Einfluss der Einbausituation von Fenstern auf die Schalldämmung

Martin Schäfers[1], Stefanie Traub[2], Martin Schneider[2], Berndt Zeitler[2]

[1] *Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V., 30419 Hannover, E-Mail:martin.schaefers@kalksandstein.de*
[2] *Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart*

Einleitung

Beim Schallschutz gegenüber Außenlärm spielt neben der Schalldämmung der Außenwandkonstruktion und der Fenster bei bestimmten Einbausituationen auch das Fugenschalldämm-Maß zwischen Außenwand und Fenster eine Rolle. DIN 4109-2 [1] fordert für entsprechende Anschlussdetails einen rechnerischen Nachweis, bei dem das Fugenschalldämm-Maß explizit mit einfließt. Dieser Nachweis ist für einige marktübliche Außenwandkonstruktionen im Mauerwerksbau bisher nicht möglich, da keine Eingangswerte für die Fugenschalldämm-Maße vorhanden sind.

An dieser Stelle setzt eine an der Hochschule für Technik Stuttgart betreute Bachelorarbeit [2] an. Mit Hilfe von Schallmessungen im Türenprüfstand der HfT sowie anhand von rechnerischen Untersuchungen werden der Einfluss der Anschlusssituation von Fenstern in typischen ein- und zweischaligen Kalksandstein-Außenwandkonstruktionen ermittelt und die entsprechenden Eingangswerte für den rechnerischen Nachweis bestimmt.

Grundlagen

Die resultierende Schalldämmung von Fenstern und Türen in eingebautem Zustand kann von den Anschlussfugen zwischen Fenster- bzw. Türelement und den umgebenden Außenwandkonstruktionen beeinflusst werden. In DIN 4109-2 werden bauübliche Fensteranschlussdetails in schalltechnisch unkritische und schalltechnisch kritische Einbausituationen eingeteilt (siehe Abb. 1 für Massivwände mit WDVS). Grundsätzlich werden alle Details, bei denen das Fenster bzw. die Tür vollständig in der Ebene der Wärmedämmung liegen, als schalltechnisch kritisch eingestuft.

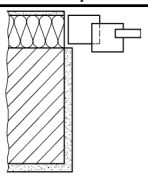
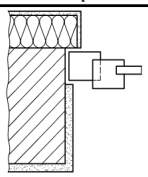
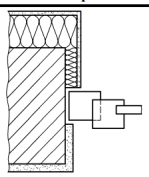
Außenwand	Einbaubeispiel 1	Einbaubeispiel 2	Einbaubeispiel 3
Massivwand mit WDVS			
Einbaulage	Einbau in Dämmebene	Einbau außen bündig in der Massivwand	Einbau mittig in der Massivwand
Einbausituation	schalltechnisch kritisch	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch unkritisch

Abbildung 1: Einteilung von Fensteranschlüssen in schalltechnisch unkritische und schalltechnisch kritische Einbausituationen nach DIN 4109-2 am Beispiel Massivwand mit WDVS

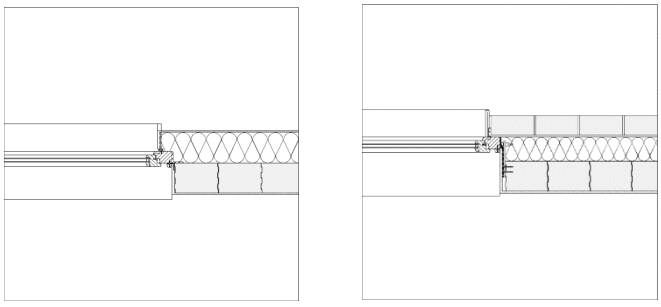
Weiterhin wird in DIN 4109-2 gefordert, dass für diese als schalltechnisch kritisch eingestuften Einbausituationen die resultierende Schalldämmung des Fensters inklusive Fugen unter Berücksichtigung der erforderlichen Eingangswerte für die Direktschalldämmung des Fensters ohne Einbaufugen (R_w) und des Fugenschalldämm-Maßes ($R_{S,w}$) der entsprechenden Fuge ermittelt wird:

$$R_{i,w} = -10\lg(10^{-0,1\cdot R_w} + \frac{l\cdot l_0}{S}\cdot 10^{-0,1\cdot R_{S,w}}) \qquad (1)$$

In DIN 4109-35, Tabelle 8 [2] werden zwar Fugenschalldämm-Maße von Bauanschlussfugen unterschiedlicher Abmessungen und mit unterschiedlichen Abdichtungen und Füllungen angegeben. Diese sind allerdings auf die konkreten, in DIN 4109-2 als kritisch eingestuften Einbausituationen, nicht Anwendbar.

In der aktuellen Baupraxis werden die in DIN 4109-2 als kritisch eingestuften Einbausituationen mit zunehmender Häufigkeit ausgeführt, um vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an die Energieeffizienz und den Wärmeschutz von Gebäuden, durch die Anordnung des Fensters in der Dämmebene, Wärmebrückeneffekte weitgehend zu minimieren. Dies spiegelt sich auch in DIN 4108 Beiblatt 2 [4] wider, wo Details mit Lage des Fensters in der Dämmebene zur „verbesserten“ Wärmebrückenkategorie B gezählt werden.

Standard-Anschlussdetails aus der Detailsammlung des Bundesverbands Kalksandsteinindustrie e.V. für eine massive Außenwand mit WDVS sowie eine zweischalige Außenwand, die diesem Prinzip folgen und der Kategorie B entsprechen, sind in Abbildung 2 dargestellt.



(a) (b)

Abbildung 2: Wärmetechnisch optimierte Fensterdetails mit Lage des Fensters in der Dämmebene, (a) KS-Außenwand mit WDVS, (b) zweischalige KS-Außenwand [5]

Näherungsweise darf nach DIN 4109-2 davon ausgegangen werden, dass die resultierende Schalldämmung eines Fensters erhalten bleibt, sofern dessen Schalldämmung R_w durch den Einfluss der Einbaufugen um nicht mehr als 1 dB reduziert wird. Dieses Kriterium gilt als eingehalten, wenn der folgende Richtwert der Fugenschalldämmung erreicht wird:

$$R_{S,w} = R_w + 10\ dB \qquad (2)$$

Die für den rechnerischen Nachweis nach Gl. (1) bzw. für die Überprüfung des Kriteriums nach Gl. (2) erforderlichen Eingangsdaten für die Fugenschalldämmung $R_{S,w}$ der in Abbildung 2 dargestellten Standard-Anschlussdetails waren bisher nicht verfügbar. Die in [2] erfolgte Ermittlung dieser Fugenschalldämm-Maße wird in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Versuchsaufbau

Die Messungen nach DIN EN ISO 10140-2 [6] und DIN EN ISO 10140-1, Anhang J [7] erfolgten im Türenprüfstand der Hochschule für Technik Stuttgart.

Zur Ermittlung der Fugenschalldämm-Maße wurde auf den Einbau konkreter Fenster verzichtet. Anstelle eines Fensters wurde hingegen jeweils eine Holz-Ständerkonstruktion mit Mineralwollefüllung und einer beidseitigen, zweilagigen Beplankung aus Gipsplatten (jeweils 12,5 mm) in den Prüfstand eingebaut (Abb. 3). Der Fensterrahmen ist durch die in Abb. 3 auf der linken Seite sichtbaren, grün und gelb gekennzeichneten Holzbalken abgebildet. Die zu prüfende Einbaufuge erstreckt sich somit über die Höhe der Öffnung des Türenprüfstands von 2,02 m. Alle Anschlussstellen zwischen dem Prüfaufbau und dem Prüfstand sowie zwischen den Hölzern, die den Fensterrahmen und den -flügel abbilden, wurden mit Teroson abgedichtet. Mit den drei gewählten Versuchsaufbauten wurde zum einen der Einbau des Fensters in Massivwandebene (a) sowie zum anderen die beiden in Abbildung 2 dargestellten Standarddetails (b) und (c) abgebildet. Die 10 mm dicke Anschlussfuge zwischen Fenster und Wandkonstruktion wurde jeweils mit Mineralwolle verfüllt. Alle in Abbildung 3 mit einem blauen Quadrat gekennzeichneten Stellen des Prüfaufbaus wurden abgedichtet. Bei den Aufbauten (b) und (c) wurde zudem jeweils die zur Sicherstellung der Luftdichtheit erforderliche Folie zwischen Fensterrahmen und Massivwand angebracht.

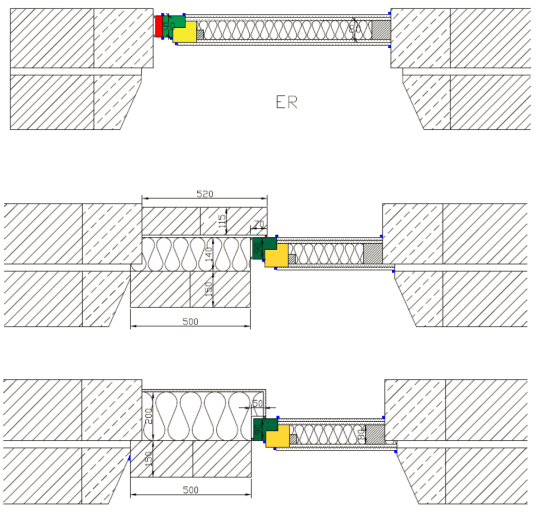


Abbildung 3: Horizontalschnitt der Prüfaufbauten zur Messung der Fugenschalldämmung $R_{s,w}$: (a) Fenster in Massivwandebene, (b) Zweischaliges Mauerwerk – Fenster hinter Verblender, (c) Mauerwerk mit WDVS – Fenster in Dämmebene

Messergebnisse

Die frequenzabhängigen Fugenschalldämm-Maße R_S der drei untersuchten Einbausituationen sind in Abbildung 4 dargestellt. Tabelle 1 enthält die zugehörigen bewerteten Fugenschalldämm-Maße $R_{S,w}$.

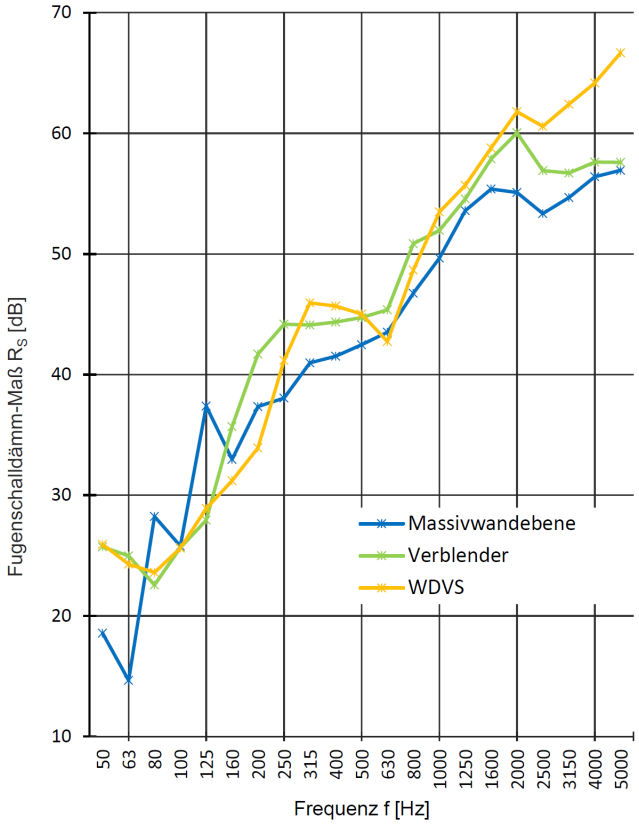


Abbildung 4: Frequenzverlauf der Fugenschalldämmung R_S der drei untersuchten Einbausituationen

Die frequenzabhängigen Verläufe sind relativ ähnlich. Die größten Unterschiede liegen in den hohen Frequenzen ab etwa 1250 Hz. Hier steigt die Schalldämmung des WDVS deutlich gegenüber den beiden anderen Fällen an. Auch mittelfrequent schneiden WDVS und Verblender etwas besser als die Einbausituation in der Massivwandebene ab.
Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die gemessenen Fugenschalldämm-Maße Mindestwerte sind und bei einer höheren maximalen Schalldämmung der gesamten Prüfkonstruktion die Messwerte höher ausfallen würden. Dies betrifft auch die in Tabelle 1 dargestellten bewerteten Fugenschalldämm-Maße $R_{S,w}$. Hier ist der gemessene Wert für den Einbau in Massivwandebene – entgegen der Einstufung in DIN 4109-2 (vgl. Abbildung 1) geringer als bei den untersuchten Einbausituationen in WDVS und in zweischaligem Mauerwerk.

Tabelle 1: Bewertete Fugenschalldämm-Maße $R_{S,w}$ der drei untersuchten Einbausituationen

Anschlussfuge		beidseitige Abdichtung	maximal
10 mm + MiWo	Massivwandebene	**$R_{S,w} \geq 47{,}8$ dB**	$R_{S,w,max} = 50{,}4$ dB
	Verblender	**$R_{S,w} \geq 49{,}9$ dB**	$R_{S,w,max} = 52{,}2$ dB
	WDVS	**$R_{S,w} \geq 48{,}6$ dB**	$R_{S,w,max} = 50{,}6$ dB

Um den Einfluss der Schalldämmung des Prüfaufbaus auf die gemessenen Werte der Fugenschalldämmung beurteilen zu können, wurde die Schallübertragung über die Anschlussfuge

bei allen drei Aufbauten über zusätzliche Maßnahmen (z.B. ergänzende Hölzer und Abdichtungen) soweit wie möglich unterbunden, und es wurde die maximale Schalldämmung $R_{S,w,max}$ des jeweiligen Aufbaus bestimmt. Die Ergebnisse dieser Messungen finden sich in der rechten Spalte von Tabelle 1. Betrachtet man zusätzlich zu den Einzahlwerten die Frequenzverläufe der maximalen Schalldämmung der drei Einbausituationen, kann festgehalten werden, dass der gemessene Wert der Fugenschalldämmung insbesondere beim Einbau in Massivwandebene und beim Einbau in Ebene des WDVS durch die maximale Schalldämmung des Gesamtprüfaufbaus limitiert werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Fugenschalldämm-Maße für diese beiden Situationen höher ausfallen, wenn die Grenzschalldämmung des Prüfaufbaus weiter erhöht würde. Als Eingangswerte für den rechnerischen Nachweis nach Gl. 1 liegen die gemessenen Werte daher auf der „sicheren Seite“.

Rechnerische Betrachtungen zum Einfluss der gemessenen Fugenschalldämmung

Um die Frage zu klären, welchen Einfluss die gemessenen Fugenschalldämm-Maße $R_{S,w}$ auf die resultierende Schalldämmung von Fenstern unterschiedlicher Größe und unterschiedlicher schalltechnischer Qualität haben, wurden in [2] entsprechende Parameterstudien durchgeführt. Dabei wurde unter Annahme der gemessenen Fugenschalldämm-Maße sowie eines „maximalen“ Fugenschalldämm-Maßes gemäß DIN 4109-35 von $R_{S,w}$ = 55 dB die Fenstergröße, die Fenstergeometrie (quadratisch oder rechteckig, Seitenverhältnis 3 : 1) und das Direktschalldämm-Maß der Fenster variiert. Abbildung 5 zeigt die Berechnungsergebnisse für ein Fenster mit einer Direktschalldämmung von R_w = 33 dB.

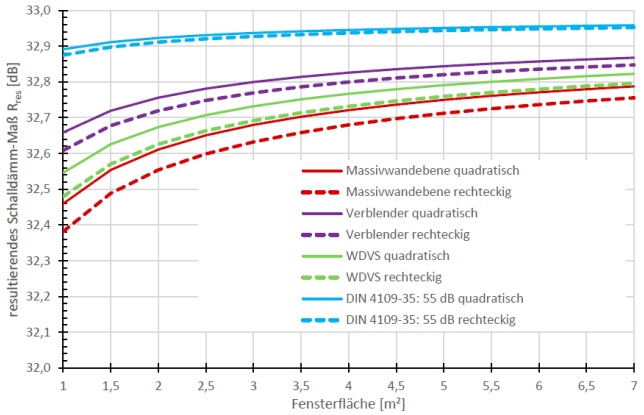


Abbildung 5: Resultierende Schalldämm-Maße eines Fensters mit einer Direktschalldämmung von R_w = 33 dB abhängig von der Einbausituation

Es wird deutlich, dass der Einfluss der Fugenschalldämmung erwartungsgemäß mit steigender Fensterfläche sinkt und dass er bei quadratischen Fenstern geringer ist als bei rechteckigen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse jedoch, dass der Einfluss der Fugenschalldämmung der zuvor gemessenen drei Einbausituationen bei einem Fenster mit einer geringen Direktschalldämmung von R_w = 33 dB mit einer maximalen Reduktion der resultierenden Schalldämmung von 0,6 dB in einem derart geringen Bereich liegt, das er vernachlässigt werden kann.

Anders sieht es für Fenster mit einer höheren Direktschalldämmung aus. Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der gleichen Betrachtungen wie zuvor für ein Fenster mit einer Direktschalldämmung von R_w = 49 dB. Tendenziell verhalten sich die Verläufe gleich wie für das Fenster geringer schalltechnischer Qualität. Die Reduktion der resultierenden Schalldämmung durch den Einfluss der Fugenschalldämmung liegt hier jedoch in allen Fällen deutlich höher und beträgt im Maximum annähernd 10 dB für das Fenster in Massivwandebene. Selbst bei der maximalen Fugenschalldämmung von $R_{S,w}$ = 55 dB liegt die Reduktion der Schalldämmung mit Werten zwischen ca. 1,5 dB bei großer und mehr als 3 dB bei kleiner Fensterfläche immer deutlich oberhalb des Kriteriums von 1 dB aus DIN 4109-2.

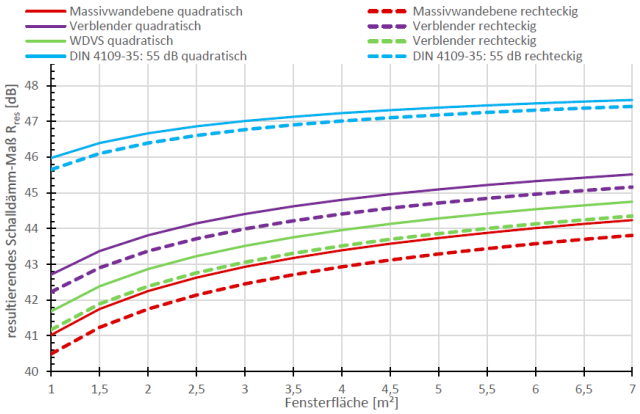


Abbildung 6: Resultierende Schalldämm-Maße eines Fensters mit einer Direktschalldämmung von R_w = 49 dB abhängig von der Einbausituation

Die Betrachtungen zeigen, dass die pauschale Festlegung in DIN 4109-2, dass die Fugenschalldämmung bei schalltechnisch kritischen Einbausituationen zu berücksichtigen ist und bei schalltechnisch unkritischen Einbausituationen vernachlässigt werden darf, nicht sachgerecht ist. Bei Fenstern mit hoher Schalldämmung muss der Einfluss der Einbausituation grundsätzlich berücksichtigt werden.

Angesichts dieser Ergebnisse stellt sich die Frage, ab welcher schalltechnischen Qualität des Fensters der Einfluss der zuvor bestimmten Fugenschalldämmung der hier betrachteten Einbausituationen relevant wird. Um diese Frage zu beantworten, wurde der Einfluss der Fugenschalldämmung für ein Fenster mit einer Größe von 1,25 m x 1,50 m in Abhängigkeit dessen Direktschalldämmung ausgewertet (siehe Abbildung 7). Legt man das „1 dB-Kriterium“ aus DIN 4109-2 zugrunde, kann festgehalten werden, dass der Einfluss der Einbausituation für die zuvor bestimmten Fugenschalldämm-Maße bei Fenstern mit einer Direktschalldämmung von ca. $R_w \leq 37$ dB vernachlässigt werden darf. Für alle Fenster mit höherer Schalldämmung ist der Einfluss der Fugenschalldämmung jedoch für alle drei betrachteten Einbausituationen zu berücksichtigen.

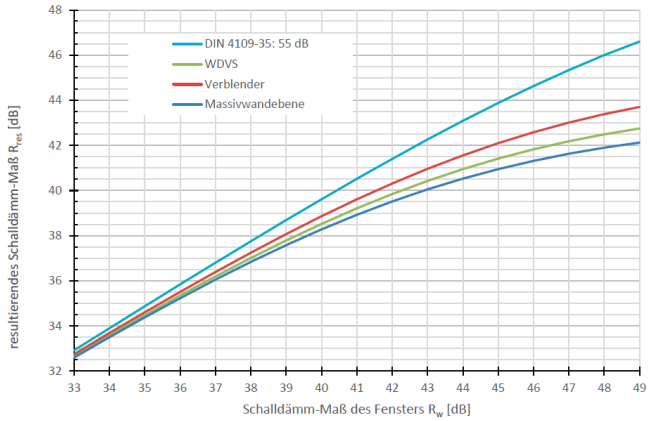


Abbildung 7: Einfluss des bewerteten Fugenschalldämm-Maßes $R_{S,w}$ der verschiedenen Einbausituationen auf das bewertete Schalldämm-Maß R_w eines Fensters der Größe 1,25 m x 1,50 m

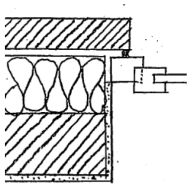
Zweischalige Massivwand	
Einbaulage	Einbau in Dämmebene, außen bündig, Überstand durch Vormauerung
Einbausituation	schalltechnisch unkritisch
Eingangsdaten	$R_{S,w} \geq 49{,}9$ dB

Abbildung 8: Vorschlag für die Ergänzung von DIN 4109-2, Tabelle 5, Zweischalige Massivwand

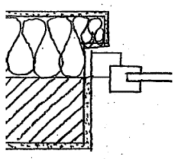
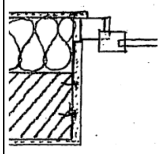
Massivwand mit WDVS		
Einbaulage	Einbau in Dämmebene, innen bündig, überdämmt	Einbau in Dämmebene, außen bündig
Einbausituation	schalltechnisch unkritisch	schalltechnisch kritisch
Eingangsdaten	$R_{S,w} \geq 48{,}6$ dB	nicht vorhanden

Abbildung 9: Vorschlag für die Ergänzung von DIN 4109-2, Tabelle 5, Massivwand mit WDVS

Fazit

Mit den durchgeführten Messungen wurden Eingangswerte der Fugenschalldämmung $R_{S,w}$ für typische Anschlussdetails von Fenstern an massive Außenwände mit WDVS sowie massive zweischalige Außenwände mit Lage des Fensters in der Dämmebene ermittelt. Diese können für den rechnerischen Nachweis des Einflusses der Einbausituation herangezogen werden. Die gemessenen Werte und die durchgeführten rechnerischen Betrachtungen zeigen, dass die bisherige Einteilung in schalltechnisch unkritische und kritische Einbausituationen in DIN 4109-2 und die daran gekoppelte Bedingung, wann der Einfluss der Einbausituation zu berücksichtigen ist, nicht sachgerecht sind. Die Frage, ob die Einbausituation eines Fensters zu berücksichtigen ist, hängt nicht nur von der Art des Anschlussdetails, sondern auch ganz wesentlich von der schalltechnischen Qualität des Fensters ab. Hierzu sollten zukünftig entsprechende Hinweise bzw. Vorgaben in DIN 4109-2 aufgenommen werden.

Die beiden hier betrachteten Einbausituationen für eine massive Außenwand mit WDVS und eine massive zweischalige Außenwand weisen Werte der Fugenschall-dämmung auf, die in der Größenordnung der Werte für den Einbau in Massivwandebene liegen. Vor diesem Hintergrund wird der nachfolgende Vorschlag für eine zukünftige Neueinteilung der Einbausituationen in DIN 4109-2 gemacht: Der Einbau des Fensters in eine zweischalige Außenwand direkt hinter der Verblendebene mit einer entsprechenden Abdichtung sowie der zur Realisierung der Luftdichtheit erforderlichen Folie zwischen Fenster und der tragenden Wandschale kann in DIN 4109-2, Tabelle 5 als schalltechnisch unkritische Einbausituation ergänzt werden (Abbildung 8). Für die Spalte in Tabelle 5 für die Massivwand mit WDVS wird die in Abbildung 9 dargestellte Differenzierung vorgeschlagen.

Literatur

[1] DIN 4109-2:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen

[2] Traub, S.: Einfluss der Einbausituation eines Fensters auf die Schalldämmung, Bachelorarbeit an der Hochschule für Technik Stuttgart, unveröffentlicht. 2019

[3] DIN 4109-35:2016-07: Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für den rechnerischen Nachweis des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden

[4] DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden; Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele

[5] KALKSANDSTEIN Detailsammlung URL: www.ks-waermebruecken.de

[6] DIN EN ISO 10140-2: Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung

[7] DIN EN ISO 10140-1: Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte