

Anwendung zur SEA basierten Berechnung nach EN 12354 für Massivholzelemente

Châteauvieux-Hellwig Camille¹, Simon Mecking², Benjamin Brummer², Andreas Rabold^{1,2}

¹ ift Rosenheim GmbH, 83026 Rosenheim, E-Mail: chateauvieux@ift-rosenheim.de

² Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: Simon.Mecking@fh-rosenheim.de

Einleitung

Verglichen mit Gebäuden in Mauerwerks- und Betonbauweise ist die Planung eines Bauobjektes in Holzbauweise für den Architekten und die Fachplaner eine deutlich größere Herausforderung. Deshalb wird im Forschungsprojekt „Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten“ [1] untersucht, wie der Nachweis vibroakustischer Eigenschaften von Gebäuden anhand von Simulationen auf Grundlage eines umfangreichen Bauwerkinformationsmodells (BIM) durchgeführt werden kann. Geeignete computergestützte Planungswerkzeuge, die eine Simulation der genannten bauphysikalischen und konstruktiven Eigenschaften bereits im frühen Planungsentwurf für das gesamte Bauwerk und nicht nur für einzelne Komponenten ermöglichen, könnten den Planungsaufwand und somit auch die Kosten drastisch reduzieren. Dies würde die Wettbewerbsfähigkeit von Holzbauten verbessern.

In diesem Beitrag werden die Bauteildatenbank VaBdat und eine Excel-Anwendung zur Prognose des Bau-Schalldämm-Maßes und des Trittschallpegels nach EN 12354 [2] vorgestellt. Die Anwendung soll aufzeigen wie eine Verbindung zwischen einem BIM und einer Anwendung zur schalltechnischen Planung erfolgen kann.

Berechnung nach EN 12354

Die EN 12354 [2] liefert eine Berechnungsgrundlage zur Prognose des Bau-Schalldämm-Maßes R' aus Bauteileigenschaften unter Berücksichtigung aller Flankenübertragungswege R_{ij} . R' wird dabei aus den einzelnen Flankendämm-Maßen R_{ij} berechnet:

$$R_{ij} = \frac{R_i^*}{2} + \frac{R_j^*}{2} + \Delta R_i + \Delta R_j + \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg \frac{S_s}{\sqrt{S_i \cdot S_j}} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Dabei ist R^* das Schalldämm-Maß des Bauteils für ausschließlich resonante Übertragung und ΔR das Luftschallverbesserungsmaß durch Vorsatzschalen. Die Schnellepegeldifferenz $D_{v,ij}$ wird mit Hilfe des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} berechnet:

$$\overline{D_{v,ij}} = K_{ij} - 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

Bei der Verwendung von Messdaten als Eingangsdaten können die Werte aus dem Labor mit Hilfe einer In Situ Korrektur anhand der Verlustfaktoren im Labor $\eta_{\text{tot,lab}}$ und am Bau $\eta_{\text{tot,situ}}$ an die Bausituation angepasst werden:

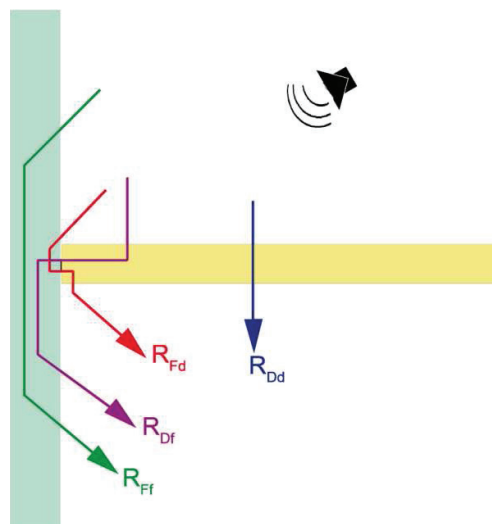


Abbildung 1: Direkte Übertragung (R_{Dd}) und Flankenübertragungswege (R_{ij}) an einem T-Stoß bei Luftschallanregung

$$R_{\text{situ}} = R_{\text{lab}} - 10 \lg \left(\frac{\eta_{\text{tot,lab}}}{\eta_{\text{tot,situ}}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Bauteildatenbank VaBdat

In der Bauteildatenbank VaBdat [3] werden Untersuchungsergebnisse der Hochschule Rosenheim und des ift Rosenheim gesammelt, die im Rahmen des Forschungsprojektes Vibroakustik entstanden sind. Die Datenbank ist in drei Ebenen strukturiert (siehe Abbildung 2).

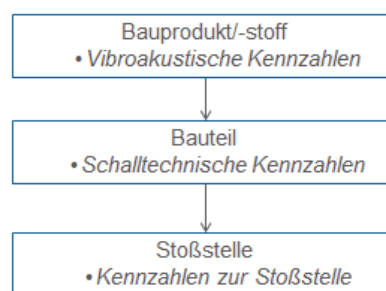


Abbildung 2: Aufbau der Bauteildatenbank in drei Ebenen

In der ersten Ebene werden vibroakustische Kenngrößen von Bauprodukten/-stoffen erfasst wie z.B. die richtungsabhängigen E-Moduln oder Schubmodule. Bauprodukte/-stoffe sind beispielsweise Brettsperrholzelemente oder Beplankungsmaterial wie Gipskartonplatten.

In der zweiten Ebene werden aus den einzelnen Bauprodukten Bauteile zusammengesetzt. Hierzu wird auch die Art der Verbindung zwischen den einzelnen Schichten des Bauteils angegeben. Anschließend wird den Bauteilen schalltechnische Kennzahlen wie Abstrahlgrad und Schalldämm-Maß zugeordnet.

Zuletzt wird in einer dritten Ebene eine Stoßstelle aus einzelnen Bauteilen gebildet und mit den Kennzahlen wie der Schnellepegeldifferenz $D_{v,ij}$ und das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} versehen. Es können L-, T- und X-Stöße aufgebaut werden. Die Kennzahlen können für jeden einzelnen Übertragungsweg im aufgebauten Stoß angegeben werden.

Die in der Datenbank gesammelten Kennzahlen können anschließend zur Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes und des Trittschallpegels nach [2] verwendet werden.

Excel-Anwendung

Neben dem Berechnungsverfahren nach [2] sollte die Anwendung weitere Anforderungen erfüllen. Als Schnittstelle zum BIM wurde ein IFC-Import erstellt. IFC-Dateien werden aus bauteilorientierten CAD-System wie z.B. CADwork als Hüllflächen-Modelle eingelesen. Daraus können dann Bauteilgeometrien und Bezeichnungen ausgelesen werden.

Die Anbindung der Bauteildatenbank VaBDat erfolgt über einen XML-Import in Excel. Es werden nur die für die Berechnung benötigten Eingangsdaten importiert. Anhand der Bauteilbezeichnung wird in einem Dropdown-Menü das passende Bauteil ausgesucht.

Für die In Situ Korrektur kann sowohl eine detaillierte, wie auch eine vereinfachte Korrektur durchgeführt werden. Die vereinfachte Korrektur erfolgt mit berechneten Werten für den Verlustfaktor:

$$\eta_{tot,lab} = \eta_{int} + \frac{m'}{485\sqrt{f}} \quad (4)$$

$$\eta_{tot,situ} = \eta_{int} + \frac{m'}{300\sqrt{f}} \quad (5)$$

Bei der detaillierten Korrektur werden mit Hilfe der Stoßstellendämm-Maße K_{ij} aller vorhandenen Stoßstellen, d.h. auch der Stoßstellen zwischen den einzelnen flankierenden Elementen, die Randverluste η_{Rand} berechnet. Hinzu kommen noch interne Verluste η_{int} und Verluste infolge von Abstrahlung $\eta_{Abstrahlung}$:

$$\eta_{tot,situ} = \eta_{int} + \eta_{Abstrahlung} + \eta_{Rand} \quad (6)$$

Der Verlustfaktor für die Laborsituation wird durch die Messung der Körperschallnachhallzeit der Bauteile im Labor ermittelt. Alternativ kann sie für den Massivbau nach [2] berechnet werden.

Um die komplette In Situ Korrektur durchführen zu können müssen alle Stoßstellendämm-Maße erfasst werden. Diese können nach [2] berechnet werden. Für den Holzmassivbau sind die Formeln nur bedingt geeignet. Deshalb kann die

Berechnung ebenfalls nach [4] durchgeführt werden, wo im Anhang für ein T-Stoß und ein Kreuz-Stoß aus Brettsper Holz Formeln für K_{ij} angegeben sind. Es können ebenfalls Messwerte aus VaBDat für K_{ij} verwendet werden.

Sind alle Eingangsdaten erfasst, gibt die Anwendung ein Ergebnisblatt aus, auf welchem die frequenzabhängigen Ergebnisse für R' oder $L'_{n,w}$ angegeben sind, sowie die zugehörigen Einzahlwerte. Zusätzlich werden die einzelnen Übertragungswege separat aufgezeigt, sodass eine Beurteilung der Situation möglich ist.

Beispiel H4

Zur Validierung der Anwendung wurde ein viergeschossiges Wohnhaus in Massivholzbauweise aus Bad Aibling bei Rosenheim verwendet. Dazu wurde das Bau-Schalldämm-Maß und der Norm-Trittschallpegel einer Decke im eingebauten Zustand im Wohnraum gemessen und die Bausituation in der Anwendung mit Messwerten aus dem Labor nachgerechnet.

Die gemessene Trenndecke bestand aus

- 200 mm Brettsper Holz, $m' = 90 \text{ kg/m}^2$
- 90 mm Splittschüttung, $m' = 135 \text{ kg/m}^2$
- 40 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatte
- 60 mm Zementestrich, $m' = 140 \text{ kg/m}^2$.

Die flankierenden Wände bestanden ebenfalls aus Massivholzelementen mit verschiedenen Beplankungen und Dämmschichten je nachdem, ob es sich um eine Innenwand, eine Wohnungstrennwand oder eine Außenwand handelte. Für die Berechnungen wurde für alle flankierenden Wänden Massivholzelemente von 80 mm Dicke mit doppelseitig 2x18 mm Gipsfaser Beplankung verwendet.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Baumesung und der verschiedenen Berechnung. Dabei zeigte sich, dass die Berechnung von R' hochfrequent größere Abweichungen zu der Baumesung aufweist. Die Flankenübertragung wird ab ca. 800 Hz unterschätzt. Dies führt auch in Einzahlwerten mit $R'_{w} = 61,0 \text{ dB}$ zu einem etwas zu guten Ergebnis gegenüber der Baumesung mit $R'_{w} = 59,9 \text{ dB}$. Die Berechnung mit der vereinfachten bzw. detaillierten Körperschallnachhallzeit-Korrektur führt zu keiner besseren Übereinstimmung mit der Messung. Ihre Anwendbarkeit auf den Holzmassivbau ist noch weiter zu untersuchen.

Bei der Auswertung des Trittschallpegels zeigen sich ebenfalls oberhalb von 630 Hz deutliche Abweichungen zwischen der Baumesung und den Berechnungen.

Tabelle 1: Einzahlwerte in dB der Messung und verschiedenen Berechnung für das Bauobjekt H4

	R'_{w}	$L'_{n,w}$
Baumesung	59,9	42,7
Berechnung ohne Korrektur	61,0	39,4
Berechnung mit detaillierter Korrektur	56,1	44,7
Berechnung mit vereinfachter Korrektur	63,1	37,3

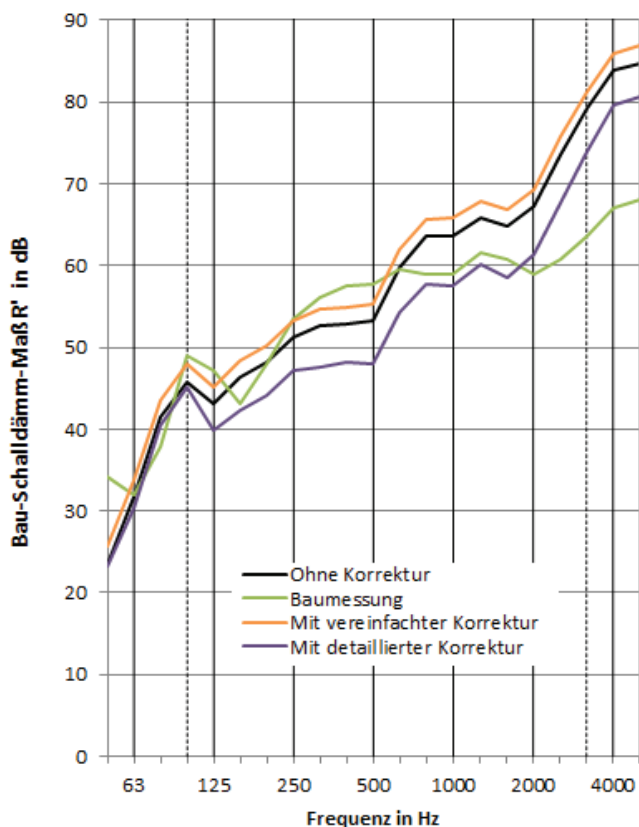


Abbildung 3: Vergleich des gemessenen Bau-Schalldämm-Maßes R' mit Prognoserechnungen

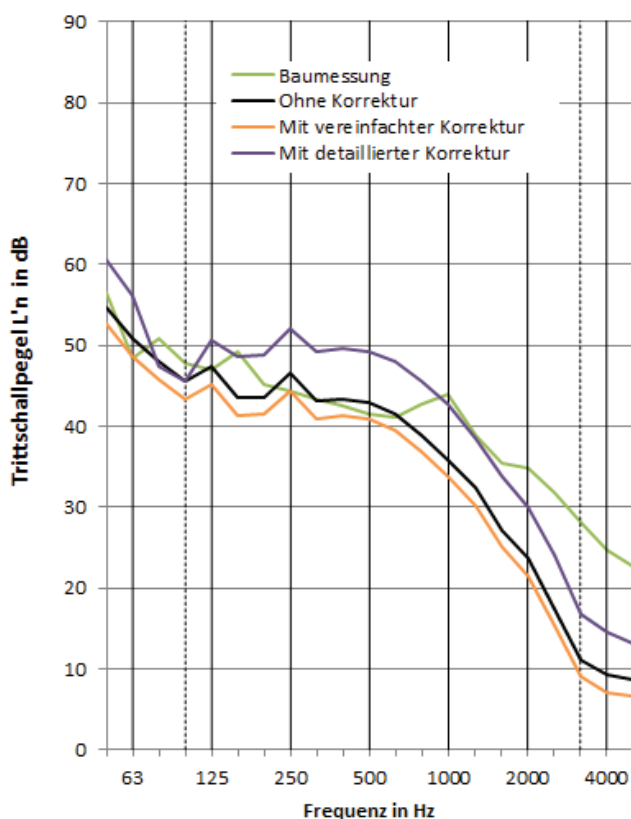


Abbildung 4: Vergleich des gemessenen Trittschallpegels L'_n mit Prognoserechnungen

Fazit

Die Schnittstellen zwischen der Anwendung und dem IFC-Import bzw. der Bauteildatenbank ist mit Hilfe von VBA-Programmierung in Excel realisierbar. Die ausführliche Berechnung nach [2] wird durch die Anwendung erleichtert.

Für den Holzbau konnten Besonderheiten, wie z.B. unterschiedliche Arten die Stoßstellendämm-Maße zu ermitteln, berücksichtigt werden.

Die In Situ Korrektur führt bei der Verwendung von Eingangsdaten aus Labormesswerten für den Holzbau nicht zu den erwarteten Ergebnissen. Im weiteren Projektverlauf muss noch geklärt werden, wie die In Situ Korrektur sinnvoll für den Massivholzbau angewendet werden kann.

Bei der Berechnung von L'_n können die hochfrequenten Abweichungen zwischen der Baumessung und den Berechnungen durch das Fehlen des Übertragungsweges $L_{n,Df}$ erklärt werden [5]. Dieser soll in zukünftigen Arbeiten in der Anwendung implementiert werden.

Literatur

- [1] „Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung“, Kooperationsprojekt TU München, HS Rosenheim, ift Rosenheim; IGF-Vorhaben 17328 N; in Bearbeitung.
- [2] EN 12354: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; Dezember 2010.
- [3] Brummer B.: Rest-Interface für ein Bauteil-informationssystem zur Anbindung an Software zur Gebäudekonstruktion, Bachelorarbeit, Hochschule Rosenheim, 2015.
- [4] prEN ISO 12354: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften; März 2016.
- [5] Rabold A., Châteauevieux-Hellwig C., Hessinger J: Flankenübertragung bei Trittschallanregung - Berechnung nach DIN 4109 und EN 12354, DAGA 2016.