

1 Problemstellung in der Praxis

Der Holzbau hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Dabei steigt nicht nur der Anteil der Einfamilienhäuser, sondern auch die Errichtung von Gebäuden mit mehreren Nutzungseinheiten in Holzbauweise nimmt zu. Besonders bei Reihen- und Doppelhäusern stellen die bauakustischen Anforderungen regelmäßig eine große Herausforderung dar. Die Gebäudetrennwand steht bei der Übertragung von Luft- und Trittschallgeräuschen sowohl im Massiv- als auch im Holzbau im Fokus. Eine praktisch vollständige Trennung der Gebäude, sprich eine „2-schalige Bauweise“ ist dabei längst als allgemein anerkannte Regel der Technik zu sehen. In den letzten Jahren häufen sich allerdings Beschwerden über tieffrequente Übertragung von Geräuschen über Gebäudetrennwände in Holzbauweise hinweg. Bei den durchgeführten bauakustischen Messungen ist immer wieder festzustellen, korrekte Trennung der beiden Wandschalen vorausgesetzt, dass sehr hohe bewertete Schalldämm-Maße von $R_w \approx 65 - 70$ dB vorliegen. Diese Werte übertreffen überwiegend den sogenannten normativ erhöhten Schallschutz. Dennoch sind tieffrequente Geräusche deutlich über die Trennwand hinweg wahrzunehmen. Dies tieffrequente Übertragung äußert sich als Dröhnen bei Gehgeräuschen und bessere Wahrnehmbarkeit von basshaltigen Geräuschen aus Audiosystemen. Möglicherweise sind die Beschwerdefälle häufiger anzutreffen, da die zunehmende Beliebtheit der Holzbauweise auch die Anzahl der gebauten Objekte stark steigen lässt. Insofern treten bauakustische Abweichungen bei dieser Bau- und Gebäudeart stärker in Erscheinung.



Abbildung 1: Lichtbild eines Doppelhauses in Holzbauweise (Quelle: Fa. Holzbau Semmler Hemau)

Die Fragestellung der tieffrequenten Geräuschübertragung bei 2-, und mehrschaligen Gebäudetrennwänden sind der Forschung schon seit mindestens 2003 bekannt (siehe [1] und [2]). In den genannten Quellen wurden bereits vor fast 20 Jahren Empfehlungen zur Verbesserung dieses Übertragungsverhaltens gegeben. Umso erstaunlicher ist es, dass die Erkenntnisse trotz zahlreicher Veröffentlichungen (z.B. [3]) keine durchgängige Anwendung bei den ausführenden und planenden Unternehmen fanden. Mit diesem Dokument soll der „aktuelle“ Erkenntnisstand zu diesem Problemfeld dargestellt und praxisgerechte Lösungsvorschläge für den Neubau und ggf. erforderliche Sanierungen gegeben werden.

Beim Neubau von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise ist die Datenlage als sehr günstig zu bezeichnen. Für den Sanierungsfall zur Verbesserung der tieffrequenten Schallübertragung liegt nur eine geringe Anzahl an Lösungsvorschlägen vor.

Auf die Darstellung der Trittschallübertragung soll hier verzichtet werden.

Außerdem gelten die konstruktiven Hinweise nur für Holzbauweisen mit Gefachen und nicht für die Massivholzbauweise.

2 Normative Anforderung vs. Anforderungen auf Basis subjektiver Wahrnehmbarkeit

Die Fragestellung nach den passenden Anforderungen hinsichtlich der Bauakustik sind für jedes Gebäude individuell zu beantworten. Ein allgemein verbindliches „Bausoll“ kann nur schwer definiert werden. Dies gilt für Reihen- und Doppelhäuser in gleicher Weise wie für zu errichtende Mehrfamilienwohnhäuser. Grundsätzlich ist dabei allerdings zu beachten, dass als untere Grenze des zu erreichenden Sollwertes immer der Mindestschallschutz nach DIN 4109-1:2018 gilt ([4] i.V.m. [5] / Achtung es sind die Bestimmungen in der Liste der technischen Baubestimmung im jeweiligen Bundesland zu beachten). Darüber hinaus sind ohne gesonderte Vereinbarung immer die allgemein anerkannten Regeln der Technik einzuhalten, sofern diese über den Mindestanforderungen liegen. An dieser Stelle muss überprüft werden, was für dieses Gebäude im jeweiligen Standard „allgemein üblich“ ist. Dabei sind die Anforderungen nicht nur in Zahlen zu fassen, sondern auch eine bestimmte Konstruktionsweise kann den Status einer allgemein anerkannten Regel erlangen. Im Falle von Gebäudetrennwänden zwischen Reihen- und Doppelhäusern hat sich als allgemein anerkannte Regel der Technik eine 2-schalige Bauweise etabliert. Mit der 2-schaligen Bauweise sind in der Regel bessere akustische Eigenschaften zu erwarten als durch 1-schalige Bauweise. Auch wenn durch eine 1-schalige Trennwand vereinbarte oder geforderte Schalldämm-Maße erreicht werden könnten, ist die 2-schalige Bauweise in diesem Fall als allgemein anerkannte Regel der Technik anzuwenden. Diese Anforderung leitet sich primär aus dem Massivbau ab. Bei der Holzbauweise ist diese Regelung allerdings analog anzuwenden. Es ist demnach auch bei der Holzbauweise darauf abzustellen, zwei vollständig getrennt voneinander stehende Wände auszuführen und das auch, obwohl jede Schale für

sich genommen im akustischen Sinne als 2- oder mehrschalig zu bezeichnen ist. Neben der erläuterten Ausführungsart müssen aber auch quantitativ bewertbare Zielwerte in „dB“ definiert werden. Hierfür stehen verschiedene Regel- und Normenwerke zur Verfügung. In Tabelle 1 sind Anforderungswerte verschiedener Regelwerke für den Fall der Luftschallübertragung bei Reihen- und Doppelhäusern gegenübergestellt.

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Anforderungswerte aus Normen und Regelwerken

	Regel- oder Anforderungswerk	erf. R'_w	Zusatzanforderung / Bemerkung
1	DIN 4109-1:2018 Mindestanforderung	62 dB	in der Regel für Unterkellerung
2	DIN 4109-5:2020 erhöhte Anforderung	67 dB	in der Regel für Unterkellerung
3	DEGA Empfehlung 103 Klasse B (Klasse A)	62 dB (67 dB)	normaler Schallschutz bei Reihenhäusern
4	Informationsdienst Holz Klasse BASIS +	62 dB	$R_w + C_{50-5000} \geq 62$ dB
5	Informationsdienst Holz Klasse KOMFORT	67 dB	$R_w + C_{50-5000} \geq 65$ dB

In der Regel sind die Anforderungen nur auf den Frequenzbereich von 100 Hz – 3150 Hz bezogen. Dies bringt mit sich, dass Anteile der Schallübertragung unter 100 Hz gar nicht betrachtet werden. Eine Ausnahme stellen die Anforderungen in [3] dar, siehe Zeile 4 und Zeile 5 in Tabelle 1. Hier wird der spektrale Betrachtungsbereich auf 50 Hz „nach unten“ erweitert. Dies führt dazu, dass der genannte Beschwerdebereich (basshaltige Geräusche aus Audiosystemen und dröhnende Gehgeräusche) mit in die Bewertung der Schalldämmung einfließen. Die Berücksichtigung erfolgt über den sogenannten Spektrumanpassungswert $C_{50-5000}$, welcher dem R_w (bewertetes Schalldämm-Maß im Labor) aufaddiert wird und **nicht** auf

das bewertete Bauschalldämm-Maß der Wand (R'_{w}). **Mit der Erweiterung des Frequenzbereichs ist eine deutliche Verbesserung der Beurteilung der subjektiven Wahrnehmung des Nutzers bei der Geräuschübertragung verbunden.** Die Zusammenhänge sind [1] und [2] ausführlich dargestellt.

Empfehlung für die Vereinbarung mit dem Nutzer

Bisher ist die Notwendigkeit der Berücksichtigung tieffrequenter Geräuschübertragung im juristischen Sinne nicht bestätigt. Vor diesem Hintergrund ist die Anwendung von Anforderungswerten hinsichtlich der tieffrequenten Schallübertragung noch nicht automatisch als allgemein anerkannte Regel der Technik zu sehen. Dennoch ist im Sinne der Verbesserung des Nutzerkomforts und der Vermeidung von Rechtstreitigkeiten eine Berücksichtigung dringend angeraten. Die Nutzer sollten im Rahmen der Vertragsvereinbarung auch über die Umstände und Auswirkungen der tieffrequenten Geräuschübertragung aufgeklärt werden. Deshalb wird auf Grundlage dieses Dokuments empfohlen, bei der Vereinbarung von Anforderungswerten die Zeilen 4 und 5 in Tabelle 1 zu berücksichtigen. Des Weiteren kann eine verbale Beschreibung dieser Werte in [3] Abschnitt 2 entnommen werden.

3 Ursache tieffrequenter Luftschallübertragung bei Gebäudetrennwänden

Grundsätzlich sind bei 2-schaligen Bauteilen Resonanzeffekte für eine Minderung der

Schalldämmung in einem schmalen Frequenzbereich verantwortlich. Oberhalb der sogenannten Resonanzfrequenz steigt die Schalldämmung jedoch stark an. Darin liegt der große Vorteil mehrschaliger Bauweisen. Durch 2-schalige Bauweise werden oberhalb der Resonanzfrequenz¹ größere Schalldämmmaße erreicht als bei massengleicher 1-schaliger Bauweise.

Bei Holz- und Leichtbauweisen (hier sind Gefachbauweisen gemeint) ist bei der Beplankung ebenfalls der sogenannte Koinzidenzeffekt² zu beachten. Hierbei haben die vorhandene Plattensteifigkeit und die flächenbezogene Masse der verbauten Platten große Bedeutung. Durch den Koinzidenzeffekt kommt es bei Gipsbeplankungen zu einer Minderung der Schalldämmung um und oberhalb von 1500 Hz. Ausführliche Erläuterung zum Resonanz- und Koinzidenzeffekt sind in [3] Abschnitt 3 dargestellt.

Insbesondere im Falle von Gebäudetrennwänden kommt neben den beiden vorgenannten physikalischen Erscheinungen jedoch ein weiterer Effekt zum Tragen.

Dieser Effekt steht im Zusammenhang mit den Platteneigenfrequenzen der Beplankungslagen. Plattenwerkstoffe auf Ständerkonstruktionen schwingen in einer für die Randbedingungen und Materialeigenschaften typischen Weise. Dabei werden an den Rändern Biege-Wellen reflektiert und es kommt zu stehenden Wellen. Die Schwingung kann jedoch nur ganz bestimmte Formen annehmen. Diese Schwingungsformen werden Eigenmoden genannt. Dabei spielen die flächenbezogene Masse m' , die Biegesteifigkeit B' sowie die Abmessungen und die Lagerungsbedingungen der Platte eine

¹ Resonanzfrequenz: Frequenz bei der Amplitude einer Schwingung (Feder-Masse-System) maximal wird. Die Frequenz wird durch die schwingende Masse und die Federsteifigkeit der Verbindung der Massen bestimmt. Oberhalb der Resonanzfrequenz steigt die Schalldämmung eines mehrschaligen Bauteiles stärker an.

² Koinzidenzeffekt: vgl. Spuranpassungseffekt Die projizierte Wellenlänge der Luftschallwelle stimmt mit der BiegeWellenlänge überein. Dadurch findet bei der entsprechenden Frequenz eine erhöhte Schallübertragung statt, siehe auch [3].

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

entscheidende Rolle. Die Eigenfrequenzen können nur Werte in Abhängigkeit von ganzzahligen Vielfachen (Ordnungszahlen n_x , n_y) der Grundfrequenz annehmen. In Gleichung **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** ist ein vereinfachter Zusammenhang die Eigenmode $n_x = 0$ und $n_y = 0$ dargestellt, die „erste Mode“ genannt. Dabei wird für den vorliegenden Fall eine allseitig eingespannte Lagerung an den Plattenrändern unterstellt. Im Vergleich dazu wäre eine gelenkige Lagerung zu nennen. Beide Fälle sind als Grenzfälle zu sehen. Für den Fall von Holztafelgefachen mit Beplankung dürften die tatsächlichen Verhältnisse jedoch näher am eingespannten Fall liegen. Jedoch ist auch zu beachten, dass mit zunehmender, also höherer, Eigenfrequenz der Einfluss der Randeinspannung abnimmt. Nachfolgend soll hierfür beispielhaft die $f_{0,0}$ für eine 15 mm Gipsfaserplatte ermittelt werden.

$$f_{0,0} = \frac{c_0^2}{4l_x^2 l_y^2 f_c} \sqrt{5,14 + 3,13 \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2 + 5,14 \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^4} \quad (1)$$

c_0 Schallgeschwindigkeit der Luft 343 m/s bei 20°C

f_c Koinzidenzgrenzfrequenz der Beplankung
z.B. ≈ 2500 Hz für 15 mm Gipsfaserplatte

l_y Breite von Ständer zu Ständer (Achsraster)
z.B. 0,31 m oder 0,625 m

l_x Höhe der Holztafel Abstand von Schwelle zu Obergurträhm
z.B. 2,65 m mit $l_x > l_y$

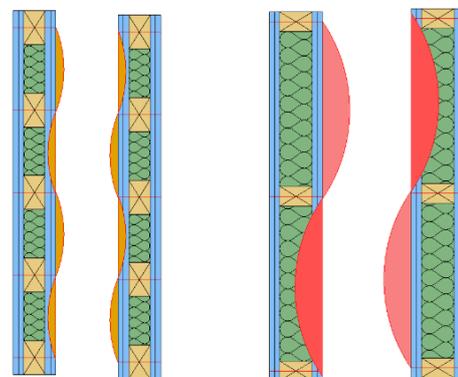
Mit den beispielhaften Daten ergibt sich für eine 15 mm Gipsfaserplatte im eingespannten Fall folgendes Ergebnis:

Raster 62,5 cm: $f_{0,0} = 70\text{Hz} (32\text{Hz})^3$

Raster 31,2 cm: $f_{0,0} = 274\text{Hz} (126\text{Hz})^3$

Mit steigender Koinzidenzfrequenz (geringer Plattendicke) sinkt $f_{0,0}$ weiter ab. Eine weitere Reduzierung von $f_{0,0}$ tritt auf, wenn die Plattenlagerung gelenkig angenommen wird. Damit stellt $f_{0,0}$ im Beispiel die obere Grenze dar. In der Realität dürfte $f_{0,0}$ geringere Werte annehmen, da keine ideale Einspannung an den Plattenrändern vorliegt. Diese ist insbesondere am Plattenstoß der Fall.

In **Abbildung 2** ist $f_{0,0}$ für beide untersuchten Achsraster vergleichend schematisch dargestellt.



$f_{0,0}$ schematisch für Raster 31,25 cm

$f_{0,0}$ schematisch für Raster 62,5 cm

Abbildung 2: Grundsätzlicher Unterschied (vergleichende Betrachtungen) hinsichtlich der Eigenschwingungsformen im Fall des 31,25 cm und des 62,5 cm Raster für die 0,0 Eigenmoden von Platten

In der Regel sind die beiden „Einzelschalen“ einer Gebäudetrennwand beidseits beplankt (Brandschutzanforderungen). Zwischen den beiden Schalen wird in der Regel ein Abstand von 5 – 7 cm ausgeführt. Je näher sich die Platten also kommen umso stärker können diese interagieren. Liegt nun in Wohnräumen eine verstärkte Anregung im Bereich von 50 -100 Hz vor, so wird im Falle des 62,5cm Raster verstärkt Schall übertragen.

In **Abbildung 3** ist dieses Verhalten für die Schalldämmung von Gebäudetrennwänden mit innenseitiger Beplankung (siehe **Abbildung 2**) dargestellt.

Hinweis: In diesem Dokument wurde der Median verschiedener Messungen aus [2] gebildet und mit den 25% und 75% Quantilen in den Grafiken ausgewiesen. Dabei wurden die Ergebnisse in Kategorien zusammengefasst, z.B. Abstand bis 45 mm oder Achsraster 62,5 cm / 31,2 cm. Für die Bildung des Medians wurden Änderungen in der Beplankung oder Sonderkonstruktionen nicht gesondert kategorisiert und dementsprechend zusammengefasst. Die ausgewiesenen 25% und 75% Quantile zeigen die Streuung durch die nicht kategorisierten Parameter. Der statistischen Kennwerte dienen nur der Beschreibung des grundsätzlichen Verhaltens der Wände im Vergleich und können nicht als Gütekriterium für Messungen oder dergleichen herangezogen werden.

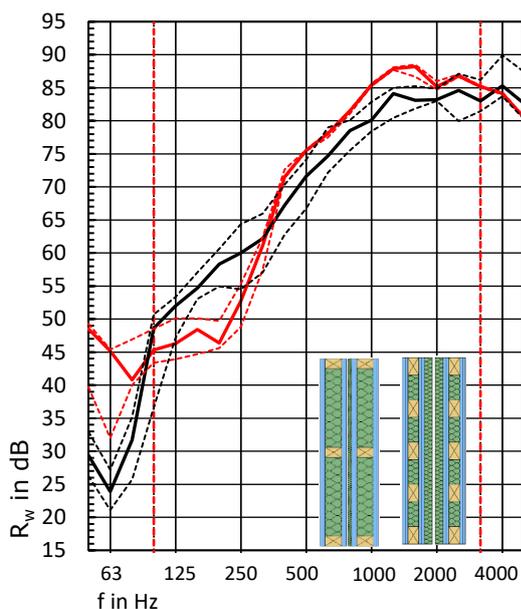


Abbildung 3: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände mit Beplankungen auf der raumabgewandten Seite / rot durchgezogen: Median der Messungen für das Achsraster 31,2 cm / schwarz durchgezogen: Median der Messung für das Achsraster 62,5 cm / jeweils strichliert: 25% und 75% Quantils-Werte der kategorisierten Messungen Quelle: [2]

In **Abbildung 3** kann das Verhalten, welches auf die Eigenschwingungen der Platten zurückzuführen ist, gut erkannt werden. Für das 62,5 cm Raster kommt es in der Terz 63 Hz zu einem drastischen Einbruch der Schalldämmung. Bei

den Messungen für das 31,2 cm Raster hingegen ist der Einbruch einerseits weniger stark ausgeprägt und deutlich in Richtung 125 Hz - 250 Hz verschoben. Dies deckt sich sehr gut mit den Näherungsberechnungen aus obigem Beispiel. Der starke Einbruch beim Raster 62,5 cm um 63 Hz ist auch auf dem oft zu geringen Abstand der Einzelschalen von ca. 50 mm zurückzuführen. Hier liegt die Resonanzfrequenz für die Doppelschalenresonanz ebenfalls um 50 Hz und verstärkt den Effekt dadurch erheblich.

Ein geringer Abstand ohne Dämpfung in der Fuge führt auch bei den Varianten mit 31,2 cm Raster zu einer Absenkung des Schalldämmmaßes rund um die 63 Hz Terz, jedoch nicht derart drastisch (siehe Kurve für 25% Quantil in **Abbildung 3** für das 31,2 cm Raster bei ca. 63 Hz)

Neben einer ungünstigen Lage der ersten Eigenfrequenz der Platte beim Raster von 62,5 cm, verschlechtern also geringe Abstände zwischen den „Einzelschalen“ das Übertragungsverhalten bei tiefen Frequenzen zusätzlich.

Es ist wichtig, dass nicht nur das Achsraster reduziert wird, sondern **auch** der Schalenabstand maximiert wird $d \geq 150$ mm.

4 Forschungsergebnisse – konstruktive Einflüsse auf die Schalldämmung

Die in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Ergebnisse beruhen im Wesentlichen auf den Erkenntnissen aus [1] und [2] sowie auf eigenen Baumessungen bei genannten Wandtypen.

Abstand der einzelnen Wandschalen

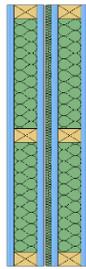
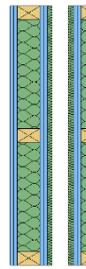
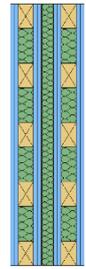
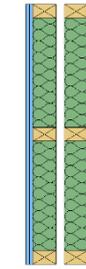
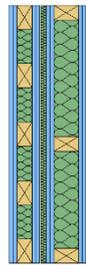
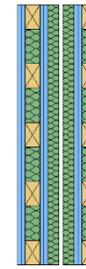
Wie bereits im vorgenannten Abschnitt erläutert, führt ein geringer Schalenabstand zu einer ungünstigen Lage der Resonanzfrequenz als Folge der Doppelschalenresonanz. Der Abstand

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

ist dabei als der kleinste Abstand zwischen zwei „schallharten“ Platenoberflächen zu verstehen. In Tabelle 2 ist grobe schematische Einteilung hinsichtlich des Abstands dargestellt.

Tabelle 2: schematische Darstellung von Abständen

	1	2
	Kleiner Abstand	Großer Abstand
1		
2		
3		

In der Regel wird die Beplankung/-n auf der Seite der Gebäudefuge für den Abstand maßgebend. Ausnahme bilden Konstruktionen, welche auf der Trennfugenseite keine Beplankung besitzen (Zeile 2 / Spalte 2 in Tabelle 2). Hier wird der Abstand quasi durch die gesamte Trennwandbreite vorgegeben. Diese Konstruktionen sind allerdings aus brandschutztechnischer Sicht für Gebäudetrennwände praktisch nicht anwendbar.

Insgesamt sollte der Abstand zwischen den Einzelschalen möglichst groß gewählt werden. Als Untergrenze gilt unabhängig vom Raster 150 mm. Dabei muss der Hohlraum mit ca. 90%

Dämmstoff belegt werden. Fugen **ohne Dämmstoff** sollten unabhängig vom Raster vermieden werden und führen zu einer **starken Minderung** des Schalldämm-Maßes. **Auch gepresste Dämmstoffe in der Fuge sind zu vermeiden.**

Wirkung von Beplankungen auf der Seite der Gebäudetrennfuge

Wie bereits beschrieben wirken sich Beplankungen auf der Seite der Gebäudetrennfuge bei zu geringem Abstand sehr negativ auf die Schalldämmung bei tiefen Frequenzen aus.

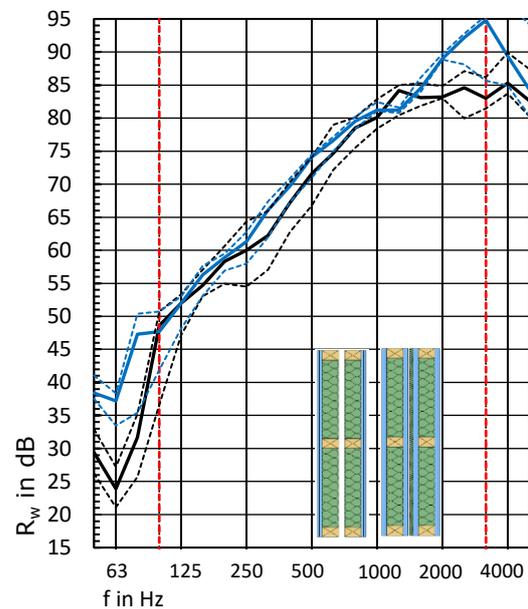


Abbildung 4: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände mit und ohne Beplankungen auf der raumabgewandten Seite / blau durchgezogen: Median der Messungen für Trennwände ohne Beplankung auf der „Trennfugenseite“ / schwarz durchgezogen: Median der Messung für Trennwände mit Beplankung auf der Trennfugenseite mit Achsraster 62,5cm / jeweils strichliert: 25% und 75% Quantils-Werte der kategorisierten Messungen Quelle: [2]

In **Abbildung 4** und **Abbildung 6** ist der Vergleich zwischen Abstand und Achsraster der Einzelschalen gut zu erkennen. In **Abbildung 4** ist bei der blauen Kurve (Wände ohne Beplankung auf der Trennfugenseite) ein kleiner Einbruch bei 63 Hz zu sehen. Dieser ist auf die Platteneigenschwingungen der raumseitigen Beplankungen zurückzuführen. Wird der Abstand

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

verringert, durch das Anbringen von notwendigen Platten auf der „Trennfugenseite“, so verstärkt die Doppelschalenresonanz diesen Effekt.

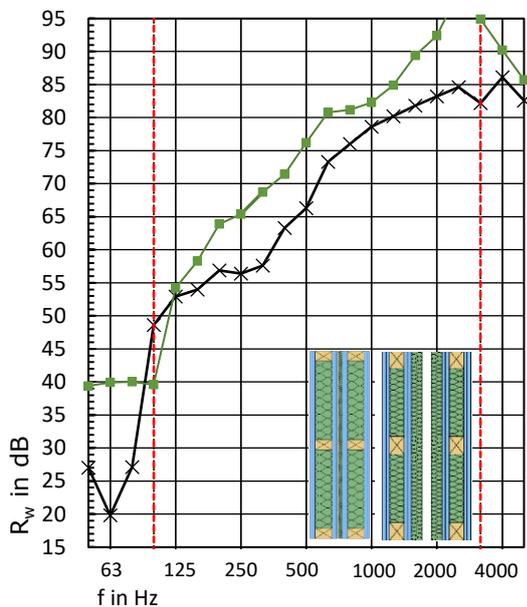


Abbildung 5: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände mit Beplankungen auf der raumabgewandten Seite / schwarz durchgezogen Kreuze: Messungen Raster 62,5 cm mit 45 mm Dämmstoff und 35 mm Abstand der inneren Beplankung auf der „Trennfugenseite“ / orange durchgezogen Rechtecke: Messung für 62,5 cm Raster und 190 mm Abstand mit 150 mm Dämmstoff Quelle: [2]

In **Abbildung 5** zeigt sich, dass bei einem Raster von 62,5 cm mit ausreichendem Abstand die ungünstige Überlagerung der beiden Effekte (Doppelschalenresonanz und Platteneigenfrequenz) auch trotz trennfugenseitiger Beplankung nicht zum Tragen kommt. Der Abstand beträgt hierbei jedoch fast 200 mm.

Zusatzbeplankungen auf der Raumseite und Dämmstoffe

Zusatzbeplankungen auf der Raumseite bringen nur einen geringen Vorteil gegenüber den Effekten, die durch das Achsraster und Abstand der Schalen erreicht werden können. Es sollte aber Gipswerkstoffen der Vorzug gegenüber Holzwerkstoffplatten gegeben werden. In der Regel führen die steifen Holzwerkstoffplatten zu einem eher ungünstigen Verhalten. Wenn

statisch möglich so sollten an dieser Stelle die Beplankungen mit Gipswerkstoffen ausgeführt werden. Die Kombination von Holzwerkstoffen und Gipsbeplankungen sollte nach Möglichkeit vermieden werden. Auch die Anwendung von schweren Holzfaserdämmstoffen anstatt leichter Mineralwolle wirkt sich, wenn brandschutztechnisch möglich, günstig auf das gesamte Übertragungsverhalten aus. Auf die Anordnung von zusätzlichen baugleichen Installationsebenen (symmetrisch) oder Vorsatzschalen auf beiden Gebäudeseiten sollte ebenfalls verzichtet werden.

Achsraster der Gefachständer

In **Abbildung 2** wurde bereits der Unterschied zwischen einem Achsraster von 62,5 cm zu 31,2 cm dargestellt. In **Abbildung 6** ist nun nochmals der Vergleich zu einer Wand ohne trennfugenseitige Beplankung dargestellt.

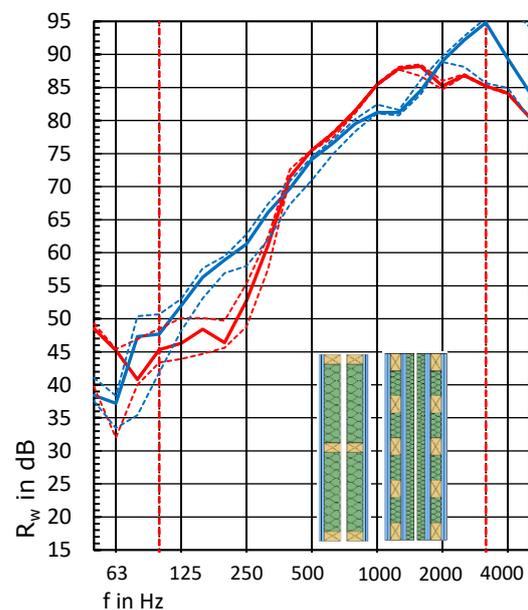


Abbildung 6: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände mit Beplankungen auf der raumabgewandten Seite / blau durchgezogen: Median der Messungen für Trennwände ohne Beplankung auf der „Trennfugenseite“ für das Achsraster 62,5 cm / rot durchgezogen: Median der Messungen für das Achsraster 31,2 cm mit Beplankungen auf der Trennfugenseite / jeweils strichliert: 25% und 75% Quantils-Werte der kategorisierten Messungen Quelle: [2]

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

Auch hier schneidet die Wand mit dem 31,2 cm Raster und „trennfugenseitiger“ Beplankung günstig ab. Allerdings muss auch hier der Abstand zwischen den „schallharten“ Beplankungen groß genug gewählt werden, um die Doppelschalenresonanz nicht in den Bereich von 50 Hz zu bringen.

Insgesamt stellen Gebäudetrennwände in Holzbauweise mit einem Raster von 31,2 cm, unter Beachtung weiterer bautechnischer Bedürfnisse wie Standsicherheit und Brandschutz, einen guten Kompromiss dar. Die bauakustische Leistungsfähigkeit ist speziell im Bereich unter 100 Hz ist stark verbessert, demgegenüber stehen leichte Einbußen im Bereich um 100 Hz – 315 Hz. Diese wirken aber nicht so drastisch wie die Einbrüche, welche bei einem 62,5 cm Raster um 50 Hz zu erwarten sind. Bei reiner Betrachtung der Einzahlwerte für R_w kann der Vorteil des 31,2 cm Raster nicht erkannt werden, da der Frequenzbereich unter 100 Hz außer Acht bleibt.

Flankierende Übertragung Bau- vs. Labormessung

Die normativen Anforderungen an die Schalldämmung werden in den Regelwerken immer an die Trennwand inkl. der flankierenden Übertragung gestellt $\rightarrow R'_w$. Die reine Betrachtung des Bauteils ohne seine Flanken ist demnach nicht zulässig. Allerdings liegen für die vollständige Trennung der flankierenden Wänden im Bereich von Gebäudetrennwänden wenig Daten für die Normflankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ vor. **Die Daten welche vorliegen weisen aber sehr hohe Werte aus.**

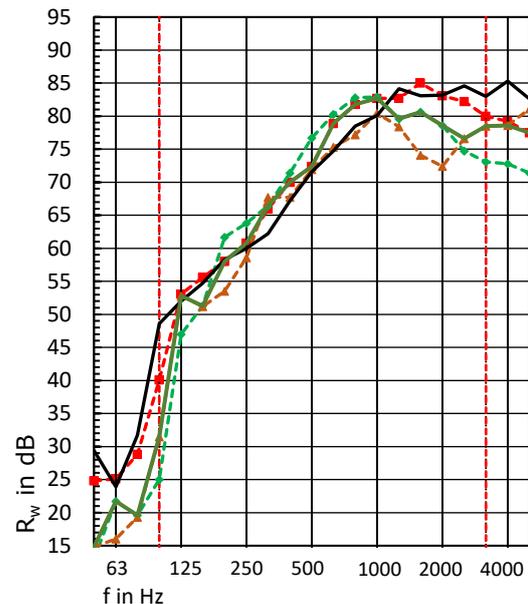


Abbildung 7: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände im Labor und auf der Baustelle / schwarz durchgezogen: Median der Messung für das Achsraster 62,5cm mit „trennfugenseitiger“ Beplankung im Labor / jeweils strichliert: beispielhafte Baumessungen an Gebäudetrennwänden ohne Ausführungsfehler im Raster 62,5 cm und mit „trennfugenseitiger“ Beplankung / orange durchgezogen: Median der Baumessungen Quelle: [2] und eigene Messungen

In **Abbildung 7** sind dem Median der Labormessungen für das Achsraster 62,5 cm verschiedene Baumessungen gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass bei kompletter Trennung der Schalen das Schalldämm-Maß der Trennwand auf der Baustelle fast vollständig ausgeschöpft werden kann. Die flankierende Übertragung wirkt sich bei vollständiger Trennung also nicht allzu stark aus. Es ist aber zu beachten, dass die genauen Aufbauten der Gebäudetrennwände bei der Baumessung nicht eins zu eins mit denen der Labormessung übereinstimmen. Deshalb ist in den Kurven mit Abweichungen zu rechnen. Qualitativ zeigt sich aber eine gute Übereinstimmung im Spektrum des Schalldämm-Maßes.

Auswirkung des anregenden Spektrums

Neben den baulichen Einflussfaktoren ist auch zu beachten, dass die Art der Anregung im Senderaum maßgeblichen Einfluss auf die Störwirkung im Empfangsraum haben kann. Dabei spielt im obigen Kontext die „Betonung“ der tiefen Frequenzen eine große Rolle. Je größer der Anteil tiefen Frequenz ist, umso wichtiger wird auch die Anwendung von Konstruktionen welche günstige Werte im von $R_w + C_{50-5000}$ erreichen ($\geq 62 - 65$ dB). In **Abbildung 8** und **Abbildung 9**, sind typische Wohngeräusche hinsichtlich der Übertragung über die beiden Gebäudetrennwandtypen (62,5 cm vs. 31 cm) vergleichend dargestellt.

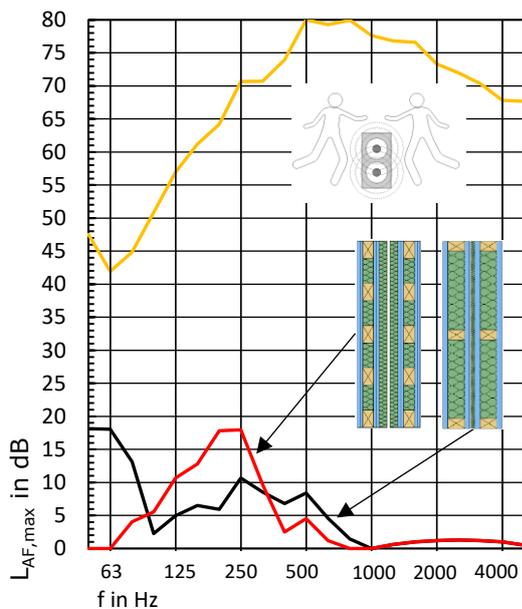


Abbildung 8: schematischer Verlauf des A-bewerteten Pegels (gehörlich) im Empfangs- und Senderaum während einer „Party“ mit Musik / orange durchgezogen: Senderaum Pegel ca. 87 dB A-bewertet / rot durchgezogen: Empfangsraumpegel welcher sich bei einer Wand mit 31 cm Raster einstellen würde Summenpegel: ≈ 23 dB / schwarz durchgezogen: Empfangsraumpegel welcher sich bei einer Wand mit 62,5 cm Raster einstellen würde Summenpegel: ≈ 23 dB

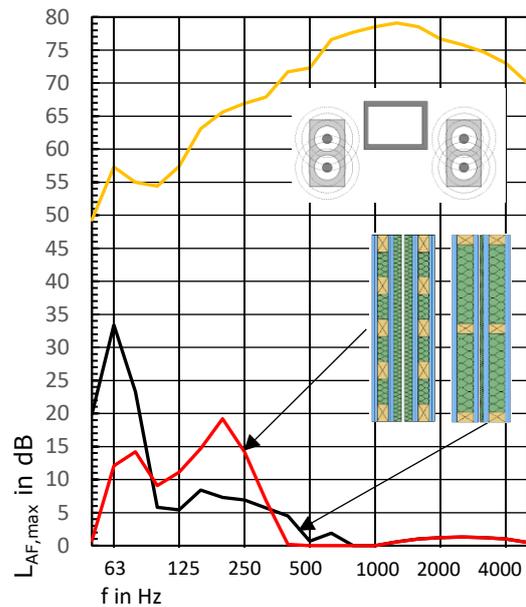


Abbildung 9: schematischer Verlauf des A-bewerteten Pegels (gehörlich) im Empfangs- und Senderaum während des Betriebs einer typischen Heimkinoanlage gemäß [6] / orange durchgezogen: Senderaum Pegel ca. 87 dB A-bewertet / rot durchgezogen: Empfangsraumpegel welcher sich bei einer Wand mit 31 cm Raster einstellen würde Summenpegel: ≈ 23 dB / schwarz durchgezogen: Empfangsraumpegel welcher sich bei einer Wand mit 62,5 cm Raster einstellen würde Summenpegel: ≈ 34 dB

In **Abbildung 8** ist das gehörlich (A-bewertete³) Spektrum einer typischen Partysituation mit Hintergrundmusik dargestellt. Dazu ist der sich einstellende Pegel im Empfangsraum aufgetragen. Dabei wird einmal unterstellt es handelt sich um die „gemittelte“ Wand mit dem Raster 62,5cm und das andere Mal um die Wand mit dem 31,25 cm Raster. Es wird auch hier der gehörlich bewertete Pegel aufgetragen. Im Fall der Party, mit vergleichsweise hohen Pegeln im mittleren Frequenzbereich, kommt es bei der Wand mit dem Raster 62,5cm zu ähnlichen A-bewerteten Summenpegeln wie im Rastermaß 31 cm.

Werden die beiden Wandtypen mit dem Spektrum einer Heimkinoanlage in **Abbildung 9** verglichen so fällt auf, dass sich hier völlig andere

³ A-Bewertung: Eine Bewertung welche die Frequenzempfindlichkeit des Gehörs abbildet. Die A-

Bewertung kommt in vielen Fällen der Wahrnehmung des Gehörs nach.

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

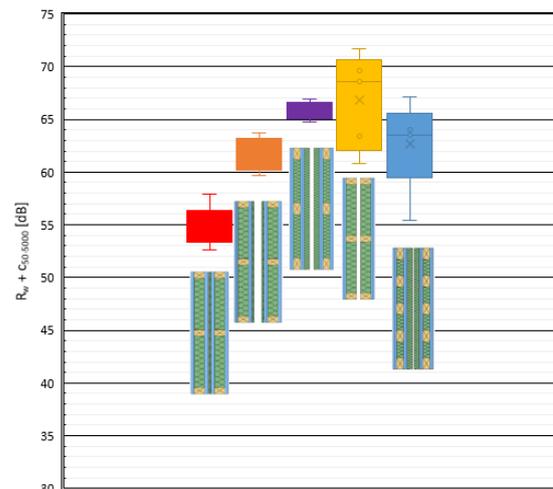
Reihen- und Doppelhaustrennwände

Verhältnisse einstellen. Durch die stärkere Betonung der tiefen Frequenzen im Falle der Heimkinoanlage und dem ungünstigeren Übertragungsverhalten der „62,5 cm Raster Wand“ bei genau diesen Frequenzen stellt sich ein um ca. 10 dB höherer Summenpegel ein. Dies führt zu einer deutlich wahrnehmbaren Verschlechterung für die die Wand im 62,5 cm Raster gegenüber dem Raster mit 31 cm Raster.

Es wird aber auch deutlich, dass sowohl die Bewertung des R_w und des $R_w + C_{50-5000}$ vorzunehmen ist. Ein reines Abstellen auf einen der beiden Werte ist wegen der vielseitig auftretenden Anregungsspektren nicht anzuraten. Deshalb sollte dem Bewertungsschema in [3] gefolgt werden.

5 Ausführungsempfehlungen für den Neubau

Nach den konstruktiven Einflüssen auf die Schalldämmung, ist nun die Frage zu beantworten, wie in der Praxis die Gebäudetrennwände auszuführen sind. In **Abbildung 10** sind die Bereiche der erreichbaren Schalldämmung für $R_w + C_{50-5000}$ ⁴ bei verschiedenen Ausführung gegenübergestellt.



- Raster 62,5 cm / Schalenabstand ≤ 45 mm
- Raster 62,5 cm / Schalenabstand ≤ 150 mm
- Raster 62,5 cm / Schalenabstand ≤ 190 mm
- Raster 62,5 cm / ohne „Innenbeplankung“
- Raster 31,2 cm / Schalenabstand ≈ 165 mm

Abbildung 10: Einzahlwert von $R_w + C_{50-5000}$ verschiedener Gebäudetrennwandausführungen

Es zeigt sich deutlich, dass die höchsten Werte auch für die tieffrequente Übertragung bei Wänden ohne „trennfugenseitige“ Beplankung zu erreichen sind. Dies ist die Folge des entstehenden großen Schalenabstands. Diese Ausführung muss allerdings aus praktischer Sicht verworfen werden, da Anforderungen des Brandschutzes dagegensprechen, siehe nachfolgende Abschnitte. Auch die Anwendung des 62,5 cm Raster mit Schalenabständen von ≈ 200 mm und trennfugenseitiger Beplankung weisen günstige Werte auf. Allerdings steigen die Gesamtwanddicken über bauübliche Maße hinaus und sind aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten schwierig umzusetzen.

Einen vergleichswisen guten Kompromiss erzielen Gebäudetrennwände mit Achsraster 31,2 cm und Schalenabstand von ≈ 170 mm mit

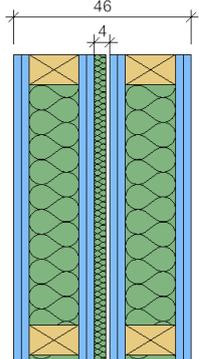
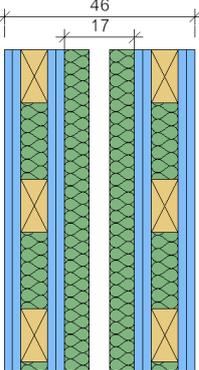
⁴ $C_{50-5000}$: Spektrumanpassungswert Luftschall für das Frequenzband von 50 – 5000 Hz. Dadurch werden tiefe Frequenzen unter 100 Hz in die Bewertung einbezogen. Der Wert wird nach Anhang A in DIN 717-1:05-2021 ermittelt

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

Dämmstoff-füllung. Hierbei kann bei gleichbleibender Wanddicke ein günstiges Übertragungsverhalten auch im tieffrequenten Bereich erreicht werden. In **Tabelle 3** sind zwei Aufbauten vergleichend gegenübergestellt.

Tabelle 3: Vergleich der üblichen Wandaufbauten für den Neubau von Gebäudetrennwänden

	<p>Standardwand mit Achsraster 62,5 cm F90 von außen und F30 von innen / Gesamtwanddicke 460 mm $R_w + C_{50-5000} \approx 53 - 56$ dB</p>
	<p>Standardwand mit Achsraster 31,2 cm F90 von außen und F30 von innen / Gesamtwanddicke 460 mm $R_w + C_{50-5000} \approx 60 - 67$ dB</p>

Für die Konstruktion mit dem Raster von 31,2 cm können die Beplankungslagen in Anzahl und Dicke prinzipiell, wie für das Achsraster 62,5 cm gewählt werden und unverändert bleiben. Die Ständer hingegen werden um 90° gedreht und im Achsabstand halbiert. Durch die Drehung der Ständer bei gleichbleibender Gesamtwanddicke wird der Abstand zwischen den „Einzelschalen“ um den Faktor zwei erhöht ($Höhe_{Ständer} - Breite_{Ständer}$). Wird für den ersten Fall eine Wanddicke von 460 mm mit einem Ständerwerk von 60/140 unterstellt so verbleiben als Abstand zwischen den Schalen ca. 40 - 50 mm. Werden die Ständer auf das Raster 31,2 cm reduziert und um 90° gedreht so erhöht sich der Abstand zwischen den Schalen auf 210 mm.

Sollte dies statisch notwendig sein, so kann die „Schmalseitenbreite“ auf 80 mm erhöht werden und der Abstand zwischen Schalen liegt immer noch bei 170 mm.

Statische Fragestellung hinsichtlich des Achsrasters

Immer wieder wird die statische Tragfähigkeit der „dünnen“ Wände mit 31,2 cm Achsraster in Frage gestellt.

Wenn der oben geschilderte Fall für eine Doppelhaushälfte von 7 x 9 m (Giebelbreite 9,0m Trennwandlänge) mit EG und 1.OG/DG untersucht wird, so können für die EG-Gebäudetrennwand (eine Seite) näherungsweise folgenden Lasten unterstellt werden.

Vertikal:

Eigenlasten	$g_{ver,k}$	7,0 kN/m
Nutzlasten	$q_{ver,k}$	5,0 kN/m

Horizontal

Windlasten	$w_{hor,k}$	4,0 kN/m
Schiefstellungslasten	$g_{hor,k}$	0,5 kN/m

Nachweis 62,5 cm Raster:

Ständer 60/140 mm / e = 62,5 cm / Beplankung statisch: 15 mm Gipsfaser mit Klammerung e = 60 mm / wirksame Scheibenlänge: 6,25 m

Nachweis erfüllt

Scheibenbeanspruchung $\eta = 90\%$

Stabilität $\eta = 40\%$

Nachweis 31,2 cm Raster:

Ständer 140/80 mm / e = 31,2 cm / Beplankung statisch: 15 mm Gipsfaser mit Klammerung e = 60 mm / wirksame Scheibenlänge: 6,25 m

Nachweis erfüllt

Scheibenbeanspruchung $\eta = 90\%$

Stabilität $\eta = 50\%$

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

Es ist anhand eines einfachen Beispiels zu erkennen, dass sich die Forderung nach schlankeren Ständern bei Halbierung der Achsabstände bei einfachen Reihen- und Doppelhäusern erfüllen lässt. Dennoch muss eine Einzelfallprüfung erfolgen.

Hinweis zum Brandschutz an Gebäudetrennwänden

Gebäudetrennwände zwischen Reihen- und Doppelhäusern sind als Gebäudeabschlusswände zu sehen. Damit gilt die Gebäudetrennwand als Sonderfall der Brandwand im Sinne des „§30 Brandwände“ der Muster Bauordnung (MBO). Hierbei wird die Notwendigkeit der Gebäudeabschlusswand und die notwendigen Eigenschaften definiert. Für Reihen- und Doppelhäuser ist in der Regel die Gebäudeklasse 2 der MBO zu unterstellen. Damit regelt §30 MBO im Absatz 3 Nr. 3. Für die Gebäudeabschlusswände folgendes:

„§30 ...Anstelle von Brandwänden sind in den Fallendes Absatzes 2 Nr. 1 bis 3 zulässig ...

(3) Nr. 3 für Gebäude der Gebäudeklasse 1 bis 3 Gebäudeabschlusswände, die jeweils von innen nach außen die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Teile des Gebäudes, mindestens jedoch feuerhemmende Bauteile, und von außen nach innen die Feuerwiderstandsfähigkeit feuerbeständiger Bauteile haben. ...“

Dieser Absatz ist eine Anforderung an Brandwände, daneben gelten weitere Anforderung wie z.B. der notwendige Raumabschluss.

Es wird somit geregelt, dass grundsätzlich brennbare Baustoffe in Gebäudeabschlusswänden der Gebäudeklasse 1-3 zulässig sind. Für diese Wandtypen gilt jedoch der Sonderfall, dass je nach Betrachtungsrichtung unterschiedliche Feuerwiderstände notwendig sind. Von innen nach außen ist in der Regel die Feuerwiderstandsdauer F-30 notwendig (Sonderbauvorschriften bleiben außen vor). Von außen

nach innen jedoch ist die Feuerwiderstandsfähigkeit feuerbeständiger Bauteile erforderlich. Dies ist ein Ausnahmefall, da feuerbeständige Bauteile nur aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen dürfen. Allerdings wird in diesem Fall nur auf die Feuerwiderstandsfähigkeit abgestellt. Damit ist hier regelmäßig die Qualität F-90 B ausreichend. Vor diesem Hintergrund sind entsprechende bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise mit richtungsabhängiger Feuerwiderstandsdauer zu verwenden. Im Kontext dieses Dokuments wird aber nochmals deutlich, dass auf der Trennfugenseite eine Ausführung ohne Beplankung (so wie dies akustisch am günstigsten wäre), nicht umsetzbar ist. Die Beplankung stellt nicht nur die Feuerwiderstandsdauer sicher, sondern auch den geforderten Raumabschluss der Einzelschale und ist deshalb unabdingbar.

Für den Neubau ergeben sich somit folgende Empfehlungen:

- Abstand der Einzelschalen mindestens 150 mm
- ca. 90%-ige Füllung der Trennfuge mit Dämmstoff, welcher für Reihenhaustrennwände geeignet ist (Klasse WTH nach DIN 4108-10)
- Achsraster des Gefachs << 50cm idealerweise 31,2 cm
- Ständerquerschnitt so schlank wie möglich und so groß wie statisch nötig
- Beplankungen möglichst aus Gipswerkstoffplatten anstatt Holzwerkstoffplatten, idealerweise in unterschiedlichen Dicken.

6 Sanierungsmöglichkeiten bestehender Gebäudetrennwände

Für die Fälle, in denen die obigen Konstruktionsregeln nicht umgesetzt wurden, stellen sich Sanierungsmaßnahmen schwierig dar. In **Abbildung 11** sind die Verläufe der Schalldämmung

Bauakustische Besonderheiten von Gebäudetrennwänden in Holzbauweise

Reihen- und Doppelhaustrennwände

für Varianten mit asymmetrisch aufgebauten Wandschalen dargestellt. Dabei ist eine Wandschale mit dem Achsraster 62,5 cm versehen und die andere mit einem geringeren Raster z.B. 31,2 cm bzw. 47 cm.

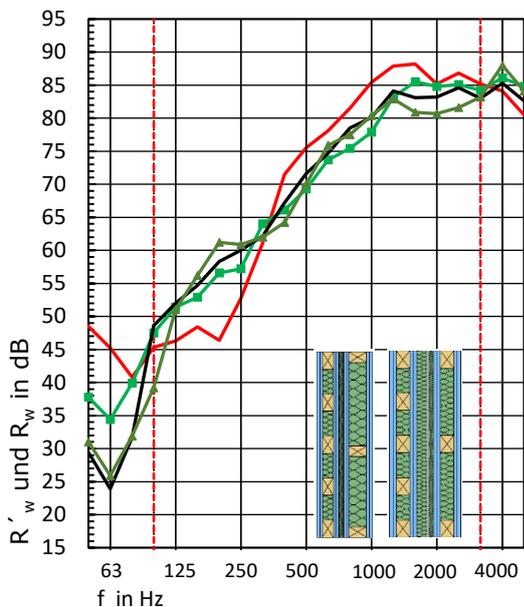


Abbildung 11: Schalldämm-Maß R für Gebäudetrennwände im Labor / schwarz durchgezogen: Median der Messung für das Achsraster 62,5 cm mit trennfugenseitiger Beplankung / rot durchgezogen: Median der Messung für das Achsraster 31,2 cm mit trennfugenseitiger Beplankung / orange durchgezogen mit Dreiecken: asym. Wand 62,5 cm und 45 mm Abstand sowie 2te Wandschale mit Achsraster 31,2 cm / grün durchgezogen Linie mit Quadraten: asym. Wand mit 62,5 cm Raster ca. 200 mm Abstand, 2. Wandschale mit Achsraster 47 cm / beide asym. Wände mit trennwandseitiger Beplankung Quelle: [2]

In **Abbildung 11** ist zu erkennen, dass auch hier ohne ausreichenden Abstand keine Verbesserung des tieffrequenten Übertragungsverhaltens zu erwarten ist. Wird der der Abstand hingegen vergrößert, so stellt sich die Verbesserung näherungsweise hälftig zwischen dem ungünstigen Verhalten des 62,5 cm Rasters und dem Idealfall des 31,2 cm Raster ein. Dies kann nur gelingen, wenn das Ständerwerk der Ursprungs konstruktion tief genug ist. Wenn eine Wandseite bestehen bleiben soll, so kann in diesem Fall die andere Wandschale rückgebaut werden und durch eine schmale Schale mit Raster \ll 50 cm mit rückseitiger Beplankung

aufgebaut werden. Sollte die Wand bzw. eine Wandschale nicht tragend ausgeführt werden, so kann die Wandschale auch durch eine Metallleichtbaukonstruktion geringer Tiefe ersetzt werden.

Für die Sanierung können folgende Feststellung getroffen werden:

- Die nachträgliche Verbesserung des tieffrequenten Übertragungsverhaltens ist nur teilweise umsetzbar.
- Der Abstand zwischen den „schallharten“ Oberflächen der Wandschalen muss maximiert werden bis zu 200 mm. Dies kann durch massive Reduktion des Ständerquerschnitts auf einer Wandschalenseite geschehen.
- Die Wandschalen sollten möglichst asymmetrisch sein (unterschiedlicher Aufbau und Beplankung)
- Das Achsraster sollte auf jeden Fall verschieden vom Achsraster der 2-ten nicht sanierten Wandschale sein

Eine zufriedenstellende Sanierung in Blick auf tiefe Frequenzen ist nur in Ausnahmefällen möglich. Eine Verbesserung der tieffrequenten Übertragung durch Sanierung nur einer Wandschale ist möglich. Die Maßnahmen sind aber mit großem Aufwand und individueller Planung verbunden. Bis dato gibt es nur eine sehr geringe Auswahlmöglichkeit an Wandaufbauten für die Sanierung.

7 Literaturverzeichnis

- [1] F. Holtz, A. Rabold und H.-P. Buschbacher, „Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen Schlußbericht AiF-Vorhaben-Nr.: 12930N,“ AiF und Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH, Rosenheim, 2003.
- [2] F. Holtz, A. Rabold und H.-P. Buschbacher, „Anhang zum Schlußbericht Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen Schlußbericht AiF-Vorhaben-Nr.: 12930N,“ AiF und Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik GmbH, Rosenheim, 2003.
- [3] A. Rabold und A. Blödt, Schallschutz im Holzbau - Grundlagen und Vorbemessung INFORMATIONSDIENST HOLZ, Holzbau Deutschland Institut, 2019.
- [4] DIN 4109-1:01-2018 Schallschutz im Hochbau – Teil 1 Mindestanforderungen, Beuth-Verlag, 2018.
- [5] D. I. f. Bautechnik, „Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB),“ DIBT, Berlin, 2021/1.
- [6] A. Rabold, M. Marxt und U. Schanda, „Geeignete Beurteilungsgrößen für die Luftschalldämmung von Haustrennwänden - Bewertung der Schalldämmung bei üblichen Wohngeräuschen,“ Ernst und Sohn, Berlin, 2023.
- [7] DIN EN ISO 16283-1 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 16283-1:2014 + Amd 1:2017), Beuth Verlag.
- [8] DIN 4109-4 Juli 2016 Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen, Beuth Verlag, Juli 2016.
- [9] NABau, DIN Normausschuß Bauwesen, „DIN 4109-5:2020 Schallschutz im Hochbau - Teil 5: Erhöhte Anforderungen,“ Beuth, Berlin, August 2020.
- [10] e.V., Deutsche Gesellschaft für Akustik, DEGA Empfehlung 103:01-2018 - Schallschutz im Wohnungsbau - Schallschutzausweis, Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., 2018.
- [11] Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., „DEGA BR 101 Die allgemein anerkannten Regeln der Technik in der Bauakustik,“ Deutsche Gesellschaft für Akustik e.V., Berlin, 2011.