



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

Schallschutz in Theorie und Praxis – Planung, Nachweis und Ausführung

Schallschutz in Theorie und Praxis – Planung, Nachweis und Ausführung

1. Einleitung

Die schalltechnische Planung eines Mehrfamilienhauses in Holzbauweise stellt in der Regel eine größere Herausforderung dar, als die Planung eines vergleichbaren Bauvorhabens in Beton- und Mauerwerksbauweise.

Die Ursache dieses Ungleichgewichts ist nicht nur in den vielfältigen Gestaltungs- und Ausführungsvarianten des Holzbaus zu suchen, sondern vielmehr in den fehlenden Planungsunterlagen zum Schallschutz und der ungenügenden Berücksichtigung des Holzbaus in den einschlägigen Normen.

Zur Beseitigung dieser Schieflage 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. Neben dem Bauteilkatalog wird auch das Nachweisverfahren aktualisiert und an die europäische Normung (EN 12354) angepasst. Für den Holzbau wurde das Berechnungsverfahren inzwischen in verschiedenen Vorhaben verifiziert [4],[5] und an die speziellen Schallübertragungsmechanismen im Holzbau angepasst [6], [7].

Um dem subjektiven Empfinden des Bewohners gerecht zu werden, ist gerade bei leichten Holzbauteilen die Berücksichtigung der tieffrequenten Schallübertragung empfehlenswert. Dies kann in den meisten europäischen Ländern derzeit nur zusätzlich zum schalltechnischen Nachweis erfolgen, da die normativen Anforderungen die tieffrequente Schallübertragung nur ungenügend oder gar nicht berücksichtigen.

Nachfolgend wird daher auch auf aktuelle Forschungsergebnisse zur tieffrequenten Übertragung näher eingegangen und die neuen Berechnungsmöglichkeiten für den schalltechnischen Nachweis im Holzbau vorgestellt. Die Berechnungsergebnisse werden mit Messergebnissen am Bau verglichen und es werden ergänzende Hinweise zur Vermeidung von Baufehlern gegeben.

2. Planung und Nachweis

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 über die 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 Flankenübertragung 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.

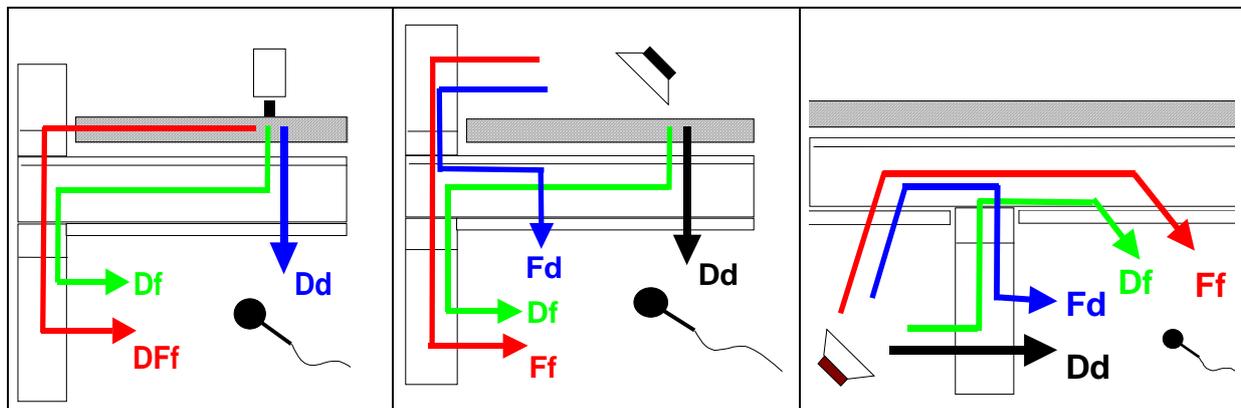


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung im Holzbau:

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 Df

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 (für Deutschland im Rahmen eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses) ermittelt werden.

Die Anteile der Flankenübertragung auf den Wegen Df und Df 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. (Die Legende zur näheren Beschreibung der Indizes wird hier aus Platzgründen nicht dargestellt.)

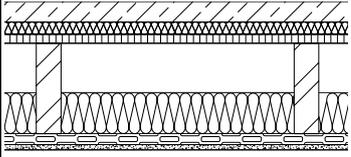
Spalte	1	2	3	4
Zeile	Schnittzeichnung	Konstruktionsdetails	$L_{n,w,P}(C_i)$ [dB]	$R_{w,P}(C, C_{tr})$ [dB]
10		≥ 50 mm Estrich ¹⁾ ≥ 30 mm MF-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^2$; Typ T) ²⁾ 22 mm Verlegespanplatte ⁴⁾ 220 mm Balken o. Steigträger ⁵⁾ 100 mm Hohlraumdämmung ²⁾ 27 mm Federschiene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

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	$K_1 = 9$ dB	$K_1 = 5$ dB	$K_1 = 4$ dB
Wandaufbau im Senderraum				
Holz o. HWS Element				

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																					
		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	0	0	
		GF	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		HWS	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Wandaufbau im Senderraum	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
		Holz- o. HWS- Element	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0
		Holz- o. HWS- Element	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	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 ($\mathbf{Ff, Df}$ 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 Eingangsdaten für die Schalldämmung des Trennbauteils und der Norm-Flankenpegeldifferenz der flankierenden Bauteile sind den Bauteilkatalogen der Normen zu entnehmen, oder nach ISO 140-03 bzw. ISO 10848-1/2 aus Laborprüfungen zu ermitteln.

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, [6]. In Einzelfällen wurden jedoch auch Werte bis zu 7 dB ermittelt [11].

2.4 Vergleich zwischen Prognose und Baumessung

Die nach Abschnitt 0 und 0 berechnete Luft- und Trittschalldämmung von Trenndecken und Trennwänden wurde für 11 verschiedene Bausituationen mit den Messergebnissen vor Ort verglichen. Abbildung 2 zeigt die Berechnung unter Vernachlässigung der Übertragungswege D_f und F_d ($K = 0$) bei der Luftschallanregung. Bei Abbildung 3 wurden diese Übertragungswege zusätzlich nach Gleichung (2) berücksichtigt. Die Berechnungen erfolgten ohne Vorhaltemaß.

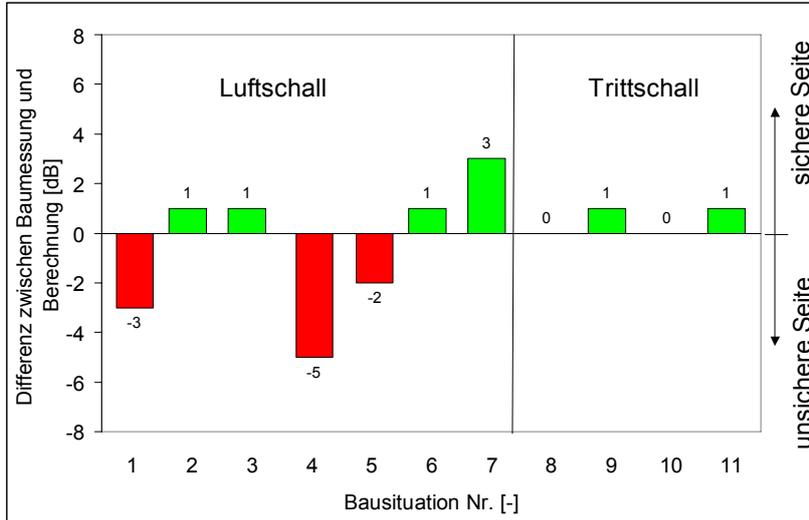


Abbildung 2 Vergleich zwischen Baumessung und Berechnung nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (3) ($K = 0$). Die mittlere Abweichung für die 11 Bausituationen liegt bei $-0,2$ dB, die Standardabweichung σ bei $2,3$ dB

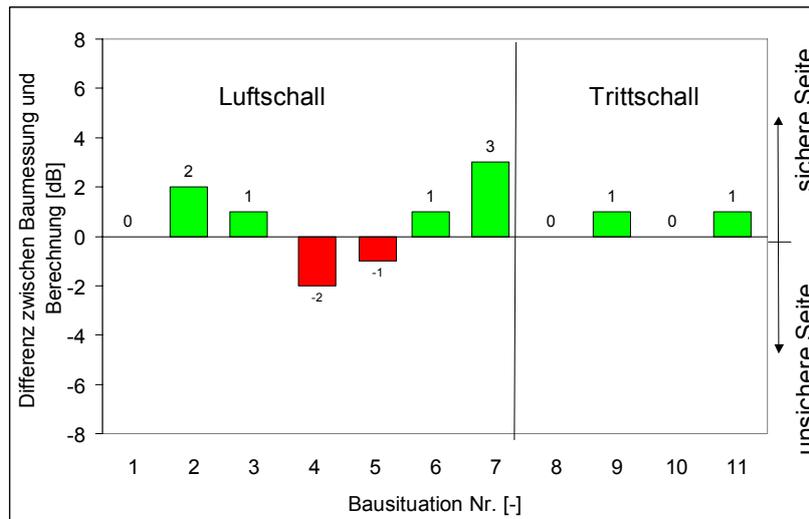


Abbildung 3 Vergleich zwischen Baumessung und Berechnung nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2). Die mittlere Abweichung für die 11 Bausituationen liegt bei $0,5$ dB, die Standardabweichung σ bei $1,4$ dB

3. Tieffrequente Schalldämmung

Für das subjektive Empfinden des Bewohners spielt die tieffrequente Schallübertragung des Trennbauteils eine relevante Rolle. Neben dem (Erfüllungs-) Nachweis der normativ festgelegten Anforderungen ist es bei der Planung von Holzbauten deshalb empfehlenswert auch auf die tieffrequente Schalldämmung zu achten. Abbildung 4 zeigt beispielhaft die deutlich tieffrequente Schallübertragung einer Holzdecke in den darunter liegenden Raum, die durch das Begehen der Decke verursacht wird.

Während der Mindestschallschutz mit mehrschaligen Bauteilen in Leichtbauweise i. d. Regel gut erfüllbar ist, sind zur Reduzierung der tieffrequenten Schallübertragung größere Anstrengungen erforderlich. Nachfolgend wird auf diese Problemstellung bei Trenndecken und Haus-trennwänden näher eingegangen.

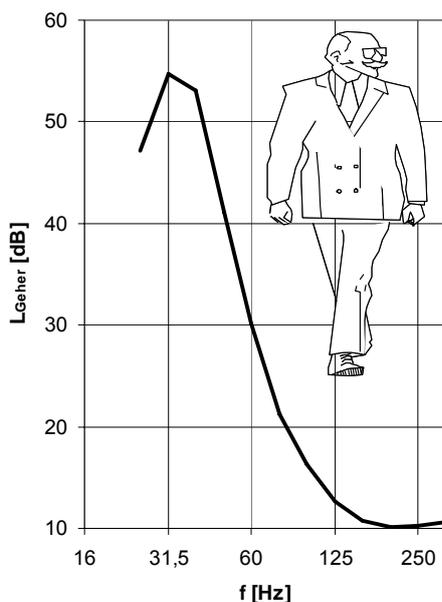


Abbildung 4: Trittschallübertragung bei einer Holzdecke mit niedrigem $L_{n,w}$ in den darunter liegenden Raum, die durch das Begehen der Decke verursacht wurde.

3.1 Tieffrequente Übertragung bei Trenndecken

Für die Beurteilung der Deckenkonstruktionen in der Praxis ist das subjektive Empfinden der Trittschallübertragung und deren Korrelation mit den Messgrößen zu beachten. Hierzu wurden Vergleiche zwischen den Messgrößen $L_{n,w}$ und $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ und Messungen bei Anregung mit einem realen Geher (männlich, ca. 85 kg, auf Socken) angestellt, wobei die Datenbasis aus Literaturwerten und aktuellen Messwerten [17] stammt. Für die graphische Auftragung wurde der $L_{A,F,max}$ (Trittschallanregung mit realen Geher) gegen $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ aufgetragen (siehe Abbildung 5). Für Holzdecken ergibt sich eine gute Korrelation zwischen diesen Größen, die auch mit den Ergebnissen von Massivdecken vergleichbar ist und es erlaubt $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ als charakteristische Kenngröße heranzuziehen wenn es um die Beurteilung des Trittschallpegels bei Anregung mit realen Geher und subjektiven Empfindens geht [16]. Ein Vergleich mit dem $L_{n,w}$ alleine ergab eine deutlich ungünstigere Korrelation im Vergleich mit Massivdecken.

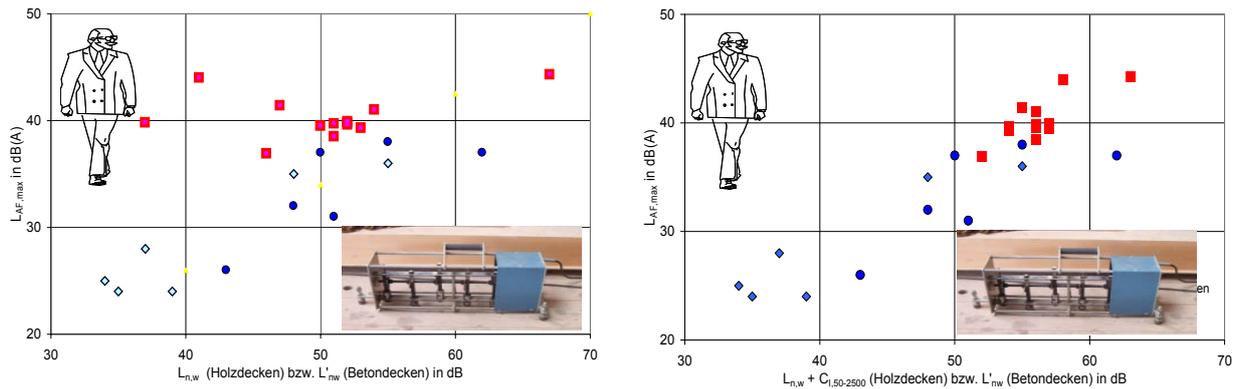


Abbildung 5: Korrelation des bewerteten Norm-Trittschallpegels (Anregung Hammerwerk) mit dem A-bewerteten Schallpegel im darunter liegenden Raum (beim Begehen der Decke).
 Quadrate: $L_{n,w}$ (links) bzw. $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ (rechts) bei Holzdecken [17]
 Kreise: $L'_{n,w}$ bei Betondecken [15]

Zur Verbesserung der Trittschalldämmung von Holzdecken ist oftmals die Beschwerung der Rohdecke erforderlich [2]. In der Praxis hat sich gezeigt, dass in Abhängigkeit von der Zusatzmasse eine deutliche Verbesserung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ möglich ist. Um zu prüfen wie sich diese Maßnahme auf die tieffrequente Schalldämmung auswirkt wurden in Abbildung 6 für verschiedene Holzdecken die Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ gegen die jeweilige Zusatz-Beschwerungsmasse aufgetragen. Abbildung 6 zeigt, dass die Korrelation zwischen $L_{n,w}$ und der Zusatzmasse wesentlich schlechter ist als die Korrelation zwischen $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$ und der Zusatzmasse. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Zusatzmasse der Rohdeckenbeschwerung ein entscheidender Parameter für die tieffrequente Trittschalldämmung ist.

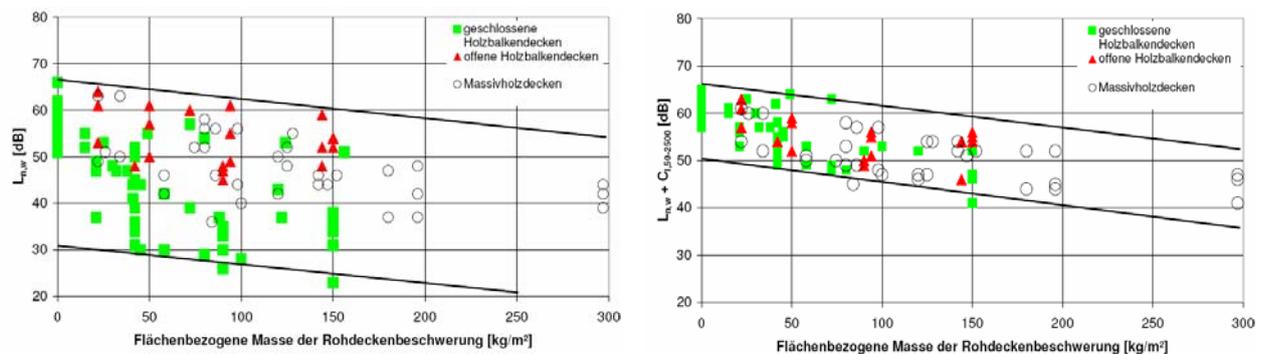


Abbildung 6: Trittschalldämmung von Holzdecken in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der Zusatzbeschwerung. links: Analyse mit $L_{n,w}$; rechts: Analyse mit $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$

3.2 Tieffrequente Übertragung bei Haustrennwänden

Gebäudetrennwände in Holzbauweise werden in Deutschland üblicherweise als zweischalige Konstruktion aus einfachen Holzständerwänden aufgebaut. Diese Konstruktion ermöglicht sehr gute Schalldämmwerte bei mittleren bis hohen Frequenzen. Im niederfrequenten Bereich weisen diese Holzbaukonstruktionen jedoch nur eine geringe Schalldämmung auf. Die Bewohner von Doppel- und Reihenhäusern nehmen diese Schallübertragung im niederfrequenten Bereich als Poltern oder Dröhnen wahr.

Der Aufbau einer typischen Gebäudetrennwand in Holzständerbauweise ist in Abbildung 7, Skizze a) dargestellt. Die Beplankungen der Holzständerwände bestehen aus Gipskarton-, Gipsfaser- und / oder Holzwerkstoffplatten. Das Ständerraster orientiert sich an den Plattenabmessungen und ist im Regelfall 0,625 m. Die Breite der Trennfuge beträgt typischerweise 3 – 5 cm. Für die Darstellung des Ist-Zustandes und zur Untermauerung der o.g. Motivation wurden in Abbildung 7 Mittelwerte der Schalldämm-Maße von typischen Gebäudetrennwänden in Holzständerbauweise und Mauerwerksbauweise (mit m' ca. 350 kg/m² je Schale) gegenübergestellt.

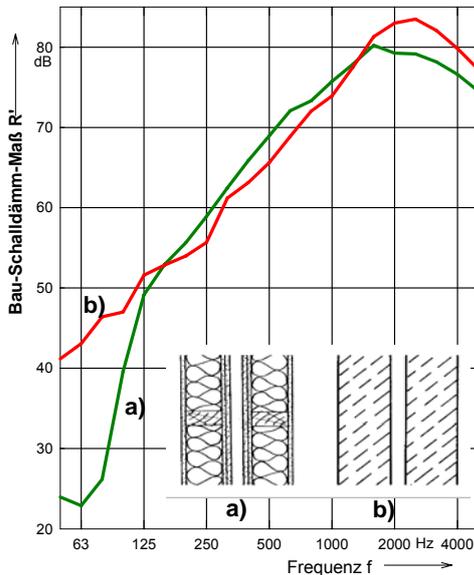


Abbildung 7: Vergleich der Schalldämmung von Gebäude-Trennwänden.

a) in Holzbauweise Mittelwert aus
13 Baumessungen
 $R'_w = 69$ dB
 $C_{50-5000} = -13$ dB, $C_{tr,50-5000} = -27$ dB

b) in Mauerwerksbauweise Mittelwert aus
5 Baumessungen
 $R'_w = 68$ dB
 $C_{50-5000} = -1$ dB, $C_{tr,50-5000} = -9$ dB

Zur Analyse des schalltechnischen Verhaltens wurden Messungen des Schalldämm-Maßes sowie des Schwingungsverhaltens durchgeführt [14]. Hierbei zeigte sich, dass das Schwingungsverhalten von zwei Effekten geprägt wird (siehe Abbildung 8). Die Eigenschwingung der Beplankung sowie die Doppelwandresonanz des zweischaligen Bauteils. Die niedrigsten Resonanzfrequenzen der Eigenschwingungen der Beplankungen liegen bei ca. 60 Hz und konnten, je nach Grad der Oberschwingung, bis ca. 400 Hz messtechnisch beobachtet werden. Die typischen Resonanzfrequenzen der Doppelwandschwingung liegen im Bereich von 60 Hz bis 80 Hz. Mithin können beide Effekte zu den kritischen Schallübertragungen im niederfrequenten Bereich beitragen.

Die Analysen des Schwingungsverhaltens führten zu der Arbeitshypothese, dass die Schalldämmung der Gebäude-Trennwände von den Eigenschwingungen des Systems geprägt wird. Auf Grundlage dieser Arbeitshypothese wurden folgende Verbesserungsansätze getestet:

1.) Verschieben der Resonanzfrequenz der Doppelwandschwingung zu niedrigeren Frequenzen. Hierdurch wird einerseits der Resonanzeinbruch aus dem Messbereich herausgeschoben, andererseits wird der steile Anstieg der Schalldämmkurve oberhalb der Resonanzfrequenz f_0 besser ausgenutzt. Konstruktiv wird dies durch eine Vergrößerung der Trennfugenbreite gelöst. Um die Gesamtdicke der Trennwand nicht zu erhöhen kann die Ständertiefe der Holzstiele reduziert werden.

2.) Unterdrückung der Eigenschwingungen der Beplankungen durch ein „Verstimmen“ der Eigenfrequenzen. Konstruktiv wird dies durch eine Reduzierung des Ständerrasters auf 313 mm gelöst. Die erste Eigenschwingung wird dadurch auf ca. 230 Hz verschoben.

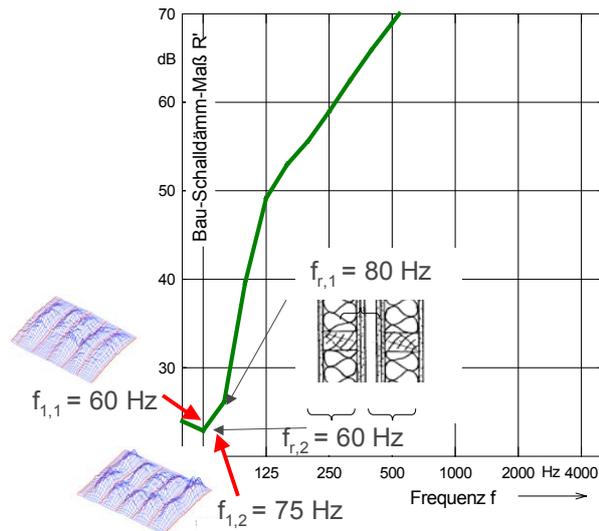


Abbildung 8: Abgleich der Schalldämmkurve von Gebäude-Trennwänden in Holzbauweise (aus Abbildung 7) mit den Resonanzfrequenzen ($f_{r,1}$, $f_{r,2}$) und den ersten Beplankungseigenmoden ($f_{1,1}$, $f_{1,2}$)

Die oben beschriebenen Maßnahmen wurden an verschiedenen Gebäude-Trennwänden in Holzständerbauweise mit Beplankungen als GKB oder Gipsfaserplatte unter Berücksichtigung der Aspekte von Statik und Brandschutz eingesetzt und die Schalldämmung im Labor und am Bau geprüft. Neben der oben beschriebenen Ausführung mit reduziertem Ständerraster wurden auch Gebäude-Trennwände untersucht, bei denen die inneren Beplankungen entfernt und durch ein Brandschutztextil ersetzt wurden. Die Schalldämmung zeigte jeweils den erwarteten Kurvenverlauf. In den Einzahlangaben spiegelte sich die verbesserte Schalldämmung im niederfrequenten Bereich wieder. Mit der verbesserten Gebäudetrennwand in Holzständerbauweise können auch im tieffrequenten Bereich gleichwertige Schalldämm-Maße wie mit einer durchschnittlichen Wand in Mauerwerksbauweise erzielt werden (siehe Abbildung 9).

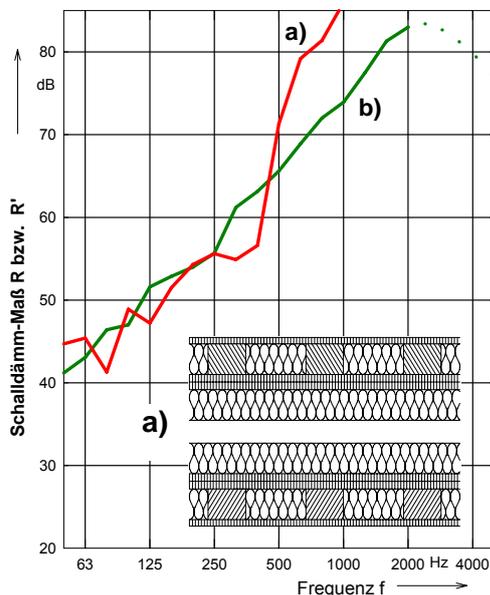


Abbildung 9: Ergebnisvergleich
 a) optimierte Gebäudetrennwand in Holzständerbauweise
 $R_w = 67$ dB
 $C_{50-5000} = -2$ dB, $C_{tr,50-5000} = -10$ dB
 b) typische Gebäudetrennwand in Mauerwerksbauweise
 $R'_w = 68$ dB
 $C_{50-5000} = -1$ dB, $C_{tr,50-5000} = -9$ dB

4. Vermeidung von Baufehlern

Die derzeitige Entwicklung vom Einfamilienhaus zum mehrgeschossigen Wohnungsbau stellt für den Holzbau bezüglich der schalltechnischen Aspekte eine Herausforderung dar. Für Einfamilienhäuser gibt es relativ geringe bzw. keine schalltechnischen Anforderungen. Mit einer Erweiterung auf Mehrparteienhäuser gelten jedoch automatisch die in der DIN 4109 [1] festgelegten Anforderungen an den Schutz der Privatsphäre gegen akustische Störungen aus fremden Wohn- und Arbeitsstätten.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden gilt es die Vorteile der qualitativ hochwertigen und kontrollierbaren Vorfertigung im Werk zu nutzen und die Zusammenarbeit mit anderen Gewerken am Bau (Estrichleger, Installateure u.a.) durch vorausschauende Planung und Kontrolle der Ausführung zu optimieren, um dadurch Baufehler zu vermeiden. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn neben dem prinzipiellen physikalischen Verständnis der Schalldämmung von Holzbauteilen auch quantitative Werte zur Beurteilung und Schadensabgrenzung vorliegen.

Nachfolgend werden beispielhaft zwei typische Baufehler aus einer Forschungsarbeit [12] zu diesem Thema herausgegriffen.

4.1.1 Fehlerhaft montierte Randfliesen

Bei gefliesten Böden werden oftmals an den Wänden eine Reihe Randfliesen befestigt. Durch eine unsachgemäße Montage kann Fliesenkleber in die Randfuge zwischen Estrich und Wand gelangen und beim Aushärten eine linien- oder punktförmige Schallbrücke ausbilden. Wird die Fuge zwischen Wand- und Bodenfliesen mit normalem Ausfugmaterial geschlossen, wird systematisch eine Körperschallbrücke eingebaut. Abbildung 10 zeigt den Einfluss von mangelhaft montierten Wandfliesen auf die Schalldämmung im Vergleich mit dem sanierten Zustand. Im Schadensfall muss die gesamte umlaufende Estrichfuge gesäubert und mit dauerelastischem Dichtstoff versiegelt werden.

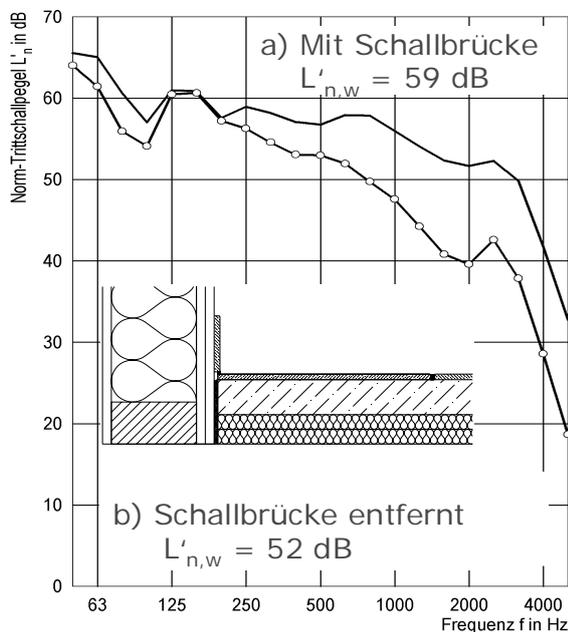


Abbildung 10: Norm-Trittschallpegel einer Decke mit mangelhaft montierten Randfliesen ($L'_{n,w} = 59$ dB) und mit entfernten Randfliesen und gesäubertem Estrich ($L'_{n,w} = 52$ dB)

4.1.2 Fugenschallübertragung bei Trennwänden

Die Schalldämmung von Wänden in Holzbauweise kann in ausgeführten Bauten von den in der Planung nach (3) prognostizierten Schalldämmwerten abweichen. Diese Diskrepanzen sind oftmals auf Baufehler, aber auch auf Ausführungsschwankungen bei Montage und Fertigung der Wände zurückzuführen.

Holzständerwände im Erdgeschoss werden bei der Montage des Hauses oftmals auf Ausgleichsklötze gestellt, um Unebenheiten des betonierten Kellers auszugleichen, siehe Abbildung 11. Ohne Zusatzmaßnahmen kann diese Vorgehensweise zu unerwünschten Fugenschall-Übertragungen führen. In einem untersuchten Objekt wurde das bewertete Schalldämm-Maß R'_w der Wohnungstrennwand im Erdgeschoss um 11 dB im Vergleich zur baugleichen Wand im Obergeschoss reduziert.

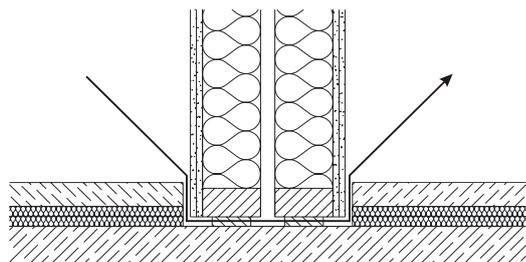


Abbildung 11: Fugenschallübertragung bei einer auf Montageklötzen aufstehenden hochschalldämmenden Wohnungstrennwand
Schalldämmung der Wohnungstrennwand
Im EG mit $R'_w = 58$ dB mangelhaft
Im 1.OG mit $R'_w = 69$ dB mängelfrei
Im DG mit $R'_w = 66$ dB mängelfrei

Besonders bei hochschalldämmenden Wänden wie Gebäudetrennwände und Wohnungstrennwände sind Probleme bei dem beschriebenen Nebenweg zu beobachten. Abhilfe schafft eine Dichtungsebene unterhalb der Wände, dies kann z.B. durch Ausstopfen der Fuge mit Mineralwolle zusammen mit einem Abkleben der Fuge mit einem geeigneten Dichtband oder durch vollvolumiges Ausstopfen der Einbaufuge mit Quellmörtel erfolgen.

5. 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 Skelettbaus 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 Skelettbaus in die neue DIN 4109, Abschlußbericht des Labor für Schall- und Wärmemesstechnik zum DGfH-Forschungsvorhaben 2005

- [10] Schumacher, R; Saß, B; Pütz, M.: Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehr-geschoss-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] Holtz, F.; Hessinger, J.; Öchsle, O.; Buschbacher, H.P.; Rabold, A.: Analyse, Lokalisierung, Sanierung und Vermeidung von schalltechnischen Mängeln im Holzbau, DGfH-Forschungsbericht der LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, 2004
- [13] F. Holtz, A. Rabold, J. Hessinger, H.P. Buschbacher, "Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen", AiF Forschungsbericht des LSW Labors für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH (2004)
- [14] J. Hessinger, H.P. Buschbacher, A. Rabold, M. Leitgeb, R. Ramsteiner, F. Holtz, Fortschritte der Akustik (2003), 152-153
- [15] Weeber, R. et. al., „Schallschutz in Mehrfamilienhäusern aus der Sicht der Bewohner“, F2049, IRB Verlag, Stuttgart 1986
- [16] NKB Report, Low-frequency footfall noise in multi-storey timber frame buildings, NKB Helsinki 1996
- [17] Untersuchung der akustischen Wechselwirkungen von Holzdecken und Deckenaufgabe zur Entwicklung neuartiger Schallschutzmaßnahmen, DGfH-Gemeinschaftsprojekt: TU München, ibp Stuttgart, LSW - Labor für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, in Bearbeitung