



## **Knauf Wände – Schallschutz mit System**

Anforderungen

Empfehlungen

Berechnungsverfahren



## **Knauf Wände – Schallschutz mit System**

*Architekten und Ingenieure haben die Aufgabe, bei der Planung und Errichtung von Gebäuden den entstehenden Schall abzumindern. Es sind Arbeitsräume und Wohnungen zu schaffen, die dem Benutzer und Bewohner die Möglichkeit bieten, bei ausreichender Ruhe zu arbeiten bzw. sich zu entspannen und zu erholen. Die technisch-physikalischen Zusammenhänge der Schalltechnik sind sehr vielseitig und in ihrer Endauswirkung oft schwer durchschaubar. Neben Kenntnis der reinen physikalischen Grundlagen muss eine Vielzahl von Mess- und Beurteilungsverfahren (festgelegt in Normen, Gesetzen und Richtlinien) unterschieden werden, die jeweils für die Teilgebiete der Akustik vorgeschrieben sind.*



Die vorliegende Broschüre wurde in Anlehnung an DIN 4109/ Beiblatt 1 und 2 zu DIN 4109 unter Berücksichtigung neuer schalltechnischer Erkenntnisse der Firma Knauf Gips KG erstellt. Farbig hinterlegte Werte sind Knauf Angaben.

Für schalltechnische Planungen und Nachweise wird im Allgemeinen DIN 4109 in Verbindung mit Beiblatt 1 herangezogen. Die darin enthaltenen Rechenwerte basieren auf Messdaten, deren Ursprung rund 20 Jahre zurückliegt.

In der Zwischenzeit sind nicht nur die Prüfbedingungen (Prüfstände, Messtechnik) verbessert worden, es sind im Zuge der Harmonisierung der nationalen Normen bereits neue europäische Normen erschienen (z.B. DIN EN 20140; DIN EN ISO 140, DIN EN ISO 717, DIN EN 12354).

Die anwendungsrelevanten Eigenschaften (z.B. Schallschutz, Brandschutz) von Bauteilen sind der europäischen Normung folgend vom Systeminhaber (Hersteller) durch entsprechende Nachweise (Konformitätserklärung) zu bestätigen.

**Knauf nimmt diesen Schritt im Hinblick auf künftige europäische Regelungen bereits jetzt vorweg.**

### **Trockenbau ist Leichtbau**

Prinzip des Leichtbaues ist die Auflösung massiver Strukturen in einem nach funktionalen Gesichtspunkten aufgebauten System einzelner Komponenten, die sich zu einem neuen Ganzen zusammenfügen. Dafür gilt: Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile!

Die Gipsplatte hat sich im zurückliegenden Jahrzehnt erheblich weiterentwickelt. Leichtere und im Gefüge und Zusammenwirken mit dem Karton verbesserte Platten ermöglichen Brandschutzkonstruktionen, die älteren - schwereren - Systemen überlegen sind. Eine systemoptimierte - d.h. auf Profil, Platte und Montage abgestimmte - Verschraubung gestattet es, heute Wandhöhen zu erreichen, die früher nicht denkbar schienen.

Diese Veränderungen verliefen Hand in Hand mit fertigungstechnischen Weiterentwicklungen und notwendigen Anpassungen an veränderte Rohstoffbedingungen. Weniger Masse bedeutet auch leichteres Handling auf der Baustelle und

wirtschaftlichere Nutzung von Transportkapazität.

Die Erfüllung der einschlägigen Schallschutzanforderungen wird durch die Verwendung neuer Rechenwerte nicht in Frage sondern auf einer sicheren Grundlage gestellt. Für jede Schallschutzanforderung gibt es eine geeignete Gipsplatten-Konstruktion, die den technischen und wirtschaftlichen Erfordernissen zugleich gerecht wird.

### **Neue Philosophie der Europäischen Normen**

Dezidierte Detailfestlegungen für Produkte (Profile, Dämmstoffe etc.), die Bestandteil von Bauteilen z.B. mit einer bestimmten Schalldämmung sind, wird es künftig nicht mehr geben. Die Komponenten eines Systems werden vom Systemeigner (z.B. Hersteller) ausgewählt und mit den notwendigen Detailangaben versehen. Dies bedeutet: der Hersteller liefert einen Bausatz („Kit“) mit zugesicherten Systemeigenschaften, die die Austauschbarkeit von Komponenten weitgehend ausschließen. Ebenso sind präzise Ausführungshinweise nicht mehr einer Norm, sondern den Hersteller/Systemeigner-Instruktionen zu entnehmen.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Reproduzierbarkeit von Messwerten in Prüfständen bzw. die Notwendigkeit einer statistischen Bewertung von Messwerten unter Angabe eines bestimmten Vertrauensbereiches.

Mit lediglich einer Messung den schalltechnischen Kennwert für ein Bauteil zu gewinnen und damit die Erwartung zu verknüpfen, dass Prognoserechnung und Nachmessung im Gebäude punktgenau übereinstimmen, ist praxisfremd und auch wissenschaftlich nicht haltbar. Dennoch ist dies die bislang übliche Vorgehensweise.

Künftige europäische Normen werden also auch diesem Aspekt durch eine neue Philosophie Rechnung zu tragen haben.

# Schallschutz- Begriffe

## Schalldämm-Maß $R$

Das Schalldämm-Maß kennzeichnet die Luftschalldämmung von Bauteilen.

Durch Anfügen besonderer Kennzeichnungen und Indizes wird das Schalldämm-Maß unterschieden:

Je nachdem, ob der Schall ausschließlich durch das prüfende Bauteil oder auch über etwaige Nebenwege übertragen wird.

Das „**Labor-Schalldämm-Maß**“  $R$  wird verwendet, wenn der Schall ausschließlich durch das prüfende Bauteil übertragen wird, z.B. in einem Prüfstand ohne Flankenübertragung nach DIN 52210 Teil 2/08.84, Abschnitt 3.3.2.

Das „**Bau-Schalldämm-Maß**“  $R'$  wird verwendet bei zusätzlicher Flanken- oder anderer Nebenweg-Übertragung.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen:

- Prüfung in Prüfständen nach DIN 52210 Teil 2/08.84, Abschnitt 3.3.1, mit bauähnlicher Flankenübertragung,
- Prüfungen in ausgeführten Bauten mit der dort vorhandenen Flanken- und Nebenwegübertragung.

## Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$ und $R'_w$

Das bewertete Schalldämm-Maß ist die Einzahl-Angabe zur Kennzeichnung der Luftschalldämmung von Bauteilen. Es beruht auf der Bestimmung des Schalldämm-Maßes mittels Terzfilter-Analyse. Zahlenmäßig ist  $R_w$  und  $R'_w$  der Wert der entsprechend DIN 52210-4/08.84 um ganze dB verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz.

## Labor-Schall-Längsdämm-Maß $R_L$

Das Schall-Längsdämm-Maß ist das auf eine Bezugs-Trennfläche und eine Bezugs-Kantenlänge zwischen flankierendem Bauteil und Trennwand bzw. Trenndecke bezogene Flankendämm-Maß, wenn die Verzweigungsdämmung an der Verbindungsstelle zwischen trennendem und flankierendem Bauteil gering ist (siehe DIN 52217).

## Bewertetes

## Labor-Schall-Längsdämm-Maß $R_{L,w}$

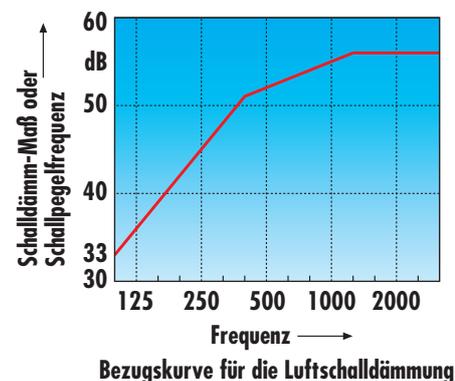
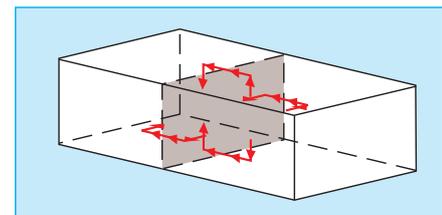
Das bewertete Labor-Schall-Längsdämm-Maß ist die Einzahl-Angabe zur Kennzeichnung der Luftschalldämmung von Bauteilen mit einem Schall-Längsdämm-Maß  $R_L$ , wie vorgeschrieben. Das bewertete Schall-Längsdämm-Maß beruht auf der Bestimmung des Schall-Längsdämm-Maßes mittels Terzfilter-Analyse. Zahlenmäßig ist  $R_{L,w}$  der Wert, der entsprechend DIN 52210 Teil 4 um ganze dB verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz.

## Flankenübertragung

Flankenübertragung ist der Teil der Nebenweg-Übertragung, der ausschließlich über die Bauteile erfolgt, d. h. unter Ausschluss der Übertragung über Undichtheiten, Lüftungsanlagen, Rohrleitungen und ähnliches.

## Bezugskurve

Bezugskurve ist die Festlegung von Bezugswerten der Schalldämm-Maße  $R$  und  $R'$  in Abhängigkeit von der Frequenz (siehe nebenstehendes Bild).



# Anforderungen

## Erforderliche Luftschalldämmung zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich

Auszüge aus Tabelle 3 DIN 4109

Bauteile	Anforderungen erf. $R'_w$ in dB	Bemerkungen
<b>Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen</b>		
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	53	Wohnungstrennwände sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	52	Für Wände mit Türen gilt die Anforderung erf. $R'_w$ (Wand) = erf. $R_w$ (Tür) + 15 dB. Wandbreiten $\leq 30$ cm bleiben dabei unberücksichtigt
Wände neben Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen u.ä.	55	
Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	55	
<b>Beherbergungsstätten</b>		
Wände zwischen - Übernachtungsräumen - Fluren und Übernachtungsräumen	47	
<b>Krankenanstalten, Sanatorien</b>		
Wände zwischen - Krankenräumen - Fluren und Krankenräumen - Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern - Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern - Krankenräumen und Arbeits- und Pflegeräumen	47	
Wände zwischen - Operations- bzw. Behandlungsräumen - Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	42	
Wände zwischen - Räumen der Intensivpflege - Fluren und Räumen der Intensivpflege	37	
<b>Schulen und vergleichbare Unterrichtsbauten</b>		
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen	47	
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	47	
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	52	
Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „besonders lauten“ Räumen (z.B. Sporthallen, Musikräumen, Werkräumen).	55	

# Anforderungen und Vorschläge

## Anforderungen an die Luftschalldämmung von Bauteilen zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen

Auszüge aus Tabelle 5 DIN 4109

Art der Räume	Bewertetes Schalldämm-Maß erf. $R'_w$ in dB	
	Schalldruckpegel $L_{AF} = 75-80 \text{ dB(A)}$	Schalldruckpegel $L_{AF} = 81-85 \text{ dB(A)}$
Räume mit „besonders lauten“ haustechnischen Anlagen od. Anlageteilen	57	62
Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben; Verkaufsstätten	57	62
Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben und dergleichen		55
Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22.00 Uhr in Betrieb		57 *
Gasträume, nur bis 22.00 Uhr in Betrieb		55
Gasträume [maximaler Schalldruckpegel $L_{AF} \leq 85 \text{ dB(A)}$ ], auch nach 22.00 Uhr in Betrieb		62
Räume von Kegelbahnen		67
Gasträume [maximaler Schalldruckpegel $85 \text{ dB(A)} \leq L_{AF} \leq 95 \text{ dB(A)}$ ], z.B. mit elektroakustischen Anlagen		72

\* Handelt es sich um Großküchenanlagen und darüberliegende Wohnungen als schutzbedürftige Räume, gilt erf.  $R'_w = 62 \text{ dB}$

## Vorschläge für erhöhten Schallschutz;

### Luftschalldämmung von Bauteilen zum Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich.

Auszüge aus Tabelle 2 in Beiblatt 2 zu DIN 4109

Bauteile	Vorschläge für erhöhten Schallschutz erf. $R'_w$ in dB	Bemerkungen
<b>Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen</b>		
Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	$\geq 55$	
Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	$\geq 55$	Für Wände mit Türen gilt die Anforderung erf. $R'_w$ (Wand) = erf. $R_w$ (Tür) + 15 dB. Wandbreiten $\leq 30 \text{ cm}$ bleiben dabei unberücksichtigt
<b>Beherbergungsstätten, Krankenanstalten, Sanatorien</b>		
Wände zwischen Übernachtungs- bzw. Krankenräumen	$\geq 52$	
Wände zwischen Fluren und Übernachtungs- bzw. Krankenräumen	$\geq 52$	Das erf. $R'_w$ gilt für die Wand allein.

**Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz;  
Luftschalldämmung von Bauteilen zum Schutz gegen Schallübertragung aus dem eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich.**  
Auszüge aus Tabelle 3 in Beiblatt 2 zu DIN 4109

Bauteile	Empfehlungen für normalen Schallschutz erf. $R'_w$ in dB	Empfehlungen für erhöhten Schallschutz erf. $R'_w$ in dB	Bemerkungen
<b>Wohngebäude</b>			
Wände ohne Türen zwischen „lauten“ und „leisen“ Räumen unterschiedlicher Nutzung, z.B. zwischen Wohn- und Kinderschlafzimmer	40	$\geq 47$	
<b>Büro- und Verwaltungsgebäude</b>			
Wände zwischen Räumen mit üblicher Bürotätigkeit	37	$\geq 42$	Es ist darauf zu achten, dass diese Werte nicht durch Nebengewegübertragung über Flur und Türen verschlechtert werden.
Wände zwischen Fluren und Räumen wie vor	37	$\geq 42$	
Wände von Räumen für konzentrierte geistige Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten, z.B. zwischen Direktions- und Vorzimmer	45	$\geq 52$	
Wände zwischen Fluren und Räumen wie vor	45	$\geq 52$	

**Erläuterungen zu Empfehlungen für den Schallschutz gegen Schallübertragung im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich**

*In besonderen Fällen können wegen unterschiedlicher Nutzung und Schallquellen in einzelnen Räumen oder wegen sonstiger erhöhter Schutzbedürftigkeit auch Schallschutzmaßnahmen im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich wünschenswert sein.*

*Um dem Planer eine Orientierung für schallschutztechnisch sinnvolle Maßnahmen zu geben, werden in Tabelle 3 des Beiblattes 2 der DIN 4109 **Empfehlungen** für einen erhöhten Schallschutz zum Schutz gegen Schallübertragung aus dem **eigenen** Wohn- oder Arbeitsbereich gemacht.*

*Der Schallschutz einzelner oder mehrerer Bauteile nach diesen Empfehlungen muss ausdrücklich zwischen dem Bauherrn und dem Entwurfsverfasser vereinbart werden, wobei hinsichtlich Eignungs- und Gütenachweis auf die Regelungen in DIN 4109 Bezug genommen werden soll.*

*Wird ein Schallschutz nach o.g. Tabelle vereinbart, muss dies bereits bei der Planung berücksichtigt werden. Bei der Ausführung ist auf eine enge Abstimmung der beteiligten Gewerke zu achten.*

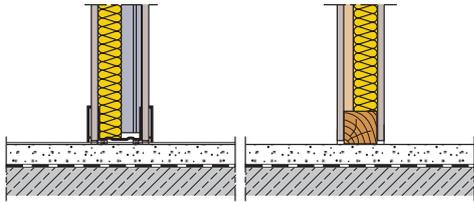
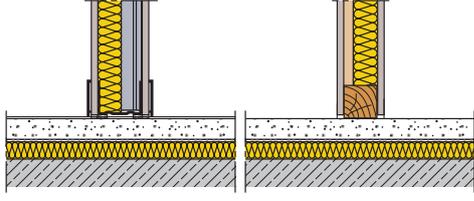
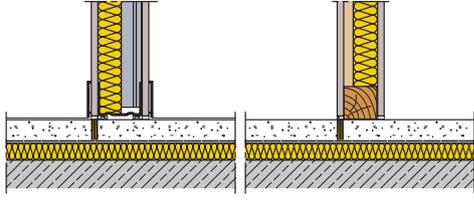
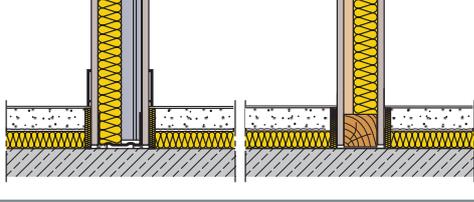
## Flankierende Bauteile

# $R_{L,w,R}$ Boden

### Massivdecken ohne Estrich oder mit Verbundestrich

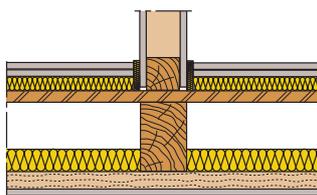
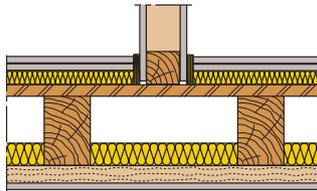
Flächenbezogene Masse inkl. Verbundestrich kg/m <sup>2</sup>	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ dB
100	41
200	51
300	56
350	58
400	60
500	63

### Massivdecken mit Estrich auf Trennlage / schwimmenden Estrich

Ausführungsbeispiele Flächenbezogene Masse der Massivdecke $\geq 300$ kg/m <sup>2</sup>	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB	
	Gips-, Zement-, Anhydrit- oder Magnesiaestrich	Gussasphalt- estrich
Durchlaufender Estrich auf Trennlage 	42 bis 46	48 bis 50
Durchlaufender Estrich auf Mineralwolle/Faserdämmschicht 	38	44
Durchlaufender Estrich mit Trennfuge auf Mineralwolle/Faserdämmschicht 	55	
Estrich durch Trennwandanschluss konstruktiv getrennt 	70	
	Knauf Fertigteilestrich (GK, GF) 55	

### Holzbalkendecken mit Fertigteilstrich

Ausführungsbeispiele Fertigteilstrich	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
<p>Knauf Fertigteilstrich (GK/GF) auf Mineralwolle/Faserdämmschicht</p> <p>durch Trennwand konstruktiv getrennt</p>	65
<p>Trennwand parallel oder rechtwinklig zu Deckenbalken</p>	



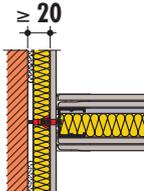
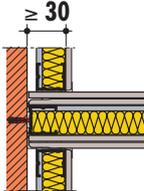
## Flankierende Bauteile

# $R_{L,w,R}$ Wand

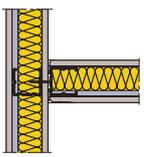
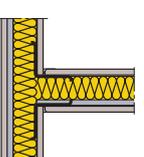
### Flankierende Massivwände

Flächenbezogene Masse kg/m <sup>2</sup>	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
100	43
200	53
300	58
350	60
400	62
500	65

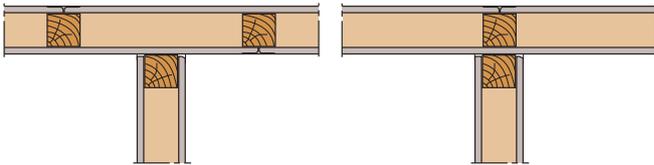
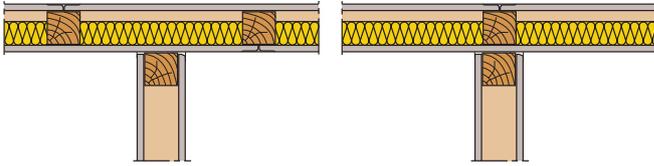
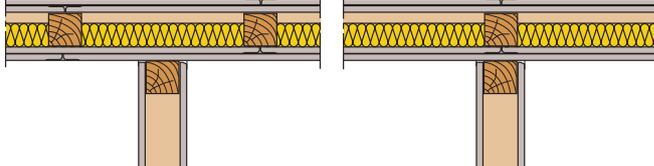
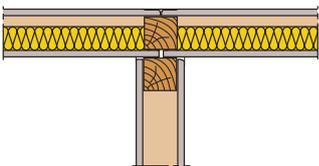
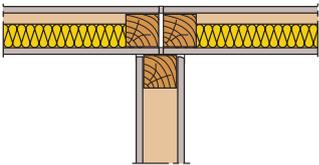
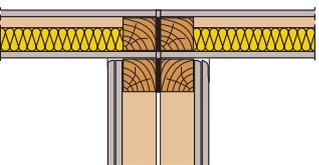
### Flankierende biegesteife Wände mit biegeweicher Vorsatzschale (DIN 18181/18183), weitere Angaben W61, W62

Ausführungsbeispiele	Flächenbezogene Masse der biegesteifen Wand kg/m <sup>2</sup>	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
Angesetzte durchgehende Wandbekleidung mit Verbundplatten MW 	100	53
	200	57
	250	57
	300	58
	400	58
Freistehende Vorsatzschale mit Hohlraum $\geq 30$ mm 	100	63
	200	70
	250	71
	300	72
	400	73

### Flankierende Metallständerwände nach DIN 18183 z.B. W111, W112

Ausführungsbeispiele	Beplankung der Innenseite der flankierenden Wand mm	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
Durchlaufende Beplankung der flankierenden Wand 	ohne Fuge $\geq 1 \times 12,5$	53
	$\geq 2 \times 12,5$	54
raumseitige Beplankung der flankierenden Wand mit Fuge. 	mit Fuge $\geq 1 \times 12,5$	55
	$\geq 2 \times 12,5$	57
Konstruktion und Beplankung der flankierenden Wand getrennt. 	1 x 12,5	73
	2 x 12,5	> 75

Flankierende Holzständerwände z.B. W121, W122

Ausführungsbeispiele	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
ohne Dämmstoff im Gefach Bepankung einlagig	48
	
mit Dämmstoff im Gefach Bepankung einlagig	50
	
Bepankung durchgehend zweilagig	54
	
raumseitige Bepankung im Anschlussbereich unterbrochen	54
	
Flankierende Wand im Anschlussbereich unterbrochen Fuge elasto-plastisch schließen	54
	
Flankierende Wand im Anschlussbereich unterbrochen Fuge mit Dämmstoff füllen und elasto-plastisch schließen	62
	

## Flankierende Bauteile

# $R_{L,w,R}$ Decke

Unterdecken mit Knauf Platten, Schallschutz in Anlehnung an DIN 4109 Beiblatt 1 + 2

Ausführungsbeispiele Unterdecken mit geschlossener Fläche Abhängehöhe 400 mm	Bepankung	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB			
		ohne Mineralwolleauflage	bei vollflächiger Mineralwolleauflage		
			$\geq 40$ mm	$\geq 80$ mm	
Trennwandanschluss an Unterdecke, Decklage durchlaufend	einlagig $\geq 12,5$ mm	46	47	48	
	zweilagig $\geq 2 \times 12,5$ mm	53	54	54	
Trennwandanschluss an Unterdecke, Decklage getrennt	einlagig $\geq 12,5$ mm	48	52	54	
	zweilagig $\geq 2 \times 12,5$ mm	55	57	57	
Trennwandanschluss an Unterdecke Decklage getrennt mit Absorberschott *) $\geq 400$ mm	einlagig $\geq 12,5$ mm	60			
Trennwandanschluss an Massivdecke mit Trennung der Unterdecke in Decklage und Konstruktion	zweilagig $\geq 2 \times 12,5$ mm	55	63		
Abschottung des Deckenhohlraums durch ein Plattenschott	einlagig $\geq 12,5$ mm	65			
Trennwandanschluss an Massivdecke (Die bis zu Massivdecke hochgezogene Bepankung wirkt als Abschottung des Deckenhohlraumes)	einlagig $\geq 12,5$ mm	65			

\*) Absorberschott aus Mineralwolle nach DIN EN 13162, längenbezogener Strömungswiderstand:  $r \geq 8 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$

Bei einer größeren Abhängehöhe als 400 mm sind die Werte um 1 dB abzumindern.

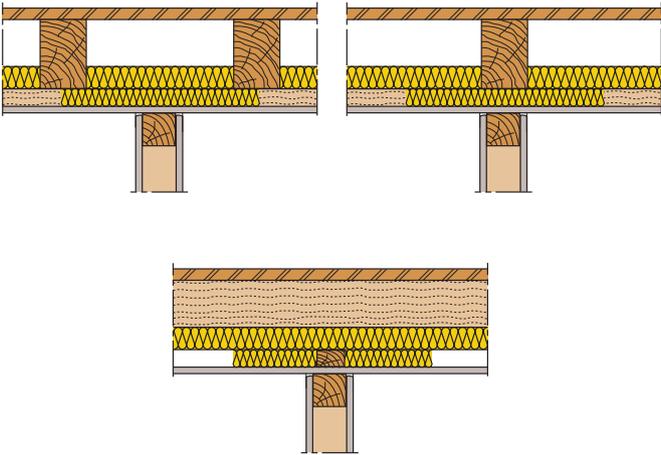
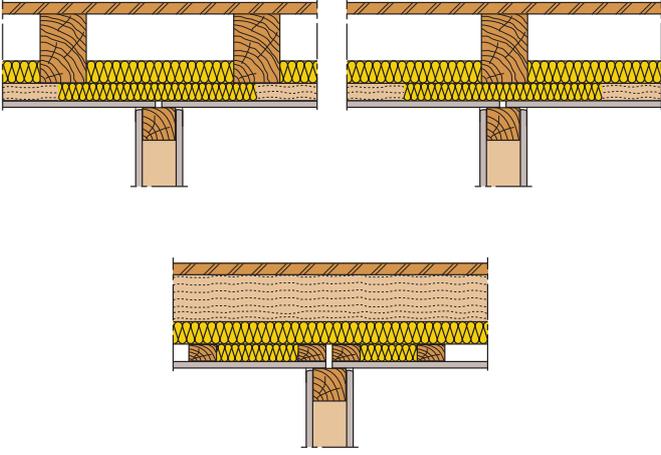
# Flankierende Bauteile

# $R_{L,w,R}$ Decke

## Decken aus massiven Bauteilen

Flächenbezogene Masse in kg/m <sup>2</sup>	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
100	41
200	51
300	56
350	58
400	60
500	63

## Holzbalkendecken

Ausführungsbeispiele	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB
<p>Deckenbekleidung durchlaufend</p> <p>Beklankung <math>\geq 12,5</math> mm</p> <p>Mineralwolleauflage <math>\geq 50</math> mm</p> <p>Trennwand parallel oder rechtwinklig zu Deckenbalken</p> 	48
<p>Deckenbekleidung im Anschlussbereich der Trennwand unterbrochen</p> <p>Beklankung <math>\geq 12,5</math> mm</p> <p>Mineralwolleauflage <math>\geq 50</math> mm</p> <p>Trennwand parallel oder rechtwinklig zu Deckenbalken</p> 	51

## Flankierende Bauteile

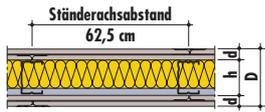
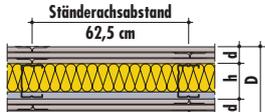
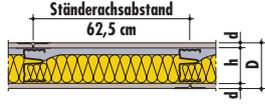
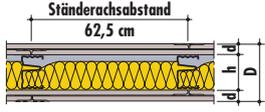
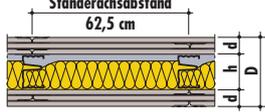
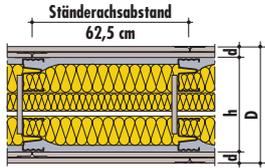
# $R_{L,w,R}$ Dachgeschoss

### Dachkonstruktion

Ausführungsbeispiele	Bepunktung in mm	Bewertete Schall-Längsdämm-Maße $R_{L,w,R}$ in dB bei vollflächiger Mineralwolleauflage $\geq 100$ mm
Decklage durchlaufend	ohne Fuge $\geq 1 \times 12,5$ $\geq 2 \times 12,5$	53 54
Decklage im Anschlussbereich der Trennwand durch Fuge getrennt	mit Fuge $\geq 1 \times 12,5$ $\geq 2 \times 12,5$	55 57
Decklage im Anschlussbereich der Trennwand durch Fuge getrennt	zweilagig beplankt $2 \times 20$ mm oder $25 + 18$ mm	60
Abschottung im Deckenhohlraum	mind. einlagig beplankt $\geq 12,5$ mm	$\geq 65$
mit oberseitiger Abdeckung aus Hobeldielen oder Holzwerkstoffplatten		
ohne oberseitiger Abdeckung		

# $R_{w,R}$ Metallständerwände

Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße  $R_{w,R}$ 

System	Technische Daten Maße in mm			Schallschutz Dämmschicht <sup>2)</sup>		Nachweis
	D	Profil h	Beplankung Art/Dicke d	Neendicke mm	$R_{w,R}$ <sup>1)</sup> dB	
<b>W152 Diamant-Wand – Einfachständerwerk zweilagig beplankt</b> 	100	CW50	Diamant 2 x 12,5	40	55/57*	Knauf Prüfbericht 002/2002
	125	CW75		60	57/59*	
	150	CW100		80	58/60*	
<b>W153 Diamant-Wand – Einfachständerwerk dreilagig beplankt</b> 	125	CW50	Diamant 3 x 12,5	40	58/60*	Knauf Prüfbericht 002/2002
	150	CW75		60	60/62*	
	175	CW100		80	61/63*	
<b>W141 Schallschutzwand – Einfachständerwerk MW einlagig beplankt</b> 	100	MW75	GKB oder GKF	60	44	Knauf Prüfbericht Wände 10
	125	MW100	12,5	80	45	
	100	MW75	KNAUF Piano	60	48	Knauf Prüfbericht Wände 11
	125	MW100	Schallschutzplatten	80	50	
	125	MW100	Diamant 12,5	80	52	Knauf Prüfbericht Wände 15
	<b>W142 Schallschutzwand – Einfachständerwerk MW zweilagig beplankt</b> 	125	MW75	GKB oder GKF	60	53
150		MW100	2 x 12,5	80	54	
125		MW75	KNAUF Piano	60	56	Knauf Prüfbericht Wände 11
150		MW100	Schallschutzplatten	80	58	
125		MW75	Diamant 2 x 12,5	60	60/61*	Knauf Prüfbericht Wände 15
150		MW100	80	62/63*		
<b>W143 Schallschutzwand – Einfachständerwerk MW dreilagig beplankt</b> 	150	MW75	GKB oder GKF	60	56	Knauf Prüfbericht Wände 10
	175	MW100	3 x 12,5	80	57	
	150	MW75	KNAUF Piano	60	58	Knauf Prüfbericht Wände 11
175	MW100	Schallschutzplatten	80	60		
<b>W145 Diva Schallschutzwand</b> 	250	2x MW75	KNAUF Piano	2 x 60 + 40 oder 2 x 80	65	Knauf Prüfbericht Wände 15
	300	2x MW100	Schallschutzplatten 2 x 12,5			
	325	2x MW100	KNAUF Piano Schallschutz-			
	375	2x MW100	platte 12,5 + Massivbauplatte 25			
	400	2x MW100	KNAUF Piano Schallschutz-			
			platte 12,5 + Massivbauplatte 25 + Knauf Piano Schallschutzplatte 12,5	73		

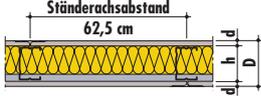
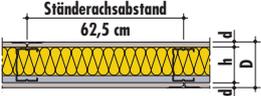
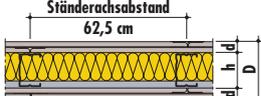
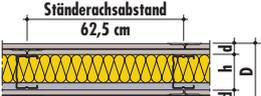
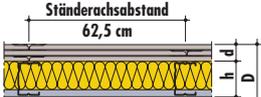
Legende siehe Seite 18

\*obere Plattenlage geklammert

Trennende Bauteile

# R<sub>w,R</sub> Metallständerwände

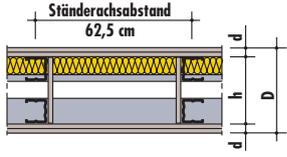
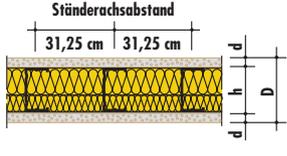
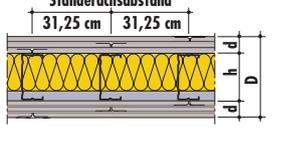
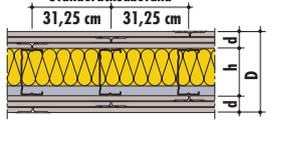
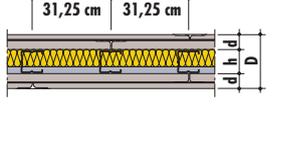
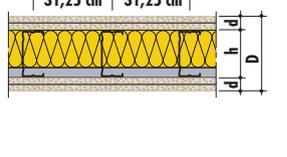
Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße R<sub>w,R</sub>

System	Technische Daten			Schallschutz		Nachweis
	Maße in mm			Dämmschicht <sup>2)</sup>	R <sub>w,R</sub> <sup>1)</sup>	
	D	Profil h	Beplankung Art/Dicke d	Nennstärke mm	R <sub>w,R</sub> <sup>1)</sup> dB	
<b>W111 Metallständerwand – Einfachständerwerk einlagig beplankt</b> 	75	CW50	GKB oder GKF 12,5	40	41	Knauf Prüfbericht Wände 001
	100	CW75		60	43	
	125	CW100		80	44	
<b>W111 Metallständerwand – Einfachständerwerk einlagig beplankt</b> 	75	CW50	KNAUF Piano Schallschutzplatten 12,5	40	45	Knauf Prüfbericht Wände 005
	100	CW75		60	47	
	125	CW100		80	48	
<b>W112 Metallständerwand – Einfachständerwerk zweilagig beplankt</b> 	100	CW50	GKB oder GKF 2 x 12,5	40	50	Knauf Prüfbericht Wände 001
	125	CW75		60	52	
	150	CW100		80	53	
<b>W112 Metallständerwand – Einfachständerwerk zweilagig beplankt</b> 	100	CW50	KNAUF Piano Schallschutzplatten 2 x 12,5	40	53	Knauf Prüfbericht Wände 005
	125	CW75		60	55	
	150	CW100		80	56	
<b>W113 Metallständerwand – Einfachständerwerk dreilagig beplankt</b> 	125	CW50	GKB oder GKF 3 x 12,5	40	51	Knauf Prüfbericht Wände 007
	150	CW75		60	53	
	175	CW100		80	55	
<b>W115 Metallständerwand – Doppelständerwerk zweilagig beplankt</b> 	155	105	GKB oder GKF 2 x 12,5	2x40	59	Knauf Prüfbericht Wände 006
	205	155		2x60	61	
	255	205		2x80	63	
	155	105	KNAUF Piano Schallschutzplatten 2 x 12,5	2x40	63	Knauf Prüfbericht Wände 008
	205	155		2x60	65	
	255	205		2x80	67	

Legende siehe Seite 18

# $R_{w,R}$ Metallständerwände

Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße  $R_{w,R}$ 

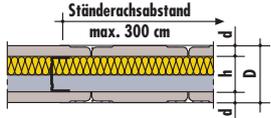
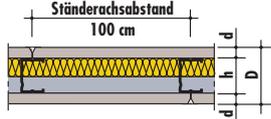
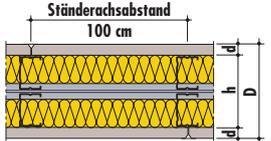
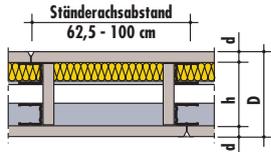
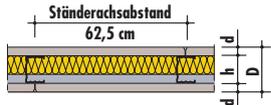
System	Technische Daten			Schallschutz		Nachweis
	Maße in mm	Profilm	Beplankung	Dämmschicht <sup>2)</sup>	$R_{w,R}$ <sup>1)</sup>	
	D	h	Art/Dicke d	Nennstärke mm	$R_{w,R}$ dB	
<b>W116 Installationswand – Doppelständerwerk zweilagig beplankt</b> 	$\geq 220$	$\geq 170$	GKB oder GKF 2 x 12,5	40	52	Knauf Prüfbericht Wände 013
<b>K234 Fireboard-Wand A1 – Einfachständerwerk einlagig beplankt</b> 	140	CW100	Fireboard 20	40 + 60	47	Knauf Prüfbericht Wände 014
<b>W118 Sicherheitswand – Einfachständerwerk dreilagig beplankt + Stahlblecheinlagen</b> 	177	CW100	GKF 3 x 12,5 + 2x0,5 mm Stahlblecheinlage	80	55	Knauf Prüfbericht Wände 009
<b>W131 Brandwand – Einfachständerwerk dreilagig beplankt + Stahlblecheinlage</b> 	126 151 176	CW50 CW75 CW100	GKF 3 x 12,5 + 0,5 mm Stahlblecheinlage	40	55	Knauf Prüfbericht 009/2003
<b>W131 Brandwand – Einfachständerwerk zweilagig beplankt + Stahlblecheinlage</b> 	116 141 166	CW50 CW75 CW100	GKF 20 + 12,5 + 0,5 mm Stahlblecheinlage	40	55	Knauf Prüfbericht 009/2003
<b>W132 Brandwand A1 – Einfachständerwerk zweilagig beplankt + Stahlblecheinlage</b> 	161	CW100	Fireboard 2 x 15 + 0,5 mm Stahlblecheinlage	80	55	Knauf Prüfbericht 009/2003

Legende siehe Seite 18

Trennende Bauteile

# R<sub>w,R</sub> Metallständerwände

Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße R<sub>w,R</sub>

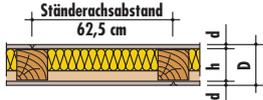
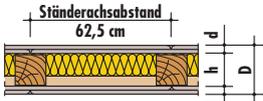
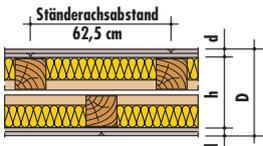
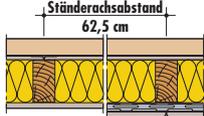
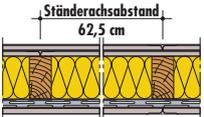
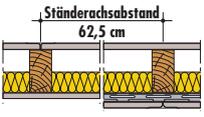
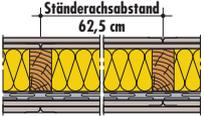
System	Technische Daten			Schallschutz		Nachweis
	Maße in mm	Profil	Beplankung	Dämmschicht <sup>2)</sup>	R <sub>w,R</sub> <sup>1)</sup>	
	D	h	Art/Dicke d	Nennstärke mm	dB	
<b>W352 Massivbau-Riegelwand</b> 	90/100	CW50				Knauf Prüfbericht 003/2002
	100/110	CW60	Knauf Massivbauplatte	ohne	40	
	115/125	CW75	GKF 20/25	40	45	
	140/150	CW100				
<b>W353 Wohnbau-Ständerwand</b> 	90/100	CW50				Knauf Prüfbericht 003/2002
	100/110	CW60	Knauf Massivbauplatte	ohne	40	
	115/125	CW75	GKF 20/25	40	45	
	140/150	CW100				
<b>W355 Wohnbau-Doppelständerwand</b> 	145/155	105		2x40	53	Knauf Prüfbericht 003/2002
	165/175	125	Knauf Massivbauplatte	2x60	55	
	195/205	155	GKF 20/25	2x80	56	
	245/255	205				
<b>W356 Wohnbau-Installationswand</b> 	≥220	≥170	Knauf Massivbauplatte GKF 20/25	40	51	Knauf Prüfbericht 003/2002
<b>K325 Paneelplatten-Metallständerwand</b> 	100	CW60	Knauf Paneelplatte GKF 20	40 60	40	Knauf Prüfbericht SW 96111

<sup>1)</sup> R<sub>w,R</sub> = Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes des trennenden Bauteils gem. DIN 4109, ohne Längsleitung über flankierende Bauteile

<sup>2)</sup> Dämmschicht nach DIN EN 13162; längenbezogener Strömungswiderstand nach DIN EN 29053: r ≥ 5 kPa · s/m<sup>2</sup>

# $R_{w,R}$ Holzständerwände

Rechenwerte der bewerteten Schalldämm-Maße  $R_{w,R}$ 

System	Technische Daten			Schallschutz		Nachweis	
	Maße in mm Holzständer D	h	Beklankung Art/Dicke d	Dämmschicht <sup>2)</sup> Nenndicke mm	$R_{w,R}$ <sup>1)</sup> dB		
<b>W121 Holzständerwand – einlagig beplankt</b> 	85	60	GKB oder GKF	12,5 40	37	Knauf Prüfbericht SW00086	
	105	80					
	85	60	<b>KNAUF Piano Schallschutzplatten</b>				39
<b>W122 Holzständerwand – zweilagig beplankt</b> 	110	60	GKB oder GKF	2 x 12,5 60	41	Knauf Prüfbericht SW00086	
	130	80					
	110	60	<b>KNAUF Piano Schallschutzplatten/Diamant</b>				43 <sup>3)</sup>
<b>W125 Holzständerwand – zweilagig beplankt</b> 	175	125	GKB oder GKF	2 x 12,5 2 x 40	59	Knauf Prüfbericht SW00086	
	215	165					
	175	125					<b>KNAUF Piano Schallschutzplatten/Diamant</b>
<b>W551 Holztafelbau-Außenwand<sup>4)</sup></b> 	190,5	≥ 160	<b>Diamant</b> oder GKF/GKFI	12,5 (außen)	≥ 160	41	Knauf Untersuchungs- bericht-Nr. L 004-08.07
	(mit Federschien)	217,5	≥ 160	18 (innen)	≥ 160		
<b>W553 Holztafelbau-Gebäudeabschlusswand (mit Federschiene)</b> 	171	≥ 90	GKF GKFI	2 x 18 (außen)	≥ 60	52	Prüfbericht Nr. P-BA 169/1999
				Gesamtkonstruktion 2 Gebäudeabschlusswände			
<b>W553 Holztafelbau-Gebäudeabschlusswand plus</b> 	130	≥ 85	Diamant	2x15 (außen) 15 (innen)	≥ 65	65	iff Rosenheim 17230264/V03
	145			2x15 (außen) 2x15 (innen)	≥ 69		
<b>W555 Holztafelbau-Innenwand</b> 	137	≥ 80	<b>Diamant</b>	15	≥ 60	≥ 53	Knauf Untersuchungs- bericht Nr. SW 02087
<b>W557 Holztafelbau-Wohnungstrennwand</b> 	189	≥ 90	Diamant	2 x 15	≥ 60	≥ 60	Knauf Untersuchungs- bericht Nr. SW 02087

<sup>3)</sup> Diamant: Platte in Platte geklammert – 47 dB

<sup>4)</sup> Der Wetterschutz kann einen positiven Einfluß auf den Schallschutz haben.

Mit den neuen Schalldämmmaßen lassen sich nach wie vor die Anforderungen der DIN 4109, auch die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz und für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich (Beiblatt 2 zu DIN 4109) erfüllen.

Für die im Bauwerk zu erreichende Schalldämmung kommt es nicht allein auf das Schalldurchgangsmaß des trennenden Bauteils – z.B. der Wand – an, sondern ebenso auf das Schalllängsdämmmaß der flankierenden Bauteile. Dies ist keine neue Erkenntnis. Dennoch wird dieser Zusammenhang in der Praxis nur zu oft außer Acht gelassen.

Wer allein die Schalldämmung im Bauwerk vom Einzahlwert des trennenden Bauteils abhängig macht, wird stets zu einem unzureichenden Ergebnis kommen, wenn die Schalllängsdämmung der flankierenden Bauteile die Grenze des Erreichbaren bestimmt. Allein ein Schwachpunkt in der Schalldämmung der flankierenden Bauteile (z.B. durchgehende Estrichplatte; leichte Fassadenelemente; Mauerwerk aus Lochsteinen) setzt das resultierende Schalldämmmaß so weit herab, dass Unterschiede im Schalldämmmaß des trennenden Bauteils unerheblich werden.

Verantwortungsvolle Planung beginnt damit, sich zuerst über das Schalldämmmaß der flankierenden Bauteile Klarheit zu verschaffen und in diesem Bereich die für die angestrebte resultierende Schalllängsdämmung notwendigen Voraussetzungen im Gebäude zu schaffen. Die geeignete Trennwand ist dann dementsprechend auszuwählen.

#### Erforderliche Schalldämmung $R_{w,R}$ von Trennwänden zur Erfüllung der Anforderungen/ Empfehlungen $R'$

##### Bauteil "Wände"

- zwischen Räumen der Intensivpflege (A)
- zwischen Fluren und Räumen der Intensivpflege (A)
- zwischen Räumen mit üblicher Bürotätigkeit (En)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (En)
- zwischen "lauten" und "leisen" Räumen, z.B. Wohn- und Kinderschlafzimmer (En)
- zwischen Operations- und Behandlungsräumen (A)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (A)
- zwischen Räumen mit üblicher Bürotätigkeit (Ee)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (Ee)
- von Räumen für konzentrierte geistige Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten, z.B. zwischen Direktions- und Vorzimmer (En)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (En)
- zwischen Unterrichts-, Übernachtungs- oder Krankenzimmern, Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern (A)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (A)
- zwischen Kranken- und Arbeits- bzw. Behandlungsräumen (A)
- zwischen "lauten" und "leisen" Räumen, z.B. Wohn- und Kinderschlafzimmer (Ee)
- Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren (A)
- zwischen Unterrichts- und Treppenhäusern (A)
- zwischen Übernachtungs- bzw. Krankenzimmern (V)
- zwischen Fluren und Übernachtungs- und Krankenzimmern (V)
- von Räumen für konzentrierte geistige Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten, z.B. zwischen Direktions- und Vorzimmer (Ee)
- zwischen Fluren und Räumen wie vor (Ee)
- Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen (A)
- zwischen Unterrichts- und Musikräumen (A)
- von Spiel- oder Gemeinschaftsräumen (A)
- von Küchenräumen von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten (A)
- von Gasträumen bis 22 Uhr in Betrieb (A)
- Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen (V)
- Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren (V)
- Haustrennwände (A)
- Räume mit "besonders lauten" haustechnischen Anlagen (A)
- Betriebsräume von Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten (A)

A = Anforderung (DIN 4109, Tab. 3 + 5)

V = Vorschläge für erhöhten Schallschutz aus fremdem Bereich (Tab.2 Beibl.2, DIN 4109)

En = Empfehlungen für normalen Schallschutz aus eigenem Bereich (Tab.3 Beibl.2, DIN 4109)

Ee = Empfehlungen für erhöhten Schallschutz aus eigenem Bereich (Tab.3 Beibl.2, DIN 4109)

# Prognosewerte für die resultierende Schalldämmung $R'_{w,R}$

$R_w$  nach DIN 4109

DIN 4109 erf. $R'_w$ in dB	Resultierende Schall-Längsdämm-Maße aller 4 flankierenden Bauteile $R'_{L,w,R}$ in dB										
	65	60	57	55	53	52	50	47	45	42	40
37	37	37	37	38	38	38	38	38	38	39	40
40	40	40	41	41	41	41	41	41	41	42	45
42	42	43	43	43	43	43	43	44	45		
45	45	46	46	46	46	46	47	50			
47	48	48	48	48	49	49	50				
52	53	53	54	55	59						
53	54	54	56	59							
55	56	57	60								
57	58	60									

Höhere Anforderungen können nur mit verbesserten  $R'_{L,w,R}$  Werten erreicht werden

Trennwand  $R_{w,R}$  in dB

- = Geringe Schallschutz-Anforderungen  $R'_w$  bis 42 dB  $\Rightarrow$  erforderliche  $R_{w,R}$  Werte bis 45 dB
- = Mittlere Schallschutz-Anforderungen  $R'_w$  bis 47 dB  $\Rightarrow$  erforderliche  $R_{w,R}$  Werte bis 50 dB
- = Hohe Schallschutz-Anforderungen  $R'_w$  bis 57 dB  $\Rightarrow$  erforderliche  $R_{w,R}$  Werte bis 60 dB

## Prognosewerte

Der Zusammenhang zwischen dem Schalldämmmaß (Laborwert  $R_{w,R}$ ) und der Gesamtschalldämmung  $R'_{w,R}$ , die im Bauwerk – also unter Einbeziehung aller flankierenden Bauteile – erreicht wird, ist nebenstehend in Form einer Übersicht wiedergegeben.

Die Bewertung der Flanken anhand der resultierenden Schalllängsdämmung mit „ungünstig“, „normal“ usw. ist willkürlich gewählt und soll die Grenzen der erreichbaren Gesamtschalldämmung verdeutlichen.

Zwischenwerte zwischen den um jeweils 5 dB abgestuften Werten der resultierenden Schalllängsdämmung können näherungsweise durch lineare Interpolation bestimmt werden.

Die Tabellenwerte sollen in erster Linie die Auswahl geeigneter trennender Bauteile (z.B. Metallständerwände) in Abhängigkeit von den flankierenden Bauteilen erleichtern.

Wenn ein bestimmter Schallschutz im Bauwerk – z.B. 47 dB für bestimmte Bereiche in Hotels und Krankenhäusern – verlangt wird, so ist dieser Wert überhaupt nur erreichbar, wenn die resultierende Schalldämmung der Flanken mindestens 50-dB gem. nebenstehender Tabelle (rechnerisch > 47 dB) beträgt.

Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, kann das trennende Bauteil so gut sein wie es will, die angestrebte Gesamtschalldämmung von 47 dB bleibt unerreichbar! Bei nur 45 dB für die resultierende Schalllängsdämmung sind auch mit einer Wand, deren Schalldämmmaß  $R_{w,R} = 65$  dB beträgt, nicht mehr als 45 dB im Bauwerk zu realisieren.

## Beispiel

Der Zusammenhang von flankierenden Bauteilen und trennendem Bauteil sei anhand eines Beispiels verdeutlicht, für die ein vereinfachtes iteratives Rechenverfahren verwendet wurde, das mit hinreichender Genauigkeit mit der exakten nebenstehenden Gleichung übereinstimmt und rechentechnisch ohne jedes Hilfsmittel zu bewältigen ist. Dieses Rechenschema ist hervorragend geeignet, um im Schnellverfahren die für den Schallschutz relevanten Bauteile (vier flankierende Bauteile und ein trennendes Bauteil) hinsichtlich der erreichbaren Gesamtschalldämmung zu überprüfen und Schwachstellen aufzuspüren.

Betragen die Werte für das Schalllängsdämmmaß

- 60 dB für den Deckenanschluss (Trennwandanschluss an Massivdecke mit beidseitiger Deckenbekleidung gem. Seite 12 oder Massivdecke mit 400 kg/m<sup>2</sup> gem. Seite 13)
- Estrich auf Mineralwolle/Faserdämmstoff durch Trennwandanschluss konstruktiv trennen (gem. Seite 8), so erhält man Schalllängsdämmmaß von 70 dB
- 55 dB für Wandanschluss 1 (flankierende Wand – einlagige Beplankung mit Fuge, z.B. W111, gem. Seite 10) und
- 58 dB für Wandanschluss 2 (flankierende Massivwand mit ca. 300 kg/m<sup>2</sup> gem. Seite 10)

Die Zahlen belegen in eindrucksvoller Weise die dominierende Rolle der flankierenden Bauteile für die erreichbare Gesamtschalldämmung. Das Schalldämmmaß des trennenden Bauteils zu erhöhen ist nur dann sinnvoll und wird mit einer angemessenen Verbesserung der Gesamtschalldämmung honoriert, wenn die Schalllängsdämmung aller flankierenden Bauteile auf ausreichend hohem Niveau liegt.

## Knauf Schallschutz

# Damit kann man rechnen

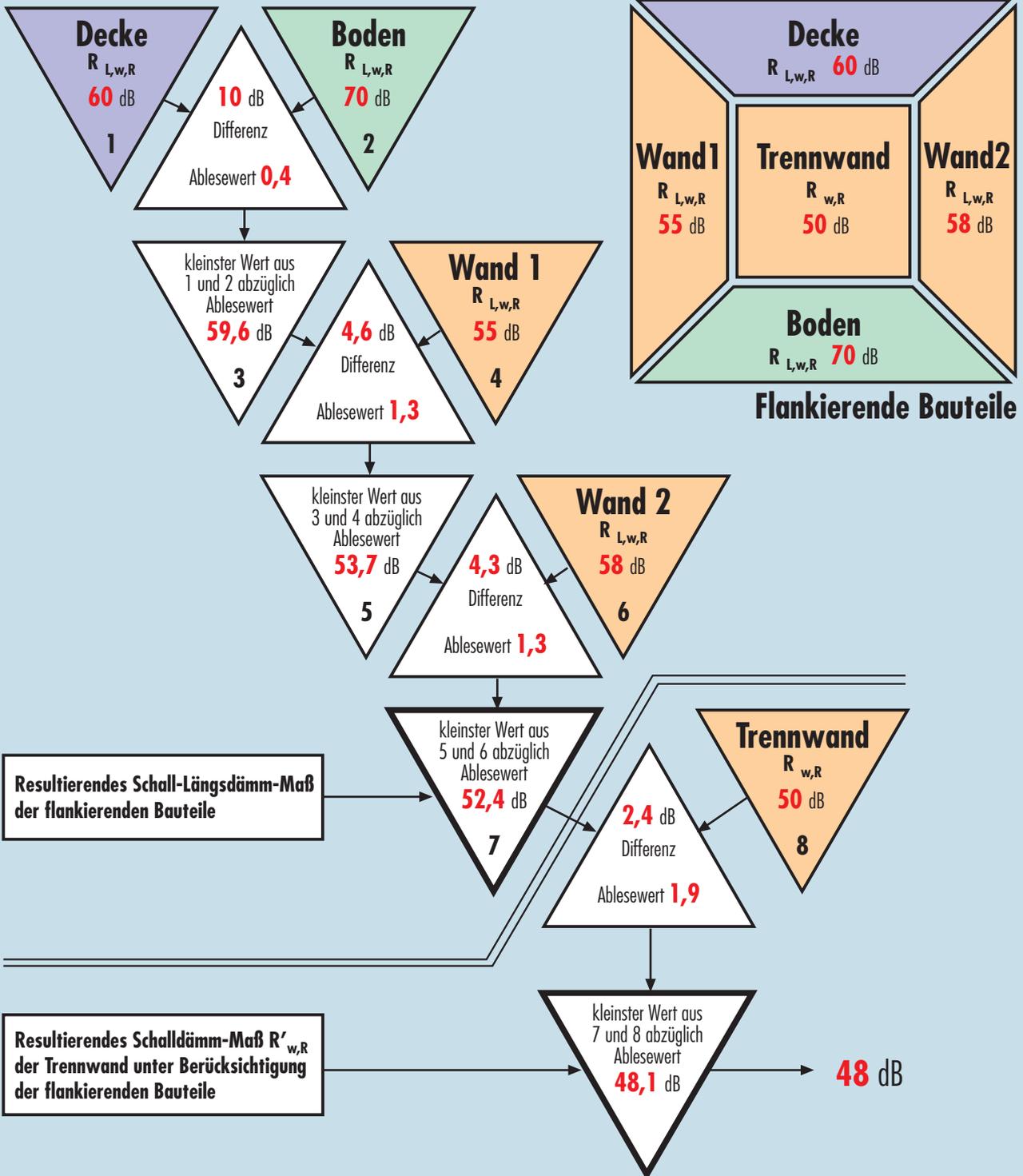


### Vereinfachter Nachweis

Auf eine genaue Berechnung kann verzichtet werden, wenn der Rechenwert des bewerteten Schalldämmmaßes  $R_{w,R}$  ohne Flankenübertragung für das trennende Bauteil und die Rechenwerte der vier bewerteten Schalllängsdämmmaße der flankierenden Bauteile  $R_{L,w,R,i}$  um mindestens 5 dB höher liegen als die erforderliche oder gewünschte Schalldämmung (erf.  $R'_{w}$ ) zwischen den Räumen.

$$R'_{w,R} = -10 \lg \left( 10^{\frac{-R_{w,R}}{10}} + \sum_{i=1}^n 10^{\frac{-R'_{L,w,R,i}}{10}} \right) \text{ dB}$$

# Rechenbeispiel

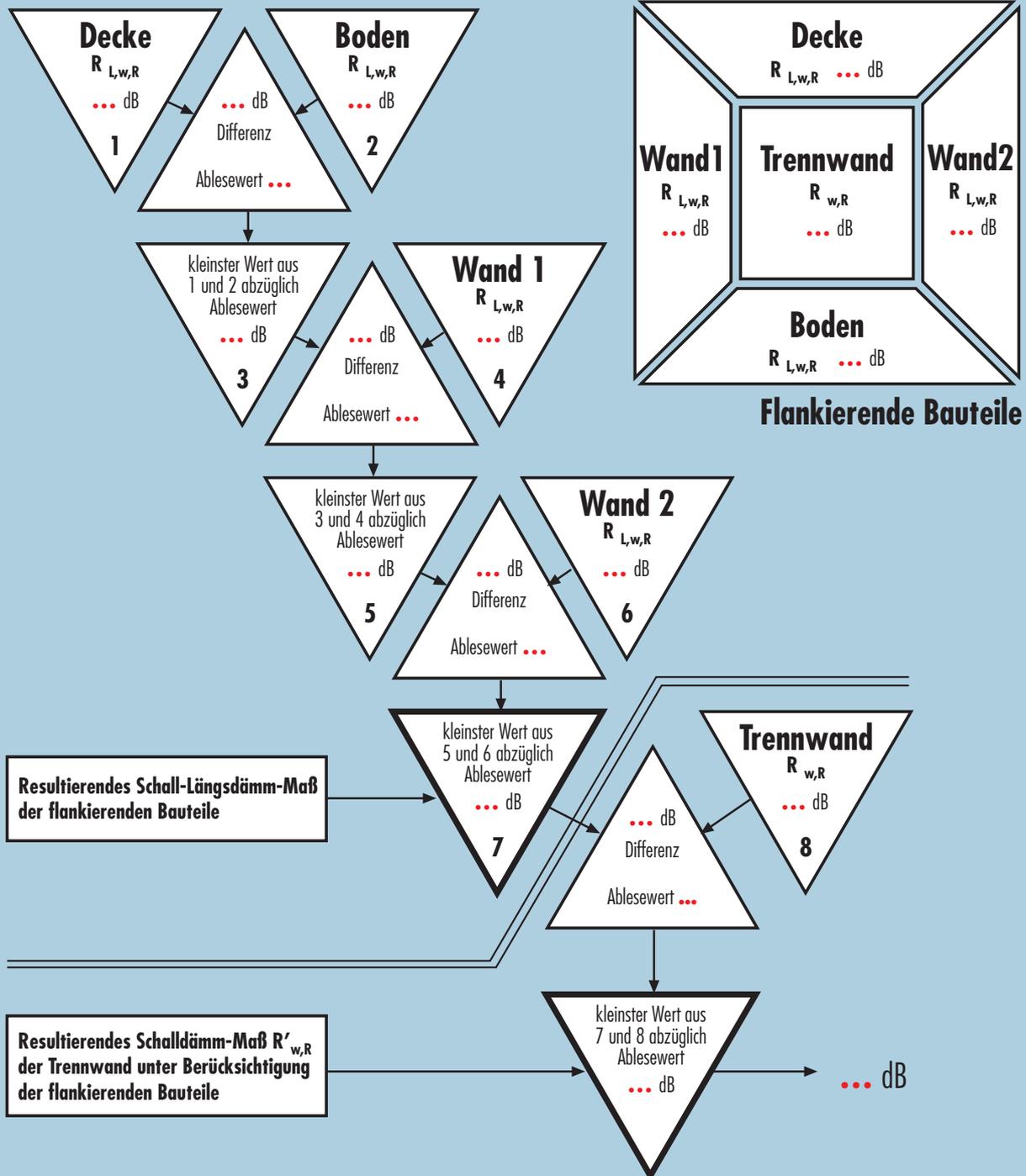


Differenz

0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15 - 19,5	≥20
3,0	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0

Ablesewerte

# Kopiervorlage



Differenz

0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15-19,5	≥20
3,0	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0

Ablesewerte

**Knauf Direkt**

Techn. Auskunft-Service:

▶ **Tel: 09001 31-1000\***

▶ **Fax: 01805 31-4000\*\***

▶ **www.knauf.de**

\* Ein Anruf bei Knauf Direkt wird mit 0,39 €/Min. berechnet. Anrufer, die nicht mit Telefonnummer in der Knauf Gips KG Adressdatenbank hinterlegt sind, z.B. private Bauherren oder Nicht-Kunden, zahlen 1,69 €/Min. aus dem deutschen Festnetz. Mobilanrufer 1,48 €/Min.

\*\* 0,14 €/Min.