

**Einheitliche schalltechnische Bemessung von
Wärmedämm-Verbundsystemen – Ergänzung
des Berechnungsverfahrens**

T 3085

T 3085

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

Im Originalmanuskript enthaltene Farbvorlagen, wie z.B. Farbfotos, können nur in Grautönen wiedergegeben werden. Liegen dem Fraunhofer IRB Verlag die Originalabbildungen vor, können gegen Berechnung Farbkopien angefertigt werden. Richten Sie Ihre Anfrage bitte an die untenstehende Adresse.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2005, ISBN 3-8167-6913-6

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.IRBbuch.de

IBP-Bericht B-BA 4/2005

Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämm-Verbundsystemen - Ergänzung des Berechnungsverfahrens

Durchgeführt im Auftrag des
Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt)
ZP 52-5-5.54.1-1159/05

L. Weber



IBP-Bericht B-BA 4/2005

Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämm-Verbundsystemen - Ergänzung des Berechnungsverfahrens

durchgeführt im Auftrag des
Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt)
ZP 52-5-5.54.1-1159/05

Der Bericht umfasst
16 Seiten Text
6 Abbildungen
11 Anhänge mit insgesamt 17 Seiten

L. Weber

Stuttgart, 12. Juli 2005

Institutsleitung

Abteilungsleiter

Bearbeiter

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
K. Sedlbauer

Dr.-Ing. P. Leistner

Dr. rer. nat. L. Weber

Inhalt

1	Aufgabenstellung	3
2	Prüfstände	3
3	Schalldämmung der Trägerwände	4
3.1	Ausgangssituation	4
3.2	Einfluss der Flankenübertragung	6
3.3	Einfluss des Verlustfaktors	7
3.4	Wesentliche Ergebnisse	13
4	Wertetabellen für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$	13
5	Vergleich von ΔR_w mit früheren Werten aus der Zulassung	14
6	Zusammenfassung	14
7	Literatur	16

Anhänge

1.1 - 1.2	Prinzipskizzen und technische Daten der Prüfstände	17
2	Vergleich verschiedener Massekurven	19
3	Berechnung von η_{Rand} und K_{ij}	20
4	Berechnungsergebnisse Flankenübertragung	21
5.1 - 5.3	Aufbau und Verlustfaktor der Messwände	22
6	Zusammenhang zwischen Verlustfaktor und Flächenmasse	25
7.1 - 7.2	Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C_{tr})$	26
8.1 - 8.2	Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C)$	28
9.1 - 9.2	Formeln und Koeffizienten zur Berechnung von $\Delta(R_w + C)$	30
10	Berechnungsgenauigkeit für $\Delta(R_w + C)$	32
11	Vergleich mit früheren Werten aus der Zulassung	33

1 Aufgabenstellung

Im Forschungsbericht B-BA 6/2002 [1] wurde im Auftrag des DIBt ein Prognoseverfahren entwickelt, um die Schalldämmung von Wänden mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) aus den Bauteildaten vorherzuberechnen. Hierbei zeigte sich, dass das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand, $R_{w,o}$, eine wichtige akustische Einflussgröße bildet, die sich maßgeblich auf die Vorhersagegenauigkeit auswirkt. In der Praxis ist $R_{w,o}$ zumeist nicht direkt verfügbar, sondern wird nach DIN 4109 [2] aus der Flächenmasse der Wand berechnet. Bei den zur Entwicklung des Prognoseverfahrens herangezogenen Messdaten waren jedoch starke Abweichungen zwischen den gemessenen und den nach DIN 4109 berechneten Werten vorhanden. Dies ist besonders auffällig, da alle Messungen unter gut kontrollierten Bedingungen in bauakustischen Prüfständen stattfanden. Aus diesem Grund sollten die Ursachen für die Abweichungen näher untersucht und falls möglich geeignete Korrekturen vorgeschlagen werden.

Des Weiteren sollten folgende Arbeiten zur Ergänzung des WDVS-Berechnungsmodells durchgeführt werden:

- Erstellung von Wertetabellen für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$ (Verbesserung der Schalldämmung der Trägerwand durch das WDVS bezogen auf die Summe aus bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswerten),
- Vergleich der Ergebnisse des neuen Berechnungsmodells mit den in der Zulassung bislang verwendeten Werten unter Berücksichtigung der Flankenübertragung (bewertetes Schalldämm-Maß mit und ohne Nebenwege, R'_{w} und R_w).

2 Prüfstände

Die für das WDVS-Modell verwendeten Daten stammten aus sechs verschiedenen Wandprüfständen im Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) und der Materialprüfanstalt Braunschweig (MPA). Die Prüfstände P2, P3 und P6 befanden sich im IBP, die Prüfstände P1/2, P4/5 und P7/8 in der MPA. Die wichtigsten konstruktiven Merkmale der Prüfstände waren:

- P2: Wandprüfstand mit zwei elastischen Trennfugen (vor und hinter der Messwand),
- P3: aus vier Räumen bestehender Diagonalprüfstand, zwischen den Räumen jeweils eine Trennfuge,
- P6: ehemaliger Wandprüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung (PFL-W) nach DIN 52 210 Teil 2 [3], Flankenübertragung nachträglich durch Vorsatzschalen unterbunden,
- P1/2, P4/5, P7/8: Wandprüfstände mit je einer Trennfuge.

Der Aufbau der Prüfstände, die Position der Messwand und die wichtigsten technischen Daten sind Anhang 1 zu entnehmen. Folgende Punkte sind akustisch besonders bedeutsam:

- Abgesehen von P6 verfügt keiner der Prüfstände über Vorsatzschalen. Dies bedeutet, dass in den Prüfständen P3, P1/2, P4/5 und P7/8 ein Rest an Flankenübertragung (über die vier Wege D_f , d. h. Decke, Wände und Boden des Empfangsraums) verbleibt.
- Der Prüfstand P7/8 besitzt als einziger eine vollflächige elastische Lagerung und ist somit komplett vom umgebenden Bauwerk getrennt.
- Beim Prüfstand P6 ist die Messwand über T-Stöße mit den Flankenbauteilen verbunden; bei allen übrigen Prüfständen sind es L-Stöße.
- Im Diagonalprüfstand P3 ist die Messwand Teil eines längeren Bauteils, das sich über zwei Räume erstreckt (s. Anhang 1.1).

3 Schalldämmung der Trägerwände

3.1 Ausgangssituation

Die zur Entwicklung des WDVS-Berechnungsmodells angelegte Datensammlung umfasste achtundzwanzig verschiedene Trägerwände, die aus unterschiedlichen Baustoffen bestanden. Im folgenden ist eine kurze Übersicht mit den verwendeten Abkürzungen wiedergegeben:

15 KSV-Wände	(Kalksand-Vollsteine, $\rho_{\text{Stein}} \geq 1600 \text{ kg/m}^3$),
3 KS-Wände	(Kalksandsteine, $\rho_{\text{Stein}} < 1600 \text{ kg/m}^3$),
5 KS-R-Wände	(Kalksand-Vollsteine mit Nut- und Federsystem, d. h. ohne Stoßfugenvermörtelung),
1 VZ-Wand	(Verfüllziegel),
2 LBH-Wände	(Leichtbeton-Hohlblocksteine),
1 PB-Wand	(Porenbeton),
1 HLZ-Wand	(Hochlochziegel).

Die technischen und akustischen Kennwerte der Wände lagen zwischen:

Dicke:	$d = 115 - 300 \text{ mm}$,
Steinrohdichte:	$\rho_{\text{Stein}} = 500 - 1813 \text{ kg/m}^3$,
Flächenmasse:	$m'' = 165 - 491 \text{ kg/m}^2$,
bewertetes Schalldämm-Maß:	$R_w = 43 - 59 \text{ dB}$,
Summe aus R_w und C_{tr} :	$(R_w + C_{tr}) = 40 - 56 \text{ dB}$.

Wie aus Bild 1 zu ersehen ist, unterscheiden sich die gemessene und die nach DIN 4109 berechnete Schalldämmung der Wände beträchtlich. Da neben statistischen auch systematische Unterschiede vorhanden sind, wird zur Kennzeichnung der Berechnungsgenauigkeit im folgenden die quadratisch gemittelte Abweichung

$$\Delta_{QM} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (R_{w,j}^{\text{Messung}} - R_{w,j}^{\text{Rechnung}})^2} \quad (1)$$

verwendet, die für die in Bild 1 gezeigten Daten einen Wert von $\Delta_{QM} = 2,9 \text{ dB}$ aufweist.

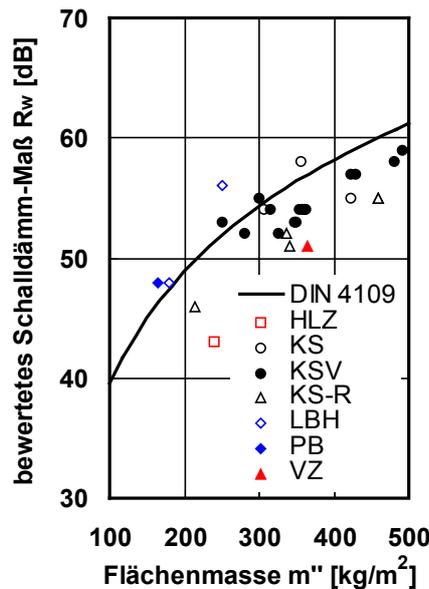


Bild 1 Gemessene und berechnete Schalldämmung der Trägerwände. Die Daten sind nach Baustoffen geordnet.
 Anmerkung: Das obige Bild ist auch im Bericht B-BA 6/2002 vorhanden. Allerdings ist dort eine andere Berechnungskurve eingezeichnet. Dies liegt daran, dass damals nach DIN 4109:1989 gerechnet wurde, während die neue Berechnung nach der Normvorlage für DIN 4109-4 vom Mai 2004 [4] erfolgte. Der Unterschied zwischen den beiden Berechnungsformeln ist verhältnismäßig gering (s. Anhang 2). Mit der neuen Formel wird - hauptsächlich wegen der Differenzierung nach Baustoffarten - eine etwas bessere Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung erreicht (Δ_{QM} vermindert sich von 3,3 auf 2,9 dB). Das vorhandene Problem wird hierdurch jedoch nicht gelöst.

Bei den meisten Wänden ist die gemessene Schalldämmung niedriger als der berechnete Wert. Ein Einfluss der Baustoffart ist in Bild 1 nicht erkennbar. Aus diesem Grund wurden die Daten neu geordnet und in Bild 2 nach Prüfständen untergliedert aufgetragen. In der Auftragung in Bild 2 zeigt sich deutlich folgende Systematik:

- Die im Prüfstand P4/5 ermittelten Messwerte stimmen im Mittel gut mit den berechneten Werten überein.
- Alle in den Prüfständen P2 und P7/8 gemessenen Werte liegen unterhalb der Massekurve nach DIN 4109-4. Gleiches gilt mit Ausnahme eines Wertes auch für den Prüfstand P1/2.
- Für die Prüfstände P3 und P6 liegen nicht genügend Messdaten vor, um eine verlässliche Aussage zu ermöglichen.

Als Ursachen für die Abweichungen zwischen gemessener und berechneter Schalldämmung kommen neben unterschiedlichen Bauteileigenschaften und Einbaubedingungen (Fläche, Dicke, Elastizitätsmodul, innere Dämpfung und Randbefestigung der Wände) vor allem folgende Faktoren in Betracht:

- Lochsteinwände werden durch die Berechnungsformel in DIN 4109 nicht korrekt erfasst. Die Berechnung kann statt dessen nach dem im Bericht B-BA 3/2003 [5] entwickelten Verfahren erfolgen. (Das Verfahren wurde bei den hier gezeigten Ergebnissen bereits angewendet. Es war nur eine einzige Wand betroffen, bei der sich die Abweichung zwischen Messung und Rechnung von 8 dB auf 3 dB verminderte.)
- Bei den Prüfständen P3, P1/2, P4/5 und P7/8 ist wegen der Flankenübertragung über die Wege Df mit einer Verminderung der Schalldämmung zu rechnen.
- Infolge der verschiedenartigen Bauweise der Prüfstände variiert die Energieableitung an den Bauteilrändern, was systematische Unterschiede in der Schalldämmung bewirkt.

Die beiden letztgenannten Einflüsse werden in den folgenden Abschnitten näher betrachtet.

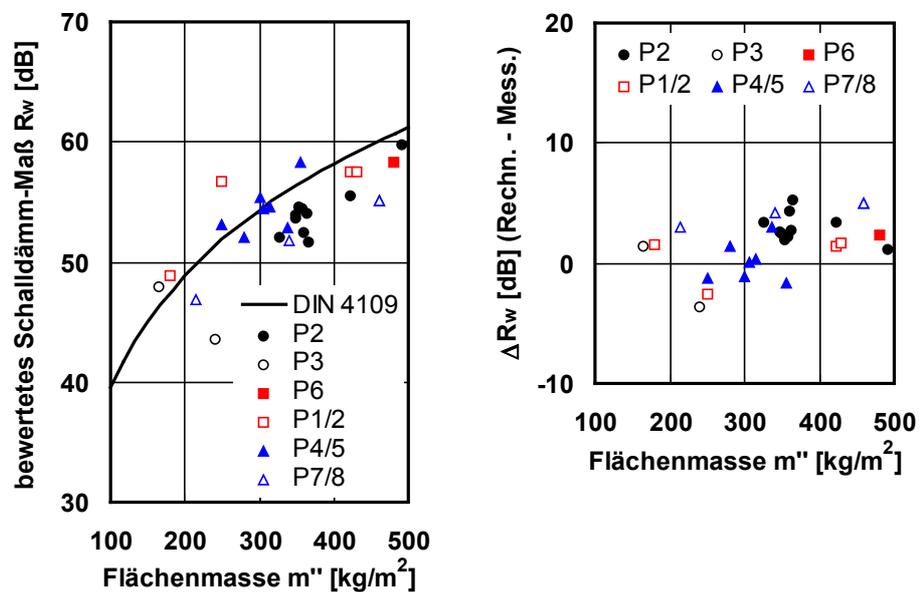


Bild 2 Vergleich zwischen gemessener und berechneter Schalldämmung der Trägerwände in unterschiedlicher Auftragung (links als Pegel, rechts als Pegeldifferenz). Im folgenden wird nur noch die rechte Darstellung verwendet. Die Wände sind nach Prüfständen geordnet. Die Berechnung erfolgte nach DIN 4109-4. Die quadratisch gemittelte Abweichung zwischen Messung und Rechnung beträgt $\Delta_{QM} = 2,9$ dB.

3.2 Einfluss der Flankenübertragung

Zur Berücksichtigung der Schallübertragung über die Flankenbauteile wurde die Flankendämmung der vier Wege Df nach EN 12354-1 [6] berechnet. Die Berechnung erfolgte mit Einzahlangaben auf der Grundlage der vorhandenen Prüfstandsdaten (Masse, Fläche und Kopplungslänge der Flankenbauteile). Zur Berechnung der Schalldämmung der Messwand und der Flankenwänden wurde DIN 4109-4 verwendet. Die Anschlüsse zwischen Messwand und Flankenwänden wurden als L-Stöße modelliert (s. Anhang 3). Für das resultierende Schalldämm-Maß der Messwand ergibt sich:

$$R'_w = -10 \lg \left(10^{-R_{Dd}/10 \text{ dB}} + \sum_{j=1}^4 10^{-R_{Df,j}/10 \text{ dB}} \right) \text{ dB} . \quad (2)$$

Die ermittelten Berechnungsergebnisse sind in Bild 3 dargestellt sowie außerdem in tabellarischer Form in Anhang 4 wiedergegeben.

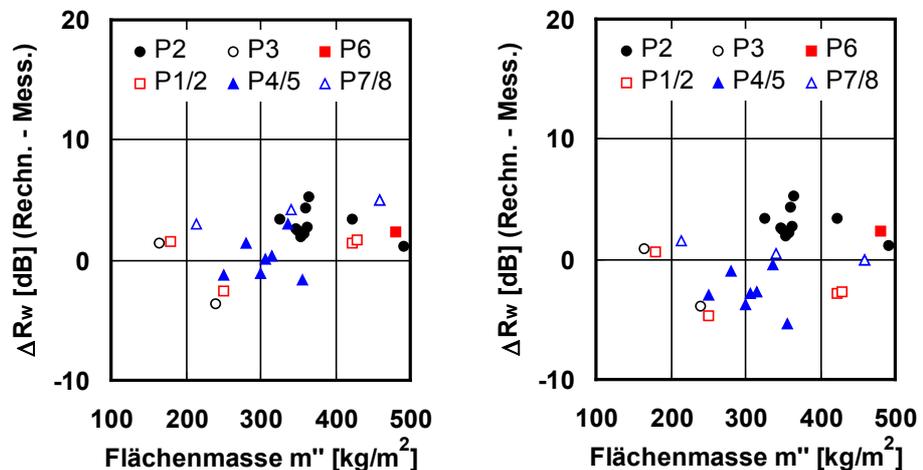


Bild 3 Differenz zwischen gemessener und berechneter Schalldämmung der Trägerwände. Die Berechnung erfolgte nach DIN 4109-4 (linkes Bild, $\Delta_{QM} = 2,9 \text{ dB}$). Im rechten Bild wurde bei der Berechnung zusätzlich die Flankenübertragung über die vier Wege Df berücksichtigt (nur bei den Prüfständen P3, P1/2, P4/5 und P7/8 vorhanden). Die quadratisch gemittelte Abweichung beträgt hier ebenfalls $\Delta_{QM} = 2,9 \text{ dB}$.

Durch die Berücksichtigung der Flankenübertragung ergibt sich für einige Prüfstände (z. B. P7/8) eine bessere, für andere (z. B. P4/5) hingegen eine schlechtere Übereinstimmung von Messung und Rechnung. Die quadratisch gemittelte Abweichung vermindert sich nicht, so dass im Mittel keine Verbesserung der Berechnungsgenauigkeit eintritt. Da außerdem die Streuung der Werte (repräsentiert durch die Standardabweichung) zunimmt, ist die Flankenübertragung vermutlich nicht als Ursache für die vorhandenen Abweichungen anzusehen.

Diese Vermutung wird dadurch bestärkt, dass die durchgeführte Berechnung für die Flankendämmung deutlich niedrigere Werte liefert, als den vorhandenen Erfahrungen zufolge zu erwarten wäre. Der Grund hierfür besteht vermutlich darin, dass die in EN 12354-1, Anhang E für das Stoßstellendämm-Maß von L-Stößen angegebene Berechnungsformel entweder zu ungenau oder im vorliegenden Fall (z. B. aufgrund vorhandener Einbaurahmen, Unterzüge, etc.) nur beschränkt anwendbar ist. Hierauf deuten auch die in Ziffer 3.3 beschriebenen Untersuchungen hin.

3.3 Einfluss des Verlustfaktors

Die Schalldämmung von Wänden hängt davon, wieviel Schallenergie in die Flankenbauteile abfließen kann und wird mithin durch die vorhandene Einbausituation bestimmt. Zwischen zwei unterschiedlichen Einbausituationen 1 und 2

besteht der Zusammenhang:

$$R_1 = R_2 + 10 \lg \left(\frac{\eta_{\text{tot},1}}{\eta_{\text{tot},2}} \right) \text{ dB}, \quad (3)$$

wobei η_{tot} den Gesamtverlustfaktor in der jeweiligen Einbausituation bezeichnet. Der Gesamtverlustfaktor wird gemäß $\eta = 2,2 / (f T_s)$ aus der gemessenen Körperschallnachhallzeit bestimmt. Im vorliegenden Fall soll die nach DIN 4109-4 berechnete Schalldämmung an den im Prüfstand gemessenen Wert angepasst werden, so dass Gl. (3) in

$$R_{\text{lab}} = R_{\text{DIN 4109}} + 10 \lg \left(\frac{\eta_{\text{tot, lab}}}{\eta_{\text{tot, DIN 4109}}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

übergeht. Der in DIN 4109-4 implizit enthaltene Verlustfaktor ist nicht bekannt, kann aber zunächst durch den Mindestverlustfaktor

$$\eta_{\text{min}} = 0,01 + 0,3 / \sqrt{f} \quad (5)$$

nach DIN EN ISO 140-1 [7] ersetzt werden (auf die Abhängigkeit des Verlustfaktors von der Stoßstellendämmung und damit von der Flächenmasse wird später eingegangen). Der Gesamtverlustfaktor setzt sich aus den Energieverlusten durch Schallabstrahlung, innere Dämpfung und Energieableitung an den Bauteilrändern zusammen:

$$\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{rad}} + \eta_{\text{int}} + \eta_{\text{Rand}} \quad (6)$$

Die Strahlungsverluste sind bei massiven Bauteilen in der Regel vernachlässigbar. Die innere Dämpfung lässt sich näherungsweise durch einen frequenzunabhängigen Verlustfaktor beschreiben, der bei üblichen Baustoffen etwa zwischen 0,005 und 0,015 liegt [8 bis 12]. Im folgenden wird mit $\eta_{\text{int}} = 0,015$ bei Poren- und Leichtbeton sowie $\eta_{\text{int}} = 0,01$ bei sonstigen Baustoffen (Kalksandstein, Verfüllziegel, etc.) gerechnet. Die Energieableitung an den Bauteilrändern hängt von der Grenzfrequenz und den Abmessungen der Trennwand sowie der Stoßstellendämmung an den Bauteilrändern ab und kann näherungsweise nach EN 12354-1, Anhang C und E berechnet werden. Die entsprechenden Berechnungsformeln sind im Anhang 3 des vorliegenden Berichts aufgeführt.

Wären für alle untersuchten Wände Messungen des Verlustfaktors verfügbar, so könnten nach Gl. (4) und (6) in Verbindung mit EN 12354-1 prüfstandsspezifische Korrekturen η_{Rand} (m^2) für die Massekurve nach DIN 4109-4 ermittelt werden. Dies ist jedoch leider nicht der Fall, da ein großer Teil der Schalldämm-Messungen zu einer Zeit durchgeführt wurde, als die Messung der Körperschallnachhallzeit noch nicht zum Standardrepertoire der Prüfstellen gehörte. Daher wurde eine ersatzweise eine andere Vorgehensweise gewählt, die im folgenden beschrieben wird:

Als Grundlage zur Entwicklung einer Korrekturformel dienten Messungen des Verlustfaktors an je einer Wand in jedem der sechs Prüfstände. So weit möglich wurden repräsentative Trägerwände für WDVS ausgewählt. Im Prüfstand P3, der nur selten für derartige Messungen verwendet wird, war die Auswahl allerdings begrenzt. Für den Prüfstand P1/2, der inzwischen nicht mehr existiert, lagen gar keine Werte vor. Glücklicherweise war P1/2 ähnlich wie P4/5 aufgebaut, so dass sich die Messergebnisse näherungsweise übertragen ließen. Die Untersuchungen beschränkten sich somit auf fünf Wände, die in Anhang 5 in kurzer Form beschrieben sind.

Ein Beispiel für die Messung des Verlustfaktors an einer der fünf Wände ist in Bild 4 dargestellt. Die Messergebnisse für die übrigen vier Wände sind Anhang 5 zu entnehmen.

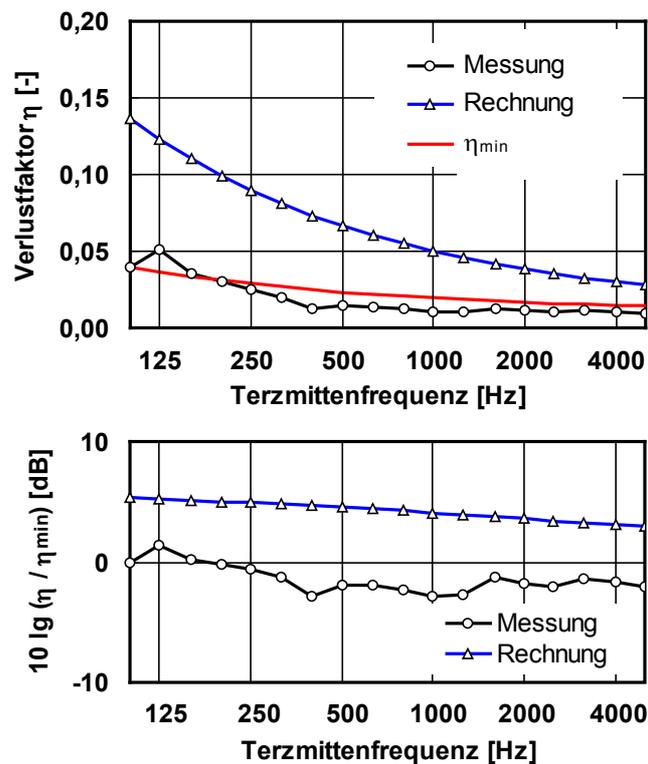


Bild 4 Verlustfaktor der Wand IBP1 im Prüfstand P2. Im oberen Bild ist der gemessene Wert, im unteren die resultierende Pegeldifferenz $\Delta L = 10 \lg(\eta/\eta_{\min})$ aufgetragen. Zusätzlich ist der nach EN 12354-1, Anhang C und E berechnete Verlustfaktor $\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{int}} + \eta_{\text{Flank}}$ eingezeichnet.

Aus den Messergebnissen lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen:

- In den Prüfständen P2 und insbesondere P7/8 ist der gemessene Verlustfaktor geringer als η_{\min} . In P2 ist dies vermutlich auf die vorhandene Doppelfuge, in P7/8 hingegen auf die vollflächige elastische Lagerung zurückzuführen, die eine Energieableitung in das umgebende Bauwerk verhindert. Dies stimmt mit den in Bild 2 dargestellten Ergebnissen überein, nach denen alle in P2 und P7/8 gemessenen Schalldämm-Maße unter den nach DIN 4109-4 berechneten Werten liegen.

- Im Prüfstand P3 wurde gleichfalls ein niedriger Verlustfaktor gemessen. Da die Messung jedoch an einer leichten HLZ-Wand erfolgte, lassen sich die Ergebnisse nicht verallgemeinern. (Leichte Wände weisen eine hohe Stoßstellendämmung und damit eine geringe Energieübertragung in die Flankenbauteile auf. Außerdem ist die innere Dämpfung bei Hochlochziegeln erfahrungsgemäß besonders niedrig.)
- Im Prüfstand P4/5, bei dem gemessene und berechnete Schalldämmung im Mittel gut übereinstimmen, ist der gemessene Verlustfaktor etwa ebenso groß wie η_{\min} . Dies hängt allerdings auch damit zusammen, dass die Wand, an der die Messung des Verlustfaktors erfolgte, mit $m'' = 440 \text{ kg/m}^2$ besonders schwer war.
- Der höchste Verlustfaktor wurde im Prüfstand P6 gemessen, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass die Anbindung der Messwand an die Flankenbauteile hier durch T-Stöße und nicht wie bei den anderen Prüfständen durch L-Stöße erfolgt.
- Mit Ausnahme des Prüfstands P6 liegt der nach EN 12354-1 berechnete Verlustfaktor in allen Prüfständen weit über dem gemessenen Wert. Dies weist, wie auch schon die in Ziffer 3.2 beschriebenen Ergebnisse, darauf hin, dass die in EN 12354-1, Anhang E für L-Stöße angegebene Berechnungsformel im vorliegenden Fall zu niedrige Werte liefert.
- Die Differenz zwischen dem gemessenen und dem auf η_{\min} bezogenen Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes liegt zwischen $\Delta R_w = -3,2 \text{ dB}$ in P7/8 und $\Delta R_w = 0,6 \text{ dB}$ in P6. Die Ergebnisse für die übrigen Prüfstände sind Anhang 5 zu entnehmen.

Um eine praktikable Korrekturformel zur Berücksichtigung des Verlustfaktors abzuleiten, musste zunächst Gl. (4), die nur terzweise gilt, auf Einzalangaben umgestellt werden. Wie Vorversuche ergaben, ist der Mittelwert des Verlustfaktors im Frequenzbereich von 100 bis 3150 Hz

$$\bar{\eta} = \frac{1}{16} \sum_{j=1}^{16} \eta_j \quad (7)$$

mit $j = \text{Index für die Terzen von 100 bis 3150 Hz}$

hierzu gut geeignet. Mit $\bar{\eta}$ geht Gl. (4) in den Ausdruck

$$R_{w, \text{lab}} = R_{w, \text{DIN 4109}} + 10 \lg \left(\frac{\bar{\eta}_{\text{tot, lab}}}{\bar{\eta}_{\text{tot, DIN 4109}}} \right) \text{ dB} \quad (8)$$

über, wobei sich $\bar{\eta}_{\text{tot, lab}}$ aus der Summe von η_{int} und $\bar{\eta}_{\text{Rand, lab}}$ ergibt. Für die innere Dämpfung gilt $\eta_{\text{int}} = 0,01$ oder $0,015$ (abhängig von der Baustoffart). Die Energieableitung an den Bauteilrändern ist gemäß EN 12354-1 näherungsweise proportional zur Flächenmasse der Wand (s. Anhang 6), so dass sie sich in der Form $\bar{\eta}_{\text{Rand, lab}} = K_1 m''$ darstellen läßt. Hierbei bezeichnet K_1 eine prüfstandspezifische Konstante, die aus den vorliegenden Messdaten des Verlustfaktors hervorgeht. Ähnliche Überlegungen führen zu $\bar{\eta}_{\text{tot, DIN 4109}} = \eta_{\text{int}} + K_2 m''$. Für die noch unbestimmte Konstante K_2 wurde ein Ausgangswert von $4,8 \cdot 10^{-5}$

gewählt, der bei $\eta_{\text{int}} = 0,01$ und einer Flächenmasse von $m'' = 300 \text{ kg/m}^2$ (die Flächenmasse ist in kg/m^2 in die Gleichung einzusetzen) $\bar{\eta}_{\text{tot, DIN 4109}} = \bar{\eta}_{\text{min}} = 0,0245$ ergibt. Anschließend wurde K_2 numerisch variiert, um die quadratisch gemittelte Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Werten zu minimieren. Das hierbei ermittelte Ergebnis beträgt $K_2 = 5,2 \cdot 10^{-5}$. Für die vollständige Berechnungsformel ergibt sich damit folgender Ausdruck:

$$R_{w, \text{lab}} = R_{w, \text{DIN 4109}} + 10 \lg \left(\frac{\eta_{\text{int}} + K_1 m''}{\eta_{\text{int}} + K_2 m''} \right) \text{ dB} \quad (9)$$

mit $\eta_{\text{int}} = 0,015$ für Poren- und Leichtbeton,
 $= 0,01$ sonst,
 $K_1 = 3,1 \cdot 10^{-5}$ für Prüfstand P2,
 $= 1,1 \cdot 10^{-5}$ für Prüfstand P3,
 $= 4,6 \cdot 10^{-5}$ für Prüfstand P6,
 $= 2,3 \cdot 10^{-5}$ für Prüfstand P1/2,
 $= 2,3 \cdot 10^{-5}$ für Prüfstand P4/5,
 $= 4,3 \cdot 10^{-6}$ für Prüfstand P7/8,
 $K_2 = 5,2 \cdot 10^{-5}$.

Die Flächenmasse m'' ist in kg/m^2 in die Gleichung einzusetzen.

Die Konstanten K_1 und K_2 in Gl. (9) beschreiben die Energieableitung in die Flankenbauteile für die jeweilige bauliche Situation. Der in der Massekurve nach DIN 4109-4 implizit enthaltene Verlustfaktor liegt geringfügig über dem Mindestwert $\bar{\eta}_{\text{min}}$ nach DIN EN ISO 140-1. Für die Prüfstände ergeben sich demgegenüber zum Teil deutlich niedrigere Werte (dies gilt insbesondere für den elastisch gelagerten Prüfstand P7/8). Der für den Prüfstand P3 angegebene Wert ist mit Vorsicht zu verwenden, da er auf Messungen an einer schalltechnisch problematischen Wand beruht. Auf das Gesamtergebnis hat dies jedoch nur geringen Einfluss, da nur zwei der achtundzwanzig untersuchten Wände in diesem Prüfstand gemessen wurden.

Die mit Gl. (9) berechneten Ergebnisse sind in Bild 5 aufgetragen. Gegenüber der Ausgangssituation (Massekurve nach DIN 4109-4) wird durch die Berücksichtigung der Energieableitung in den verschiedenen Prüfständen eine Verbesserung der Berechnungsgenauigkeit um 0,7 dB erreicht. Wird neben der Energieableitung zusätzlich auch die Flankenübertragung in die Berechnung einbezogen, so verschlechtert sich die Genauigkeit hingegen um 0,8 dB (s. Bild 6). Dies weist in Übereinstimmung mit den in Ziffer 3.2 beschriebenen Ergebnissen darauf hin, dass die Unterschiede zwischen Messung und Rechnung im wesentlichen auf den Verlustfaktor und nicht auf die bei einigen Prüfständen vorhandenen Flankenwege zurückzuführen sind.

Zu Kontroll- und Vergleichszwecken wurde für $\bar{\eta}_{\text{tot, DIN 4109}}$ in Gl. (9) statt des Ausdrucks $\eta_{\text{int}} + K_2 m''$ versuchsweise der konstante Wert $\bar{\eta}_{\text{min}} = 0,0245$ eingesetzt. Dies entspricht der üblichen Vorgehensweise, das gemessene

Schalldämm-Maß auf den Mindestverlustfaktor η_{\min} nach DIN EN ISO 140-1 zu beziehen, mit dem Unterschied, dass im vorliegenden Fall nicht terzweise, sondern mit Einzahlangaben gerechnet wurde. Als Ergebnis der Berechnung (hier nicht dargestellt) erhält man eine quadratisch gemittelte Abweichung von $\Delta_{QM} = 2,5$ dB, die zwar einer Verbesserung der Berechnungsgenauigkeit entspricht, den bei Berücksichtigung der Masseabhängigkeit von $\bar{\eta}_{\text{tot, DIN 4109}}$ erzielten Wert von $\Delta_{QM} = 2,2$ dB aber nicht ganz erreicht.

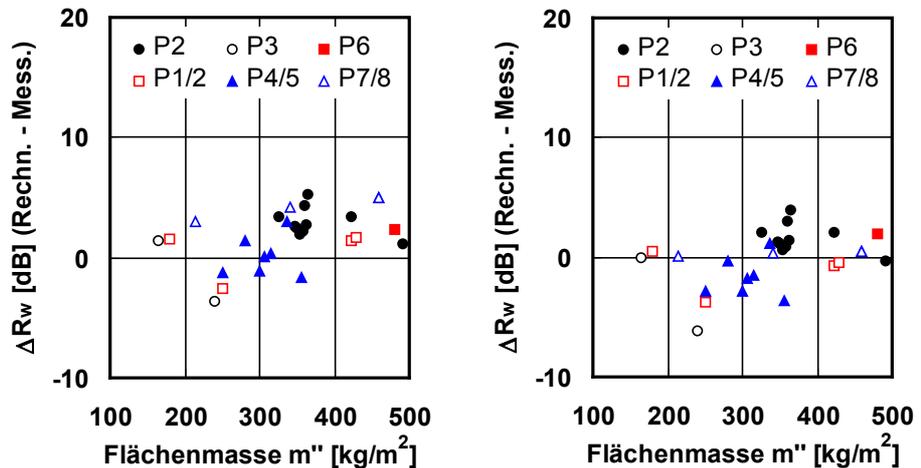


Bild 5 Differenz zwischen gemessener und berechneter Schalldämmung der Trägerwände. Die Berechnung erfolgte nach DIN 4109-4 (linkes Bild). Im rechten Bild wurde bei der Berechnung zusätzlich die prüfstands-spezifische Energieableitung in die Flankenbauteile (Verlustfaktor $\bar{\eta}_{\text{Flank, lab}}$) berücksichtigt. Durch die Einbeziehung des Verlustfaktors verringert sich die quadratisch gemittelte Abweichung zwischen Messung und Rechnung von $\Delta_{QM} = 2,9$ dB auf $\Delta_{QM} = 2,2$ dB.

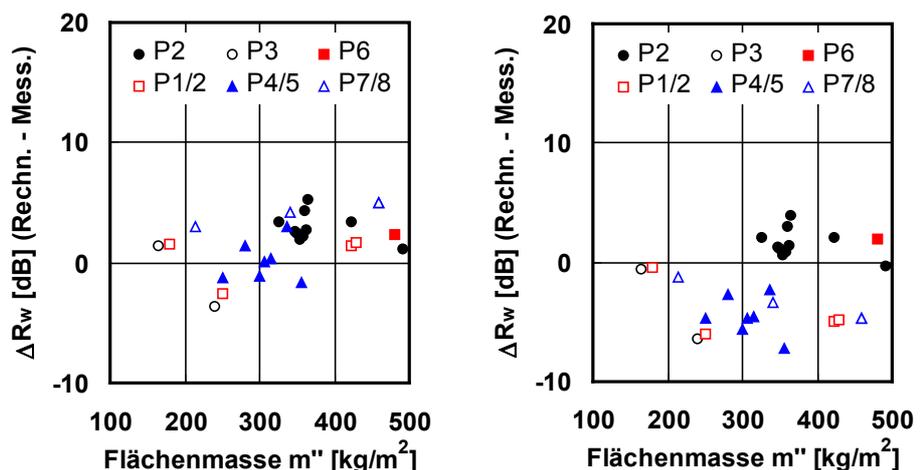


Bild 6 Differenz zwischen gemessener und berechneter Schalldämmung der Trägerwände. Die Berechnung erfolgte nach DIN 4109-4 (linkes Bild, $\Delta_{QM} = 2,9$ dB). Bei der Berechnung im rechten Bild wurden zusätzlich Verlustfaktor und Flankenübertragung berücksichtigt. Hierdurch steigt die quadratisch gemittelte Abweichung auf $\Delta_{QM} = 3,7$ dB an.

3.4 Wesentliche Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse der an den Trägerwänden durchgeführten Untersuchungen lauten:

- Die zwischen der gemessenen Schalldämmung und den Berechnungsergebnissen nach DIN 4109-4 vorhandenen systematischen Abweichungen sind hauptsächlich auf die unterschiedliche Energieableitung in den Prüfständen zurückzuführen. Die in einigen Prüfständen vorhandenen Flankenwege D_f haben demgegenüber geringeren Einfluss.
- Durch die Berücksichtigung prüfstandsspezifischer Verlustfaktoren bei der Berechnung der Schalldämmung nach Gl. (9) vermindert sich die quadratisch gemittelte Abweichung zwischen Messung und Rechnung von $\Delta_{QM} = 2,9$ dB (Massekurve nach DIN 4109-4) auf $\Delta_{QM} = 2,2$ dB. Dieser Wert liegt etwa 0,9 dB über der beim KSV-Ringversuch der PTB im Jahr 1998 (nach Verlustfaktor-Korrektur) erzielten Genauigkeit [13], ist aber angesichts der Konstruktionsvielfalt der untersuchten Trägerwände als befriedigendes Ergebnis anzusehen.
- Bei Berechnung nach DIN 4109:1989 beträgt die quadratisch gemittelte Abweichung $\Delta_{QM} = 3,3$ dB (unter Einbeziehung der in dem untersuchten Datensatz enthaltenen HLZ-Wand sogar $\Delta_{QM} = 3,7$ dB). Die verbesserte Genauigkeit bei Anwendung von DIN 4109-4 ist vor allem auf die Differenzierung nach Baustoffarten (modifizierte Kurve für Leicht- und Porenbeton) zurückzuführen.
- Setzt man für das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand, $R_{w,o}$, die nach Gl. (9) berechneten Werte in das WDVS-Berechnungsmodell ein, so ergibt sich für die Verbesserung der Schalldämmung durch das WDVS, ΔR_w , eine Standardabweichung von $\sigma = 2,5$ dB. Dies ist zwar schlechter als bei Verwendung gemessener $R_{w,o}$ -Werte ($\sigma = 2,0$ dB), aber deutlich besser als die im Bericht B-BA 6/2002 erwähnte Abweichung von $\sigma = 3,2$ dB, die sich bei Berechnung von $R_{w,o}$ nach DIN 4109:1989 ergab.
- Soweit sich aus den vorliegenden Daten entnehmen läßt, kann der Mindestverlustfaktor η_{min} nach DIN EN ISO 140-1 näherungsweise zur Kennzeichnung bauüblicher Einbauverhältnisse bei Wänden herangezogen werden.
- Die Berechnungsformel nach EN 12354-1, Anhang E liefert im Fall der untersuchten Prüfstände für L-Stöße deutlich zu geringe Stoßstellendämm-Maße.

4 Wertetabellen für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$

Die Erstellung der Wertetabellen für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$ erfolgte in gleicher Weise wie im Bericht B-BA 6/2002 und wird deshalb hier nicht näher beschrieben. Die beiden Tabellen sind in den Anhängen 7 und 8 wiedergegeben. Zur Ermittlung der Werte für $\Delta(R_w + C_{tr})$ wurden die in B-BA 6/2002 abgeleiteten Berechnungsformeln verwendet. Da für $\Delta(R_w + C)$ noch keine Formeln verfügbar waren, mussten sie zunächst erstellt werden. Hierbei wurden lediglich die verwendeten Koeffizienten angepaßt, während das Gerüst der Gleichungen

unverändert blieb. Die für $\Delta(R_w + C)$ abgeleiteten Berechnungskoeffizienten sind in Anhang 9 dokumentiert. In Anhang 10 sind Angaben zur resultierenden Berechnungsgenauigkeit zu finden (entsprechende Angaben für $\Delta(R_w + C_{tr})$ sind in B-BA 6/2002 enthalten). Für die Anwendung in der Zulassung ist zu beachten, dass die Tabellen in den Anhängen 7 und 8 noch keinen Sicherheitsabschlag enthalten, so dass von den für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$ angegebenen Werten ein geeignetes Vorhaltemaß abgezogen werden muß. Dieses festzulegen ist Aufgabe des SVA B2.

5 Vergleich von ΔR_w mit früheren Werten aus der Zulassung

Bei der Abschlussbesprechung des WDVS-Projekts im SVA B2 wurden Ergebnisse des neu entwickelten Berechnungsverfahrens mit bisherigen Werten aus der Zulassung verglichen. Wegen unterschiedlicher Eingabewerte der beiden Verfahren (Schalldämmung mit und ohne Nebenwege) war der Vergleich jedoch nur beschränkt aussagefähig. Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit sollten die beiden Schalldämm-Maße daher ineinander umgerechnet werden. Da dies im Bericht B-BA 6/2002 bereits erfolgte, besteht eigentlich kein Handlungsbedarf mehr. Andererseits war die damals zur Umrechnung von R'_w in R_w verwendete Methode nach DIN 4109:1989, Beibl. 1 und 3 verhältnismäßig umständlich und ungenau. Mit der Normvorlage für DIN 4109-4 vom Mai 2004 steht mittlerweile eine einfachere und genauere Massekurve zur Berechnung von R_w zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde der Vergleich mit der neuen Massekurve wiederholt. Vorgehensweise und Ergebnisse sind in Anhang 11 wiedergegeben. Obwohl gegenüber den in B-BA 6/2002 dargestellten Ergebnissen kleinere Unterschiede bestehen, ist die wesentliche Aussage gleich: Die Abweichung zwischen altem und neuem WDVS-Modell hängt von der Flächenmasse der Trägerwand und der Resonanzfrequenz des WDVS ab und liegt etwa zwischen -4 und +2 dB (neue minus alte Werte).

6 Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen ergänzen die im Bericht B-BA 6/2002 beschriebenen Forschungsarbeiten zur Entwicklung eines Prognosemodells für die Schalldämmung von Wänden mit WDVS. So wurden Wertetabellen für $\Delta(R_w + C)$ und $\Delta(R_w + C_{tr})$ erstellt und die Ergebnisse des neuen Modells mit früheren Werten aus der Zulassung verglichen. Die Hauptaufgabe bestand jedoch darin, die Abweichungen zwischen der gemessenen und der aus der Flächenmasse berechneten Schalldämmung der Trägerwände in der Datensammlung für das WDVS-Projekt zu klären. Hierzu wurden Dämmungs- und Dämpfungsmessungen aus den sechs Prüfständen analysiert, aus denen die gesammelten Daten stammten. Die durchgeführten Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

- Die Abweichungen zwischen Messung und Rechnung sind zum erheblichen Teil auf bauliche Unterschiede der Prüfstände zurückzuführen, wobei vor allem die Energieableitung an den Bauteilrändern und weniger die in

einigen Prüfständen vorhandene Flankenübertragung über die Wege Df von Bedeutung ist.

- Durch die Verwendung einer verbesserten Massekurve und die Ableitung von prüfstandsspezifischen Korrekturen zur Berücksichtigung der Energieableitung (masseabhängiger Verlustfaktor) konnte die quadratisch gemittelte Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Werten von 3,3 dB auf 2,2 dB vermindert werden.
- Setzt man die korrigierten Rechenwerte für das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand in das WDVS-Modell ein, so ergibt sich für die Verbesserung der Schalldämmung durch das WDVS, ΔR_w , eine Standardabweichung von $\sigma = 2,5$ dB. Dies sind 0,5 dB mehr, als wenn von gemessenen Werten ausgegangen wird und 0,7 dB weniger, als wenn unkorrigierte Rechenwerte herangezogen werden.

Da die Energieableitung am Bau normalerweise weniger stark variiert, als dies aufgrund ihrer besonderen Konstruktionsweise (Trennfugen, elastische Lagerung, etc.) in bauakustischen Prüfständen der Fall ist, ist davon auszugehen, dass die Genauigkeit von ΔR_w unter bauüblichen Verhältnissen ungefähr dem verlustfaktorkorrigierten Prüfstandswert von $\sigma = 2,5$ dB entspricht. Hierzu tritt als weitere Fehlerquelle die Ungenauigkeit der Massekurve nach DIN 4109, da das bewertete Schalldämm-Maß einer Wand mit WDVS gemäß $R_w = R_{w,o} + \Delta R_w$ additiv aus Ausgangswert und Verbesserung der Schalldämmung gebildet wird. Die Standardabweichung für $R_{w,o}$ beträgt für die untersuchten Trägerwände bei gleichartiger Energieableitung $\sigma = 2,2$ dB. Da die beiden Fehler näherungsweise als statistisch unabhängig anzusehen sind, addieren sie sich nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz gemäß $\sigma_{\text{gesamt}} = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{1/2}$, so dass sich ein Gesamtfehler von $\sigma = 3,3$ dB ergibt. Dieser Wert kann als Diskussionsgrundlage für die Festsetzung eines angemessenen Vorhaltemaßes im SVA B2 herangezogen werden. Hierbei spielen neben der angestrebten statistischen Sicherheit auch bau- und herstellungstechnische Fragen eine Rolle, weshalb die Diskussion in einem breiteren Kontext geführt werden muss.

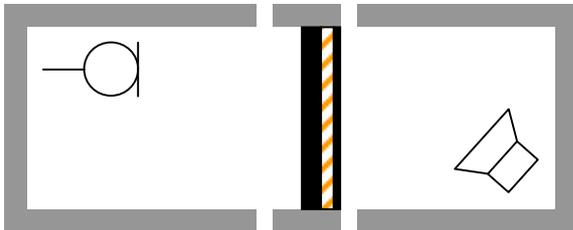
Danksagung

Wir danken Hr. D. Krause / MPA Braunschweig für die freundliche Unterstützung bei der Beschaffung von Prüfstands- und Messdaten.

7 Literatur

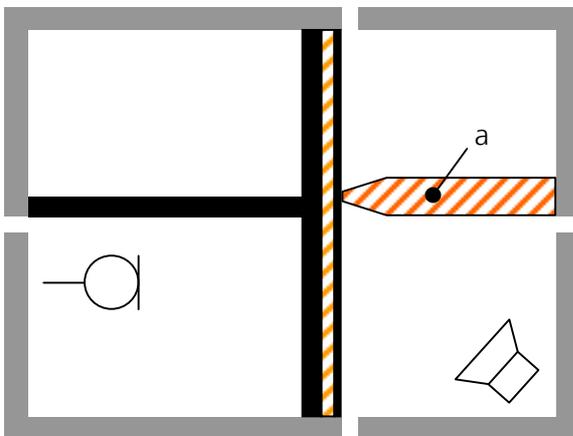
- [1] Bericht B-BA 6/2002: Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämm-Verbundsystemen. Verfasser: Weber, L. und Brandstetter, D., Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart (Juli 2003).
- [2] DIN 4109 (November 1989): Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise. Beuth-Verlag, Berlin.
- [3] DIN 52 210 Teil 2 (August 1984): Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung, Prüfstände für Schalldämm-Messungen an Bauteilen. Beuth-Verlag, Berlin.
- [4] Normvorlage für DIN 4109-4 vom Mai 2004 (NABau AA 00.71.02 N0052 Rev.), Verfasser: Fischer, H.-M., Vorlage für NABau-Sitzung am 30.06. und 01.07.2004 in Dortmund.
- [5] Bericht B-BA 3/2003: Kriterien für die schalltechnisch günstige Ausführung von Wänden aus gelochten Mauersteinen - 2. Projektabschnitt. Verfasser: Weber, L., Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart (September 2003).
- [6] EN 12354-1 (April 2000): Bauakustik, Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Beuth-Verlag, Berlin.
- [7] DIN EN ISO 140-1 (März 2005): Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung. Beuth-Verlag, Berlin.
- [8] Sonntag, E., Metzen, H. A.: Die Schalldämmung homogener Einfachwände in Abhängigkeit vom Gesamt-Verlustfaktor, Teil 1: Physikalisches Berechnungsmodell bei gegebenem Verlustfaktor. wksb 44 (1999), H. 44, S. 38 - 42.
- [9] Metzen, H. A., Sonntag, E.: Die Schalldämmung homogener Einfachwände in Abhängigkeit vom Gesamt-Verlustfaktor, Teil 2: Verlustfaktor und Massekurven für ein Prüfstandsmodell. wksb 45 (2000), H. 45, S. 23 - 29.
- [10] Cremer, L., Heckl, M.: Körperschall. 2. Auflage (1996), Springer, Berlin, S. 226.
- [11] Fasold, W., Sonntag, E., Winkler, H.: Bauphysikalische Entwurfslehre Bau- und Raumakustik. 1. Auflage (1987), VEB Verlag für das Bauwesen, Berlin, S. 390.
- [12] Schmidt, H.: Schalltechnisches Taschenbuch. 5. Auflage (1996), VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 625 - 627.
- [13] Meier, A., Schmitz, A., Raabe, G.: Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls, part II - results of main test. Building Acoustics 6 (3/4) 1999, S. 171 - 186.

Prinzipskizzen der Prüfstände mit Position der Messwand (Trägerwand mit WDVS)



Prüfstand P2 (IBP)

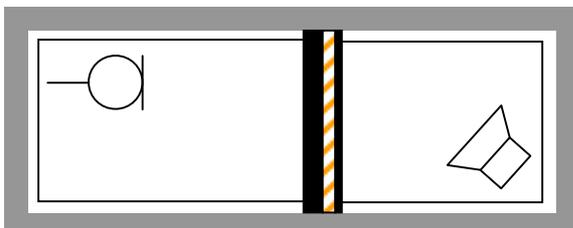
doppelte Trennfuge,
keine Vorsatzschalen



Prüfstand P3 (IBP)

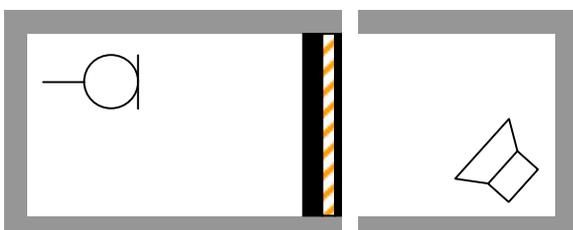
einfache Trennfugen,
keine Vorsatzschalen,
Diagonalprüfstand mit vier Räumen

a = hochschalldämmende Trenn-
wand in Leichtbauweise



Prüfstand P6 (IBP)

keine Trennfuge,
Vorsatzschalen in Send-
und Empfangsraum



Prüfstände P1/2, P4/5
und P7/8 (MPA)

einfache Trennfuge,
keine Vorsatzschalen

Technische Daten der für die WDVS-Messungen verwendeten Prüfstände

Prüfstand	Prüfstelle	Trennfugen	Vorsatzschalen	Innenmaße Senderaum	Innenmaße Empfangsraum	Einbaufläche
P2	IBP	zwei	keine	L x B x H = 5,00 m x 4,25 m x 3,11 m, V = 66 m ³	L x B x H = 5,94 m x 4,25 m x 3,11 m, V = 78 m ³	12,5 m ²
P3	IBP	eine	keine	L x B x H = 4,25 m x 5,00 m x 3,11 m, V = 66 m ³	L x B x H = 3,80 m x 5,00 m x 3,11 m, V = 59 m ³	14,7 m ²
P6	IBP	keine	in Sende- und Empfangsraum	L x B x H = 4,85 m x 3,56 m x 2,95 m, V = 51 m ³	L x B x H = 5,97 m x 3,56 m x 2,95 m, V = 63 m ³	10,5 m ²
P1/2	MPA	eine	keine	L x B x H = 4,01 m x 4,65 m x 2,58 m, V = 48 m ³	L x B x H = 4,16 m x 4,65 m x 2,58 m, V = 50 m ³	12,0 m ²
P4/5	MPA	eine	keine	L x B x H = 4,79 m x 4,65 m x 2,64 m, V = 53 m ³	L x B x H = 5,49 m x 4,65 m x 2,68 m, V = 66 m ³	11,0 m ²
P7/8	MPA	eine	keine	L x B x H = 5,75 m x 3,80 m x 2,58 m, V = 57 m ³	L x B x H = 5,24 m x 4,60 m x 2,58 m, V = 62 m ³	11,0 m ²

Prüfstand	Wände	Decke	Boden	Fundament	Bemerkungen
P2	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	Bodenplatte vollflächig auf Erdreich aufliegend	----
P3	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	20 cm Beton, m" = 460 kg/m ²	Bodenplatte vollflächig auf Erdreich aufliegend	Diagonalprüfstand aus vier Räumen
P6	24 cm KSV, m" = 430 kg/m ²	24 cm Beton, m" = 550 kg/m ²	24 cm Beton, m" = 550 kg/m ²	Bodenplatte vollflächig auf Erdreich aufliegend	----
P1/2	36 cm Vollziegel, m" = 745 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	Ringfundament mit 70 cm Hohlraum unter Bodenplatte	----
P4/5	36 cm Vollziegel, m" = 745 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	Ringfundament mit 70 cm Hohlraum unter Bodenplatte	----
P7/8	36 cm Vollziegel, m" = 745 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	16 cm Beton, m" = 370 kg/m ²	Bodenplatte vollflächig auf Elastomermatten aufliegend	schiefwinklige Räume

IBP = Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart

MPA = Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig

Vergleich zwischen verschiedenen Massekurven

Kurve A: DIN 4109:1989-11, Beibl. 1 zzgl. 2 dB Vorhaltemaß + Beibl. 3
 $R_w = [27,1 + 0,1243 m'' - 0,000113 m''^2]$ dB für $100 \text{ kg/m}^2 < m'' < 500 \text{ kg/m}^2$
 Näherungsformel von L. Weber

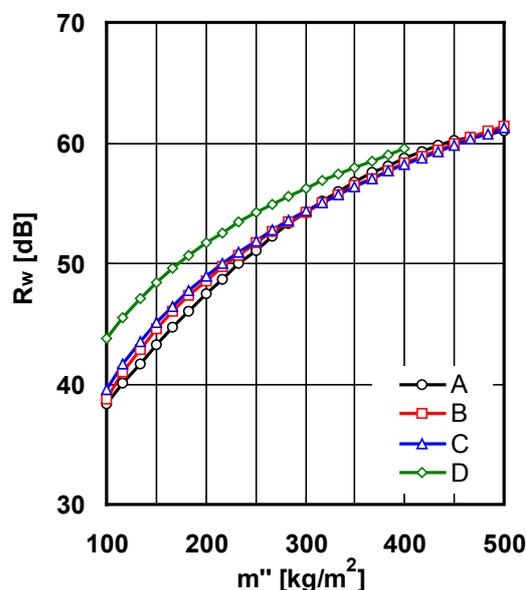
Kurve B: ÖNORM B 8115-4 (1992)
 $R_w = [32,4 \lg(m'') - 26,0]$ dB für $100 \text{ kg/m}^2 < m'' < 700 \text{ kg/m}^2$

Kurve C: Normvorlage für DIN 4109-4 (NABau AA 00.71.02 N0052 Rev.) vom Mai 2004
 für Beton, Kalksandstein, Leichtbeton mit $\rho > 1000 \text{ kg/m}^3$ und Verfüllsteine
 $R_w = [30,9 \lg(m'') - 22,2]$ dB für $100 \text{ kg/m}^2 < m'' < 600 \text{ kg/m}^2$

Kurve D: Normvorlage für DIN 4109-4 (NABau AA 00.71.02 N0052 Rev.) vom Mai 2004
 für Leichtbeton mit $\rho < 1000 \text{ kg/m}^3$ im Bereich $100 \text{ kg/m}^2 < m'' < 400 \text{ kg/m}^2$
 und Porenbeton im Bereich $80 \text{ kg/m}^2 < m'' < 300 \text{ kg/m}^2$
 $R_w = [26,1 \lg(m'') - 8,4]$ dB

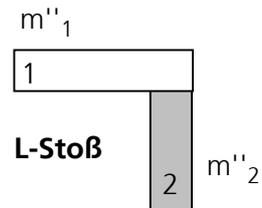
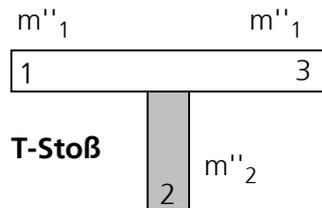
Die Flächenmasse m'' ist bei allen Formeln in kg/m^2 einzusetzen

m'' [kg/m^2]	R_w [dB]			
	A	B	C	D
100,0	38,4	38,8	39,6	43,8
116,7	40,1	41,0	41,7	45,5
133,3	41,7	42,8	43,5	47,1
150,0	43,2	44,5	45,0	48,4
166,7	44,7	46,0	46,5	49,6
183,3	46,1	47,3	47,7	50,7
200,0	47,4	48,6	48,9	51,7
216,7	48,7	49,7	50,0	52,6
233,3	50,0	50,7	51,0	53,4
250,0	51,1	51,7	51,9	54,2
266,7	52,2	52,6	52,8	54,9
283,3	53,2	53,5	53,6	55,6
300,0	54,2	54,3	54,3	56,3
316,7	55,1	55,0	55,1	56,9
333,3	56,0	55,7	55,8	57,4
350,0	56,8	56,4	56,4	58,0
366,7	57,5	57,1	57,0	58,5
383,3	58,1	57,7	57,6	59,0
400,0	58,7	58,3	58,2	59,5
416,7	59,3	58,9	58,8	
433,3	59,7	59,4	59,3	
450,0	60,2	60,0	59,8	
466,7	60,5	60,5	60,3	
483,3	60,8	61,0	60,7	
500,0	61,0	61,4	61,2	



Berechnung von η_{Rand} und K_{ij}

Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} nach EN 12354, Anhang E:
mit $M = \lg(m''_2 / m''_1)$



$$K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7 M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7 M^2 \text{ dB} (= K_{23})$$

$$K_{12} = 15 |M| - 3 \text{ dB} \text{ und}$$

$$\text{min destens } -2 \text{ dB} (= K_{21})$$

Berechnung des Verlustfaktors durch Energieableitung an den Bauteilrändern, η_{Rand} , nach EN 12354, Anhang C:

$$\eta_{\text{Rand}} = \frac{c_L}{\pi^2 S \sqrt{f f_g}} \sum_{k=1}^4 l_k \alpha_k \quad \text{mit} \quad \alpha_k = \sum_{j=1}^3 \sqrt{\frac{f_{g,j}}{f_{\text{ref}}}} 10^{-K_{ij}/10}$$

c_L = 340 (Schallgeschwindigkeit in Luft in m/s)

S = Bauteilfläche in m^2

f = Frequenz in Hz

f_g = Grenzfrequenz in Hz

l_k = Länge der Bauteilkante k in m

α_k = Körperschall-Absorptionsgrad der Kante k

f_{ref} = 1000 (Bezugsfrequenz in Hz)

K_{ij} = Stoßstellendämm-Maß in dB

Berechnungsergebnisse Flankenübertragung

Einfluss der Flankenübertragung über die Wege Df auf die Schalldämmung der geprüften Wand. Die Berechnung der Flankendämmung erfolgte nach EN 12354-1 (vereinfachte Berechnung mittels Einzahlangaben).

(Anmerkung: Die Prüfstände P2 und P6 haben keine Flankenwege)

Wand Nr.	Prüf-stelle	Prüf-stand	m'' [kg/m ²]	R _{w,mess} [dB]	R _{w,rech1} [dB]	R' _{w,rech2} [dB]	ΔR _{w,1-2} [dB]
T0006	IBP	P2	360	52,4	56,8	56,8	0,0
T0009	IBP	P2	357	54,5	56,7	56,7	0,0
T0010	IBP	P2	348	53,7	56,3	56,3	0,0
T0011	IBP	P2	349	53,9	56,4	56,4	0,0
T0014	IBP	P2	326	52,1	55,5	55,5	0,0
T0015	IBP	P2	491	59,8	61,0	61,0	0,0
T0016	IBP	P2	423	55,5	59,0	59,0	0,0
T0017	IBP	P2	354	54,6	56,6	56,6	0,0
T0018	IBP	P2	363	54,1	56,9	56,9	0,0
T0019	IBP	P2	365	51,7	57,0	57,0	0,0
T0020	IBP	P3	165	48,0	49,5	48,9	0,6
T0021	IBP	P3	240	43,6	40,0	39,7	0,3
T0013	IBP	P6	481	58,3	60,7	60,7	0,0
T1003	MPA	P1/2	423	57,5	59,0	54,7	4,3
T1004	MPA	P1/2	430	57,5	59,2	54,8	4,4
T1008	MPA	P1/2	250	56,7	54,2	52,0	2,2
T1009	MPA	P1/2	180	48,9	50,5	49,5	1,0
T1001	MPA	P4/5	306	54,5	54,6	51,7	2,9
T1002	MPA	P4/5	355	58,3	56,6	53,0	3,6
T1005	MPA	P4/5	280	52,0	53,4	51,0	2,4
T1006	MPA	P4/5	250	53,1	51,9	50,1	1,8
T1007	MPA	P4/5	315	54,6	55,0	51,9	3,1
T1010	MPA	P4/5	300	55,4	54,3	51,6	2,7
T1013	MPA	P4/5	337	52,9	55,9	52,5	3,4
T1014	MPA	P7/8	460	55,1	60,1	55,0	5,1
T1015	MPA	P7/8	340	51,8	56,0	52,3	3,7
T1016	MPA	P7/8	215	46,9	49,9	48,5	1,4
T1017	MPA	P7/8	460	55,1	60,1	55,0	5,1

R _{w,mess}	gemessene Schalldämmung
R _{w,rech1}	aus Flächenmasse nach Normvorlage DIN 4109-4 vom Mai 2004 berechneter Wert (ohne Berücksichtigung von η), Berechnung von Wand T0021 (HLZ-Wand in P3) nach B-BA 3/2003
R' _{w,rech2}	korrigierter Wert von R _{w,rech1} nach Einbeziehung der Flankenübertragung über die Wege Df
ΔR _{w,1-2}	R _{w,rech1} - R' _{w,rech2}

Aufbau und Verlustfaktor der Messwände

Übersicht über die untersuchten Wände

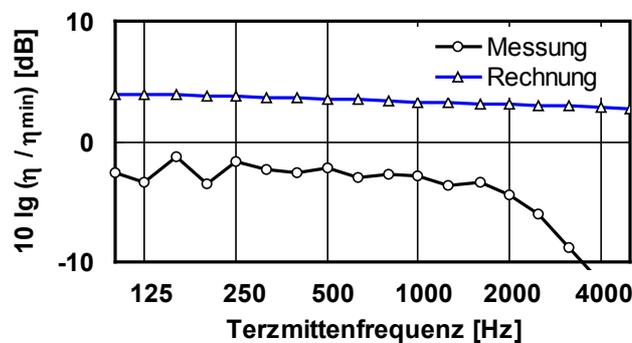
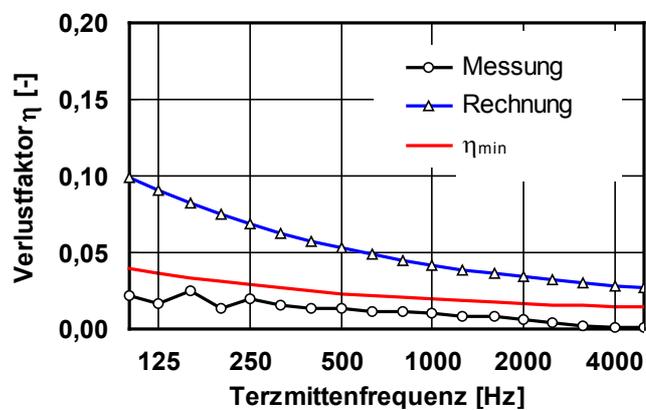
Wand	Prüfstand	Baustoff	ρ [kg/m ³]	Putz innen	Putz außen	m'' [kg/m ²]	F [m ²]	R _w [dB] *	
								Mess.	Rechn.
IBP1	IBP P2	175 mm KSV	1800	15 mm Kalkgips	----	320	12,5	52	55,1
IBP2	IBP P3	240 mm HLZ	600	10 mm Gips	15 mm Kalkzeme	240	14,8	43	40,0
IBP3	IBP P4	175 mm Verfüllz.	---	20 mm Gips	20 mm Gips	380	10,6	59	57,5
MPA1	MPA P4/5	240 mm KSV	1800	5 mm Gips	5 mm Gips	440	11,0	57	59,5
MPA2	MPA P7/8	175 mm KSV	1800	10 mm Gips	10 mm Gips	335	11,1	51	55,8

* Berechnung aus Flächenmasse nach Normvorlage für DIN 4109-4 vom Mai 2004

Differenz zwischen dem gemessenen und dem auf η_{min} bezogenen Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes

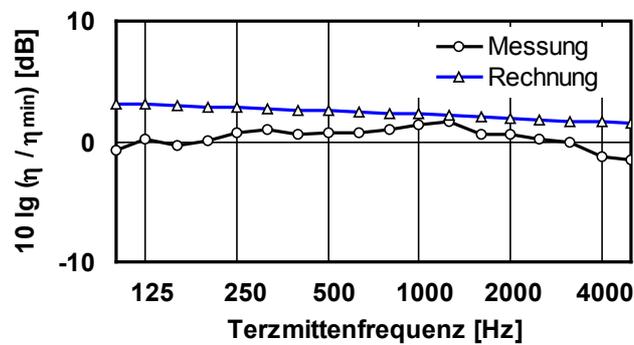
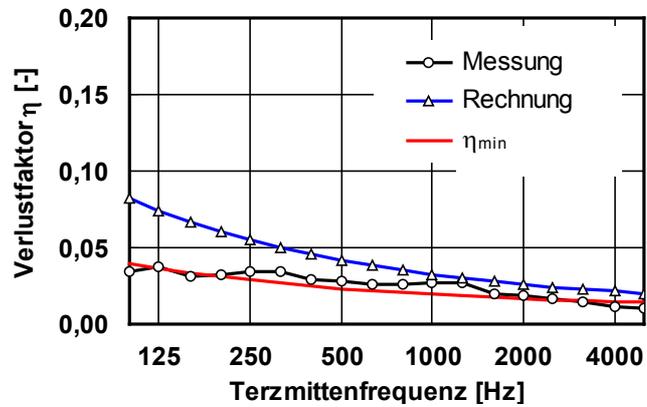
Wand und Prüfstand	IBP1, P2	IBP2, P3	IBP3, P6	MPA1, P4/5	MPA2, P7/8
R _{w,mess} - R _{w,η_{min}} [dB]	-1,5	-2,9	0,6	-0,7	-3,2

Verlustfaktor der Wand IBP2 im Prüfstand P3

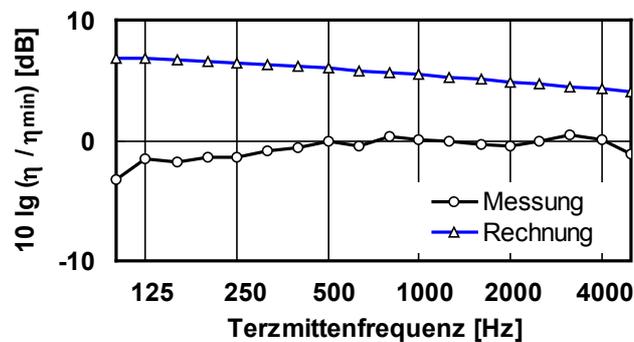
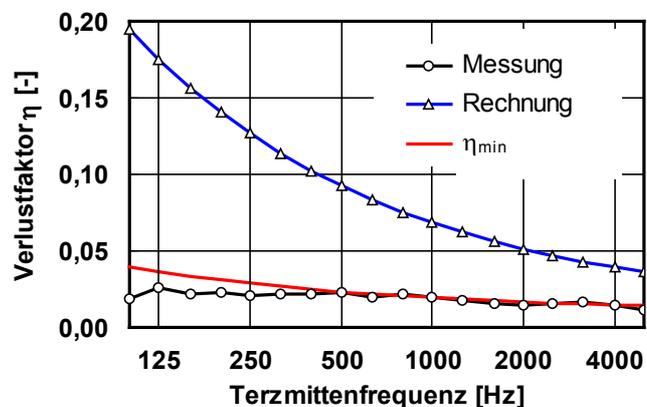


Verlustfaktor der Messwände

Verlustfaktor der Wand IBP3 im Prüfstand P6

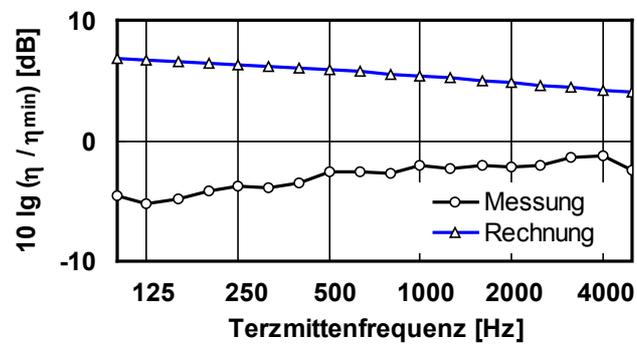
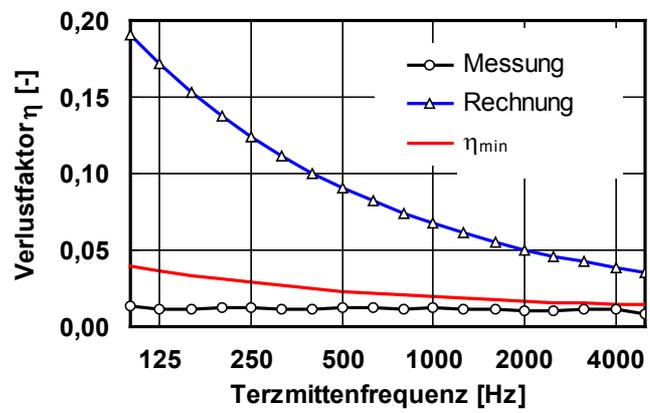


Verlustfaktor der Wand MPA1 im Prüfstand P4/5



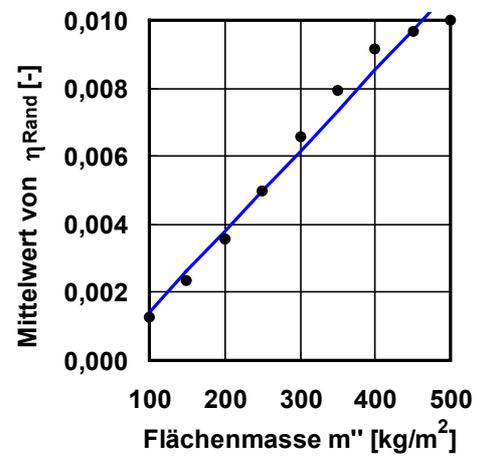
Verlustfaktor der Messwände

Verlustfaktor der Wand MPA2 im Prüfstand P7/8



Zusammenhang zwischen Verlustfaktor und Flächenmasse

Mittelwert von η_{Rand} im Frequenzbereich von 100 bis 3150 Hz in Abhängigkeit von der Flächenmasse bei Berechnung nach EN 12354-1, Anhang C und E (durch Mittelung über unterschiedliche Einbaubedingungen und Normierung auf $\eta_{\text{Rand}}(m'' = 500 \text{ kg/m}^2) = 0,01$ gebildet).



Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C_{tr})$

Verbesserung der Einzahlangabe ($R_w + C_{tr}$) massiver Wände durch Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)

Die Verbesserung $\Delta(R_w + C_{tr})$ kann aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Außer von der Resonanzfrequenz des WDVS (Berechnungsformel siehe unten) hängt sie von der Art des Dämmstoffs und der Befestigung der Dämmplatten (mit oder ohne Dübel) ab. Von der angegebenen Verbesserung sind folgende Korrekturen zu subtrahieren:

- K_K Korrektur für die prozentuale Klebefläche.
 K_S Korrektur für den längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffs (nur bei Mineralfaser-Systemen). Bei der Bestimmung von K_S ist zwischen Mineralfaser-Putzträgerplatten (MFP) und Mineralfaser-Lamellenplatten (MFL) zu unterscheiden.
 K_T Korrektur für das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand.

Der auf diese Weise ermittelte Wert ist auf den Bereich von $-11 \text{ dB} \leq \Delta(R_w + C_{tr}) \leq 14 \text{ dB}$ zu begrenzen. Die Korrekturen sind in Anhang 7.2 aufgeführt.

Resonanzfrequenz f_R [Hz]	Verbesserung $\Delta(R_w + C_{tr})$ [dB]			
	Polystyrol		Mineralfaser	
	ohne Dübel	mit Dübeln	ohne Dübel	mit Dübeln
$f_R \leq 60 \text{ Hz}$	13	6	17	8
$60 \text{ Hz} < f_R \leq 70 \text{ Hz}$	12	5	16	7
$70 \text{ Hz} < f_R \leq 80 \text{ Hz}$	9	4	13	6
$80 \text{ Hz} < f_R \leq 90 \text{ Hz}$	7	3	10	4
$90 \text{ Hz} < f_R \leq 100 \text{ Hz}$	5	2	8	3
$100 \text{ Hz} < f_R \leq 120 \text{ Hz}$	3	0	5	2
$120 \text{ Hz} < f_R \leq 140 \text{ Hz}$	0	-1	2	0
$140 \text{ Hz} < f_R \leq 160 \text{ Hz}$	-1	-2	1	-1
$160 \text{ Hz} < f_R \leq 180 \text{ Hz}$	-2	-2	-1	-2
$180 \text{ Hz} < f_R \leq 200 \text{ Hz}$	-2	-2	-2	-2
$200 \text{ Hz} < f_R \leq 220 \text{ Hz}$	-3	-3	-3	-3
$220 \text{ Hz} < f_R \leq 240 \text{ Hz}$	-4	-3	-4	-3
$240 \text{ Hz} < f_R$	-3	-3	-3	-3

Formel zur Berechnung der Resonanzfrequenz:

$$f_R \cong 160 \sqrt{\frac{s'}{m''_P}} \text{ Hz}$$

s' = dynamische Steifigkeit der Dämmplatten in MN/m^3

m''_P = Flächenmasse der Putzschicht in kg/m^2

Hinweis: Die den Anhängen 7.1 und 7.2 angegebenen Werte können auch zur Berechnung von $\Delta(R_w + C_{tr,100-5000})$ verwendet werden, da $\Delta(R_w + C_{tr})$ und $\Delta(R_w + C_{tr,100-5000})$ bei allen untersuchten Wänden übereinstimmen.

Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C_{tr})$ (Fortsetzung)

Korrektur K_K für die prozentuale Klebefläche.

prozentuale Klebefläche [%]	K_K [dB]
20	-1
40	0
60	1
80	2
100	3

Korrektur K_S für den längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffs (nur bei Mineralfaser-Systemen).

längenbezogener Strömungswiderstand r [kPa s/m ²]	K_S [dB]	
	MFP	MFL
10	3	4
15	2	3
20	1	1
25	1	0
30	0	-1
35	0	-3
40	-1	-4

Korrektur K_T für die Schalldämmung der Trägerwand.

Hinweis: Bei Berechnung von $R_{w,o}$ aus der Flächenmasse nach DIN 4109 können sich u. U. große Abweichungen ergeben.

Resonanzfrequenz f_R [Hz]	K_T [dB] in Abhängigkeit vom bewerteten Schalldämm-Maß der Trägerwand $R_{w,o}$ [dB]					
	43 - 45	46 - 48	49 - 51	52 - 54	55 - 57	58 - 60
$f_R \leq 60$ Hz	-10	-7	-3	0	3	7
60 Hz < $f_R \leq 80$ Hz	-9	-6	-3	0	3	6
80 Hz < $f_R \leq 100$ Hz	-8	-5	-3	0	3	5
100 Hz < $f_R \leq 140$ Hz	-6	-4	-2	0	2	4
140 Hz < $f_R \leq 200$ Hz	-5	-3	-2	0	2	3
200 Hz < $f_R \leq 300$ Hz	-3	-2	-1	0	1	2
300 Hz < $f_R \leq 400$ Hz	-1	-1	0	0	0	1
400 Hz < $f_R \leq 500$ Hz	0	0	0	0	0	0
500 Hz < f_R	1	1	0	0	0	-1

Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C)$

Verbesserung der Einzulangabe ($R_w + C$) massiver Wände durch Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)

Die Verbesserung $\Delta(R_w + C)$ kann aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Außer von der Resonanzfrequenz des WDVS (Berechnungsformel siehe unten) hängt sie von der Art des Dämmstoffs und der Befestigung der Dämmplatten (mit oder ohne Dübel) ab. Von der angegebenen Verbesserung sind folgende Korrekturen zu subtrahieren:

- K_K Korrektur für die prozentuale Klebefläche.
- K_S Korrektur für den längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffs (nur bei Mineralfaser-Systemen). Bei der Bestimmung von K_S ist zwischen Mineralfaser-Putzträgerplatten (MFP) und Mineralfaser-Lamellenplatten (MFL) zu unterscheiden.
- K_T Korrektur für das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand.

Der auf diese Weise ermittelte Wert ist auf den Bereich von $-8 \text{ dB} \leq \Delta(R_w + C) \leq 18 \text{ dB}$ zu begrenzen. Die Korrekturen sind in Anhang 8.2 aufgeführt.

Resonanzfrequenz f_R [Hz]	Verbesserung $\Delta(R_w + C)$ [dB]			
	Polystyrol		Mineralfaser	
	ohne Dübel	mit Dübeln	ohne Dübel	mit Dübeln
$f_R \leq 60 \text{ Hz}$	16	7	12	5
$60 \text{ Hz} < f_R \leq 70 \text{ Hz}$	15	6	11	4
$70 \text{ Hz} < f_R \leq 80 \text{ Hz}$	12	5	9	3
$80 \text{ Hz} < f_R \leq 90 \text{ Hz}$	10	4	7	2
$90 \text{ Hz} < f_R \leq 100 \text{ Hz}$	8	3	6	2
$100 \text{ Hz} < f_R \leq 120 \text{ Hz}$	5	1	4	1
$120 \text{ Hz} < f_R \leq 140 \text{ Hz}$	2	0	2	0
$140 \text{ Hz} < f_R \leq 160 \text{ Hz}$	1	-1	1	-1
$160 \text{ Hz} < f_R \leq 180 \text{ Hz}$	0	-2	0	-1
$180 \text{ Hz} < f_R \leq 200 \text{ Hz}$	-1	-2	-1	-2
$200 \text{ Hz} < f_R \leq 220 \text{ Hz}$	-2	-3	-2	-2
$220 \text{ Hz} < f_R \leq 240 \text{ Hz}$	-3	-3	-2	-3
$240 \text{ Hz} < f_R$	-4	-3	-3	-3

Formel zur Berechnung der Resonanzfrequenz:

$$f_R \cong 160 \sqrt{\frac{s'}{m''_P}} \text{ Hz}$$

- s' = dynamische Steifigkeit der Dämmplatten in MN/m^3
- m''_P = Flächenmasse der Putzschicht in kg/m^2

Hinweis: Die den Anhängen 8.1 und 8.2 angegebenen Werte können auch zur Berechnung von $\Delta(R_w + C_{100-5000})$ verwendet werden, da für 96 % der untersuchten Wände $\Delta(R_w + C) = \Delta(R_w + C_{100-5000})$ gilt. Für die restlichen 4 % der Wände gilt $\Delta(R_w + C) - \Delta(R_w + C_{100-5000}) = \pm 1 \text{ dB}$.

Wertetabellen zur Ermittlung von $\Delta(R_w + C)$ (Fortsetzung)

Korrektur K_K für die prozentuale Klebefläche.

prozentuale Klebefläche [%]	K_K [dB]
20	-2
40	-1
60	1
80	2
100	3

Korrektur K_S für den längenbezogenen Strömungswiderstand des Dämmstoffs (nur bei Mineralfaser-Systemen).

längenbezogener Strömungswiderstand r [kPa s/m ²]	K_S [dB]	
	MFP	MFL
10	-2	6
15	-2	4
20	-3	2
25	-3	0
30	-4	-2
35	-5	-3
40	-5	-5

Korrektur K_T für die Schalldämmung der Trägerwand.

Hinweis: Bei Berechnung von $R_{w,o}$ aus der Flächenmasse nach DIN 4109 können sich u. U. große Abweichungen ergeben.

Resonanzfrequenz f_R [Hz]	K_T [dB] in Abhängigkeit vom bewerteten Schalldämm-Maß der Trägerwand $R_{w,o}$ [dB]					
	43 - 45	46 - 48	49 - 51	52 - 54	55 - 57	58 - 60
$f_R \leq 60$ Hz	-10	-7	-3	0	3	7
60 Hz < $f_R \leq 80$ Hz	-9	-6	-3	0	3	6
80 Hz < $f_R \leq 100$ Hz	-8	-5	-3	0	3	5
100 Hz < $f_R \leq 140$ Hz	-6	-4	-2	0	2	4
140 Hz < $f_R \leq 200$ Hz	-5	-3	-2	0	2	3
200 Hz < $f_R \leq 300$ Hz	-3	-2	-1	0	1	2
300 Hz < $f_R \leq 400$ Hz	-1	-1	0	0	0	1
400 Hz < $f_R \leq 500$ Hz	0	0	0	0	0	0
500 Hz < f_R	1	1	0	0	0	-1

Formeln und Koeffizienten zur Berechnung von $\Delta(R_w + C)$ Benötigte Ausgangsdaten

f_R	Resonanzfrequenz des WDVS in Hz
$R_{w,o}$	bewertetes Schalldämm-Maß der Wand ohne WDVS in dB
C_o	Spektrum-Anpassungswert C der Wand ohne WDVS in dB
F	prozentuale Klebefläche in %
r	längenbezogener Strömungswiderstand in kPa s/m^2 (nur bei Mineralfaser)

Berechnungsformeln

$$\Delta(R_w + C) = \Delta(R_w + C)_S - K_D - K_K - K_T - K_S \quad (4.1)$$

$$\Delta(R_w + C)_S = (a \lg(f_R) + b) \text{ dB} \quad (4.2)$$

$$K_D = \begin{cases} 0 & \text{ohne Dübel} \\ 0,47 \Delta(R_w + C)_S + 1,4 \text{ dB} & \text{mit Dübeln} \end{cases} \quad (4.3)$$

$$K_K = (0,055 F - 2,7) \text{ dB} \quad (4.4)$$

$$K_T = (-1,3 \lg(f_R) + 3,4) (R_{w,o} - 53 \text{ dB}) \quad (4.5)$$

$$K_S = \begin{cases} (-0,12 r - 0,3) \text{ dB} & \text{für MFP-Systeme} \\ (-0,37 r + 9,5) \text{ dB} & \text{für MFL-Systeme} \end{cases} \quad (4.6)$$

Die in Gl. (4.1) verwendeten Bezeichnungen sind in Anhang 9.2 erläutert

Koeffizienten a und b für Gl. (4.2)

Frequenzbereich für f_R	Koeffizienten für Gl. (4.2) [-]			
	Polystyrol-Systeme		Mineralfaser-Systeme	
	a	b	a	b
$f_R < 125 \text{ Hz}$	-43,2	93,0	-31,2	67,6
$125 \text{ Hz} \leq f_R < 250 \text{ Hz}$	-20,8	46,0	-16,6	36,8
$f_R \geq 250 \text{ Hz}$	1,4	-7,1	2,5	-9,0

Schalldämmung der Wand mit WDVS

$$(R_w + C) = (R_{w,o} + C_o) + \Delta(R_w + C) \quad (4.7)$$

Formeln und Koeffizienten zur Berechnung von $\Delta(R_w + C)$ (Fortsetzung)Erläuterung der Gl. (4.1) verwendeten Bezeichnungen

$\Delta R_{w,S}$ = Verbesserung unter Standardbedingungen (unverdübelt, 40 % Klebefläche, Trägerwand mit $R_{w,o} = 53$ dB),

K_D = Korrektur zur Berücksichtigung von Dübeln,

K_K = Korrektur zur Berücksichtigung der Klebefläche,

K_T = Korrektur für die Schalldämmung der Trägerwand,

K_S = Korrektur zur Berücksichtigung des Strömungswiderstandes bei Mineralfaser-Dämmstoffen.

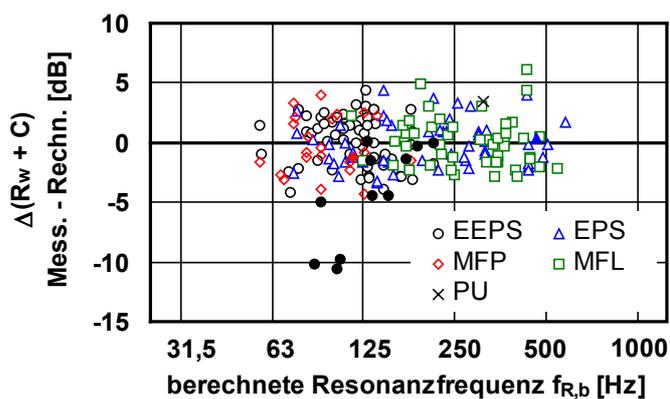
Hinweis: Die den Anhängen 9.1 und 9.2 angegebenen Formeln können auch zur Berechnung von $\Delta(R_w + C_{100-5000})$ verwendet werden, da für 96 % der untersuchten Wände $\Delta(R_w + C) = \Delta(R_w + C_{100-5000})$ gilt. Für die restlichen 4 % der Wände gilt $\Delta(R_w + C) - \Delta(R_w + C_{100-5000}) = \pm 1$ dB.

Berechnungsgenauigkeit für $\Delta(R_w + C)$

Statistische Genauigkeit der mit dem Berechnungsmodell ermittelten Ergebnisse für $\Delta(R_w + C)$ für verschiedene Arten von Dämmsystemen. Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung aller im Berechnungsmodell vorgesehenen Korrekturen (Verdübelung, Klebefläche, Trägerwand und Strömungswiderstand). Für die Schalldämmung der Trägerwand wurden gemessene Werte eingesetzt.

Dämm-system	Trägerwände	statistische Kennwerte für $\Delta(R_w + C)$ [dB]				
		A_{\min}	A_{\max}	\bar{A}	σ	Δ_{QM}
EEPS	$\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$	-4,1	4,4	0,2	2,1	2,1
EPS	$\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$	-3,4	4,4	-0,1	1,9	1,9
MFP	$\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$	-4,4	4,0	-0,3	2,3	2,3
MFL	$\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$	-2,8	6,1	0,0	2,1	2,0
alle Systeme	$\rho \geq 1000 \text{ kg/m}^3$	-4,4	6,1	0,0	2,0	2,0
alle Systeme	alle Wände	-10,6	6,1	-0,2	2,4	2,4

- A_{\max} größte Abweichung
- A_{\min} kleinste Abweichung (betragsmäßig größte Abweichung mit negativem Vorzeichen)
- \bar{A} mittlere Abweichung
- σ Standardabweichung
- Δ_{QM} quadratisch gemittelte Abweichung



Vergleich des neuen WDVS-Modells mit früheren Werten aus der Zulassung

a) Wertetabelle aus einer Zulassung (Beispiel Heidelberger Dämmsysteme).

R' _{w,R,o} der Massivwand ohne WDVS in dB	Korrekturwerte $\Delta R_{w,R}$ zur Luftschalldämmung in dB in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_{res} in Hz											
	≤ 60	≤ 70	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 120	≤ 140	≤ 160	≤ 180	≤ 200	≤ 220	≤ 240
43 - 47	17	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1	0
48 - 51	14	12	10	8	7	5	3	2	1	0	-1	-1
52 - 54	12	10	8	6	5	4	2	1	0	-1	-2	-2
55 - 58	9	7	5	3	3	2	0	-1	-2	---	---	---

b) Berechnungsergebnisse mit dem neuen Modell. (Die Berechnung erfolgte für EPS- oder EEPS-Systeme mit einer prozentualen Klebefläche von 40 % ohne Dübel. Die ermittelten Werte wurden auf $\Delta R_w \leq 19$ dB begrenzt. Des weiteren wurden 2 dB Vorhaltemaß subtrahiert.)

R' _{w,R,o} der Massivwand ohne WDVS in dB	Korrekturwerte $\Delta R_{w,R}$ zur Luftschalldämmung in dB in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_{res} in Hz											
	≤ 60	≤ 70	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 120	≤ 140	≤ 160	≤ 180	≤ 200	≤ 220	≤ 240
43 - 47	17	17	15	13	11	9	6	4	2	1	-1	-2
48 - 51	13	12	10	8	7	5	3	1	0	-1	-3	-4
52 - 54	9	8	6	5	4	2	0	-1	-2	-3	-4	-5
55 - 58	5	4	2	1	0	-1	-3	-3	-4	-5	-5	-6

c) Differenz zwischen den obigen Wertetabellen (Tabelle b - Tabelle a).

R' _{w,R,o} der Massivwand ohne WDVS in dB	Differenz der Korrekturwerte $\Delta R_{w,R}$ zur Luftschalldämmung in dB in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_{res} in Hz											
	≤ 60	≤ 70	≤ 80	≤ 90	≤ 100	≤ 120	≤ 140	≤ 160	≤ 180	≤ 200	≤ 220	≤ 240
43 - 47	0	2	2	2	2	2	1	0	-1	-1	-2	-2
48 - 51	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-2	-3
52 - 54	-3	-2	-2	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3
55 - 58	-4	-3	-3	-2	-3	-3	-3	-2	-2	---	---	---

Da sich die Tabelle aus der Zulassung auf $R'_{w,R,o}$ (Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes mit Nebenwegen) bezieht und das neue Berechnungsmodell $R_{w,o}$ (Messwert ohne Nebenwege) als Eingangsgröße benötigt, wurde zunächst zu $R'_{w,R,o}$ nach DIN 4109:1989, Beibl. 1 die zugehörige Flächenmasse der Wand ermittelt und daraus anschließend nach DIN 4109-4 (Normvorlage NABau, Mai 2004) $R_{w,o}$ berechnet.