

Praxishandbuch Schallschutz im Holzbau mit wichtigen Erkenntnissen für bewährte Bauweisen

Adrian Blödt
Ingenieurbüro für Bauphysik und
Blödt Holzkomplettbau GmbH
Kohlberg, Deutschland



Praxishandbuch Schallschutz im Holzbau mit wichtigen Erkenntnissen für bewährte Bauweisen

1. Ziel und Inhalt der Schrift

1.1. Zielsetzung

«Holzbau Handbuch Reihe Bauphysik Teil 1 Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Vorbemessung» des INFORMATIONSDIENST HOLZ ist der erste Teil einer dreiteiligen Reihe rund um den Schallschutz im Holzbau. Mit Teil 1 soll Architekten und Holzbauunternehmern die Möglichkeit gegeben werden, bereits in einer frühen Phase der Planung gemeinsam mit dem Bauherrn Zielwerte und Konstruktionen auszuwählen die dem Schall- und Brandschutz gerecht werden. Um dies zu ermöglichen, wurden neben rein akustischen Werten auf brandschutztechnische (www.dataholz.eu) Hinweise gegeben. Grosser Wert wurde bei der Wahl der Aufbauten auf hochfeuerhemmende Bauteile gelegt, um den Zugang zu grösseren Geschosswohnbauten zu ermöglichen. Die Nachweisführung im bauordnungsrechtlichen Sinn wird durch diese Schrift nicht abgedeckt und folgt im geplanten Teil 2 der Schriftenreihe. Durch Messungen am ift in Rosenheim wurden die verfügbaren Bauteildaten im Vergleich zum Bauteilkatalog der DIN 4109-33:2016 erheblich erweitert. Es wurden Decken, Flachdächer/Dachterrassen sowie Aussen- und Trennwände in Holzbauweise, für welche bisher keine Datenvorlagen bauakustisch bewertet. Dabei wurde sowohl die klassische Holztafelbauweise sowie im speziellen auch die Massivholzbauweise betrachtet. Aus diesen Messdaten und den Messdaten weiterer Projekte wurde im Kapitel 6 der Schrift an der HS Rosenheim ein umfangreicher Bauteilkatalog erarbeitet. Zusammen mit den geplanten Folgeschriften entsteht ein umfassendes Schallschutzkompendium für den Holzbau. Mit Teil 1 wird die bauakustische Grundausrichtung eines Bauvorhabens festgelegt, während sich Teil 2 an die bauakustischen Fachleute in der Nachweisführung richtet. Mit Teil 3 wird schliesslich auch der Bestandsbau gewürdigt.

1.2. Inhalt und Aufbau

In Abbildung 1 wird der Aufbau des Teil 1 dargestellt, dabei sind in rot die bemerkenswertesten Neuerungen der Schrift hervorgehoben.

Abschnitt 2:

Im Abschnitt 2 werden rechtliche Grundlagen zur Auswahl des Niveaus für ein Bauobjekt gegeben. Aufgrund der sehr heterogenen Rechtslage und diverser BGH Urteile ist im Schallschutz die Festlegung von Ziel- und Anforderungswerten die erste Pflicht bei der Planung. Dies wird in Abschnitt 2 gewürdigt. Zu diesem Zweck wird auch ein dreistufiges Zielwertkonzept vorgestellt, welches sich an der subjektiven Wahrnehmung von Schall in Wohnbauten orientiert. Dabei war es das erklärte Ziel mit erhöhten Zielwerten auch eine subjektiv wahrnehmbare Verbesserung für die Nutzer zu erzielen, siehe Abschnitt 1.3. Allerdings lassen sich Zielwerte nicht ohne Grundkenntnisse der Bauakustik vereinbaren. Dazu wurden im Abschnitt 2 auch Grundlagen der Bauakustik erläutert. Damit wird es den Planern mit akustisch wirksamen Mitteln ermöglicht, verbindliche und erreichbare Zielwerte zu vereinbaren.

Abschnitt 3:

In Abschnitt 3 werden für die wichtigsten Bauteile die bauakustischen Wirkmechanismen und Verbesserungsmassnahmen dargestellt. Dabei wird in Referenz zu den Erkenntnissen aus den Messungen zu dieser Schrift dargestellt, wie die verschiedenen Bauteiltypen Decke, Wand und Dach bauakustisch bewertet werden können. So wird beispielsweise dargestellt, wie sich das Fehlen der Dämmung im Gefach einer Holzbalkendecke auf deren Trittschallpegel auswirkt. Gleiches gilt für die Art der Abhängung von Unterdecken. Die teilweise überraschenden Ergebnisse der Messungen lassen einen etwas anderen Blick

auf bisher als gesetzt geltendes Wissen zu. Diese Erkenntnisse flossen nun bereits wieder in erste Objekte in der Praxis ein. Die Ergebnisse der Messungen im Labor konnten durch Messungen am Bau bestätigt werden.

INFORMATIONSDIENST

HOLZ

Holzbau Handbuch Reihe

3 Bauphysik

Hauptkapitel

Unterkapitel

Teil 1: Schallschutz im Holzbau: Grundlagen und Vorbemessung	1	Vorbemerkungen	
	2	Grundlagen	Nachweis des Schallschutzes - Vorgehensweise Mindestanforderungen an den Schallschutz Berücksichtigung tiefer Frequenzen Zielwerte im Holzbau Technische Grundlagen der Bauakustik
	3	Konstruktive Einflüsse auf die Schalldämmung	Wände Decken Steildächer Flachdächer
	4	Bauakustische Vorbemessung von Holzbauteilen	Trenndecken Trennwände Trennwände für Doppel- und Reihenhäuser Treppen in Geschößwohnbauten Wohnungseingangstüren Laubengänge und Dachterrassen Balkone Haustechnik und Sanitärgegenstände Außenbauteile
	5	Hinweise für die Bauüberwachung	Falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung Offene Fugen zwischen Dachfläche und Trennwand Hoher Anpressdruck bei Aufdachdämmungen Einbauküchen und Mobiliar
	6	Bauteilkatalog	Decken Flachdächer und Dachterrassen Wände
	Anhang und Literaturverzeichnis		A1 Verbale Beschreibung der Luftschalldämmung A2 Herleitung der Anforderungen an den Trittschall Literaturverzeichnis
	Teil 2: Schallschutz im Holzbau: Nachweisführung		
	Teil 3: Schallschutz im Holzbau: Altbau		

Abbildung 1: Aufbau des Teils 1 der INFORMATIONSDIENST HOLZ Schrift / in roter Schrift sind die wichtigsten Neuerungen dargelegt

Abschnitt 4:

Um den Planern die Möglichkeit zu geben bereits zu Beginn der Entwurfsplanung die richtigen Bauteile zu wählen, wurde sowohl für den Luft-, und Trittschall als auch für den Aussenlärm ein Vorbemessungsverfahren entwickelt. Die Gliederung spiegelt dabei die Bauteile wieder an welche auch in der Normenreihe DIN 4109-1:2016/2018 Anforderungen gestellt sind. Neben einfachen rechnerischen Vorbemessungsverfahren sind auch für Bauteile und Einbauten die nicht durch Rechnung zu beurteilen sind, konstruktive Hinweise enthalten, welche die Arbeit für den Praktiker erleichtern. Parallel zu den rechnerischen Vorbemessungsverfahren sind auch Auswahlmatrizen dargestellt, aus denen für gängige Bauteil – Flanken – Kombinationen das bewerte Luftschalldämmmass und der bewertete Normtrittschallpegel abgelesen werden können. Neu ist, dass die Massivholzbauweise eine deutlich grössere Würdigung erhält als dies bisher im Normenkontext geschah. Dafür wurden auch Erkenntnisse aus anderen Forschungsvorhaben gesammelt und durch die HS Rosenheim in einem Rechenverfahren und dem Bauteilkatalog dargestellt. Daneben werden auch Hinweise zur Ausführung von Flanken im Holzbau gegeben.

Abschnitt 5:

Ergänzend zur Vorbemessung und Planung wurde ein Abschnitt der Bauüberwachung gewidmet. Typische Schwachstellen werden aufgezeigt, um es den Bauüberwachern zu ermöglichen auf kritische Stellen ein besonderes Augenmerk zu legen.

Abschnitt 6:

Der Bauteilkatalog stellt das Herzstück des Handbuches dar. Der bereits in DIN 4109-33:2016 enthaltene Bauteilkatalog wurde um wichtige Bauteile erweitert. Dabei wurde nicht nur der Schallschutz betrachtet, sondern auch brandschutztechnische Aspekte. Dem Anwender werden wichtige Hinweise zum Brandschutz wie Feuerwiderstandsdauer, Kapselung und Literaturquellen zur Brandschutztechnischen Beurteilung dargestellt. Bauteile die bisher in DIN 4109-33:2016 nicht berücksichtigt wurden sind nun dargestellt oder um weitere Aufbauten ergänzt. Dies gilt insbesondere für folgende Bauteile:

- Aussenwände im Massivholzbauweise
- Erweiterung der Trennwände in Massivholzbauweise
- Dachterrassen mit verschiedenen Gehbelägen
- Erweiterung der Flachdächer mit Abdichtung auch in Massivholzbauweise
- Dächer mit Blecheindeckung
- Erweiterung der Holzbalkendecken zusätzlich mit optimiert entkoppelten Unterdecken
- Erweiterung Massivholzdecken mit und ohne Unterdecken
- Systemdecken wie Rippen- oder Hohlkammerdecken
- Beurteilung nachwachsender Rohstoffe als Dämmstoffe im Deckenaufbau

Speziell die Massivholzbauweise erhält die Würdigung, die diese Bauweise bereits im modernen Holzbau einnimmt.

1.3. Ziel- und Anforderungswerte

Für das Handbuch wurde gemeinsam mit den folgenden Verbänden und Institutionen ein Klassifizierungssystem für den Schallschutz entwickelt:

- Holzbau Deutschland
- Holzbau Deutschland Institut
- DHV Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V.
- BDF Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.
- Hochschule Rosenheim
- Studiengemeinschaft Holzleimbau

Für die Planung ist es unerlässlich mit dem Bauherrn vor der Baumaßnahme ein Schallschutzniveau festzulegen. Dabei wird sehr häufig von Mindestschallschutz, mittlerer Art und Güte und erhöhtem Schallschutz gesprochen. Um diesen Abstufungen gerecht zu werden, wird in der Schrift ein dreistufiges Konzept mit den Stufen BASIS, BASIS+ und KOMFORT dargestellt. Neu dabei ist, dass beim Trittschall nun auch die tiefen Frequenzen in die Betrachtung mit einbezogen werden. Gleiches gilt für Reihenhaustrennwände. Dies ist auf die in der Praxis immer wieder vorgebrachten Beschwerden hinsichtlich des «Dröhnens» von Bodenaufbauten sowie Reihenhaustrennwänden zurückzuführen. Dazu wurden zwei Qualitätsstufen die über den Mindestanforderungen der DIN 4109-1:2016/2018 ($\triangleq$ BASIS) liegen mit einem ergänzenden Bauteilkriterium für tiefe Frequenzen versehen. Für die Stufen BASIS+ und KOMFORT sind sowohl für den Trittschallpegel als auch das bewerte Schalldämmmaß von Reihenhaustrennwänden die Spektrumanpassungswerte $C_{1,50-2500}$ und $C_{50-5000}$ anzuwenden, Abbildung 2 Zeile 2 und Zeile 4. Diese Betrachtungsweise ist neu und spiegelt die subjektive Wahrnehmung des menschlichen Gehörs bezüglich Trennbauteilen besser wider. So lassen sich tatsächliche Komfortstandards im Wohnbau erreichen, die dem heutigen Ruhebedürfnis entsprechen, die Beschwerden von Nutzern der letzten Jahre tatsächlich aufgreifen und beseitigen. Dabei sind die Zielwerte nicht nur für den Holzbau anwendbar, sondern sicherlich auch in anderen Bauweisen zielführend.

		Schallschutzniveau		
	1	2	3	4
	Bauteil / Übertragungsweg:	BASIS $\triangle$ DIN 4109-1:2018	BASIS +	KOMFORT
1	Wohnungstrennwand	$R'_w \geq 53\text{dB}$	$R'_w \geq 56\text{dB}$	$R'_w \geq 59\text{dB}$
2	Reihenhaustrennwand	$R'_w \geq 62\text{dB}$	$R'_w \geq 62\text{dB}$ $R_w + C_{50-5000} \geq 62\text{dB}$ 1) 5)	$R'_w \geq 67\text{dB}$ $R_w + C_{50-5000} \geq 65\text{dB}$ 1) 5)
3	Wohnungstrenndecke	$R'_w \geq 54\text{dB}$	$R'_w \geq 57\text{dB}$	$R'_w \geq 60\text{dB}$
4	Wohnungstrenndecke Trittschallpegel	$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$ 3)	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$ $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 50\text{dB}$ 2)	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$ $L_{n,w} + C_{1,50-2500} \leq 47\text{dB}$ 2)
5	Dachterrassen und Loggien mit darunterliegenden Wohnräumen	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
6	Decken unter Laubengängen (in alle Schallausbreitungsrichtungen)	$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
7	Treppenlauf und Treppenpodest	$L'_{n,w} \leq 53\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$	$L'_{n,w} \leq 46\text{dB}$
8	Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109			Anforderungen nach DIN 4109 inkl. Berücksichtigung $c_{tr,50-5000}$ für das opake Bauteil 4)
9	Weitere Bauteile	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-1:2018	nach DIN 4109-5:2019 6)
1) ergänzender Luftschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken 2) ergänzender Trittschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken 3) Sonderregelung nur für Holzbalkendecken nach DIN 4109-33:2016 ansonsten $L'_{n,w} \leq 50\text{dB}$ 4) Für Fensterflächenanteile über 30% gesonderte Betrachtung / reine Bauteilanforderung 5) Anforderung an die Doppelschalenwand / beide Wände 6) nach jeweils gültiger Fassung oder E-DIN 4109-5:2018				

Abbildung 2: 3-stufiges Zielwertsystem für den Holzbau

2. Vorbemessungsverfahren

Mit dem Handbuch soll dem Anwender eine schnelle Vorauswahl von Bauteilen anhand akustischer und brandschutztechnischer Parameter ermöglicht werden. Dies kann auf zweierlei Weisen geschehen. Einerseits durch ein vereinfachtes, auf der sicheren Seite liegendes Rechenverfahren, andererseits durch die Auswahl aus vier Matrizen für gängige Bauteil-Flanken-Kombinationen.

2.1. Vorbemessung

Luftschallschutz

Die Vorbemessung für den Luftschall knüpft an die bereits bekannte Regel « $R_w + 5\text{dB}$ » an. Jedoch wird nun noch der im Rechenverfahren der DIN 4109-2:2016 geforderte Prognoseaufschlag $U_{\text{prog}} = 2\text{dB}$ hinzugefügt.

Vorbemessung:**Bauteil:**

$$R_{w,Bauteil} \geq R'_{w,Zielwert} + 7dB$$

Flanken:

$$D_{n,f,w} \geq R'_{w,Zielwert} + 7dB$$

Für die Flanken kann in der Schrift aus zahlreichen Tabellen deren Bewertung entnommen werden. Diese werden komprimiert in der Schrift dargestellt, ohne diese aus mehreren Regelwerken entnehmen und suchen zu müssen. Die Angabe weiterer Flankenwerte ist für den zweiten Teil der Schrift geplant. Abbildung 3 zeigt beispielhaft einen Auszug aus der Schrift für die Vorbemessung einer Trennwand für die Stufe BASIS+.

	1	2	3	4
	Vorbemessung Trennwände			
	Zielwert	$R'_{w,Zielwert} = 56dB$ / BASIS+	Vorbemessungs- aufschlag = 7dB	63 dB
	Bauteil / Übertragungs- weg:	$R_w / D_{n,f,w}$	Ausführung	Bewertung
1	Bauteil direkt	$R'_{w,Bauteil} = 63dB$		63dB = 63dB → ✓
2	Außenwand- flanke / Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 28 Zeile 1		68dB > 63dB → ✓
3	Treppenraum- flanke / Installationsebene unterbrochen durch Trennwand	$D_{n,f,w} = 68dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 28 Zeile 1		68dB > 63dB → ✓
4	Decke Trennwand unterbricht Unterdecke	$D_{n,f,w} = 67dB$ DIN 4109-33:2016 Tabelle 36 Zeile 8		67dB > 63dB → ✓
5	Boden Trennwand unterbricht Estrich	$D_{n,f,w} = 62dB$ Abschnitt 5.3.1.1 DIN 4109- 33:2016		67dB > 63dB → ✓

Abbildung 3: Beispielhafte Vorbemessung für eine Trennwand in Holztafelbauweise

Trittschallschutz

Für den Trittschallschutz kann die Vorbemessung anhand von Tabellenwerten ohne weitere Berechnung erfolgen. Abbildung 4 zeigt die Auswahltablette des Handbuches. Dabei ist die Vorgehensweise umgekehrt zur üblichen Herangehensweise. Anhand des vereinbarten Zielwertes wird in der Tabelle der maximal mögliche $L_{n,w}$ für das Bauteil in der konkreten Einbausituation angezeigt. Der aus der Tabelle abgelesene Wert ist sodann die Grundlage für die Auswahl einer Deckenkonstruktion in einem Bauteilteilkatalog. In Abbildung 4 ist ein Auswahlvorgang farblich hinterlegt. Die Prüfung des Kriteriums $L_{n,w} + C_{I,50-2500}$ ist jedoch dann noch gesondert durchzuführen.

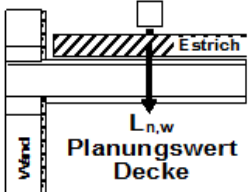
				1	2	3	4	5	
Trittschallvorbemessung für Trenndecken für die Klassen Basis+ und Komfort									
 Planungswert Decke				Holzbalken-decke mit entkoppelter 2-lagiger Unterdecke		Holzbalken-decke entkoppelter 1-lagiger Unterdecke	Holzbalken-decke mit direkter Gips- beplankung 2)	sichtbare Holzbalken- decke	Massivholz- decken
									
				erforderlicher $L_{n,w}$ für das Trennbauteil					
1	Holztafelbau-wand mit HWS und Gipsbe-plankung		Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	
				A	Komfort	4)	4)	4)	
				B	Basis+	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				B	Komfort	$L_{n,w} \leq 34 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
				C	Basis+	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				C	Komfort	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	
2	Holztafelbau-wand mit Gipsbe-plankung		Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 40 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 43 \text{ dB}$	
				A	Komfort	4)	4)	4)	
				B	Basis+	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				B	Komfort	$L_{n,w} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 36 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
				C	Basis+	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$	
				C	Komfort	$L_{n,w} \leq 35 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	
3	Holztafelbau- wand mit HWS Beplankung oder Massivholzwände 3)		Estrichaufbau	A	Basis+	$L_{n,w} \leq 33 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	
				A	Komfort	4)	4)	4)	
				B	Basis+	$L_{n,w} \leq 34 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 38 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 39 \text{ dB}$	
				B	Komfort	4)	4)	4)	
				C	Basis+	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 41 \text{ dB}$	$L_{n,w} \leq 42 \text{ dB}$	
				C	Komfort	4)	4)	4)	
1) Basis+ $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$ und Komfort $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$ / $L_{n,w} + C_{ISO-2500}$ gesonderter Nachweis 2) Hier auch Gipsbeplankungen auf Holzlattung ohne weitere Entkopplungsmaßnahmen 3) Auch direkt Beplankte Massivholzwände 4) Besondere Maßnahmen erforderliche siehe Abschnitt "Konstruktive Einflüsse auf die Flankenübertragung bei Balkenlagen"									
A		ZE/WF: Zementestrich oder Gussasphalt auf Holzfaser- Trittschalldämmplatten							
B		ZE/MW: Zementestrich oder Gussasphalt auf Mineralfaser- oder EPS Trittschalldämmplatten							
C		Trockenestrich auf Mineralfaser-, EPS- oder Holzfaser- Trittschalldämmplatten							

Abbildung 4: Auswahltabelle für die Vorbemessung des Trittschallpegels von Holzdecken in den Klassen BASIS+ und KOMFORT

Aussenlärm

Analog zu den Vorbemessungsverfahren für Luft- und Trittschall wurde auch ein einfaches Vorbemessungsverfahren für den Aussenlärm dargestellt. In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind zwei Diagramme dargestellt, mit Hilfe derer die Auswahl von Aussenbauteilen durchgeführt werden. So kann in 4 Schritten und mit Hilfe von zwei Diagrammen für einfache Raumsituation mit einer lärmbelasteten Fassade die Wahl von Fenstern und Aussenbauteilen geschehen. Das Ziel ist es nicht einen Nachweis im Sinne der DIN 4109-2:2016/2018 zu ersetzen. Vielmehr soll dem Planer die Möglichkeit gegeben werden, mit möglichst geringem Aufwand die Aussenlärmsituation bewerten zu können. Dies hat in der Praxis sehr grosse Bedeutung, da der Kosteneinfluss schalldämmender Fenster auf die Bau-somme einen beträchtlichen Anteil erreichen kann. Für Planer ist es deshalb bereits in der Entwurfsphase wichtig, den grundlegenden Fenster- und Wandtyp richtig zu wählen. Einen detaillierten Nachweis kann das Verfahren nicht ersetzen. Es dient einer schnellen einfachen Vorbemessung für einfache Fragestellungen.

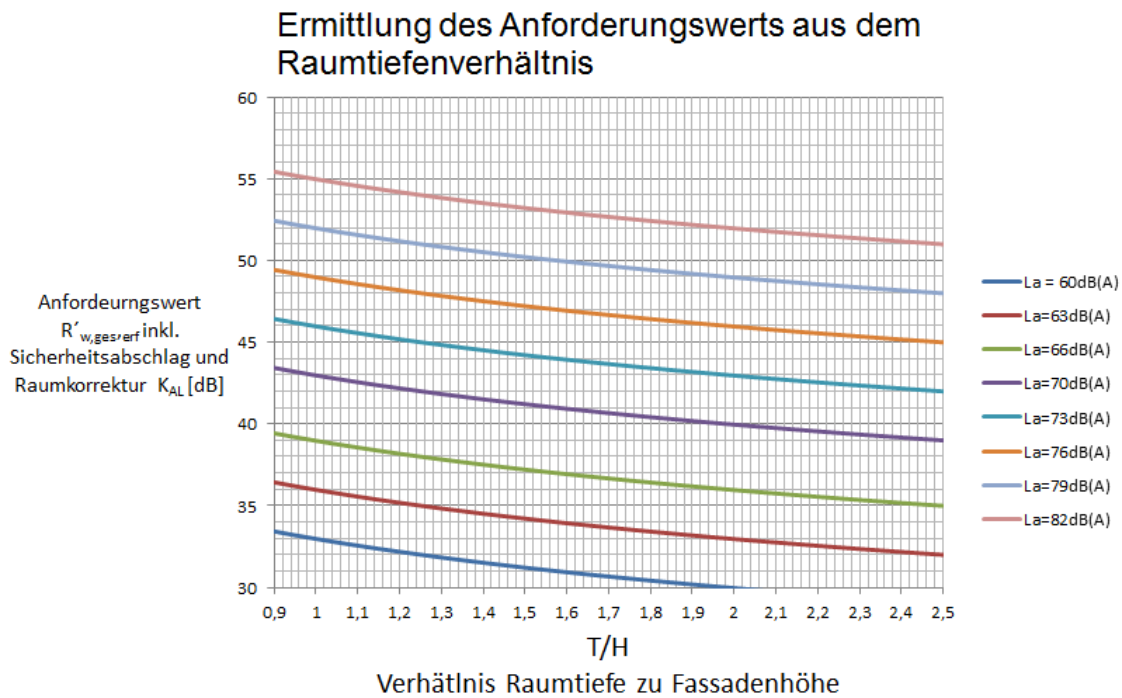


Abbildung 5: Diagramm aus dem Schallschutzhandbuch für den Aussenlärm für die Abhängigkeit zur Raamtiefe (Referenz zu K_{AL} aus DIN 4109)

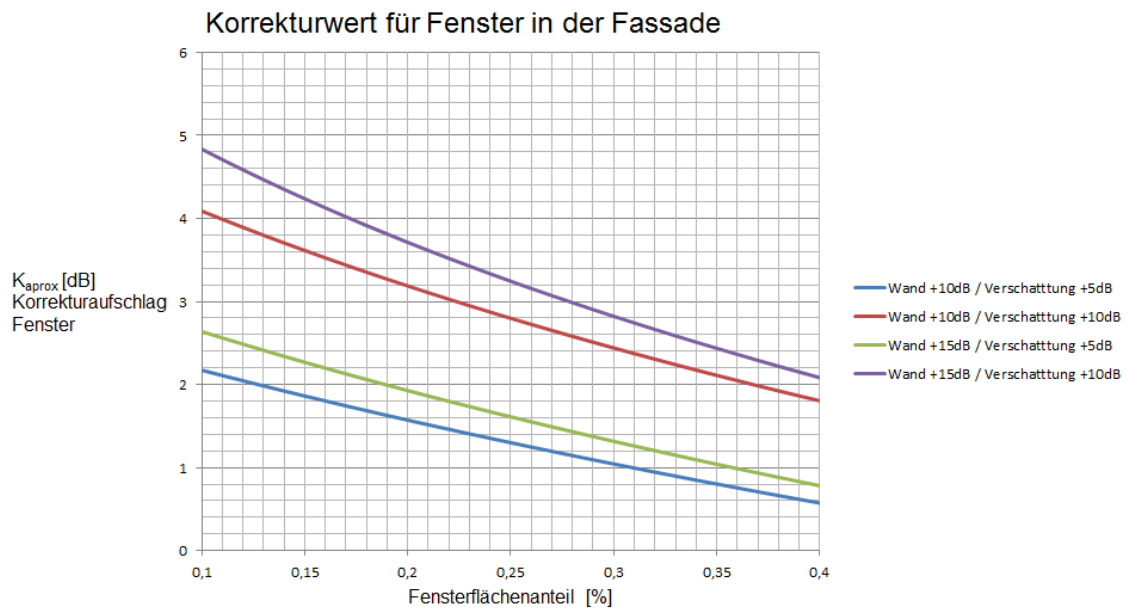


Abbildung 6: Diagramm aus dem Schallschutzhandbuch für den Aussenlärm mit dem Approximationssummanden

Vorbemessung durch Matrizen:

Neben dem Rechenverfahren stehen dem Anwender auch Bemessungsmatrizen zur Verfügung. Dabei sind folgende Bauteile durch die Matrizen erschlossen worden:

- Holztafelwände mit flankierenden Leicht- und Holzbauwänden und Decken in Massivholzbauweise
- Massivholzwände mit flankierenden Massivholzbauweisen sowie Leicht- und Holztafelbauwänden (Auszugsweise in Abbildung 8)
- Holzbalkendecken im Holztafelbaugebäuden mit 4 seitig unterschiedlicher Flankensituation (Auszugsweise in Abbildung 7)
- Massivholzdecken in Holztafelbaugebäuden und in Massivholzgebäuden und mit 4 seitig unterschiedlicher Flankensituation

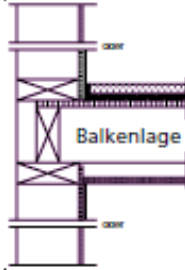
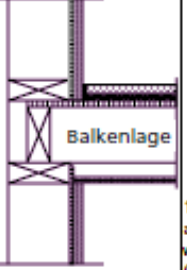
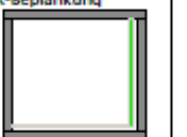
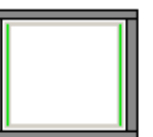
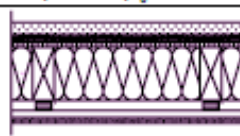
		1	2	3	4	
$L'_{n,w}$ und R'_w für verschiedene Holzbalkenlagen- und Wandkombinationen ¹⁾						
Wand- und Stoßstellenausbildung Deckenausbildung		Holztafelbauwände mit HWS + GK- oder 1-lagig GF-Beplankung 	Holztafelbauwände innenseitig mit 2 x 18 mm GF-Platte, K₂60 ³⁾ 	Holztafelbauwände innen mit Vorsatzschale oben und unten $\Delta R_w \geq 5 \text{ dB}$ ²⁾ 		
		Balkenlage 	Balkenlage 	1-seitige Vorsatzschale auf 2 Raumseiten, weitere Raumseiten mit Gipsfaser oder HWS + GK-Beplankung 	1-seitige Vorsatzschale auf 4 Raumseiten 	
1	 Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 15: - $\geq 50 \text{ mm}$ ZE - $\geq 30 \text{ mm}$ TS-Dämmung mit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ - $\geq 90 \text{ kg/m}^3$ Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit $2 \times 12,5 \text{ mm}$ GKF, $f_0 < 30 \text{ Hz}$	$L_{n,w} \leq 32 \text{ dB}$ $C_{l,50-2500} = 14 \text{ dB}$ $R_w = 82 \text{ dB}$	$L'_{n,w} < 48 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$ $R'_w > 60 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 46 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$ $R'_w > 65 \text{ dB}$ KOMFORT	$L'_{n,w} < 47 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$ $R'_w > 62 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 44 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$ $R'_w > 67 \text{ dB}$ KOMFORT
2	 Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 17: - $\geq 50 \text{ mm}$ ZE - $\geq 30 \text{ mm}$ TS-Dämmung mit $s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$ - entkoppelte Unterdecke mit $2 \times 12,5 \text{ mm}$ GKF, $f_0 < 20 \text{ Hz}$	$L_{n,w} \leq 37 \text{ dB}$ $C_{l,50-2500} = 12 \text{ dB}$ $R_w = 82 \text{ dB}$	$L'_{n,w} < 48 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 49 \text{ dB}$ $R'_w > 60 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 47 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 49 \text{ dB}$ $R'_w > 65 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 47 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 49 \text{ dB}$ $R'_w > 62 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 44 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 49 \text{ dB}$ $R'_w > 67 \text{ dB}$ BASIS+
3	 Kapitel 6, Tabelle 27, Zeile 27: - $\geq 22 \text{ mm}$ TE - $\geq 30 \text{ mm}$ TS-Dämmung mit $s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$ - $\geq 90 \text{ kg/m}^3$ Schüttung - entkoppelte Unterdecke mit $2 \times 12,5 \text{ mm}$ GKF, $f_0 < 30 \text{ Hz}$	$L_{n,w} \leq 34 \text{ dB}$ $C_{l,50-2500} = 16 \text{ dB}$ $R_w = 80 \text{ dB}$	$L'_{n,w} < 45 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 50 \text{ dB}$ $R'_w > 60 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 44 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 50 \text{ dB}$ $R'_w > 65 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 45 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 50 \text{ dB}$ $R'_w > 62 \text{ dB}$ BASIS+	$L'_{n,w} < 42 \text{ dB}$ $L_{n,w} + C_{l,50-2500} = 50 \text{ dB}$ $R'_w > 67 \text{ dB}$ BASIS+
¹⁾ Trennbauteilfläche $> 10,0 \text{ m}^2$ / lichte Raumhöhe $\leq 2,60 \text{ m}$, alle Flanken gleich hoch; quadratischer Raumgrundriss ²⁾ Vorsatzschale mit $\Delta R_w \geq 5 \text{ dB}$ z.B. Installationsebene; bauakustische Bemessung der Vorsatzschale ist erforderlich (Verbesserung geg. Spalte 1) ³⁾ Verbesserung von $2 \times 18 \text{ mm}$ GF gegenüber Beplankung mit $1 \times 12,5 \text{ mm}$ GF $\Delta R_w \geq 3,5 \text{ dB}$						

Abbildung 7: Auszugsweise Bemessungsmatrix für Holzbalkendecken mit verschiedenen Wandkombinationen

R'_w für verschiedene Massivholztrennwand-Flankenkombinationen					
Wandbauteil 1)					
Flankenkombination		Tabelle 8 Zeile 3 2x MH-Wand 90mm mit je 2 x 12,5mm GKF und 60mm gefülltem Schalenabstand GKF $R_w = 61dB$	Tabelle 8 Zeile 1 MH-Wand 75mm und freistehende Vorsatzschale mit 2 x 12,5mm GKF $R_w = 62dB$	MH-Wand 140mm 2x18mm GF beidseits freistehende Vorsatzschale mit 2 x 12,5mm GF $R_w = 67dB$	100mm MH Wand / 50mm MW +10mm Trennung / 90mm MH Wand / 60mm Lattung auf Schwingbügel 12,5mm GKF $R_w = 67dB$
Massivholzdecke sichtbar mit Trennschnitt über Wand 2)		$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 48dB$	$R'_w \geq 54dB$	$R'_w \geq 57dB$
Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3)		$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 48dB$	$R'_w \geq 54dB$	$R'_w \geq 57dB$
Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand 4)		BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS	BASIS+
Kopplungstyp 1: mit unterbrochener MH-Wand 4)		BASIS+	Mindestanforderung nicht eingehalten	BASIS	BASIS+
Massivholzdecke sichtbar mit Trennschnitt über Wand 2)		$R'_w \geq 55dB$	$R'_w \geq 54dB$	$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 57dB$
Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3)		$R'_w \geq 55dB$	$R'_w \geq 54dB$	$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 57dB$
Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w} = 68dB$		BASIS	BASIS	BASIS+	BASIS+
Kopplungstyp 5: Holztafelwand mit getrennter Beplankung $D_{n,f,w} = 61dB$		BASIS	BASIS	BASIS+	BASIS+
Massivholzdecke + 2x 12,5 GF Beplankung getrennt mit Trennschnitt über Wand 6)		$R'_w \geq 57dB$	$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 59dB$	$R'_w \geq 60dB$
Massivholzdecke Estrich getrennt Wand auf Decke 2)3)		$R'_w \geq 57dB$	$R'_w \geq 56dB$	$R'_w \geq 59dB$	$R'_w \geq 60dB$
Kopplungstyp 4: Holztafelwand mit getrennter Installationsebene $D_{n,f,w} = 68dB$		BASIS+	BASIS+	BASIS+	KOMFORT
Kopplungstyp 6: Kreuzstoß mit Trocken- oder Holztafelwand $D_{n,f,w} = 67dB$		BASIS+	BASIS+	BASIS+	KOMFORT
1) Trennbauteilfläche > 10,0m² / lichte Raumhöhe ≤ 2,60m $\rho_{GKF} = 800kg/m^3$ / $\rho_{HOLZ} = 450kg/m^3$ / $\rho_{GF} = 1150kg/m^3$ Das Berechnungsverfahren beruht auf aktuellen Forschungsergebnissen und ist bisher nicht normativ festgelegt 2) Mindestbeschwerung durch Schüttung ≈ 90kg/m² Massivholz $d_{min} = 140mm$ $m' = 153kg/m^2$ $R_w = 54dB$ (aus Messung) 3) $\Delta R_{w, Estrich} \geq 14dB$ 50mm ZE auf Mineralfaser 4) 90mm MH + 2 x 12,5 GKF $m' = 61kg/m^2$ / GKF od. GF Beplankung nicht durchlaufend 5) $\Delta R_{w, VS} \geq 16dB$ freistehend mit 1x12,5mm GKF Abstand 70mm 6) Sonderdeckenausführung nach Detail $\Delta R_w \geq 3dB$ + 2x12,5GF direkt beplankt sonst wie 2) Beplankung HWS oder GK Wand oder Deckenkörper Estrichaufbau Trocken oder Nass Trennung der Ebenen					

Abbildung 8: Verkürzte Bemessungsmatrix für Massivholzwände in verschiedenen Einbausituationen

Dabei wurden in den Matrizen folgende Neuerungen berücksichtigt:

- Unterschiedliche Flankensituation je Wandseite bei der Berechnung des Trittschallpegels (nicht nur die ungünstigste Situation wie in DIN 4109-2:2016/2018 dargestellt)
- Berücksichtigung von Elastomeren als Zwischenlage bei Massivholzkonstruktionen
- Bauakustische Werte für die Massivholzbauweise und der dazugehörigen speziellen Flankenausbildungen

Durch die Matrizen ist eine schnelle Auswahl von Bauteilen in praxistypischen Einbausituationen möglich. Die Matrizen beziehen sich immer auf ungünstige Geometriesituationen (Trennbauteilfläche $S_s = 10,0m^2$) und liegen damit auf der sicheren Seite.

3. Messergebnisse und neue Erkenntnisse

In Abbildung 9 ist auszugsweise die Vorgehensweise für die Messung von Holzbalkendecken dargestellt. Es wurde durch Parametervariation eine gezielte Untersuchung der massgeblichen Einflussparameter auf den bewerteten Normtrittschallpegel von Holzbalkendecken ermöglicht. Während der Messserie wurden auch neue, optimierte und praxistaugliche Abhängesysteme für Unterdecken getestet.

Holzbalkendecken

Balkenraster 833mm	Variation der Estrichmasse von 120 kg/m ² - 180kg/m ²	
	Einfluss der Abhängung mit Federschiene und oder Befestigungsdips bei einlager Beplankung	
	Verbesserung durch Schüttungen bei einlager Beplankung	
Balkenraster 625mm	Variation der Dämmstoffe im Balkengefach / Dichte 15kg/m ² und 34 kg/m ² / Art der Einbringung Volle Befüllung, keine Befüllung und U-förmige Befüllung	
	Variation der Trittschalldämmung mit 2-lagiger Unterdecke Steinwolle im Vergleich zu Glaswolle	
	Variation der Unterdeckeneigenfrequenz bei 1-lagigen Unterdecken unterschiedlicher flächenbezogener Massen	
	Variation der Unterdeckeneigenfrequenz in Verbindung mit schweren Unterdecken / Optimierung des Trittschallpegel bei tiefen Frequenzen Messungen mit neuen Abhängesystemen / Suche nach optimal Systemen	K₂₆₀ Deckenvarianten

Abbildung 9: Grundsätzliches Messablauf für die Holzbalkendecken

Neben den Deckenmessungen wurden folgende Messserien durchgeführt und im Bauteilkatalog dargestellt:

Wandmessungen:

- Massivholzaussenwände mit WDVS
- Trennwände in Holztafelbauweise mit freistehenden Vorsatzschalen oder direkt beplankten Vorsatzschalen

Flachdächer und Dachterrassen:

- Holzbalkendecken mit Plattenbelägen in Splitt
- Holzbalkendecken mit Holzrosten
- Massivholzdecken mit Plattenbelägen in Splitt
- Massivholzdecken mit Holzrosten
- Hohlkasten und Sonderdecken
- Dachvarianten mit Blechdächern und Dachabdichtung

Aus parallel durchgeführten Forschungsvorhaben flossen Daten für Massivholzdecken und die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen als Dämmstoff ein.

In Abbildung 10 sind auszugweise Ergebnisse der Messung für Dachterrassen dargestellt. Diese waren im Bauteilkatalog der DIN 4109-33 nur teilweise und für Massivholzdecken gar nicht vorhanden.

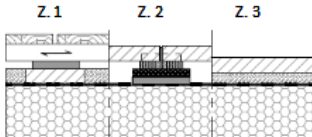
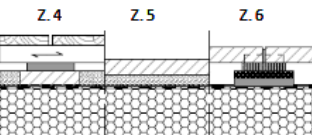
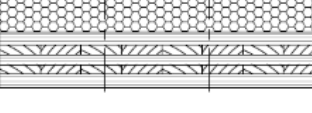
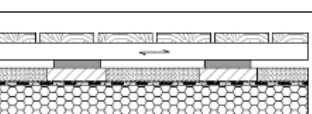
Sp.	1	2	3	4	5		
Z.	Bauteil	Dicke in mm	Grundbauteil	Dicke in mm	Aufbau	$L_{n,w}$ ($C_{1,50-2500}$)	R_w ($C_{27,50-5000}$)
1		≥ 140 EPS 035 DAA dh ≥ 25 Holzwerkstoffplatte ≥ 220 Balken 80/220, $e \geq 625$ mm ≥ 40 Hohlraumdämpfung ≥ 28 Federschiene, $e \geq 500$ mm $12,5$ Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m ²		26 Belagbretter 44 Lattung, $e \geq 520$ mm 12 Baulager, $f_0 \leq 20$ Hz $e \geq 660 \times 520$ mm 40 Splitt, $m' \geq 60$ kg/m ² Betonplatten unter Baulager 1,5 Dachbahn		31* (19)	64* (-16)
2				40 Betonplatten 40 Stelzlager 12 Baulager, $f_0 \leq 20$ Hz 1,5 Dachbahn		38* (20)	52* (-13)
3				40 Betonplatten 30 Splitt, $m' \geq 40$ kg/m ² 1,5 Dachbahn		44* (5)	70* (-19)
4		≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Brett- schichtholz $m' \geq 68$ kg/m ²		26 Belagbretter 44 Lattung, $e \geq 520$ mm 12 Baulager, $f_0 \leq 20$ Hz $e \geq 660 \times 520$ mm 40 Splitt, $m' \geq 60$ kg/m ² Betonplatten unter Baulager 1,5 Dachbahn		45* (4)	51* (-6)
5				40 Betonplatten 30 Splitt, $m' \geq 40$ kg/m ² 1,5 Dachbahn		58* (2)	53* (-6)
6				40 Betonplatten 40 Stelzlager 12 Baulager, $f_0 \leq 20$ Hz 1,5 Dachbahn		52* (1)	38* (-5)
7		≥ 200 EPS 035 DAA dh ≥ 140 Brettsperrholz/Brett- schichtholz $m' \geq 68$ kg/m ² ≥ 60 Mineralwolle auf CD Profilen 90 Direktschwingabhängiger $e \geq 750 \times 500$ mm, $f_0 \leq 28$ Hz CD Profil $e \geq 500$ mm $12,5$ Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m ² $12,5$ Gipsplatte, $m' \geq 10$ kg/m ²		26 Belagbretter 44 Lattung, $e \geq 520$ mm 12 Baulager, $f_0 \leq 20$ Hz $e \geq 660 \times 520$ mm 40 Splitt, $m' \geq 60$ kg/m ² Betonplatten unter Baulager Dachbahn 1,5		31* (23)	72* (-26)

Abbildung 10: Auszug aus dem Bauteilkatalog für Dachterrassen

3.1. Die Entkopplung der Unterdecke als Auslegungsparameter

Über Jahrzehnte hinweg hat es sich als probates Mittel erwiesen, Holzbalkendecken durch eine Beschwerung in Verbindung mit einer Unterdecke hinsichtlich des Trittschalls zu verbessern. Tatsächlich ist es unumstritten, dass der bewertete Normtrittschallpegel durch beide Massnahmen erheblich verbessert wird. Wird jedoch das erweiterte Frequenzspektrum ab 50 Hz beginnend durch den $C_{1,50-2500}$ ergänzend betrachtet, so ist durch eine Zusatzbeschwerung erstaunlicherweise keine wesentliche Verbesserung zu erwarten. Für die Verbesserungen war es bisher üblich mehr Masse auf die Decke zu bringen, was zu statischer Zusatzlast führt. Dies führt zu Mehrkosten durch eine zusätzliche Bauteilschicht sowie durch die grössere statische Belastung.

In Abbildung 11 ist zu sehen, dass die Beschwerung für die Minderung der tieffrequenten Trittschallübertragung keine Verbesserung bringt. Wird dagegen die Masse und die Federungseigenschaft der Unterdecke verändert, tritt eine Verbesserung im Frequenzbereich unter 100 Hz ein, siehe Abbildung 12. Die Eigenschaften wurden im Zuge der Messserien für das Handbuch explizit untersucht und mit praxistauglichen Konstruktionen belegt.

Dabei wurde für die Messungen ein optimierter Abhänger entwickelt, welcher speziell die tiefen Frequenzen anspricht und gleichzeitig dem Vorfertigungsgedanken der Holzbauweise entspricht.

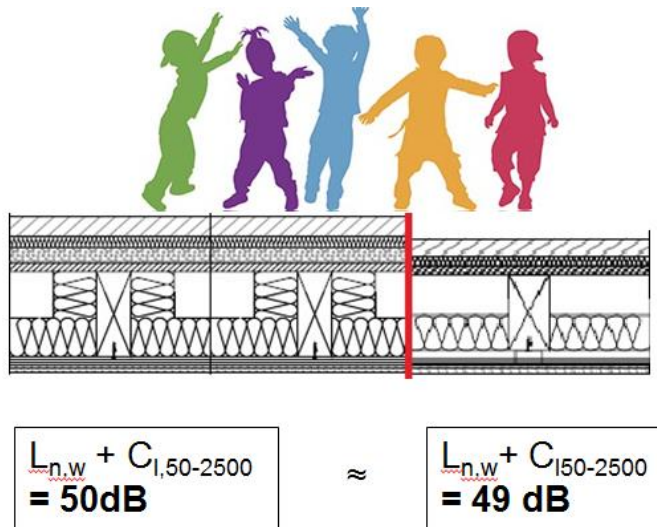


Abbildung 11: Decke links mit Schüttung / Decke rechts ohne Schüttung mit optimierter Unterdecke

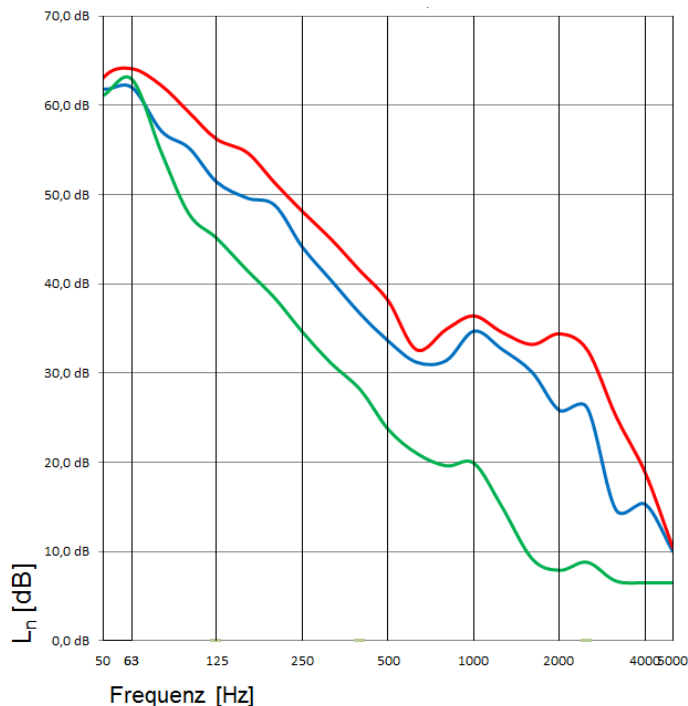


Abbildung 12: Schematischer Verlauf des Normtrittschallpegels für Decken mit und ohne Beschwerung / Rote Kurve: Holzbalkendecke mit 1-lagiger Unterdecke und optimierter Abhängung / Blaue Kurve: wie rote Kurve jedoch mit 2-lagiger Unterdecke / Grüne Kurve: Holzbalkendecke mit Schüttung und Unterdecke auf Standardfederschiene

Als wichtige Erkenntnis für Praxis kann festgehalten werden, dass die Erhöhung der Masse der Decke allein nicht ausreichend ist. Es kommt vielmehr darauf an, wo im Deckenpaket diese Massenerhöhung angeordnet wird. Dazu werden im Bauteilkatalog des Handbuchs die Eigenfrequenzen der jeweiligen Unterdeckensysteme, als zusätzliches bauakustisch quantifizierendes Kriterium angegeben. Zielsetzung war es, die Decken mit einer subjektiv wahrnehmbaren Verbesserung bei tiefen Frequenzen darzustellen und damit mit wirtschaftlichen Lösungen die Einhaltung der Zielwerte in Abbildung 2 zu erreichen.

3.2. Praktische Umsetzung und Messung auf der Baustelle

Das oben dargestellte optimierte Abhängesystem einer Unterdecke wurde im Mai – Juli 2019 bereits bautechnisch in der Praxis eingesetzt. In Abbildung 13 und Abbildung 14 ist eine bauliche Umsetzung der Deckenabhängung sowie der Einbau der Trittschalldämmung nebst Randdämmstreifen zu sehen.



Abbildung 13: Ausführung der Trittschalldämmung mit Mineralfaser in gleicher Weise der Randdämmstreifen



Abbildung 14: Deckenabhängung mit optimierten Elastomeren und CD-Profilen

Der Aufbau der Decke wurde wie folgt ausgeführt:

- 60mm Fliesestrich
- Trittschalldämmung Mineralfaser $s' \leq 7 \text{ MN/m}^3$
- EPS Ausgleichschicht für Installationen
- OSB 22mm Scheibe
- 8/22 Balkenlage mit Mineralfaser Gefachdämmung 200mm
- VF-Abhänger optimiert
- 18mm GKF Platten
- 18mm Hartgipsplatte

Es handelt sich um eine übliche Holzbalkendeckenkonstruktion wie diese sich seit Jahrzehnten bewährt hat. Dabei wurde nur besonderer Wert auf die elastischen Eigenschaften der Abhängung gelegt.

In Abbildung 15 ist die Baumessung in der orangen Kurve zu sehen. Es zeigt sich, dass die etwas schwere Unterdecke mit 18mm GKF und 18mm Hartgips im Vergleich zu 2 x 18mm GKF günstige Auswirkung im Bereich der Spuranpassungsfrequenz bewirkt. Ausserdem scheinen im Vergleich zum Bemessungsverfahren die Flanken weniger stark ins Gewicht zu

fallen. Die Flanken wurden beim ausgeführten Objekt detailliert geplant und sehr hochwertig ausgeführt. Dabei kamen an den Flankenwänden mindestens 2 x 15mm Hartgipsplatten zum Einsatz und häufig wurden mindestens 2 Flankenseiten mit einer Vorsatzschale belegt.

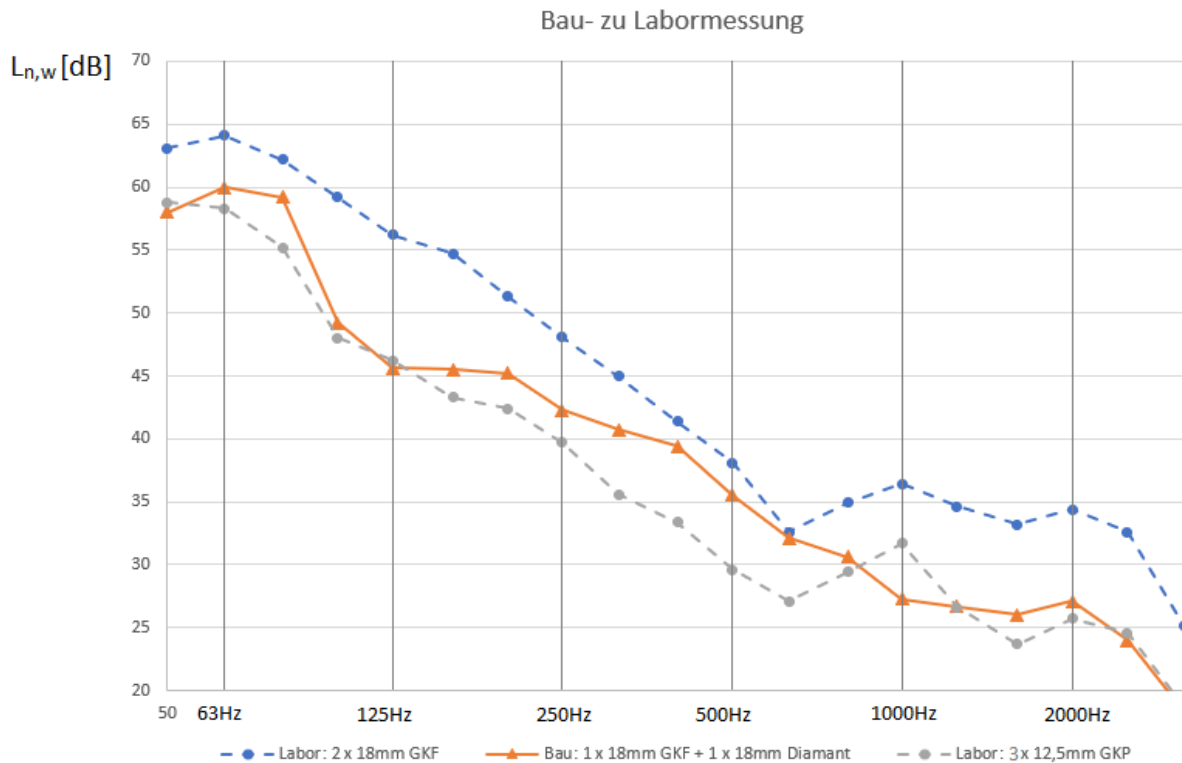


Abbildung 15: Baumessung orange im Vergleich zu den Labormessungen mit ähnlichen Aufbauten

Die Decke der Baumessung (orange Kurve

Abbildung 15) erreicht folgende Werte:

$$\begin{aligned}
 L'_{n,w} &= 37\text{dB} \\
 C_{I,50-2500} &= 11\text{dB} \\
 L'_{n,w} + C_{I,50-2500} &= 48\text{dB}
 \end{aligned}$$

Der im Labor gefundene günstige Zusammenhang zwischen einer geringen Eigenfrequenz der Unterdecke und positiver Auswirkung bei der tieffrequenten Trittschallübertragung liessen sich bei zwei Baumessungen Messungen bestätigen. In diesem Zuge kann auch erwähnt werden das für Wohnungstrennwände in Holztafelbauweise mit Standardaufbauten einer Dicke von $d = 26\text{cm}$ am selben Objekt Luftschalldämmmasse $R'_w \geq 66\text{dB}$ erreicht wurden. Bei allen Aufbauten wurde Wert daraufgelegt, dass es sich praxiserprobte und bewährte Konstruktionen mit marktgängigen Produkten handelt.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Teil 1 der Schriftreihen wird der Grundstein für weitere Teile hinsichtlich der Bewertung des Schallschutzes in Holzbauweise gelegt. Die Schrift enthält ein durchgängiges Konzept von der Zielwertvereinbarung über die Vorbemessung bis zu den verwendbaren Bauteilen. Wesentlich dabei ist, dass nicht nur das bisher bekannte zusammengefasst wird, sondern auch neue und teilweise erstaunliche Erkenntnisse gewonnen wurden. Ergänzend wurde ein Bauteilkatalog dargestellt, welcher die vorhandenen Lücken in anderen Bau-teilkatalogen für den Holzbau schliesst. Dabei wurde neben dem Schallschutz auch der Brandschutz als bemessungsmassgebendes Element bei der Planung von Gebäuden berücksichtigt. Durch die längst überfällige Berücksichtigung der tiefen Frequenzen beim Trittschallpegel wird nun endlich auch die subjektive Wahrnehmung der Nutzer in ausreichender Weise gewürdigt. Dies führt zu einer erheblichen Steigerung des akustischen Komforts in Wohngebäuden und einer massiven Aufwertung der Holzbauweise. Mit dem geplanten Teil 2 und Teil 3 der Schriftreihe wird der Ansatz eines durchgängigen

Konzepts komplettiert. Hier werden Flankenkennwerte und Rechenverfahren dargestellt, welche die schnell voranschreitende Entwicklung im Holzbau abbilden. Zudem werden die aufgezeigten Zielwerte mit der Berücksichtigung der tiefen Frequenzen einer psychoakustischen Validierung unterzogen, um die Wirksamkeit der Berücksichtigung wissenschaftlich zu untermauern. Erste Baumessungen zeigen, dass die vorgeschlagenen Massnahmen ihre volle Wirksamkeit entwickeln.

5. Danksagung

Holzbau Deutschland Institut für die Koordination des Projekts

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt für Förderung des Projekts

DHV Deutscher Holzfertigbau-Verband e.V. für die Mitfinanzierung des Projekts

BDF Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. die Mitfinanzierung des Projekts

Studiengemeinschaft Holzleimbau die Mitfinanzierung des Projekts

HS Rosenheim für die mühevollen und umfangreichen Ausarbeitungen der Bauteilkataloge

IFT Rosenheim für die Durchführung der Messungen

Begleitende Arbeitsgruppe für anregenden Gespräche und Gedankenaustausch

6. Autoren der Schrift

Dipl. Ing. (FH) Johannes Niedermeyer, Holzbau Deutschland Institut e.V.

Prof. Dr. Ing. Andreas Rabold, Hochschule Rosenheim

Thomas Ecker, Anton Huber, Lukas Huissel, Sebastian Löffler Michael Scheuerpflug,

Hochschule Rosenheim (Bauteilkatalog)

Dipl. Ing. (FH), M.Sc. Bauphysik Adrian Blödt