

Laboruntersuchungen zur Stoßstellendämmung von Brettsperrholzwänden und Spannbeton-Fertigdecken

Andreas Ruff¹, Martin Schneider¹, Berndt Zeitler¹, Johannes Weinhold²

¹ Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, E-Mail: andreas.ruff@hft-stuttgart.de

² Ed. Züblin AG, 70567 Stuttgart

Einleitung

Beim modernen Geschosswohnungsbau kommen zunehmend auch Hybridbauweisen, z.B. die Kombination aus Brettsperrholzwänden und Spannbeton-Fertigdecken zum Einsatz. Diese Bauweise zeichnet sich durch eine wirtschaftliche (Bau-)Ausführung aus und findet beispielsweise bei der Errichtung von Studentenwohnheimen und einfacheren Beherbergungsstätten Anwendung. Die Spannbeton-Fertigteildecken werden dabei auf die vorgefertigten Brettsperrholzwände aufgelegt. Auf der Außenseite der Brettsperrholzwände wird im Anschluss eine Wärmedämmung, häufig in Verbindung mit einer hinterlüfteten Fassade, angebracht. Die Innenseite der Brettsperrholzwände bleibt als optisches Gestaltungsmerkmal häufig sichtbar.

Die Brettsperrholzwände weisen aufgrund ihrer geringen flächenbezogenen Masse eine relativ geringe Direktschalldämmung auf. Um dennoch eine ausreichend hohe (vertikale) Flankendämmung gewährleisten zu können, muss deshalb die konstruktive Ausführung der Stoßstelle zwischen den Brettsperrholzwänden und der Spannbeton-Fertigdecke beachtet werden. Es ist zu erwarten, dass durch eine geeignete elastische Zwischenschicht zwischen Wand und Decke die Stoßstellendämmung erhöht werden kann.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes mit der Fa. Ed. Züblin AG unter Beteiligung der Fa. ELBE-Decken wurde deshalb an der Hochschule für Technik Stuttgart die Stoßstellen- und Flankendämmung eines vertikalen T-Stoßes mit Brettsperrholzwänden (LENO) und einer Spannbeton-Fertigdecke (ELBE-Decken) im Prüfstand anhand von drei Konstruktionsvarianten messtechnisch untersucht.

Beschreibung des Aufbaus

Für die messtechnischen Untersuchungen der Stoßstellendämmung wurde im Deckenprüfstand ein T-Stoß, bestehend aus 80 mm dicken, dreilagigen Brettsperrholzwänden ($m' = 40 \text{ kg/m}^2$) und einer 200 mm dicken Spannbeton-Fertigdecke ($m' = 361 \text{ kg/m}^2$) aufgebaut. Die Breite der Wände und der Decke betrug 1,8 m, die Höhe der Wände 2,5 m und die Länge der Decke 3,5 m. Für die Direktschalldämmung der Brettsperrholzwand konnte das Ergebnis einer externen Messung herangezogen werden, das bewertete Schalldämmmaß betrug hierbei $R_w = 33 \text{ dB}$. Die Decke bestand aus drei 60 cm breiten Elementen, die an den Längsstößen mit Vergussmörtel vor Ort verbunden wurden. Für die Spannbeton-Fertigdecke stand jedoch keine messtechnisch ermittelte Direktschalldämmung zur Verfügung. Die

Schalldämmung wurde deshalb nach DIN EN ISO 12354-1 [1] frequenzabhängig berechnet. Das bewertete Schalldämmmaß der Decke beträgt dabei $R_w = 53 \text{ dB}$. Die Decke wurde auf einer Seite auf die Brettsperrholzwand aufgelegt, auf der anderen Seite erfolgte die Lagerung auf der Tragkonsole des Deckenprüfstands. Der Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: T-Stoß aus Brettsperrholzwänden und Spannbeton-Fertigdecke im Deckenprüfstand - obere Wand mit Hydraulikzylindern zur Simulation einer Auflast (links) und untere Wand mit Deckenunterseite (rechts) - die im rechten Bild sichtbaren Verbindungswinkel zwischen Wand und Decke wurden für die Messungen entfernt.

Die Lagerung der Decke auf der unteren Brettsperrholzwand erfolgte in drei Varianten:

1. Aufbau A - Entkopplung mittels Gummigranulatmatte
2. Aufbau B - Entkopplung mittels Elastomermaterial
3. Aufbau C - ohne Entkopplung (starr)

Abbildung 2 zeigt die Stoßstelle im Detail am Beispiel von Aufbau B.

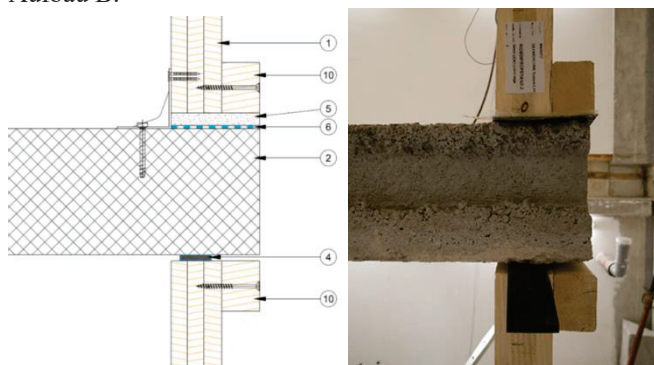


Abbildung 2: Detail des T-Stoßes am Beispiel von Aufbau B - 1: Brettsperrholzwand, 2: Spannbeton-Fertigdecke, 4: Elastomermaterial, 5: Mörtelschicht, 6: Trennlage, 10: Holzbalken

Die obere Wand wurde auf eine Trennlage aus Bitumenpappe gestellt, eine dünne Mörtelschicht diente zum Ausgleich von eventuellen Unebenheiten, somit ergab sich hier eine relativ steife Verbindung, die bei allen Messungen unverändert blieb. Die Wände wurden mechanisch gegen Umfallen gesichert, die Sicherung hatte jedoch keinen Einfluss auf die Schallübertragung an der Stoßstelle.

Alle drei oben genannten Konstruktionsvarianten wurden mit drei verschiedenen Lastfällen gemessen: einmal ohne zusätzliche Auflast (nur das Eigengewicht der Decke und der oberen Wand), mit 2 x 1 t Auflast und mit 2 x 2 t Auflast. Die Auflast wurde durch Verspannung der oberen Wand zur Prüfstandsdecke hin mit zwei Hydraulikzylindern realisiert und sollte die Belastung von weiteren Geschossen oberhalb der Stoßstelle simulieren. Insgesamt wurden somit neun Varianten der Stoßstellenausbildung gemessen.

Messprogramm

Die Untersuchung der Schallübertragung an der Stoßstelle erfolgte ausschließlich durch Körperschallmessungen in Anlehnung an DIN EN ISO 10848-1 [2]. Dabei wurde im Wesentlichen die Schnellepegeldifferenz zwischen den verschiedenen Bauteilen bestimmt, die Messung der Schnelle erfolgte an jeweils vier Positionen pro Bauteil. Die Anregung der Bauteile erfolgte mittels kreisförmig angeordneten Hammerschlägen mit einem Gummihammer.

Bei den Messungen wurden die Schnellepegeldifferenzen zwischen folgenden Bauteilen bestimmt: für den Weg Ff (zwischen oberer und unterer Wand sowie umgekehrt), den Weg Df/Fd oben (zwischen oberer Wand und Decke sowie umgekehrt) und den Weg Df/Fd unten (zwischen unterer Wand und Decke sowie umgekehrt). Für die Schnellepegeldifferenz D_v kann (entsprechend den Vorgaben der DIN EN ISO 10848-1) ein Einzahlwert durch arithmetische Mittelung der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz angegeben werden.

Zusätzlich wurden die Körperschallnachhallzeiten der Bauteile durch Rückwärtsintegration des Abklingvorgangs - ebenfalls bei Anregung mit einem Gummihammer - bestimmt.

Messergebnisse Schnellepegeldifferenz

Im Folgenden sind nicht die Stoßstellendämm-Maße, sondern die richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen zwischen den Bauteilen dargestellt. Die Körperschallnachhallzeiten und die Stoßstellenlänge blieben dabei unberücksichtigt.

In Abbildung 3 sind die richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen für die Übertragungswege Ff, Df/Fd unten sowie Df/Fd oben für den Aufbau A ohne zusätzliche Auflast dargestellt.

Beim Weg Ff sind die höchsten Schnellepegeldifferenzen vorhanden, da die Übertragung hier über die massive Decke hinweg erfolgt. Für den Weg Df/Fd oben mit der relativ starren Anbindung der oberen Wand wurden die geringsten Pegeldifferenzen ermittelt. Die Ergebnisse für den Weg Df/Fd unten liegen zwischen den beiden anderen Übertragungswegen, da hier die Entkopplung durch die

Gummigranulatmatte zwischen der unteren Wand und der Decke zum Tragen kommt.

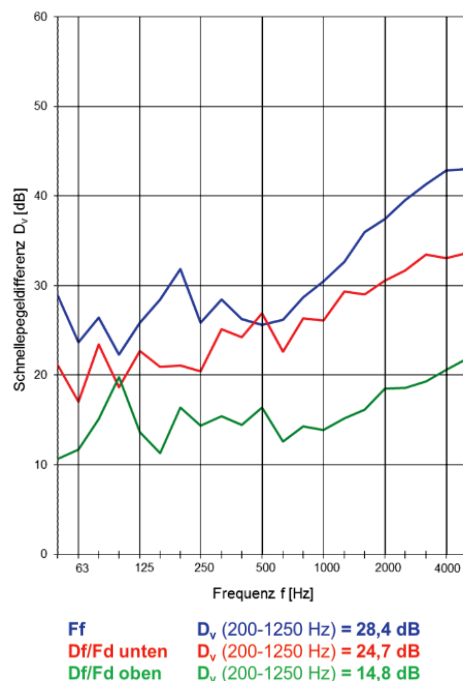


Abbildung 3: Schnellepegeldifferenzen für den Weg Ff, Df/Fd unten und Df/Fd oben - Aufbau A - Entkopplung durch Gummigranulatmatte - ohne zusätzliche Auflast.

In Abbildung 4 sind die richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen für den Weg Ff vom Aufbau A für die verschiedenen Auflasten dargestellt.

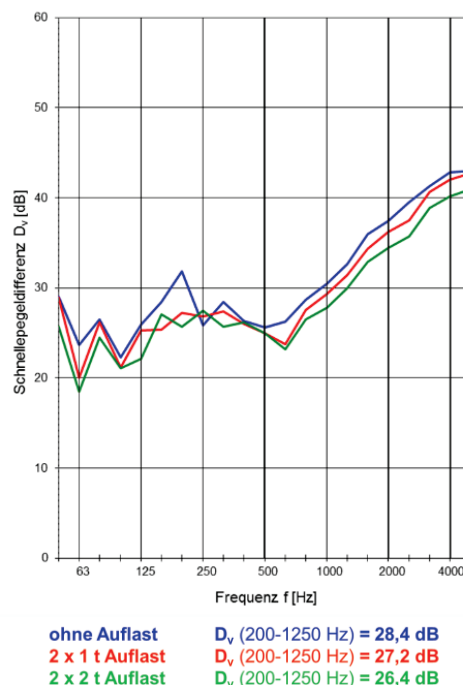


Abbildung 4: Schnellepegeldifferenzen für den Weg Ff bei verschiedenen Auflasten - Aufbau A - Entkopplung durch Gummigranulatmatte.

Die höchsten Schnellepegeldifferenzen werden ohne zusätzliche Auflast erreicht. Mit zunehmender Auflast werden die Schnellepegeldifferenzen zwischen den Bauteilen vermindert. Beim Übertragungsweg Df/Fd unten verhält es sich prinzipiell gleich, allerdings mit insgesamt

geringeren Pegeldifferenzen. Beim Übertragungsweg Df/Fd oben sind für die unterschiedlichen Lastfälle nur Unterschiede, die im Bereich der Wiederholgenauigkeit liegen, vorhanden (im Einzahlwert < 1 dB).

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Stoßstellen-Ausführungen - Aufbau A, B und C - miteinander verglichen. Abbildung 5 zeigt den Vergleich der drei Aufbauten für den Weg Ff ohne zusätzliche Auflast.

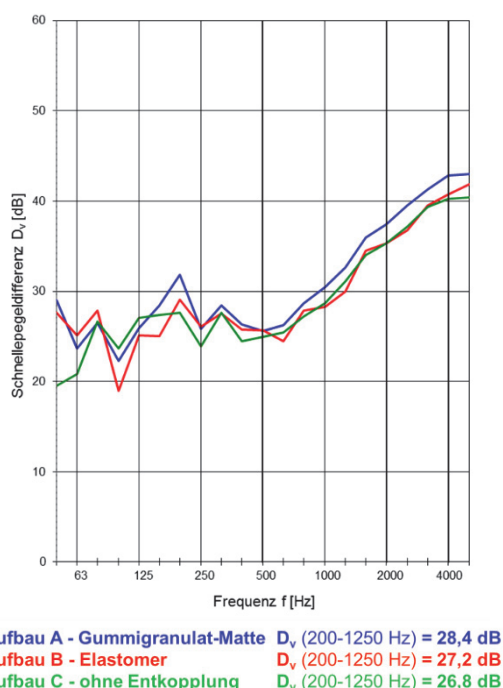


Abbildung 5: Schnellepegeldifferenzen für den Weg Ff bei verschiedenen Aufbauten - ohne Auflast.

Die ermittelten Schnellepegeldifferenzen sind vom Verlauf für alle drei Aufbauten sehr ähnlich. Bei Verwendung der Gummigranulatmatte zur Entkopplung zwischen Decke und unterer Wand können tendenziell die höchsten Schnellepegeldifferenzen erreicht werden. Mit dem deutlich steiferen Elastomermaterial als Entkopplungsschicht liegen die Pegeldifferenzen in der gleichen Größenordnung wie ohne Entkopplungsmaterial, d.h. mit starrem Anschluss. Mit zusätzlicher Auflast erhält man prinzipiell ähnliche Ergebnisse, allerdings ist dort ein etwas größerer Unterschied zwischen Aufbau B (Entkopplung durch Elastomermaterial) und Aufbau C (ohne Entkopplung, starr) vorhanden.

Stoßstellendämm-Maße

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kann entsprechend DIN EN ISO 10848-1 folgendermaßen ermittelt werden:

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij,n}} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \quad (1)$$

Die wesentliche Kenngröße ist dabei die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz $\overline{D_{v,ij,n}}$, ein Korrektursummand mit der Stoßstellenlänge l_{ij} sowie den äquivalenten Absorptionslängen a_i und a_j geht ebenfalls in die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes mit ein. Die Berechnung erfolgt dabei frequenzabhängig, im Anschluss kann entsprechend

den Angaben der DIN EN ISO 10848-1 durch arithmetische Mittelung der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz ein Einzahlwert für K_{ij} angegeben werden.

Für einen starren Stoß (ohne Entkopplung) kann das Stoßstellendämm-Maß unter Berücksichtigung des Verhältnisses der flächenbezogenen Massen der Bauteile, z.B. nach DIN 4109-32 [3], berechnet werden.

In Abbildung 6 sind die für die drei Übertragungswege ermittelten Stoßstellendämm-Maße (für 2 x 2 t Auflast, farbig) als Einzahlwert dem Rechenwert (schwarz) für einen starren Stoß gegenübergestellt.

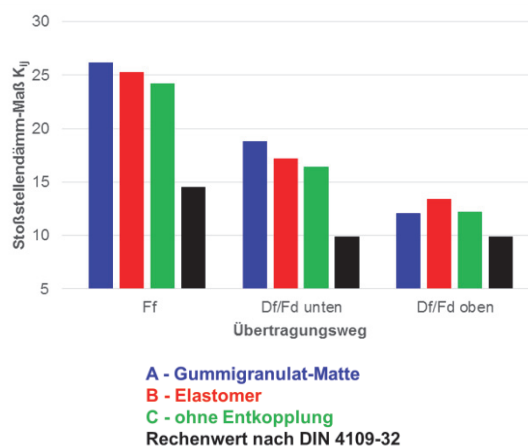


Abbildung 6: Messtechnisch bestimmte Stoßstellendämm-Maße (mit 2 x 2 t Auflast, farbig) im Vergleich zum Rechenwert (schwarz) nach DIN 4109-32 für die Übertragungswege Ff, Df/Fd unten und Df/Fd oben.

Die für die drei Varianten - A, B und C - ermittelten Stoßstellendämm-Maße liegen beim Weg Ff und Df/Fd unten deutlich über dem Rechenwert für einen starren Stoß. Bei Aufbau A und B ist dafür sicherlich die Entkopplung durch die elastischen Materialien verantwortlich. Allerdings würde man bei Aufbau C eigentlich geringere Werte bzw. eine bessere Übereinstimmung mit dem Rechenwert erwarten, da dort die Decke direkt auf der unteren Wand aufgelegt war (ohne Entkopplungsmaterial). Beim Weg Df/Fd oben, der ja relativ steif (Bitumenpappe) ausgeführt wurde, liegen die Messwerte erwartungsgemäß weniger deutlich über dem Rechenwert. Aufgrund der messtechnisch ermittelten Unterschiede für die Variante C (ohne Entkopplung) zwischen den nominell gleichen Übertragungswegen Df/Fd unten und Df/Fd oben ist zu vermuten, dass die unterschiedliche Einspannung der Brettsperrholzwände die ermittelte Schnellepegeldifferenz beeinflusst.

Flankenschalldämmung

Das Flankenschalldämm-Maß R_{ij} kann entsprechend DIN EN ISO 12354-1 wie folgt frequenzabhängig ermittelt werden:

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \frac{R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,ij,n}} + 10 \lg \left(\frac{S_S}{l_{ij} l_0} \right)$$

Im vorliegenden Fall kann für $\Delta R_{i,situ}$ und $\Delta R_{j,situ}$ „0“ eingesetzt werden, da keine Vorsatzschalen vorhanden waren. Die wesentlichen Kenngrößen für das

Flankenschalldämm-Maß sind die Schalldämmung der Bauteile ($R_{i,situ}$ und $R_{j,situ}$) sowie die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz $\overline{D}_{v,ij,n}$. Ein Korrektursummand, der die Trennfläche S_s sowie die Stoßlänge l_{ij} und die Bezugs-Stoßlänge l_0 (= 1 m) berücksichtigt, kommt noch dazu. Für die Berechnung wurde $S_s = 10 \text{ m}^2$ und $l_{ij} = 4,8 \text{ m}$ angesetzt.

Aus dem frequenzabhängig berechneten Flankenschalldämm-Maß kann nach DIN EN ISO 717-1 [4] ein bewertetes Flankenschalldämm-Maß $R_{ij,w}$ ermittelt werden. Die bewerteten Flankenschalldämm-Maße für die drei Übertragungswege sind in Abbildung 7 für alle drei Konstruktionsvarianten jeweils mit 2 x 2 t Auflast dargestellt.

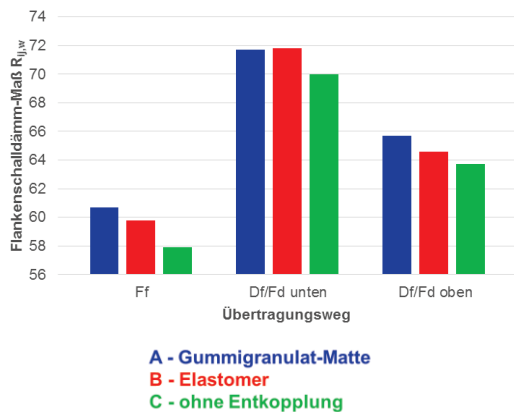


Abbildung 7: Bewertete Flankenschalldämm-Maße (mit 2 x 2 t Auflast) der drei Konstruktionsvarianten für die Übertragungswege Ff, Df/Fd unten und Df/Fd oben.

Die Flankendämmung auf dem Weg Df/Fd unten ist am höchsten, danach folgt die Flankendämmung für den Weg Df/Fd oben, für den Weg Ff werden die geringsten Werte erreicht. Der Weg Ff bestimmt somit die resultierende Flankenschalldämmung für die vorliegende Übertragungssituation.

Zur Bestimmung der resultierenden Flankenschalldämmung werden im Anschluss alle Einzelwege zusammengefasst und aufsummiert. Für die neun untersuchten Konstruktionsvarianten ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten resultierenden Flankenschalldämm-Maße $R_{ij,w,res}$.

Tabelle 1: Flankenschalldämm-Maße $R_{ij,w,res}$ der untersuchten Konstruktionen - mit und ohne Auflast

Nr.	Beschreibung	$R_{ij,w,res}$ [dB]
A1	Gummigranulatmatte, ohne Auflast	61,3
A2	Gummigranulatmatte, 2 x 1 t Auflast	60,2
A3	Gummigranulatmatte, 2 x 2 t Auflast	59,5
B1	Elastomermaterial, ohne Auflast	60,4
B2	Elastomermaterial, 2 x 1 t Auflast	59,3
B3	Elastomermaterial, 2 x 2 t Auflast	58,6
C1	ohne Entkopplung, ohne Auflast	59,4
C2	ohne Entkopplung, 2 x 1 t Auflast	57,9
C3	ohne Entkopplung, 2 x 2 t Auflast	56,9

Es hat sich gezeigt, dass bei den Stoßstellenvarianten mit Entkopplung resultierende Flankenschalldämm-Maße in der Größenordnung von 58 dB bis 61 dB - in Abhängigkeit von

der Art der Entkopplung und der Auflast - erreicht werden können. Bei der Ausführung ohne Entkopplung werden etwas geringere Flankendämm-Maße in der Größenordnung von 57 dB bis 59 dB erreicht.

Zusammenfassung

Vorgefertigte Brettspertholz-wände in Verbindung mit Spannbeton-Fertigdecken ermöglichen einen schnellen und kostengünstigen Geschosswohnungsbau. Dabei müssen allerdings aus akustischer Sicht Kompromisse eingegangen werden, dies betrifft vor allem die geringe Direktschalldämmung der Brettspertholz-wände. Gegenüber Außenlärm kann die Schalldämmung der Wände durch das Aufbringen einer geeigneten Wärmedämmung deutlich verbessert werden, für die Stoßstellen- und Flankendämmung hat dies jedoch keinen Einfluss. Um dennoch eine ausreichende Flankendämmung in vertikaler Richtung gewährleisten zu können, kann es sinnvoll sein, die Stoßstellen zwischen den Brettspertholz-wänden und den Spannbeton-Fertigdecken durch die Verwendung einer geeigneten elastischen Zwischenschicht zu verbessern.

Bei den untersuchten Aufbauten konnte mit der Gummigranulatmatte als Entkopplung die höchste Stoßstellendämmung erreicht werden. Durch eine zusätzliche Auflast wird die Schnellepegeldifferenz und damit auch die erreichbare Stoßstellendämmung vermindert. Dies ist insbesondere bei mehrstöckigen Gebäuden mit entsprechend hohen Auflasten durch die darüber liegenden Stockwerke von Bedeutung.

Bei den Untersuchungen hat sich zusätzlich gezeigt, dass der Übertragungsweg Ff die resultierende Flankendämmung für derartige Übertragungssituationen bestimmt. Bei den untersuchten Konstruktionsvarianten konnten mit einer Entkopplung an der Stoßstelle resultierende Flankendämm-Maße von rund 58 dB bis 61 dB erreicht werden. Bei der Auswahl von anderen, für die Belastungsverhältnisse (besser) geeigneten, Entkopplungsmaterialien können vermutlich noch höhere Flankendämm-Maße erreicht werden.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 12354-1: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, 2017-11
- [2] DIN EN ISO 10848-1: Akustik - Messung der Flankenübertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von gebäudetechnischen Anlagen zwischen benachbarten Räumen im Prüfstand und am Bau - Teil 1: Rahmendokument, 2018-02
- [3] DIN 4109-32: Schallschutz im Hochbau - Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Massivbau, 2016-07
- [4] DIN EN ISO 717-1: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung, 2013-06