

Vorsicht vor Tiefton-Resonanzen

Wege zu einem guten tieffrequenten Schallschutz im Holzbau

Holzbaukonstruktionen in der heute üblichen Standard-Bauweise haben in vielen Fällen im tiefen Frequenzbereich unter 100 Hz nur eine geringe Schalldämmung. Beim baurechtlich in Deutschland eingeführten bewerteten Schalldämmmaß R'_w wird die tieffrequente Schalldämmung < 100 Hz allerdings gar nicht betrachtet. Dieses Problem ist seit vielen Jahren bekannt, doch auch aktuelle Bauteilkataloge berücksichtigen diese Thematik leider nicht.

Mit zunehmendem Marktanteil der Holzrahmenbauweise spricht sich mittlerweile herum, dass die Schalldämmung von Holzbaukonstruktionen teilweise „irgendwie“ nicht gut ist. Um das nachhaltige Bauen mit Holz zu stärken, sollten die gegenwärtig vorherrschenden Standard-Holzbauweisen mit unzureichender tieffrequenter Schalldämmung durch verbesserte Konstruktionen ersetzt werden.

Autor:
Jürgen Maack,
ITA Ingenieurgesellschaft für
Technische Akustik mbH,
Wiesbaden

Schalldämmung von Wänden: Standard-Holzrahmenbau contra Massivbau

Abb. 1 zeigt ein Trümmerhausgebäude, Baujahr um 1955 vor und nach der Sanierung zum Passivhausstandard [Faktor_10 2010].

Das Dachgeschoss – ein ehemaliger Trockenboden – wurde durch ein Staffelgeschoss mit vorgefertigten Holzrahmenelementen ersetzt. Gründe für den Einsatz der Holzrahmenbauweise waren u. a. geringe Bauzeiten, günstige Baustellenlogistik, statische Erfordernisse und Betrachtungen der Gebäudefundamentierung.

Die Trennwand zwischen benachbarten Wohnungen im Staffelgeschoss wurde in zwei verschiedenen Bauabschnitten unterschiedlich ausgeführt, einmal als Gebäudeabschlusswand in Holzrahmenbauweise H, einmal als schwere Massivwand M. Am ausgeführten Bau wurde die frequenzabhängige Schalldämmung messtechnisch ermittelt (Abb. 2).

In beiden Fällen erfolgte eine konsequente Trennung der flankierenden Bauteile, so

dass die Schalllängsleitung über die raumseitige, aussteifende Holzwerkstoffplatte entschärft wurde.

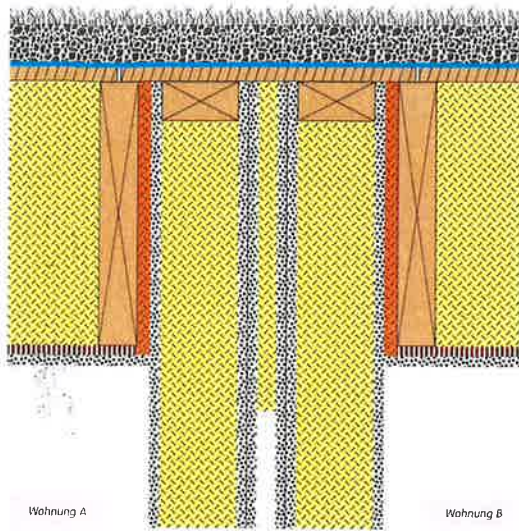
Die Wand H zeigt im Frequenzbereich um 63 Hz nur eine sehr geringe Schalldämmung. Dadurch wird auf Zimmerlautstärke eingeregelter Musik in der Nachbarwohnung als tieffrequentes Bass-Ereignis wahrgenommen. Dieser Höreindruck ist unangenehm. Trotzdem kann für diese Wand H aufgrund der baurechtlichen Kenngröße $R'_w = 61$ dB ein erhöhter Schallschutz der Schallschutzstufe SSt III (das ist die schalltechnisch höchste Schallschutzstufe) nach [VDI 4100:2007] klassifiziert werden. Die Bezeichnung „erhöhter Schallschutz“ ist aber – aufgrund der tieffrequent sehr schlechten Schalldämmung – in vorliegendem Fall widersinnig.

Die Wand M weist mit $R'_w = 57$ dB einen erhöhten Schallschutz der Schallschutzstufe SSt II auf. Eine ungünstige Schalldämmung im tieffrequenten Frequenzbereich $50 \text{ Hz} \leq f < 100 \text{ Hz}$ findet nicht statt. Bei vorliegendem Beispiel ist das bewertete Schalldämmmaß R'_w offensichtlich nicht dafür geeignet, die Schalldämmung der Wand H in angemessener Weise zu beschreiben.

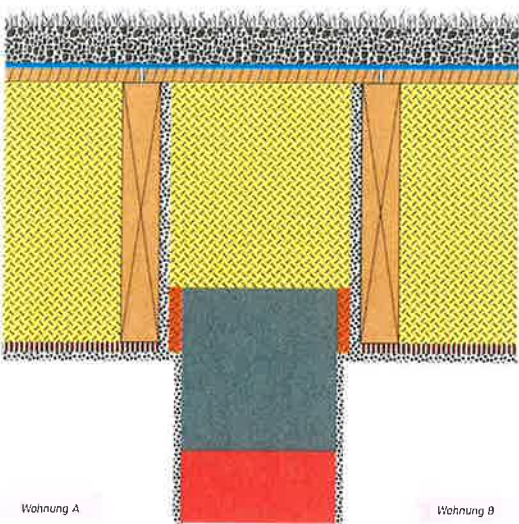
Die stillschweigende Unterstellung für Wohngebäude –



Abb. 1:
Bestandssanierung Mehrparteienhäuser zum Passivhaus-Standard, Frankfurt am Main, Büro Faktor 10 GmbH [Faktor_10 2010]
A: Gebäude vor und nach der Sanierung
B: Errichtung des Staffelgeschosses mit vorgefertigten Holzrahmen-Elementen



H: Holzrahmenbauweise, Standardkonstruktion,
 $R'_w (C, C_{tr}) = 61 (-5; -13) \text{ dB}$
 $C_{50-5000} = -15 \text{ dB}$
 $C_{tr50-5000} = -27 \text{ dB}$



M: schwere Massivwand
 $R'_w (C, C_{tr}) = 57 (-1; -4) \text{ dB}$
 $C_{50-5000} = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr50-5000} = -7 \text{ dB}$

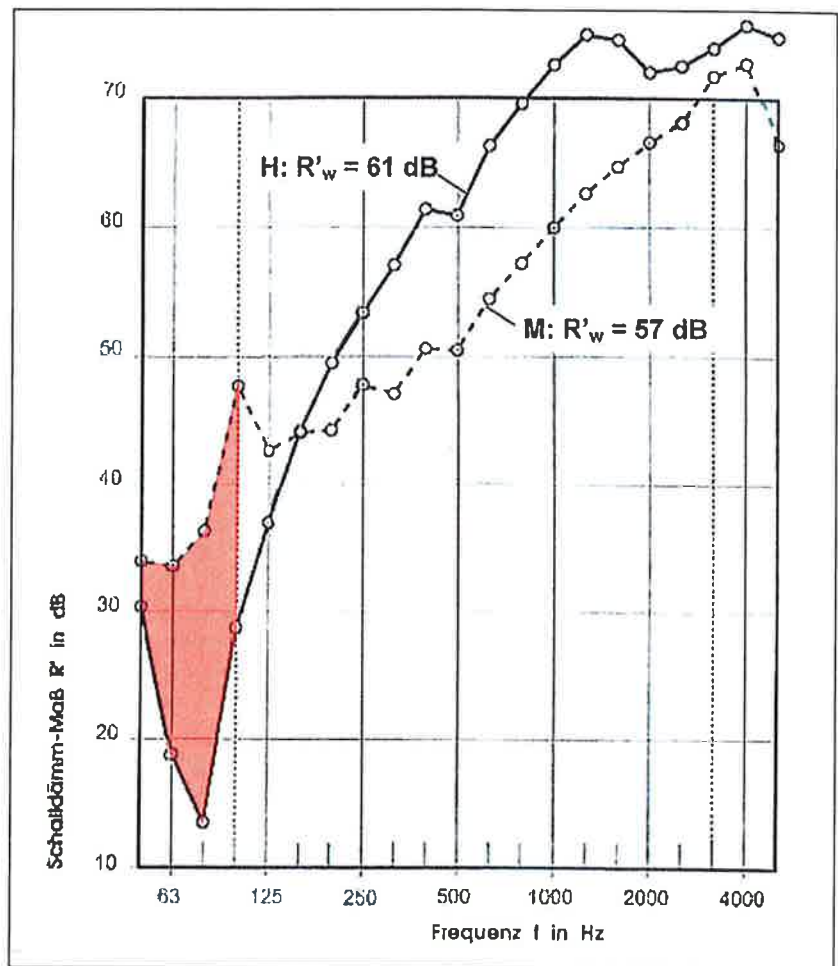


Abb. 2: Schalldämmung von Wohnungstrennwänden im Staffelgeschoss

H: Trennwand in Holzrahmenbauweise, Standardkonstruktion, $d = 370 \text{ mm}$, konsequente Trennung der flankierenden Holzrahmenelemente

M: Trennwand als Massivwand, $m' = 476 \text{ kg/m}^2$, $d = 260 \text{ mm}$, konsequente Trennung der flankierenden Holzrahmenelemente

Die Kenngröße R'_w (das bewertete Schalldämmmaß) gibt in diesem Fall die Qualität der Schalldämmung vollkommen falsch wieder – hiernach wäre die Konstruktion H um 4 dB besser, als Konstruktion M. Tatsächlich hat die Konstruktion H gravierende Schwächen in der tieffrequenten Schalldämmung unter 100 Hz (rot schraffierter Bereich)

„ist der R'_w -Wert ausreichend hoch, so ist auch die Schalldämmung unterhalb von 100 Hz in Ordnung“ – ist verletzt. Diese These gilt i. d. R. für Massivkonstruktionen, nicht aber für die hier betrachtete mehrschalige Leichtbaukonstruktion in Standardbauweise.

Einzahl-Kenngrößen in der Bauakustik

Ende der dreißiger Jahre wurde als Wohnungstrennwand die Baukonstruktion eines 25 cm Ziegelmauerwerks „von mindestens 450 kg/m² Gewicht“ festgelegt [Einheitsbauordnung 1939]. In den 40er und 50er Jahren erkannte man, dass zur bauakustischen

Charakterisierung der Luftschalldämmung frequenzabhängige Betrachtungen des Schalldämmmaßes R' erforderlich sind. Der klassische bauakustische Frequenzbereich liegt dabei zwischen 100 Hz und 3.150 Hz. Darunterliegende Frequenzbereiche wurden vor allem aufgrund von messtechnischen Schwierigkeiten nicht berücksichtigt. Dies änderte sich in den neunziger Jahren – seitdem werden Schalldämmungsmessungen zunehmend auch im Frequenzbereich unter 100 Hz durchgeführt.

Für die vereinfachte Beschreibung der Schalldämmung werden nicht frequenzabhängige Schalldämm-

kurven, sondern hieraus abgeleitete Einzahl-Kenngrößen verwendet. Für das o. a. schwere Ziegelmauerwerk ergibt sich mit Sicherheitszuschlägen ein bewertetes Schalldämmmaß von $R'_w = 53 \text{ dB}$, was heute in Deutschland die baurechtlich geschuldete Mindestschalldämmung für eine Wohnungstrennwand ist (siehe DIN 4109: 1989 bzw. deren Vorgänger-Norm).

Wie in Abb. 3 dargestellt, wird der Frequenzbereich $50 \text{ Hz} \leq f < 100 \text{ Hz}$ bei der Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R'_w bzw. R_w nicht berücksichtigt! Ein analoges Vorgehen erfolgt beim Trittschallschutz mit der baurechtlichen Verankerung

des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$.

Vielfalt der heutigen Baukonstruktionen

In den letzten 50 Jahren waren Massivbaukonstruktionen in Deutschland dominant. Heute ist allerdings eine enorme Konstruktionsvielfalt erwachsen, dabei auch viele Holzkonstruktionen.

Mittlerweile ist bekannt, dass die Kenngrößen R'_w und $L'_{n,w}$ den „Schallschutz“ der Konstruktionen nicht in allen Fällen richtig wiedergeben [Kurz 2000], [Maack 2010].

Die Thematik der tieffrequenten Schalldämmung ist leider in den aktuellen Bau-

teilkatalogblättern [PTB 2005] noch nicht abgebildet. Seitens der Physikalisch Technischen Bundesanstalt – PTB – wird daher die Einführung neuer bauakustischer Kenngrößen vorangetrieben, die die Spektrumanpassungswerte berücksichtigen [Scholl 2012].

Spektrumanpassungswerte

Spektrumanpassungswerten nach [DIN EN ISO 717:2006] ermöglichen die Beschreibung der Schalldämmung in Bezug auf spezielle Geräuscharten. Sie stellen Korrekturwerte für die Einzahl-Kenngrößen des bewerteten Schalldämmmaßes R'_w und des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ dar und gelten in ihrer einfachsten Form für den Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3.150 Hz. Die Spektrumanpassungswerte gibt es allerdings auch für den erweiterten Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 5.000 Hz, was durch Angabe im Index gekennzeichnet wird; für die Luftschalldämmung:

- C bzw. $C_{50-5.000}$: Wohnaktivität, Kinderspielen und weiteres
- C_{tr} bzw. $C_{tr,50-5.000}$: Städtischer Straßenverkehr, Discomusik und weiteres.

Mit Spektrum-Anpassungswerten können die im Empfangsraum einstellenden A-bewerteten Schalldruckpegel berechnet werden. Abb. 4 zeigt diese Berechnung für die beiden Wände H und M. Der Schallschutz ist umso günstiger, je niedriger der berechnete Empfangsraumpegel ist.

Bei Berücksichtigung des tieffrequenten Frequenzbereiches $50 \text{ Hz} \leq f < 100 \text{ Hz}$ (Zeilen 3 und 5 der Tabelle) ist der Schallschutz mit der Wand H ganz wesentlich ungünstiger zu beurteilen, als mit der Wand M.

Gebrauch der Spektrumanpassungswerte

Zukünftig sollten die tieffrequenten Spektrum-Anpassungswerte bei Schallschutz-

nachweisen u. ä. Berücksichtigung finden. Dies muss einhergehen mit folgenden Ergänzungen:

- In den Bauteilkatalogen für die Luft- und Trittschalldämmung müssen die tieffrequenten Spektrum-Anpassungswerte aufgeführt werden.

Das ist gegenwärtig leider noch nicht der Fall. Eine sehr aktuelle und umfangreiche Zusammenstellung von Spektrum-Anpassungswerten für verschiedene Bauteile und Bauweisen ist in [Lang 2009] zusammengetragen. Dabei werden die grundsätzlichen bauakustischen Unterschiede verschiedener Bauweisen herausgearbeitet.

- Auch für die Trittschallminderung sind Spektrum-Anpassungswerte für den Frequenzbereich $< 100 \text{ Hz}$ zu definieren.

Gegenwärtig existiert solch ein Verfahren nicht [Maack 2009].

- Baurechtliche Anforderungen müssen unter Zuhilfenahme der Spektrum-Anpassungswerte formuliert werden.

Bei der Normungsarbeit zur [DIN 4109] sind diese notwendigen Ergänzungen gegenwärtig leider nicht vorgesehen [Maack 2006], [Fischer 2009], [Maack 2010]. Spektrum-Anpassungswerte C bzw. C_{tr} werden dagegen in Österreich und der Schweiz zunehmend bei den baurechtlich vorgeschriebenen Anforderungen eingesetzt [SIA 181:2006], [Ö-Norm B8115- 2:2006].

Da Rechen- und Beurteilungsverfahren mit Spektrumanpassungswerten gegenwärtig kaum möglich sind, sollte derzeit die Vermeidung von „kritischen Bauweisen“ [Maack 2010] angewendet werden.

Wände in Holzbauart mit guter tieffrequenter Schalldämmung

Wir kommen zurück zu den in Abb. 2 dargestellten Kons-

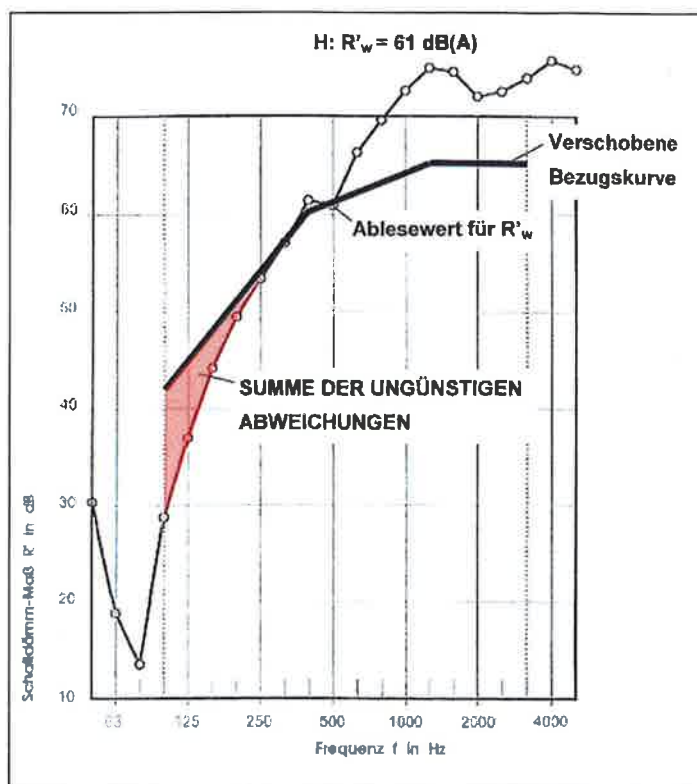


Abb. 3:

Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes R'_w aus der frequenzabhängigen Schalldämmung nach DIN EN ISO 717-1:2006.

Die Terz-Schalldämmmaße R werden im Frequenzbereich $100 \text{ Hz} \leq f \leq 3.150 \text{ Hz}$ mit der verschobenen Bezugskurve abgeglichen (Summe der ungünstigen Abweichungen der 16 Terzbänder im Mittel $< 2 \text{ dB}$, d. h. insgesamt $< 32 \text{ dB}$, durch Schraffur gekennzeichnet) – der 500 Hz-Wert der so ermittelten verschobenen Bezugskurve gibt das bewertete Schalldämmmaß R'_w bzw. R_w an.

Abb. 4: Berechnung des A-bewerteten Empfangsraumpegels L_{ER} für die Konstruktionen nach Abb. 2 mittels der Spektrum-Anpassungswerte

Zeile	Einzahl-Kenngrößen der Schalldämmung	Schalldämmung R'_w (R'_w+C) bzw. (R'_w+C_{tr}) in dB	Empfangsraumpegel L_{ER} in dB(A) ¹⁾
1	nur Berücksichtigung von R'_w	H: 61 M: 57	H: 17 dB(A) M: 21 dB(A)
2	C (Wohnaktivitäten, Kinderspielen, $100 \text{ Hz} \leq f \leq 3.150 \text{ Hz}$)	H: $61 - 5 = 56$ M: $57 - 1 = 56$	H: 22 dB(A) M: 22 dB(A)
3	$C_{50-5.000}$ (Wohnaktivitäten, Kinderspielen, $50 \text{ Hz} \leq f \leq 5.000 \text{ Hz}$)	H: $61 - 15 = 46$ M: $57 - 1 = 56$	H: 32 dB(A) M: 22 dB(A)
4	C_{tr} (Städtischer Straßenverkehr, Discomusik, $100 \text{ Hz} \leq f \leq 3.150 \text{ Hz}$)	H: $61 - 13 = 48$ M: $57 - 4 = 53$	H: 30 dB(A) M: 25 dB(A)
5	$C_{tr,50-5.000}$ (Städtischer Straßenverkehr, Discomusik, $50 \text{ Hz} \leq f \leq 5.000 \text{ Hz}$)	H: $61 - 27 = 34$ M: $57 - 7 = 50$	H: 44 dB(A) M: 28 dB(A)

¹⁾ Berechnung unter der Annahme, dass Bauteilfläche $S = \text{Äquivalente Schallabsorptionsfläche } A$ sowie Senderaumpegel $L_{SR} = 78 \text{ dB(A)}$ mit der Frequenzcharakteristik C bzw. C_{tr} bzw. $C_{50-5.000}$ bzw. $C_{tr,50-5.000}$

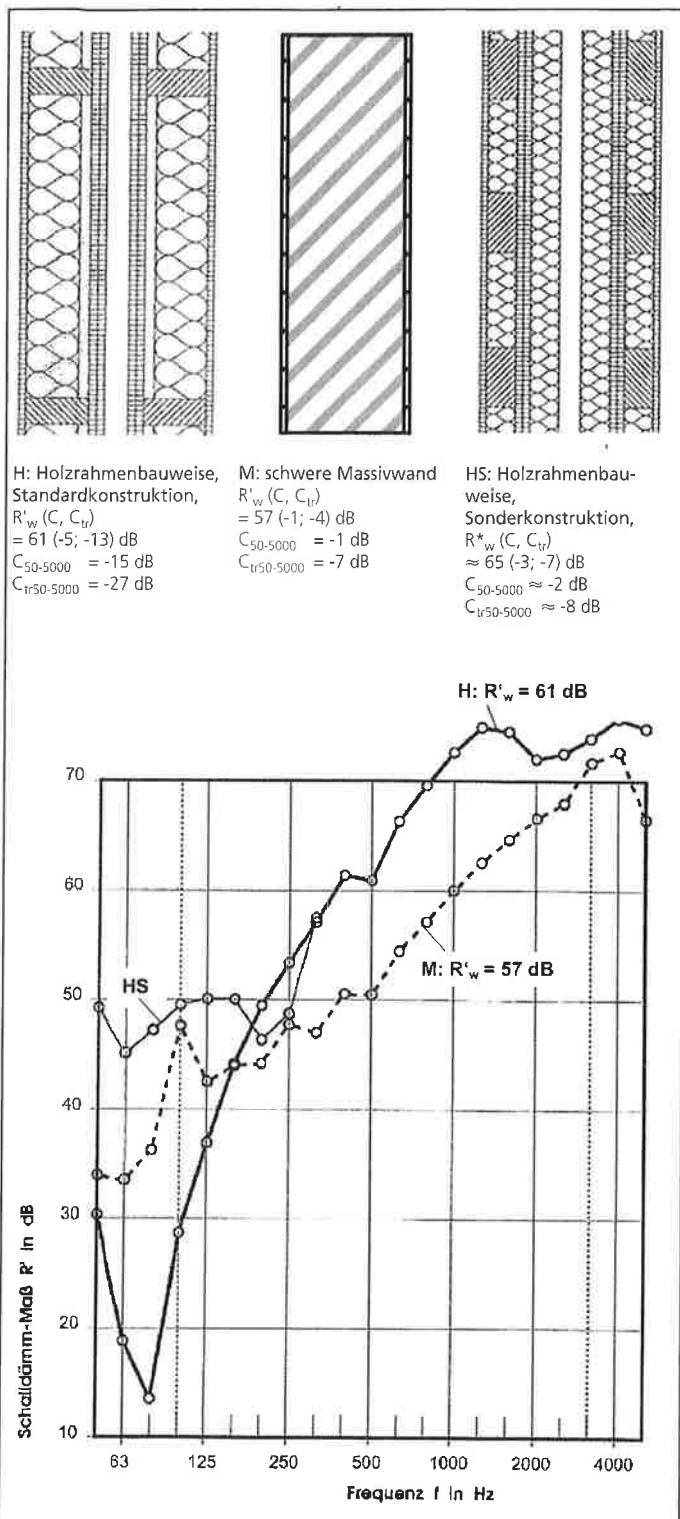


Abb. 5:
 Schalldämmung von Wohnungstrennwänden im Staffelgeschoss
 H: Trennwand in Holzrahmenbauweise, Standardkonstruktion
 M: Trennwand als schwere Massivwand
 HS: Trennwand in Holzrahmenbauweise, bauakustisch optimierte Sonderkonstruktion (u. a. geringer Abstand des Ständerwerks, gedrehte Ständer), $d = 370$ mm, Labormessung in einem Prüfstand mit unterdrückter Flankenübertragung, Messung entnommen aus [Ros 2004] ohne Einfluss einer Flankenübertragung, dargestellter Frequenzbereich 50 Hz bis 315 Hz, oberhalb 315 Hz wird eine Schalldämmung wie bei Konstruktion H angenommen und damit R'_{w} abgeschätzt

truktionen H und M im Staffelgeschoss. Soll die Trennwand ebenfalls in Holzrahmenbauweise errichtet werden, so muss für einen angemessenen Schallschutz von der Standard-Holzrahmenbauweise abgewichen werden.

Ein zentraler Grund für die schlechte tieffrequente Schalldämmung von Standard-Holzrahmenkonstruktionen ist die Resonanzfrequenz von ca. 50 bis 63 Hz von Bauplatten, die im Ständerabstand von 62,5 cm verschraubt sind. Eine verbesserte tieffrequente Schalldämmung gelingt durch die folgenden Konstruktionsparameter:

- verminderter Achsabstand des Ständerwerks
- gedrehtes Ständerwerk
- mehrlagige Bepunktung

In Abb. 5 ist für eine optimierte Trennwand HS der Erwartungswert der Schalldämmung angegeben; Grundlage ist hier die tieffrequente Schalldämmung des Laborbereichs [Ros 2004]; für den Frequenzbereich > 315 Hz sind statt der Laborwerte etwa die Schalldämmmaße R' der Konstruktion H anzunehmen, die im wesentlichen durch die flankierenden Bauteile bestimmt werden.

Mit dieser Konstruktion HS ist eine sehr gute tieffrequente Schalldämmung von Holzrahmenkonstruktionen erreichbar. Ein messtechnischer Nachweis am ausgeführten Objekt steht noch aus.

Analoge Problematiken der tieffrequenten Schalldämmung findet man bei anderen Holzrahmenkonstruktionen in Standardbauweise. Generell sollten Konstruktionen auf ihre tieffrequente Schalldämmung überprüft werden und ggf. weiterentwickelt werden.

Zusammenfassung

Mit den gegenwärtig propagierten Holzrahmenkonstruktionen in Standardbauweise wird teilweise eine tieffrequent unangemessen geringe Schalldämmung erreicht. Hier wurde

in der Vergangenheit ein Irrweg besprochen.

Damit verspielt die Holzrahmenbauweise gegenwärtig ihre Zukunftschancen. Es besteht Handlungsbedarf, um Konstruktionen mit einem angemessenen tieffrequenten Schallschutz zu etablieren.

Die (wirtschaftliche) Zukunft der Holz(rahmen)bauweise im Wohnungsbau liegt in Konstruktionen mit einer guten tieffrequenten Schalldämmung. ■

Literaturverweise

[Einheitsbauordnung 1939] Einheitsbauordnung §§ 13 und 15: Schallschutz von Decken und Wänden, Rd. Erl. d. Pr. Fin. Min. v. 23.05.1939 - Bau 2113/2115; 23.5.

[Faktor_10 2010] Faktor 10 Gesellschaft für Siedlungs- und Hochbauplanung mbH, Darmstadt: Bestandssanierungen zum Passivhausstandard in Frankfurt am Main, 2010.

[Fischer 2009] Fischer, H.-M. „Neufassung der DIN 4109 auf der Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes“. In: N. A. Fouad (Hrsg.): Bauphysik-Kalender 2009, Kapitel C 1, Ernst & Sohn Verlag Berlin, 2009

[Kurz 2000] R. Kurz, F. Schnelle: Schallschutz von Montagetreppen, Tagungsband DAGA Oldenburg 2000 sowie F. Schnelle, R. Kurz: Bewerteter Norm-Trittschallpegel, $L'_{n,w}$ = Bewertung des Trittschallschutzes? Holzbalkendecken in sanierten Altbauten, Tagungsband DAGA Oldenburg 2000.

[Lang 2009] Judith Lang: „Zur Erweiterung des bauakustischen Frequenzbereichs bis 50 Hz“, wksb 62, Seiten 19-32, 2009.

[Maack 2006] Einspruch Jürgen Maack zu E DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“, Ausgabe Oktober 2006.

[Maack 2009] Maack, J.; Möck, Th. „Trittschallschutz“ In: N. A. Fouad (Hrsg.): Bauphysik-Kalender 2009, Kapitel C 2, Ernst & Sohn Verlag Berlin, 2009

[Maack 2010] Jürgen Maack: Mindestschallschutz 2010 - die allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) und DIN 4109, Bauphysik Heft 2, Ernst & Sohn Verlag, 2010.

[PTB 2005] Physikalisch technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB) Integration des Holz- und Skelettbaus in die DIN 4109, Fraunhofer IRB-Verlag T3090, 2005.

[Ros 2004] Forschungsarbeit: Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen, Schlussbericht des Labors für Schall- und Wärmemesstechnik GmbH, Rosenheim, 2004.

[Scholl 2012] Wolfgang Scholl „Was bringt die Neufassung der ISO 717?“, DAGA Darmstadt 2012.