

Flanken im Fokus

Schallschutzplanung im Massivbau nach DIN 4109-2:2018-01

Die Schallübertragung über flankierende Bauteile kann einen dominierenden Einfluss auf den Schallschutz von Wohnungstrennwänden und -decken haben. Daher kommt der schalltechnisch günstigen Planung und Ausführung der Anschlussdetails zwischen Trennbauteil und Flanken eine zentrale Rolle bei der Realisierung eines guten Schallschutzes zu. Die grundlegenden bauakustischen Aspekte bezüglich der schalltechnisch günstigen Planung und Ausführung der Anschlussdetails im Massivbau sowie daraus abgeleitete Empfehlungen für deren baupraktische Ausführung sind Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

1 Einleitung

Die Schallschutznorm DIN 4109 ist seit Generationen das zentrale Regelwerk für die Planung des baulichen Schallschutzes in Deutschland. Die neue Schallschutznorm wurde im Juli 2016 veröffentlicht und die bauaufsichtliche Einführung der Norm wird in den meisten Bundesländern in Kürze erfolgen bzw. ist bereits erfolgt (wie z.B. in Baden-Württemberg). Im Zuge der über 20-jährigen Überarbeitung der Schallschutznorm hat sich eine Reihe von Erkenntnissen über die schalltechnisch günstige Ausgestaltung von Anschlussdetails zwischen Trennbauteil und flankierenden Bauteilen ergeben, welche nachfolgend vorgestellt werden. Im Fokus steht dabei die Frage, wie sich eine akustisch günstige Gestaltung der Anschlussdetails mit den Erfordernissen der Baupraxis bzw. Bauausführung im modernen Mauerwerksbau in Einklang bringen lassen und somit wirtschaftlich ein guter Schallschutz in Wohnungen realisiert werden kann. Dabei zeigt sich, dass mit funktionsgetrennten Außenwandkonstruktionen mit tragender Wandschale und außenliegender Dämmebene mit einfachen Anschlussdetails ein guter Schallschutz sicher realisiert werden kann.

Zunächst wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Schallschutznormung sowie der bauaufsichtlichen Einführung der Schallschutznorm gegeben.

2 DIN 4109 – aktueller Stand der Normung und bauaufsichtlichen Einführung

2.1 Aktueller Stand der Schallschutznormung

Die neue Schallschutznorm gliedert sich in insgesamt 9 Teile, welche als Gesamtpaket im Juli 2016 veröffentlicht worden sind [1] bis [9]. Ein Überblick über die Struktur von DIN 4109 ist in Abb. 1 dargestellt.

Die Norm wurde bewusst modular aufgebaut, sodass bei zukünftig anstehendem Aktualisierungsbedarf einzelne Teile der Norm gezielt überarbeitet und neu herausgegeben werden können, ohne dass davon die jeweils anderen Teile betroffen werden. DIN 4109-1 definiert die Mindestanforderungen.

Bereits durch den Titel der Norm wird jetzt ersichtlich, dass dort kein Qualitätsniveau für den baulichen Schallschutz beschrieben wird, welches ein allgemein zufriedenstellendes Komfortniveau bietet, sondern dass es sich um die »untere Grenze« mindestens einzuhaltender Anforderungen handelt, welche bauaufsichtlich vorgeschrieben sind. Insbesondere beim Schallschutz im Geschosswohnungsbau sind sich Rechtsprechung und Experten darüber einig, dass privatrechtlich in aller Regel ein höheres Schallschutzniveau geschuldet ist. Um einen gegenüber dem Mindestschallschutz wahrnehmbar besseren Schallschutz zu erreichen, wird zum Beispiel bei der Luftschalldämmung eine Erhöhung der Mindestanforderungen um 3 dB empfohlen [10]. Dies bedeutet für

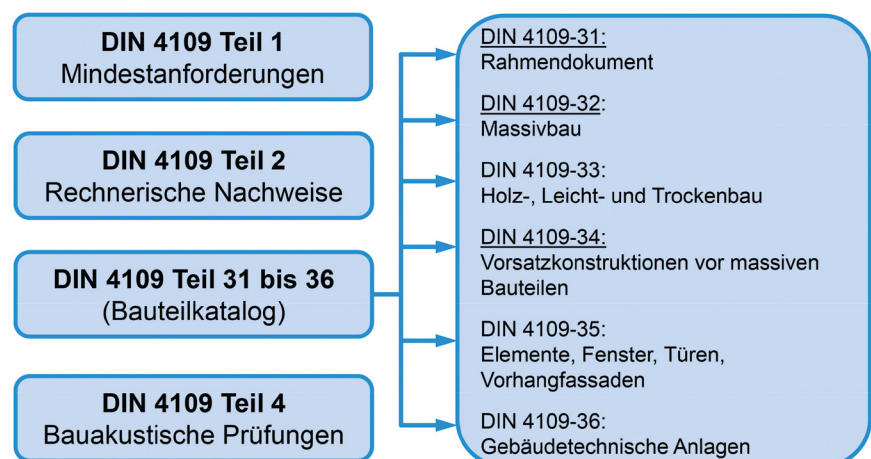


Abb. 1: Struktur der neuen Schallschutznorm DIN 4109

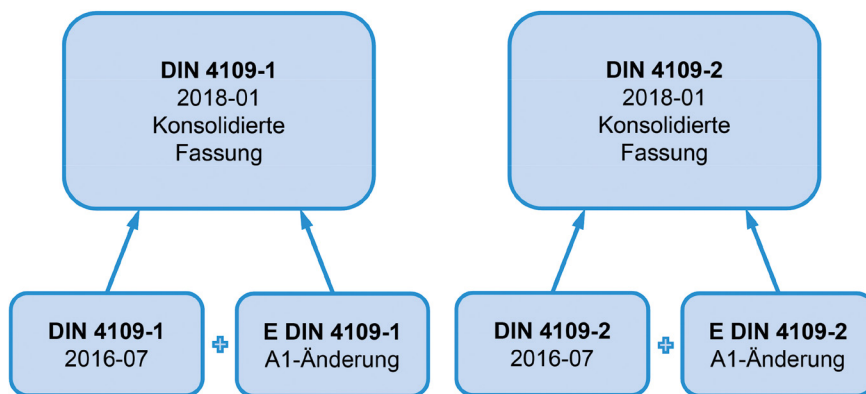


Abb. 2: Konsolidierte Neufassungen von DIN 4109-1 und DIN 4109-2

Wohnungstrennwände und -decken ein Bauschalldämm-Maß von $R'_w \geq 56$ dB bzw. $R'_w \geq 57$ dB.

DIN 4109-2 definiert Rechenverfahren zum Nachweis der Anforderungen aus Teil 1 der Norm sowie auch für darüber hinausgehende erhöhte Anforderungen. Die Normenteile 31 bis 36 enthalten Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise, welche nach Bauarten und -elementen getrennt in den einzelnen Teilen beschrieben werden. DIN 4109-4 gibt bauakustische Prüfverfahren an, mit denen die in der Normenreihe verwendeten schalltechnischen Größen – im Falle eines messtechnischen Nachweises – zu bestimmen sind. Es werden sowohl Verfahren für Labor- als auch für Baustellenmessungen genannt, die weitestgehend in international harmonisierten Prüfnormen beschrieben sind. In drei Anhängen werden zusätzlich einzuhaltende nationale Ergänzungen zu den internationalen Prüfverfahren beschrieben.

Bereits ein halbes Jahr nachdem die neue Schallschutznorm erschienen war, wurden zu den Teilen 1 und 2 im Januar 2017 Änderungsblätter herausgegeben [11], [12]. Dies hatte in der Fachöffentlichkeit angesichts der über 20-jährigen Überarbeitungsdauer der Norm zum Teil zu deutlichem Unverständnis geführt. Die Erarbeitung und Herausgabe der beiden Änderungsblätter war jedoch erforderlich geworden, da kurz nach dem Ablauf der Einspruchsphase zu den Entwürfen der neuen Schallschutznorm Ende 2014 die 16. BImSchV [13] mit überarbeiteten Rechenverfahren für den Schienenverkehrslärm erschienen war. Die dort festgelegten Änderungen hatten zu erheblichen Problemen mit der An-

wendung der neuen Schallschutznorm bei Nachweisen des Schallschutzes gegenüber Außenlärm an Schienenverkehrswegen geführt. Weitere Details hierzu und die Hintergründe zu den Änderungen, die im Bereich des Nachweisverfahrens für den Außenlärm in DIN 4109 vorgenommen wurden, finden sich in [14].

Anfang dieses Jahres wurden DIN 4109-1 [15] und DIN 4109-2 [16] als konsolidierte Neufassungen herausgegeben (siehe Abb. 2). Dort wurden die Änderungen der beiden oben genannten Entwurfsblätter der A1-Änderungen inklusive der Ergebnisse des dazu erfolgten Einspruchsverfahrens eingearbeitet.

Neben den bereits angesprochenen Änderungen im Bereich des Schallschutzes gegenüber Außenlärm wurde in der Neufassung von DIN 4109-1 eine Anforderung für den Trittschallschutz von Balkonen neu aufgenommen ($L'_{n,w} \leq 58$ dB). Dieses Anforderungsniveau wird bei Balkonen mit thermischen Entkopplungen häufig ohne weitere Maßnahmen erfüllt. Bei nicht entkoppelten Balkonen können hingegen Zusatzmaßnahmen wie schwimmend verlegte Gehbeläge auf den Balkonen erforderlich werden. Weiterhin wurde infolge eines Schlichtungsverfahrens, welches dem Einspruchsverfahren zu DIN 4109-1 gefolgt war, eine Fußnote zu Tabelle 2 in DIN 4109-1 aufgenommen, mit der die Anforderung an den bewerteten Normtrittschallschutz für Konstruktionen des Holz- und Leichtbaus (gemäß DIN 4109-33) von $L'_{n,w} \leq 50$ dB auf $L'_{n,w} \leq 53$ dB reduziert wird.

Angesichts der aus der bauakustischen Beratungspraxis bekannten häufigen Beschwerden zum Trittschallschutz trotz eingehaltener Min-

destanforderung der alten Norm ($L'_{n,w} \leq 53$ dB) kann die Anwendung dieser Fußnote jedoch keinesfalls empfohlen werden. Vielmehr sollte im Bereich des Trittschallschutzes ein deutlich erhöhter Normtrittschallschutz von $L'_{n,w} \leq 46$ dB anvisiert werden.

2.2 Bauaufsichtliche Einführung der neuen Schallschutznorm

Die bauaufsichtliche Einführung von Normen und weiteren technischen Regelwerken wird zukünftig nicht mehr über die Bauregelliste, sondern – infolge der Umsetzung des EuGH-Urteils C-100/13 zum deutschen Baurecht – durch die Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VV TB) erfolgen. Als Grundlage für die in den jeweiligen neuen Landesbauordnungen der Bundesländer in Kürze einzuführenden VV TB's dient die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB). Ursprünglich war die bauaufsichtliche Einführung der gesamten Schallschutznorm über die Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) geplant. In zwei Entwürfen der MVV TB waren neben DIN 4109-1 auch DIN 4109-2 und DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 als technische Baubestimmungen genannt. In der mittlerweile über das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBT) veröffentlichten finalen Fassung der MVV TB [17] ist eine bauaufsichtliche Einführung der neuen Schallschutznorm DIN 4109 hingegen nur für den Teil 1 der Norm »Mindestanforderungen« vorgesehen. Zum schalltechnischen Nachweis heißt es in der MVV TB, dass dieser für den Massivbau entweder nach DIN 4109-2:2016-07 mit den zugehörigen Bauteilkatalogen oder (mit einigen Einschränkungen) weiterhin nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989 geführt werden kann.

Diese Festlegung ist als außerordentlich problematisch zu betrachten, da seit vielen Jahren bekannt ist, dass die Nachweisverfahren in der alten Norm aus dem Jahr 1989 in verschiedenen Bereichen (massive Trennbauerteile mit leichten Flanken, Trittschall, Doppel- und Reihenhaustrennwände) zu drastischen Fehleinschätzungen führen können [18].

Die neue Schallschutznorm DIN 4109 war darüber hinaus seitens der zuständigen Normungsausschüsse unter der Voraussetzung erarbeitet

worden, dass die Mindestanforderungen in DIN 4109-1 zusammen mit den Nachweisverfahren in DIN 4109-2 und den Bauteilkatalogen in den Teilen DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 eine Einheit bilden und als Gesamtpaket bauaufsichtlich eingeführt werden. Alle Normenteile sind bezüglich der herangezogenen Kenngrößen, Verfahren und des Sicherheitskonzepts aufeinander abgestimmt. Deshalb erscheint die Festlegung, dass die veralteten Nachweisverfahren nach DIN 4109 Beiblatt 1 auch zukünftig im Rahmen bauaufsichtlicher Nachweise angewendet werden dürfen, nicht als zielführend.

Unter Fachleuten besteht seit Jahren weitgehend Einigkeit darüber, dass die Verfahren nach DIN 4109-2 und DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 den anerkannten Stand der Technik darstellen, und dass die Anwendung der alten Nachweisverfahren zu erheblichen Fehleinschätzungen führen kann (vgl. z.B. [18], [19] und [20]).

Die Anwendung der Nachweisverfahren der neuen Schallschutznorm ist entweder mittels einfacher Tabellenkalkulationsprogramme oder mit speziellen Softwareanwendungen einfach möglich. Bereits seit Anfang der 2000er-Jahre existieren entsprechende Softwareprogramme wie z.B. der KS-Schallschutzrechner [21] und werden seitdem mit wachsender Verbreitung in der Planungspraxis angewendet.

Seit der Veröffentlichung der Entwürfe aller Teile der neuen Schallschutznorm im Jahr 2013 ist eine weiter steigende Verbreitung der neuen Methoden in der Planungspraxis zu beobachten. Es ist festzustellen, dass die neuen Verfahren – bereits vor deren bauaufsichtlicher Einführung – in wachsendem Maße von Bauaufsichtsbehörden für den Schallschutznachweis zugelassen und in einigen Fällen sogar von diesen gefordert wurden. Der KS-Schallschutzrechner wurde seit dem Jahr 2013 bereits ca. 40.000 mal von der Homepage des Bundesverbands Kalksandsteinindustrie e.V. heruntergeladen, obwohl die mit dem Planungswerkzeug umgesetzten Verfahren bis Anfang 2018 nicht bauaufsichtlich eingeführt waren.

Umfangreiche Erfahrungen, welche u.a. im Rahmen der Beratungstätigkeit der regionalen Kalksandsteinbauberatungen gesammelt werden konnten,

bestätigen die Ergebnisse der verschiedenen Forschungsvorhaben, welche die Grundlage für DIN 4109-2 und DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 bilden. Viele bisher betreute Objekte, an denen zum Teil auch Schallmessungen durchgeführt wurden, belegen, dass die neuen Planungs- bzw. Nachweisverfahren zu zutreffenderen Ergebnissen führen als die in DIN 4109 Beiblatt 1.

Die folgenden weiteren Rückmeldungen zur Anwendung der neuen Verfahren mit dem KS-Schallschutzrechner in der Planungspraxis können festgehalten werden:

- Die einfache Möglichkeit des Variantenvergleichs ermöglicht eine (kosten)optimale Auslegung aller an der Schallübertragung beteiligten Bauteile, dies führt zu wirtschaftlichen Lösungen.
- Der Aufwand für die Anwendung des Nachweisverfahrens nach DIN 4109-2 ist nach erfolgter Einarbeitung und unter Verwendung geeigneter Planungshilfen nicht größer als die Anwendung des alten Verfahrens.
- Das Rechenverfahren ist im Vergleich zu anderen Planungsverfahren die in der Planungspraxis allgemein akzeptiert sind (z.B. Tragwerksplanung mittels FEM, DIN V 18599) vergleichsweise transparent. Sowohl bei der Anwendung mit Software-Produkten wie dem KS-Schallschutzrechner als auch bei der Nutzung einfacher Tabellenkalkulationsprogramme sind alle Eingangswerte sowie die Zwischenergebnisse der Berechnung nachvollziehbar und können per Handrechnung überprüft werden.

Vor diesem Hintergrund kann der Planungspraxis nur die Empfehlung gegeben werden, zukünftig sowohl für den bauaufsichtlich geforderten Schallschutznachweis als auch für die Planung eines höheren, ggf. privatrechtlich vereinbarten bzw. geschuldeten Schallschutzniveaus die aktuellen Nachweisverfahren zu nutzen.

3 Grundzüge des Rechenverfahrens für den Geschosswohnungsbau

Beim alten Nachweisverfahren für Wohnungstrennwände und -decken aus DIN 4109:1989 Beiblatt 1 erfolgte die Berechnung des Bauschalldämm-

maßes anhand der Massentabelle, bei der direkt aus der flächenbezogenen Masse des Trennbauteils auf das Bauschalldämm-Maß R'_w geschlossen werden konnte. Der Einfluss der flankierenden Schallübertragung wurde durch einen pauschalen Korrekturwert berücksichtigt, dessen Größe von der mittleren flächenbezogenen Masse der an das Trennbauteil anschließenden Flankenbauteile abhängt.

Genau an dieser Stelle liegt das Problem des alten Nachweisverfahrens: Die Bildung des Mittelwerts der flä-

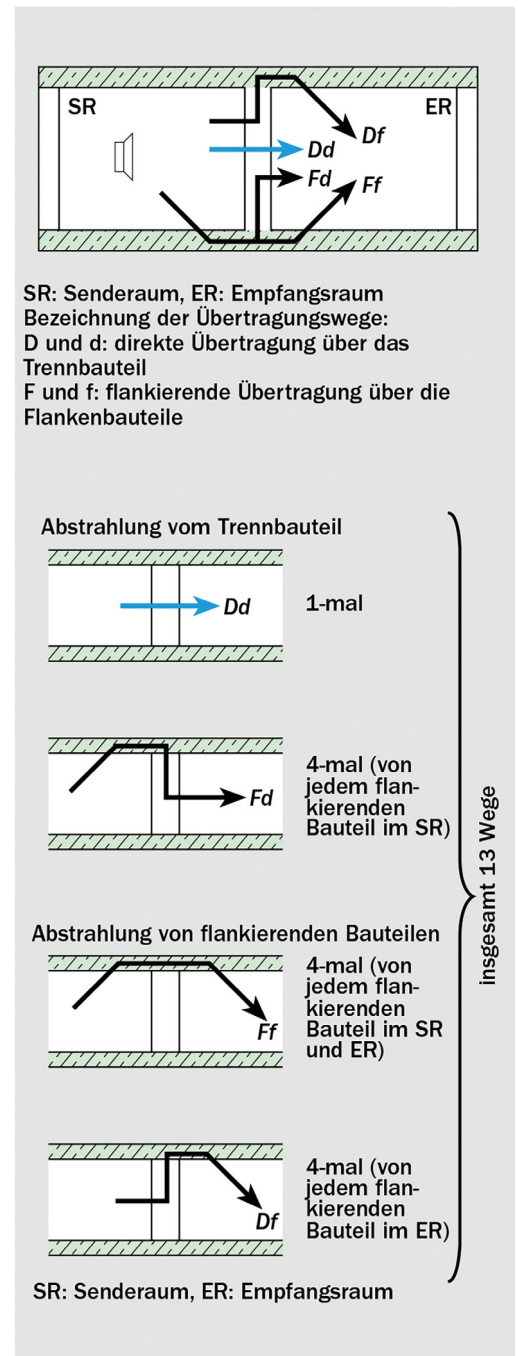


Abb. 3: Direkte und flankierende Übertragungswege zwischen zwei Räumen [10]

chenbezogenen Massen der Flankenbauteile führt insbesondere dann, wenn einzelne vergleichsweise leichte Flanken in der betrachteten Übertragungssituation vorhanden sind, zu falschen Ergebnissen [10], da in physikalischer Sicht eine Art Reihenschaltung von Widerständen (= Schalldämm-Maßen R_w) vorliegt, bei der das schwächste Glied das Gesamt-Schalldämm-Maß (= Bauschalldämm-Maß R'_w) dominiert. Weitere Randbedingungen, welche einen maßgeblichen Einfluss auf das Bauschalldämm-Maß haben, wie z.B. die konkreten Abmessungen der Übertragungssituation, die Art der Stoßstellen (X-Stoß oder T-Stoß) und die Anbindung der Flanken, wurden von dem alten Nachweisverfahren nicht berücksichtigt. Diese Einschränkungen grenzen den Anwendungsbereich des alten Verfahrens deutlich ein und führen dazu, dass dieses bei aktuellen Wohngebäuden in vielen Fällen keine angemessenen Ergebnisse liefert.

Diese »Konstruktionsmängel« des alten Nachweisverfahrens wurden im neuen Verfahren nach DIN 4109-2 behoben. Die Ermittlung des Bauschalldämm-Maßes erfolgt dort auf der Grundlage einer systematischen Betrachtung aller relevanten Schallübertragungswege, deren Beiträge unter Berücksichtigung der vorliegenden Geometrie sowie der Stoßstellen zur gesamten Schallübertragung zusammengefasst werden (Abb. 3). Dies erfolgt mittels einer »energetischen Addition« der Anteile aller Übertragungswege gemäß Gleichung (1)

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{i=1}^4 \left(10^{\left(\frac{R_{Ff(i),w}}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{R_{Fd(i),w}}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{R_{Df(i),w}}{10} \right)} \right) \right] \text{ dB} \quad (1)$$

Insgesamt setzt sich eine Übertragungssituation in der Regel aus 13 Übertragungswegen zusammen. Neben der Schallübertragung über das Trennbauteil ($R_{Dd,w}$) verlaufen 12 dieser Übertragungswege über die Flankenbauteile ($R_{ij,w}$). Der wesentliche Paradigmenwechsel, der bei der Umstellung auf das neue Verfahren vollzogen wird, ist, dass nicht mehr die Schalldämmung eines einzelnen Bauteils im Fokus steht, sondern dass die Schalldämmung des in eine Übertragungssituation eingebundenen Trennbauteils ermittelt wird. Die schalltechnische Leistung eines Bauteils wird dabei durch das Direktschalldämm-Maß R_w quantifiziert. Das Bauschalldämm-Maß R'_w kennzeichnet hingegen die Schalldämmung, welche das Trennbauteil in einer konkreten Einbausituation zwischen zwei Räumen erreicht (Abb. 4).

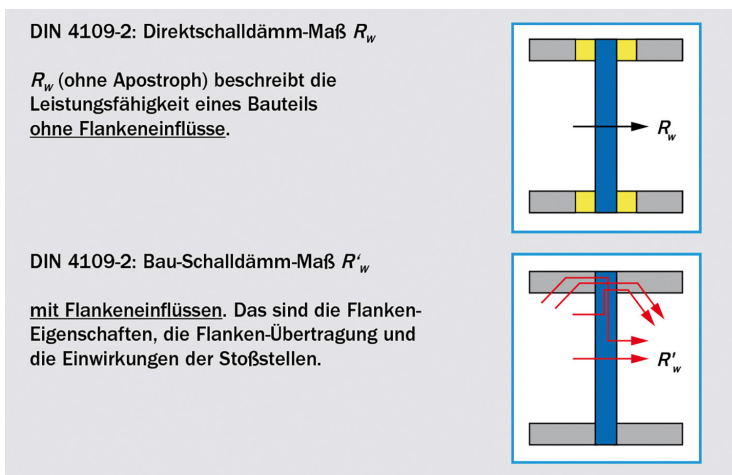


Abb. 4: Direktschalldämm-Maß R_w und Bauschalldämm-Maß R'_w

Tab. 1: in den Rechenmodellen von DIN 4109 Beiblatt 1 und DIN 4109-2 berücksichtigte Einflussparameter

	DIN 4109, Bbl. 1	DIN 4109-2	
Bauteile	Masse des Trennbauteils m'	✓	✓
	Masse der Flanken m'	pauschal	✓
	Vorsatzschale auf Flanken	pauschal	✓
Geometrie	ungünstige Lochung	-	✓
	Trennbauteilfläche S_s	-	✓
	Kantenlänge der Flanken l_f	-	✓
Stoßstellen	Flankenfläche A_f	-	✓
	Anbindung der Flanken	-	✓
	Kreuz- oder T-Stoß	-	✓
	elastische Entkopplung	-	✓

Beispiel: eine 24 cm dicke KS-Wohnungstrennwand der Rohdichteklasse 2,2 mit beidseitigem Putz weist bei einer flächenbezogenen Masse von $m' = 524 \text{ kg/m}^2$ ein Direktschalldämm-Maß von $R_w = 61,8 \text{ dB}$ auf. Das Bauschalldämm-Maß, welches diese Konstruktion in einer typischen Einbausituation mit starr angeordneten, massiven Flankenbauteilen hoher Rohdichte erreicht, liegt bei etwa 56 dB. Allein die geometrischen Abmessungen der Übertragungssituation sowie die Frage, wie viele Kreuz-Stöße und wie viele T-Stöße vorliegen, können dazu führen, dass das Bauschalldämm-Maß dieser Wohnungstrennwand zwischen 55 dB und 57,5 dB variiert. Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass die Schallschutzplanung bzw. der Nachweis immer auf Basis der Modellierung der konkreten (maßgeblichen) Übertragungssituation erfolgen sollte.

In Tab. 1 sind die im Rahmen der Berechnung nach alter und neuer Norm zu berücksichtigenden Einflussparameter gegenübergestellt. Der Vergleich verdeutlicht, dass eine Dimensionierung der einzelnen Schallübertragungswege mit dem alten Verfahren nicht möglich ist, da viele der eingangs erwähnten Parameter, die einen deutlichen Einfluss auf das Bauschalldämm-Maß haben, nicht berücksichtigt werden. Das neue Rechenverfahren nach DIN 4109-2 bietet hingegen die Möglichkeit, eine gezielte Optimierung aller Schallübertragungswege vorzunehmen und damit eine wirtschaftliche Auslegung der Baukonstruktionen (Wände und Decken, ggf. Vorsatzschalen) zu realisieren. Eine detaillierte Beschreibung des neuen Rechenverfahrens sowie Berichte über bisher gesammelte Erfahrungen mit dessen Anwendung finden sich z.B. in [22], [23] oder [10]. Die rechnerische Ermittlung der einzelnen Flankenschalldämm-Maße $R_{ij,w}$ wird im nachfolgenden Abschnitt erläutert.

4 Rechnerische Ermittlung der Flankenschalldämm-Maße

4.1 Einflussgrößen auf die Flankenschalldämmung und Berechnung gemäß DIN 4109-2

Die für Gleichung (1) benötigten Flankenschalldämm-Maße ergeben sich gemäß DIN 4109-2 wie folgt:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \left[\frac{S_s}{l_0 l_f} \right] \text{ dB} \quad (2)$$

$R_{i,w}$ und $R_{j,w}$ sind die Direktschalldämm-Maße der Bauteile auf dem betrachteten Übertragungsweg. Mit $\Delta R_{ij,w}$ wird die Verbesserung (oder Verschlechterung) des Schalldämm-Maßes durch zusätzlich auf den betrachteten Bauteilen angebrachte Vorsatzkonstruktionen (z.B. schwimmende Estriche) berücksichtigt. K_{ij} ist das Stoßstellendämm-Maß auf dem Übertragungsweg. Der letzte Summand berücksichtigt die vorliegenden geometrischen Zusammenhänge (Fläche des Trennbauteils und Kopplungslänge zwischen demselben und der angeschlossenen Flanke).

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} ist zum einen abhängig davon, um welche Art Stoß (Ecke, T- oder Kreuz-Stoß; starr angebunden oder entkoppelt) es sich handelt. Zum anderen hängt K_{ij} vom Verhältnis der flächenbezogenen Massen auf dem Übertragungsweg ab [4]. In der Gesamtbetrachtung führen Kreuzstöße aufgrund ihrer größeren Steifigkeit zu höheren Flanken-Schalldämm-Maßen als T-Stöße oder Ecken. Dieser Zusammenhang führt dazu, dass Raumsituationen mit vielen T-Stößen schalltechnisch ungünstiger sind als Räume, die nur wenige T-Stöße und mehr Kreuz-Stöße aufweisen [24]. Aufgrund dessen sind z.B. Eckräume in vertikaler Richtung häufig die schalltechnisch kritischen und somit maßgeblichen Räume. Außerdem ergibt sich daraus, dass versetzt angeordnete Grundrisse zu geringerem Schallschutz führen, als deckungsgleich übereinander angeordnete.

4.2 Einfluss der flächenbezogenen Masse flankierender Bauteile auf das Bauschalldämm-Maß

Der Einfluss der flächenbezogenen Masse flankierender Bauteile auf die Stoßstellendämm-Maße und die entsprechenden Flankenschalldämm-Maße nach Gleichung (2) ist exemplarisch für die starre Anbindung einer typischen Wohnungstrennwand (24 cm Mauerwerk, RDK 2,0, beidseitig verputzt) an eine Außenwand in Abb. 5 dargestellt. Das Diagramm zeigt, dass die Stoßstellendämm-Maße mit zunehmender flächenbezogener Masse der flankierenden Außenwand ab-, die resultierenden Flankenschalldämm-Maße hingegen zunehmen. Insgesamt dominiert in Gleichung (2) also der Einfluss des Direktschalldämm-Maßes R_w des flankierenden Bauteils. Das Fazit aus diesen Zusammenhängen lautet: Mit Blick auf das Bauschalldämm-Maß R'_w wirkt es sich günstig aus, wenn die Flankenbauteile schwer ausgeführt werden. Dies gilt auch für andere Arten von Stößen wie Kreuz- oder Eckstöße.

5 Ausführung der Anschlussdetails als Schlüssel zum Erfolg

Die Schallübertragung über flankierende Bauteile kann einen dominierenden Einfluss auf das Bauschalldämm-Maß einer Übertragungssituation haben [10]. Daher kommt der schalltechnisch günstigen Planung und Ausführung der An-

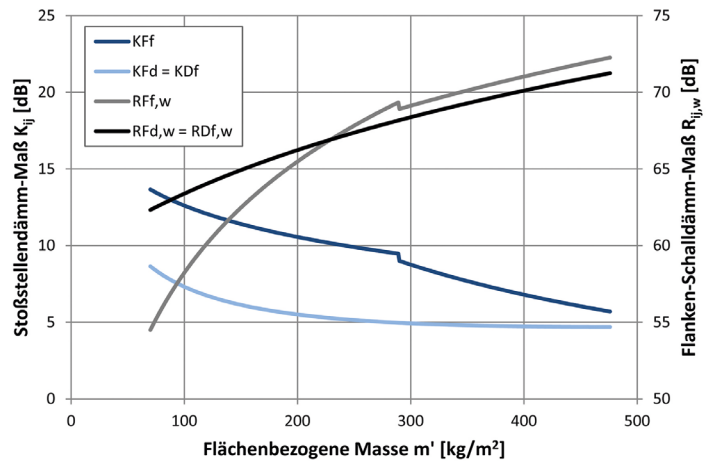


Abb. 5: Stoßstellendämm-Maße und Flankenschalldämm-Maße der Anbindung einer Wohnungstrennwand an die Außenwand (T-Stoß) in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der flankierenden Außenwand

schlussdetails zwischen Trennbauteil und Flanken eine zentrale Rolle bei der Realisierung eines guten Schallschutzes zu. Bereits mit der Festlegung der Geometrie eines Gebäudes können die Weichen hierfür gestellt werden. Beispielsweise führen deckungsgleich übereinander angeordnete Grundrisse zu einem besseren Schallschutz, da dort in den Übertragungssituationen mehr schalltechnisch günstige Kreuzstöße vorhanden sind als bei versetzt angeordneten Grundrissen (s.o.).

Die klassische Verbindung zwischen Mauerwerkswänden stellt der gemauerte Verband dar (Abb. 6a). Im modernen Mauerwerksbau mit großformatigen Steinen bzw. Elementen werden die Stoßstellen aufgrund der deutlich schnelleren Bauausführung heute aber in aller Regel entweder als Stumpfstoß (Abb. 6b) oder als »durchgeführte« Variante (Abb. 6c) – jeweils unter Verwendung von Stumpfstoßankern – ausgeführt.

Mit zusätzlich eingebauten Trennschichten wie z.B. Mineralfaser-, Kork- oder Bitumenfilzstreifen können Stoßstellen auch planmäßig akustisch entkoppelt werden. Dies kann je nach Anbindung der Flanken zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der Flankenschalldämmung führen. Wird ein flächiges Trennbauteil (Wand oder Decke) an mehreren Rändern elastisch entkoppelt, verringert sich dessen Direktschalldämm-Maß. Dies resultiert aus:

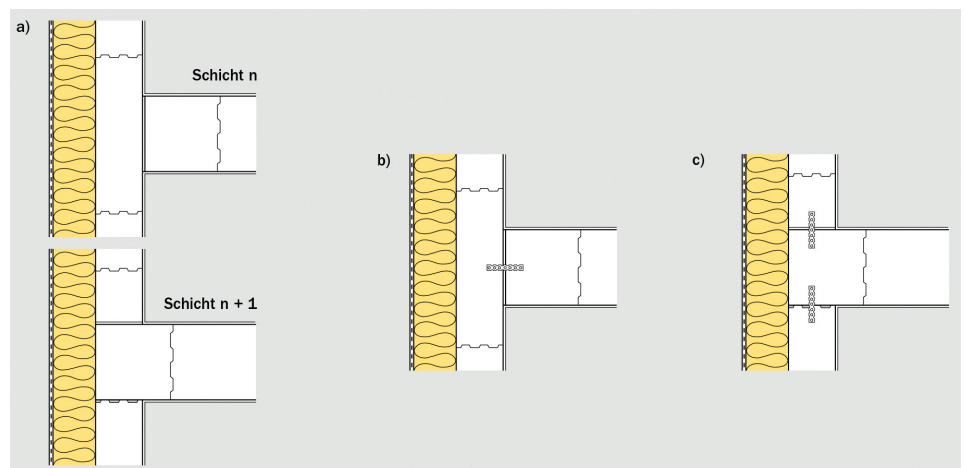


Abb. 6: Unterschiedliche Stoßstellenausführungen im Massivbau: a) im Verband gemauert, b) Stumpfstoß, c) durchgeführte Trennwand [25]

Flächenbezogene Masse m' der Wand	Anzahl n der entkoppelten Flanken	
	n = 2 - 3	n = 4
m' ≤ 150 kg/m ²	2 dB	4 dB
m' > 150 kg/m ²	3 dB	6 dB

Tab. 2: Korrekturwert K_e in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse m' des Trennbauteils und der Anzahl n der entkoppelten Flanken, aus [26]

- geringerer Energieableitung an benachbarte Bauteile,
- verändertem modalen Schwingungsverhalten,
- erhöhter Schallabstrahlung.

Die Höhe der Verringerung des Direkt-schalldämm-Maßes ist dabei abhängig von der Anzahl der entkoppelten Ränder des Bauteils und der flächenbezogenen Masse desselben. In DIN 4109-2 wird die Verringerung des Direkt-schalldämm-Maßes durch die elastische Entkopplung der Bauteilränder näherungsweise mit dem Korrekturwert K_e berücksichtigt (Tab. 2).

Welche der genannten Stoßstellen-ausführungen in schalltechnischer Hinsicht am geeignetsten sind, hängt von der Art und Funktion der anzuschließenden Bauteile (AW, IW, TW, Geschossdecke, etc.), der Höhe des geplanten Schallschutzniveaus sowie von weiteren Faktoren ab. Für die üblicherweise im Massivbau auftretenden Stoßstellen werden nachfolgend die günstigsten Lösungen erörtert.

5.1 Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Außenwand

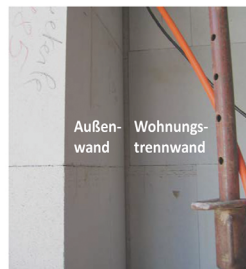
Der Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Außenwand wird seit Einführung der Stumpfstoßtechnik in der Regel als Stumpfstoß ausgeführt (Abb. 6b). Die Dicke der Anschlussfugen ist abhängig von der handwerklichen Ausführungsqualität und variiert in der Praxis zwischen nahezu 0 cm (ohne Mörtel) bis zu mehr als 3 cm. Der eingebrachte Normalmauermörtel schwindet häufig so stark, dass sich klar erkennbare Abrisse zeigen (Abb. 7).

Durch diese Abrisse löst sich die starre Verbindung, wodurch sich das akustische Verhalten der Stoßstelle einer planmäßigen Entkopplung annähert (Abb. 8b). In schalltechnischer Hinsicht wirkt sich dies negativ aus und verschlechtert die Stoßstellen-dämmung. Das Bauschalldämm-Maß verschlechtert sich dadurch bei schweren flankierenden Außenwänden um ca. 1 dB. Bei leichteren Außenwänden sind deutlich größere Verschlechterungen zu erwarten.



Abb. 7: Stumpfstoß zwischen Außenwand und Wohnungstrennwand mit beidseitig gelöster Mörtelfuge [25]

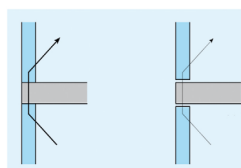
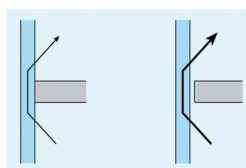
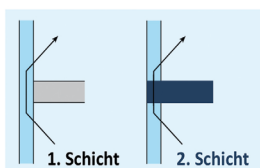
Das »Durchführen« der Wohnungstrennwand durch die Außenwand gemäß Abb. 8c ist deshalb die schalltechnisch bessere Variante. Bei dieser Ausführung führt ein akustisch wirksamer Abriss im Fugenbereich nicht zu einer Verschlechterung sondern – im Gegenteil – sogar zu einer Verbesserung der Flankenschalldämmung und somit auch des Bauschalldämm-Maßes. Wenn die Ausführung wie auch die rechnerische Modellierung als schalltechnisch starr erfolgt, liegt die »durchgeführte« Wohnungstrennwand somit schalltechnisch auf der sicheren Seite. An die Ausführungsqualität der beiden Fugen zwischen Außenwand und Wohnungstrennwand sind aus schalltechnischer Sicht keine besonderen Anforderungen zu stellen.



Akustisch: - immer kraftschlüssig

- kraftschlüssig ODER
- entkoppelt (Verschlechterung)

- kraftschlüssig ODER
- entkoppelt (Verbesserung)



a) Gemauerter Verband

b) Stumpfstoß

c) WTW „durchgeführt“

Abb. 8: Varianten der Stoßstellenausführung beim Anschluss zwischen Wohnungstrenn- und Außenwand (Bilder: Rudolf Herz).

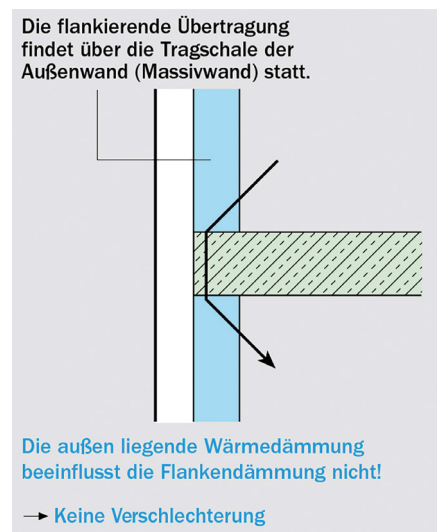


Abb. 9: Flankierende Schallübertragung über die Außenwand in vertikaler Richtung bei Außenwänden mit außenseitiger Wärmedämmebene [10].

Sind in der Nähe der Trennwand beidseitig raumhohe Fenster angeordnet und liegt aufgrund dessen nur eine vergleichsweise geringe Flankenfläche der Außenwand vor, ist die flankierende Schallübertragung bereits hierdurch begrenzt. Rechnerische Betrachtungen und Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass auf ein »Durchführen« der Außenwand verzichtet werden kann, wenn die Außenwandlänge vor dem Trennbauteil kleiner als 1,25 m ist. In diesem Fall kann – ohne eine schalltechnische Verschlechterung infolge der Entkopplung der Stoßfuge befürchten zu müssen – der Stumpfstoß gemäß Abb. 6 b ausgeführt werden.

Bei besonders hohen Anforderungen an den Schallschutz kann der Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Außenwand auch als durchgeführte Wohnungstrennwand gemäß Abb. 8 c mit einer planmäßigen Entkopplung realisiert werden. Dazu ist allerdings eine vollständige schalltechnische Entkopplung notwendig. Die Fuge muss in diesem Fall vollständig mit geeigneten Entkopplungsstreifen (s. o.) ausgefüllt sein. Es dürfen keine Mörtelbrücken auftreten und der Putz ist im Eckbereich mit einem Kellenschnitt vollständig zu trennen. Es wird deutlich, dass diese Variante mit erhöhten Anforderungen an die Ausführung verbunden und mit einer erhöhten Anfälligkeit für Ausführungsfehler behaftet ist als nicht entkoppelte Anschlüsse. Kommt die »durchgeführte« Wohnungstrennwand mit planmäßig entkoppelten Außenwandflanken zum Einsatz und wird sie rechnerisch in Ansatz gebracht, ist die Bauausführung mit großer Sorgfalt durchzuführen und anschließend durch den Fachplaner zu überprüfen.

Einfluss außenliegender Wärmedämmschichten

Außenliegende Wärmedämmschichten (wie z. B. bei WDVS oder zweischaligem Mauerwerk) beeinflussen die Flankenübertragung über die Außenwand nicht (Abb. 9). Alle Schichten außerhalb der massiven Außenwandschale können deshalb bei der Ermittlung der Schalldämmung zwischen benachbarten Wohnungen vernachlässigt werden.

5.2 Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Innenwand

Die Anbindung zwischen Wohnungstrennwand und Innenwand erfolgt im heute üblichen Massivbau in der Regel als vermörtelter Stumpfstoß. Die fachgerechte Ausführung des Stumpfstoßes ist in Abb. 10 dargestellt. Um eine langfristig starre Anbindung zu erreichen, empfiehlt sich die Begrenzung der Dicke der Stoßfuge (ein etwaiger Längenausgleich sollte nicht am Stoß, sondern weiter in Wandmitte erfolgen) und die Verwendung von schwindarmen Mörteln. Durch die Verwendung von Dünnbettmörteln können z. B. beide Kriterien erfüllt werden.

Um eine Reduzierung der flankierenden Schallübertragung zu erzielen, wird bei leichten, nicht tragenden Innenwänden empfohlen, diese durch das Einfügen weicher Trennschichten (z. B. Mineralfaser- oder Korkstreifen) planmäßig akustisch zu entkoppeln (Abb. 11 und Abb. 12 a). In [10] wird zum Beispiel empfohlen, einen entkoppelten Anschluss auszuführen, wenn die flächenbezogene Masse der an die Wohnungstrennwand angeschlossenen Innenwand kleiner als 200 kg/m^2 ist.

Hierbei ist allerdings zu bedenken, dass sich die Direktschalldämmung der Innenwand durch die Entkopplung verschlechtert, wenn weitere Ränder derselben entkoppelt

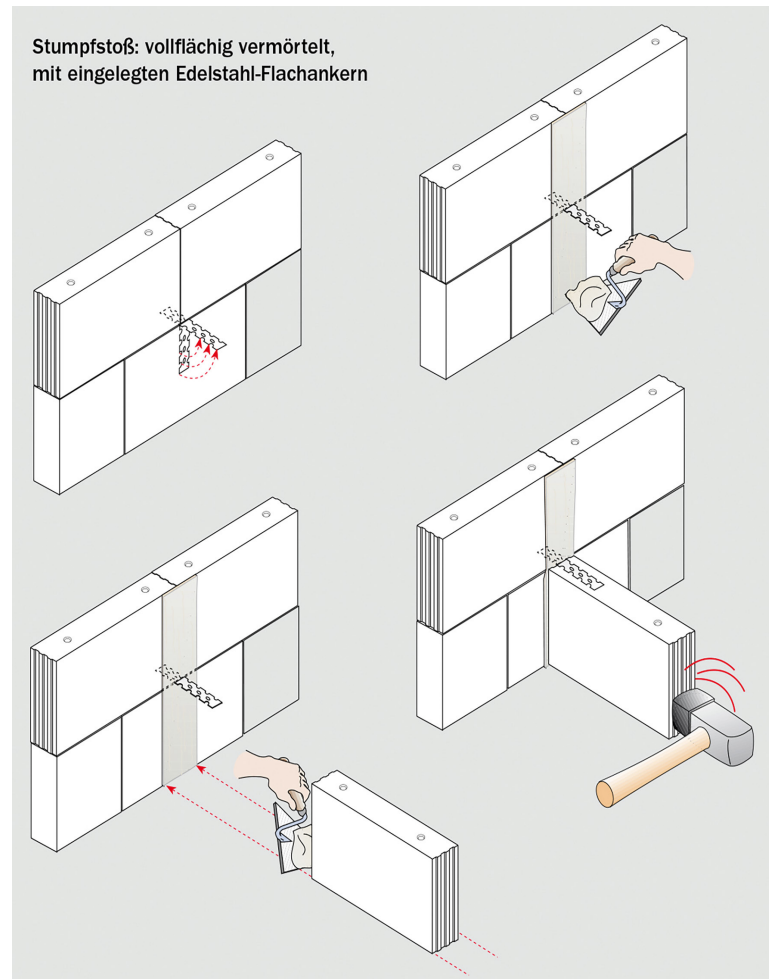


Abb. 10: Fachgerechte Ausführung des Stumpfstoßes [27]

sind (s. o.). Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn neben Schallschutzanforderungen zwischen benachbarten Wohnungen auch ein Mindestmaß des Schallschutzes innerhalb der eigenen Wohnung gewünscht wird (Abb. 12). Durch eine elastische Entkopplung an den Bauteilrändern wird das ohnehin schon geringe Direktschalldämm-Maß einer leichten massiven Innenwand noch weiter abgesenkt, wodurch sich auch das Bauschalldämm-Maß entsprechend reduziert.

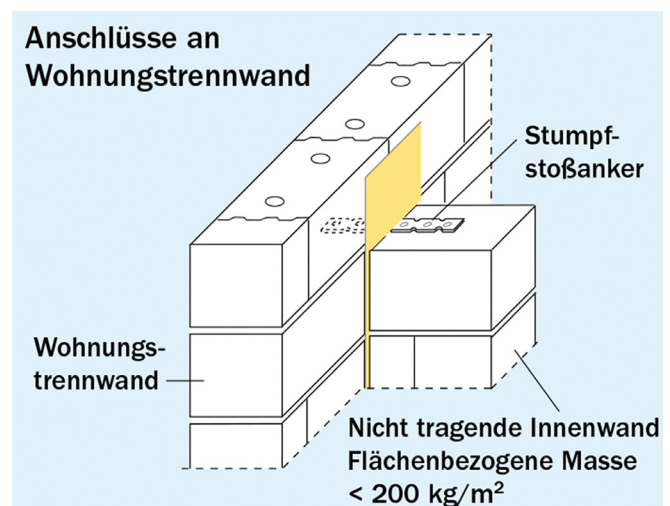


Abb. 11: Planmäßig entkoppelter Stumpfstoß [10]

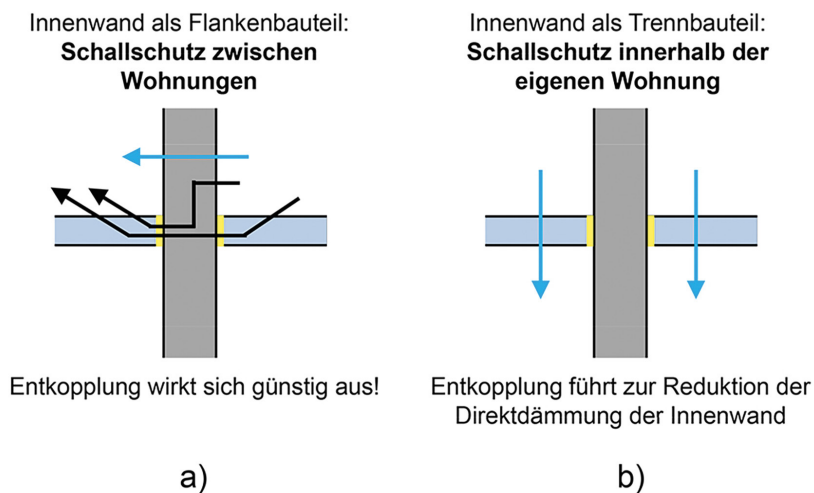


Abb. 12: Entkoppelter Anschluss einer Innenwand an die Wohnungstrennwand

Deshalb empfiehlt es sich, an die Wohnungstrennwand anschließende Innenwände mit hoher flächenbezogener Masse ($m' \geq 200 \text{ kg/m}^2$, z.B. 11,5 cm, RDK 1,8) zu wählen und diese mit einem vermörtelten Stumpfstoß gemäß Abb. 10 starr anzuschließen.

5.3 Anschluss zwischen abgewinkelten Wohnungstrennwänden

In aktuellen Neubauprojekten im Geschosswohnungsbau finden sich häufig Grundrisse, bei denen die Wohnungstrennwand nicht gerade durch das Gebäude verläuft, sondern durch eine versetzte Anordnung einzelner Wohnungen einen abgewinkelten Verlauf mit Ecken oder beliebigen Winkeln aufweist. In diesem Fall kann das rechnerisch zu erwartende Direktschalldämmmaß nur erreicht werden, wenn die an der Ecke entstehende Stoßstelle als starre Verbindung ausgeführt wird. Wenn die Ecke als Stumpfstoß ausgeführt wird, muss dieser sorgfältig unter Verwendung von Stumpfstoßankern und schwindarmem Mörtel gemäß Abb. 10 ausgeführt werden, um einen akustischen Abriss wie in Abb. 7 dargestellt zu vermeiden. Alternativ kann ein dauerhaft kraftschlüssiger Verbund an Ecken in abgewinkelten Wohnungstrennwänden durch einen gemauerten Verband erreicht werden.

5.4 Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Geschossdecke

Der schalltechnisch günstigste Anschluss zwischen einer Wohnungstrennwand und der darüber liegenden

Geschossdecke ist eine tragende Wand auf der die Decke vollflächig aufliegt. Diese Ausführung ist auch im Allgemeinen üblich und gewährleistet eine starre Anbindung zwischen den beiden Bauteilen – ein direkter Schalldurchgang im Bereich der Anschlussfuge wird zuverlässig verhindert.

Im Falle einer nicht tragenden Wohnungstrennwand mit einem entkoppelten Anschluss zur Geschossdecke gemäß Abb. 13 ist sicherzustellen, dass ein direkter Schalldurchgang im Bereich der Fuge unterbunden wird. Dies kann z.B. durch das Einbringen eines entsprechenden Dichtstoffs gewährleistet werden. Es kann in diesem Fall jedoch durch die Entkopplung – trotz der Sicherstellung der Luft- und somit Schalldichtigkeit des Anschlusses – zu einer deutlichen Reduktion des Schalldämmmaßes kommen. Die Trennschicht zwischen Wand und Decke führt zu einer Reduzierung der Schallenergieableitung von der Trennwand und zu einem geänderten Schwingungsverhalten derselben (s.o.). Dies führt zur Reduktion des Direktschalldämmmaßes und infolge dessen auch zur Absenkung des Bauschalldämmmaßes. Besser ist es – auch bei nicht tragenden Wänden – die Fuge zwischen Wand und Decke mit Mörtel auszufüllen, damit eine kraftschlüssige Verbindung entsteht (siehe Abb. 14). Hierbei sind bei nicht tragenden Wänden aus tragwerksplanerischer Sicht jedoch einige Voraussetzungen zu erfüllen, damit die Wand keine zu großen Lasten erhält und sich da-

durch das statische System verändern würde [28]:

- Der Mörtel sollte zu einem möglichst späten Zeitpunkt eingebracht werden, damit der größte Anteil der Deckenverformung bereits erfolgt ist.
- Der Mörtel sollte keine zu hohe Festigkeit aufweisen (zu empfehlen ist z.B. Normalmauermörtel II).

Das Verfüllen mit Mörtel stellt die schalltechnisch beste Variante dar. Dies gilt auch für nicht tragende Innenwände innerhalb des eigenen Wohnbereichs, an die Anforderungen an den Schallschutz gestellt werden. Diese Ausführungsvariante sollte aber in jedem Fall nur nach enger Abstimmung mit dem Tragwerksplaner erfolgen.

Der untere Anschluss einer Wohnungstrennwand an die Geschossdecke erfolgt in der Regel derart, dass die Wand direkt auf einer Mörtelausgleichsschicht auf der Geschossdecke steht. Bereits durch das Eigengewicht der Wand kann dieser Anschluss daher in der Regel immer auch als schalltechnisch starr angesehen werden.

Zur Reduzierung von Wärmebrückeneffekten werden bei Mauerwerk mit hoher Rohdichte am Wandfuß ge-

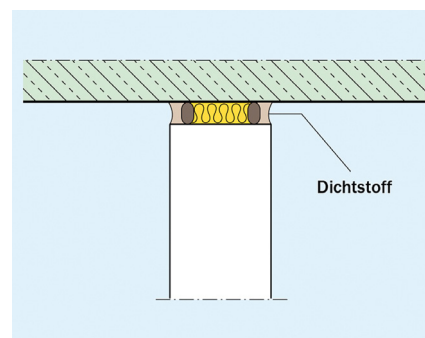


Abb. 13: Schalltechnisch entkoppelter Anschluss einer nicht tragenden Innenwand an die Geschossdecke [10]

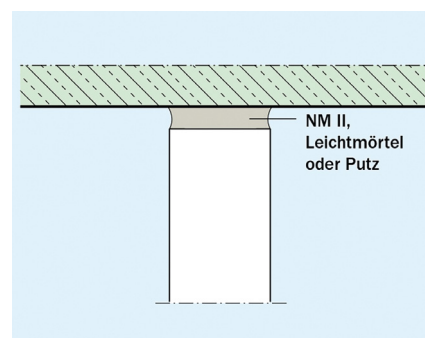


Abb. 14: Vermörtelter Anschluss einer nicht tragenden Innenwand an die Geschossdecke [10]

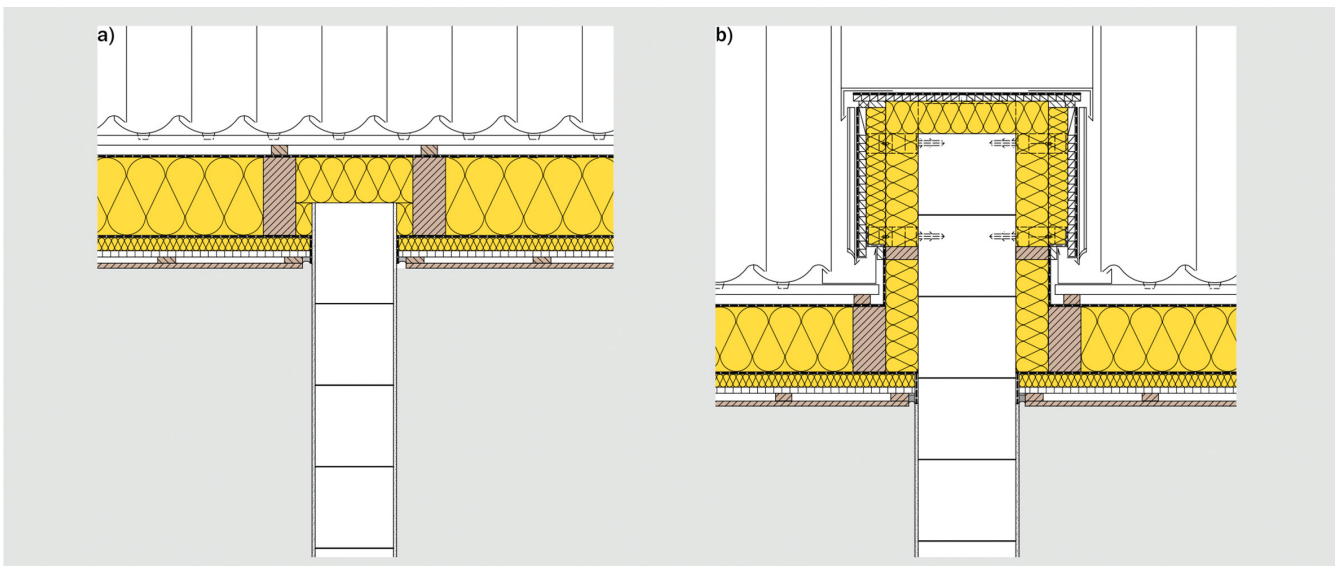


Abb. 15: Anschluss einer Wohnungstrennwand ans Dach: a) WTW wird bis zur Hälfte in die Dachebene geführt, b) WTW durchstößt die Dachebene [29]

genüber unbeheizten Bereichen in der Regel KS-Wärmedämmstein angeordnet. Diese weisen eine geringere Wärmeleitfähigkeit und eine geringere Rohdichte als das darüber liegende Mauerwerk auf. Messtechnische Untersuchungen im Schallprüfstand in Verbindung mit ergänzenden rechnerischen Betrachtungen haben gezeigt, dass die Schalldämmung einer Wand durch eine Lage mit KS-Wärmedämmsteinen am Wandfuß nicht reduziert wird [29].

5.5 Anschluss zwischen Wohnungstrennwand und Dach

Beim Anschluss der Wohnungstrennwand an das Dach stehen sich Anforderungen des Schall- und Wärmeschutzes gegenüber. In schalltechnischer Hinsicht wäre es am günstigsten, die Wohnungstrennwand bis unter die äußere Dachhaut durch die Dachkonstruktion durchzuführen. Um eine Minimierung des Wärmebrückeneffekts zu erreichen, wäre es hingegen am besten, wenn die Wohnungstrennwand direkt unterhalb der Wärmedämmung der Dachkonstruktion endet. Als Kompromiss zwischen Wärme- und Schallschutz kann daher die in Abb. 15 a dargestellte Variante empfohlen werden, bei der die Wohnungstrennwand etwa bis zur Hälfte in die Dachebene einbindet. Dabei ist darauf zu achten, dass als Dämmstoff seitlich und oberhalb des Wandkopfes ein Material mit geringer Steifigkeit und hoher Dämpfung sowie möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit (z. B. Mineralwolle) verwendet wird. Harte Dämmstoffe in diesem Bereich können zu einer Erhöhung der Schallübertragung über die Stoßstelle führen.

Wird die Wohnungstrennwand als Brandwand ausgeführt kann die Ausführung gemäß Abb. 15 b erfolgen. Diese Ausführungsvariante ist in schalltechnischer Hinsicht sehr günstig zu bewerten. Eine Minimierung des Wärmebrückeneinflusses erfolgt hier durch eine umlaufende, nicht brennbare Dämmebene.

6 Zusammenfassung

Die neue Schallschutznorm DIN 4109 stellt für den Geschosswohnungsbau ein Rechenverfahren zur Verfügung, mit dem der Einfluss aller wesentlichen Parameter auf die

Schalldämmung von Bauteilen erfasst wird. Planungsfehler, die bei der Anwendung des alten Verfahrens nach DIN 4109 Beiblatt 1 aus dem Jahr 1989 infolge einer nicht angemessenen rechnerischen Betrachtung der flankierenden Schallübertragung häufig auftraten, können deshalb mit dem neuen Verfahren zuverlässig vermieden werden. Deshalb kann der Planungspraxis – auch wenn gemäß der bauaufsichtlich vorgesehenen Regeln weiterhin das alte Verfahren alternativ zugelassen werden soll – nur die Empfehlung gegeben werden, die aktuellen Planungsverfahren zu nutzen. Unabhängig von den bauaufsichtlichen Anforderungen ist in privatrechtlicher Hinsicht ohnehin die Anwendung aktueller Planungsverfahren geschuldet.

Die im Rahmen des vorliegenden Beitrags vorgenommenen Betrachtungen können mit den folgenden Empfehlungen zusammengefasst werden:

- Schwere Trennbauteile und schwere Flanken bilden die Grundlage für einen hochwertigen Schallschutz.
- Eine Starre Kopplung zwischen den Bauteilen gewährleistet hohe Direktschalldämm-Maße aller Bauteile und damit einen guten Schallschutz zwischen Wohnungen und innerhalb des eigenen Wohnbereichs.
- Wohnungstrennwände sollten durch die Außenwand hindurchgeführt werden. Diese Ausführungsvariante ist schalltechnisch günstiger als der klassische Stumpfstoß.
- Übereinander angeordnete Grundrisse sind in schalltechnischer Hinsicht günstiger als versetzt angeordnete, da dort an den Stoßstellen zwischen Innenwänden und Geschossdecken steife Kreuz-Stöße – und nicht schalltechnisch ungünstigere T-Stöße – vorliegen.

Um einen möglichst guten Trittschallschutz zu erreichen, kann darüber hinaus die Empfehlung gegeben werden, schwere schwimmende Estriche auf weichen Dämmschichten (mit geringer dynamischer Steifigkeit) zu realisieren. Unter Beachtung dieser einfachen Regeln und den im Rahmen des Beitrags angesprochenen Konstruktionsdetails kann ein guter Schallschutz sicher erreicht werden.

Für die rechnerische Dimensionierung und die Nachweisführung steht mit dem KS-Schallschutzrechner [21] eine Softwarelösung zur Verfügung, mit der die Anwendung

der neuen Planungsmethoden einfach und praxisgerecht erfolgen kann. Die neuen Verfahren bieten durch die Möglichkeit der gezielten Dimensionierung aller an der Schallübertragung beteiligten Bauteile die Grundlage für eine wirtschaftliche Schallschutzplanung.

Literatur

- [1] DIN 4109-1:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen.
- [2] DIN 4109-2:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen.
- [3] DIN 4109-31:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument.
- [4] DIN 4109-32:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau.
- [5] DIN 4109-33:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau.
- [6] DIN 4109-34:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen.
- [7] DIN 4109-35:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden.
- [8] DIN 4109-36:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäudetechnische Anlagen.
- [9] DIN 4109-4:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen.
- [10] Fischer, H.-M.: Kalksandstein – Schallschutz, Vorabveröffentlichung aus dem Planungshandbuch 7. Auflage. Herausgeber: Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 2017.
- [11] Entwurf DIN 4109-1/A1:2017-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen; Änderung A1.
- [12] Entwurf DIN 4109-2/A1:2017-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen; Änderung A1.
- [13] Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), zuletzt geändert durch die Verordnung vom 18. Dezember 2014.
- [14] Meier, A.: Schallschutz gegen Außenlärm in DIN 4109 – Anforderungen und Hintergründe. Bauphysik, 39(4):S. 272–276, 2017.
- [15] DIN 4109-1:2018-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen.
- [16] DIN 4109-2:2018-01: Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen.
- [17] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Ausgabe 2017/1. Herausgegeben vom Deutschen Institut für Bautechnik DIBt.
- [18] Fischer, H.-M.: DIN 4109:2016 – Eine technische Regel in der MVV TB? Bauphysik, 39(6):S. 287–393, 2017.
- [19] Schneider, M.: Stellungnahme des Fachausschusses Bau- und Raumakustik in der Deutschen Gesellschaft für Akustik e. V. (DEGA) zur Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen. Bauphysik, 39(6):S. 395, 2017.
- [20] Schäfers, M.: Bauakustik quo vadis – welche Methoden ermöglichen eine sichere und wirtschaftliche Schallschutzplanung? Bauphysik, 39(6):S. 396–398, 2017.
- [21] KS-Schallschutzrechner, Version 5.11, verfügbar unter www.kalksandstein.de. Herausgegeben vom Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 2018.
- [22] Schäfers, M., Grethe, W.: Schallschutzplanung im Geschosswohnungsbau nach E DIN 4109-2. Mauerwerk, 19(3): S.199–208, 2015.
- [23] Handbuch zum KS-Schallschutzrechner, Version 5.11. Herausgegeben vom Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 2018.
- [24] Schäfers, M., Pekrul, O.: Die Neufassung von VDI 4100 und ihre Auswirkung auf die Bau-/Planungspraxis und die Rechtsprechung. Erschienen in: Fouad, N.A.: Bauphysik-Kalender 2014.
- [25] Kalksandstein – Schallschutz sicher geplant – einfach ausgeführt. Fachbroschüre. Herausgegeben vom Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 2016.
- [26] Fischer, H.-M.; Schneider, M.: Schalldämmung von elastisch entkoppeltem Mauerwerk. Stellungnahme der Hochschule für Technik Stuttgart, FEB/FS 59/10, 2010.
- [27] Rich, H.: Kalksandstein – Die Maurerfibel. Herausgegeben vom Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 8. Überarbeitete Auflage – Stand 1/2014.
- [28] Schubert, P.: Gutachterliche Stellungnahme zur Wirksamkeit einer Mörtelschicht als obere Halterung. Gutachterliche Stellungnahme des Instituts für Bauforschung Aachen, 2003.
- [29] Fischer, H.-M.: Beurteilung des Einflusses von KS ISO-KIMM-Steinen auf die Schalldämmung von KS Mauerwerk. FEB Stuttgart, 2000.

Der Autor

Dr.-Ing. Martin Schäfers

Abteilungsleiter Bauanwendung und Bauphysik
Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.

- Mitglied diverser nationaler und europäischer Normungsgremien im DIN und CEN zum Wärme- und Schallschutz (u.a. Mitarbeit an den Normenreihen DIN 4108 und DIN 4109).

- Lehrbeauftragter für Bauphysik an der Hochschule Darmstadt.

Entenfangweg 15
30419 Hannover

