Absorptionslärmschutzwand (ALSW)

Franz Rössler[1]

[1] *Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22, A-1200 Wien, E-Mail:franz.roessler@wien.gv.at*

Motivation

Nachdem die erste strategische Lärmkarte im Jahr 2007 erstellt wurde und der daraus resultierende Konfliktplan vorlag, wurde eine zu diesem Zeitpunkt bereits fast 10 Jahre zurückliegende Überlegung aufgegriffen, Immissionen von Verkehrslärm im öffentlichen Raum zu reduzieren. Dazu sollen Elemente von Lärmschutzwänden (LSW) derart als eine neue Art von Lärmschutzmaßnahme eingesetzt werden, dass ein ausreichender Schallschutz gewährleistet wird, eine Passierbarkeit für Menschen und Tiere aber weiterhin gewährleistet bleibt. Bereits von Anfang an sollte die Absorptionslärmschutzwand (ALSW) die bisher angewendeten Lärmschutzmaßnahmen ergänzen, als Ersatz war sie nie gedacht. Ein hoher Schallschutz direkt hinter einer Lärmschutzwand wird mit einer ALSW nicht erreichbar sein.

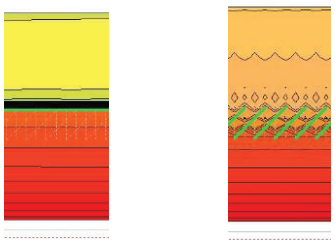

Abbildung 1: Erste Berechnung, um den Unterschied der Pegelverteilung bei einer LSW (li) und einer ALSW (re) zu zeigen, Darstellung in 1 dB-Schritten

Methode

Als erster Schritt wurde eine rechnerische Untersuchung beauftragt, die einen Überblick geben sollte, welche Pegelminderungen in Abhängigkeit der Entfernung hinter der ALSW und der Höhe des Immissionspunktes, zu erwarten sein werden. Anschließend sollte eine ALSW als Pilotprojekt errichtet werden, um die errechneten Pegelminderungen messtechnisch zu überprüfen. In weiterer Folge sollte eine ausreichend genaue Berechnungsmethode gefunden werden, die die Schallminderung beim Durchtritt des Schalls zwischen den Lärmschutzelementen bestimmen kann, da eine Pegelminderung bei Durchtritt zwischen schallabsorbierenden Objekten ohne Intersektion des Schallstrahls mit einem Objekt in der Norm ISO 9613 – 2 nicht berücksichtigt wird.

Basierend auf den rechnerischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass auf Grund der Konstruktion der ALSW keine nennenswerte Schallbeugung in den Schallschatten auftritt, da keine wirksame obere Kante existiert, an der die Beugung stattfindet. Dies war der Anlass auch geringere Höhen der ALSW zu untersuchen, und statisch prüfen zu lassen, ob eine Fundamentierung durch Bohrungen unbedingt erforderlich sein muss, oder andere Fundamentierungsmaßnahmen ausreichend sind, die eine einfachere Überbauung von Straßeneinbauten ermöglichen.

Rechnerische Untersuchung der Pegelminderung

Für die rechnerische Untersuchung wurde ein Modell definiert, das einen Referenzimmissionspunkt vor der Lärmschutzeinrichtung und 28 Immissionspunkte dahinter, in vier Entfernungen und sieben Höhen, aufweist.

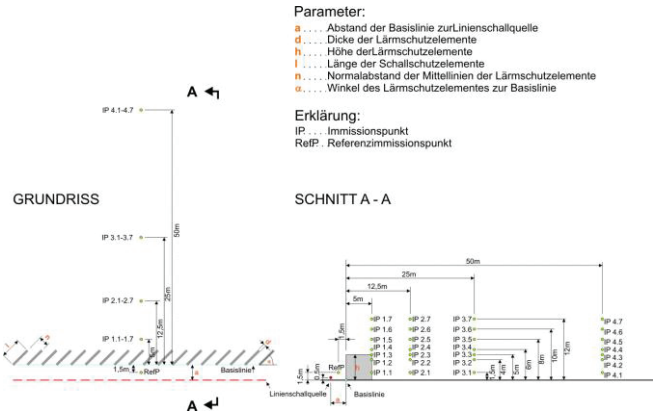

Abbildung 2: Berechnungsmodell zur Abschätzung der zu erwartenden Schallpegelminderung durch die ALSW

Die zu erwartende Pegelminderung wurde für folgende geometrischen Parameter berechnet:

a:	Abstand der Linienschallquelle zur Basislinie	3m, 5m, 7,5m, 10m
d:	Dicke des Schallschutzelementes	120mm
h:	Höhe der Schallschutzelemene	3m, 4m, 5m
l:	Länge der Schallschutzelemente	2,5m, 3m, 4m, 5m
n:	Normalabstand der Mittellinien der Schallschutzelemente	1,25m, 1,5m, 2m, 2,5m
α:	Winkel zwischen den Schallschutzelementen und der Basislinie	45°, 60°, 90°
	Länge der Basislinie	200m

Für die Schallausbreitung wurden Freifeldbedingungen über einer reflektierenden Ebene angenommen.

Für die Linienschallquelle wurde als Emissionsspektrum das Terzspektrum Nr. 2 der ÖNORM EN ISO 717-1, normiert auf 100 dB, verwendet. Die Emissionshöhe wurde mit 0,5m über der reflektierenden Ebene angenommen. Die Lärmschutzelemente sind beidseitig hochabsorbierend.

In den Ergebnissen sind für jeden Immissionspunkt jeder Variante die Oktavpegel angegeben und zusätzlich die A-bewerteten Immissionspegel für jeden Immissionspunkt in einer gemeinsamem Tabelle. Um die zu erreichende Schallpegelminderung beurteilen zu können, wurde

zusätzlich eine Nullvariante gerechnet, die die Immissionspegel an den Immissionspunkten wiedergibt, wenn keine Schallschutzmaßnahmen gesetzt werden.

Die Berechnung erfolgte mit der Simulationssoftware ODEON, wobei auch die Pegelminderung beim Durchtritt zwischen absorbierenden Objekten unter Anwendung der erweiterten Piening-Formel **[1]** berücksichtigt wurde. Als Beispiel der errechneten Schallpegelminderung werden hier die Ergebnistabellen der A-bewerteten Immissionspegel der Nullvariante und der Variante mit h = 3m, l = 2,5m, n = 1,25m und α = 60° für a = 3m gezeigt.

Tabelle 1: Vergleich der Nullvariante mit der in der Tabelle definierten ALSW

Höhe über reflektierender Fläche	12m	x.7	-	61,4	59,9	57,6	54,2
	10m	x.6	-	62,0	60,2	57,7	54,2
	8m	x.5	-	62,6	60,5	57,8	54,2
	6m	x.4	-	63,2	60,7	57,9	54,3
	5m	x.3	-	63,5	60,8	57,9	54,3
	4m	x.2	-	63,7	60,9	58,0	54,3
	1.5m	x.1 + RefP	70,5	64,1	61,1	58,0	54,2
Höhe der Elemente		0,00m	RefP	IP 1.y	IP 2.y	IP 3.y	IP 4.y
Länge der Elemente		0,00m	-1,5m	5m	12,5m	25m	50m
Winkel		00°	vor	hinter der Basislinie			
Normalabstand		0,00m					
Abstand der Linienquelle		03,0m					

Höhe über reflektierender Fläche	12m	x.7	-	61,5	56,5	50,3	47,7
	10m	x.6	-	62,1	54,2	50,6	47,5
	8m	x.5	-	61,7	53,2	50,9	47,9
	6m	x.4	-	58,6	53,5	50,9	47,9
	5m	x.3	-	56,8	53,6	50,9	47,9
	4m	x.2	-	56,3	53,6	51,0	47,9
	1.5m	x.1 + RefP	70,6	56,4	53,7	50,7	47,5
Höhe der Elemente		3,00m	RefP	IP 1.y	IP 2.y	IP 3.y	IP 4.y
Länge der Elemente		2,50m	-1,5m	5m	12,5m	25m	50m
Winkel		60°	vor	hinter der Basislinie			
Normalabstand		1,25m					
Abstand der Linienquelle		03,0m					

Der Vergleich der Berechnungsergebnisse der ALSW und der LSW zeigte, dass im Bereich hinter der Wand, im Aufenthaltsbereich von Menschen, die LSW durchwegs eine bessere Schallpegelminderung aufwies als die ALSW. Bei den in größerer Höhe angeordneten Immissionspunkten existieren jedoch höhere Pegelminderungen der ALSW gegenüber der LSW. Dass in diesen Bereichen die Pegel durch die ALSW stärker gemindert werden als durch die LSW kann dadurch hervorgerufen werden, dass bei der ALSW keine wirksame Beugung des Schalls in den Schallschatten stattfindet. Diese Rechenergebnisse sind jedenfalls noch durch Messungen zu verifizieren.

Tabelle 2: A-bewertete Pegelminderungen gegenüber der Nullvariante der ALSW im Vergleich mit einer gleich hohen LSW

IPx.y	LSW-NEU: Verbesserung [dB] **Paneel-Abstand=1,25 m**; 45°				Höhe	LSW konventionell: Verbesserung [dB]			
IPx.7	0,2	0,1	7,4	8,9	12,0 m	0,0	0,0	5,1	9,5
IPx.6	0,1	1,8	8,7	8,5	10,0 m	0,0	3,2	7,1	10,4
IPx.5	0,1	5,5	9,2	8,6	8,0 m	0,0	4,0	8,9	11,2
IPx.4	1,1	9,2	8,9	8,7	6,0 m	2,7	7,6	10,6	11,9
IPx.3	4,0	9,0	9,0	8,7	5,0 m	3,7	9,2	11,3	12,2
IPx.2	7,3	9,1	9,0	8,7	4,0 m	7,6	10,7	12,0	12,5
IPx.1	9,2	9,5	9,2	9,0	1,5 m	14,0	13,8	13,4	13,6
Entf->	5,0 m	12,5 m	25,0 m	50,0 m		5,0 m	12,5 m	25,0 m	50,0 m

Als weiterer Unterschied der ALSW zur LSW zeigte sich im Pegelverlauf an den Immissionspunkten, dass kurzzeitige Schwankungen im Immissionspegel bei KFZ-Vorbeifahrten auftreten werden, während bei der LSW ein kontinuierlicher Pegelverlauf vorliegt, mit Pegelanstieg, Vorbeifahrtspegel und anschließender Pegelabnahme.

Die tatsächlich auftretenden Pegelschwankungen an einer ALSW können derzeit nur messtechnisch erfasst werden, da noch kein verifiziertes Rechenmodell für die ALSW besteht. Ob diese Pegelschwankungen bei KFZ-Vorbeifahrten von betroffenen Nachbarn als lästig empfunden werden, kann ausschließlich in Zuge eines Pilotprojektes und einer anschließenden Befragung der betroffenen Menschen festgestellt werden.

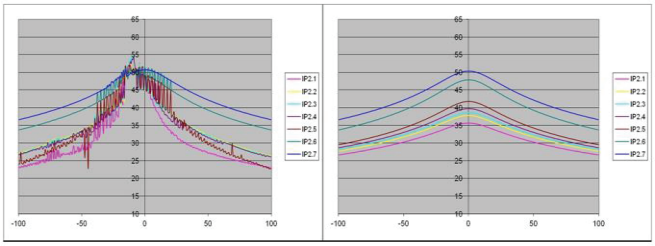

Abbildung 3: Darstellung des berechneten Pegelverlaufs bei der ALSW (li) und der LSW (re)

Statische Dimensionierung der Fundamente

In Gesprächen mit Personen, die Lärmschutzeinrichtungen planen, wurde vorgebracht, dass der Einsatz von LSWs im verbauten Gebiet nahezu nicht möglich ist, da die notwendigen Bohrungen für die Fundamentierung der Steher wegen der häufigen Straßeneinbauten nur schwierig zu setzen seien. Da die rechnerische Untersuchung der Pegelminderung zeigte, dass die Elemente der ALSW keine Überhöhung benötigen, wurden Berechnungen mit einem Schallausbreitungsprogramm vorgenommen, die speziell auf den Schallschutz von Freiflächen abzielten. Die Höhe des vor Straßenlärm geschützten Raumes betrug dabei etwa 2m über Grund. Die in der Berechnung verwendeten Elemente der ALSW hatten eine Höhe von max. 1,5m an der der Schallquelle zugewandten Seite und max. 2m an der abgewandten Seite. Für derartige ALSWs wurde eine Studie beauftragt, die zu untersuchen hatte, ob gebohrte Fundamente für diese ALSWs notwendig sind, oder ob auch andere Fundamentierungsarten verwendet werden können.

Der Schlussbericht zeigte, dass in Abhängigkeit von der Höhe und der ausgeführten Konstruktion gebohrte Fundamente nicht unbedingt notwendig sind um die durch Winddruck verursachten Kräfte in das Erdreich abzuleiten und die notwendige Standsicherheit zu garantieren.

Andere Möglichkeiten sind Einzelfundamente für jeden Aufstellpunkt, gemeinsame Fundamente für jedes Wandelement oder Verbundkonstruktionen in einer Pergola, oder Ähnlichem.

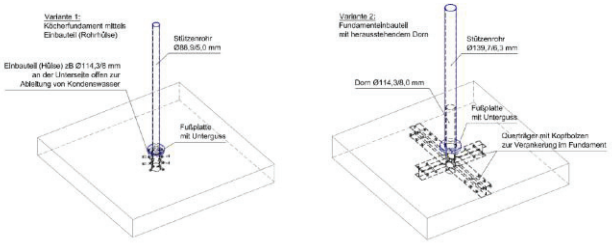

Abbildung 4: Einzelfundamente für jeden Aufstellpunkt

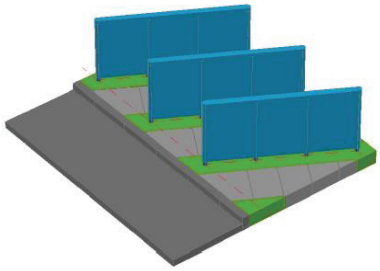

Abbildung 5: Gemeinsame Fundamente für jedes Wandelement (grün dargestellt)

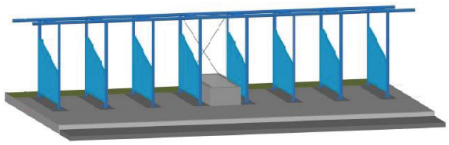

Abbildung 6: Verbundkonstruktion in Form einer Pergola

Weiterführende Untersuchungen

Durchtrittsdämpfung:

Beim Durchtritt von Schall zwischen absorbierenden Wänden tritt jedenfalls Absorption auf, dieses Prinzip wird bei Kanalschalldämpfern bereits seit langer Zeit angewendet. Im Jahr 1937 wurde von W. Piening das erste Mal eine Formel zur Berechnung der Einfügedämpfung veröffentlicht [2], 1997 wurde sie erweitert [1]. Die Erweiterung der Piening-Formel wurde im Zuge der Untersuchungen zur ALSW verwendet, die Frequenzabhängige Dämpfung beim Schalldurchtritt darzustellen. Da die Grundlagen für die Piening-Formel aber auf dem Ausbreitungsverhalten des Schalls in Kanälen aufbauen, kann nicht eindeutig ausgesagt werden, dass diese Formeln auch für die ALSW Gültigkeit besitzen, da bei der ALSW die obere Begrenzung systembedingt fehlt. Wie diese Tatsache bei der Berechnung der auftretenden Dämpfung zu berücksichtigen ist, muss noch untersucht werden.

Fernwirkung:

Bedingt durch die fehlende, bzw. nur gering wirkende Beugungskante wird Schall offensichtlich bei der ALSW in geringerem Maß in den Schallschatten gebeugt als bei der LSW. In den durchgeführten Untersuchungen hat sich gezeigt, dass durch diesen Effekt die Schallminderung in weiterer Entfernung hinter der ALSW besser sein kann als bei einer LSW. Eine mögliche Konsequenz kann sein, dass an hochrangigen Verkehrsträgern (Bahn und Straße) außerhalb von Ballungszentren Lärmschutzeinrichtungen nichtmehr mit großer Überhöhung errichtet werden müssen um entfernt liegende Siedlungen zu schützen. Dieser Effekt konnte im Rahmen dieses Projektes nicht näher untersucht werden.

Pilotprojekte:

In Siedlungsgebieten: Die Umsetzung eines Pilotprojektes war bei dieser grundsätzlichen Untersuchung letzten Endes nicht möglich, wird aber in weiterer Folge notwendig sein, um praktische Erfahrungen mit der ALSW zu gewinnen. Ein Pilotprojekt bietet außerdem die Möglichkeit zu untersuchen, wie lästig die bei Vorbeifahrten auftretenden Pegelschwankungen von Nachbarn wahrgenommen werden.

Überregional: Um die Fernwirkung der ALSW zu verifizieren ist die Errichtung eines Pilotprojektes, das auf Grund der geographischen Lage zur Untersuchung dieses Effekts geeignet ist, nötig. Sollte es ausreichend sein eine ALSW geringer Höhe für den ausreichenden Schallschutz zu verwenden, wäre die Sicht auf die Landschaft weniger eingeschränkt, als dies derzeit bei hohen LSW oft kritisiert wird.

Bisher nicht gegebene Gefährdungen:

Da LSWs fast Ausschließlich mit Höhen ab 2m errichtet werden, können Menschen, die sich in der Nähe der LSW bewegen und stolpern, nicht auf die Oberkante der LSW fallen. Bei möglichen Höhen der ALSW von 1m oder 1,5m ist diese Verletzungsgefahr gegeben. Überlegungen, um dadurch bedingten Verletzungen zu begegnen, sind jedenfalls vor einer Errichtung niedriger ALSWs anzustellen.

Weitere Anwendungsgebiete der ALSW

Sport- und Veranstaltungsplätze: Durch den Einsatz der ALSW werden die Schallimmissionen in der Nachbarschaft reduziert, aber die für Veranstaltungen notwendigen Fluchtwegbreiten können trotzdem eingehalten werden. Bei Großveranstaltungsstätten, z.B. Stadien, können die Elemente auf dem Dach errichtet werden und dadurch die Schallimmission in den Nachbarschaftsbereich mindern.

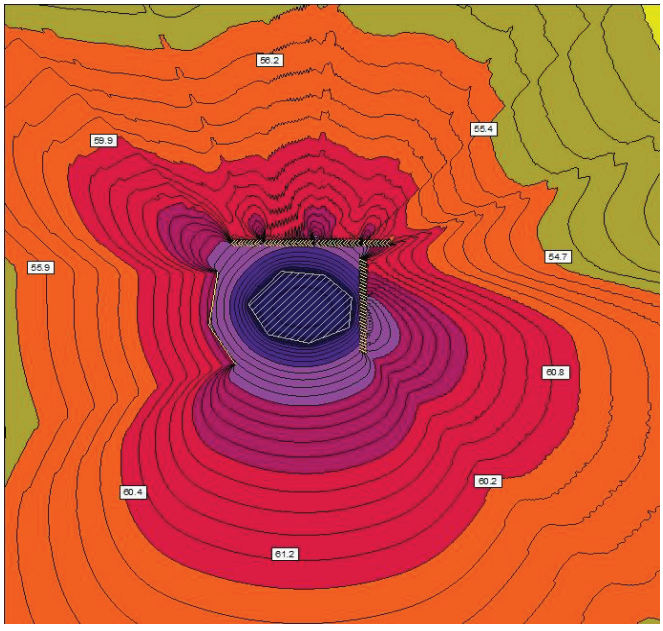

Abbildung 7: Immissionsminderung bei Flächenquellen mit LSW (li) und ALSW (oben, re), ohne Berücksichtigung der Durchgangsdämpfung

Industriefassaden: Befinden sich an den Fassaden von Gewerbe- oder Industriegebäuden schallabstrahlende Geräte, Öffnungen, Anlagen oder Anlagenteile oder andere Objekte,

ist durch die Montage von Schallschutzelementen normal zur Wand des Gebäudes der Zugang zu diesen Objekten, sowie die Wärmeabstrahlung und der Luftaustritt weiterhin möglich, Schallimmissionen in der Nachbarschaft können dadurch aber reduziert werden. Gleiches ist für den Dachbereich gültig, z.B. bei der Errichtung von Kleinwindkraftanlagen [3].

Stadtmöbel: In die Elemente der ALSW bzw. in das gesamte lärmmindernde Objekt können für den Freibereich in Siedlungsgebieten wichtige Funktionen integriert werden, wie zum Beispiel Straßenbeleuchtung, Sitzgelegenheiten, Abfallbehälter zum Trennen und Sammeln, Briefkästen, Kioske, Werbe- und Informationsanzeigen. Bei Ausführungen als Pergola sind neben der Funktion als Schattenspender auch eine Begrünung und damit die Reduktion der Temperatur in der nahen Umgebung möglich, oder die Montage einer Photovoltaikanlage. Andere Synergien können sicher noch gefunden werden.

Derzeitiger Stand der Entwicklung

Da die ALSW aus Standardelementen der LSW aufgebaut wird, ist ein Einsatz bereits heute möglich. Die schallmindernde Wirkung kann mit Lärmausbreitungs-Programmen, die auf der ISO 9613-2 basieren, berechnet werden, wobei die absorbierende Wirkung beim Schalldurchtritt nicht berücksichtigt wird. Die berechneten Immissionspegel sind daher höher als die auftretenden, das Ergebnis liegt daher auf der sicheren Seite. Durch die Vielzahl an kurzen LSWs wird die Rechenzeit jedoch verlängert.

Die Integration der Durchgangsdämpfung als zusätzlicher physikalischer Effekt in die ISO 9613-2 ist anzustreben.

Literatur

[1] P. Brandstätt, H. V. Fuchs, „Die Piening-Formel für Schalldämpfer wurde erweitert“, Fraunhofer IBP, Stuttgart, GER, IBP-Mitteilung 319, 1997.

[2] W. Piening, „Schalldämpfung der Ansauge- und Auspuffgeräusche von Dieselanlagen auf Schiffen“, VDI-Zeitschrift, vol. 81, no. 26, pp.770-776, 1937.

[3] F. Rössler, “Schallabstrahlung von Kleinwindkraftanlagen und Möglichkeiten der Minderung der Schallimmission durch schallabsorbierende Elemente“, MSc Masterarbeit, Fakultät Technologie, NDU New Design University, St. Pölten, Österreich, 2014.