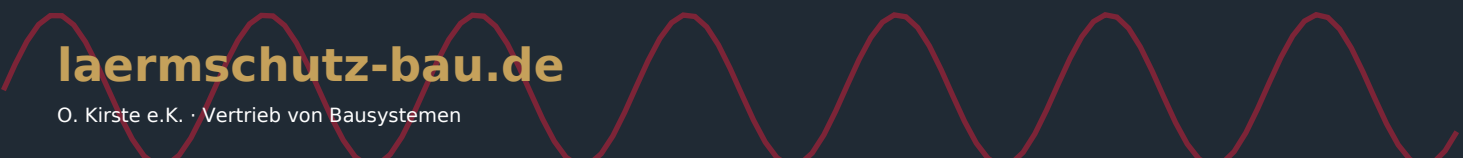


TECHNISCHER FACHBERICHT

Wie funktioniert eine Lärmschutzwand?

Schallabschirmung, Beugung, Reflexion und Absorption – erklärt am
Beispiel der Leier-Durisol DSI- und LSA-Holzbetonsysteme



laerschutz-bau.de

O. Kirste e.K. · Vertrieb von Bausystemen

Kurzfassung

Eine Lärmschutzwand beseitigt Schall nicht. Sie verändert seinen Ausbreitungsweg. Die direkte Sichtlinie zwischen Quelle und Empfänger wird unterbrochen; der verbleibende Schall muss über die Oberkante oder um die Enden gebeugt werden, kann durch das Bauteil übertragen oder an seiner Oberfläche reflektiert werden.

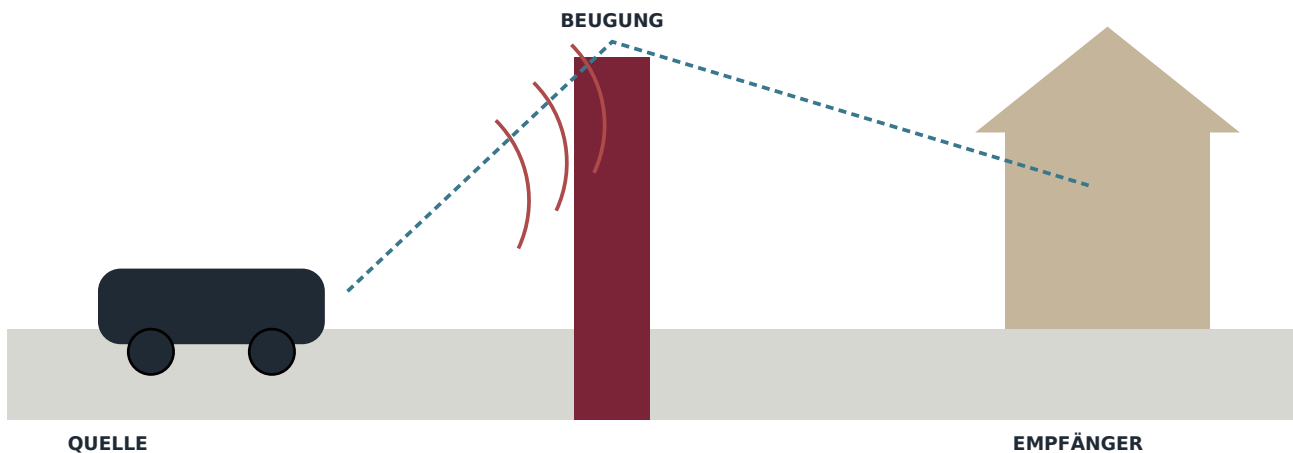


Abb. 1: Grundprinzip der Abschirmung. Eigene schematische Darstellung.

Bei den vorgestellten DSI-Steinen übernimmt der verfüllte, bewehrte Betonkern die tragende und schalldämmende Funktion. Die offenporigen Holzbetonschalen können auftreffende Schallenergie absorbieren. LSA-Elemente werden dagegen auf vorhandenen massiven Wänden oder Decken montiert und dienen vor allem dazu, Reflexionen und Nachhall zu vermindern.

Die tatsächliche Pegelminderung ist kein fester Produktwert. Sie ergibt sich aus Wandhöhe, Länge, Position, Topografie, Quell- und Empfängerhöhe, Fugendichtheit, Flächenmasse sowie den akustischen Eigenschaften der Oberfläche.

Inhalt und Abgrenzung

Teil	Thema
1-3	Schallwege, Beugung und Schallschatten
4-6	Höhe, Position, Länge und Dichtheit
7-9	Schalldämmung, Absorption und die DSI-/LSA-Systeme
10-12	Planung, typische Fehler und Grenzen

Was dieser Bericht leistet

Der Bericht erklärt die physikalischen Wirkprinzipien und ordnet die auf laerschutz-bau.de vorgestellten Holzbeton-Systeme ein. Er ersetzt keine objektbezogene Schallimmissionsprognose, Statik, Zulassungsprüfung oder Montageanleitung.

Keine erfundenen Leistungswerte

Wo veröffentlichte Produktdaten keine eindeutigen Prüfbedingungen und Kennwerte nennen, werden keine pauschalen dB-Angaben abgeleitet. Das ist fachlich wichtig: Ein Laborwert eines Bauteils ist nicht identisch mit der Einfügungsdämpfung einer konkreten Wand im Gelände.

Verwendete Begriffe

Begriff	Bedeutung
Emission	Schallabgabe der Quelle.
Immission	Schall, der am betrachteten Ort ankommt.
Transmission	Schallübertragung durch das Bauteil.
Reflexion	Zurückwerfen von Schall an einer Oberfläche.
Absorption	Umwandlung eines Teils der Schallenergie, vor allem in Wärme.

1. Die fünf Wege des Schalls

	DIREKTER WEG	durch Geometrie sperren
	ÜBER DIE KANTE	Beugung begrenzen
	SEITLICH	ausreichende Länge
	DURCH DIE WAND	Masse + Dichte
	REFLEXION	Absorption einsetzen

Abb. 2: Für die Gesamtwirkung müssen fünf Schallwege gemeinsam betrachtet werden.

Die direkte Verbindung ist nur einer von mehreren Wegen. Nach dem Bau einer Wand wird häufig der gebeugte Schall über die Oberkante bestimmend. Bei zu kurzen Wänden dominiert der seitliche Umweg. Bei leichten oder undichten Bauteilen kann die Transmission durch die Wand relevant werden. Harte Oberflächen können Schall zudem in andere Richtungen reflektieren.

Das schwächste Glied entscheidet

Eine sehr schwere Wand nützt wenig, wenn ein breites Tor offensteht. Eine hohe Wand verliert Wirkung, wenn sie seitlich zu früh endet. Eine absorbierende Oberfläche kann Reflexionen reduzieren, gleicht aber keine unzureichende Geometrie aus.

Frequenzabhängigkeit

Tiefe Frequenzen besitzen große Wellenlängen und werden stärker um Kanten gebeugt. Höhere Frequenzen lassen sich geometrisch meist besser abschirmen. Das wahrgenommene Ergebnis hängt deshalb auch vom Frequenzspektrum der Quelle ab.

2. Schallschatten und Beugung

Hinter einer ausreichend hohen und langen Wand entsteht ein Bereich mit reduziertem Direktschall – der sogenannte Schallschatten. Vollständig still ist dieser Bereich nicht: An Oberkante und Seiten wird Schall gebeugt.

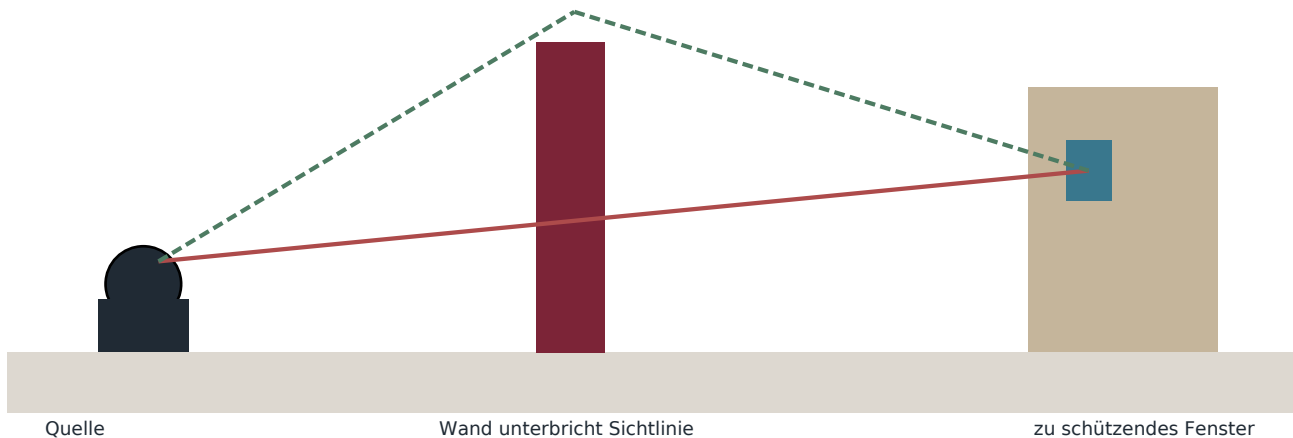


Abb. 3: Direkte Sichtlinie und gebeugter Restschall. Die gestrichelte Linie zeigt den Umweg über die Wandkante.

Wegdifferenz

Je größer der Umweg des Schalls gegenüber dem direkten Weg, desto größer kann die Abschirmwirkung sein. Die Wegdifferenz steigt, wenn die Oberkante deutlich über der Sichtlinie liegt oder die Wand nahe an Quelle beziehungsweise Empfänger angeordnet wird.

Oberkante

Die Oberkante ist akustisch ein entscheidender Bereich. Aufsätze oder besondere Kanten geometrien können in bestimmten Planungen sinnvoll sein; ihre Wirkung muss jedoch für die konkrete Frequenzverteilung und Geometrie nachgewiesen werden.

Merksatz

Die Sichtlinie zu unterbrechen ist die Mindestvoraussetzung – nicht das Ende der Planung.

3. Die richtige Höhe

Die Wand muss so hoch sein, dass sie die Verbindung zwischen maßgeblicher Quellhöhe und dem zu schützenden Punkt unterbricht. Bei Straßenverkehr liegt die akustisch relevante Quellzone niedrig, bei Lastwagen oder hoch liegenden Fahrbahnen verändert sich die Geometrie. Geschützt werden können Garten, Terrasse, Erdgeschoss oder höher liegende Fenster – jeweils mit anderem Höhenbedarf.

Planungsgrößen

- Höhe und Lage der Quelle
- Geländehöhen und Böschungen
- Abstand der Wand zur Quelle
- Höhe des zu schützenden Aufenthaltsortes
- gewünschter Schutzbereich hinter der Wand
- mögliche obere Geschosse oder Hanglagen

Warum „zwei Meter“ keine allgemeine Antwort ist

Eine zwei Meter hohe Wand kann an einer ebenen, nahen Straße einen Garten wirksam abschirmen und bei einem höher gelegenen Fahrweg nahezu wirkungslos sein. Maßgeblich ist die räumliche Linie, nicht die Höhe ab Grundstück allein.

Praxisansatz der Website

Auf laerschutz-bau.de wird eine Sichtlinienprüfung mit Messlatte beschrieben. Sie kann eine erste Orientierung geben. Für größere Höhen, schwieriges Gelände, Genehmigungen oder garantierte Zielwerte ist eine rechnerische Prognose durch Fachplanung erforderlich.

4. Position: quellennah oder empfängernah

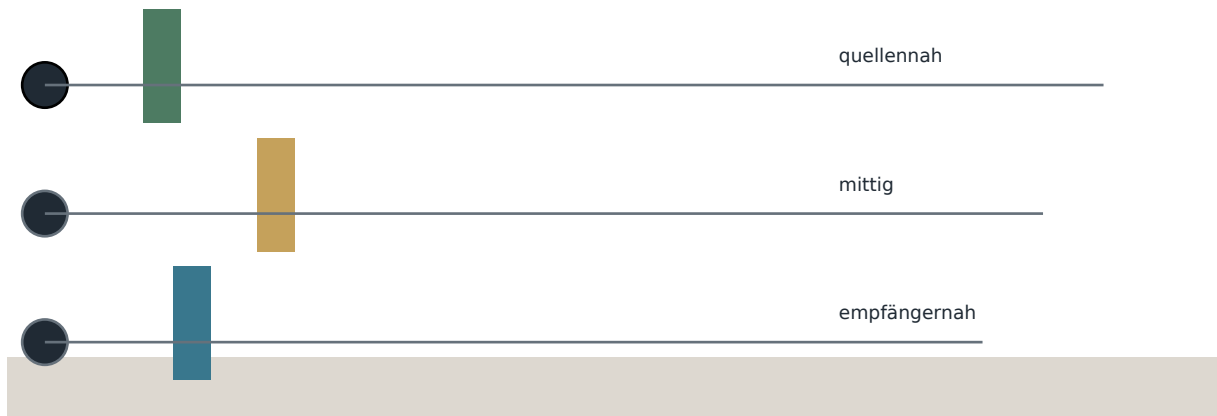


Abb. 4: Schematische Varianten. Gute Positionen vergrößern den akustischen Umweg über die Kante.

Eine Wand wirkt geometrisch häufig besonders gut, wenn sie nahe an der Quelle oder nahe am Empfänger steht. Eine Position in der Mitte kann ungünstiger sein, weil der Umweg über die Kante kleiner ausfällt. Welche Seite praktikabel ist, hängt von Eigentumsgrenzen, Sicherheit, Entwässerung, Sichtfeldern und Wartungszugang ab.

Quellennah

Vorteilhaft an Straßen, Schienen oder Maschinen, weil die Wand den Schall früh abfängt. Grenzen entstehen durch Verkehrsraum, Anprallschutz, Leitungen und Genehmigung.

Empfängernah

Kann Terrassen, Sitzplätze oder einzelne Arbeitsbereiche gezielt schützen. Der Bereich hinter der Wand ist jedoch räumlich begrenzt; höhere Empfänger bleiben möglicherweise ungeschützt.

Mehrere Quellen

Bei langen Straßenabschnitten, Kreuzungen oder beweglichen Quellen muss die Wand nicht nur einen Punkt, sondern einen ausgedehnten Quellbereich abschirmen.

5. Länge und seitliche Schallwege



Zu kurze Enden lassen Schall seitlich in den Schutzbereich gelangen.

Abb. 5: Seitliches Umgehen einer zu kurzen Wand.

Schall endet nicht an der projizierten Breite eines Fensters oder einer Terrasse. Er kann um die Wandenden laufen. Deshalb benötigt eine wirksame Wand ausreichende Überstandslängen über den eigentlichen Schutzbereich hinaus.

Endbereiche

Abgewinkelte oder zurückgeführte Enden können bei knappen Grundstücken sinnvoll sein. Auch Nebengebäude oder vorhandene Mauern lassen sich unter Umständen in die Abschirmgeometrie einbeziehen – vorausgesetzt, Anschlüsse bleiben dicht und die Bauteile besitzen ausreichende Schalldämmung.

Öffnungen

Tore, Türen und Durchgänge sind akustische Schwachstellen. Selbst kleine dauerhaft offene Bereiche können die Wirkung im Nahbereich deutlich mindern. Bewegliche Bauteile benötigen dichte Anschläge und eine zur Wand passende Flächenmasse.

Faustregel mit Vorsicht

Pauschale Angaben zur notwendigen Überstandslänge sind ohne Lageplan unsicher. Maßgeblich bleibt der komplette Weg von jeder relevanten Quellposition zu jedem schutzbedürftigen Punkt.

6. Dichtheit, Masse und Transmission

Eine Lärmschutzwand muss nicht nur den Weg verlängern, sondern den direkten Durchgang durch das Bauteil ausreichend begrenzen. Dafür sind Flächenmasse, Aufbau und Fugendichtheit entscheidend.

Das Masseprinzip

Schwere, dichte Bauteile besitzen im Allgemeinen eine höhere Luftschalldämmung als leichte Konstruktionen. Das DSI-System kombiniert leichte, versetzbare Holzbeton-Schalungssteine mit einem nachträglich eingebrachten Betonkern. Erst der fertige Verbund bildet die massive Wand.

Fugen und Anschlüsse

- Stoß- und Lagerbereiche ohne akustisch offene Spalten ausführen.
- Anschlüsse an Fundament, Pfeiler und Bestandswände sorgfältig schließen.
- Durchdringungen und Leitungsöffnungen minimieren.
- Tore und Türen mit geeigneten Dichtungen und Anschlägen planen.

Schalldämmmaß ist nicht Einfügungsdämpfung

Das Schalldämmmaß beschreibt ein Bauteil unter definierten Prüfbedingungen. Die Einfügungsdämpfung beschreibt die Pegeländerung am realen Empfänger durch die gesamte Maßnahme. Geometrie und Nebenwege können deshalb wichtiger werden als eine weitere Erhöhung eines bereits ausreichenden Bauteilwerts.

7. DSI: freistehende Holzbetonwand

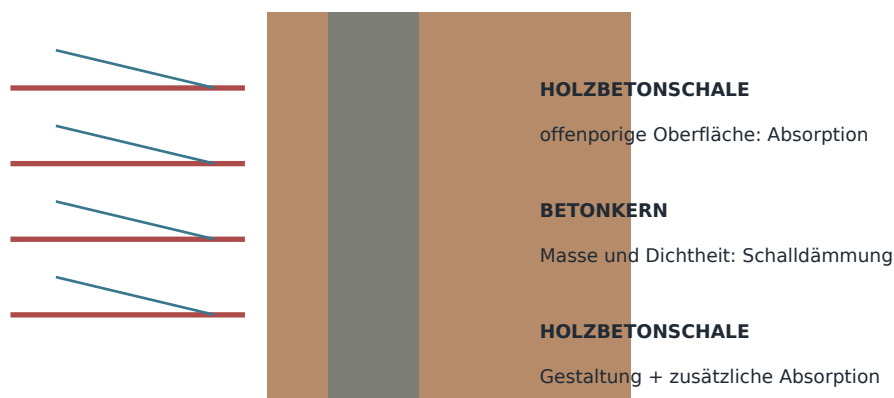


Abb. 6: Vereinfachter Querschnitt eines verfüllten DSI-Steins; nicht maßstäblich.

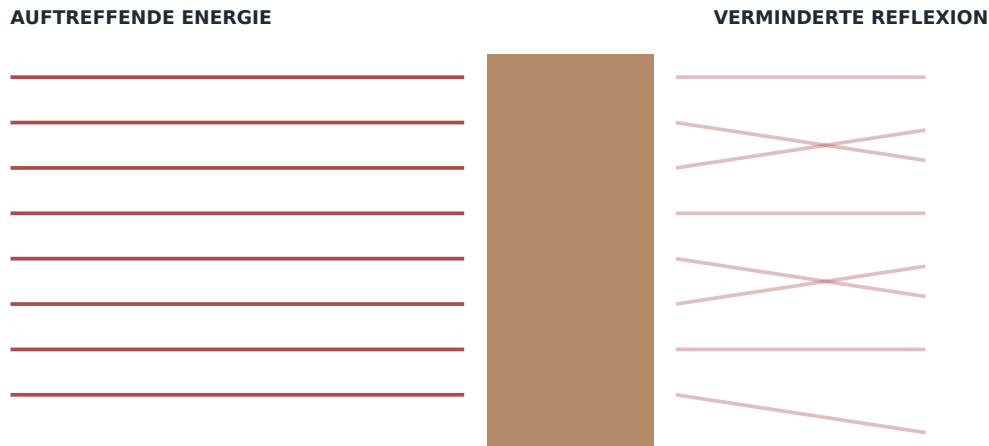
Die DSI-Serie ist als Schalungssteinsystem für neu zu errichtende, freistehende Lärmschutzwände vorgesehen. Die Holzbetonschalen verbleiben im Bauwerk, während der innere Hohlraum abschnittsweise mit Beton verfüllt und entsprechend der statischen Planung bewehrt wird.

Vorgestellte Varianten

Typ	Aufbau laut Website	Einordnung
DSI 25/13 N	25 cm Steindicke, 13 cm Betonkern; ungleiche Schalendicken 3,5/8,5 cm	gerade/radiale Wandführung, kombinierbar mit 13-cm-Kern
DSI 25/13 W	25 cm Klasse, gewellte Sichtseite	akustisch wirksame, gestaltete Oberfläche
DSI 30/13 N	beidseitig etwa 8,5 cm Holzbeton, mittiger Kern	beidseitig ähnliche Optik, massiver Aufbau
DSI 30/13 W	eine gewellte Seite, mittiger Kern	besondere Oberflächenwirkung und Optik

Produktmaße und Gewichte können je nach Variante und Dokumentstand abweichen; für Bestellung und Statik gilt die aktuelle Herstellerdokumentation.

8. Warum Holzbeton absorbiert



Poren und innere Reibung wandeln einen Teil der Schallenergie in Wärme um.

Abb. 7: Prinzip der porösen Schallabsorption an einer Holzbetonoberfläche.

Holzbeton besteht nach Darstellung des Anbieters zu einem hohen Anteil aus mineralisierten Holzspänen. Zwischen den Spänen und im Materialgefüge entsteht eine offenporige Struktur. Trifft Schall auf diese Struktur, wird Luft in Poren und Kanälen bewegt. Reibung und thermische Vorgänge wandeln einen kleinen Teil der akustischen Energie in Wärme um.

Frequenz und Geometrie

Der Absorptionsgrad ist frequenzabhängig und wird durch Porenstruktur, Oberflächenprofil, Bauteildicke, Rückraum und Montage beeinflusst. Eine gewellte oder strukturierte Oberfläche verändert zusätzlich Auftreffwinkel und wirksame Fläche. Ohne Prüfkurve darf daraus jedoch kein pauschaler Einzelwert abgeleitet werden.

Absorption verhindert nicht die Beugung

Eine absorbierende Oberfläche reduziert den reflektierten Anteil. Der Schallweg über Oberkante und Enden bleibt bestehen. Höhe und Länge können daher nicht durch „mehr Absorption“ ersetzt werden.

9. LSA: Absorption auf vorhandenen Wänden

Die LSA-Serie dient nicht zum Neubau einer selbsttragenden Abschirmwand. Die Elemente werden auf einem vorhandenen tragfähigen Untergrund montiert und verbessern dessen Reflexionsverhalten.

Typ	Beschreibung der Website	Typische Aufgabe
LSA 50/5 N	5 cm starkes Absorberelement zur nachträglichen Montage	Reflexionsminderung bei begrenzter Aufbauhöhe
LSA 50/12 N	12 cm, ebene Sichtoberfläche	größere Absorberdicke, ruhige Optik
LSA 50/12 W	12 cm, gewellte Sichtoberfläche	strukturierte Gestaltung und Absorption

Außenbereich

An einer bestehenden massiven Betonwand können LSA-Elemente störende Reflexionen zur gegenüberliegenden Bebauung oder zurück zur Quelle reduzieren. Die Grunddämmung stammt dabei wesentlich von der vorhandenen massiven Wand.

Innenbereich

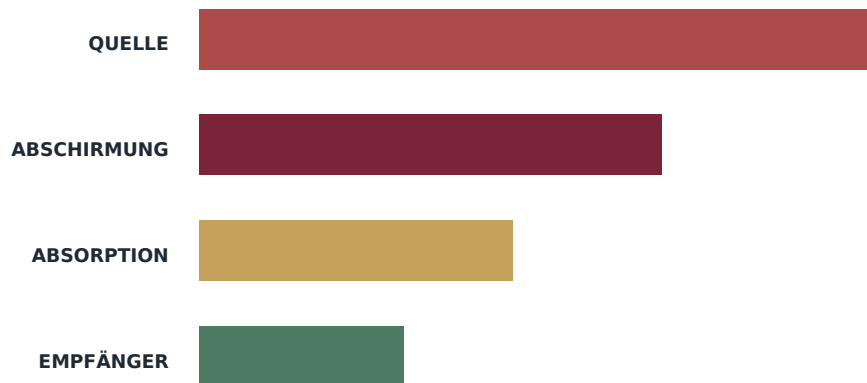
In Tiefgaragen, Hallen, Technikräumen oder Konferenzbereichen verkürzen absorbierende Flächen den Nachhall und verbessern Sprachverständlichkeit. Das ist eine andere Aufgabenstellung als die Abschirmung eines Außenempfängers.

Montageabhängigkeit

Die Website beschreibt Kleben, Verdübeln, Durchgangsschrauben oder Kombinationen – abhängig von Untergrund und Anwendung. Prüfwerte gelten nur für den jeweils geprüften Aufbau; bei abweichenden Trägerwänden ist die Gesamtkonstruktion neu zu beurteilen.

10. Absorption oder Schalldämmung?

Eigenschaft	Frage	Im System
Schalldämmung	Wie viel Schall gelangt durch die Wand?	vor allem massiver Betonkern bzw. vorhandene Betonwand
Schallabsorption	Wie viel auftreffender Schall wird nicht zurückgeworfen?	offenporige Holzbetonoberfläche von DSI oder LSA
Abschirmung	Wie stark sinkt der Pegel am Empfänger?	Gesamtergebnis aus Geometrie, Dämmung, Absorption und Nebenwegen



Schematisch – keine pauschale dB-Prognose

Abb. 8: Wirkstufen einer Maßnahme. Balken nur symbolisch, nicht als Messwerte.

Wann Absorption besonders wichtig ist

- bei parallelen oder gegenüberliegenden reflektierenden Flächen
- in Straßenschluchten, Unterführungen und Einfahrten
- zwischen zwei Lärmschutzwänden
- in Hallen, Tiefgaragen und Technikräumen
- wenn Reflexionen auf benachbarte Nutzungen vermieden werden sollen

Wann Masse entscheidend ist

Wenn der Schall durch das Bauteil übertragen werden könnte, braucht die Konstruktion ausreichende Luftschalldämmung. Bei einem massiven verfüllten DSI-Aufbau ist danach häufig die Beugung über die Kanten der begrenzende Schallweg.

11. Boden, Gelände und Umgebung

Zwischen Quelle und Wand sowie zwischen Wand und Empfänger beeinflussen Boden und Topografie die Ausbreitung. Weiche, poröse Böden können sich anders verhalten als Asphalt oder Wasserflächen. Böschungen verändern die Sichtlinie und die wirksame Wandhöhe.

Reflexionen

Gebäudefassaden, Stützwände, Hallenwände und andere harte Flächen können zusätzliche Wege schaffen. Eine rein zweidimensionale Skizze übersieht solche Effekte leicht. Bei komplexen Projekten ist deshalb ein räumliches Schallmodell sinnvoll.

Wind und Temperatur

Meteorologische Schichtung und Windrichtung können Schall über größere Entfernungen krümmen. Eine Wand verhindert diese Effekte nicht vollständig. Für dauerhafte Beurteilungen werden in Regelwerken definierte Ausbreitungsbedingungen verwendet.

Vegetation

Eine einzelne Hecke besitzt bei üblichen Breiten nur geringe direkte akustische Wirkung. Vegetation kann Sichtschutz, Mikroklima und subjektive Aufenthaltsqualität verbessern. Messbare breitbandige Pegelminderung benötigt jedoch sehr große, dichte Vegetationstiefen oder eine tatsächliche massive Abschirmung.

Geländesprung als Chance

Ein Wall kann die wirksame Kantenhöhe vergrößern und mit einer Wand kombiniert werden. Dabei sind Flächenbedarf, Entwässerung, Standsicherheit und Pflege zu berücksichtigen.

12. Typische Planungsfehler

Fehler	Akustische Folge	Abhilfe
nur Sichtschutz betrachtet	zu leicht, undicht oder zu niedrig	akustischen Aufbau und Sichtlinie planen
Wand endet zu früh	seitlicher Schalleintrag	Überstand oder Rückführung vorsehen
offenes Tor / Fugen	direkter Nebenweg	dichte Anschlüsse und passende Bauteile
Wand steht ungünstig mittig	geringe Wegdifferenz	quellen- oder empfängernähere Lage prüfen
nur dB-Wert des Steins betrachtet	reale Geometrie bleibt unbewertet	Gesamtsystem am Empfänger berechnen
Absorption mit Dämmung verwechselt	falsche Produktauswahl	DSI und LSA nach Aufgabe unterscheiden
Fundament unterschätzt	Risse, Neigung, offene Fugen	Statik, Windlast und Boden prüfen

Eine Lärmschutzwand ist ein Bauwerk

Der verfüllte DSI-Aufbau benötigt ein tragfähiges Fundament, Bewehrung und eine auf Höhe, Windlast, Boden und Standort abgestimmte Statik. Die Website bietet beispielhafte Aufbauanleitungen für definierte Höhen; diese ersetzen keine Prüfung der örtlichen Randbedingungen.

13. Planung in zwölf Fragen

- Welche Schallquelle dominiert – Straße, Bahn, Gewerbe oder mehrere Quellen?
- Wo liegt die maßgebliche Quellhöhe?
- Welcher Ort und welche Höhe sollen geschützt werden?
- Wie verläuft das Gelände?
- Kann die Wand quellennah oder empfängernah stehen?
- Welche Länge und welche Endausbildung sind erforderlich?
- Gibt es Tore, Durchgänge oder Leitungen?
- Ist Reflexionsminderung auf einer oder beiden Seiten notwendig?
- Ist DSI als freistehendes System oder LSA auf einer Bestandswand die richtige Aufgabe?
- Welche Fundament-, Bewehrungs- und Windlastanforderungen bestehen?
- Welche Genehmigungen und Abstände gelten?
- Wie wird die fertige Wirkung kontrolliert und dokumentiert?

Systemwahl

DSI ist passend, wenn eine neue massive freistehende Wand mit tragendem Betonkern und absorbierenden Holzbetonoberflächen benötigt wird. LSA ist passend, wenn eine vorhandene massive Wand oder Decke akustisch absorbierend nachgerüstet werden soll.

Fertigbauelemente

Für Großprojekte können vorgefertigte Elemente Montagezeit und Ausführungsqualität verbessern. Abmessungen, Tragstruktur, Hebeplanung, Anschlüsse und geprüfte akustische Eigenschaften sind projektbezogen festzulegen.

14. Was lässt sich seriös versprechen?

Eine gut geplante Lärmschutzwand kann die Belastung im Schallschatten deutlich mindern. Eine feste Dezibelzahl für jedes Grundstück wäre dennoch unseriös.

Belastbare Aussagen benötigen

- maßstäblichen Lage- und Höhenplan
- Quellenbeschreibung oder Mess-/Berechnungsdaten
- definierten Immissionspunkt
- festgelegte Wandgeometrie
- Material- und Konstruktionsaufbau
- Berücksichtigung von Reflexionen und Nebenwegen

Wahrnehmung

Eine Pegeländerung wird nicht linear wahrgenommen. Außerdem beeinflussen Frequenz, zeitliche Struktur, Informationsgehalt und Ausgangspegel den subjektiven Nutzen. Bei Verkehrslärm kann schon eine moderate rechnerische Minderung den Aufenthalt spürbar verbessern, ohne dass völlige Ruhe entsteht.

Nachweis

Je nach Projekt kann die Wirkung durch normgerechte Prognose, Vorher-Nachher-Messung oder Abnahmemessung dokumentiert werden. Messungen benötigen vergleichbare Verkehrs- und Wetterbedingungen; einzelne Handywerte sind dafür ungeeignet.

Entscheidender Grundsatz

Nicht der Stein allein schützt vor Lärm – die fachgerecht geplante, dichte und standsichere Gesamtkonstruktion tut es.

15. Fazit

Eine Lärmschutzwand funktioniert durch das Zusammenspiel von Geometrie und Material. Zuerst wird die direkte Sichtlinie unterbrochen. Höhe, Position und Länge vergrößern den Umweg über Oberkante und Enden. Masse und Dichtheit begrenzen die Transmission. Absorbierende Oberflächen verringern Reflexionen.

Die Rolle der vorgestellten Steine

DSI-Holzbetonsteine verbinden eine bleibende offenporige Holzbetonschale mit einem verfüllten, bewehrten Betonkern. Damit lassen sich massive freistehende Wände herstellen, die Schalldämmung und Absorption in einem System vereinen. LSA-Holzbetonelemente ergänzen vorhandene massive Flächen um eine absorbierende Oberfläche und eignen sich besonders zur Reflexions- und Nachhallminderung.

Die fünf wichtigsten Regeln

- Sichtlinie sicher unterbrechen.
- Wand möglichst günstig zur Quelle oder zum Empfänger positionieren.
- Ausreichende Länge und dichte Anschlüsse herstellen.
- Schalldämmung und Absorption nicht verwechseln.
- Statik und akustische Wirkung als Gesamtsystem planen.

Damit wird aus einem Sichtschutz ein technisch wirksamer Lärmschutz.

Quellen und technische Bezugspunkte

Der Bericht verbindet allgemein anerkannte akustische Grundlagen mit den öffentlich beschriebenen Produkteigenschaften der DSI- und LSA-Systeme. Verbindlich bleiben aktuelle Herstellerunterlagen, Zulassungen, Prüfberichte und projektbezogene Nachweise.

- [1] laerschutz-bau.de: Steinsysteme zum Lärmschutz, <https://www.laerschutz-bau.de/technik.php>
- [2] laerschutz-bau.de: Verarbeitung der Lärmschutzsteine, <https://www.laerschutz-bau.de/verarbeitung.php>
- [3] holzspanstein.de: Technische Daten Lärmschutz, <https://www.holzspanstein.de/daten-laerschutz-holzbeton.php>
- [4] DIN ISO 9613-2: Akustik – Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien – Allgemeines Berechnungsverfahren.
- [5] DIN EN ISO 10140 (Reihe): Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand.
- [6] DIN EN ISO 354: Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen.
- [7] VDI 2720 Blatt 1: Schallschutz durch Abschirmung im Freien.
- [8] DIN EN 1793 (Reihe): Lärmschutzeinrichtungen an Straßen – Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften.
- [9] Umweltbundesamt: Grundlagen und Wirkungen von Umgebungslärm, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm>

Redaktioneller Hinweis

Alle Diagramme sind eigene, vereinfachte Prinzipdarstellungen und nicht maßstäblich. Sie enthalten keine simulierten Messwerte. Produktbezeichnungen und Maße wurden aus den öffentlich zugänglichen Seiten übernommen; bei Widersprüchen oder Aktualisierungen gilt die jeweils aktuelle technische Produktdokumentation.