

Schalltechnische Prognose von Trennbauteilen mit VBAcoustic

Robert Zehetmayr¹, Andreas Rabold², Camille Châteauevieux-Hellwig³

¹ Technische Hochschule Rosenheim, E-Mail: Robert.Zehetmayr@stud.fh-rosenheim.de

Technische Hochschule Rosenheim, E-Mail: Andreas.Rabold@th-rosenheim.de

³ Technischen Hochschule Rosenheim, E-Mail: Camille.Chateauevieux-Hellwig@th-rosenheim.de

Einleitung

Trotz immer weiter voranschreitender Forschungen im Holzbau, stoßen Planung und rechnerischer Nachweis des Schallschutzes von Trennbauteilen noch immer an ihre Grenzen. So ist zwar die schallschutztechnische Betrachtung von Konstruktionen mit Hilfe herstellerbezogener Aufbauten oder Bauteildatenbanken möglich, jedoch nur unter Ausschluss flankierender Bauteile. Für die Darstellung dieser Bauteile in der Bausituation, muss auch die Schallübertragung durch flankierende Bauteile berücksichtigt werden. Der rechnerische Nachweis nach DIN 4109 [1] ist daher nur eingeschränkt anwendbar. Die Beurteilung eines Trennbauteils im eingebauten Zustand ist somit häufig nur durch Baumessungen oder Prognosen umsetzbar. Aus diesem Grund befasste sich das Forschungsprojekt *Vibroakustik* [2] mit der Beurteilung typischer Bausituationen durch Prognosen und Messungen. Anschließend wurden die oben genannten Berechnungsmodelle und die Ergebnisse des Forschungsprojektes durch das Prognose Tool VBAcoustic benutzerfreundlich visualisiert.

Vibroakustik-Projekt

Innerhalb des Projektes wurde unter anderem das schalltechnische Verhalten von Massivholzbauteilen und typischer Stoßstellen im Holzbau messtechnisch und rechnerisch untersucht. Ziel war die numerische Simulation eng mit einem umfassenden Bauwerksinformationsmodell (BIM) zu verknüpfen. Die gewonnenen Erkenntnisse und Daten wurden anschließend in die Datenbank *VaBData* eingepflegt. Sie stellt einen frei zugänglichen Onlinekatalog dar, in dem sich sowohl Bauteilwerte, als auch Stoßstellendämm-Maße in frequenzabhängiger Form wiederfinden.

VBAcoustic

Die Anwendung ist ein auf Excel-Basis fungierendes Programm, das dem Nutzer die Möglichkeiten bietet Trennwände, Trenndecken und Außenbauteile nach den Einzahl-Rechenmodellen der DIN 4109 oder der DIN EN ISO 12354 [3] zu beurteilen.

Das Programm ist eine nicht kommerzielle Software und steht frei zur Verfügung. Es wird keine Plausibilitätsprüfung der eingegebenen Daten vorgenommen. Die Programmierer übernehmen keine Haftung für die Berechnungen. Zudem handelt es sich bei dem, durch das Programm ausgestellten Ergebnisprotokoll, nur um eine Prognose, nicht um einen Nachweis im Sinne der DIN 4109.

Grundlagen

Das im Folgenden aufgeführte Anwendungsbeispiel wird auf Grundlage der DIN EN ISO 12354 berechnet. Werte für die

Stoßstellendämm-Maße werden unter anderem durch Ergebnisse des *Vibroakustik*-Forschungsprojektes ergänzt.

Flankendämm-Maß-Berechnung:

Für Flanken aus Massivbau- oder Massivholzelementen berechnet sich das Flankendämm-Maß $R_{ij,w}$ nach Formel (1) für jeden Übertragungsweg gesondert.

$$R_{ij,w} = \frac{R_{l,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 * \lg \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{in dB} \quad (1)$$

Stoßstellendämm-Maß:

Die Bewertung der Stoßstelle wird durch das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} dargestellt. Dieses wird in Abhängigkeit zur flächenbezogenen Masse, der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile, angegeben. Diese Beziehung wird durch das logarithmische Verhältnis M des Trennbauteils $m'_{\perp i}$ und des Flankenbauteils m'_i in Formel (2) dargestellt.

$$M = \lg \frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \quad \text{in dB} \quad (2)$$

Flankenbauteile in Massivbauweise:

Ist das Flankenbauteil in Massivbauweise und das Trennbauteil in Leicht- Holz- oder Massivholzbauweise ausgeführt, kann aufgrund der geringen Kopplung zwischen Leicht- und Massivbau, K_{ij} nur näherungsweise mittels $K_{ij,min}$ nach DIN 4109-2: 2018, Abschnitt 4.2.2.2 über den Übertragungsweg F_f berechnet werden.

$$K_{ij} = K_{ij,min} = 10 \lg \left[l_f l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] \quad \text{in dB} \quad (3)$$

Flankenbauteile in Massivholzbauweise:

Aufgrund der Abhängigkeit des Stoßstellendämm-Maßes zum Verhältnis der flächenbezogenen Masse ab einem Massenverhältnis $M > 1$, muss diese, bei unterschiedlich schweren Trenn- bzw. Flankenbauteilen, berücksichtigt werden. Diese Massenabhängigkeit stellt nur den aktuellen Forschungsstand dar. Ob die Massenabhängigkeit eine signifikante Rolle spielt, wird noch untersucht. Für flankierende Massivholzwände (siehe Abbildung 3) und horizontaler Übertragungsrichtung gilt Formel (4) und (5).

$$M > 1 : K_{Ff} = 15 + 10M \quad \text{in dB} \quad (4)$$

$$M < 1 : K_{Ff} = 15$$

$$K_{Fd} = K_{Df} = 14 \quad \text{in dB} \quad (5)$$

Durchlaufende, flankierende Decken (siehe Abbildung 6) werden nach den Formeln (6) und (7) berechnet:

$$K_{Ff} = 3 \quad \text{in dB} \quad (6)$$

$$K_{Fd} = K_{Df} = 14 \quad \text{in dB} \quad (7)$$

Anwendungsbeispiel

Betrachtet wird das Bauobjekt „Holz8“ in Bad Aibling bei Rosenheim. Hierbei handelt es sich um einen acht geschossigen Holzbau mit Stahlbeton - Treppenhaus.

Raumsituation:

Betrachtet wird die Trennwand im 6. Obergeschoss zwischen dem Esszimmer der Wohnung 1 (Empfangsraum) und dem Schlafzimmer der Wohnung 2 (Senderraum). Beide Räume liegen sich ohne Versatz gegenüber. Einziges Problem ist das in Trockenbauweise ausgeführte Bad, welches die Symmetrie der Räume stört.

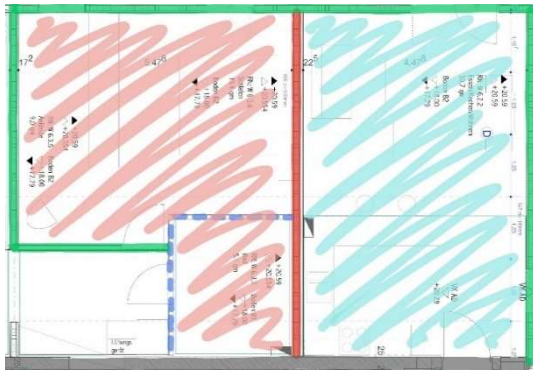


Abbildung 1: Grundriss des 6. Obergeschosses mit ungünstig liegendem Bad (blau)

Um die Bausituation sinnvoll im Programm eingeben zu können, musste hier eine Vereinfachung vorgenommen werden. Das Bad wird als Raum vernachlässigt. Im Gegenzug wird eine hoch schalldämmenden Vorsatzschale an der Stahlbeton - Treppenhauswand angenommen, die das Bad simulieren soll.



Abbildung 2: Grundriss des 6. Obergeschosses mit Vorsatzschale als Vereinfachung des Bades

Trennwand:

Als Trennwand ist eine beidseits beplankte Massivholzwand vorhanden. Auf der Empfangsraumseite verfügt sie zudem über eine Vorsatzkonstruktion. Die Trennfläche beträgt 10,9 m². Das bewertete Direktschalldämm-Maß des Bauteils ist mit 66 dB angegeben.

Flanke 1 – Wand:

Flanke 1 fungiert als Außenwand. Sie besteht aus einer beidseits beplankten Massivholzwand. Eine Vorsatzschale ist nicht vorhanden. Wie Abbildung 3 zeigt, wird das Flankenbauteil an der Trennwand vorbeigeführt und unterbrochen. Die Kopplungslänge beträgt 2,5 m und das Schalldämm-Maß des Grundbauteils ist mit 40,0 dB angegeben. Das Stoßstellendämm-Maß wird nach Formel (4) und (5) berechnet.

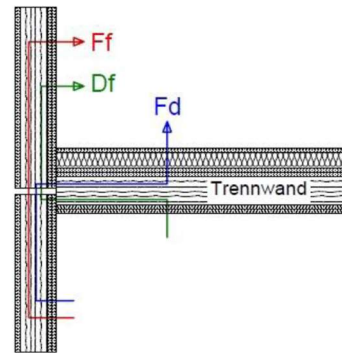


Abbildung 3: Prinzip Skizze, Horizontalschnitt der Stoßsituation von Flankenwand 1 mit Trennwand

Flanke 2 – Wand:

Sie wird als 25 cm dicke Innenwand aus Stahlbeton dargestellt. Ihre flächenbezogene Masse beträgt 625 kg/m². Somit berechnet sich das Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 12354, Anhang B4, zu 64,2 dB. Eine im Senderraum angebrachte Vorsatzschale, die das Bad simuliert, wird mit 30 dB angenommen. Die Innenwand ist als durchlaufendes Flankenbauteil ausgebildet, die Vorsatzschale wird hierbei vom Trennbauteil unterbrochen (siehe Abbildung 4). Die Kopplungslänge beträgt 2,5 m. Die Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgt durch Formel (3). Im Senderraum beträgt die Flankenbauteilfläche 11,8 m², im Empfangsraum 14,1 m².

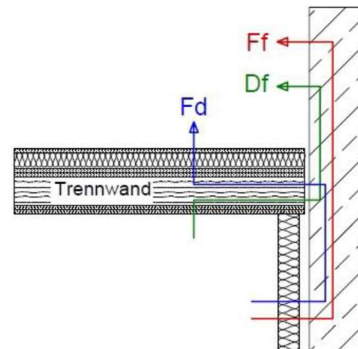


Abbildung 4: Prinzip Skizze, Horizontalschnitt der Stoßsituation von Flankenwand 2 mit Trennwand

Flanke 3 – Boden:

Im Bodenbereich befindet sich eine Massivholzdecke mit schwimmenden Estrich und 190 kg/m² Splittschüttung als Rohdeckenbeschwerung. Die Kopplungslänge beträgt 4,36 m. Während das Massivholzelement durchlaufend ausgebildet ist, wird der Estrich unterbrochen (Abbildung 5). Das Schalldämm-Maß von 60 dB wird durch das Bergersche Massegesetz mit einer flächenbezogenen Masse von 270 kg/m² berechnet. Eine Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch den schwimmenden Estrich sowohl im Sende-, als auch im Empfangsraum ist mit 17 dB angegeben. Das Stoßstellendämm-Maße wird nach Formel (6) und (7) berechnet.

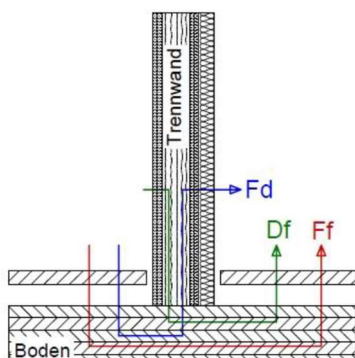


Abbildung 5: Prinzip Skizze, Vertikalschnitt der Stoßsituation von Massivholzdeckenelement 3 und Trennwand

Flanke 4 – Decke:

Das Deckenbauteil ist ebenfalls als Massivholzelement mit Schüttung ausgeführt und durchlaufend ausgebildet (Abbildung 6). Die Berechnung des Schalldämm-Maßes von 60 dB, wie auch die der Stoßstellendämm-Maße erfolgen analog zu Flanke 3. Eine Deckenabhängung ist nicht vorhanden. Die Kopplungslänge beträgt 4,36 m.

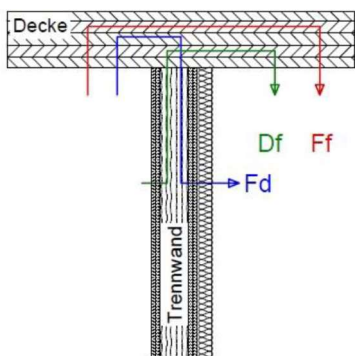


Abbildung 6: Prinzip Skizze, Vertikalschnitt der Stoßsituation von Massivholzdeckenelement 4 und Trennwand

Eingabe in VBAcoustic

Die vollständig ausgefüllten Eingabemasken der Flankenbauteile 1-3 sind im Anhang aufgeführt.

Ergebnis:

Für den Nachweis der Trennwand wird durch VBAcoustic das bewertete Bau-Schalldämm-Maß von 59,9 dB berechnet [4]. Das tatsächlich vom ift Rosenheim gemessene bewertete

Bau-Schalldämm-Maß ist mit 59 dB im Prüfbericht Nr. 11003222.B05 angegeben. Die Differenz von 0,9 dB zwischen dem tatsächlich gemessenen und dem, durch die Anwendung ermittelten Ergebnis ist, durch die, im Protokoll angegebene Unsicherheit von ± 2 dB, abgedeckt.

Die Ergebnisse des Prognosetools stimmen, für die Bausituation, mit den tatsächlich gemessenen Daten nahezu überein.

Zusammenfassung

VBAcoustic erleichtert die schallschutztechnische Berechnung/Prognose von Trennbauteilen im eingebauten Zustand. Hierfür ermöglicht das Programm die Eingabe verschiedener Bausituation, unter zu Hilfenahme übersichtlicher Bauteilkataloge und anschaulicher Darstellungen. Auch die Kombination verschiedener Bauarten ist möglich.

Für die Berechnung von Bauteilen nach DIN 4109 ist nur der Holzbau umgesetzt worden. Die Prognose von Holz- und Massivbautrennwänden nach DIN EN 12354 ist bedingt möglich. Gerade im Bereich der Stoßstellen stößt die Anwendung noch an ihre Grenzen. Die Betrachtung der Stoßstellenausführung ist nur für T-Stöße umgesetzt worden. Bausituationen mit Kreuzstößen oder versetzten Flankenbauteilen müssen entweder stark idealisiert werden oder können noch nicht berechnet werden.

Ausblick

Das Tool ist für die Berechnung von Trenndecken bereits erhältlich (http://bit.ly/VBAcoustic_download). Die Trennwandberechnung wird nach einer ausreichenden Validierung gegenüber weiteren Baumessungen folgen. Zudem werden die Planungsdaten der Stoßstellen weiter auf dem aktuellen Stand der Forschung gehalten.

Bis jetzt ist nur die Einzahlwertberechnung umgesetzt. In Zukunft soll aber auch die frequenzabhängige Berechnung möglich werden. Auf lange Sicht wird Einspeisung der Bauteildaten mittels Industry Foundation Classes (IFC) Daten angestrebt.

Literatur

- [1] DIN 4109-2:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [2] Wohlmuth, B., Horger, T., Rank, E., Kollmannsberger, S., Frischmann, F., Paolini, A., Schanda, U., Mecking, S., Kruse, T., Rabold, A., Châteauevieux-Hellwig, C., Schramm, M., Müller, G., Winter, C., Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung – Forschungs-Kooperationsprojekt TU München, Technische Hochschule Rosenheim, ift Rosenheim, 2017
- [3] DIN EN ISO 12354-1:2017-11 Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Luftschalldämmung zwischen Räumen
- [4] Zehetmayr, R.: Rechnergestützte Visualisierung eines Berechnungsverfahrens zur Prognose des Bau-Schalldämm-Maßes von Trennwänden auf Grundlage eines Bauteilkatalogs, Bachelorarbeit Technische Hochschule Rosenheim 2018

Anhang

Bauteileingabe Flankenbauteil Mischbau

Flankenbauteil Nr. 1:

Gleicher Aufbau der Flanke beidseits des Trennbauteils

Bauart:

Flankentyp:

Bew. Schalldämm-Maß, Grundbauteil R_{w0} = dB

Bauteilsammlungen

Vorsatzschalen

Senderraum ΔR_w = dB

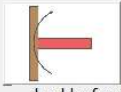
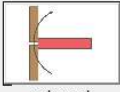
Empfangsraum ΔR_w = dB

Stoßstelle

Kantenlänge l_f = m

Stoßstelle nach:

Flankenbauteil...

Flächenbez. Masse Trennbauteil : $m' =$ kg/m²

Flächenbez. Masse Flankenbauteil : $m' =$ kg/m²

Abbildung A1: Komplette Eingabe des Flankenbauteils 1 (Massivholzelement) in VBAcoustic

Bauteileingabe Flankenbauteil Mischbau

Flankenbauteil Nr. 2:

Gleicher Aufbau der Flanke beidseits des Trennbauteils

Bauart:

Bew. Schalldämm-Maß, Grundbauteil R_{w0} = dB

Bauteilsammlungen

Schalldämm-Maß berechnung

Grundbauteil: $m' =$ kg/m²

Berechnung von Trennwände aus Beton, Kalksandstein oder Ziegel mit 65 kg/m² < m' < 720 kg/m²

Abbildung A2-a: 1. Teil der kompletten Eingabe des Flankenbauteils 2 (Stahlbetonwand) in VBAcoustic

Vorsatzschalen

Senderraum ΔR_w = dB

Empfangsraum ΔR_w = dB

Stoßstelle

Kantenlänge l_f = m

Stoßstelle nach:

Flankenbauteil...

Flankenbauteilfläche Senderraum $S_1 =$ m²

Flankenbauteilfläche Empfangsraum $S_2 =$ m²

Flächenbez. Masse Trennbauteil : $m' =$ kg/m²

Flächenbez. Masse Flankenbauteil : $m' =$ kg/m²

Abbildung A2-b: 2. Teil der kompletten Eingabe des Flankenbauteils 2 (Stahlbetonwand) in VBAcoustic

Bauteileingabe Flankenbauteil Mischbau

Flankenbauteil Nr. 3:

Gleicher Aufbau der Flanke beidseits des Trennbauteils

Bauart:

Bew. Schalldämm-Maß, Grundbauteil R_{w0} = dB

Bauteilsammlungen

Verbesserung durch Estrich

Senderraum ΔR_w = dB

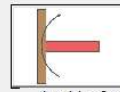
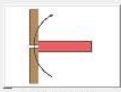
Empfangsraum ΔR_w = dB

Stoßstelle

Kantenlänge l_f = m

Stoßstelle nach:

Flankenbauteil...

Flächenbez. Masse Trennbauteil : $m' =$ kg/m²

Flächenbez. Masse Flankenbauteil : $m' =$ kg/m²

Abbildung A3: Komplette Eingabe des Flankenbauteils 3 (Massivholzelement) in VBAcoustic