

Schallschutznachweis für zweischalige Haustrennwände in Doppel- und Reihenhäusern

T 3287

T 3287

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2012

ISBN 978-3-8167-8845-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Hochschule für Technik Stuttgart

Zentrum für akustische und thermische Bauphysik

Abschlussbericht zum Projekt Nr. 122-012-10P-3

Schallschutznachweis für zweischalige Haustrennwände
in Doppel- und Reihenhäusern

Untersuchungen durchgeführt im Auftrag des
Deutschen Instituts für Bautechnik
Kolonnenstr. 30L
10829 Berlin

Bearbeitet von: Martin Schneider
Der Bericht umfasst: 14 Seiten Text

Stuttgart, den 22. Mai 2012

Bearbeiter:

Projektleiter:



M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer

1 Aufgabenstellung

Bei Einfamiliendoppel- und Reihenhäusern sind zum Erreichen eines hohen Schallschutzes zweischalige Haustrennwände aus massivem Mauerwerk Standard. Die Schalldämmung dieser Wände wird im baurechtlich geforderten Schallschutznachweis derzeit noch sehr pauschal nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 [1] für eine vorgegebene Ausführung der Trennfuge aus der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen berechnet. Die flankierende Übertragung über Dächer, über eine mögliche Kopplung im Fundamentbereich oder über andere das trennenden Bauteil flankierende Bauteile wird bislang rechnerisch nur sehr pauschal bzw. für eine konkrete Bausituation überhaupt nicht berücksichtigt. Ziel des Forschungsvorhabens ist ein auf Einzahlangaben basierendes Berechnungsmodell zur Vorherberechnung der Schalldämmung von zweischaligen massiven Trennwänden unter Berücksichtigung der flankierenden Übertragung. Mit diesem Berechnungsmodell soll in Anlehnung an die DIN EN 12354-1 [2] die resultierende Schalldämmung aus dem Direktschalldämm-Maß des trennenden, zweischaligen Bauteils und aus den Flankenschalldämm-Maßen berechnet werden.

In einem ersten Schritt wurde in diesem Forschungsvorhaben das Direktschalldämm-Maß der zweischaligen Wände untersucht. Dieses kann entweder durch eine Messung im Prüfstand oder rechnerisch aus den akustisch relevanten Daten der Konstruktion ermittelt werden. Dabei wurde geklärt, welche konstruktiven Parameter bei der Berechnung berücksichtigt werden müssen. Das bewertete Schalldämm-Maß R_w der zweischaligen Trennwandkonstruktion kann rechnerisch aus der flächenbezogene Masse m' des Mauerwerks und der Fuge ermittelt werden.

Bei zweischaligen Haustrennwänden ergibt sich aus wirtschaftlichen und bautechnischen Gründen im untersten Geschoss häufig die Notwendigkeit, die beiden akustisch getrennten Wandschalen über eine durchgehende Bodenplatte, über durchgehende Außenwände (z.B. bei einer „Weißen Wanne“) oder über das gemeinsame Fundament konstruktiv miteinander zu verbinden. Hierdurch entsteht eine Kontaktstelle zwischen den durch eine Trennfuge getrennten Wandschalen. Diese "Schallbrücke" vermindert dann die Schalldämmung der zweischaligen Haustrennwand (HTrW) zwischen den angrenzenden Räumen. Bei einer „weißen Wanne“ (durchlaufende Außenwände und Fußboden aus wasserundurchlässigem Beton) kann sich auch im darüber liegenden Geschoss noch eine gewisse Verminderung des Schallschutzes aufgrund der Kopplung der Trennwände ergeben. Dieser Einfluss einer konstruktiven Überbrückung wird bei der Berechnung des Schallschutzes nach DIN 4109 Beiblatt 1 [1] bislang nicht berücksichtigt.

Besonders wenn Einfamiliendoppel- und Reihenhäuser ohne Keller ausgeführt werden, wird der Schallschutz zwischen den Aufenthaltsräumen im untersten Geschoss über Kopplungsstellen häufig vermindert. Durch eine Berechnung der Schallübertragung über typische Kopplungsstellen im Fundamentbereich bzw. deren Stoßstellendämmung soll der Einfluss der Übertragung auf die Gesamtdämmung abgeschätzt werden. Da bislang nur für eine einfache Stoßstellengeometrie (Dickenwechsel, Ecken und T- oder Kreuzstöße) Rechenwerte zur Stoßstellendämmung vorhanden sind, soll für zweischalige Trennwandkonstruktionen mit deren Anschlussdetails im Fundamentbereich mittels FEM das Stoßstellendämm-Maß bestimmt werden.

Anhand von Untersuchungen an einfachen Modellen von massiven Kreuz- und T-Stößen konnte gezeigt werden, dass die mittels Finite Elemente Modell berechneten Stoßstellendämm-Maße den mit anderen z.B. empirischen Rechenverfahren (DIN EN 12354-1 [2], Anhang E) ermittelten Werten entsprechen. In einem zweiten Schritt wurden dann Stoßstellen, wie sie im Fundamentbereich von zweischaligen Haustrennwänden (Doppel-T-Stöße mit durchgehender Bodenplatte, mit zusätzlichem Fundament, mit Fundament und getrennter Bodenplatte etc.) auftreten, rechnerisch mittels FEM untersucht. Auf Grundlage dieser Er-

gebnisse wurde ein einfaches Berechnungsverfahren zur Abschätzung der Stoßstellendämmung im Fundamentbereich erstellt.

Insgesamt ist allerdings zu beachten, dass weitere mögliche Einflussgrößen auf die Stoßstellendämmung, wie z.B. die Größe des Fundamentes oder die Art der Auflagerung der Bodenplatte, nicht berücksichtigt werden. Die Bodenplatte kann direkt auf dem gewachsenen Boden, möglicherweise Fels, aufliegen, sie kann aber auch durch eine Sauberkeitsschicht oder durch eine Wärmedämmschicht von diesem getrennt sein. Der daraus resultierende Einfluss auf die Stoßstellendämmung ist äußerst schwierig abzuschätzen und wird deshalb weder bei der nachfolgenden durchgeführten Berechnungen berücksichtigt noch soll er zukünftig in die Prognose der zu erwartende Schalldämmung zwischen den angrenzenden Räumen eingehen. Durch entsprechend große Unsicherheitsbeiwerte des Stoßstellendämm-Maßes können diese Faktoren allerdings in der Berechnung der resultierenden Schalldämmung berücksichtigt werden.

Bei zweischaligen Haustrennwänden kann eine Verbindung zwischen den beiden Schalen nicht nur im Kellerbereich, sondern auch im Dachgeschoss vorhanden sein. Hierdurch erfolgt gegebenenfalls auch eine flankierende Schallübertragung über dieses durchgehende Leichtbauteil. Aufgrund der im Allgemeinen vernachlässigbaren Anregung der Massivbauteile durch die Leichtbauteile kann der Anteil der flankierenden Übertragung über die bewertete Flankenschalldämmung D_{nfw} für die jeweilige Konstruktion abgeschätzt werden.

2 Direktschalldämmung von massiven zweischaligen Trennwänden

Die Untersuchungen sind im Zwischenbericht Nr. 122-012-10P-1 detailliert beschrieben. Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst.

Die Direktschalldämmung von zweischaligem Mauerwerk ist im Wesentlichen abhängig von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, von der Breite der Trennfuge und vom Mauerwerkmaterial. Die Berechnung wird in Abhängigkeit dieser Parameter durchgeführt. Damit ergibt sich für die Berechnung des bewerteten Direktschalldämm-Maßes einer zweischaligen Konstruktion $R_{w,2}$ folgende Vorgehensweise:

Das bewertete Direktschalldämm-Maß der gleich schweren einschaligen Konstruktion R_w wird in Abhängigkeit des verwendeten Mauerwerks aus der flächenbezogenen Masse m' berechnet. Das Direktschalldämm-Maß $R_{w,2,40}$ der zweischaligen Konstruktion wird durch Addition von 12 dB für einen Fugenabstand von $d = 40$ mm berechnet. Der Einfluss einer abweichenden Fugenbreite auf die Direktschalldämmung wird durch einen Term $\Delta R_{w,40}$ erfasst. Der Parameter $\Delta R_{w,40}$ kann für den Bereich $d = 20$ mm - $d = 100$ mm berechnet werden.

1. Berechnung des bewerteten Direktschalldämm-Maßes der gleichschweren einschaligen Konstruktion R_w in Abhängigkeit des verwendeten Mauerwerks aus der flächenbezogenen Masse aus dem Bauteilkatalog:

für massives Mauerwerk aus Kalksandstein, Ziegel und für Beton:

$$R_w = 30,9 \log(m') - 22,2 \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

für Mauerwerk aus Leichtbeton:

$$R_w = 30,9 \log(m') - 20,2 \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

für Mauerwerk aus Porenbeton:

$$R_w = 26,1 \log(m') - 8,4 \quad [\text{dB}] \quad \text{für } m' > 150 \text{ kg/m}^2 \quad (3)$$

$$R_w = 32,6 \log(m') - 22,5 \quad [\text{dB}] \quad \text{für } m' \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad (4)$$

2. Berechnung der Direktschalldämmung der zweischaligen Konstruktion für einen Fugenabstand von $d = 40$ mm durch Addition von 12 dB:

$$R_{w,2,40} = R_w + 12 \text{ [dB]} \quad (5)$$

3. Zuschlag für Trennfugenbreite wenn von $d = 40$ mm abweichend:

$$\Delta R_{w,40} = 10 \log \frac{d}{d_0} \text{ [dB]} \quad \text{mit } d_0 = 40 \text{ mm} \quad (6)$$

$$R_{w,2} = R_{w,2,40} + \Delta R_{w,40} \text{ [dB]} \quad (7)$$

Gegenüber den Rechenwerten des bewerteten Schalldämm-Maßen $R'_{w,R}$ nach Tabelle 1 des Beiblatt 1 zu DIN 4109 [1] ergeben sich bei gleicher Ausführung 3 - 6 dB höhere bewertete Direktschalldämm-Maße R_w . Allerdings ist bei den Werten des Beiblattes 1 schon der Anteil der flankierenden Übertragung durch massive Bauteile, die mit der Haustrennwand verbunden sind, bereits pauschal berücksichtigt.

3 Flankenschalldämmung von durchlaufenden massiven Bauteilen bei zweischaligen Trennwänden

Die Untersuchungen sind im Zwischenbericht Nr. 122-012-10P-2 detailliert beschrieben. Nachfolgend sind die Ergebnisse kurz dargestellt.

Die resultierende Schalldämmung wird bei zweischaligen Haustrennwänden mit flankierenden durchlaufenden Bauteilen aus dem Direktschalldämm-Maß des zweischaligen trennenden Bauteils $R_{w,2}$ und den Flankenschalldämm-Maßen $R_{D,d,w}$, $R_{F,f,w}$, $R_{F,d,w}$ und $R_{D,f,w}$, auf den in Abbildung 1 entsprechenden Übertragungswegen berechnet.

$$R_{w,2} = R_w (m_{E1} + m_{E2}) + 12 \text{ dB} + \Delta R_{w,40} \quad (8)$$

$$R_{D,d,w} = \frac{R_{D,w} + R_{d,w}}{2} + K_{D,d} + 10 \log \left[\frac{S_s}{1m * l_{ij}} \right] \text{ dB} \quad (9)$$

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + K_{Ff} + \Delta R_{Ff,w} + 10 \log \left[\frac{S_s}{1m * l_{ij}} \right] \text{ dB} \quad (10)$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + K_{Fd} + \Delta R_{F,w} + 10 \log \left[\frac{S_s}{1m * l_{ij}} \right] \text{ dB} \quad (11)$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + K_{Df} + \Delta R_{f,w} + 10 \log \left[\frac{S_s}{1m * l_{ij}} \right] \text{ dB} \quad (12)$$

Die resultierende Schalldämmung bei zweischaligen Haustrennwänden mit durchlaufenden Bauteilen wird durch das energetische Aufsummieren des Direktdämm-Maßes der Trennwand und der Flankenschalldämm-Maße auf den einzelnen Übertragungswegen entsprechend nachfolgender Gleichung berechnet.

$$R'_w = -10 \log \left[10^{\left[\frac{R_{Dd,2,w}}{10} \right]} + 10^{\left[\frac{R_{Dfd,w}}{10} \right]} + 10^{\left[\frac{R_{Ff,w}}{10} \right]} + 10^{\left[\frac{R_{Df,w}}{10} \right]} + 10^{\left[\frac{R_{Fd,w}}{10} \right]} \right] \quad (13)$$

Dabei kann das Stoßstellendämm-Maß zwischen den beiden Wandschalen einer zweischaligen Haustrennwand bei der Übertragung über eine durchlaufende Bodenplatte (Doppel T-Stoß) näherungsweise als Kreuzstoß entsprechend EN12354-1 Anhang E aus den flächen-

bezogenen Massen des flankierenden Bauteils und der Masse der Einzelschale berechnet werden. In nachfolgender Abbildung 1 sind die entsprechenden Übertragungswege dargestellt

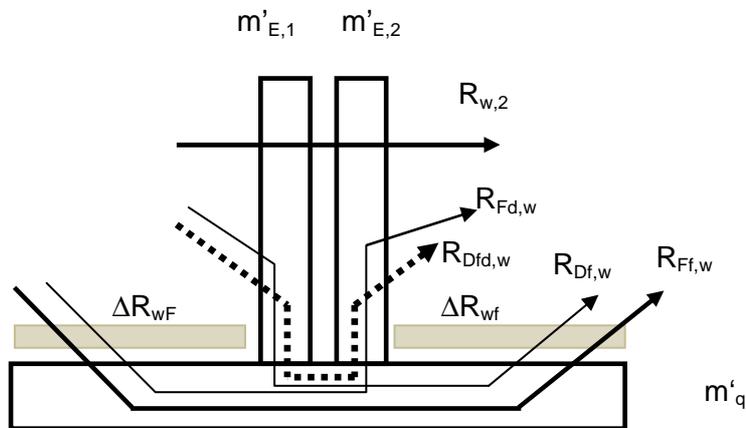


Abbildung 1: Übertragungswege bei einer zweischaligen Haustrennwand mit durchlaufendem flankierendem Bauteil (z.B. Bodenplatte).

Ein zusätzlich angeordnetes Fundament kann durch einen entsprechenden Aufschlag zum Stoßstellendämm-Maß $\Delta K_{ij} = 2$ dB bzw. bei einem gemeinsamen Fundament und einer getrennten Bodenplatte mit $\Delta K_{ij} = 4$ dB berücksichtigt werden.

Bei durchlaufenden senkrechten Bauteilen (Wände bei der Ausführung einer "weiße Wanne") wird genauso verfahren, wie bei einer durchlaufenden Bodenplatte, dabei werden dann die zusätzlichen Schallübertragungswege bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung berücksichtigt. Aufgrund der Kopplung der Trennwandschalen mit der Bodenplatte muss die flankierende Übertragung über flankierende Bauteile nicht berechnet werden.

4 Flankenübertragung über angeschlossene Massivbauteile bei zweischaligen Haustrennwänden

Massive, eine zweischalige Haustrennwand flankierende, Bauteile vermindern den Schallschutz der zweischaligen Haustrennwand. Die Direktschalldämmung der zweischaligen Haustrennwand wird aufgrund der Übertragung von angrenzenden flankierenden Massivbauteilen vermindert. Im Senderraum erfolgt dabei die Anregung der flankierenden Bauteile über Luftschall. Die angeregten flankierenden Bauteile übertragen Schallenergie über die jeweilige Stoßstelle auf das Trennbauteil. Hierdurch erhöht sich der Körperschallpegel auf dem Trennbauteil und das resultierende Schalldämm-Maß der senderraumseitigen Haustrennwandschale sinkt gegenüber dem Direktschalldämm-Maß dieser Schale ohne flankierende Bauteile (linke Seite in Abbildung 2).

Aufgrund der höheren Schallpegel auf der senderraumseitigen Schale (bzw. aufgrund des geringeren resultierenden Schalldämm-Maßes) erhöht sich auch der Schallpegel auf der empfangsraumseitigen Haustrennwandschale.

Weiterhin wird Schallenergie von der empfangsraumseitigen Schale über die entsprechenden Stoßstellen auf die massiv mit dem Trennbauteil verbundenen flankierenden Bauteile im Empfangsraum übertragen und von diesen als Luftschall in den Raum abgestrahlt. Hierdurch erhöht sich der Schallpegel im Raum und die resultierende Schalldämmung sinkt weiter (rechte Seite in Abbildung 2).

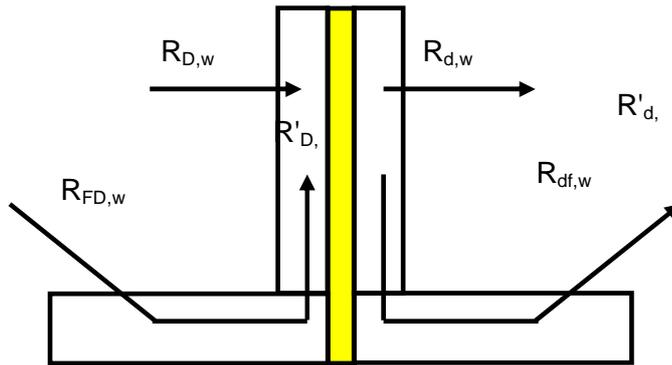


Abbildung 2: Flankierende Schallübertragungswege bei einer zweischaligen Haustrennwand am Beispiel der Übertragung über eine massive Außenwand.

Nachfolgend wird der Einfluss der Schallübertragung über flankierende Bauteile auf die zu erwartende resultierende Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden zwischen Räumen untersucht. Dabei wird eine Verminderung der Schalldämmung gegenüber der ungestörten zweischaligen Wand in Abhängigkeit der flankierenden Bauteile berechnet.

4.1 Berechnung der Abminderung nach EN 12354-1

Das Flankenschalldämm-Maß $R_{FD,w}$ auf dem Weg FD - Schallübertragung vom flankierenden Bauteil im Senderaum auf die senderaumseitige Schale der zweischaligen Wand - wird aus Gleichung 2 berechnet. Hierdurch ergibt sich ein höherer Schallpegel auf der senderaumseitigen Schale der zweischaligen Trennwand.

$$R_{FD,w} = \frac{R_{F,w} + R_{D,w}}{2} + \Delta R_{F,w} + K_{FD} + 10 \log \left[\frac{S_S}{1m \cdot l_{FD}} \right] \quad (14)$$

Dabei bedeuten:

- $R_{FD,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß auf dem Übertragungsweg Fd bei Anregung des flankierenden Bauteils F auf die senderaumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand
- $R_{F,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils
- $R_{D,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß der senderaumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand
- $\Delta R_{F,w}$ bewertete Verbesserung durch eine Vorsatzschale vor dem flankierenden Bauteil F
- K_{FD} Stoßstellendämm-Maß auf dem Übertragungsweg vom flankierenden Bauteil F auf die senderaumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand
- S_S gemeinsame Trennwandfläche der zweischaligen Haustrennwand
- l_{FD} gemeinsame Kantenlänge zwischen dem flankierenden Bauteil F und der senderaumseitigen Trennwandschale D

Die resultierende Schalldämmung $R'_{D,w}$ der senderaumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand ergibt sich durch energetische Summation der Transmissionsgrade für die direkte Anregung der senderaumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand $10^{-R_{D,w}/10}$ und für die flankierende Anregung $10^{-R_{FD,w}/10}$ entsprechend nachfolgender Gleichung (2).

$$R'_{D,w} = -10 \log \left[10^{-\frac{R_{D,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{FD,w}}{10}} \right] \text{ dB} \quad (15)$$

Mit nachfolgender Formel kann dann die Verminderung der Direktdämmung $\Delta R_{S,w}$ der senderaumseitigen Wandschale durch die flankierende Schallübertragung berechnet werden.

$$\Delta R_{S,w} = R'_{D,w} - R_{D,w} \quad \text{dB} \quad (16)$$

Für die Empfangsseite wird diese Berechnung nochmals durchgeführt. Hier wird die Schallübertragung von der empfangsraumseitigen Trennwandschale auf die angrenzenden Massivbauteile berechnet.

$$R_{df,w} = \frac{R_{d,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{f,w} + K_{df} + 10 \log \left[\frac{S_S}{1m \cdot l_{df}} \right] \quad (17)$$

Dabei bedeuten:

- $R_{df,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß auf dem Übertragungsweg df bei Anregung der empfangsraumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand und abstrahlung des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum
- $R_{d,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß der empfangsraumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand
- $R_{f,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum
- $\Delta R_{f,w}$ bewertete Verbesserung durch eine Vorsatzschale vor dem flankierenden Bauteil f im Empfangsraum
- K_{df} Stoßstellendämm-Maß auf dem Übertragungsweg von der empfangsraumseitigen Wandschale der zweischaligen Haustrennwand d auf das flankierenden Bauteil f im Empfangsraum
- S_S gemeinsame Trennwandfläche der zweischaligen Haustrennwand
- l_{df} gemeinsame Kantenlänge zwischen der senderaumseitigen Trennwandschale d und dem flankierenden Bauteil f

Die resultierende Schalldämmung $R'_{d,w}$ der empfangsraumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand ergibt sich durch energetische Summation der Transmissionsgrade für die direkte Abstrahlung der senderaumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand $10^{-R_{d,w}/10}$ und für die flankierende Übertragung $10^{-R_{FD,w}/10}$ entsprechend nachfolgender Gleichung.

$$R'_{d,w} = -10 \log \left[10^{-\frac{R_{d,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{df,w}}{10}} \right] \quad \text{dB} \quad (18)$$

Berechnung der Verminderung der Direktdämmung $\Delta R_{E,w}$ der empfangsraumseitigen Wandschale durch die flankierende Schallübertragung mit nachfolgender Formel:

$$\Delta R_{E,w} = R'_{d,w} - R_{d,w} \quad \text{dB} \quad (19)$$

Die gesamte Verminderung $\Delta R_{SE,w}$ der zweischaligen Haustrennwand aufgrund massiver angeschlossener Vorsatzschalen ergibt sich dann aus der Summe der beiden Teilbeträge

$$\Delta R_{SE,w} = \Delta R_{S,w} + \Delta R_{E,w} \quad \text{dB} \quad (20)$$

Das bewertete Schalldämm-Maß der zweischaligen Trennwand $R_{Dd,w}$ wird in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Einzelschale (m'_E) aus Gleichung (21) berechnet. Voraussetzung hierfür ist, dass vor der zweischaligen massiven Haustrennwand keine Vorsatzschale angeordnet wird.

$$R_{w,2} = R_w (m'_{E1} + m'_{E2}) + 12 \text{dB} + \Delta R_{w,40} - \Delta R_{SE,w} \quad (21)$$

In vielen Bausituationen sind die beiden Schalen der zweischaligen Wohnungstrennwand identisch ($m'_D = m'_d$) und die flächenbezogenen Massen der angrenzenden Massivbauteile

ähnlich. Für solche Bausituationen gilt $\Delta R_{E,w} = \Delta R_{S,w}$ und die gesamte Verminderung $\Delta R_{ES,w}$ kann wie folgt berechnet werden:

$$\Delta R_{SE,w} = 2\Delta R_{S,w} = 2\Delta R_{E,w} \quad \text{dB} \quad (22)$$

Die sich bei der Berechnung ergebende Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ der Direktschalldämmung durch die flankierende Übertragung entspricht im Mittel der Differenz zwischen der Berechnung der Direktschalldämmung nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 und den in Abschnitt 2.1 ermittelten Vorschlag zur Ermittlung der Direktschalldämmung aus den Massekurven unter Berücksichtigung der Trennfugenbreite. Damit ergibt sich bei der neuen Berechnung für massive Baustoffe im Mittel das gleiche Schalldämm-Maß wie nach Beiblatt 1. Aufgrund der unterschiedlichen Massekurven ergeben sich allerdings für Leichtbetonwände um 2 dB höhere Werte, für Porenbeton liegen die Werte etwa 3 dB höher.

4.2 Berechnungsergebnisse

Der Einfluss der flankierenden Übertragung wird nachfolgend für eine typische Baukonstruktion in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Einzelschale der zweischaligen Haustrennwand berechnet. Der Aufbau der flankierenden Bauteile ist dabei wie folgt: Decke: 200 mm Stahlbeton, $m' = 480 \text{ kg/m}^2$; Außenwand: 300 mm Mauerwerk, $m' = 240 \text{ kg/m}^2$; Fußboden: 200 mm Stahlbeton, $m' = 480 \text{ kg/m}^2$ mit schw. Estrich; Innenwand: 115 mm Mauerwerk, $m' = 85 \text{ kg/m}^2$. Der Einfluss der flankierenden Übertragung wird an zwei identischen Räumen mit einer gemeinsamen zweischaligen Trennwand ($h = 2,65 \text{ m}$; $l = 4,0 \text{ m}$) untersucht. Die Stoßstelle Trennwand - Außenwand bildet dabei eine „Ecke“, während die anderen Bauteile mit der Trennwand jeweils einen T-Stoß bilden. In nachfolgender Abbildung ist in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Einzelschale die Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ der Direktdämmung aufgrund der flankierenden Schallübertragung dargestellt.

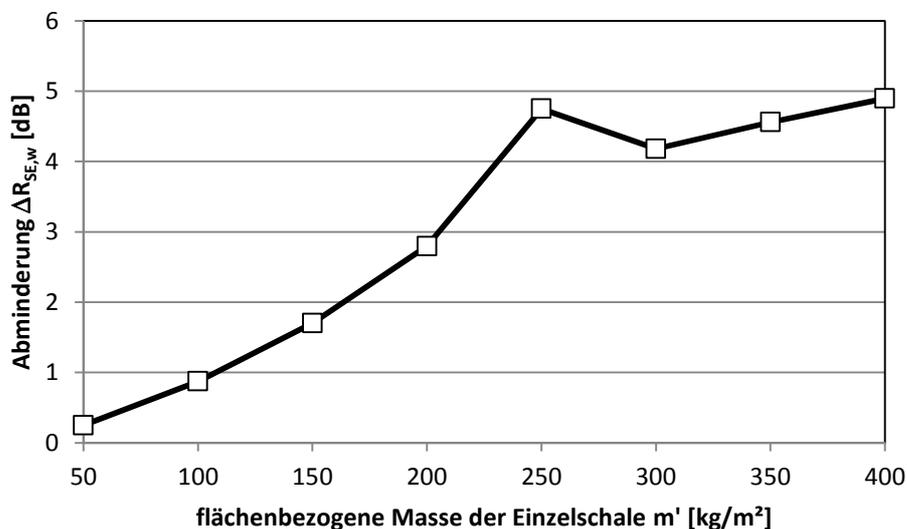


Abbildung 3: Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ aufgrund der flankierenden Schallübertragung bei einer zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Trennwand.

Die Verminderung der Schalldämmung durch die flankierenden Bauteile wird durch die flächenbezogene Masse der Trennwand selbst bestimmt. Die Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ steigt mit der flächenbezogenen Masse der Trennwand an und liegt dann bei diesen flankierenden Bauteilen für $m'_{\text{Einzelschale}} > 250 \text{ kg/m}^2$ zwischen 4 und 5 dB.

In nachfolgender Abbildung sind noch zwei weitere Varianten für die flankierenden Bauteile untersucht worden. Einmal eine Variante bei welcher alle flankierenden Bauteile die mittlere

flächenbezogene Masse der vorangegangenen Variante aufweisen und eine Variante mit leichten flankierenden Bauteilen (AW: 180 kg/m²; IW: 120 kg/m²; Decken: 320 kg/m²).

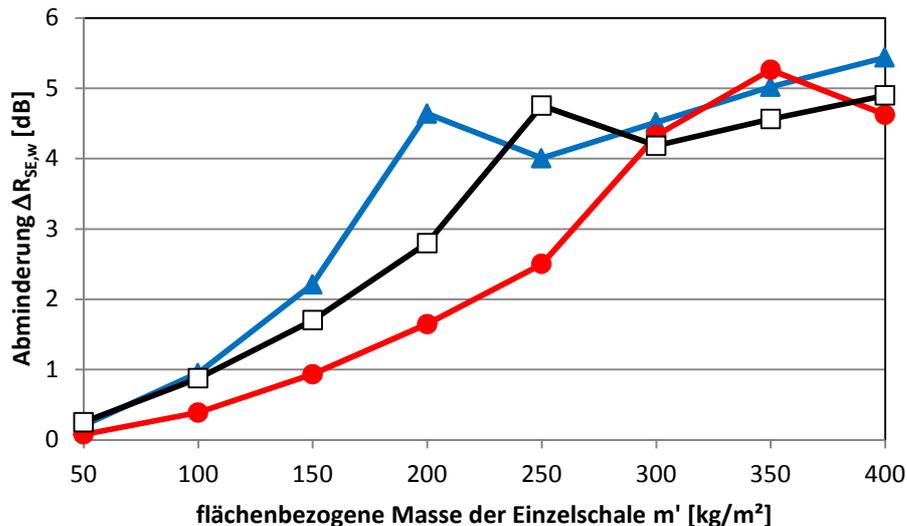


Abbildung 4: Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ aufgrund der flankierenden Schallübertragung bei unterschiedlichen flankierenden Bauteilen (schwarz: wie Abbildung 4; rot: alle Bauteile $m' = 320$ kg/m² blau: leichte flankierende Bauteile) der zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Trennwand.

Die berechnete Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ hängt auch von den flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile ab. Obwohl der prinzipielle Verlauf der Abminderung ähnlich ist, ergeben sich besonders im Bereich 150 – 250 kg/m² größere Unterschiede.

4.3 Berechnung der Abminderung mit dem vereinfachten Modell nach EN 12354-2

Der Einfluss der flankierenden Übertragung von angeschlossenen Massivwänden ist bei zweischaligen Haustrennwänden für im Doppel- und Reihenhausbau übliche Konstruktionen in der Regel deutlich geringer als bei den üblichen einschaligen Massivkonstruktionen im Geschosswohnungsbau. Aufgrund der im Vergleich zum Geschosswohnungsbau geringen flächenbezogenen Massen der Einzelschalen der zweischaligen Trennwand beträgt die Verminderung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch Flankenübertragung über massive Flankenbauteile häufig zwischen $\Delta R_{ES,w} = 0$ dB und 5 dB.

Der bei üblichen Haustrennwänden geringe Einfluss der Flankenübertragung steht nun einem relativ hohen Rechenaufwand (vor allem einem hohen Eingabeaufwand) gegenüber. Um den Rechenaufwand zu verringern, kann nun die Verminderung der Schalldämmung aufgrund der Flankenübertragung der Massivbauteile pauschal abgeschätzt werden. Hierzu ist im Teil 2, Trittschalldämmung zwischen Räumen, der DIN EN12354-2 [3] unter Abschnitt 4.3: Vereinfachtes Modell in der Tabelle 1 ein Korrekturwert K angegeben. Dieser Wert K entspricht der Korrektur für die Schallübertragung der flankierenden Bauteile. Er wird in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse des trennenden Bauteils m'_s (für die zweischalige Haustrennwand ist dies die flächenbezogene Masse der Einzelschale) und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, ermittelt.

Der Korrekturwert K kann außer über Tabelle 1 der DIN EN 12354-2 auch über die nachfolgende Gleichung (10) berechnet werden. Dies führt zu einer einfacheren Handhabung im Besonderen bei Computerprogrammen. In Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Trenndecke m'_s und der mittleren flächenbezogenen Masse der nicht mit Vorsatzkonstruktionen verkleideten, massiven flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ gilt:

für $m'_{f,m} \leq m'_s$:

$$K = 0,6 + 5,5 \cdot \lg\left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}}\right) \quad \text{für } m'_{f,m} \leq m'_s: \quad (23)$$

$$K = 0, \text{ in dB} \quad \text{für } m'_{f,m} > m'_s: \quad (24)$$

Die gesamte Verminderung $\Delta R_{ES,w}$ aufgrund der flankierenden Übertragung von massiven flankierenden Bauteilen bei zweischaligen Haustrennwänden ergibt sich aufgrund der Reziprozität aus dem doppelten Korrekturwert K , da sowohl im Sende- als auch im Empfangsraum die flankierenden Bauteile zur Gesamtschallübertragung beitragen.

Diese Werte wurden in umfangreichen Untersuchungen zur Berechnung des Trittschalls bestätigt [4]. Dabei wurde allerdings vorausgesetzt, dass bei der vertikalen Trittschallübertragung vom Trennbauteil auf die flankierenden Bauteile die Stoßstellen als T- Stöße (im Bereich von Außenwänden) bzw. als Kreuzstöße ausgebildet werden. Die Übertragung bei den zweischaligen Haustrennwänden erfolgt über „Ecken“ und „T-Stöße“ mit entsprechend kleineren Stoßstellendämm-Maßen. Die nachfolgende Abbildung vergleicht die detailliert berechneten Abminderungen mit den Ergebnisse der vereinfachten Berechnung aus der mittleren flächenbezogenen Masse nach Tabelle 1 der DIN EN 12354-2.

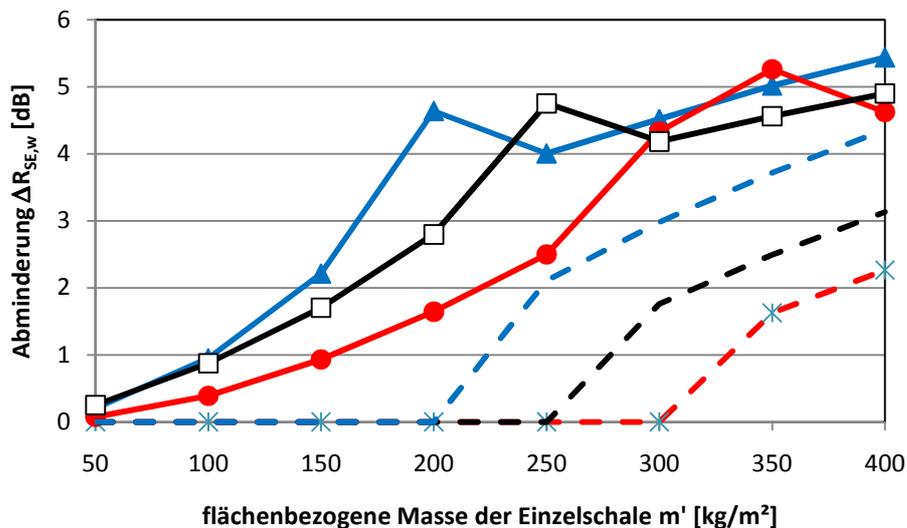


Abbildung 5: Abminderung $\Delta R_{ES,w}$ aufgrund der flankierenden Schallübertragung bei unterschiedlichen flankierenden Bauteilen aus Abbildung 3, sowie sich für diese Bauteile ergebende Abminderung berechnet aus Tabelle 1 der DIN EN 12354-2 (gestrichelte Linien)

Die vereinfachte Berechnung liefert abhängig von der flächenbezogenen Masse der Trennwand und der Ausführung der flankierenden Bauteile um bis zu 4 dB kleinere Werte. Bei einer Gesamtkorrektur zwischen 0 und 5 dB erscheint diese Abweichung durch die pauschale Berechnung nach der Tabelle 1 nicht empfehlenswert. Eine weitergehende Untersuchung für eine adäquate Berechnung der Abminderung für die flankierende Übertragung bei zweischaligen Haustrennwänden mit den entsprechenden Stoßstellen war im Rahmen des Forschungsvorhabens nicht vorgesehen.

Um allerdings Rechenaufwand zu sparen, kann für übliche flankierende Massivbauteile beim rechnerischen Nachweis die Verminderung in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Einzelschale $m'_{\text{Einzelschale}}$ wie folgt berechnet werden.

$$\Delta R_{SE,w} = 0.5 + 0.015 \frac{m'_{\text{Einzelschale}}}{m'_0} \quad [\text{dB}] \quad \text{mit } m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2 \quad (25)$$

Damit ergibt sich eine Verminderung aufgrund der angeschlossenen flankierenden Massivbauteile von $\Delta R_{ES,w}$ für 1 dB - 5 dB.

5 Flankenübertragung über durchgehende Leichtbauteile bei zweischaligen Haustrennwänden

Neben der Übertragung über durchlaufende massive Bauteile (z.B. Bodenplatte) können auch Leichtbauteile, wie in nachfolgender Abbildung 6 am Beispiel eines Daches gezeigt, über eine zweischalige Haustrennwand hinweg laufen und damit die resultierende Schalldämmung zwischen den Räumen vermindern. Bei zweischaligen Haustrennwänden findet sich solch ein durchgehendes Leichtbauteil in der Regel nur im Dachbereich.

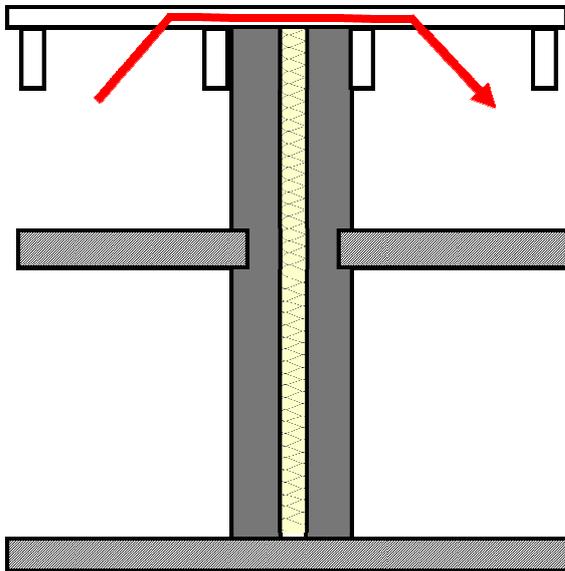


Abbildung 6: Flankierender Schallübertragungsweg bei einer zweischaligen Haustrennwand am Beispiel der Übertragung über ein Dach

Die Flankendämmung solcher Leichtkonstruktionen wird üblicherweise durch die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ des Bauteils bzw. der Bauteilverbindung gekennzeichnet. Die Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ kann im Labor für die jeweilige Konstruktion messtechnisch ermittelt werden. Für bauübliche Konstruktionen sind die Norm-Flankenpegeldifferenzen in Abhängigkeit des Materials, der Anordnung der Dämmschicht sowie der Ausbildung des Dachanschlusses an die massive Wand in den Tabellen 31 - 35 im Abschnitt 5.2.1.2 "Daten beispielhafter Konstruktionen"; des Teils 3.3 des Bauteilkataloges[5] der zukünftigen DIN 4109 angegeben.

Aus den tabellierten Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ kann entsprechend nachfolgender Gleichung das bewertete Flankendämm-Maß $R_{Ff,w}$ für den Übertragungsweg Ff bestimmt werden.

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg \frac{l_{\text{lab}}}{l_f} + 10 \lg \frac{S_S}{A_0} \quad (26)$$

Dabei ist

- $R_{Ff,w}$ das bewertete Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff, in dB;
- $D_{n,f,w}$ die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz eines flankierenden Bauteils, in dB;
- l_{lab} die Bezugslänge, in Metern; $l_{\text{lab}} = 4.5 \text{ m}$;
- l_f die gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden

- Bauteil und den flankierenden Bauteilen F und f in der Bausituation, in Metern;
 S_S dem Sende- und Empfangsraum gemeinsame Trennfläche, in m²;
 A_0 die Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

Die resultierende Schalldämmung zwischen den Räumen, gekennzeichnet durch das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w , berechnet sich dann aus dem bewerteten Schalldämm-Maß des trennenden zweischaligen Bauteils $R_{D,w}$ dem bewerteten Flankendämm-Maß $R_{Ff,w}$ der durchgehenden Leichtkonstruktionen und der Korrektur aufgrund der Verminderung über flankierende Massivbauteile $\Delta R_{ES,w}$:

$$R'_w = -10 \lg \left[10^{-R_{w,2}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} \right] - \Delta R_{ES,w} \quad [\text{dB}] \quad (27)$$

- R'_w das bewertete Bau-Schalldämm-Maß zwischen zwei Räumen, in dB;
 $R_{w,2}$ das bewertete Schalldämm-Maß des zweischaligen trennenden Bauteils, in dB;
 $R_{Ff,w}$ das bewertete Flankendämm-Maß eines Leichtbauteils in dB;
 n Anzahl der flankierenden durchgehenden Leichtbauteile

Eine signifikante Schallübertragung über durchlaufende Leichtbauteile findet im Allgemeinen nur im Dachbereich bei durchlaufenden Dachkonstruktionen statt und ist dem entsprechend nur dort zu berücksichtigen.

6 Zusammenfassung

Die Direktschalldämmung von zweischaligem Mauerwerk ist im Wesentlichen abhängig von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, von der Breite der Trennfuge und vom Mauerwerkmaterial. Eine Berechnung in Abhängigkeit dieser Parameter scheint deshalb sinnvoll. Damit ergibt sich für die Berechnung des bewerteten Direktschalldämm-Maßes einer zweischaligen Konstruktion $R_{w,2}$ folgende Vorgehensweise:

1. Berechnung des bewerteten Direktschalldämm-Maßes der gleichschweren einschaligen Konstruktion R_w in Abhängigkeit des verwendeten Mauerwerks aus der flächenbezogenen Masse aus dem Bauteilkatalog der zukünftigen DIN4109-3 [5]
2. Berechnung der Direktschalldämmung der zweischaligen Konstruktion für einen Fugenabstand von $d = 40 \text{ mm}$ durch Addition von 12 dB:
 $R_{w,2,40} = R_w + 12 \text{ dB}$
3. Zuschlag für Trennfugenbreite, wenn von $d = 40 \text{ mm}$ abweichend:
 $\Delta R_{w,40} = 10 \lg d/d_0$ mit $d_0 = 40 \text{ mm}$
 $R_{w,2} = R_{w,2,40} + \Delta R_{w,40}$

Die Direktschalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden wird für eine mittlere Fugenbreite von $d = 40 \text{ mm}$ in Abhängigkeit des Wandgewichtes für unterschiedliche Mauerwerkmaterialien ermittelt. Der Einfluss der Fugenbreite auf die Direktschalldämmung wird durch einen Term $\Delta R_{w,40}$ erfasst. Dabei ergibt sich bei doppeltem Fugenabstand eine Verbesserung in der Direktschalldämmung um 3 dB. Der Parameter $\Delta R_{w,40}$ kann für den Bereich $d = 20 \text{ mm} - d = 100 \text{ mm}$ wie folgt berechnet werden: $\Delta R_{w,40} = 10 \lg (d / 40 \text{ mm})$. Dabei entspricht d der Trennfugenbreite in mm.

Die flankierende Schallübertragung der zweischaligen Haustrennwand muss in den unterschiedlichen Bereichen mit Aufenthaltsräumen (Kellergeschoss, Erdgeschoss, Normalgeschoss und Dachgeschoss) getrennt berechnet werden. Dabei werden folgende flankierende Konstruktionen prinzipiell unterschieden:

1. durchlaufende Massivbauteile (z.B. durchlaufende Bodenplatte)
2. Massivbauteile die im Sende- oder Empfangsraum mit der Trennwand verbunden sind

3. durchlaufende Leichtbauteile (z.B. durchlaufende Dachkonstruktion)

Für den Fall von durchlaufenden massiven flankierenden Bauteilen kann die resultierende Schalldämmung aus dem Schalldämm-Maß des zweischaligen trennenden Bauteils und den Flankenschalldämm-Maßen auf den entsprechenden Übertragungswegen mittels der Stoßstellendämm-Maße aus EN 12354-1, Anhang E berechnet werden. Das Stoßstellendämm-Maß zwischen den beiden Wandschalen einer zweischaligen Haustrennwand kann bei der Übertragung über eine durchlaufende Bodenplatte (Doppel T-Stoß) näherungsweise als Kreuzstoß entsprechend EN 12354-1, Anhang E berechnet werden. Die resultierende Schalldämmung bei zweischaligen Haustrennwänden mit durchlaufenden Bauteilen sollte durch das energetische Aufsummieren des Direktämm-Maßes der Trennwand und der Flankenschalldämm-Maße auf den einzelnen Übertragungswegen berechnet werden. Dabei kann das Stoßstellendämm-Maß entsprechend EN12354-1 Anhang E aus den flächenbezogenen Massen des flankierenden Bauteils und der Masse der Einzelschale berechnet werden. Ein zusätzlich angeordnetes Fundament oder eine über dem gemeinsamen Fundament getrennte Bodenplatte kann durch einen entsprechenden Zuschlag zum Stoßstellendämm-Maß $\Delta K_{ij} = 2 \text{ dB}$ bzw. 4 dB berücksichtigt werden. Bei durchlaufenden Wänden ("weiße Wanne") wird genauso verfahren wie bei einer durchlaufenden Bodenplatte, dabei werden dann die zusätzlichen Schallübertragungswege bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung berücksichtigt.

Die Schallübertragung durch an die zweischalige Haustrennwand angrenzende, Massivbauteile wird berücksichtigt, in dem entsprechend Abschnitt 3.1 die Verminderung $\Delta R_{SE,w}$ zwischen Direktschalldämm-Maß und resultierendem Schalldämm-Maß mit Flankenübertragung berechnet wird. Das Direktschalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand $R_{w,2}$ wird dann entsprechend vermindert. Eine vereinfachte Berechnung der Verminderung $\Delta R_{SE,w}$ aufgrund der Flankenübertragung über Massivbauteile über die tabellierten K-Werte der Tabelle 1 aus DIN EN 12354-2 in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse des trennenden Bauteils m'_s (für die zweischalige Haustrennwand ist dies die flächenbezogene Masse der Einzelschale) und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, wird nicht empfohlen.

Um Rechenaufwand zu sparen, kann ein vereinfachter rechnerische Nachweis mit einer pauschalen Verminderung in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Einzelschale aus $\Delta R_{SE,w} = 0.5 + 0.015 m'_{\text{Einzelschale}} / 1 [\text{kg/m}^2] \text{ dB}$ durchgeführt werden.

Aufgrund der starken Kopplung der beiden Schalen bei durchlaufenden Massivbauteilen und der Anregung der flankierenden Bauteile durch diese durchlaufenden Bauteile, muss bei diesen Konstruktionen die Verminderung der Schalldämmung durch die an die Trennwand angeschlossene aber nicht durchlaufenden flankierenden Massivbauteile $\Delta R_{SE,w}$ nicht berücksichtigt werden.

Bei durchlaufenden Leichtbauteilen wird zur Berechnung der flankierenden Übertragung die Norm-Flankenpegeldifferenz der entsprechenden Konstruktion in ein Flankenschalldämm-Maß überführt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w wird aus dem bewerteten Schalldämm-Maß des trennenden zweischaligen Bauteils $R_{w,2}$, dem bewerteten Flankendämm-Maß $R_{Ff,w}$, der durchgehenden Leichtkonstruktionen und der Korrektur aufgrund der Verminderung über flankierende Massivbauteile $\Delta R_{ES,w}$ berechnet.

Mit diesen Vorgaben zur Berechnung des Schallschutzes von zweischaligen Haustrennwänden kann der Großteil der geplanten zweischaligen Konstruktionen für die unterschiedlichen Raumsituationen (Keller-, Erd-, Normal- und Dachgeschoss) mit einer hinreichenden Genauigkeit berechnet werden. Dabei werden Direkt- und Flankendämmung getrennt betrachtet, so dass die einzelnen Dämm-Maße auch im Prüfstand ermittelt werden können.

Literatur:

- [1] Beiblatt 1 zu DIN 4109: Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren; November 1989
- [2] DIN EN 12354-1; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Dez. 2000
- [3] DIN EN 12354-2; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen, September 2000
- [4] Kohler, Schneider, Fischer: Schallschutznachweis für die Trittschalldämmung auf der Basis der DIN EN 12354-2; Abschlussbericht zum vom DIBT geförderten Forschungsvorhaben; 2005
- [5] unveröffentlichter Entwurf DIN 4109, Schallschutz im Hochbau – Teil 3: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) 10.05.2010