



*Andreas Rabold
Prüfingenieur
LSW Labor für Schall- und
Wärmemesstechnik GmbH
Ift Schallschutzzentrum
Deutschland, Stephanskirchen*

Schallschutz – Theorie und Praxis am Beispiel MFH Ottostraße, D - Ottobrunn

**The Ottostrasse multi-family house in
Ottobrunn as an example of sound
insulation in theory and practice**

**Isolamento acustico – teoria e pratica.
Esempio: casa plurifamiliare
Ottostrasse, D- Ottobrunn**

Schallschutz – Theorie und Praxis am Beispiel MFH Ottostraße, D - Ottobrunn

1 Einleitung

Die schalltechnische Planung eines Mehrfamilienhauses (MFH) in Holzbauweise stellt in der Regel eine größere Herausforderung dar, als bei einem vergleichbaren Bauvorhaben in Beton- und Mauerwerksbauweise.

Die Ursache dieses Ungleichgewichts ist nicht nur in den vielfältigen Gestaltungs- und Ausführungsvarianten des Holzbaus zu suchen, sondern ist vielmehr in den fehlenden Planungsunterlagen zum Schallschutz begründet. So ermöglicht die derzeitige DIN 4109 vom November 1989 [1] zwar problemlos den schalltechnischen Nachweis für übliche Mauerwerks- und Betonbauweise, für Holzbauteile sind die Nachweismöglichkeiten jedoch sehr begrenzt. Bei Holzdecken sind beispielsweise sieben Ausführungsvarianten aufgeführt, von denen nur vier den Anforderungen in einem Mehrfamilienhaus genügen.

Zur Beseitigung dieser Schiefelage wurden in der Vergangenheit unter Koordination der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung auf Grundlage umfangreicher Forschungsvorhaben verschiedene Schriften in der Reihe Informationsdienst Holz veröffentlicht, die Planungsgrundlagen für Decken, Wände und Dächer bilden. [2], [3]

Diese Ergebnisse fließen nun auch in die derzeit in Bearbeitung befindliche Neufassung der DIN 4109 ein. Der neue Bauteilkatalog der DIN 4109 wird den heutigen Holzbau in Deutschland wesentlich besser repräsentieren und kann auf Grund seiner offenen Gestaltung kontinuierlich ergänzt werden.

Neben dem Bauteilkatalog wird auch das Nachweisverfahren aktualisiert und an die europäische Normung (EN 12354) angepasst. Für den Holzbau wurde das Berechnungsverfahren der inzwischen als Deutsche Norm eingeführten DIN EN 12354:2000 in verschiedenen Vorhaben verifiziert [4], [5] und an die speziellen Schallübertragungsmechanismen im Holzbau angepasst [6], [7].

Im neuen Nachweisverfahren ist vorgesehen, auch Laborergebnisse von Holzdecken, die nicht im Bauteilkatalog enthalten sind, für den Nachweis zu verwenden. Dies war bei Holzdecken bisher nicht möglich, da die Nachweisführung eine Labormessung mit „bauüblichen Nebenwegen“ voraussetzte, es aber für „den Holzbau“ keinen solchen normativ festgelegten Prüfstand gab.

Nachfolgend wird auf die neuen Nachweismöglichkeiten im Holzbau eingegangen und das Verfahren am Beispiel eines Mehrfamilienhauses erläutert. Für die in diesem Bauvorhaben eingesetzte Hohlkastendecke mit integrierten Schwingungstilgern wurden verschiedene Übertragungswege vorab in Laborprüfungen untersucht [8], [9].

Da die neue DIN 4109 noch in Bearbeitung ist und verschiedene Randbedingungen wie z.B. die Vorhaltemaße noch nicht festgelegt sind, wurde das Verfahren in diesem Fall lediglich zur Prognose der zu erwartenden Schalldämmung am Bau verwendet. Die eigentliche Nachweisführung erfolgte durch eine Güteprüfung am Bau. Hierdurch ergab sich die Möglichkeit, die Messergebnisse mit den prognostizierten Werten zu vergleichen.

2 Nachweisverfahren

Für das Verständnis der in diesem Abschnitt beschriebenen Prognosemodelle ist die Kenntnis der Schallübertragungswege erforderlich. Hierzu wurden in den letzten Jahren im Holzbau umfangreiche Forschungsvorhaben durchgeführt, deren Ergebnisse nun in die Normung einfließen.

2.1 Übertragungswege

Die Luft- und Trittschallübertragung lässt sich im Holzbau durch die in Abbildung 1 dargestellten Übertragungswege beschreiben.

Die Trittschallübertragung kann in die direkte Übertragung der Decke und die Flankenübertragung aufgeteilt werden.

Die Übertragung auf dem Weg Df erfolgt vom Estrichaufbau in die Rohdecke und von dort in die flankierende Wand. Der Einfluss dieses Übertragungsweges ist abhängig von der Ausführung der Rohdecke und der flankierenden Wand.

Die Übertragung auf dem Weg DFf erfolgt vom Estrichaufbau in die obere flankierende Wand und von dort durch den Deckenstoß in die untere flankierende Wand. Ihr Einfluss lässt sich in Abhängigkeit der Ausführung des Estrichaufbaus und der Ausführung der flankierenden Wände darstellen.

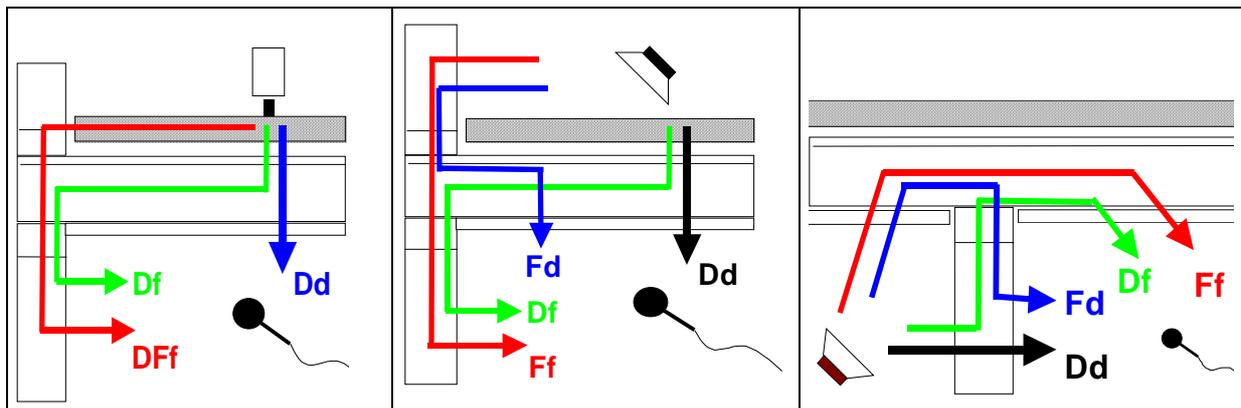


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung im Holzbau: Bild links Trittschallübertragung; Bild in der Mitte und rechts Luftschallübertragung Direkte Schallübertragung (Weg Dd) und Beiträge der Flankenübertragung auf den Übertragungswegen Ff, Df, Fd und DFf

Die Luftschallübertragung in vertikaler und horizontaler Richtung kann zusätzlich zur direkten Schallübertragung pro Bauteilstoß durch 3 Übertragungswege beschrieben werden. Zu der direkten Übertragung auf dem Weg Dd kommen 3 Anteile der Flankenübertragung auf den Wegen Ff, Df und Fd hinzu. 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.

2.2 Prognose der Trittschalldämmung

Für die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ inklusive Flankenübertragung wurde die empirische Gleichung (1) erarbeitet:

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

Berechnung des Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ (inklusive Flankenübertragung)

$L_{n,w}$ bewerteter Norm-Trittschallpegel ohne Flankenübertragung (Weg **Dd**)

K_1 Korrektursummand zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg **Df**

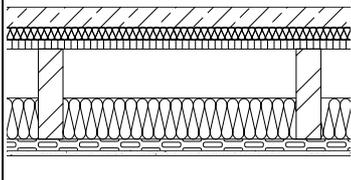
K_2 Korrektursummand zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg **DFf**

Die Werte für die direkte Trittschall-Übertragung der Decke können dem Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 entnommen werden (Tabelle 1), oder - falls es sich um einen dort nicht beschriebenen Aufbau handelt- durch Labormessungen ermittelt werden.

Die Anteile der Flankenübertragung auf den Wegen Df und DFf wurden im Rahmen aktueller Forschungsarbeiten [5], [7] für verschiedene Decken- und Wandtypen untersucht und zu Korrektursummanden K_1 und K_2 zusammengefasst.

Die Korrektursummanden K_1 und K_2 können Tabelle 2 und Tabelle 3 in Abhängigkeit der Ausführung der Rohdecke, des Estrichs und der flankierenden Wände entnommen werden. Die Anteile der 4 flankierenden Wände wurden hierbei in einen Wert zusammengefasst. Werden die flankierenden Wände unterschiedlich ausgeführt – wobei für die Beurteilung in Tabelle 2 und Tabelle 3 nur die raumseitige Beplankung maßgeblich ist – so ist der höhere Korrektursummand anzusetzen.

Tabelle 1: Auszug aus der Bauteilsammlung für neuen Bauteilkatalog der DIN 4109

| Spalte Zeile | 1 Schnittzeichnung | 2 Konstruktionsdetails | 3 $L_{n,w,P}(C_i)$ [dB] | 4 $R_{w,P}(C, C_{tr})$ [dB] |
|-----------------|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|
| 10 |  | ≥ 50 mm Estrich ¹⁾ ≥ 30 mm MF-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) ²⁾ 22 mm Verlegespanplatte ⁴⁾ 220 mm Balken o. Stegträger ⁵⁾ 100 mm Hohlraumdämmung ²⁾ 27 mm Federschiene ⁷⁾ 12,5 mm Gipskartonplatte ¹⁰⁾ | 46 (0) | 70 (-3; -9) |

(Die Legende zur näheren Beschreibung der Indizes wird hier aus Platzgründen nicht dargestellt.)

Tabelle 2: Korrektursummand K_1

Korrektursummand K_1 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df.

| | | Deckenaufbau | | |
|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|---|
| | | 2 x GKP an FS | 1 x GKP an FS | GKP Lattung o. direkt offene HBD BSD o. HKD |
| Wandaufbau im Empfangsraum | Wandbeplankung: GKP+ HWS | $K_1 = 6$ dB | $K_1 = 3$ dB | $K_1 = 1$ dB |
| | GF | $K_1 = 7$ dB | $K_1 = 4$ dB | $K_1 = 1$ dB |
| | HWS Holz o. HWS Element | $K_1 = 9$ dB | $K_1 = 5$ dB | $K_1 = 4$ dB |

Legende:
 GKP Gipskartonplatte, Rohdichte von $\rho \geq 700$ kg/m³, mechanisch verbunden
 GF Gipsfaserplatte, Rohdichte von $\rho \geq 1100$ kg/m³, mechanisch verbunden
 HWS ... Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von $\rho \geq 650$ kg/m³, mechanisch verbunden
 HBD Holzbalkendecke
 FS Federschiene
 Holz o. HWS Element Massivholzelemente oder 80-100 mm Holzwerkstoffplatte, $m' \geq 50$ kg/m²
 GKP Lattung o. direkt HBD mit Unterdecke an Lattung oder GKP + HWS direkt montiert
 offene HBD Holzbalkendecke mit sichtbarer Balkenlage
 BSD o. HKD Brettstapel-, Brettschichtholz- oder Hohlkastendecke

Tabelle 3: Korrektursummand K_2

Korrektursummand K_2 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg DfF.

Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df:
 $L_{n,w} + K_1$ in dB

| | | Trittschallübertragung auf dem Weg Dd + Df: $L_{n,w} + K_1$ in dB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|
| | | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | | |
| Wandaufbau im Empfangsraum | Estrichaufbau a) ZE/HWF b) ZE/MF c) TE | GKP + HWS | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| | | GKP + HWS | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | GF | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wandaufbau im Sende- und Empfangsraum | Estrichaufbau a) ZE/HWF b) ZE/MF c) TE | HWS | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | | HWS | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| | | HWS-Element | 8 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Legende:
 GKP Gipskartonplatte, Rohdichte von $\rho \geq 700$ kg/m³, mechanisch verbunden
 GF Gipsfaserplatte, Rohdichte von $\rho \geq 1100$ kg/m³, mechanisch verbunden
 HWS Holzwerkstoffplatte, Rohdichte von $\rho \geq 650$ kg/m³, mechanisch verbunden
 Holz- o. HWS- Element ... Massivholzelemente oder 80-100 mm Holzwerkstoffplatte, $m' \geq 50$ kg/m²

Estrichaufbau:
 a) Zementestrich oder Gussasphalt auf Holzweichfaser- Trittschalldämmplatten
 b) Zementestrich oder Gussasphalt auf Mineralfaser- oder PST Trittschalldämmplatten
 c) Trockenestrich auf Mineralfaser-, PST- oder Holzweichfaser- Trittschalldämmplatten

2.3 Prognose der Luftschalldämmung

Das bewertete Schalldämm-Maß inklusive Flankenübertragung lässt sich aus der energetischen Addition der in Abbildung 1 dargestellten Übertragungswege nach Gleichung (2) berechnen.

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

Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w}

R_w Schalldämmung des Trennbauteils ohne Flankenübertragung (Weg **Dd**)

$R_{ij,w}$ Flankendämm-Maß auf dem Weg $ij = \mathbf{Ff, Df}$ und \mathbf{Fd}

Die Indizes ij stehen hierbei für die 3 Flankenübertragungswege (\mathbf{Ff} , \mathbf{Df} und \mathbf{Fd}) je Bauteilstoß. Bei üblichen Raumgeometrien mit 4 flankierenden Bauteilen sind somit neben der direkten Übertragung 12 Anteile der Flankenübertragung zu berücksichtigen.

Für den Nachweis der Schalldämmung nach DIN 4109 wird angestrebt, die Anteile der gemischten Flankenübertragungswege \mathbf{Df} und \mathbf{Fd} in einen Korrektursummanden \mathbf{K} zusammenzufassen [6].

$$R'_{w} = -10 \log (10^{-0,1 R_w} + \sum 10^{-0,1 R_{Ff,w}}) + \mathbf{K} \quad (3)$$

Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_{w}

R_w Schalldämmung des Trennbauteils ohne Flankenübertragung (Weg **Dd**)

$R_{Ff,w}$ Flankendämm-Maß auf dem Weg **Ff**

\mathbf{K} Korrektursummand für die Flankenübertragungswege **Fd** und **Df**

Mit:

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \log (S_{Tr}/A_0) - 10 \log (l_{Bau}/l_0) \quad (4)$$

Berechnung des bewerteten Flankendämm-Maßes auf dem Weg **Ff**

$D_{n,f,w}$ bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz (Prüfwert im Labor für den Weg **Ff**)

S_{Tr} Fläche des trennenden Bauteils in m^2

A_0 Bezugsabsorptionsfläche ($A_0 = 10 m^2$)

l_{Bau} gemeinsame Kopplungslänge zwischen Trennbauteil und Flanke in m

l_0 Bezugslänge in m

Die Bezugslängen werden teilweise mit unterschiedlichen Werten angegeben. Für die Prognose ist der Wert einzusetzen, der bei der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz als Bezugslänge mit angegeben wird.

Untersuchungen zur Größe von \mathbf{K} lieferten im Durchschnitt Werte von 0 bis 2 dB [10], [6]. In Einzelfällen wurden jedoch auch Werte bis zu 7 dB ermittelt [11].

3 Praxis

Die vorausgegangenen theoretischen Grundlagen werden nachfolgend am Ausführungsbeispiel eines Mehrfamilienhauses in Holzbauweise in die Praxis umgesetzt. Die nach den Abschnitten 2.2 und 2.3 prognostizierte Luft- und Trittschalldämmung der Trennbauteile wird mit den Messergebnissen am Bau verglichen. Die Nutzung durch unterschiedliche Parteien erforderte den Nachweis der Schalldämmung für die Trennwände und die Trenndecken. Für die Wände zwischen den Büros wurden die Empfehlungen nach Bbl. 2 zur DIN 4109 angestrebt. Der Nachweis der Außenwand und des Treppenturms erfolgte nach der bisherigen Vorgehensweise und wird hier nicht weiter beschrieben.

3.1 Das Bauvorhaben MFH Ottostraße, Ottobrunn

Das Gebäude wurde mit Ausnahme des Kellergeschosses und des Treppenturms, komplett in Holzbauweise errichtet. Der in Abbildung 2 schematisch dargestellte Grundriss bietet mit seiner anspruchsvollen Formgebung Raum für großzügige Wohnungen, Büros und Studios.

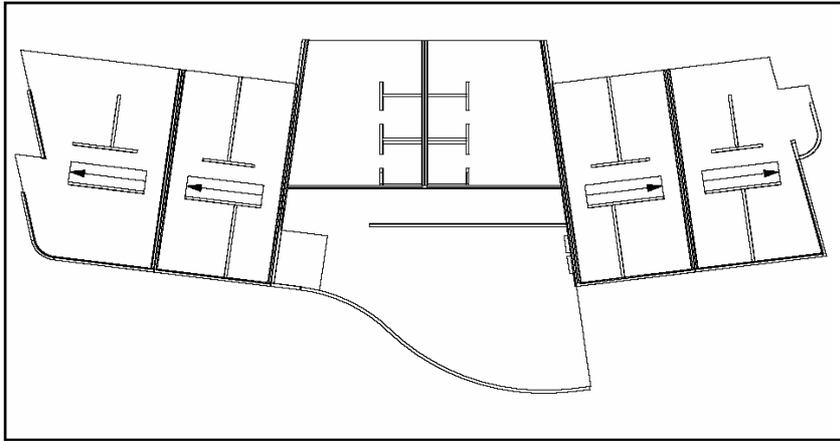


Abbildung 2: Schematischer Grundriss des Bauvorhabens



Abbildung 3: Innenansicht einer Wohnung mit Unteransicht der Deckenelemente und Fußbodenaufbau mit Parkettbelag



Abbildung 4: Eingangsbereich



Abbildung 5: Fassadendetail

3.2 Die Auslegung der Schalldämmung

Nachfolgend wird an einzelnen Beispielen die schalltechnische Auslegung der Bauteile dargestellt. Die Beschreibung der Wand und Deckenaufbauten kann der Abbildung 6 entnommen werden.

Luftschalldämmung der Bürotrennwand / Zimmertrennwand

Schritt 1 Datensammlung:

Die Schalldämmung der eingesetzten Trennwand ohne Nebenwege konnte dem Prüfbericht einer Labormessung entnommen werden. Die Übertragung der flankierenden Wände auf dem Weg F_f wurde dem neuen Bauteilkatalog der DIN 4109 entnommen. Für die Übertragung der flankierenden Decke und des flankierenden Bodens waren im Vorfeld Laborprüfungen erforderlich [8].

Schritt 2 Prognose:

Die Eingangswerte wurden nach Gleichung (4) auf die Raumverhältnisse am Bau umgerechnet und nach Gleichung (3) zum bewerteten Bau Schalldämm-Maß R'_w aufsummiert. Eine Übersicht des Berechnungsvorgangs ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Berechnung des Bau- Schalldämm-Maßes R'_w der Bürowand

| Bauteil | Fläche S_{Tr} bzw. Kopplungslänge l | Prüfwert im Labor R_w bzw. $D_{n,f,w}$ | Umrechnung auf Bausituation nach (4) |
|---|--|--|---|
| Wand lt. Prüfbericht | $S_{Tr} = 10,9 \text{ m}^2$ | $R_w = 46 \text{ dB}$ | $R_{Dd,w} = R_w = 46 \text{ dB}$ |
| Flankierende Innenwand lt. Bauteilkatalog | $l_{Bau} = 2,58 \text{ m}$ $l_0 = 2,80 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 53 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 53,4 \text{ dB}$ |
| Flankierende Außenwand lt. Bauteilkatalog | $l_{Bau} = 2,58 \text{ m}$ $l_0 = 2,80 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 53 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 53,4 \text{ dB}$ |
| Flankierende Decke lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 50 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 50,7 \text{ dB}$ |
| Flankierender Boden lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 70 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 70,7 \text{ dB}$ |
| Berechnungsergebnis R'_w nach (3) mit $K = 0$ | | | $R'_w = 42 \text{ dB}$ |
| Empfehlung nach Bbl. 2 zu DIN 4109:11-1989 | | | $R'_w \geq 37 \text{ dB}$ |

Luftschalldämmung der Wohnungstrennwand

Die Auslegung der Wohnungstrennwand erfolgte in der gleichen Vorgehensweise. Die Übertragung der flankierenden Wände konnte auf Grund der durchgehenden Trennfuge zwischen den Wandschalen vernachlässigt werden. Die Deckenelemente waren aus statischen Erfordernissen über eine Holzwerkstoffplatte verbunden. Eine Übersicht des Berechnungsvorgangs ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Berechnung des Bau- Schalldämm-Maßes R'_w der Wohnungstrennwand

| Bauteil | Fläche S_{Tr} bzw. Kopplungslänge l | Prüfwert im Labor R_w bzw. $D_{n,f,w}$ | Umrechnung auf Bausituation nach (4) |
|---|--|--|---|
| Trennwand lt. Prüfbericht | $S_{Tr} = 10,9 \text{ m}^2$ | $R_w = 68 \text{ dB}$ | $R_{Dd,w} = R_w = 68 \text{ dB}$ |
| Flankierende Decke lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 68 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 68,7 \text{ dB}$ |
| Flankierender Boden lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 77 \text{ dB}$ | $R_{Ff,w} = 77,7 \text{ dB}$ |
| Berechnungsergebnis R'_w nach (3) mit $K = 0$ | | | $R'_w = 65 \text{ dB}$ |
| Anforderung nach DIN 4109:11-1989 | | | erf. $R'_w = 53 \text{ dB}$ |

Luft- und Trittschalldämmung der Trenndecke

Schritt 1 Datensammlung:

Die Luft- und Trittschalldämmung der ursprünglich eingeplanten Trenndecke ohne Nebenwege konnte dem Prüfbericht einer Labormessung entnommen werden. Die Luftschallübertragung der flankierenden Wände auf dem Weg F_f wurde ebenso in Laborprüfungen ermittelt [8]. Die Korrektursummanden K_1 und K_2 zur Berücksichtigung der Flankenübertragung bei Trittschallanregung wurden Tabelle 2 und Tabelle 3 entnommen.

Schritt 2 Prognose:

Die Prognose der Trittschalldämmung erfolgte nach Gleichung (1). Eine Übersicht des Berechnungsvorgangs ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ der Trenndecke am Bau

| Bauteil | Zeilenkriterium | Spaltenkriterium | Eingangswerte |
|---|--|---|---|
| Trenndecke lt. Prüfbericht | | | $L_{n,w} = 52 \text{ dB}$ |
| Korrektursummand K_1 lt. Tabelle 2 | Wandbeplankung aus Gipsfaser (GF) | Rohdeckentyp: Hohlkastendecke (HKD) | $K_1 = 1 \text{ dB}$ |
| Korrektursummand K_2 lt. Tabelle 3 | Wandbeplankung aus Gipsfaser (GF) Estrichaufbau: Zementestrich auf Mineralfaserplatten | $L_{n,w} + K_1 = 53 \text{ dB}$ | $K_2 = 0 \text{ dB}$ |
| Berechnungsergebnis $L'_{n,w}$ nach (1) | | | $L'_{n,w} = 53 \text{ dB}$ |
| Anforderung nach DIN 4109:11-1989 | | | erf. $L'_{n,w} = 53 \text{ dB}$ |

Im Zuge der Ausführung wurde auf Wunsch des Bauherrn und des Architekten eine steifere Trittschalldämmplatte gewählt und ein fest verlegter Parkettbelag eingebaut. Bei der Baumessung vor Ort wurden zusätzliche orientierende Messungen mit einem schwimmend verlegten Parkettelement durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse dieser Varianten werden in Tabelle 7 wiedergegeben.

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse der Ausführungsvarianten der Trenndecke

| Bauteil | Veränderung gegenüber Tabelle 6 | Berechnungsergebnis |
|------------|---|----------------------------|
| Trenndecke | Steifere Trittschalldämmplatte | $L'_{n,w} = 57 \text{ dB}$ |
| Trenndecke | Steifere Trittschalldämmplatte Zusätzlicher Parkettbelag, verklebt | $L'_{n,w} = 52 \text{ dB}$ |
| Trenndecke | Steifere Trittschalldämmplatte Zusätzlicher Parkettbelag, schwimmend verlegt | $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$ |

Die Auslegung der Luftschalldämmung erfolgte analog zu den zuvor gezeigten Beispielen. Eine Übersicht des Berechnungsvorgangs ist in dargestellt.

Tabelle 8: Berechnung des Bau Schalldämm-Maßes R'_w der Trenndecke

| Bauteil | Fläche S_{Tr} bzw. Kopplungslänge l | Prüfwert im Labor R_w bzw. $D_{n,f,w}$ | Umrechnung auf Bausituation nach (4) |
|---|--|---|---|
| Trenndecke lt. Prüfbericht | $S_{Tr} = 15,2 \text{ m}^2$ | $R_w = 68 \text{ dB}$ | $R_{D,w} = R_w = 68 \text{ dB}$ |
| Flankierende Außenwand lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 72 \text{ dB}$ | $R_{F,w} = 74,1 \text{ dB}$ |
| Flankierende Innenwand 1 lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 4,20 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 72 \text{ dB}$ | $R_{F,w} = 74,1 \text{ dB}$ |
| Flankierende Innenwand 2 lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 3,60 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 72 \text{ dB}$ | $R_{F,w} = 74,8 \text{ dB}$ |
| Flankierende Innenwand 3 lt. Prüfbericht | $l_{Bau} = 3,60 \text{ m}$ $l_0 = 4,50 \text{ m}$ | $D_{n,f,w} = 72 \text{ dB}$ | $R_{F,w} = 74,8 \text{ dB}$ |
| Berechnungsergebnis R'_w nach (3) mit $K = 0$ | | | $R'_w = 65 \text{ dB}$ |
| Anforderung nach DIN 4109:11-1989 | | | erf. $R'_w = 54 \text{ dB}$ |

3.3 Die Messergebnisse vor Ort

Für die Baumesung wurde im Bauvorhaben ein Empfangsraum gewählt, der die Prüfung der horizontalen, vertikalen und der diagonalen Schalldämmung ermöglichte. In horizontaler Richtung wurde die Schalldämmung der Wohnungstrennwand und der Bürotrennwand bzw. Zimmertrennwand geprüft. Vertikal wurde die Luft- und Trittschalldämmung der Decke mit Estrichaufbau und mit zusätzlichem Parkettbelag geprüft.

Abbildung 6 zeigt eine Übersicht der Trennbauteile und der durchgeführten Messungen. Die Messergebnisse werden in mit den Berechnungsergebnissen verglichen.

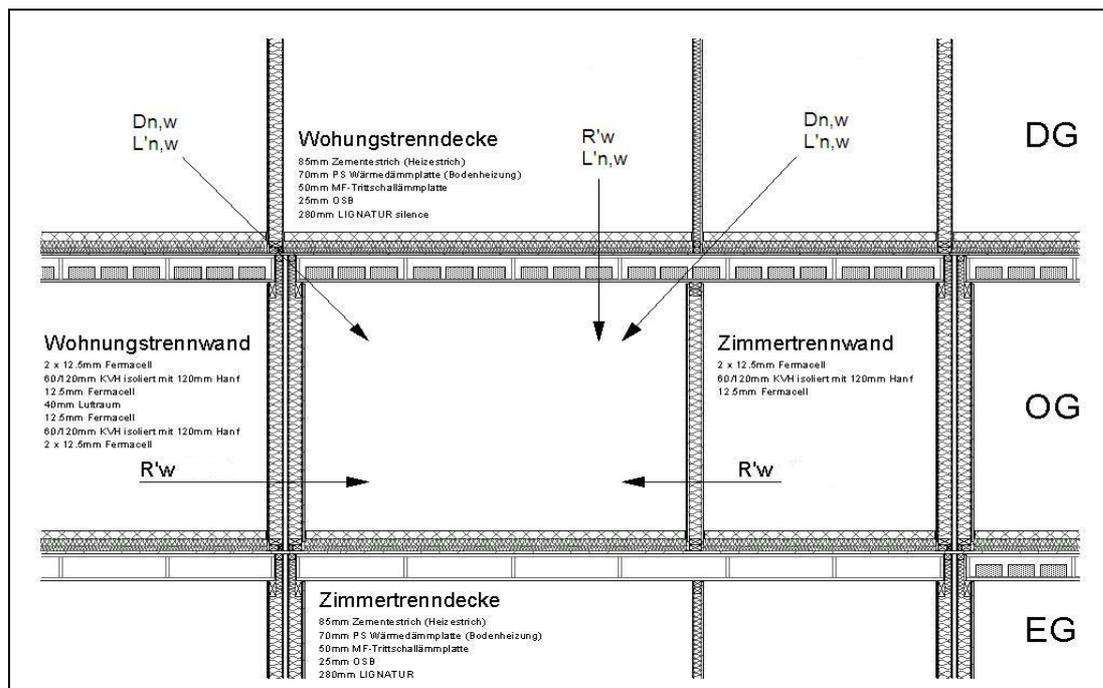


Abbildung 6: Beschreibung der Trennbauteile und der durchgeführten Messungen

Tabelle 9: Vergleich der Messergebnisse mit den Berechnungsergebnissen

| Bauteil | Messrichtung | Messergebnis | Berechnung |
|-------------------|--------------|--|--|
| Bürotrennwand | horizontal | $R'_w = 44$ dB | $R'_w = 43$ dB |
| Wohnungstrennwand | horizontal | $R'_w = 66$ dB | $R'_w = 65$ dB |
| Trenndecke | vertikal | $L'_{n,w} = 56$ dB; $R'_w = 60$ dB | $L'_{n,w} = 57$ dB; $R'_w = 65$ dB |
| | | $L'_{n,w} = 45$ dB mit Parkett ²⁾ | $L'_{n,w} = 52$ dB mit Parkett ¹⁾ $L'_{n,w} = 46$ dB mit Parkett ²⁾ |
| | diagonal | $L'_{n,w} = 46$ dB; $D_{n,w} = 61$ dB ³⁾ $L'_{n,w} = 41$ dB; $D_{n,w} = 64$ dB ⁴⁾ | Keine Berechnung durchgeführt |

¹⁾ Parkett verklebt

²⁾ Parkett auf Parkettunterlagsbahn schwimmend verlegt

³⁾ Büro- / Zimmertrennwand

⁴⁾ Wohnungstrennwand

3.4 Beurteilung der Mess- und Berechnungsergebnisse

Messergebnisse

Die Luftschalldämmung der Trennbauteile war in allen Messrichtungen besser als nach DIN 4109 vorgeschrieben bzw. empfohlen.

Die diagonalen Übertragungen waren erwartungsgemäß geringer als die senkrechten.

Das Anforderungsniveau nach DIN 4109 wird von der Trenndecke hingegen erst mit zusätzlichem Parkettbelag erfüllt.

Die Ursache des knappen Ergebnisses liegt neben der in Abschnitt 3.2 beschriebenen Veränderung des Estrichaufbaus hauptsächlich in der Konstruktionsphilosophie des Herstellers. Die in den Hohlkammern der Decke eingebauten Schwingungsdämpfer sind auf den Frequenzbereich von 50 –100 Hz ausgelegt. Ihre dämpfende Wirkung liegt somit unterhalb des Bewertungsbereichs für den bewerteten Norm Trittschallpegel (100 – 3150 Hz) und reduzieren den $L_{n,w}$ nicht. Sehr stark reduziert wird hingegen die Gehgeräuschübertragung der Decke, deren maximale Übertragung bei Holzdecken zwischen 50 und 100 Hz liegt.

Die Schwingungsdämpfer verbessern somit die Trittschalldämmung für das subjektive Empfinden des Bewohners erheblich, obwohl der Messwert (der bewertete Norm-Trittschallpegel) nicht beeinflusst wird. Dieses Beispiel zeigt, dass die Bewertung der Trittschalldämmung allein durch den $L_{n,w}$ mit dem subjektiven Empfinden des Bewohners nicht ausreichend korreliert.

Um die unbefriedigende Korrelation zwischen dem subjektiven Empfinden des Bewohners und dem Messergebnis des bewerteten Norm-Trittschallpegels zu verbessern wurden in [12] Spektrumanpassungswerte¹ eingeführt, die auch eine Auswertung im Frequenzbereich unter 100 Hz erlauben. Die Summe aus $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ zeigt eine wesentlich bessere Korrelation zu den realen Gehgeräuschen. Eine Aufnahme der Spektrumanpassungswerte in die Anforderungen der neuen DIN 4109 an Trenndecken ist derzeit allerdings nicht geplant.

Für den Architekten und Planer bedeutet dies, dass er neben den zu erfüllenden Anforderungen nach DIN 4109 auch die Wirkungsweise der Decke im tieffrequenten Bereich berücksichtigen sollte, um dem zukünftigen Bewohner eine subjektiv hochwertige Trittschalldämmung bieten zu können.

Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse der Trittschalldämmung zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen.

Bei den Berechnungsergebnissen der Luftschalldämmung fällt die hohe Differenz zwischen Berechnung und Messung der Trenndecke auf.

Eine nähere Betrachtung der Übertragungswege zeigte, dass der in den vorausgegangenen Berechnungen vernachlässigte Übertragungsweg F_d in diesem Fall eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt. Eine differenziertere Betrachtung hierzu erfolgt in Abschnitt 4.

4 Vergleich zwischen Prognose und Messung

In den vorausgegangenen Abschnitten wurden die Schalldämmwerte des Bauvorhabens MFH, Ottostraße berechnet und mit den Baumesswerten verglichen.

Die Berechnung der Luftschalldämmung der Trenndecke nach Gleichung (3) unter Vernachlässigung der Übertragungswege D_f und F_d ($K = 0$) führte bei diesem Bauvorhaben zu einer unbefriedigenden Übereinstimmung der Messergebnisse mit den Berechnungsergebnissen.

Zur näheren Untersuchung dieser Übertragung wurden 11 Bausituationen mit den Berechnungen verglichen. Bei allen Bausituationen wurde der gleiche Deckentyp als Trennbauteil oder flankierendes Bauteil eingesetzt.

Abbildung 7 zeigt die Berechnung unter Vernachlässigung der Übertragungswege D_f und F_d ($K = 0$). Bei Abbildung 8 wurden diese Übertragungswege zusätzlich nach Gleichung (2)

¹ Trittschall: C_i ; Luftschall C , C_{tr}

berücksichtigt. Die Berechnungen erfolgten wie in den vorausgegangenen Abschnitten ohne Vorhaltemaß.

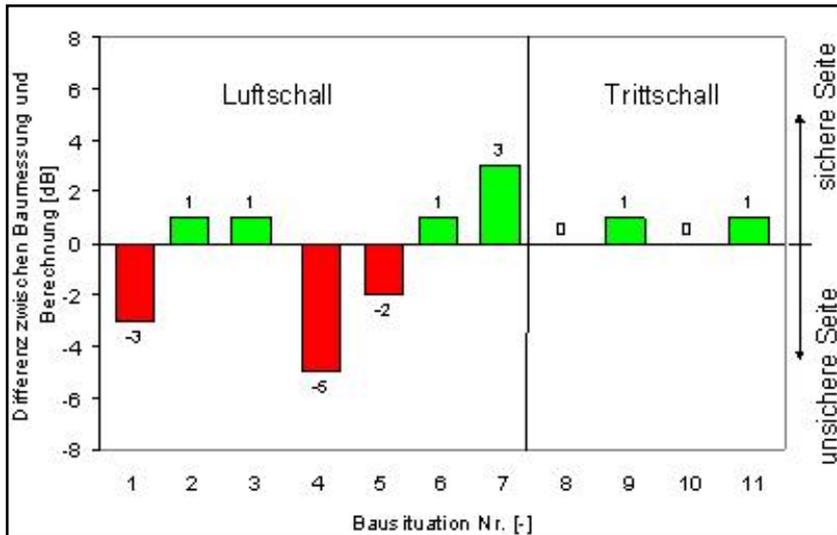


Abbildung 7: Vergleich zwischen Baumesung und Berechnung nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (3) ($K = 0$). Die mittlere Abweichung für die 11 Bausituationen liegt bei $-0,2$ dB, die Standard-abweichung σ bei $2,3$ dB

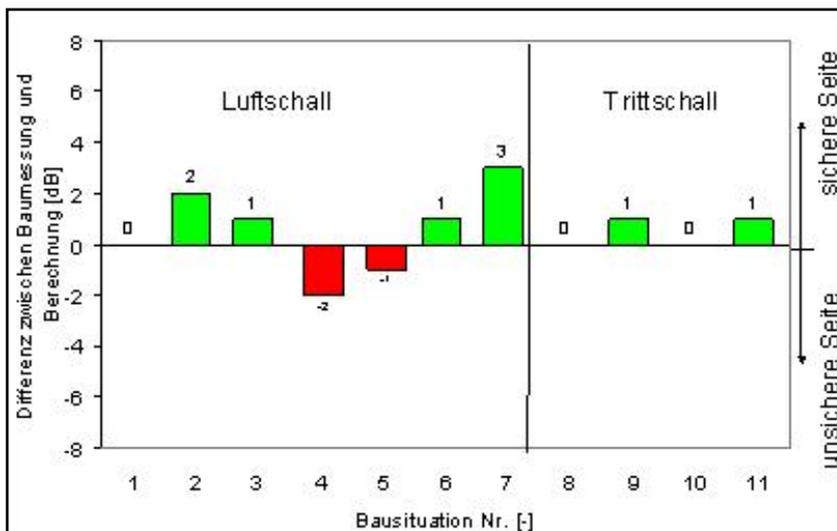


Abbildung 8: Vergleich zwischen Baumesung und Berechnung nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2). Die mittlere Abweichung für die 11 Bausituationen liegt bei $0,5$ dB, die Standard-abweichung σ bei $1,4$ dB

5 Zusammenfassung

Der Holzbau soll in der Neufassung der DIN 4109 wesentlich besser repräsentiert werden. Neben der hierzu notwendigen Überarbeitung und Erweiterung der Bauteilsammlung konnte das dem neuen Nachweisverfahren zugrundeliegende Berechnungsverfahren der DIN EN 12354 in verschiedenen Forschungsvorhaben für den Holzbau verifiziert und an dessen spezielle Schallübertragungsmechanismen angepasst werden.

Die in den vorausgegangenen Kapiteln gezeigte Anwendung dieses Berechnungsverfahrens auf die schalltechnische Auslegung eines Mehrfamilienhauses erläutert die Möglichkeiten und Grenzen des neuen Verfahrens.

So wird in Zukunft der Nachweis der Trittschalldämmung von vielen Standard-Holzdecken anhand des Bauteilkataloges und der erarbeiteten Korrektursummanden für die Flankenübertragung möglich sein. Für Deckenkonstruktionen, die im Bauteilkatalog nicht enthalten sind, ist die Übertragung der Laborprüfergebnisse auf die Bausituation ebenfalls durch diese Korrektursummanden möglich.

Eine Angabe der Spektrumanpassungswerte im erweiterten Frequenzbereich ist hingegen sowohl im Bauteilkatalog als auch im Anforderungsteil bislang nicht vorgesehen. Der Planer muss somit weiterhin zusätzlich zu den Anforderungen das Verhalten des Bauteils bei tieffrequenter Anregung berücksichtigen, um dem subjektiven Empfinden des Bewohners besser gerecht zu werden.

Für den Nachweis der Luftschalldämmung ist ein vereinfachtes Verfahren vorgesehen, das die gemischten Übertragungswege auf dem Weg D_f und F_d pauschal erfasst. Für die Höhe des Korrektursummanden dieser pauschalen Erfassung liegen bislang unterschiedliche Erfahrungswerte vor. Bei der hier untersuchten Bauweise mit Massivholzelementen erscheint ein Wert von $K = 2$ dB sinnvoll.

6 Literatur

- [1] DIN 4109: 1989
Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, November 1989
Und:
Beiblatt 2 zu DIN 4109: 1989 Schallschutz im Hochbau - Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich; Beuth-Verlag, Berlin
- [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] Holtz, F., Rabold, A., Buschbacher, H.P.; Hessinger, J.
Optimierung der Trittschalleigenschaften von Holzbalkendecken zum Einsatz im mehrgeschossigen Holzhausbau, DGfH-Forschungsbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik 1999
- [5] 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 Labor für Schall- und Wärmemesstechnik zum DGfH-Forschungsvorhaben, 2003
- [6] Metzen, H.: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109 - Abschlussbericht zum Projektteil "Berechnungsmodelle und Berechnungsansätze für den Holzbau", 2004
- [7] Holtz, F., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S.: Ergänzende Deckenmessungen zum Vorhaben: Integration des Holz- und Skelettbbaus in die neue DIN 4109, Abschlußbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik zum DGfH-Forschungsvorhaben 2005
- [8] Schallmessungen im Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik im Auftrag der Firma Lignatur, Stephanskirchen 2001 / 2004
- [9] Schalltechnische Stellungnahme 050216 vom Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik im Auftrag der Firma Lignatur, Stephanskirchen 2005

- [10] Schumacher, R; Saß, B; Pütz, M.: Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoss-Holzbau, DGfH- Forschungsbericht des ift Rosenheim (März 2002)

- [11] Holtz, F.; Rabold, A.; Hessinger, J.; Bacher, S.; Buschbacher, H.P.: Schall- Längsleitung von Steildächern II, DGfH-Forschungsbericht der LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, 2003

- [12] DIN EN ISO 717
Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen,
Teil 1 Luftschalldämmung
Teil 2: Trittschalldämmung
Januar 1997