



SCHALLSCHUTZ BEI VORGEHÄNGTEN HINTERLÜFTETEN FASSADEN

Aussenwandaufbauten auf massivem Tragwerk mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden (VHF) bieten nebst vielen anderen Vorteilen auch einen sehr hohen Standard hinsichtlich Schallschutzes. Sie sind anderen Wandtypen zum Teil hoch überlegen. Dank verschiedenen in letzter Zeit durchgeführten Messreihen ist die schallschutztechnische Qualität von Aussenwänden mit VHF heute viel genauer quantifizierbar als noch vor ein paar Jahren. Dieses Merkblatt zeigt den aktuellen Stand der Technik auf.

Inhalt

1	Ausgangslage und Rahmenbedingungen	2
2	Begriffe und Definitionen	3
3	Anforderungen	7
4	Schalldämm-Mass einer VHF: Einflussfaktoren	9
5	Schalldämmwerte für Aussenwände mit VHF	10
6	Zusammenfassung	12
7	Quellenverzeichnis	12

1 Ausgangslage und Rahmenbedingungen

Lärmbelastung

Der Strassenverkehr ist mit Abstand die grösste Lärmquelle in der Schweiz. Tagsüber ist jeder Fünfte (ca. 1.6 Mio.) und in der Nacht jeder Sechste (ca. 1.4 Mio.) am Wohnort durch Strassenverkehrslärm betroffen. Von Eisenbahnlärm fühlt sich in der Nacht jeder Fünzigste gestört. Jeder Hunderte leidet unter Fluglärm.

Diese Zahlen bemessen sich jedoch lediglich an Überschreitungen der geltenden Grenzwerte. Eine Person kann sich auch unterhalb dieser Grenzwerte durch Verkehrslärm gestört fühlen. Wendet man z. B. den von der WHO empfohlenen Grenzwert von 55 dB(A) am Tag an, wäre die Hälfte der Schweiz (ca. 4 Mio.) an ihrem Wohnort von Lärm betroffen.

Quelle: <http://www.laerm.ch/de/laerm sorgen/laermquellen-und-beurteilung/verkehr/verkehr.html>

Anforderungen an Aussenwände, Nachweis

Die Mindestanforderungen und in bestimmten Fällen die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz gegenüber externen Quellen der SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» sind in jedem Fall einzuhalten, bei Neubauten wie auch bei Umbauten und Umnutzungen.

Im rechnerischen Nachweis sind die bewerteten Schalldämm-Masse R_w und die Spektrum-Anpassungswerte C_{tr} der Aussenwände einzusetzen. Diese Kennwerte werden im Prüflabor am eingebauten Bauteil ermittelt.

Bis anhin konnten in den Nachweisen mangels geprüfter Aussenwände und damit verfügbarer Schalldämm-Masse mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden nur konservative Werte angenommen und angesetzt werden. Dank neuerer Messungen kann jetzt mit weniger Sicherheitsmarge gerechnet werden, so dass der hohen schalldämmenden Qualität der Aussenwände mit VHF gegenüber alternativen Fassaden besser Rechnung getragen wird.

Gesetzliche Grundlagen

Die Anforderungen an den Schallschutz von Aussenwänden sind gesetzlich geregelt und müssen eingehalten werden. Während die Lärmschutzverordnung LSV bei bestehenden Bauten direkt festlegt, wo welche Schallschutzmassnahmen zu treffen sind, verweist sie bei Neubauten auf die Einhaltung der Norm SIA 181. Die Lärmschutz-Verordnung ihrerseits ist gestützt auf verschiedene Artikel des Umweltschutzgesetzes (USG) verordnet. Die Schallschutzanforderungen haben somit - im Gegensatz zu den meisten Normen der SIA - einen gesetzlichen Charakter und sind dem Bauherrn ohne zusätzliche

Vereinbarung geschuldet.

Die Lärmschutzverordnung ist Bestandteil des Bundesrechts, aber die Kantone sind für deren Anwendung in Baubewilligungsprozessen verantwortlich. Die Interpretation des Verhältnismässigkeitsprinzips ist Sache der Vollzugsbehörde. Eine reiche Rechtsprechung des Bundesgerichts wurde bezüglich der Interpretation der Lärmschutzverordnung veröffentlicht laerm.ch.

Relevanz des Aussenwandaufbaus

Je grösser die Lärmbelastung, desto relevanter wird der Schallschutz und die Bedeutung der Qualität der Aussenbauteile. Typischerweise ist das bei Bauten an Strassen, Bahnen, in Anflugzonen von Flughäfen oder in gemischten Zonen mit Industrie und Gewerbe der Fall. Unter map.geo.admin.ch/ kann der Strassenverkehrslärm unter dem Thema «Astra» angezeigt werden:



Abb 1: Ausschnitt Uzwil mit der Anzeige des Verkehrslärms

Beim Schallschutz gilt in vielen Zusammenhängen, dass das schwächste Glied in der Kette massgebend ist. In der Regel ist dies bei einer Aussenwand das Fenster, aber auch Elemente wie Storenkästen und Lüftungsgitter müssen aufmerksam behandelt werden, insbesondere in Abhängigkeit der Flächenverhältnisse. Je grösser der Fensteranteil, desto weniger spielt die Qualität des Aussenwandaufbaus eine Rolle und umgekehrt. In vielen Fällen kann es sich aber lohnen, einen qualitativ hochwertigen Aussenwandaufbau vorzusehen, weil der Aussenwandaufbau den Schallschutz verbessert oder auch weil dadurch eine Anforderung allenfalls auch mit einem Standard-, anstelle eines Spezial-Schallschutz- oder eines Kastenfensters mit Schallschutzglas erreicht werden kann.

Diese beiden Parameter «Lärmbelastung» und «Fenster (Flächenanteil und -qualität)» sind also entscheidend für die Relevanz einer guten Schalldämmung des Aussenwandaufbaus.

2 Begriffe und Definitionen

In der Akustik - der Lehre vom Schall und seiner Ausbreitung - werden viele spezifische Bezeichnungen und Kennwerte verwendet. Nachfolgend eine kleine Auswahl davon, die zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen wichtig sind.

Schall

Alles was wir hören, bezeichnen wir als Schall. Physikalisch gesehen handelt es sich dabei um mechanische Schwingungen und Wellen eines gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffes im Frequenzbereich des menschlichen Hörens.

Lärm

Störenden oder das Gehör schädigenden Schall nennen wir Lärm.

Schallausbreitung

Schall stellt die Ausbreitung von kleinsten Druck- und Dichteschwankungen in einem elastischen Medium (Gase, Flüssigkeiten, Festkörper) dar.

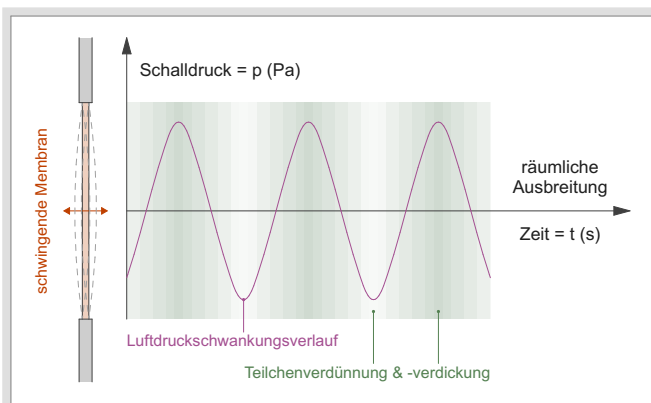


Abb 2: Schallausbreitung

Frequenz, Tonhöhe

Die Frequenz ist die Zahl der Schwingungen pro Sekunde. Sie wird in Hertz (Hz) angegeben und charakterisiert die Tonhöhe.

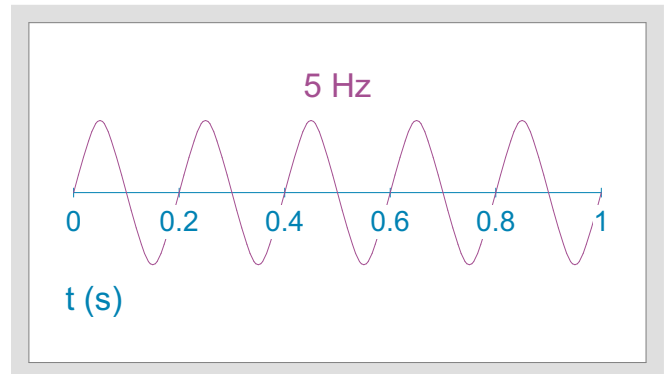
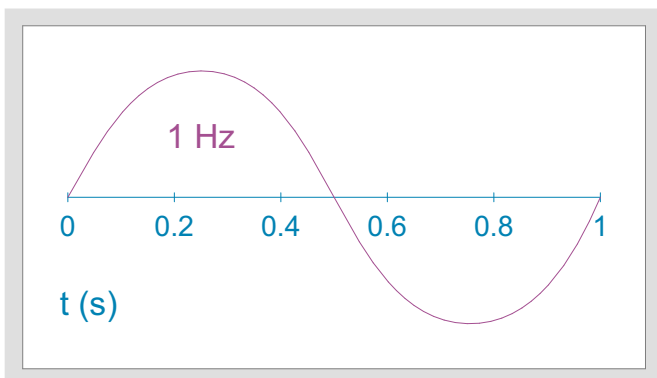


Abb 3: Sinuston mit einer Frequenz von 1 bzw. 5 Hz

Der Frequenzumfang des menschlichen Hörens umfasst etwa zehn Oktaven (Oktave: Verdoppelung bzw. Halbierung der Frequenz) von ca. 20 bis 20'000 Hertz.

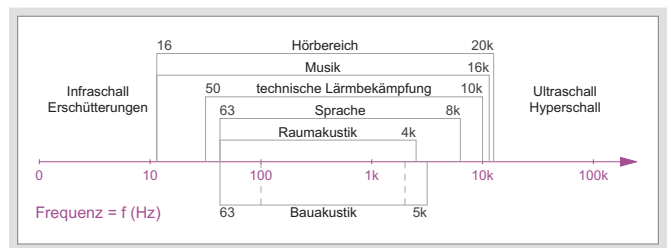


Abb 4: Wichtige Frequenzbereiche

Schalldruck

Beim Luftschall handelt es sich um geringe Luftdruckschwankungen, die den Luftdruck überlagern. Das menschliche Ohr kann Luftschall im Bereich der Druckschwankungen von $2 \cdot 10^{-5}$ Pa als Hörschwelle bis zur Schmerzschwelle von 20 Pa verarbeiten. Bei einem Schalldruck von 20'000 Pa zerreißt das Trommelfell. Der Luftdruck auf Meereshöhe entspricht 1 Atmosphäre = 100'000 Pa. Wetterveränderungen innerhalb einiger Tage können den Luftdruck um 5'000 Pa verändern.

Man könnte spasseshalber sagen, dass man das Wetter hören sollte. Nun, dazu geht alles zu langsam vonstatten. Eine Kniebeuge ändert den Luftdruck am Ohr um rund 10 Pa. Als Vergleich dazu verändert sich der Luftdruck bei einem Gespräch um nur 0.01 bis 1 Pa.

Wahrgenommen werden diese Änderungen eben nur dann, wenn sie, wie beschrieben, zwischen 20 und 20'000 Mal in der Sekunde erfolgen.

Schalldruckpegel

Das Ohr hat eine variable Empfindlichkeit: für schwache Signale eine grosse und für starke Signale eine kleine. Darum ist es in der Akustik üblich, die absoluten Schalldrücke p in Pa in daraus abgeleitete, logarithmische Grössen, den Schalldruckpegeln L in dB umzurechnen. Das Dezibelmass stimmt besser mit dem Lautstärkeindruck überein. Der Schalldruckpegel in Dezibel dB ist ein dem Hörempfinden angepasstes «handlicheres» Format. Die Einführung dieser Skala verkürzt den Wertebereich erheblich, die Schalldruckwerte von 0.00002 Pa bis 20 Pa werden durch die Dezibel-Werte von 0 bis 120 dB abgebildet.

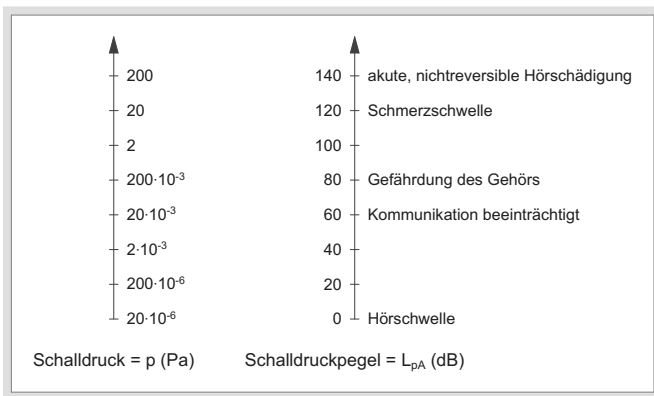


Abb 5: Schalldruck und Schalldruckpegel

Wahrnehmung von Schallpegeldifferenzen

für Schallpegelunterschiede über 40 dB gilt:

Pegelveränderung	Beschreibung der Wahrnehmung
1 dB	kaum wahrnehmbar
3 dB	deutlich wahrnehmbar
6 - 10 dB	etwa doppelt so laut

Schallübertragung

Die Schallübertragung durch ein Bauteil ist abhängig von seiner Beschaffenheit, seines Aufbaus und seiner Oberfläche. Je nachdem wird viel oder wenig Schall reflektiert, absorbiert oder übertragen.

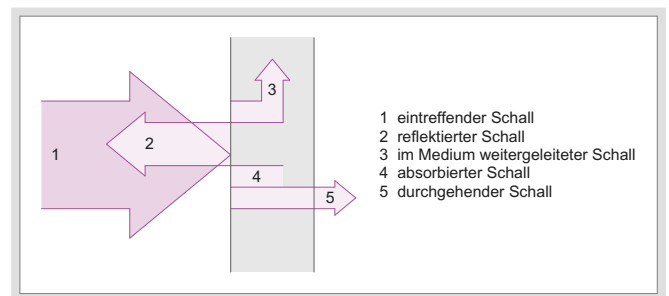


Abb 7: Schallübertragung

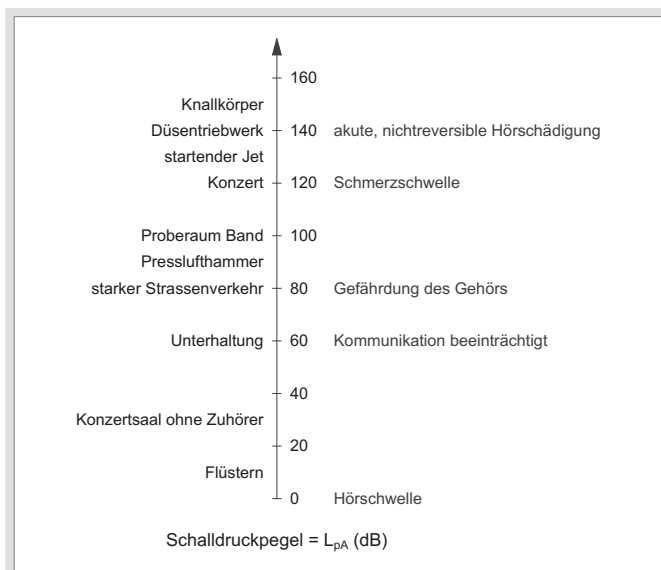


Abb 6: Beispiele verschiedener Schalldruckpegel

Schalldämmung

Unter Luftschalldämmung wird die Verminderung der Schallübertragung zwischen getrennten Räumen verstanden.

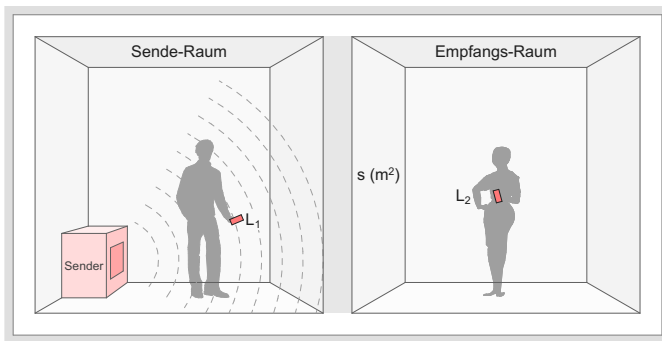


Abb 8: Schalldämmung zwischen Räumen

Schalldämm-Mass R

Das Schalldämm-Mass R beschreibt die Dämmwirkung von Bauteilen als Differenz zwischen dem Schallpegel im Sende-raum und dem Empfangsraum. Das Schalldämm-Mass ist frequenzabhängig.

Bewertetes Schalldämm-Mass R_w

Das bewertete Schalldämmmass R_w ist ein Einzahlwert, der durch ein genormtes Verfahren aus den in Terzbandbreite ermittelten Messwerten des Schalldämm-Masses R bestimmt wird. Für die Ermittlung der Einzahlwerte wird der bauakustisch relevante Frequenzbereich von 100 Hz bis 3150 Hz berücksichtigt. Das bewertete Schalldämm-Mass R_w ist eine Bauteilkenngrösse.

Spektrum-Anpassungswert C_{tr}

Beim bewerteten Schalldämmmass R_w wird die akustische Wirkung auf spezifische Lärmeinwirkungen wie Strassen-, Flug- oder Wohnlärm nicht speziell berücksichtigt. Der Spektrum-Anpassungswert C berücksichtigt Innenlärm, C_{tr} Aussenlärm mit grossen Tiefton-Anteilen, wie z. B. Strassenlärm mit viel Schwerlastverkehr, Fluglärm oder Lärm von Diskotheken. Die Zahlenwerte C und C_{tr} liegen zwischen 0 und -10 dB. Je kleiner der negative Wert ist, desto günstiger ist der Frequenzverlauf des Bauteils und desto kleiner die Korrektur. Für Aussenbauteile wird nach SIA 181 der Spektrum-Anpassungswert C_{tr} berücksichtigt.

Umweltschutzgesetz USG

Das Umweltschutzgesetz regelt die wichtigsten umweltrechtlichen Probleme, ist sehr allgemein formuliert und bildet zusammen mit der Lärmschutzverordnung die Rechtsgrundlage für den Lärmschutz in der Schweiz.

Lärmschutzverordnung LSV

Die wichtigste Verordnung im Bereich Lärmschutz ist die Lärmschutzverordnung (LSV). Dabei handelt es sich bei der LSV um Ausführungsvorschriften zum Umweltschutzgesetz. Sie verpflichtet, bei Bauprojekten, den Schallschutz gemäss den anerkannten Regeln der Baukunde, insbesondere der Norm SIA 181, auszuführen.

SIA 181 «Schallschutz im Hochbau»

Die Norm SIA 181 regelt den Schutz gegenüber hausinternen und externen Lärmquellen. Sie gilt für Neu- und Umbauten, sowie bei Umnutzungen.

Schalldruckpegel L

Der Schalldruckpegel kennzeichnet die Lautstärke eines Geräusches und wird in Dezibel (dB) angegeben.

Frequenz f

Die Frequenz ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Die Einheit der Frequenz ist Hertz (Hz). Für das gesunde menschliche Ohr ist der Frequenzbereich von etwa 16 bis 16'000 Hz hörbar. In der Bauakustik wird der Frequenzbereich von 100 bis 5'000 Hz erfasst («bauakustischer Frequenzbereich»).

Luftschalldämmung einschaliger Bauteile

Die Luftschalldämmung einschaliger, homogener Bauteile kann in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse dargestellt werden.

Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile

Zweischalige Bauteile zeigen im Vergleich zu einem gleich schweren einschaligen Bauteil eine in der Regel höhere Luftschalldämmung. Die Höhe der Verbesserung wird durch verschiedene Einflussfaktoren bestimmt: Die flächenbezogenen Massen und die Biegesteifigkeiten der Schalen, Schalenabstand, mechanische Verbindung der Schalen, Hohlraumfüllung und der Resonanzfrequenz des Systems. Zweischalige Bauteile funktionieren akustisch nach dem Masse-Feder-Masse Prinzip.

Masse-Feder-Masse Prinzip

Die beiden Schalen eines zweischaligen Bauteils wirken zusammen mit dem Lufthohlraum und/oder der Dämmschicht als ein «Masse-Feder-Masse»-Schwingungssystem. Der Hohlraum bzw. Dämmstoff wirkt als elastische Feder zwischen zwei einzeln schwingenden Massen. Die Dicke und der längenbezogene Strömungswiderstand r sind deren relevanten Beurteilungsgrößen. Die Masse der Schalen ist relevant, nicht aber die Masse der «Feder».

Längenbezogener Strömungswiderstand r

Der längenspezifische Strömungswiderstand r eines Dämmstoffes ist eine materialspezifische Kenngröße, die hauptsächlich für akustische Anforderungen von Bedeutung ist. Damit lässt sich eine Aussage über das spezifische Absorptionsverhalten machen. Für Dämmstoffe, die als Hohlraumbedämpfung eingesetzt werden, sollte der längenbezogene Strömungswiderstand mindestens 5 kPa s/m^2 betragen. Er lässt Vergleiche unterschiedlicher Produkte in Bezug auf deren schallabsorbierender Qualitäten zu.

Anforderungswert D_e

Anforderungswert an den Luftschallschutz gegenüber externen Lärmquellen.

Projektierungswert $D_{e,d}$

Prognosewert für den Schallschutz gegenüber externen Lärmquellen einer geplanten Konstruktion, welcher die zu erwartenden Nebenweg-Übertragungen, den Spektrum-Anpassungswert, die Prognose-Unsicherheit und die Abweichungen in der Ausführungsqualität beinhaltet.

Projektierungszuschlag K_p

Zuschlag zum Prognosewert zur Berücksichtigung von Prognose-Unsicherheiten und Abweichungen in der Ausführungsqualität.

Zuschlag für Flankenübertragung K_f

Zuschlag zur Berücksichtigung der Flankenübertragung.

3 Anforderungen

Anforderungen nach SIA 181 «Schallschutz im Hochbau»

Die Anforderungen sind in der SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» definiert.

An Aussenwände sind Mindest- bzw. je nach Situation erhöhte Anforderungen D_e an den Luftschallschutz gegenüber externen Quellen gestellt.

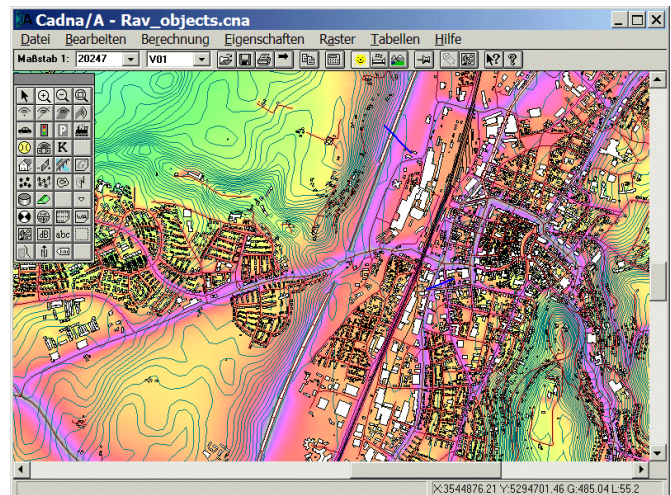
Lärmbelastung	klein bis mässig		erheblich bis sehr stark	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Beurteilungsperiode				
Beurteilungspegel dB	$L_r \leq 60$	$L_r \leq 52$	$L_r > 60$	$L_r > 52$
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte D_e			
gering	22 dB	22 dB	$L_r - 38$ dB	$L_r - 30$ dB
mittel	27 dB	27 dB	$L_r - 33$ dB	$L_r - 25$ dB
hoch	32 dB	32 dB	$L_r - 28$ dB	$L_r - 20$ dB

Abb. 9: Anforderungen gegenüber externen Lärmquellen nach SIA 181 «Schallschutz im Hochbau»

Die Anforderung ist abhängig von der Lärmempfindlichkeit, der Art und Nutzung der Räume und vom Beurteilungspegel L_r . Wohnungen beispielsweise weisen eine mittlere Lärmempfindlichkeit auf. Der Beurteilungspegel L_r wird gemäss Lärmschutzverordnung erfasst, in der Regel mittels Simulationsprogrammen, in speziellen Fällen - weil aufwändig und weil die Berechnungen meist gut mit den Messungen übereinstimmen - messtechnisch. Verbindliche Angaben zur Belastung geben die jeweiligen Vollzugsbehörden.

Lärmempfindlichkeit	Beschreibung der immissionsseitigen Raumart und Raumnutzung (Empfangsraum)
keine	Verkehrs- und Funktionsflächen, nur gelegentlich genutzte Räume oder Räume mit erheblichem Betriebslärm. Beispiele: Abstell-, Lager- und Kellerraum, Heizungs-, Lüftungs- und Haustechnikraum, Hobbyraum, Einstellhalle, Treppenhaus, Laubengang.
gering	Räume für vorwiegend manuelle Tätigkeit. Räume, die von vielen Personen oder nur kurzzeitig benutzt werden. Beispiele: Werkstatt, Handarbeitsraum, Kantine, Restaurant, Küche ohne Wohnanteil, Bad, Dusche, WC, Verkaufsraum, wohnungsinterner Korridor, Warteraum.
mittel	Räume für Wohnen, Schlafen und für geistige Arbeiten. Beispiele: Wohnzimmer, Schlafzimmer, Studio, Schulzimmer, Musikübungsraum, Wohnküche, Büroraum, Empfangsraum, Hotelzimmer.
hoch	Räume für Benutzer mit besonders hohem Ruhebedürfnis. Beispiele: spezielle Ruheräume in Spitälern und Sanatorien, spezielle Therapieräume mit hohem Ruhebedarf, Lese-, Studierzimmer.

Abb. 10: Einstufung der Lärmempfindlichkeit nach SIA 181 «Schallschutz im Hochbau»



Beurteilungspegel L_r [dB(A)] (06:00 - 22:00)

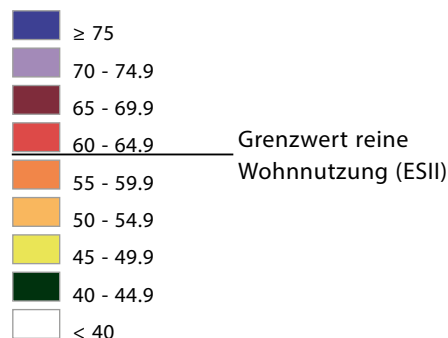


Abb. 11: Beurteilungspegel berechnet nach STL-86+ z.B. mit CadnaA

Nachweis

Gemäss Ziffer 2.1.4 sind für die Beurteilung die am Bau messtechnisch ermittelten Werte massgebend. Im rechnerischen Nachweis - der Prognose - müssen somit alle Einflussfaktoren, welche die Schalldämmung beeinflussen, mitberücksichtigt werden.

Messung

Die Anforderung ist erfüllt, wenn der Gesamtwert für den Luftschallschutz gegenüber externen Quellen $D_{e,tot}$ den Anforderungswert D_e nicht unterschreitet.

Projektierung

Die Anforderung ist erfüllt, wenn der Projektierungswert für den Luftschallschutz gegenüber externen Quellen $D_{e,d}$ den Anforderungswert D_e nicht unterschreitet.

- $D_{e,d} \geq D_e$, in dB
 $D_{e,d} = D_{45^\circ, nT, w} + C_{tr} - K_p \geq D_e$, in dB
 $D_{45^\circ, nT, w} = R'_{45^\circ, w} + 10 \lg(V/S) - 4.9$ dB
 $R'_{45^\circ, w} = R_w - K_f$
 somit :
 $D_{e,d} = R_w - K_f + 10 \lg(V/S) - 4.9 + C_{tr} - K_p \geq D_e$
 $D_{e,d}$ = Projektierungswert
 D_e = Anforderungswert
 $D_{45^\circ, nT, w}$ = Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz für die Gebäudehülle
 $R'_{45^\circ, w}$ = Bewertetes Bau-Schalldämm-Mass für Aussenbauteile ($R'_{45^\circ, w} = R_w - K_f$)
 V = Volumen (hier des Empfangsraumes)
 S = Fläche (hier des Trennbauteils)
 R_w = Bewertetes Schalldämm-Mass
 C_{tr} = Spektrum-Anpassungswert
 K_p = Projektierungszuschlag
 K_f = Zuschlag für Flankenübertragung

Aus der Nachweisformel ist ersichtlich, dass der Planer:

- das bewertete Schalldämm-Mass R_w und den Spektrum-Anpassungswert C_{tr} der Bauteile kennen muss. Diese Bauteilkennwerte werden im Prüflabor am eingebauten Bauteil durch Messung ermittelt oder müssen mit entsprechender Sicherheitsmarge angenommen werden.
- das Raumvolumen und die Trennwandfläche kennen muss. Untersucht werden jeweils die kritischsten Räume an den lärmexponiertesten Stellen.
- Annahmen für den Projektierungszuschlag und den Zuschlag für die Flankenübertragung treffen muss.

Die Fachstelle Lärmschutz des Kantons Zürich stellt eine praktische Excel-Datei zur Verfügung, mit welcher der Nachweis (Prognose) relativ einfach erbracht werden kann.

Aussenlärmsituation (Beurteilungspegel)

Strassenlärm: 61 dB (Tag) 58 dB (Nacht) *Maximaler Pegel auf der Nordseite*
 Eisenbahnlärm: dB (Tag) dB (Nacht)
 Fluglärm: dB (6-22 h) dB (22-23 h)
 andere:
 keine spezifische Lärmquelle vorhanden

Schutz gegen Aussenlärm

Siehe beiliegenden Schallschutznachweis

Situation Empfangsraum: Bezeichnung Nr. / Geschoss	Situation 1 Wohnzimmer			Situation 2 Schlafzimmer			Situation 3 Schlafzimmer		
	L _{r, Tag}	L _{r, Nacht}	D _e	L _{r, Tag}	L _{r, Nacht}	D _e	L _{r, Tag}	L _{r, Nacht}	D _e
105 / EG	61	58	36	61	58	36	54	51	27
Massgebende Lärmbelastung	mittel			mittel			mittel		
Lärmempfindlichkeit	mittel			mittel			mittel		
Massgebende Anforderung	D _e = 36 dB			D _e = 36 dB			D _e = 27 dB		
Trennbauteile	S [m ²]	R' _{45°,w}	C _{tr} [dB]	S [m ²]	R' _{45°,w}	C _{tr} [dB]	S [m ²]	R' _{45°,w}	C _{tr} [dB]
BT1 AW 20 cm Beton + MW	23.5	57.0	-4.0	16.5	57.0	-4.0	17.2	57.0	-4.0
BT2 Fenster Nord Zfach IV	11.2	40.0	-5.0	8.1	40.0	-5.0	8.1	30.0	-5.0
BT3 Fenster Süd Zfach IV									
S _{res} und (R' _{45°,w} + C _p) _{res}	34.7	39.8		24.6	39.7		25.3	29.9	
Volumen Empfangsraum	V = 78.9 m ³			V = 52.6 m ³			V = 66.4 m ³		
Projektierungszuschlag K _p	K _p = 2.0 dB			K _p = 2.0 dB			K _p = 2.0 dB		
Ermittelter Schallschutz	D _{e,d} = 36.5 dB			D _{e,d} = 36.1 dB			D _{e,d} = 27.2 dB		
Erfüllt	Ja			Ja			Ja		

Abb. 12: Nachweisbeispiel für den Schutz gegen Aussenlärm

Spezifische Anforderungen der Lärmschutzverordnung

Ein Neubau kann in gewissen Fällen nach der Errichtung den Schallpegel in der Nachbarschaft erhöhen. Beispielsweise ein neues Gebäude neben einer Autobahn, welches den Strassenlärm an bestehende Gebäude reflektiert und dadurch da die Lärmsituation verschlechtert. Eine solche Situation wurde in einem Bundesgerichtsentscheid analysiert (BGE 129 II 238).

Dank der Hinterlüftung und der Wärmedämmung haben hinterlüftete Fassaden generell gute Schallabsorptionseigenschaften in den tieffrequenten Komponenten, welche massgebend für den Strassenlärm sind.



SCHALLDÄMM-MASS EINER VHF: EINFLUSSFAKTOREN

4 Schalldämm-Mass einer VHF: Einflussfaktoren

Masse-Feder-Masse Prinzip

Aussenwände mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden sind aus akustischer Sicht mehrschalige Bauteile und funktionieren nach dem Masse-Feder-Masse Prinzip.

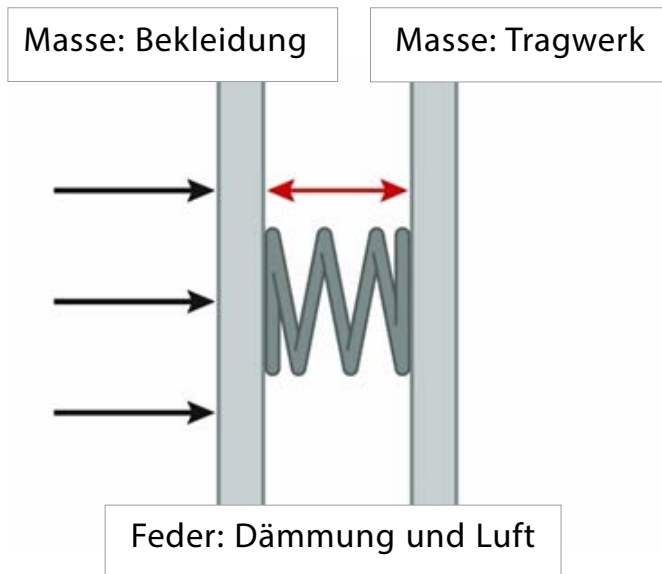


Abb. 13: Masse-Feder-Masse Prinzip

Die Schalldämmung von Aussenwänden mit VHF wird wesentlich durch folgende konstruktive Parameter bestimmt:

- Art des Tragwerks (Mauerwerk, Beton, Flächengewicht)
- Art der Wärmedämmung (Dicke, Material)
- Art der Bekleidung (Flächengewicht, Fugenteil)

Tragwerk

Die Masse ist massgebend. Der Unterschied einer Aussenwand mit einer hinterlüfteten Fassadenbekleidung aus Faserzementplatten, 200 mm Mineralwolle einmal auf einem Mauerwerk 175 mm mit einem Flächengewicht von 162 kg/m² und einmal auf einer Betonwand 200 mm mit einem Flächengewicht von 460 kg/m² beträgt 8 dB: Das spektral angepasste bewertete Schalldämm-Mass $R_w + C_{tr}$ beträgt für die Variante Mauerwerk 52 dB und für die Variante Beton 60 dB.

Unterkonstruktion

Die Art und Beschaffenheit der gebräuchlichen Unterkonstruktionssysteme sind vielfältig. Wie gross der Unterschied zwischen einzelnen Unterkonstruktionen sind, wurde bis anhin nicht methodisch untersucht. Abgeleitet aus dem Masse-Feder-Masse Prinzip müssten sich möglichst grosse Konsolen- und Profilabstände positiv auf die Schalldämmung auswirken.

Wärmedämmung

Die Wärmedämmung aus Glas- oder Steinwolle trägt dank ihrer offenporigen Struktur massgebend zu einer besseren Schalldämmung in der VHF bei. Sie ist die Feder der Masse-Feder-Masse Konstruktion. Der längenbezogene Strömungswiderstand sollte mindestens 5 (kPa s)/m² betragen, tiefere Strömungswiderstände verschlechtern die Schalldämmung, höhere wiederum haben keine positive Auswirkung. Alle gebräuchlichen Fassadendämmplatten aus Glas- oder Steinwolle erfüllen diese Anforderung. Die Rohdichte der Glas- oder Steinwolle hat keinen Einfluss auf die Schalldämmung. Dies ist durch verschiedene Messungen belegt.

Die Dicke der Dämmung hat einen positiven Einfluss auf das Schalldämm-Mass. Ein Vergleich einer Aussenwand aus 160 mm Beton und einer Fassadenbekleidung aus Faserzementplatten zeigt einen Unterschied von 3 dB zwischen der Variante 140 mm und der Variante 240 mm Mineralwolle auf.

Gegenüber einer Wärmedämmung aus Glas- oder Steinwolle haben geschlossen-, aber auch offenzellige geschäumte Dämmstoffe wie beispielsweise Polystyrol-Hartschaum (EPS) oder Polyurethan-Hartschaum (PU) geringere hohlraumdämpfende Eigenschaften. Bei geschäumten Dämmplatten ist aufgrund ihrer geringen Hohlraumdämpfung kein positiver Effekt bezüglich Schalldämmung zu erwarten.

(Quelle: Leitlinie FVHF).

Bekleidung

Die bauakustisch relevanten Einflussgrössen sind hierbei die flächenbezogene Masse und die Biegesteifigkeit der Bekleidung. Dem Prognosemodell der Publikation «Schallschutz durch vorgehängte hinterlüftete Fassaden» vom Österreichischen Fachverband für hinterlüftete Fassaden ÖFHF kann der positive Effekt bei zunehmender flächenbezogener Masse der Bekleidung entnommen werden. Wie stark sich eine günstige Biegesteifigkeit auswirkt, wurde bis anhin nicht untersucht. Eine pauschale Aussage über besser oder weniger gut geeignete Bekleidungsmaterialien bleibt daher schwierig.

Auch zum Einfluss des Fugenteils liegen keine systematischen Untersuchungen vor. Abgeleitet aus verschiedenen Messreihen mit Fugenteilen von 0 bis 3 % kann abgeleitet werden, dass sich der Einfluss in Abhängigkeit der Art der Aussenwand in diesem Bereich auf bis 3 dB auswirken kann.

5 Schalldämmwerte für Aussenwände mit VHF

Prognosemodell ÖFHF

Der Österreichische Fachverband für hinterlüftete Fassaden ÖFHF hat in seinem Merkblatt «Schallschutz für vorgehängte hinterlüftete Fassaden» ein Prognosemodell für die Bemessung des Schallschutzes von vorgehängten hinterlüfteten Fassaden auf Beton- und auf Ziegelaussenwänden publiziert.

In Abhängigkeit des Flächengewichts der Fassadenbekleidung, dem Fugenteil in %, für Dämmstoffdicken aus Glas- oder Steinwolle für 160 und 200 mm können das bewertete Schalldämm-Mass R_w und der Spektrum-Anpassungswert C_{tr} ermittelt werden.

Fassadenbekleidung mit Fugenteil 1%				
Dämmung Glas- oder Steinwolle, Dicke 200mm, $r \geq 5$ (kPa s)/m ²				
Trägerwand	Bekleidung	R_w	C_{tr}	$(R_w + C_{tr})$
	kg/m ²	dB	dB	dB
Mauerwerk 175mm	13	57	-6	51
	40	57	-4	53
Beton 200mm	13	70	-10	60
	40	72	-9	63

Fassadenbekleidung mit Fugenteil 2%				
Dämmung Glas- oder Steinwolle, Dicke 200mm, $r \geq 5$ (kPa s)/m ²				
Trägerwand	Bekleidung	R_w	C_{tr}	$(R_w + C_{tr})$
	kg/m ²	dB	dB	dB
Mauerwerk 175mm	13	56	-8	48
	40	56	-5	51
Beton 200mm	13	68	-11	57
	40	71	-11	60

Abb. 14: Auswahl von mit ÖFHF-Prognosemodell berechneter Schalldämm-Werte verschiedener Aufbauten

Messreihe FVHF

Der Deutsche Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden FVHF stellt in seiner Leitlinie «Schallschutz mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden» acht verschiedene Varianten von Fassadenbekleidungen auf einer mit 180 mm Mineralwolle gedämmten Kalksandsteinmauer 240 mm vor. Die Messprotokolle sind in der Leitlinie enthalten.

FVHF-Prüfung	Bekleidungs-material	Schalldämm-verbesserungsmaß	Schalldämm-Maß	siehe Kapitel ... / Seite ...
1	Aluminium-Verbundplatte	$\Delta R_{w,direct} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.2 / 25
2	Aluminium-Vollblech	$\Delta R_{w,direct} = 12$ dB	$R_w = 66$ dB	3.4.3 / 27
3	Faserzement-Platte	$\Delta R_{w,direct} = 14$ dB	$R_w = 68$ dB	3.4.4 / 29
4	Glas-Verbundplatte	$\Delta R_{w,direct} = 18$ dB	$R_w = 72$ dB	3.4.5 / 31
5	Feinsteinzeug-Platte	$\Delta R_{w,direct} = 14$ dB	$R_w = 68$ dB	3.4.6 / 33
6	Keramik/Ziegel-Platte > 20 kg/m ² und < 35 kg/m ²	$\Delta R_{w,direct} = 12$ dB	$R_w = 66$ dB	3.4.7 / 35
7	Keramik/Ziegel-Platte ≥ 35 kg/m ² und < 55 kg/m ²	$\Delta R_{w,direct} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.8 / 37
8	Putzträger-Plattensystem	$\Delta R_{w,direct} = 13$ dB	$R_w = 67$ dB	3.4.9 / 39

Abb. 15: Schalldämm- und Schalldämm-Verbesserungsmaße verschiedener Fassadenbekleidungen auf KS-Wand aus Leitlinie FVHF

Messreihe Saint-Gobain ISOVER

Isover hat anhand einer Messreihe auf einer Betonwand 160 mm und einer Bekleidung aus Faserzementplatten den Einfluss des längenbezogenen Strömungswiderstandes, der Rohdichte der Wärmedämmung und der Dämmstoffdicke zwischen 140 und 240 mm untersucht.

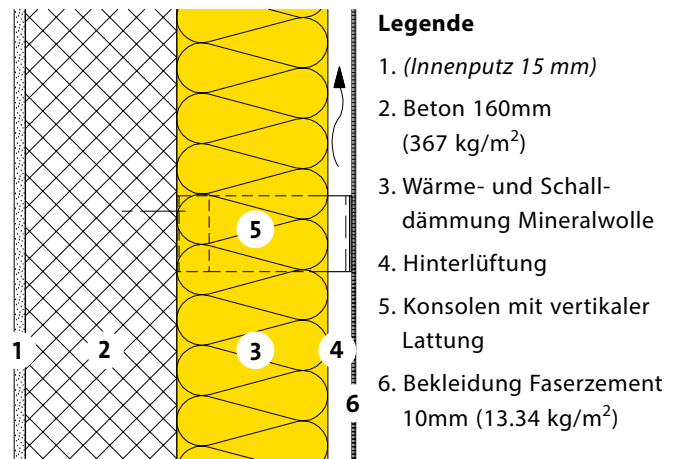


Abb. 16: Schichtaufbau für die Messreihe von Saint-Gobain ISOVER

Wärmedämmung	Dämmstoffdicke	Strömungswiderstand r	Rohdichte	Flächengew. Bekleidung	Luftschalldämm-Mass	
					mit VHF	ohne VHF
	mm	(kPa s)/m ²	kg/m ³	kg/m ²	R_w (C; C_{tr})	R_w (C; C_{tr})
Glaswolle	140	15	19.1	13.3	67 (-4; -10)	57 (-1; -6)
Steinwolle	140	33	74.9	13.3	67 (-4; -10)	57 (-1; -6)
Glaswolle	140	28	30.1	13.3	68 (-3; -9)	57 (-1; -6)
Glaswolle	140 + 80	28	30.1	13.3	69 (-3; -9)	57 (-1; -6)
Glaswolle	240	15	19.8	13.3	70 (-3; -9)	57 (-1; -6)

Abb. 17: Schalldämm-Masse von Aussenwandaufbauten mit VHF und verschiedenen Dämmstoffen und -dicken aus Prüfbericht CSTB AC12-26040621/1

Messreihe SWISSPEARL

Swisspearl hat den Einfluss von fünf verschiedenen Fassadenbekleidungen aus Faserzement auf einer Kalksandsteinwand 240 mm und einer Fassadendämmung aus Mineralwolle 180 mm untersucht.

Auf Metall Unterkonstruktion

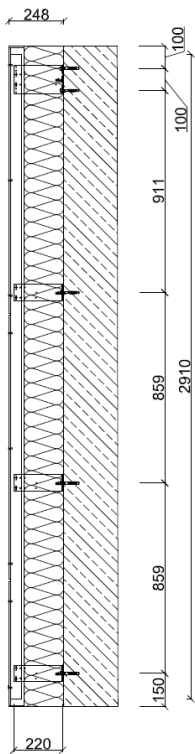


Abb. 18: Schichtaufbau Metall UK für die Messreihe von SWISSPEARL

Auf Holz (Kreuzrost)

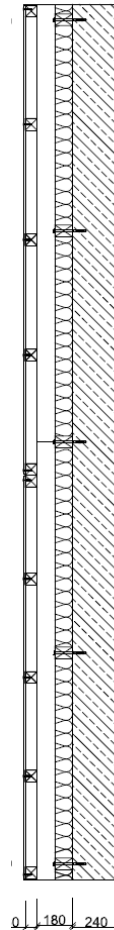


Abb. 20: Schichtaufbau auf Holz für die Messreihe von SWISSPEARL

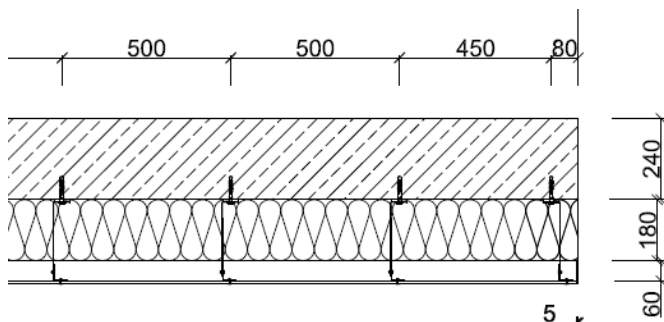


Abb. 19: Schichtaufbau Metall UK für die Messreihe von SWISSPEARL

Bezeichnung	bewertetes Schalldämm-Maß R_{w} ($R_{w,tenth} \pm \sigma_2$) in dB	bewertetes Schalldämm-Verbesserungsmaß $\Delta R_{w,direct}$ ($\Delta R_{w,direct,tenth}$) in dB
schweres Grundbauteil 240 mm einseitig verputztes Einsteinmauerwerk aus Kalksand-Plansteinen (RDK 2,0) mit Dünnbettmörtel	54 ¹⁾ (54,0 ± 1,2) ²⁾³⁾	--
akustische Vorsatzschale Nr.: 1 VHF mit pr. Faserzementplatten (8 mm) auf Metall und DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180 mm)	67 ¹⁾ (67,5 ± 1,2) ²⁾³⁾	13 ¹⁾ (13,5) ³⁾
akustische Vorsatzschale Nr.: 2 VHF mit gl. Faserzementplatten (8 mm) auf Metall und DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180 mm)	68 ¹⁾ (68,6 ± 1,2) ²⁾³⁾	14 ¹⁾ (14,6) ³⁾
akustische Vorsatzschale Nr.: 3 VHF mit Faserzementschindeln (4 mm) auf Holz und DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180 mm)	65 ¹⁾ (65,9 ± 1,2) ²⁾³⁾	11 ¹⁾ (11,9) ³⁾
akustische Vorsatzschale Nr.: 4 VHF mit Faserzementwellplatten (6 mm) auf Holz und DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180 mm)	62 ¹⁾ (62,1 ± 1,2) ²⁾³⁾	8 ¹⁾ (8,1) ³⁾
akustische Vorsatzschale Nr.: 5 VHF mit gl. Faserzementplatten (8 mm) auf Holz und DIN 4108-10 MW-WAB-035 (180 mm)	66 ¹⁾ (66,4 ± 1,2) ²⁾³⁾	12 ¹⁾ (12,4) ³⁾

Abb. 21: Schalldämm-Masse von Aussenwandaufbauten mit VHF und verschiedenen Fassadenbekleidungen aus Faserzementplatten Prüfbericht ita, 19_1560048.20

SCHALLDÄMMWERTE FÜR AUSSENWÄNDE MIT VHF

Messreihe Flumroc

Montage mit Distanzschrauben

1 Innenputz	1'400 kg/m ³	10 mm
2 Backstein	1'100 kg/m ³	175 mm
3 Flumroc-Dämmplatte DUO D20	50 kg/m ³	220 mm
3 Flumroc-Dämmplatte DUO	50 kg/m ³	
4 Hinterlüftungsraum	1 kg/m ³	30 mm
5 Rockpanel	1'050 kg/m ³	8 mm

Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180 $W/(m^2 K)$ 0.151

Bewertetes Schalldämmmass Rw **dB** **61**
Spektrum-Anpassungswerte C; Ctr **dB** **-1; -5**

U-Werte sind mit der Flumroc-Dämmplatte 3 gerechnet

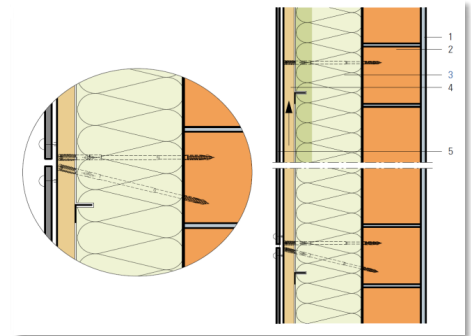


Abb. 22: Schichtaufbau Montage mit Distanzschrauben für die Messreihe von Flumroc

Montage mit wärmebrückenarmen Konsolen

1 Innenputz	1'400 kg/m ³	10 mm
2 Backstein	1'100 kg/m ³	175 mm
3 Flumroc-Dämmplatte DUO D20	50 kg/m ³	
3 Flumroc-Dämmplatte DUO	50 kg/m ³	200 mm
4 Hinterlüftungsraum	1 kg/m ³	30 mm
5 Rockpanel	1'050 kg/m ³	8 mm

Durchschnittswert gemäss SIA Norm 180 $W/(m^2 K)$ 0.149

Bewertetes Schalldämmmass Rw **dB** **66**
Spektrum-Anpassungswerte C; Ctr **dB** **-3; -9**

U-Werte sind mit der Flumroc-Dämmplatte 3 gerechnet

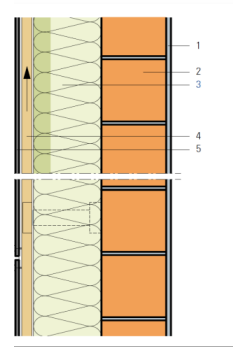


Abb. 23: Schichtaufbau Montage mit wärmebrückenarmen Konsolen für die Messreihe von Flumroc

6 Zusammenfassung

Lärm macht krank

Tagsüber ist jede fünfte und in der Nacht jede sechste Person an ihrem Wohnort schädlichem oder lästigem Verkehrslärm ausgesetzt. Eine schalltechnisch qualitativ hochwertige Gebäudehülle trägt zur Behaglichkeit, zum Wohlbefinden und der Gesundheit bei. Der Aussenwandaufbau ist ein Einflussfaktor, der den Luftschallschutz gegenüber externen Lärmquellen beeinflusst.

Hohe Schalldämmwerte mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden

Aussenwandaufbauten mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden bieten nachweislich eine sehr hohe Qualität an Schallschutz. Sie sind schalltechnisch mit Ausnahme des Zweischalenmauerwerks allen anderen Aussenwandaufbauten überlegen. Konstruktionen mit VHF können Schalldämmwerte von über 66 dB erreichen. Es sind Verbesserungen des Schalldämm-Masses ΔR_w durch eine VHF gegenüber einer Standard-Rohwand von + 12 dB bis + 18 dB möglich. (Quelle: FVHF- Leitlinie)

Die Berücksichtigung der Qualität der Fenster und möglicher Schwachstellen wie Storenkästen oder Lüftungsgitter ist allerdings absolut mitentscheidend für den resultierenden Luftschallschutz gegenüber externen Quellen.

Verfügbare Schalldämm-Masse

Dank diverser Projekte und Schallmessungen in Prüflabors verschiedener Institutionen und Baustoffhersteller in jüngster Vergangenheit sind heute zuverlässige Angaben zu den zu erwartenden bewerteten Schalldämm-Massen R_w und den Spektrum-Anpassungswerten C_{tr} verschiedenster Aufbauten verfügbar.

Einflussfaktoren

Der relevanteste Einflussfaktor ist das Tragwerk: Aussenwände aus Beton, Mauerwerk oder Holz unterscheiden sich signifikant.

Als Fassadendämmung eignen sich Glas- und Steinwolle am besten. Für verschiedene Fassadenbekleidungen sind Messwerte vorhanden. Das Flächengewicht und die Biegesteifigkeit beeinflussen den Schallschutz: Je mehr flächenbezogene Masse bei möglichst tiefer Biegesteifigkeit desto besser.

Der Einfluss verschiedener Unterkonstruktionssysteme und Fugenteilen in der Fassadenbekleidung sind noch nicht systematisch untersucht worden.

7 Quellennachweis

Abbildung 1: map.geo.admin.ch -> Astra -> Verkehrslärm

Abbildung 2: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 3: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 4: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 5: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 6: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 7: Gebäudehülle Schweiz

Abbildung 8: Gebäudehülle Schweiz

Abbildungen 9 und 10: Norm SIA 181

Abbildung 11: norsonic.ch und api3.geo.admin.ch

Abbildung 12: gl.ch/public/upload/assets/29645/Formular_S_Schallschutz-nachweis_Aussen_Innen_Stand_200708.xls

Abbildung 13: baustoffwissen.de

Abbildung 14: ÖFHF-Prognosemodell Excel-Datei

Abbildung 15: Leitlinie FVHF

Abbildung 16 und 17: Messreihe Saint-Gobain ISOVER

Abbildung 18, 19, 20, 21: Messreihe SWISSPEARL

Abbildung 22 und 23: Messreihe Flumroc

IMPRESSUM

Projektleitung

Technische Kommission Fassadenbau, Gebäudehülle Schweiz
Marco Röthlisberger, Uzwil, Leiter Technik,
Gebäudehülle Schweiz

Arbeitsgruppe/Autoren

Technische Kommission Fassadenbau, Gebäudehülle Schweiz

Grafik

Nicole Staub, Uzwil, Gebäudehülle Schweiz

Herausgeber

GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ
Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen
Technische Kommission Fassadenbau
Lindenstrasse 4
9240 Uzwil
T 0041 (0)71 955 70 30
info@gebäudehülle.swiss
gebäudehülle.swiss

