Reduktion von NO_x ist aber wg. der geringen NO_x-Konzentration an der Wand gering.

3.1.4 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wall

Wälle wirken durch die weit hinten liegende Beugungskante nur gering schalldämmend. Die evtl. absorbierende Wirkung der schrägen, zur Emissionslinie hin geneigten Fläche wird nicht berücksichtigt. Diese absorbierende Wirkung müsste für unterschiedliche Wetterbedingungen garantiert sein, was bei Boden und Grasland nicht der Fall ist.

Zu Wänden und Wällen gibt es eine Untersuchung aus 2003 [3]. Abweichungen der Messwerte im Vergleich zu den Berechnungen nach RLS-90 liegen für Lärmschutzwände im Bereich weniger Zehntel dB. Bei Wällen und Einschnitten können im Einzelfall Differenzen bis zu 7 dB(A) zusätzlicher Pegelminderung auftreten.

Fotovoltaik auf Lärmschutzwällen kann zu einem zusätzlichen wirtschaftlichen Nutzen der Wand führen. Reflexionen sind nicht zu befürchten. Allerdings ist die geografische Ausrichtung des Walls entscheidend für die Effizienz der Fotovoltaik.

3.1.5 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Tunnel, Galerien

(Kulissen-)Schalldämpfer können an Straßen in Troglage, im Bereich von Tunnelportalen und -luftauslässen sowie Galerien eingesetzt werden [7]. Die Anwendung ist sehr spezifisch und von Fall zu Fall unterschiedlich.

² <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/pvwins.html>

3.2 Im Ausland umgesetzt, aber in Deutschland noch nicht berücksichtigt

3.2.1 Aktive Maßnahmen an der Quelle, Straße

Eine Überprüfung der akustischen Eigenschaften von neuen Straßendeckschichten, wie sie z. T. im Ausland (Niederlande, Dänemark etc.) durchgeführt wird, gibt es derzeit in Deutschland nicht. Ein Verfahren zur Überprüfung der akustischen Eigenschaften von Straßendeckschichten wurde in den EU-Projekten SILVIA [28] und ROSANNE³ [29] entwickelt.

Ebenso ist eine regelmäßige Überprüfung der akustischen Eigenschaften von bestehenden Straßenoberflächen, anders als vereinzelt schon im Ausland (z. B. CPX-Messung aller Autobahnen in der Schweiz), in Deutschland nicht vorgesehen. In den EU-Projekten SILVIA [28] und ROSANNE [29] wurden auch Prozeduren für die netzweite Zustandserfassung (Monitoring) der akustischen Eigenschaften von Straßendeckschichten entwickelt.

In den EU-Projekten ITARI⁴ [30] und PERSUADE⁵ [31] wurden neuartige Belagstypen entwickelt, die vereinzelt auch auf öffentlichen Straßen eingebaut wurden. Es handelt sich um eine dichte Oberfläche mit einer rautenförmigen Oberflächenstruktur. Der Effekt auf die Geräuschemission des darauf abrollenden Reifens wurde eingehend untersucht. Im Rahmen des DeuFraKo-Projektes PR2N⁶ [32] wurde die Oberfläche mit geringem Erfolg bautechnisch ausprobiert. Die berechnete und gemessene Pegelminderung liegt in der Größenordnung von offenporigem Asphalt. Ähnlich ist es mit dem poroelastischen PERS-Belag des Projektes PERSUADE, der im Wesentlichen aus alten Reifen besteht. Dieser Belag wurde u. a. im Projekt SILENCE⁷ sowohl im Prüfstand Fahrzeug Fahrbahn (PFF) der BAST als auch auf Straßen in Schweden eingebaut. Hier gibt es vor allem Probleme mit der Verkehrssicherheit (Griffigkeit) und der Dauerhaftigkeit (Winterdienst).

3.2.2 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand

Eine Überprüfung der akustischen Eigenschaften einer neuen Lärmschutzwand, wie sie z. T. im Ausland durchgeführt wird [7], gibt es derzeit in Deutschland nicht.

Ebenso ist eine regelmäßige Überprüfung der akustischen Eigenschaften (Absorption, Dämmung) von bestehenden Lärmschutzwänden [12], [13], [20], anders als vereinzelt schon im Ausland (z. B. in Belgien [7]), in Deutschland nicht vorgesehen. Dazu wurde das Forschungsprojekt „Akustische Eigenschaften alter Lärmschutzwände“ [35] durchgeführt, in dem geklärt wurde, welche Schäden an Lärmschutzwänden grundsätzlich akustisch relevant sind. Die Ergebnisse gehen in das derzeit laufende CEDR-Projekt SOPRANOISE⁸ ein.

³ <https://rosanne-project.eu/>

⁴ <https://cordis.europa.eu/project/id/506437/de>

⁵ <http://persuade.fehrl.org/>

⁶

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi7j72W0pPuAhUOCuwKHRxsBxkQFjAAegQIA-RAC&url=https%3A%2F%2Fjtav.ifsttar.fr%2Ffileadmin%2Fcontributeurs%2FJTAV%2F2006%2FJTA2006_JFH_PREDIT.pdf&usg=AOvVaw3zxtIIMyR8-VrxLTcuCBzB

⁷ <https://urbact.eu/silence-integrated-research-project-urban-noise-final-event>

⁸ <https://www.enbf.org/sopranoise/>

Im dem BASt-Projekt „Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen“ [36] ebenso wie im Projekt „Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen“ [37] wurden absorbierende Wandaufsätze eines österreichischen Herstellers untersucht.

In [21] sind Lärmschutzwände mit mehreren Beugungskanten, z. T. mit zusätzlichem Absorptionsmaterial, mit der Rand-Elemente-Methode untersucht worden. Es wurden zusätzliche Einfügedämpfungen von bis zu fast 4 dB berechnet. Einige Modelle wurden schon in situ eingesetzt und untersucht. Das sog. T-Top-Modell wird in der niederländischen Methode zur Berechnung des Straßenverkehrslärms berücksichtigt.

Die Idee, Helmholtz-Resonatoren in Verbindung mit Lärmschutzwänden zu verwenden ist schon etwas älter [22]. In [23] wurde ein Demonstrator gebaut und getestet, der speziell auf die etwas tieferen Frequenzen der Geräuschemission von LKW abgestimmt war. Es konnte eine Pegelminderung von durchschnittlich 4 dB in den Terzen unterhalb 2,5 kHz ermittelt werden. In dem Bereich des LKW-Lärms beträgt der Unterschied mindestens 8 dB.

Vereinzelt werden im Ausland (z. B. Dänemark, Niederlande) industriell genutzte Gebäude als Lärmschutzeinrichtung verwendet [7]. Dies ist in Deutschland aus baurechtlichen Gründen nicht möglich.

Die Entwicklung von Sonic Crystals als Lärmschutzeinrichtung ist noch immer in der Entwicklung [7]. Allerdings werden immer wieder Versuche mit senkrecht neben der Straße angeordneten Zylindern berichtet. In [17] sind es drei Zylinder-Reihen aus gelochtem Metall, gefüllt mit Gummischnitzeln. Dieser Ansatz wurde in [18] weiterentwickelt.

Vertikale Grüne Wälle verbinden die positiven Eigenschaften von konventionellen Lärmschutzwänden und –wällen: Eine hohe Pegelreduktion verbunden mit einer besseren Ästhetik [7].

3.2.3 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, flache Strukturen

Periodische Strukturen am Fahrbahnrand sind im Projekt HOSANNA⁹ untersucht worden [8], [11]. Dabei ergab sich eine Einfügedämpfung der streifenförmigen und gitterförmigen Hindernisse entlang der Straße von fast 3 dB. In den Niederlanden werden in den Boden neben der Fahrbahn eingelassene periodische Gitter schon in der Praxis eingesetzt. In dem Tagungsbeitrag wurde das von der Fa. 4Silence entwickelte Produkt WHIS@stone¹⁰ ausführlich dargestellt (Vortrag siehe Anlage).

3.2.4 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Vegetation

Die lärm mindernde Wirkung von Vegetation am Fahrbahnrand wurde ebenfalls im HOSANNA-Projekt untersucht [8]. So kann durch schmale Waldstreifen neben der Straße eine deutliche Pegelminderung erreicht werden. Bäume, und Pflanzen können den Schall reflektieren, beugen und absorbieren [24]. Die Streuung des Schalls durch ein Vegetationsstreifen längs der Straße mit einer Breite von mindestens 12 m kann zur effektiven Pegelminderung einge-

⁹ <https://cordis.europa.eu/project/id/234306/reporting/de>

¹⁰ <https://www.4silence.com/de/whisstone/>

setzt werden. In einem derzeit laufenden Forschungsprojekt wird die akustische Wirkung von Waldstreifen noch einmal genauer untersucht.

3.2.5 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Städtischer Straßenraum

Verschiedentlich werden im Ausland schon spezielle Absorber im Straßenraum eingesetzt. Dadurch kann die akustische Umgebung verbessert werden. Eine nennenswerte Pegelminderung wäre erst durch den massiven Einsatz von Absorbern (Straßenbelag und Fassaden) erreichbar.

3.3 Noch nie großmaßstäblich gebaut

3.3.1 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wand

In [25] wird das Prinzip eines Interferenzschalldämpfers für die Modifikation einer Lärmschutzwand angewendet. Nach einer Simulation mit der Rand-Element-Methode wurden die wirksamsten Vorsätze im Modellmaßstab gebaut und in der Halle für akustische Modelltechnik erprobt. Die messtechnisch ermittelte Pegelminderung betrug ca. 1 dB. Bisher nur in Simulationen getestet wurden Streukörper zur „Entschärfung“ der Beugungskante [26], [27]. Bei den Anordnungen mit zylindrischen Streukörpern in einem Rechteck konnten im Frequenzbereich von 400 Hz bis 2400 Hz Pegelminderungen von bis zu 5 dB erreicht werden [26]. Bei einer Anordnung in unterschiedlichen Formen (Dreieck, Rechteck, Kreisringausschnitt oder Linse) wurde eine Pegelminderung von über 5 dB erreicht. Modelltests wurden in der Halle für akustische Modelltechnik durchgeführt [38].

3.3.2 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Wall

In [11] wurden im Modellmaßstab Modifikationen an einem Lärmschutzwall durchgeführt, die vom Prinzip einer Fresnel'schen Zonenplatte inspiriert waren. Eine zusätzliche Pegelminderung um ca. 1 dB konnte nachgewiesen werden.

3.3.3 Aktive Maßnahmen in der Ausbreitung, Städtischer Straßenraum

In [33] wurden die Untersuchungen der letzten 70 Jahren im Bereich Schallausbreitung im städtischen Raum analysiert. Bereits 2016 fanden Messungen in der Halle für akustische Modelltechnik (HAMt) der BAST an verkleinerten Modellen mit modifizierten Fassaden statt. Die Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Frankfurt wird fortgeführt.

4 Literaturverzeichnis

- [1] Maly, T. et all.: Technisch / Wissenschaftliche Unterstützung bei der Umsetzung der EG-Umgebungslärmrichtlinie in nationales Recht, UFOPLAN-Nr. 204 51 145/04, Schlussbericht 2006.
- [2] Ochmann, M.; Donner, U.: Einfluss der Absorption von Lärmschutzwänden auf die Schallbeugung, FE 02.0328, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1114, 2015.
- [3] Weinrich, F.; Schierz, H.: Schalltechnische Untersuchungen zur Wirksamkeit von Lärmschirmen an zwei- und sechsstreifigen Straßenquerschnitten, (unveröffentlicht), Forschungsprogramm Straßenwesen FE02.206, Dresden 2003.
- [4] Peiró-Torresa, M.P. et all.: Open noise barriers based on sonic crystals. Advances in noise control in transport infrastructures, XII Conference on Transport Engineering, CIT 2016, 7-9 June 2016, Valencia, Spain.
- [5] Bendtsen, H. et all.: Noise Management and Abatement, CEDR, April 2010.
- [6] O'Malley, V. et all.: European Noise Directive and National Road Authorities: Final Summary Report CEDR Road Noise 2009-2013, August 2013.
- [7] Vanhooreweder, B. et all.: CEDR Technical Report 2017-02 State of the art in managing road traffic noise: noise barriers, CEDR, January 2017.
- [8] Forssén, J. et all.: Toolbox from the EC FP7 HOSANNA project for the reduction of road and rail traffic noise in the outdoor environment, Transport Research Arena 2014, Paris.
- [9] Yung, C.: Sonic Crystal Noise Barriers, Dissertation, The Open University 2012.
- [10] Clairbois, J.P.: QUIESST Guidebook to Noise Reducing Devices optimisation, Dezember 2012.
- [11] Bartolomaeus, W.: Lärmschutz an Straßen mit horizontalen (periodischen) Strukturen, Fortschritte der Akustik - DAGA 2017, 43. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Kiel 2017.
- [12] Dilas, J.; Eggers, S.: CEDR Call 2012: Noise – Integrating strategic noise management into the operation and maintenance of national road networks, CEDR Contractor Report 2017-02, Entwurf, September 2017.
- [13] Bendtsen, H. et. all.: CEDR Call 2012: Noise – ON-AIR Guidance Book on the Integration of Noise in Road Planning, CEDR Contractor Report 2017-03, Entwurf, September 2017.
- [14] Schulze, Ch. et all.: Geräuschkinderung von Dünnschichtbelägen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik, Heft F 111, Bergisch Gladbach 2015.
- [15] Bartolomaeus, W. et all.: Arbeitspapier Textureinfluss auf die akustischen Eigenschaften von Fahrbahndecken, FGSV 422, Köln 2013.
- [16] Bartolomaeus, W. et all.: Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr - Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Straßenbau, Heft S 37, Bergisch Gladbach 2004.

- [17] Sánchez-Dehesa, J. et al.: Noise control by sonic crystal barriers of recycled materials, Condensed Matter - Materials Science (cond-mat.mtrl-sci), Cornell University Library 2010.
- [18] Garcia-Chocano, V. M.; Sánchez-Dehesa, J.: Optimum control of broadband noise by barriers based on sonic crystals, Condensed Matter - Materials Science (cond-mat.mtrl-sci), Cornell University Library 2012.
- [19] Bendtsen, H. et al.: State of the in managing road traffic noise: noise-reducing pavements, CEDR Technical Report 2017-01, January 2017.
- [20] Alberts, W. et al.: State of the in managing road traffic noise: summary report, CEDR, June 2017.
- [21] Morgan, Ph.; Watts, G.: Application of the Boundary Element Method to the Design of Transport Noise Mitigation Measures, Annual Research Review, TRL 2004.
- [22] Volz, R.; Möser, M.: Aufsätze für Schallschirme – Messungen an einer Lärmschutzwand, Fortschritte der Akustik - DAGA 2000, 26. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Oldenburg 2000.
- [23] Zaleski, O.; Bockstedte, A.: Lärmschutzwände mit Beugungskante aus Helmholtz-Resonatoren für Lkw, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1055, Juni 2011.
- [24] Bocur, V.: Urban Forest Acoustics, Techniacustica, Terassa 2005.
- [25] Chudalla, M.: Anwendung des Interferenzschalldämpfer-Prinzips auf eine Lärmschutzwand, Masterarbeit 2010.
- [26] Chudalla, M.: Streukörper auf Lärmschutzwand, Fortschritte der Akustik - DAGA 2015, 41. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Nürnberg 2015.
- [27] Chudalla, M.: Entschärfte Beugung – Kann der Beugungseffekt durch Streukörper an der Beugungskante verringert werden? Fortschritte der Akustik - DAGA 2016, 42. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Aachen 2016.
- [28] Morgan, Ph. et al.: Guidance manual for the implementation of low-noise road surfaces, FEHRL Report 2006/02, Brüssel 2006.
- [29] Haider, M. et al.: ROSANNE – Final Summary Report 2016.
- [30] Conte, F.; Jean, P.: Tyre noise radiation: road effects, Automobil Comfort Conference, Le Mans, November 2006.
- [31] Sandberg, U. et. al.: State-of-the-Art regarding poroelastic road surfaces, PERSUADE, Deliverable D8.1, February 2010.
- [32] Auerbach, M; Bérengier, M.: Conclusions of the DEUFRACO P2RN Final Seminar, Mülhausen, März 2009.
- [33] Krimm, J. et al.: Der urbane Raum in der Akustik als architektonische Gestaltungsgrundlage für leisere Städte, Fortschritte der Akustik - DAGA 2017, 43. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Kiel 2017.

- [34] Müller, S. et al.: Zusammenhang reduzierter Geräuschgrenzwerte mit den in-use-Geräuschemissionen bei unterschiedlichen Verkehrssituationen, Forschungsbericht von Möhler + Partner Ingenieur AG, Augsburg, Mai 2020 (noch unveröffentlicht).
- [35] Lindner, P. et al.: Akustische Wirksamkeit alter Lärmschutzwände, BAST-Bericht V 316, Bergisch Gladbach 2019.
- [36] Bartolomaeus, W, et al.: Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2020 (noch unveröffentlicht).
- [37] Lindner, P. et al.: Akustische Wirksamkeit von Lärmschutzwandaufsätzen, BAST-Bericht V 334, Bergisch Gladbach 2020.
- [38] Bartolomaeus, W.: Modell-Prüfstand für akustische Streuung, Fortschritte der Akustik - DAGA 2019, 45. Deutsche Jahrestagung für Akustik, Rostock 2019.

Vortrag „Lärmreduzierungsplatten für den Straßenrand“

Wolfram Bartolomaeus

Gliederung

- Praxis in den Niederlanden
- EU-Projekt HOSANNA
- Wirkungsweise Diffraktor
- Vor-Messungen in der BAST
- Erprobungsstrecke bei Nördlingen
- Messkonzept Einfügedämpfung
- Zusammenfassung - Ausblick



Praxis in den Niederlanden

In den Niederlanden wurde vor 8 Jahren die Firma 4SILENCE gegründet. Diese vertreibt die Diffraktoren unter dem Namen WHIS@stone.

Das Produkt wurde 2019 eingehend von TNO (Niederländische Organisation voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) in Simulationen untersucht und eine Lärmreduzierung von 2-3 dB für geringe Höhen gefunden.

Anfang dieses Jahres wurde das Wirkprinzip in die niederländischen Rechen- und Messvorschriften für Lärm aufgenommen.

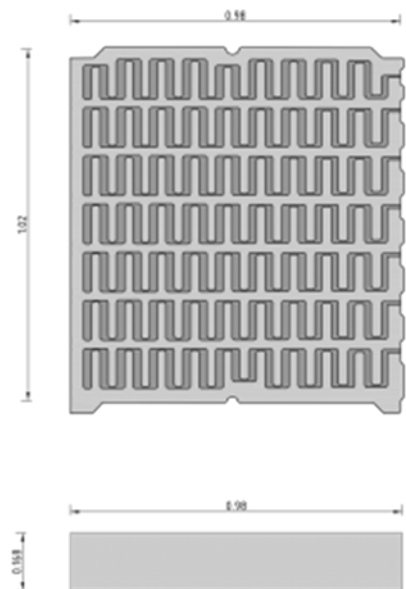
Anders als in Deutschland, wo der Lärm nur berechnet wird (RLS-19), sind in den Niederlanden auch Messungen erlaubt, mit denen innovative Produkte bei der Ermittlung der Schallausbreitung im gesetzlich geregelten Rahmen berücksichtigt werden können.

EU-Projekt HOSANNAH

Die EU finanzierte mit rund 5 Mio. € über 2,5 Jahre bis April 2013 das 13 Mitglieder umfassende Projekt HOSANNA.

Ziel war die Entwicklung, Erprobung, Verifizierung und Verbreitung neuer Lärmschutzverfahren unter Anwendung natürlicher und künstlicher Mittel.

Neben vielen interessanten „weichen“ Lärmschutzmaßnahmen z. B. durch Vegetation wurde auch die Einfügedämpfung von streifenförmigen und gitterförmigen periodische Hindernisse entlang der Straße untersucht. Für diese ergaben sich fast 3 dB Minderung.

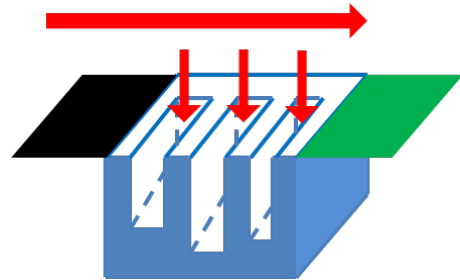




Es handelt sich hier um eine erfolgreiche Anwendung von Metamaterial – Stichwort: „Sonic Crystal“ – bei der Lärmbekämpfung an Straßen.

Wirkungsweise Diffraktor

Dem Straßenverkehrslärm wird durch Kanäle, die als Helmholtz-Resonatoren dienen, Energie entzogen und phasengedreht wieder zugeführt. Dadurch entsteht eine Aufwärtsbeugung des Schalls. Breite und Tiefe der Kanäle sind auf das Maximum des Verkehrslärmspektrum (800 – 1200 Hz) abgestimmt.



Im Gegensatz zu Absorbern, die dem Schallfeld Energie entziehen, handelt es sich hier um sogenannte „schallweiche“ Oberflächen, die dem Schallfeld eine andere Richtung geben. Das ist das Prinzip der Beugung.

Vor-Messungen in der BAST

In der Halle für akustische Messtechnik (HaMt) der Bundesanstalt für Straßenwesen wurden letztes Jahr Vor-Untersuchungen des Wirkprinzips der Diffraktoren an Aluprofilen im Maßstab 1:8 durchgeführt.



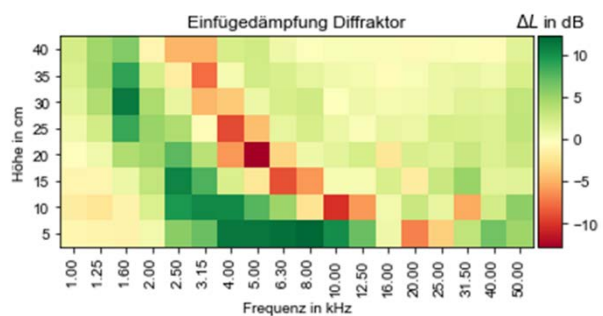
Für unterschiedliche Höhen von 5 bis 40 cm (Maßstäblich entsprechend 40 cm bis 3,20 m) wurden sogenannte Terz-Pegel einer Rauschquelle (4-PI Bändchenhochtöner) an dem Mikrofon jenseits des Diffraktors ermittelt.



Die Differenz zur Messung ohne Diffraktor ergibt die sogenannte „Einfügedämpfung“.

Sie liegt hier zwischen 10 dB (grün) für geringe Höhen und Frequenzen bzw. -10 dB (rot) – also eine Verstärkung – für große Höhen und Frequenzen.

Das Verkehrslärmspektrum hat im Bereich von 800 Hz bis 1200 Hz sein Maximum. In diesem Bereich ist die Wirksamkeit für geringe Höhen besonders hoch.



Erprobungsstrecke bei Nördlingen

Bei Nördlingen in Bayern ist der Bau einer Erprobungsstrecke geplant.

Sie sehen hier die Lage der 600 m langen Strecke als Satellitenbild. Geplant sind 2 Varianten von je 100 m Länge mit einem Referenzabschnitt dazwischen.



Die Baumaßnahmen sollten dieses Jahr stattfinden und die Messungen Anfang 2021. Dies wurde um 1 Jahr verschoben.

Die Maßnahme ist m. E. nur für den Lärmschutz an Straßen im nachgeordneten Straßennetz geeignet. Dort könnten beim Lärmschutz einzeln stehender Gebäuden im ländlichen Gebiet andere Maßnahmen wie z. B. Lärmschutzwände vermieden werden.

Messkonzept Einfügedämpfung

Gemessen werden sollen wieder die Terzpegel, aber dieses mal von vorbeifahrenden Fahrzeugen.

Die Messung erfolgt, wie bei dem Verfahren der „Statistischen Vorbeifahrt“ (SPB) an jeweils 4 Mikrofonen zeitgleich am Diffraktor und an der Referenz. Die Mikrofone jeweils direkt an der Straße dienen zur Normierung der Vorbeifahrtpegel.



Wenn eine ausreichende große Anzahl von Fahrzeugvorbeifahrten aufgenommen werden, kann eine statistische gut abgesicherte Einfügedämpfung des Diffraktors an den Mikrofonpositionen ermittelt werden.

Zusammenfassung - Ausblick

- Mit WHIS®stone steht ein Produkt zur Lärminderung an Landstraßen zur Verfügung.
- Die akustische Wirksamkeit für niedrige Höhen wurde durch Simulation und Messungen im Labor nachgewiesen.
- Die akustische Wirksamkeit in der Realität (neben der Straße bei Wind und Wetter) soll an einer Teststrecke erprobt werden.
- Ebenso sollen Erfahrungen mit Einbau und Betrieb (Wasserabfluss, Reinigung und Winterdienst) gesammelt werden.