

**Verbesserung der
Längs-Schalldämmung
durch Vorsatzschalen**

T 3039

T 3039

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

2004, ISBN 3-8167-6543-2

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



Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für Prüfung, Überwachung und Zertifizierung ·
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten · Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf den Gebieten der Bauphysik

Institutsleitung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult.
Karl Gertis

IBP-Forschungsbericht B-BA 2/2003

Verbesserung der Längs-Schalldämmung durch Vorsatzschalen

im Auftrag von
dem Deutschen Institut für Bautechnik
GZ: P 32-5-5.62-1011-02, Projektnummer: 422169

Dieser Bericht umfaßt:

35 Seiten Text
2 Tabellen
39 Bilder

Stuttgart, den 17. Juli 2003
HSc/Be/Hy

Bearbeiter:

Dr.-Ing. H. Schröder

Bearbeiter:

Dipl.-Ing. I. Haltenorth

Abteilungsleiter:

Dr.-Ing. P. Leistner

Institutsleiter:

Prof. Dr. Dr. h.c. mult.
Dr. E.h. mult. K. Gertis

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

IBP-Forschungsbericht B-BA 2/2003

Verbesserung der Längs-Schalldämmung durch Vorsatzschalen

von

H. Schröder

I. Haltenorth

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

(Institutsleiter Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis)

Inhalt	Seite	
1	Einleitung	7
2	Vorgehensweise	8
3	Messobjekte	9
4	Messverfahren	10
4.1	Bauakustische Standardprüfungen	10
4.2	Intensitätsmessungen	11
4.3	Körperschallmessungen	12
4.4	Messung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij}	13
5	Messergebnisse	14
5.1	Voruntersuchungen	14
5.1.1	Bestimmung der Maximaldämmung der Prüfanordnung	14
5.1.2	Intensitätsmessungen	15
5.1.3	Körperschallmessungen	15
5.2	Messergebnisse an einer schweren Wand	16
5.2.1	Schalldämmung, Längs-Schalldämmung und Stoßstellen- dämm-Maß der Rohwand	16
5.2.2	Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer freistehenden Vorsatzschale	17
5.2.3	Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen	17
5.3	Messergebnisse an einer leichten Wand	18
5.3.1	Schalldämmung, Längs-Schalldämmung und Stoßstellen- dämm-Maß der Rohwand	18
5.3.2	Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer freistehenden Vorsatzschale	20
5.3.3	Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen	21

6

B-BA 2/2003

6	Ermittlung der Verbesserungsmaße	21
6.1	Schwere Wand	23
6.1.1	Verbesserung der Schalldämmung	23
6.1.2	Verbesserung der Längs-Schalldämmung	24
6.2	Leichte Wand	25
6.2.1	Verbesserung der Schalldämmung	25
6.2.2	Verbesserung der Längs-Schalldämmung	26
7	Interpretation der Ergebnisse	28
7.1	Bewertungsverfahren	28
7.2	Längs-Schalldämmung im Vergleich zur Schalldämmung	29
7.3	Ausbildung der Stoßstelle	30
7.4	Schwere Trägerwand im Vergleich zur leichten Trägerwand	31
7.5	Freistehende Vorsatzschale im Vergleich zu Verbundelementen	31
7.6	Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum	32
8	Vorschlag für ein Mess- und Beurteilungsverfahren	33
8.1	Prüfverfahren	33
8.2	Stoßstelle	33
8.3	Weitere Randbedingungen	33
8.4	Bewertungsverfahren	34
9	Zusammenfassung	34
	Literatur	35

1 Einleitung

Verschiedene Herstellerfirmen haben beim DIBt Anträge auf eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung von Vorsatzschalen gestellt. In der Zulassung soll eine Aussage zur Verbesserung der Längs-Schalldämmung enthalten sein. Durch die Einbeziehung der europäischen Norm EN 12354-1 [1] in das Nachweisverfahren der künftigen DIN 4109 ist die Schallübertragung über flankierenden Bauteile unter Berücksichtigung von Vorsatzschalen jeweils explizit zu berechnen.

Vorsatzschalen stellen ein bekanntes Mittel zur Erhöhung der Schalldämmung von Wänden dar, wobei prinzipiell zwischen der Verbesserung der Schalldämmung in Durchgangs- und Längsrichtung zu unterscheiden ist. Zur Verbesserung der Längs-Schalldämmung von Bauteilen existiert bisher kein genormtes Prüfverfahren, nach dem eine Kennzeichnung von Vorsatzschalen in den beantragten Zulassungen möglich wäre. Ein ähnliches Verbesserungsmaß ist in der Bauakustik aber für die Trittschallminderung von Deckenauflagen genormt [2] und in Bezug auf die Verbesserung der Schalldämmung von Wänden in Durchgangsrichtung liegt ein Normentwurf [3] vor.

Aufbauend auf diesen Normen und Normentwürfen werden in dem vorliegenden Forschungsvorhaben die besonderen Verhältnisse bei der Schallausbreitung in Längsrichtung untersucht. Hierbei sind zusätzlich zu den in [4] und [5] genannten Aspekten die Einflüsse der Stoßstelle, das Verhalten von freien BiegeWellen auf der Trägerwand und die Ausbreitungsdämpfung des Körperschalls in der Wand zu berücksichtigen. Im Rahmen der Untersuchungen werden verschiedene flankierende Trägerwände mit typischen Stoßstellen im Anschlusspunkt der Trennwand untersucht. Der Zusammenhang zwischen der Schalldämmung in Durchgangs- und Längsrichtung wird verifiziert und die Messergebnisse werden z. B. durch Bestimmung der maximalen Schalldämmung der Prüfanordnung zusätzlich abgesichert.

Das Ziel besteht letztendlich in der Festlegung eines Prüfverfahrens und der Definition einer Beurteilungsgröße zur Bestimmung und Kennzeichnung der Verbesserung der Längs-Schalldämmung von Wänden durch leichte Vorsatzkonstruktionen.

2 Vorgehensweise

Im Diagonalprüfstand (siehe Bild 1) des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik wurden T-förmige Wandverbindungen, bestehend aus einer massiven Längswand und einer massiven Querwand aufgebaut. An diesen Referenzaufbauten wurden zunächst Schalldämmung und Längs-Schalldämmung ermittelt. Ergänzend erfolgten Körperschall- und Schallintensitätsmessungen und die Bestimmung der Maximaldämmung der Prüfanordnung mit Hilfe von hochschalldämmenden Vorsatzschalen.

Anschließend wurden Schalldämmung und Längs-Schalldämmung der Referenzwände mit unterschiedlichen Vorsatzschalen bestimmt. Durch Vergleich mit den Messungen an den Referenzwänden können hieraus die Verbesserungen der Direkt- und Längs-Schalldämmung ermittelt werden. Per Definition entsprechen die Luftschallverbesserungsmaße ΔR bzw. ΔR_L der Differenz zwischen dem Schalldämm-Maß R bzw. dem Längs-Schalldämm-Maß R_L einer Wand mit Vorsatzschale und dem Schalldämm-Maß R_0 bzw. dem Längs-Schalldämm-Maß $R_{L,0}$ der jeweiligen Referenzwand.

Bei den untersuchten Stoßstellen handelte es sich um eine massiv angebundene Querwand, eine massive Teil-Querwand von 1,5 m Länge und eine Längswand ohne Querwand (d. h. ohne Stoß). Das beschriebene Messprogramm wurde an verschiedenen Typen von Trägerwänden und verschiedenen Vorsatzschalen wiederholt.

3 Messobjekte

Die untersuchten Trägerwände hatten folgenden Aufbau.

Referenzaufbau 1:

- Längswand aus 17,5 cm Kalksandsteinen, Format 6 DF, Abmessung der Einzelsteine 248 mm x 248 mm x 175 mm (B x H x T), Stoßfugen unvermörtelt, Lagerfugen und Flankenanschlüsse zum Prüfstand vermörtelt (Mörtelgruppe IIa), einseitig 10 mm Kalkzementputz, Wandabmessungen: 11,05 m x 2,95 m x 1,85 m (B x H x T), flächenbezogene Masse 335 kg/m².
- Querwand aus 24 cm Kalksandsteinen, Steinformat 248 mm x 248 mm x 240 mm (B x H x T), Lagerfugen mit Dünnbettmörtel, Stoßfugen unvermörtelt, Flankenanschlüsse zum Prüfstand und zur Längswand mit Quellschutt, beidseitig je 10 mm Kalkzementputz, Wandabmessungen: 3,46 m x 3,11 m x 0,26 m (B x H x T), flächenbezogene Masse 477 kg/m².

Referenzaufbau 2:

- Längswand aus 10 cm Gips-Wandbauplatten, Format 500 mm x 666 mm x 100 mm (H x B x T), verklebt mit Fugengips nach DIN 1168, unverputzt, Wandabmessungen: 11,05 m x 2,95 m x 0,10 m (B x H x T), flächenbezogene Masse 90 kg/m².
- Querwand mit gleichem Aufbau wie die Längswand, Wandabmessungen: 3,60 m x 2,95 m x 0,10 m (B x H x T).

Der Referenzaufbau 1 wurde zu Beginn mit einem 270 mm breiten Spalt zwischen Längs- und Querwand errichtet. Dieser wurde anschließend verschlossen, bevor im dritten Schritt die Querwand in 1,5 m Abstand zur Stoßstelle durchtrennt wurde. Am Referenzaufbau 2 erfolgte die Montage, der zeitlichen Reihenfolge nach, zunächst mit der Querwand, dann mit einer 1,5 m langen Teil-Querwand und schließlich ohne Querwand.

Als Vorsatzschalen wurden folgende Konstruktionen untersucht.

Vorsatzschale Typ 1 (freistehende Vorsatzschale):

- Freistehendes Metall-Ständerwerk aus Profilen CW 50 x 50 x 0,6 (Ständer) und UW 50 x 40 x 0,6 (Boden- und Deckenschienen), Ständerabstand 62,5 cm.
- Beplankung mit 12,5 mm Gipskartonplatten, flächenbezogene Masse 9,0 kg/m², Stoßfugen der Platten mit Gips verspachtelt, Flankenanschlüsse dauerplastisch gedichtet.
- Hohlraumfüllung mit 40 mm Mineralwolle, Strömungswiderstand $r = 8,1 \text{ kPa s/m}^2$.

Vorsatzschale Typ 2 (Gipskarton-Verbundelemente):

- 12,5 mm Gipskartonplatten mit 50 mm aufkaschiertem, elastifiziertem Polystyrol, flächenbezogene Masse: 10,3 kg/m²,
- mit 5,5 kg/m² Ansetzbinder an die Wand geklebt, Klebeflächenanteil ca. 25 %,
- alle Fugen mit Gips verspachtelt, Flankenanschlüsse zum Prüfstand dauerplastisch gedichtet.
- Dynamische Steifigkeit des elastifizierten Polystyrols $s' = 4 \text{ MN/m}^3$.

4 Messverfahren

4.1 Bauakustische Standardprüfungen

Gemessen wurde in einem Diagonalprüfstand, der den Anforderungen der DIN EN ISO 140-1:1998 [4] entspricht. Die Messungen der Schalldämmung wurden nach DIN EN 20140-3:1995 und diejenigen der Längs-Schalldämmung nach DIN 52 210-7:1997 [5] durchgeführt. Die Berechnung der bewerteten Schalldämm-Maße und Norm-Flankenpegeldifferenzen erfolgte nach DIN EN ISO 717-1:1997 [6]. Prüfschall war rosa Rauschen, das empfangsseitig mit Terzfiltern gefiltert wurde. Die räumliche Mittelung der Schalldruckpegel in den Prüfräumen geschah durch Bewegen der Mikrofone auf geneigten Kreisbahnen. Zur akustischen Trennung von Sende- und Empfangsraum war eine hochschalldämmende Trennwand zwischen Raum 1 und Raum 4 eingebaut.

Das Schalldämm-Maß R und die Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ der Längswand wurden nach folgenden Beziehungen ermittelt:

$$R = L_2 - L_1 - 10 \lg (S/A) \text{ dB} \quad (1)$$

$$D_{n,f} = L_4 - L_1 + 10 \lg (A_0/A) \text{ dB.}$$

Dabei bedeuten:

- R = Schalldämm-Maß
- $D_{n,f}$ = Norm-Flankenpegeldifferenz
- L_4 = mittlerer Schalldruckpegel im Senderaum (Raum 4)
- L_2 = mittlerer Schalldruckpegel im Senderaum (Raum 2)
- L_1 = mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum (Raum 1)
- A_0 = Bezugsabsorptionsfläche (10 m^2)
- A = äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum
bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit.
- S = Fläche des Prüfobjekts (zwischen Raum 1 und Raum 2)

Die Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ ist bei einer Trennwandfläche von $S = 10 \text{ m}^2$ definitionsgemäß identisch mit dem Längs-Schalldämm-Maß R_L . Die Abmessungen der Prüfräume und die verwendeten Messgeräte sind Tabelle 1 und Bild 1 zu entnehmen.

4.2 Intensitätsmessungen

Prüfnormen waren ISO 15186-1 und ISO/WD 15186-3. Dabei ergibt sich der Schalldruckpegel im Senderaum nach dem in ISO 140 beschriebenen Hallraumverfahren. Die abgestrahlte Schall-Leistung im Empfangsraum wird mit einer Intensitätssonde auf der Oberfläche der zu untersuchenden Bauteile ermittelt, wobei die gegenüberliegende Wand des Prüfraums schallabsorbierend zu verkleiden ist.

Das Schalldämm-Maß nach dem Intensitätsverfahren R_{In} beträgt:

$$R_{In} = L_{ps} - L_{In} + 10 \lg (S_m/S) - 6 \text{ dB} \quad (2)$$

dabei bedeuten:

- R_{In} = Schalldämm-Maß nach dem Intensitätsverfahren
- L_{ps} = mittlerer Schalldruckpegel im Senderaum
- L_{In} = mittlerer Intensitätspegel auf der Messfläche
- S_m = Messfläche in m^2
- S = Fläche des Prüfobjektes im Empfangsraum in m^2

4.3 Körperschallmessungen

In DIN EN 20140-3, Anhang D ist ein Verfahren zur Bestimmung der Schalldämmung aus Körperschallmessungen beschrieben, welches auch die Bestimmung der Schallübertragung einzelner Übertragungspfade gestattet. Mit Hilfe von Körperschallaufnehmern werden die Schnellepegel auf den verschiedenen Wänden des Empfangsraums erfasst. Hieraus wird über den Abstrahlgrad der Anteil der jeweiligen Wand am Schalldruckpegel im Empfangsraum und das Schalldämm-Maß R_{KS} für den zugehörigen Übertragungsweg errechnet. Es gilt

$$R_{KS} = 10 \lg \left(\frac{\langle p_s^2 \rangle}{4 \rho_0^2 c_0^2 \langle v^2 \rangle \sigma} \right) \quad (3)$$

dabei bedeuten:

- R_{KS} = Schalldämm-Maß bestimmt aus Körperschallmessungen
- σ = Abstrahlgrad
- $\rho_0 c_0$ = spezifische Wellenimpedanz von Luft
- $\langle v^2 \rangle$ = örtlicher und zeitlicher Mittelwert der quadrierten Körperschallschnelle auf der Wand
- $\langle p_s^2 \rangle$ = örtlicher und zeitlicher Mittelwert des quadrierten Schalldrucks im Senderaum.

Für den Abstrahlgrad σ gilt oberhalb der Koinzidenzfrequenz f_c

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{1 - f_c/f}} \quad (4)$$

4.4 Messung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij}

Das Stoßstellendämm-Maß wurde zum einen entsprechend einer PTB-Messanleitung durch Körperschallmessungen auf beiden Seiten der Stoßstelle ermittelt. Es gilt die Beziehung

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \quad (5)$$

dabei bedeuten:

$\overline{D_{v,ij}}$	richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz
l_{ij}	Länge der Stoßstelle
a_i, a_j	äquivalente Absorptionslänge der Bauteile i und j.

Die äquivalente Absorptionslänge der Bauteile ist nach der Beziehung

$$a = \frac{2,2\pi^2 S}{c_0 T_s} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad (6)$$

aus Messungen der Körperschall-Nachhallzeit T_s abzuleiten.

Ferner bietet prEN ISO 10848-1 eine Möglichkeit, das Stoßstellendämm-Maß indirekt aus der Differenz von Längs-Schalldämm-Maß und (Durchgangs-) Schalldämm-Maß zu bestimmen. Es gilt

$$K_{ij} = D_{n,f} - \frac{R_i + R_j}{2} - 10 \lg \frac{\sqrt{a_i a_j}}{l_{ij}} + 10 \lg \frac{\sqrt{S_i S_j}}{A_0} \quad (7)$$

bzw.

$$\overline{D_{v,ij}} = D_{n,f} - \frac{R_i + R_j}{2} + 10 \lg \frac{\sqrt{S_i S_j}}{A_0} \quad (8)$$

5. Messergebnisse

5.1 Voruntersuchungen

5.1.1 Bestimmung der Maximaldämmung der Prüfanordnung

Die Maximaldämmung der Prüfanordnung wurde an der in Abschnitt 3 mit Referenzaufbau 1 bezeichneten schweren KS-Wand bestimmt. Dabei war die Wand im Sende- und Empfangsraum mit hochschalldämmenden Vorsatzschalen folgenden Aufbaus versehen:

- Fertigbauteile, bestehend aus einem umlaufenden Holzrahmen, Höhe = 55 mm, Mineralwollefüllung, einseitige Beplankung mit 19 mm Spanplatte, Abmessung 2,93 m x 0,60 m (H x B),
- ca. 200 mm Hohlraum zwischen Wand und Fertigelementen,
- vollständige Füllung des Hohlraums mit Mineralwolle,
- raumseitige Beplankung der Anordnung mit 12,5 mm Gipskarton.

Das bewertete Schalldämm-Maß dieser Anordnung betrug in Durchgangsrichtung von Raum 1 nach Raum 2:

$$R_{\max,12,w} = 81 \text{ dB.}$$

Das bewertete Schalldämm-Maß zwischen Raum 1 und Raum 4, das heißt in Längsrichtung des Prüfobjektes, betrug:

$$R_{\max,14,w} = 83 \text{ dB.}$$

Die Messwerte in Abhängigkeit von der Frequenz sind in Bild 2 wiedergegeben. Die bewerteten Maximal-Schalldämm-Maße des Prüfstandes liegen um mehr als 20 dB über den Schalldämm-Maßen der Rohwände, so dass eine ausreichende Messdynamik für die Untersuchung der Vorsatzschalen sichergestellt ist. Eine detaillierte Untersuchung der Übertragungswege durch Intensitäts- und Körperschallmessungen erfolgte daher nur beispielhaft an einem Prüfaufbau.

5.1.2 Intensitätsmessungen

Für die Intensitätsmessungen wurde der Aufbau der schweren Rohwand (17,5 cm KSV) ohne Vorsatzschale gewählt. Messobjekte waren zwei Wände, und zwar das Prüfobjekt selber, d. h. die flankierende Wand des Prüfraums, und die hochschalldämmende Trennwand zwischen Senderaum und Empfangsraum. Gemessen wurde von Raum 1 (Senderraum) nach Raum 4 (Empfangsraum). Bild 3 zeigt die Untersuchungsergebnisse für diese Wände in Abhängigkeit von der Frequenz im Vergleich zur Norm-Flankenpegeldifferenz des Prüfobjektes und zur Maximaldämmung des Prüfstandes.

Das nach dem Intensitätsverfahren ermittelte Schalldämm-Maß R_{In} für die flankierende Wand folgt in seinem Frequenzverlauf weitgehend der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$. Das ermittelte Schalldämm-Maß R_{In} fiel erwartungsgemäß für die hochschalldämmende Trennwand höher aus als für die Wand des Prüfobjektes. Die Messwerte sind jedoch niedriger als die Maximaldämmung des Prüfstandes. Offensichtlich ist das Intensitätsverfahren für diesen Anwendungsfall zu ungenau.

5.1.3 Körperschallmessungen

Körperschallmessungen wurden unter Verwendung des gleichen Prüfobjektes wie in Abschnitt 5.1.2 durchgeführt, jedoch an allen vier Wänden sowie an Boden und Decke des Empfangsraumes. Die hieraus mit $\sigma = 1$ näherungsweise berechneten Schalldämm-Maße R_{KS} sind in Bild 4 dargestellt und mit der Norm-Flankenpegeldifferenz des Prüfobjektes und der Maximaldämmung des Prüfstandes verglichen. Auch hier bestätigen die Untersuchungen, dass die Schallübertragung hauptsächlich über den Flankenweg F_f erfolgt. Insbesondere bei hohen Frequenzen liegen die ermittelten Schalldämm-Maße R_{KS} für die übrigen Raumbegrenzungsflächen aber niedriger als die Maximaldämmung des Prüfstandes, was auch in diesem Falle eine Folge des gewählten Messverfahrens ist.

noch detaillierter eingegangen wird.

Im Frequenzverlauf der ermittelten Schnellepegeldifferenzen sind zwischen 630 Hz und 2000 Hz geringere Abweichungen zwischen den beiden Messverfahren erkennbar. Bei tiefen Frequenzen schwanken die Ergebnisse insgesamt aufgrund der höheren Messunsicherheit stark.

5.2.2 Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer freistehenden Vorsatzschale

Die bewerteten Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 1 mit einer freistehenden Vorsatzschale (entsprechend Typ 1 in Abschnitt 3) betragen

- mit einer vollen Querwand an der Stoßstelle $R_{1,w} = 62 \text{ dB}$,
- mit einer Teil-Querwand $R_{1,w} = 65 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{1,w} = 65 \text{ dB}$.

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße dieser Konstruktion betragen für die drei untersuchten Stoßstellen

- mit Querwandanschluss $R_{L,1,w} = 72 \text{ dB}$,
- mit Teil-Querwand $R_{L,1,w} = 74 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{L,1,w} = 69 \text{ dB}$.

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 1 mit zwei freistehenden Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum betragen

- mit Querwandanschluss $R_{L,1,w} = 78 \text{ dB}$,
- mit Teil-Querwand $R_{L,1,w} = 82 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{L,1,w} = 76 \text{ dB}$.

Die Messergebnisse in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den Bildern 8 bis 10 dargestellt.

5.2.3 Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen

Für diesen Vorsatzschalentyp konnten an der schweren Wand aus logistischen Gründen keine Messungen mit einer Teil-Querwand an der Stoßstelle

durchgeführt werden. Die bewerteten Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 1 mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen (entsprechend Typ 2 in Abschnitt 3) betragen für die anderen Stoßstellen

- mit einer vollen Querwand an der Stoßstelle $R_{2,w} = 60 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{2,w} = 61 \text{ dB}$.

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 1 mit einer Vorsatzschale im Empfangsraum betragen

- mit Querwandanschluss $R_{L,2,w} = 70 \text{ dB}$
- und ohne Querwandanschluss $R_{L,2,w} = 62 \text{ dB}$

und für zwei Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum

- mit Querwandanschluss $R_{L,2,w} = 73 \text{ dB}$
- ohne Querwandanschluss $R_{L,2,w} = 63 \text{ dB}$.

Die frequenzabhängigen Messwerte sind in den Bildern 11 bis 13 angegeben.

5.3 Messergebnisse an einer leichten Wand

5.3.1 Schalldämmung, Längs-Schalldämmung und Stoßstellendämm-Maß der Rohwand

Die Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 gemessen zwischen Raum 1 und Raum 2 betragen

- mit einer vollen Querwand an der Stoßstelle $R_{0,w} = 35 \text{ dB}$,
- mit einer Teil-Querwand $R_{0,w} = 36 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{0,w} = 34 \text{ dB}$.

Die Längs-Schalldämm-Maße dieses Aufbaus betragen

- mit Querwandanschluss $R_{0,L,w} = 45 \text{ dB}$,
- mit einer Teil- Querwand $R_{0,L,w} = 46 \text{ dB}$
- und ohne Querwand $R_{0,L,w} = 41 \text{ dB}$.

Die Messwerte in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den Bildern 14 und 15 angegeben. An den verschiedenen Stoßstellen ergaben sich als Mittelwert

über den Frequenzbereich von 200 Hz bis 1250 Hz folgende Schnellepegeldifferenzen:

– mit Querwandanschluss:	indirektes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 12 \text{ dB}$
	direktes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 9 \text{ dB}$
– mit Teil-Querwand:	indirektes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 12 \text{ dB}$
	direktes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 8 \text{ dB}$
– ohne Querwandanschluss:	indirektes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 7 \text{ dB}$
	direktes Verfahren	$\overline{D_{v,Ff}} = 3 \text{ dB}$

An der leichten Wand fällt auf, dass sich nach dem indirekten Verfahren im Mittel um 4 dB höhere Schnellepegeldifferenzen ergeben als nach dem direkten Verfahren mit Körperschallmessungen. Ein Blick auf die frequenzabhängigen Messwerte in Bild 16 zeigt zunächst für die Prüfanordnung ohne Querwand (blaue Kurven) einen Anstieg der Schnellepegeldifferenz mit der Frequenz, wobei ab 250 Hz durchweg Werte größer 0 dB und bei hohen Frequenzen bis zu 10 dB auftreten. Dieser Anstieg ist eindeutig durch Dämpfung zu erklären, da in diesem Fall keine echte Stoßstelle vorhanden ist. Bei Anwendung des indirekten Verfahrens errechnen sich noch wesentlich größere Schnellepegeldifferenzen. Oberhalb der Koinzidenzfrequenz von 400 Hz wirkt sich die Körperschalldämpfung bei diesem Messverfahren stärker aus, da die Entfernung der Wandmittelpunkte mit etwa 6 m größer ist als die mittlere Entfernung der Körperschall-Messpunkte von 2,4 m. Auch kleinere Undichtigkeiten in der unverputzten Wand tragen vermutlich zu den unterschiedlichen Messergebnissen bei.

Unterhalb der Koinzidenzfrequenz bestimmen nicht die freien Biegewellen auf dem Bauteil dessen Schalldämmung, sondern vom Luftschallfeld erzwungene Schwingungsformen, denen die Wand ihren Massewiderstand entgegensetzt (biegeweiche Wand). Diese erzwungenen Wandschwingungen sind im Gegensatz zu freien Biegewellen nicht ausbreitungsfähig entlang der Wand, so dass die Längs-Schalldämmung in diesem Frequenzbereich größer wird als die Schalldämmung in Durchgangsrichtung. Dieser Effekt ist in Bild 16 deutlich erkennbar. Bei der indirekt ermittelten Schnellepegeldifferenz handelt es sich

schließlich per Definition um die Differenz zwischen Längs-Schalldämmung und Durchgangs-Schalldämmung. Die Differenz zur Körperschallmessung beträgt z. B. bei 125 Hz über 10 dB. Auch bei den echten Stoßstellen mit voller Querwand oder Teil-Querwand sind diese Effekte deutlich erkennbar. Hier kommt der Einfluß der Stoßstellen hinzu, welcher bei tiefen Frequenzen eine Schnellepegeldifferenz in der Größenordnung von 10 dB verursacht. Bei hohen Frequenzen überwiegen wieder Dämpfungseffekte, so daß sich die gemessenen Schnellepegeldifferenzen aller untersuchten Stoßstellen-Anordnungen angleichen.

5.3.2 Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer freistehenden Vorsatzschale

Die bewerteten Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 mit einer freistehenden Vorsatzschale (entsprechend Typ 1 in Abschnitt 3) betragen

- mit einer vollen Querwand an der Stoßstelle $R_{1,w} = 54$ dB,
- mit einer Teil-Querwand $R_{1,w} = 56$ dB
- und ohne Querwand $R_{1,w} = 57$ dB.

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 mit einer freistehenden Vorsatzschale im Empfangsraum betragen für die drei untersuchten Stoßstellen

- mit Querwandanschluß $R_{L,1,w} = 66$ dB
- mit Teil-Querwand $R_{L,1,w} = 67$ dB
- ohne Querwand $R_{L,1,w} = 60$ dB

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 mit zwei freistehenden Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum betragen für die drei untersuchten Stoßstellen

- mit Querwandanschluß $R_{L,1,w} = 78$ dB
- mit Teil-Querwand $R_{L,1,w} = 79$ dB
- ohne Querwand $R_{L,1,w} = 75$ dB

Die Messergebnisse in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den Bildern 17 bis 19 dargestellt.

5.3.3 Schalldämmung und Längs-Schalldämmung mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen

An der leichten Wand mit einer Vorsatzschale aus Verbundplatten konnten aus logistischen Gründen für die Prüfanordnung ohne Querwand keine Messungen durchgeführt werden. Die bewerteten Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen (entsprechend Typ 2 in Abschnitt 3) betragen für die anderen Stoßstellen

- mit einer vollen Querwand an der Stoßstelle $R_{2,w} = 48 \text{ dB}$
- und mit einer Teil-Querwand $R_{2,w} = 49 \text{ dB}$.

Die bewerteten Längs-Schalldämm-Maße des Referenzaufbaus 2 mit einer Vorsatzschale im Empfangsraum betragen

- mit Querwand $R_{L,2,w} = 64 \text{ dB}$
- mit Teil-Querwand $R_{L,2,w} = 59 \text{ dB}$

und mit zwei Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum

- mit Querwand $R_{L,2,w} = 68 \text{ dB}$
- mit Teil-Querwand $R_{L,2,w} = 66 \text{ dB}$

Die frequenzabhängigen Messwerte sind in den Bildern 20 bis 22 angegeben.

6 Ermittlung der Verbesserungsmaße

Die Auswertung der Messergebnisse im Hinblick auf die Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen beginnt mit der Bildung der Differenz der frequenzabhängigen Messwerte mit und ohne Vorsatzschale.

$$\Delta R = R_{\text{mit}} - R_{\text{ohne}}$$

bzw.

$$\Delta R_L = R_{L,\text{mit}} - R_{L,\text{ohne}} = D_{n,f,\text{mit}} - D_{n,f,\text{ohne}}$$

Zur Bildung von Einzahlwerten wurden zwei Möglichkeiten in Betracht gezogen. Die eine ist die direkte Bildung der Differenz der bewerteten Schalldämm-Maße (bzw. Längs-Schalldämm-Maße) mit und ohne Vorsatzschale aus

Abschnitt 5.

$$\Delta R_w = R_{w,mit} - R_{w,ohne}$$

bzw.
$$\Delta R_{L,w} = R_{L,w,mit} - R_{L,w,ohne}$$

Eine andere Möglichkeit ist in DIN EN ISO 717-2 bei der Ermittlung der bewerteten Trittschallminderung bzw. in Anhang A zu prEN ISO 140-16 beschrieben. Die oben definierte frequenzabhängige Verbesserung der Schalldämmung ΔR (bzw. ΔR_L) wird dabei zu der genormten Bezugs-Schalldämmung $R_{ref,ohne}$ einer Bezugswand hinzu addiert.

$$R_{ref,mit} = R_{ref,ohne} + \Delta R$$

Der Einzahlwert des Verbesserungsmaßes (ΔR_w bzw. $\Delta R_{L,w}$) entspricht dann der Differenz zwischen dem bewerteten Schalldämm-Maß der Bezugswand mit Vorsatzschale $R_{ref,mit,w}$ und dem bewerteten Schalldämm-Maß der definierten Bezugswand allein, $R_{ref,ohne,w}$. Als Bezugswände dienten die Vorschläge nach Anhang B.2 (schwere Wand mit niedriger Koinzidenzfrequenz) und B.4 (Wand mit mittlerer Koinzidenzfrequenz) der prEN ISO 140-16 (siehe Bild 23). Die bewerteten Schalldämm-Maße dieser Wände betragen:

leichte Wand	$R_{ref,ohne,w} = 33 \text{ dB}$
--------------	----------------------------------

schwere Wand	$R_{ref,ohne,w} = 53 \text{ dB}$
--------------	----------------------------------

Das Verfahren wurde entsprechend dem Normentwurf auf die Verbesserung der Schalldämmung in Durchgangsrichtung angewandt und analog auf die Ermittlung des bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaßes übertragen. Die ermittelten Verbesserungsmaße der verschiedenen Prüfanordnungen sind im folgenden dargestellt. Eine tabellarische Zusammenfassung der Einzahlwerte enthält Tabelle 2.

6.1 Schwere Wand

6.1.1 Verbesserung der Schalldämmung

Für die schwere Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale ergaben sich folgende bewertete Verbesserungsmaße

- bei einer vollen Querwand an der Stoßstelle:
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +9 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +10 \text{ dB}$,

- bei einer Teil-Querwand an der Stoßstelle:
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +12 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +12 \text{ dB}$

- und ohne Querwand:
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +11 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +11 \text{ dB}$.

Die Verbesserungsmaße für die schwere Wand mit einer Gipskarton-Verbundplatte betragen

- bei einer vollen Querwand an der Stoßstelle:
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +7 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +8 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +7 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +8 \text{ dB}$.

Die Verbesserungsmaße in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den Bildern 24 und 25 enthalten.

6.1.2 Verbesserung der Längs-Schalldämmung

Für die schwere Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale im Empfangsraum ergaben sich folgende Verbesserungsmaße:

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +12 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +11 \text{ dB}$

- mit Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +17 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +14 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +15 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +13 \text{ dB}$

Wird im Senderraum zusätzlich eine zweite Vorsatzschale montiert, so lauten die Verbesserungsmaße:

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +18 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +15 \text{ dB}$

- mit Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +25 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +17 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +22 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +16 \text{ dB}$

Mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten lauten die Verbesserungsmaße:

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +10 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +8 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +8 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +7 \text{ dB}$.

Mit einer zusätzlichen zweiten Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen im Senderraum ergeben sich folgende Verbesserungsmaße:

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +13 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +8 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +9 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +6 \text{ dB}$.

Die Verbesserungsmaße ΔR_L in Abhängigkeit von der Frequenz sind in den Bildern 26 bis 29 dargestellt.

6.2 Leichte Wand

6.2.1 Verbesserung der Schalldämmung

Für die leichte Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale ergaben sich folgende Verbesserungsmaße:

- bei einer vollen Querwand an der Stoßstelle
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +19 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +20 \text{ dB}$,

- bei einer Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +20 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +21 \text{ dB}$

- und ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +23 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +23 \text{ dB}$.

Mit einer Gipskarton-Verbundplatte lauten die Verbesserungsmaße der Schalldämmung:

- bei einer vollen Querwand an der Stoßstelle
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +13 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +14 \text{ dB}$,

- und bei einer Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_w = +13 \text{ dB}$,
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_w = +14 \text{ dB}$.

Die Bilder 30 und 31 enthalten die frequenzabhängigen Verbesserungsmaße.

6.2.2 Verbesserung der Längs-Schalldämmung

Die bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaße betragen an der leichten Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale im Empfangsraum

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +21 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +19 \text{ dB}$

- mit Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +21 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +19 \text{ dB}$

- ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +19 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +19 \text{ dB}$

und mit zwei freistehenden Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +33 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +29 \text{ dB}$
- mit Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +33 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +30 \text{ dB}$
- und ohne Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +34 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +30 \text{ dB}$

Mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten wurden Verbesserungsmaße von

mit Querwand

- einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +19 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +16 \text{ dB}$
- mit Teil-Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +13 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +12 \text{ dB}$

ermittelt, und mit zwei Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten im Sende- und Empfangsraum erhöhen sich die Verbesserungsmaße auf

- mit Querwand
 - einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +23 \text{ dB}$
 - Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +18 \text{ dB}$

– mit Teil-Querwand

einfache Differenz: $\Delta R_{L,w} = +20 \text{ dB}$

Bezugskurven-Verfahren nach ISO 140-16: $\Delta R_{L,w} = +18 \text{ dB}$.

Den Frequenzverlauf der Verbesserungsmaße enthalten die Bilder 32 bis 35.

7 Interpretation der Ergebnisse

7.1 Bewertungsverfahren

Betrachtet man die verschiedenen Ausprägungen der Stoßstelle als Beispiele für unterschiedliche Trägerwände, wie sie bei Prüfungen in verschiedenen Labors zum Einsatz kommen könnten, so zeigt sich, dass die bewerteten Verbesserungsmaße nach dem Bezugskurven-Verfahren (prEN ISO 140-16) weniger streuen als bei einer direkten Subtraktion der bewerteten Schalldämm-Maße.

Ein Blick auf die Absolutwerte der Einzahlwerte lässt erkennen, daß das Bezugskurven-Verfahren bei der Schalldämmung in Durchgangsrichtung in 7 von 10 Fällen ein um 1 dB höheres Verbesserungsmaß ΔR_w liefert; in drei Fällen ist das ermittelte Verbesserungsmaß nach beiden Methoden gleich groß. Beim bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaß $\Delta R_{L,w}$ dagegen liefert die einfache Subtraktion der gemessenen Schalldämm-Maße in 9 von 10 Fällen um 1 dB bis 3 dB höhere Werte. Die bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaße nach dem Bezugskurven-Verfahren liegen damit im Rahmen einer bauaufsichtlichen Zulassung auf der sicheren Seite.

Mit zweifachen Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum vergrößern sich die Unterschiede zwischen den beiden Beurteilungsverfahren. Das Bezugskurven-Verfahren liefert hierbei niedrigere Werte für $\Delta R_{L,w}$. Die Unterschiede betragen auf der leichten Wand 2 bis 5 dB und auf der schweren Wand 3 bis 5 dB.

Insgesamt bietet das Bezugskurven-Verfahren nach prEN ISO 140-16 deutli-

che Vorteile und ist bei der Bestimmung des bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaßes zu präferieren. Im Rahmen der weiteren Auswertung wird daher nur noch auf die hiernach bestimmten Einzahlwerte eingegangen.

7.2 Längs-Schalldämmung im Vergleich zur Schalldämmung

Auf der schweren Rohwand mit freistehenden Vorsatzschalen ist die gemessene Verbesserung der Längs-Schalldämmung höher als die Verbesserung der Schalldämmung. Während die Unterschiede bei den Einzahlwerten zwischen 1 dB und 2 dB liegen, weist die frequenzabhängige Betrachtung oberhalb von 250 Hz eine Pegeldifferenz von ca. 3 dB auf, und zwar unabhängig von der Art der Stoßstelle (siehe Bild 36). Unterhalb von 250 Hz streuen die Pegeldifferenzen zwischen -2 dB und $+2$ dB. Bei Vorsatzschalen aus Verbundplatten liegen die ermittelten Unterschiede in der gleichen Größenordnung, wobei die Ergebnisse insgesamt stärker streuen.

Die Ursache für die systematische Abweichung von 3 dB auf der KS-Wand konnte nicht genau geklärt werden. Möglicherweise spielt eine Rolle, dass bei dem untersuchten Prüfaufbau, bedingt durch konstruktive Fugen im Prüfstand, die gemessene Schalldämmung (in Durchgangsrichtung) eine Mischung der Übertragungswege D_d – direkt durch die Trennwand – und F_d – von der Flanke im Senderaum auf die Trennwand – darstellt. Die Längs-Schallübertragung erfolgte dagegen ausschließlich auf dem Übertragungsweg F_f , d. h. von der Flanke im Senderaum auf die Flanke im Empfangsraum.

An der leichten Trägerwand sind die ermittelten Verbesserungen der Längs-Schalldämmung im Mittel niedriger als diejenigen der Schalldämmung (siehe Bild 37). Das gilt für den gesamten Frequenzbereich oberhalb von 250 Hz, besonders starke Unterschiede finden sich ab 2000 Hz. Dieses Resultat ist teilweise auf Undichtigkeiten der Wand zurück zu führen, da die Gipsbau-plattenwand nicht verputzt ist. Die gemessene Schalldämmung dieser Wand stimmt im Bereich der Koinzidenzfrequenz und darunter gut mit theoretischen Berechnungen überein, bei hohen Frequenzen unterschreitet das gemessene Schalldämm-Maß die theoretisch zu erwartenden Werte [7]. Eine Vorsatzschale beseitigt vorhandene Undichtigkeiten und führt so zu einem überproportio-

nen Anstieg der Schalldämmung in Durchgangsrichtung. In Bezug auf die Längs-Schalldämmung spielen Undichtigkeiten keine nennenswerte Rolle.

Eine weitere Ursache für die verminderte Verbesserung der Längs-Schalldämmung – besonders bei hohen Frequenzen ab 2000 Hz – ist die relativ starke Dämpfung der Rohwand. Im Falle der Längs-Schallübertragung führt diese mit zunehmender Entfernung von der Stoßstelle zu abnehmenden Körperschallpegeln und zu einem ungleichförmigen, nicht-diffusen Biegewellenschallfeld auf der Rohwand. Schallenergie, die in Stoßstellennähe in die schwächer bedämpfte Vorsatzschale eingeleitet wird, kann von dieser großflächig abgestrahlt werden.

Die durchgeführten Untersuchungen belegen systematische Unterschiede zwischen der Verbesserung der Schalldämmung (in Durchgangsrichtung) und der Verbesserung der Längs-Schalldämmung. Die Unterschiede sind spezifisch für die Art der Trägerwand.

7.3 Ausbildung der Stoßstelle

Eine Stoßstelle bewirkt zunächst ein höheres Längs-Schalldämm-Maß der Rohwand. Die Zunahme des Längs-Schalldämm-Maßes beträgt auf der schweren Wand bis zu 6 dB und auf der leichten Wand bis zu 5 dB. Die durch die Stoßstelle bewirkte Erhöhung des Stoßstellendämm-Maßes beträgt frequenzgemittelt 4 dB auf der schweren Wand und 6 dB auf der leichten Wand. Zwischen einer vollen Querwand und einer Teil-Querwand treten nur geringe Unterschiede im Stoßstellendämm-Maß auf. In der frequenzabhängigen Auswertung prägen sich die Auswirkungen der Stoßstelle hauptsächlich bei tiefen und mittleren Frequenzen aus.

Auf der schweren Rohwand ist das bewertete Längsschall-Verbesserungsmaßes $\Delta R_{L,W}$ einer freistehende Vorsatzschale bei einer vollen Querwand an der Stoßstelle um 2 dB niedriger als ohne Querwand. Das Verbesserungsmaß mit einer Teil-Querwand liegt im Vergleich hierzu um 1 dB höher. Für eine einfache Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten ergab sich mit Querwand ein um 1 dB höheres Verbesserungsmaß als ohne, bei zweifachen Vorsatz-

schalen im Sende- und Empfangsraum waren es 2 dB mehr.

Auf einer leichten Trägerwand konnte für eine freistehende Vorsatzschale kein signifikanter Einfluss der Stoßstelle auf das Verbesserungsmaß festgestellt werden. Dies gilt für eine einfache Vorsatzschale ebenso wie für zweifache Vorsatzschalen. Mit einer einfachen Vorsatzschale aus Verbundplatten im Empfangsraum war die Verbesserung mit einer vollen Querwand um 4 dB größer als mit einer Teil-Querwand, mit zweifachen Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum waren die Verbesserungsmaße jedoch für beide Stoßstellen gleich.

Insgesamt gesehen ist der Einfluss der Stoßstelle auf das ermittelte Verbesserungsmaß gering. Die gemessenen Unterschiede zwischen den einzelnen Aufbauten liegen in der gleichen Größenordnung wie bei der Verbesserung der Schalldämmung (in Durchgangsrichtung), welche nicht durch die Stoßstelle beeinflusst wird. Systematische Unterschiede sind bei den untersuchten Stoßstellen nicht erkennbar.

7.4 Schwere Trägerwand im Vergleich zur leichten Trägerwand

Die ermittelten Verbesserungen im Schalldämm-Maß und im Längs-Schalldämm-Maß sind auf einer leichten Trägerwand höher als auf einer schweren. Die Unterschiede betragen 5 bis 9 dB in der Schalldämmung und 4 bis 9 dB in der Längs-Schalldämmung. Der Grund liegt in der schlechteren Ausgangs-Schalldämmung der leichten Wand. Die untersuchte Gipsbauplattenwand besitzt außerdem einen Koinzidenzeinbruch bei etwa 400 Hz, welcher durch die montierten Vorsatzschalen wirkungsvoll reduziert wird.

7.5 Freistehende Vorsatzschalen im Vergleich zu Verbundelementen

Mit freistehenden Vorsatzschalen wurden höhere Verbesserungsmaße gemessen als mit Vorsatzschalen aus Verbundelementen. Die Unterschiede betragen 2 bis 6 dB beim Schalldämm-Maß und 2 bis 8 dB beim Längs-Schalldämm-Maß. Ursache ist die tiefer abgestimmte Resonanzfrequenz des Systems mit freistehenden Vorsatzschalen. Auf einer leichten Trägerwand treten tendenziell größere Unterschiede als auf einer schweren.

7.6 Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum

Durch eine zweite Vorsatzschale im Senderaum erhöht sich das Längsschalldämm-Maß zusätzlich. Im vereinfachten Rechenmodell der DIN EN 12354, Teil 1 kann für diese zusätzliche Verbesserung die Hälfte des Verbesserungsmaßes ΔR_w einer einfachen Vorsatzschale angesetzt werden. Bei einer frequenzabhängigen Berechnung nach dem detaillierten Modell darf das Verbesserungsmaß einer einfachen Vorsatzschale sogar doppelt angerechnet werden.

Bild 38 zeigt Längsschall-Verbesserungsmaße für freistehende Vorsatzschalen auf der Gipsbauplattenwand. Die blaue Kurve gibt die Verbesserung durch eine einfache Vorsatzschale wieder, die rote Kurve diejenige einer zweifachen Vorsatzschale. Zum Vergleich sind die Grenzdämmung und die rechnerisch verdoppelte Verbesserung der einfachen Wand dargestellt. Es zeigt sich, dass die zweite Vorsatzschale im Frequenzbereich oberhalb von 500 Hz zusätzlich 80% der Verbesserung einer einfachen Vorsatzschale bringt. Auf der schweren Wand treten ähnliche Ergebnisse auf, diese sind teilweise von der Grenzdämmung der Prüfanordnung beeinflusst.

Bild 39 enthält die entsprechenden Messergebnisse für Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten auf einer schweren Wand. Hier wird durch zweifache Vorsatzschalen etwa die doppelte Verbesserung einer einfachen Vorsatzschale erreicht. Ähnliches gilt auf der leichten Wand.

Die ermittelten Einzahlwerte erreichen als Folge des Frequenzgangs der Verbesserungsmaße erwartungsgemäß nicht den doppelten Wert einer einfachen Vorsatzschale. Bei den Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten treten nur geringe zusätzliche Verbesserungen im Einzahlwert auf, bei den freistehenden Vorsatzschalen wird die Hälfte der Verbesserung einer einfachen Vorsatzschale knapp erreicht. Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen erscheinen die Vorschläge der DIN EN 12354, Teil 1 in Bezug auf die Prognose des Verbesserungsmaßes von zweifachen Vorsatzschalen leicht optimistisch.

8 Vorschlag für ein Mess- und Beurteilungsverfahren

8.1 Prüfverfahren

Die Untersuchungen ergaben systematische Unterschiede zwischen den ermittelten Verbesserungen der Längs-Schalldämmung im Vergleich zu den Verbesserungen der Schalldämmung. Daher ist es zweckmäßig, die Verbesserung der Längs-Schalldämmung an einer Längswand im Flanken-Prüfstand zu bestimmen.

8.2 Stoßstelle

Die Art der Stoßstelle beeinflusst zwar deutlich die gemessene Längs-Schalldämmung, sie hat aber keinen signifikanten Einfluss auf das Längsschall-Verbesserungsmaß. Eine Prüfung ohne Stoßstelle wäre vom Prüfaufbau einfacher zu realisieren. Eine Längswand mit Stoßstelle stellt eher den in der Praxis anzutreffenden Fall dar. Bei dieser Art des Prüfaufbaus wäre die korrekte Anbindung der Querwand jedoch unbedingt durch Körperschallmessungen zu verifizieren. Außerdem wären häufiger Schalldämm-Maße im Grenzbereich der Prüfstände zu erwarten. Angesichts der Ergebnisse aus Abschnitt 7.3 und im Sinne eines praktikablen Prüfverfahrens wird vorgeschlagen, dass auf die Ausbildung einer Stoßstelle verzichtet werden kann.

8.3 Weitere Randbedingungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen resultiert eine Reihe weiterer Empfehlungen, nämlich:

- Die Prüfungen sollen vorzugsweise an einer einfachen Vorsatzschale, wahlweise im Sende- oder Empfangsraum, durchgeführt werden. Die Ableitung einer Aussage über die Verbesserung durch zweifache Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum erscheint auf der Basis der Empfehlungen der DIN EN 12354-1 nur bedingt möglich. Messungen mit zweifachen Vorsatzschalen im Sende- und Empfangsraum können zusätzlich Aufschluß über die Anordnung liefern, sie sind in der Regel nicht auf einfache Vorsatzschalen übertragbar.

Die Prüfung soll an einer schweren Trägerwand mit einer Masse von 300 kg/m^2 bis 350 kg/m^2 und einer niedrigen Koinzidenzfrequenz von $f_c < 160 \text{ Hz}$ durchgeführt werden.

- Messungen an einer leichten Wand mit mittlerer Koinzidenzfrequenz können auf Wunsch des Auftraggebers zusätzlich durchgeführt werden, sofern hierfür erhöhte Verbesserungsmaße angestrebt werden.
- Der Prüfstand muss eine ausreichend hohe Grenzdämmung aufweisen. Diese soll im gesamten Frequenzbereich 6 dB mehr als die zu erwartende Längs-Schalldämmung einer Wand mit Vorsatzschale betragen.

8.4 Bewertungsverfahren

Die Einzahlwerte des Verbesserungsmaßes $\Delta R_{L,w}$ sollen in Anlehnung an prEN ISO 140, Teil 16 bestimmt werden. Dies gewährleistet eine bessere Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Rohwände.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde die Verbesserung der Schalldämmung und der Längs-Schalldämmung verschiedener Rohwände durch Vorsatzschalen in einem bauakustischen Prüfstand untersucht. Als Rohwände dienten eine Kalksandsteinwand mit 335 kg/m^2 und eine Gipsbauplattenwand mit 90 kg/m^2 . Als Vorsatzschalen wurden eine freistehende Vorsatzschale und eine Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten verwendet. Der Einfluss der Stoßstelle wurde besonders untersucht.

Die Ergebnisse weisen signifikante Unterschiede zwischen der Verbesserung der Schalldämmung (in Durchgangsrichtung) und der Verbesserung der Längs-Schalldämmung auf. Ein relevanter Einfluss der Stoßstelle auf diese Verbesserungen konnte nicht nachgewiesen werden. Von großer Bedeutung ist die Art der verwendeten Trägerwand und insbesondere die innere Dämpfung dieser Wand.

Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse wurde ein Vorschlag für ein Prüfverfahren zur Ermittlung der Verbesserung der Längs-Schalldämmung durch Vorsatzschalen und vergleichbare Wandbekleidungen erarbeitet. Dieses Verfahren ermöglicht die Festlegung eines bewerteten Längsschall-Verbesserungsmaßes $\Delta R_{L,w}$.

Literatur

- [1] EN 12354: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Ausgabe April 2000.
- [2] DIN EN ISO 140, Teil 8: Akustik-Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 8: Messung der Trittschallminderung durch eine Deckenauflage auf einer massiven Bezugsdecke in Prüfständen, Ausgabe März 1998.
- [3] prEN ISO 140, Teil 16, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 16: laboratory measurement of the sound reduction improvement by acoustical linings, Ausgabe Februar 2003.
- [4] DIN EN ISO 140, Teil 1, Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung, Ausgabe März 1998.
- [5] DIN 52 210, Teil 7; Bauakustische Prüfungen; Luft- und Trittschalldämmung; Bestimmung der Norm-Flankenpegeldifferenz im Prüfstand, Ausgabe Dezember 1997.
- [6] DIN EN ISO 717; Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung, Ausgabe Januar 1997.
- [7] Cremer, L.; Heckl, M.: Körperschall, 2. Auflage. Springer 1996.

Tabelle 1 Abmessung der Prüfräume und verwendete Meßgeräte

Abmessungen der Prüfräume:

Senderraum für R (Raum 2):	Länge:	4,89 m
	Breite:	3,46 m
	Höhe:	3,11 m
	Volumen:	52,6 m ³
Senderraum für D _{n,f} (Raum 4):	Länge:	5,73 m
	Breite:	4,44 m
	Höhe:	3,11 m
	Volumen:	79,1 m ³
Empfangsraum (Raum 1):	Länge:	4,76 m
	Breite:	4,44 m
	Höhe:	3,11 m
	Volumen:	65,7 m ³

Verwendete Meßgeräte:

Mikrofone:	B&K 4190
Vorverstärker:	B&K 2639
Analysator:	Norsonic 840
Verstärker:	Klein & Hummel AK 180
Lautsprecher:	MLS 01

Tabelle 2 Übersicht der ermittelten Verbesserungsmaße für verschiedene Prüfanordnungen

Trägerwand	Typ Vorsatzschale	Anzahl Vorsatzschalen	Querwand	Verbesserung des Längs-Schalldämm-Maßes $\Delta R_{L,w}$		Verbesserung des Schalldämm-Maßes ΔR_w	
				als einfache Diffe- renzen (ISO 717)	nach prEN 140-16	als einfache Diffe- renzen (ISO 717)	nach prEN 140-16
KS	freistehend	einfach	mit	12	11	9	10
KS	freistehend	einfach	Teil	17	14	12	12
KS	freistehend	einfach	ohne	15	13	11	11
KS	freistehend	zweifach	mit	18	15	--	--
KS	freistehend	zweifach	Teil	25	17	--	--
KS	freistehend	zweifach	ohne	22	16	--	--
KS	GK-Verbundplatte	einfach	mit	10	8	7	8
KS	GK-Verbundplatte	einfach	Teil	--	--	--	--
KS	GK-Verbundplatte	einfach	ohne	8	7	7	8
KS	GK-Verbundplatte	zweifach	mit	13	8	--	--
KS	GK-Verbundplatte	zweifach	Teil	--	--	--	--
KS	GK-Verbundplatte	zweifach	ohne	9	6	--	--
Gipsbauplatte	freistehend	einfach	mit	21	19	19	20
Gipsbauplatte	freistehend	einfach	Teil	21	19	20	21
Gipsbauplatte	freistehend	einfach	ohne	19	19	23	23
Gipsbauplatte	freistehend	zweifach	mit	33	29	--	--
Gipsbauplatte	freistehend	zweifach	Teil	33	30	--	--
Gipsbauplatte	freistehend	zweifach	ohne	34	30	--	--
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	einfach	mit	19	16	13	14
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	einfach	Teil	13	12	13	14
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	einfach	ohne	--	--	--	--
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	zweifach	mit	23	18	--	--
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	zweifach	Teil	20	18	--	--
Gipsbauplatte	GK-Verbundplatte	zweifach	ohne	--	--	--	--

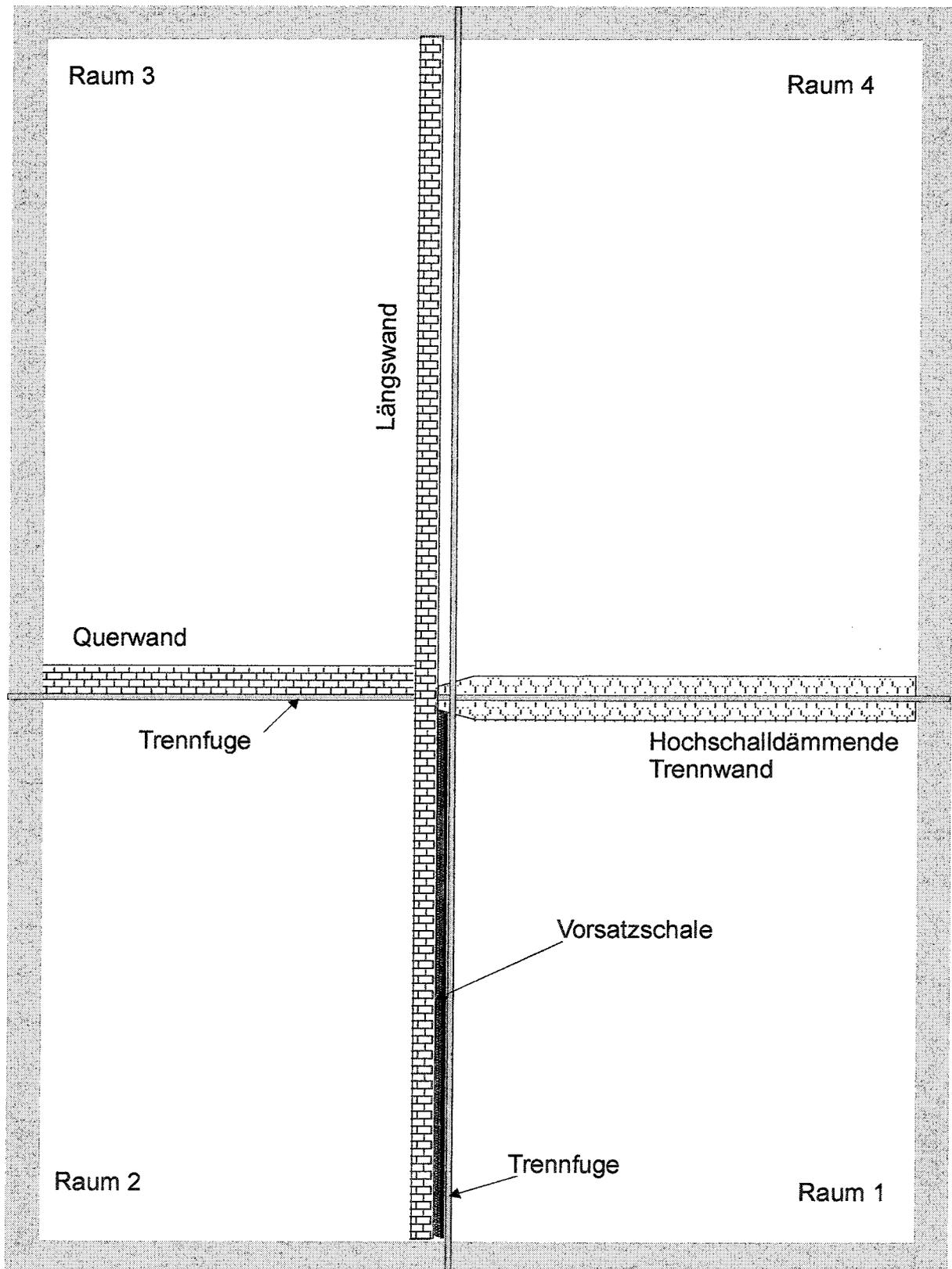


Bild 1 Grundriß des Diagonalprüfstandes mit eingebauten Wänden und Vorsatzschalen

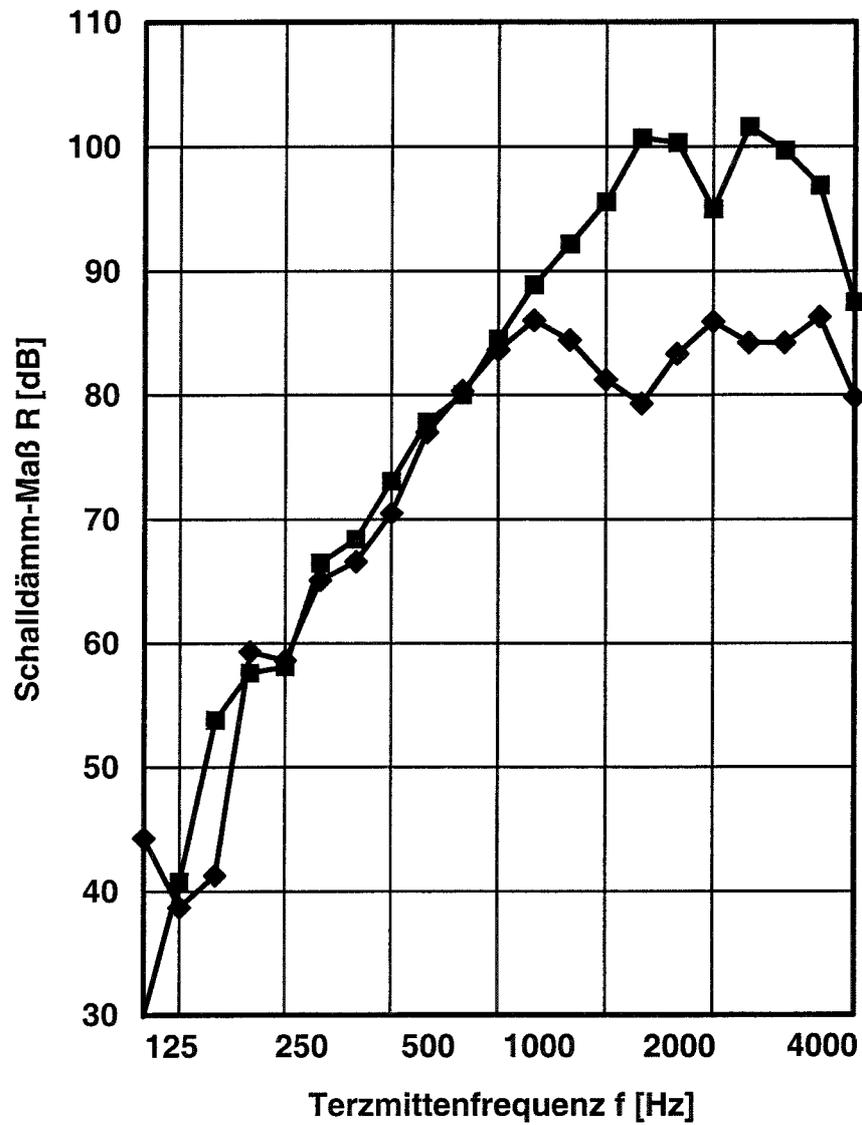


Bild 2 Maximales Schalldämm-Maß der Prüfanordnung in Längs- und Durchgangsrichtung

Legende: \blacklozenge $R_{\max,12}$ in Durchgangsrichtung
 \blacksquare $R_{\max,14}$ in Längsrichtung

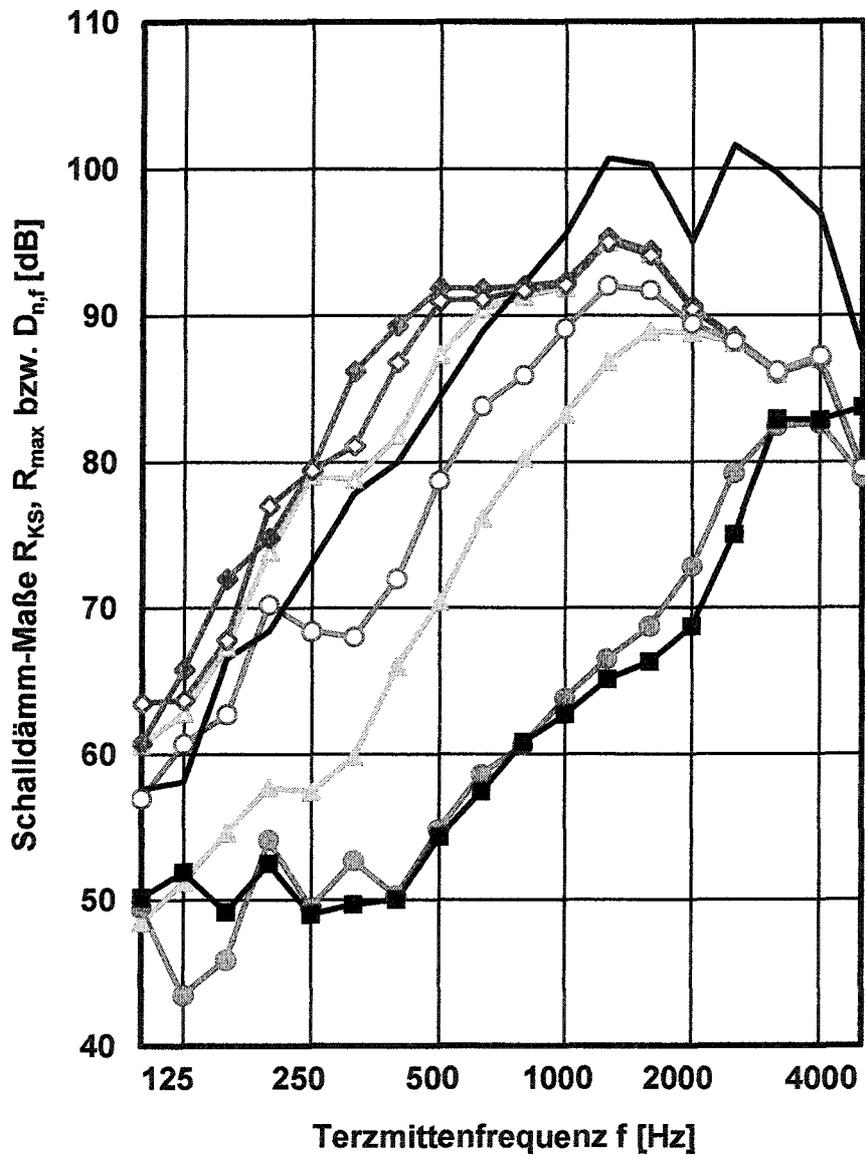


Bild 4 Ergebnisse der Körperschallmessungen

- Legende:
- △— Trennwand
 - △— hintere Wand
 - ◇— Boden
 - ◇— Decke
 - rechte Wand
 - linke Wand
 - $D_{n,f}$
 - R_{max}

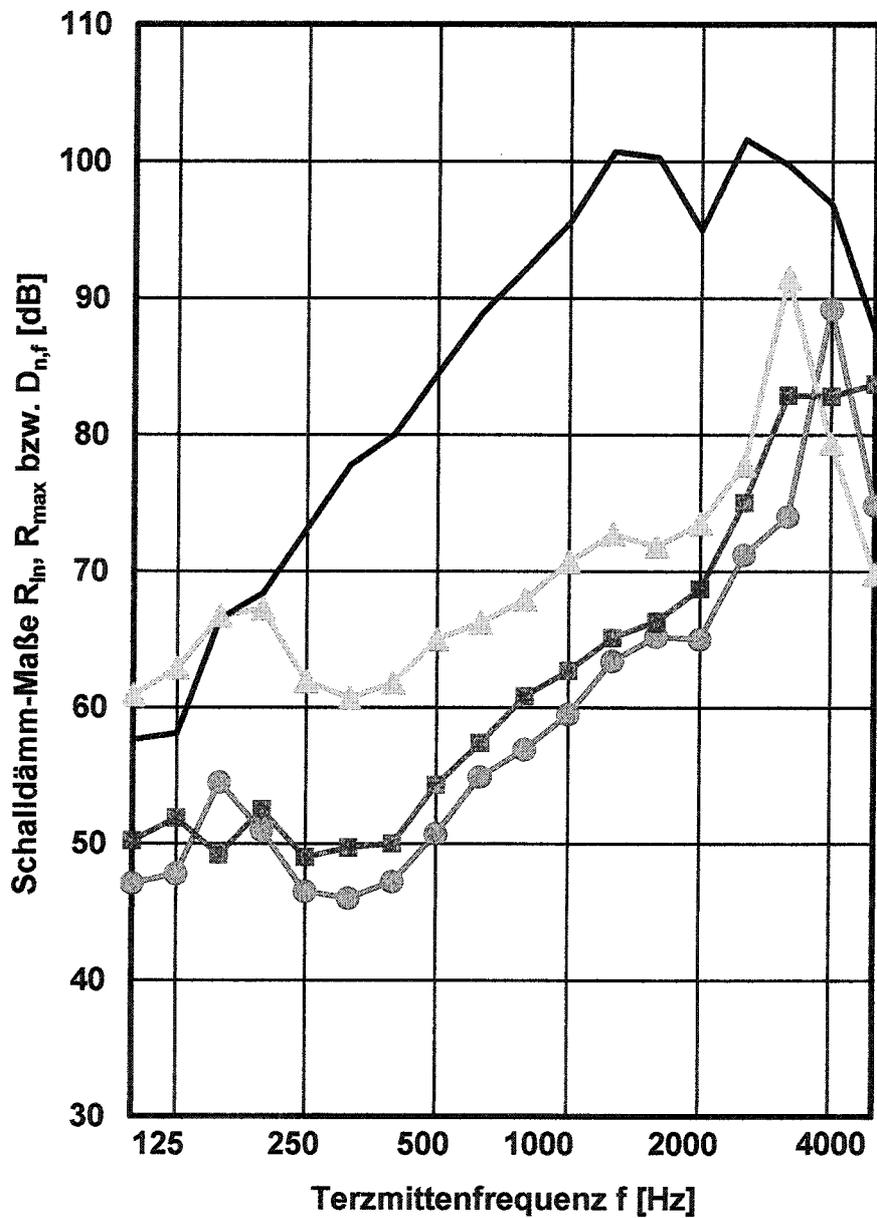


Bild 3 Ergebnisse der Intensitätsmessungen

- Legende:
- R_{in} für die KS-Wand
 - ▲ R_{in} für die hochschalldämmende Trennwand
 - $D_{n,f}$
 - R_{max}

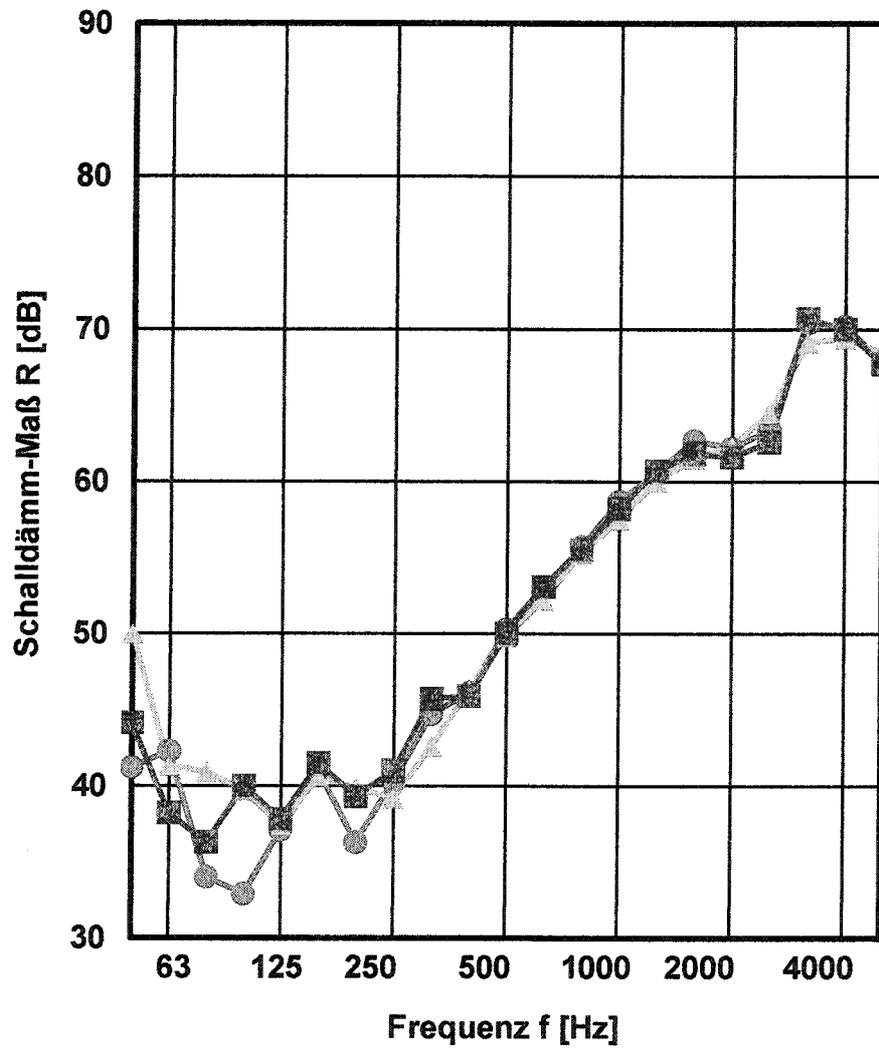


Bild 5 Schalldämm-Maß der schweren Wand, ohne Vorsatzschalen, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

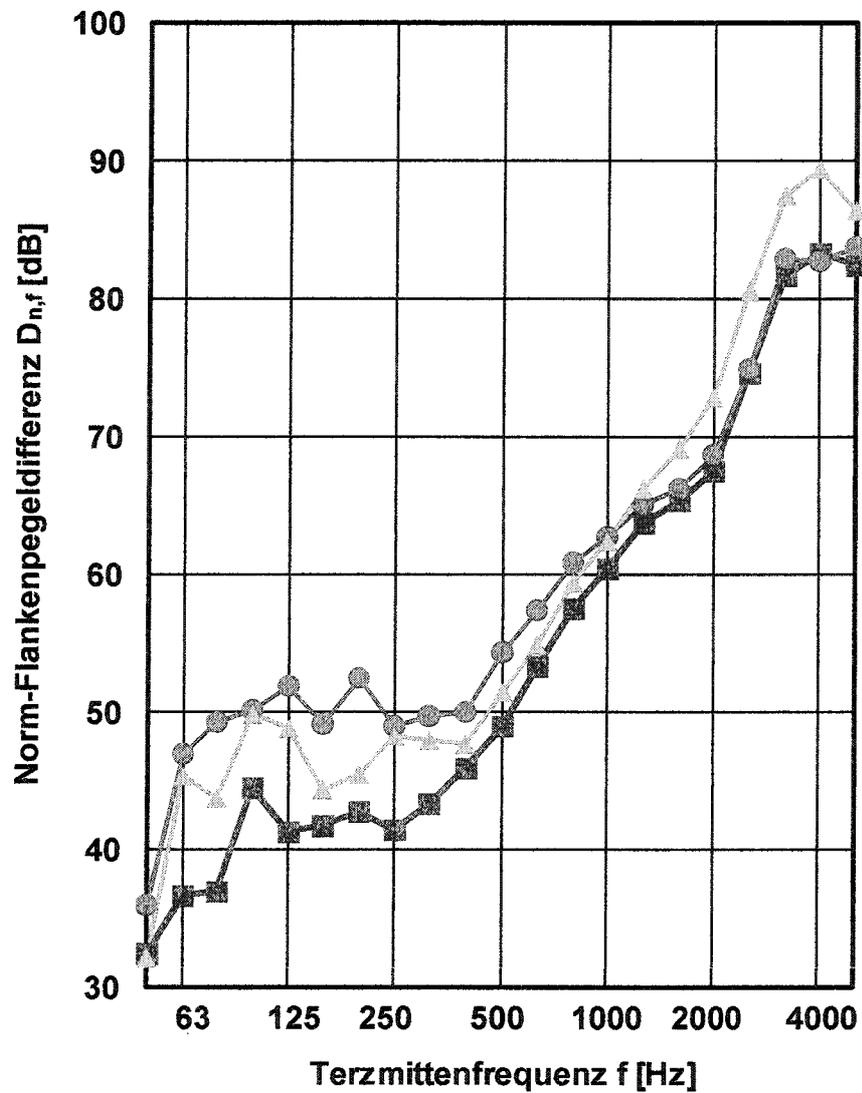


Bild 6 Norm-Flankenpegeldifferenz der schweren Wand, ohne Vorsatzschalen, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

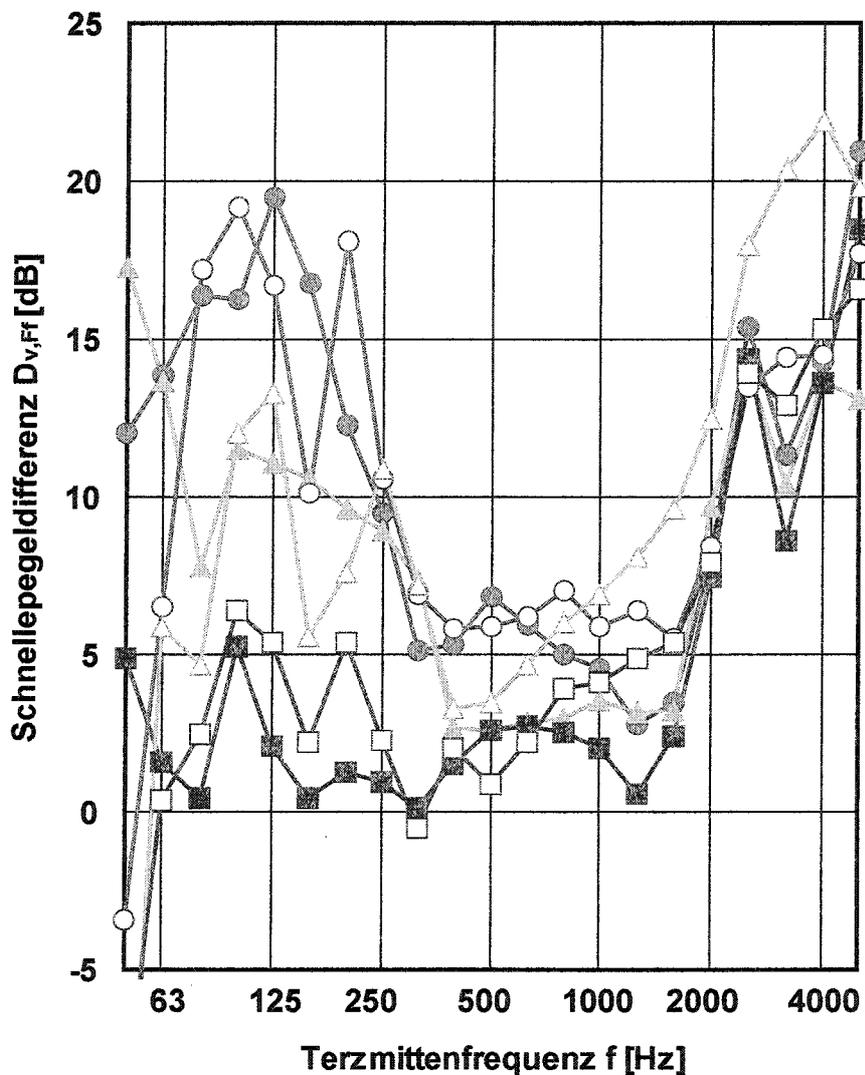


Bild 7 Schnellepegeldifferenz der schweren Wand, ohne Vorsatzschalen, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand, direkt
 - mit Querwand, indirekt
 - ▲— Teil-Querwand, direkt
 - △— Teil-Querwand, indirekt
 - ohne Querwand, direkt
 - ohne Querwand, indirekt

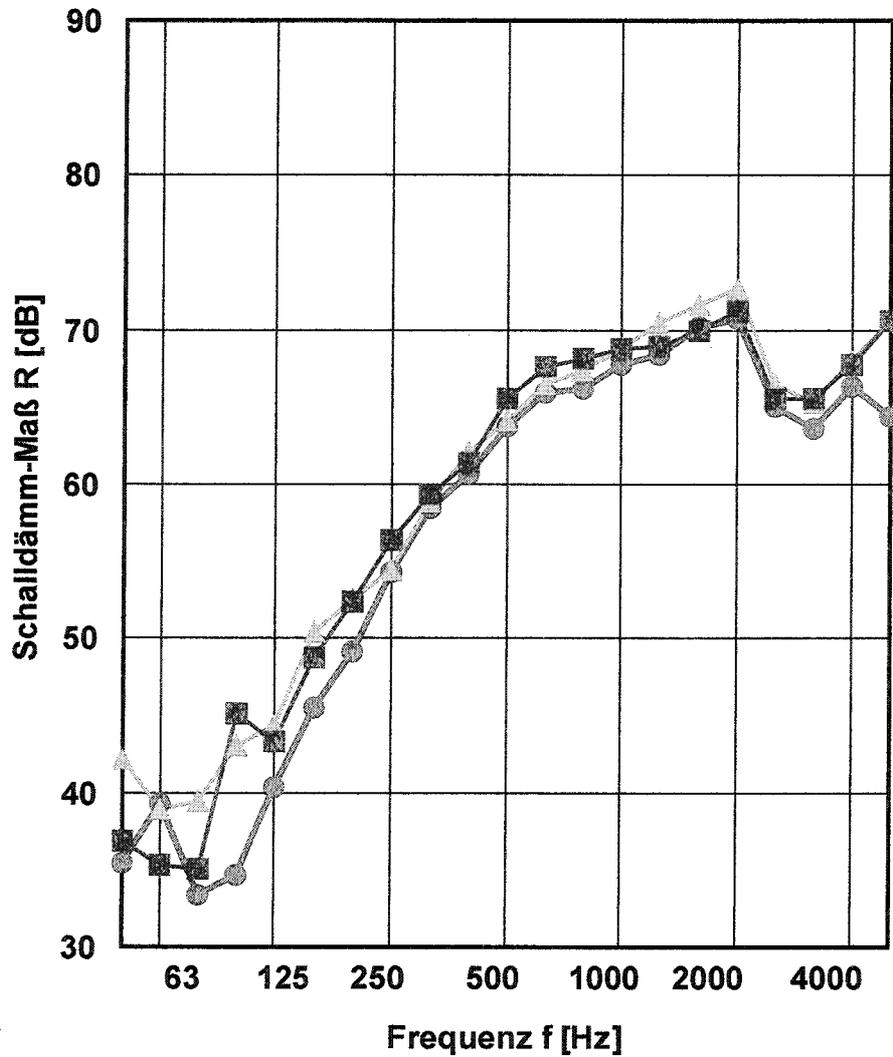


Bild 8 Schalldämm-Maß der schweren Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

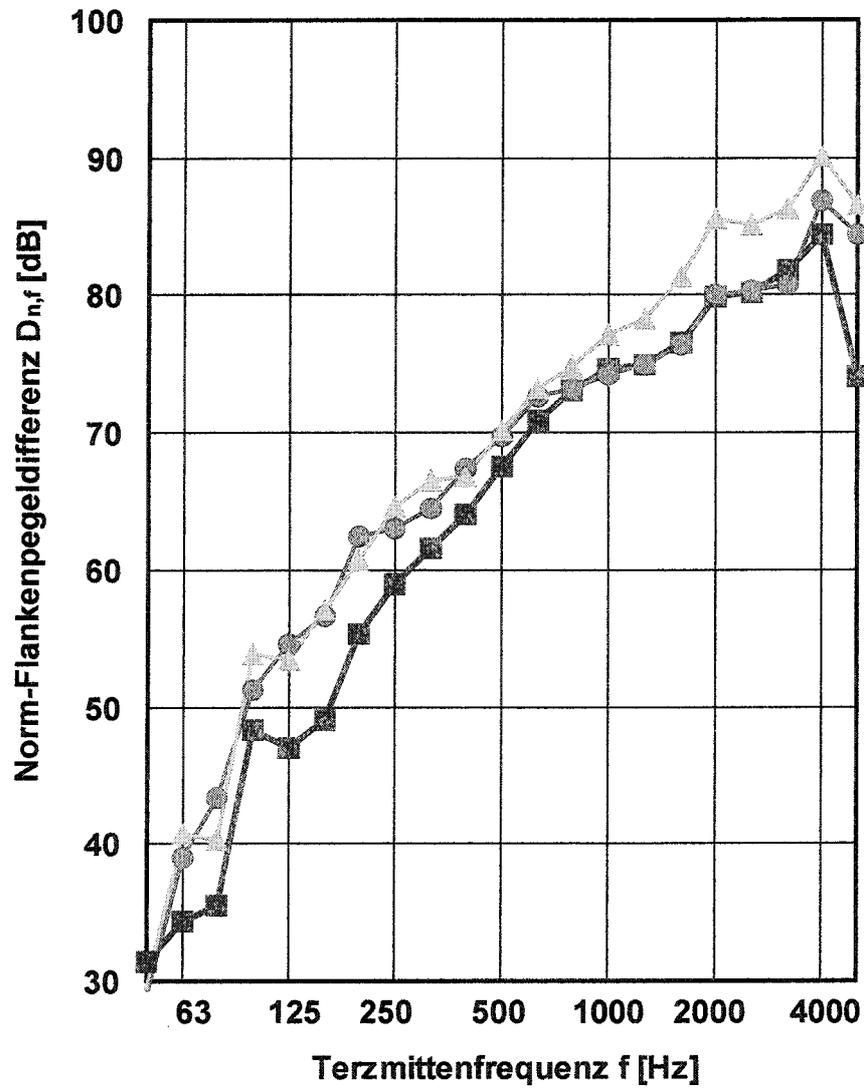


Bild 9 Norm-Flankenpegeldifferenz der schweren Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

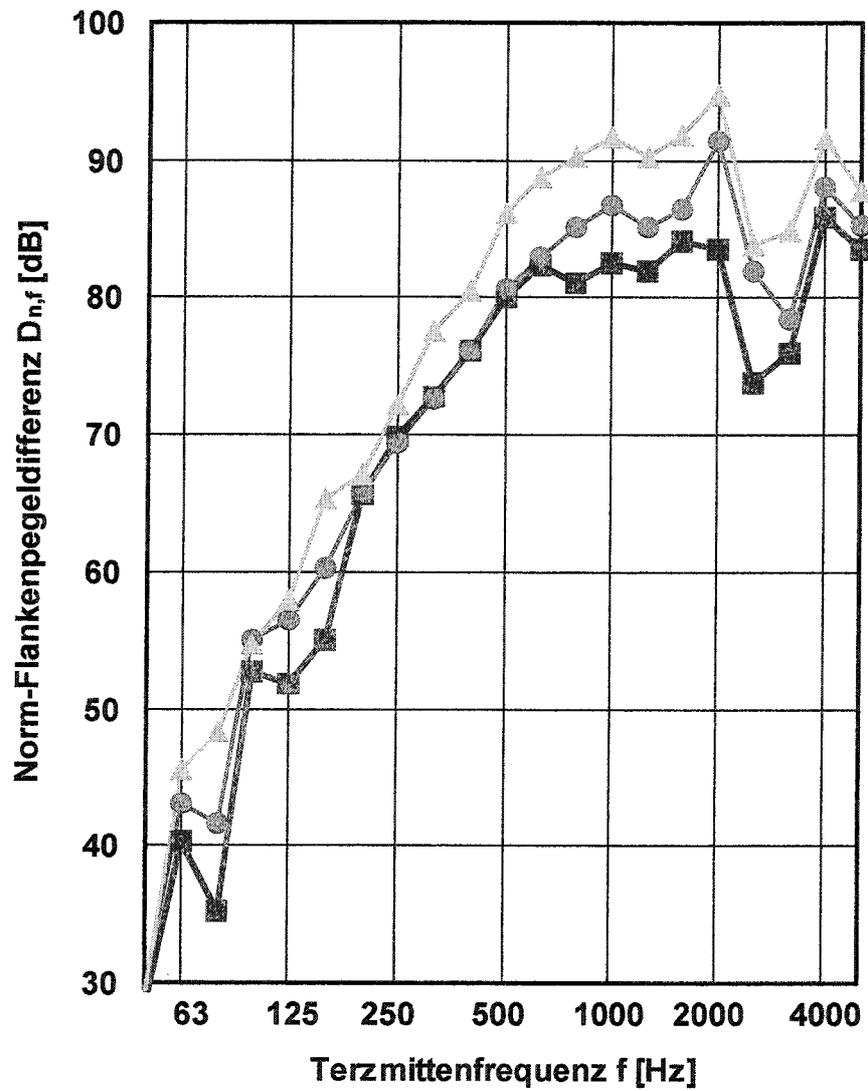


Bild 10 Norm-Flankenpegeldifferenz der schweren Wand mit zwei freistehenden Vorsatzschalen für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

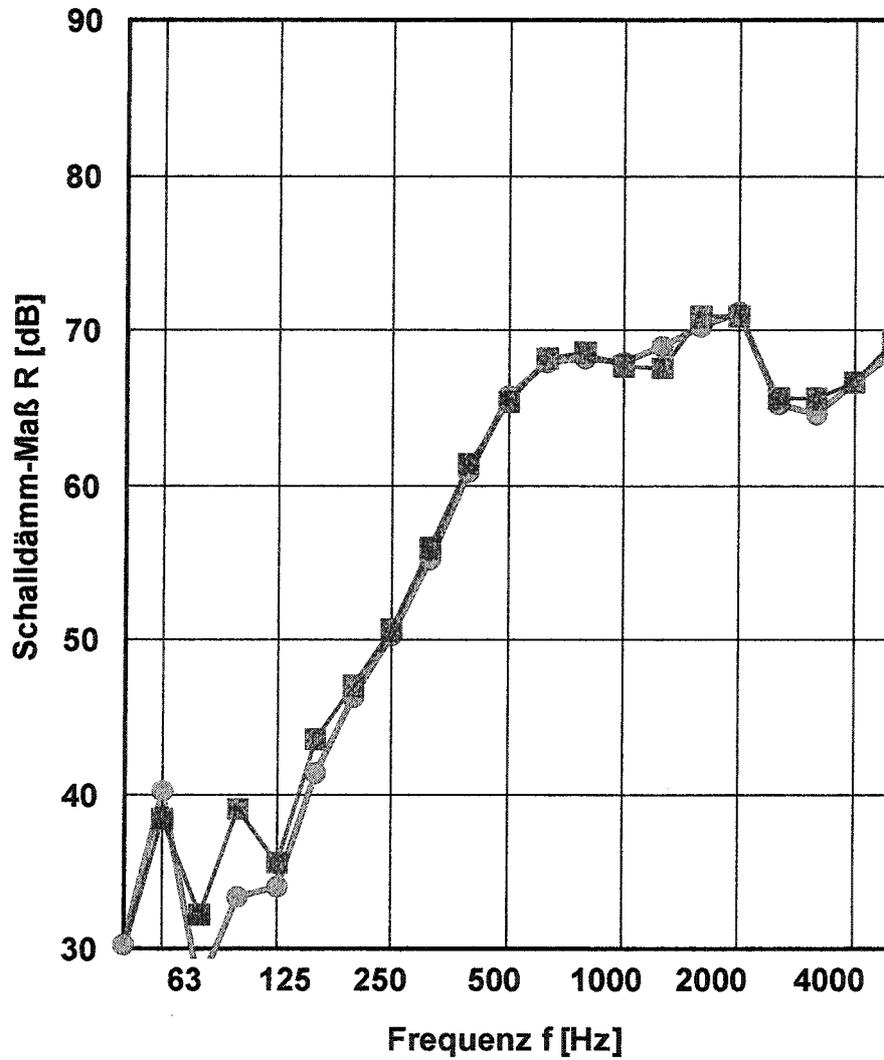


Bild 11 Schalldämm-Maß der schweren Wand mit einer Gipskartonverbundplatte als Vorsatzschale für verschiedene Stoßstellen

Legende: ● mit Querwand
 ■ ohne Querwand

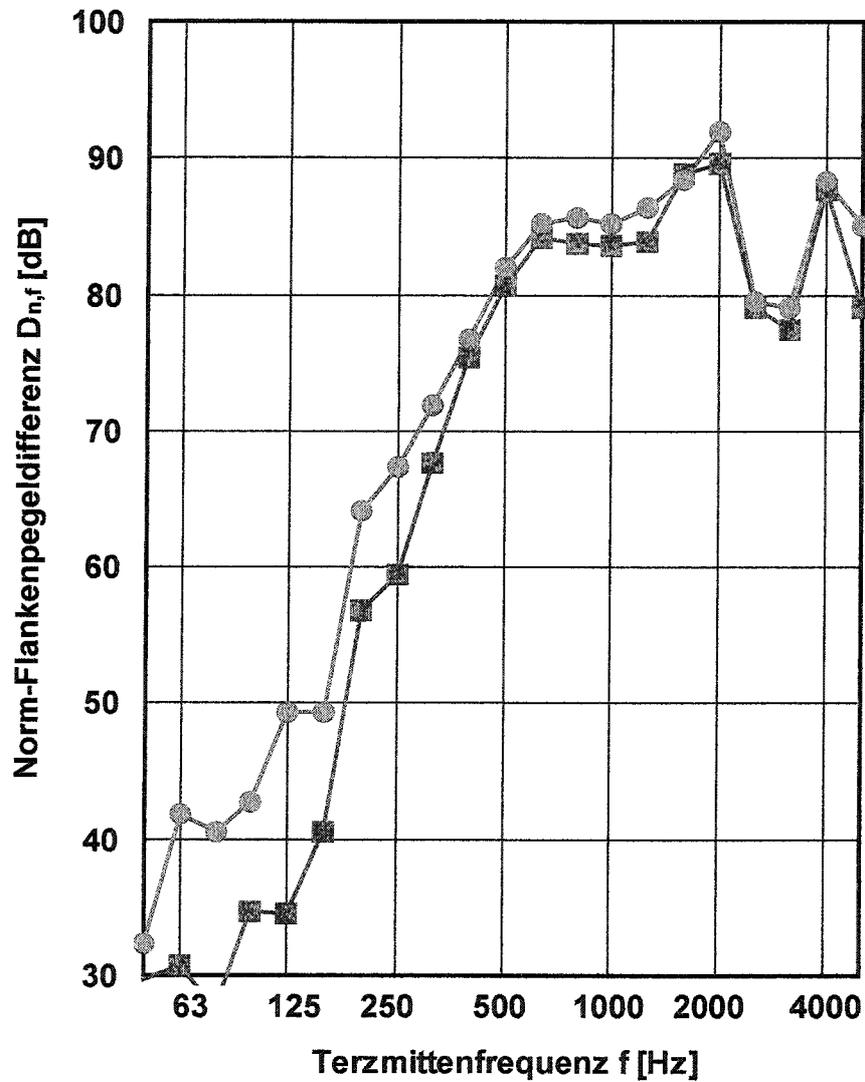


Bild 12 Norm-Flankenpegeldifferenz der schweren Wand mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten für verschiedene Stoßstellen

Legende: —○— mit Querwand
 —■— ohne Querwand

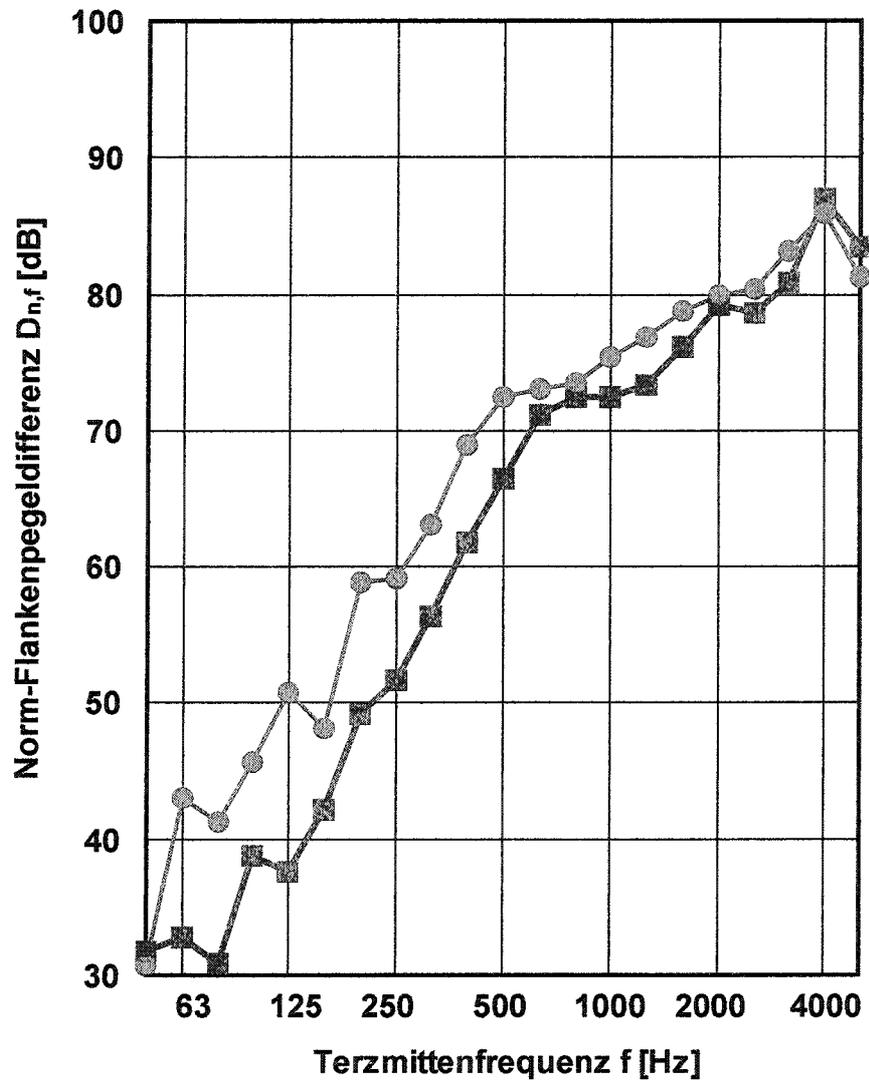


Bild 13 Norm-Flankenpegeldifferenz mit zwei Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten für verschiedene Stoßstellen

Legende: ● mit Querwand
 ■ ohne Querwand

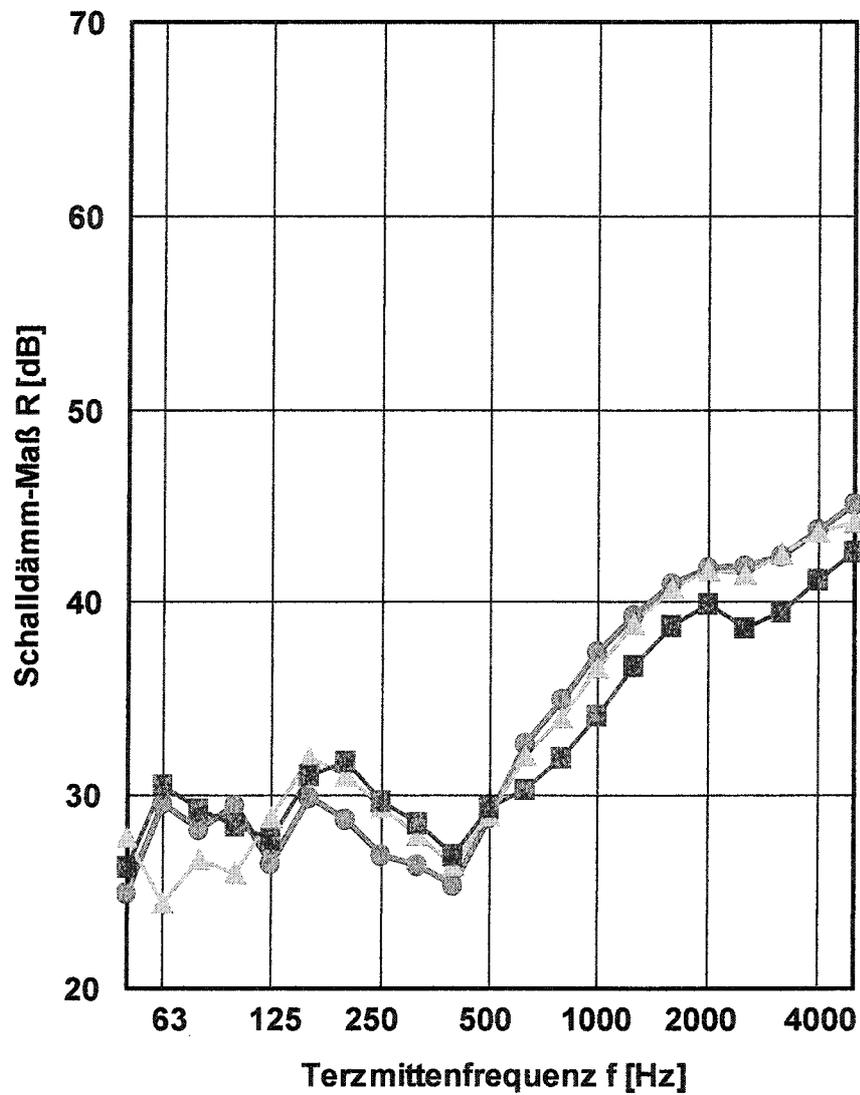


Bild 14 Schalldämm-Maß der leichten Wand, ohne Vorsatzschale, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - △— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

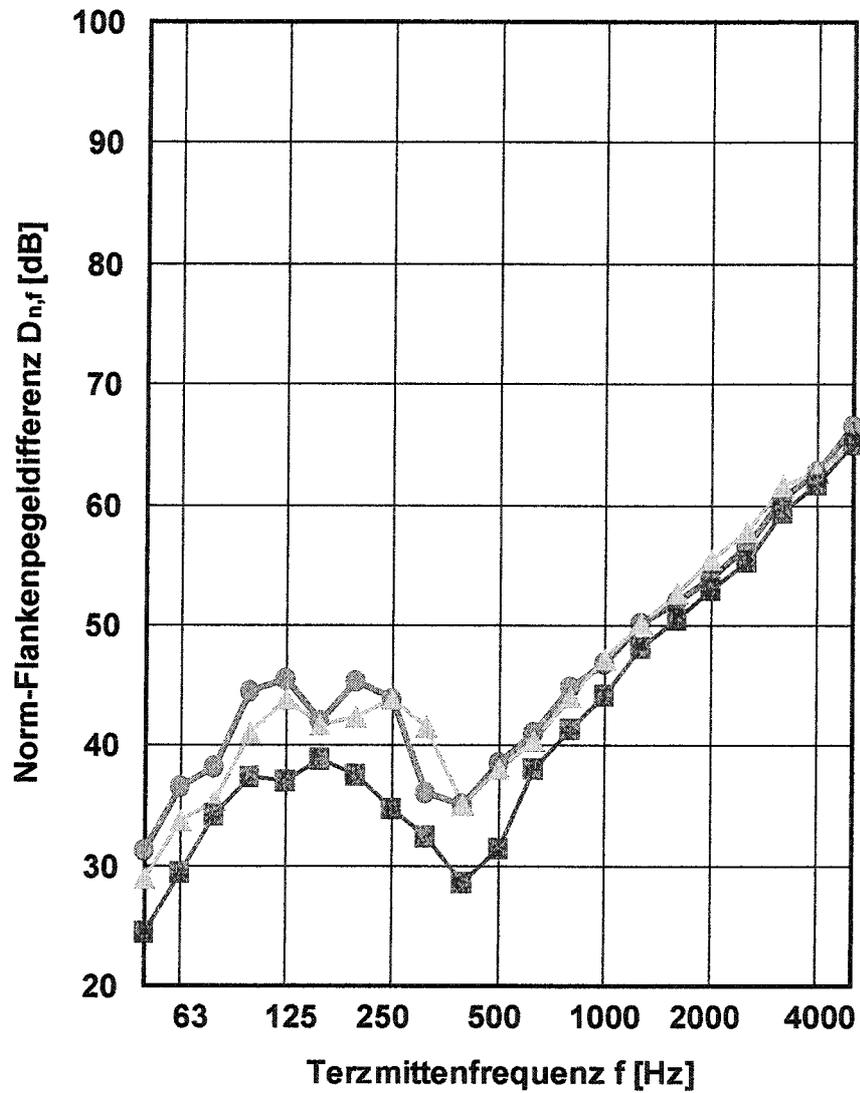


Bild 15 Norm-Flankenpegeldifferenz der leichten Wand, ohne Vorsatzschalen, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - △— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

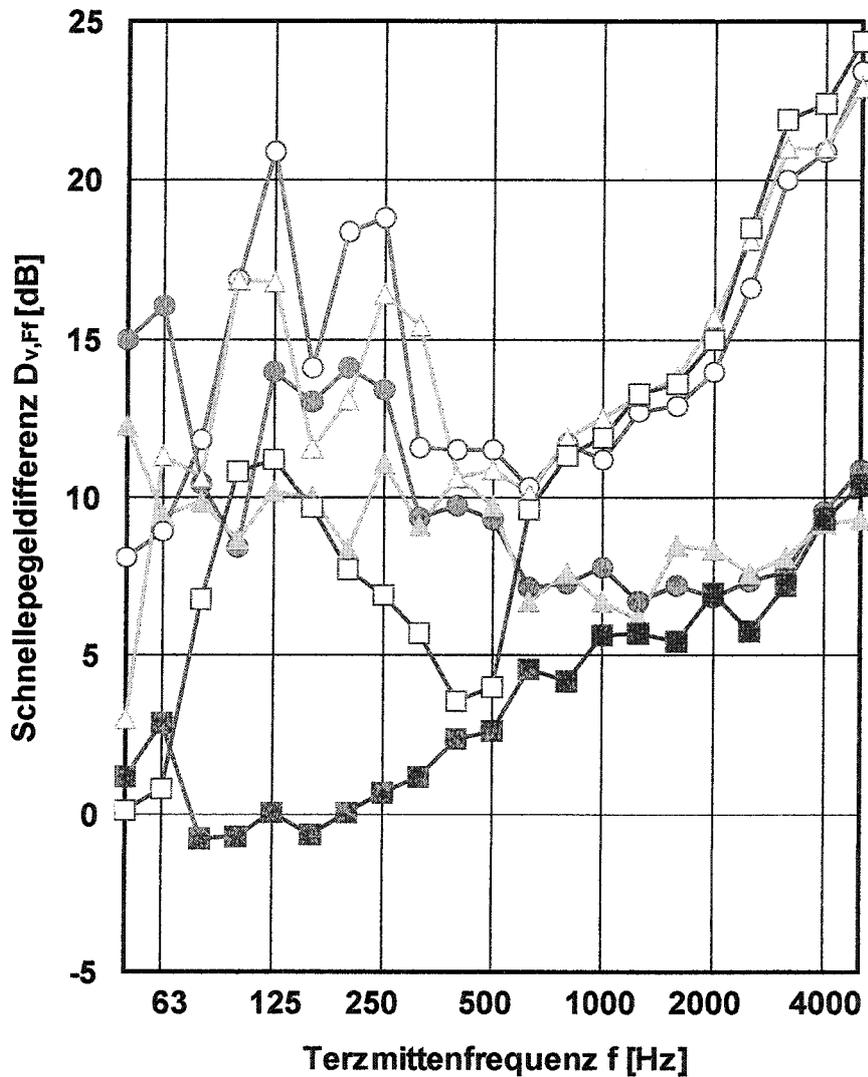


Bild 16 Schnellepegeldifferenz der leichten Wand, ohne Vorsatzschalen, für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand, direkt
 - mit Querwand, indirekt
 - ▲ Teil-Querwand, direkt
 - △ Teil-Querwand, indirekt
 - ohne Querwand, direkt
 - ohne Querwand, indirekt

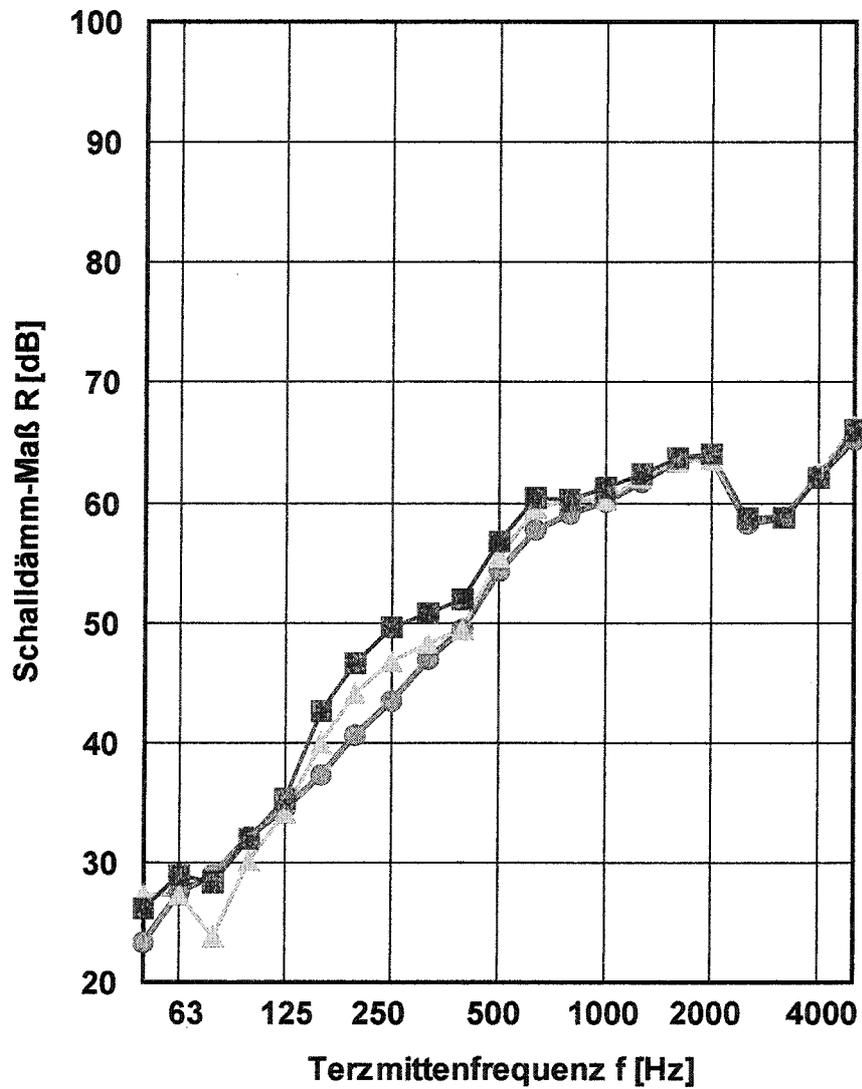


Bild 17 Schalldämm-Maß der leichten Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

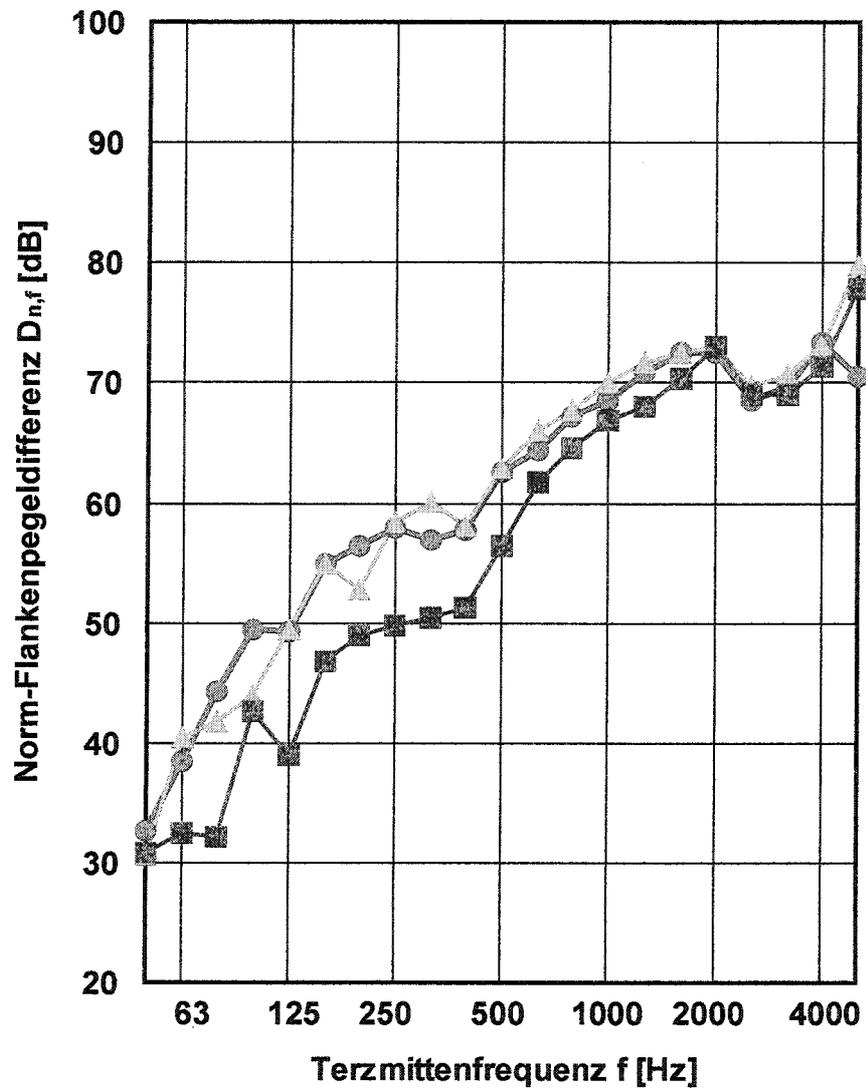


Bild 18 Norm-Flankenpegeldifferenz der leichten Wand mit einer freistehenden Vorsatzschale für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

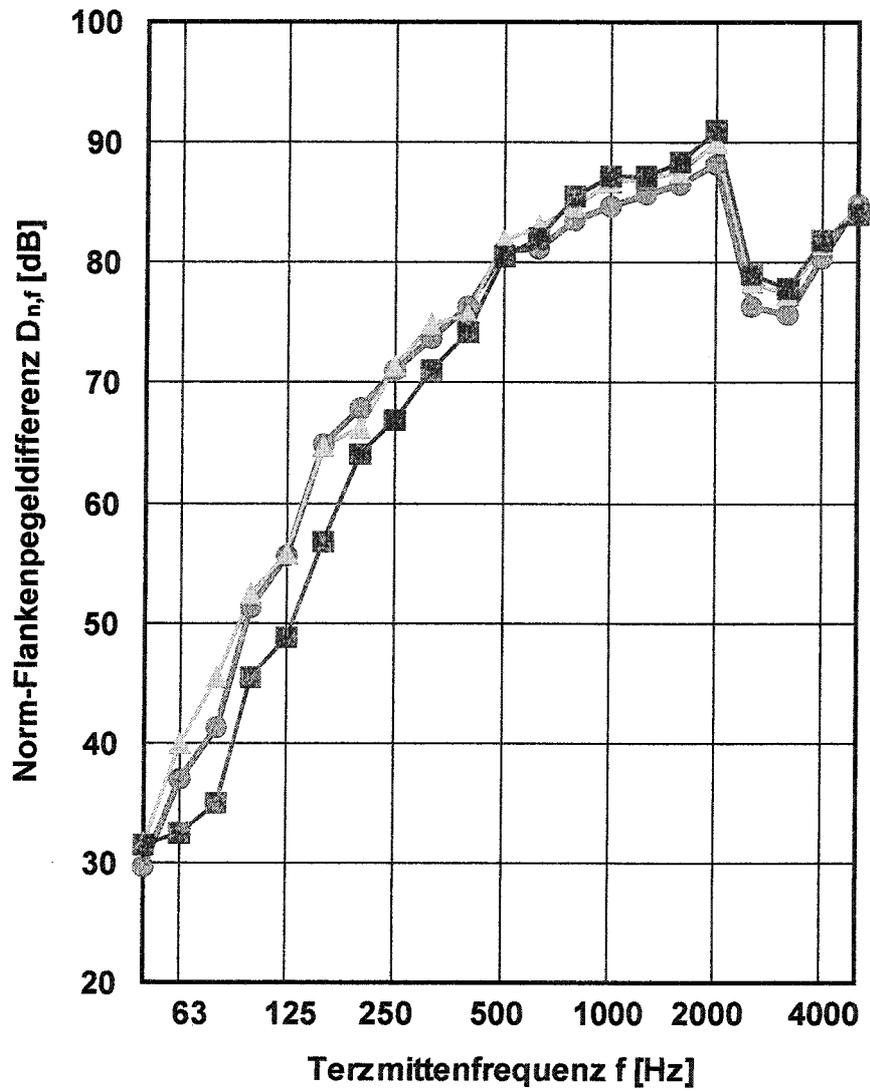


Bild 19 Norm-Flankenpegeldifferenz der leichten Wand mit zwei freistehenden Vorsatzschalen für verschiedene Stoßstellen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

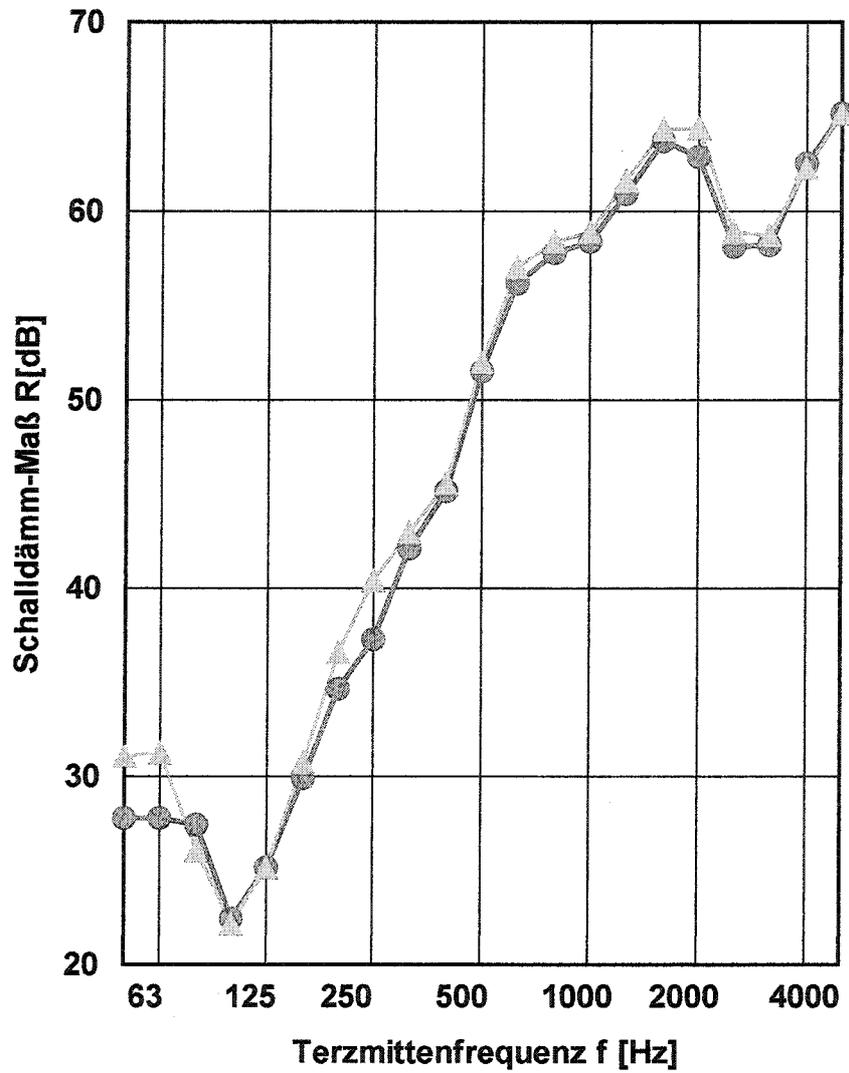


Bild 20 Schalldämm-Maß der leichten Wand mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten für verschiedene Stoßstellen

Legende: ● mit Querwand
 ▲ Teil-Querwand

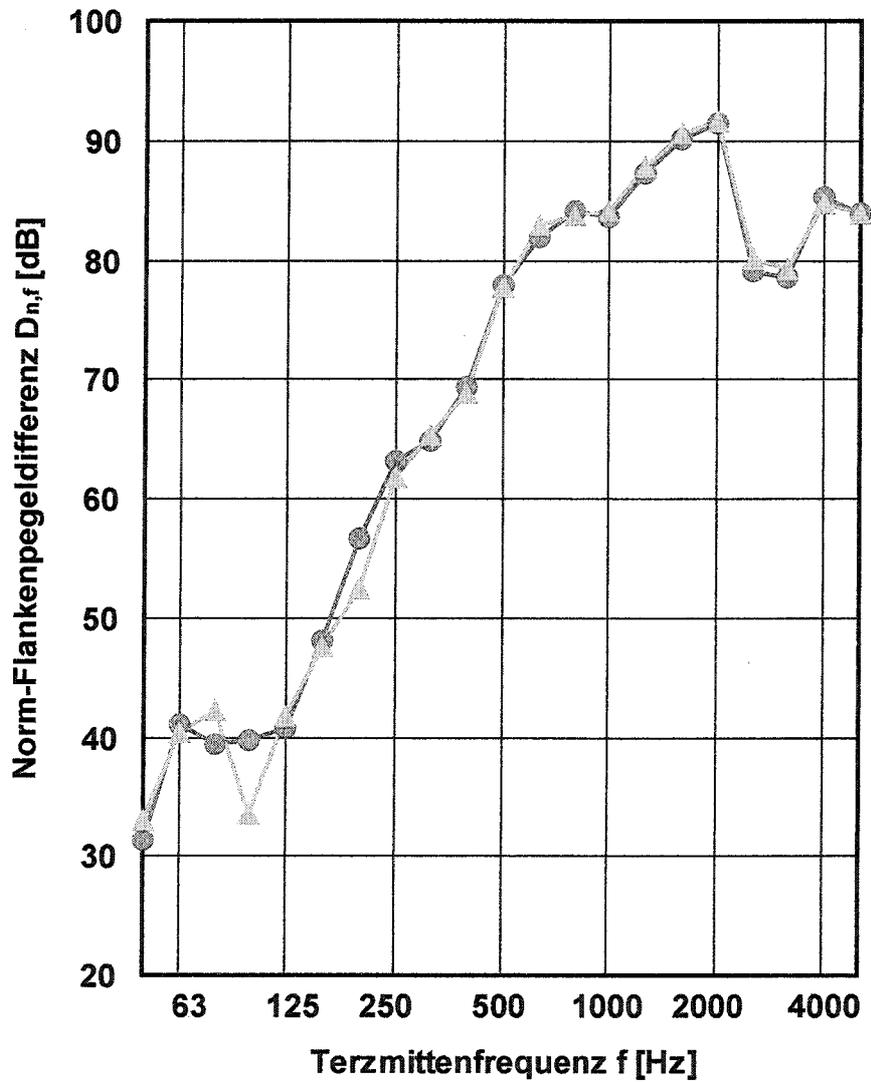


Bild 21 Norm-Flankenpegeldifferenz der leichten Wand mit einer Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundelementen für verschiedene Stoßstellen

Legende:
● mit Querwand
▲ Teil-Querwand

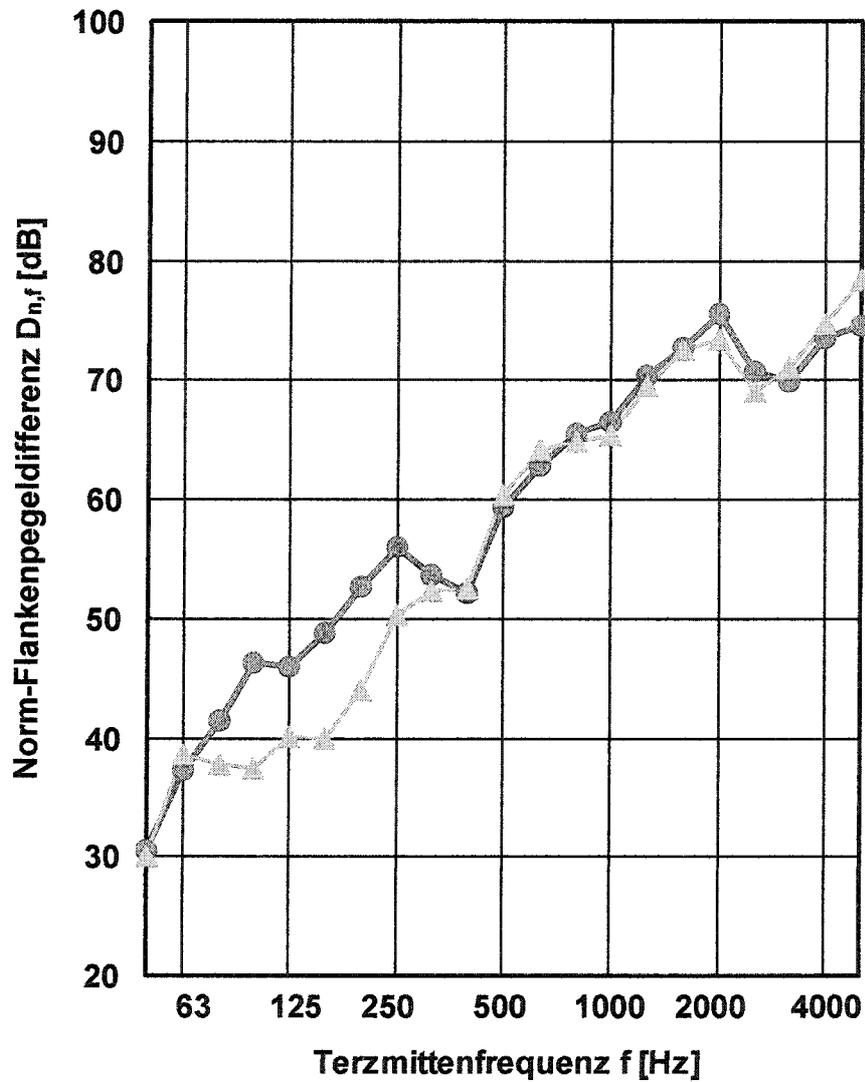


Bild 22 Norm-Flankenpegeldifferenz der leichten Wand mit zwei Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundelementen für verschiedene Stoßstellen

Legende:
 ● mit Querwand
 ▲ Teil-Querwand

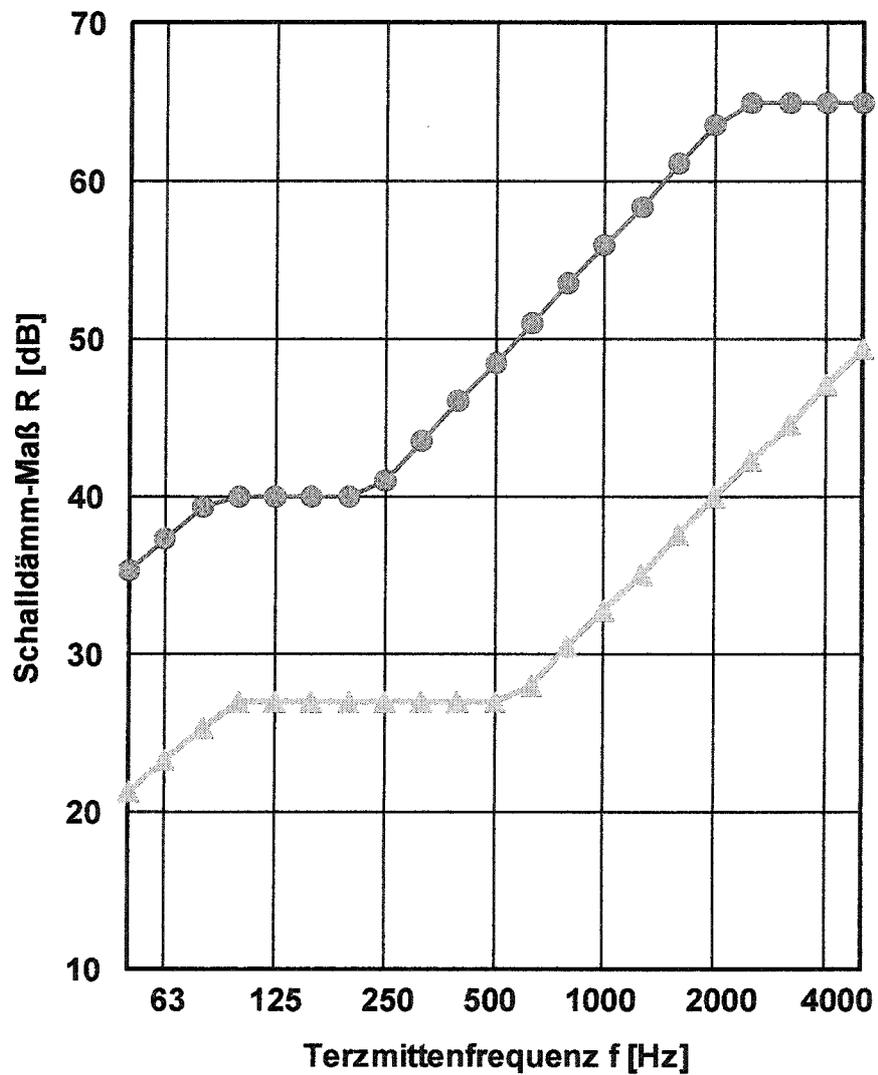


Bild 23 Bezugskurven für die Berechnung des Verbesserungsmaßes in Anlehnung an prEN ISO 140-16

Legende: ● Schwere Wand
 ▲ Leichte Wand

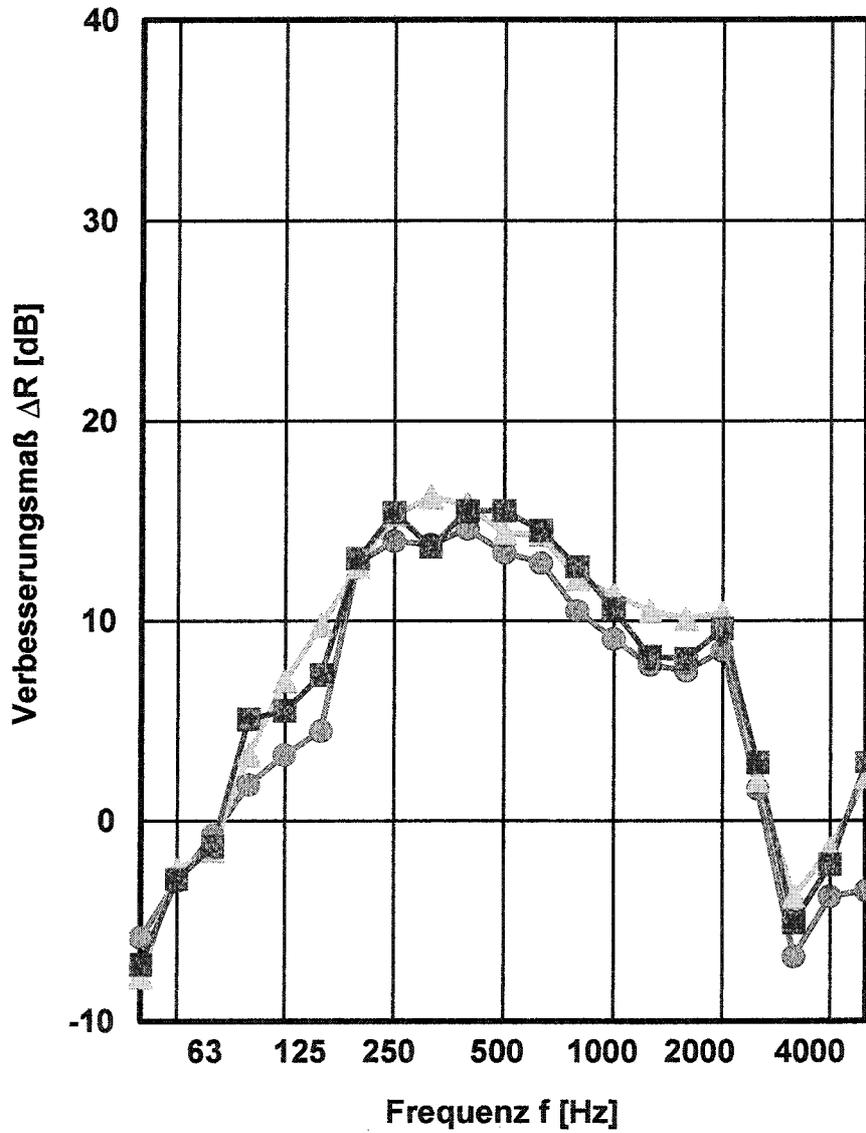


Bild 24 Verbesserung der Schalldämmung ΔR einer schweren Trägerwand durch eine freistehende Vorsatzschale

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

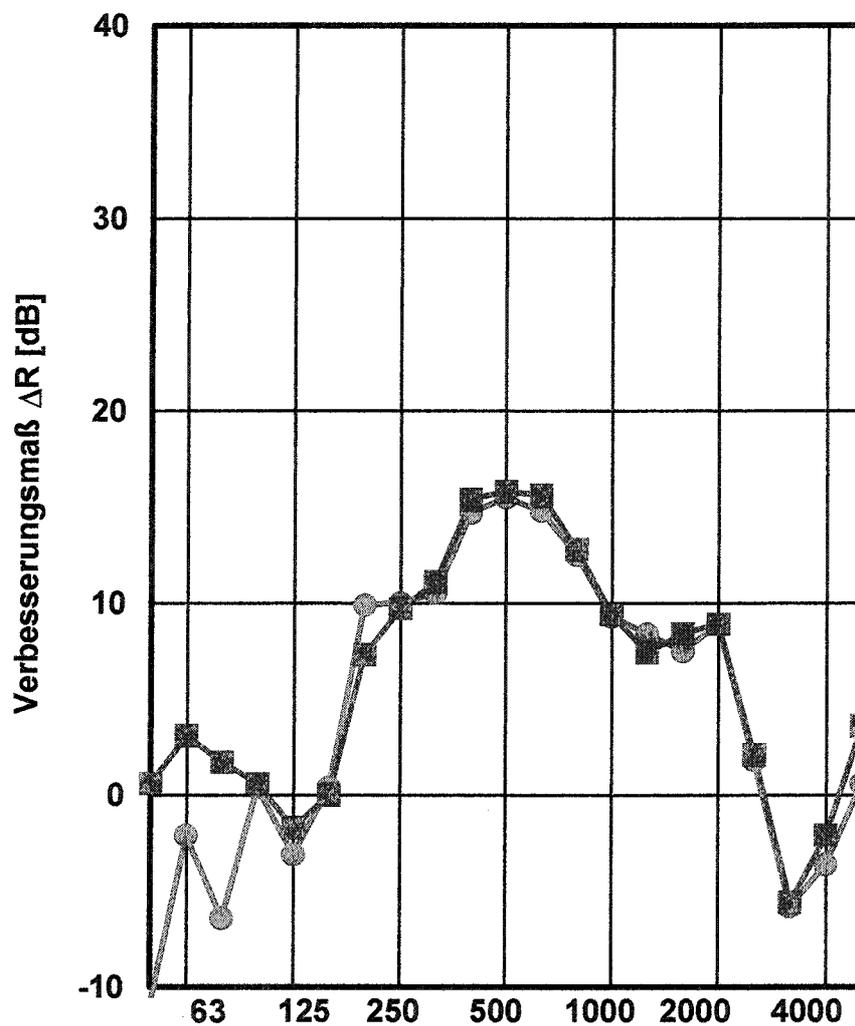


Bild 25 Verbesserung der Schalldämmung ΔR einer schweren Trägerwand durch eine Verbundplatte

Legende:
 ● mit Querwand
 ■ ohne Querwand

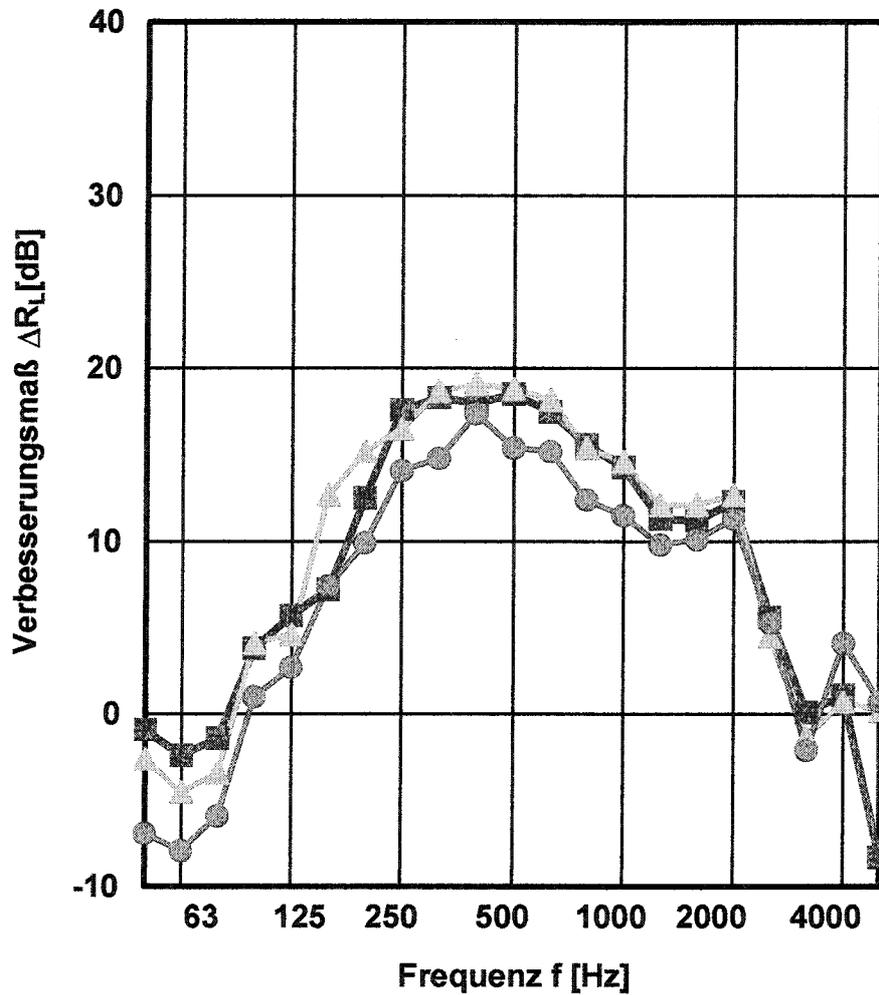


Bild 26 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer schweren Trägerwand durch eine freistehende Vorsatzschale

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

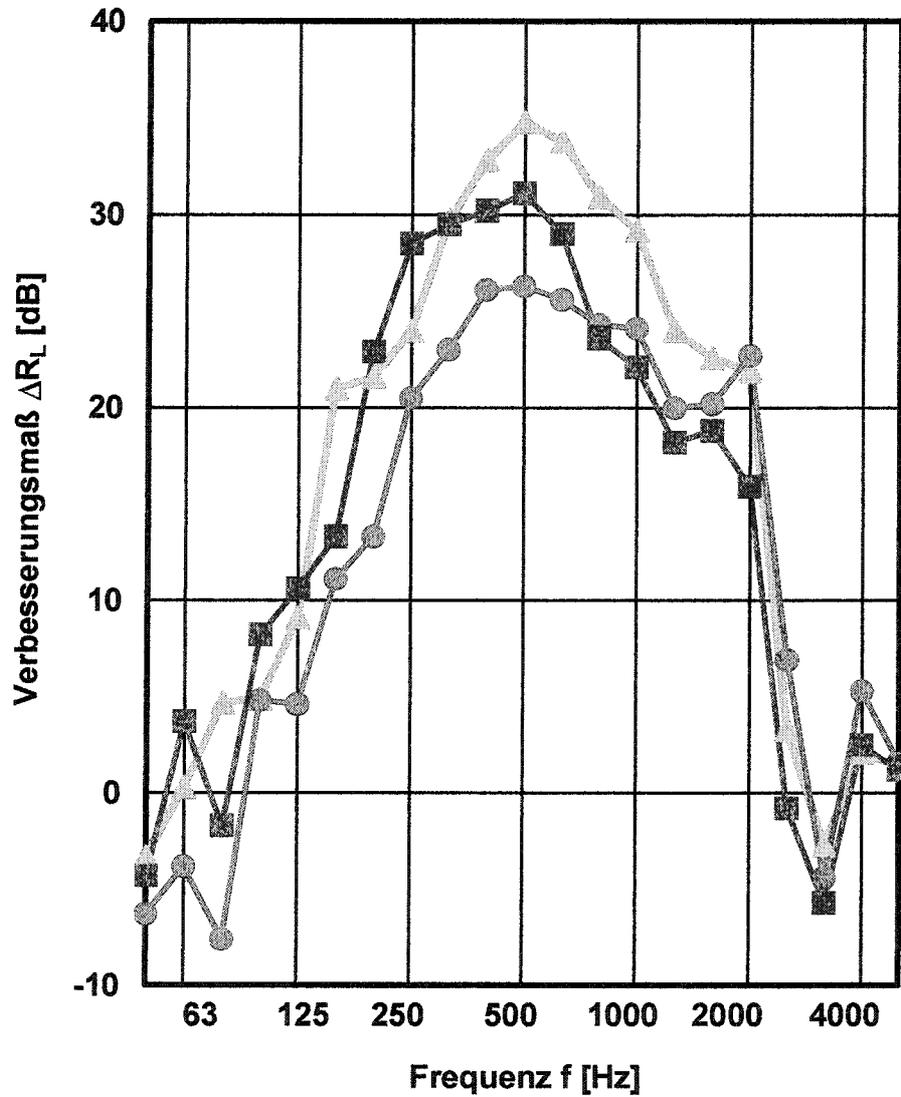


Bild 27 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer schweren Trägerwand durch zwei freistehende Vorsatzschalen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

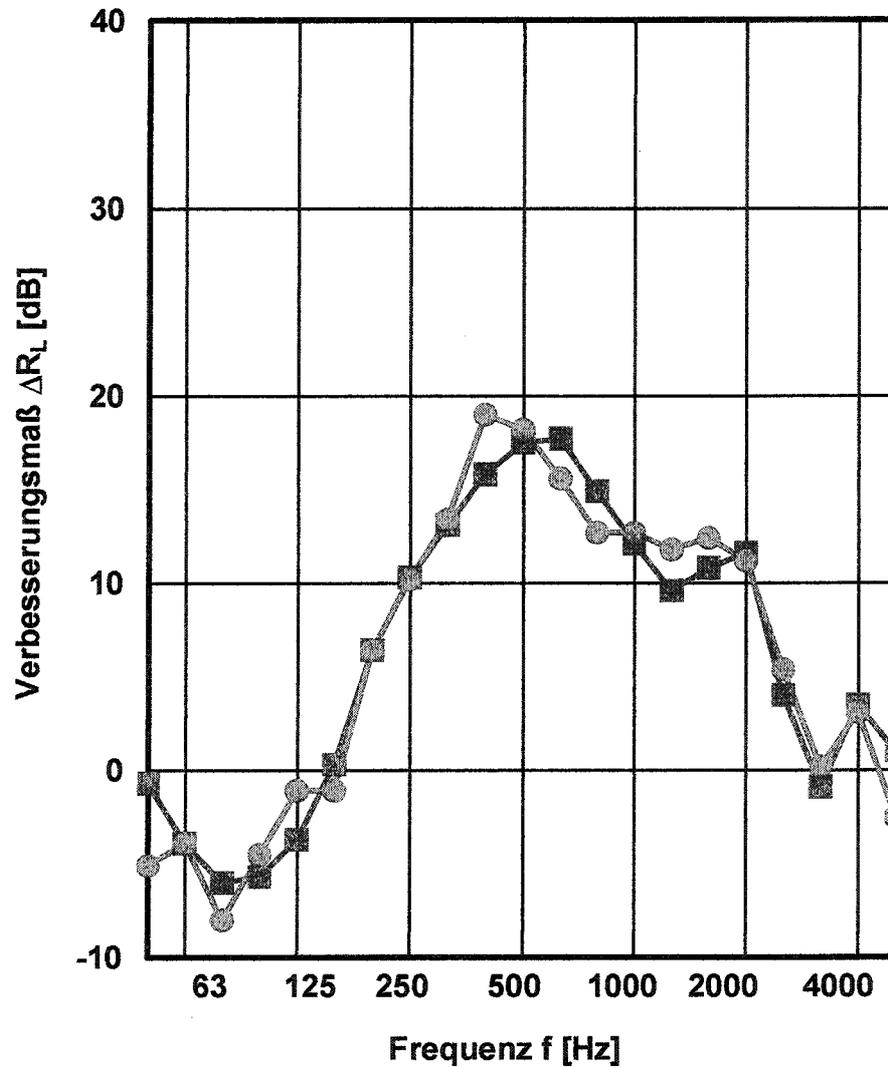


Bild 28 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer schweren Wand durch eine Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten

Legende: ● mit Querwand
■ ohne Querwand

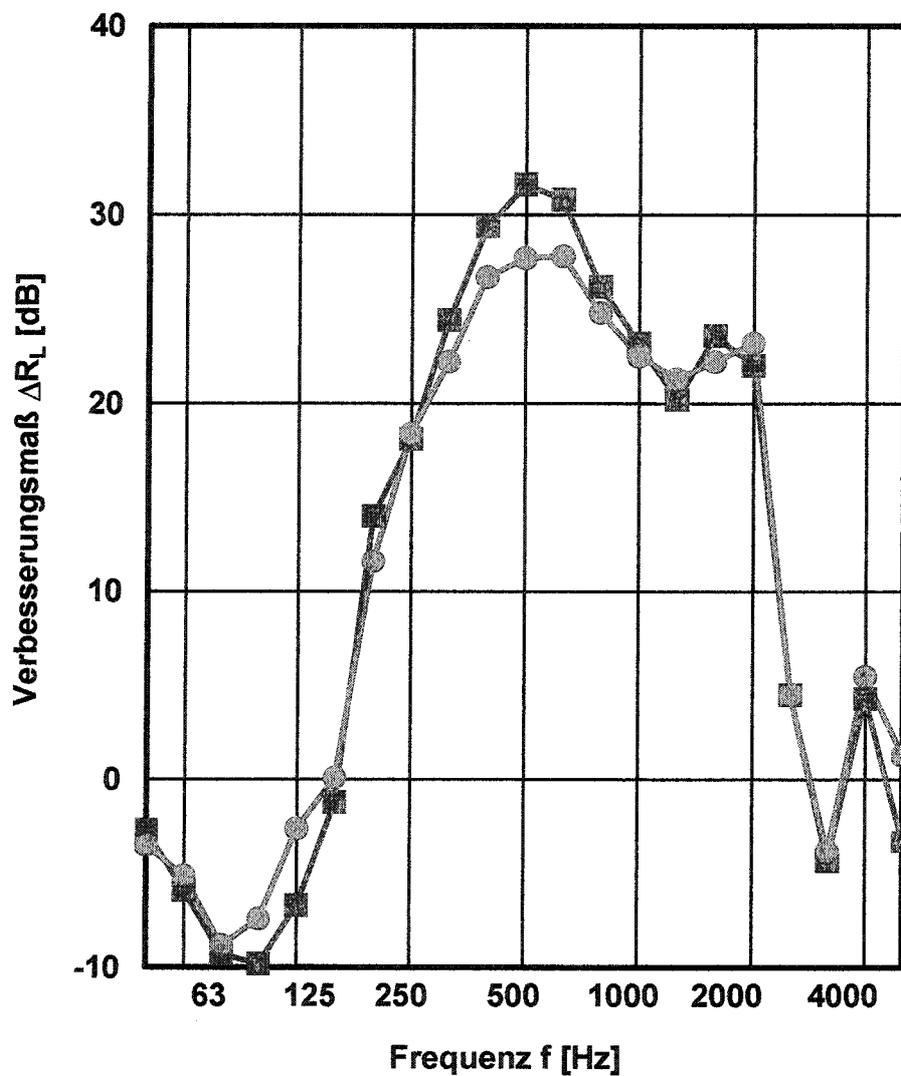


Bild 29 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer schweren Trägerwand durch zwei Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten

Legende: ● mit Querwand
 ■ ohne Querwand

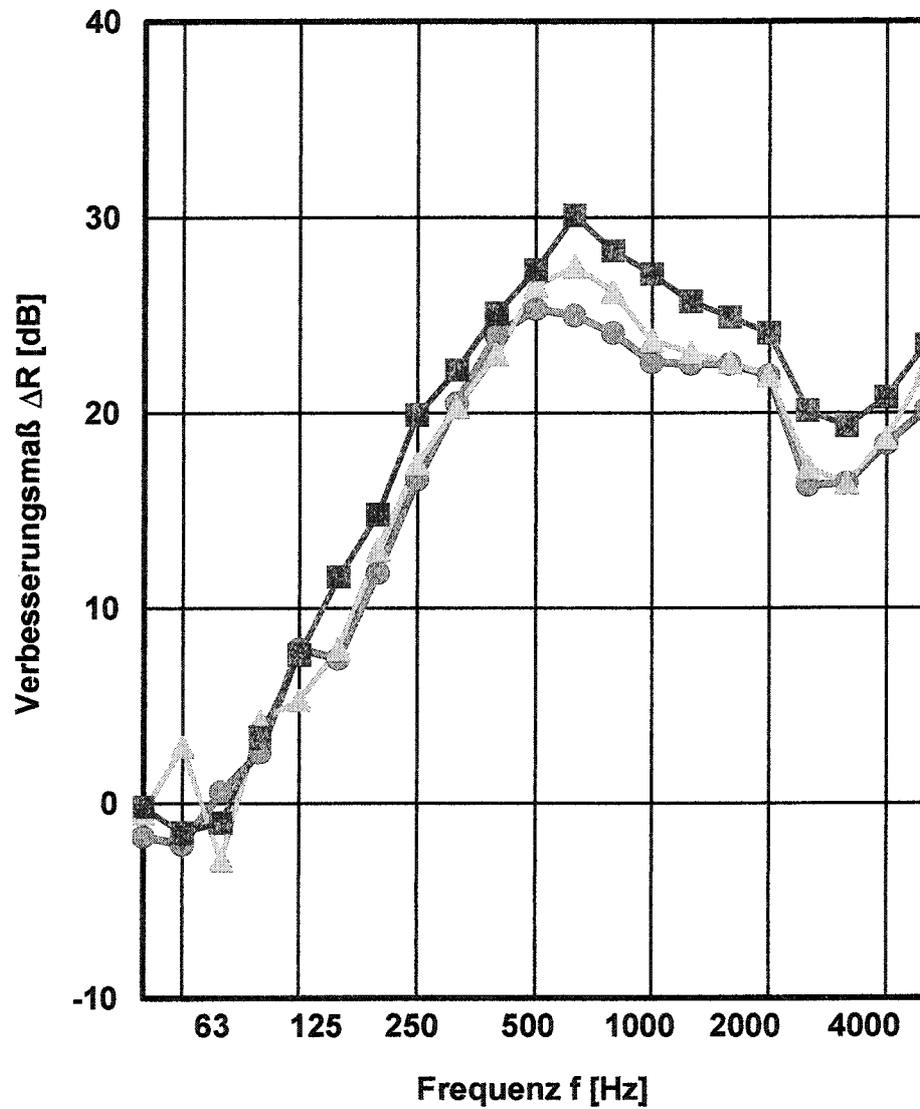


Bild 30 Verbesserung der Schalldämmung ΔR einer leichten Trägerwand durch eine freistehende Vorsatzschale

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

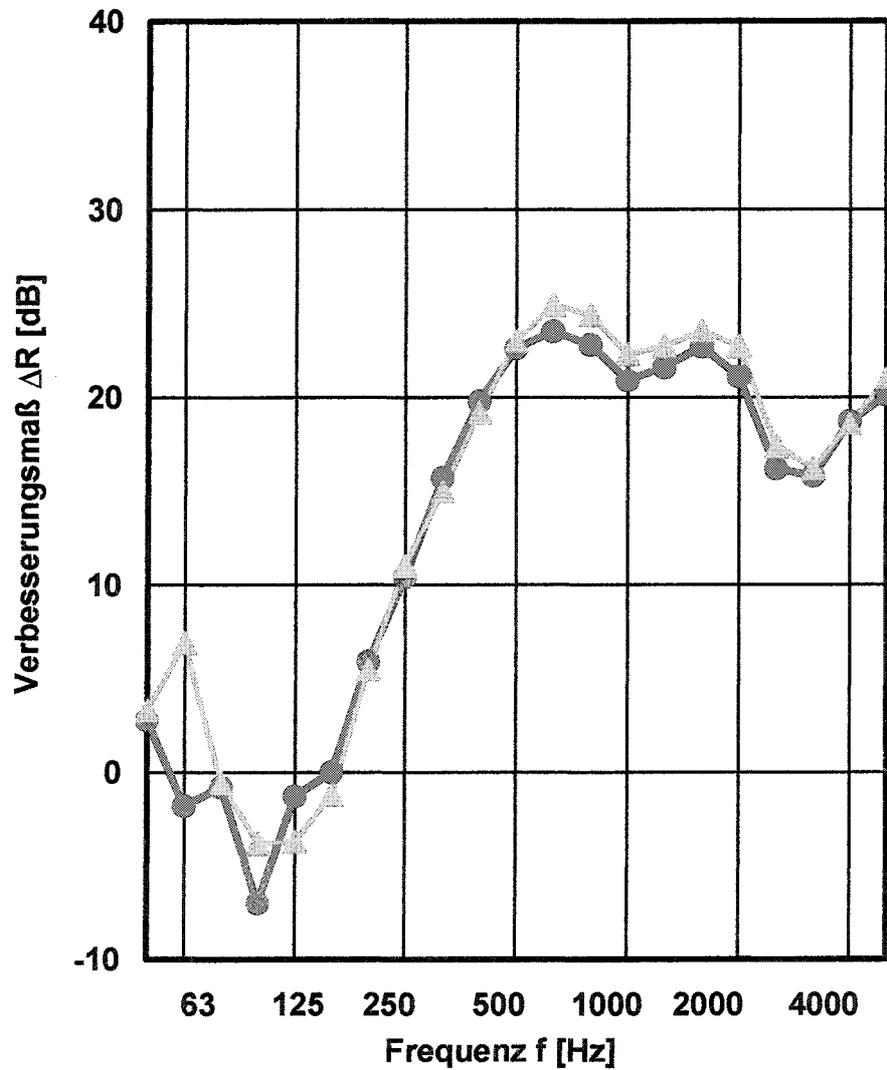


Bild 31 Verbesserung der Schalldämmung ΔR einer leichten Trägerwand durch eine Vorsatzschale aus Gipskarton-Verbundplatten

Legende:  mit Querwand
 Teilquerwand

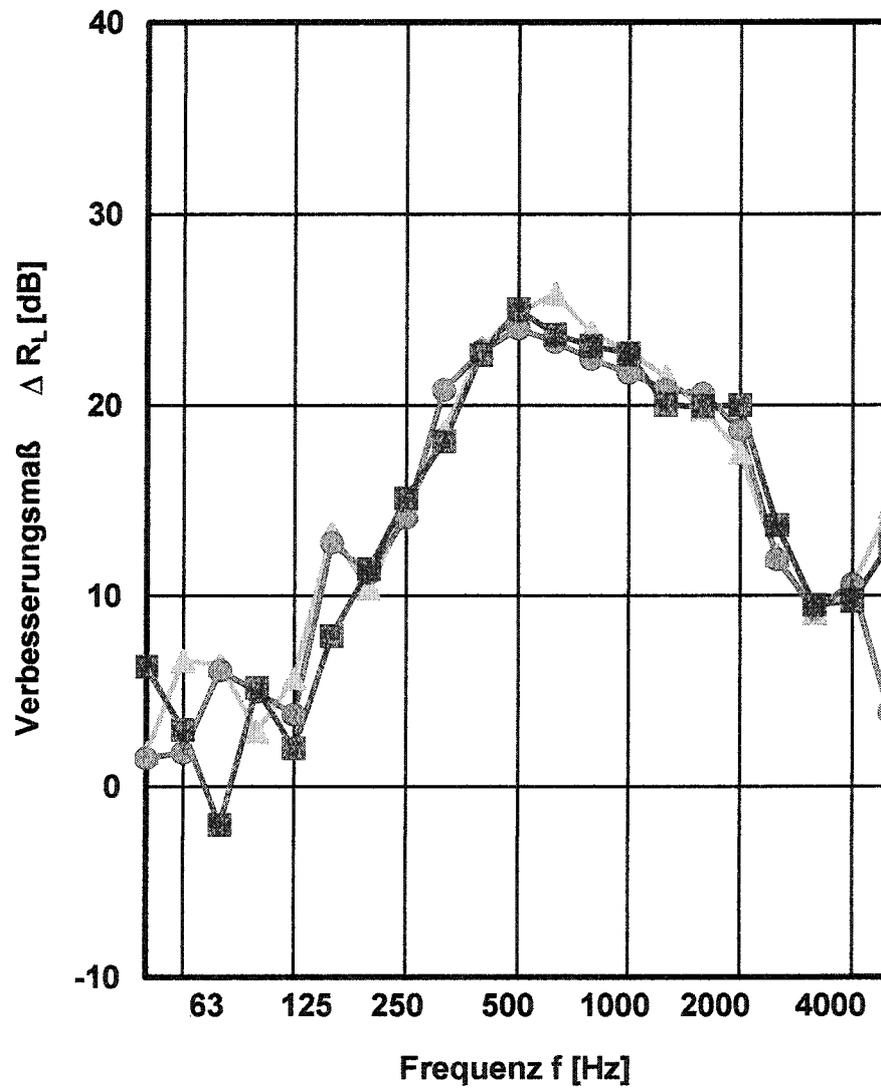


Bild 32 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer leichten Trägerwand durch eine freistehende Vorsatzschale

Legende:
● mit Querwand
▲ Teil-Querwand
■ ohne Querwand

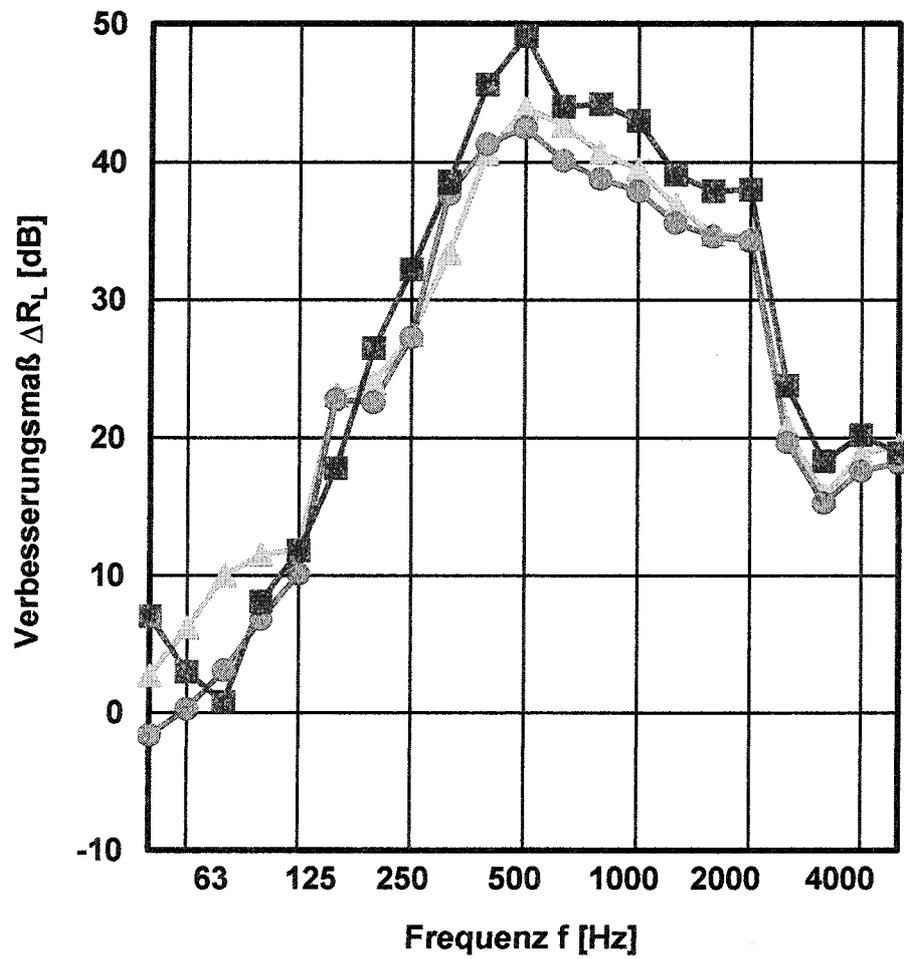


Bild 33 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer leichten Trägerwand durch zwei freistehende Vorsatzschalen

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

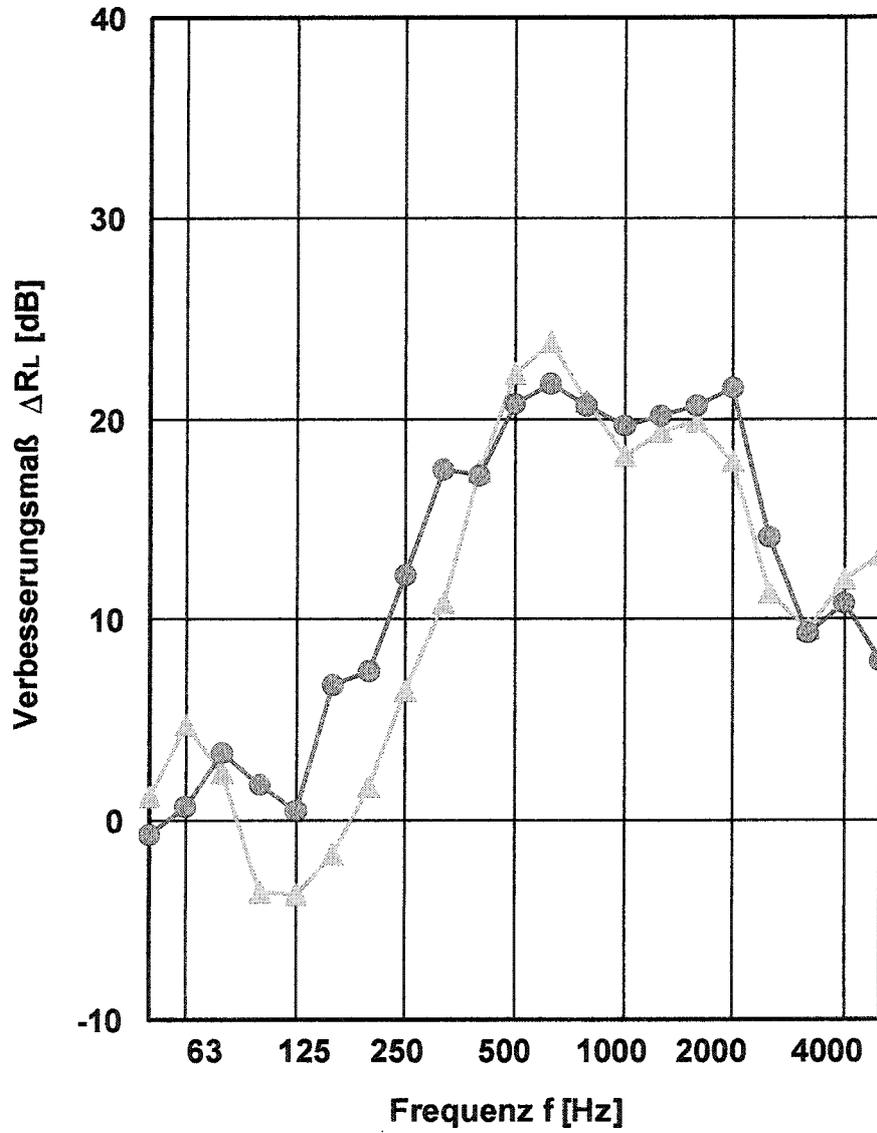


Bild 34 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer leichten Trägerwand durch eine Vorsatzschale aus Verbundplatten

Legende:  mit Querwand
 Teil-Querwand

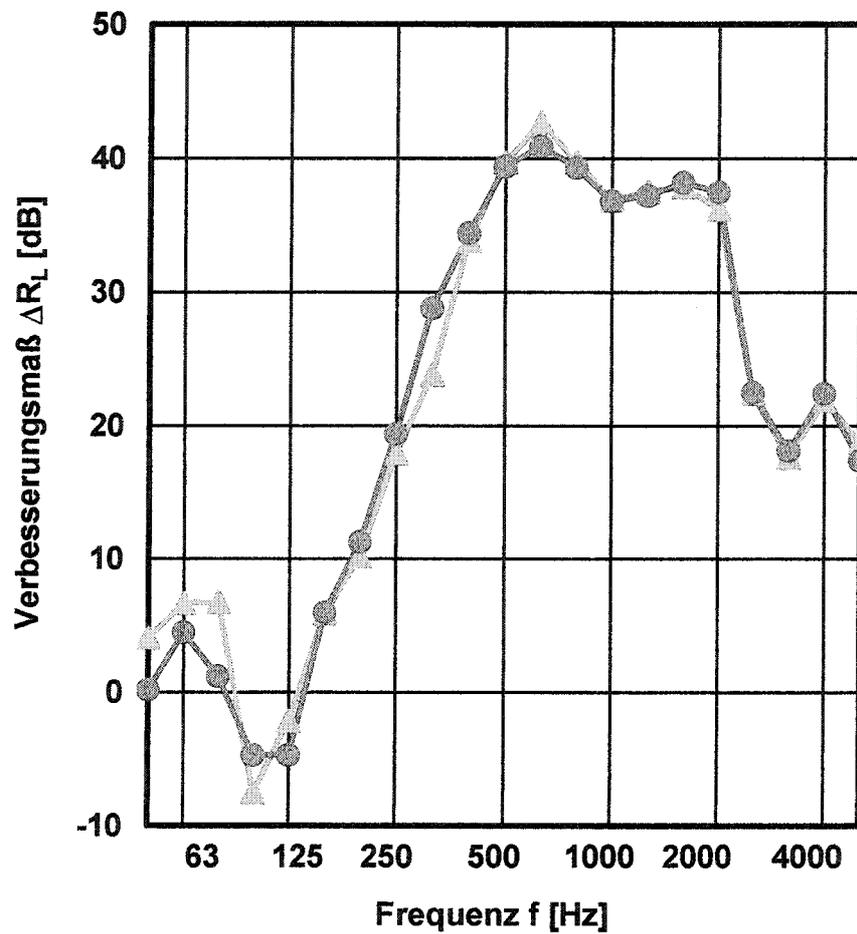


Bild 35 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer leichten Trägerwand durch zwei Vorsatzschalen aus Verbundplatten

Legende: ● mit Querwand
 ▲ Teil-Querwand

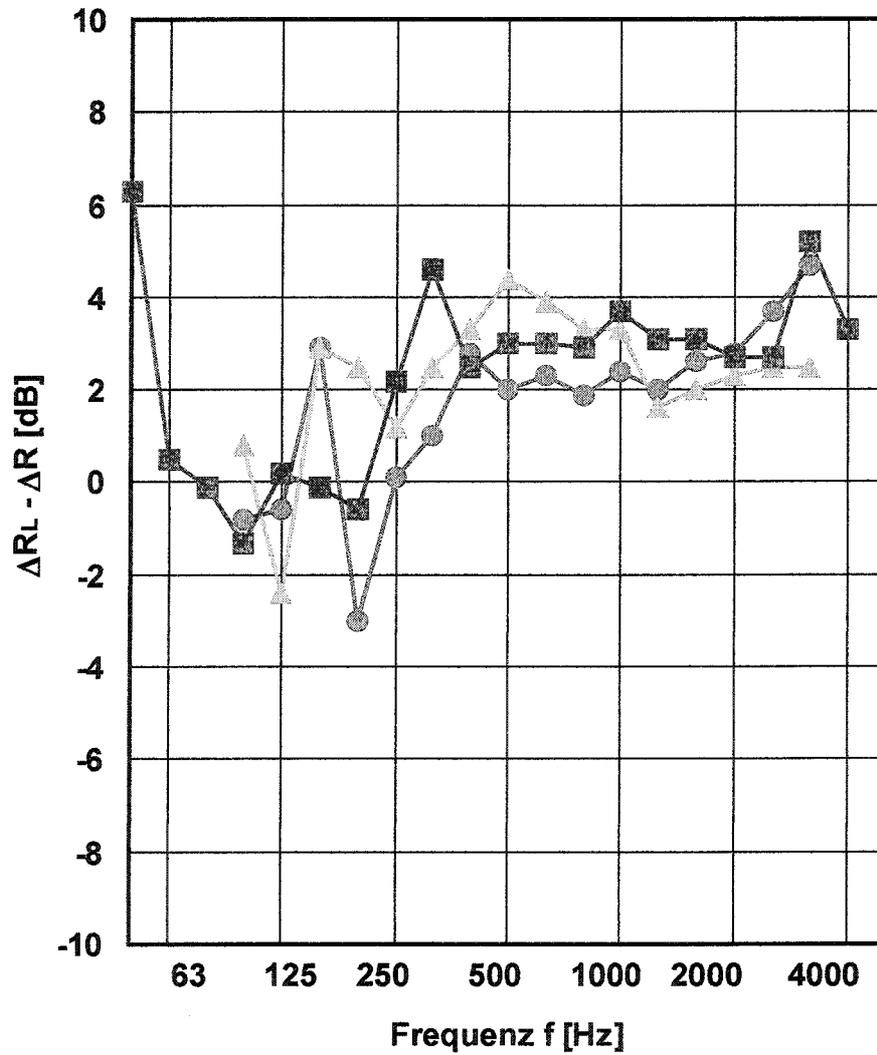


Bild 36 Differenz der Verbesserungsmaße in Längsrichtung und Durchgangsrichtung für eine freistehende Vorsatzschale an einer schweren Wand

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲ Teil-Querwand
 - ohne Querwand

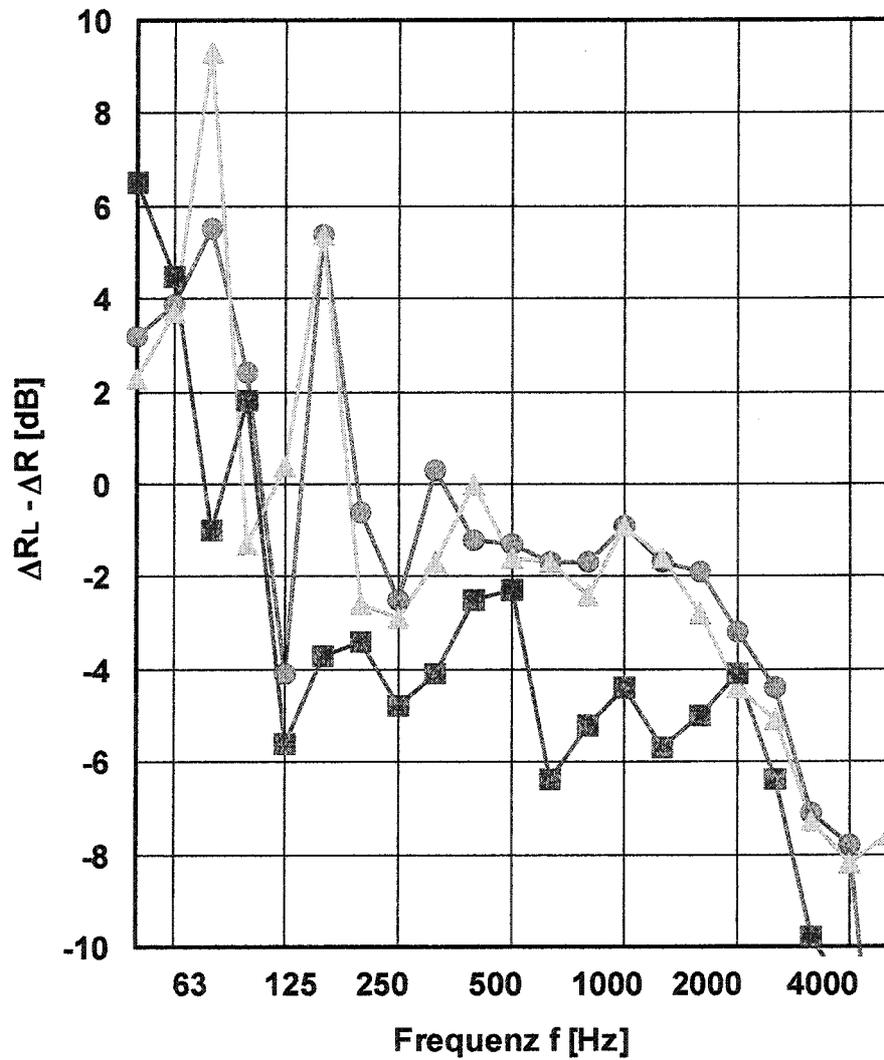


Bild 37 Differenz der Verbesserungsmaße in Längsrichtung und Durchgangsrichtung für eine freistehende Vorsatzschale an einer leichten Wand

- Legende:
- mit Querwand
 - ▲— Teil-Querwand
 - ohne Querwand

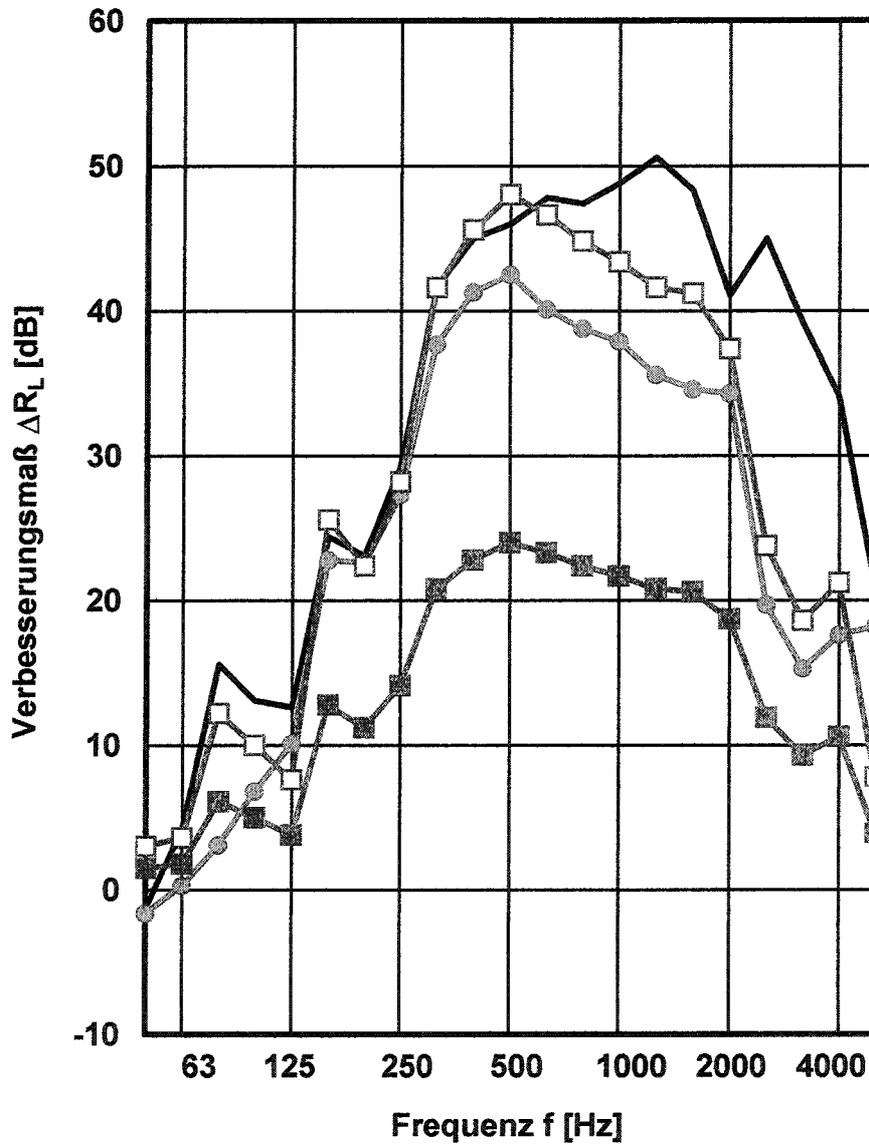


Bild 38 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer leichten Trägerwand durch freistehende Vorsatzschalen

- Legende:
- Grenzdämmung
 - einfache Vorsatzschale
 - zweifache Vorsatzschale
 - Rechenwert für zwei Vorsatzschalen

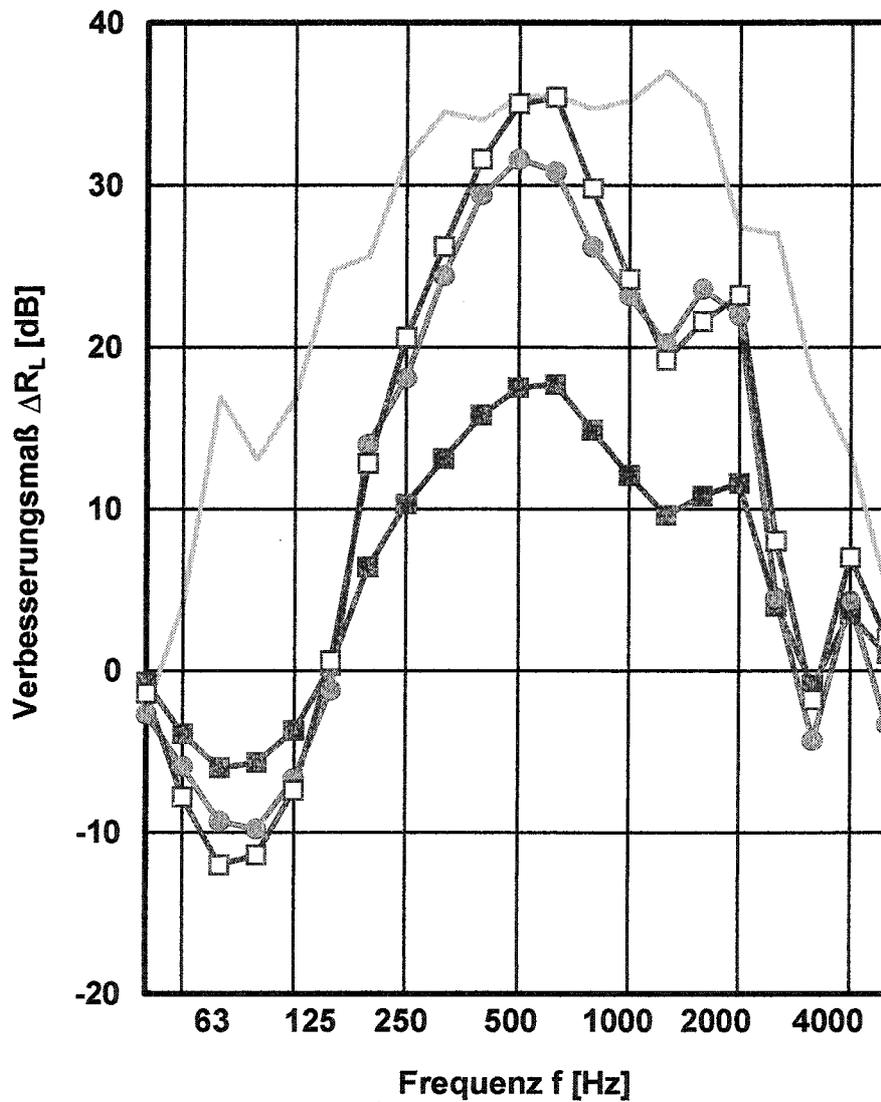


Bild 39 Verbesserung der Längs-Schalldämmung ΔR_L einer schweren Trägerwand durch Vorsatzschalen aus Gipskarton-Verbundplatten

- Legende:
- Grenzdammmung
 - einfache Vorsatzschale
 - zweifache Vorsatzschale
 - Rechenwert für zweifache Vorsatzschalen nach EN 12 354

- Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern**
 W. Richter, T. Ender, T. Hartmann, A. Kremonke, u.a.
 Hrsg.: TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Bereich TGA
 Band 63: 2003, 127 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6345-6
 € 35,- [sFr 58,-]
- Baukostensenkung durch Anwendung innovativer Wettbewerbsmodelle**
 Udo Blecken, Lothar Boenert
 Hrsg.: Universität Dortmund, Lehrstuhl Baubetrieb, Fakultät Bauwesen
 Band 62: 2003, 350 S., zahlr. Abb., Tab., Lit., ISBN 3-8167-6338-3
 € 50,- [sFr 82,-]
- Flachdachsanieerung über durchfeuchteter Dämmschicht**
 Ralf Spilker
 Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH AIBau
 Band 61: 2003, 260 S., zahlr. farbige Abb., ISBN 3-8167-6183-6
 € 45,- [sFr 74,-]
- Bauqualität – Verfahrensqualität und Produktqualität bei Projekten des Wohnungsbaus**
 Hannes Weeber, Simone Bosch
 Band 60: 2003, 170 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4259-9
 € 45,- [sFr 74,-]
- Brandschutzkosten im Wohnungsbau**
 Karl Deters
 Band 59: 2001, 245 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4258-0
 € 50,- [sFr 82,-]
- Gemeinschaftliches Wohnen im Alter**
 R. Weeber, G. Wölflle, V. Rösner
 Band 58: 2001, 175 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4257-2
 € 46,- [sFr 76,-]
- Entwicklung eines Bewertungssystems für ökonomisches und ökologisches Bauen und gesundes Wohnen**
 C.J. Diederichs, P. Getto, S. Streck
 Band 57: 2002, 230 S., mit CD-ROM, Abb., Tab., ISBN 3-8167-4256-4
 € 50,- [sFr 82,-]
- Vergabeverfahren und Baukosten**
 Hannes Weeber, Simone Bosch
 Band 56: 2001, 192 S., Abb., Tab., ISBN 3-8167-4255-6
 € 50,- [sFr 82,-]
- Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau**
 Ralf Spilker, Rainer Oswald
 Band 55: 2000, 71 S., 5 Abb., zahlr. Tab., ISBN 3-8167-4254-8
 € 22,- [sFr 37,-]
- Bewährung innen wärmegeämmteter Fachwerkbauten**
 Reinhard Lamers, Daniel Rosenzweig, Ruth Abel
 Band 54: 2000, 173 S., 123 Abb., ISBN 3-8167-4253-X
 € 25,- [sFr 41,60]
- Überprüfbarkeit und Nachbesserbarkeit von Bauteilen – untersucht am Beispiel der genutzten Flachdächer**
 Rainer Oswald, Ralf Spilker, Klaus Wilmes
 Band 53: 1999, 133 S., 49 Abb., 4 Tab., ISBN 3-8167-4252-1
 € 37,- [sFr 61,-]
- Bauschadensfibel für den privaten Bauherrn und Hauskäufer**
 Rainer Oswald, Ruth Abel, Volker Schnapauff
 Band 52: 1999, 140 S., 19 Abb., 3 Tab., fester Einband, ISBN 3-8167-4251-3
 € 25,- [sFr 41,60]
- Balkone – kostengünstig und funktionsgerecht**
 Hannes Weeber, Margit Lindner
 Band 51: 1999, 146 S., 102 Abb., 26 Tab., ISBN 3-8167-4250-5
 € 38,- [sFr 62,50]
- Kostenfaktor Erschließungsanlagen**
 Hannes Weeber, Michael Rees
 Band 50: 1999, 226 S., 107 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4249-1
 € 50,- [sFr 82,-]
- Eigenleistung beim Bauen**
 R. Weeber, H. Weeber, S. Kleebaur, u.a.
 Band 49: 1999, 154 S., 25 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4248-3
 € 22,- [sFr 37,-]
- Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung**
 Barbara Bredenbals, Heinz Hullmann
 Band 48: 1999, 174 S., 38 Abb., 36 Tab., ISBN 3-8167-4247-5
 € 37,- [sFr 61,-]
- Das wärme- und feuchteschutztechnische Verhalten von stählernen Fassadendurchdringungen**
 Lutz Franke, Gernod Deckelmann
 Band 47: 1998, 74 S., 38 Abb., 13 Tab., ISBN 3-8167-4246-7
 € 15,- [sFr 25,80]
- Kostengünstige bauliche Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs im Wohnungsbestand**
 R. Oswald, R. Lamers, V. Schnapauff, u.a.
 Band 46: 1998, 100 S., 57 Abb., ISBN 3-8167-4245-9
 € 17,- [sFr 28,80]
- Sicherung des baulichen Holzschutzes**
 Horst Schulze
 Band 45: 1998, 168 S., 136 Abb., 10 Tab., ISBN 3-8167-4244-0
 € 22,- [sFr 37,-]
- Luftdichtigkeit von industriell errichteten Wohngebäuden in den neuen Bundesländern**
 Wolfgang Richter, Dirk Reichel
 Band 44: 1998, 88 S., 34 Abb., 15 Tab., ISBN 3-8167-4243-2
 € 15,- [sFr 25,80]
- Leitfaden Kostendämpfung im Geschoßwohnungsbau**
 Karl Deters, Joachim Arlt
 Band 43: 1998, 162 S., 135 Abb., 34 Tab., ISBN 3-8167-4242-4
 € 22,- [sFr 37,-]
- Langzeitbewährung und Entwicklungstendenzen von Kunststoff-Bauprodukten im Wohnungsbau**
 Dieter Arlt, Rainer Weltring
 Band 42: 1998, 137 S., 90 Abb., 7 Graph., ISBN 3-8167-4241-6
 € 20,- [sFr 33,40]
- Gebrauchsanweisung für Häuser**
 Volker Schnapauff, Silke Richter-Engel
 Band 40: 1997, 116 S., 4 Abb., 7 Tab., ISBN 3-8167-4239-4
 € 19,- [sFr 31,90]
- Ergänzender Neubau in bestehenden Wohnsiedlungen**
 H. Weeber, R. Weeber, M. Lindner, u. a.
 Band 39: 1997, 194 S., 230 Abb., ISBN 3-8167-4238-6
 € 25,- [sFr 41,60]
- Lüftung in industriell errichteten Wohnhäusern**
 Wilfried Jank
 Band 37: 1997, 66 S., 17 Abb., 12 Tab., ISBN 3-8167-4236-X
 € 15,- [sFr 25,80]

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
 Fraunhofer-Informationszentrum
 Raum und Bau IRB
 Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
 E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
 www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

1/2004 [BfP_Gesamt-Anzeige.qxd]

- Auswirkungen der neuen Wärmeschutzverordnung auf den Schallschutz von Gebäuden**
Siegfried Koch, Werner Scholl
Band 36: 1997, 72 S., 33 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4235-1
€ 15,- [sFr 25,80]
- Baukostensenkung durch gesicherte Schadensbeurteilung an haufwerksporigen Leichtbetonelementen der industriell errichteten Wohnbauten der ehemaligen DDR**
Mirko Neumann, Mathias Reuschel
Band 35: 1997, 320 S., 227 Abb., 105 Tab.,
ISBN 3-8167-4234-3
€ 41,- [sFr 68,-]
- Verhinderung von Emissionen aus Baustoffen durch Beschichtungen**
Lutz Franke, Martin Wesselmann
Band 34: 1997, 68 S., 11 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4233-5
€ 15,- [sFr 25,80]
- Wirksamkeit von Lüftungsgeräten – Zuluftversorgung von Wohnungen mit dezentralen Lüftungseinrichtungen**
Wolfgang Richter, Dirk Reichel
Band 33: 1996, 161 S., Abb., Tab.,
ISBN 3-8167-4232-7
€ 22,- [sFr 37,-]
- Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) im Wohnungsbau**
Institut für Bauforschung e.V., Hannover
Band 32: 1997, 250 S., 128 Abb., 20 Tab.,
ISBN 3-8167-4231-9
€ 30,- [sFr 50,40]
- Niedrigenergiehäuser unter Verwendung des Dämmstoffes Styropor**
Teil 1: Konstruktionsempfehlungen und optimierte Anschlusssituationen (Details)
W.-H. Pohl, S. Horschler, R. Pohl
Teil 2: Quantitative Darstellung der Wirkung von Wärmebrücken
Gerd Hauser, Horst Stiegel
Band 31: 1997, 294 S., 169 Abb.,
ISBN 3-8167-4230-0
€ 14,- [sFr 24,30]
- Fenster – Sanierung und Modernisierung**
Hans-Rudolf Neumann
Band 30: 1997, 134 S., 90 Abb., 11 Tab.,
ISBN 3-8167-4229-7
€ 20,- [sFr 33,40]
- Schäden an nicht industriell hergestellten Wohnbauten der neuen Bundesländer**
R. Oswald, R. Spilker, V. Schnapauff, u. a.
Band 29: 1996, 116 S., 66 Abb., 30 Tab.,
ISBN 3-8167-4228-9
€ 17,- [sFr 28,80]
- Die Berechnung von Flachdecken über Zustands- und Einflußflächen**
Max Baerschneider
Band 26: 1996, 380 S., 196 Tab., zweibändig,
ISBN 3-8167-4225-4
€ 49,- [sFr 80,-]
- Feuchttransportvorgänge in Stein und Mauerwerk – Messung und Berechnung**
M. Krus, H.-M. Künzel, K. Kießl
Band 25: 1996, 75 S., 31 Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-4224-6
€ 15,- [sFr 25,80]
- Wohngebäudesanierung und Privatisierung**
Hannes Weeber, Michael Rees
Band 24: 1996, 107 S., 51 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4223-8
€ 20,- [sFr 33,40]
- Der Feuchtehaushalt von Holz-Fachwerkwänden**
Helmut Künzel
Band 23: 1996, 85 S., 32 Abb., 10 Tab.,
€ 15,- [sFr 25,80]
- Neue Konstruktionsalternativen für recyclingfähige Wohngebäude**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 22: 1996, 110 S., 26 Abb., 3 Tab.,
ISBN 3-8167-4221-1
€ 17,- [sFr 28,80]
- Standsicherheit der Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
E. Cziesielski, N. Fouad, F.-U. Vogdt
Band 21: 1996, 226 S., 71 Abb.,
ISBN 3-8167-4220-3
€ 30,- [sFr 50,40]
- Sicherheit von Glasfassaden**
X. Shen, H. Techen, J. D. Wörner
Band 20: 1996, 38 S., 26 Abb., 4 Tab.,
ISBN 3-8167 4219-X
€ 12,- [sFr 20,70]
- Kostengünstige Umnutzung aufgegebener militärischer Einrichtungen für Wohnzwecke, Wohnergängungseinrichtungen und andere Nutzungen**
B. Jacobs, J. Kirchhoff, J. Mezler
Band 19: 1996, 204 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4218-1
€ 28,- [sFr 46,70]
- Gefährdungspotentiale asbesthaltiger Massenbaustoffe in den neuen Bundesländern**
Klaus Bergner, unter Mitarbeit von Franka Stodollik und Hans-Otto Eckler
Band 17: 1996, 75 S., 26 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-4216-5
€ 15,- [sFr 25,80]
- Transparent gedämmte Altbauten**
G. H. Bondzio, K. Brandstetter, P. Sulzer, u.a.
Band 15: 1996, 130 S., 44 Abb., 7 Tab.,
ISBN 3-8167-4214-9
€ 22,- [sFr 37,-]
- Kosten und Techniken für das »Überwintern« erhaltenswerter Bausubstanz**
Michael Rees, Hannes Weeber
Band 14: 1995, 190 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4213-0
€ 25,- [sFr 41,60]
- Körperschalldämmung von Sanitärräumen**
Karl Gösele, Volker Engel
Band 11: 1995, 76 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4210-6
€ 15,- [sFr 25,80]
- Bauschäden an Holzbalkendecken in Feuchtraumbereichen**
Gertraud Hofmeister
Band 9: 1995, 210 S., zahlreiche Abb.,
ISBN 3-8167-4208-4
€ 25,- [sFr 41,60]
- Ökologische Auswirkungen von Hochhäusern**
Band 8: 1995, 418 S., 114 Abb.,
ISBN 3-8167-4207-6
€ 50,- [sFr 82,-]
- Abfallvermeidung in der Bauproduktion**
Barbara Bredenbals, Wolfgang Willkomm
Band 6: 1994, 198 S., 75 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-4205-X
€ 25,- [sFr 41,60]
- Niveaugleiche Türschwellen bei Feuchträumen und Dachterrassen**
R. Oswald, A. Klein, K. Wilmes
Band 3: 1994, 56 S., 48 Abb.,
ISBN 3-8167-4202-5
€ 12,- [sFr 20,70]
- Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern**
R. Oswald, V. Schnapauff, R. Lamers, u. a.
Band 2: 1995, 333 S., 515 Abb.,
ISBN 3-8167-4201-7
€ 40,- [sFr 66,70]
- Heizung und Lüftung im Niedrigenergiehaus**
Gerhard Hausladen, Peter Springl
Band 1: 1994, 214 S., 74 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4200-9
€ 25,- [sFr 41,60]
- Informieren Sie mich bitte laufend über Neuerscheinungen

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Alle Bände (außer Band 52) mit kartoniertem Einband

Herausgegeben von Günter Zimmermann und Ralf Ruhнау

- Gründungsschäden**
Klaus Hilmer, Manfred Knappe
Band 34: 2004, ca. 172 S., zahlr. Abb. und Tab.,
ISBN 3-8167-6347-2
ca. € 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Balkonen**
Nils Oster
Band 33: 2004, 148 S., 79 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-6313-8
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden durch mangelhaften Wärmeschutz**
Michael Bonk, Frank Anders
Band 32: 2004, 130 S., 92. Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-6307-3
€ 39,- [sFr 65,20]
- Die vorsorgliche Beweissicherung im Bauwesen**
Georg Philipps, Frank Stollhoff, Jürgen Wieck
Band 31: 2004, 211 S., 29 Grafiken,
83 Abb., 9 Tab.,
ISBN 3-8167-6306-5
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahl**
Peter Oehme, Werner Vogt
Band 30: 2003, 152 S., 148 Abb., 7 Tab.,
ISBN 3-8167-6133-X
€ 39,- [sFr 65,20]
- Schäden an Holzfußböden**
Andreas O. Rapp, Bernhard Sudhoff
Band 29: 2003, 176 S., 80 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-6170-4
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Holztragwerken**
Georg Dröge, Thomas Dröge
Band 28: 2003, 169 S., 80. Abb., 2 Tab.,
ISBN 3-8167-6156-9
€ 46,- [sFr 76,-]
- Mangelhafter Schallschutz von Gebäuden**
Herwig Baumgartner, Roland Kurz
Band 27: 2003, 256 S., 143 Abb., 29 Tab.,
ISBN 3-8167-5797-9
€ 58,- [sFr 94,-]
- Schäden an polymeren Beschichtungen**
Robert Engelfried
Band 26: 2001, 146 S., 94 Abb., 14 Tab.,
ISBN 3-8167-5795-2
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Belägen und Bekleidungen mit Keramik- und Werksteinplatten**
Günter Zimmermann
Band 25: 2001, 190 S., 175 Abb., 16 Tab.,
ISBN 3-8167-5791-X
€ 48,- [sFr 79,-]
- Schäden an Installationsanlagen**
Heinz Wirth, Stefan Wirth
Band 24: 2001, 256 S., 114 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-5790-1
€ 57,- [sFr 92,-]
- Schäden an Türen und Toren**
Ralf Schumacher
Band 23: 2001, 368 S., 291 Abb., 32 Tab.,
ISBN 3-8167-4169-X
€ 71,- [sFr 114,-]
- Schäden an elastischen und textilen Bodenbelägen**
Hans-Joachim Scheewe
Band 22: 2001, 232 S., 80 Abb., 50 Tab.,
ISBN 3-8167-4168-1
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Glasfassaden und -dächern**
Peter Küffner, Oliver Lummertzheim
Band 21: 2000, 132 S., 106 Abb., 6 Tab.,
ISBN 3-8167-4165-7
€ 40,- [sFr 66,70]
- Schäden an Wärmedämm-Verbundsystemen**
Erich Cziesielski, Frank Ulrich Vogdt
Band 20: 2000, 202 S., 75 Konstruktions-
skizzen, 28 Tab., 98, teilw. farb. Fotos,
ISBN 3-8167-4164-9
€ 50,- [sFr 82,-]
- Schäden an Dränanlagen**
Wilfried Muth
Band 17: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,
128 S., 157 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-6261-1
€ 36,- [sFr 59,50]
- Tauwasserschäden**
Richard Jenisch, Martin Stohrer
Band 16: 2., überarb. Aufl. 2001, 129 S.,
66 Abb., 6 Tab.,
ISBN 3-8167-5792-8
€ 37,- [sFr 61,-]
- Schäden an Estrichen**
Klaus G. Aurnhammer
Band 15: 2., erg. Aufl. 1999, 216 S.,
44 Abb., 17 Tab.,
ISBN 3-8167-4162-2
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Tragwerken aus Stahlbeton**
Bernhard Brand, Gerhard Glatz
Band 14: 2., erw. Aufl. 2004, ca. 220 S.,
129 Abb., 24 Tab.,
ISBN 3-8167-6422-3
ca. € 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Außenwänden aus Ziegel- und Kalksandstein-Verblendmauerwerk**
Helmut Klaas, Erich Schulz
Band 13: 2., überarb. Aufl. 2002, 224 S.,
162 Abb., 13 Tab.,
ISBN 3-8167-6114-3
€ 49,- [sFr 80,-]
- Schäden an Metallfassaden und -dachdeckungen**
Franz Lubinski, Fritz Röbber, Uwe Nagel, u.a.
Band 12: 2., erw. Aufl. 2001, 410 S.,
303, teilw. farb. Abb., 22 Tab.,
ISBN 3-8167-4166-5
€ 76,- [sFr 122,-]
- Schäden an Fassadenputzen**
Helmut Künzel
Band 9: 2., erw. Aufl. 2000, 142 S.,
97 Abb., 3 Tab.,
ISBN 3-8167-4167-3
€ 38,- [sFr 62,50]
- Schäden an Abdichtungen in Innenräumen**
Erich Cziesielski, Michael Bonk
Band 8: 2., überarb. und erw. Aufl. 2003,
111 S., 76 Abb., 5 Tab.,
ISBN 3-8167-6197-6
€ 35,- [sFr 58,-]
- Risschäden an Mauerwerk**
Werner Pfefferkorn, Helmut Klaas
Band 7: 3., überarb. Aufl. 2002, 292 S.,
290 Abb., 18 Tab.,
ISBN 3-8167-5793-6
€ 53,- [sFr 86,-]
- Schäden an Industrieböden**
Erich Cziesielski, Thomas Schrepfer
Band 4: 2., erw. Aufl. 1999, 169 S.,
69 Abb., 33 Tab.,
ISBN 3-8167-4163-0
€ 46,- [sFr 76,-]
- Schäden an Flachdächern und Wannen aus wasserundurchlässigem Beton**
Gottfried C.O. Lohmeyer
Band 2: 3., neu bearb. Aufl. 2001, 272 S.,
171 Abb., 28 Tab.,
ISBN 3-8167-5794-4
€ 50,- [sFr 82,-]
- Gesamtausgabe Bände 1 – 34**
2004, alle Bände mit festem Einband und
Register-CD-ROM,
ISBN 3-8167-6447-9
€ 1 368,- [sFr 2 066,-]

Bestellschein

Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.IRBbuch.de

Absender

.....

E-Mail.....

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

Bauschadensfälle • mit Register-CD-ROM •

ANZEIGE

Herausgegeben von Günter Zimmermann und Ralf Schumacher

Diese Sammlung von Bauschäden hilft, Schäden zu vermeiden.



Von der kunststoffmodifizierten Bitumendickbeschichtung einer Kellerwand bis zu Schäden an einer Dachdeckung mit Titanzinkblechen: Die »Bauschadensfälle« bieten Ihnen wesentliche Erkenntnisse zur Analyse der Ursachen von Schäden und zu deren fachgerechten Sanierung. Die Beispiele zeigen auf, welche Schäden für ein Bauteil typisch sind und wie Sie einen Schaden von Anfang an vermeiden können.

Die beiliegende Register-CD-ROM erschließt den gesamten Inhalt der Fachbuchreihen »Bauschadensfälle«, »Bauschäden-Sammlung« und »Schadensfreies Bauen«. Mit Hilfe eines »elektronischen Bibliothekars« nutzen Sie Ihre Schadensbibliothek zeitsparend und effektiv.

Aus den Inhalten:

- Dächer
- Tragwerke
- Außenwände, Keller und Fenster
- Außenwände, Fenster und Balkone
- Außenwände und Erker
- Innenwände
- Fußböden und Treppen
- Fußböden und Decken
- Estriche und Fußböden
- Entwässerungs- und Lüftungsanlagen
- Wärmeschutz
- Bautenschutz
- Becken und Wannen
- Schwimmbäder
- Heizungsanlagen
- Installationen
- Raumluftechnische Anlagen
- Behälter und Sperrwerke
- Masten
- Baumängelgutachten nach neuem Baurecht
- Mangelverantwortung und Verjährung nach neuem Baurecht in BGB und VOB/B

Die Reihe »Bauschadensfälle« ist auch im Abonnement beziehbar. Auf Wunsch erhalten Sie automatisch jedes halbe Jahr den neuesten Band zu einem deutlich ermäßigten Preis zugestellt. Sie sparen Zeit und Kosten. Ihre Fachbibliothek bleibt lückenlos und jederzeit auf dem neuesten Stand.

Bestellschein

Band 1:
2002, 206 Seiten
ISBN 3-8167-6110-0
€ 39,- [sFr 65,20]

Band 2:
2002, 205 Seiten
ISBN 3-8167-6152-6
€ 39,- [sFr 65,20]

Band 3:
2003, 208 Seiten
ISBN 3-8167-6215-8
€ 39,- [sFr 65,20]

Band 4:
2003, 208 Seiten
ISBN 3-8167-6271-9
€ 39,- [sFr 65,20]

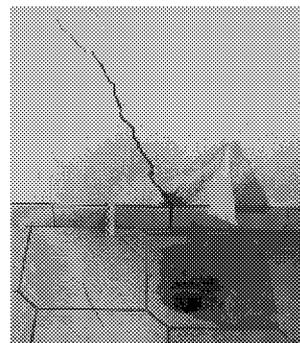
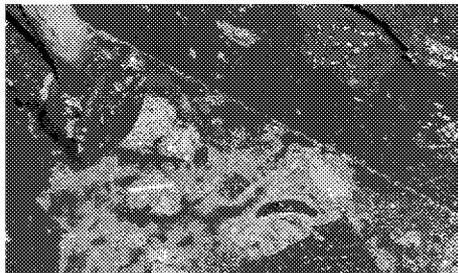
Band 5:
2004, 207 Seiten
ISBN 3-8167-6366-9
€ 39,- [sFr 65,20]

Sie sparen € 19,50 bei Abnahme der

Bände 1-5:
ISBN 3-8167-6457-6
€ 175,50 [sFr 265,-]

Abonnement:
€ 35,10 pro Band

Jeder Band mit Register-CD-ROM, zahlr., durchgehend farb. Abbildungen, Tabellen, festem Einband



Fax 07 11 / 970 - 25 08 oder -25 07

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart

Telefon 07 11 / 970 - 25 00
E-Mail: irb@irb.fraunhofer.de
www.IRBBuch.de

Absender

.....

E-Mail

Straße/PF

PLZ/Ort

Datum

Unterschrift

1/2004 [BSF_Gesamt-Anzeige.qxd]

Fraunhofer IRB Verlag