

# KALKSANDSTEIN Schallschutz

1.	Schallschutz zwischen Wunsch und Wirklichkeit	
	1.1 Was erwarten die Bewohner?	3
	1.2 Der eigene Wohnbereich	3
	1.3 Gibt es objektive Kriterien?	
2.	Anforderungen an den baulichen Schallschutz	5
	2.1 Regelwerke für den Schallschutz	
	2.2 Zahlenmäßige Festlegungen des Schallschutzes	
	2.3 Schallschutz und Rechtsprechung	
	2.4 Umsetzung von Anforderungen	
	2.5 Was kostet der Schallschutz?	
3.	Schalltechnische Grundlagen	
	3.1 Grundbegriffe	
	3.2 Schalldämmung und Schallschutz	
4.	DIN 4109 im Wandel	12
	4.1 Aktuelle Normungssituation	12
	4.2 Struktur und Inhalte der neuen DIN 4109	
	4.3 Neues Anforderungskonzept	
5.	Die europäische Normung: Ursachen und Wirkungen	15
	5.1 Von der europäischen Normung zu einer neuen DIN 4109	15
	5.2 Neue Berechnungsverfahren	15
	5.3 Das CEN-Rechenmodell	
	5.4 Im Brennpunkt: die flankierende Übertragung	
	5.5 Konsequenzen für die Planung	
	5.6 Handlungsbedarf für die DIN 4109	
6.	Umsetzung der europäischen Normung für Kalksandstein	17
	6.1 Forschung für die Praxis	17
	6.2 Neue Massekurve für Kalksandstein	
	6.3 Behandlung der Stoßstelle: neue Wege	
	6.4 Ein Berechnungsprogramm für Kalksandstein	
7.	Handhabung der (neuen) DIN 4109 in der Planungspraxis	20
	7.1 Grundlagen der Planung	20
	7.2 Schalltechnische Planung mit D <sub>nT,w</sub>	
	7.3 Rechnerischer Nachweis für zweischalige Haustrennwände	
	7.4 Außenlärm	22
8.	Praxishinweise für Planung und Ausführung	23
	8.1 Allgemeine Hinweise für Wohnungstrennwände	
	8.2 Ausführung von Wänden: Schallschutz im Detail	
	8.3 Trennwände im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich	
	8.4 Installationswände	26
	8.5 Einschalige massive Wände mit biegeweichen Vorsatzschalen _	
	8.6 Schallabsorption	28
9.	Die flankierende Übertragung im Griff	
	9.1 Schalltechnisches Gesamtkonzept	29
	9.2 Stoßstellen in der Praxis	
	9.3 Flankenübertragung über die Außenwand	
10	. Schallschutz bei Doppel- und Reihenhäusern, zweischalige Wände	32
	10.1 Was wird erwartet, was wird gefordert?	32
	10.2 Die zweischalige Haustrennwand: akustisches Verhalten	
	10.3 Problembereiche und Lösungen in der Praxis	34
1 :4.	eratur	37

KALKSANDSTEIN Schallschutz

Stand: Januar 2010

#### Autor:

Prof. Dr. Heinz Martin Fischer, HFT-Stuttgart

#### Redaktion

Dipl.-Ing. K. Brechner, Haltern am See Dr. J. Brinkmann, Duisburg Dipl.-Ing. B. Diestelmeier, Dorsten Dipl.-Ing. G. Meyer, Hannover Dipl.-Ing. D. Rudolph, Durmersheim

Dipl.-Ing. H. Schulze, Buxtehude Dipl.-Ing. H. Schwieger, Hannover

### Herausgeber:

Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover

#### BV-939-10/01

Alle Angaben erfolgen nach bestem Wissen und Gewissen, jedoch ohne Gewähr.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung.

Schutzgebühr € 5,-

Gesamtproduktion und © by Verlag Bau+Technik GmbH, Düsseldorf "Eines Tages werden wir den Lärm bekämpfen müssen wie die Pest". Was derart vor etwa hundert Jahren von Robert Koch (1843–1910) prophezeit wurde, ist heute bittere Realität geworden. Über 70 % der Bevölkerung fühlen sich durch Lärm gestört. Wissenschaftlich ist belegt, dass Lärm nicht nur belästigt, sondern auch gesundheitlich belastet und zu chronischen Erkrankungen führen kann. Wo findet der lärmgeplagte Mensch heutzutage die ersehnte Ruhe? Zumindest für die eigenen vier Wände wird erwartet, dass hier noch die erwünschte Ruhe herrscht (Bild 1).

Doch ist die Welt nicht einfacher geworden: Die Erwartungen an den Schallschutz steigen. Der Kostendruck nimmt zu. Diskussionen über den rechtlich geschuldeten Schallschutz führen zu weiterer Verunsicherung. Das Normungsumfeld für den baulichen Schallschutz hat sich aufgrund der europäischen Harmonisierung der Baubestimmungen komplett geändert und der Planungsprozess muss sich auf neue Nachweisverfahren für den Schallschutz einstellen. Anforderungen an den Wärmeschutz steigen und tangieren die Belange des Schallschutzes. Wie können Planer und Bauherren damit umgehen? Welche Lösungen sind erforderlich und realisierbar?

Schallschutz kann nicht unabhängig von all diesen Fragestellungen behandelt werden. Doch beinhalten Herausforderungen immer auch Chancen. Der vorliegende Beitrag zeigt, dass es Wege aus der "Lärmfalle" gibt. Hintergründe und schalltechnische Problembereiche werden beleuchtet und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Die Palette der verfügbaren Mittel reicht vom schalltechnischen Gesamtkonzept bis zu Lösungen im Detail.

Schallschutz ist baubar – allerdings nur, wenn er von Anfang an in die Gesamtplanung integriert ist.

#### 1. SCHALLSCHUTZ ZWISCHEN WUNSCH UND WIRKLICHKEIT

#### 1.1 Was erwarten die Bewohner?

Lärm belästigt und belastet. Je nach Art, Intensität und Einwirkungsdauer des Lärms ergeben sich unterschiedliche Lärmwirkungen, die von der zeitweiligen Belästigung bis hin zur dauerhaften gesundheitlichen Beeinträchtigung führen können (Bild 2).





Bild 1: Ruhiges Arbeiten und Ausübung von lauten Tätigkeiten unter einem Dach setzt gegenseitige Rücksichtnahme und guten Schallschutz voraus.

#### 1.2 Der eigenen Wohnbereich

Wenn von baulichem Schallschutz die Rede ist, wird zuerst an den Schallschutz gedacht, wie er in den (verbindlichen) Anforderungen der DIN 4109 formuliert wird. Gemeint sind dort Geräusche, die außerhalb des eigenen Wohnbereichs entstehen (z.B. Luft- und Trittschall der Nachbarn) und gegen die der eigene Bereich geschützt werden soll. Unbestritten besteht aber auch ein großes Bedürfnis nach einem angemessenen Schallschutz im eigenen Wohnbereich. Dieser ist allerdings normativ nicht verbindlich geregelt. Dennoch sollte er in einem vollständigen Schallschutzkonzept Berücksichtigung finden.

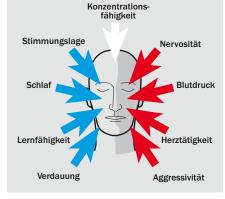


Bild 2: Auswirkungen und Störungen bei zu viel Lärm

#### 1.3 Gibt es objektive Kriterien?

Nach welchen objektiven Kriterien kann der Schallschutz festgelegt werden? Im Gegensatz zur DIN 4109 mit ihrem quasi historisch überlieferten Schallschutzniveau können durchaus nachvollziehbare Kriterien für die Festlegung von Anforderungen benannt werden. Objektiv quantifizierbar ist der Schutz der Vertraulichkeit. Wenn das gesprochene Wort im Nachbarbereich verstanden wird (oder man selbst ungewollt die Worte der Nachbarn versteht). ist die Vertraulichkeit nicht mehr gegeben. Die Sprachverständlichkeit ist somit ein wichtiges Kriterium zur Festlegung und Beurteilung eines ausreichenden Schallschutzes. In der VDI-Richtlinie 4100 [1] erfolgt deshalb die Bestimmung der notwendigen Luftschalldämmung zwischen Räumen aufgrund von Sprachverständlichkeitskriterien. Tafel 1 zeigt beispielhaft die Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit von der vorhandenen Schalldämmung.

Der Zusammenhang zwischen der Sprachverständlichkeit und den maßgeblichen Einflussgrößen (Schallpegel der Sprache, Fläche des Trennbauteils, Volumen und Halligkeit des Empfangsraumes, Grundgeräuschpegel im Empfangsraum) kann nach [2] analytisch hergeleitet und dargestellt werden. Von besonderer Bedeutung ist dabei der Einfluss des Grundgeräuschs.

Tafel 1: Wahrnehmung von Sprache aus der Nachbarwohnung bei unterschiedlicher Schalldämmung zwischen den Wohnungen, abendlicher A-bewerteter Grundgeräuschpegel 20 dB, üblich große Aufenthaltsräume (nach [6])

Bewertetes		Sprache	mit angehobener Spre	echweise	
Bau-Schalldämm-Maß zwischen den Wohnungen		im Allgemeinen verstehbar	im Allgemeinen nicht verstehbar	nicht verstehbar	
R' <sub>w</sub> [dB]	horizontal	53	56	59	
	vertikal	54	57	60	

Je geringer das aus der Umgebung vorhandene Grundgeräusch ist, desto leichter kann Sprache verstanden werden und desto höher muss die notwendige Schalldämmung sein.

Derselbe Schallschutz kann also in unterschiedlich lauter Umgebung zu unterschiedlichen Vorgaben an die benötigte Schalldämmung führen. Als Beispiel zeigt Tafel 2, wie sich der Grundgeräuschpegel auf die Sprachverständlichkeit auswirkt. Während bei einer recht guten Schalldämmung von 57 dB und einem Grundgeräuschpegel von 30 dB(A) Sprache nicht mehr zu hören ist, führt dieselbe Schalldämmung bei einem Grundgeräuschpegel von nur noch 20 dB(A) dazu, dass die Sprache nun zu hören aber nicht zu verstehen ist. 20 dB(A) entsprechen einem üblichen Grundgeräuschpegel in Wohnungen zur ruhigen Abendzeit.

Typische Grundgeräuschpegel liegen nach [4] bei folgenden Werten:

- Nachtgrundpegel in Mehrfamilienhäusern mit hohem Schallschutz in ruhiger Wohnlage: 15–20 dB(A)
- Tagesgrundpegel in Mehrfamilienhäusern mit hohem Schallschutz in ruhiger Wohnlage: 20–25 dB(A)
- Nachtgrundpegel in Wohnungen mit erhöhter Außenlärmbelastung: 25– 30 dB(A)
- Nachtgrundpegel in Wohnungen mit hoher Außenlärmbelastung: 30–40 dB(A)

Wie groß sollten die Unterschiede in der Schalldämmung sein, damit von einer wirksamen Erhöhung des Schallschutzes

Tafel 2: Bewertetes Schalldämm-Maß  $R'_{\rm w}$  und das Durchhören von Sprache, aus [3]

Sprachver- ständlichkeit	erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R' <sub>w,R</sub>				
	Grund- geräusch 20 dB (A)	Grund- geräusch 30 dB (A)			
nicht zu hören	67	57			
zu hören, jedoch nicht zu verstehen	57	47			
teilweise zu verstehen	52	42			
gut zu verstehen	42	32			

gesprochen werden kann? Auch diese Frage kann objektiv beantwortet werden. Sie spielt z.B. dann eine Rolle, wenn gegenüber dem Mindestschallschutz ein so genannter erhöhter Schallschutz festgelegt werden soll (siehe z.B. Beiblatt 2 zu DIN 4109 (1989)), oder wenn Qualitätsstufen für den Schallschutz festgelegt werden (z.B. die Schallschutzstufen I bis III in der VDI-Richtlinie 4100 oder Schallschutzklassen im Rahmen des DEGA-Schallschutzausweises [5]). Grundsätzlich gilt:

Der Wechsel zwischen zwei Stufen muss von den Bewohnern auch tatsächlich als ein wahrnehmbarer Unterschied in der schalltechnischen Qualität empfunden werden.

Damit ist offensichtlich, dass es sich hier um eine eher komplexe Fragestellung mit psychoakustischem Hintergrund handelt. In Zusammenhang mit [5]) kommen entsprechende Untersuchungen in [6] zu dem Ergebnis, dass eine Abstufung von 3 dB (oder weniger wie in Beiblatt 2 zu DIN 4109) für typische Verhältnisse zu klein ist und nicht zu einer deutlich wahrzunehmenden Änderung der Geräuschsituation führt. Zur Halbierung der wahrgenommenen Lautheit wäre eine Erhöhung der Schalldämmung in mindestens 5-dB-Stufen erforderlich.

Je höher die angestrebte Schallschutzqualität ist, desto größer sollten die Stufen gewählt werden.

Die letzte Aussage ist insbesondere bei der Festlegung des Schallschutzes von Doppel- und Reihenhäusern von Bedeutung: Wo mit guten zweischaligen Haustrennwänden Schalldämm-Maße von 67 dB (und mehr) erreicht werden, liegt eine sinnvolle Abstufung nach [6] sogar in der Größenordnung von 6 bis 8 dB. Die DEGA-Empfehlung 103 [5] hat in ihrem Schallschutzausweis ab einer Schalldämmung  $R'_{w}=57$  dB eine Stufenweite von 5 dB zur Unterscheidung der einzelnen Klassen vorgesehen.

In einer zunehmend von Lärm erfüllten Umwelt steigt das Bedürfnis, zumindest in den eigenen vier Wänden noch seine Ruhe finden zu können. Werden Bauherren danach befragt, welche Anforderungen eine Wohnung erfüllen soll, dann wird regelmäßig ein guter Schallschutz ganz an vorderer Stelle genannt. Dieses elementare Anliegen findet regelmäßig seinen Niederschlag in Untersuchungsergebnissen, wenn Bewohner zum erwünschten Schallschutz ihrer Wohnungen befragt werden. So zeigt eine Trendbefragung aus dem Jahr 2008 [7], dass über 70 % der Bevölkerung sich in ihrer Wohnung durch Lärm gestört fühlen (Bild 3) und für 61 % Lärmbelästigungen sogar ein Umzugsgrund sind (Bild 4).

Als Ergebnis mehrerer Untersuchungen unter Bewohnern verschiedener europäischer Länder ergab sich, dass ein deutlich höherer Schallschutz gewünscht wird, als er in den Mindestanforderungen festgelegt ist, um ihn als zufriedenstellend oder gut zu empfinden.

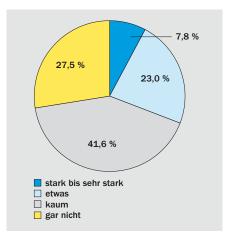


Bild 3: Wie sehr fühlen Sie sich in Ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch Lärm belästigt? [7]

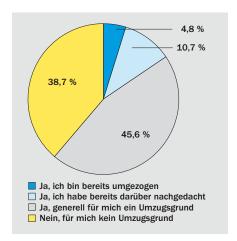


Bild 4: Würden Sie aufgrund von Lärmbelästigung einen Umzug in Erwägung ziehen? [7]

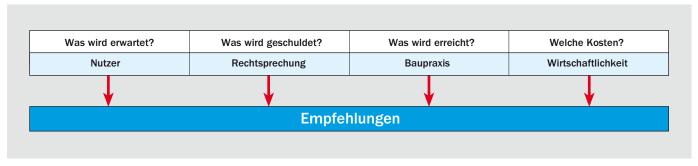


Bild 5: Kriterien bei der Bemessung des geplanten Schallschutzes

Der Wunsch nach Ruhe im eigenen Wohnbereich hat für die Bewohner ohne Zweifel einen ausgesprochen hohen Stellenwert.

Wie kann baulicher Schallschutz realisiert werden? Offensichtlich befindet man sich hier in einem von unterschiedlichen Interessen geprägten Spannungsfeld (Bild 5): möglichst hoher aber bezahlbarer Schallschutz für die Bewohner, Rechtssicherheit für den ausgeführten Schallschutz, technisch vernünftig realisierbarer Schallschutz, wirtschaftlicher Schallschutz. Diese Aspekte sind bei einer sinnvollen Festlegung des Schallschutzniveaus unter einen Hut zu bringen. Darauf soll in den nachfolgenden Abschnitten eingegangen werden.

### 2. ANFORDERUNGEN AN DEN BAULICHEN SCHALLSCHUTZ

Hinsichtlich der im baulichen Schallschutz gestellten Anforderungen entstehen immer wieder Unsicherheiten, wenn es um den geforderten Schallschutz und die Abgrenzung zwischen "normalem" und erhöhtem Schallschutz geht. Nachfolgend werden die vorhandenen Regelwerke inhaltlich und von der Höhe der Schallschutzanforderungen einander gegenübergestellt und einige Aspekte der Rechtsprechung genannt.

#### 2.1 Regelwerke für den Schallschutz

Das Konzept der deutschen Schallschutznormen findet sich unter dem Dach der DIN
4109 wieder. Zusätzlich kann als weiteres
Regelwerk die VDI-Richtlinie genannt werden. Die DIN 4109 aus dem Jahr 1989 wird
derzeit einer kompletten Überarbeitung
unterzogen, in die auch die Anforderungen
einbezogen sind. Da noch kein Weißdruck
dieser neuen Norm vorliegt, wird die Diskussion hier anhand der Anforderungswerte der aktuell noch gültigen DIN 4109
(1989) geführt.

Bemessungswerte für den baulichen Schallschutz werden mit unterschiedlicher Rechtsverbindlichkeit und Zielsetzung in den folgenden Regelwerken aufgeführt:

- DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise [8].
- Beiblatt 2 zu DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung; Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz; Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich [9].
- VDI-Richtlinie 4100:2007-08 Schallschutz von Wohnungen; Kriterien für Planung und Beurteilung [1].

Zurückgezogen wurde angesichts nicht zu beseitigender Auffassungen im zuständigen Normungsausschuss der Entwurf zu DIN 4109-10:2000-06 Schallschutz im Hochbau: Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz von Wohnungen [10]. Neu dazu gekommen sind einige Schriften, die Stellung zum baulichen Schallschutz beziehen:

- Memorandum der DEGA BR 0101 [11], in welchem zum Verhältnis von DIN 4109 und den anerkannten Regeln der Technik Stellung genommen wird,
- DGfM-Merkblatt zum Schallschutz nach DIN 4109 [12],
- DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis [5].

Die aktuelle Situation belegt, dass die Festlegung von Schallschutzanforderungen kontrovers und mit unterschiedlicher Intention gesehen wird.

Durch die bauaufsichtliche Einführung der DIN 4109 (1989) sind die dort enthaltenen Schallschutzanforderungen öffentlich-rechtlich geschuldete Eigenschaften. Sie sind als Mindestanforderungen zu verstehen, die nicht unterschritten werden dürfen. Beim Schallschutz innerhalb eines Gebäudes geht es ausdrücklich nur um den Schutz gegen Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich. Der eigene Wohn- und Arbeitsbereich ist nicht Gegenstand bauaufsichtlicher Anforderungen. Aufenthaltsräume sind z.B. Wohnzimmer, Schlafzimmer, Arbeitsräume. nicht aber Küchen, Bäder, Toiletten, Flure oder Haustechnikräume.

Beiblatt 2 zu DIN 4109 enthält über den Geltungsbereich der DIN 4109 hinausgehend Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz und Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Angesichts des rein zivilrechtlichen Charakters der in Beiblatt 2 vorgeschlagenen Werte heißt es dort: "Ein erhöhter Schallschutz einzelner oder aller Bauteile nach diesen Vorschlägen muss ausdrücklich zwischen dem Bauherrn und dem Entwurfsverfasser vereinbart werden...". Eine gleich lautende Formulierung findet sich auch für den eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Diese Formulierung kann rechtlich allerdings nicht so interpretiert werden, dass ein bestimmter Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich nur dann geschuldet wird, wenn darüber ausdrückliche Vereinbarungen bestehen.

Ziel der *VDI-Richtlinie* 4100 ist die schalltechnische Klassifizierung von Wohnungen. Sie ist im Rahmen zivilrechtlicher Vereinbarungen anwendbar. Als Adressaten nennt diese Richtlinie Planer, akustische Berater, Bauherren, Vermieter, Mieter, Käufer und Verkäufer von Wohnungen. Unterschieden werden drei Schallschutzstufen (SSt I, II und III).

SSt I stimmt mit den Mindestanforderungen der DIN 4109 überein. Die SSt II nennt Werte, "bei deren Einhaltung die Bewohner [...] im Allgemeinen Ruhe finden [...] Bei Einhaltung der Kennwerte der SSt III können die Bewohner ein hohes Maß an Ruhe finden." Die Schallschutzstufen der VDI 4100 schließen auch den eigenen Wohn- und Arbeitsbereich ein. Grundlage der festgelegten Schallschutzwerte sind objektivierbare Kriterien wie z.B. das Durchhören von Sprache. Subjektive Vorstellungen können anhand einfacher Entscheidungskriterien präzisiert und in ein entsprechendes Anforderungsniveau umgesetzt werden.

Nach dem Scheitern der Vereinheitlichung von Beiblatt 2 und VDI 4100 in einem harmonisierten Regelwerk als DIN 4109-10 [10] bleibt es also weiterhin bei unterschiedlichen Regelwerken, die sich mit dem erhöhten Schallschutz befassen. Infolge dessen ist die VDI-Richtlinie im Jahr 2007 neu aufgelegt worden. Allerdings hat der für die DIN 4109 zuständige Normenausschuss angesichts der unüberwindbaren Meinungsunterschiede zum erhöhten Schallschutz nicht nur den Entwurf der DIN 4109-10 zurückgezogen, sondern gleichzeitig auch den Beschluss gefasst, den erhöhten Schallschutz nicht mehr als Normungsgegenstand zu behandeln.

Die DIN 4109 wird zukünftig keine Aussagen zum erhöhten Schallschutz enthalten.

In derselben Zeit wurde von der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) ein Konzept zur Klassifizierung von Wohneinheiten mittels Schallschutzklassen entwickelt. Die sieben Schallschutzklassen werden als Ergänzung der Schallschutzanforderungen der Norm DIN 4109 definiert. Als DEGA-Empfehlung 103 [5] liegt dieses Konzept seit 2009 vor. Im Wesentlichen werden folgende Ziele verfolgt:

- Schaffung eines mehrstufigen Systems zur differenzierten Planung und Kennzeichnung des baulichen Schallschutzes zwischen Raumsituationen unabhängig von der Art des Gebäudes,
- Entwicklung eines Punktesystems auf dieser Basis zur einfachen Kennzeichnung des Schallschutzes von ganzen Wohneinheiten oder Gebäuden.

Die Geltungsbereiche der genannten Regelwerke werden zusammenfassend in Tafel 3 dargestellt.

### 2.2 Zahlenmäßige Festlegungen des Schallschutzes

Die zahlenmäßigen Festlegungen der DIN 4109 und der VDI 4100 betreffen die Luft- und Trittschalldämmung, die Geräusche haustechnischer Anlagen und Betriebe und die Außengeräusche. Je nach Nutzungszweck werden unterschiedliche Festlegungen getroffen. Für Wohngebäude vergleicht die nachfolgende tabella-

rische Zusammenstellung (Tafeln 4 und 5) für die Luft- und Trittschalldämmung die Werte des Mindestschallschutzes nach DIN 4109 mit dem erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 und nach VDI 4100.

Zum Vergleich zeigt Tafel 10 die Abstufung der Kennwerte für die sieben Schallschutzklassen des DEGA-Schallschutzausweises. Schallschutzklasse D entspricht bei Luft- und Trittschall im Wesentlichen den Anforderungen der DIN 4109 (1989) für Geschosshäuser.

Tafel 3: Festlegungen zum baulichen Schallschutz, Geltungsbereich der Regelwerke

		der Wohn- beitsbereich	eigener Wohn- und Arbeitsbereich		
	öffentlich- rechtlich	zivilrechtlich	öffentlich- rechtlich	zivilrechtlich	
Mindestanforderungen	DIN 4109 –		-	-	
erhöhter Schallschutz	-	Beiblatt 2 zu     DIN 4109     VDI 4100     DEGA-Empfehlung 103	-	Beiblatt 2 zu DIN 4109 VDI 4100 DEGA-Empfehlung 103	

 $\textit{Tafel 4: Werte für die Luft- und Trittschalld\"{a}mmung nach \ DIN \ 4109 \ und \ VDI \ 4100 \ f\"{u}r \ Mehrfamilienh\"{a}user }$ 

	Luftschall	Trittschall erf. L' <sub>n,w</sub>	
	Wände	Decken	[dB]
DIN 4109 und VDI 4100 SSt I	53	54	53
DIN 4109 Beiblatt 2	55	55	46
VDI 4100 SSt II	56	57	46
VDI 4100 SSt III	59	60	39

Tafel 5: Werte für die Luft- und Trittschalldämmung nach DIN 4109 und VDI 4100 für Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser

	Luftschall	Trittschall erf. L' <sub>n,w</sub>		
	Wände	[dB]		
DIN 4109 und VDI 4100 SSt I	57	-	48	
DIN 4109 Beiblatt 2	67	_	38	
VDI 4100 SSt II	63	-	41	
VDI 4100 SSt III	68	-	34	

Tafel 6: Anforderungen Luft- und Trittschall der DEGA-Empfehlung 103 für die einzelnen Schallschutzklassen

				Schall	schutzkla	isse		
	F	Е	D	С	В	Α	<b>A</b> *	
Luftschall	Wände/Decken R' <sub>w</sub> [dB]	< 50	≥ 50	≥ 53/54	≥ 57	≥ 62	≥ 67	≥ 72
Trittschall	Decken, Treppen, Balkone L' <sub>n,w</sub> [dB]	> 60	≤ 60	≤ 53	≤ 46	≤ 40	≤ 34	≤ 28

### 2.3 Schallschutz und Rechtsprechung

Ca. 20 % aller Baustreitigkeiten vor Gericht werden im Bereich des Schallschutzes ausgetragen. Die Gründe hierfür sind:

- Die Vereinbarungen über den geschuldeten Schallschutz sind unklar.
- Die Anforderungen an den Schallschutz nach DIN 4109 stimmen mit der Erwartungshaltung der Bewohner nicht überein.
- Fehler werden in Planung und Ausführung gemacht, z.B. ungünstige Anordnung von schutzbedürftigen und nicht schutzbedürftigen Räumen, falsche Dimensionierung der flankierenden Bauteile, Körperschallbrücken bei zweischaligen Haustrennwänden und schwimmenden Estrichen.

Gerichtsurteile, juristische Kommentare und Sachverständigenaussagen zeigen, dass eine einheitliche Darstellung der Rechtslage nicht erwartet werden kann. Die nachfolgenden Ausführungen können und wollen deshalb keine juristisch abgerundete Darstellung sein, sondern lediglich die Problematik anhand solcher rechtlicher Aspekte aufzeigen, die im Bereich des baulichen Schallschutzes immer wieder für Diskussionen sorgen.

Aus bauaufsichtlicher Sicht ist die Situation eindeutig: Geschuldet werden die (Mindest-)Anforderungen der DIN 4109. Also: kein erhöhter Schallschutz und kein Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Privatrechtlich wird hingegen die Ordnungsgemäßheit der Leistung geschuldet.

Hierzu sagt z.B. die VOB/B [13]:

- § 4 Nr. 2 (1): "Der Auftragnehmer hat die Leistung unter eigener Verantwortung nach dem Vertrag auszuführen. Dabei hat er die anerkannten Regeln der Technik und die gesetzlichen und behördlichen Bestimmungen zu beachten."
- § 13 Nr. 1: "Der Auftragnehmer hat dem Auftraggeber seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme frei von Sachmängeln zu verschaffen. Die Leistung ist zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln, wenn sie die vereinbarte Beschaffenheit hat und den anerkannten Regeln der Technik entspricht. Ist die

Beschaffenheit nicht vereinbart, so ist die Leistung zur Zeit der Abnahme frei von Sachmängeln,

- 1. wenn sie sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, sonst
- 2. für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Auftraggeber nach der Art der Leistung erwarten kann."

In erster Linie wird sich die Ordnungsgemäßheit der Leistung an den vertraglichen Regelungen orientieren. Erfahrungsgemäß fehlen diese im Bereich des baulichen Schallschutzes oft oder sind unbestimmt. Es gilt dann: Geschuldet wird eine Planung und Ausführung nach den (allgemein) anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.). Diese können schriftlich fixiert sein, müssen es aber nicht. Auch müssen sie nicht zwangsläufig mit geltenden DIN-Normen oder anderweitigen Regelwerken übereinstimmen. Im Zweifelsfall hat, mit Hilfe von Sachverständigen, das Gericht den geschuldeten Schallschutz nach den a.a.R.d.T. festzusetzen.

Die Einhaltung der (Mindest-) Anforderungen nach DIN 4109 schließt nicht grundsätzlich ein, dass in jedem Fall auch den Ansprüchen der a.a.R.d.T. Rechnung getragen wurde.

Die DIN 4109 (1989) definiert ihren eigenen Anwendungsbereich in Abschnitt 1 (Anwendungsbereich und Zweck) wie folgt (Auszug):

"In dieser Norm sind Anforderungen an den Schallschutz mit dem Ziel festgelegt, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen. [...]

Auf Grund der festgelegten Anforderungen kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr wahrgenommen werden.

[...] Die Anforderungen setzen voraus, dass in benachbarten Räumen keine ungewöhnlich starken Geräusche verursacht werden."

Gewährleistungsfälle treten z.B. immer wieder auf, wenn für Wohnobjekte mit gehobenem Komfort ("Komfortwohnungen", "gehobene Ansprüche", "qualitativ hochwertige Ausstattung" etc.) lediglich der Mindest-Schallschutz nach DIN 4109 eingehalten wird. Hier geht es um die Frage, ob stattdessen ein erhöhter Schallschutz zu erbringen sei und wie hoch dieser ggf. anzusetzen wäre. Aktuell wird im Urteil des OLG München vom 19.05.2009 [14] bestätigt, dass es (im vorliegenden Fall einer Doppelhaushälfte) nicht genügt, wenn für ein als attraktiv und komfortabel deklariertes Objekt lediglich die Mindestanforderungen der DIN 4109 eingehalten werden. Wenn den vertragsbegleitenden Umständen zu entnehmen ist, dass der Erwerber einen üblichen Qualitäts- und Komfortstandard erwarten kann, hilft es dem Bauträger nicht, wenn er im Gegensatz zu diesen Umständen - möglicherweise "versteckt" - im notariellen Kaufvertrag auf die Mindestschallschutzwerte der DIN 4109 verweist.

Erhöhter Schallschutz kann auch durch die Vereinbarung bestimmter Bauweisen bzw. Baukonstruktionen vereinbart sein.

Der Bundesgerichtshof (BGH) führt in einem Urteil vom 14.06.2007 [15] zum vertraglich geschuldeten Schallschutz beim Bau einer Doppelhaushälfte hierzu aus:

"Können durch die vereinbarte Bauweise bei einwandfreier, den anerkannten Regeln der Technik hinsichtlich der Bauausführung entsprechender Ausführung höhere Schallschutzwerte erreicht werden, als sie sich aus den Anforderungen der DIN 4109 [Anmerkung: oder anderen Regelwerken] ergeben, sind diese Werte unabhängig davon geschuldet, welche Bedeutung den Schalldämm-Maßen der DIN 4109 sonst zukommt."

In den letzten Jahren haben sich für einige Bereiche der Bautechnik standardmäßige Grundkonstruktionen durchgesetzt. Der Einsatz dieser Konstruktionen kann als üblich erwartet werden und kann bewirken, dass höhere Schalldämmwerte erreicht werden, als in der DIN 4109 gefordert sind. Dies betrifft vor allem den Einsatz zweischaliger Haustrennwände (siehe z.B. [11] oder [12]). Da der Einsatz derartiger Konstruktionen mittlerweile als allgemein anerkannte Regel der Technik betrachtet wird, gelten auch die mit ihnen zu erreichenden schalltechnischen Kennwerte als allgemein anerkannte Regel der Technik.

Wenn also z.B. eine zweischalige Haustrennwand (Kalksandstein, 2 x 20 cm, RDK 2,0) als Konstruktion vereinbart wurde, ist diese in der Lage, mängelfrei eine Schalldämm-Maß  $R'_{\rm w}=72$  dB zu erbringen. Falls sie lediglich  $R'_{\rm w}=67$  dB erreicht, erfüllt sie zwar den erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109, ist aber dennoch nicht mängelfrei.

Zusätzlichen Diskussionsstoff liefert das genannte BGH-Urteil vom 14.06.2007, wenn es feststellt, die DIN 4109 definiere lediglich Mindestanforderungen des Schallschutzes und entspreche nicht den anerkannten Regeln der Technik. Kann der Erwerber einer Wohnung oder eines Doppelhauses nach dem Vertrag eine Ausführung erwarten, die einem üblichen Qualitäts- und Komfortstandard entspricht, dann ist nicht auf die Schalldämm-Maße der DIN 4109 abzustellen, da diese eben nicht den heute üblichen Qualitäts- und Komfortstandard wiedergeben, sondern lediglich Mindestanforderungen zur Vermeidung unzumutbarer Belästigungen.

Mit Bezug auf die a.a.R.d.T. ist auch klar, dass der von den bauaufsichtlichen Vorgaben nicht tangierte eigene Wohn- und Arbeitsbereich schalltechnisch kein rechtsfreier Raum ist, in welchem nichts geschuldet wird. Privatrechtlich kann der Bauherr in jedem Fall eine mängelfreie Leistung verlangen, deren Ausführung den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht. Dies erfordert, dass mindestens die üblichen Maßnahmen für den Schallschutz ausgeführt werden. Zur Festlegung des Schallschutzes werden Hinweise gegeben in Beiblatt 2 zu DIN 4109, VDI 4100 und der DEGA-Empfehlung 103.

### 2.4 Umsetzung von Anforderungen 2.4.1 Was wird erreicht?

Grundsätzlich ist bei der Festlegung des vereinbarten Schallschutzes die Frage zu beantworten, welcher Schallschutz mit der gewählten Bauweise erreicht werden kann.

Mit den neuen Planungsinstrumenten auf der Basis der EN 12354 und deren Umsetzung in Berechnungsprogrammen (KS-Schallschutz-Rechner) kann bereits jetzt der Schallschutz wesentlich genauer und detaillierter geplant werden, sodass man sich ein verlässliches Bild vom erreichbaren Schallschutz machen kann.

Leicht können auch Planungsvarianten durchgespielt werden, aus denen sich die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen erkennen lässt.

Wo liegen die Grenzen? Für konventionelle Massivbauweise (einschalige, massive Bauteile) ist die resultierende Luftschalldämmung zwischen Wohnungen auf ca. 57... 58 dB begrenzt. Grund ist die Schall-Längsleitung über flankierende Bauteile, die ohne zusätzliche Gegenmaßnahmen keine höheren Werte erlaubt. Noch höherer Schallschutz muss konstruktiv umgesetzt werden und ist ohne Fachplaner i.d.R. nicht zu bewältigen. Er führt zu anderen Bauweisen: mehrschalige Konstruktionen, getrennte Bauteile, Körperschall dämmende Bauteilverbindungen.

Grundsätzlich gilt, dass bei höheren Anforderungen die baukonstruktive Planung durch eine schalltechnisch richtige Planung der Wohnungsgrundrisse ergänzt werden muss.

Es wird geraten, Anforderungen, die über die Schallschutzstufe II der VDI 4100 hinausgehen, nur dann vertraglich zu vereinbaren, wenn im Planungsstadium die sichere konstruktive Umsetzung aufgezeigt werden kann.

# 2.4.2 Einige Hinweise zur Festlegung des Schallschutzniveaus

Mindestanforderungen oder erhöhter Schallschutz? Und wenn erhöhter Schallschutz – wie hoch sollte er sein? Wie das Schallschutzniveau im konkreten Fall festgelegt werden soll, kann nicht allgemein gültig ohne Berücksichtigung der aktuellen Umstände definiert werden. Einige Hinweise seien jedoch gegeben:

- Die gesetzlich festgelegten Anforderungen sind Mindestanforderungen, die zufrieden stellende akustische Bedingungen nicht zwangsläufig sicherstellen.
- Auf dem Hintergrund der aktuellen Rechtsprechung ist eine schwindende Akzeptanz gegenüber den (Mindest)-Anforderungen der DIN 4109 (1989) festzustellen. Das bedeutet aber nicht, dass nun grundsätzlich nicht mehr nach diesen Anforderungen gebaut werden kann. Allerdings ist im Einzelfall zu klären, ob das damit vorgegebene Schallschutzniveau in allen Belangen unstrittig ist. Der vorgese-

hene Schallschutz sollte in eine widerspruchsfreie Vertragsgestaltung eingebunden sein. Im Zweifelsfall sollte ein höherer Schallschutz vorgesehen werden.

- Nach Möglichkeit sollte im Geschosswohnungsbau ein Schallschutz realisiert werden, der dem erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 entspricht, da dieser für den "Normalfall" (keine gehobenen Ansprüche) dem heutigen Schutzbedürfnis der Bewohner eher Rechnung trägt und der heutzutage durchschnittlich erreichte Schallschutz in ausgeführten Gebäuden über den Werten der Mindestanforderungen liegt.
- Erhöhter Schallschutz muss dann realisiert werden, wenn vom Nutzungszweck erkennbar ist, dass es sich um höherwertige Wohnungen handelt. Dies dürfte insbesondere bei Eigentumswohnungen der Fall sein.
- Ob dabei auf die Vorschläge für den erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 oder die Schallschutzstufe II der VDI 4100 zurückzugreifen ist, oder in begründeten Fällen darüber hinaus gegangen wird, ist ebenfalls wieder objektbezogen zu entscheiden. Nach heutiger Einschätzung stellt allerdings ein erhöhter Schallschutz nach Beiblatt 2 für den Luftschall im Geschosswohnungsbau keine wirkliche Option dar. Den Erwartungen (und der gewünschten Rechtssicherheit) trägt die SSt II der VDI 4100 eher Rechnung, da sie mit ihren gegenüber Beiblatt 2 höheren Werten eine deutlichere Abstufung gegenüber den Mindestanforderungen der DIN 4109 besitzt.
- Ein erhöhter Schallschutz soll sich durch einen erkennbaren Qualitätsunterschied gegenüber dem Mindestschallschutz auszeichnen. Nach derzeitigen Erfahrungen sollte bei der Luftschalldämmung im Geschosswohnungsbau der Unterschied gegenüber den Anforderungen der DIN 4109 mindestens 3 dB betragen. Das entspricht mindestens der SSt II nach VDI 4100. Für die Trittschalldämmung ist ein Unterschied von mindestens 7 dB, wie er nach Beiblatt 2 und SSt II der VDI 4100 vorgesehen wird, ohne Schwierigkeiten mit üblichen schwimmenden Estrichen zu realisieren.

- Für die Luftschalldämmung bei Reihenund Doppelhäusern sollte die Abstufung gegenüber dem Mindestschallschutz mindestens 5 dB betragen, da sich gezeigt hat, dass die erkennbaren Qualitätsstufen bei höherer Schalldämmung größer anzusetzen sind. Allerdings sollte diese gegenüber dem Geschosswohnungsbau vergrößerte Abstufung nicht das Endziel sein. Vielmehr ist zu berücksichtigen, dass gut dimensionierte, ausreichend schwere zweischalige Haustrennwände in der Lage sind, die Anforderungen des erhöhten Schallschutzes nach Beiblatt 2  $(R'_{w} = 67 \text{ dB})$  zu erfüllen oder zu überschreiten. Einschränkungen sind bei nicht unterkellerten Gebäuden im EG zu beachten. Zu berücksichtigen ist aus rechtlicher Sicht, dass diejenige Schalldämmung geschuldet wird, die die vereinbarte Konstruktion mängelfrei erbringen kann. Das kann im Einzelfall mehr als der erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2 sein.
- Bezüglich des Schallschutzes ist die Beratungspflicht des Planers/Architekten ernst zu nehmen. Bauherrenwünsche, gesetzliche Vorgaben und Wirtschaftlichkeit sind zu erörtern und in die Planung bei der Festlegung des Schallschutzes einzubinden. Über die Festlegungen sind klare und widerspruchsfreie vertragliche Vereinbarungen zu treffen.

#### 2.5 Was kostet der Schallschutz?

Immer wieder wird behauptet, dass der bauliche Schallschutz ein "Kostentreiber" sei. Tatsächlich ist Schallschutz teuer – wenn er falsch oder gar nicht geplant wurde, wenn er erst nachträglich realisiert wird oder gar erst durch "Reparaturmaßnahmen" zu Stande kommt. Das kann aber nicht der Maßstab für eine sachgerechte Beurteilung sein.

Keine, geringe oder vertretbare Mehrkosten entstehen, wenn der Schallschutz bereits integraler Bestandteil der Planung ist! Erhöhter Schallschutz und kostengünstiges Bauen können miteinander verbunden werden.

Bei erfahrenen Beratenden Ingenieuren wird dieser Ansatz schon längst in die Praxis umgesetzt. Eine allgemein gültige Aussage zur Kostenfrage ist an dieser Stelle allerdings nicht möglich, da sie von den gegebenen Umständen (Ausgangssituation, gewählte Bauweise, angestrebtes Schallschutzniveau) abhängt. Verwiesen sei auf entsprechende Studien, die sich bei differenzierter Betrachtung dieser Frage angenommen haben, z.B. [16], [17]. Im Wesentlichen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass im Massivbau der erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 ohne Mehrkosten und die Schallschutzstufe II der VDI 4100 mit geringen Mehrkosten gegenüber den Mindestanforderungen der DIN 4109 realisiert werden kann. In der ganzen Kostendiskussion hat sich allerdings noch nicht ausreichend herumgesprochen, dass zu einer guten Wohnung auch ein guter Schallschutz gehört. Hellhörige Wohnungen lassen sich schon ietzt schlecht vermieten oder verkaufen.

Guter Schallschutz muss deshalb als eine wertsteigernde und zukunftssichere Investition betrachtet werden.

Diese Ansicht hat sich aber noch nicht generell durchgesetzt. So wird zwar bei vielen Kostenbetrachtungen ein möglicher Wohnflächenverlust mit "spitzem Griffel" erfasst und in die Schallschutzkosten mit eingerechnet, auf der Habenseite fehlt aber oft die Wertsteigerung, die durch höheren Schallschutz entsteht. Bewusstseinsbildung tut hier not.

Die Schallschutzqualität muss zu einem zentralen Wertgegenstand des Wohneigentums werden.

80 % aller Mieter sind bereit, in einen besseren Schallschutz mehr zu investieren, wenn sie überprüfbare Qualitätsstandards vorfinden. Auf diesem Hintergrund ist aufmerksam zu beobachten, wie sich Akzeptanz und Verbreitung des DEGA-Schallschutzausweises [5] entwickeln.

#### 3. SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN

#### 3.1 Grundbegriffe

Unter Schall werden mechanische Schwingungen verstanden, die sich in gasförmigen, festen oder flüssigen Medien ausbreiten. Hörbarer Schall liegt Frequenzbereich zwischen etwa 16 Hz und 20 KHz, wobei die Frequenz die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde angibt und mit Hz [1/s] bezeichnet wird. Die Bauakustik berücksichtigt den Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 5 KHz. Bei der Schallausbreitung in Luft spricht man von Luftschall. Das ist die am häufigsten betrachtete Form, da sie direkt vom Gehör wahrgenommen werden kann und für die Wahrnehmung von Geräuschen und für Lärmbelästigungen verantwortlich ist. In der Bauakustik spielt der Körperschall eine wichtige Rolle, da die Schallübertragung zwischen zwei Räumen maßgeblich über den Baukörper (Wände und Decken) erfolgt. Die Schwingungen der Bauteile führen zur Abstrahlung von Luftschall, sodass auch Körperschall zu einem Hörereignis führt. Für die Ausbreitung des Körperschalls sind die Bauteileigenschaften ausschlaggebend. So gilt im Massivbau, dass schwere Bauteile schwerer zu Schwingungen angeregt werden können und deshalb schalltechnisch günstiger sind als leichte Bauteile. Fluidschall tritt in der Bauakustik innerhalb flüssigkeitsgefüllter Rohrleitungen auf und ist zum Beispiel bei der Übertragung von Geräuschen der Sanitärinstallation oder von Heizungsanlagen zu berücksichtigen.

Der bauliche Schallschutz berücksichtigt alle Schalleinwirkungen, die im Gebäude zu Störungen führen können. Nach Bild 6 umfasst er innerhalb des Gebäudes die Erzeugung von Luftschall (z.B. Sprache, Radio- und Fernsehgeräte) und Trittschall sowie die Geräusche gebäudetechnischer Anlagen und von Betrieben im selben Gebäude. Von außerhalb ist vor allem die Lärmeinwirkung durch Verkehr (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) und Industrie zu beachten.

Die physikalische Stärke von Geräuschen wird durch den Schallpegel L angeben, der mit der Größe Dezibel [dB] bezeichnet wird. Werden die Pegel so erfasst, wie es (näherungsweise) vom menschlichen Gehör geschieht, so handelt es sich um A-bewertete Pegel, die in dB(A) angegeben werden. Schallpegel für typische Geräusche innerhalb des menschlichen Hörbereichs, der

von der Hörgrenze bis zur Schmerzgrenze reicht, werden in Bild 7 dargestellt. Schallpegel werden zur Festlegung von Anforderungen an den Schallschutz herangezogen, wenn die Schalleinwirkung in einem schutzbedürftigen Raum eine bestimmte Grenze nicht überschreiten darf. Schallpegel dienen auch zur Ermittlung der bauakustischen Kenngrößen für die Luft- und Trittschalldämmung.

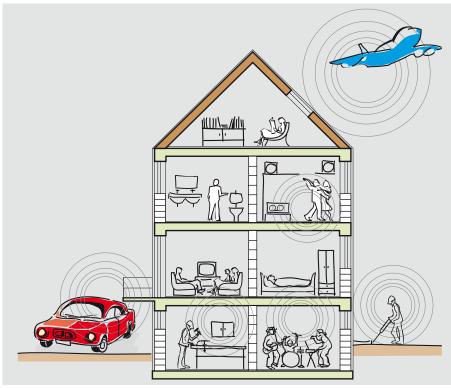


Bild 6: Schalleinwirkungen im Gebäude

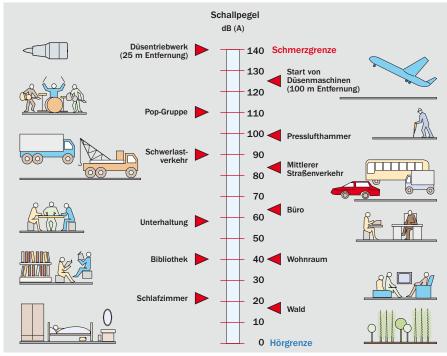


Bild 7: Schallpegel verschiedener Verursacher und Umgebungssituationen

#### 3.2 Schalldämmung und Schallschutz

Die Schalldämmung beschreibt, wie stark Schall, der auf ein Bauteil auftrifft, von diesem auf der lärmabgewandten Seite abgestrahlt werden kann. Die kennzeichnende Größe dafür ist das Schalldämm-Maß R. Der Messaufbau im Labor muss in Übereinstimmung mit der Messnorm DIN EN ISO 140-3 [18] so gewählt werden, dass die Schallübertragung nur über das trennende Bauteil erfolgen kann (Bild 8). Damit ist sichergestellt, dass ausschließlich die schalltechnische Leistungsfähigkeit des Bauteils charakterisiert wird, ohne dass zusätzliche Übertragungswege das Ergebnis beeinflussen.

Gegenüber der beschriebenen Laborsituation erfolgt bei realen Gebäuden die Schallübertragung zwischen zwei Räumen (Bild 9) nicht mehr nur über das trennende Bauteil selbst (*Direktübertragung*), sondern auch über die flankierenden Bauteile (*flankierende Übertragung*, auch Schalllängsleitung genannt). Im Gegensatz zur Laborprüfung wird hier das so genannte Bau-Schalldämm-Maß R' ermittelt. Es berücksichtigt alle an der Schallübertragung beteiligten Wege und charakterisiert damit die resultierende Schalldämmung im Gebäude.

Aus der genannten Übertragungssituation ergeben sich folgende Konsequenzen für die Planung:

- Schall wird nicht nur über das trennende Bauteil übertragen.
- Die Gesamt-Schalldämmung setzt sich aus den Anteilen aller Übertragungswege zusammen.
- Die flankierende Übertragung begrenzt die erreichbare Schalldämmung.
- Die Anforderungen der DIN 4109 richten sich nicht an das trennende Bauteil allein, sondern an die Gesamtübertragung aller beteiligten Bauteile.

Mit  $R_{\rm w}$  und  $R'_{\rm w}$  wird eine eindeutige Trennung zwischen Bauteil- und Gebäudeeigenschaften vorgenommen.  $R_{\rm w}$  berücksichtigt nur die direkte Übertragung über ein trennendes Bauteil und ist somit ein Maß für dessen schalltechnische Leistungsfähigkeit.  $R'_{\rm w}$  berücksichtigt alle in Frage kommenden Übertragungswege zwischen zwei Räumen und beschreibt somit als Gebäudeeigenschaft die resultierende Schalldämmung. Es ist die maßgebende Kenngröße für die schalltechnische Auslegung des Baukörpers.

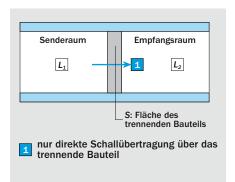


Bild 8: Messung des Schalldämm-Maßes im Labor

In Tafel 7 werden zur Erläuterung dieses Sachverhaltes die Direktschalldämm-Maße von KS-Wohnungstrennwänden mit den resultierenden Schalldämm-Maßen in einer bauüblichen Situation verglichen.

Während beim Bau-Schalldämm-Maß R' die resultierende Schallübertragung auf das trennende Bauteil bezogen wird, berücksichtigt die Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT}$  nur die auf die Nachhallzeit bezogene Pegeldifferenz zwischen zwei Räumen. Dafür gilt

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \text{ lg } \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$
 (3.1)

 $L_1$  ist dabei der Schallpegel im lauten Raum (Senderaum),  $L_2$  der Schallpegel im leisen Raum (Empfangsraum), T ist die Nachhallzeit im Empfangsraum und  $T_0$  die Bezugs-Nachhallzeit (für Wohn- und Arbeitsräume gilt  $T_0 = 0.5$  s). Auch hier kann nach DIN EN ISO 717-1 [19] ein Einzahlwert ermittelt werden, der bewertete

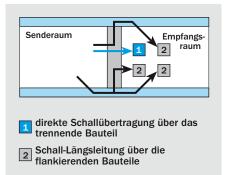


Bild 9: Schallschutz im Gebäude – direkte und flankierende Schallübertragung

Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  heißt.  $D_{nT,w}$  kann als Maß für den Schallschutz zwischen Räumen betrachtet werden, da hier nicht ein trennendes Bauteil sondern die erreichte Pegeldifferenz zwischen zwei Räumen in Bezug genommen wird.  $R'_w$  und  $D_{nT,w}$  können folgendermaßen ineinander umgerechnet werden:

$$D_{nT,w} = R_{w}' + 10 \, lg \left( \frac{0.32 \, V}{S} \right) dB$$
 (3.2)

Benötigt wird dazu außer der Fläche S des trennenden Bauteils auch das Volumen V des Empfangsraumes. Für quaderförmige, nicht gegeneinander versetzte Räume kann mit der Raumtiefe I dafür auch vereinfachend geschrieben werden.

$$D_{nT,w} = R_w' + 10 \ lg (0,32 \ l)$$
  
=  $R_w' - 10 \ lg (3,1/l)$  (3.3)

Zusätzlich zu den genannten Einzahlwerten wurden in DIN EN ISO 717-1 [19] so genannte Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  definiert, die es erlauben, die Schalldämmung oder den Schallschutz hinsichtlich unterschiedlicher Geräuscharten zu bewerten. Sie werden zum betreffenden Einzahlwert addiert, sodass sich für die Schalldämmung oder den Schallschutz ein neuer Zahlenwert ergibt, beispielsweise  $R_w$  +  $C_{tr}$  oder  $D_{nT,w}$  + C. Anwendungsfälle für die Anpassungswerte werden in Tafel 8 dargestellt.

Der Anpassungswert C kann z.B. für übliche Wohngeräusche oder für Verkehrsgeräusche bei hohen Geschwindigkeiten herangezogen werden.  $C_{tr}$  dagegen steht für eher tieffrequent orientierte Geräusche wie z.B. innerstädtischer Straßenverkehr. In den Schallschutzanforderungen der DIN 4109 werden Spektrum-Anpassungswerte zurzeit nicht berücksichtigt. Sie können aber bei der schalltechnischen Planung berücksichtigt werden, um eine situationsbezogene Auslegung des Schallschutzes vorzunehmen, z.B. beim Außenlärm. Eine ausführliche Behandlung der Spektrum-Anpassungswerte und ihrer Anwendung findet sich in [20].

Tafel 8: Spektrum-Anpassungswerte zur Berücksichtigung verschiedener Lärmquellen

Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1			
C mittlere	und höhere Frequenzen betont		
	Wohnaktivitäten (Reden, Musik)		
	Schienenverkehr mit mittlerer und hoher Geschwindigkeit		
zutreffend	Autobahnverkehr > 80 km/h		
für	Düsenflugzeug in kleinem Abstand		
	Betriebe, die überwiegend mittel- und hochfrequenten Lärm abstrahlen		
C <sub>tr</sub> tiefere F	requenzen betont		
	städtischer Straßenverkehr		
	Schienenverkehr mit geringer Geschwindigkeit		
	Propellerflugzeug		
zutreffend für	Düsenflugzeug in großem Abstand		
	Discomusik		

Betriebe, die überwiegend

tief- und mittelfrequenten

Lärm abstrahlen

Tafel 7: Vergleich der Direktdämmung  $R_{\rm w}$  verschiedener Wohnungstrennwände und der resultierenden Schalldämmung  $R_{\rm w}'$  derselben Wände in einer bauüblichen Situation

	R <sub>w</sub> <sup>1)</sup>	R',2)		
Wanddicke d [cm]	RDK	flächenbezogene Masse m' [kg/m²]	[dB]	[dB]
20	2,0	400	58,2	55,2
24	1,8	428	59,1	55,9
24	2,0	476	60,5	57,0
24	2,2	524	61,8	58,0
30	2,0	590	63,4	59,1

Bausituation: horizontale Übertragung; Wohnungstrennwand: nach Tabelle; Decken: 20 cm Stahlbeton mit schwimmendem Estrich  $f_0$  < 80 Hz; Außenwand mit 17,5 cm Kalksandstein (RDK 1,8); Innenwand mit 11,5 cm Kalksandstein (RDK 1,8)

 $<sup>^{1)}</sup>$  R $_{\rm w}$  -Werte nach Massekurve für Kalksandstein

 $<sup>^{2)}</sup>$  Berechnungen nach dem vereinfachten Verfahren mit dem KS-Schallschutz-Rechner. Zum Vergleich von  $R_{\rm w}$  und  $R_{\rm w}'$  wurde kein Sicherheitsabschlag auf das Berechnungsergebnis vorgenommen.

#### 4. DIN 4109 IM WANDEL

Die DIN 4109 ist nicht das einzige Regelwerk für den baulichen Schallschutz, aber sie ist das einzige Regelwerk, das die bauaufsichtlichen Anforderungen und Nachweise festlegt. In dieser Funktion ist sie als Technische Baubestimmung eingeführt. Hinzu kommt, dass sie über den bauaufsichtlichen Bereich hinaus das maßgebende Instrument für die bauakustische Planung darstellt. Diese besondere Rolle der DIN 4109 macht eine eingehende Betrachtung erforderlich.

### 4.1 Aktuelle Normungssituation

Infolge der Umsetzung der europäischen Schallschutznormung ist die derzeitige Normungssituation geprägt durch den Übergang von der DIN 4109 (1989) auf eine neu erarbeitete DIN 4109. Jedoch sind Anforderungen und Schallschutznachweise im Rahmen bauaufsichtlicher Belange noch solange nach den Vorgaben der bestehenden Norm zu handhaben, bis die Neuausgabe bauaufsichtlich eingeführt worden ist. Allerdings sind die wesentlichen Inhalte des neuen Regelwerkes schon seit längerem bekannt.

Das Normungskonzept und die vorgesehenen Anforderungen der neuen Norm wurden in einem ersten Normentwurf der Öffentlichkeit vorgestellt [21]. Während das grundsätzliche Vorgehen (insbesondere die Umstellung auf nachhallzeitbezogene Anforderungsgrößen und die Einführung des Raumgruppenkonzepts),

bestätigt wurden, konnten die Werte zur Festlegung des Anforderungsniveaus noch nicht abschließend festgelegt werden. Änderungen der dort genannten Zahlenwerte sind deshalb bis zur bauaufsichtlichen Einführung nicht auszuschließen. Die hier vorliegenden Ausführungen gehen deshalb auf die Anforderungswerte der neuen Norm nicht näher ein. Zur Orientierung wird stattdessen auf den schon genannten Normentwurf [21] verwiesen. Für das Bauen mit Kalksandstein ist diese noch offene Situation aber eine eher nebensächliche Angelegenheit, da die verfügbaren bautechnischen Lösungen die Einhaltung unterschiedlichster Schallschutzniveaus erlauben. Im Vordergrund stehen deshalb vielmehr die planerischen Aspekte, die sich mit der schalltechnischen Dimensionierung der Bauteile und des Gebäudes und der Prognose des erreichbaren Schallschutzes beschäftigen. Diese für die Baupraxis relevanten Fragestellungen können auf der Grundlage der europäischen Schallschutznormen nach dem aktuellsten Stand des Wissens beantwortet werden. Die erforderlichen Berechnungsverfahren und Bauteildaten sind für das Bauen mit Kalksandstein schon seit längerem verfügbar und für die praktische Anwendung validiert. Überall, wo nicht im Geltungsbereich der bauaufsichtlichen Anforderungen ein Schallschutznachweis nach DIN 4109 gefordert wird, kann und sollte bereits jetzt mit Hinblick auf größere Planungssicherheit die schalltechnische Planung mit den neuen, aussagekräftigeren Verfahren durchgeführt werden.

### 4.2 Struktur und Inhalte der neuen DIN 4109

### 4.2.1 Bedeutung der DIN 4109

Ihre besondere Bedeutung hat die DIN 4109 durch ihre bauaufsichtliche Einführung. Dies wird auch für die neue DIN 4109 gelten. Sie regelt die bauaufsichtlich einzuhaltenden Anforderungen an den baulichen Schallschutz, die allerdings den Charakter von Mindestanforderungen haben und im privatrechtlichen Bereich nicht Maß aller Dinge sind. Angesichts der aktuellen Rechtsprechung muss sogar davon ausgegangen werden, dass ihre Bedeutung für die Festlegung des privatrechtlich geschuldeten Schallschutzes weiter zurückgeht.

Hingegen kann erwartet werden, dass die Bedeutung der DIN 4109 in einem anderen Bereich erkennbar steigen wird. Stilbildend ist sie nämlich durch die Festlegung von Nachweisverfahren. Diese sind zwar nur in bauaufsichtlich geforderten Nachweisen ("Schallschutznachweis") verbindlich anzuwenden, haben aber (vor allem mangels Alternativen) weitgehende Akzeptanz als Planungsinstrument genereller Art gefunden. In dieser Rolle wird die DIN 4109 dadurch gestärkt, dass sie den Berechnungsverfahren mit den Ausführungsbeispielen (derzeit z.B. im Beiblatt 1) Daten zur Verfügung stellt, die eine Berechnung erst ermöglichen. Damit wird die DIN 4109 zum bevorzugten Planungsinstrument, auch und gerade über den Bereich der bauaufsichtlichen Anwendung hinaus.

Die durch die europäischen Schallschutznormen veranlasste Überarbeitung der DIN 4109 führt dazu, dass ihre Position als maßgebliches Planungsinstrument für den baulichen Schallschutz ganz deutlich gestärkt wird.

#### 4.2.2 Anwendungsbereich und Zweck

In der DIN 4109 werden Anforderungen festgelegt, die zur Wahrung des Gesundheitsschutzes notwendig sind. Sie gelten für den Schallschutz in Gebäuden, die ganz oder teilweise dem Aufenthalt von Menschen dienen und für den Schallschutz von schutzbedürftigen Räumen in Kommunal- und anderen Zweckbauten. Die Anforderungen dieser Norm an zu schützende Räume berücksichtigen die Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise und den Schutz vor unzumutbarer Belästigung.



Bild 10: Guter Schallschutz ist unerlässlich für eine angenehme Atmosphäre (akustische Behaglichkeit).

Ähnlich wie in der vorhergehenden DIN 4109 (1989) heißt es:

"Der Schallschutz in Gebäuden hat große Bedeutung für die Gesundheit und das Wohlbefinden der sich darin aufhaltenden Menschen. Besonders wichtig ist der Schallschutz im Wohnungsbau, da Wohnungen den Menschen zur Entspannung und zum Ausruhen dienen und die Privatsphäre des eigenen Bereiches gegenüber den Nachbarn und umgekehrt abschirmen sollen. Ebenso wichtig ist der Schallschutz in Gebäuden, die zum zeitweisen Aufenthalt von Menschen dienen, z.B. Hotels, Schulen und Krankenhäuser."

Die Anforderungen innerhalb eines Gebäudes gelten nur dem Schutz vor Schallübertragung aus einem fremden Wohn- oder Arbeitsbereich. Der eigene Wohn- oder Arbeitsbereich ist wie bisher nicht Gegenstand der Anforderungen. Abweichend von dieser Regelung werden in der neuen DIN 4109 aber Anforderungen an maximal zulässige Schalldruckpegel im eigenen Wohnbereich gestellt, die von gebäudetechnischen Anlagen im eigenen Bereich erzeugt werden.

Zum vorgesehenen Schallschutzniveau heißt es:

"Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr wahrgenommen bzw. als nicht belästigend wahrgenommen werden, auch wenn die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt werden. Daraus ergibt sich insbesondere die Notwendigkeit, gegenseitig Rücksicht zu nehmen."

Mit diesen Formulierungen und der Absicht, den Gesundheitsschutz sicherzustellen und unzumutbare Belästigungen zu vermeiden, ist offensichtlich, dass der Schallschutzanspruch der DIN 4109 ein Niveau definiert, das nicht grundsätzlich ungestörtes Wohnen gewährleistet. Tatsächlich sorgt die bauaufsichtliche Einführung dieser Anforderungen dafür, dass damit auch de facto ein rechtsverbindlicher Mindestschallschutz festgelegt wird, der nicht unterschritten werden darf.

#### 4.2.3 Struktur der neuen DIN 4109

Die DIN 4109 legt Anforderungen fest und definiert, wie die Erfüllung der Anforderungen nachzuweisen ist. Um dieser Auf-



Bild 11: Bei einer gehobenen Wohnanlage wird üblicherweise ein erhöhter Schallschutz erwartet.

gabe gerecht zu werden, gliedert sich die neue DIN 4109 in folgende vier Teile:

- DIN 4109-1: Anforderungen
- DIN 4109-2: Rechnerische Nachweise zur Erfüllung der Anforderungen
- DIN 4109-3: Bauteilkatalog
- DIN 4109-4: Messtechnische Nachweise des Schallschutzes.

Jeder Teil dieser Norm behandelt eigenständig und ausschließlich einen bestimmten Aspekt der Schallschutznormung. Nachfolgend werden die Grundzüge der einzelnen Teile vorgestellt.

#### Teil 1: Anforderungen

Die Anforderungen der neuen DIN 4109 an den baulichen Schallschutz decken denselben Umfang wie bislang ab:

- Schutz von Aufenthaltsräumen gegenüber Schallübertragung zwischen unterschiedlichen fremden Nutzungseinheiten (Luft- und Trittschallschutz),
- Schutz gegen Geräusche von Anlagen der Technischen Gebäudeausstattung (einschließlich der Wasserinstallation),
- Schutz gegen Geräusche aus Betrieben im selben oder in baulich damit verbundenen Gebäuden,
- Schutz gegen Außenlärm (Verkehrslärm, Lärm aus Gewerbe- und Industriebetrieben).

Teil 1 der neuen DIN 4109 enthält die Anforderungen an den baulichen Schallschutz. Diese sind in Zusammenhang mit ihrer bauaufsichtlichen Einführung als Mindestanforderungen zu verstehen. Einen erhöhten Schallschutz, wie er in der Vorgängernorm DIN 4109 (1989) noch in deren (nicht bauaufsichtlich eingeführten) Beiblatt 2 enthalten war, gibt es nicht mehr.

Eine wesentliche Änderung bedeutet die Einführung nachhallzeitbezogener Kenngrößen zur Formulierung der Anforderungen. Für den Luftschallschutz ist das die Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$ anstelle des Bau-Schalldämm-Maßes R'w Die Anforderungen richten sich damit nicht mehr an die trennenden Bauteile, sondern an den durch eine Schallpegeldifferenz beschriebenen Schallschutz zwischen zwei Räumen. Unterstützt wird dieses am Schallschutzgedanken orientierte Konzept durch die Einführung von Raumgruppen. Diese berücksichtigen die unterschiedliche Geräuschentwicklung und Geräuschempfindlichkeit in den betrachteten Räumen.

#### Teil 2: Rechnerische Nachweise

Wo Anforderungen bestehen, muss deren Erfüllung auch nachgewiesen werden können. Dafür werden entsprechende Nachweisverfahren benötigt. Nur in seltenen Ausnahmefällen wird für die bauaufsichtlichen Anforderungen eine Überprüfung durch Messungen am Bau gefordert.

Die schalltechnischen Nachweise der DIN 4109 werden im Regelfall durch Berechnung geführt. Auch zukünftig wird in Deutschland der rechnerische Nachweis die Grundlage der von DIN 4109 geforderten Schallschutznachweise sein. Es geht dabei um die Einhaltung der Schallschutzanforderungen im Gebäude. Der rechnerische Nachweis ist damit eine Prognoserechnung für den baulichen Schallschutz, der in einem bestimmten Gebäude erreicht werden soll.

Benötigt werden Berechnungsmodelle, die es erlauben, die bauakustischen Eigenschaften eines Gebäudes im Rahmen der gestellten Anforderungen ausreichend genau zu beschreiben. Die europäischen Berechnungsverfahren der DIN EN 12354 ([22] bis [27]) liefern hierfür einen systematischen und vollständigen Ansatz, der weit über die Möglichkeiten der bisherigen DIN 4109 hinausgeht. Damit steht ein wirkungsvolles und modernes Instrument für die Prognose des baulichen Schallschutzes zur Verfügung, das eine genauere und detailliertere schalltechnische Planung erlaubt und für mehr Planungssicherheit sorgt. Grundlegender Ansatz, auf den in den nachfolgenden Ausführungen weiter eingegangen wird, ist die Berechnung der schalltechnischen Gebäudeeigenschaften aus den schalltechnischen Bauteileigenschaften. Beides wird strikt von einander getrennt, sodass die Gefahr verhängnisvoller Verwechslungen nicht mehr hesteht

Die Nachweisverfahren der neuen DIN 4109 basieren auf den Verfahren der EN 12354. Allerdings wird nicht nur auf diese verwiesen, sondern es werden die für die Zwecke der DIN 4109 benötigten Inhalte in einem Dokument zusammengefasst. Dieses ist Teil 2 der DIN 4109. Es ist als Anwendungsdokument zu den europäischen Berechnungsnormen zu verstehen und enthält alles, was der Anwender im Rahmen der DIN 4109 für den geforderten Schallschutznachweis braucht.

#### Teil 3: Bauteilkatalog

Für die Durchführung der rechnerischen Nachweise werden schalltechnische Daten der in Frage kommenden Bauteile benötigt. Im Regelfall erfolgt die Datenbeschaffung über den Bauteilkatalog, den die neue DIN 4109 in ihrem Teil 3 zur Verfügung stellt. Schon in der DIN 4109 (1989) war mit den "Ausführungsbeispielen" des Beiblatts 1 zu DIN 4109 eine Bauteilsammlung verfügbar, die zusammen mit den Anforderungen baurechtlich eingeführt wurde. Angesichts

der herausragenden Bedeutung der Bauteilsammlung ist das auch für den neuen Teil 3 der DIN 4109 vorgesehen.

Auch wenn die bauaufsichtliche Einführung der Bauteilsammlung deren Anwendung primär im bauaufsichtlichen Bereich vermuten lässt, liegt schon jetzt ihre wirkliche Bedeutung im Bereich der üblichen bauakustischen Planung. Sie stellt das maßgebliche Planungsinstrument für den baulichen Schallschutz dar. Der neue Bauteilkatalog enthält die aktuellste Zusammenstellung von Bauteildaten, mit denen baulicher Schallschutz rechnerisch prognostiziert werden kann. Die Bedeutung als zentrales Planungsinstrument wird angesichts seiner Aktualität und zahlreicher neuer Daten noch zunehmen.

Alle für das Bauen mit Kalksandstein benötigten schalltechnischen Planungsdaten können aus dem neuen Bauteilkatalog entnommen werden.

Bauen mit Kalksandstein ist damit durch den Bauteilkatalog komplett abgedeckt.

#### Teil 4: Messtechnische Nachweise

Bauteile und Bauweisen, die nicht im Bauteilkatalog enthalten sind oder deren schalltechnische Eigenschaften von den dort genannten abweichen, können die für rechnerische Nachweise benötigten Eigenschaften auch über bauakustische Messungen in Prüfständen nachweisen. Die DIN 4109 (1989) spricht hier von "Eignungsprüfungen", obwohl genau genommen nicht die schalltechnische Eignung eines bestimmten Bauteils nachgewiesen wird, sondern lediglich dessen schalltechnische Eigenschaften, unabhängig von den Anforderungen, die im konkreten Anwendungsfall gestellt werden.

Neben den messtechnischen Nachweisen, die zur Ermittlung schalltechnischer Bauteileigenschaften in Prüfständen durchgeführt werden, gibt es die Güteprüfungen, mit denen die Einhaltung der bauakustischen Anforderungen in einem konkreten Gebäude messtechnisch überprüft werden kann. Diese Nachweise unterliegen den Regelungen der DIN 4109.

Teil 4 der neuen DIN 4109 benennt alle in Zusammenhang mit Eignungs- und Güte-prüfung anzuwendenden Messnormen und ergänzt bei Bedarf die bei den messtechnischen Nachweisen zusätzlich zu berücksichtigenden Regularien.

#### 4.3 Neues Anforderungskonzept

Ein methodisch begründetes und vollständiges Anforderungskonzept kann sich nicht mit der Nennung der Anforderungswerte begnügen. Es muss auch sagen, wie die Erfüllung der Anforderung nachgewiesen werden muss und mit welchen Instrumenten das zu geschehen hat. Nachfolgend werden einige Grundsätze dieses Konzepts erläutert. Besonders wird auf die Änderungen bei der Formulierung der Anforderungen eingegangen, da hier gegenüber der bisherigen DIN 4109 eine völlig neue Vorgehensweise vorgegeben wird.

#### 4.3.1 Neue Anforderungsgrößen

Eine entscheidende Änderung gegenüber den bisherigen Regelungen der DIN 4109 ist die vollständige Umstellung der Anforderungsgrößen auf nachhallzeitbezogene Kenngrößen. Für die Luftschallübertragung wird anstelle des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes  $R'_w$  die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  verwendet. Beim Bau-Schalldämm-Maß wird die Anforderung (gedanklich) an die trennenden Bauteile (Wände/Decken) gestellt.

Für den wahrnehmbaren Schallschutz ist nicht die Schalldämmung eines Bauteils, sondern die Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen maßgebend (Bild 12).

 $D_{nT,w}$  ist somit eine adäquate Größe zur Formulierung der Anforderungen an den Schallschutz.  $R'_{w}$  und  $D_{nT,w}$  können folgendermaßen ineinander umgerechnet werden:

$$D_{nT,w} = R'_{w} + 10 \ lg \left( \frac{0.32 \ V}{S} \right) dB$$
 (4.1)

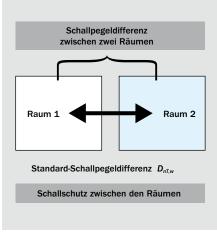


Bild 12: Beschreibung des Schallschutzes durch  $D_{nT,w}$ 

 $R'_w$  rückt die Schalldämmung der Bauteile in den Vordergrund,  $D_{nT,w}$  den resultierenden Schallschutz im Gebäude.

Für unterschiedlich große Volumina der Empfangsräume kann sich bei gleicher Schalldämmung der Bauteile eine sehr unterschiedliche Schallpegeldifferenz ergeben, sodass auch der realisierte Schallschutz unterschiedlich wahrgenommen wird (Bild 13).

Zur Vervollständigung des neuen Anforderungskonzeptes werden auch die anderen Anforderungen des baulichen Schallschutzes durch nachhallzeitbezogene Größen ausgedrückt. Für die Trittschallübertragung wird deshalb der bewertete Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$  durch den bewerteten Standard-Trittschallpegel  $L'_{n,T,w}$  ersetzt. Für Gebäudetechnische Anlagen wird als nachhallzeitbezogene Größe der maximaler Schalldruckpegel  $L_{AF,max,nT}$  nach DIN EN ISO 10052 [28] eingeführt.

Durch die neuen Anforderungsgrößen wird eine eindeutige Trennung zwischen der schalltechnischen Leistungsfähigkeit eines Bauteils ( $R_{\rm w}$  und  $L_{n,\rm w}$ ) und dem Schallschutz im Gebäude ( $D_{n,\rm T,w}$  und  $L'_{n,\rm T,w}$ ) hergestellt.

#### 4.3.2 Raumgruppenkonzept für die Anforderungen

Das Raumgruppenkonzept der neuen DIN 4109 geht auf Vorschläge in [29] und [30] zurück. Zur Einstufung der Räume in eine bestimmte Raumgruppe werden charakteristische akustische Eigenschaften beurteilt. Für den Luftschallschutz sind dies die (Luftschall)-Geräuschentwicklung, die Geräuschempfindlichkeit und der Anspruch an die Vertraulichkeit. Für den Trittschallschutz werden die Trittschallentwicklung und die Empfindlichkeit gegen Trittschall als Kriterien herangezogen. Räume, die hinsichtlich der genannten Kriterien als annähend gleich eingestuft werden

können, gehören derselben Raumgruppe an. Die Beschreibung typischer akustisch zu unterscheidender Raumgruppen erlaubt es, zwischen den einzelnen Raumgruppen in differenzierter Art und Weise die Anforderungen zu formulieren und als Grundlage für die bauakustische Planung zu verwenden.

Die Zuordnung von Räumen zueinander mit unterschiedlichen Schutzbedürfnissen und unterschiedlicher Nutzungssituation macht klar, dass es um den Schallschutz geht.

Raumgruppen werden für die folgenden Gebäudesituationen definiert:

- Raumgruppen in Gebäuden, die ganz oder teilweise Wohnzwecken dienen (Bezeichnung "WL" für Luftschallschutz und "WT" für Trittschallschutz)
- für Luftschallschutz in Hotels und Beherbergungsstätten (Bezeichnung "HL")
- Raumgruppen für Luftschallschutz in Krankenhäusern und Sanatorien (Bezeichnung "KL")
- Raumgruppen für Luftschallschutz in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen (Bezeichnung "SL")
- Raumgruppen für Trittschallschutz in Zweckbauten (Bezeichnung "ZT").

Die jeweils zutreffenden Anforderungen ergeben sich beim Luft- und Trittschall aus der Zuordnung der Raumgruppen zu einander.

Entsprechende Formulierung der raumgruppenabhängigen Anforderungswerte gibt es auch für Hotels und Beherbergungsstätten, für Krankenhäuser und Sanatorien sowie für Schulen und vergleichbare Einrichtungen.

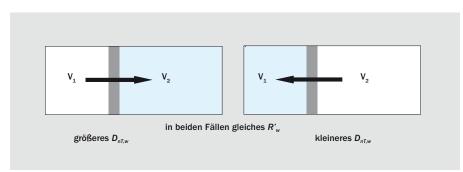


Bild 13: Abhängigkeit der Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$  vom Volumen des Empfangsraums

#### 5. DIE EUROPÄISCHE NORMUNG: URSACHEN UND WIRKUNGEN

### 5.1 Von der europäischen Normung zu einer neuen DIN 4109

Die Harmonisierung der für den bauakustischen Bereich zutreffenden Normen ist auf europäischer Ebene mittlerweile abgeschlossen. Folge der Umstellung ist eine komplette Überarbeitung der DIN 4109. Die maßgeblichen Gründe dafür sind:

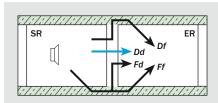
- Änderung von Prüfverfahren: Der bisherige Prüfstand mit bauähnlicher Flankenübertragung wurde abgeschafft. Kennzeichnende Größe für die Prüfung der Schalldämmung von Bauteilen im Labor ist ausschließlich R bzw. Rw.
- Die neuen Berechnungsverfahren sind (weitgehend) nicht kompatibel mit den Verfahren der bisherigen DIN 4109 (1989).
- Der derzeitige Bauteilkatalog (Ausführungsbeispiele in Beiblatt 1 zu DIN 4109 [31] [32]) muss völlig überarbeitet werden, da alle Angaben auf der Basis von R'w hinfällig geworden sind und neue Größen (vor allem Stoßstellendämm-Maß Kij) für den rechnerischen Nachweis dazugekommen sind.

#### 5.2 Neue Berechnungsverfahren

Für die Prognose des Schallschutzes in Gebäuden wurde das bei CEN zuständige Technische Komitee CEN/TC 126 beauftragt, in sechs Teilen Rechenverfahren für die Prognose des Schallschutzes zu erarbeiten:

- Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, DIN EN 12354-1 [22].
- Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen, DIN EN 12354-2 [23].
- Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm, DIN EN 12354-3 [24].
- Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie, DIN EN 12354-4 [25].
- Teil 5: Installationsgeräusche, DIN EN 12354-5 [26].
- Teil 6: Schallabsorption in Räumen, DIN EN 12354-6 [27].

Alle Teile liegen in deutscher Übersetzung als DIN EN-Normen der Normenreihe 12354 vor. Bei der Umsetzung im Rahmen der neuen DIN 4109 spielen die ersten



SR: Senderaum, ER: Empfangsraum Bezeichnung der Übertragungswege: D und d: direkte Übertragung über das Trennbauteil F und f: flanklerende Übertragung über die Flankenbauteile

Bild 14: Zu berücksichtigende Schallübertragungswege beim Vereinfachten Modell

beiden Teile die wichtigste Rolle. Insbesondere zum Teil 1 (Luftschalldämmung) wurden für den Massivbau umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, die sich mit der Anwendung des Berechnungsverfahrens und der Erarbeitung von Daten für den Bauteilkatalog beschäftigen.

Die für das neue DIN 4109-Konzept benötigten Teile werden – und dies konform mit europäischen Normungsgepflogenheiten – in einem so genannten Anwendungspapier zusammengestellt und für die nationale Anwendung aufbereitet.

#### 5.3 Das CEN-Rechenmodell

Die Rechenverfahren folgen im Wesentlichen den physikalisch nachvollziehbaren

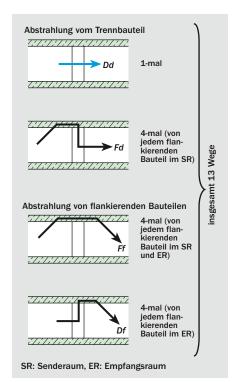


Bild 15: Direkte und flankierende Übertragungswege zwischen zwei Räumen

Gegebenheiten [33]. Das Grundprinzip ist einfach: Berücksichtigt werden alle Schallübertragungswege, deren einzelne Beiträge zur gesamten Schallübertragung aufsummiert werden. Jeder Weg kann unabhängig von den anderen Wegen behandelt und berechnet werden. Bild 14 zeigt die zu berücksichtigenden Wege für die Schallübertragung über das Trennbauteil und die flankierenden Bauteile.

Besondere Beachtung wird der flankierenden Übertragung beigemessen. Bild 15 zeigt, dass bei der üblichen Übertragungssituation (ein Trennbauteil, vier flankierende Bauteile) insgesamt 13 verschiedene Übertragungswege zu berücksichtigen sind. Davon entfallen zwölf Wege auf die flankierende Übertragung.

Für jeden dieser Übertragungswege kann ein eigenes Schalldämm-Maß ermittelt werden. Die resultierende Schalldämmung  $R'_{w}$  unter Berücksichtigung aller flankierenden Wege ergibt sich dann durch "energetische" Addition der einzelnen Schalldämm-Maße.

Es ist klar, dass diese Berechnung unter praktischen Bedingungen nicht von Hand, sondern mit Hilfe geeigneter Berechnungsprogramme durchgeführt wird. Schon an dieser Stelle zeigt sich, welcher Vorteil sich durch den vorliegenden Berechnungsansatz ergibt: Der Anteil jedes Übertragungsweges an der Gesamt-Schalldämmung kann einzeln betrachtet werden und bezüglich seines Einflusses auf das Endresultat beurteilt werden. Im Einzelfall kann, falls der Bedarf nach detaillierterer Betrachtung existiert, durch Variation der konstruktiven Eigenschaften die Auswirkung von Alternativlösungen auf den zu planenden Schallschutz ermittelt werden.

Den physikalischen Gegebenheiten folgend werden nicht nur die Eigenschaften der einzelnen Bauteile, sondern auch die akustischen Eigenschaften von Bauteilverbindungen (Stoßstellen) einbezogen. Die neue, dafür benötigte Größe ist das so genannte Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$ , durch welches die Schallübertragung über die Bauteilverbindung hinweg charakterisiert wird.

### 5.4 Im Brennpunkt: die flankierende Übertragung

Was passiert an der Stoßstelle? Bislang wurde diese Frage im Rahmen der bauakustischen Planung so noch nicht gestellt. Durch die europäischen Berechnungsverfahren rückt jetzt aber die flankierende Übertragung in den Mittelpunkt des Interesses. Dies wird alleine schon dadurch deutlich, dass von den 13 im Regelfall zu berücksichtigenden Übertragungswegen zwölf die flankierende Übertragung betreffen.

Die flankierende Schallübertragung über die Knotenpunkte von Bauteilen hinweg ("Stoßstellen") wird durch das so genannte Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  charakterisiert.  $K_{ij}$  wird damit zu einer zentralen Größe für die Berechnung der Schallübertragung im Gebäude.

Insgesamt lässt sich das Flanken-Schalldämm-Maß  $R_{ij,w}$  für die Übertragung von einem Bauteil (i) auf ein Bauteil (j) wie folgt beschreiben:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{i,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{I_0 \cdot I_f}$$
(5.1)

Diese Beziehung ist insofern wesentlich, als sie über die reine Berechnung hinaus verdeutlicht, was getan werden muss, um zu einer möglichst hohen Flanken-Schalldämmung (und damit zu einer geringen flankierenden Übertragung) zu kommen:

- Die Schalldämmung der flankierenden Wände (R<sub>i</sub> und R<sub>j</sub>) sollte möglichst hoch sein, da sie direkt in die Flankendämmung eingeht.
- Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  sollte ebenfalls möglichst hoch sein.

#### 5.5 Konsequenzen für die Planung

Das Schalldämm-Maß  $R_{\rm w}$  (zur Beschreibung der Bauteileigenschaft) und der Schallschutz im Gebäude (beschrieben z.B. durch das Bau-Schalldämm-Maß  $R'_{\rm w}$ ) sind zwei völlig verschiedene Dinge. Wie kommt man nun aber zum Schallschutz im Gebäude? Bild 16 zeigt, dass das nur noch durch Berechnung geschehen kann.

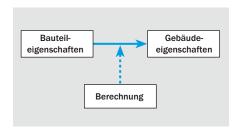


Bild 16: Von den Bauteileigenschaften zu den Gebäudeeigenschaften

Gezielt wird nun entsprechend dem Ansatz der europäischen Berechnungsverfahren die flankierende Übertragung in die Berechnung aufgenommen, sodass die Eigenschaften der Flankenwege für die Berechnung bekannt sein müssen. Mit dem zuvor erläuterten Ansatz wird es möglich und nötig, von der konstruktiven Seite her die flankierende Übertragung in die Planung aufzunehmen. In dieser Art wird der zukünftige Schallschutznachweis der neuen DIN 4109 durchgeführt. Vor dem Hintergrund der derzeitigen DIN 4109 (1989) ist das für den deutschen Anwender eine neue Vorgehensweise.

#### 5.6 Handlungsbedarf für die DIN 4109

Harmonisierte Prüfverfahren und Rechenmethoden berühren Konzept und Inhalt der DIN 4109 und deren Beiblatt 1 so weitgehend, dass eine komplette Überarbeitung notwendig wurde. Dafür waren vor allem die folgenden Schritte erforderlich:

- harmonisierte Rechenverfahren hinsichtlich der deutschen Baubedingungen verifizieren,
- den Bauteilkatalog überarbeiten, vor allem Eingangsdaten für die Direktdämmung massiver Bauteile und Eingangsdaten für Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$  verfügbar machen,
- Handlungsanleitungen zur Handhabung der Rechenverfahren erstellen (Anwendungsdokumente).

Betroffen vom Umstellungsdruck war vor allem der Massivbau, da dort alle bisherigen Bauteildaten auf der Basis von  $R'_w$ -Werten nicht mehr verwendet werden konnten und für die Stoßstellendämm-Maße ebenfalls nicht auf Vorhandenes zurückgegriffen werden konnte. Neue Werte mussten in beiden Fällen erst ermittelt und verifiziert werden.

### 6. UMSETZUNG DER EUROPÄISCHEN NORMUNG FÜR KALKSANDSTEIN

### 6.1 Forschung für die Praxis

Schon bald nachdem sich der Überarbeitungsbedarf der DIN 4109 und die Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes mit all ihren Konsequenzen abzeichneten, wurde seitens der Kalksandstein-Industrie ein umfangreiches Programm in die Wege geleitet mit dem Ziel, für das Bauen mit Kalksandstein die Weichen für die zukünftigen Vorgehensweisen zu stellen. Insbesondere ging es dabei um die folgenden Aufgaben:

- Verifizierung des CEN-Berechnungsverfahrens für das Bauen mit Kalksandstein.
- Bereitstellung abgesicherter Eingangsdaten für die Berechnung,
- Erarbeitung von Planungshilfen im Rahmen des neuen Schallschutzkonzeptes der zukünftigen DIN 4109.

Entsprechende umfangreiche Untersuchungen wurden an der Hochschule für Technik Stuttgart durchgeführt. Endergebnis dieser Untersuchungen [34] sind abgesicherte Bauteil-Kennwerte für Kalksandstein, die als realistische und verlässliche Beschreibung der Bauteileigenschaften betrachtet werden können und ein Berechnungsverfahren, das für die Anwendung unter den vorliegenden Massivbaubedingungen mit Kalksandstein zur bestmöglichen Prognose führt. Der schalltechnische Nachweis für das Bauen mit Kalksandstein kann komplett durch die Angaben im neuen Bauteilkatalog abgedeckt werden, ohne dass auf Angaben aus Prüfzeugnissen zurückgegriffen werden muss. Für die Durchführung der Berechnungen wurde ein Berechnungsprogramm entwickelt [35].

#### 6.2 Neue Massekurve für Kalksandstein

Im Bewusstsein der Anwender der DIN 4109 (1989) spielt die Tabelle 1 aus Beiblatt 1 der derzeitigen DIN 4109 eine zentrale Rolle. Mit Hilfe dieser Tabelle, die auch als "Massetabelle" bekannt ist, kann aus der flächenbezogenen Masse von einschaligen, biegesteifen Wänden und Decken das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{\rm w}$  (unter Berücksichtigung einer mittleren flankierenden Übertragung) ermittelt werden. Diese Kenngröße ist auf der Basis europäisch harmonisierter Normen aber nicht mehr zulässig. Benötigt wird also eine neue Massekurve auf der Basis von  $R_{\rm w}$ -Werten (ohne Flankenwege gemessen!).

Tafel 9: Schalldämm-Maße<sup>1)</sup> (ohne Flankenwege) von Kalksandsteinwänden<sup>2)</sup> der RDK 1,8<sup>3)</sup> entsprechend Massekurve (Bild 17)

•	,	
Wand- dicke [cm]	flächen- bezogene Masse m' [kg/m²]	Schalldämm- Maß R <sub>w</sub> [dB]
7	129	43,0
10	180	47,5
11,5	205,5	49,3
15	265	52,7
17,5	307,5	54,7
20	350	56,4
24	418	58,8
30	520	61,7
4)		

- $^{\rm 1)}$  Das Schalldämm-Maß  $\rm R_{\rm W}$  wird maßgeblich durch die flankierende Übertragung der angrenzenden Bauteile beeinflusst
- <sup>2)</sup> jeweils zzgl. 2 x 5 mm Dünnlagenputz (= 2 x 10 kg/m²)
- 3) Bei anderen RDK oder Putzdicken ergeben sich abweichende flächenbezogene Massen. Bei RDK 2,0 ergeben sich etwa 1,5 dB höhere Schalldämm-Maße als bei RDK 1,8.

Auf Grund umfangreicher Prüfstandsmessungen wurde eine Datenbasis gewonnen, aus der eine neue, abgesicherte Massekurve für Kalksandstein generiert werden konnte (Tafel 9). Diese Massekurve (Bild 17) wird durch folgende Gleichung beschrieben:

 $R_{\rm w} = 30.9 \log (m'_{\rm ges}/m'_0) - 22.2 [dB]$ mit der Bezugsgröße  $m'_0 = 1 \log/m^2$ (6.1)

Die Werte der neuen Massekurve können nicht unmittelbar mit den Werten der bisherigen Massetabelle aus Beiblatt 1 zu DIN 4109 verglichen werden, da es sich um zwei grundsätzlich unterschiedliche Größen handelt.

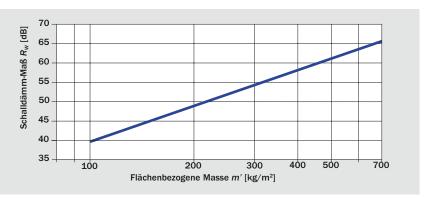


Bild 17: Massekurve für Kalksandstein

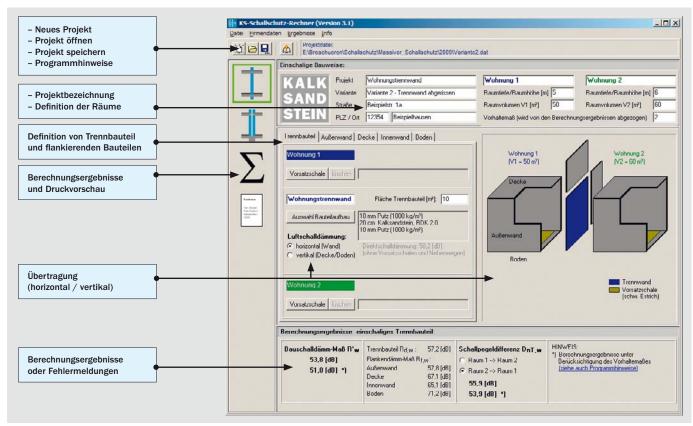


Bild 18: Übersicht Hauptformular des KS-Schallschutz-Rechners

# 6.3 Behandlung der Stoßstelle: neue Wege

Die detaillierte Berücksichtigung der flankierenden Übertragungswege im neuen Nachweisverfahren macht die Rolle der Stoßstellendämmung für den erreichbaren Schallschutz deutlich. Als neue Kenngröße muss bei der rechnerischen Ermittlung des Schallschutzes zukünftig das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  angewendet werden. Die Stoßstelle wird damit in die Planung einbezogen. Dieser Ansatz ist neu und erfordert, dass man sich nun auch unter schalltechnischen Gesichtspunkten mit der Stoßstellengestaltung beschäftigen muss. Stärker noch als bei den benötigten Schalldämm-Maßen zeigte sich allerdings hier der Mangel an verfügbaren Daten und Erfahrungen. Ein wesentlicher Bestandteil der beschriebenen Untersuchungen bestand deshalb in der experimentellen Ermittlung von Stoßstellendaten in Gebäuden und umfangreichen ergänzenden Untersuchungen im Labor. Neben der Festlegung von Werten für die Berechnung konnten auf diese Weise zusätzlich auch wesentliche Eigenschaften von Mauerwerkstoßstellen grundsätzlich und mit Hinblick auf bautechnische Fragestellungen untersucht werden.

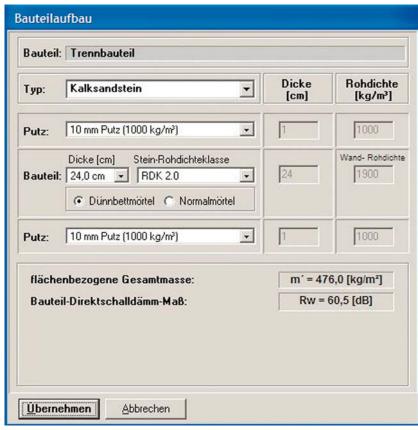


Bild 19: Formular "Bauteilaufbau" des KS-Schallschutz-Rechners

Tafel 10: Stoßstellenarten und Auswirkungen auf die flankierende Übertragung

Stoßstelle	T-Stoß	Kreuzstoß	Winkelstoß	Hinweise
Beispiel	Trennwand an Außenwand	Innere Trennwand	Versetzte Grundrisse	
Schalltechnisch starrer     Anschluss	EE			Stumpfstoß <sup>1)</sup> und verzahnter Stoß sind akustisch gleichwertig
Flankierendes Bauteil durchgehend, Trennbauteil einseitig abgekoppelt				Erhöhte Übertragung über das flankierende Bauteil und Trennbau- teil
Trennbauteil durchgehend, flankierendes Bauteil einseitig abgekoppelt	E			Erheblich verringerte Übertragung über das flankierende Bauteil
Trennbauteil durchgehend, flankierendes Bauteil beidseitig abgekoppelt				keine Übertragung über das flankierende Bauteil und erhöhte Übertragung über das Trennbauteil

<sup>1)</sup> Bei Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten ist immer ein akustisch wirksamer Trennriss (= Entkoppelung) entsprechend den Beispielen 2 bis 4 anzunehmen.

# 6.4 Ein Berechnungsprogramm für Kalksandstein

Angesichts des Aufwandes, der bei den Berechnungen nach den europäischen Berechnungsverfahren getätigt werden muss, ist es naheliegend, die Berechnung des Schallschutzes mit Hilfe eines geeigneten Berechnungsprogramms durchzuführen. Ausgehend von den Vorgaben der DIN EN 12354-1 und unter Einbindung der aktuellen Forschungsergebnisse wurde deshalb für Kalksandstein eine eigene Software – der KS-Schallschutz-Rechner [35] – entwickelt.

Durch die einfache Handhabung, die exaktere Ermittlung der Flankendämmung sowie schnelle Variantenvergleiche kann eine effektive Schwachstellenanalyse betrieben und die Planung optimiert werden.

Die Berechnung der Luftschalldämmung basiert auf dem Vereinfachten Modell mit Einzahlwerten, so wie es im Rahmen der zukünftigen DIN 4109 vorgesehen ist. Der Anwendungsbereich liegt im Massivbaubereich.

Die Eingabe oder Auswahl der benötigten Angaben erfolgt über entsprechende Formulare (Bild 18).

Die Grafikausgabe erlaubt eine einfache und schnelle Zuweisung der benötigten Angaben zu den einzelnen Bauteilen. Die Berechnungsergebnisse zeigen außer dem Gesamtschalldämm-Maß das Schalldämm-Maß des Trennbauteils sowie die Flankendämm-Maße der einzelnen flankierenden Übertragungswege. So kann der Anteil einzelner Wege schnell erfasst und die maßgeblichen an der Übertragung beteiligten Wege identifiziert werden.

Mit dem Formular "Bauteilaufbau" werden die konstruktiven Eigenschaften der Bauteile festgelegt (Bild 19). Festlegung und Zuweisung von Vorsatzschalen-Systemen lassen sich über das Menü "Vorsatzschale" wählen.

Die im jeweiligen Übertragungsweg liegenden Stoßstellen müssen einzeln benannt werden, da deren schalltechnische Eigenschaften vom Stoßstellentyp abhängen. Das Formular "Stoßstellen" erlaubt die Auswahl unter verschiedenen Varianten. Tafel 10 zeigt die wählbaren Stoßstellenarten (Kreuzstoß, T-Stoß, Winkelstoß) und

die Auswirkungen auf die flankierende Übertragung. Unterschieden werden kann die Art der Kopplung: starrer Anschluss (z.B. durch Verzahnung der Wände oder vermörtelter, funktionstüchtiger Stumpfstoß) oder entkoppelter Anschluss (z.B. bei Abriss des Stumpfstoßes, ggf. auch geplant entkoppelt).

Neben den Bauteilen und den Stoßstellen gehen geometrische Angaben in die Berechnung ein. Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse erfolgt, wenn alle notwendigen Eingaben vorliegen.

Ein Dimensionierungsbeispiel mit dem KS-Schallschutz-Rechner zeigt Tafel 11. Variiert werden dabei die Eigenschaften des Trennbauteils und der flankierenden Bauteile. Außerdem wird die Bauteilverbindung an der Außenwand alternativ starr oder akustisch entkoppelt betrachtet. Die resultierende Schalldämmung  $R'_w$  unterscheidet sich bei den einzelnen Varianten um bis zu 5 dB. Bei den angegebenen R'w-Werten wurde zur Berücksichtigung der Unsicherheiten vom Berechnungsergebnis ein Abschlag von 2 dB vorgenommen. Dies entspricht dem für die neue DIN 4109 vorgesehenen Konzept zur Berücksichtigung von Unsicherheiten im Prognoseverfahren.

Tafel 11: Dimensionierung mit dem KS-Schallschutz-Rechner, Variationsrechnung

Horizontale Übertragung über Wohnungstrennwand 2,5 m x 5 m = 12,5 m $^2$  Werte mit Sicherheitsabschlag von 2 dB

Wohnungs- Boden Trennwand Decke		A	lußenwan	d	Innenwand		R' <sub>w</sub> [dB]		
d [cm]	RDK	d [cm]	d [cm]	RDK	Kopp- lung	d [cm]	RDK	Kopp- lung	
24	1,8	18	17,5	1,8	starr	11,5	1,8	starr	54,0
24	2,0	18	17,5	1,8	starr	11,5	1,8	starr	55,1
24	2,2	18	17,5	1,8	starr	11,5	1,8	starr	56,1
30	2,0	18	17,5	1,8	starr	11,5	1,8	starr	57,3
24	2,0	24	20	2,0	starr	20	2,0	starr	56,0
30	2,0	24	20	2,0	starr	20	2,0	starr	58,2
24	2,0	24	17,5	1,8	entk.	11,5	1,8	starr	56,1
24	2,2	24	17,5	1,8	entk.	11,5	1,8	starr	57,1
30	2,0	24	17,5	1,8	entk.	24,0	1,8	starr	58,9

Anhand solcher Berechnungsvarianten lässt sich schnell erkennen, was mit einer bestimmten Auslegung erreicht werden kann und wie eine sinnvolle Schallschutzplanung aussehen muss, um ein gefordertes Schallschutzniveau zu erreichen.

Außer der Berechnung von Gebäudesituationen mit einschaliger Bauweise bietet der KS-Schallschutz-Rechner auch die Möglichkeit, zweischalige Haustrennwände zwischen Doppel- oder Reihenhäusern zu berücksichtigen.

#### 7. HANDHABUNG DER (NEUEN) DIN 4109 IN DER PLANUNGSPRAXIS

#### 7.1 Grundlagen der Planung

In der neuen DIN 4109 ersetzen die Berechnungsverfahren in DIN 4109-2 und der Bauteilkatalog in DIN 4109-3 das bisherige Beiblatt 1 zu DIN 4109. Sie stellen damit die Grundlage für die bauakustische Planung dar. Für den Anwender wird vor allem der Bauteilkatalog bei der Planung im Vordergrund stehen.

Eine wesentliche Änderung ergibt sich durch die neue Struktur des Bauteilkatalogs. Dieser wird angesichts des wesentlich größeren Umfangs in einzelne Teile aufgeteilt, die verschiedene Anwendungsbereiche betreffen:

- Teil 1 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.1:
   Rahmendokument und Grundlagen
- Teil 2 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.2: Massivbau

- Teil 3 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.3: Holz-, Leicht- und Trockenbau
- Teil 4 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.4:
   Vorsatzkonstruktionen
- Teil 5 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.5: Fenster, Türen, Elemente
- Teil 6 Bauteilkatalog, DIN 4109-3.6: Gebäudetechnische Anlagen

DIN 4109-3.2 stellt die für den Massivbau wesentlichen Bauteildaten zur Verfügung.

7.2 Schalltechnische Planung mit  $D_{nT,w}$  Im Rahmen der neuen DIN 4109 werden die Anforderungen über so genannte nachhallzeitbezogene Größen formuliert. Für den Luftschallschutz ist das die Standard-Schallpegeldifferenz  $D_{nT,w}$ . Wie geht der Planer mit dieser Größe um?

Im Planungsprozess geht der Weg vom Schallschutz zur Gebäudekonstruktion und zur bauakustischen Dimensionierung der einzelnen Bauteile. Zuerst wird anhand der zutreffenden Raumgruppen das erforderliche  $D_{nT,w}$  festgelegt. Damit ist der geforderte Schallschutz beschrieben. Der Planer hat nun die Aufgabe, daraus die erforderlichen schalltechnischen Eigenschaften der Bauteile abzuleiten, um die Erfüllung der Anforderungen sicherzustellen. Er muss deshalb die Schallschutzgröße so "übersetzen", dass sie ihm die erforderliche Schalldämmung liefert, die von den Bauteilen zu erbringen ist. Das notwendige bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'<sub>w</sub>, welches der Bauteildimensionierung zugrunde gelegt wird, ergibt sich durch

$$R'_{w} = \text{erf. } D_{nT,w} + 10 \text{ lg}\left(\frac{3,1 \text{ S}}{V}\right) dB$$
 (7.1)

Dabei ist S die Fläche des Trennbauteils und V das Volumen des Empfangsraums.

Wegen der Volumenabhängigkeit muss dieser Vorgang raumspezifisch erfolgen. Bei gleichem  $erf.D_{nT,w}$  ergibt sich für kleine Räume ein größeres notwendiges  $R'_{w}$  als bei großen Räumen. Das ist eine direkte Folge des neuen Schallschutzkonzepts.

Die Einhaltung des benötigten  $R'_w$  muss planerisch sichergestellt werden durch die Festlegung geeigneter Decken- und Wandkonstruktionen. Dabei muss die (Direkt)-Dämmung des Trennbauteils und die Flankendämmung der flankierenden Bauteile berücksichtigt werden. Dies geschieht mit Hilfe des in Abschnitt 5.3 beschriebenen Berechnungsverfahrens. Analog wird bei der Realisierung des Trittschallschutzes verfahren.

Bei der planerischen Umsetzung des neuen Schallschutzkonzeptes sind einige Punkte zu beachten:

- Bei gleicher Schalldämmung der übertragenden Bauteile ergibt sich je nach Volumen des zu betrachtenden Empfangsraumes ein unterschiedliches D<sub>nT,w</sub>. Der vorhandene Schallschutz hängt von der Übertragungsrichtung ab.
- Im Sinne des Schallschutzes muss der Nachweis für die jeweils ungünstigste Situation erbracht werden: bei Schallübertragung zwischen unterschiedlich großen Räumen vom größeren in den kleineren Raum, bei unterschiedlich lauten Räumen vom lauteren in den leiseren Raum.
- Die Übertragungsrichtung spielt bei der vertikalen Schallübertragung keine große Rolle, da die Räume innerhalb eines Wohngebäudes üblicherweise gleich hoch sind. Bei üblichen Raumhöhen von etwa 2,5 m muss das zu planende  $R'_w$  um etwa 1 dB größer als das erforderliche  $D_{nT,w}$  sein.
- Diese Aussage gilt allerdings nur bei gleichen übereinanderliegenden Grundrissen. Bei versetzten Räumen können sich je nach Größe der verbleibenden (gemeinsamen) Trennbauteilfläche erhebliche Unterschiede ergeben.

Bei der horizontalen Übertragung kann als Abschätzung für kleinere Empfangsräume (Raumtiefe etwa 3 m)  $D_{n\overline{\iota},w} \approx R'_w$  angesetzt werden. Bei größeren Empfangsräumen (Raumtiefe etwa 6 m) kann  $D_{n\overline{\iota},w} \approx R'_w + 3$  dB abgeschätzt werden.

### 7.3 Rechnerischer Nachweis für zweischalige Haustrennwände

Durch die zweischalige Ausführung von Haustrennwänden kann gegenüber gleichschweren einschaligen Wänden eine wesentlich höhere Schalldämmung erreicht werden. Beiblatt 1 zu DIN 4109 (1989) enthält detaillierte Vorgaben für die Ausführung massiver zweischaliger Haustrennwände, mit denen eine fehlerfreie Ausführung und die Einhaltung der Anforderungen gewährleistet werden soll. Diese Vorgaben finden sich auch im Bauteilkatalog der neuen DIN 4109, sodass die Ausführungen nach Beiblatt 1 weiterhin Gültigkeit haben.

Darüber hinaus enthält Beiblatt 1 zu DIN 4109 ein Verfahren, mit dem das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_{w,R}$  einer massiven zweischaligen Haustrennwand für den Schallschutznachweis der DIN 4109 bestimmt werden kann. Nach diesem Verfahren darf auf das Schalldämm-Maß der gleichschweren einschaligen Wand (Summe beider Schalen und Berücksichtigung von Putzschichten) ein Zuschlag von 12 dB addiert werden:

$$R'_{w,R \text{ (zweischalig)}} = R'_{w,R \text{ (einschalig)}} + 12 dB (7.2)$$

Die nach dieser Methode ermittelten Schalldämm-Maße setzen eine sorgfältige Ausbildung der Trennfuge voraus. Es dürfen keine Schallbrücken auftreten. Der Zuschlag von 12 dB ist an die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit der Trennfuge gebunden. Ist dies erfüllt, werden in der Praxis allerdings auch die prognostizierten Werte erreicht, oft sogar deutlich überschritten.

Das so ermittelte Schalldämm-Maß ist nur für die Schallübertragung in Erd- und Obergeschossen von unterkellerten Gebäuden bzw. den Obergeschossen nicht unterkellerter Gebäude gültig.

Grundvoraussetzung ist, dass die Trennfuge ohne Unterbrechung vom Fundament bis zum Dach geführt wird. Bestehen Schallschutzanforderungen im Kellergeschoss (z.B. bei hochwertig genutzten Kellerräumen) oder im Erdgeschoss von nicht unterkellerten Gebäuden, kann dieses Verfahren nicht angewendet werden.

# 7.3.1 Geringere Schalldämmung bei unvollständiger Trennung

Im untersten Geschoss wird eine vollständige Trennung der Schalen aus baupraktischen Gründen meist nicht ausgeführt. Durchgehende Bodenplatten, Fundamente oder Außenwände bewirken eine Kopplung

der Schalen und vermindern dadurch die bei vollständiger Trennung erreichbare Schalldämmung. Der Zuschlag von 12 dB darf dann für die Berechnung der Schalldämmung im untersten Geschoss nicht angesetzt werden. Der ungünstigste Fall für die Schalldämmung einer durch Schalen- und Fugenausbildung festgelegten Haustrennwandkonstruktion ergibt sich, wenn der Keller als weiße Wanne ausgeführt wird, d.h. Bodenplatte und Kelleraußenwände nicht getrennt sind. In diesem Fall ist sogar die Schalldämmung im Erdgeschoss vermindert und dort der Zuschlag von 12 dB ebenfalls nicht ansetzbar.

In den oberen Geschossen hat die Fundamentausbildung nur einen geringen Einfluss auf das Schalldämm-Maß. Für die Schallübertragung im untersten Geschoss ist die Ausbildung des Fundaments jedoch von entscheidender Bedeutung.

Im Wesentlichen sind dabei die in Tafel 12 dargestellten Fälle 1 bis 3 zu unterscheiden:

- durchlaufende Bodenplatte (Fall 1)
- getrennte Bodenplatten, gemeinsames Fundament (Fall 2)
- getrennte Bodenplatten, getrennte Fundamente (Fall 3)

Tafel 12: Zweischaligkeitszuschlag  $\Delta R_{w,Tr}$  für zweischalige Haustrennwände in Abhängigkeit von der Fundamentausbildung und der Raumsituation (Flankierende Bauteile mit mittlerer flächenbezogener Masse  $m'_{t,m} \approx 300 \text{ kg/m}^2$ )

Fall 1: gemeinsame Bodenplatte	Fall 2: getrennte Bodenplatten, gemeinsames Fundament	Fall 3: getrennte Bodenplatten, getrennte Fundamente	Fall 4: durchgehende Trennfuge bis zum Fundament	
Räume direkt über der Bodenplatte	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume direkt über den Bodenplatten	Räume mindestens 1 Etage über dem Fundament	
$\Delta R_{w,Tr} = +$ 6 dB bei durchgehenden Außenwänden (m $^4 \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ) im Keller: $\Delta R_{w,T} = +$ 3 dB	$\Delta R_{w,T}$ = + 6 dB es konnten deutlich höhere Werte gemessen werden [36], jedoch wurde wegen der noch geringen Datenmenge eine Erhöhung des Zuschlags um 3 dB noch nicht vorgenommen	s konnten deutlich höhere Werte gemessen werden [36], jedoch wurde wegen der noch geringen Datenmenge eine Erhöhung des Zuschlags um 3 dB noch nicht $\Delta R_{w,T} = +9$ dB		
m' ≥ 575 kg/m²				

### 7.3.2 Prognose des Schalldämm-Maßes zweischaliger Haustrennwände

Das in der bisherigen DIN 4109 Beiblatt 1 (1989) angegebene Verfahren für die vereinfachte Prognose von bewerteten Schalldämm-Maßen zweischaliger massiver Haustrennwände wird in der neuen DIN 4109 in weiterentwickelter Form verwendet. Um die verschiedenen Randbedingungen zu berücksichtigen, wird dabei statt eines pauschalen Zuschlags von 12 dB ein abgestufter Zuschlag (Zweischaligkeitszuschlag  $\Delta R_{w,TR}$ ) vergeben, der in 3-dB-Stufen die unterschiedlichen Kopplungsbedingungen im Fundamentbereich bei unvollständiger Trennung und unterschiedliche Raumsituationen berücksichtigt. Die berücksichtigten Situationen werden zusammen mit den dafür geltenden Zweischaligkeitszuschlägen in Tafel 12 dargestellt.

Für vollständige Trennung der Schalen (Fall 4) entspricht das Verfahren mit einem Zuschlag von 12 dB dem Vorgehen in Beiblatt 1 zu DIN 4109 (1989). Für nicht vollständige Trennung der Schalen im untersten Geschoss ergeben sich je nach vorliegender Situation Zuschläge von 3, 6 oder 9 dB. Der Ansatz zu diesem Verfahren stützt sich auf einen Vorschlag in [36] und Untersuchungen in [37].

Das prognostizierte Schalldämm-Maß ergibt sich nach folgender Formel:

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,TR} - K \tag{7.3}$$

mit

R'<sub>w,2</sub> bewertetes Schalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand

 $R'_{\text{w,1}}$  Schalldämm-Maß einer gleichschweren einschaligen Wand

 $\Delta R_{w,Tr}$  Zweischaligkeitszuschlag in Abhängigkeit von der Kopplung im Fundamentbereich, siehe Tafel 12

K Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

 $R'_{w,1}$  kann aus der flächenbezogenen Masse m' der gleichschweren Wand ermittelt werden:

$$R'_{w,1} = 28 \text{ Ig m'} - 20 \text{ dB}$$
 (7.4)

Da in dieser Beziehung bereits ein Vorhaltemaß von 2 dB enthalten ist, sind keine weiteren Sicherheitsabschläge erforderlich.

#### 7.4 Außenlärm

#### 7.4.1 Anforderungen

Zum Schutz gegen Außenlärm werden Anforderungen an die Außenbauteile (z.B. Wände, Fenster, Türen, Decken und Dächer) gestellt. Dazu soll deren Schalldämmung so hoch sein, dass der in die Aufenthaltsräume eindringende Lärm einen zumutbaren Schallpegel nicht überschreitet. Durch die Umstellung auf nachhallzeitbezogene Größen ist  $D_{nT,w}$  auch hier die maßgebliche kennzeichnende Größe zur Formulierung der Anforderungen geworden. Die grundsätzliche Vorgehensweise hat sich allerdings nicht geändert. Es wird wie zuvor die Gesamtbelastung zu Grunde gelegt, die je nach Situation die Anteile der Geräuscheinwirkung von Straßen-, Schienen- und Wasserverkehrs sowie von Gewerbe- und Industrieanlagen erfasst. Die Anforderungen gelten nicht für den Schutz gegen Fluglärm, soweit die Schallschutzmaßnahmen durch das "Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm" [38] geregelt sind.

An den Zahlenwerten der Anforderungen hat sich nach der Umstellung auf  $D_{nT,w}$  gegenüber der bisherigen DIN 4109 (1989) nichts geändert (siehe Anhang dort). Damit bleiben die Anforderungen an Außenbauteile gleich, denn de facto wurden sie bereits bisher so formuliert, dass ein  $D_{nT,w}$  zur Anwendung kam, auch wenn das so nicht unmittelbar erkennbar war.

Es gibt drei Raumarten, die sich nach der Nutzungsart und der Anforderungshöhe unterscheiden:

- Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien
- Wohn- und Schlafräume
- Unterrichts- und Arbeitsräume

Entsprechend dem "Maßgeblichen Außengeräuschpegel"  $L_{\text{MAP}}$  (früher "Maßgeblicher Außenlärmpegel" genannt) erfolgt eine Einstufung in einen der sieben Pegelbereiche (zuvor "Lärmpegelbereiche"), denen die erforderlichen Werte des  $D_{nT,w}$  zugeordnet sind.

#### 7.4.2 Nachweise

Für die Planung und den Nachweis des Schutzes gegen Außenlärm muss zuerst der maßgebliche Außengeräuschpegel  $L_{\rm MAP}$  bekannt sein. Nur in Ausnahmefällen wird er durch Schallpegelmessungen vor Ort bestimmt. Er kann in Bebauungsplänen festgelegt sein, aus amtlichen Lärmkarten

oder Lärmminderungsplänen entnommen oder beispielsweise für Verkehrslärm aus der Verkehrsbelastung von Straßen ermittelt werden. Je nach Art der Geräuschquellen sind bei der Ermittlung des  $L_{\text{MAP}}$  unterschiedliche Regelungen zu berücksichtigen, die in DIN 4109-2 (Rechenverfahren) und DIN 4109-4 (messtechnische Nachweise) benannt werden.

Anhand des  $L_{MAP}$  wird für den zutreffenden Pegelbereich das geforderte  $D_{nT,w}$  bestimmt. Bauakustisch relevant für die Dimensionierung der Außenbauteile ist die Umsetzung des erforderlichen  $D_{nT,w}$  in ein entsprechendes Bau-Schalldämm-Maß des Außenbauteils. Dazu wird nach Gl. (7.1) aus dem erf.  $D_{nT,w}$  das benötigte  $R'_{w}$  berechnet.

Die Anforderung gilt immer an das gesamte Außenbauteil. Wenn dieses aus verschiedenen Teilflächen mit unterschiedlicher Schalldämmung besteht, z.B. aus einer Wand mit Fenstern und Einbauten wie Rollladenkästen und Lüftungseinrichtungen, dann sind die einzelnen Teilflächen mit ihrer jeweiligen Schalldämmung einzubeziehen.

Im Zuge der weiteren Planung wird deshalb zuerst die resultierende Schalldämmung  $R_{w,res}$  des gesamten Außenbauteils errechnet. Dazu werden für die Gesamtfläche S $_{ges}$  des gesamten Bauteils die Teilflächen S $_i$  der einzelnen Elemente mit ihren jeweiligen bewerteten SchalldämmMaßen  $R_{w,i}$  berücksichtigt, sodass sich die resultierende Gesamtdämmung  $R_{w,res}$  des Außenbauteils wie folgt ergibt:

$$R_{w,res} = -10 \ lg \left( \frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^{n} S_i \cdot 10^{\frac{-R_{w,i}}{10}} \right) dB$$
(7.5)

Zu beachten ist bei dieser Rechnung, dass mit den Schalldämm-Maßen  $R_{\rm w,i}$  immer die Direktdämmung der einzelnen Elemente gemeint ist. Auch die resultierende Gesamtdämmung  $R_{\rm w,res}$  beschreibt damit zuerst einmal nur die Direktdämmung des gesamten Außenbauteils. Zur Erfüllung der Anforderungen muss aber ein Bau-Schalldämm-Maß  $R_{\rm w,res}$  betrachtet werden. Das bedeutet, dass für die Gesamtübertragung des Außenlärms in den Empfangsraum außer der direkten Schallübertragung auch die Übertragung über flankierende Bauteile berücksichtigt werden muss. Die

Flankenübertragung kann prinzipiell nach den Methoden des europäischen Berechnungsmodells berechnet werden und wird zu der zuvor berechneten Direktübertragung addiert. Der Anteil der flankierenden Übertragung ist im Einzelfall zu prüfen.

Wie Bild 20 zeigt, wird im vorliegenden Fall die resultierende Schalldämmung von den Fenstern bestimmt. Die schalltechnische Leistungsfähigkeit der Wand kommt nicht zum Tragen.

Aus dem nach Gl. (7.5) notwendigen Direkt-Schalldämm-Maß der gesamten Fassade kann nicht unmittelbar auf die benötigte Schalldämmung der einzelnen Bauteile geschlossen werden. Eine schlechtere Schalldämmung des einen Bauteils kann (in gewissen Grenzen) durch eine bessere Schalldämmung eines anderen Bauteils ausgeglichen werden. So ist es die planerische Aufgabe, die Zusammenstellung der einzelnen Bauteile so vorzunehmen, dass sich hinsichtlich der Flächenanteile und Schalldämm-Maße der einzelnen Bauteile die geforderte resultierende Schalldämmung des gesamten Bauteils ergibt.

Auch beim Schutz gegen Außenlärm muss nach Gl. (7.1) das Volumen des Empfangsraumes berücksichtigt werden, wenn die Schalldämmung der Außenbauteile festgelegt wird. Für größere Räume ist dann eine geringere resultierende Schalldämmung erforderlich. Die Richtungsabhängigkeit des  $D_{nT,w}$  spielt dagegen keine Rolle, da die Übertragungsrichtung vorgegeben ist.

#### 7.4.3 Konstruktionen

Bei der Dimensionierung des Schallschutzes gegen Außenlärm werden die Schalldämm-Maße der einzelnen Bauteile benötigt. Dafür gelten die folgenden Angaben.

#### Wände

Für einschalige homogene Außenwände kann das bewertete Schalldämm-Maß in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse bestimmt werden. Für einschalige Außenwände aus Kalksandstein gilt die Massekurve in Gl. (6.1).

Fenster (30%)

Wand

(70%)

 Außenwand Kalksandstein 17,5 cm, RDK 2,0 mit WDVS:

 $R_{w \; (Wand)} = 56 \; \mathrm{dB} \; \mathrm{nach} \; \mathrm{Massekurve} \; \mathrm{Kalksandstein} \; (\mathrm{Gl.} \; (6.1))$ 

WDVS mit  $\Delta R_w = + 2 \text{ dB}$ 

 $R_{w \, (Wand + WDVS)} = (56 + 2) \, dB = 58 \, dB$ 



 $R_{w (Fenster)} = 35 \text{ dB}$ 

Fensterflächenanteil 30 %



$$R_{w,res} = -10 \ lg \left( 0.7 \cdot 10^{\frac{-58}{10}} + 0.3 \cdot 10^{\frac{-35}{10}} \right) = 40 \ dB$$

Ermittlung des Bau-Schalldämm-Maßes R'<sub>w,res</sub>
Berücksichtigung der flankierenden Übertragung
Annahme: keine Korrektur erforderlich, da ausreichend schwere Flankenbauteile

 $R'_{w,res} = 40 \text{ dB}$ 

Ermittlung der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz nach Gl. (3.3)
 Wohnraum

Außenwandfläche  $S = 10 \text{ m}^2$ 

Raumvolumen  $V = 50 \text{ m}^3$ 

 $D_{nT,w} = R'_{w,res} + 2dB = 42 dB$ 

Berücksichtigung Sicherheitsabschlag 2 dB auf Berechnungsergebnis:  $D_{nTwR} = 40 \text{ dB}$ 

Beurteilung: Die Außenwand erfüllt die Anforderung für den Pegelbereich IV.

Bild 20: Beispiel für eine KS-Außenwand mit 30% Fensteranteil

# 8. HINWEISE FÜR PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

Ein guter Schallschutz muss planerisch und konstruktiv richtig umgesetzt werden.

Die Ausführungen dieses Abschnitts erläutern, welche schalltechnischen Fragestellungen bei Wänden in unterschiedlichen Funktionen (Wohnungstrennwand, Installationswand, Außenwand, Haustrennwand) zu lösen sind, wie die flankierende Übertragung beherrscht wird, wie lästige Installationsgeräusche vermieden werden und wie der Schallschutz im eigenen Wohnbereich gestaltet werden kann.

### 8.1 Allgemeine Hinweise für Wohnungstrennwände

Beim Schallschutz zwischen Nachbarräumen steht die Wohnungstrennwand im Mittelpunkt des Interesses. Durch die Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes wird nun klar erkennbar, an welcher Stelle deren Bauteileigenschaften und an welcher Stelle die Gebäudeeigenschaften für den resultierenden Schallschutz im Gebäude verantwortlich sind. Eine saubere Trennung der beiden Bereiche gemäß den Ausführungen in Abschnitt 3.2 sorgt für Klarheit bei der schalltechnischen Planung.

#### 8.1.1 Bauteileigenschaften der Wand

Die Direktdämmung  $R_{\rm w}$  beschreibt als Bauteileigenschaft die schalltechnische Leistungsfähigkeit der Wand. Die bekannten KS-Mauerwerkskonstruktionen im Außenwand- und Innenwandbereich bedürfen dafür keines besonderen Nachweises. Sie sind vollständig über die KS-Massekurve (siehe Gl. (6.1) und Bild 17) abgedeckt.

Bezüglich der schalltechnischen Funktionsfähigkeit von KS-Wänden wird auf Abschnitt 8.2 hingewiesen, wo ausführungstechnische Fragestellungen behandelt werden. Damit wird sichergestellt, dass die aus der Massekurve ermittelte Direktdämmung einer ausgeführten Wand unter baupraktischen Bedingungen erreicht wird.

### 8.1.2 Einbindung der Wand in das Schallschutzkonzept

Schallschutz ist eine Gebäudeeigenschaft. Die Bauteileigenschaften der Trennwand liefern für das resultierende Ergebnis einen wesentlichen, aber nicht den einzigen Beitrag. Beispielhaft zeigt Tafel 7, wie die Direktdämmung  $R_{\rm w}$  verschiedener Woh-

nungstrennwände durch den Einfluss der flankierenden Übertragung gemindert wird und sich im Endergebnis eine niedrigere resultierende Schalldämmung  $R'_w$  ergibt. Das erreichte Ergebnis hängt maßgeblich von der Gestaltung der Flankenbauteile ab. Das Fazit lautet:

Die Wohnungstrennwand muss in ein schalltechnisches Gesamtkonzept eingebunden werden. Sie kann nicht isoliert betrachtet werden.

Der Einfluss der Flankenübertragung kann mit Hilfe der europäischen Berechnungsverfahren detailliert beschrieben werden. Die Einbindung der Trennwand in das bauakustische Gesamtkonzept lässt sich leicht erkennen, wenn unterschiedliche Varianten für Trennwand und Flankenbauteile durchgespielt werden. Hier ist die Dimensionierung mit dem KS-Schallschutz-Rechner hilfreich. Ein Beispiel dafür zeigt Tafel 11.

Wie soll nun die Wohnungstrennwand dimensioniert werden? Eine Antwort darauf kann erst mit Hinblick auf das geforderte  $D_{nT,w}$  gegeben werden. Dabei sind neben der grundsätzlichen Frage, welcher Schallschutz im aktuellen Fall geschuldet wird, Raumvolumen und Grundrisssituation zu berücksichtigen. Tafel 13 zeigt als Beispiel, dass sich für das  $D_{nTw}$  je nach Raumvolumen und Grundrisssituation unterschiedliche Werte ergeben, obwohl das vorhandene Bauschalldämm-Maß in allen betrachteten Fällen gleich ist. Wenn als Anforderung beispielsweise erf.  $D_{nTw} = 53$  dB angenommen wird, dann müsste im Fall 1 das Bau-Schalldämm-Maß um 1 dB erhöht werden. Im Fall 4 dagegen könnte es theoretisch um 5 dB abgesenkt werden.

## 8.2 Ausführung von Wänden: Schallschutz im Detail

Maßnahmen zur Sicherstellung des Schallschutzes betreffen nicht nur die Planung. Auch bei der Ausführung sind wesentliche Aspekte zu berücksichtigen. Das aus der flächenbezogenen Masse zu erwartende Schalldämm-Maß (siehe Massekurve) einer Mauerwerkswand kann nur dann erreicht werden, wenn nicht Installationen, Fugen, Schlitze oder Undichtigkeiten die Schalldämmung verringern.

### 8.2.1 Putzschichten und nicht vermörtelte Stoßfugen

Immer wieder wird vermutet, dass die Schalldämmung bei offenen Fugen auch deshalb leidet, weil die flächenbezogene Masse der Wand reduziert wird. Falls offene Fugen im Mauerwerk vorhanden sind, verringert sich die flächenbezogene Masse in etwa proportional zum Anteil der Fugenfläche an der Gesamtfläche. Selbst wenn offene Fugenflächen im ungünstigsten Fall einen Flächenanteil von 1 % haben sollten, fällt die Verminderung der flächenbezogenen Masse schalltechnisch nicht ins Gewicht, sodass dadurch keine Minderung der Schalldämmung zu berücksichtigen ist. Kritisch ist bei offenen Fugen vielmehr der direkte Schalldurchgang, der die Schalldämmung erheblich mindern kann. Der in Gl. (6.1) angegebene Zusammenhang zwischen flächenbezogener Masse m' und bewertetem Schalldämm-Maß R<sub>w</sub> der Wand setzt einen fugendichten Aufbau voraus.

Sichtbar bleibende, offene Fugen sind deshalb auf jeden Fall zu vermeiden. Die Wand muss im schalltechnischen Sinne abgedichtet werden, z.B. mit Putz. Zu beachten ist dabei die Vorgabe der Mauerwerksnorm DIN 1053-1 (November 1996), die in Abschnitt 9.2.2 vorschreibt, dass bei nicht knirsch verlegten Steinen mit Fugendicken > 5 mm die Fugen an der Außenseite beim Mauern mit Mörtel verschlossen werden müssen.

Untersuchungen belegen, dass für eine ausreichende schalltechnische Abdichtung von Wänden mit unvermörtelten Stoßfugen bereits dünne Putze auf beiden Seiten ausreichend sind. In [39] wird anhand von Laboruntersuchungen für eine KS-Wand (17,5 cm KS-Vollsteine, 12 DF, unvermörtelte Stoßfugen mit Nut-Feder-System) gezeigt, dass mit beidseitigem Dünnlagenputz (mittlere Dicke ca. 5 mm) die schalltechnische Dichtigkeit hergestellt werden kann. Bei dickeren Putzschichten steigt die Schalldämmung dann nur noch entsprechend dem Massezuwachs an, ohne dass schalltechnisch die Dichtigkeit weiter erhöht würde.

Die schalltechnisch ausreichende Abdichtung mit dünnen Putzen setzt voraus, dass die Wand im Stoßfugenbereich sorgfältig und ohne unnötige Fugen aufgemauert wurde. Im Zweifelsfall sollte zumindest einseitig auf dickere Putzschichten (ca. 10 mm) zurückgegriffen werden.

Bei sichtbar belassenem Mauerwerk müssen die Stoßfugen vermörtelt sein, auch wenn die Stirnseiten der Steine mit Nutund Feder-System ausgestattet sind (z.B. KS-Fasenstein). Falls diese Vermörtelung nicht erfolgt, muss – zumindest einseitig – eine dichtende, geschlossene Schicht, z.B. Dünnlagenputz oder Putz, aufgebracht werden.

Wird bei einer schalltechnisch undichten Rohbauwand ein Wand-Trockenputz durch Einbau von Gipskartonplatten mit einzelnen Gipsbatzen oder -streifen an der Wand befestigt, ist mit einer Verringerung der Schalldämmung gegenüber nass verputzten Wänden zu rechnen. Bei Verwendung von Trockenputzen muss die Wand daher schalltechnisch dicht sein bzw. vor dem Aufbringen des Trockenputzes z.B. durch Zuspachteln der Fugen abgedichtet werden.

### 8.2.2 KS-Wände mit Installationen und Einbauten

Schlitze und Einbauten wie z.B. Elektroinstallationen verringern die Wanddicke und damit die flächenbezogene Masse der Wand im Bereich der Einbaufläche, sodass die dort verbleibende Restwand eine verringerte Schalldämmung aufweist. Formal kann eine solche Wand mit Einbauten wie ein zusammengesetztes Bauteil mit Teilflächen unterschiedlicher Schalldämmung betrachtet werden, für das die resultie-

Tafel 13: Vergleich von  $R'_w$  und  $D_{nT,w}$  bei horizontaler Übertragung für verschiedene Raumsituationen

Raumbeschreibung (Raumhöhe 2,5 m)	kleiner Empfangsraum, Raumtiefe 2,5 m		großer Empfangsraum, Raumtiefe 5 m	
	① Trennwandlänge 4 m	② versetzter Grundriss	③ Trennwandlänge 4 m	④ versetzter Grundriss
Trennfläche S	10 m²	5 m <sup>2</sup>	10 m²	5 m²
Grundfläche	10 m²	10 m²	20 m²	20 m²
Raumvolumen V	25 m³	25 m³	50 m³	50 m³
R' <sub>w</sub>	53 dB	53 dB	53 dB	53 dB
D <sub>nT,w</sub>	52 dB	55 dB	55 dB	58 dB

rende Schalldämmung berechnet werden kann (siehe Gl. (7.5)). Es zeigt sich, dass selbst mehrere Steckdosen auf Grund ihrer kleinen Teilfläche und der ausreichend hohen Restdämmung der hinter dem Dosenbereich verbleibenden Wand bei Wohnungstrennwänden ( $m' > 410 \text{ kg/m}^2$ ,  $R'_{w,R}$  = 53 dB bei einer mittleren flächenbezogenen Masse der Flankenbauteile von etwa 300 kg/m²) die resultierende Schalldämmung nicht verringern. Auch bei beidseitiger Installation der Dosen muss nicht mit einer Minderung der Schalldämmung gerechnet werden, sofern die Öffnungen für die Dosen von beiden Seiten separat ohne durchgehende Bohrung hergestellt werden [36].

Zählerschränke, die zum Beispiel im Geschosswohnungsbau in Treppenraumwände eingebaut werden, führen bei dichter Ausführung der Zählerschranktür nach Untersuchungen von Gösele zu einer Verringerung der Schalldämmung von etwa 1 bis 2 dB. Zur Einhaltung der Anforderung an die Luftschalldämmung kann es erforderlich sein, die Zählerschränke ohne Verringerung des Wandquerschnitts einzubauen oder an anderer Stelle zu planen.

Falls Wände für die Unterputzverlegung von Rohrleitungen geschlitzt werden, sind die einschlägigen Regeln der Mauerwerksnormen zu berücksichtigen. Dem Schlitzen von Wänden sind damit deutlich engere Grenzen gesetzt, als es in der Praxis immer wieder zu beobachten ist. Lassen sich Schlitze für die Wasserinstallation nicht vermeiden, so müssen die erforderlichen Schlitze bereits bei der Planung berücksichtigt und als gemauerte Schlitze ausgeführt werden. Die Restwand darf nicht beschädigt oder undicht sein. Ihre flächenbezogene Masse zum schutzbedürftigen Raum hin soll mindestens 220 kg/m<sup>2</sup> betragen.

Aus akustischer Sicht gelten die zuvor schon erläuterten Bedingungen bei zusammengesetzten Bauteilen. Im Unterschied zu Steckdosen oder anderen kleinen Einbauten ist hier aber die Teilfläche mit verringerter Schalldämmung größer und die verbleibende Wanddicke kleiner, sodass die resultierende Schalldämmung verringert wird. Wird z.B. in einer 9 m² großen Wand ( $d = 240 \text{ mm}, m' > 410 \text{ kg/m}^2, R'_{w,R}$ = 53 dB bei einer mittleren flächenbezogenen Masse der Flankenbauteile von etwa 300 kg/m²) ein Schlitz von 100 mm Breite und 100 mm Tiefe über die gesamte Höhe der Wand angebracht, so sinkt die resultierende Schalldämmung um 0,5 dB.

Würde der Schlitz dagegen mit 150 mm Tiefe und 150 mm Breite ausgeführt, so würde die resultierende Schalldämmung der Wand um ca. 2 dB vermindert werden. Rechnerisch wäre damit die Einhaltung der derzeitigen Schallschutzanforderungen nach DIN 4109 (1989) an eine Wohnungstrennwand (erf.  $R'_{w} \ge 53$  dB) nicht mehr gegeben. In Beiblatt 2 zu DIN 4109 (1989) wird in diesem Zusammenhang darauf verwiesen, dass bei der Verlegung von Abwasserleitungen in Wandschlitzen die flächenbezogene Masse der Restwand zum schutzbedürftigen Raum hin mindestens 220 kg/m<sup>2</sup> betragen sollte. Bei einer Wohnungstrennwand von 240 mm Dicke (Stein-Rohdichte 1,8) entspräche dies einer Restwanddicke von ca. 130 mm bzw. einer maximal möglichen Schlitztiefe von ca. 110 mm.

Bei der Unterputzverlegung von Rohrleitungen besteht das schalltechnische Hauptproblem neben einer möglichen Minderung der Schalldämmung vor allem in der verstärkten Übertragung von Leitungsgeräuschen. Ohne vollständige und sorgfältig ausgeführte Körperschallisolierung in Form von geeigneten Rohrummantelungen besteht nämlich die Gefahr, dass die auf den Rohrwandungen vorhandenen Schwingungen über Körperschallbrücken auf die Wand übertragen werden. Eine verstärkte Weiterleitung der Installationsgeräusche und in der Regel eine Überschreitung der für Wasserinstallationen zulässigen Schallpegel sind die Folge.

Grundsätzlich kann die Körperschallentkopplung der Sanitärinstallation von der Installationswand als die wirksamste Maßnahme zur Minderung der Installationsgeräusche betrachtet werden. Darum gehören nicht nur Rohrleitungen, sondern alle Komponenten der Sanitärinstallationen vor die Wand. Die Vorwandinstallation stellt deshalb die einzige schalltechnisch sinnvolle und zeitgemäße Installationsweise dar. Die Verlegung von Leitungen in Wandschlitzen dagegen ist hochgradig durch Körperschallbrücken gefährdet. Nur wenn geeignete körperschallentkoppelnde Schallschutzprodukte verwendet werden (Nachweis durch Prüfzeugnisse!) und wenn eine absolut fehlerfreie (d.h. körperschallbrückenfreie) Verlegung der Leitungen garantiert werden kann, sollte eine Unterputzmontage verantwortet werden.

In diesem Zusammenhang weist die DIN 4109 sowohl in der bisherigen wie in der neuen Version als werkvertragliche Voraussetzung zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels darauf hin, dass die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilnahme vor Verschließen bzw. Verkleiden der Installation herangezogen werden muss. Weitere Details regelt ein ZVSHK-Merkblatt [40]. Dieses Merkblatt enthält in einem umfangreichen Anhang schalltechnische Planungs- und Ausführungshinweise für verschiedene Bereiche der Sanitärinstallation sowie darüber hinaus auch für Heizungsanlagen und raumlufttechnische Anlagen. Es stellt damit eine wirkungsvolle Hilfestellung zur Bewältigung der vielfachen schalltechnischen Aufgaben im Installationsbereich dar.

#### 8.2.3 KS-Wärmedämmstein

Wärmebrücken an kritischen Stellen, wie z.B. an Wandfußpunkten von Außenwänden oder Wandfußpunkten von Innenwänden über nicht beheizten Kellern oder Fundamentplatten, können vermindert werden, wenn als unterste Lage der Wand KS-ISO-Kimmsteine verwendet werden. Diese weisen eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine geringerer Rohdichte als das restliche Mauerwerk auf. Aus schalltechnischer Sicht stellt sich die Frage, ob dadurch die die Schalldämmung der gesamten Wand vermindert wird. Eine rechnerische Überprüfung und Untersuchungen im Prüfstand [41] an zwei bis auf die unterste Steinlage identischen Wandaufbauten ergaben, dass sich zwischen den Varianten "mit KS-Wärmedämmstein" und "ohne KS-Wärmedämmstein" kein Unterschied im bewerteten Schalldämm-Maß ergibt. Der messtechnische Nachweis erfolgte an einer 11 m² großen, 24 cm dicken Wand aus KS-Steinen KS-R P 20 - 1,8 - 8DF, jeweils mit und ohne unterste Lage aus KS-Wärmedämmsteinen der Rohdichteklasse 1.2.

### 8.3 Trennwände im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich

Zwar werden an den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich keine bauaufsichtlichen Anforderungen gestellt, aber dennoch ist Schallschutz dafür ein Thema.

Für die Trennwände in eigenen Bereich gelten sinngemäß die Ausführungen für Wohnungstrennwände. Als Besonderheit muss zwischen Wänden mit und ohne Türen unterschieden werden. Fall sich Türen in den Wänden befinden, werden an die Türen separate Anforderungen gestellt.

#### 8.4 Installationswände

Ergänzend zu den Hinweisen zur Verlegung von Leitungen und Installationen an Wänden soll hier auf die Eigenschaften von Installationswänden näher eingegangen werden.

Schalltechnische Anforderungen an Wände mit Wasserinstallationen sind in der DIN 4109 nicht direkt formuliert. Vielmehr dürfen in schutzbedürftigen Räumen die Geräusche der Wasserinstallation einen maximal zulässigen Schalldruckpegel von 30 dB(A) nicht überschreiten. In DIN 4109 (1989) wird dieser Pegel  $L_{\rm In}$  genannt. In der neuen DIN 4109 heißt er  $L_{\rm AF, max, nT}$ . Die Einhaltung dieser Anforderung hängt von der vorhandenen Gesamtsituation ab. Hierzu gehören:

- die schalltechnischen Eigenschaften der verwendeten Installationen,
- die Montagebedingungen der Installationen (Ankoppelung an den Baukörper),
- die schalltechnischen Eigenschaften der Installationswände,
- die K\u00f6rperschall\u00fcbertragung \u00fcber flankierende Bauteile,
- die Grundrisssituation.

Die Installationswand kann deshalb nicht isoliert betrachtet werden, wenn es um die Einhaltung der Anforderungen geht. Aus schalltechnischer Sicht handelt es sich darum, dass die Installationswand von den Komponenten der Wasserinstallation (Armaturen, Rohrleitungen der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung, Sanitärobjekte wie Dusch- oder

Badewannen, Waschtische, Spülkästen etc.) möglichst wenig angeregt wird und dass möglichst wenig Schallenergie von der Installationswand abgestrahlt und auf benachbarte Bauteile weitergeleitet wird. Die Vorgabe nach geringer Luftschallabstrahlung betrifft im Wesentlichen die Schallübertragung in die direkt hinter der Installationswand liegenden Räume. Bei einer vernünftigen Grundrissplanung sind diese nach Bild 21 in der Regel allerdings Räume des eigenen Wohnbereichs, sodass dafür die Anforderungen der DIN 4109 nicht gelten.

Der diagonal unter der Installationswand liegende Raum ist dann im Sinne der DIN 4109 der nächste schutzbedürftige Raum im fremden Wohnbereich. Für solche Räume dominiert die Körperschallübertragung. Installationsgeräusche in fremden schutzbedürftigen Räumen sind deshalb in erster Linie ein Körperschallproblem. Erfahrungsgemäß kann unter Massivbaubedingungen davon ausgegangen werden, dass die Installationsgeräusche im diagonal unter der Installationswand liegenden Raum etwa 5 dB(A) leiser als im direkt dahinter liegenden Raum sind.

Eine möglichst geringe Anregung der Installationswand kann dadurch erzielt werden, dass die Installationskomponenten von der Wand körperschallentkoppelt werden. Eine wirkungsvolle Körperschallentkopplung kann am ehesten bei der Vorwandinstallation erreicht werden. Die Einmauerung der Installationskomponenten ist dabei wegen unkontrollierter Körperschallbrücken aus schalltechnischer Sicht abzulehnen. Schalltechnisch sinnvoll dagegen ist die in Trockenbauweise ausgeführte Vorwandinstallation. Zur Körperschallentkopplung der Installationskomponenten selbst stehen

mit elastischen Rohrschellen und körperschallisolierenden Rohrummantelungen, mit so genannten Schallschutzsets für Bade- und Duschwannen sowie Waschtischen und mit schalltechnisch entkoppelten Sanitärbausteinen inzwischen zahlreiche geeignete Produkte zur Verfügung. Sie sollten insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn erhöhte Anforderungen an den Schallschutz gestellt werden.

Eine möglichst geringe Anregung der Installationswand wird auch dadurch erreicht, dass sie eine möglichst hohe flächenbezogene Masse besitzt und damit der Anregung einen großen Widerstand entgegensetzt. Unter Abschnitt 7.2.2.4 benennt die DIN 4109 (1989) deshalb die Anforderungen an Wände mit Wasserinstallationen wie folgt:

"Einschalige Wände, an oder in denen Armaturen oder Wasserinstallationen (einschließlich Abwasserleitungen) befestigt sind, müssen eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² haben. Wände, die eine geringere flächenbezogene Masse als 220 kg/m² haben, dürfen verwendet werden, wenn durch eine Eignungsprüfung nachgewiesen ist, dass sie sich – bezogen auf die Übertragung von Installationsgeräuschen – nicht ungünstiger verhalten."

Eine ähnliche Formulierung findet sich auch in der neuen DIN 4109, wo die massive Wand mit 220 kg/m² zusammen mit den bereits in DIN 4109 (1989) formulierten installationstechnischen Randbedingungen als "Musterinstallationswand" bezeichnet wird.

Die genannte Forderung wird beispielsweise erfüllt von einer Wand mit einer Wanddicke von 11,5 cm, einer Rohdichteklasse 1,8 und beidseitiger Putzschicht. Die (Direkt)-Schalldämmung einer solchen Wand beträgt  $R_{\rm w}=50$  dB.

Die für abweichende Bedingungen geforderte Eignungsprüfung wird, von wenigen Ausnahmen abgesehen, so gut wie nie erbracht. Die in DIN 4109 (1989) genannte Vorgehensweise für diese Eignungsprüfung ist allerdings für die praktische Anwendung nur eingeschränkt tauglich, da lediglich die von Armaturen verursachten Geräusche berücksichtigt werden. Musterinstallationen, die für komplette Sanitärinstallationen in Kombination mit einer bestimmten Installationswand im Installationsprüfstand geprüft werden [42], erlauben dage-

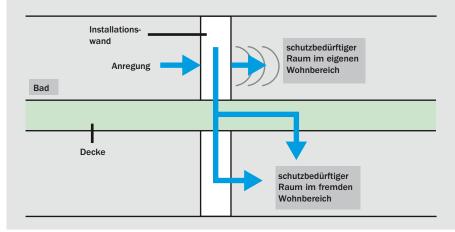


Bild 21: Übertragung von Installationsgeräuschen in benachbarte Räume

gen detaillierte Aussagen zum schalltechnischen Verhalten der Gesamtinstallation sowie Aussagen zur Einhaltung der Anforderungen unter bestimmten baulichen Bedingungen. Derartige Untersuchungen belegen, dass Mauerwerkswände in Verbindung mit schalltechnisch günstigen Installationen auch mit einer geringeren flächenbezogenen Masse als 220 kg/m² in der Lage sind, die Anforderungen der DIN 4109 zu erfüllen. Dies sollte allerdings stets durch aussagekräftige Prüfungen nachgewiesen werden.

Während die flächenbezogene Masse der Installationswand auf die Übertragung des von Sanitärinstallationen verursachten Körperschalls in den hinter der Installationswand liegenden Raum einen signifikanten Einfluss hat, gilt dies für die Übertragung in den diagonal nach unten gelegenen Raum nicht mehr im selben Maße. Bei kleiner werdender flächenbezogener Masse wächst nämlich die Stoßstellendämmung zwischen Installationswand und Boden an und wirkt damit in gewisser Weise der stärkeren Anregbarkeit der Wand entgegen. Die in DIN 4109 geforderte flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² ist für diese Grundrisssituation deshalb nicht zwingend geboten aber zu empfehlen.

### 8.5 Einschalige massive Wände mit biegeweichen Vorsatzschalen

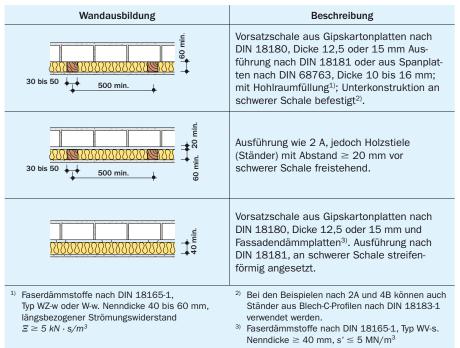
Biegeweiche Vorsatzschalen werden vor massiven einschaligen Wänden angebracht, um deren Schalldämmung zu verbessern. Das Grundprinzip besteht darin, dass mit der zweiten Schale ein zweischaliges Bauteil gebildet wird, das oberhalb seiner Resonanzfrequenz eine starke Erhöhung der ursprünglichen Schalldämmung besitzt. Beispiele für solche Vorsatzschalen zeigt Tafel 14.

Die Wirkung einer Vorsatzschale wird durch die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $\Delta R_w$  beschrieben. Die messtechnische Ermittlung dieser Größe erfolgt nach DIN EN ISO 140-16 [43]. Gegenüber der Handhabung in der bisherigen DIN 4109 (1989) kann nun die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion gemäß den Vorgaben der EN 12354-1 [22] aus dem Schalldämm-Maß der massiven Wand und der Verbesserung  $\Delta R_w$  additiv zusammengesetzt werden.

Für Vorsatzschalen, die sich auf die Direktdämmung eines Trennbauteils auswirken, gilt:

$$R_{w,Dd} = R_w + \Delta R_w \tag{8.1}$$

Tafel 14: Beispiele für Vorsatzschalen vor massiven Wänden



mit:

R<sub>w,Dd</sub> Direktdämmung

R<sub>w</sub> Schalldämm-Maß der Grundkonstruktion

 $\Delta R_{\rm w}$  Verbesserung durch die Vorsatzkonstruktion

Für Vorsatzschalen, die zur Verbesserung der Flankendämmung verwendet werden, gilt Gl. (5.1).

Wie in Bild 21 gezeigt wird, ist die Lage der Resonanzfrequenz entscheidend für die Wirkung der Vorsatzschale. Aus bauakustischer Sicht sollte diese so tief wie möglich liegen (Empfehlung:  $f_0 \le 80 \text{ Hz}$ ), damit die Verbesserung der Schalldämmung in einem möglichst großen Frequenzbereich zur Geltung kommt und die Verminderung der Schalldämmung durch den Resonanzeinbruch bei fo nicht störend in Erscheinung tritt. Werden allerdings Vorsatzschalen mit bauakustisch falsch dimensionierter Resonanzfrequenz verwendet, dann führt das anstelle einer Verbesserung zu einer Verschlechterung der Schalldämmung. Die Werte für  $\Delta R_w$ werden in diesem Fall negativ. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn aus Gründen der Wärmedämmung an einschalige, massive Wände Dämmplatten hoher dynamischer Steifigkeit – z.B. Holzwolle-Leichtbauplatten oder nicht elastifizierte Hartschaumplatten - vollflächig oder punktweise angesetzt werden, die durch Putz oder Fliesen abgedeckt werden. Die Resonanzfrequenz beträgt dann  $f_0 \ge 200$  Hz. Stattdessen sollten weich federnde Dämmschichten, d.h. Dämmschichten mit geringer dynamischer Steifigkeit, verwendet werden.

Werte für die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $\Delta R_{\rm w}$  enthält Tafel 15. Sie stammen aus DIN EN 12354-1 [22] und wurden in den Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 übernommen.

Tafel 15 zeigt, dass die erreichte Verbesserung  $\Delta R_{\scriptscriptstyle W}$  nicht nur von der Vorsatzschale selbst, sondern auch von der verwendeten massiven Wand abhängt.

Die Angaben in Tafel 15 gelten für biegeweiche Schalen und schwimmende Estriche. Falls ausschließlich biegeweiche Vorsatzschalen vor massiven Wänden verwendet werden, kann abweichend von den Werten in Tafel 15 für Resonanzfrequenzen  $30 \le f_0 \le 160$  Hz die Verbesserung  $\Delta R_w$  mit folgender Formel [44] berechnet werden:

$$\Delta R_w = (74.4 - 20 \text{ lg } f_0 - R_w/2) \ge 0 \quad (8.2)$$

Werden biegeweiche Vorsatzschalen an Sende- und Empfangsseite eines Übertragungsweges an trennenden oder flankierenden Bauteilen angebracht, so ist bei der Berechnung der resultierenden Gesamt-Schalldämmung entlang dieses Pfades die Vorsatzschale mit dem kleineren  $\Delta R_{\rm w}$ -Wert nur mit ihrem halben Wert anzusetzen.

Tafel 15: Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $\Delta R_{w}$  durch Vorsatzschalen (auch schwimmende Estriche) in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz [40]

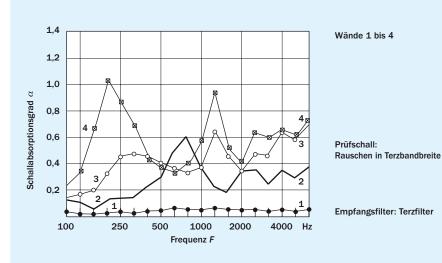
Resonanzfrequenz $f_0$ der Vorsatzschale [Hz]	$\Delta R_{w}$ [dB]
≤ 80	35 - R <sub>w</sub> /2
100	32 - R <sub>w</sub> /2
125	30 - R <sub>w</sub> /2
160	28 - R <sub>w</sub> /2
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 bis 1600	- 10
> 1600	- 5

Anmerkung 1: Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz beträgt der Mindestwert von  $\Delta R_{\rm w}$  0 dB Anmerkung 2: Für die Zwischenresonanzfrequenzen können die Werte durch lineare Interpolation aus dem Frequenz-Logrithmus abgeleitet werden.

Anmerkung 3: Rw bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß der Bezugswand/Bezugsdecke

Tafel 16: Ausführungsvarianten Schall absorbierender Vorsatzschalen

Wand	Konstruktionsbeschreibung	$\begin{array}{c} \text{mittlerer} \\ \text{Schallabsorp-} \\ \text{tionsgrad} \\ \alpha \end{array}$
1	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF	0,04
2	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 1 cm Mörtelfuge 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar (nicht durchgestoßen) 36,5 cm	0,24
3	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 6 cm Luftschicht 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoßen 41,5 cm	0,39
4	24 cm KS 12 – 1,8 – 2 DF 4 cm Mineralwolleplatten 11,5 cm KS L 12 – 1,4 – 2 DF Löcher sichtbar und durchgestoße 39,5 cm	0,52



### 8.6 Schallabsorption 8.6.1 Begriffe

Wenn in der Bauakustik von Schalldämmung die Rede ist, dann bezeichnet man damit den Vorgang, dass der Schall durch Hindernisse an der Ausbreitung gehindert wird. Die Schallenergie selbst bleibt erhalten. Im Gegensatz dazu handelt es sich bei der Schallabsorption um die Umwandlung von Schallenergie in Wärme. Den Schallwellen wird durch absorbierende Materialien (z.B. poröse Absorber, in die die Schallwellen eindringen können) Energie entzogen, sodass ihre Intensität vermindert wird.

Die Fähigkeit eines bestimmten Materials oder einer bestimmten Konstruktion, Schall zu absorbieren, wird durch den so genannten Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  charakterisiert. Er ergibt sich aus dem Verhältnis der nicht reflektierten zur auffallenden Schallenergie. Bei vollständiger Absorption (d.h. es wird keine Schallenergie reflektiert) hat er den Wert 1. Bei vollständiger Reflexion (d.h. es wird nichts absorbiert) gilt  $\alpha=0$ . Der Schallabsorptionsgrad ist frequenzabhängig und wird nach DIN EN ISO 354 [45] im Hallraum bestimmt.

Wenn man das vorhandene Schallabsorptionsvermögen einer absorbierenden Fläche oder eines absorbierenden Gegenstandes quantitativ charakterisieren möchte, dann geschieht das durch die so genannte äquivalente Absorptionsfläche A. Diese ist eine fiktive, vollständig absorbierende Fläche ( $\alpha=1$ ), die so groß gewählt wird, dass sie insgesamt genauso viel Schallenergie absorbiert wie die betreffende Fläche oder der betreffende Gegenstand.

Mit der Nachhallzeit T wird die Zeit beschrieben, die die Schallenergie in einem Raum benötigt, um nach dem Abschalten der Schallquelle auf 1/1000.000 des Anfangswertes abzuklingen. T ist die wichtigste raumakustische Kenngröße. Mit der äquivalenten Absorptionsfläche A und dem Raumvolumen V hängt sie über die Sabine'sche Gleichung zusammen:

$$T = 0.16 \cdot \frac{V}{A} \tag{8.3}$$

Dabei wird T in s, V in  $m^3$  und A in  $m^2$  angegeben. Die Gleichung zeigt, dass die Nachhallzeit umso kleiner wird, je mehr Absorption sich im Raum befindet.



Bild 22: Schallschluckwand aus KS-Schallschlucksteinen (Lochsteine, werkseitig durchstoßen)

#### 8.6.2 Einsatz von Schallabsorbern

Übliche Baustoffe, Bauteile oder Konstruktionen absorbieren nie vollständig und besitzen frequenzabhängige Absorptionsgrade. Für praktische Anwendungen sind Art und Fläche bzw. Anzahl der Absorber so zu wählen, dass im gewünschten Frequenzbereich die benötigte äquivalente Absorptionsfläche zur Verfügung steht. Dies kann erfolgen, um die Nachhallzeit im Raum gemäß Gl. (8.3) zu regulieren. Es geht dabei um die raumakustische Qualität in Räumen, die eine optimale Nachhallzeit für Sprachdarbietungen oder Musikaufführungen benötigen. Zusätzliche Absorption ist aber auch dann erwünscht, wenn in lauten Räumen (z.B. Werkhallen) der Raumpegel gesenkt werden soll, um anwesende Personen vor Lärm zu schützen. Die Pegelminderung  $\Delta L$ , die durch absorbierende Maßnahmen erreicht werden kann, ergibt sich aus der Absorptionsfläche ohne und mit durchgeführter Maßnahme:

$$\Delta L = 10 \text{ Ig} \left( \frac{A_{mit}}{A_{ohne}} \right) = 10 \text{ Ig} \left( \frac{T_{ohne}}{T_{mit}} \right) dB$$
(8.4)

Eine Verdoppelung der Absorptionsfläche führt im Raum zu einer Pegelminderung von 3 dB.

### 8.6.3 Schallabsorption mit KS-Wänden

Übliches Mauerwerk aus Kalksandstein besitzt auf Grund der schallharten Oberfläche nur geringe Absorptionsgrade im Bereich von  $\alpha$  = 0,01 bis 0,06. Für schallabsorbierende Zwecke ist es deshalb nicht interessant. Zusammen mit einer vorgemauerten Schale aus KS-Lochsteinen mit durchgehender Querlochung und 6 cm Luftspalt ohne und mit Mineralwolleinlage lassen sich jedoch hohe Schallabsorptionsgrade mit recht verschiedenartigen Frequenzverläufen verwirklichen. Messwerte des frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrades werden für einige schallabsorbierende Konstruktionen aus Kalksandsteinmauerwerk in Tafel 16 dargestellt. Bild 22 zeigt eine schallabsorbierende Wand aus KS-Schallschlucksteinen mit werkseitig durchstoßener Lochung.

### 9. DIE FLANKIERENDE ÜBERTRAGUNG IM GRIFF

Wenn ein erhöhter Schallschutz vorgesehen ist, ist dies nur im Rahmen eines schalltechnischen Gesamtkonzeptes möglich. Im Vordergrund muss dabei die Beherrschung der flankierenden Übertragung stehen. Aber selbst bei der Einhaltung der Mindestanforderungen können diese verfehlt werden, wenn Fehler bei der flankierenden Übertragung gemacht werden.

#### 9.1 Schalltechnisches Gesamtkonzept

Was muss getan werden, damit die flankierende Übertragung keinen Strich durch die Rechnung macht? Zuerst gilt, dass die Anforderungen an die Schalldämmung der Flankenwege umso höher sein müssen, je höher das gewählte Schallschutzniveau ist. Die beste Direktdämmung einer Wohnungstrennwand nützt nichts, wenn die flankierenden Bauteile die Gesamtdämmung bestimmen.

Erhöhter Schallschutz bedeutet zwangsläufig verstärkte Kontrolle der Flankendämmung.

Was muss nun konkret kontrolliert und konstruktiv umgesetzt werden? Zwei Einflussgrößen müssen schalltechnisch berücksichtigt werden: die Direktdämmung der beteiligten Bauteile und die Stoßstellendämmung. Die grundsätzliche Forderung lässt sich aus den dargestellten Verhältnissen ableiten:

- Die flankierenden Bauteile sollen eine hohe Direktdämmung aufweisen.
- Das Stoßstellendämm-Maß soll möglichst groß werden.

Im Massivbau wird eine hohe Direktdämmung durch eine große flächenbezogene Masse erreicht.

Flankierende Bauteile sollen ausreichend schwer sein. Vorteilhaft sind dabei große Rohdichten, um die Wanddicken trotz großer flächenbezogener Massen so klein wie möglich zu halten. Diese Aussage gilt gleichermaßen für Innenwände wie für Außenwände.

Wovon hängt nun die Stoßstellendämmung ab? Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  ist unter baupraktischen Bedingungen keine unabhängige Größe, sondern wird durch

die Wahl der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile festgelegt. Vorausgesetzt wird dabei, dass es sich um eine kraftschlüssige (biegesteife) Verbindung zwischen den Bauteilen handelt. Das Stoßstellendämm-Maß hängt dann vom Verhältnis der flächenbezogenen Massen der beteiligten Bauteile ab. Für das Beispiel Wohnungstrennwand gilt: Der Weg über die flankierende Innen- oder Außenwand (Weg Ff) erreicht ein umso höheres Kii, je leichter das flankierende Bauteil im Verhältnis zur Wohnungstrennwand wird. Es wäre aber konstruktiv die falsche Lösung, aus diesem Grund nun die Flankenbauteile möglichst leicht machen zu wollen. Die Summe aus den Direktschalldämm-Maßen der beteiligten Bauteile und dem Stoßstellendämm-Maß bestimmt die resultierende Flankendämmung. Es ist sofort erkennbar, dass mit leichteren Flankenbauteilen zwar das Stoßstellendämm-Maß erhöht werden kann, dass aber gleichzeitig (Massegesetz!) die Direktdämmung dieser Bauteile sinkt. Berechnungen und die praktische Erfahrung zeigen, dass sich diese beiden gegenläufigen Effekte nicht kompensieren. Vielmehr wirkt sich in der Gesamtbilanz die erhöhte Direktschalldämmung bei schwereren Flankenbauteilen stärker aus als die verringerte Stoßstellendämmung. Das Planungsziel ist deshalb wie folgt zu formulieren:

- Die flankierenden Bauteile ausreichend schwer machen: Wie schwer, muss anhand des gewählten Schallschutzniveaus festgelegt werden.
- Bei horizontaler Übertragung über die Wohnungstrennwand hinweg zusätzlich dafür sorgen, dass die Stoßstelle in der vorgegebenen Bauteilkombination (schwere Wohnungstrennwand, flankierende Außen- oder Innenwand) die maximal mögliche Stoßstellendämmung auch tatsächlich erreicht.

Der zweite Punkt setzt eine biegesteife Verbindung zwischen den Bauteilen voraus. Falls diese Voraussetzung nicht erfüllt ist (z.B. durchlaufende flankierende Wand und Trennwand mit Trennfuge angeschlossen) ist die "Festhaltefunktion" der Trennwand nicht mehr gegeben. Die Übertragung über das Flankenbauteil erhöht sich dramatisch.

In der vertikalen Übertragungsrichtung über die Wohnungsdecke hinweg kann das Prinzip der erhöhten Stoßstellendämmung allerdings gezielt eingesetzt werden: Wenn die Festlegungen für die flankierenden Außen- und Innenwände getroffen worden sind, kann die flankierende Übertragung über diese Bauteile dadurch zusätzlich vermindert werden, dass die Trenndecke möglichst schwer ausgeführt wird. Eine größere flächenbezogene Masse sorgt hier für eine höhere Stoßstellendämmung bei der vertikalen Übertragung (Weg Ff). Als günstig erweisen sich aus schalltechnischer Sicht Stahlbetondecken von 20 cm und mehr.

Die exakte Festlegung der konstruktiven Eigenschaften, insbesondere der flächenbezogenen Massen, richtet sich nach dem gewählten Schallschutzniveau. Hier zeigt sich der Vorteil des Berechnungsverfahrens, mit welchem leicht verschiedene konstruktive Varianten durchgespielt werden können.

#### 9.2 Stoßstellen in der Praxis

Die vorhergehenden Ausführungen haben gezeigt, dass die Stoßstellendämmung für die resultierende Schalldämmung eine bedeutende Rolle spielt. Im Sinne eines schalltechnischen Gesamtkonzepts muss konsequenterweise dafür gesorgt werden, dass die Stoßstelle auch konstruktiv so behandelt wird, dass ihre bauakustisch gewünschten Eigenschaften optimiert und

gewährleistet werden. Dieser Ansatz ist für die Planung neu.

Wenn Stoßstellen massiver Bauteile nach dem CEN-Berechnungsverfahren berechnet werden, wird aus physikalischer Sicht von einer Bauteilverbindung ausgegangen, wie sie typischer Weise durch einen verzahnten Knotenpunkt dargestellt wird. Die aufeinander stoßenden Bauteile werden lediglich durch ihre flächenbezogenen Massen charakterisiert. In der heutigen Praxis des Mauerwerkbaus wird dagegen weitgehend der Stumpfstoß angewendet (Bild 23).

Schalltechnisch sind beide Varianten gleichwertig, wenn die beim Stumpfstoß vorliegende Bauteilverbindung als starr angenommen werden kann. Die Stoßstellendämmung entspricht dann derjenigen des verzahnten Stoßes. Dies konnte durch Messreihen an KS-Wänden mit unterschiedlich gestalteten Knotenpunktausbildungen bestätigt werden [46].

Damit die geforderte biegesteife Verbindung zu Stande kommt, ist es erforderlich, dass die Fuge zwischen beiden Wänden sorgfältig mit Mörtel verfüllt ist.

Wenn im Gegensatz dazu gelegentlich versucht wird, den Knotenpunkt wie in Bild 24 als Stumpfstoß mit Trennfuge (und Dämmmaterial in der Fuge) auszuführen, dann handelt es sich um eine schalltechnisch riskante Lösung.

Selbst wenn durch vollständige Abdichtung der Fuge eine ausreichende Direktdämmung über das trennende Bauteil erreicht wird, ist das Problem in Form der flankierenden Übertragung vorprogrammiert. Die durchlaufende flankierende Wand wird nicht mehr im Knotenpunkt von der Trenn-

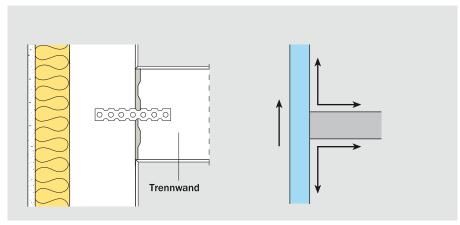


Bild 23: T-Stoß: flankierende Außenwand durchgehend, Trennwand stumpf angeschlossen

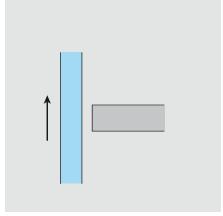


Bild 24: Entkoppelter T-Stoß mit Trennfuge

wand festgehalten. Die flankierende Übertragung über diese Wand steigt dramatisch an. Dies wird üblicherweise als ein schalltechnischer Schadensfall bezeichnet.

Unter diesem Aspekt ist erkennbar, dass die schalltechnische Funktionsfähigkeit des Stumpfstoßes davon abhängt, dass die biegesteife Anbindung sorgfältig und dauerhaft hergestellt wurde. Unter baupraktischen Bedingungen wird es aber nicht mit völliger Sicherheit zu vermeiden sein, dass es zum Abreißen zwischen beiden Bauteilen kommt. Wie verschiedene Messungen in Prüfständen und Gebäuden gezeigt haben, muss dann damit gerechnet werden, dass der biegesteife Anschluss nicht mehr ausreichend funktioniert und die Schallübertragung über das flankierende Bauteil zunimmt. Offensichtlich ist es dazu nicht erforderlich, dass die Fuge völlig abgerissen ist.

Aus statischer Sicht ist der Fall klar: Der Stumpfstoß ist eine statisch abgesicherte und zugelassene Konstruktion. Selbst im angenommenen Fall des völligen Abreißens ist seine statische Funktion nachgewiesenermaßen nicht in Frage gestellt. Aus akustischer Sicht stellt sich aber die Frage, wie die derzeitige Stumpfstoßkonstruktion noch betriebssicherer und einfacher ausgeführt werden kann. Die Stumpfstoßtechnik, auf die im heutigen Baubetrieb nicht mehr verzichtet werden kann, muss dauerhaft und in allen Situationen anwendungssicher sein. Die vorgesehene Lösung folgt dem in Bild 25 dargestellten Prinzip.

Die Wohnungstrennwand durchstößt die Außenwand vollständig. Für den Wärmeschutz entstehen dabei keine nachteiligen Auswirkungen, da die Außenwand als KS-Wand stets mit einer außenseitigen Wärmedämmung versehen ist. Schalltechnisch dagegen entsteht eine gegen Ausführungsfehler und mechanische Belastun-

gen unempfindliche Konstruktion. Wie die Untersuchungen in [46] zeigen, ist auch dieser Stoß schalltechnisch gleichwertig zur biegesteifen Variante aus Bild 23 zu betrachten. Rechnerisch kann er im Rahmen des neuen Berechnungsverfahrens deshalb wie der herkömmliche T-Stoß angesetzt werden. Was aber passiert, wenn es bei dieser neuen Stumpfstoßlösung auch zum Abreißen zwischen Außen- und Wohnungstrennwand kommen sollte? In diesem Fall verbessert sich die Flankendämmung über die Außenwand sogar, da die Schallübertragung über die abgerissene Verbindung behindert oder sogar verhindert wird. Die Stumpfstoßlösung, bei der die Trennwand die flankierende Wand durchstößt, stellt eine dauerhafte, verlässliche Lösung dar und sorgt damit für Planungs- und Ausführungssicherheit.

### 9.3 Flankenübertragung über die Außenwand

Schon beim Mindestschallschutz, insbesondere aber beim erhöhten Schallschutz dürfen bei der Dimensionierung der flankierenden Übertragungswege keine Fehler gemacht werden. Immer wieder zeigt sich in der Baupraxis, dass dabei die Außenwand als kritisches Bauteil in Erscheinung tritt.

Im Regelfall ist es bei der Außenwand somit nicht der Schutz gegen Außenlärm, der besondere Aufmerksamkeit erfordert, sondern der Luftschallschutz im Gebäudeinneren.

Wie die Außenwand in das schalltechnische Gebäudekonzept eingebunden ist, zeigt Bild 26.

In schalltechnischer Hinsicht interessieren bei Außenwänden somit zwei Eigenschaften:

- die direkte Schalldämmung
- die Flankendämmung

Die direkte Schalldämmung muss beim Schutz gegen Außenlärm beachtet werden. Da der Schall in diesem Fall auf seinem Weg von außen nach innen den kompletten Wandaufbau durchläuft, spielen dabei die Eigenschaften des WDVS eine Rolle. Andere Verhältnisse ergeben sich bei der flankierenden Übertragung, sodass dabei die Eigenschaften des WDVS nicht berücksichtigt werden müssen. Darauf wird in den folgenden Erläuterungen eingegangen.

Aus dem in Bild 26 beschriebenen Zusammenhang ist sofort zu erkennen, dass beim Schallschutz im Gebäudeinneren die Außenwände auch in ihrer Funktion als flankierende Bauteile bei der schalltechnischen Planung zu berücksichtigen sind. Dies gilt sowohl in der horizontalen Richtung zwischen nebeneinander liegenden als auch in vertikaler Richtung zwischen übereinander liegenden Wohnungen (Bild 27).

Falls eine Wärmedämmung auf der Wand angebracht ist, ergibt sich je nach Lage der Dämmschicht für die flankierende Übertragung eine unterschiedliche Situation. Die Verhältnisse bei innen liegender Dämmschicht zeigt Bild 28. Die flankierende Übertragung findet in diesem Fall über die innen liegende Schale statt. Da diese oftmals mit viel zu steifen Dämmschichten ausgebildet wird, sind aufgrund ungünstiger Resonanzschwingungen starke Verschlechterungen der Flankendämmung gegenüber der Wand ohne Dämmsystem möglich.

Im Gegensatz zu innen liegenden Dämmschichten hat die außen liegende Wärmedämmung (z.B. als WDVS oder bei

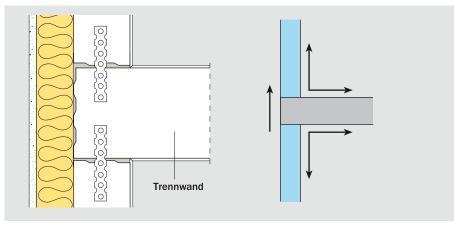


Bild 25: Trennwände durchgehend, flankierende Wände stumpf angeschlossen

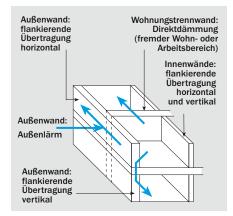


Bild 26: Einbindung der Außenwand in das schalltechnische Gebäudekonzept

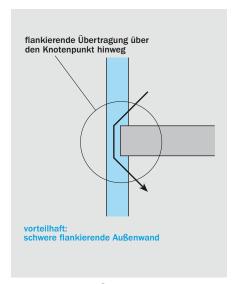


Bild 27: Flankierende Übertragung (vertikal) über die Außenwand

Übertragung über die leichte innere Schale, diese wird stark angeregt

steife Dämmschichten vermeiden

→ Verschlechterungen bis 5 dB sind möglich

Bild 28: Flankierende Übertragung (vertikal) über die Außenwand mit innenseitiger Wärmedämmung

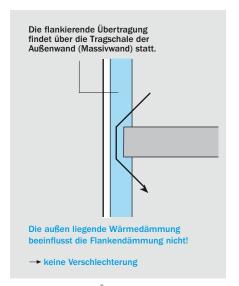


Bild 29: Flankierende Übertragung (vertikal) über die Außenwand mit außenseitiger Wärmedämmung (WDVS)

zweischaligem Außenmauerwerk) keine schädlichen Auswirkungen auf die Flankendämmung (Bild 29). Die Eigenschaften der Massivwand können für die Flankendämmung voll ausgeschöpft werden. Vorteilhaft sind dabei grundsätzlich Wände mit hoher flächenbezogener Masse. Während bei der Direktdämmung die kleinere Masse des Resonanzsystems (d.h. die Putzschicht) entscheidend ist, kann nun für die Flankendämmung die schwerere Masse der Massivwand genutzt werden.

Die konstruktive Trennung von Wärmeschutz (z.B. WDVS) und Schallschutz (durch die Massivwand) erweist sich schalltechnisch als sinnvoll.

Die massive Wand muss keine wärmedämmende Funktion übernehmen und kann deshalb schwer sein. Für die Flankendämmung kann die gesamte Masse der massiven Wand genutzt werden. Ausreichend schwere Wände mit WDVS sind damit in der Lage, auch erhöhten Anforderungen an die Luftschalldämmung und damit auch an die flankierende Übertragung gerecht zu werden.

Der Zielkonflikt zwischen Schall- und Wärmeschutz ist durch die funktionale Trennung beider Bereiche aufgehoben. Während beim Außenlärm eine differenzierte Betrachtung der Verhältnisse wünschenswert ist, um richtige Festlegungen für das WDVS zu treffen, ist dies bei der flankierenden Schallübertragung nicht erforderlich.

#### 10. SCHALLSCHUTZ BEI DOPPEL- UND REIHENHÄUSERN, ZWEISCHALIGE WÄNDF

### 10.1 Was wird erwartet, was wird gefordert?

Die Erwartungen der Bauherren an den Schallschutz von Doppel- und Reihenhäusern sind deutlich höher als bei Wohnungen in Geschosshäusern. Die DIN 4109 (1989) versucht dem dadurch Rechnung zu tragen, dass sie bei den baurechtlichen Anforderungen für die Luftschalldämmung der Haustrennwand mit  $erf.\ R'_w=57\ dB$  einen höheren Schallschutz vorsieht als bei Geschosshäusern, wo für die Wohnungstrennwand  $erf.\ R'_w=53\ dB$  gilt.

Reicht das jedoch aus? In aller Regel nein, denn die Erfahrungen zeigen, dass die in DIN 4109 (1989) genannten Werte für Doppel- und Reihenhäuser in ruhiger Wohnlage bei weitem nicht als ausreichend für störungsfreies Wohnen empfunden werden. Die Bewohner gehobener Wohngegenden erwarten einen wesentlich höheren Schallschutz als den den (Mindest)-Anforderungen der DIN 4109 (1989) entsprechenden.

Somit kann gefolgert werden, dass bei Doppel- und Reihenhäuser üblicherweise ein deutlich über den baurechtlichen Anforderungen liegender Schallschutz geplant werden sollte. Dies wird von der aktuellen Rechtsprechung bestätigt. Im DEGA-Memorandum BR 0101 [11] wird die zweischalige Haustrennwand als die den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechende Konstruktion bezeichnet, die bei unterkellerten Häusern als Schalldämm-Maß mindestens 62 dB und bei nicht unterkellerten Häusern mindestens 60 dB erbringen muss.

Tafel 17: Anforderungen an die Schalldämmung zwischen Einfamilien-Doppel- und Reihenhäusern nach DIN 4109 (1989), Beiblatt 2 zu DIN 4109 (1989) und VDI 4100 (2007)

	Anforderungen und Empfehlungen für die Luftschalldämmung: erf. R'w [dB]				
Anforderung an Haustrenn- wände	Anforde- rungen DIN 4109 (Nov. 1989)	Vorschläge für er- höhten Schallschutz	VDI 4100 (Aug. 2007)		
		Beiblatt 2 zu DIN 4109 (Nov. 1989)	Schall- schutz- stufe I	Schall- schutz- stufe II	Schall- schutz- stufe III
	57	≥ 67	57	63	68

Zur Orientierung sollen Beiblatt 2 zur DIN 4109 (Nov. 1989) [9] und die VDI-Richtlinie 4100 (Aug. 2007) [1] herangezogen werden. Die VDI 4100 unterscheidet drei Schallschutzstufen (SSt), wobei die SSt I den baurechtlichen Anforderungen der DIN 4109 (1989) entspricht. Eine Zusammenstellung der Werte für die Luftschalldämmung findet sich in Tafel 17.

Als Planungsziel sollte ein erhöhter Schallschutz gemäß Beiblatt 2 zur DIN 4109 angestrebt werden. Hierbei sind jedoch konstruktive Randbedingungen zu beachten, die hier noch näher betrachtet werden.

Ein ausreichend hoher Schallschutz, insbesondere der erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 mit  $erf.\,R'_w \ge 67\,$  dB, kann nur mit zweischaligen Haustrennwänden erreicht werden. Standard ist deshalb heute die zweischalige Konstruktion mit zwei massiven Wandschalen und durchgehender Trennfuge. Bei entsprechender Dimensionierung und fehlerfreier Ausführung kann damit der erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 erreicht und sogar überschritten werden.

## **10.2** Die zweischalige Haustrennwand: akustisches Verhalten

Akustisch kann die zweischalige Haustrennwand im einfachsten Fall wie ein Feder-Masse-System betrachtet werden, bei dem die Massen  $m_1'$  und  $m_2'$  durch die beiden Wandschalen und die Feder s' durch die Steifigkeit des Fugenhohlraumes (Luftpolster oder Dämmschicht) gebildet wird (Bild 30).

Die Resonanzfrequenz  $f_0$  [Hz] dieses Schwingungssystems kann berechnet werden durch

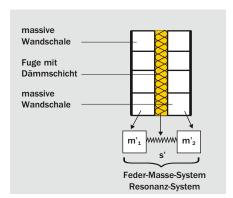


Bild 30: Zweischalige Wand als Feder-Masse-System

$$f_0 = 160\sqrt{s'\left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_1}\right)}$$
 (10.1)

mit:

 $m'_1$  und  $m'_2$ : flächenbezogene Massen der Wandschalen in kg/m² s': dynamische Steifigkeit der Dämmschicht oder des Luftpolsters im Hohlraum in MN/m³

Der prinzipielle Verlauf der Schalldämmung der zweischaligen Konstruktion wird im Bild 30 dargestellt und mit der Schalldämmung einer gleichschweren einschaligen Wand verglichen.

Drei charakteristische Frequenzbereiche sind zu erkennen:

- Der Bereich unterhalb der Resonanzfrequenz, bei dem sich die zweischalige Konstruktion so verhält wie die gleichschwere einschalige. Die Zweischaligkeit bringt hier also keine Vorteile.
- 2. Der Frequenzbereich um die Resonanzfrequenz  $f_0$  herum: hier tritt sogar eine deutliche Verschlechterung gegenüber der Schalldämmung der gleichschweren einschaligen Wand auf.
- Der Frequenzbereich oberhalb der Resonanzfrequenz: hier wird mit zunehmender Frequenz die Schalldämmung immer besser und erreicht Werte weit über denen der gleichschweren einschaligen Wand.

Für die Dimensionierung der zweischaligen Wand heißt das demnach: die Resonanzfrequenz  $f_0$  ist so tief wie möglich zu legen, damit der Einbruch der Schalldämmung im interessierenden bauakusti-

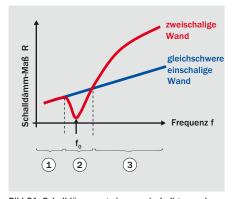


Bild 31: Schalldämmung einer zweischaligen und einer gleichschweren einschaligen Wand (Legende im Text)

schen Frequenzbereich ( $f > 100 \, \mathrm{Hz}$ ) keinen Schaden anrichtet und damit gleichzeitig ein möglichst großer Teil des Frequenzbereichs von der Verbesserung durch die Zweischaligkeit profitiert. Eine übliche Dimensionierung sieht vor, dass  $f_0 \leq 80 \, \mathrm{Hz}$  gelegt wird.

Neben den bisher genannten Einflussgrößen, die sich aus den grundsätzlichen physikalischen Betrachtungen für die zweischalige Konstruktion ergeben, spielen für das praktische Verhalten die konstruktiven Vorgaben des Gebäudes eine wesentliche Rolle. Bild 32 zeigt, dass die Schallübertragung über die Wand allein nur in denjenigen Stockwerken wirklich zum Tragen kommt, in denen keine zusätzliche flankierende Übertragung erfolgt. Im Dachgeschoss muss in diesem Zusammenhang die Übertragung über das Dach und im Fundamentbereich die Übertragung über eine gemeinsame Bodenplatte oder ein gemeinsames Fundament zusätzlich berücksichtigt werden. Oft spielen diese Flankenwege sogar die Hauptrolle und vermindern die Schalldämmung der zweischaligen Konstruktion in den betroffenen Stockwerken erheblich.

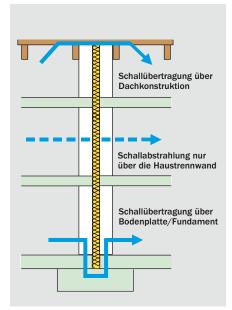


Bild 32: Schallübertragungswege zwischen Doppelund Reihenhäusern mit zweischaliger Haustrennwand

### 10.3 Problembereiche und Lösungen10.3.1 Gestaltung der Trennfuge

Bei dem nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 berechneten Schalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand wird vorausgesetzt, dass die Trennfuge von der Oberkante des Fundaments bis zur Dachhaut lückenlos durchgeführt wird, Bilder 33 bis 35.

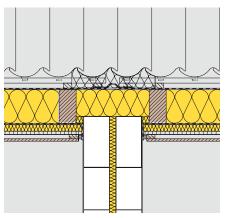


Bild 33: Dachanschluss bei einer zweischaligen Haustrennwand ohne durchlaufende Dachlatten

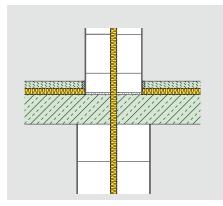


Bild 34: Zwischendeckenanschluss einer zweischaligen Haustrennwand

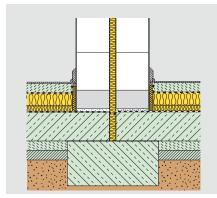


Bild 35: Fundamentanschluss einer zweischaligen Haustrennwand

Grundsätzlich sind die in Beiblatt 1 zu DIN 4109 formulierten Grundsätze für die Fugengestaltung dabei zu berücksichtigen.

Das Füllen des Schalenzwischenraums mit Mineralfaserplatten Typ WTH nach DIN V 4108-10, ist aus zwei Gründen wichtig:

- Mörtelbrücken werden vermieden.
- Mit Mineralfaserplatten ausgefüllte zweischalige Haustrennwände weisen in der Praxis eine höhere Schalldämmung auf als vergleichbare Wände ohne Füllung.

Die Füllung des Schalenzwischenraums mit steifen Dämmstoffen (z.B. nicht elastifizierte Polystyrol-Hartschaumplatten) führt zu einer starren Koppelung der Haustrennwände, sodass der Schallschutz deutlich verschlechtert wird. Für solche Materialien kann der Nachweis nicht geführt werden.

Um eine möglichst gute Schalldämmung zu erzielen und die Sicherheit der Ausführung zu verbessern, wird empfohlen, die Trennfuge mindestens 4 cm dick auszuführen und in den Hohlraum vollflächig Mineralfaserplatten Typ WTH nach DIN V 4108-10, Dicke 40/35 mm, einzubringen.

Die Erhöhung des Schalenabstandes wirkt sich günstig auf den Schallschutz aus. Dies gilt nicht bei üblichen Schalenabständen im untersten Geschoss, wenn die Fußpunkte der Schalen (z.B. durch gemeinsame Bodenplatten und/oder Fundamente) gekoppelt sind. Hier wirkt sich die Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Schalen deutlicher aus als eine Erhöhung des Schalenabstands.

# 10.3.2 Unterkellerte und nicht unterkellerte Doppel- und Reihenhäuser

In Beiblatt 1 zu DIN 4109 (1989) wird von unterkellerten Gebäuden ausgegangen, bei denen im Kellergeschoss keine schutzbedürftigen Räume mit Anforderungen an den Schallschutz liegen. Die nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 ermittelten Schalldämm-Maße der zweischaligen Haustrennwand gelten demnach nur für solche Räume, unter denen die Trennfuge noch bis zum Fundament im Kellergeschoss durchgeführt wird. In den meisten Fällen wird das Fundament als gemeinsames Fundament ausgebildet (Bild 35),

möglicherweise noch mit durchgehender Bodenplatte. Damit ergibt sich eine starke Körperschallbrücke zwischen den beiden Schalen.

Bild 36 zeigt, dass für den über die Wandschalen und das gemeinsame Fundament gehenden Übertragungsweg für die Räume im Erdgeschoss zusätzlich zur Stoßstellendämmung am Fundament noch zweimal die Stoßstellendämmung zwischen Wandschale und Boden zu berücksichtigen ist. Die Schallübertragung auf diesem Weg wird dadurch gegenüber dem direkten Übertragungsweg unmittelbar über den Hohlraum so klein, dass sie in der Gesamtbilanz nicht berücksichtigt werden muss. Für die im Untergeschoss liegenden Räume dagegen entfallen diese zusätzlichen Stoßstellen, sodass die starke Körperschallbrücke in Form des gemeinsamen Fundaments voll zum Tragen kommt. Dies ist dann unbedenklich, wenn im Fundamentbereich keine schutzbedürftigen Räume an die Haustrennwand angrenzen (was im UG meistens erfüllt ist). Eine ähnlich schädliche Wirkung als Körperschallbrücke ergibt sich übrigens, wenn die zweischalige Haustrennwand im Kellergeschoss nur einschalig ausgeführt wird. Die dadurch verursachte starke Kopplung beider Wandschalen macht sich im EG durch eine drastische Minderung der Schalldämmung bemerkbar.

Eine vergleichbare Situation findet man bei solchen Doppel- und Reihenhäusern, die auf die Unterkellerung verzichten. Dies ist mittlerweile zu einer häufigen Ausführungsvariante geworden. Das ge-

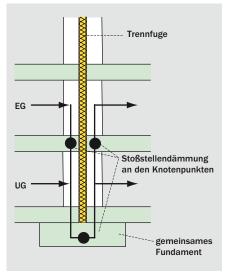


Bild 36: Flankierende Übertragung über den Fundamentbereich

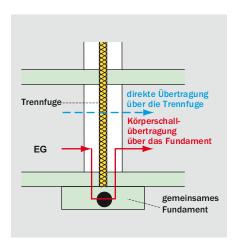


Bild 37: Direkte und flankierende Übertragung über eine zweischalige Haustrennwand für schutzbedürftigen Raum über der Bodenplatte

meinsame (bzw. unvollständig getrennte) Fundament liegt nun im EG-Bereich. Damit wird das Schallbrückenproblem in den Bereich der schutzbedürftigen Räume verlagert (Bild 36). Eine Abschätzung der hier vorliegenden Körperschallübertragung zeigt, dass diese nun gegenüber der Di-

rektübertragung dominiert. Die für zweischaliges Mauerwerk ermittelten Werte aus Beiblatt 1 zu DIN 4109 können nun nicht mehr erreicht werden, da dafür eine Fortführung der Trennfuge unter den schutzbedürftigen Räumen vorausgesetzt wird.

Prinzipiell kommen für den Fundamentbereich die in Tafel 12 dargestellten konstruktiven Lösungen in Frage. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Körperschallübertragung, was in den unterschiedlichen Werten für den Zweischaligkeitszuschlag berücksichtigt wird.

Um der verstärkten Übertragung im Fundamentbereich entgegenzuwirken, können bei nichtunterkellerten Gebäuden einige Maßnahmen ergriffen werden, die sich positiv auf die erreichbare Schalldämmung auswirken:

 hohe flächenbezogene Masse der Wandschalen der Haustrennwand (Kalksandstein, z.B. mit d = 24 cm und Rohdichteklassen von RDK ≥ 1,8).

 flankierende Wände (Innen- und Außenwände) ebenfalls mit möglichst hoher flächenbezogener Masse (Kalksandstein mit d = 17,5 cm und RDK ≥ 1,8).

- nichttragende Innenwände, die auf der Bodenplatte stehen, ebenfalls schwer machen.
- Auf einen schwimmenden Estrich auf der Bodenplatte kann aus schalltechnischen Gründen auf keinen Fall verzichtet werden.
- Sollten es die aktuellen Verhältnisse erlauben, kann durch geeignete Grundrissanordnung auch dafür gesorgt werden, dass schutzbedürftige Räume nicht unmittelbar an die Haustrennwand angrenzen.

Zu berücksichtigen ist, dass sich solche Maßnamen, die ausschließlich die Übertragung über die Trennfuge vermindern (z.B. größerer Schalenabstand), bei der flankierenden Übertragung über Bodenplatte und Fundament nicht auswirken.

Für eine getrennte Bodenplatte wurde in Tafel 12 sicherheitshalber nur derselbe Zweischaligkeitszuschlag vorgesehen wie bei der gemeinsamen Bodenplatte. Trotz dieser vorsichtigen Bemessung können in praktischen Fällen deutlich bessere Werte erreicht werden, sodass die Trennung der Bodenplatte eine schalltechnisch günstige Option darstellt.

# 10.3.3 Ausführungsbeispiele für zweischalige Haustrennwände

Wie ein erhöhter Schallschutz von  $R'_{w}$  = 67 dB (Beiblatt 2 zu DIN 4109 (1989)) realisiert werden kann, zeigt Tafel 18. Bei der ersten Ausführung mit zweimal 20 cm Kalksandstein, RDK 2.0 und beidseitigem Dünnlagenputz (zweimal 5 mm) wird vorausgesetzt, dass sich schutzbedürftige Räume direkt über der Bodenplatte befinden, für die die Anforderungen ebenfalls erfüllt sein sollen (z.B. Erdgeschoss eines nicht unterkellerten Gebäudes). Die Bodenplatte ist in diesem Fall getrennt auszuführen, die Trennfuge (Füllung Mineralfaserplatten Typ WTH) geht bis zum Fundament durch (Fall 2 in Tafel 12), und für die Trennfuge wird eine Breite von mindestens 4 cm vorgesehen. Die Ausführungsdetails dieser Lösung [47] sind in Bild 38 dargestellt. Das zweite Beispiel in Tafel 18 mit 2 mal 15 cm dicken Wandschalen, RDK 1,8 und einer Fugenbreite von mindestens 3 cm kann angewendet werden, wenn sich direkt über der Bodenplatte keine schutz-

Tafel 18: Ausführungsbeispiele zweischaliger Haustrennwände für einen erhöhten Schallschutz R'<sub>w</sub> = 67 dB.

	Lösung mit Kalksandstein		erf.
	Wandaufbau <sup>3)</sup> [cm]	Steinroh- dichteklasse (RDK)	R' <sub>w,R</sub> [dB]
Haustrennwand zwischen Doppel-/Reihenhäusern Voraussetzungen: • ohne Untergeschoss oder mit hochwertig genutztem Untergeschoss (mit Anforde- rungen an den Schallschutz im Unterge- schoss) • getrennte Bodenplatte • Trennfuge ≥ 4 cm und mit Mineralfaser- platten Typ WTH gefüllt • Trennfuge durchgehend bis auf das Fun- dament	20 ≥4 20	≥ 2,0	67 <sup>1)</sup>
Haustrennwand zwischen Doppel-/Reihenhäusern Voraussetzungen: • mit Untergeschoss (ohne Anforderungen an den Schallschutz im Untergeschoss) • Trennfuge ≥ 3 cm • Trennfuge durchgehend bis auf das Fundament	15 <sup>23</sup> 15	≥ 1,8	67 <sup>2)</sup>

Schwimmende Estriche werden bei allen Vorschlägen vorausgesetzt, Trennfugen sollten generell mit 4 cm Dicke und einer geeigneten Mineralfaserplatte ausgeführt werden.

Flankierende Bauteile mit  $m'_{L,M} \sim 300 \text{ kg/m}^2$ 

Die Beispielkonstruktionen sind – soweit nicht anders beschrieben – mit beidseitig Dünnlagenputz (mittlere Dicke je Seite: 5 mm) oder mit Stoßfugenvermörtelung auszuführen.

- <sup>1)</sup> Ausführung nach [47], siehe Bild 38
- <sup>2)</sup> Zuschlag zur Zweischaligkeit angesetzt mit 12 dB, siehe Tafel 12.

bedürftigen Räume mit Anforderungen befinden (unterkellertes Gebäude). Hier kann nach Tafel 12 der Zuschlag für Zweischaligkeit mit 12 dB angesetzt werden. Diese Lösung entspricht auch der im 1. Beispiel für das Obergeschoss gewählten Ausführung, da hier ein Einfluss von Fundament und Bodenplatte nicht mehr besteht (Zweischaligkeitszuschlag deshalb 12 dB). Die im Erdgeschoss erforderliche Trennfugenbreite von 4 cm wurde im OG beibehalten.

Für unterschiedliche zweischalige Haustrennwände können nach Tafel 19 die bewerteten Schalldämm-Maße  $R'_w$  in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag  $\Delta R_{w,Tr}$  ermittelt werden. Diese Werte gelten für Kalksandstein-Mauerwerk in Normal- und Dünnbettmörtel mit einem Schalenabstand von mindestens 3 cm. Eine Erhöhung des Schalenabstandes wirkt sich günstig auf das Schalldämm-Maß aus. Die jeweils anzusetzenden Werte für  $\Delta R_{w,Tr}$  können Tafel 12 entnommen werden

Eine Zusammenstellung von Beispiellösungen für bewertete Schalldämm-Maße  $R'_w$  zweischaliger KS-Haustrennwände findet sich in Tafel 20 in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag  $\Delta R_{w,Tr}$ .

#### 10.3.4 Flankierende Übertragung

Zu Recht haben Planung und Ausführung der Trennfuge eine herausragende Bedeutung für den Schallschutz zweischaliger Haustrennwände. Dabei wird allerdings oft vergessen, dass trotz Trennfuge auch die flankierende Schallübertragung bei Doppel- und Reihenhäusern eine Rolle spielen kann. Bild 32 weist auf die flankierende Übertragung im Dach- und Fundamentbereich hin. Aber auch der Einfluss von Innen- und Außenwänden auf die Gesamtschalldämmung kann nicht völlig vernachlässigt werden. Zwar gibt es bei richtiger Trennfugengestaltung (außer bei der "weißen Wanne") keine durchlaufenden Wände, jedoch sind die an die Wandschalen angekoppelten Außen- und Innenwände in der Lage, der zweischaligen Konstruktion zusätzliche Schallenergie zuzuführen bzw. auf der anderen Seite zusätzliche Schallenergie abzustrahlen. Untersuchungen in ausgeführten Doppel- und Reihenhäusern zeigen, dass zu leichte massive Flankenwände durchaus zu einer Erhöhung der Schallübertragung führen.

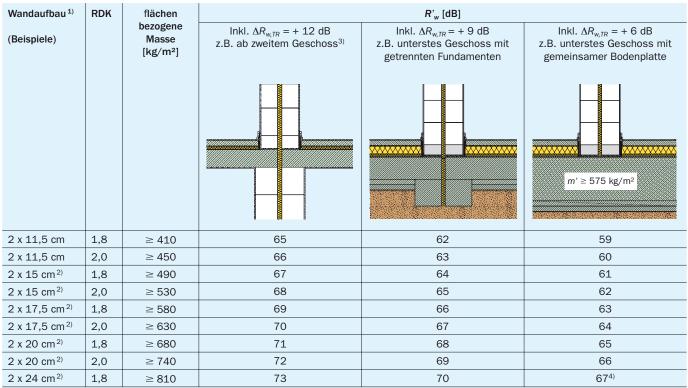
Oft wird festgestellt, dass die Schalldämmung zwischen Doppel- und Reihenhäusern im Dachgeschoss deutlich schlechter ausfällt als in den darunter liegenden Stockwerken. Ursache ist hier die flankierende Übertragung über die Dachkonstruktion. Insbesondere wenn der Dachgeschossausbau in Eigenleistung erfolgt, sorgen Fehler beim Dachaufbau und den Anschlussdetails im Trennwandbereich zu einer verstärkten Schalllängsleitung. Minderungen der Schalldämmung im DG von mehr als 10 dB sind bei falsch geplanter bzw. ausgeführter Dachkonstruktion keine Seltenheit. Wichtig ist eine schalltechnisch dichte innenseitige Verkleidung der Dachkonstruktion, z.B. durch Gipskartonplatten, nicht aber durch Nut- und Federschalung, die keine ausreichende schalltechnische Dichtigkeit herstellt. Die Fugen zu den Trennwandschalen sind akustisch dicht auszuführen. Eine ausreichend starke Unterbrechung der Längsleitung wird nur dann erreicht, wenn die Trennwand die Dachkonstruktion mindestens 10 cm tief durchdringt. Starken Einfluss auf die flankierende Übertragung hat die Hohlraumdämpfung in Dachaufbau. Vorteilhaft ist eine Dämmung aus Mineralwolle zwischen den Sparren (je mehr desto besser). Ungünstig sind Dämmungen aus Hartschaumplatten, da diese zur Hohlraumbedämpfung nichts beitragen. Ungünstig sind, falls keine besonderen Vorkehrungen gegenüber einer erhöhten Schalllängsleitung getroffen werden, des Weiteren aufsparrengedämmte Dachkonstruktionen mit einer Wärmedämmung aus Hartschaumplatten. Hier ist zumindest eine Unterbrechung der Hartschaumplatten im Trennwandbereich erforderlich (Bild 33). Weitere Hinweise zur schalltechnisch richtigen Gestaltung im Dachbereich mit entsprechenden Ausführungsdetails finden sich z.B. in [48].

### 10.3.5 Fehlervermeidung bei der Haustrennwand

Die schalltechnische Funktionsfähigkeit der Trennfuge erlaubt keinerlei Körperschallbrücken. Hier werden in der Baupraxis die meisten Fehler gemacht. Die Fuge muss von Oberkante Fundament bis zum Dach durchgehend und frei von Körperschallbrücken durchgeführt werden. Auf die Problematik im Fundament- und Dachbereich wurde bereits zuvor eingegangen. Besondere Sorgfalt erfordert das Betonieren der Stahlbetondecken, damit dort keine Körperschallbrücken entstehen. Rohrleitungen dürfen nicht durchgeführt werden. Zu vermeiden ist auch eine Überbrückung der Trennfuge durch Putzschichten auf den Außenwänden. Wärmedämmverbundsysteme müssen ebenfalls im Bereich der Trennfuge unterbrochen werden. Geeignete Fugenabdichtungen (Fugenprofile, Dichtbänder) an der Gebäudeaußenseite sind vorzusehen. Dämmplatten im Fugenhohlraum vermeiden bei vollflächiger Verlegung Körperschallbrücken durch Mörtelreste, Bauschutt und dergleichen. Sie dürfen allerdings nicht zu steif sein, damit es nicht zu einer schädlichen Kopplung der beiden Wandschalen kommt. Nach DIN 4109 sind Mineralfaserplatten Typ WTH nach DIN V 4108-10 vorzusehen. Früher häufig verwendete bituminierte Weichfaserdämmplatten sind zu steif. Dasselbe gilt auch für nicht elastifizierte Hartschaumplatten. Größere Fugenbreiten als die in DIN 4109 mindestens vorgeschriebenen 30 mm sind nicht nur vom schalltechnischen Verhalten her, sondern auch zur Vermeidung von Körperschallbrücken vorteilhaft. Selbst bei Fugen mit mehr als 30 mm Breite sollte zur Vermeidung von Körperschallbrücken nicht auf das Einlegen geeigneter Dämmplatten verzichtet werden, obwohl dies nach DIN 4109 in bestimmten Fällen zulässig wäre.

Tafel 19: Schalldämm-Maße zweischaliger Kalksandstein-Wände mit Normal- oder Dünnbettmörtel, beidseitiger Putz (2 x 10 kg/m²) Werte für  $\Delta R_{w,TR}$  nach Tafel 17, Werte auf ganze dB abgerundet

Wandaufbau [cm]	RDK	R' <sub>w</sub> [dB]
2 x 11,5	1,8 2,0 2,2	$53 + \Delta R_{w,TR}$ $54 + \Delta R_{w,TR}$ $55 + \Delta R_{w,TR}$
2 x 15	1,8 2,0 2,2	$56 + \Delta R_{w,TR}$ $57 + \Delta R_{w,TR}$ $58 + \Delta R_{w,TR}$
2 x 17,5	1,8 2,0 2,2	$57 + \Delta R_{w,TR}$ $59 + \Delta R_{w,TR}$ $60 + \Delta R_{w,TR}$
2 x 20	1,8 2,0 2,2	$59 + \Delta R_{w,TR}$ $60 + \Delta R_{w,TR}$ $61 + \Delta R_{w,TR}$
2 x 24	1,8 2,0 2,2	$61 + \Delta R_{w,TR}$ $62 + \Delta R_{w,TR}$ $63 + \Delta R_{w,TR}$



Tafel 20: Beispiellösungen für bewertete Schalldämm-Maße R $_{
m w}^{\iota}$  zweischaliger KS-Haustrennwände in Abhängigkeit vom Zweischaligkeitszuschlag  $\Delta R_{
m w, Tr}$ 

Flankierende Bauteile mit  $m'_{L,M} \sim 300 \text{ kg/m}^2$ 

Die regionalen Lieferprogramme sind zu beachten.

- 1) Mauerwerk nach DIN 1053-1 mit Normal- oder Dünnbettmörtel, beidseitig verputzt (2 x 10 mm Putz = je Seite 10 kg/m²), Trennfuge ≥ 3 cm
- $^{2)}$  Bereits mit beidseitig Dünnlagenputz (2 x 5 mm)
- 3) Bei durchgehenden Keller-Außenwänden (m'  $\geq$  575 kg/m²) gilt: a) im Kellergeschoss:  $\Delta R_{w,\bar{h}} = +3$  dB b) ab dem zweiten Geschoss:  $\Delta R_{w,\bar{h}} = +9$  dB
- 4) Alternativ nach [47]: 2 x 20 cm mit RDK 2,0 und beidseitigem Dünnlagenputz (2 x 5 mm) sowie Trennfuge ≥ 4 cm, gefüllt mit Mineralfaserplatten, Typ WTH, Bodenplatte getrennt auf gemeinsamem Fundament (Bild 35).

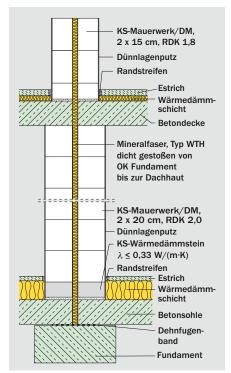


Bild 38: Beispiel nach [47] für ein nicht unterkellertes Gebäude mit getrennter Bodenplatte und Schallschutzanforderungen 67 dB auch im untersten Geschoss.

#### **LITERATUR**

- VDI-Richtlinie 4100:2007-08 Schallschutz von Wohnungen; Kriterien für Planung und Beurteilung
- [2] Kötz, W.-D. und W. Moll: Wie hoch sollte die Luftschalldämmung zwischen Wohnungen sein? Bauphysik (1988), Heft 3
- [3] Gösele, Schüle, Künzel: Schall, Wärme, Feuchte. Bauverlag Gütersloh 2000
- [4] Moll, W.: Analytische Herleitung von Anforderungen an den Luftschallschutz zwischen Räumen; Bauphysik 31 (2009), Heft 4
- [5] DEGA-Empfehlung 103: Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis, Deutsche Gesellschaft für Akustik, Berlin, März 2009
- [6] Alphei, H., Hils, T.: Welche Abstufung der Schalldämm-Maße sind bei Anforderungen an die Luftschalldämmung sinnvoll? wksb, Heft 59, 2007
- [7] Trendbefragung für Immobilienscout 24, Infofact 03/2008
- [8] DIN 4109:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise

- [9] DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Hinweise für Planung und Ausführung – Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz – Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
- [10] DIN 4109-10:2000-06 (Entwurf) Schallschutz im Hochbau, Teil 10: Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz von Wohnungen
- [11] DEGA-Memorandum: Die DIN 4109 und die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik, Deutsche Gesellschaft für Akustik, DEGA BR 0101, Berlin, August 2005
- [12] DGfM-Merkblatt: Schallschutz nach DIN 4109, 1. Auflage, Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau, Berlin 2006
- [13] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teil B, Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, Ausgabe 2009
- [14] Urteil OLG München vom 19.05.2009, Az.9 U 4198/08, nicht rechtskräftig
- [15] BGH-Entscheidung vom 14.06.2007, Az. VII ZR 45/06 zur DIN 4109/Schallschutz

- [16] Gösele, Kandel, Linhardt: Schallschutzkosten im Wohnungsbau; Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln 1991
- [17] Kötz, W.-D.: Kosten des Schallschutzes im Wohnungsbau – Beispiele für kostengünstige Lösungen. – In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung ZfL, Jan. 2001
- [18] DIN EN ISO 140-3: 2005-03: Akustik Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen (ISO 140-3:1995+ AM 1:2004); Deutsche Fassung EN 20140-3:1995 + A1:2004
- [19] DIN EN ISO 717-1:2006-11 Akustik: Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 1: Luftschalldämmung
- [20] Weber, L., Koch, S.: Anwendung von Spektrum- Anpassungswerten Teil 1: Luftschalldämmung, Bauphysik 21, Heft 4, S. 167–170 (1999)
- [21] E DIN 4109-1:2006-06: Schallschutz im Hochbau, Teil 1: Anforderungen
- [22] DIN EN 12354-1:2000-12 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen
- [23] DIN EN 12354-2:2000-09 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen
- [24] DIN EN 12354-3:2000-09 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm
- [25] DIN EN 12354-4:2001-04 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie
- [26] DIN EN 12354-5:2009-10 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 5: Installationsgeräusche
- [27] DIN EN 12354-6:2004-04 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 6: Schallabsorption in Räumen

- [28] DIN EN ISO 10052:2005-03: Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren (ISO 10052:2004); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2004
- [29] Moll, W.: Vorschläge für eine Neufassung von Anforderungen in DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau", Bauphysik Heft 3/2001
- [30] Ertel, H., Moll. W.:  $R'_w$  oder  $D_{nT_w}$ ? Überlegungen zur Kennzeichnung des Schallschutzes und Konsequenzen für eine Neufassung von DIN 4109, Bauphysik, Heft 2/2007
- [31] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11 Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- [32] Beiblatt 1 zu DIN 4109/A1:2003-09 Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Änderung A1
- [33] Gerretsen, E.: European development in prediction models for building acoustics. – In: Acta Acustica 2 (1994), S. 205–214
- [34] Schneider, M., Späh, M., Blessing, S., Fischer, H.-M.: Ermittlung und Verifizierung schalltechnischer Grundlagendaten für Wandkonstruktionen aus Kalksandstein-Mauerwerk auf der Grundlage neuer europäischer Normen des baulichen Schallschutzes; Abschlussbericht Nr. 1370 zum gleichnamigen AlF-Forschungsvorhaben der Hochschule für Technik Stuttgart, Februar 2002
- [35] KS-Schallschutz-Rechner, Version 3.1, Hrsg.: Bundesverband Kalksandsteinindustrie eV, Hannover 2008. Kostenfreier Download über die KS-Homepage
- [36] Fischer, H.-M., Scheck, J., Schneider, M.: Vorläufiges Verfahren zur Schalldämm-Maß-Prognose von zweischaligen Haustrennwänden aus Kalksandstein unter Berücksichtigung einer unvollständigen Trennung, Bericht Nr. 132-012 02P, Hochschule für Technik, Stuttgart, 2007
- [37] Maack, J.: Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung, Abschlussbericht mit Anhang Prüfbericht zum BBR-Forschungsvorhaben BBR Z 6-5.4-02.19, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2005

- [38] Fluglärmgesetz, Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, vom 31. Oktober 2007, BGBI Jahrgang 2007 Teil I Nr. 56, S. 2550–2556
- [39] Fischer, H.-M.: Stellungnahme zur Schalldämmung einschaliger Wände aus Kalksandstein ohne Stoßfugenvermörtelung. Stuttgart 2001
- [40] ZVSHK-Merkblatt und Fachinformation Schallschutz. Zentralverband Sanitär Heizung Klima, Sankt Augustin 2003
- [41] Fischer, H.-M.: Beurteilung des Einflusses von KS-ISO-Kimmsteinen auf die Schalldämmung von KS-Mauerwerk. Stuttgart 2000
- [42] Fischer, H-M., Sohn, M.: Musterinstallationen im Installationsprüfstand – praxisgerechte Analyse des Geräuschverhaltens, IBP-Mitteilung 214, 18 (1991)
- [43] DIN EN ISO 140-16:2006-11 Akustik: Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Teil 16: Messung der Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch zusätzliche Vorsatzschalen im Prüfstand
- [44] Weber, L., Buchele, A.: Akustische Sanierung von Wohngebäuden mit Vorsatzschalen und Vorsatzkonstruktionen Berechnung, Planung, Optimierung; IBP-Bericht B-BA 2/2008, durchgeführt im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Az.: Z6 10.07.03-05.13 / II 13 80 01 05 13, Stuttgart 2009
- [45] DIN EN ISO 354: Akustik Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354: 2003); Deutsche Fassung EN ISO 354:2003
- [46] Bestimmung der Stoßstellendämmung an T-Stößen aus Kalksandsteinmauerwerk bei unterschiedlicher Knotenpunktausbildung. Berichte Nr. FEB/FS 07/00 und Nr. FEB/FS 07/00-1 der Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft für Bauphysik e.V. an der Fachhochschule Stuttgart/Hochschule für Technik
- [47] Fischer, H.-M.: Stellungnahme zum zu erwartenden Schalldämm-Maß einer zweischaligen Haustrennwand aus Kalksandstein. Stuttgart 2007
- [48] Ruhe, C., Neumann, R.: Schallschutz im Wohnungsbau – Haustrennwände; Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., 1998

#### Beratung:

UNIKA GmbH

Am Opel-Prüffeld 3
63110 Rodgau
Telefon (0 61 06) 28 09-10
Telefax (0 61 06) 28 09-90
kontakt@unika-kalksandstein.de
www.unika-kalksandstein.de

Rodgauer Baustoffwerke GmbH & Co. KG

Am Opel-Prüffeld 3 63110 Rodgau Telefon (0 61 06) 28 09-0 Telefax (0 61 06) 28 09-40 kontakt@rodgauer-baustoffwerke.de www.rodgauer-baustoffwerke.de

KG Kalksandsteinwerk Wiesbaden GmbH & Co.

Deponiestraße 11 65205 Wiesbaden-Mainz-Amöneburg Telefon (06 11) 9 67 12-0 Telefax (06 11) 9 67 12-50 kontakt@unika-wiesbaden.de www.unika-wiesbaden.de

UNIKA Kalksandsteinwerk Nordbayern GmbH & Co. KG

Gewerbepark 11 96149 Breitengüßbach Telefon (0 95 44) 83-5 Telefax (0 95 44) 43-30 kontakt@unika-nordbayern.de www.unika-nordbayern.de

UNIKA-Kalksandstein Westfalen GmbH

Zum Vogelsberg 12 45721 Haltern am See Telefon (0 23 64) 96 32-0 Telefax (0 23 64) 96 32-35 brechner@unika-westfalen.de www.unika-westfalen.de

Kalksandsteinwerke Südbayern GmbH & Co. KG Forststraße 19/21

86316 Friedberg-Derching Telefon (08 21) 7 80 78-0 Telefax (08 21) 7 80 78-50 unika@ksw-suedbayern.de www.ksw-suedbayern.de Baustoffwerke Havelland GmbH & Co. KG

Veltener Straße 12/13 16515 Oranienburg-Germendorf Telefon (0 33 01) 59 68-0 Telefax (0 33 01) 53 07-02 info@unika-havelland.de www.unika-havelland.de

Überreicht durch: