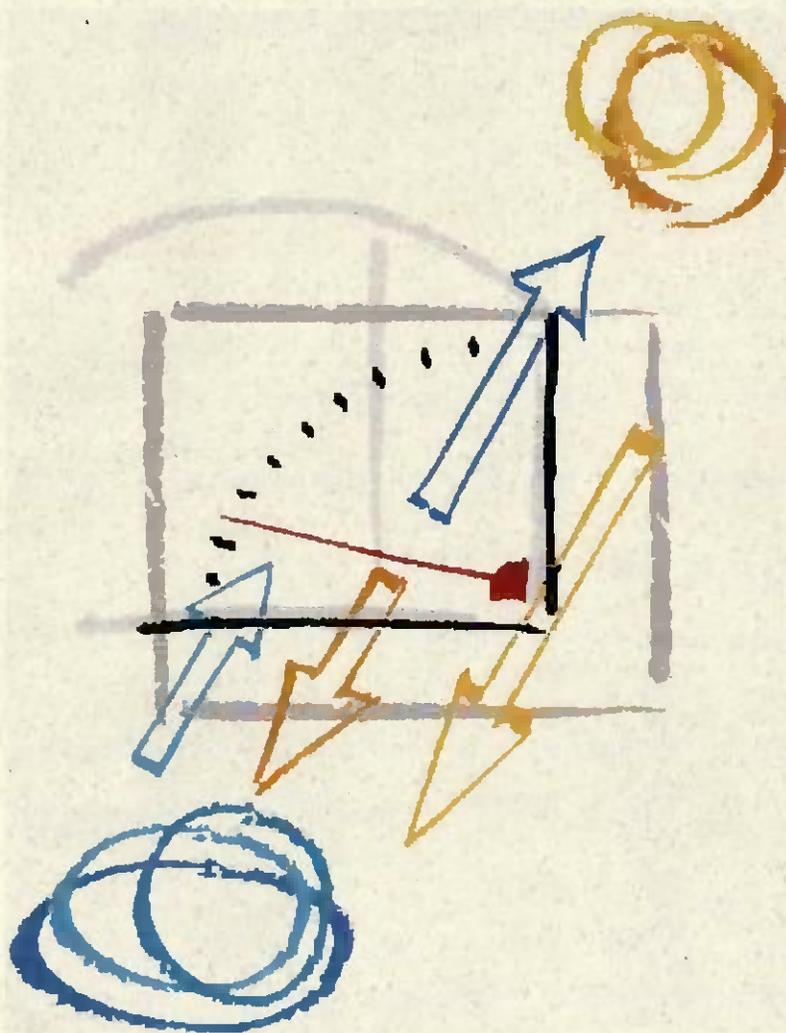


E-1999/15



Forschungsvorhaben
Grundlagenuntersuchungen zum
Stoßstellendämm-Maß im Holzbau



Abschlussbericht
Mai 2001

Abschlussbericht

Titel	Grundlagenuntersuchungen zum Stoßstellendämm-Maß im Holzbau
Auftraggeber	Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB Bundesallee 100 38116 Braunschweig
	Vertrag Nr. Z.1323A/99060285-1B/1.42
Gefördert durch	BMVBW über PTB
Forschungsstelle	ift Rosenheim Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
Bearbeiter	Dr. Rolf Schumacher Bernd Saß Markus Pütz
Institutsleitung	Dr. Helmut Hohenstein

Rosenheim, Mai 2001

Inhalt

	Seite
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Begriffe und Formelzeichen	3
3 Durchführung der Messungen und Berechnungen	7
3.1 Messort	7
3.1.1 Messung der Längsschalldämmung im Labor	7
3.1.2 Messung der Luftschalldämmung im Labor	8
3.1.3 Messung der Luftschalldämmung am Bau	8
3.2 Messtechnik	9
3.3 Probekörper	10
3.3.1 Festlegung der Probekörper	10
3.3.2 Außenwand	11
3.3.3 Innenwand mit getrennten Ständern	11
3.3.4 Innenwand mit einfachem Ständer	12
3.4 Messgleichungen	12
3.4.1 Längsschalldämmung	13
3.4.2 Luftschalldämmung	13
3.4.3 Schnellepegel	13
3.4.4 Äquivalente Absorptionslänge a	14
3.4.5 Stoßstellendämm-Maß	15
3.4.6 Flankenschalldämm-Maß	16
3.4.7 Körperschallnachhallzeit	16
3.4.8 Verlustfaktor	16
3.5 Einzahlangaben	17
3.5.1 Bewertung von Schalldämm-Maßen und Normflankenpegeldifferenzen	17
3.5.2 Bewertung von Stoßstellendämm-Maßen	18
3.6 Rechenverfahren nach prEN 12354-1	18

4	Methoden zur Körperschallmessung im Holzbau	22
4.1	Positionierung der Körperschallaufnehmer- und Anregungspunkte	22
4.2	Messungen der Körperschallnachhallzeit von Holzbauwänden	22
4.2.1	Positionierung der Aufnehmer	23
4.2.2	Einfluss der Prüfräume auf die Messung der Körperschallnachhallzeit	24
4.2.3	Körperschallnachhallzeit der Außenwand	25
4.2.4	Körperschallnachhallzeit der Innenwände	25
4.2.5	Einspannung der Prüfwände	26
4.2.6	Vergleich von Labor- und Baumessungen	27
4.2.7	Zusammenfassung für Körperschallnachhallzeiten	27
4.3	Schnellepegelverlauf	28
4.3.1	T-Stoß, frei stehend	29
4.3.1.1	Weg 12	29
4.3.1.2	Weg 13	30
4.3.2	T-Stoß im Freifeld	30
4.3.3	Messungen im Längsleitungsprüfstand	31
4.3.3.1	Durchgehende Wand	32
4.3.3.2	Getrennte Wand	32
4.3.4	Zusammenfassung für den Schnellepegelverlauf	33
4.4	Stoßstellendämm-Maß	34
4.4.1	Randbedingungen	34
4.4.2	Einfluss der Luftschallpegel im Senderraum	35
4.4.3	Methodenvergleich zur Bestimmung des K_{ij}	36
4.4.4	Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit	37
4.4.5	Messverfahren	38
4.4.6	Berechnungsverfahren	38
4.5	Messungen am Bau	39
5	Flankenschalldämmung	40
5.1	Luftschalldämmung der verwendeten Bauteile	40
5.2	Übertragungsweg 12 (F_d)	40

5.3	Übertragungsweg 13 (Ff)	41
5.4	Luftschalldämmung und Längsschalldämmung	42
5.5	Rechnerische Bewertung der Übertragungswege	42
5.6	Zusammenfassung	49
6	Zusammenfassung	50
6.1	Messung der Körperschallnachhallzeit	50
6.2	Messung der Längsschalldämmung	50
6.3	Messung des Stoßstellendämm-Maßes	51
6.4	Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge a	51
6.5	Berechnung der Stoßstellendämmung	51
7	Literaturverzeichnis	52

4 Tabellen

61 Bilder

1 Einleitung und Zielsetzung

Nachdem der Hauptausschuss NABau zu DIN 4109 eine Anpassung der deutschen Schallschutz-Norm an die europäischen Standards im Sinne der Bauproduktenrichtlinie beschlossen hat und das Rechenverfahren nach DIN EN 12354 auch für den rechnerischen Nachweis nach der deutschen Norm als verbindlich erklärt hat, wird dieses Rechenmodell Eingang finden in das Beiblatt 1 zur DIN 4109.

Die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen kann nach dieser zukünftigen europäischen Norm DIN EN 12354-1 so berechnet werden, dass die Flankenschalldämmung von Außenwand, Decke, Innenwand und Boden mit der Transmissionsschalldämmung der Trennwand und den zugehörigen Stoßstellendämm-Maßen kombiniert wird. Das Vorgehen für vertikal übereinanderliegende Räume erfolgt analog mit der Flankenschalldämmung der Innen- und Außenwand und der Luftschalldämmung der Trenndecke.

Für die Anwendung dieses Rechenverfahrens u.a. im mehrgeschossigen Holzbau, der ökonomisch wie ökologisch immer mehr an Bedeutung gewinnt, fehlen jedoch weitgehend die Ausgangsdaten. Diese werden in einem Forschungsvorhaben untersucht, das über die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung DGfH von der Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschung AiF gefördert wird [5]; die Grundlagen zur Messproblematik sind jedoch weitgehend unerforscht.

Die Stoßstellen von Außenwänden mit Innenwänden in Holzbauweise oder mit Holzbalkendecken sind Gegenstand dieses Forschungsvorhabens. Insbesondere die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} sowie die Einbringung ins europäische Rechenverfahren sind das Hauptthema der Untersuchung.

Folgende Problembereiche sollen untersucht werden:

1. Definition und Eingrenzung der Stoßstellen bei Holzhäusern, Rückführung auf wesentliche und bautypische Varianten von Stoßstellen.
2. Anwendbarkeit und Gültigkeit der Körperschallmesstechnik auf Holzbauteile, Vergleich mit Luftschallmethoden.
3. Definition der Messgrößen und ihre Anwendbarkeit, z. B. Schnellepegel; Messung und Mittelung im Holzbau und bei Holzelementen; Körperschallnachhallzeit und Verlustfaktor; Unterscheidung Labor / in-situ,

gegebenenfalls Ermittlung von Korrekturen zu Körperschallnachhallzeiten und deren Übertragbarkeit; Abhängigkeit des Abstrahlgrades (falls erforderlich) von der Art der Stoßstelle und der praktischen Ausführung; Absorptionslänge und Teiltransmissionsgrad bei elementierten Holzbauteilen.

4. Einfluss der Art des Anschlusses bzw. der Stoßstelle, ob starr, weich oder mit elastischen Zwischenschichten auf die Größe des K_{ij} .
5. Versuch, das detaillierte Rechenverfahren (frequenzabhängig) auf das vereinfachte Verfahren zu verkürzen:
6. Vergleich von Messung und Rechnung des Flankenschalldämm-Maßes für Körperschall- und Luftschallanregung mit Unterscheidung des Einflusses der Stoßstelle im Sinne der CEN-Papiere TC 126/WG6, Teil 1+2.

Diese normenbegleitenden Arbeiten sind Voraussetzung und Ausgangspunkt für weitere Arbeiten für Bauteile und Bauweisen im Holzbau, die nach der bisherigen Norm nicht behandelt wurden und für die keine Eingangsdaten für das Rechenverfahren der neuen Norm DIN EN 12354 Teil 1 bestehen.

Die Normentwürfe der WG 1 und WG 6 aus CEN/TC 126 unterscheiden Stoßstellen von leichten Elementen, bei denen die Stoßstelle keinen erheblichen Einfluss hat wie Fassaden, Doppelböden oder Unterdecken, und solche Stoßstellen von leichten Elementen, bei denen der Einfluss der Stoßstelle erheblich ist. Der jeweilige Nachweis muss jedoch erst noch für die Anschlüsse zwischen trennendem und flankierendem Bauteil geführt werden, um so die Richtigkeit der Vernachlässigung bestimmter Größen im CEN-Rechenverfahren zu verifizieren.

In einem bereits abgeschlossenen Projekt wurde diese Problematik für Fassaden aus Holz und Aluminium untersucht [4].

2 Begriffe und Formelzeichen

Begriffe

Begriff	Erklärung
Koinzidenzfrequenz	Frequenz, bei der eine Platte mit der Luftschallanregung in Resonanz schwingt
lab	Kennzeichnung der Gegebenheiten im Labor
situ	Kennzeichnung der Gegebenheiten am Bau
Ständer	Senkrechtes Konstruktionsholz in einer Wand in Holzbauweise
Riegel	Waagrechtes Konstruktionsholz in einer Wand in Holzbauweise
Gefach	Bereich zwischen zwei Ständern einer Holzbauwand
OSB	„Oriented Strand Board“, Holzwerkstoffplatte mit groben Spänen, wird im Holzbau verwendet
DWD	Diffusionsoffene Holzwerkstoffplatte für die äußere Beplankung von Holzständer-Außenwänden
GF	Gipsfaserplatte

Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
1, 2, 3	Kennzeichnung der Bauteile nach Bild 3 bzw. Bild 4	-
A	äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum	m ²
A ₀	Bezugs-Absorptionsfläche (10 m ²)	m ²
a ₀	Bezugswert für Beschleunigungspegel, a ₀ = 1 × 10 ⁻⁶ ms ⁻²	ms ⁻²
a _i , a _j	äquivalente Absorptionslänge des Bauteils i bzw. j	m
C	Spektrum-Anpassungswert für A-Schallpegel nach [17] im Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz	dB
C _{tr}	Spektrum-Anpassungswert für A-bewerteten Straßenverkehr nach [17] im Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz	dB
c ₀	Luftschallgeschwindigkeit, c ₀ = 340 m/s	m/s
D	Kennzeichnung für das trennende Bauteil, Senderraumseite	-
d	Kennzeichnung für das trennende Bauteil, Empfangsraumseite	-

Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
Dd	Schallübertragungsweg über das trennende Bauteil ohne Nebenwege	-
Df	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 23, vgl. Bild 3	-
D _n	Norm-Schallpegeldifferenz	dB
D _{n,w}	bewertete Norm-Schallpegeldifferenz	dB
D _{n,f}	Norm-Flankenpegeldifferenz	dB
D _{n,f,w}	bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz	dB
D _{n,ij}	Norm-Flankenschallpegeldifferenz für den Weg ij	dB
D _{n,ij,w}	bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz für den Weg ij	dB
D _{v,ij} , D _{v,ji}	Schnellepegeldifferenz ij bzw. ji, wenn Bauteil i bzw. j angeregt wird	dB
$\overline{D}_{v,ij}$	Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz in dB, $\overline{D}_{v,ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} \text{ dB, d. h. } D_{v,ij} = D_{v,ji}$	dB
F	Kennzeichnung für das flankierende Bauteil, Senderraumseite	-
f	Kennzeichnung für das flankierende Bauteil, Empfangsraumseite	-
Ff	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 13, vgl. Bild 3 und Bild 4	-
Fd	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 12, vgl. Bild 3 und Bild 4	-
f	Bandmittenfrequenz	Hz
f _{ref}	Bezugsfrequenz (1000 Hz)	Hz
ij	Kennzeichnung der Übertragung bei Stoßstellen, Bei Fassaden ist ij = 12, 23, 13 bzw. ij = Dd, Df, Fd, Ff	-
K _{ij}	Stoßstellendämm-Maß	dB
L ₁	Schallpegel im Senderraum	dB
L _{1,s}	Schallpegel auf der Außenfläche des Prüfobjekts	dB
L ₂	Schallpegel im Empfangsraum	dB
L _a	Beschleunigungspegel	dB
L _{ag}	Anzeige des Schallpegelmessers bei einer Beschleunigung von 1 g (=10 ms ⁻²), Anzeigewert des Gerätes ist 140 dB	dB
L _v	Schnellepegel	dB

Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
$L_{v,1}$	Schnellepegel im Senderraum	dB
$L_{v,2}$	Schnellepegel im Empfangsraum	dB
l_r	gemeinsame Länge der Stoßstelle	m
l_{ij}	gemeinsame Länge der Stoßstelle, bei der vorliegenden Untersuchung ist $l_{ij} = 2,25$ m	m
l_{lab}	gemeinsame Länge der Stoßstelle im Labor, bei der vorliegenden Untersuchung ist $l_{lab} = 2,25$ m Die Länge der gemessenen Profile wird ebenfalls mit l_{lab} bezeichnet; sie beträgt $l_{lab} = 1,50$ m	m
l_0	Bezugslänge (1 m)	m
R	Schalldämm-Maß in dB ohne Nebenwege	dB
R'_ϑ	Schalldämm-Maß von Außenbauteilen, bestimmt mit gerichtetem Schall unter dem Einfallswinkel ϑ (in der Regel 45°)	dB
R_S	Schalldämm-Maß der Trennwand	dB
R_i, R_j	Schalldämm-Maß der Bauteile i bzw. j	dB
R'	Bau-Schalldämm-Maß mit Nebenwegen	dB
R_{ij}	Flanken-Schalldämm-Maß	dB
ΔR	Luftschallverbesserungsmaß, z. B. einer Vorsatzschale	dB
$\Delta R_i, \Delta R_j$	Luftschallverbesserungsmaß der Bauteile i bzw. j	dB
R_w	bewertetes Schalldämm-Maß ohne Nebenwege	dB
$R'_{\vartheta,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß von Außenbauteilen, bestimmt mit gerich- tetem Schall unter dem Einfallswinkel ϑ (in der Regel 45°)	dB
$R_{S,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß der Trennwand	dB
$R_{i,w}, R_{j,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß der Bauteile i bzw. j	dB
R'_w	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß mit Nebenwegen	dB
$R_{ij,w}$	bewertetes Flanken-Schalldämm-Maß	dB
ΔR_w	bewertetes Luftschallverbesserungsmaß	dB
S_i, S_j	Fläche des Bauteils i bzw. j, bei der Untersuchung ist $S_1 = 5,62$ m ² , $S_2 = 1,8$ m ² und $S_3 = 5,53$ m ²	m ²
S_s	Fläche des trennenden Bauteils, bei der vorliegenden Untersuchung ist $S_s = 21$ m ²	m ²
T	Nachhallzeit (Abnahmezeit des Schallpegels um 60 dB)	s

Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
T_{15}	Nachhallzeit, bestimmt über die Schallpegelabnahme nach den ersten 15 dB	s
T_{20}	Nachhallzeit, bestimmt über die Schallpegelabnahme nach den ersten 20 dB	s
T_s	Körperschallnachhallzeit	s
$T_{s,i}, T_{s,j}$	Körperschallnachhallzeit des Bauteils i bzw. j	s
v_0	Bezugswert für Schnellepegel, $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$ (nach [9]), $v_0 = 1 \times 10^{-9} \text{ ms}^{-1}$ (nach [2]), bei absoluten Messungen beträgt die Differenz der gemessenen Schnellepegel, resultierend aus den unterschiedlichen Bezugswerten, 17 dB	ms^{-1}
ϑ	Schall-Einfallswinkel	°
η	Verlustfaktor	-
τ	Transmissionsgrad	-
τ_{ij}	Transmissionsgrad des Übertragungsweges ij	-

3 Durchführung der Messungen und Berechnungen

In diesem Kapitel werden die Methoden beschrieben, nach denen die Messungen durchgeführt und ausgewertet wurden. Weiterhin werden die Rechenverfahren beschrieben, nach denen das resultierende Schalldämm-Maß anhand des neuen Rechenmodells [1] bestimmt wird.

3.1 Messort

3.1.1 Messung der Längsschalldämmung im Labor

Die Untersuchungen wurden, wenn nicht anders beschrieben, im Schall-Längsleitungsprüfstand des ift Rosenheim durchgeführt (Bild 1). Der Längsleitungsprüfstand hat eine Maximaldämmung, bezogen auf die Messanordnung mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$, von $D_{n,f,w,max} = 69 \text{ dB}$.

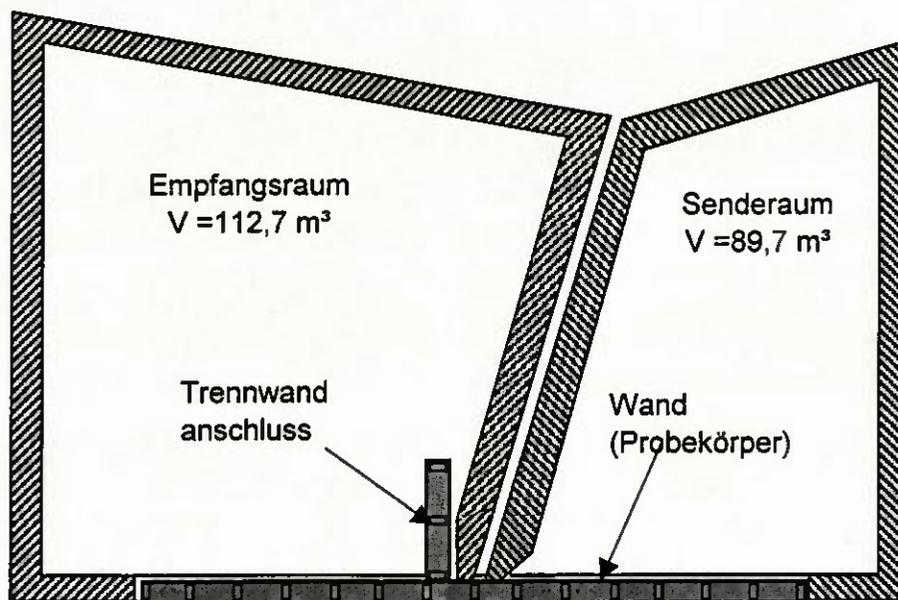


Bild 1 Prüfstand des ift Rosenheim zur Bestimmung der Längsschalldämmung mit eingebautem Probekörper (Wand mit horizontaler Übertragungsrichtung)

Zur Simulation des Trennwandanschlusses wurde ein Trennwandstummel in den Abmessungen 2780 mm × 800 mm im Empfangsraum stehend vor die

hochschalldämmende Trennwand des Prüfstandes eingebaut. Der jeweilige Baukörperanschluss erfolgte an diesen Trenwandstummel.

3.1.2 Messung der Luftschalldämmung im Labor

Die Messung der Luftschalldämmung wurde im Wandprüfstand des ift Rosenheim durchgeführt (Bild 2). Der Wandprüfstand hat eine Maximaldämmung, bezogen auf die Messanordnung mit $S = 11,68 \text{ m}^2$, von $R_{w,max} = 70 \text{ dB}$.

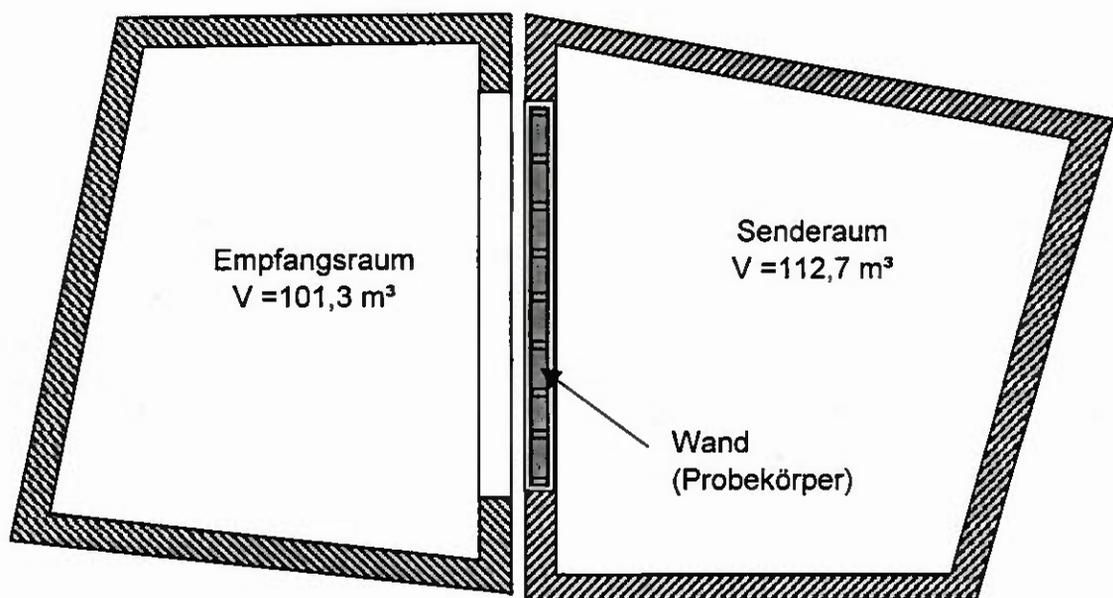


Bild 2 Prüfstand zur Bestimmung der Luftschalldämmung mit eingebautem Probekörper

3.1.3 Messung der Luftschalldämmung am Bau

Um die ermittelten Schalldämm-Maße im Labor mit einer Einbausituation am Bau zu vergleichen, stand ein Bauvorhaben zur Verfügung. Geprüft wurden Wände und Decken im Bauvorhaben „Burg Schwaneck“ in Pullach bei München (Bild 10 und Bild 11). Die Probekörper wurden möglichst so abgestimmt, dass der Wandaufbau im Labor mit dem Bau verglichen werden konnte.

3.2 Messtechnik

Für die Messungen wurde ein Vielkanal-Echtzeitanalysator des Typs Nortronic 840 verwendet.

Die Luftschallmessungen wurden mit Diffusfeldmikrofonen des Typs Nortronic 1220 durchgeführt. Zur Erzeugung eines diffusen Schallfeldes wurden Dodekaederlautsprecher des Typs Nortronic 229 mit Rosa Rauschen gespeist. Die Mikrofone wurden während der Messung der Schallpegel im Sende- und Empfangsraum automatisch auf einer Kreisbahn bewegt.

Die Körperschallmessungen wurden mit piezo-elektrischen Beschleunigungsaufnehmern des Typs Nortronic 1270 (35 g) durchgeführt, die mit Bienenwachs aufgeklebt oder mit einem Magneten auf eine mit zweikomponenten-Epoxydharzkleber aufgeklebte Metallscheibe positioniert wurden. Die Beschleunigungsaufnehmer wurden mit einem Beschleunigungskalibrator des Typs B&K 4294 kalibriert, der eine Beschleunigung von 10ms^{-2} ($\approx 1\text{g}$) bei einer Frequenz von 160 Hz erzeugt. Zur Körperschallanregung wurde ein Shaker des Typs B&K 4810 verwendet. Zur Luftschallanregung wurden Dodekaederlautsprecher des Typs Nortronic 229 verwendet. Die Ansteuerung erfolgte jeweils mit Rosa Rauschen, die Messungen wurden dann mit den Beschleunigungsaufnehmern einkanalig durchgeführt, d. h. die Pegel auf dem Sende- und Empfangsbauteil wurden nacheinander mit dem gleichen Aufnehmer bestimmt.

In [4] wurde ein Test für die Eignung von Körperschallaufnehmern beschrieben, der für die Messung der Körperschallnachhallzeit keinen signifikanten Einfluss des Aufnehmertyps auf das Messergebnis erbracht hat.

Bei den Messungen von Schnellepegeln ergab der Test einen Einfluss bei Messungen auf den Verglasungen oberhalb von ca. 1250 Hz. Da dieser Einfluss sich auf absolute Schnellepegelmessungen bezieht, bei Differenzmessungen wie sie zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes durchgeführt werden jedoch aufhebt und hier wegen der höheren Masse der Holzbauwände ein geringerer Einfluss auf das Messergebnis zu erwarten ist, wurde auf einen erneuten Test verzichtet.

3.3 Probekörper

Es wurden Messungen an Holzständerwänden der Firma Lux in Roth durchgeführt. Die Probekörper wurden, wenn nicht anders beschrieben, in den Längsleitungsprüfstand bzw. den Wandprüfstand eingebaut. Die Anschlussfugen wurden mit Hinterfüllmaterial ausgestopft und beidseitig mit elastischem Dichtstoff abgedichtet.

3.3.1 Festlegung der Probekörper

Bei der Auswahl der Probekörper waren bestimmte Randbedingungen zu beachten, die sich aus den Prüfständen und den Messanordnungen ergeben. Geprüft wurde die Längsschalldämmung und die Stoßstellendämmung mit und ohne Trennwandanschluss an einen Wandstummel. Ein Trennwandanschluss über die gesamte Raumtiefe wurde nicht realisiert, da die Decke im Prüfstand von der Längsleitungsprüföffnung her abfällt und somit eine Trennwand über die gesamte Raumtiefe nicht eingebaut werden kann.

Da der Trennwandanschluss seitlich versetzt zum Wandanschluss des Prüfstandes liegt, wurde die Prüföffnung nach Bild 1 um 260 mm größer erstellt. Zum Schließen der Öffnung wurde ein hochschalldämmendes Element in den erforderlichen Abmessungen erstellt. Damit ist es möglich, die Längsschalldämmung der identischen Trennwand mit und ohne Wandanschluss an den Trennwandstummel zu bestimmen; je nachdem, ob mit oder ohne Wandanschluss geprüft wird, wird die Außenwand in der Prüföffnung um das erforderliche Maß verschoben eingebaut (Bild 12).

Gleichzeitig sollte die Luftschalldämmung der Wand bestimmt werden. Daher wurde eine Wand in den Abmessungen des Wandprüfstandes erstellt. Aus der Geometrie der Prüfstände ergab sich daher die Notwendigkeit, die Prüföffnung asymmetrisch zur Trennwand zu erstellen, um die beschriebenen Randbedingungen mit den verwendeten Probekörpern einzuhalten.

3.3.2 Außenwand

Die Außenwände sind wie folgt aufgebaut:

Innere Beplankung	19 mm OSB, mit Klammern geschossen
Füllung	160 mm Isofloc- Dämmstoff
Ständer	80 mm × 160 mm Fichte, Raster 625 mm
Äußere Beplankung	16 mm DWD, mit Klammern geschossen
Gesamtdicke	195 mm

Um unterschiedliche Anschlusssituationen zu untersuchen, wurde die Wand einmal durchgehend und einmal geteilt hergestellt. Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

Durchgehende Wand:

Wand 1: 7170 mm × 2780 mm

Geteilte Wand:

Wand 2: 4150 mm × 2780 mm

Wand 3: 3020 mm × 2780 mm

Die Probekörper sind in Bild 6 und Bild 7 dargestellt.

3.3.3 Innenwand mit getrennten Ständern

Beplankung	beidseitig zweilagig Gipsfaserplatten (Typ Fermacell), 10 mm und 12,5 mm, mit Klammern geschossen + verklebte Kante
Füllung	80 mm Homatherm- Dämmstoff
Ständer	2 × 80 mm × 80 mm Fichte, 10 mm Zwischenraum, mit Mineralwolle hinterlegt, Querriegel oben und unten durchgehend
Gesamtdicke	215 mm

Die Wand ist in Bild 8 dargestellt. Hergestellt wurde eine Wand zur Prüfung der Luftschalldämmung und eine Wand zur Simulation des Wandanschlusses im Längsleitungsprüfstand (Wandstummel). Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

Innenwand zur Prüfung der Luftschalldämmung:

Wand 4: 4150 mm × 2780 mm

Trennwandstummel zur Simulation des Wandanschlusses:

Wand 5: 800 mm × 2780 mm

3.3.4 Innenwand mit einfachem Ständer

Bepankung	beidseitig zweilagig Gipsfaserplatten (Typ Fermacell), 10 mm und 12,5 mm, mit Klammern geschossen + verklebte Kante
Füllung	80 mm Homatherm- Dämmstoff
Ständer	80 mm × 80 mm Fichte
Gesamtdicke	125 mm

Die Wand ist in Bild 9 dargestellt. Hergestellt wurde eine Wand zur Prüfung der Luftschalldämmung und eine Wand zur Simulation des Wandanschlusses im Längsleitungsprüfstand (Wandstummel). Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

Innenwand zur Prüfung der Luftschalldämmung:

Wand 6: 4150 mm × 2780 mm

Trennwandstummel zur Simulation des Wandanschlusses:

Wand 7: 800 mm × 2780 mm

3.4 Messgleichungen

Nachfolgend sind die Messgleichungen bzw. Definitionen beschrieben, nach denen die Messungen durchgeführt wurden. Die einzelnen Formelzeichen werden in Kapitel 2 erläutert. Die frequenzabhängigen Messgrößen (z. B. Nachhallzeit T , Schallpegel L , Beschleunigungspegel L_a) wurden in Terzbändern von 50 Hz bis 5000 Hz gemessen. Wegen der Messunsicherheit bei tiefen Frequenzen wurden die Diagramme in der Anlage allerdings im verkürzten Bereich von 100 Hz bis 5000 Hz dargestellt.

3.4.1 Längsschalldämmung

Die Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ von Holzbauwänden wird im Labor bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [14]

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{A_0}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (1)$$

Anmerkung zur Benennung:

Die Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f}$ entspricht der älteren Bezeichnung Längsschalldämm-Maß R_L bzw. Labor-Schall-Längsdämm-Maß R_L .

3.4.2 Luftschalldämmung

Das Schalldämm-Maß R von trennenden Bauteilen ohne Nebenwege wird im Labor bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [11]

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (2)$$

Am Bau wird das Schalldämm-Maß R' von trennenden Bauteilen (mit Nebenwegen) bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [11]

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

3.4.3 Schnellepegel

Die Messung der Schnellepegel erfolgte bei dieser Untersuchung im Echtzeit-Messmodus der Nortronic 840 in Terzschritten von 50 Hz bis 5000 Hz mit der Zeiteinstellung „Fast“. Die Messzeit pro Aufnahmepunkt betrug 5s. Da die Messungen mit Beschleunigungsaufnehmern durchgeführt wurden, wurde als Bezugsgröße der Messung $a_0=1 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ eingestellt.

Die Schnellepegel L_v werden aus den gemessenen Beschleunigungspegeln L_a berechnet nach der Beziehung [9]

$$L_v = L_a + 150 - 20 \cdot \lg\left(\frac{f \text{ Hz}}{1 \text{ Hz}}\right) - L_{ag} \quad \text{dB} \quad (4)$$

Die Messwerte sind aufgrund der Definition in [9] auf die Bezugs-Schnelle $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$ bezogen. Auch das Messgerät lässt sich nur auf diese Bezugs-schnelle einstellen.

Anmerkung:

In [2] beträgt dieser Wert $v_0 = 1 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$. Das bedeutet, dass die Zahlenwerte von absoluten Messungen von Schnellepegeln um 17 dB zu erhöhen sind, wenn Vergleiche mit Messungen nach [2] durchgeführt werden. Dieser Unterschied gilt nicht bei Schnellepegeldifferenzen, da sich v_0 durch die Subtraktion der beiden Schnellepegel aufhebt.

3.4.4 Äquivalente Absorptionslänge a

Die äquivalente Absorptionslänge a wird im allgemeinen bestimmt über eine Messung der Körperschallnachhallzeit $T_S(f)$ nach der Beziehung

$$a = \frac{2,2 \cdot \pi^2 \cdot S}{c_0 \cdot T_S} \cdot \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad \text{m} \quad (5)$$

Zur Bestimmung der äquivalenten Absorptionslängen a_i bzw. a_j sind die Körperschallnachhallzeiten $T_{S,i}$ bzw. $T_{S,j}$ in Abhängigkeit von der Frequenz f zu bestimmen und die Bauteilflächen S_i bzw. S_j einzusetzen. Nach [1] berechnet sich a zu

$$a = \frac{S}{l_0} \quad \text{m} \quad (6)$$

wenn nachfolgende Bedingungen für die untersuchten Bauteile erfüllt sind:

- zweischalige Leichtbauteile,
- Bauteile mit einem inneren Verlustfaktor größer als 0,03,

- Bauteile, die mindestens dreimal so leicht sind wie die umgebenden Bauteile oder für
- Bauteile, die nicht fest mit den umgebenden Bauteilen verbunden sind

Welche der Gleichungen anzuwenden ist, wird in den folgenden Kapiteln diskutiert.

3.4.5 Stoßstellendämm-Maß

Die Messung des Stoßstellendämm-Maßes wurde für die Stoßstellen zwischen der flankierenden Wand und der Trennwand durchgeführt. Die Messung erfolgte nach der Messgleichung in [1] und [2].

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \cdot \lg \left(\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \right) \quad \text{dB} \quad (7)$$

Die Schnellepegeldifferenzen $D_{v,ij}$ und $D_{v,ji}$ wurden teilweise mit Körperschallanregung, d. h. Anregung der Wand mit dem Shaker an den Anregungspunkten nach Bild 13, und teilweise mit Luftschallanregung bestimmt. Die Schnellepegel wurden jeweils an den Aufnehmerpunkten gemäß Bild 13 bestimmt.

Sind das Flankenschalldämm-Maß nach Gleichung (10) und die Luftschalldämm-Maße der Flankenbauteile bekannt, so kann das Stoßstellendämm-Maß auch indirekt bestimmt werden nach

$$K_{ij} = R_{ij} - \frac{R_i + R_j}{2} - 5 \cdot \lg \left(\frac{a_i \cdot a_j}{l_{ij}^2} \right) + 5 \cdot \lg \left(\frac{S_j \cdot S_i}{S_s^2} \right) \quad \text{dB} \quad (8)$$

Gelten die Voraussetzungen für Gleichung (6), so vereinfacht sich diese Gleichung zu

$$K_{ij} = R_{ij} - \frac{R_i + R_j}{2} + 10 \cdot \lg \left(\frac{l_0 \cdot l_{ij}}{S_s} \right) \quad \text{dB} \quad (9)$$

3.4.6 Flankenschalldämm-Maß

Das Flankenschalldämm-Maß R_{ij} beschreibt die Schallübertragung über den Weg ij . Liegen Werte für die Norm-Flankenpegeldifferenz vor, so berechnet sich das Flankenschalldämm-Maß nach

$$R_{ij} = D_{n,ij} + 10 \cdot \lg\left(\frac{I_{lab}}{I_r}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{A_0}\right) \text{ dB} \quad (10)$$

Speziell für Längsschalldämm-Maße, die nach Gleichung (1) bestimmt wurden, lautet diese Gleichung

$$R_{13} = R_{Ff} = D_{n,f} + 10 \cdot \lg\left(\frac{I_{lab}}{I_r}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{A_0}\right) \text{ dB} \quad (11)$$

3.4.7 Körperschallnachhallzeit

Die Körperschallnachhallzeit wurde mit der Methode der Schröderschen Rückwärtsintegration, die in der Korrelationsmesstechnik (Maximalfolgen MLS) der Nortronic 840 zur Verfügung steht, in Terzschritten von 50 Hz bis 5000 Hz bestimmt. Um möglichst kurze Nachhallzeiten zu messen, wurde die Messung mit zeitinverser Filterung vorgenommen. Ausgewertet wurde die Nachhallzeit nach T20, da eine Auswertung nach T15, wie in [6] empfohlen, im Messgerät nicht zur Verfügung steht.

3.4.8 Verlustfaktor

Der Verlustfaktor (Gesamt-Verlustfaktor) wird bestimmt aus der Körperschallnachhallzeit nach der Beziehung [11]:

$$\eta = \frac{2,2}{f \cdot T_s} \quad (12)$$

Nach einem Vorschlag aus [6] kann der Verlustfaktor auf den Minimalwert aus [10] bezogen werden, um den Verlustfaktor in dB darzustellen. Das hat den Vorteil, dass Änderungen im Verlustfaktor direkt in dB vorliegen und eine an-

schauliche Abschätzung des Einflusses ermöglicht wird. Danach berechnet sich der Verlustfaktor zu

$$\eta = 10 \cdot \lg \left(\frac{\eta_{\text{tot}}}{\eta_{\text{min}}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{\frac{2,2}{f \cdot T_s}}{0,01 + \frac{0,3}{\sqrt{f}}} \right) \text{ dB} \quad (13)$$

$$\text{mit } \eta_{\text{min}} = 0,01 + \frac{0,3}{\sqrt{f}}$$

oder alternativ

$$\eta = 10 \cdot \lg \left(\frac{\eta_{\text{tot}}}{\eta_0} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{\frac{2,2}{f \cdot T_s}}{1 \cdot 10^{-12}} \right) \text{ dB} \quad (13a)$$

$$\text{mit } \eta_0 = 1 \cdot 10^{-12}$$

3.5 Einzulangaben

Zur vereinfachten Darstellung der Messergebnisse und für die Anwendung des vereinfachten Rechenmodells (simplified model) werden aus den frequenzabhängigen Messkurven Einzahlwerte bestimmt. Dazu können unterschiedliche Verfahren angewendet werden, die nachfolgend beschrieben werden.

3.5.1 Bewertung von Schalldämm-Maßen und Normflankenpegeldifferenzen

Schalldämm-Maße und Normflankenpegeldifferenzen werden mit der Bezugs-kurve nach ISO 717 [17] bewertet. Das Ergebnis wird bei 500 Hz der verschobenen Bezugs-kurve abgelesen und mit einem kleinen „w“ im Index gekennzeichnet. Zusätzlich werden Einzulangaben von Schalldämm-Maßen nach [17] unter Berücksichtigung der Spektrum-Anpassungswerten C und C_r angegeben. Die Bewertung erfolgt hier über A-bewertete Schallspektren zur Be-

wertung verschiedener Schallereignisse (z. B. Straßenverkehr, Wohnlärm usw.).

3.5.2 Bewertung von Stoßstellendämm-Maßen

Im vereinfachten Verfahren nach [1] wird K_{ij} verwendet, ohne nähere Aussagen darüber zu machen, wie die Einzahlangabe des K_{ij} zu bestimmen ist, da in der Theorie davon ausgegangen wird, das K_{ij} weitestgehend nicht frequenzabhängig ist. Da jedoch die Messung des K_{ij} eine Frequenzabhängigkeit zeigt, ergibt sich die Fragestellung nach einer Einzahlangabe, z. B. eines Mittelwertes. Hierzu gibt es im wesentlichen folgende drei Methoden:

- Angabe des Messwertes bei 500 Hz
- Energetische Mittelung der Messwerte von 200 Hz bis 1250 Hz nach [18] und
- Arithmetische Mittelung der Messwerte von 200 Hz bis 1250 Hz nach [2]

Die in diesem Bericht aufgeführten Stoßstellendämm-Maße sind, wenn nicht anders gekennzeichnet, nach letztgenannter Methode [2] bestimmt, da dieses Dokument das genormte Verfahren zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes darstellt. Im Vorfeld der Untersuchung wurden auch die anderen Verfahren verwendet [4], [27], [28], da das Verfahren erst im Laufe der Arbeiten zu diesem Projekt festgelegt wurde.

3.6 Rechenverfahren nach prEN 12354-1

Nachfolgend wird das Verfahren beschrieben, nach dem die Prognose des resultierenden Schalldämm-Maßes durchgeführt wird [1]. Bei Außenwänden liegt ein sogenannter T-Stoß vor, d. h. das trennende Bauteil (Wand oder Decke) schließt T-förmig an das flankierende Bauteil, in diesem Fall der Außenwand, an. Es sind die Übertragungswege nach Bild 3 zu beachten.

Bei Innenwänden können mehrere Arten von Stößen auftreten (L-Stoß, T-Stoß, Kreuzstoß, versetzte Stöße). Die Übertragungswege werden hier entsprechend der Übertragungswege in Bild 3 gekennzeichnet.

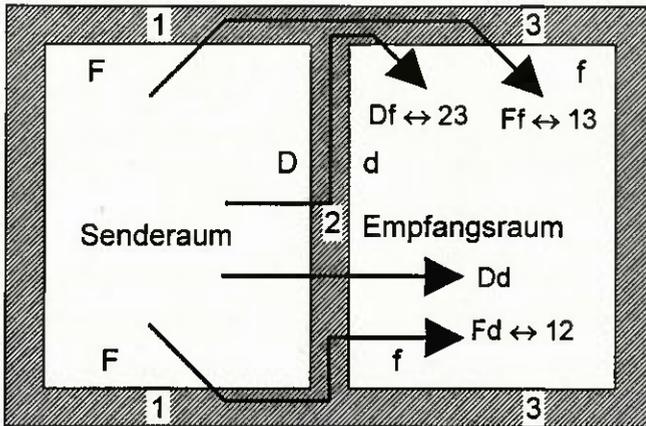


Bild 3 Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen

Charakteristisch für den Holzbau sind beidseitig beplankte Ständerwände, die bauakustisch als zweischalige Wände bezeichnet werden. Im Gegensatz zum Massivbau erfolgt die Flankenschallübertragung im wesentlichen über die innere Beplankung des jeweiligen Bauteils [1], wie sich auch im Laufe dieser Untersuchung zeigt.

Die für den Holzbau wesentliche Schallübertragungswege sind in Bild 4 dargestellt. Die Kennzeichnung erfolgt analog zu der Kennzeichnung im Massivbau, wie sie in Bild 3 und [1] definiert ist. Zu beachten ist, dass bei dem Übertragungsweg D_f die Beplankung der Trennwand im Senderraum, bei der Übertragung auf dem Weg F_d die Beplankung der Trennwand im Empfangsraum einzusetzen ist. Das gilt auch für Vorsatzschalen; ist beispielsweise eine Vorsatzschale auf der Senderraumseite der Trennwand angebracht, so ist diese nur für den Weg D_d und D_f zu berücksichtigen, nicht jedoch für den Weg F_d .

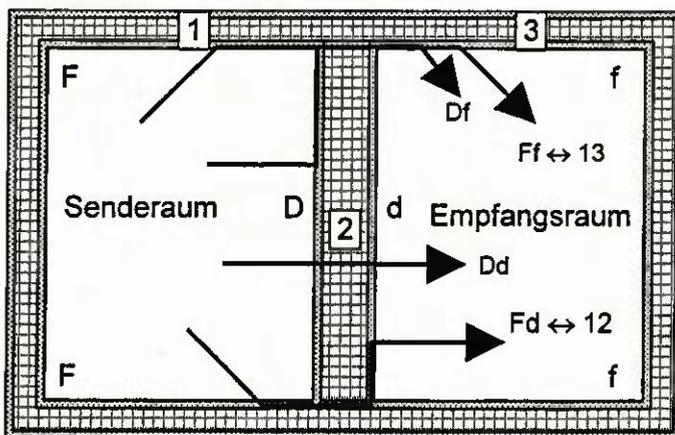


Bild 4 Schallübertragungswege im Holzbau mit zweischaligen Wänden

Allgemein kann die Schallübertragung zwischen zwei benachbarten Räumen unter der Annahme, dass die Übertragungswege unabhängig voneinander sind, durch die entsprechenden Transmissionsgrade beschrieben werden, wobei der resultierende Transmissionsgrad die Summe aus direktem und flankierendem Übergang ist:

$$\tau = \tau_d + \tau_f \quad (14)$$

mit
$$\tau_d = \tau_{Dd} + \sum_{F=1}^n \tau_{Fd} \quad (15)$$

und
$$\tau_f = \sum_{l=1}^n (\tau_{Dfl} + \tau_{Ffl}) \quad (16)$$

Aus Bild 3 und Bild 4 geht hervor, dass es für jedes flankierende Element f im Empfangsraum zwei Wege gibt ($F=f$):

$$\tau_f = \tau_{Df} + \tau_{Ff} \quad (17)$$

Es gilt folgende Beziehung:

$$\tau_{Dd} = 10 \frac{R_{Dd}}{10} \quad (18)$$

Mit τ_{ij} für die Flankenübertragung findet man den Zusammenhang zur Summe der Flankenschalldämm-Maße R_{ij}

$$\tau_{ij} = 10 \frac{R_{ij}}{10} \quad (19)$$

Für den Ausdruck des resultierende Schalldämm-Maßes R' erhält man :

$$R' = -10 \cdot \lg \left(10 \frac{R_{Dd}}{10} + \sum 10 \frac{R_{ij}}{10} \right) \text{ dB} \quad (20)$$

$$ij = Ff, Fd, Df$$

Dies ist die grundlegende Beziehung für die rechnerische Ermittlung des resultierenden Schalldämmmasses R' sowohl nach DIN 4109 Beiblatt 1 [16] als auch nach EN 12354 [1]. Die einzelnen Flankenschalldämm-Maße R_{ij} können nach dem detaillierten Modell [1] berechnet werden unter Berücksichtigung des zugehörigen Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} :

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \Delta R_i + \frac{R_j}{2} + \Delta R_j + K_{ij} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_{ij}} \right) \text{ dB} \quad (21)$$

Für die einzelnen Übertragungswege heißt dies im vereinfachten Modell (simplified model, d. h. Rechnung mit bewerteten Schalldämm-Maßen, nicht spektral):

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left(10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (22)$$

Im vereinfachten Modell (simplified model) mit bewerteten Schalldämm-Maßen gilt

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{I_0 \cdot I_{ij}} \right) \text{ dB} \quad (23)$$

Das Luftschallverbesserungsmaß $\Delta R_{ij,w}$ von Vorsatzschalen auf dem Weg ij ist aus den einzelnen Verbesserungsmaßen nach [1] bei einseitig angebrachten Vorsatzschalen wie folgt zu berechnen:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} \text{ bzw. } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} \text{ dB} \quad (24a)$$

bzw., bei beidseitig angebrachten Vorsatzschalen, wobei für die Vorsatzkonstruktion mit dem niedrigeren Wert der halbe Wert genommen wird:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \frac{\Delta R_{j,w}}{2} \text{ oder } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \frac{\Delta R_{i,w}}{2} \text{ dB} \quad (24b)$$

Zur Verifizierung der Mess- und Rechenverfahren können die Ergebnisse, die sich durch Anwendung der Gleichungen (10) und (21) bzw. (23) ergeben, verglichen werden. Somit erhält man einen Hinweis darauf, wieweit die einzelnen Messverfahren zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes sinnvolle Ergebnisse liefern bzw. welche Verfahren zur Bestimmung des K_{ij} im Holzbau geeignet sind oder nicht.

4 Methoden zur Körperschallmessung im Holzbau

In diesem Kapitel werden Methoden vorgestellt und deren Tauglichkeit untersucht, nach denen die Körperschallmessungen von Körperschallnachhallzeiten und Schnellepegeln an Holzständerwänden durchgeführt worden sind.

4.1 Positionierung der Körperschallaufnehmer- und Anregungspunkte

Die Regeln für die Positionierung der Aufnehmer auf Wänden und Decken sind in mehreren Veröffentlichungen beschrieben [2], [3], [6], [7], [18]. Die wesentlichen Abstandsregeln für die Anbringung der Körperschallaufnehmer und der Anregungspunkte sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Wichtig ist in jedem Fall eine asymmetrische Verteilung der Messpunkte.

Für die Messungen im Rahmen dieses Projektes wurden nach Möglichkeit 3 Anregepositionen und jeweils mindestens 4 Aufnehmerpositionen verwendet. Der Abstand zum Rand des Bauteils war mindestens 0,5 m, zwischen den Anrege- und Aufnehmerpositionen mindestens 0,7 m, möglichst mehr als 1 m. Bei der Positionierung wurde darauf geachtet, dass Aufnehmer- und Anregepositionen sowohl auf dem Ständer wie auch im Gefach zwischen den Ständern ausgewählt wurden.

Ein Beispiel für die Anbringung der Messpunkte ist in Bild 13 dargestellt. Bild 14 bis Bild 16 zeigt die Anbringung des Shakers und der Beschleunigungsaufnehmer der Körperschallmesstechnik.

4.2 Messungen der Körperschallnachhallzeit von Holzbauwänden

In diesem Abschnitt wird eine Fehlerbetrachtung zu der Messmethode der Körperschallnachhallzeit von Holzwänden und den Rahmenbedingungen der Messungen durchgeführt. Aus der Fehleranalyse werden Maßnahmen hergeleitet, die für die Messung an einzelnen Bauteilen zu beachten sind.

4.2.1 Positionierung der Aufnehmer

Um die Körperschallnachhallzeit und damit den Verlustfaktor η der Holzbauwände zu bestimmen, wurde auf den Prüfelementen gemäß Bild 13 mit den Shakerpositionen S1 bis S3 und jeweils den Aufnehmerpositionen A1 bis A5 die Körperschallnachhallzeit nach Kapitel 3.4.7 bestimmt.

In Bild 21 ist das Ergebnis der einzelnen Messpositionen und der arithmetische Mittelwert aus den 15 gemessenen Positionen bei der Außenwand (Wand 1) eingezeichnet. Die Wand war frei stehend in der Prüfhalle des ift aufgebaut. Die Darstellung zeigt große Streuungen der Messwerte in Abhängigkeit des Abstandes von der Anregeposition und der Position des Aufnehmers und des Shakers auf einem Ständer bzw. im Gefach.

Besonders fällt auf, das die Messung der Körperschallnachhallzeit im Frequenzbereich von etwa 1250 Hz bis 2000 Hz teilweise sehr große Werte liefert (0,6s bis über 1s im Vergleich zu 0,2 s oder darunter bei den Messungen in den benachbarten Terzbändern). In diesem Frequenzbereich liegt die Koinzidenzfrequenz der inneren Beplankung (19 mm OSB-Platte, Bild 59). Bei Messungen auf den Innenwänden waren ähnliche Effekte in den Frequenzverläufen festzustellen, nur liegen diese im Frequenzbereich von etwa 3150 Hz bis 5000 Hz (vgl. z. B. Bild 23). In diesem Bereich liegt die Koinzidenzfrequenz der Gipsfaserplatten, mit denen die Innenwände beplankt sind, vgl. Bild 58.

Bei der Analyse der Messungen zeigt sich zudem, das die Abweichungen im Bereich der Koinzidenzfrequenz umso größer werden, je weiter die Aufnehmerposition von der Anregeposition entfernt ist. Die Durchführung der Messung bei weit auseinanderliegenden Mess- und Anregungspunkten ist allgemein problematisch, da häufig ein zu geringer Signal-Störpegelabstand besteht.

In Bild 22 ist die gleiche Messung wie in Bild 21 dargestellt mit dem Unterschied, das die Messpunkte, die mehr als 2 m von der Anregeposition entfernt sind, weggelassen wurden. Es treten immer noch höhere Messwerte im Frequenzbereich von 1250 bis 2000 Hz auf, jedoch weniger stark als bei der Darstellung in Bild 21.

4.2.2 Einfluss der Prüfräume auf die Messung der Körperschallnachhallzeit

Um zu untersuchen, wo die Ursache für die ermittelten Abweichungen im Bereich der Koinzidenzfrequenz liegt, wurde dieselbe Wand an verschiedenen Orten aufgebaut, da die Vermutung besteht, dass sich die Körperschallnachhallzeit mit der Nachhallzeit des Prüfraumes überlagert [29].

In Bild 23 ist die Körperschallnachhallzeit dargestellt, gemessen im Prüfstand eingebaut, in der Prüfhalle frei stehend und im Außenbereich des ift aufgebaut, also im Freifeld. Bei der Messung im Freifeld sind keine signifikant höheren Körperschallnachhallzeiten im Bereich der Koinzidenzfrequenz zu erkennen. Hier gibt es keine Reflektionen aus einem umgebenden Raum, die die Messung überlagern können, vgl. Bild 19 und Bild 20. Geringe Abweichungen treten bei der Mittelung der Messwerte in der Prüfhalle auf, größere Abweichungen bei Messungen im eingebauten Zustand im Wandprüfstand. Hier liegt die Nachhallzeit des Prüfraumes bei ca. 1,5 s.

Im Bereich der Koinzidenzfrequenz (Biegewellenlänge der Platte = freie Wellenlänge der Luft) der Platten, aus denen die Beplankung der Wände besteht, überlagert sich also die Körperschallnachhallzeit mit der Nachhallzeit des Raumes, und der gemessene Abklingvorgang lässt sich nicht mehr auf die Körperschallnachhallzeit des Bauteils beziehen. Das liegt unter anderem an der Messtechnik, die die Nachhallzeit als T20 auswertet; in diesem Dynamikbereich findet eine Überlagerung der Abklingkurve der Körperschallnachhallzeit und der Abklingkurve der Nachhallzeit des Raumes statt. Diese Eigenschaft wurde auch bei Messungen an Gipskartonständerwänden im IBP Stuttgart festgestellt [29].

Wie schon zuvor beschrieben wurde, zeigt sich, dass der Einfluss des umgebenden Raumes umso größer wird, je weiter die Aufnehmerposition von der Anregeposition entfernt ist. Die Ursache dafür ist der Signal-Rausch-Abstand der Körperschallanregung, der umso geringer wird, je weiter der Aufnehmer von dem Anregungspunkt entfernt ist. Die Anregung der Platte durch die Rückantwort des umgebenden Raumes aus der abgestrahlten Schallenergie des Prüfgegenstandes ist jedoch auf der gesamten Plattenoberfläche nahezu gleich, so dass bei weiter entfernt liegenden Messpunkten die Überlagerung aus der Luftschallanregung überwiegt.

4.2.3 Körperschallnachhallzeit der Außenwand

Bild 24 zeigt die nach der oben beschriebenen Methode gemessene und gemittelte Körperschallnachhallzeit, gemessen an der Außenwand. Mit Ausnahme der Frequenzbereiche zwischen 1250 Hz und 2000 Hz ist das Messergebnis gleich den Messungen nach Bild 21 bzw. Bild 22, nur die Abweichung innerhalb der Koinzidenzfrequenz ist etwas geringer; wahrscheinlich, weil sich die Rahmenbedingungen für die Messung (Ausstattung der Prüfhalle) zwischenzeitlich etwas geändert hatten.

Bild 25 zeigt die Körperschallnachhallzeit der Außenwand, gemessen an zwei Punkten auf der Innenseite (auf OSB) und auf den gleichen Punkten gespiegelt auf der Außenseite (auf DWD). Die Messkurven liegen fast deckungsgleich übereinander. Das belegt, dass die gesamte Wand mit der inneren Schallabsorption in den Platten, im Ständerwerk und in der Gefachdämmung Einfluss auf die Körperschallnachhallzeit hat.

4.2.4 Körperschallnachhallzeit der Innenwände

Bild 26 bis Bild 30 zeigen Vergleiche von Messungen der Körperschallnachhallzeit auf den Innenwänden mit getrenntem Ständer (Wand 4) und mit einfachem Ständer (Wand 6).

Bild 26 zeigt die Körperschallnachhallzeit der Innenwand mit getrenntem Ständer, aufgebaut in der Prüfhalle des ift. Das Verhalten der Messkurven ist ähnlich wie bei der Außenwand (Bild 24), nur dass die Abweichungen im Bereich der Koinzidenzfrequenz der Gipsfaserplatten von 3150 Hz bis 5000 Hz liegen. Unterhalb der Koinzidenzfrequenz liegen die Messkurven fast deckungsgleich übereinander, siehe auch Bild 25 und Bild 26.

Bild 27 und Bild 28 zeigt die Körperschallnachhallzeit beider Innenwände, eingebaut in den Wandprüfstand des ift. Die Abweichungen im Frequenzbereich der Koinzidenzfrequenz sind höher als in der Prüfhalle, da hier wegen des kleineren Volumens und der Nachhallzeit von ca. 1,5 s eine geringere Absorptionsfläche des Raumes vorliegt und somit der Einfluss der Raumantwort ausgeprägter ist.

In Bild 29 werden die Körperschallnachhallzeiten beider Prüfwände miteinander verglichen. Die Messkurven sind fast identisch, da der Wandaufbau mit

Ausnahme der Bautiefe und der getrennten Ständer gleich ist (gleiche Beplankung und gleiche Dämmung im Hohlraum).

4.2.5 Einspannung der Prüfwände

Um zu untersuchen, wieweit sich die Randeinspannung auf die Körperschallnachhallzeit der Prüfwände auswirkt, wurde die Wand 4 (Innenwand mit getrenntem Ständer) einmal in den Ecken verkeilt in den Wandprüfstand eingebaut und einmal umlaufend mit Flächenpressung in die Prüföffnung eingepresst. Der Versuchsaufbau ist in Bild 17 und Bild 18 dargestellt. Dieser Versuch wurde aufgrund der Erfahrungen aus Messungen mit Massivwänden durchgeführt, bei denen die Randeinspannung einen erheblichen Einfluss auf den Verlustfaktor und die Schalldämmung hat [8].

In Bild 30 und Bild 31 ist das Ergebnis dieser Untersuchung enthalten. Die Körperschallnachhallzeit verändert sich nur unwesentlich; lediglich bei Frequenzen unter 250 Hz sind Änderungen erkennbar, siehe Bild 30. Im Bereich der Koinzidenzfrequenz der Beplankung von 3150 Hz zeigt die Messung Werte zwischen 0,2 s und 0,4 s im Vergleich zu unter 0,05 s im Bereich bis 2000 Hz.

Wie bereits in Kapitel 4.2.2 gezeigt wurde, überlagert in diesem Frequenzbereich die Nachhallzeit der Umgebung (des Prüfstandes) die Messung der Körperschallnachhallzeit so, dass über die Veränderung der Körperschallnachhallzeit keine Aussage gemacht werden kann. Die Messung der Schalldämmung (Bild 31) zeigt jedoch, dass sich die Schalldämmung im Bereich der Koinzidenzfrequenz durch den Einbau nur geringfügig verändert. Im Frequenzbereich bis ca. 500 Hz zeigt sich keine systematische Veränderung der Schalldämmung, bei höheren Frequenzen verringert sich die Schalldämmung etwas, am stärksten bei etwa 1600 Hz mit einer Verringerung der Schalldämmung von 3 dB.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R_w (C;C_v)$ ändert sich in diesem Fall um -1 (0;+1) dB, d. h. in der gesamten Bewertung wird die Schalldämmung etwas schlechter, bei tiefen Frequenzen jedoch etwas besser durch die vollständige Einspannung der Prüfwand.

4.2.6 Vergleich von Labor- und Baumessungen

In Bild 32 und Bild 33 sind die Messungen von Körperschallnachhallzeiten im Labor und am Bau miteinander verglichen.

Unter den Baubedingungen ist die Körperschallnachhallzeit auf den Innenwänden bei tiefen Frequenzen (Bild 32) deutlich geringer als im Labor. Folgerichtig ist die Schalldämmung der Wände am Bau höher als im Labor. Die Abweichungen im Bereich der Koinzidenzfrequenz zeigen sich bei den Messungen im Labor und am Bau.

Leider wurde während der Bauausführung der Dämmstoff und die Ausführung der getrennten Ständer verändert, daher sind die Wände im Aufbau verschieden und nur eingeschränkt miteinander vergleichbar. Es wurde Isofloc eingesetzt anstelle der für die Laborprüfungen angelieferten Wände mit Homatherm, bei der getrennten Wand wurden neben den Ständern auch die Riegel getrennt.

Die Messungen an der Außenwand in Bild 33 zeigen eine bessere Übereinstimmung. Bei der Baumessung ist die Abweichung im Bereich der Koinzidenzfrequenz nicht erkennbar, was möglicherweise durch die Abmessung des Bauteils und die Unterbrechung der Platte durch Fensteröffnungen zu erklären ist. Die größte zusammenhängende Außenwandfläche innerhalb eines Raumes ist bei dem Bauvorhaben etwa 600 mm breit.

4.2.7 Zusammenfassung für Körperschallnachhallzeiten

Die Untersuchungen zeigen, dass sich die Körperschallnachhallzeiten von Holzwänden nicht so stark verändern wie bei Massivwänden [8]. Das zeigt der Vergleich der Messungen von der frei stehend aufgebauten mit der fest in den Prüfstand eingespannten Wand, vgl. 4.2.5. Das liegt daran, dass Holzständerwände in sich elementiert sind und somit der Randeinfluss geringer ist als bei homogenen Bauteilen, die als Ganzes schwingen.

Bei der Messung in geschlossenen Räumen beeinflusst die Nachhallzeit des umgebenden Raumes die Messung der Körperschallnachhallzeit im Bereich der Koinzidenzfrequenz der Beplankung. Dieser Einfluss ist umso größer, je weiter der Messpunkt vom Anregungspunkt entfernt ist, bedingt unter anderem durch die elementierte Bauweise. Daher wird empfohlen, die Messpunkte maximal 2 m vom Anregungspunkt entfernt zu platzieren.

Die besten Messergebnisse für die Körperschallnachhallzeit der Holzständerwände lassen sich im Freifeld bzw. im schalltoten Raum erzielen, da in diesen Umgebungen keine Raumnachhallzeit die Messung überlagert.

Der Fehler, der durch die Überlagerung der Nachhallzeiten entsteht, ist unter Umständen erheblich, siehe auch [29].

Da sich die Körperschallnachhallzeiten von Holzständerwänden durch unterschiedliche Einbauweisen nicht sehr verändern, ist zu empfehlen, Körperschallnachhallzeiten von Holzständerwänden in einem Katalog in Abhängigkeit des Aufbaus vorzugeben und nicht im Einzelfall zu messen.

4.3 Schnellepegelverlauf

Die Messung des Schnellepegelverlaufes über die Länge eines Bauteils zeigt die Verteilung der Schnelle und damit die Abstrahlung der einzelnen Bereiche des Bauteils. Der Versuch soll zeigen, wie sich die Schnellepegel auf der Holzständerwand verteilen, um besser beurteilen zu können, wie stark die einzelnen Teile der Holzständerwand an der Längsschallübertragung beteiligt sind.

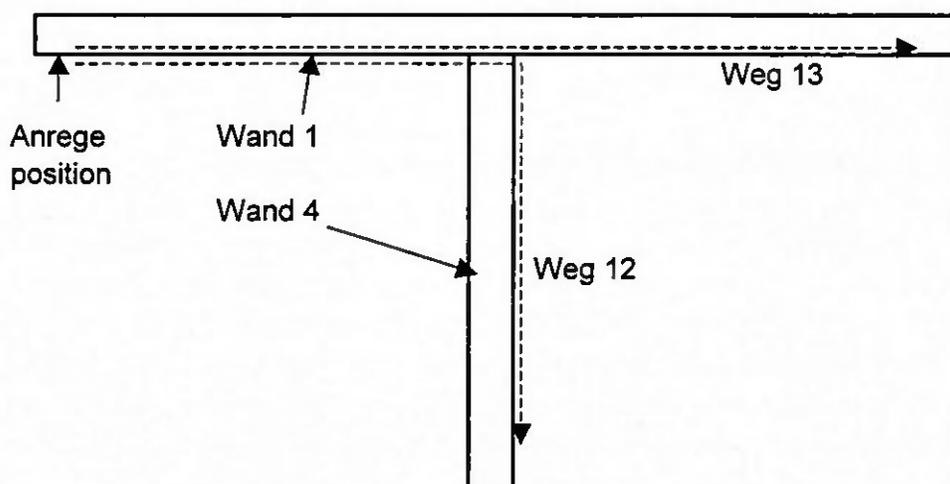


Bild 5 Messung des Schnellepegelverlaufes eines T-Stoßes in regelmäßigen Abständen auf den Wegen 12 und 13

Durchgeführt wurden Versuche für einen frei in der Prüfhalle des ift und im Freifeld aufgebauten T-Stoß aus Wand 1 und 4, und für in den Längsleitungsprüfstand eingebaute Wände. Geprüft wurde mit Shakeranregung und, bei

Einbau in den Prüfstand, zusätzlich mit Luftschallanregung. Die Wege der gemessenen Pegelverläufe in Bild 5 beziehen sich auf die Definition der Wege ij nach Bild 3 und Bild 4.

Die Ergebnisse sind in Bild 34 bis Bild 45 wiedergegeben (siehe auch [5]). Im Bild oben ist dort jeweils die Messrichtung in eine Schnittzeichnung des Prüfaufbaus eingezeichnet. In den Diagrammen darunter ist, jeweils für die Terzmittenfrequenzen 125 Hz (Raute), 500 Hz (Kreis), 2000 Hz (Dreieck) und als dicke Linie der aufsummierte Schnellepegel $L_{v,LIN}$ eingezeichnet. Die waagerechte Linie mit dem entsprechenden Symbol kennzeichnet den Grundgeräusch- oder Störpegel bei der entsprechenden Frequenz. Ermittelt wurde der Störpegel bei der gleichen Messsituation ohne Ansteuerung des Shakers oder des Lautsprechers mit Rauschen. Die senkrechte Linie mit schwarzem Punkt ist die Position des Shakers und die strichpunktierte Linie die Position der Trennwand. Zur Kennzeichnung sind ebenfalls die Kanten der Ständer in die Diagramme eingezeichnet.

Die Aufnehmer wurden auf halber Höhe (1,4 m) auf der Wand positioniert, jeweils abwechselnd in der Höhe der Ständer und im Gefach zwischen den Ständern, vgl. Bild 13.

4.3.1 T-Stoß, frei stehend

In Bild 34 bis Bild 36 sind die Untersuchungen dargestellt, die frei stehend in der Prüfhalle des ift durchgeführt wurden. Die Messungen wurden durchgeführt mit der durchgehenden Außenwand (Wand 1) und der Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4). Der Shaker war am Rand von Wand 1 positioniert.

Bild 34 zeigt den Schnellepegelverlauf auf dem Weg 12, Bild 35 den Weg 13 und zum Vergleich ist der Verlauf ohne Anschluss einer Trennwand in Bild 36 wiedergegeben. Der Schnellepegelverlauf von der Anregeposition bis zum Anschluss der Trennwand ist bei allen drei Darstellungen nahezu gleich.

4.3.1.1 Weg 12

Bei dem T-Stoß in Bild 34 verringert sich der Schnellepegel $L_{v,LIN}$ nach der Stoßstelle auf dem Weg 12 um ca. 15 bis 17 dB. Die Pegel auf der Trennwand sind nicht kontinuierlich, sondern hängen von der Lage auf dem Ständer bzw.

im Gefach zwischen den Ständern ab. Im Gefach sind die Schnellepegel etwa 6 bis 8 dB höher als auf dem Ständer.

Hinter der Stoßstelle nehmen die Schnellepegel über die Länge der Trennwand nur unwesentlich ab; dass lässt sich zum Teil mit dem Störpegel begründen, da bei tiefen Frequenzen die Messkurve im Bereich des Störpegels liegt. Jedoch sind die Schnellepegel bei hohen Frequenzen wesentlich höher als die gemessenen Störpegel; trotzdem sind die Pegel über die Länge der Trennwand praktisch konstant.

4.3.1.2 Weg 13

Hinter der Stoßstelle (dem Anschluss der Trennwand zu einem T-Stoß) in Bild 35 verringert sich der Schnellepegel $L_{v,LIN}$ auf der Außenwand, dem Weg 13, um ca. 5 bis 8 dB im Vergleich zu der Messung ohne Anbindung der Trennwand in Bild 36.

Beide Messungen zeigen, dass der Schnellepegel auf dem Weg 13 ab einem Abstand von ca. 3 m zur Anregeposition, bzw. bei Anbindung der Trennwand ab dem Trennwandanschluss, praktisch nicht mehr abnimmt. Da der gemessene Störpegel wesentlich niedriger ist als die gemessenen Pegel, kann dieser Effekt nicht auf den Störpegel zurückgeführt werden.

4.3.2 T-Stoß im Freifeld

In Bild 37 und Bild 38 sind Messungen im Freifeld, d. h. im Außengelände des ift, wiedergegeben. Der Versuch wurde durchgeführt, um Anregung der Elemente durch Reflektionen aus dem umgebenden Raum auszuschließen, die neben der Anregung mit dem Shaker den Schnellepegel beeinflussen können, siehe Bild 19. Der Versuchsaufbau ist in Bild 20 dargestellt; es wurde der gleiche T-Stoß aufgebaut, der auch in der Halle untersucht wurde, so dass die Messungen mit denen in Bild 34 und Bild 35 vergleichbar sind. Zu beachten ist der Störpegel, der im Freifeld größer war als in der Prüfhalle, bedingt durch den Umgebungslärm.

Der Pegelverlauf bis zur Stoßstelle ist nahezu mit der Messung aus der Prüfhalle identisch. Da in diesem Bereich der Störpegelabstand ausreichend hoch ist, kann geschlossen werden, dass die gemessenen Schnellepegel in der Prüfhalle und im Freifeld in diesem Bereich ausschließlich auf die Körper-

schallanregung zurückzuführen sind, d. h. die Anregung der Wände durch Reflektionen aus der Prüfhalle haben einen unerheblichen Anteil an den gemessenen Schnellepegeln.

Bei der Messung auf dem Weg 12 in Bild 37 ist die Pegelabnahme nach der Stoßstelle geringer als bei der Messung in der Prüfhalle. Da die Pegel nach der Stoßstelle in weiten Teilen im Bereich der Störpegel liegen, lassen sich daraus jedoch keine Rückschlüsse auf das Stoßstellendämm-Maß gewinnen. Bei der Messung auf dem Weg 13 in Bild 38 ist die Pegelabnahme nach der Stoßstelle etwa gleich wie bei der Messung in der Prüfhalle (Bild 35). Die Schnellepegel nach der Stoßstelle liegen etwa 10 dB über dem Störpegel. Daraus lässt sich nur bedingt eine Aussage ableiten, da der Störpegel im Freifeld nicht konstant war.

Die Annahme, dass die Schallreflektionen, die sich durch Anregung der Luftschall abstrahlenden Prüfwand ergeben, Einfluss auf die gemessene Schnellepegel in geschlossenen Räumen haben, lässt sich mit diesen Messungen jedoch nicht belegen. Das bedeutet, dass sich die gemessenen Schnellepegel nur aus der Körperschallanregung mit dem Shaker ergeben, und dass die Anregung durch Luftschallreflektionen keinen wesentlichen Einfluss auf die Messungen hatte.

4.3.3 Messungen im Längsleitungsprüfstand

In Bild 39 bis Bild 45 sind Schnellepegelverläufe wiedergegeben, die an in den Längsleitungsprüfstand eingebauten Außenwänden durchgeführt wurden. Es wurden einzelne Anschlussparameter variiert, um den Einfluss auf die Schnellepegelverteilung und die Stoßstellendämmung zu untersuchen.

Bei Anregung der Wand mit Luftschall sind die Schnellepegel entlang der gemessenen Linie auf der Senderraumseite etwa konstant, d. h. die Wand wird gleichmäßig angeregt. Ähnlich wie bei den vorherigen Messungen sind die Schnellepegel auf der Oberfläche unterschiedlich verteilt. Die Schnellepegel hängen wie bei der Anregung mit dem Shaker von der Lage auf dem Ständer bzw. im Gefach zwischen den Ständern ab.

Im Gefach sind die Schnellepegel $L_{v,LIN}$ etwa 6 bis 8 dB höher als auf dem Ständer. Bei tiefen und mittleren Frequenzen bis etwa 500 Hz ist der Unterschied größer, etwa 10 dB, bei hohen Frequenzen ist der Schnellepegel etwa gleich hoch auf dem Ständer und im Gefach zwischen den Ständern.

4.3.3.1 Durchgehende Wand

Bild 39 zeigt die Schnellepegelverteilung auf der durchgehenden Außenwand (Wand 1), gemessen mit Luftschallanregung. Im Empfangsraum nimmt der Schnellepegel ähnlich ab wie im Bereich nach dem Anregungspunkt bei einer Messung mit dem Shaker, vgl. z. B. Bild 36.

Im Bereich bis etwa 1 m hinter der Stoßstelle sind die Schnellepegel etwa 10 bis 15 dB niedriger als im Senderaum, dahinter beträgt die Differenz etwa 20 bis 25 dB. Bei hohen Frequenzen ist die Differenz größer, sie beträgt bei 2000 Hz bis zu etwa 35 dB.

Die gemessenen Schnellepegel liegen weit oberhalb des ermittelten Störpegels, so dass dieser keinen Einfluss auf die Messung hatte.

4.3.3.2 Getrennte Wand

Bild 40 bis Bild 43 zeigt die Schnellepegelverteilung auf der getrennten Außenwand (Wand 2 und 3) mit unterschiedlichen Anschlussausbildungen, gemessen mit Luftschallanregung. Im Empfangsraum sind die Schnellepegel über die Länge der Prüfwand etwa konstant, d. h. sie nehmen nicht wesentlich mit dem Abstand zur Stoßstelle ab. Die gemessenen Schnellepegel liegen etwa 15 dB oberhalb des ermittelten Störpegels, so dass dieser keinen Einfluss auf die Messung hatte.

Die Schnellepegel $L_{v,LIN}$ sind im Empfangsraum etwa 30 dB niedriger als im Senderaum. Bei tiefen Frequenzen zeigt sich keine Abhängigkeit des gemessenen Schnellepegels von der Anschlussausbildung. Bei mittleren und hohen Frequenzen ändern sich die Schnellepegeldifferenzen zwischen Send- und Empfangsraum um bis zu etwa 10 dB in Abhängigkeit der Anschlussausbildung. Da bei der Aufsummierung der Pegel hier die niedrigen Frequenzen dominieren, zeigt sich bei den $L_{v,LIN}$ -Pegeln keine wesentliche Änderung im Verlauf.

Bild 44 und Bild 45 zeigt die gleiche Messsituation wie Bild 43 mit dem Unterschied, dass hier mit Shakeranregung gemessen wurde. Bei der Messung zu Bild 44 war der Shaker am Rand der Senderaumwand platziert, bei der Messung zu Bild 45 in der Mitte der Wand. Im Senderaum nimmt der Schnellepegel bis zur Stoßstelle bei Anregung mit Shaker ähnlich mit dem Abstand zum Anregungspunkt ab wie bei der Messung frei stehend, vgl. z. B. Bild 44 mit Bild

36. Einflüsse durch den Einbau der Wand in den Prüfstand sind hier nicht zu erkennen.

Bei der Anregung am Rand der Senderaumwand ist der verwendete Shaker offenbar zu schwach, um einen ausreichenden Signal-Störabstand zu gewährleisten. Das gilt insbesondere bei tiefen Frequenzen, wie Bild 44 zeigt. Der Störpegelabstand ist bei mittleren und hohen Frequenzen ausreichend (> 15 dB), so dass hier eine Aussage zu der Pegelverteilung möglich ist. Die Schnellepegel nehmen über die Stoßstelle hinweg jedoch nicht in der Größenordnung ab wie bei der Messung mit Luftschallanregung in Bild 43.

Bei der Anregung in der Mitte der Senderaumwand reicht die eingebrachte Körperschallanregung aus, um auch bei tiefen Frequenzen einen ausreichenden Störpegelabstand zu gewährleisten (Bild 45). Die Differenz der Schnellepegel über die Stoßstelle hinweg ist größer als bei der Anregung am Rand der Senderaumwand, jedoch kleiner als bei der flächigen Anregung mit Luftschall.

Offenbar hat die Art der Anregung Einfluss auf die gemessenen Schnellepegeldifferenzen, d. h. die punktweise Anregung ergibt eine andere Verteilung der Schnellepegel in der Wand und auf der Oberfläche der Wand als die flächige Anregung mit Luftschall.

Bei der punktuellen Anregung hängt die ermittelte Schnellepegeldifferenz von dem Abstand der Anregeposition zur Stoßstelle ab.

4.3.4 Zusammenfassung für den Schnellepegelverlauf

Im Unterschied zu Gipskarton- und Massivwänden, wo der Schnellepegel pro laufenden Meter gleichmäßig abnimmt, zeigt sich bei den Holzständerwänden ein anderes Bild. Es ergeben sich Pegelunterschiede auf dem Ständer des Tragwerkes und im Gefach zwischen den Ständern von etwa 5 bis 8 dB, vornehmlich bei tiefen und mittleren Frequenzen.

Der Schnellepegel nimmt von der Anregeposition bis zu einem Abstand von etwa 3 m degressiv ab. Ab einem Abstand von ca. 3 m ist der Schnellepegel bei der Holzwand auf der ganzen Länge nahezu konstant, wenn keine Stoßstelle angebunden ist. Im Bereich der Stoßstelle nimmt der Schnellepegel um das Maß der Stoßstelle ab, danach ist der Pegelverlauf wieder annähernd

konstant. Das bedeutet, das auch Bereiche, die nicht unmittelbar an die Trennwand angrenzen, Schallenergie abstrahlen.

Da der gemessene Störpegel wesentlich niedriger ist als die gemessenen Pegel, kann dieser Effekt nicht auf den Störpegel zurückgeführt werden.

4.4 Stoßstellendämm-Maß

In diesem Abschnitt sollen die unterschiedlichen Verfahren näher betrachtet und bewertet werden, nach denen das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} im Holzbau bestimmt werden kann. In allen Fällen muss die äquivalente Absorptionslänge a berücksichtigt werden, die je nach Rahmenbedingung nach Gleichung (5) - mit Einbeziehung der Körperschallnachhallzeit - oder nach Gleichung (6) - bezogen auf die Bauteilfläche S - bestimmt werden kann. Bei den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes im Holzbau gilt es Randbedingungen und Besonderheiten zu berücksichtigen, die nachfolgend beschrieben werden.

4.4.1 Randbedingungen

Bei der Messung des Stoßstellendämm-Maßes nach Gleichung (7) ist die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz $\overline{D_{v,ij}}$ zu bestimmen, d. h. es ist vom Senderraum in den Empfangsraum zu messen und umgekehrt. Das Bauteil kann dazu mit Körperschall (z. B. einem Hammerwerk oder Shaker) an einzelnen Punkten oder vollflächig mit Luftschall angeregt werden. Die Anregung mit Körperschall kann an einer frei stehenden Prüfwand (z. B. T-Stoß) oder im eingebauten Zustand im Prüfstand erfolgen, mit Luftschallanregung kann nur im eingebauten Zustand gemessen werden.

In Bild 46 ist ein Messbeispiel für die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes wiedergegeben. Das Diagramm zeigt, dass Unterschiede zwischen den Messrichtungen ij und ji bestehen können; die Unterschiede sind jedoch nicht so stark wie z. B. bei Glasfassaden [4], da sich die Materialien, auf denen gemessen wird, in Ihren Eigenschaften (flächenbezogene Masse, Abstrahlgrad) nicht so stark unterscheiden.

Bei der Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes nach Gleichung (8) aus der gemessenen Flankenschalldämmung und den Schalldämmungen der einzel-

nen Bauteile ergibt sich bei zweischaligen Bauteilen die Möglichkeit, das Schalldämm-Maß des ganzen Bauteils oder das Schalldämm-Maß der inneren Schale zu verwenden [1], [2], [29].

4.4.2 Einfluss der Luftschallpegel im Senderaum

Die Anregung der Holzwand mit dem Shaker erzeugt einen Luftschallpegel, der wiederum die Wand anregt. Somit wird die Körperschallübertragung von einer Schallübertragung durch Luftschallanregung überlagert. Diese Überlagerung kennt man auch bei Trittschallmessungen, wo die Luftschallpegel des Hammerwerks den Trittschallpegel überlagern, z. B. bei Holzbalkendecken.

Um zu beurteilen, wieweit sich dieser Effekt bei den Messungen mit Shakeranregung auswirkt, wurde der Luftschallpegel, der sich durch Anregung der Wand im Senderaum ergibt, gemessen. Das Ergebnis ist in Bild 47 wiedergegeben, zusammen mit dem zugehörigen Empfangsraumpegel und Störpegel (ohne Anregung der Prüfwand). Anschließend wurde der gemessene Luftschallpegel mit dem Lautsprecher erzeugt und die sich daraus ergebenden Pegeldifferenzen verglichen. Das Ergebnis ist in Bild 48 wiedergegeben. Bild 49 zeigt die Luftschallpegeldifferenzen, die sich bei den Messungen ergeben haben.

Der Luftschallpegel im Empfangsraum, der sich durch die Luftschallanregung ergibt, ist um etwa 10 dB(A) niedriger als der Luftschallpegel, der sich durch die Anregung mit dem Shaker ergibt (vgl. Bild 47 und Bild 48). Die Schallpegeldifferenz durch Luftschallanregung ist um mehr als 10 dB, in den meisten Frequenzbereichen sogar mehr als 15 dB höher als bei der Anregung mit dem Shaker.

Der Luftschallpegel, der sich durch Anregung der Wand mit dem Shaker im Senderaum ergibt, hat keinen signifikanten Einfluss auf die Messung der Differenz der Luftschallpegel. Somit ist auch die Messung von Schnellepegeldifferenzen mit Shakeranregung vom Luftschallpegel im Senderaum weitestgehend unabhängig.

4.4.3 Methodenvergleich zur Bestimmung des K_{ij}

Um zu bestimmen, welche der beschriebenen Methoden bei der Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes von Holzständerwänden die sinnvollsten Ergebnisse liefert, wurden Messungen nach den verschiedenen Methoden durchgeführt und miteinander verglichen. Das Ergebnis dieser Vergleiche ist nachfolgend für die untersuchten Holzständerwände beschrieben.

In Bild 50 bis Bild 52 werden Stoßstellendämm-Maße miteinander verglichen, die nach verschiedenen Bestimmungsmethoden an der jeweils gleichen Messsituation ermittelt wurden. Die untersuchten Prüfgegenstände sind die durchgehende und getrennte Außenwand, in den Längsleitungsprüfstand eingebaut mit horizontaler Schallübertragung, entsprechend dem Übertragungsweg 13 bzw. Ff. Die vergleichend dargestellten Methoden sind im einzelnen:

Messung nach Gleichung (7):

- Methode 1: Anregung mit Körperschall (Shaker)
- Methode 2: Anregung mit Luftschall

In Bild 50: Vergleich mit der gleichen Messsituation nach Methode 2, nur ohne Verschraubung der Wandelemente

Berechnung nach Gleichung (8):

- Methode 3: Berechnung des K_{ij} mit der Flankenschalldämmung und der Schalldämmung der inneren Beplankung (OSB) der Wand.
- Methode 4: Berechnung des K_{ij} mit der Flankenschalldämmung und der Schalldämmung der Holzbauständerwand

Um die Bedingungen nach Kapitel 3.4.4 zu prüfen (u.a. dass die Holzwand ein zweischaliges Leichtbauteil ist und daher die Absorptionslänge zahlenmäßig gleich der Bauteilfläche S zu setzen ist), wurde die Körperschallnachhallzeit bestimmt und die daraus berechnete äquivalente Absorptionslänge a in die Gleichung zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes eingesetzt. Das Ergebnis ist in Bild 50a bis Bild 52a enthalten. Zum Vergleich enthält Bild 50b bis Bild 52b die gleichen Messungen, jedoch ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit, d. h. bezogen auf die Bauteilfläche S .

Der Vergleich der Graphen in Bild 50 bis Bild 52 zeigt:

- Durch Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit verringert sich die Stoßstellendämmung von Holzständerwänden etwas, und zwar in der Größenordnung von etwa 1 dB bis 2 dB.
- Der Frequenzverlauf ist bei den Methoden 1 bis 3 ähnlich, Methode 4 zeigt deutlich abweichende Ergebnisse und Frequenzverläufe.
- Die beste Übereinstimmung im Frequenzverlauf liefern die Messmethoden 2 und 3. Hier stimmen die Verläufe aus Messung und Berechnung gut überein.
- Bei der durchgehenden Außenwand (Bild 51 und Bild 52) weichen die ermittelten Einzulangaben mit Ausnahme der Methode 4 im Bereich von etwa 3 bis 5 dB voneinander ab.
- Bei der getrennten Außenwand weicht die Messung mit Shakeranregung (Methode 1) von der Messmethode mit Luftschallanregung (Methode 2) um etwa 7 dB bis 8 dB ab. Dieser Unterschied ist bei den Messungen an der durchgehenden Wand nicht zu beobachten. Auffällig ist hier die Übereinstimmung mit der Messung ohne Verschraubung der beiden Wände mit Luftschallanregung nach Methode 2

4.4.4 Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit

Bei der Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes nach Gleichung (7) und (8) ist die äquivalente Absorptionslänge zu berücksichtigen. Es stellt sich die Frage, ob mit oder ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit, da nach [1] bei leichten Bauteilen die Absorptionslänge a nach Gleichung (7) ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit bestimmt wird. Der Vergleich beider Verfahren in Kapitel 4.4.3 zeigt, dass sich bei Holzständerwänden keine großen Unterschiede bei der Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes ergeben, wenn man die Körperschallnachhallzeit berücksichtigt. Der Unterschied, auch im Frequenzverlauf, liegt im Bereich von etwa 1 bis 2 dB.

Da sich bei der Bestimmung der Körperschallnachhallzeit die Messung durch Überlagerungen von Nachhallkurven des Raumes im Bereich der Koinzidenzfrequenz verfälschen kann (Kapitel 4.2) und sich die Ergebnisse nur unerheblich voneinander unterscheiden, ist es zweckmäßig, auf die Bestimmung der Körperschallnachhallzeit zu verzichten und die äquivalente Absorptionsfläche mit der Bauteilfläche gleichzusetzen.

Bei der Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes von Holzständerwänden kann auf die Ermittlung der Körperschallnachhallzeiten verzichtet werden und die Absorptionslänge a nach der Gleichung $a=S/l_0$, d.h. bezogen auf die Bauteilfläche S , bestimmt werden.

4.4.5 Messverfahren

Die Messung des Stoßstellendämm-Maßes mit Shakeranregung nach Gleichung (7) ergibt bei Holzwänden zum Teil brauchbare Ergebnisse, verglichen mit den Berechnungen und den Messungen mit Luftschallanregung. Andererseits hängt die Messung von der Wahl der Anregungspunkte ab, vgl. Kapitel 4.3, und einige Eigenschaften wie der Verbund der getrennten Wände werden nicht ausreichend erfasst (vgl. Messungen in Bild 50).

Bei der Messung des Stoßstellendämm-Maßes mit Luftschallanregung wird die ganze Wand im Senderraum angeregt, so dass Fehler aus der Wahl der Aufnehmerpunkte ausgeschlossen sind. Das zeigt der Vergleich mit aus den gemessenen Normflankenschallpegeldifferenzen berechneten Stoßstellendämm-Maßen, deren Ergebnisse am besten übereinstimmen. Der Vergleich ist in Bild 50 bis Bild 52, Graph „Messung mit Luftschallanregung“ im Vergleich zu den Graphen „Berechnung mit der Schalldämmung der inneren OSB-Platte“ enthalten.

Die Messung der Stoßstellendämm-Maße von Holzständerwänden sollte nach Möglichkeit mit Luftschallanregung erfolgen.

4.4.6 Berechnungsverfahren

Die Berechnung nach Gleichung (8) ist ebenfalls eine Möglichkeit, Stoßstellendämm-Maße zu ermitteln, da bei den zugrundeliegenden Längsschallmessungen die Holzwand in ihrer Gesamtheit mit Luftschall angeregt wird. Nach den Darstellungen in Bild 50 bis Bild 52 ergibt die Verwendung der Schalldämmung R_i bzw. R_j der gesamten Außenwand keinen Sinn. Setzt man hingegen die Schalldämmung der inneren Schale ein, so ergeben sich reproduzierbare Ergebnisse.

Es wird empfohlen, bei der Berechnung der Stoßstellendämmung (aus der Luftschalldämmung R_i und R_j und der Flankenschalldämmung R_{ij}) die Luftschalldämmung der inneren Beplankung zu verwenden.

4.5 Messungen am Bau

Im Rahmen des Projektes wurden an dem Bauvorhaben „Burg Schwaneck“ in München-Pullach Messungen durchgeführt. Wie bereits unter 4.2.6 beschrieben wurde, weichen die ausgeführten Wände in ihrem Aufbau von denen ab, die für die Messungen im Labor angefertigt wurden. Geändert wurde während der Ausführungsphase der Dämmstoff und der Aufbau der Ständer. Zudem war es aus organisatorischen Gründen nicht möglich, die Außenwand im Rohzustand, d. h. ohne Vorsatzschale, zu untersuchen. Im fertig ausgeführten Bau ist die Außenwand mit einer Vorsatzschale versehen, die die Installationen in der Wand aufnimmt.

Somit wurde nur ein eingeschränktes Messprogramm durchgeführt, da eine komplette Messung aller Stoßstellen mehrere Tage Messzeit in Anspruch nimmt und die Ergebnisse nicht oder nur eingeschränkt mit denen im Labor zu vergleichen sind. Neben Messungen der Körperschallnachhallzeit wurden Schnellepegel auf den einzelnen Wänden untersucht, jeweils mit Luftschallanregung.

Die Ergebnisse sind in Bild 53 und Bild 54 wiedergegeben. Die Schnellepegel im Senderraum sind auf der Trennwand etwas geringer als auf den Flanken. Die Flankenwände sind nur etwa 600 mm tief und werden daher verstärkt von der Schallpegelerhöhung in den Raumecken angeregt. Die Schnellepegel auf der Trennwand sind im Empfangsraum über den gemessenen Frequenzbereich um durchschnittlich 10 dB höher als auf den Flankenwänden. Teilweise ist der Unterschied sogar 15 dB.

Das zeigt, dass die Schallübertragung hauptsächlich über die Trennwand erfolgt, der Anteil der flankierenden Wände ist gering. Da die Außenwand mit Vorsatzschalen versehen ist, ist bei der Flankenübertragung mit einer hohen Flankenschalldämmung zu rechnen; jedoch auch die Flankenschalldämmung der Innenwand ist hoch und beeinflusst die Schalldämmung der Trennwand nur geringfügig.

5 Flankenschalldämmung

In diesem Kapitel werden Ergebnisse der Messungen des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} und der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,i}$ dargestellt, die für die Bestimmung der Flankenschalldämmung erforderlich sind. Weiterhin werden die einzelnen Übertragungswege für die Anwendung des Rechenmodells nach DIN EN 12354-1 [1] diskutiert.

Der Empfehlung aus Kapitel 4.4.4 folgend, wurde die Körperschallnachhallzeit bei den Zahlenangaben nicht berücksichtigt, d. h. die Stoßstellendämm-Maße wurden auf die Bauteilfläche S bezogen ermittelt. Die Stoßstellendämm-Maße K_{12} und K_{13} wurden nach DIN EN ISO 10848 [2], [3] bestimmt als Mittelwert der Messwerte von 200 Hz bis 1250 Hz. Die Einzulangaben werden in den folgenden Abschnitten aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Messgenauigkeit auf ganze dB gerundet dargestellt. Die Längsschalldämm-Maße $D_{n,t,w}$ in Tabelle 4 wurden nach Gleichung (1) gemessen und nach DIN EN ISO 717-1 [17] bewertet.

5.1 Luftschalldämmung der verwendeten Bauteile

Zur Berechnung der Flankenschalldämmung nach Gleichung (21) bzw. (23) ist eine Eingangsgröße die Luftschalldämmung R der Flankenbauteile. Die Luftschalldämmung der untersuchten Wände wurde im Wandprüfstand des ift Rosenheim ermittelt. Da bei der Berechnung der Flankenschalldämmung, wie in Kapitel 4.4.6 empfohlen, die Schalldämmung der inneren Beplankung eingesetzt wird, wurde die Schalldämmung der verwendeten Materialien an einer Platte 1,23 m × 148 m im Fensterprüfstand des ift gemessen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Messungen der Luftschalldämmung sind in Bild 55 bis Bild 59 wiedergegeben.

5.2 Übertragungsweg 12 (Fd)

Tabelle 3 enthält Messungen des Stoßstellendämm-Maßes K_{12} an der durchgehenden Außenwand (Wand 1) mit angebundener Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4 bzw. 5). Die Prüfungen wurden mit Körperschall- und Luft-

schallanregung durchgeführt, frei stehend und in den Längsleitungsprüfstand montiert.

Zu beachten ist, das bei der Untersuchung im Prüfstand der Trennwandanschluss aus Montagegründen nur mit dem 800 mm breiten Trennwandstummel (Wand 5) ausgebildet war. Bei der Anregung mit Luftschall wird der Trennwandstummel stärker angeregt (siehe auch Kapitel 4.5), und die Mittelung der abstrahlenden Schnellepegel ergibt einen höheren Wert als bei einer Wand mit der gesamten Raumtiefe. Auch wird bei der Messung mit Luftschallanregung auf dem Weg j_i (bei der Messung von der Trennwand im Empfangsraum zur Flankenwand im Senderraum) die Außenwand mit angeregt und die Messung wird überlagert von der Flankenschallübertragung auf dem Weg 13 über die Außenwand.

Da eine richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes gebildet wird, ist in beiden Messrichtungen eine geringere Schnellepegeldifferenz und damit ein niedrigeres Stoßstellendämm-Maß zu erwarten. Diese Annahme wird durch die Messergebnisse in Tabelle 3 bestätigt. In Bild 60 werden die drei Messkurven miteinander verglichen. Die Graphen zeigen, das sich der Frequenzverlauf der einzelnen Messungen unterscheidet. Bei der Messung im Prüfstand verschiebt sich die Resonanzfrequenz bei 250 Hz auf etwa 315 Hz bis 400 Hz und ist deutlich ausgeprägter. Den geringsten Messwert ergibt die Prüfung mit Luftschallanregung, da hier die Messung von der Anregung des Weges 13 teilweise überlagert wird.

5.3 Übertragungsweg 13 (Ff)

Tabelle 4 enthält Messungen im Längsleitungsprüfstand des ift der Längsschalldämmung und der Stoßstellendämmung auf dem Weg 13 sowie Berechnungen des Stoßstellendämm-Maßes aus der Längsschalldämmung und der Schalldämmung der inneren Beplankung nach Gleichung (8). Die Messung der Stoßstellendämmung erfolgte mit Luftschallanregung nach der Empfehlung aus Kapitel 4.4.5.

Die Änderungen des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} , die sich aus der Variation der Anschlüsse ergeben, stimmen gut mit denen überein, die sich bei der Messung der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ ergeben. Das bedeutet, das die Messmethode des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} mit Luftschallanregung im

Prüfstand gut geeignet ist, um Aussagen zur Längsschalldämmung zu machen.

5.4 Luftschalldämmung und Längsschalldämmung

Der Vergleich der Luftschalldämmung mit der Längsschalldämmung eines Bauteils zeigt häufig vergleichbare Frequenzverläufe [4]. Um die Messkurven bei Holzständerwänden zu vergleichen, sind in Bild 61 die Längsschalldämmung der durchlaufenden Holzständerwand (Wand 1) mit der Luftschalldämmung der Wand eingetragen. Da die Längsschalldämmung bei zweischaligen Bauteilen von der inneren Schale beeinflusst wird, wurde zusätzlich die Luftschalldämmung der inneren Beplankung eingezeichnet.

Der Frequenzverlauf der Längsschalldämmung ähnelt dem Verlauf der Luftschalldämmung der inneren Beplankung mit dem Unterschied, dass die Kurve etwa um 25 dB entlang der Ordinate verschoben ist. Der Frequenzverlauf der Luftschalldämmung der gesamten Wand ist nicht parallelverschoben; die Differenz der Messkurven nimmt mit der Frequenz von etwa 20 dB bei tiefen Frequenzen bis etwa 10 dB bei hohen Frequenzen ab.

Die Koinzidenzfrequenz der inneren Beplankung zeichnet sich sowohl bei der Luftschalldämmung wie auch bei der Längsschalldämmung ab. Bei der Längsschalldämmung ist der Resonanzeinbruch mit dem Resonanzeinbruch der OSB-Platte vergleichbar mit dem Unterschied, dass der Einbruch etwas zu hohen Frequenzen hin verschoben ist (etwa eine Terz). Bei der Luftschalldämmung der Trennwand zeichnet sich dieser Resonanzeinbruch nicht so deutlich ab.

Der Vergleich der Messkurven verdeutlicht den bedeutenden Einfluss, den die innere Beplankung auf die Längsschalldämmung und damit auf die Flankenübertragung auf dem Weg 13 bzw. Ff hat.

5.5 Rechnerische Bewertung der Übertragungswege

Die Ankoppelung der Trennwand an die Außenwand, d. h. der Weg 12, ist eine wesentliche Einflussgröße auf die Schallübertragung im allgemeinen, vgl. Übertragungswege in Bild 3 und Bild 4. Die Untersuchungen an Glasfassaden

in [4] und [28] haben gezeigt, dass der Übertragungsweg 12 bzw. Df oder Fd bei der Beurteilung der Flankenschalldämmung der Glasfassade keine Rolle spielt.

Die folgenden Berechnungsbeispiele zeigen anhand der geprüften Anschlusssituationen den Einfluss, den der Übertragungsweg 12 bei Holzständerwänden auf die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen hat. Gestützt auf Tabelle 3 wird das Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 12 mit $K_{12} \geq 15$ dB abgeschätzt. Die Berechnung der Schalldämmung R'_w eines trennenden Bauteils mit Berücksichtigung der Flanken erfolgt nach [1], vereinfachtes Modell (simplified model), mit Gleichung (22). Für die Betrachtung der einzelnen Flanke „Holzständerwand“ gilt:

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left(10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Df,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (25)$$

Bzw. ohne Betrachtung der Wege Df, Fd:

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left(10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (26)$$

Nach Gleichung (23) im vereinfachten Modell mit den bewerteten Schalldämm-Maßen R_w können die einzelnen Wege ij, also Dd, Ff, Fd und Df aus Bild 3 bzw. Bild 4, wie folgt berechnet werden [1]:

$$R_{Dd,w} = R_{S,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ dB} \quad (27)$$

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (28)$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (29)$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (30)$$

Die Verbesserungsmaße von Vorsatzschalen, angewendet auf das vereinfachte Rechenmodell [1], berechnen sich bei einseitig angebrachten Vorsatzschalen zu

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} \text{ bzw. } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} \text{ dB} \quad (31a)$$

bzw., bei beidseitig angebrachten Vorsatzschalen

$$\Delta R_{i,j,w} = \Delta R_{i,w} + \frac{\Delta R_{j,w}}{2} \text{ oder } \Delta R_{i,j,w} = \Delta R_{j,w} + \frac{\Delta R_{i,w}}{2} \text{ dB} \quad (31b)$$

Für die Berechnungen in den Beispielen zwischen zwei benachbarten Räumen wurden nachstehende Annahmen getroffen:

1.) $K_{Ff} = 17 \text{ dB}$

Anmerkung zu K_{Ff} :

Dieser Wert für K_{Ff} dient zur Durchführung der rechnerischen Betrachtungen und wurde gewählt für die Flankenwand mit durchgehender Bepunktung nach Tabelle 4. Er ist nicht Gegenstand der hier durchgeführten Bewertung.

2.) $K_{Fd} = K_{Df} = 15 \text{ dB}$

3.) Für eine fiktive Bausituation wurde $S_s = 15 \text{ m}^2$ (Fläche der Trennwand) und $l_f = 3 \text{ m}$ (gemeinsame Kantenlänge zur Flankenwand) angenommen.

Somit gilt: $10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f}\right) = 7 \text{ dB}$

Setzt man die Annahmen in die Gleichungen (27) bis (30) ein, so ergibt sich

$$R_{Dd,w} = R_{S,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + 24 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + 22 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + 22 \text{ dB}$$

Diese Beziehungen werden in den folgenden Beispielen verwendet.

Beispiel 1

Die Trennwand mit einfachen Ständern (Wand 6) stößt an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1).

Annahmen:

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 47 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Keine Vorsatzschalen, d. h. $\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{Ff,w} = \Delta R_{Fd,w} = \Delta R_{Df,w}$		= 0 dB

Dann ist $R_{Dd,w} = 47 + 0 = 47$ dB

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53$$
 dB

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 0 + 22 = 54,5$$
 dB

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 22 = 54,5$$
 dB

und somit $R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{54,5}{10}} + 10^{\frac{54,5}{10}} \right) = 44,9$ dB

Ohne Betrachtung der Wege Df und Fd ergibt sich:

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 46,0$$
 dB

Ergebnis:

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 1,1 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind also trotz der hohen Stoßstellendämmung nicht vernachlässigbar.

Beispiel 2

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1).

Annahmen:

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 54 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Keine Vorsatzschalen, d. h. $\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{Ff,w} = \Delta R_{Fd,w} = \Delta R_{Df,w}$		= 0 dB

Dann ist $R_{Dd,w} = 54 + 0 = 54$ dB

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 0 + 22 = 54,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 22 = 54,5 \text{ dB}$$

und somit $R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{54,5}{10}} + 10^{\frac{54,5}{10}} \right) = 47,9 \text{ dB}$

Bzw., ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 50,5 \text{ dB}$$

Ergebnis:

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 2,6 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind also trotz der hohen Stoßstellendämmung nicht vernachlässigbar. Das gilt ebenso für den Weg Ff, denn durch die Längsschallübertragung wird das resultierende Schalldämm-Maß R'_w , verglichen mit der Luftschalldämmung $R_{S,w}$ des trennenden Bauteils, um insgesamt 6,1 dB vermindert.

Beispiel 3:

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt wie in Beispiel 2 an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1). Zur Verbesserung der Längsschalldämmung sind an der Außenwand beidseitig Vorsatzschalen montiert.

Annahmen:

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 54 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Verbesserungsmaß der Vorsatzschalen	ΔR_w	= 10 dB

Dann ist $R_{Dd,w} = 54 + 0 = 54$ dB

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 10 + \frac{10}{2} + 24 = 68 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 10 + \frac{0}{2} + 22 = 64,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 10 + \frac{0}{2} + 22 = 64,5 \text{ dB}$$

und somit $R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{68}{10}} + 10^{\frac{64,5}{10}} + 10^{\frac{64,5}{10}} \right) = 53,1 \text{ dB}$

Bzw., ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{68}{10}} \right) = 53,8 \text{ dB}$$

Ergebnis:

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 0,7 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind also auch mit Vorsatzschale nicht vernachlässigbar. Durch die Vorsatzschalen wird die Flankenschalldämmung soweit unterdrückt, dass die resultierende Schalldämmung um 0,9 dB unterhalb der Schalldämmung $R_{S,w}$ der Trennwand liegt.

Beispiel 4:

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt wie in Beispiel 2 an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1). Zur Verbesserung der Schalldämmung ist an der Trennwand einseitig im Empfangsraum eine Vorsatzschale montiert.

Annahmen:

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 54 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Verbesserungsmaß der Vorsatzschalen	ΔR_w	= 10 dB

Dann ist $R_{Dd,w} = 54 + 10 = 64$ dB

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 10 + 22 = 64,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 22 = 54,5 \text{ dB}$$

und somit $R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{64}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{64,5}{10}} + 10^{\frac{54,5}{10}} \right) = 50,3 \text{ dB}$

Bzw., ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{\frac{64}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 52,7 \text{ dB}$$

Ergebnis:

Die Flankenschalldämmung auf dem Weg Ff ist für die resultierende Schallübertragung zwischen den Räumen dominierend, so dass die Vorsatzschale kaum eine Auswirkung auf das resultierende Schalldämm-Maß hat. Da die Vorsatzschale im Empfangsraum auf der Trennwand montiert ist, wirkt sich auch der Weg Df auf die resultierende Schalldämmung aus, da die Vorsatzschale auf diesem Weg nicht berücksichtigt wird. Die resultierende Schalldämmung ist um 13,7 dB geringer als die Schalldämmung $R_{Dd,w}$ der Trennwand ohne Nebenwege.

5.6 Zusammenfassung

Die Wege D_f und F_d sind bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung im Holzbau nicht zu vernachlässigen. Das liegt daran, dass bei der Berechnung die relativ geringe Schalldämmung der inneren Bepankung anzusetzen ist und nicht, wie im Massivbau, die Schalldämmung der Bauteile. Das zeigen die Berechnungen in Abschnitt 5.5, nach denen der Fehler, der durch Vernachlässigung der Wege D_f und F_d gemacht wird, trotz des relativ hohen Stoßstellendämm-Maßes von $K_{12} = 15$ dB mehr als 2 dB betragen kann. Der Fehler hängt vom Betrag der Stoßstellendämmung K_{12} ab, welches deutlich höher als die in den Rechenbeispielen verwendeten 15 dB sein kann, wie Tabelle 3 zeigt.

Die Messungen und Berechnungen machen ebenfalls deutlich, dass der Weg F_f nicht zu vernachlässigen ist, sondern einen relevanten Beitrag zur resultierenden Schalldämmung liefert. In Beispiel 4 ergibt sich rechnerisch eine Minderung der resultierenden Schalldämmung um 13,7 dB gegenüber der Schalldämmung des trennenden Bauteils wegen einer zu geringen Längsschalldämmung ($R_{Ff,w}$). Das bedeutet für die folgenden Untersuchungen, dass sowohl für den Weg 12 wie auch für den Weg 13 im Holzbau Werte ermittelt werden müssen.

Die Berücksichtigung von Vorsatzschalen auf den Außenwänden unterdrückt die Längsschalldämmung erheblich, wie die Berechnung in Beispiel 3 zeigt. Diese Aussage wird untermauert durch die Messungen am Bau in Kapitel 4.5, bei der deutliche Pegelunterschiede zwischen der Außenwand mit Vorsatzschale und der Trennwand festgestellt wurden.

Bei Betrachtung der Flankenschallübertragung von Holzständerwänden ist sowohl der Weg 13 bzw. F_f als auch der Weg 12 (D_f und F_d) für die Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen nach EN 12354-1 zu berücksichtigen.

6 Zusammenfassung

Nachfolgend sollen die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung aufgezeigt werden. Daraus lassen sich Regeln ableiten, nach denen die Flankenschalldämmung von Holzständerwänden zu bestimmen ist.

Es wurden Untersuchungen mit Körperschallmesstechnik, mit Shaker- und Luftschallanregung zur Stoßstellendämmung, zur Luftschalldämmung und zur Längsschalldämmung an Holzständerwänden durchgeführt. Regeln wurden herausgearbeitet zur Körperschallmessung von Verlustfaktoren und von Schnellepegeln.

Die wichtigsten Aussagen und Ergebnisse, auch im Hinblick auf das Rechenverfahren nach [1], sind nachfolgend zusammengefasst.

6.1 Messung der Körperschallnachhallzeit

Die Körperschallnachhallzeit von Holzständerwänden ändert sich mit den Einbaubedingungen nur geringfügig. Bei der Messung können jedoch, im Bereich der Koinzidenzfrequenz der Beplankung, Überlagerungen der Körperschallnachhallzeit mit der Nachhallzeit des umgebenden Raumes auftreten, so dass zum Teil erhebliche Messfehler auftreten. Für die Durchführung von Messungen der Körperschallnachhallzeit zudem wird empfohlen, die Aufnehmerpunkte nicht mehr als 2 m von dem Anregungspunkt entfernt zu platzieren.

Da die Körperschallnachhallzeit nicht wesentlich von den Einbaubedingungen abhängt, wird empfohlen, die Körperschallnachhallzeit einmalig zu bestimmen und in einem Katalog festzulegen. Einzelheiten sind in Kapitel 4.2 enthalten

6.2 Messung der Längsschalldämmung

Bei der Messung des Schnellepegelverlaufes über die Holzständerwände hat sich gezeigt, dass die gesamte Wand bei der Längsschallübertragung zu berücksichtigen ist. Das bedeutet, dass eine Betrachtung des unmittelbaren Bereiches um den Trennwandanschluss allein nicht ausreicht, um die Längsschalldämmung von Holzständerwänden zu beurteilen. Einzelheiten hierzu sind in Kapitel 4.3 enthalten.

6.3 Messung des Stoßstellendämm-Maßes

Messungen mit Shakeranregung sind bedingt geeignet, Stoßstellendämm-Maße von Holzständerwänden zu bestimmen, die Messung des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} von Holzständerwänden sollte nach Möglichkeit mit Luftschallanregung im Prüfstand erfolgen. Das Stoßstellendämm-Maß K_{12} kann in der Regel nicht mit Luftschallanregung bestimmt werden, dieser Wert kann mit Körperschallanregung, z. B. frei stehend aufgebaut, gemessen werden. Einzelheiten zu dieser Aussage sind in Kapitel 4.4.5 enthalten.

6.4 Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge a

Bei der Bestimmung der Stoßstellendämm-Maße von Holzständerwänden kann die äquivalente Absorptionslänge a ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit, bezogen auf die Bauteilfläche S nach Gleichung (6), ermittelt werden. Die Werte des Stoßstellendämm-Maßes unterscheiden sich nicht wesentlich, wenn die Körperschallnachhallzeit berücksichtigt wird; der Fehler liegt im Bereich von 1 bis 2 dB. Einzelheiten dazu sind in Kapitel 4.4.4 enthalten.

6.5 Berechnung der Stoßstellendämmung

Zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes nach Gleichung (8) bzw. der Flankenschalldämmung nach Gleichung (21) muss die Schalldämmung der beiden Flankenbauteile R_i und R_j eingesetzt werden. Die Schallübertragung wird durch die innere Beplankung wesentlich beeinflusst, daher wird empfohlen, die Schalldämmung der inneren Beplankung in die Gleichung einzusetzen.

Die verschiedenen Anschlusssituationen bei der horizontalen bzw. vertikalen Flankenschallübertragung der Holzständerwände sind bei der Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes zu berücksichtigen. Einzelheiten zu dieser Aussage sind in Kapitel 4.4.6 enthalten.

7 Literaturverzeichnis

- [1] prEN 12354-1:1999-04
"Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen", Beuth-Verlag, Berlin
- [2] DIN EN ISO 10848-1:1999-11
"Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 1: Rahmendokument" (ISO/DIS 10848:1999), Beuth-Verlag, Berlin
- [3] ISO/DIS 10848-1:2001-03
"Acoustics-Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact noise between adjoining rooms – Part 1: Frame document", CEN/TC/126/WG6/N78
- [4] Schumacher, R.; Saß, B.; Pütz, M.:
Forschungsvorhaben "Überprüfung des Einflusses von Stoßstellen bei Fassaden", ift Rosenheim, 2000-11, gefördert vom BMVBW über PTB
- [5] Projekt „Schalllängsdämmung im Mehrgeschoß-Holzbau“, ift-Rosenheim, gefördert durch die DGfH (zur Zeit in Bearbeitung)
- [6] Messanleitung zur Bestimmung des Verlustfaktors, PTB Braunschweig, 1997
- [7] Messanleitung zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes, PTB Braunschweig, 2000
- [8] Meier, A.:
Dissertation "Die Bedeutung des Verlustfaktors bei der Bestimmung der Schalldämmung im Prüfstand", Shaker Verlag, Aachen, 2000
- [9] Schmidt, H:
Schalltechnisches Taschenbuch, 5. Auflage; VDI-Verlag Düsseldorf, 1996
- [10] DIN EN ISO 140-1:1997,
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung", Beuth-Verlag, Berlin
- [11] DIN EN 20140-3:1995,
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen", Beuth-Verlag, Berlin
- [12] DIN EN ISO 140-5:1998,
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5:

- Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden", Beuth-Verlag, Berlin
- [13] DIN EN 20140-10:1992,
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 10: Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen", Beuth-Verlag, Berlin
- [14] DIN 52210-7:1997
"Luft- und Trittschalldämmung – Teil 7: Bestimmung der Norm-Flankenpegeldifferenz im Prüfstand", Beuth-Verlag, Berlin
- [15] DIN 4109:1989,
"Schallschutz im Hochbau", Beuth-Verlag, Berlin
- [16] DIN 4109, Beiblatt 1:1989, Beuth-Verlag, Berlin
- [17] DIN EN ISO 717-1:1997
"Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung", Beuth-Verlag, Berlin
- [18] Krämer, P.; Sonntag, E.:
"Studie zur Ermittlung von Stoßstellendämm-Maßen", GeBRA, Bericht Nr. G – 208-96
- [19] Gösele, K.:
"Untersuchungen über die Schall-Längsdämmung von Wänden und Decken aus Holzbauteilen", Bericht BS 28/78, IBP Stuttgart 1978 für EGH München
- [20] Gösele K.:
"Ergänzende Angaben über die Schall-Längsleitung von Holzbauteilen", für EGH München, 1979
- [21] Gösele, K.; Schulze, H.:
"Zum Einfluss der Flächengrößen von Flankenbauteilen aus biegeweichen Schalen auf deren Längsleitung", für EGH München, 1984
- [22] Schumacher R.:
"Längsschalldämmung von Fassaden", ift Rosenheim, 1993
- [23] Schumacher R.:
Zur Längsschalldämmung von Fassaden; Fortschritte der Akustik. DAGA Saarbrücken, 1995
- [24] Meyer, W.:
"Längsdämmung im Holzbau", mikado 6/95
- [25] Metzen, H.:
"Angriff über die Flanken", mikado, 1/96

- [26] Schumacher, R.:
"Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoß-Holzbau", DGfH Fachtagung „Mehrgeschossiger Holzbau“, Friedrichshafen/Bodensee, Mai 1996
- [27] Schumacher R.; Saß B.:
Conference in Building acoustics, „Acoustic performance of medium-rise timber Buildings“, Dublin 1998
- [28] Schumacher R.; Saß B.:
"Flanking sound transmission by timber-framed glass facades",
J. Building Acoustics Vol. 6, No. 3&4, Brentwood, Essex, 1999
- [29] Weber, L.; Burckas, K.; Scholl, W.:
"Flanking transmission on plaster board walls", K_q-meeting on 19th of January 2000; IBP, Stuttgart

Tabelle 1 Zusammenstellung der Regeln für die Positionierung von Anregepunkten und Aufnehmern.

	Studie zum Stoßstellen-dämm-Maß [18]	Messanleitung zum Verlustfaktor [6]	Messanleitung zum Stoßstellen-dämm-Maß[2],[7]
Anregepositionen			
Anzahl der Positionen	2	3	≥ 3
Abstand zum Rand des Bauteils	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m
Abstand von der Stoßstelle	möglichst weit	-	≥ 0,8 m
Aufnehmerpositionen			
Anzahl der Positionen	6	2	4
Abstand zum Rand des Bauteils	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m	≥ 0,25 m
Abstand zwischen den Aufnehmern	≥ 0,7 m	≥ 1,0 m	≥ 0,5 m
Abstand von der Anregeposition	≥ 0,7 m	≥ 1,0 m	≥ 1,0 m
Abstand von der Stoßstelle	-	-	≤ 3,5 m
Anzahl der Messpunkte	12	6	≥ 12

Tabelle 2 Luftschalldämmung der verwendeten Bauteile

Bauteil	Aufbau	R _w (C;C _v) in dB
Außenwand (Wand 2)	19 mm OSB, 160 mm Isofloc, 16 mm DWD, Ständer 160 × 80	41 (-1;-5)
Trennwand (Wand 4)	10+12,5 mm GF, 170 mm Homatherm, 10+12,5 mm GF, getrennte Ständer 80×80	54 (-2;-5)
Trennwand (Wand 6)	10+12,5 mm GF, 80 mm Homatherm, 10+12,5 mm GF, Ständer 80×80	47 (-1;-4)
Beplankung Außenwand	19 mm OSB	29 (-1;-2)
Beplankung Innenwand	12,5 mm GF	33 (-1;-2)

Tabelle 3 Messergebnisse des Stoßstellendämm-Maßes K_{12}

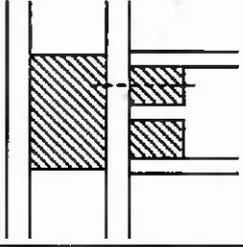
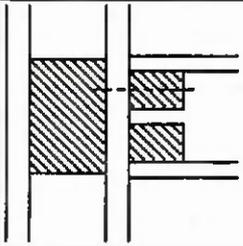
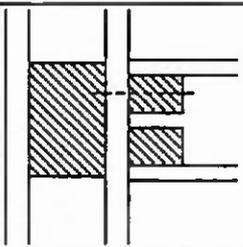
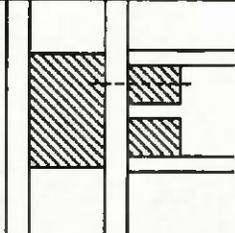
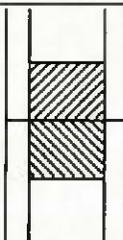
Aufbau	Anregung	Prüfung	K_{12} in dB
 <p>Außenwand (Wand 1) und Trennwand (Wand 4), an 3 Punkten verschraubt</p>	Shaker	frei stehend in der Halle	21
 <p>Außenwand (Wand 1) und Trennwand (Wand 5), an 3 Punkten verschraubt</p>	Shaker	im Längsleitungsprüfstand eingebaut	18
 <p>Außenwand (Wand 1) und Trennwand (Wand 5), an 3 Punkten verschraubt</p>	Luftschall	im Längsleitungsprüfstand eingebaut	15

Tabelle 4 Messergebnisse der Längsschalldämmung $D_{n,f,w}$ und der Stoßstellendämmung K_{13}

Aufbau	Bemerkung	$D_{n,f,w}$ ($C; C_{tr}$) in dB	K_{13} in dB ¹	K_{13} in dB ²	
	Wand 1	53 (-1;-2)	17	20	
	Wand 1 und Wand 5	An 3 Punkten miteinander verschraubt	54 (-2;-4)	18	19
	Wand 2 und Wand 3	Stumpf aneinan- der gestoßen	68 (-2;-5)	32	32
	Wand 2 und Wand 3	An 3 Punkten miteinander ver- schraubt	61 (-1;-3)	25	26
	Wand 2 und Wand 3	An 3 Punkten miteinander ver- schraubt, mit elas- tischem Zwischen- layer	64 (-1;-4)	28	28

¹ Gemessen mit Luftschallanregung im Längsleitungsprüfstand

² Berechnet aus der Längsschalldämmung $D_{n,f}$ und der Luftschalldämmung R der inneren Schale (OSB)

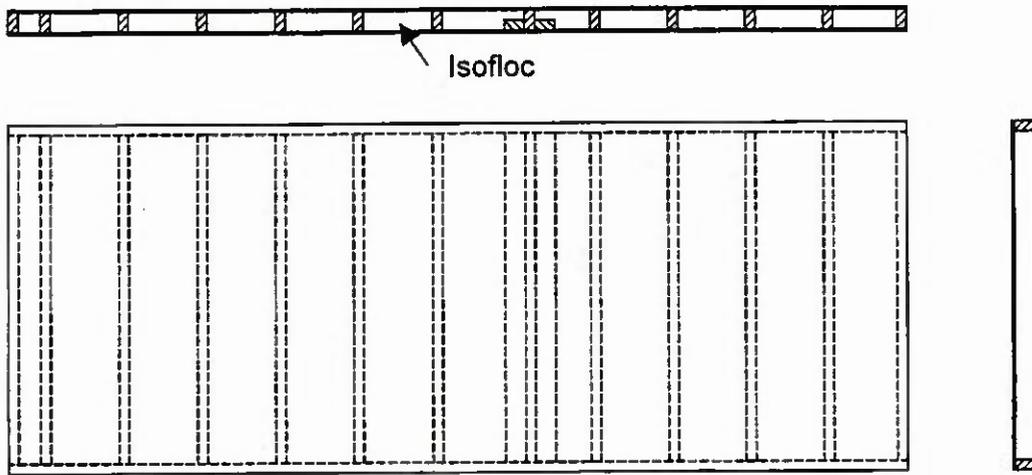


Bild 6 Ansicht und Schnitt von Wand 1 (Außenwand durchgehend)

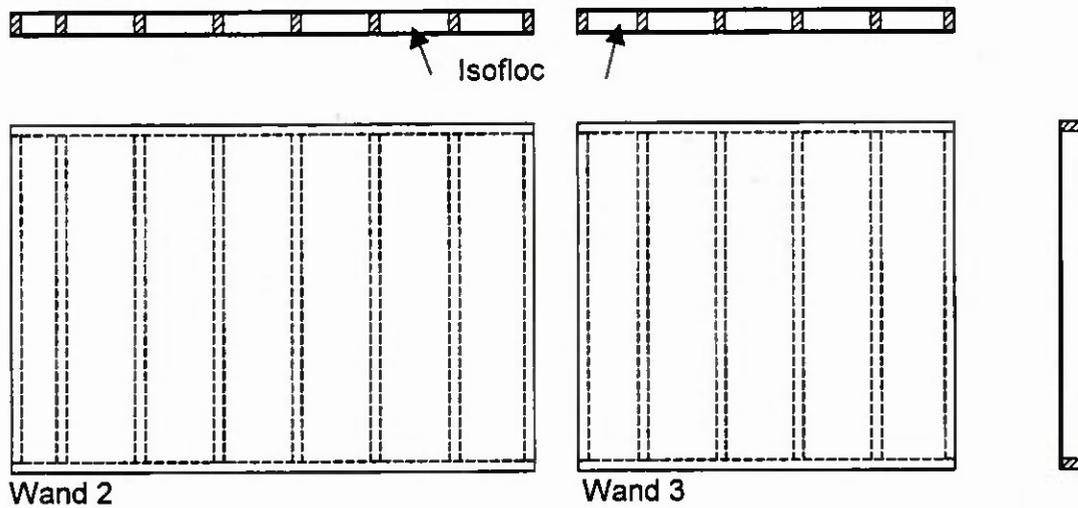


Bild 7 Ansicht und Schnitt von Wand 2 und 3 (Außenwand getrennt)

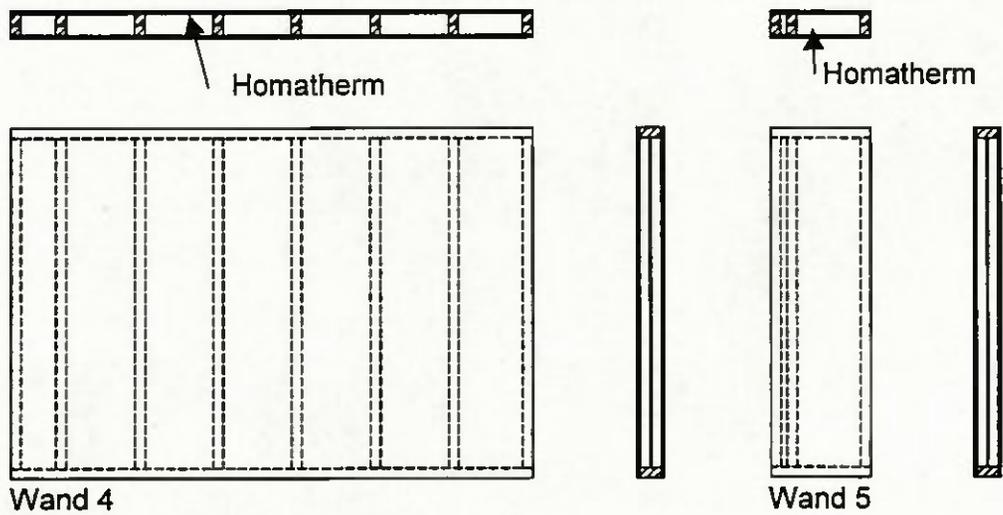


Bild 8 Ansicht und Schnitt von Wand 4 (Innenwand mit getrennten Ständern) und Wand 5 (Wandstummel für den Anschluss im Längsleitungsprüfstand)

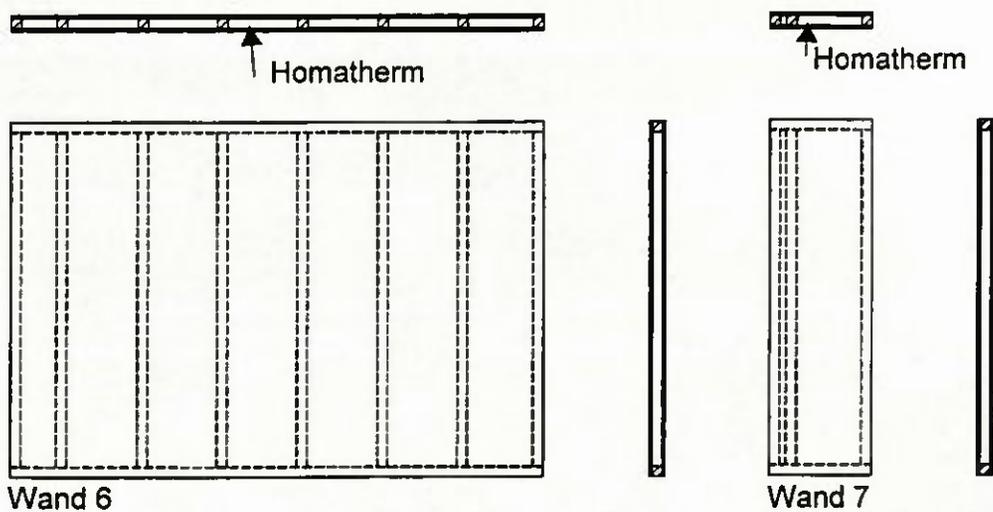


Bild 9 Ansicht und Schnitt von Wand 6 (Innenwand mit einfachen Ständern) und Wand 7 (Wandstummel für den Anschluss im Längsleitungsprüfstand)



Bild 10 Bauvorhaben „Burg Schwaneck“, Verwaltungsgebäude



Bild 11 Bauvorhaben „Burg Schwaneck“, Wohngebäude

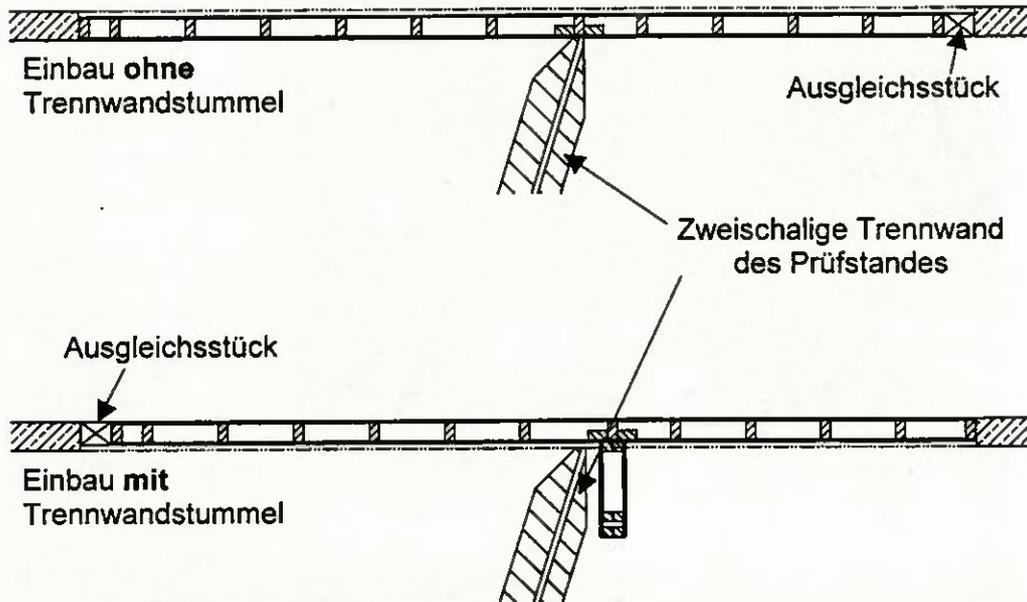
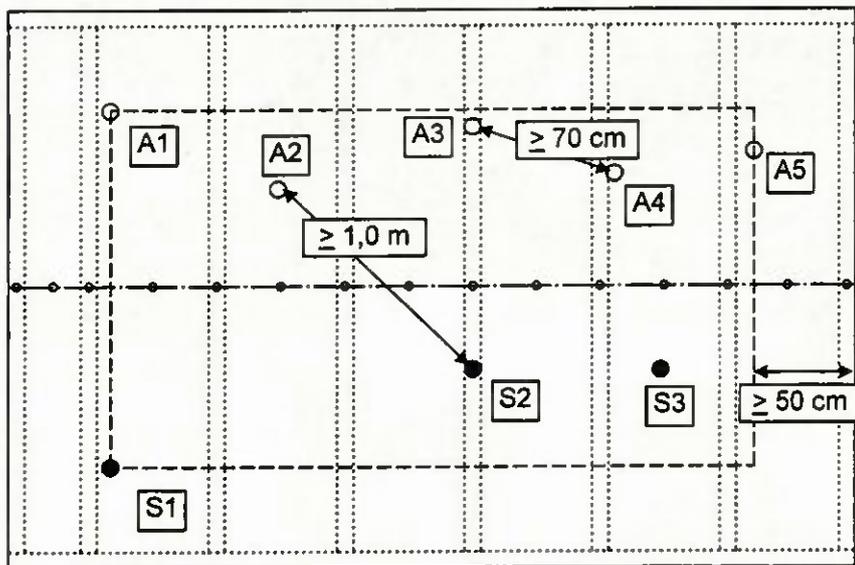


Bild 12 Einbau einer Außenwand in den Längsleitungsprüfstand ohne und mit Trennwandanschluss (im Beispiel Wand 1 und Wand 5)



- Aufnehmerpunkt
- Anregungspunkt
- Aufnehmerpunkte bei Pegelverlauf
- Lage der Ständer
- Mindestabstand
- Linie für Schnellegelevelauf

Bild 13 Positionierung der Messpunkte auf einer Wand (hier: Wand 4), Verteilung unsymmetrisch auf den Ständern und im Gefach

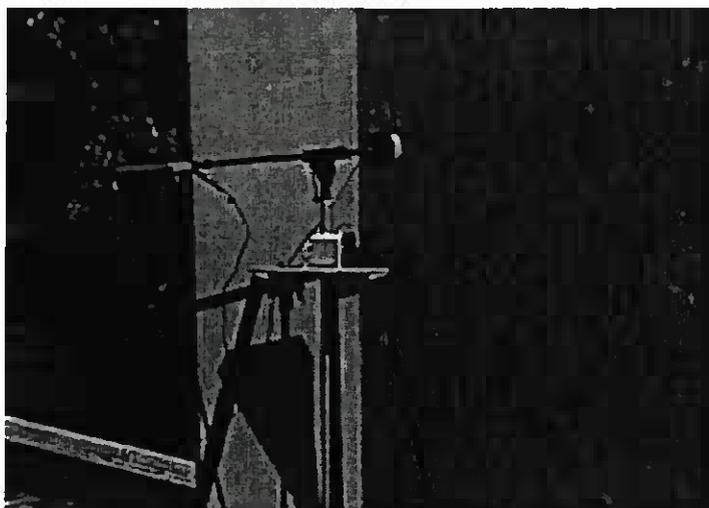


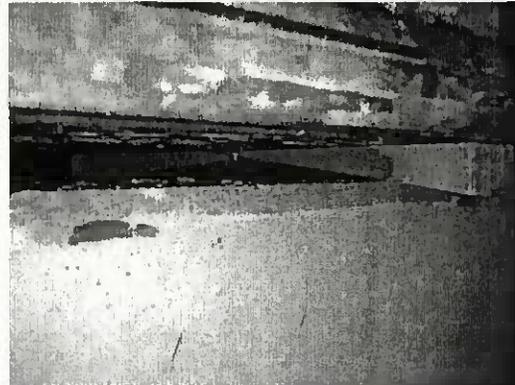
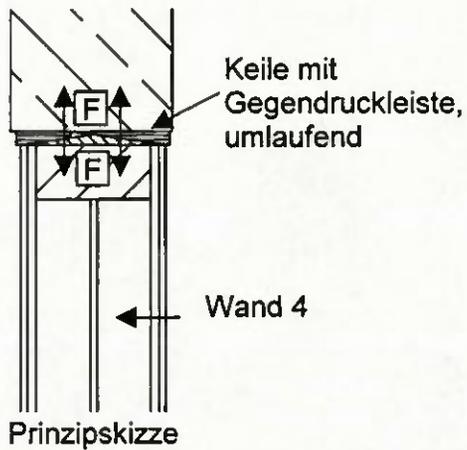
Bild 14 Anregung einer Prüfwand mit dem Shaker



Bild 15 Positionierung des Aufnehmers mit Bienenwachs auf der Prüfwand



Bild 16 Positionierung des Aufnehmers mit Metallscheibe und Magnet



Foto

Bild 17 Prinzip der umlaufenden Einspannung einer Wand in den Wandprüfstand mit der Flächenpresskraft F



Detail



Ansicht

Bild 18 Detail und Ansicht der in den Prüfstand eingespannten Wand

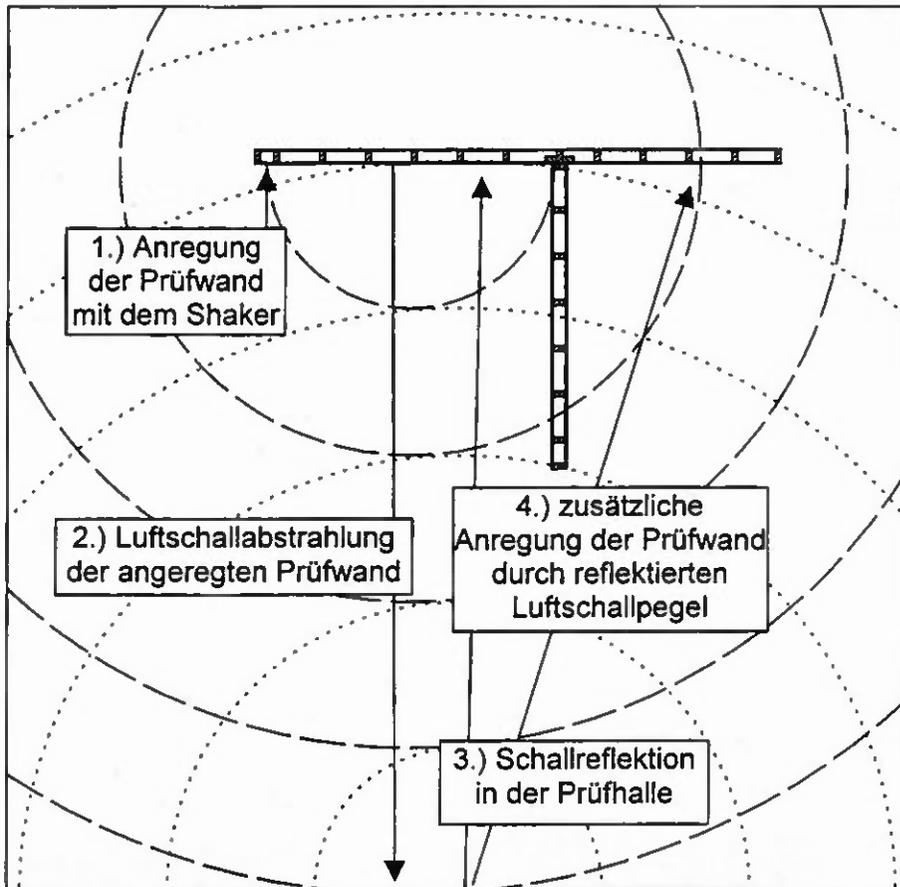


Bild 19 Einfluss von Schallreflexionen auf die Messung der Schnellepegel in der Prüfhalle

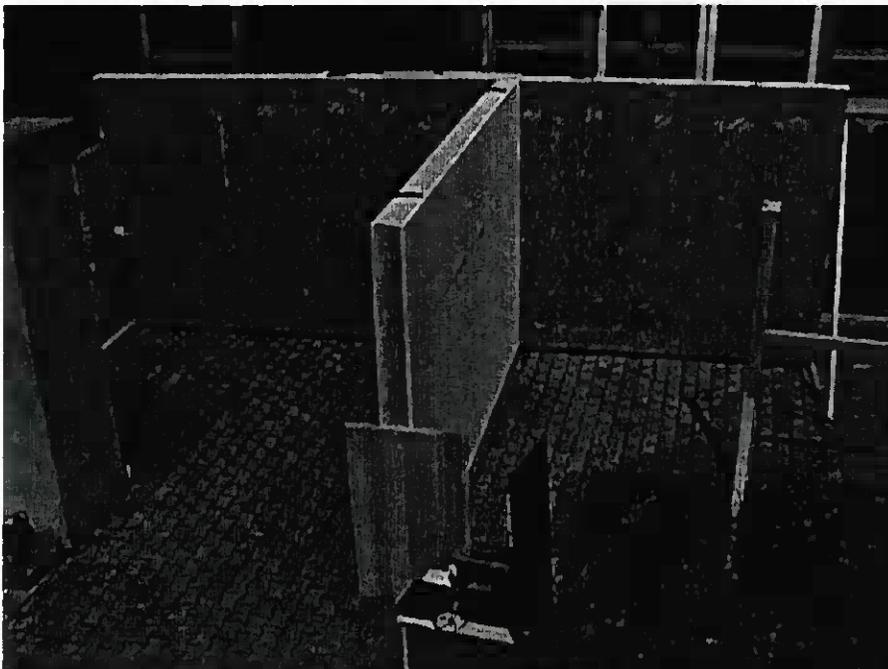


Bild 20 Aufbau der Prüfwand im Freifeld (Wand 1 und Wand 4)

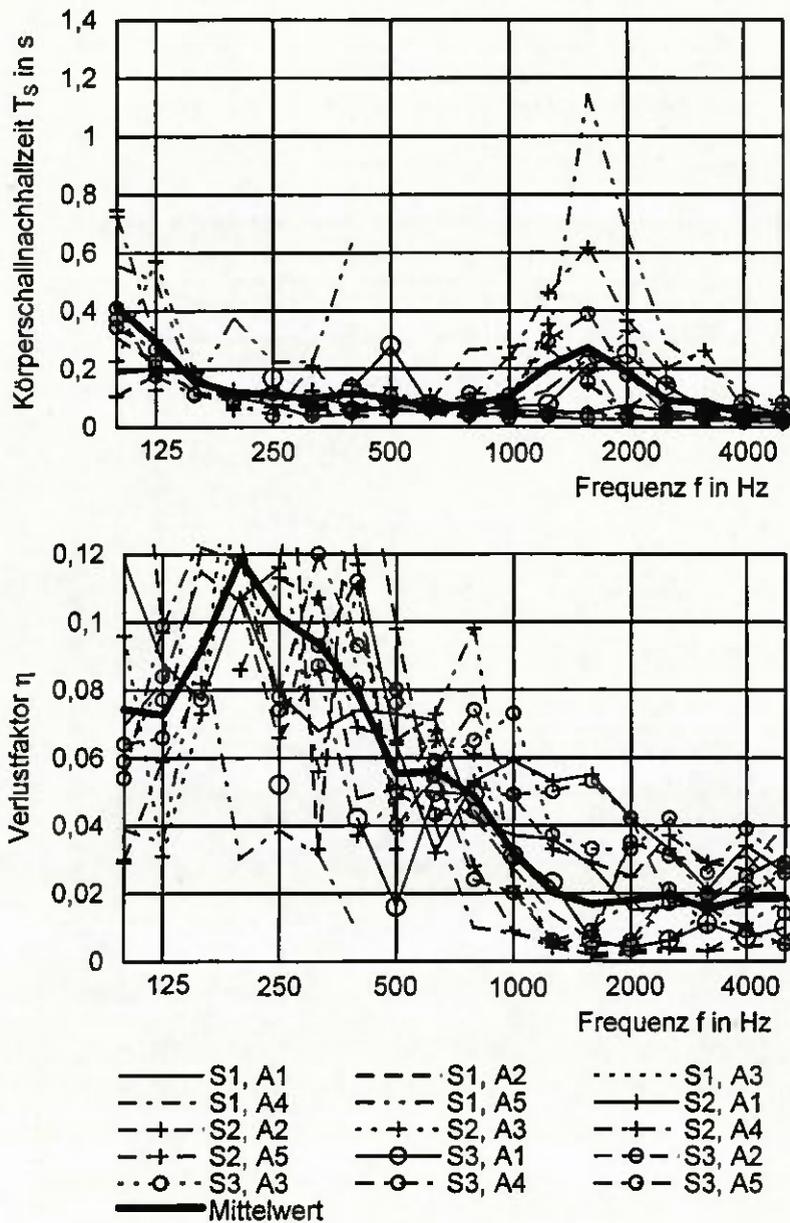


Bild 21 Körperhallnachhallzeit und Verlustfaktor auf der Außenwand (Wand 1), Messung auf der Innenseite (OSB), Shakerpositionen S1 bis S3, Aufnehmerpositionen A1 bis A5

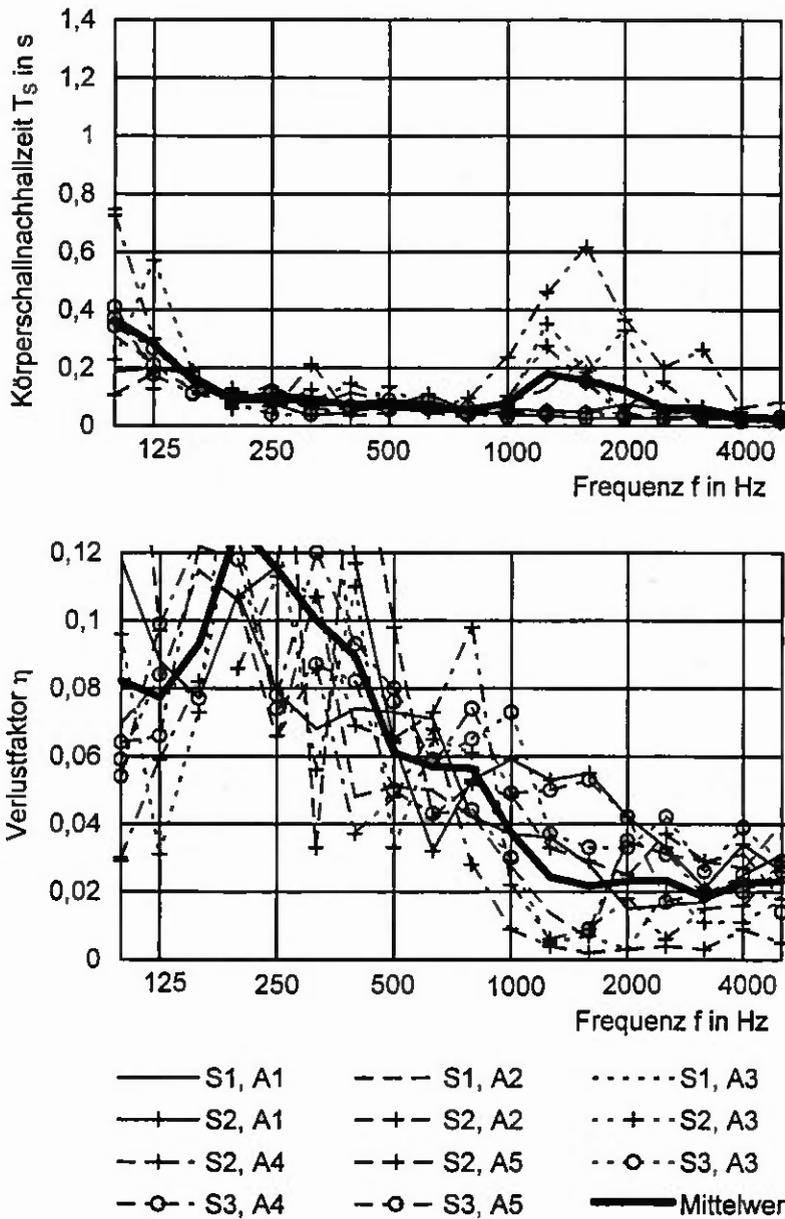


Bild 22 Messwerte aus Bild 21, Aufnehmerpunkte nur bis ca. 2 m vom Anregungspunkt

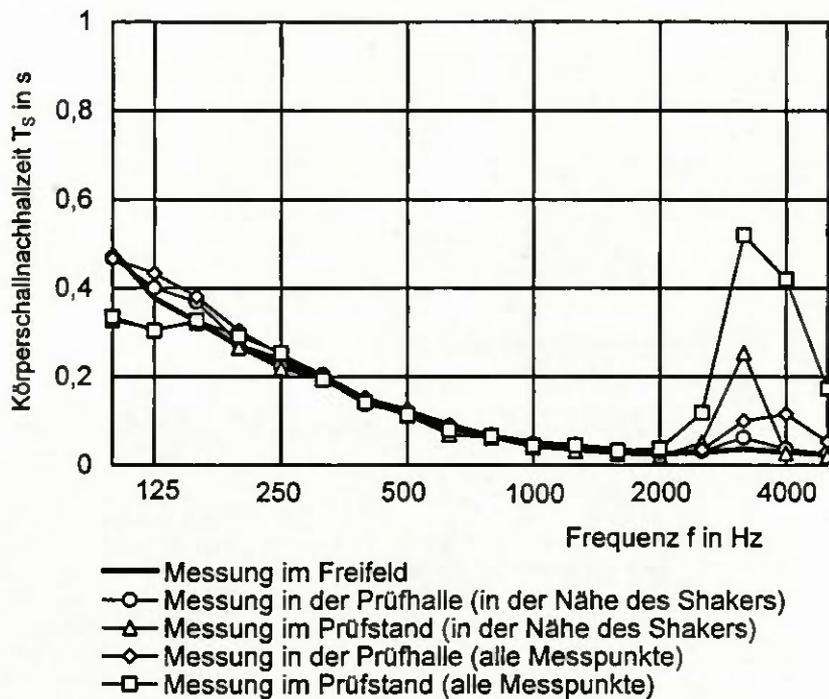


Bild 23 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrennten Ständern (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, an verschiedenen Orten gemessen

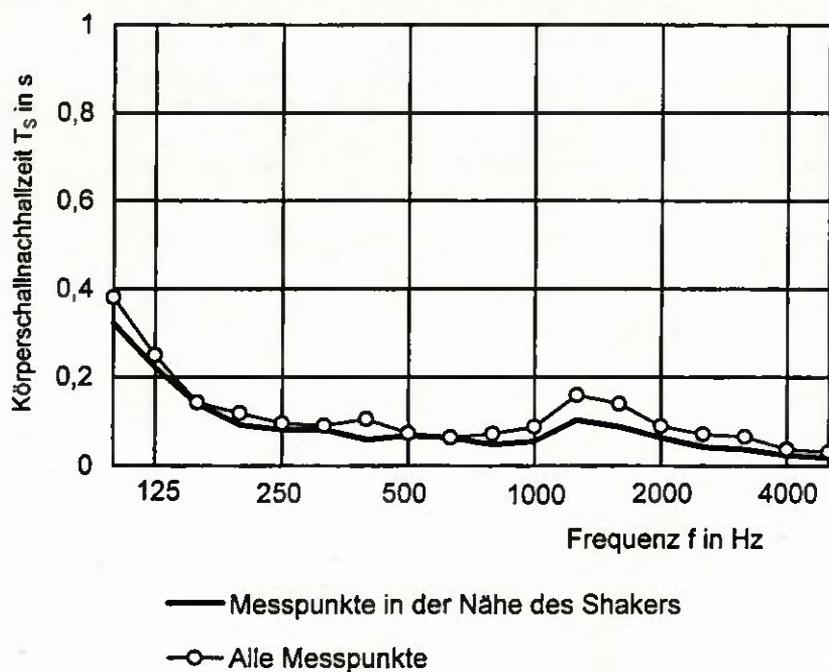


Bild 24 Körperschallnachhallzeit der **Außenwand** (Wand 1), gemessen auf der inneren Schale (OSB), in der Prüfhalle stehend

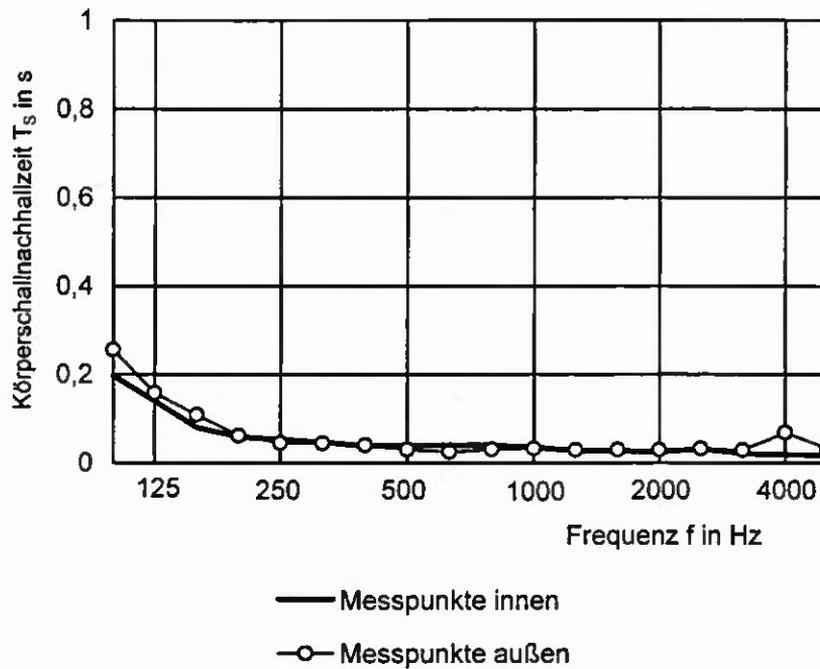


Bild 25 Körperschallnachhallzeit der **Außenwand** (Wand 1), gemessen auf 2 Punkten der inneren Schale (OSB) und an der gleichen Stelle der äußeren Schale (DWD), in der Prüfhalle stehend

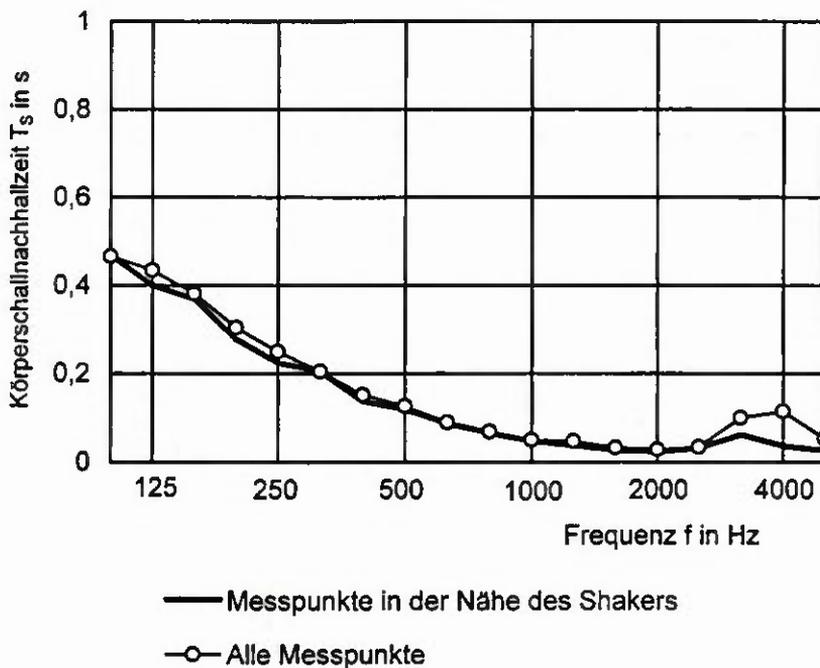


Bild 26 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrennten Ständern (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, in der Prüfhalle stehend

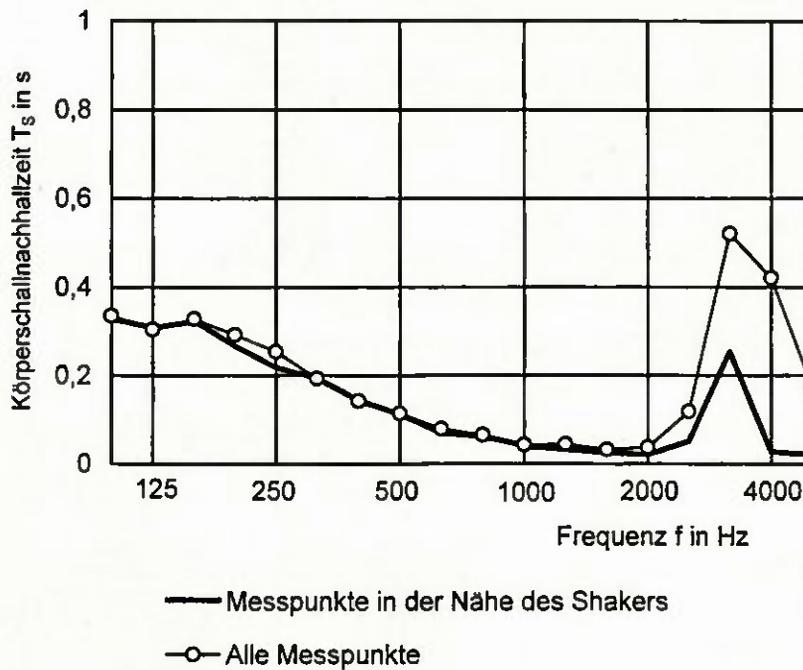


Bild 27 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrennten Ständern (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, in den Wandprüfstand eingebaut

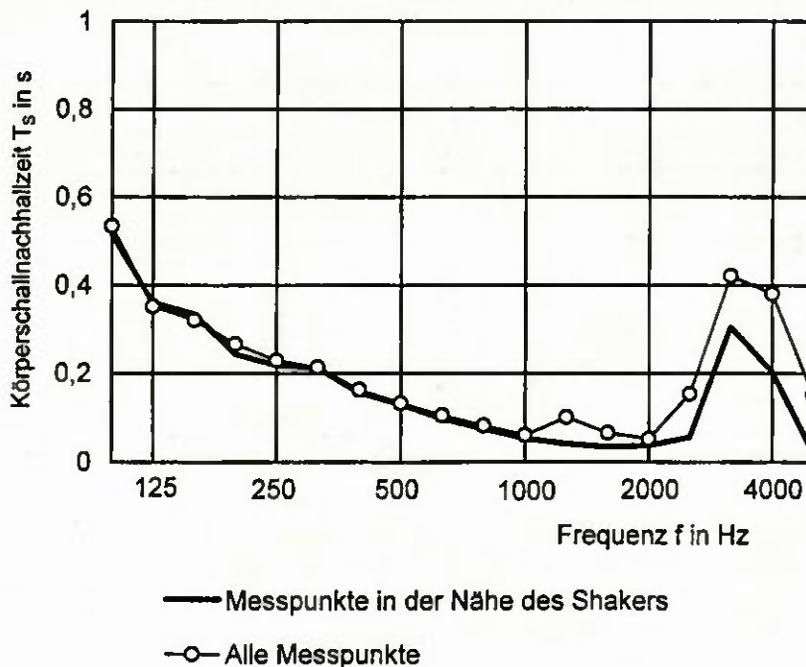


Bild 28 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit einfachem Ständer (Wand 6), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, in den Wandprüfstand eingebaut

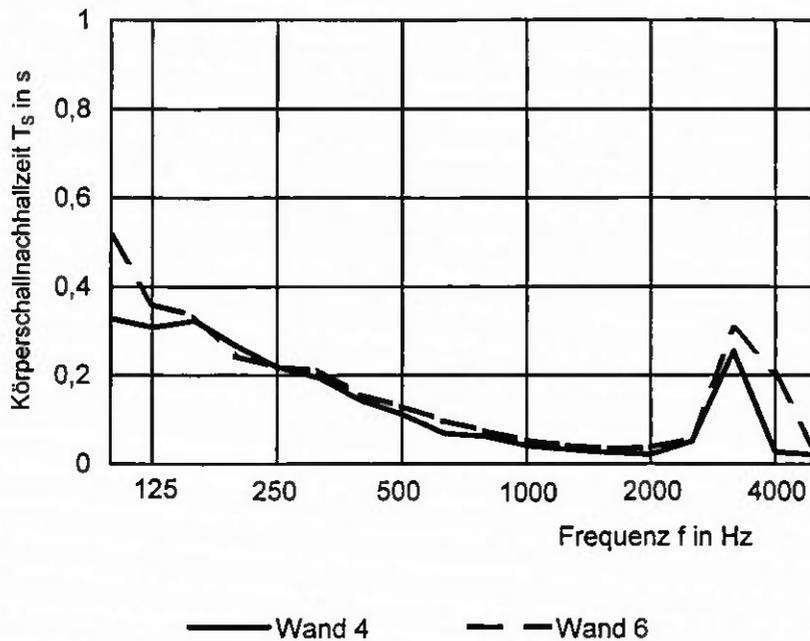


Bild 29 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit einfachem und getrenntem Ständer (Wand 4 und 6), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, in den Wandprüfstand eingebaut, Messpunkte in der Nähe des Shakers

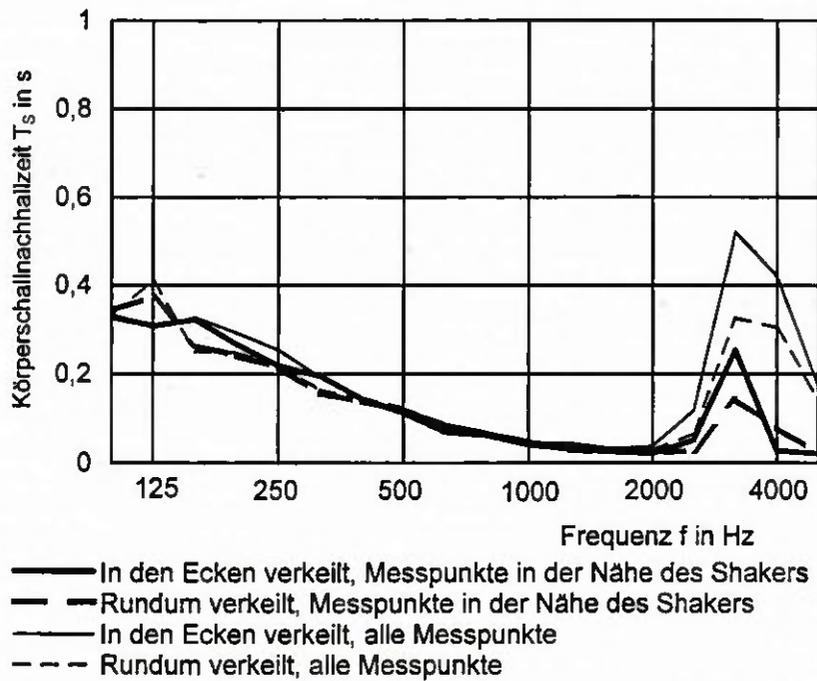


Bild 30 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrenntem Ständer (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, in den Wandprüfstand eingebaut und unterschiedlich eingespannt

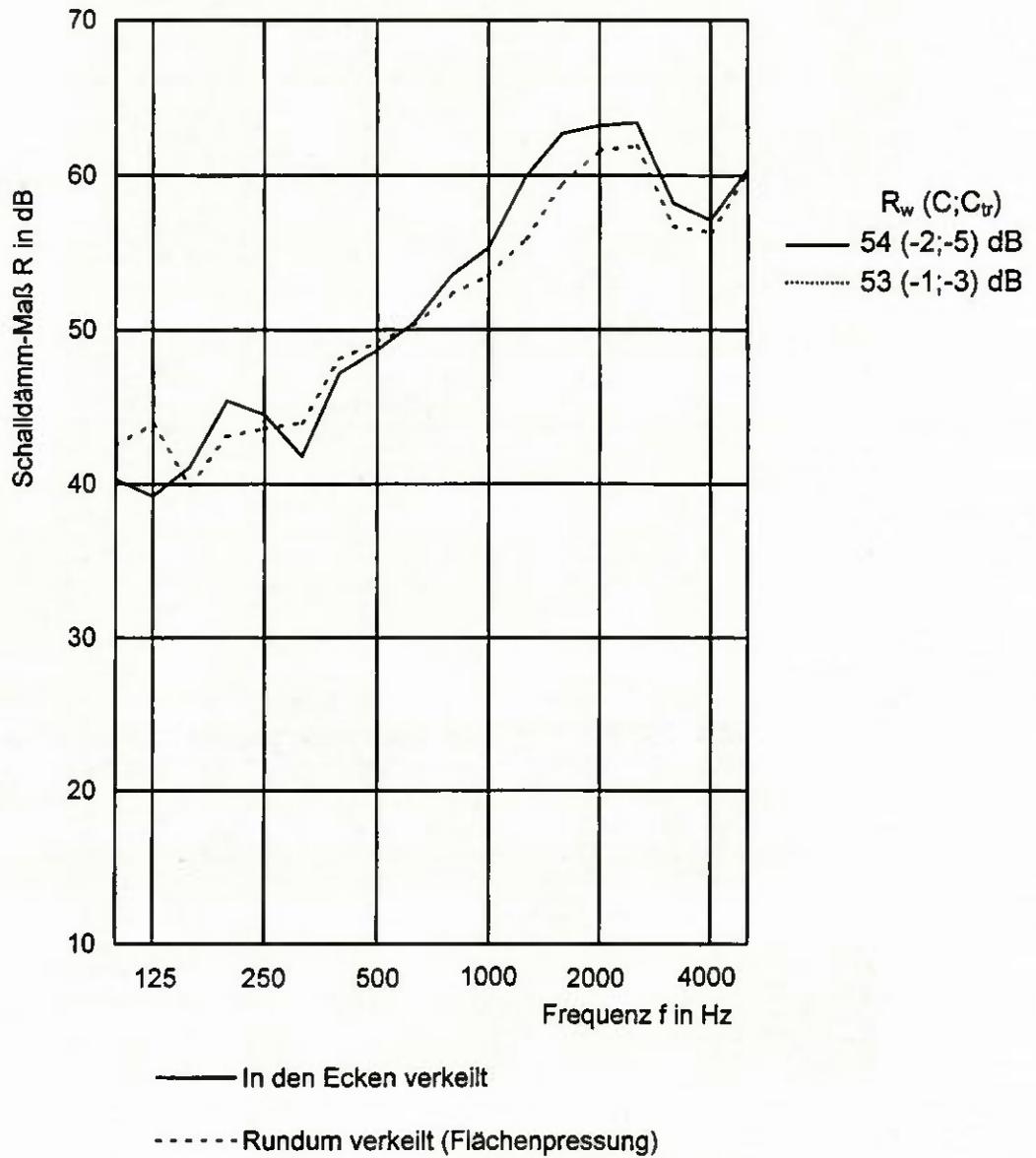


Bild 31 Luftschalldämmung der Innenwand mit getrenntem Ständer mit unterschiedlicher Einspannung

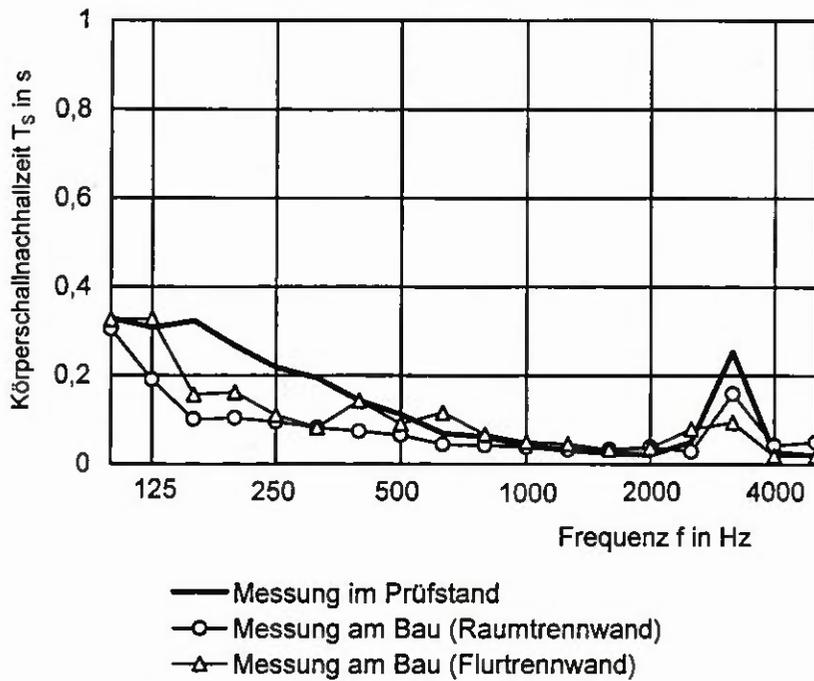


Bild 32 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrennten Ständern (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, im Labor und am Bau

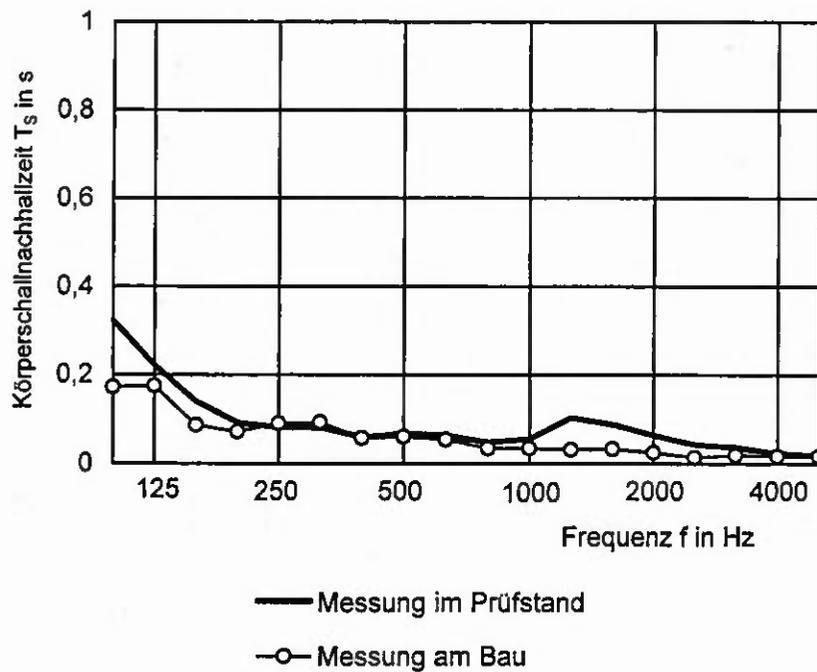


Bild 33 Körperschallnachhallzeit der **Innenwand** mit getrennten Ständern (Wand 4), doppelt beplankt mit Gipsfaserplatten, im Labor und am Bau

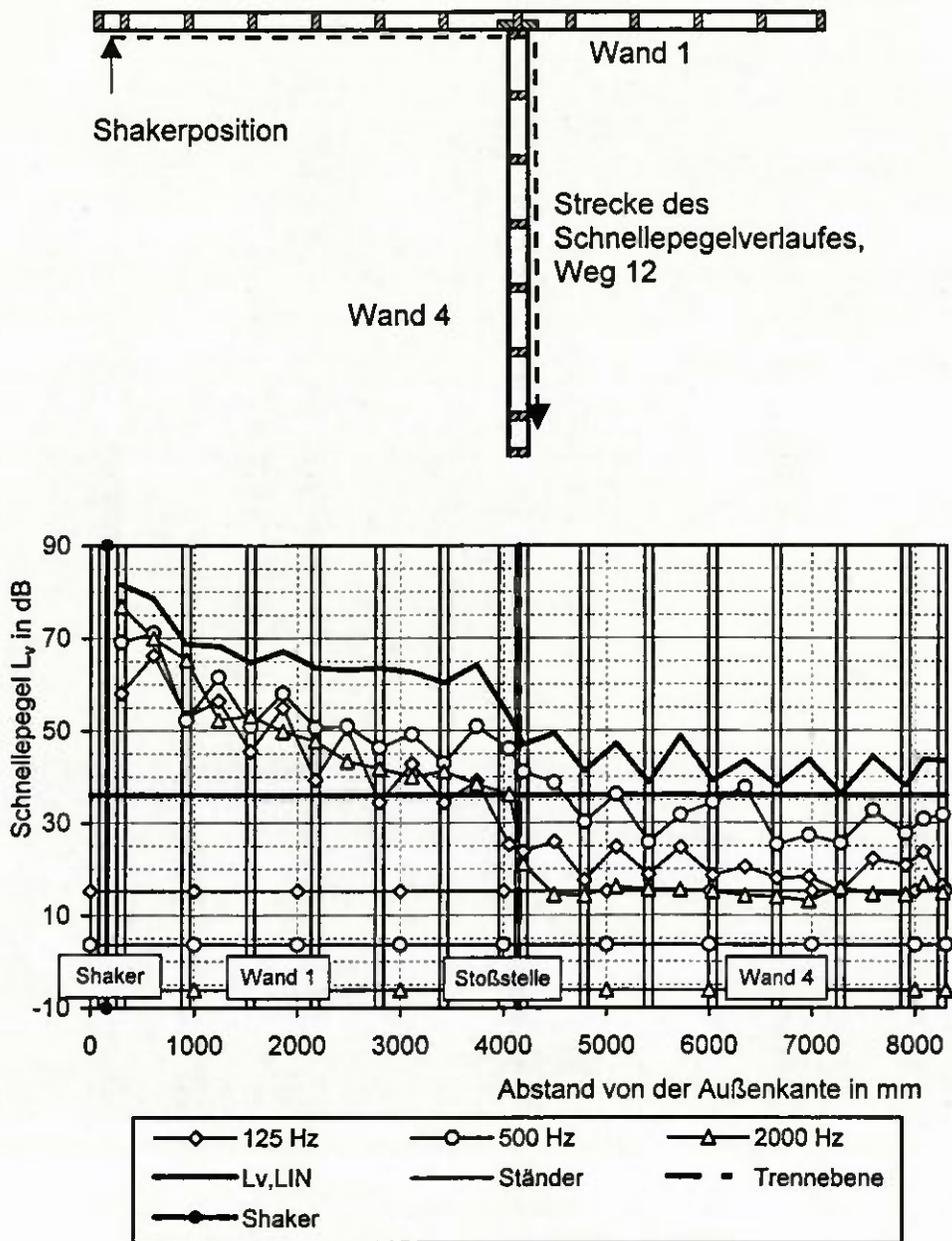


Bild 34 Schnellepegelverlauf auf Wand 1 / Wand 4, Weg 12, frei stehend in der Prüfhalle, Wand 4 an 3 Punkten verschraubt, Anregung mit Shaker

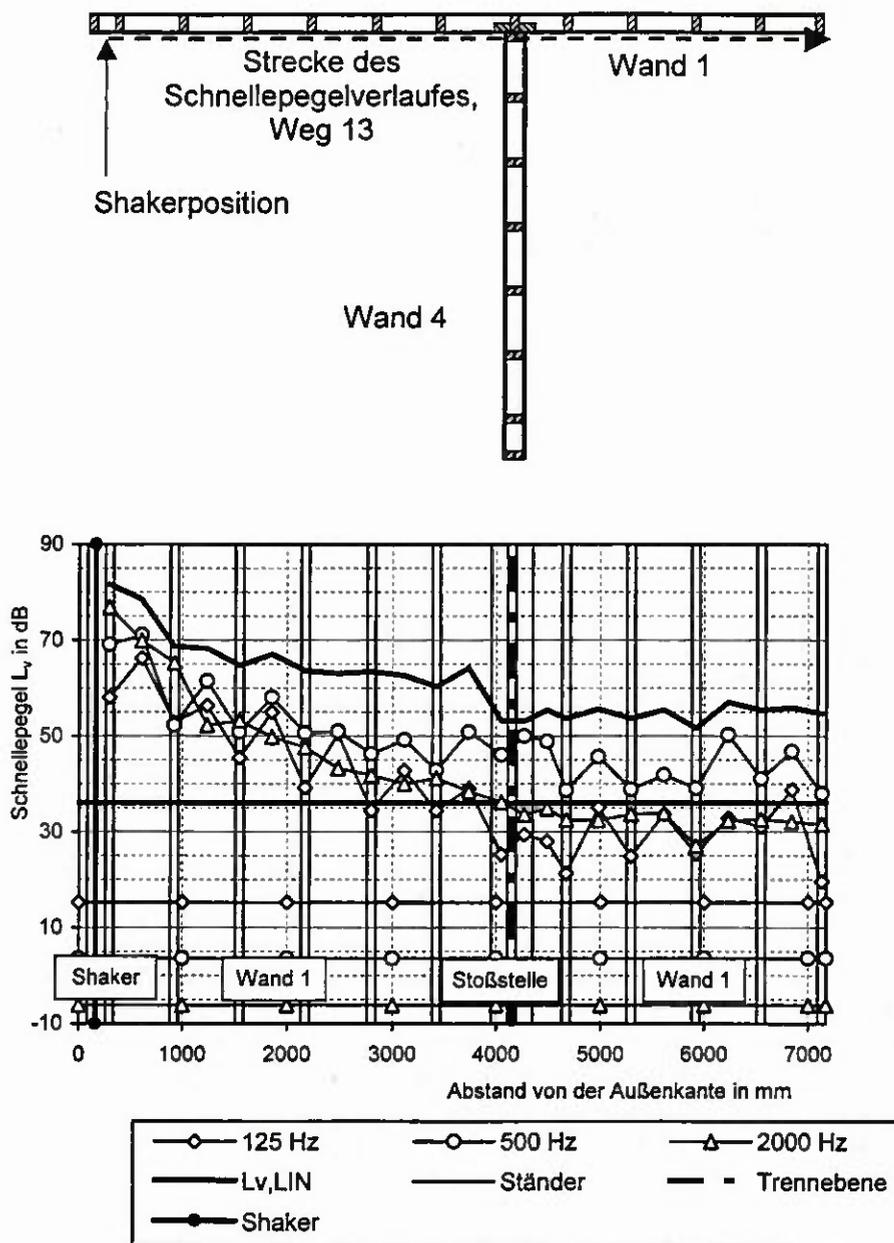


Bild 35 Schnellepegelverlauf auf Wand 1, Weg 13, frei stehend in der Prüfhalle, mit Anbindung vom Wand 4 zu einem T-Stoß (an 3 Punkten verschraubt), Anregung mit Shaker

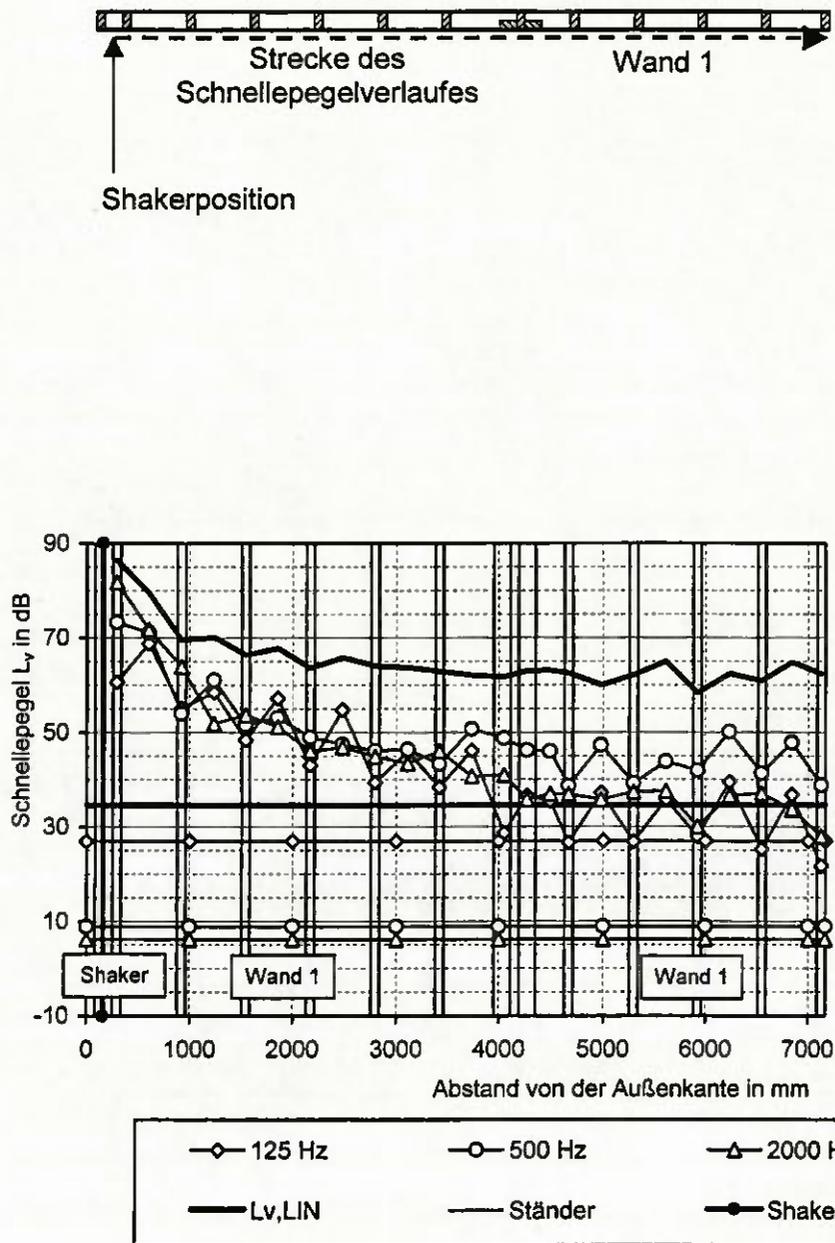


Bild 36 Schnellepegelverlauf auf Wand 1, Weg 13, frei stehend in der Prüfhalle, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Shaker

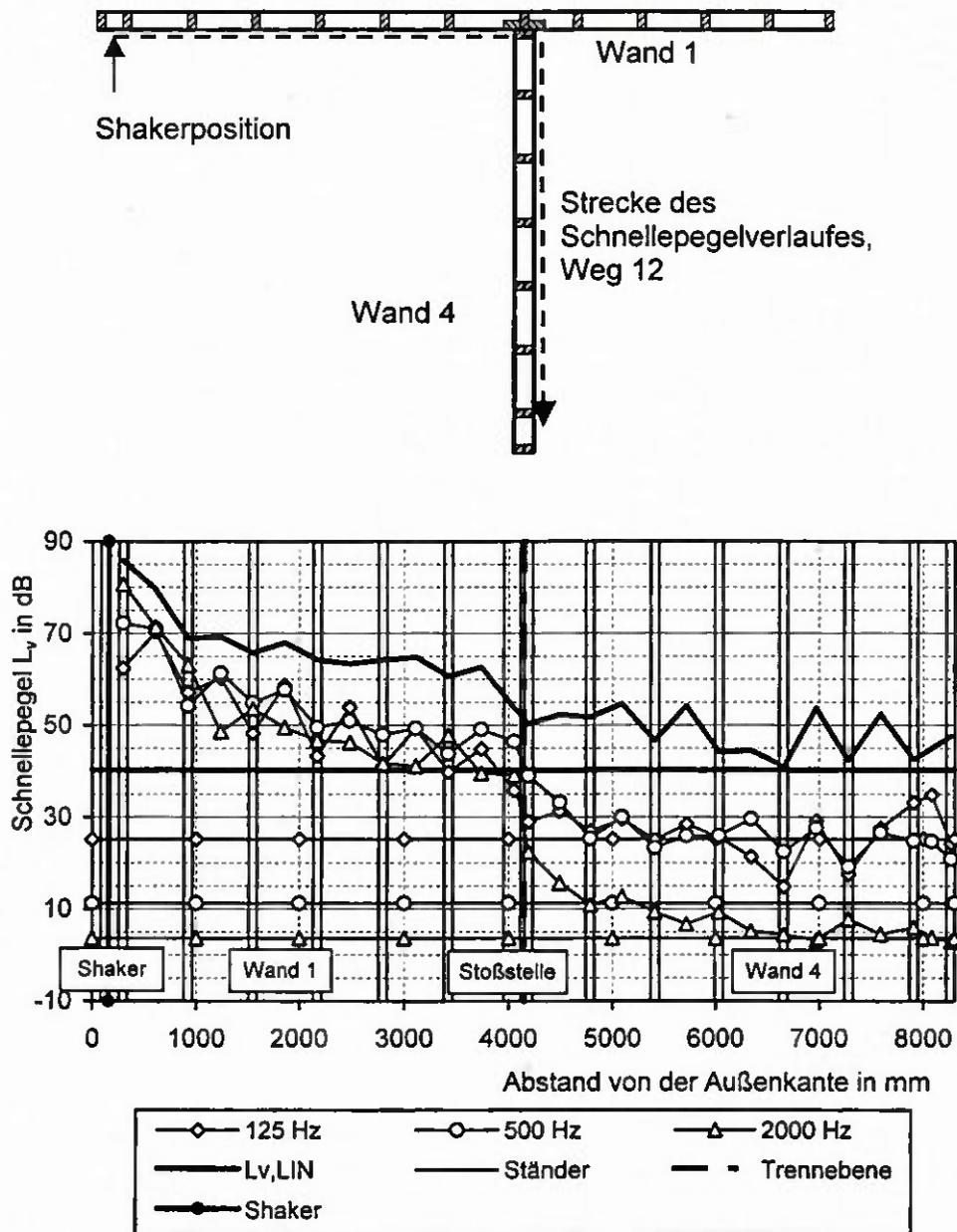


Bild 37 Schnellepegelverlauf auf Wand 1 / Wand 4, Weg 12, frei stehend im Freifeld, Wand 4 an 3 Punkten verschraubt, Anregung mit Shaker

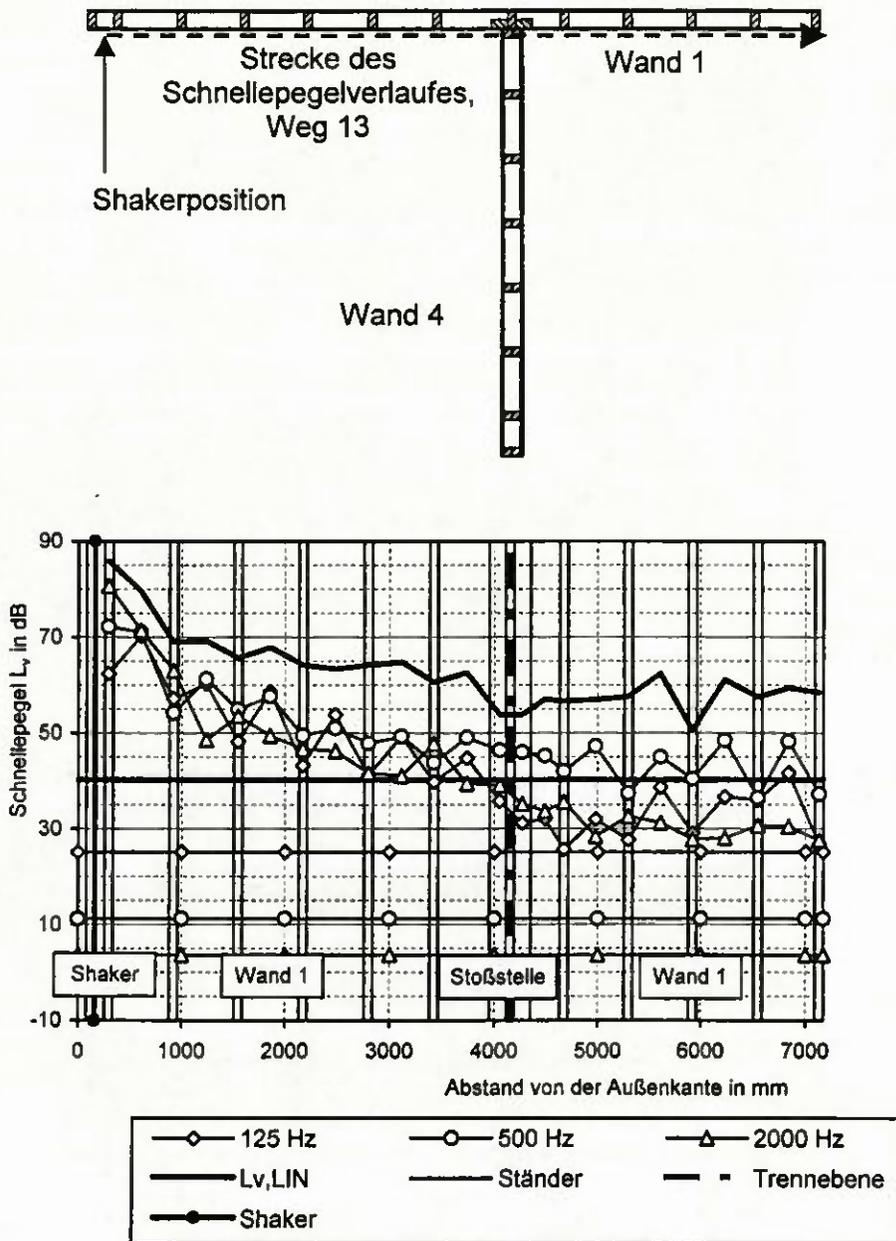


Bild 38 Schnellepegelverlauf auf Wand 1, Weg 13, frei stehend im Freifeld, mit Anbindung vom Wand 4 zu einem T-Stoß (an 3 Punkten verschraubt), Anregung mit Shaker

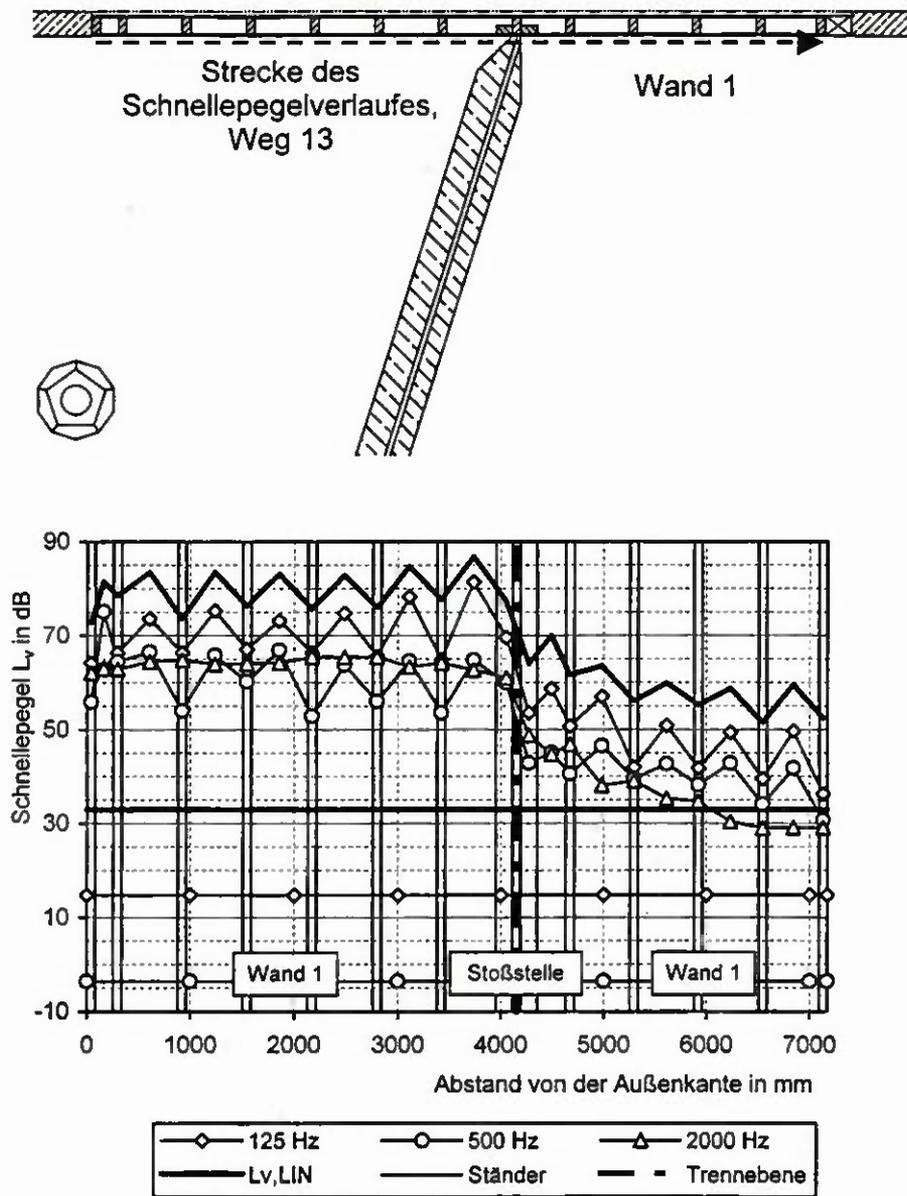


Bild 39 Schnellepegelverlauf auf Wand 1, Weg 13, eingebaut in den Längsleitungsprüfstand, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Luftschall

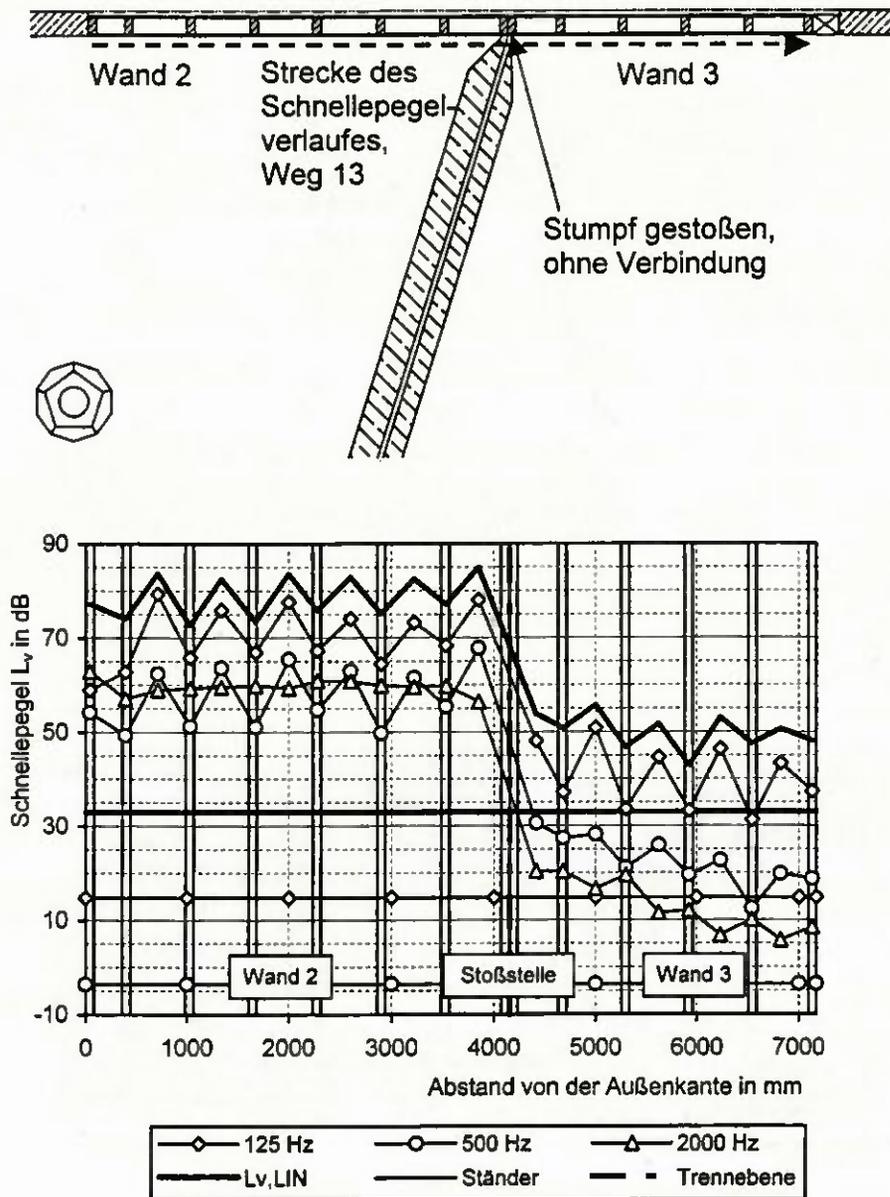


Bild 40 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen in den Längsleitungsprüfstand eingebaut, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Luftschall

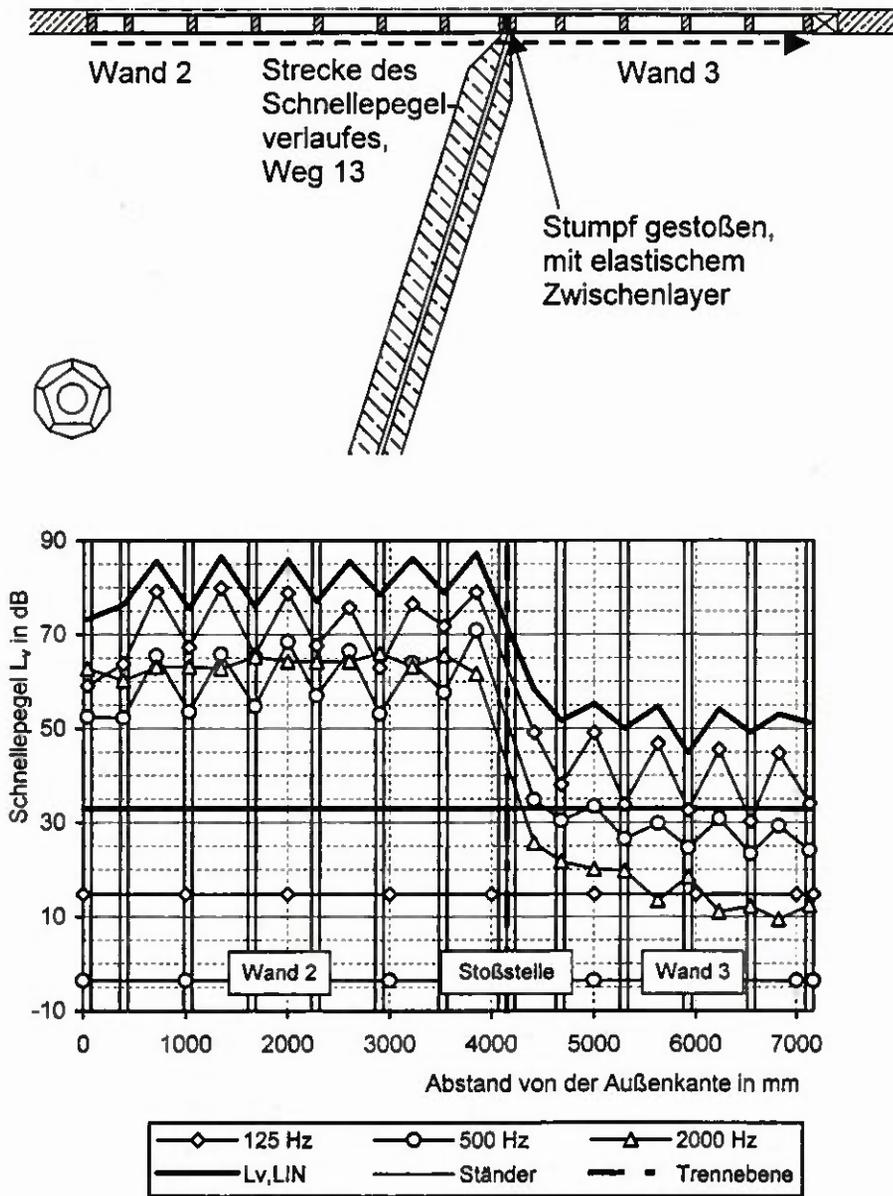


Bild 41 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen mit elastischem Layer im Wandstoß, in den Längsleitungsprüfstand eingebaut ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Luftschall

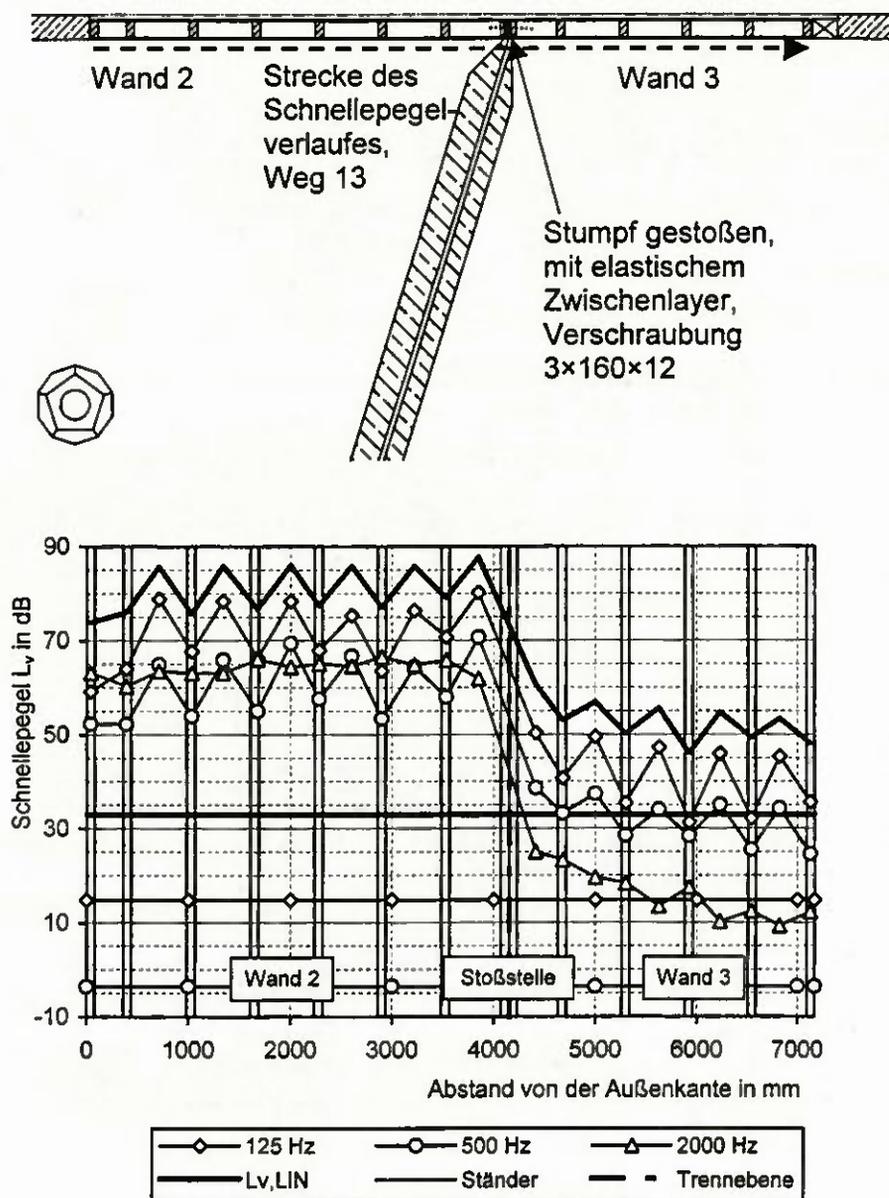


Bild 42 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen mit elastischem Layer im Wandstoß und verschraubt, in den Längsleitungsprüfstand eingebaut ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Luftschall

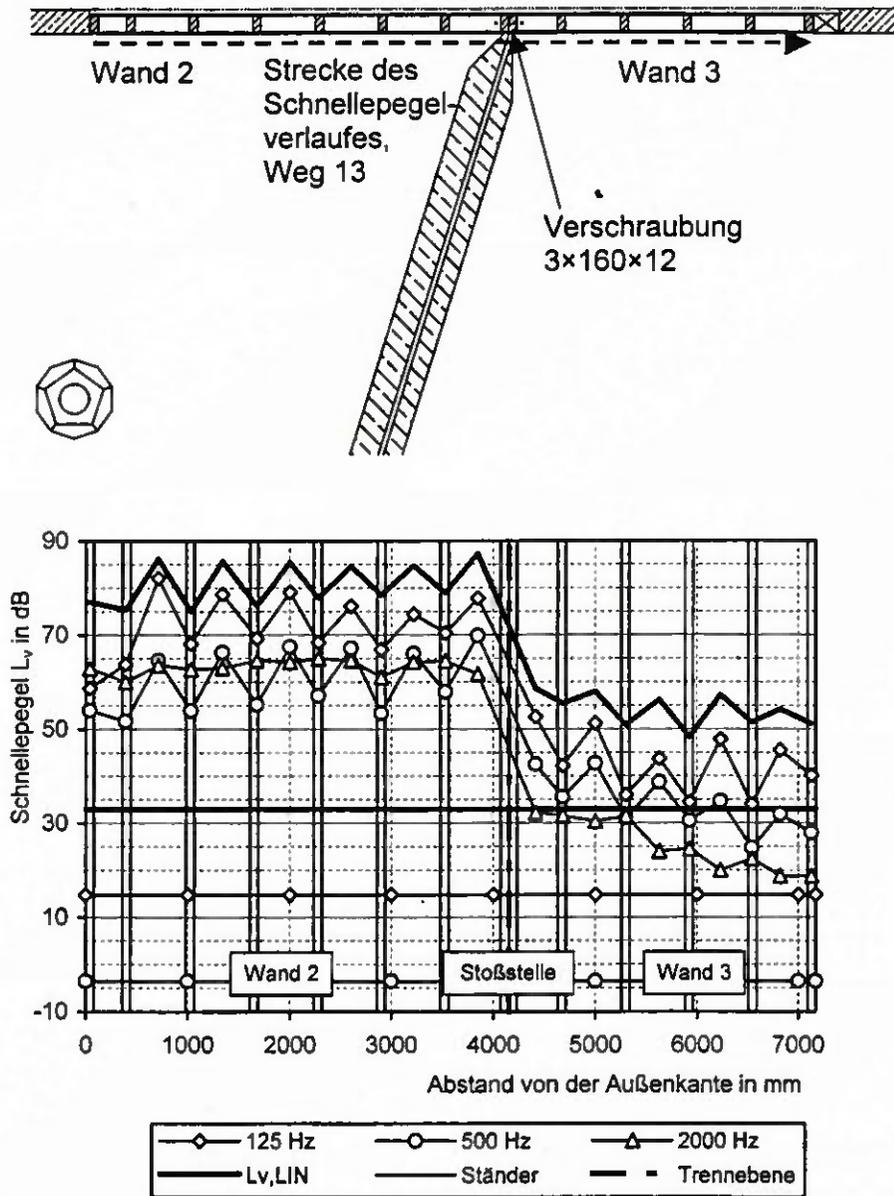


Bild 43 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen und verschraubt in den Längsleitungsprüfstand eingebaut, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Luftschall

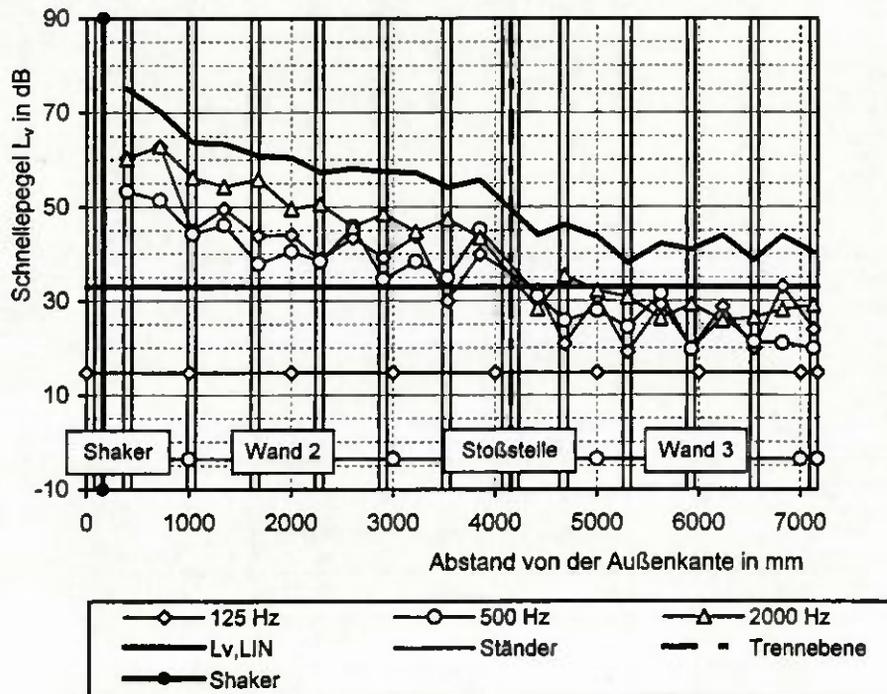
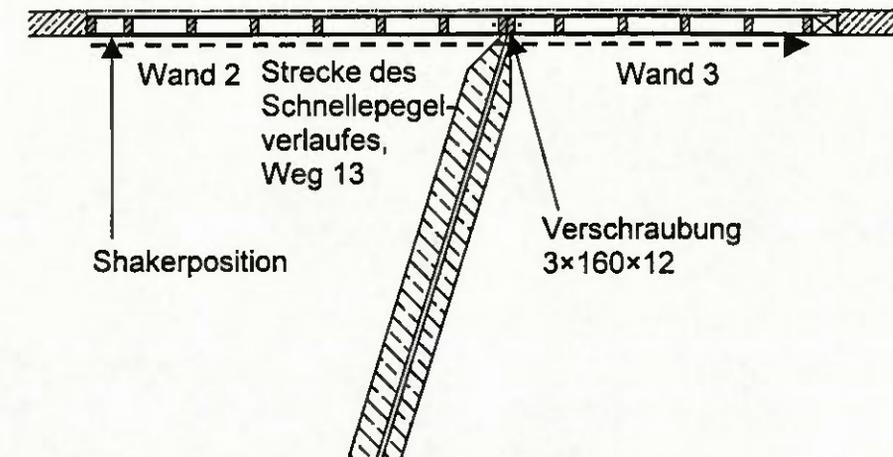


Bild 44 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen und verschraubt in den Längsleitungsprüfstand eingebaut, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Shaker

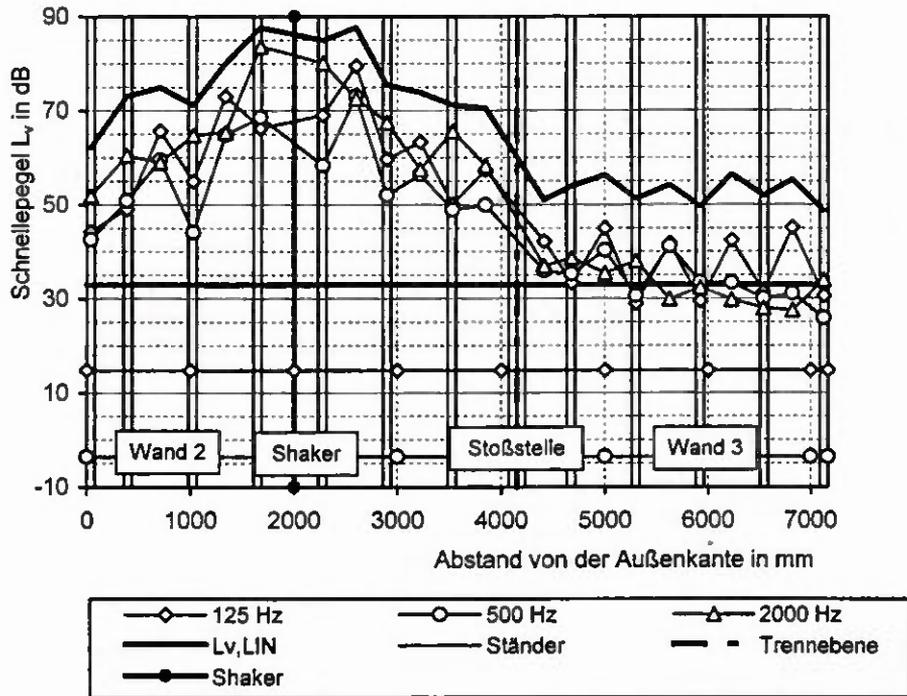
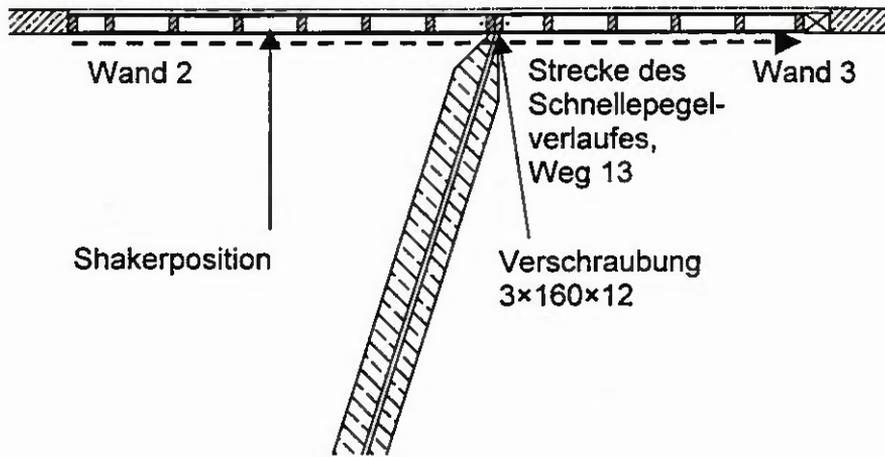


Bild 45 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 und Wand 3, Weg 13, stumpf aneinander gestoßen und verschraubt in den Längsleitungsprüfstand eingebaut, ohne Anbindung einer Trennwand, Anregung mit Shaker

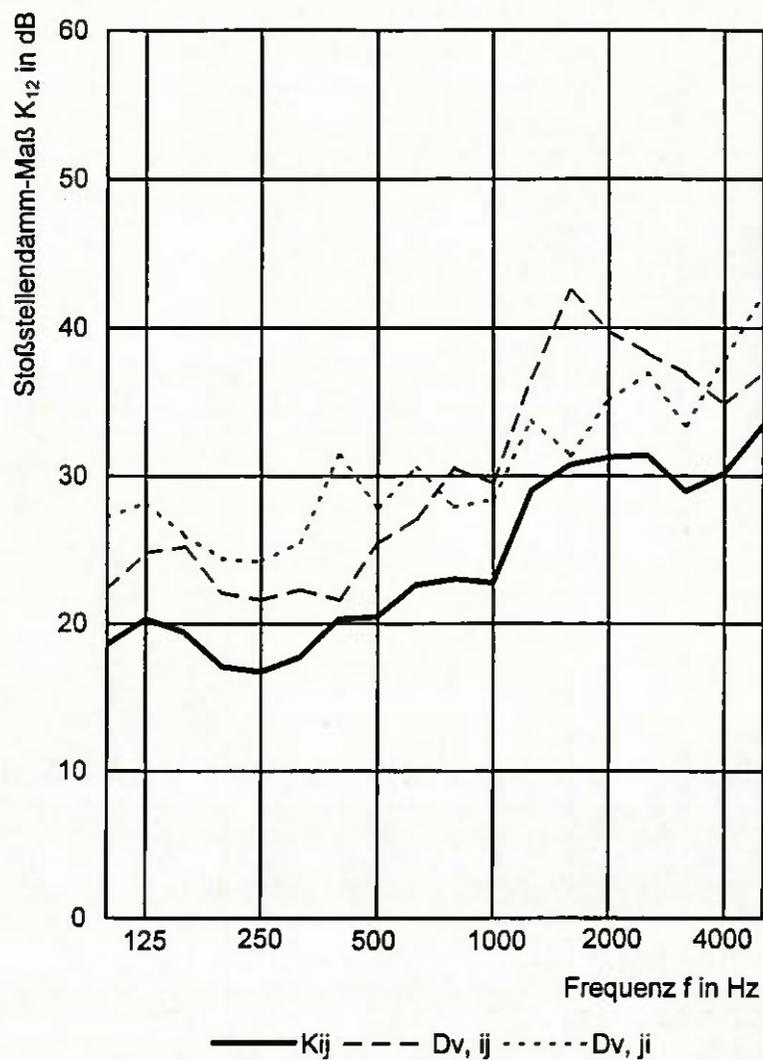


Bild 46 Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes K_{12} zwischen Wand 1 (i) und Wand 4 (j), (Weg 12), Anregung mit Shaker, frei stehend in der Prüfhalle

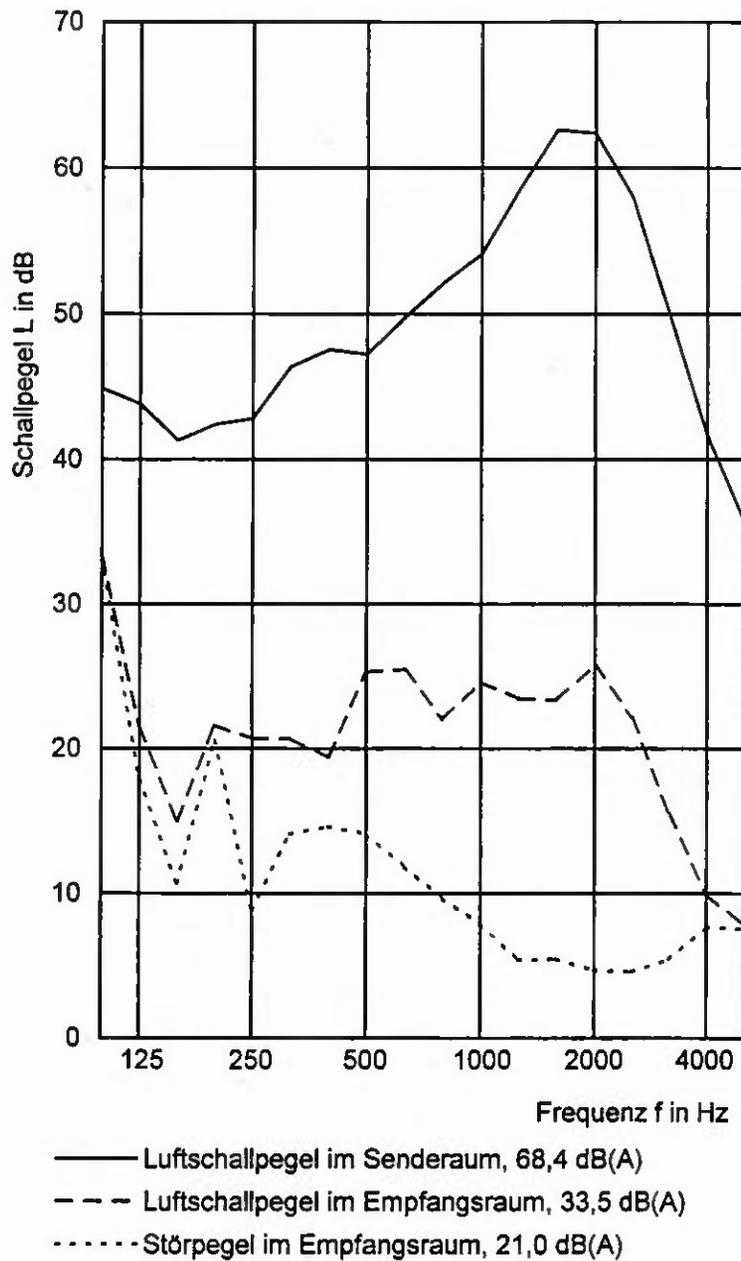


Bild 47 Luftschallpegel „Shaker auf Wand“ im Sende und Empfangsraum des Längsleitungsprüfstandes, Anregung mit dem Shaker auf Wand 1 (durchgehende Trennwand)

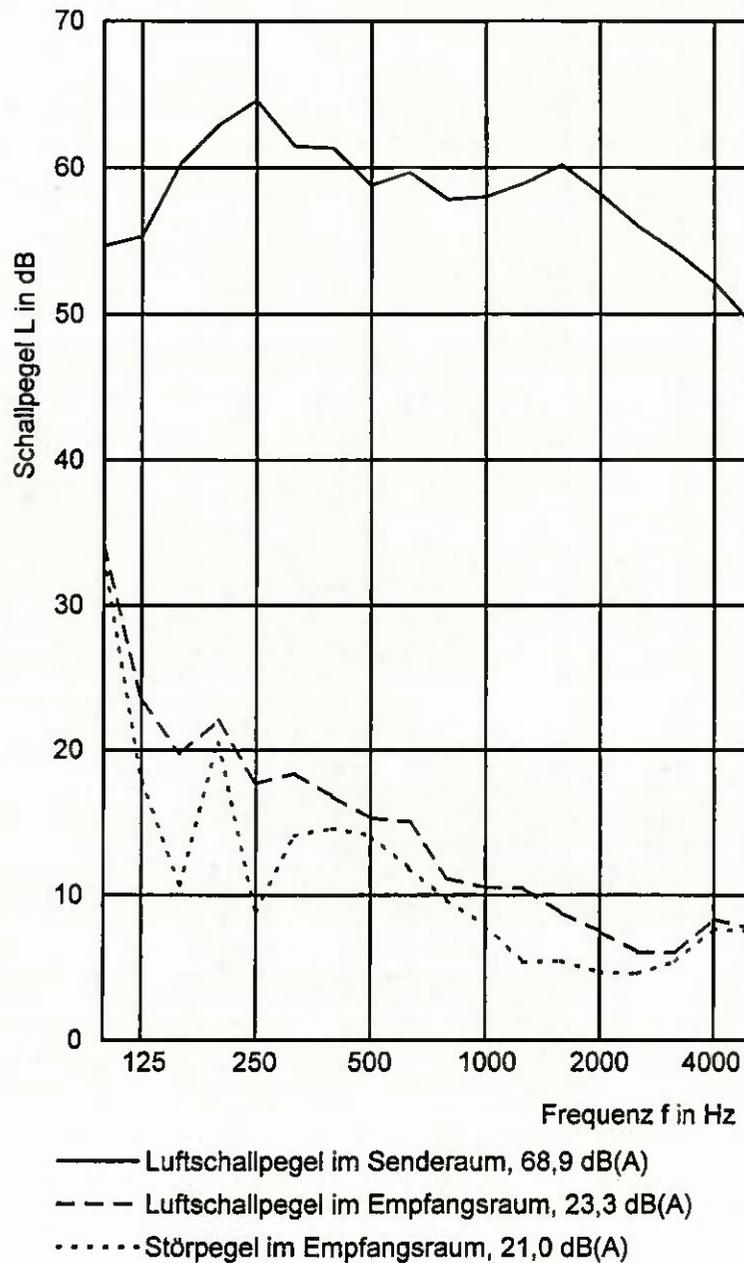


Bild 48 Luftschallpegel im Sende und Empfangsraum des Längsleitungsprüfstandes, Anregung mit Luftschall mit dem Luftschallpegel und der Messsituation aus Bild 47

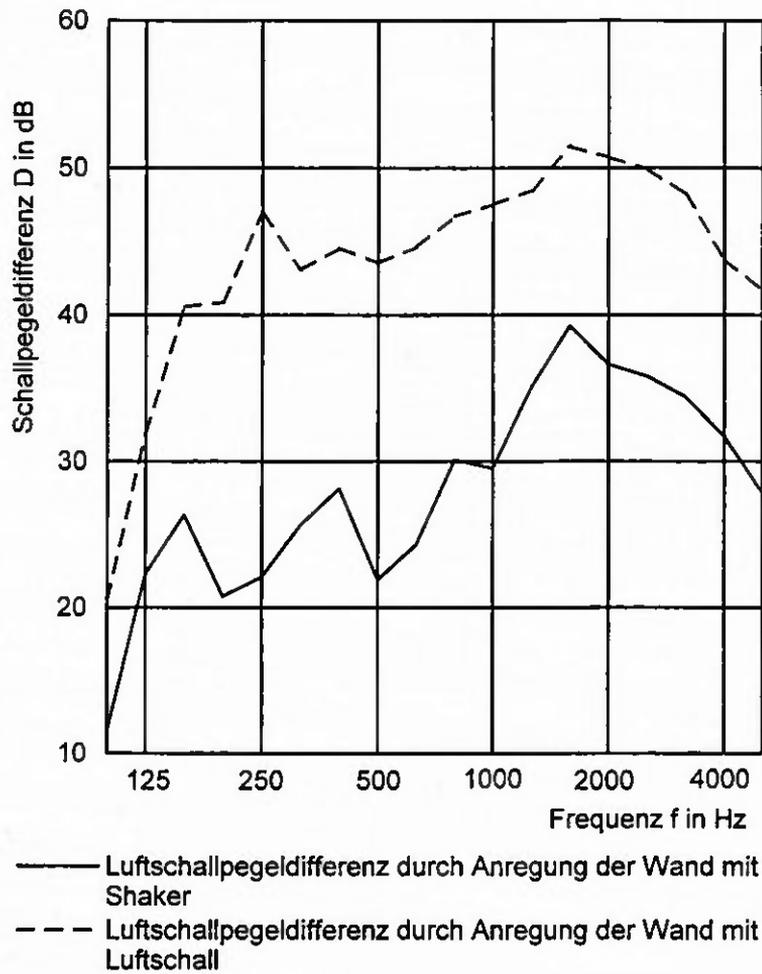
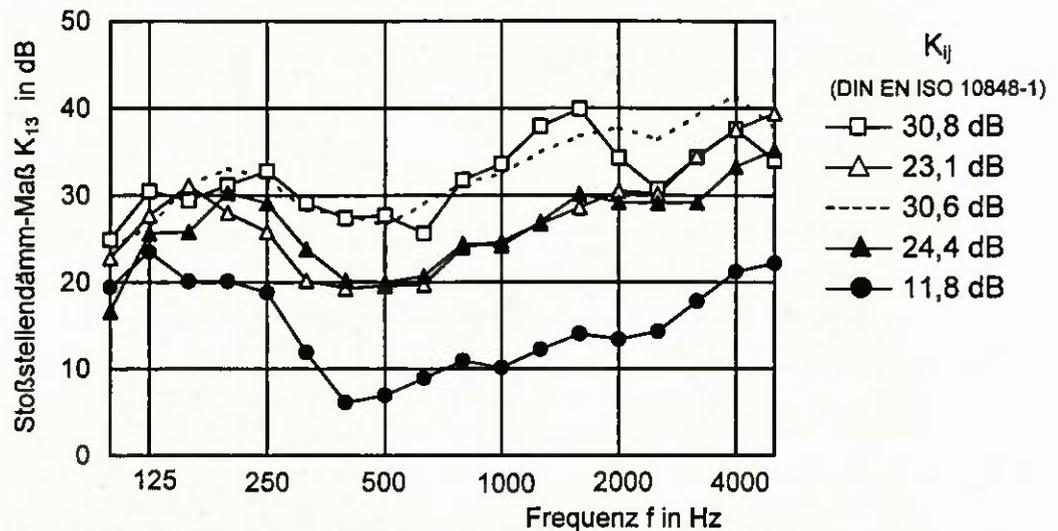


Bild 49 Einfluss des Luftschallpegels auf die Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum, Versuchsaufbau wie in Bild 47 und Bild 48

a.) Stoßstellendämmung mit Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:



b.) Stoßstellendämmung ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:

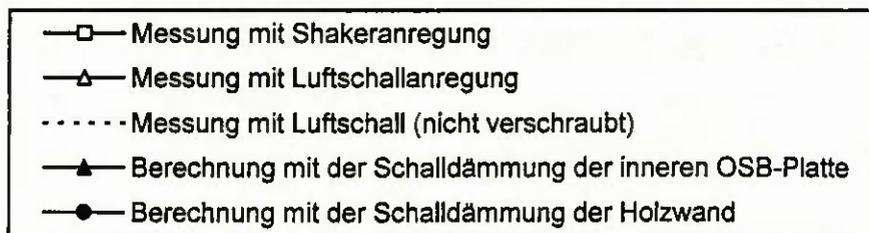
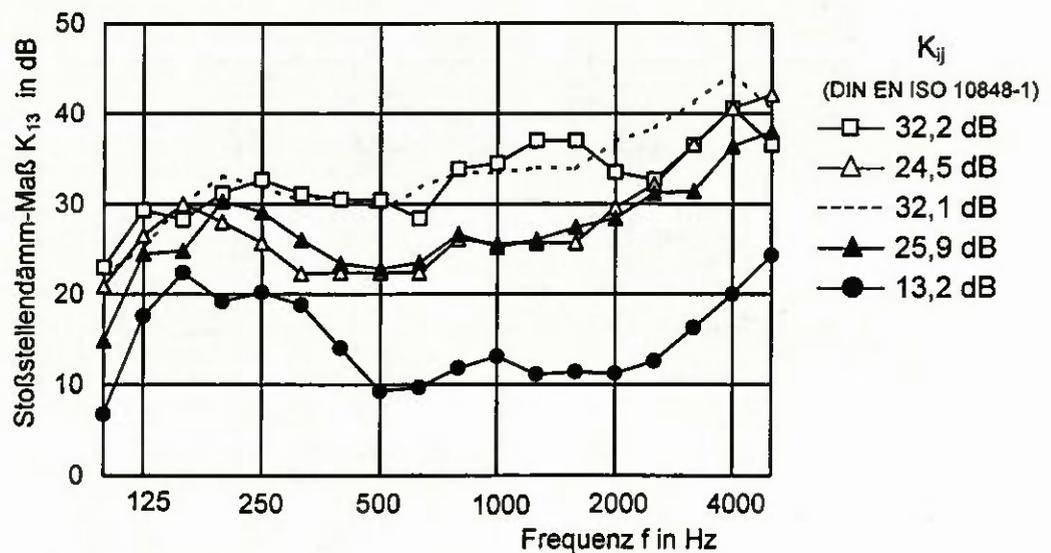
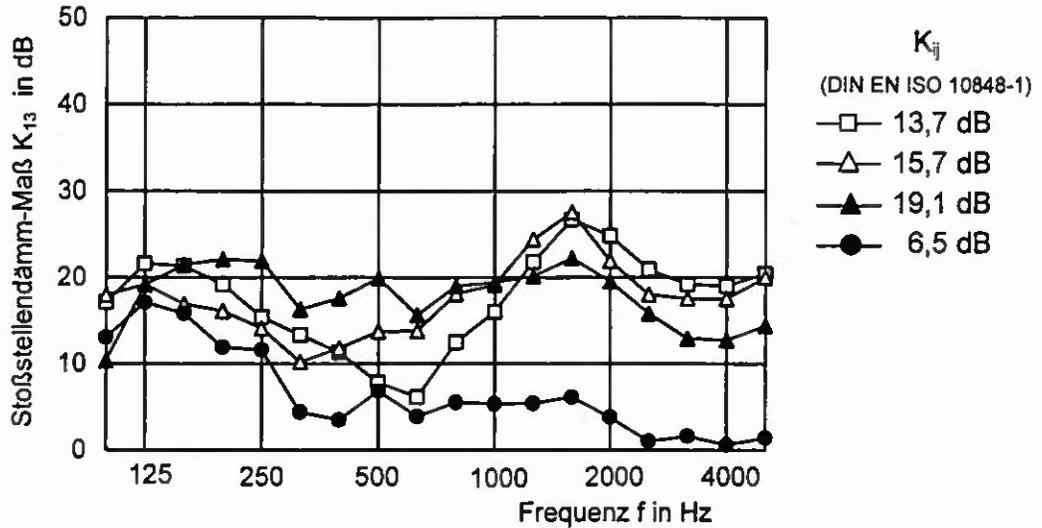


Bild 50 Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} an der getrennten Außenwand (Wand 2 und 3) mit unterschiedlichen Messmethoden, Wände an 3 Punkten miteinander verschraubt

a.) Stoßstellendämmung mit Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:



b.) Stoßstellendämmung ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:

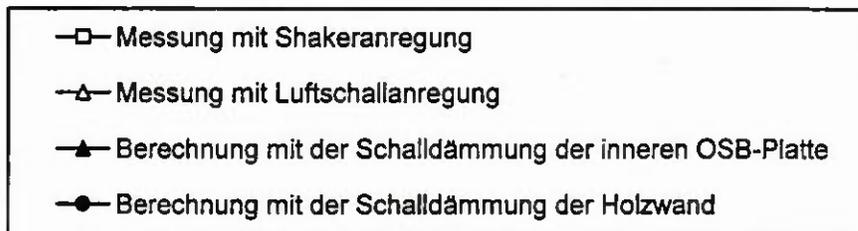
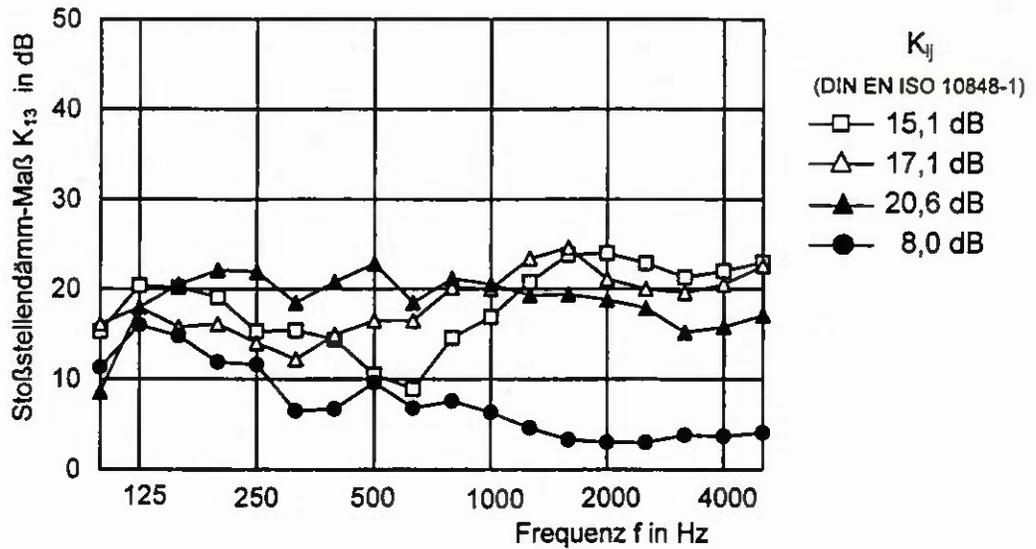
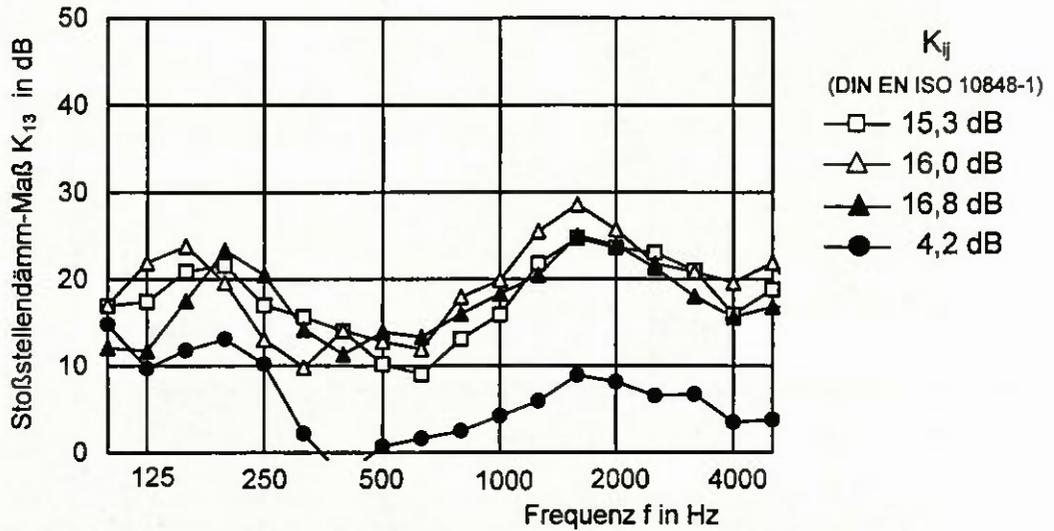


Bild 51 Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} an der durchgehenden Außenwand (Wand 1) mit unterschiedlichen Messmethoden, ohne Anschluss der Trennwand, im Prüfstand

a.) Stoßstellendämmung mit Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:



b.) Stoßstellendämmung ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit:

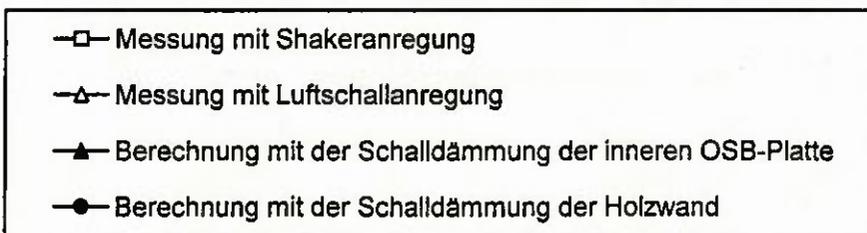
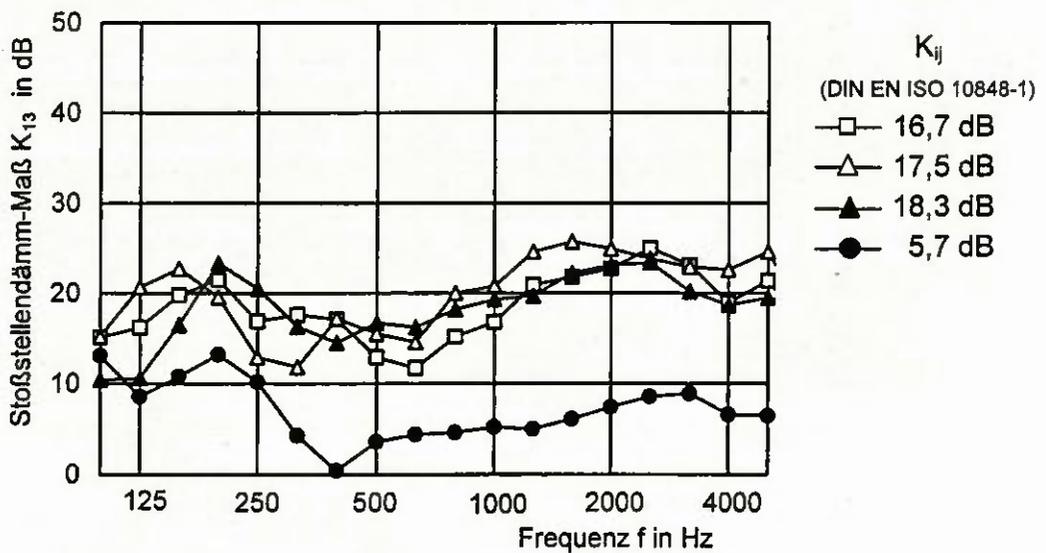
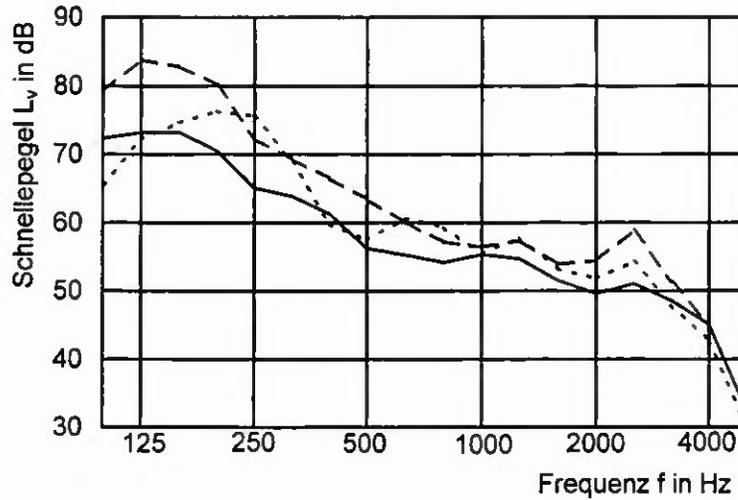


Bild 52 Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes K_{13} an der durchgehenden Außenwand (Wand 1) mit unterschiedlichen Messmethoden, mit Anschluss der Trennwand, im Prüfstand

Schnellepegel im Senderraum



Schnellepegel im Empfangsraum

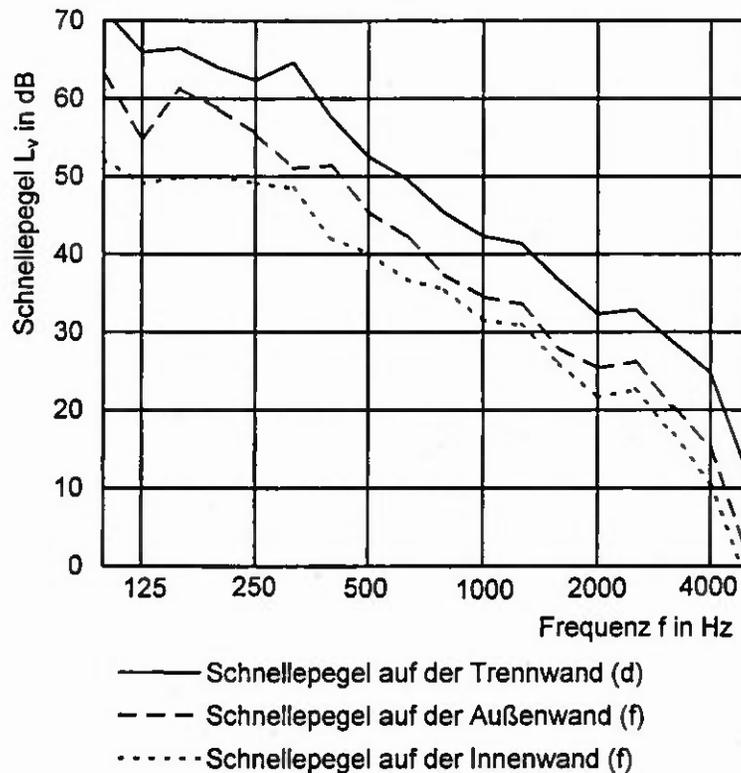
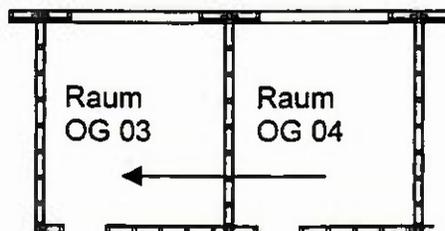
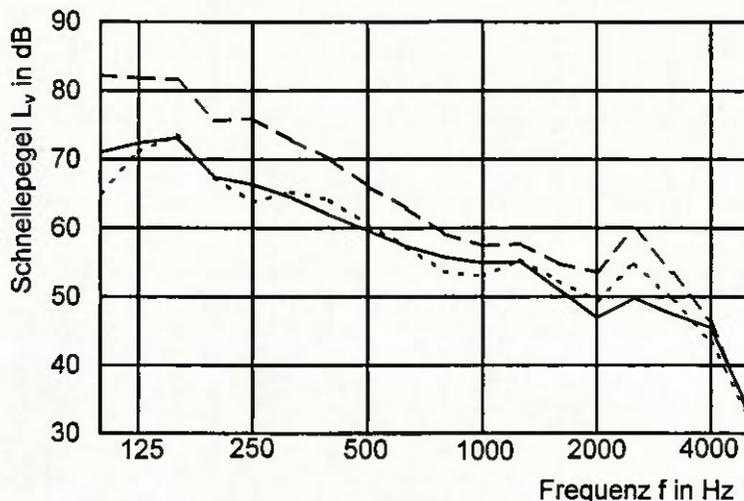


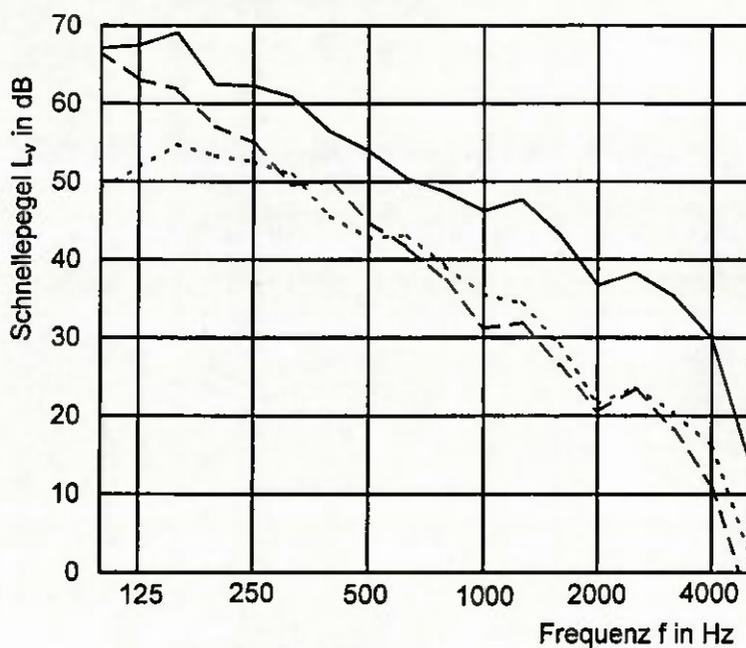
Bild 53 Schnellepegel am Bau im Empfangsraum auf der Trennwand und auf den Flankenwänden (Außen- und Innenwand), Anregung mit Luftschall, Messung von Raum OG 04 nach OG 03 im Verwaltungsgebäude



Schnellepegel im Senderraum



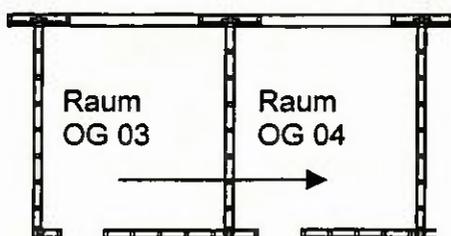
Schnellepegel im Empfangsraum



- Schnellepegel auf der Trennwand (d)
- - - Schnellepegel auf der Außenwand (f)
- Schnellepegel auf der Innenwand (f)

Bild 54

Schnellepegel am Bau im Empfangsraum auf der Trennwand und auf den Flankenwänden (Außen- und Innenwand), Anregung mit Luftschall, Messung von Raum OG 03 nach OG 04 im Verwaltungsgebäude



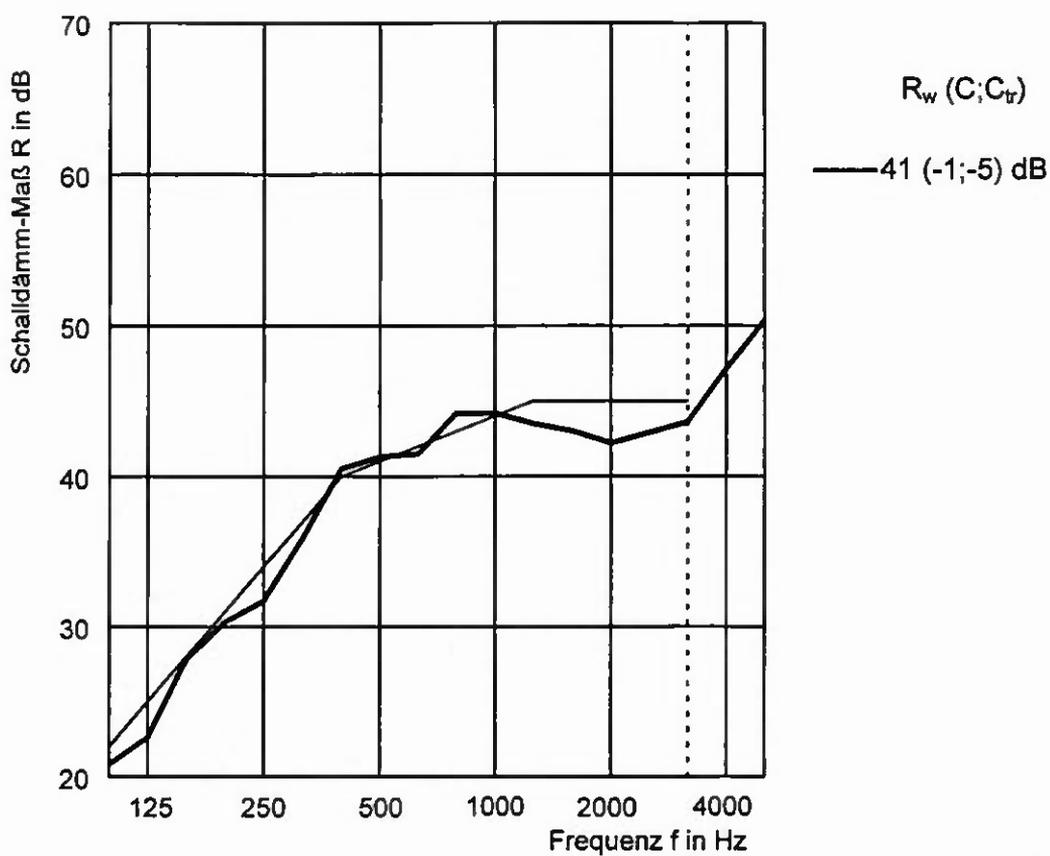
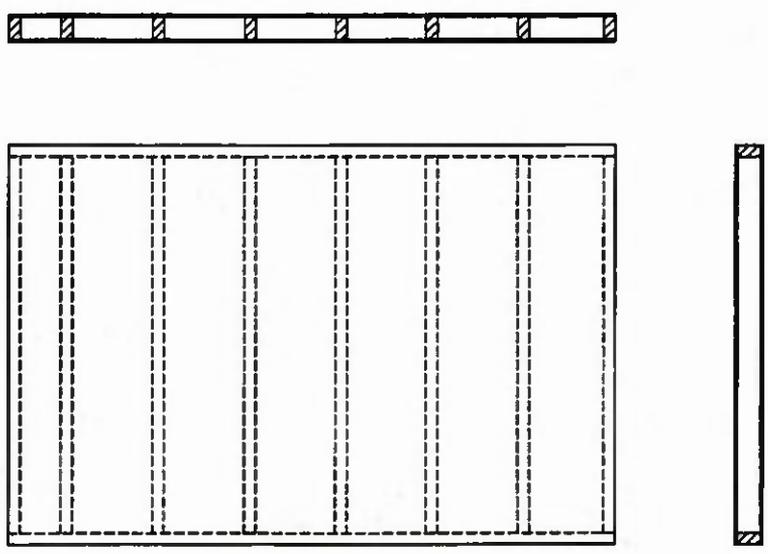


Bild 55 Luftschalldämmung der Außenwand im Wandprüfstand (Wand 2)



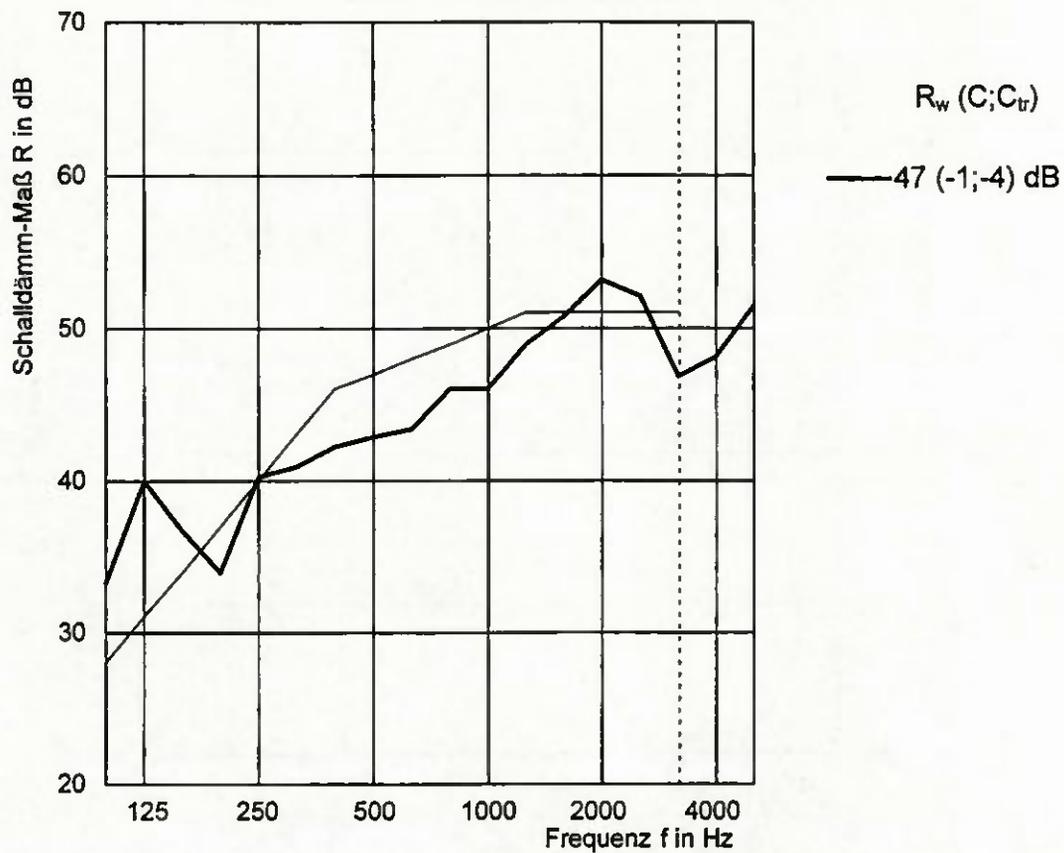
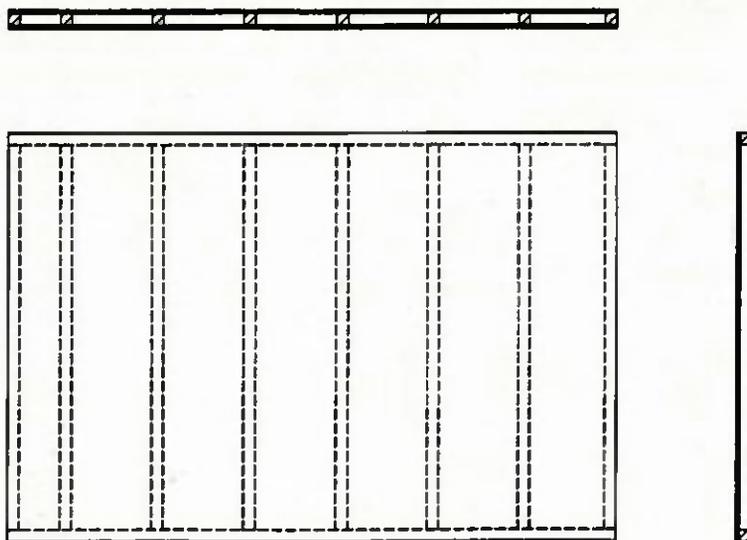


Bild 56 Luftschalldämmung der Innenwand mit einfachem Ständer im Wandprüfstand (Wand 6)



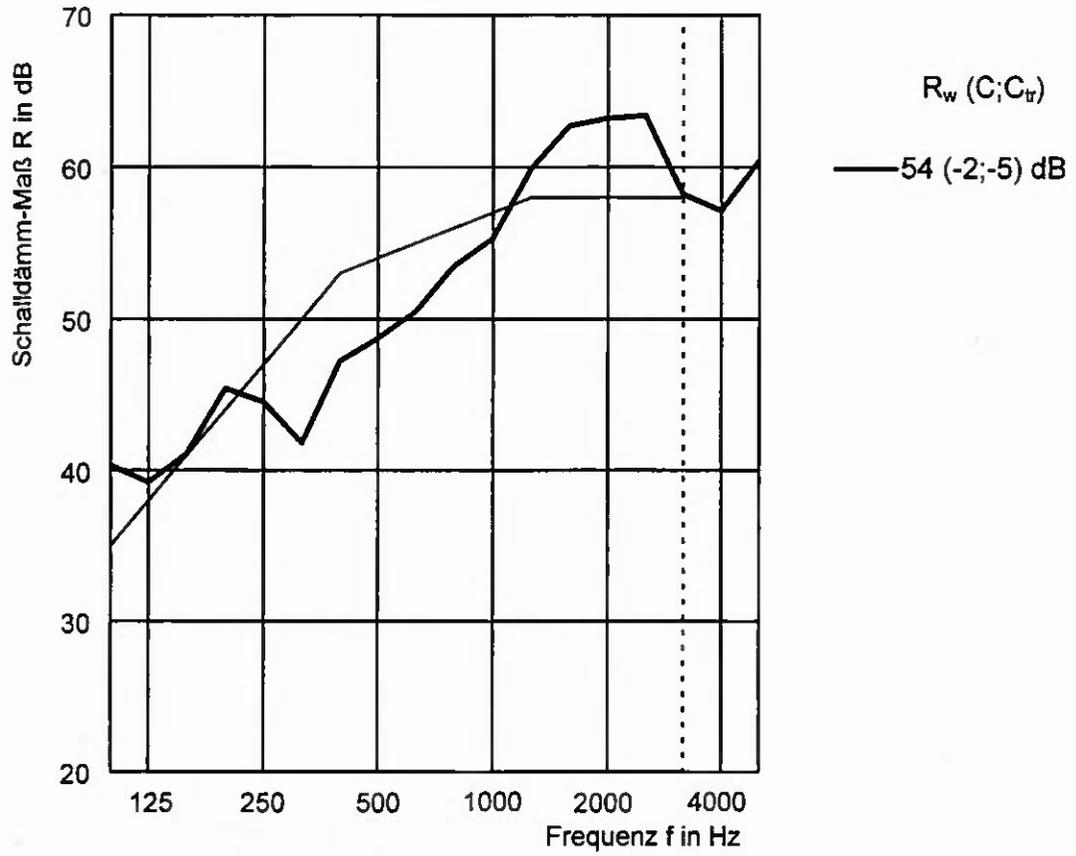
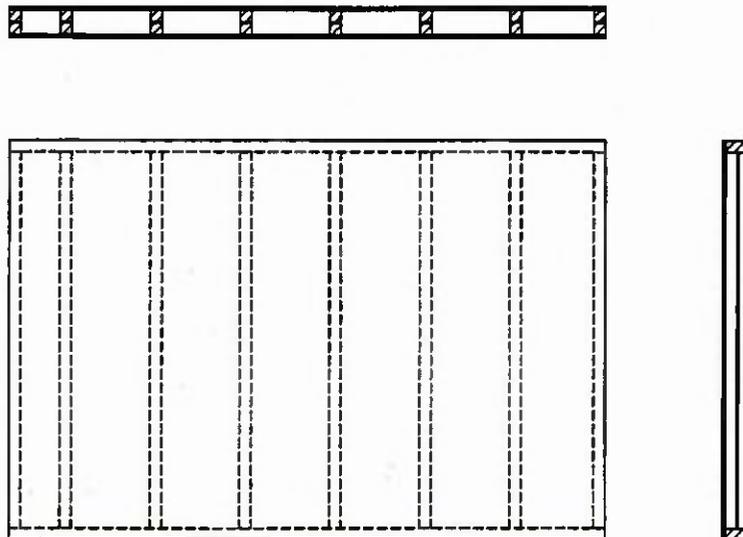


Bild 57 Luftschalldämmung der Innenwand mit getrennten Ständern im Wandprüfstand (Wand 4)



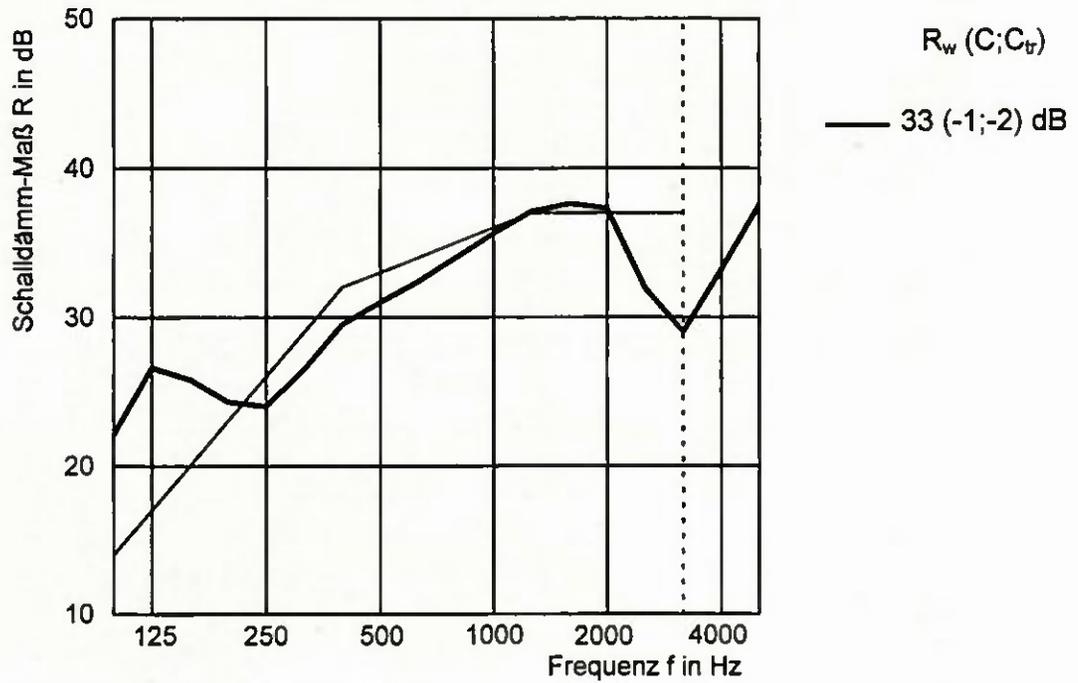


Bild 58 Luftschalldämmung einer Gipsfaserplatte 12,5 mm

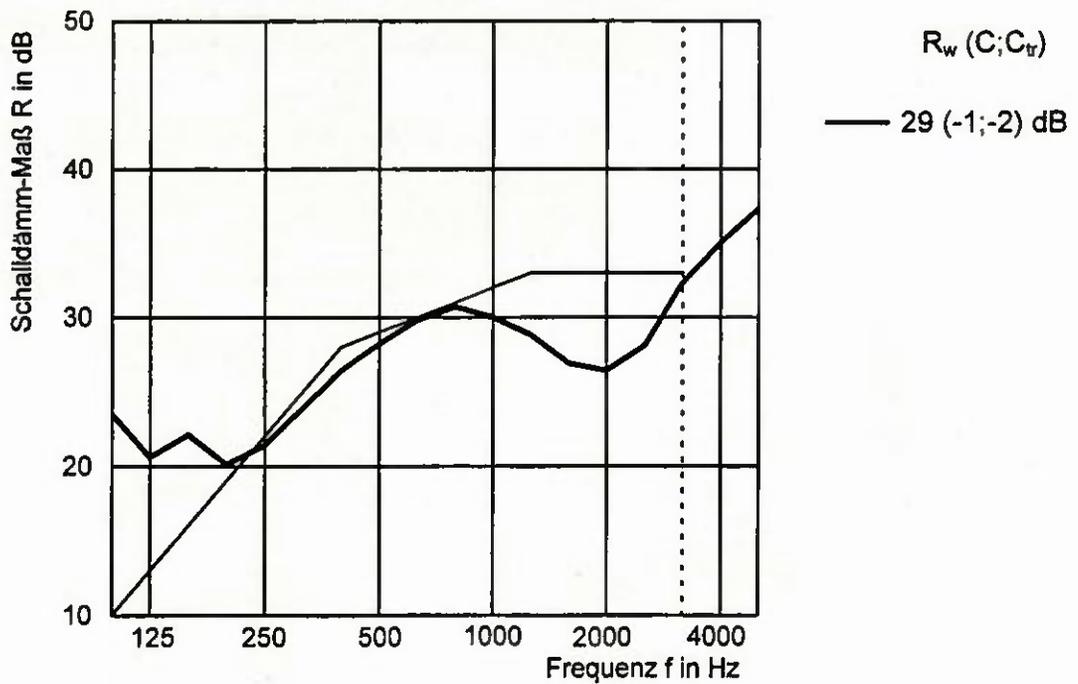


Bild 59 Luftschalldämmung einer OSB-Platte 19 mm

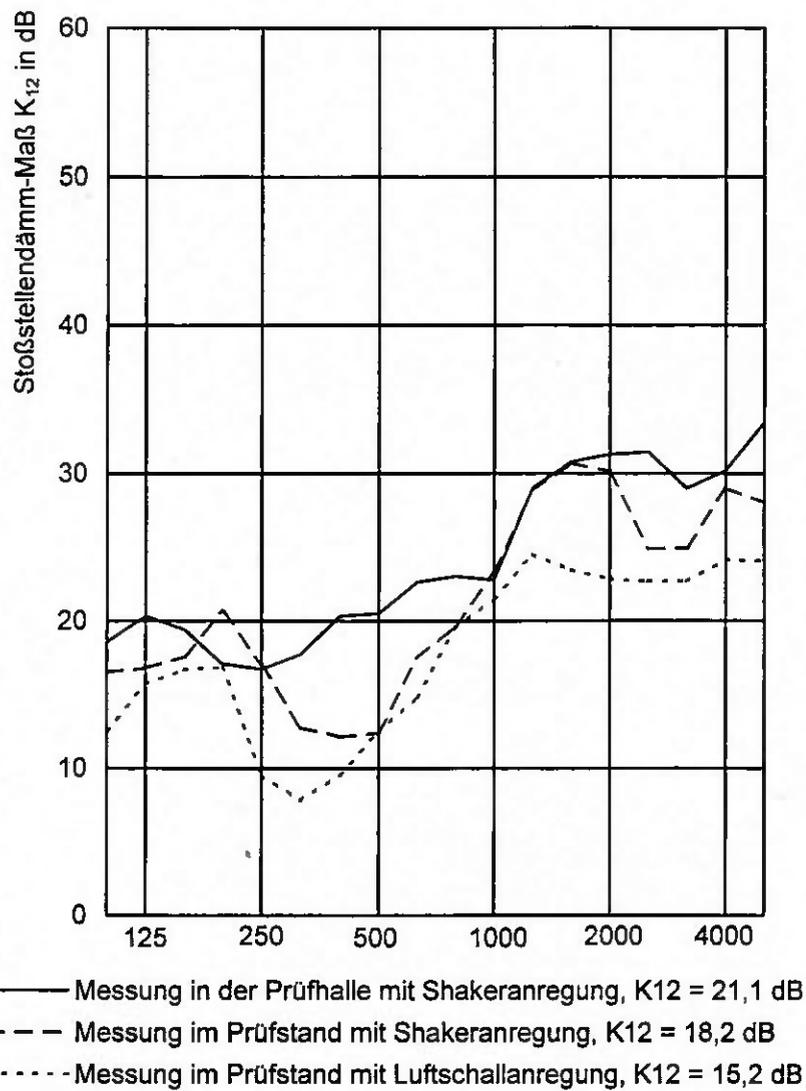


Bild 60 Stoßstellendämm-Maßes K_{12} mit verschiedenen Mess-Situationen zwischen der durchgehenden Außenwand und der Trennwand mit getrennten Ständern, Wände miteinander verschraubt

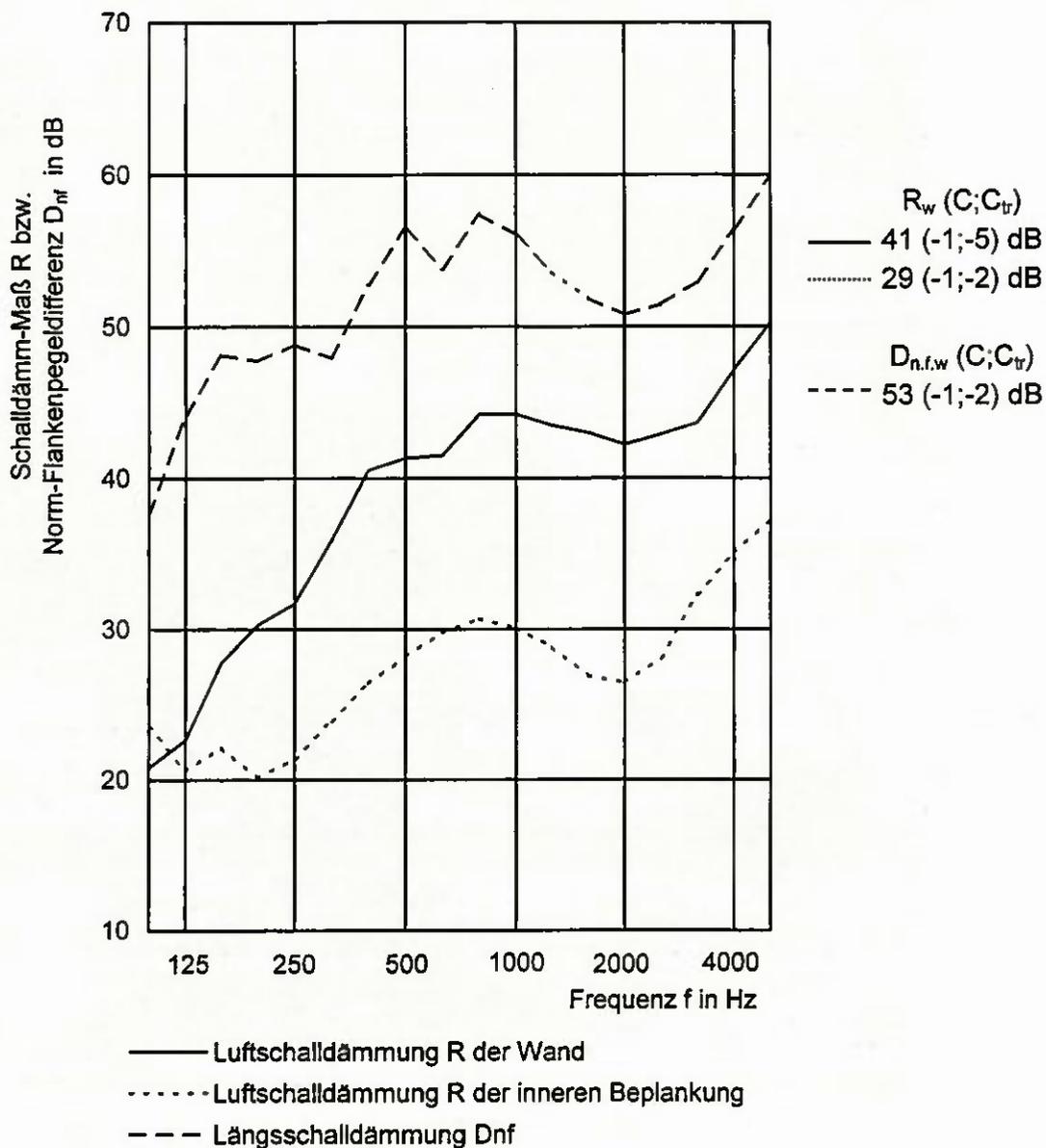


Bild 61

Luftschalldämmung und Längsschalldämmung der Außenwand (Wand 1) und Luftschalldämmung der inneren Beplankung

Institut für Fenstertechnik e.V.
Gewerbegebiet Ost I
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon +49 (8031) 261-0
Telefax +49 (8031) 261-290
e-mail: info@ift-rosenheim.de
<http://www.ift-rosenheim.de>

