

Bauteilkatalog Leichtbau nach DIN 4109

Dr. Andreas Mayr
Hochschule Rosenheim
ig-bauphysik GmbH & Co. KG
Rosenheim, Deutschland



Bauteilkatalog Leichtbau nach DIN 4109

1. Einleitung

Der fortschreitende Klimawandel hat zweifelsohne sowohl auf politischer als auch auf gesellschaftlicher Ebene einen zunehmenden Einfluss auf unterschiedlichste Bereiche unseres Lebens, nicht nur im Bauwesen. Klimaschutzgesetze haben zum Ziel, die CO₂-Emissionen zu senken und damit eine weitere Erderwärmung zu verhindern. Im Baubereich spielt hier insbesondere die Energieeinsparung eine maßgebliche Rolle. Aber auch die Thematik des nachhaltigen und ökologischen Bauens rückt verstärkt ins Bewusstsein der Baubranche und deren Kunden. Zudem scheint ein gewisser Naturbezug und die Verwendung organischer Materialien im Wohn- und Arbeitsbereich sich zunehmender Beliebtheit zu erfreuen.

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff, der seit Ewigkeiten als Baustoff verwendet wird und sowohl Tradition als auch Innovation verkörpert. Die Fähigkeit von Bäumen CO₂ umzuwandeln und Sauerstoff abzugeben, ist elementar für das Leben auf der Erde. Wenn Holzprodukte am Ende ihrer Lebensdauer energetisch verwertet werden, wird nur so viel CO₂ freigesetzt, wie der Baum während seines Wachstums gebunden hat. Insofern tragen eine nachhaltige Holzwirtschaft und die Verwendung einheimischer Hölzer im Bauwesen aktiv zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes bei.

Um diese Entwicklung aus bautechnischer Sicht zu unterstützen ist es zwingend erforderlich für den Holzbau, neben einer Vielzahl anderer Aspekte, auch bauphysikalische Lösungen anzubieten, mit denen sämtliche Anforderungen an moderne Wohn- und Nichtwohngebäude eingehalten werden können. Dazu gehören sowohl wärmeschutztechnische als auch schalltechnische Aspekte. Gerade durch die Möglichkeit mehrgeschossiger Bauten in Holzbauweise steigen die Anforderungen an den Schallschutz enorm.

Dabei stellt die schalltechnische Planung dieser Gebäude eine im Vergleich zu Massivbaugebäuden deutlich größere Herausforderung dar. Dies beruht nicht nur auf den vielfältigen Gestaltungs- und Ausführungsvarianten des Holzbaus, sondern in erster Linie auf fehlende Planungswerkzeuge und Datengrundlagen für die effektive und sichere Berechnung des baulichen Schallschutzes in der Praxis.

Diese Lücke sollte im Zuge der Neufassung der DIN 4109:2016-07 [1] geschlossen bzw. deutlich reduziert werden, indem Forschungsergebnisse umfangreicher Vorhaben [2], [3] in die neue Norm aufgenommen wurden.

Dazu wurde die Norm komplett neu strukturiert und verschiedene Bauteilkataloge erarbeitet, die als Datengrundlage für die Berechnungsverfahren herangezogen werden können. Der Bauteilkatalog für den Holzbau wurde in DIN 4109-33:2016-07 zusammengefasst [4] und wird in diesem Beitrag speziell hinsichtlich der Belange des Holzbaus eingehend diskutiert. Mithilfe der dort aufgeführten, vergleichsweise viel umfassenderen Eingangsdaten, können zusammen mit den ebenfalls neu aufgenommenen Rechenverfahren nun im Bereich des Holzbaus Berechnungen des baulichen Schallschutzes und damit auch die baurechtlich vorgeschriebenen Nachweise planerisch deutlich zuverlässiger geführt werden.

Damit repräsentiert der neue Bauteilkatalog den heutigen Holzbau in Deutschland wesentlich besser und ausführlicher als dies in der alten DIN 4109 der Fall war. Zudem bietet die neue Struktur der DIN 4109 die Möglichkeit die Bauteilkataloge kontinuierlich anzupassen und zu ergänzen.

Dass dies bereits zum jetzigen Zeitpunkt für den Bauteilkatalog Teil 33 erforderlich wäre, sollte an dieser Stelle nicht verschwiegen werden. Entsprechend wird in vorliegendem Beitrag auch auf die nach wie vor vorhandenen Lücken des Bauteilkatalogs hingewiesen und zugleich aufgezeigt, in welchem Bereich sich dazu Lösungen z.B. aus der aktuellen Forschung erwarten lassen.

Nach der Vorstellung der speziell für den Holzbau relevanten Rechenverfahren und eingehender Diskussionen zum Bauteilkatalog wird im letzten Teil des vorliegenden Beitrags anhand ausgewählter Anwendungsbeispiele die praktische Umsetzung der neuen Ansätze zum Nachweis des baulichen Schallschutzes bei Holzbaugebäuden aufgezeigt.

2. Grundlagen

2.1. DIN 4109 – Notwendigkeit der Überarbeitung

Die Norm DIN 4109 «Schallschutz im Hochbau» regelt grundsätzlich die Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden sowie den Nachweis der Einhaltung dieser Anforderungen. Hierbei kann der Nachweis des geschuldeten Schallschutzes sowohl durch Messung am ausgeführten Gebäude als auch durch rechnerische Abschätzung geführt werden. Letztgenanntes «Rechenverfahren» wurde bislang im Beiblatt 1 der alten DIN 4109 beschrieben. Dieses Beiblatt enthielt neben der formellen Beschreibung der Rechenverfahren zur Bestimmung der Luft- und Trittschallübertragung eine Beispielsammlung von typischen Bauteilen («Bauteilkatalog»). In diesem Bauteilkatalog waren sowohl eine Beschreibung der Konstruktionsmerkmale des jeweiligen Bauteils, als auch die als Eingangsgrößen für das Rechenverfahren benötigten bauakustischen Kenngrößen als Einzahlwerte aufgeführt. Als besonderes Merkmal der bisherigen Norm wurden die Kenngrößen für die Luft- und Trittschalldämmung nicht nebenwegfrei, sondern mit «bauähnlicher Flankenübertragung» ermittelt, d.h. die angegebenen Kennwerte der Bauteile galten für eine standardisierte Einbausituation. Für den Fall, dass die tatsächliche Einbausituation stark von dieser abwich, wurden entsprechend beschriebene Korrekturterme berücksichtigt.

Für den Holzbau waren in diesem Bauteilkatalog die Nachweismöglichkeiten sehr begrenzt. Bei den Holzdecken waren beispielsweise lediglich sieben Ausführungsvarianten aufgeführt, von denen nur vier den schalltechnischen Anforderungen eines Mehrfamilienhauses genügten. Zusätzlich zur völlig unzureichenden Datengrundlage haben sich bedingt durch die internationale Harmonisierung der Regelwerke große Veränderungen im Bereich der bauakustischen Normen ergeben. Problematisch waren hier zum Beispiel Änderungen in den Messnormen, die nun ausschließlich Messungen in nebenwegsfreien Prüfständen vorsehen. Damit konnten die gemessenen akustischen Größen nicht mehr direkt als Eingangsdaten für das bisherige Rechenverfahren herangezogen werden.

Eine weitere einschneidende Veränderung stellte die Einführung der europäischen Normenreihe DIN EN 12354 [5] dar. Diese Normen beschreiben die Rahmenbedingungen für die Durchführung des rechnerischen Schallschutznachweises für die Luft- und Trittschalldämmung. Die Normenreihe DIN EN 12354 enthält Berechnungsverfahren und Hinweise zur Berechnung des Schallschutzes von Gebäuden. Bestandteile dieser Normenreihe wurden in DIN 4109-2:2016-07 [1] so zusammengefasst und ergänzt, dass damit der bauordnungsrechtlich geforderte Schallschutznachweis ohne weiteren Rückgriff auf die Normenreihe DIN EN 12354 durchgeführt werden kann, wobei jeweils die vereinfachten Berechnungsverfahren (basierend auf Einzahlwerten) berücksichtigt wurden.

2.2. Übertragungswege

Im Gegensatz zu dem in der alten DIN 4109 beschriebenen Rechenverfahren werden in der Normenreihe DIN EN 12354 die Nebenwege nicht pauschal, sondern einzeln betrachtet, siehe [1]. Die Buchstabenkombinationen Dd, Df, Ff und Fd kennzeichnen die verschiedenen Schallübertragungswege, wobei der Buchstabe f für ein flankierendes Bauteil, der Buchstabe d für das trennende Bauteil steht. Großbuchstaben kennzeichnen das angeregte Bauteil im Senderaum, Kleinbuchstaben das abstrahlende Bauteil im Empfangsraum. Verallgemeinernd werden die Übertragungswege mit deren beteiligten Bauteilen häufig durch die Buchstabenkombination ij beschrieben.

Als Eingangsgrößen für das Rechenverfahren dienen die nebenwegfrei gemessenen Schalldämmungen des Trennbauteils und der flankierenden Bauteile, sowie die an den Stoßstellen der Bauteile auftretenden Kopplungsverluste.

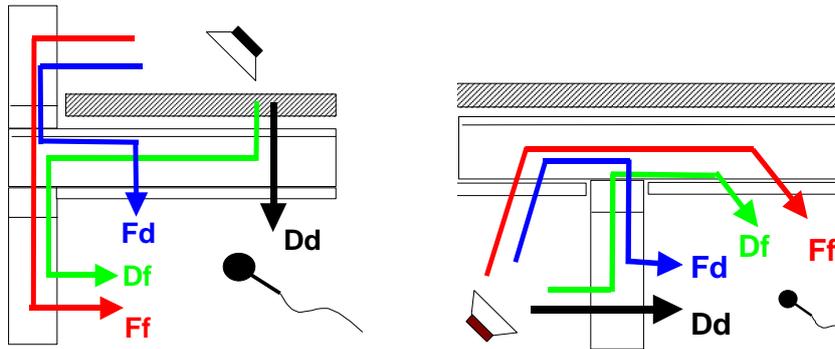


Abbildung 1: Übertragungswege gem. DIN 4109-2; Buchstabenkombinationen Dd, Df, Ff und Fd für die verschiedenen Übertragungswege; Quelle: [11]

Da jedoch in diesem Berechnungsansatz die Übertragung von Körperschall bei nicht-homogenen Konstruktionen, wie sie im Holzbau üblich sind, unzureichend beschrieben ist, besteht alternativ die Möglichkeit, die Schalllängsdämmung eines flankierenden Bauteils komplett als Eingangsgröße zu verwenden.

2.3. Rechenverfahren

Die in den nachfolgend beschriebenen Rechenverfahren herangezogenen Kenngrößen beschreiben das bewertete Bau-Schalldämm-Maß für den Luftschall R'_w und den bewerteten Norm-Trittschallpegel im Bau $L'_{n,w}$. Sie entsprechen den Kenngrößen für die Anforderungen in DIN 4109-1:2016-07 [6]. Zur Unterscheidung von den berechneten Werten R'_w und $L'_{n,w}$ werden die in DIN 4109-1 genannten Anforderungsgrößen mit erf. R'_w und zul. $L'_{n,w}$ bezeichnet. Im Rahmen des Nachweises müssen die errechneten Werte um einen festgelegten Sicherheitsbeiwert vermindert bzw. erhöht werden.

2.3.1. Luftschall

Entsprechend dem vereinfachten Verfahren nach der Normenreihe DIN EN 12354 werden für die resultierende Luftschallübertragung zwischen zwei Räumen die direkte Schallübertragung über das Trennbauteil und die Schallübertragung über alle Flankenwege berücksichtigt. Bei bauüblichen Übertragungssituationen (ein Trennbauteil, vier flankierende Bauteile) sind also insgesamt 13 verschiedene Übertragungswege zu berücksichtigen. Davon entfallen 12 Wege auf die flankierende Übertragung. Hierbei wird jeder Weg unabhängig von den anderen Wegen berechnet. Es werden dabei lediglich die flankierenden Übertragungswege über eine Stoßstelle hinweg berücksichtigt. Für jeden Übertragungsweg wird ein Schalldämm- bzw. Flankendämm-Maß ermittelt. Die resultierende Schalldämmung R'_w unter Berücksichtigung aller flankierenden Wege ergibt sich dann durch energetische Addition der beteiligten Wege, siehe Gleichung (1).

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{-0,1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Ff,w}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Df,w}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Fd,w}} \right) \quad (1)$$

Aufgrund der konstruktiven Unterschiede bei der Schallübertragung in unterschiedlichen Bauweisen wird dieses Rechenmodell für den Schallschutznachweis unterschiedlich umgesetzt und unterschieden in Massivbau, Gebäude mit zweischaliger massiver Haustrennwand (Doppel- und Reihenhäuser), Holz-, Leicht- und Trockenbau und Skelettbau und Mischbauweisen.

In Gebäuden in Massivbauweise werden die einzelnen Anteile an der Gesamtübertragung auf den verschiedenen Schallübertragungswegen aus der Direktschalldämmung der Bauteile $R_{i,w}$ und $R_{j,w}$, etwaiger Vorsatzkonstruktionen $\Delta R_{ij,w}$ und dem Stoßstellendämm-Maß K_{ij} berechnet Gleichung (2) und anschließend energetisch addiert.

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \log \left(\frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \right) \quad (2)$$

Die Berechnung der Flankenübertragung nach Gleichung (2) anhand der Direktschalldämm-Maße und der Stoßstellendämm-Maße ist im Holz-, Leicht und Trockenbau aufgrund der elementierten und stark inhomogenen Konstruktionen nicht praktikabel. Daher erfolgt hier die Berechnung der Flankendämmung pauschal durch die in Prüfständen ermittelte, konstruktionsabhängige, bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$, welche für die jeweiligen flankierenden Bauteile ermittelt und zur Direktschalldämmung des Trennbauteils energetisch addiert wird. Vorsatzschalen und Fußbodenaufbauten werden dabei nicht getrennt eingerechnet, sondern als integrierter Teil des Bauteils angesetzt. Grundsätzlich ist die Übertragung auf dem Weg Ff ist von der Ausführung der flankierenden Bauteile und der Stoßstelle abhängig. Der Einfluss der gemischten Übertragungswege (Df und Fd) hängt zusätzlich von der Ausführung des Trennbauteils ab. Bei der Neufassung der DIN 4109 wurde dabei angestrebt, die Anteile der gemischten Flankenübertragungswege in einem Korrektursummanden K zusammenzufassen. Untersuchungen dazu lieferten im Durchschnitt Werte für K von 0 bis -2 dB [7], [8]. Allerdings zeigten Ergebnisse weiterer Forschungsvorhaben [9], [10] die beste Übereinstimmung zwischen Prognose und Baumessung, wenn K=0 dB verwendet wurde. Insofern wurde in der Neufassung der DIN 4109-2:2016-07 der Korrektursummand für die gemischten Übertragungswege nicht übernommen, sodass für den Holzbau letztlich nur der Weg Ff von Bedeutung ist.

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(10^{-0,1 \cdot R_{Dd,w}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1 \cdot R_{Ff,w}} \right) \quad (3)$$

mit

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \cdot \log \left(\frac{S_s}{A_0} \right) + 10 \cdot \log \left(\frac{l_{Lab}}{l_f} \right) \quad (4)$$

R'_w bewertetes Bau-Schalldämm-Maß zwischen zwei Räumen in dB

$R_{Dd,w}$ bewertetes Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils in dB

$R_{Ff,w}$ bewertetes Flankendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff in dB

$D_{n,f,w}$ bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz eines flankierenden Bauteils in dB

n Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum; üblicherweise ist $n = 4$

l_{lab} Bezugskantenlänge in m; $l_{lab} = 2,8$ m für Fassaden und Innenwände bei horizontaler Übertragung; $l_{lab} = 4,5$ m für Decken, Unterdecken und Fußbodenaufbauten bei horizontaler Übertragung sowie bei Fassaden und Innenwänden bei vertikaler Übertragung. Sofern Daten aus Prüfberichten verwendet werden, ist als Bezugskantenlänge die dort genannte Kantenlänge l_{lab} zu verwenden.

l_f gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und den flankierenden Bauteilen F und f in der Bausituation in m

S_s Fläche des trennenden Bauteils in m^2

A_0 Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10$ m^2

Die Einhaltung der Anforderung an das resultierende Schalldämm-Maß kann wie folgt abgeschätzt werden: Das Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils $R_{Dd,w}$ und die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ aller flankierenden Bauteile müssen jeweils mindestens 7 dB über dem Anforderungswert liegen.

Für die Holzmassivbauweise ist das in Gleichungen (3) und (4) beschriebene Rechenmodell nicht anwendbar. Für diese Bauweise muss auf das Massivbaumodell mit Stoßstellendämm-Maßen K_{ij} zurückgegriffen werden.

2.3.2. Trittschall

Der bewertete Norm-Trittschallpegel im Bau $L'_{n,w}$ kann bei Massivdecken mit als einschligig zu betrachtender Grundkonstruktion aus dem äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ der Rohdecke und der bewerteten Trittschallminderung ΔL_w durch eine Deckenaufgabe berechnet werden. Der Einfluss der Flankenübertragung für die jeweilige Bausituation wird global durch einen Korrekturwert K in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Massivdecke und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der

homogenen massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, berücksichtigt. Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ berechnet sich damit bei übereinanderliegenden Räumen nachfolgender Gleichung:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad (5)$$

Aufgrund der konstruktiven Unterschiede bei der Schallübertragung in unterschiedlichen Bauweisen wird dieses Rechenmodell für den Schallschutznachweis in Abhängigkeit von der Deckenkonstruktion unterschiedlich umgesetzt. Unterschieden wird zwischen Trittschallübertragung über Massivdecken und bei Gebäuden mit zweischaliger massiver Haus-trennwand (Einfamilien-Reihen- und Doppelhäusern) und Trittschall bei leichten Decken in Holzbauweise und bei Metallträgerdecken.

Für die von Massivdecken verursachte Trittschallübertragung zeigt Abbildung 2 links die zu berücksichtigenden Wege über die angeregte Decke und die flankierenden Bauteile. Neben der hauptsächlich interessierenden Übertragung in einen direkt darunterliegenden Raum sind auch Übertragung in einen danebenliegenden und einen diagonal darunterliegenden Raum zu berücksichtigen. Für die beiden letztgenannten Übertragungssituationen wird der Korrekturwert K durch einen Korrekturwert K_T ersetzt. Für den Holz-, Leicht- und Trockenbau besteht diese Möglichkeit derzeit nicht.

Das Berechnungsverfahren für die vertikale Trittschallübertragung von Decken in Holzbauweise wird analog zum Massivbau angewandt, jedoch mit einem an den Holzbau angepassten Korrekturwert für die Flankenübertragung. Diese berücksichtigt einen weiteren, im Massivbau nicht relevanten Flankenübertragungsweg, siehe Abbildung 2 rechts.

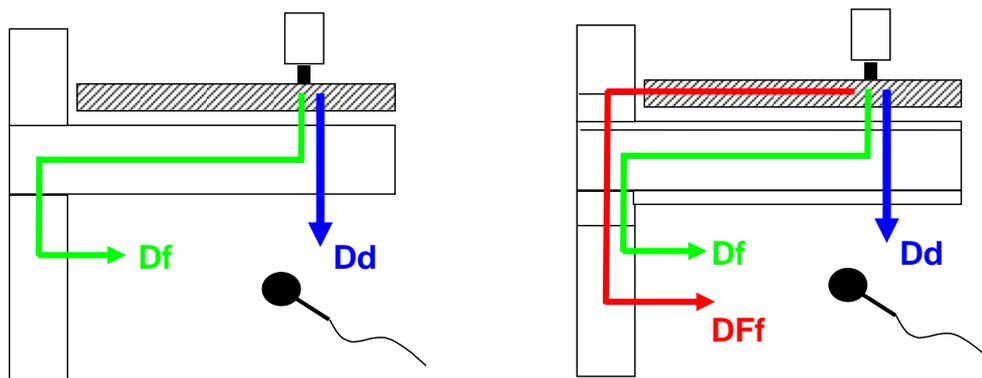


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Beiträge zur Trittschallübertragung; links Massivbau, rechts Holzbau [11]

Berücksichtigt wird dabei, dass bei Holzdecken neben dem eigentlichen Flankenweg Df über die Holzdecke ein weiterer Flankenweg Dff über den Randanschluss des schwimmenden Estrichs existiert. Diese beiden Flankenwege werden durch die Korrekturwerte K_1 und K_2 abgebildet [12], [13]. Eine separate Berücksichtigung der Trittschallminderung durch Fußbodenaufbauten und Unterkonstruktionen ist für Decken in Holz- und Leichtbauweise nicht vorgesehen. Die bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ für die Gesamtkonstruktion der Decke können direkt dem Bauteilkatalog DIN 4109-33:2016-07 [4] oder Prüfberichten entnommen werden.

Damit wird die vertikale Trittschallübertragung wie folgt berechnet:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \quad (6)$$

$L'_{n,w}$ bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzdecke in der Bausituation in dB

$L_{n,w}$ bewerteter Norm-Trittschallpegel der Holzdecke ohne Flankenübertragung in dB

K_1 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df

K_2 Korrekturwert zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Dff

2.4. Schallschutznachweis

Die Genauigkeit der oben beschriebenen Rechenverfahren wurde im Zuge des in [10] beschriebenen Forschungsvorhabens anhand von Vergleichen zwischen einer Vielzahl berechneter und gemessener, realer Bausituationen untersucht. Dabei wurden Vergleiche sowohl für die Luft- als auch die Trittschalldämmung für unterschiedliche Bauweisen (Massivbauten und Holzrahmenbauten) und unterschiedlich große Trennbauteilflächen ausgewertet. Die Ergebnisse zeigten, dass zwischen den berechneten Fällen und der Nachmessung in situ praktisch keine systematische Abweichung besteht [10]. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten und der Reproduzierbarkeit der beteiligten Bauteile kann von einer Übereinstimmung von Prognoserechnung und Ergebnis am Bau für Luft- und Trittschall ausgegangen werden.

Die für die Prognoserechnung herangezogenen Eingangsdaten werden nach der neuen DIN 4109-2 [1] ohne Zu- bzw. Abschläge verwendet. D.h. die sog. «Rechenwerte» und «Vorhaltemaße» der alten DIN 4109 gibt es nicht mehr. Dies dürfte sicher zu einer Vereinfachung in der Kommunikation zwischen den Fachplanern für Bauakustik und den ausübenden Gewerken in der Beratungspraxis führen.

Für die Schallschutznachweise der DIN 4109 sind die durchzuführenden Berechnungen zur Berücksichtigung der Prognoseunsicherheit u_{prog} mit einem Zu- bzw. Abschlag auf das Endergebnis zu versehen. Diese Zu- bzw. Abschläge werden als Sicherheitsbeiwerte bezeichnet. Für die Luftschallübertragung im Gebäude wird als pauschaler Wert $u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$, für die Trittschallübertragung im Gebäude wird als pauschaler Wert $u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB}$ angesetzt. Damit gilt zur Erfüllung der Anforderungen an die Luft- und Trittschallübertragung von trennenden Bauteilen:

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{erf. } R'_w \quad \text{bzw.} \quad L'_{n,w} + 3 \text{ dB} \leq \text{zul. } L'_{n,w} \quad (7)$$

2.5. Eingangsdaten / Bauteilkataloge

Die für die oben beschriebenen Rechenverfahren erforderlichen Eingangsdaten können sowohl für den Massivbau als auch für den Leicht- und Holzbau den sog. Bauteilkatalogen der neuen DIN 4109 entnommen werden. Der Teil DIN 4109-31 [14] stellt dafür das Rahmendokument dar. Die Teile DIN 4109-32 bis DIN 4109-36 enthalten schalltechnische Daten von Bauteilen und Konstruktionen, die ohne bauakustische Prüfungen in Schallschutznachweisen im Rahmen der in DIN 4109-2 [1] genannten Berechnungsverfahren verwendet werden dürfen. Da diese als «vereinfachte Berechnungsverfahren» frequenzunabhängig mit Einzahlwerten arbeiten, sind alle Angaben in diesen Teilen ebenfalls ausschließlich als Einzahlwerte angegeben. Spektrumanpassungswerte C , C_{tr} und C_{I} werden, falls verfügbar, in den einzelnen Normteilen ergänzend zu den Kennwerten R_w , $D_{n,f,w}$ und $L_{n,w}$ genannt. Auf die Nennung von Spektrumanpassungswerten für einen erweiterten Frequenzbereich ab 50 Hz wurde verzichtet, da dafür derzeit zu wenige Angaben verfügbar sind und für die Berücksichtigung tiefer Frequenzen noch keine einheitlichen Festlegungen existieren.

Entsprechend den Vorgehensweisen der Prüf- und Bewertungsverfahren werden durch die genannten schalltechnischen Kennwerte ausschließlich Bauteileigenschaften bzw. bei Stoßstellen Eigenschaften von Bauteilverbindungen beschrieben, nicht aber Eigenschaften, die sich resultierend aus der gesamten Übertragungssituation ergeben. Die angegebenen Werte werden erfahrungsgemäß bei einwandfreier Ausführung erreicht. Eine Aussage darüber, ob mit den genannten Bauteilen oder Konstruktionen definierte Schallschutzanforderungen eingehalten werden, ist alleine auf Grundlage der genannten Kennwerte nicht möglich und kann nur mit Hilfe der oben beschriebenen Berechnungsverfahren getroffen werden.

Die genannten Werte gelten nur für Bauteile und Konstruktionen mit den in den Beschreibungen genannten konstruktiven Eigenschaften. Bei abweichenden Eigenschaften bzw. für nicht aufgeführte Bauteile müssen die benötigten Eingangsdaten durch bauakustische Prüfungen ermittelt werden. Im Folgenden wird der Bauteilkatalog DIN 4109-33 für den Holz-, Leicht- und Trockenbau näher betrachtet.

3. Bauteilkatalog Holz-, Leicht- und Trockenbau

3.1. Festlegungen

Speziell für den Holz-, Leicht- und Trockenbau ergab sich die Notwendigkeit einer grundlegenden Überarbeitung der DIN 4109 sowohl hinsichtlich der Rechenverfahren, als auch der zugrundeliegenden Eingangsdaten. Die mangelnde Aktualität des alten Bauteilkataloges betraf sowohl die dort beispielhaft aufgeführten Konstruktionen als auch die Bandbreite der angewandten Bauweisen, die für die Erstellung von Schallschutznachweisen völlig unzureichend abgedeckt wurden. Das Resultat daraus war eine große Planungsunsicherheit, speziell für den Holzbau.

Von der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung wurde mit Mitteln der Holzwirtschaft ein Forschungsvorhaben gefördert, welches die Integration des Holz- und Skelettbaus in die neue DIN 4109 zum Ziel hatte [10]. Im Rahmen dieses Vorhabens, wurden folgende Festlegungen für den zu erstellenden Bauteilkatalog getroffen (Auszug):

- Es sollen nur Daten von bauaufsichtlich anerkannten Prüfstellen verwendet werden.
- Die Herkunft aller Werte in den Bemessungstabellen des neuen Bauteilkatalogs muss bis zu den einzelnen Prüfberichten zurück verfolgbar sein.
- Die Werte in den Bemessungstabellen sollen auf einer möglichst breiten statistischen Basis stehen. Insbesondere sollen die Tabellen Angaben zur Unsicherheit der angegebenen Schalldämmwerte enthalten.
- Alte DIN-4109-Tabellen oder Teile hieraus können dann übernommen werden, wenn sie durch aktuelle Messergebnisse zumindest stichprobenartig bestätigt sind.
- Der Bauteilkatalog soll die Form einer Lose-Blatt-Sammlung haben, um künftig eine zeitnahe und flexible Überarbeitung oder Ergänzung zu erlauben.
- In den Bauteilkatalog sollen häufig eingesetzte Standardbauweisen aufgenommen werden, keine «Exoten», die eventuell sogar nur von einem einzigen Hersteller zu beziehen sind. Der Katalog stellt insofern keinen Anspruch auf Vollständigkeit dar.

Diese Festlegungen wurden im Juli 2004 im Abschlussbericht des oben genannten Forschungsvorhabens formuliert und sind im Wesentlichen im Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 für den Holzbau umgesetzt. Dies bedeutet aber auch, dass der Bauteilkatalog bei Veröffentlichung der neuen DIN 4109 im Juli 2016 bereits 12 Jahre alt war.

3.2. Aufbau / Inhalt

In Teil 3 der neuen DIN 4109 werden die Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) aufgeführt. Der Bauteilkatalog ist wie folgt aufgeteilt:

Teil 31: Rahmendokument

Teil 32: Massivbau

Teil 33: Holz-, Leicht- und Trockenbau

Teil 34: Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen

Teil 35: Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden

Teil 36: Gebäudetechnische Anlagen

Im Folgenden wird ausschließlich auf den Bauteilkatalog DIN 4109-33 [4] Holz-, Leicht- und Trockenbau näher eingegangen, der ebenfalls im Zuge der Neuerarbeitung einer Beispielsammlung zur neuen DIN 4109 unter Federführung der PTB [10] erarbeitet wurde. Im Bauteilkatalog werden Angaben zu den Direktschalldämm-Maßen und sofern vorhanden auch zur Flankenschalldämmung (bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz) gemacht. Bei der Anwendung dieser Daten ist grundsätzlich zu bedenken, dass die in den Tabellen angegebenen bewerteten Schalldämm-Maße und Norm-Flankenpegeldifferenzen Mittelwerte darstellen, die gewissen Schwankungen und Unsicherheiten unterliegen. Die Datenbasis des neuen Bauteilkatalogs ergibt sich zum einen aus bereits vorhandenen und etablierten Werten der alten DIN 4109 Beiblatt 1 und den dort beschriebenen Rechenwerten

und Addition von 2 dB, und zum anderen aus Messergebnissen diverser Forschungsvorhaben, z.B. [12], [13], [15], [16] und [17], die ergänzend aufgenommen wurden. Dennoch kann in der Praxis festgestellt werden, dass für einige Übertragungswege bislang keine Norm-Flankenpegeldifferenzen zur Verfügung stehen. In diesen Fällen muss auf anderweitige Erfahrungswerte, z.B. Herstellerangaben, zurückgegriffen werden. Darüber hinaus werden z. B. von der Holzindustrie weitere Deckenkonstruktionen wie Hohlkastendecken oder Brettsperrholzdecken angeboten, die in dem aktuellen Bauteilkatalog der DIN 4109 keine Berücksichtigung fanden.

Strukturell ist die DIN 4109-33 so aufgebaut, dass in Abschnitt 4 zunächst die Direktschalldämmungen von Bauteilen des Holz-, Leicht- und Trockenbaus, nämlich von Wänden, Dächern und Decken aufgeführt sind. In Abschnitt 5 werden dann die Flankenschalldämmungen von Wänden, Dächern und Decken beschrieben. Anhand einheitlich gegliederter Kapitel werden zu den jeweiligen Bauteilgruppen, z. B. Holztafelwände, zusätzlich zu den tabellierten schalltechnischen Werten, allgemeine Beschreibungen zur Konstruktion, zu den die Schalldämmung beeinflussenden Größen, zur Planung und Ausführung und zur Herkunft der entsprechenden Daten mit Literaturangaben gegeben.

3.3. Was ist neu?

Im Gegensatz zur alten DIN 4109 dienen für die neuen, oben beschriebenen, Rechenverfahren die nebenwegfrei gemessenen schalltechnischen Größen als Eingangsdaten. Bedingt dadurch sind die Direktdämmungen in den entsprechenden Tabellen der DIN 4109-33 nun ausnahmslos als bewertete Schalldämm-Maße R_w und bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ aufgeführt. Zudem wurden die bewerteten Bau-Schall-Längsdämm-Maße $R'_{L,w,R}$ der alten DIN 4109 in bewertete Flankendämm-Maße $R_{Ff,w}$ umbenannt, die nun aus einer bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ (alte DIN 4109: bewertetes Labor-Schall-Längsdämm-Maß $R_{L,w,R}$) berechnet werden, siehe oben. Zusätzliche, für die neuen Rechenverfahren erforderliche, Begrifflichkeiten wurden aufgenommen.

Für die Luftschalldämmung im Massivbau wurde ein komplett neues Rechenverfahren in die DIN 4109 aufgenommen, siehe oben. Bei der Trittschallübertragung im Massivbau werden jetzt die flankierenden Bauteile rechnerisch berücksichtigt. Bislang musste der Rechenwert pauschal 2 dB unterhalb der vereinbarten Anforderung liegen.

Das Rechenverfahren für den Luftschallschutz im Holz- und Leichtbau blieb bis auf die oben beschriebenen Änderungen in den Bezeichnungen im Gegensatz zum Beiblatt 1 der alten DIN 4109 im Wesentlichen unverändert. Neu dagegen ist der Nachweis des Trittschallschutzes im Holzbau, der jetzt unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile, übrigens auch für die Holzmassivbauweise, möglich ist. Bislang konnte der Nachweis des Trittschallschutzes gem. DIN 4109 formal nur anhand von sieben Ausführungsbeispielen geführt werden. Davon abweichende Konstruktionen mussten durch Eignungsprüfungen (bauakustische Messungen) nachgewiesen werden.

Dieser mangelnden Vielfalt und Aktualität, die Ausführungsbeispiele entsprachen mitunter nicht mehr dem Stand der Technik, wird im Bauteilkatalog Teil 33 der neuen DIN 4109 mit nun 27 verschiedenen Deckenaufbauten, mit und ohne Unterdecken begegnet. Darunter sind Holzbalken-, Stegträger-, Brettstapeldecken und Decken aus Brettschichtholz zu finden.

Bei den Wänden ist neben den GK-Metallständerwänden (hier wurde die Tabelle aus DIN 4109 Beiblatt 1 / Änderung A1:2003-09, die aufgrund der Veränderung im Flächengewicht von Gipskartonplatten erforderlich wurde, überarbeitet und übernommen) nun eine Vielzahl von Wänden in Holztafelbauweise aufgeführt. Darunter befinden sich Innenwände, Gebäudetrennwände und Außenwände mit und ohne Vorsatzschalen. Neu aufgeführt sind auch Wände aus mehrschaligen Massivholzkonstruktionen. Als Dämmstoffe werden neben den Mineralwolle-Dämmstoffen jetzt auch solche aus nachwachsenden Rohstoffen aufgeführt.

Komplett überarbeitet und wesentlich umfangreicher gestalten sich im Bauteilkatalog Teil 33 der neuen DIN 4109 auch die aufgeführten Flachdachkonstruktionen, speziell aber die Angaben zu geneigten Dächern. Hier wird hinsichtlich unterschiedlicher Ausführungen der Dämmebenen unterschieden in Dächer mit Aufsparrendämmung, mit Zwischensparrendämmung und mit Auf- und Zwischensparrendämmung, teilweise mit unterschiedlichen Dämmstoffen.

Der Abschnitt zur Flankenschalldämmung von Bauteilen des Holz-, Leicht- und Trockenbaus setzt sich zusammen aus Teilen die aus dem alten Bauteilkatalog der DIN 4109 Beiblatt 1 nahezu unverändert übernommen wurden und komplett überarbeiteten, umfangreich erweiterten Tabellen mit aktualisierten bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$. Die bereits vorhandenen und nach wie vor bewährten Daten des alten Beiblatt 1 wurden dazu mit 2 dB beaufschlagt (die alten «Rechenwerte» gibt es nicht mehr). Dies gilt auch für die vertikale Schallübertragung von Wänden in Holztafelbauweise über durchlaufende Holzdecken ($D_{n,f,w} = 67$ dB), sowie für die horizontale Schallübertragung über flankierende Außenwände aus biegeweichen Schalen und Unterkonstruktionen aus Holz ($D_{n,f,w} = 52$ dB). Neu aufgenommen dagegen wurde eine bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz von $D_{n,f,w} = 76$ dB für die flankierende Schallübertragung von Wänden in Holztafelbauweise über ein durchlaufendes massives Trennbauteil (Decke oder Wand) hinweg.

3.4. Was sind die Lücken?

Im Folgenden sollen die nach wie vor vorhandenen Lücken des Bauteilkatalogs Teil 33 der neuen DIN 4109 diskutiert werden. Zugleich werden Hinweise auf aktuelle Untersuchungen gegeben, die diese Lücken für eine praktische Anwendung teilweise schließen können. Zu nennen wären hier insbesondere:

– Deckenkonstruktionen

Die Bauteilsammlungen für den neuen Bauteilkatalog wurden im Wesentlichen im Jahr 2004 abgeschlossen. Somit war der Bauteilkatalog bei Veröffentlichung der DIN4109-33 bereits 12 Jahre alt. In der Zwischenzeit erfolgten zahlreiche neue Messungen von Deckenaufbauten und vor allem bei den Massivholzdecken, bei Holzbalkendecken mit Abhängungen, bei den Deckenkonstruktionen für die Altbausanierung und bei Holzbetonverbunddecken haben sich maßgebliche Weiterentwicklungen ergeben. Zudem werden im Bauteilkatalog genannte Materialien teilweise nicht mehr produziert bzw. haben sich die Produkteigenschaften durch neue Herstellverfahren etc. verändert. Ein aktueller Stand typischer Konstruktionen, inklusive Benennung noch zu prüfender Aufbauten, wurde in [18] im Rahmen einer kürzlich abgeschlossenen Bachelorarbeit an der Hochschule Rosenheim zusammengestellt. Dabei wurde auch ein einheitliches Layout mit einheitlichen Zeichnungen der Deckenaufbauten entworfen, um eine möglichst einfache Anwendung der relevanten Daten und verwendeten Materialien zu gewährleisten (Beispiel siehe Abbildung 3).

Für die Planung von Wohnungstrenndecken in mehrgeschossigen Holzbaugebäuden fehlen im Bauteilkatalog wirtschaftliche Deckenkonstruktionen, mit denen die neuen Anforderungen (zul. $L'_{n,w} \leq 50$ dB) sicher eingehalten werden können. Hierzu sollen speziell kosten-nutzen-optimierte Deckenaufbauten in einem aktuellen, gemeinsamen Forschungsprojekt des ift Rosenheim und der Hochschule Rosenheim zusammen mit den Holzbauverbänden (DHV und BDF) weiterentwickelt werden, die sowohl einen guten Schallschutz hinsichtlich tieffrequenter Trittschallübertragung aufweisen, als auch den Wirtschaftlichkeitsanforderungen des Geschoß-Wohnungsbaus gerecht werden. Das Ziel der Entwicklung sollen robuste Deckenkonstruktionen mit möglichst hohem Vorfertigungsgrad sein, da sich einzubringende Rohdeckenbeschwerungen und Unterdeckensysteme für diesen Gebäudetyp als ineffizient erwiesen haben. Die Ergebnisse dieser Studien sollen als Planungsgrundlagen für kosten-nutzen-optimierte Holzbalkendecken in Form von Bauteilkatalogen und Konstruktionshinweisen zur Verfügung gestellt werden.

– Luftschallberechnung

Die mit $D_{n,f,w} = 67$ dB angegebene Norm-Flankenpegeldifferenz, siehe Abschnitt 3.3, ist nur für flankierende Holzständerwände und Montagewände (C-Profil-Wände) anwendbar, die durch die Trenndecke vollständig unterbrochen werden. Durchlaufende flankierende Wände (sog. balloon framing) können bislang nicht berücksichtigt werden.

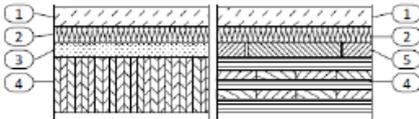
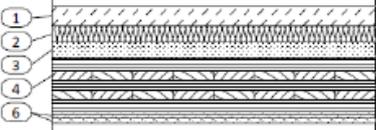
Spalte Zeile	1	2	3	4	5		
	Schnitt	Dämmplatte d in mm s' in MN/m ³	Beschwerung d in mm m' in kg/m ²	L _{n,w} (C _{i,50-2500}) dB	R _w (C ₅₀₋₅₀₀₀ ; C _{tr,50-5000}) dB		
1		MW (DES-sh) d ≥ 40 s' ≤ 6	Schüttung	-	56 ^a (3)	62 ^a (-6;-18)	
2				d ≥ 30 m' ≥ 45	-	-	
3				d ≥ 40 m' ≥ 60	46 ^a (5)	68 ^a (-7;-20)	
4				d ≥ 60 m' ≥ 90	40 ^c (8)	73 ^c (;-)	
5				d ≥ 80 m' ≥ 120	41 ^a (6)	70 ^a (-8;-20)	
6			MW (DES-sh) d ≥ 20 s' ≤ 10	Schüttung	d ≥ 40 m' ≥ 100	45 ^a (4)	≥ 70 ^a (;-)
7					d ≥ 30 m' ≥ 45	-	-
8					d ≥ 40 m' ≥ 90	-	-
9					d ≥ 80 m' ≥ 150	-	-
10					d ≥ 40 m' ≥ 100	-	-
Massivholzdecken mit Deckenverkleidung und Aufbauten aus mineralisch gebundenen Estrichen:							
11		MW (DES-sh) d ≥ 40 s' ≤ 6	Schüttung	d ≥ 60 m' ≥ 90	40 ^c (7)	73 ^c (;-)	
① Zement-, Magnesia o. Anhydritestrich nach <i>Tabelle 1</i> , Dicke d ≥ 50 mm und m' ≥ 120 kg/m ² ② Trittschalldämmplatte als: - MW Mineralwollämmplatte nach <i>Tabelle 1</i> , Anwendungsgebiet DES-sh/-sm mit angegebener Dicke d und dynamischer Steifigkeit s' ③ Ungebundene Schüttung nach <i>Tabelle 1</i> mit der angegebenen Dicke d, der flächenbezogenen Masse m' und Rieselschutz ④ Tragwerk aus Brettsperrholzelemente, Brettstapelelemente oder Elemente aus Brettschichtholz nach <i>Tabelle 1</i> ⑤ Betonsteinbeschwerung nach <i>Tabelle 1</i> mit der angegebenen Dicke d, der flächenbezogenen Masse m' und Rieselschutz ⑥ Deckenbekleidung aus 2 Lagen Gipsfaserplatten nach <i>Tabelle 1</i> , Dicke d = 2 x 15 mm und m' _{ges} ≥ 34 kg/m ²							

Abbildung 3: Planungsdaten für Massivholzdecken [18] Zusammenstellung als Ergänzung zur DIN 4109

Flankierende Wände in Massivholzbauweise können mit dem derzeit vorhandenen Rechenmodell, bzw. den derzeit vorhandenen Eingangsdaten des Bauteilkatalogs Teil 33, generell nicht nachgewiesen werden. Bei diesen Konstruktionen zeigt sich auf Grund einer stärkeren Kopplung zwischen den Flankenbauteilen und dem Trennbauteil, dass die sog. gemischten Übertragungswege D_f und F_d entgegen dem oben beschriebenen Rechenmodell für den Holzbau nicht unberücksichtigt bleiben sollen. Vielmehr wird die Massivholzbauweise aufgrund der massiven, plattenförmigen Strukturen dem Berechnungsverfahren des Massivbaus zugeordnet, Gleichung 1 und Gleichung 2. Planungsdaten für Massivholzkonstruktionen werden derzeit im Rahmen eines Forschungsvorhabens [19] erarbeitet. Aktuelle Veröffentlichungen dazu finden sich in [20], [21] und [22]. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes entsteht an der Hochschule Rosenheim die Datenbank *VaBDat* [22] als offene Plattform, die Planern frequenzabhängig schalltechnische Kennwerte zu Bauprodukten, Bauteilen und Stoßstellen im Holzbau zur Verfügung stellen soll. Diese drei Ebenen lassen sich auch in der Datenbank wiederfinden. In der ersten Ebene werden Kenngrößen zu Bauprodukten/-stoffen erfasst wie z. B. richtungsabhängige E-Moduln, Koinzidenzfrequenzen, interne Verlustfaktoren von Plattenmaterialien oder dynamische Steifigkeiten von Trittschalldämmungen. In der zweiten Ebene werden aus den einzelnen Bauprodukten

Bauteile zusammengesetzt. Den Bauteilen werden konstruktive Details, wie z. B. die Art der Verbindung zwischen den Schichten und schalltechnische Kennzahlen, wie z. B. frequenzabhängige Schalldämm-Maße und Norm-Trittschallpegel, zugeordnet. Zuletzt wird in einer dritten Ebene eine Stoßstelle aus einzelnen Bauteilen gebildet und mit Kennzahlen, wie frequenzabhängigen Stoßstellendämm-Maßen K_{ij} versehen. Die Datensätze zu den Stoßstellen stammen bislang überwiegend aus Messungen die im Rahmen des genannten Forschungsprojektes durchgeführt wurden und aus einer Zusammenstellung von internationalen Instituten [23].

Willkommen auf VaBDat

Hochschule Rosenheim
University of Applied Sciences

Diese Plattform ist in 3 Ebenen strukturiert:

- Unter Bauprodukt/-stoff können Bauelemente mit ihren vibroakustischen Kenngrößen angelegt werden.
- Aus den so in der Datenbank vorhandenen Bauprodukten/-stoffen können Bauteile generiert und mit ihren jeweiligen schalltechnischen Kennzahlen abgelegt werden
- Die Bauteile können in der dritten Ebene zu Stoßstellen zusammengesetzt und mit ihren Kennzahlen belegt werden

Impressum

Abbildung 4: Screenshot Startseite VaBDat-Datenbank

Die in der Datenbank gesammelten Kennzahlen können zur frequenzabhängigen Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w und des bewerteten Norm-Trittschallpegels im Bau $L'_{n,w}$ nach [24] verwendet werden. Dafür wurde am ift Rosenheim zudem das Prognosetool *VBAcoustic* entwickelt, welches die Besonderheiten des Holzbaus bei der Flankenübertragung berücksichtigt [25] und über eine Schnittstelle zu einem Bauwerksinformationsmodell BIM für einen Geometrieimport verfügt. Sowohl die Datenbank als auch das Prognosetool sind voraussichtlich ab Sommer 2017 verfügbar.

– Trittschallberechnung

Bei der Trittschallberechnung sind die Korrektursummanden K_1 und K_2 noch nicht auf Massivholzdecken mit abgehängten Unterdecken anwendbar. Ebenso fehlen für den Nachweis die Planungsgrundlagen für flankierende Wände mit zusätzlicher Beplankung oder mit Installationsebenen.

Zudem geht das oben beschriebene Rechenverfahren bislang von vier gleichen flankierenden Wänden aus. Bei unterschiedlichen Wandkonstruktionen kann auf der sicheren Seite liegend die schlechteste Variante, d. h. die Variante mit dem größten Korrekturwert gewählt werden. Eine differenziertere Möglichkeit zur Berücksichtigung unterschiedlicher Flankenbauteile wird hier angestrebt.

Korrekturwerte K_T für diagonale oder horizontale Übertragungen fehlen bislang gänzlich.

– Installationsgeräusche und Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen

Wenn gleich ein Prognoseverfahren für Installationsgeräusche und Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen im Bereich des Massivbaus existiert, sind die Verhältnisse im Holz- und Skelettbau deutlich komplizierter. Der Grund dafür liegt zum einen in der Inhomogenität der Wand- und Deckenkonstruktionen und zum anderen in der Schwierigkeit, die Ankopplung der entsprechenden Körperschallquellen an die Gebäudestruktur rechnerisch korrekt zu beschreiben. Dazu laufen an der Hochschule Rosenheim aktuell umfangreiche

Untersuchungen, um die Schallübertragung mittels sog. Transferfunktionen zu beschreiben [26]. Im Moment kann der Schallschutznachweis hier formal allerdings nur mittels bauakustischer Messungen geführt werden.

Darüber hinaus sind andere Bereiche des Leichtbaus bisher noch gar nicht erfasst, z. B. Metall-Glas-Fassaden, Stahlblechkonstruktionen, Metallträgerdecken oder leichte Treppen. Es ist allerdings bei einigen dieser Bauteilgruppen fraglich, ob angesichts der vorhandenen Konstruktionsvielfalt (z. B. bei Fassaden) die Erstellung von Bauteilkatalogen zielführend ist.

4. Anwendungsbeispiele Holzbau

Für die schalltechnische Planung und Beratung von Holzbaukonstruktionen hat sich in der Praxis folgende Vorgehensweise bewährt:

- Schallschutzkonzept
 - Gemeinsam mit den Bauherren Zielwerte definieren z. B. Mindestschallschutz nach der aktuellen DIN 4109-1 oder erhöhten Schallschutz in Anlehnung an VDI 4100, Beiblatt 2 der alten DIN 4109 oder DEGA Empfehlung 103
 - Trennbauteil aus Bauteilkatalog DIN 4109-33 oder anhand von Herstellerangaben (Prüfzeugnissen) auswählen
 - Beurteilung der Konstruktion auch im tieffrequenten Bereich z. B. bei Holzdecken $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$
- Schallschutznachweis
 - Luftschallberechnung nach Gleichungen (3) und (4)
 - Trittschallberechnung nach Gleichung (6) mit K_1 und K_2 nach [1]
 - Nachweise nach Gleichung (7)

Die dargestellte Vorgehensweise ist für Standardkonstruktionen praktikabel anwendbar und führt mit vertretbarem Planungsaufwand zu zufriedenstellenden Ergebnissen. Als besonders wichtig hervorzuheben ist die zusätzliche planerische Beurteilung von Holzdecken im tieffrequenten Bereich. Hierdurch wird sichergestellt, dass nicht nur der formale Trittschallschutznachweis eingehalten wird, sondern die Bewohner einen «echten» Schutz vor störender Trittschallübertragung erleben.

In nachfolgenden Berechnungsbeispielen aus der schalltechnischen Beratungspraxis wird die Anwendung des neuen Bauteilkatalogs exemplarisch dargestellt. Dabei zeigen sich neue Möglichkeiten ebenso wie die nach wie vor vorhandenen Lücken.

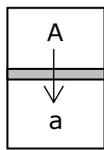
Im ersten Beispiel wird dazu der schalltechnische Nachweis einer Holzbalkendecke im Wohnungsbau mit flankierenden Außen- und Innenwänden in Holz-Rahmenbauweise aufgezeigt. Dabei werden die beiden Berechnungsvarianten der alten und der neuen DIN 4109 gegenübergestellt.

Im zweiten Anwendungsbeispiel wird der rechnerische Nachweis für eine doppelschalige Holz-Rahmenbautrennwand nach dem Rechenverfahren der neuen DIN 4109 geführt. Sämtliche Eingangsdaten dafür können dem neuen Bauteilkatalog Teil 33 unmittelbar bzw. als Abschätzung anhand vergleichbarer Konstruktionen entnommen werden. Dabei zeigt sich das Potential wie auch die Lücken des neuen Bauteilkatalogs gleichermaßen. In diesem Beispiel ist zudem eine Mischkonstruktion durch eine massive Bodenplatte aus Stahlbeton gegeben, die nun ebenfalls in den Berechnungen berücksichtigt werden kann. Der Schallschutznachweis für diese Konstruktion wäre nach der alten DIN 4109 rechnerisch nicht möglich gewesen.

Das dritte Anwendungsbeispiel behandelt wieder den Luft- und Trittschallschutz einer Holzdecke mit flankierenden Außen- und Innenwänden in Holz-Rahmenbauweise. In diesem Fall handelt es sich aber um eine Deckenkonstruktion eines Systemherstellers ohne Unterdecke. Da diese Konstruktion nicht im Bauteilkatalog Teil 33 aufgeführt ist, wird hier der rechnerische Nachweis mittels Herstellerangaben (Prüfzeugnissen) geführt. Ein Vergleich mit Messergebnissen zeigt für diese Situation eine gute Übereinstimmung.

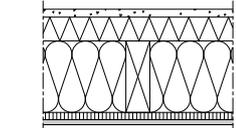
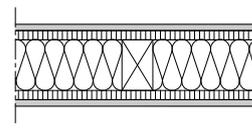
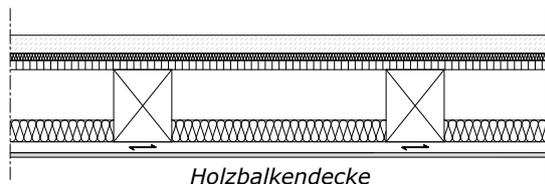
4.1. Anwendungsbeispiel 1 – Vergleich Rechenverfahren

Holzbalkendecke im Wohnungsbau mit Außen- und Innenwänden in Holz-Rahmenbauweise

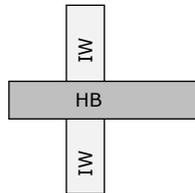
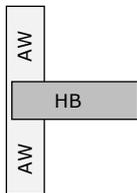


TB: Wohnungstrenndecke $S_S = 12 \text{ m}^2$ (4,0 m x 3,0 m)
 Fl.1: Flankierende Außenwand 1 $l_f = 4,0 \text{ m}$; T-Stoß
 Fl.2: Flankierende Außenwand 2 $l_f = 3,0 \text{ m}$; T-Stoß
 Fl.3: Flankierende Innenwand 1 $l_f = 4,0 \text{ m}$; X-Stoß
 Fl.4: Flankierende Innenwand 2 $l_f = 3,0 \text{ m}$; X-Stoß

Aufbauten:



Anschlüsse:



Außenwand

Innenwand

a) alte Norm - Bbl. 1 zu DIN 4109:1989-11:

Bauteil	Eingangsdaten Bauteilkatalog	erforderliche Geometriedaten	Ergebnis
TB	DIN 4109, Bbl.1:1989-11, Tabelle 34, Zeile 6, Spalte 5, 6 und 7 $R_{w,R} = 60 \text{ dB}$ bzw. / $R'_{w,R} = 54 \text{ dB}$ $L'_{n,w,R} = 56 \text{ dB}$	$S_T = 12 \text{ m}^2$	Formel (7) $R'_{w,R} = 57 \text{ dB}$ Tabelle 34, Zeile 5, Spalte 6 $R'_{w,R} = 54 \text{ dB}$ Tabelle 34, Zeile 5, Spalte 7 $L'_{n,w,R} = 56 \text{ dB}$
FI1	Abschnitt 7.2.2, 1. Absatz $R_{L,w,R} = 65 \text{ dB}$	$l_i = 4,0 \text{ m} / l_o = 4,5 \text{ m}$	
FI2		$l_i = 3,0 \text{ m} / l_o = 4,5 \text{ m}$	
FI3		$l_i = 4,0 \text{ m} / l_o = 4,5 \text{ m}$	
FI4		$l_i = 3,0 \text{ m} / l_o = 4,5 \text{ m}$	

b) neue Norm - DIN 4109-2:2016-07 mit DIN 4109-33:2016-07:

Bauteil	Eingangsdaten Bauteilkatalog	erforderliche Geometriedaten/ ermittelte Korrekturgrößen	Ergebnis
TB	DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 17, Zeile 1, Spalte 3 und 4 $R_w = 63 \text{ dB}$ $L_{n,w} = 54 \text{ dB}$	$S_S = 12 \text{ m}^2$ $K_1 = 1 \text{ dB}$ $K_2 = 0 \text{ dB}$	$R'_{w} - u_{prog} = 57,9 \text{ dB}$
FI1	DIN 4109-33:2016-07, Abschnitt 5.1.3.2 $D_{n,f,w} = 67 \text{ dB}$	$l_f = 4,0 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	$L'_{n,w} + u_{prog} = 58 \text{ dB}$
FI2		$l_f = 3,0 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	
FI3		$l_f = 4,0 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	
FI4		$l_f = 3,0 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	

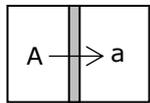
4.2. Anwendungsbeispiel 2 – Trennwand aus Bauteilkatalog

Trennwand nach dem neuen Bauteilkatalog DIN 4109-33:2016-07

mit Außen- und Innenwänden in Holz-Rahmenbauweise

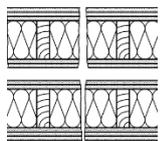
mit Holzbalkendecke

mit Bodenplatte in Massivbauweise (Mischkonstruktion!)

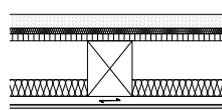


TB: Wohnungstrennwand	$S_s = 10,4 \text{ m}^2$ (4 m x 2,6 m)
Fl.1: Flankierende Außenwand	$l_f = 2,6 \text{ m}$; T-Stoß
Fl.2: Flankierende Holzbalkendecke	$l_f = 4 \text{ m}$; T-Stoß
Fl.3: Flankierende Innenwand	$l_f = 2,6 \text{ m}$; X-Stoß
Fl.4: Flankierende Bodenplatte auf Erdreich	$l_f = 4 \text{ m}$; X-Stoß

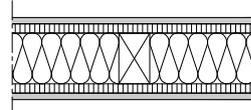
Aufbauten:



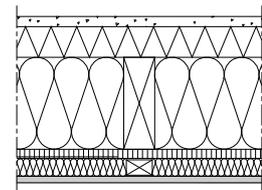
Doppelschalige Trennwand



Holzbalkendecke



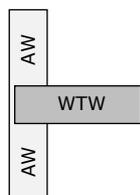
Holzständerinnenwand



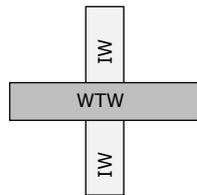
Holzständeraußenwand

Bodenplatte: 20 cm Stahlbeton auf Erdreich (ohne schwimmendem Estrich)

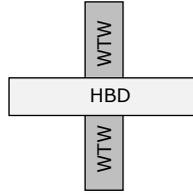
Anschlüsse:



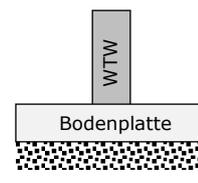
Außenwand



Innenwand



Decke



Boden auf Erdreich

a) alte Norm - Bbl. 1 zu DIN 4109:1989-11:

nicht möglich

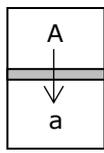
b) neue Norm - DIN 4109-2:2016-07 mit DIN 4109-33:2016-07:

Bauteil	Eingangsdaten Bauteilkatalog	erforderliche Geometriedaten	Ergebnis
TB	DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 5, Zeile 3, Spalte 6 $R_w = 69 \text{ dB}$	$S_s = 10,4 \text{ m}^2$	
Fl1	keine Angaben; Abschätzung in Anlehnung an DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 28, Zeile 1, Spalte 6 $D_{n,f,w} \geq 68 \text{ dB}$	$l_f = 2,6 \text{ m} / l_{lab} = 2,8 \text{ m}$	$R'_w - u_{prog} = 55,9 \text{ dB}$
Fl2	DIN 4109-33:2016-07, Tabelle 36, Zeile 7, Spalte 4 $D_{n,f,w} = 61 \text{ dB}$	$l_f = 4 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	
Fl3	keine Angaben; Abschätzung in Anlehnung an DIN 4109-2:2016-07, Abschnitt 5.1.2.2 $D_{n,f,w} = 67 \text{ dB}$	$l_f = 2,6 \text{ m} / l_{lab} = 2,8 \text{ m}$	
Fl4	keine Angaben; Abschätzung in Anlehnung an DIN 4109-2:2016-07, Abschnitt 4.2.5 (gilt für Regeldecke) $R_w = 60,7 \text{ dB}$; $K_{ij,min} = -1,8 \text{ dB}$; $R_{w,ff} = 63,1 \text{ dB}$	$l_f = 4 \text{ m} / l_{lab} = 4,5 \text{ m}$	

4.3. Anwendungsbeispiel 3 – Trenndecke Systemhersteller

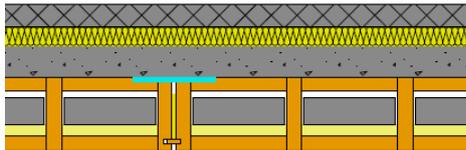
Trenndecke eines Systemherstellers – nicht im Bauteilkatalog enthalten

Holzdecke im Wohnungsbau mit Außen- und Innenwänden in Holz-Rahmenbauweise

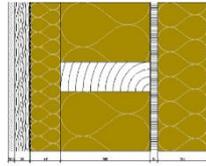


TB: Wohnungstrenndecke $S_S = 12,7 \text{ m}^2$ (4,1 m x 3,1 m)
 Fl.1: Flankierende Außenwand 1 $l_f = 4,1 \text{ m}$; T-Stoß
 Fl.2: Flankierende Außenwand 2 $l_f = 3,1 \text{ m}$; T-Stoß
 Fl.3: Flankierende Innenwand 1 $l_f = 4,1 \text{ m}$; X-Stoß
 Fl.4: Flankierende Innenwand 2 $l_f = 3,1 \text{ m}$; X-Stoß

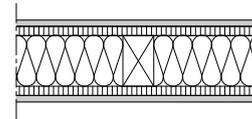
Aufbauten:



Systemdecke

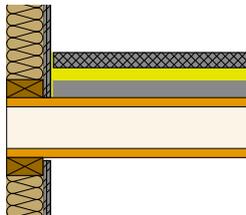


Systemaußenwand



Holzständerinnenwand

Anschlüsse:



Außenwand (Innenwand analog mit X-Stoß)

a) alte Norm - Bbl. 1 zu DIN 4109:1989-11:

nicht möglich

b) neue Norm - DIN 4109-2:2016-07 mit DIN 4109-33:2016-07 und Eingangsdaten von Herstellern:

Bauteil	Eingangsdaten Bauteilkatalog	erforderliche Geometriedaten/ ermittelte Korrekturgrößen	Ergebnis
TB	Angabe Systemhersteller $R_w = 72 \text{ dB}$ $L_{n,w} = 45 \text{ dB}$	$S_S = 12,7 \text{ m}^2$ $K_1 = 1 \text{ dB}$ $K_2 = 1 \text{ dB}$	$R'_w - u_{\text{prog}} = 62,9 \text{ dB}$
FI1 FI2 FI3 FI4	Angabe Systemhersteller $D_{n,f,w} = 70 \text{ dB}$	$l_f = 4,1 \text{ m} / l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$ $l_f = 3,1 \text{ m} / l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$ $l_f = 4,1 \text{ m} / l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$ $l_f = 3,1 \text{ m} / l_{\text{lab}} = 4,5 \text{ m}$	

Messtechnische Validierung des Rechenergebnisses in der baulichen Situation:

$$R'_w = 62 \text{ dB} / L'_{n,w} = 49 \text{ dB}$$

5. Danksagung

Der Autor bedankt sich für die hilfreichen Diskussionen und Unterstützungen besonders bei den Co-Autoren Jens Einig und Andreas Rabold sowie bei Ulrich Schanda, Simon Mecking, Camille Châteauvieux-Hellwig, Lukas Huissel und Fabian Schöpfer.

6. Literatur

- [1] DIN 4109-2:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [2] Holtz, F., Hessinger, J., Rabold, A., Buschbacher, H.P., Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken, INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH, Holzbauhandbuch Reihe 3; Teil 3; Folge 3, Mai 1999
- [3] Holtz, F., Hessinger, J., Rabold, A., Buschbacher, H.P., Schallschutz – Wände und Dächer, INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH Holzbauhandbuch Reihe 3; Teil 3; Folge 4, August 2004
- [4] DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau
- [5] DIN EN 12354: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Dezember 2000
- [6] DIN 4109-1:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen
- [7] Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Bacher, S.; Buschbacher, H.P.: Schall-Längsleitung von Steildächern II, DGfH-Forschungsbericht LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, 2003
- [8] Schumacher, R; Saß, B; Pütz, M.: Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoss-Holzbau, DGfH- Forschungsbericht des ift Rosenheim, März 2002
- [9] Metzen, H.: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109 – Abschlussbericht zum Projektteil «Berechnungsmodelle und Berechnungsansätze für den Holzbau», 2004
- [10] Scholl, W., Bietz, H.: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109 – Abschlußbericht, PTB, 2004
- [11] Rabold, A.: Schallschutz – Theorie und Praxis am Beispiel MFH Ottostraße, D-Ottobrunn, 11. Internationales Holzbauforum 2005
- [12] Holtz, F., Rabold, A., Hessinger, J., Buschbacher, H.P., Dedio, M., Biermann, A.: Verringerung der Schallabstrahlung von Holzständerwänden bei Trittschallanregung im mehrgeschossigen Holz-Wohnungsbau, Abschlußbericht des Labors für Schall- und Wärmemesstechnik zum DGfH-Forschungsvorhaben, 2003
- [13] Holtz, F., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S.: Ergänzende Deckenmessungen zum Vorhaben: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109, Abschlußbericht der Labor für Schall- und Wärmemesstechnik zum DGfH-Forschungsvorhaben 2005
- [14] DIN 4109-31:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument
- [15] Gösele, K., Trittschall-Übertragung bei Holzbalkendecken über die Wände – DGfH-Forschungsvorhaben, November 2002
- [16] Scholl, W., Brandstetter, D., Neue Schalldämmwerte bei Gipskartonbauplatten-Metallständerwänden, Bauphysik, 2000, 22, 101–107
- [17] Späh, Weber, Schall-Längsdämmung von Gipskartonständerwänden, IBP Stuttgart, Bericht B-BA,2-2015

- [18] Huissel, L., Ausarbeitung eines aktuellen Bauteilkataloges für den Schallschutz von Holzdecken zur Verwendung in der Fachliteratur und Normung, Bachelorarbeit Hochschule Rosenheim, 2016
- [19] Wohlmuth, B., Rank, E., Kollmannsberger, S., Schanda, U., Rabold, A., Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung - Forschungs-Kooperationsprojekt TU München, Hochschule Rosenheim, ift Rosenheim, in Bearbeitung
- [20] Châteauvieux-Hellwig, C., Mecking, S., Brummer, B., Rabold, A., Anwendung zur SEA basierten Berechnung nach EN 12354 für Massivholzelemente, Tagungsband DAGA 2016
- [21] Rabold, A., Schramm, M., Châteauvieux-Hellwig, C., SEA based prediction for integrated vibroacoustical design optimization of multi-storey buildings, Conference proceedings Euronoise'15, Maastricht
- [22] Kruse, T. Mecking, S., Winter, C., Schanda, U., Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten - Modellierung, numerische Simulation, Validierung. Parameterentwicklung und SEA-Modellierung. Endbericht zu Teilprojekt 3. Hochschule Rosenheim, in Bearbeitung
- [23] Timpte, A., Stoßstellen im Massivholzbau. Konstruktionen, akustische Kenngrößen, Schallschutzprognose. Masterarbeit. Technische Universität Berlin, Berlin, 2016
- [24] EN 12354, Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Dezember 2010.
- [25] Rabold A., Châteauvieux-Hellwig C., Hessinger J., Flankenübertragung bei Trittschallanregung Berechnung nach DIN 4109 und EN 12354, DAGA 2016.
- [26] Schöpfer, F., Hopkins, C., Mayr, A., Schanda, U., Measurement of transmission functions in lightweight buildings for the prediction of structure-borne sound transmission from machinery, submitted to ActaAcustica, currently under revision