

## Nachweis von Holzdecken nach DIN 4109 - Möglichkeiten und Grenzen -

Andreas Rabold<sup>1,2</sup>, Camille Châteauvieux-Hellwig<sup>2</sup>, Simon Mecking<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: andreas.rabold@fh-rosenheim.de

<sup>2</sup> ift Rosenheim GmbH, 83026 Rosenheim

### Einleitung

Mit der Überarbeitung der DIN 4109 wurden die Rechenverfahren und die Bauteilkataloge als Eingangsdaten für die Berechnung grundlegend aktualisiert. Besonders deutlich stellt sich dies für den Holzbau dar. Mit der neuen DIN 4109 [1] stehen nun wesentlich umfangreichere Bauteilsammlungen sowie neue Berechnungsmodelle für den bauakustischen Nachweis im Holzbau zur Verfügung.

Im vorliegenden Beitrag sollen diese Möglichkeiten, aber auch ihre Anwendungsgrenzen sowie die noch zu schließenden Lücken am Beispiel der Holzdecke aufgezeigt werden. Ausgehend von den neuen Anforderungen und Berechnungsmodellen werden Planungs- und Nachweismöglichkeiten vorgestellt und durch weiterführende Prognosemodelle ergänzt. Neu ermittelte Planungsdaten für Holzdecken werden als Eingangsgrößen für die Prognose zur Verfügung gestellt.

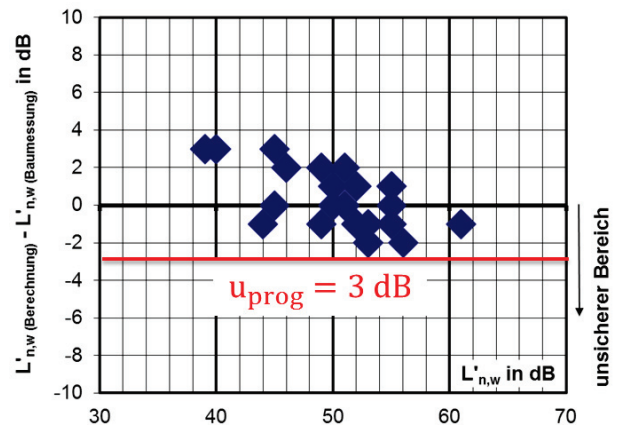
Die dargestellten Ergebnisse basieren auf aktuellen Projekten die an der Hochschule Rosenheim in Kooperation mit dem ift Rosenheim sowie einem Verbundprojekt mit der Technischen Universität München [2],[3],[4].

### Trittschallnachweis nach DIN 4109

Für den Trittschallnachweis von Holzdecken wurde mit der neuen DIN 4109 ein einfaches Verfahren eingeführt, das neben dem bewerteten Norm Trittschallpegel  $L_{n,w}$  der Decke lediglich zwei Summanden für die Flankenübertragung auf dem Weg Df und DFf benötigt (Übertragungswege siehe auch Abbildung 3). Der bewertete Norm Trittschallpegel inklusive Nebenwege  $L'_{n,w}$  berechnet sich mit diesen, aus Tabellen ablesbaren Summanden  $K_1$  (Weg Df) und  $K_2$  (Weg DFf) zu:

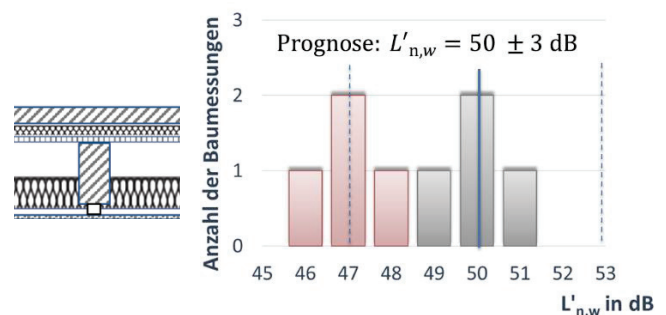
$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \quad (1)$$

Das Verfahren wurde im Zuge seiner Erarbeitung [5] für 23 Baumeasureungen an unterschiedlichen Deckenkonstruktionen in Holzbauten validiert. Die mittlere Differenz zwischen Berechnung und Messung betrug  $\bar{x} = 0,3$  dB, die Standardabweichung der Berechnung gegenüber dem Messwert  $\sigma = 1,7$  dB. Die im Nachweisverfahren eingeführte Prognoseunsicherheit  $u_{prog} = 3$  dB entspricht hier somit nahezu der zweifachen Standardabweichung gegenüber der mittleren Differenz (siehe Abbildung 1). Das Verfahren weist somit einerseits eine hohe Sicherheit auf, ergibt andererseits gegenüber der Baumeasurement aber auch Werte die deutlich schlechter sind.



**Abbildung 1:** Differenz zwischen Berechnung und Baumeasurement für den bewerteten Norm-Trittschallpegel inklusive Nebenwege bei 23 Deckenaufbauten.

Neben diesen aus dem Sicherheitskonzept resultierenden Abweichungen treten je nach Ausführung der flankierenden Wände auch systematische Abweichungen des Mittelwertes der Baumeasureungen gegenüber der Prognose auf. Beispielhaft wird dies in Abbildung 2 für eine Holzbalkendecke mit schwimmendem Zementestrich auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten ( $s' \leq 8$  MN/m<sup>3</sup>) und abgehängter Unterdecke (Federschiene + 12,5 mm GKF) gezeigt.



**Abbildung 2:** Vergleich des Berechnungswerts ( $L'_{n,w} = 50 \pm 3$  dB) mit Bauergebnissen (graue Balken) nach [5] sowie aktuellen Messungen (rote Balken) mit verbesserten Flanken nach [6].

Ursache der im Mittel 3 dB besseren Werte bei den aktuellen Messungen [6] ist die günstigere Ausführung der flankierenden Wände (Außenwände mit Installationsebenen, Innenwände z.T. als Montagewände ausgeführt). Um diese unterschiedlichen Ausführungen in der Prognose berücksichtigen zu können, wäre somit ein ausführlicheres Berechnungsverfahren wünschenswert.

## Allgemeines Berechnungsmodell

Die Berechnung der Luft- und Trittschallübertragung des Trennbauteils inklusive aller Nebenwege berücksichtigt neben der direkten Übertragung des Trennbauteils auch die Übertragung der flankierenden Bauteile.

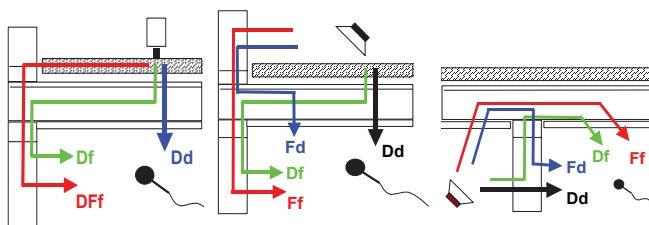
Die Berechnung erfolgt nach:

$$R'_{w} = -10 \lg(10^{-0,1R_w} + \sum 10^{-0,1R_{ij,w}}) \quad (2)$$

$$L'_{n,w} = 10 \lg(10^{0,1L_{n,w}} + \sum 10^{0,1L_{n,ij,w}}) \quad (3)$$

Für die Trittschallübertragung sind neben dem bewerteten Norm-Trittschallpegel der Decke die Flankenübertragungen auf dem Weg  $ij = Df$  und  $DFf$  zu berücksichtigen.

Die Luftschalldämmung beinhaltet die Wege  $ij = Ff$ ,  $Df$  und  $Fd$  (s. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung im Holzbau: Bild links Trittschallübertragung; Bild in der Mitte und rechts Luftschallübertragung. Direkte Schallübertragung (Weg Dd) und Beiträge der Flankenübertragung auf den Übertragungswegen Ff, Df, Fd und DFf

In [4] konnte gezeigt werden, dass die Anwendung der Massivbau-Berechnungsmodelle [7] auch für Massivholzbauerteile, möglich ist. Die Flankenübertragung kann aus den Schalldämm-Maßen der Decke und der flankierenden Wand ( $R_{i,w}$  und  $R_{j,w}$ ), sowie den Verbesserungen durch Vorsatzschalen  $\Delta R_{ij,w}$  und dem Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  für den jeweiligen Übertragungsweg  $ij$  berechnet und auf die Trennfläche  $S_S$  und die gemeinsame Kantenlänge  $l_f$  bezogen werden.

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_S}{l_0 l_f} \quad (4)$$

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{ij,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_S}{l_0 l_f} \quad (5)$$

Die Berechnung kann sowohl frequenzabhängig als auch mit Einzahlwerten erfolgen. In beiden Fällen ist es sinnvoll rechnergestützte Umsetzungen zu verwenden, die die Besonderheiten im Holzbau berücksichtigen [8].

## Umsetzung für Holzdecken

Für die Trittschallberechnung mit Einzahlwerten können die Eingangsdaten auch aus Labormessungen der Flankenübertragung  $L_{n,ij,lab,w}$  ermittelt werden, wie sie für die Ermittlung der Korrektursummanden  $K_1$  und  $K_2$  in [5] durchgeführt wurden (bezogen auf  $l_{lab} = 20$  m und  $S_{S,lab} = 20$  m<sup>2</sup>). Hierbei können zusätzliche Verbesserungen durch Vorsatzschalen  $\Delta R_{ij,w}$  und Elastomere im Deckenstoß  $\Delta K_{ij}$  berücksichtigt werden.

$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta K_{ij} - \Delta R_{j,w} - 10 \lg \frac{S_S}{l_0 l_f} \quad (6)$$

$$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta K_{ij} - \Delta R_{ij,w} - 10 \lg \frac{S_S}{l_0 l_f} \quad (7)$$

Liegen keine Labordaten für den Weg Df vor, kann  $L_{n,Df,w}$  aus  $K_1$  wie folgt ermittelt werden:

$$L_{n,Df,lab,w} = 10 \lg(10^{0,1(L_{n,w} + K_1)} - 10^{0,1L_{n,w}}) \quad (8)$$

Für den Weg DFf kann der Laborwert für die unterschiedlichen Situationen der Tabelle für  $K_2$  entnommen werden.

Die bewerteten Flankendämm-Maße bei Luftschallanregung werden für flankierende Holzständerwände (vertikale Übertragung) und flankierende Holzbalkendecken (horizontale Übertragung) aus der Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w}$  berechnet, die für verschiedene Ausführungen dem Bauteilkatalog entnommen werden kann.

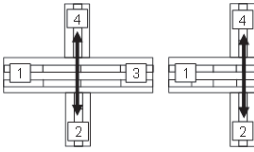
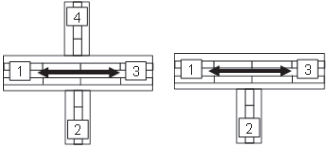
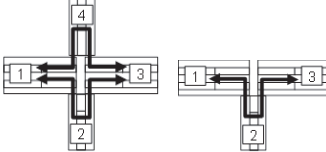
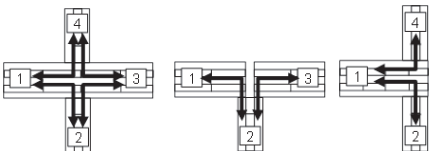
$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \lg \left( \frac{S_S}{10 \text{ m}^2} \right) + 10 \lg \left( \frac{4,50 \text{ m}}{l_f} \right) \quad (9)$$

Werden zusätzliche Vorsatzschalen montiert, so kann das Flankendämm-Maß um die Verbesserung  $\Delta R_{Ff,w}$  erhöht werden. Flankierende Massivholzwände und -decken werden nach Gleichung (4) berechnet.

## Stoßstellendämm-Maße für Massivholzelemente

Planungsdaten der Stoßstellendämm-Maße verschiedener Massivholz-Bauteilstöße, für die Berechnung der Flankenübertragung nach den Gleichungen (4) und (5) werden in Tabelle 1 gezeigt. Hierzu wurden Bauteilstöße verschiedener Hersteller in realistischer Größe unter Laborbedingungen aufgebaut und das Stoßstellendämm-Maß nach DIN EN ISO 10848 ermittelt [4]. Zusätzlich konnten in einer Arbeit von A. Timpte [9] Messdaten vergleichbarer Aufbauten aus verschiedenen europäischen Instituten zusammengetragen und verglichen werden.

**Tabelle 1:** Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$  für den Bauteilstoß Decke / Wand von Massivholzelementen ( $t = 80 - 200 \text{ mm}$ ), Stoß verschraubt oder mit Winkeln montiert [4],[9].

Stoßstellentyp	Übertragungsrichtung	Stoßstellendämm-Maß
	„vertikale Übertragung“ Weg Ff Wand durch Decke unterbrochen	$K_{Ff} = 21 \text{ dB}$
	„horizontale Übertragung“ Weg Ff Decke durchlaufend	$K_{Ff} = 3 \text{ dB}$
	„horizontale Übertragung“ Weg Ff Decke getrennt	$K_{Ff} = 12 + 10 \lg(m'_{2}/m'_{1})$
	„gemischte Übertragung“ Weg Df und Fd	$K_{Fd} = 14 \text{ dB}$ $K_{Df} = 14 \text{ dB}$

## Neue Planungsdaten für Holzbalkendecken

In zwei aktuellen Projekten [2],[3] werden Messungen an Holzbalken und Massivholzdecken durchgeführt, mit der Zielsetzung Planungsdaten für die neuen Trittschallanforderungen von Wohnungstrenndecken nach DIN 4109 zu erhalten und die Konstruktionen für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zu öffnen. Die Planungsdaten sollen in die Bauteildatenbank VaBDat [4] der HS Rosenheim eingepflegt, sowie für Dataholz.eu zur Verfügung gestellt werden. Erste Ergebnisse für Holzbalkendecken werden in Tabelle 2 gezeigt.

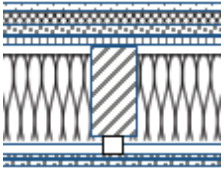
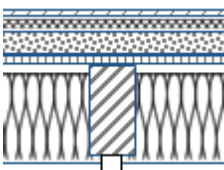
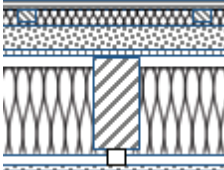
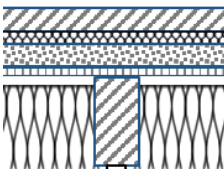
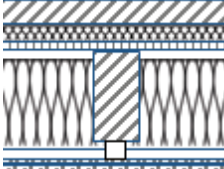
## Danksagung

Die Ergebnisse sind aus Teilprojekt 3 des Forschungsverbundprojektes *Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen*, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) mit dem Förderkennzeichen 22005516. Ein Teil der Bauteilprüfungen wurde finanziert durch Holzbau Deutschland - Zentralverband des Deutschen Baugewerbes.

## Literatur

- [1] DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Teil 1 und Teil 2 in der konsolidierten Fassung, 2018-01
- [2] Forschungsverbundprojekt *Mehr als nur Dämmung – Zusatznutzen von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen*, in Bearbeitung
- [3] Projekt *Praxishandbuches zum Schallschutz im Holzbau*, Projektkoordination: Holzbau Deutschland - Zentralverband des Deutschen Baugewerbes, in Bearbeitung
- [4] 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, Hochschule Rosenheim, ift Rosenheim, 2017
- [5] Holtz, F., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Ergänzende Deckenmessungen zum laufenden Vorhaben: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109, Forschungsbericht ift Rosenheim, 2005
- [6] Baumessungen von Trenndecken in verschiedenen Holzbauten beauftragt durch den DHV, 2017
- [7] DIN EN ISO 12354:2017-11: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften. Teil 1 und 2
- [8] Châteauevieux-Hellwig, C., Mecking, S., Brummer, B., Rabold, A., Anwendung zur SEA basierten Berechnung nach EN 12354 für Massivholzelemente, Tagungsband DAGA 2016
- [9] Timpte, A., Stoßstellendämm-Maße im Massivholzbau – Konstruktionen, akustische Kenngrößen, Schallschutzprognose, Masterarbeit TU Berlin und Hochschule Rosenheim, 2016

Tabelle 2: Prüfergebnisse von Holzbalkendecken mit Trocken- und Zementestrichen [2]

Schnitt, vertikal	Konstruktionsdetails	$L_{n,w}$ $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ in dB	$R_w$ in dB
	25 mm Gipsfaser Trockenestrichelement, $m' = 30 \text{ kg/m}^2$ 30 mm Holzfaser-Trittschalldämmplatte, $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ 30 mm Schüttung <sup>1)</sup> , $m' = 45 \text{ kg/m}^2$ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung <sup>2)</sup> $\geq 27 \text{ mm}$ Abhängung <sup>3)</sup> 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$ 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	37 ... 38 dB 52 ... 55 dB	79 ... 80 dB
	25 mm Gipsfaser Trockenestrichelement, $m' = 30 \text{ kg/m}^2$ 30 mm Holzfaser-Trittschalldämmplatte, $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ 60 mm Schüttung <sup>1)</sup> , $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung <sup>2)</sup> $\geq 27 \text{ mm}$ Abhängung <sup>3)</sup> 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$ 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	33 ... 35 dB 48 ... 53 dB	79 ... 81 dB
	24 mm Dielenboden, Nut- und Federverbindung 40 mm Holzfaser-Trittschalldämmplatten mit Verlegeleisten 60 mm Schüttung <sup>1)</sup> , $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung <sup>2)</sup> $\geq 27 \text{ mm}$ Abhängung <sup>3)</sup> 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$ 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	34 dB 50 dB	78 dB
	50 mm Zementestrich, $m' = 120 \text{ kg/m}^2$ 30 mm Holzfaser-Trittschalldämmplatte, $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ 60 mm Schüttung <sup>1)</sup> , $m' = 90 \text{ kg/m}^2$ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung <sup>2)</sup> $\geq 27 \text{ mm}$ Abhängung <sup>3)</sup> 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$ 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	32 dB 46 dB	82 dB
	50 mm Zementestrich, $m' = 120 \text{ kg/m}^2$ 30 mm Mineralfaser-Trittschalldämmplatte, $s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$ 22 mm Holzwerkstoffplatte 220 mm Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung <sup>2)</sup> $\geq 27 \text{ mm}$ Abhängung <sup>3)</sup> 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$ 12,5 mm GKF, $m' = 10 \text{ kg/m}^2$	40 dB 51 dB	80 dB

<sup>1)</sup> Kalksplitt in Pappwaben, Splittschüttung mit Latexmilch, Splittschüttung im Lattenraster

<sup>2)</sup> Faser-Dämmstoff,  $\rho = 34 \text{ kg/m}^3$  (Angaben noch unvollständig)

<sup>3)</sup> U-Direktabhängler, schallentkoppelt + CD-Profil, Klick fix Direktbefestiger, schallentkoppelt + CD-Profil, Federschiene