

Praktikable Schallschutzlösungen im Holzbau*

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Die Qualität vom Schallschutz im Holzbau hat in den letzten Jahren ein Niveau erreicht, welches mit Baumaterialien höherer Dichte (zB flächenbezogene Masse bei Wandelementen $> 250 \text{ kg/m}^2$) gleichgesetzt werden kann. Wesentlich ist dabei, die Grundlagen für den Schallschutz zu kennen, um die geplanten Bauteilschichten entsprechend den Schallanforderungen richtig zusammzusetzen. Der Schallschutz wird grundsätzlich in zwei Bereiche gegliedert: die Bauakustik, bei der es um die Schallausbreitung zwischen zwei Räumen bzw zwischen innen und außen geht, und die Raumakustik, bei der es sich um die Schallausbreitung innerhalb eines Raumes handelt. Diese Begrifflichkeiten werden immer wieder verwechselt, sind jedoch in den zu ergreifenden Maßnahmen völlig unterschiedlich. Betrachtet man dazu die schalltechnische Wirkung einer abgehängten Decke, einmal mit geschlossener Oberfläche und einmal mit gelochter Oberfläche so kommt man zu folgenden Ergebnissen: Eine geschlossene abgehängte Decke bringt eine bauakustische Verbesserung, je nach Ausführung, von 10 bis 15 dB. Die Lautstärke kann dadurch mehr als halbiert werden. Für die raumakustische Wirkung benötigt es Absorptionsflächen mit zB vielen kleinen Öffnungen (Löchern) in der Deckenfläche. Die Lochungen in der Decke bewirken aber, dass die Verbesserungen für die Bauakustik verloren geht. Das heißt, es muss schon in der Planungsphase entschieden werden, für welche schalltechnischen Anforderungen die abgehängte Decke eingesetzt wird. In diesem Artikel werden Grundprinzipien und praktikable Lösungen beschrieben, die einen qualitätsvollen, hohen Schallschutz im Holzbau gewährleisten.

1.2. Schallschutz – Anforderungen in Österreich

In Österreich ist der Schallschutz in der OIB-Richtlinie 5,¹ in den Bauordnungen und in den technischen Bauvorschriften geregelt. Die Mindestanforderung für den Luftschallschutz (bewertete Standardschallpegeldifferenz $D_{nT,w}$) bei Wohnungstrennwänden und -trenndecken beträgt 55 dB. Für den Trittschallschutz bei Wohnungstrenndecken beträgt der bewertete Standardtrittschallpegel ($L'_{nT,w}$) 48 dB. Die Grundlagen für den Schallschutz, Begriffe, Maßnahmen, Beispiele etc sind in den verschiedenen Teilen der ÖNORM B 8115 zu finden. Als Messnormen im Prüfstand

werden die ÖNORM EN ISO 10140 und bei Baustellenmessungen die ÖNORM EN ISO 16283 verwendet. Zur Bildung eines einfach zu vergleichenden Einzahlwerts (bei 500 Hz) werden Bezugskurven herangezogen, die in der ÖNORM EN ISO 717 festgelegt sind.

2. Schall

2.1. Allgemeines

Der „Schall“ ist ein Sammelbegriff für mechanische Schwingungen mit Frequenzen im Hörbereich des menschlichen Ohres (etwa 16 bis 20.000 Hz). Die elastischen Wellen können sich in Festkörpern (Körperschall), in Flüssigkeiten und in Gasen (Luftschall) ausbreiten. Eine Ausbreitung im Vakuum ist nicht möglich. Der Frequenzbereich für die Bauakustik ist von 100 bis 3.150 Hz. Großteils werden die Messungen im erweiterten Frequenzbereich von 50 bis 5.000 Hz durchgeführt, um auch die Störgeräusche (Stühlerücken etc) unter 100 Hz zu berücksichtigen. Der Höreindruck hat keine lineare, sondern eine logarithmische Beziehung zum Schalldruck. Daher werden alle Schallgrößen als Verhältnis zum Basiszustand angegeben, nämlich als Dezibel (dB), und wären damit eigentlich einheitslos. Eine logarithmische Skalierung (wie 0 dB Hörgrenze und 140 dB Schmerzgrenze) wurde gewählt, damit man nicht immer mit riesigen Zahlen rechnen muss, die auch leichter erklärbar sind.

Das menschliche Ohr nimmt einen Unterschied in der Lautstärke wahr, wenn die Differenz des Schallpegels 3 dB beträgt. Eine Erhöhung oder Verringerung um 10 dB wird als Verdopplung oder Halbierung der Lautstärke empfunden. Die Anregung eines Bauteils durch Luft- oder Körperschall bewirkt in benachbarten Räumen eine Luftschallabstrahlung. Das heißt, sowohl der Luftschall als auch der Körperschall werden vom Menschen als Luftschall wahrgenommen.

2.2. Schallschutz Holzbau – Mehrschaligkeit

Aufgrund der zu geringen Masse bei einschaligen Bauteilen im Holzbau ($< 250 \text{ kg/m}^2$) setzen sich die Elemente immer aus mehreren Schichten **Masse – Feder – Masse** zusammen. Somit wird dem Schall auf seinem Weg zwischen den einzelnen Schichten ein mehrfacher Widerstand entgegengesetzt. Während die Schalldämmung einschaliger

* Dieser Fachartikel ist die zusammengefasste Version zum Skriptum und Vortrag im Rahmen des 44. Fachseminars Bauwesen für Sachverständige und Juristen 2023 in Bad Hofgastein.

Bauteile nur auf deren Masse und Biegesteifigkeit beruht, können im Holzbau durch intelligente, mehrschalige Aufbauten mit entkoppelten Schalen und Hohlraumdämmstoffen gleiche Schalldämmwerte bei deutlich geringeren Massen erzielt werden. Für den Trittschallschutz ist auch bei großen Massen der Baustoffe eine Mehrschaligkeit erforderlich.

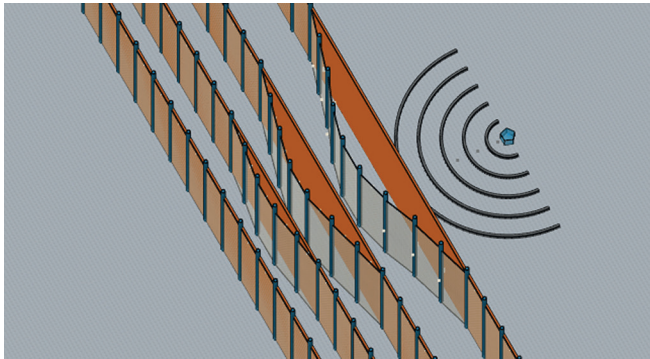


Abbildung 1: Grundprinzipien des Schallschutzes im Leichtbau am Beispiel mehrerer Fangnetze

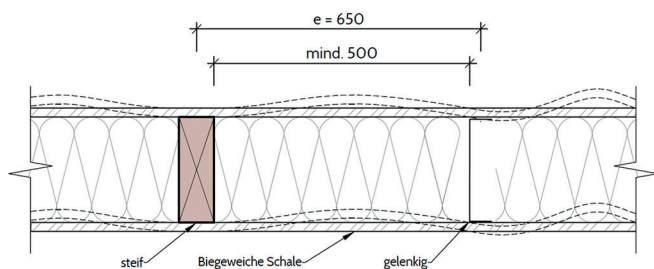


Abbildung 2: Anwendungsbeispiel des Masse-Feder-Masse-Prinzips bei der Holzrahmenbauweise

3. Grundlagen für den Luftschallschutz im Holzbau

3.1. Allgemeines

Bei mehrschaligen Bauteilen im Holzbau beeinflusst der Faserdämmstoff im Hohlraum die Kopplung der einzelnen Schichten und die Schallausbreitung innerhalb des Hohlraumes. Die Schalldämmung mehrschaliger Bauteile hängt von den Eigenschaften jeder einzelnen Schicht sowie vom Zusammenwirken aller Schichten ab. Die Eigenschaften der einzelnen Schichten sind abhängig von ihrer flächenbezogenen Masse und der Biegesteifigkeit. So kann die Schalldämmung durch den Anbau einer Vorsatzschale mit einer biegeweichen Schale und hoher Masse (zB Gipskartonplatte) verbessert werden. Je höher die flächenbezogene Masse der biegeweichen Schale ist, desto größer ist auch das Verbesserungsmaß im tieffrequenten Bereich.

3.2. Was tun mit der Resonanzfrequenz beim Schallschutz?

Das Schwingungssystem eines zweischaligen Bauteils besitzt eine Resonanzfrequenz (f_{res}), bei der die Schall-

schutzqualität stark einbricht. Starke Verbesserung der Schalldämmwirkung wird erreicht, wenn die Resonanzfrequenz außerhalb des bauakustischen Bereichs bei zirka 80 Hz oder niedriger liegt, da die Amplituden kleiner als die Anregung werden. Das ist der schalltechnisch **nutzbare Bereich für doppelschalige Wände** im Holzbau.

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{s' * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2}\right)}$$

Abbildung 3: Resonanzformel; m'_1 = Masse Schale 1; m'_2 = Masse Schale 2; s' = dynamische Steifigkeit

Die Resonanzfrequenz eines zweischaligen Systems ist abhängig von der Masse der zwei Schalen, **dem Abstand zwischen den Schalen** und der dynamischen Steifigkeit der Dämmschicht. Als dynamische Steifigkeit (s') wird der Widerstand einer Feder gegen eine Wechselkraftwirkung bezeichnet. Je geringer die dynamische Steifigkeit ist, desto größer ist das Federungsvermögen. Dass die Resonanzfrequenz 80 Hz oder niedriger ist, kann durch eine geringe dynamische Steifigkeit (weiche Feder), die Erhöhung der flächenbezogenen Massen und den Abstand zwischen den zwei Schalen erreicht werden. Bei der Hohlraumbedämpfung von Wandelementen sollte die dynamische Steifigkeit der Faserdämmung im Bereich der Luftsteifigkeit von 2 bis 5 MN/m³ betragen.

Die bewertete Standardschallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ (dB) kennzeichnet die Luftschalldämmung eines Bauteils zwischen zwei Räumen, wobei neben der Schallübertragung durch den Bauteil selbst auch die Schallübertragung über die angrenzenden (flankierenden) Bauteile (Flankenübertragung bzw Schallnebenwege) berücksichtigt wird.

3.3. Luftschallschutz im Holzbau – Abschätzung des Einzahlwerts

Die dargestellte Berechnung des Bauschalldämmmaßes R_w wird als Abschätzung bezeichnet, weil die am Arbeitsbereich Holzbau der Universität Innsbruck (UIBK) erarbeiteten empirischen Formeln noch nicht Teil einer Norm sind und daher auch nicht als genormtes Berechnungsverfahren gekennzeichnet werden dürfen.

- a. Abschätzung der ersten Schale laut flächenbezogener Masse – Masseformel

$$R_w = 32,4 * \lg m' - 26 \quad \text{für } m' \geq 100 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{ÖNORM B 8115})$$

$$R_w = 39 \text{ dB} \quad \text{für } 57 \text{ bis } 100 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{UIBK})$$

$$R_w = 21,165 * \lg m' + 1,6385 \quad \text{für } m' < 57 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{UIBK})$$

- b. Berechnung der Resonanzfrequenz nach vorgegebener Formel (Abbildung 3)
- c. Berechnung des Verbesserungsmaßes der zweiten Masse (ÖNORM B 8115-4, Tabelle 5)²

ÖNORM B 8115 „Schallschutz und Raumakustik im Hochbau“
 R_w = das bewertete Bau-Schalldämm-Maß

Resonanzfrequenz

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{s' * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2}\right)}$$

dynamische Steifigkeit

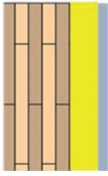
$$s' = \frac{c_L^2 * p_L}{a}$$

Berechnungs-Beispiel Brettsperrholz mit Vorsatzschale:

$m'_1 = 18 \text{ mm OSB – Platte } (10,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$

$s' = 50 \text{ mm Hohlraum bedämpft } (2,22 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3})$

$m'_2 = 100 \text{ mm Brettsperrholzplatte } (45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$



$s' = \frac{340^2 * 1,2}{0,05} * 0,8 = 2,22 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3}$

0,8 => mit 20 % Abminderung bei Hohlraumbedämpfung

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{2219520 * \left(\frac{1}{10,81} + \frac{1}{45}\right)} = 80,3 \text{ Hz}$$

$R_w = 21,165 * \lg 45 + 1,6385$ für $m' = 45 \text{ kg/m}^2 = 37 \text{ dB}$ (UIBK)

Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale aus ÖNORM B 8115-4	Erhöhung ΔR_w des Schallschutzes der Wand mit R_w	Masse der ersten Schale in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \text{dB}$	
		45 kg/m^2 $R_w = 37 \text{ dB}$	11 kg/m^2 $R_w = 24 \text{ dB}$
$f_0 \leq 80 \text{ Hz}$	$35 - R_w / 2 \geq 0$	17 dB	23 dB

a) Brettsperrholz 45 kg/m^2 $R_w = 37 \text{ dB}$ mit einer Vorsatzschale $R_w (37) \text{ dB} + \Delta R_w (17) \text{ dB} \rightarrow$ Verbesserung: $R_w = 54 \text{ dB}$
b) OSB 11 kg/m^2 $R_w = 24 \text{ dB}$ mit Vorsatzschale (Holzrahmenwand) $R_w (24) \text{ dB} + \Delta R_w (23) \text{ dB} \rightarrow$ Verbesserung: $R_w = 47 \text{ dB}$

Abbildung 4: Abschätzung des Luftschallschutzes am Beispiel einer Brettsperrholzwand mit einer Vorsatzschale und einer Holzrahmenwand

4. Trittschallschutz im Holzbau – Abschätzung des Einzahlwerts

4.1. Allgemeines

Beim Trittschall handelt es sich um eine spezielle Form des Körperschalls, der hauptsächlich durch das Begehen, Laufen und Hüpfen auf Deckenelementen entsteht. Das Störgeräusch wird mechanisch direkt in den Trennbauteil eingeleitet und in die benachbarten Räume als Luftschall abgestrahlt. Gemessen wird der Schallpegel im Empfangsraum im Regelfall in 21 Terzfrequenz-Bändern im erweiterten Frequenzbereich zwischen 50 bis 5.000 Hz. Damit das Messergebnis unabhängig von der Ausstattung (zB Möblierung) des Empfangsraumes ist, wird dieses auf einen Raum mit der normierten Nachhallzeit $T_0 = 0,5 \text{ s}$ (möblierter Raum) umgerechnet. Der bewertete Standardtrittschallpegel $L'_{nT,w}$ (dB) kennzeichnet die Trittschalldämmung einer Decke. Die dynamische Steifigkeit s' (MN/m^3),

wie beim Luftschallschutz beschrieben, ist ein entscheidender Parameter für die verwendete Trittschalldämmplatte. Entscheidend für die schalltechnisch richtige Wahl des Aufbaus sind:

Geringe dynamische Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatte ($s' \leq 12 \text{ MN/m}^3$);

Beschwerung der Rohdecke (zusätzliche flächenbezogene Masse von zirka 100 kg);

Massen der Rohdecke bzw des Estrichs.

Die Vorgehensweise für die Abschätzung des Trittschallschutzes ist wie folgt zu führen:

a. Abschätzung der ersten Schale erfolgt anhand der flächenbezogenen Masse und der entsprechenden Masseformel

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 * \lg m' \quad \text{für } m' \geq 200 \text{ kg/m}^2 \text{ (ÖNORM B 8115)}$$

$$L_{n,r,bv,0,w} = 153 - 35 * \lg m' \quad \text{für } m' \geq 100 \text{ kg/m}^2 \text{ (UIBK)}$$

$$L_{n,r,bv,0,w} = 98,5 - 7,78 * \lg m' \quad \text{für } m' \leq 100 \text{ kg/m}^2 \text{ (UIBK)}$$

Die Masse der Rohdecke und die Masse der Schüttung wird als eine Masse betrachtet, wenn die Schüttung direkt auf der Rohdecke aufgebracht wird.

b. Berechnung der Resonanzfrequenz nach der Formel (Abbildung 3)

c. Verbesserungsmaß für den Bodenaufbau, abhängig von der dynamischen Steifigkeit und der Masse vom Estrich (ÖNORM B 8115- 4, Bild 19)

4.2. Flankenübertragung – Schallnebenwege

Eine häufige Ursache für das Nichterreichen der Schallschutzqualität ist die Vernachlässigung bzw die falsche Einschätzung der Schallübertragung durch Nebenwege. Das heißt, der Einzahlwert des gemessenen Schallwerts (ausgenommen flankenfreie Prüfung im Labor) ist die Kombination vom Trennbauteil und allen flankierenden Wand- und Deckenbauteilen.

Das Ausmaß der Nebenwegübertragung ist von der Systemwahl und konkreten Bausituation abhängig. Auch im Bereich der Bauteilverbinding (zB Wand – Decke – Wand) ist die Mehrschaligkeit erforderlich. Bei der Verwendung von Holzrahmenelementen ist dies durch das System gegeben; bei Massivholzelementen (Brettsperrholz) sind zusätzliche Maßnahmen für die Reduktion der Schallweiterleitung erforderlich. Das heißt, dass zusätzlich elastische Entkoppelungslager eingebaut werden müssen, die in Bezug auf die Resonanzfrequenz und der Lasteinwirkung abgestimmt sind. Bei einem Trennbauteil gibt es insgesamt 13 Übertragungswege: ein direkter Schalldurchgang über den Bauteil und jeweils drei Übertragungswege pro Anschlussseite $\rightarrow 1 + 3 * 4 = 13$.

Die schalltechnische Bewertung eines Trennbauteils muss daher immer inklusive aller Schallnebenwege erfolgen. Die Beurteilung der Flankenübertragung ist somit von großer

Bedeutung. Aus diesem Grund sind eine sorgfältige Planung und Ausführung unumgänglich und tragen maßgeblich zur Erreichung eines hohen Schallschutzes bei. Bereits eine einzelne Schallbrücke kann den Schallschutz um mehr als 10 dB verschlechtern.

5. Merkmale für praktikable Schallschutzlösungen im Holzbau

- Der Schallschutz beginnt bei der Planung. Das heißt, dass gleiche Nutzungsräume (Küche – Küche) gegenüberliegend zu den Wohnungstrennwänden angeordnet werden sollen.
- Bauliche Trennung von Wohn- bzw. Nutzungseinheiten: Jede zu schützende Wohn- bzw. Büroeinheit ist von den Nachbareinheiten baulich zu trennen, zu entkoppeln. Das heißt, im Bereich der Trennwände zu anderen Nutzungseinheiten dürfen keine konstruktiven Bauteile durchlaufend sein. Dies gilt sowohl für die vertikale als auch für die horizontale Richtung im Gebäude. Eine Konstruktion mit Durchlaufträgern ist nur dann möglich, wenn auf allen sechs Seiten eines Raumes schalltechnisch richtig abgestimmte Schichten (Vorsatzschale, abgehängte Decke, Bodenaufbau) montiert sind.
- Im Holzbau sind aufgrund der geringen flächenbezogenen Masse für den Schallschutz immer mehrschalige Systeme (Masse – Feder – Masse) notwendig. Dies betrifft sowohl den Bauteil selbst als auch die Bauteilverbindung.
- Für die maximale Schallschutzqualität ist es unumgänglich, dass sich die Resonanzfrequenz außerhalb des bauakustischen Bereichs bei 80 Hz oder tiefer befindet. Dazu sind der passende Schalenabstand, die Biegeweichheit, die flächenbezogene Masse der Schalen und die geringe dynamische Steifigkeit (Feder) zwischen den Masseschichten die wesentlichen Parameter.
- Bei mehrschaligen Wandelementen muss mindestens eine Schale biegeweich sein. Die Hohlräume zwischen den Schalen müssen immer mit Faserdämmstoff bedämpft bzw. ausgefüllt werden. Die dynamische Steifigkeit von leichten Faserdämmstoffen kann wie die Luftsteifigkeit betrachtet und berechnet werden.
- Dämmstoffe, die eine zu hohe dynamische Steifigkeit haben, führen dazu, dass die Resonanzfrequenz im bauakustischen Bereich liegt. Dadurch wird einerseits ein geringeres Verbesserungsmaß erzielt und andererseits, wenn die Resonanzfrequenz über 160 Hz liegt, wird das Schalldämmmaß sogar schlechter als der Grundbauteil (Masse 1) ohne Dämmung. Zwischen der optimalen Abstimmung der Resonanzfrequenz (≤ 80 Hz) von zwei Schalen mit der entsprechenden dynamischen Steifigkeit (zirka 3 MN/m^3) und einer harten Dämmung ($s' = 30 \text{ MN/m}^3$) bei einer Resonanzfrequenz von ≥ 250 Hz kann die Schallqualität um 20 dB variieren, obwohl nur bei einer Schicht die Parameter geändert wurden. Der Unterschied von 20 dB bedeuten eine um viermal höhere Lautstärke.
- Das Verbesserungsmaß von Estrichaufbauten inklusive Trittschalldämmung ist bei Holzdecken im Vergleich zu Aufbauten auf Stahlbetondecken um zirka 7 dB geringer. Das heißt, dass bei einem Verbesserungsmaß von 35 dB auf der Stahlbetondecke bei Holzdecken die Verbesserung nur 28 dB beträgt. Dadurch wird eine schwere Schüttung im Bereich von zirka 100 kg flächenbezogener Masse benötigt, um dies in etwa auszugleichen. Wichtig dabei ist, dass die Masse (Decke und Schüttung) größer ist als die Masse oberhalb der Trittschalldämmung.
- Bei den Bauteilanschlüssen, vertikal und horizontal, im Holzbau gilt dasselbe wie bei den Bauteilen selbst. Auch hier muss auf die Mehrschaligkeit Masse – Feder – Masse geachtet werden.
- Je höher die Schallschutzanforderungen sind, desto wichtiger ist es auch, dass die Bauteile und die Bauteilanschlüsse luftdicht ausgeführt werden. Dies gilt nicht nur für den Holzbau, sondern auch für alle anderen Baumaterialien.

Anmerkungen:

- ¹ OIB-Richtlinie 5: Schallschutz (Ausgabe: April 2019), online abrufbar unter <https://www.oib.or.at/de/oib-richtlinien/richtlinien/2019/oib-richtlinie-5>.
- ² ÖNORM B 8115-4: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen (Ausgabe: 1. 9. 2003).

Korrespondenz:

Assoz. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anton Kraler
E-Mail: anton.kraler@uibk.ac.at