

WDVS

Schallschutz

Begriffe und Maßeinheiten für den Schallschutz, Einfluss von WDVS

Lärm

Die meisten Menschen fühlen sich durch Lärm belästigt. Oft ist Lärm auch Auslöser für Krankheiten. Doch was ist Lärm und wie kann man sich davor schützen? Lärm ist vom Menschen als störend empfundener Schall. Was für den einen Musik ist, kann für den anderen schon als Lärm empfunden werden.

Schutz vor Außenlärm

Die Hauptursachen für Außenlärm sind Straßen- und Schienenverkehr sowie Fluglärm. Deshalb ist es wichtig, das Eindringen dieses Lärms in ein Gebäude zu verhindern. Die Größe, die das Schalldämmverhalten von Außenwänden angibt, ist das bewertete Schalldämm-Maß R'_w [dB]. Dieses hängt beim Mauerwerk stark von der flächenbezogenen Masse der Wand ab. Je schwerer, um so größer. Es wird jedoch durch den Fensterflächenanteil begrenzt, da Fenster und Rolllädenkästen in der Regel immer sehr viel schlechter den Schall dämmen als das Mauerwerk und das Schalldämm-Maß durch das schwächste Glied begrenzt wird.

Den Schallschutz im Hochbau regelt die DIN 4109. Das folgende Kapitel erläutert die Grundlagen zum Verständnis der Schallschutz-Eigenschaften von Brillux WDV-Systemen.

Bewertetes Schalldämm-Maß R'_w

Das bewertete Schalldämm-Maß ist die Größe, die das Schalldämmverhalten eines Bauteils kennzeichnet. Es ist eine Art Mittelwert über den bauakustischen Frequenzbereich (100 bis 3.150 Hz), das zusätzlich auch das subjektive menschliche Hörvermögen berücksichtigt. Die Einheit ist Dezibel. Physikalisch gesehen ist Dezibel keine Einheit, sondern ein logarithmischer Pegel. Dies bedeutet, dass z. B. eine Erhöhung von R'_w um 10 dB eine Verzehnfachung der Schalldämmung und eine Erhöhung von 3 dB eine Verdopplung der Schalldämmung ist. Tatsächlich empfindet der Mensch eine Erhöhung von R'_w um 10 dB als Halbierung des Außenlärms.

Wärmedämm-Verbundsysteme und Schalldämmung

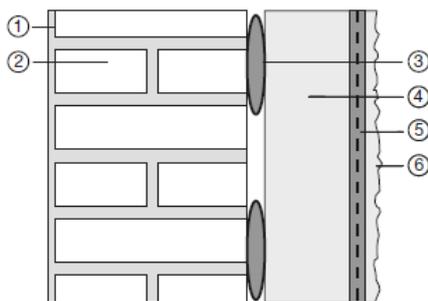
WDV-Systeme können das Schalldämm-Maß der Außenwand beeinflussen. Wie groß dieser Einfluss ist, regeln die allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen. Je nach Art des Systems betragen die Korrekturwerte dabei -6 dB (WDVS allgemein) oder +2 dB (Profilbefestigte WDVS = Schienensysteme). Hierbei handelt es sich um pauschale Werte mit Sicherheitsaufschlag. Diese müssen bzw. dürfen ohne eine genaue Berechnung in Ansatz gebracht werden. Exaktere und bessere Werte liefern gezielte Berechnungen unter Berücksichtigung von elastifizierten WDVS Hartschaum-Dämmplatten bzw. WDVS Mineralwolle-Dämmplatten. Diese ziehen den Vorteil aus dem „Masse-Feder-Masse-Prinzip“.

Das Masse-Feder-Masse-Prinzip in Wärmedämm-Verbundsystemen und dessen Einfluss auf die Schalldämmung bei Anregung durch Luftschall

Eine Massivwand, die mit einem Wärmedämm-Verbundsystem gedämmt ist, stellt aus akustischer Sicht ein Masse-Feder-Masse-System dar (Bild 1). Durch die Luftschallanregung wird dieses System in Schwingung versetzt. Dabei reagiert das System auf die verschiedenen Anregefrequenzen des Luftschalls unterschiedlich.

Außenwand mit WDVS unter Verwendung einer elastifizierten WDVS Hartschaum-Dämmplatte bzw. der Mineralwolle-Dämmplatte 3522

Bild 1



- | | |
|----------------|-------------|
| ① Innenputz | ④ Dämmstoff |
| ② Wandbaustoff | ⑤ Unterputz |
| ③ Klebemörtel | ⑥ Oberputz |

Akustisches Modell für ein WDVS



m'_w flächenbez. Masse der Wand
 m'_p flächenbez. Masse der Putzschale
 s' dyn. Steifigkeit des Dämmstoffs

Schwingungsanregung von WDV-Systemen durch Luftschall

Treffen durch Luftschall zum Schwingen angeregte Luftmoleküle auf die Putzschale (Masse m'_p), wird diese in Schwingung versetzt und es bilden sich sog. Biegewellen in der Putzschale aus. Die Putzschale ist über den Dämmstoff federnd mit der Massivwand (Masse m'_w) verbunden.

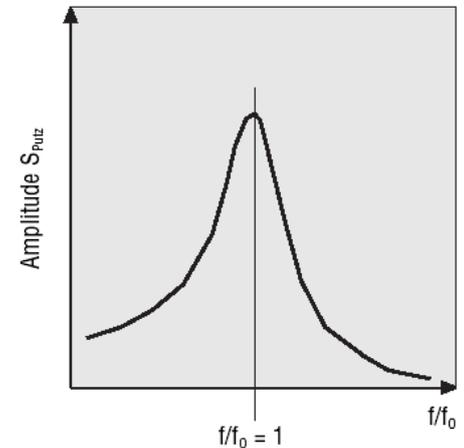
Dadurch wird die größere Masse der Massivwand ebenfalls zum Schwingen angeregt. In der Massivwand entstehen gleichermaßen Biegewellen, die dafür sorgen, dass an der Grenzfläche Massivwand/Luftschicht die Schwingungsenergie an die Luftmoleküle weitergegeben wird.

Resonanz

Resonanz bedeutet Mitschwingen. Dies ist nur bei Masse-Feder-Systemen möglich. In diesem Fall, in dem die Anregefrequenz f der Schallquelle gleich der Eigenfrequenz f_0 des WDV-Systems ist, spricht man von Resonanz (Bild 2). Es gilt $f/f_0=1$. Die Amplitude (Auslenkung von der Ruhelage) der erregten Putzschwingung erreicht ihren Maximalwert. Je mehr sich die Anregefrequenz f der Schallquelle und die System-Eigenfrequenz f_0 unterscheiden, umso kleiner ist die Amplitude der erregten Putzschwingung und umso weniger Schwingungs- bzw. Schallenergie wird über den Dämmstoff (Feder) an die Massivwand übertragen und von dieser an der Innenseite zum Wohnraum hin abgegeben.

Resonanzfrequenz

Bild 2



Amplitude der Putzschale in Abhängigkeit der Anregefrequenz f [Hz]

Die elastifizierten WDVS Hartschaum-Dämmplatten und die WDVS Mineralwolle-Dämmplatte 3522 machen sich diesen vorbeschriebenen Effekt des Masse-Feder-Masse-Prinzips auf positive Weise zunutze und verbessern dadurch die Luftschalldämmung von Massivwänden mit WDVS im bauakustisch relevanten Frequenzbereich von 100 bis 3.150 Hz.

System-Eigenfrequenz f_0

Unter der Eigenfrequenz eines Masse-Feder-Masse-Systems versteht man diejenige Frequenz f_0 einer harmonischen ungedämpften Schwingung, die sich dann einstellt, wenn das System z. B. durch einmalige Auslenkung zum Schwingen angeregt wird und danach frei schwingen kann.

Die Eigenfrequenz charakterisiert das Schwingungsverhalten eines Masse-Feder-Systems. Überträgt man dies auf das akustische Modell für WDV-Systeme, so lässt sich die System-Eigenfrequenz näherungsweise nach folgender Gleichung berechnen:

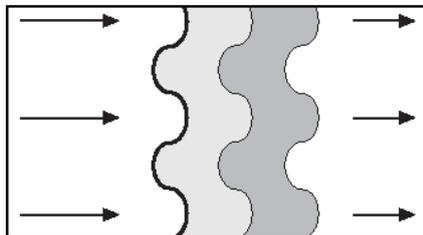
$$f_0 = 160 \times \sqrt{\frac{s'}{m'_p}}$$

f_0 System-Eigenfrequenz [Hz]
 s' dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs [MN/m]
 m'_p flächenbezogene Putzmasse (Armierungsschicht und Oberputz) [kg/m²]

Vereinfachte Darstellung der Schwingungszustände einer Massivwand mit einem WDV in verschiedenen Frequenzbereichen

① $f < f_0$:

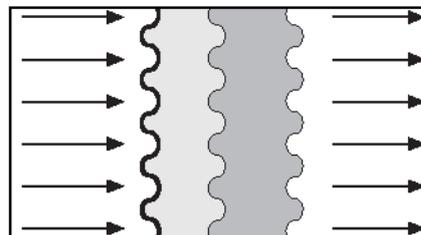
Unterhalb der Resonanzfrequenz macht sich die Federwirkung der Dämmschicht weniger bemerkbar. Beide Schalen sind über die Dämmschicht im akustischen Sinn relativ starr miteinander gekoppelt. Das Schalldämmverhalten entspricht in etwa dem einer einschaligen Massivwand.



Biegewellen unterhalb der Resonanzfrequenz

② $f = f_0 = f_R$:

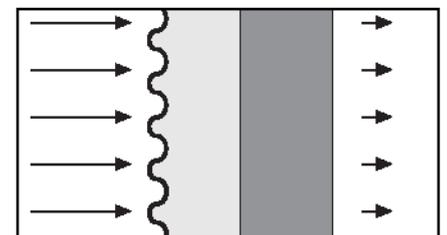
Bei der Resonanzfrequenz f_R wird die Massivwand von der Putzschale besonders zum Mitschwingen angeregt. Die Amplituden der Biegewellen beider Schalen erreichen ihr Maximum. Dabei erreicht das Schalldämmmaß R ein Minimum.



Biegewellen bei der Resonanzfrequenz

③ $f > f_0$:

Oberhalb der Resonanzfrequenz ist die Putzschicht im akustischen Sinn sehr elastisch mit der Massivwand gekoppelt. Die Biegewellenamplitude der Massivwand ist dadurch sehr gering. Das Schalldämmmaß R nimmt mit steigender Luftschallfrequenz f sehr deutlich zu.

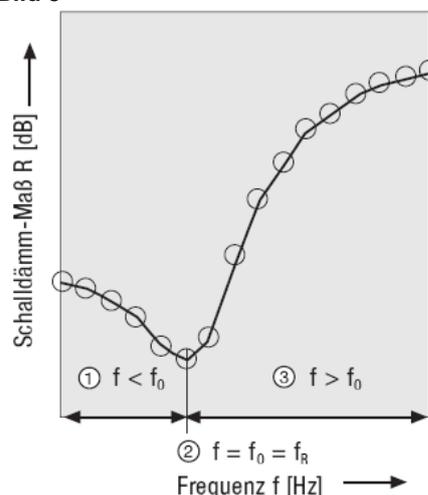


Biegewellen oberhalb der Resonanzfrequenz

Frequenzabhängiges Schalldämmmaß R bei Wärmedämm-Verbundsystemen (Bild 3)

Oberhalb der Eigen- bzw. Resonanzfrequenz eines WDV-Systems nimmt das Schalldämmmaß R deutlich zu (Bereich ②). Daher sollte die Eigenfrequenz f_0 (Bereich ③) eines WDV-Systems möglichst tief liegen, damit im bauakustisch relevanten Bereich von 100 bis 3.150 Hz eine hohe Luftschalldämmung erzielt wird.

Bild 3



Dies wird insbesondere erreicht,
 - wenn die Putzschicht eine hohe flächenbezogene Masse m'_p aufweist.
 - wenn die dynamische Steifigkeit s' des Dämmstoffs niedrig ist.

Frequenzabhängiges Schalldämmmaß R bei Massivwänden mit WDV

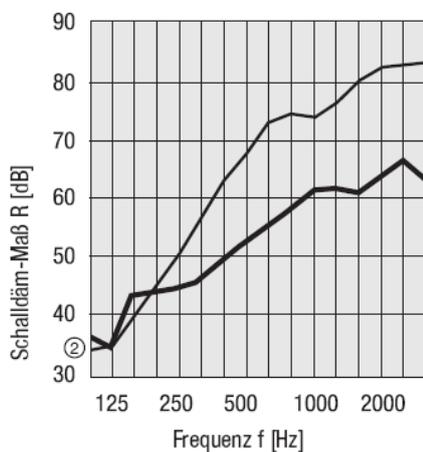
Dynamische Steifigkeit

Die dynamische Steifigkeit ist ein Maß für das Federungsvermögen eines Dämmstoffs bei Einwirkung von Schwingungen. Sie ergibt sich aus dem dynamischen E-Modul und der Dicke des Dämmstoffs. Je kleiner der Wert der dynamischen Steifigkeit, umso besser ist das Federungsvermögen des Dämmstoffs.

Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{w,R}$ durch tief abgestimmte WDV-System-Eigenfrequenz

Durch elastifizierte WDV Hart-schaum-Dämmplatten oder die WDV Mineralwolle-Dämmplatte 3522 wird eine besonders tiefe System-Eigenfrequenz erreicht und dadurch eine Verbesserung der Luftschalldämmung mit WDV im bauakustischen Bereich erzielt (Bild 4, Bereich ②).

Bild 4



— KS-Wand mit WDV
 — KS-Wand ungedämmt

KS-Wand mit WDV, 100 mm:
 $R_{w,R} = 58$ dB
 KS-Wand, 24 cm, ungedämmt:
 $R_{w,R} = 53$ dB

Luftschallverbesserung: $\Delta R_w = +5$ dB

Um die Korrekturwerte der Schalldämmung bei Verwendung der elastifizierten WDV Hart-schaum-Dämmplatten und der WDV Mineralwolle-Dämmplatte 3522 zu ermitteln, benötigt man die flächenbezogene Masse bzw. das bewertete Schalldämm-Maß der ungedämmten Wand (Mauerwerk, Innen- und Außenputz) und die Systemresonanzfrequenz. Über die flächenbezogene Masse der ungedämmten Wand kann man den Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes der ungedämmten Wand (bei zweischaligem Mauerwerk nicht anwendbar) gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109 ermitteln.

Die Systemresonanzfrequenz erhält man mithilfe der Dämmplattendicke und der flächenbezogenen Masse der WDV Schlussbeschichtung (Armierungsschicht und Oberputz).

Die Korrekturwerte werden mithilfe der Tabellen auf Seite 5–8 ermittelt:

Beispiel:

Innenputz: 1,5 cm Kalkgipsputz

Mauerwerk: 17,5 cm Kalksandstein [r] = 1.400 kg/m² verlegt mit Dünnbettmörtel

Dämmstoff: 16 cm elastifizierte WDV Hart-schaum-Dämmplatte

Armierung: WDV Pulverkleber 3550, Verbrauch 5,0 kg/m²

Oberputz: Mineral-Leichtputz KR K4, Verbrauch 3,8 kg/m²

Ergebnis:

Flächengewicht der ungedämmten Außenwand:
 $228 + 15 = 243$ kg/m²

Flächengewicht Armierungsschicht und Oberputz:

$m_p' = 5 + 3,8 = 8,8$ kg/m²

Systemresonanzfrequenz der elastifizierten WDV Hart-schaum-Dämmplatte:

$f_R \leq 180$ Hz

Luftschallverbesserungsmaß:

$\Delta R_{w,R,(WDV)} = +3$ dB

Resultierendes Schalldämm-Maß

Für den Schutz gegen Außenlärm ist nicht nur das bewertete Schalldämm-Maß des Mauerwerks maßgebend, sondern auch das bewertete Schalldämm-Maß der Fenster, Rollläden usw.

Bei der Schalldämmung ist das »schwächste Glied« der Wand maßgebend. Bei einem Fensterflächenanteil von über 20 % ist der Einfluss eines WDV-Systems auf das resultierende Schalldämm-Maß der Außenwand in der Regel bedeutungslos.

Schutz vor Schall-Längsleitung

Die Schallübertragung von Raum zu Raum wird nicht nur über die Wohnungstrennwand, sondern auch über die Außenwand (flankierendes Bauteil) beeinflusst. Die flankierende Außenwand mit WDV begünstigt die Schallübertragung nicht. Die Schalldämmung wird sogar leicht verbessert, da der Schall bei der System-Resonanzfrequenz »weggedämpft« wird. Somit kann eine schwere massive Außenwand voll für die Schalldämmung zwischen Wohnungen ausgenutzt werden und für den optimalen Wärmeschutz sorgt das WDV-System.

Bemessungstabelle für flächenbezogene Masse von Massivwänden

Stein- oder Plattenrohddichte kg/m ³	Mörtelart	Wandrohddichte kg/m ³	Dicke der Massivwand [mm]								
			115	150	175	200	240	300	365	425	490
400	Normal-	460	53	69	81	92	110	138	168	196	225
	Leichtmauer-	410	47	62	72	82	98	123	150	174	201
	Dünnbett-	350	40	53	61	70	84	105	128	149	172
500	Normal-	550	63	83	96	110	132	165	201	234	270
	Leichtmauer-	500	58	75	88	100	120	150	183	213	245
	Dünnbett-	450	52	68	79	90	108	135	164	191	221
600	Normal-	640	74	98	112	128	154	192	234	272	314
	Leichtmauer-	590	68	89	103	118	142	177	215	251	289
	Dünnbett-	550	63	83	96	110	132	165	201	234	270
700	Normal-	730	84	110	128	146	175	219	268	310	358
	Leichtmauer-	680	78	102	119	136	163	204	248	289	333
	Dünnbett-	650	75	98	114	130	156	195	237	276	319
800	Normal-	820	94	123	144	164	197	246	299	349	402
	Leichtmauer-	770	89	116	135	154	185	231	281	327	377
	Dünnbett-	750	86	113	131	150	180	225	274	319	368
900	Normal-	910	105	137	159	182	218	273	332	387	446
	Leichtmauer-	860	99	129	151	172	206	258	314	366	421
	Dünnbett-	850	98	128	149	170	204	255	310	361	417
1.000	Normal-	1000	115	150	175	200	240	300	365	425	490
	Leichtmauer-	950	109	143	166	190	228	285	347	404	466
	Dünnbett-	950	109	143	166	190	228	285	347	404	466
1.200	Normal-	1180	136	177	207	236	283	354	431	502	578
	Leichtmauer-	1090	125	164	191	218	262	327	398	463	534
	Dünnbett-	1100	127	165	193	220	264	330	402	468	539
1.400	Normal-	1360	156	204	238	272	326	408	496	578	666
	Leichtmauer-	1260	145	189	221	252	302	378	460	536	617
	Dünnbett-	1300	150	195	228	260	312	390	475	553	637
1.600	Normal-	1540	177	231	270	308	370	462	562	655	755
	Leichtmauer-	1420	163	213	249	284	341	426	518	604	696
	Dünnbett-	1500	173	225	263	300	360	450	548	638	735
1.800	Normal-	1720	198	258	301	344	413	516	628	731	843
	Leichtmauer-	1600	184	240	280	320	384	480	584	680	784
	Dünnbett-	1700	196	255	298	340	408	510	621	723	833
2.000	Normal-	1900	219	285	333	380	456	570	694	808	931
	Leichtmauer-	1770	204	266	310	354	425	531	646	752	867
	Dünnbett-	1900	219	285	333	380	456	570	694	808	931
2.200	Normal-	2080	239	312	364	416	499	624	759	884	1019
	Leichtmauer-	1940	223	291	340	388	466	582	708	825	951
2.300	-	2300	265	345	403	460	552	690	840	978	1127
2.400	-	2400	276	360	420	480	576	720	876	1020	1176
			flächenbezogene Masse m'_w von Massivwänden [kg/m ²]								

Bemessungstabelle für flächenbezogene Masse von Wandputztypen

Wandputztyp	Druckfestigkeitskategorie	Putzdicke (mm)		
		10	15	20
Kalkgipsputz oder Gipsputz	B1 – B7	10	15	-
Kalkputz, Kalkzementputz oder Zementputz	CSII, CS III, CSIV	18	25	30
flächenbezogene Masse m'_w von Putz [kg/m ²]				

Ermittlung der Resonanzfrequenz [Hz] für elastifizierte WDVS Hartschaum-Dämmplatten

Dämmschichtdicke d [mm]	80 – 110 mm	120 – 150 mm	160 – 190 mm	≥ 200 mm
dynamische Steifigkeit s ^l [MN/m ³ *)	20	15	10	7
flächenbezogene Masse m' des Putzsystems [kg/m ²]				
6,00			≤ 220	
6,25	≤ 300	≤ 260		≤ 180
6,50				
6,75				
7,00	≤ 280	≤ 240	≤ 200	
7,25				
7,50				
7,75				
8,00				≤ 160
8,25	≤ 260			
8,50				
8,75		≤ 220	≤ 180	
9,00				
9,25				
9,50				
9,75	≤ 260			
10,00				
10,25				
10,50				
10,75		≤ 200		≤ 140
11,00				
11,25			≤ 160	
11,50	≤ 220			
11,75				
12,00				
12,25		≤ 180		
12,50				≤ 120

* gemäß Industrieverband Hartschaum e. V. Im Einzelfall können die Werte je nach Dämmplattentyp besser sein. Wenden Sie sich hierfür an den Brillux Beratungsdienst.

Ermittlung des Luftschallverbesserungsmaßes für die WDVS Hartschaum-Dämmplatten *)

Resonanzfrequenz f_R [Hz]	bei elastifizierten WDVS Hartschaumplatten																				
	$\Delta RW,R$ [dB] in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse m' der Trägerwand [kg/m ²]																				
	143–176			177–213			214–255			256–305			306–367			368–466			467–654		
	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)	a)	b)	c)
> 500	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
≤ 500	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
≤ 400	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-6	-6	-6
≤ 300	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
≤ 240	0	-2	-2	0	-2	-3	0	-2	-3	-1	-3	-4	-1	-3	-5	-2	-4	-5	-6	-6	-6
≤ 220	1	-1	-1	1	-1	-2	1	-1	-2	-1	-3	-4	-1	-3	-4	-2	-4	-4	-6	-6	-6
≤ 200	2	1	1	2	0	0	2	0	-2	0	-2	-3	0	-2	-4	-1	-3	-5	-6	-6	-6
≤ 180	4	2	2	3	1	1	3	1	-1	1	-1	-2	1	-1	-3	0	-2	-4	-2	-4	-6
≤ 160	5	3	3	4	2	2	4	2	0	2	0	-1	2	0	-2	1	-1	-3	-1	-3	-5
≤ 140	9	6	6	7	4	4	5	3	2	3	1	0	3	1	-1	2	0	-2	0	-2	-4
≤ 120	11	8	8	9	6	6	7	5	4	5	3	2	5	3	1	4	2	0	2	0	-2

Das Luftschallverbesserungsmaß gilt entsprechend der drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten. Aufteilung der Spaltenbereiche

- a) = bei nur geklebte Dämmplatten
- b) = geklebt und verdübelt ≤ 6 Stück/m²
- c) = geklebt und verdübelt > 6 Stück/m²

Je nach Umfang der Verklebung sind die Einzelwerte entsprechend der nachfolgenden Tabelle zusätzlich zu mindern:

Verklebung	Minderung in dB
60 %	- 1
80 %	- 2
100 %	- 3

*) gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

Die Brillux WDVS Hartschaum-Dämmplatten sind in der Regel nicht elastifiziert. Sollen elastifizierte Dämmplatten zum Einsatz kommen, muss dieses bei der Bestellung angegeben werden. Zur Armierung und Putzbeschichtung empfehlen wir nur mineralische, möglichst dickschichtige Systeme einzusetzen, z. B. unter Verwendung von WDVS Klebe- und Armierungsmörtel L 3500 als Unterputz.

Ermittlung der Resonanzfrequenz [Hz] für die WDVS Mineralwolle-Dämmplatten *)

Dämmschichtdicke d [mm]	80–100 mm	110–160 mm	170–200 mm
dynamische Steifigkeit s ^l [MN/m ³]	15	10	5
Strömungswiderstand r [kPa s/m ²]	30	30	30
flächenbezogene Masse m' des Putzsystems [kg/m ²]			
6,00	≤ 260	≤ 220	≤ 160
6,25			
6,50			
6,75	≤ 240	≤ 200	≤ 140
7,00			
7,25			
7,50			
7,75			
8,00	≤ 220	≤ 180	≤ 120
8,25			
8,50			
8,75			
9,00			
9,25			
9,50			
9,75	≤ 200	≤ 160	
10,00			
10,25			
10,50			
10,75			
11,00			
11,25			
11,50	≤ 180	≤ 100	
11,75			
12,00			
12,25			
12,50	≤ 180	≤ 100	
12,75			
13,00			

 *) r=30 kPas/m²

Ermittlung des Luftschallverbesserungsmaßes für die WDVS Mineralwolle-Dämmplatten ^{*)}

Resonanz- frequenz f_R [Hz]	bei WDVS Mineralwolle-Dämmplatte geklebt und verdübelt					
	$\Delta RW, R$ [dB] in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse m' der Trägerwand [kg/m ²]					
	143–176	177–213	214–255	256–305	306–367	368–466
≤ 260	-2	-3	-3	-4	-5	-5
≤ 220	-1	-2	-2	-3	-4	-5
≤ 200	2	1	-1	-2	-3	-5
≤ 180	3	2	0	-1	-2	-4
≤ 160	4	3	1	0	-1	-3
≤ 140	8	6	4	2	0	-2
≤ 120	10	8	6	4	2	0

Je nach Umfang der Verklebung sind die Einzelwerte entsprechend der nachfolgenden Tabelle zusätzlich zu mindern:

Verklebung	Minderung in dB
60 %	- 1
80 %	- 2
100 %	- 3

^{*)} gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen

Technische Beratung

Für weitere technische Auskünfte steht Ihnen der Brillux Beratungsdienst zur Verfügung.
 Tel. +49 (0)251 7188-158
 Tel. +49 (0)251 7188-8627
 Fax +49 (0)251 7188-106
 tb@brillux.de

Anmerkung

Der Inhalt dieser Technischen Info bekundet kein vertragliches Rechtsverhältnis. Der Verarbeiter/Käufer wird nicht davon entbunden, unsere Produkte auf ihre Eignung für die vorgesehene Anwendung in eigener Verantwortung zu prüfen. Darüber hinaus gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Mit Erscheinen einer Neuauflage dieser Technischen Info mit neuem Stand verlieren die bisherigen Angaben ihre Gültigkeit.

Brillux
 Postfach 16 40
 48005 Münster
 Tel. +49 (0)251 7188-0
 Fax +49 (0)251 7188-105
 www.brillux.de
 info@brillux.de