



*Andreas Rabold
Dr.-Ing., Prüfstellenleiter
ift Rosenheim
Rosenheim, Deutschland*

Schallschutz von Holzbalkendecken

Strategien für die Sanierung

Schallschutz von Holzbalkendecken

Strategien für die Sanierung

Einleitung

Die Altbausanierung nimmt gegenüber dem Gesamtvolumen der Bautätigkeit eine immer bedeutendere Stellung ein. Falls die geplanten Sanierungsmaßnahmen nicht unter den Bestandsschutz fallen, sind die Anforderungen der zum Zeitpunkt der Sanierung baurechtlich eingeführten Normen zu berücksichtigen. Das Bauteil, das bei der Sanierung eine besonders sorgfältige Planung erfordert, ist die Trenndecke, die in Altbauten häufig als Holzbalkendecke ausgeführt wurde. Die vorhandenen Planungsgrundlagen für den Schallschutznachweis von Holzbalkendecken in Massivbauten sind sowohl in der Normung als auch der Literatur sehr lückenhaft. Um aktuelle Planungsdaten zu erarbeiten wurde deshalb am ift Rosenheim zunächst ein Vorhaben durchgeführt, in dem die Luft- und Trittschalldämmungen typischer Altbaudecken und die Verbesserungen durch unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen unter Laborverhältnissen ohne Flankenübertragung untersucht wurden [1], [2]. In einem aktuellen Forschungsvorhaben [3] wurde nun in Kooperation mit der Hochschule Rosenheim die Flankenübertragung bei unterschiedlichen Mauerwerkstypen und Deckeneinbindungen ermittelt. Der Beitrag beschreibt zunächst den Einfluss der Deckenkonstruktion auf die Schalldämmung und die Ermittlung der Planungswerte für die direkte Übertragung der Decke. Im zweiten Abschnitt werden Planungsdaten für die Flankenübertragung in der Altbausituation dargestellt. Die Anwendung des Modells sowie die Validierung anhand von Baumessungen wird im dritten Abschnitt erläutert.

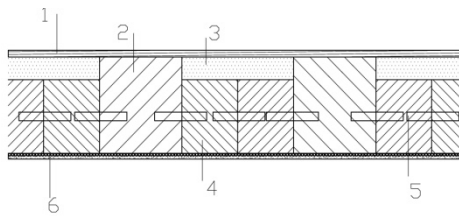
Planungswerte der Decke ohne Flankenübertragung

Zur Ermittlung belastbarer Planungsdaten wurde unter Begleitung der in der Sanierung tätigen Industriefirmen Prüfserien an Altbaudecken durchgeführt, deren Ergebnisse die nachfolgenden Abschnitte zusammenfassen. Die Untersuchungen erfolgten an Bestandsdecken, wie sie im Altbau vorzufinden sind. Es wurden verschiedene Sanierungsmaßnahmen an der Decke, sowie Ertüchtigungen durch Nass- und Trockenestriche geprüft. Die Messungen der Luft- und Trittschalldämmung erfolgten nach EN ISO 140 [4] im Deckenprüfstand ohne Nebenwege. Da bekanntermaßen bei der Schalldämmung von Holzdecken die Trittschallübertragung die kritischere Lärmbelastung darstellt wurde zur Beurteilung und Wichtung der Messergebnisse im wesentlichen der bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ mit Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswerts $C_{l,50-2500}$ herangezogen.

Bestandsdecken

Für die Festlegung der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen ist zunächst der Zustand der im Bauvorhaben vorgefundenen Decke zu beurteilen. Da die vorhandenen Altbaudecken, je nach Region und Zeitpunkt der Gebäudeerstellung, sehr unterschiedlich ausgeführt wurden, besteht hier bereits eine erhebliche Unsicherheit in der Einstufung der vorhandenen Luft und Trittschalldämmung. Eine belastbare Aussage konnte bislang meist nur durch eine bauakustische Messung der Altbaudecke vor Ort gewonnen werden. Um eine einfachere Beurteilung der vorhandenen Altbaudecke zu ermöglichen, wurden deshalb zunächst anhand von Literaturrecherchen [5], [6] Holzdecken, die häufig im Altbau vorzufinden sind, in Gruppen mit ähnlichem schalltechnischem Verhalten zusammengestellt. Aus diesen Gruppen wurden dann nach Vorgabe der projektbegleitenden Arbeitsgruppe repräsentative Deckenaufbauten ausgewählt und auf ihr schalltechnisches Verhalten untersucht, um die Ergebnisse direkt oder indirekt auf die anderen Decken der Gruppe übertragen zu können.

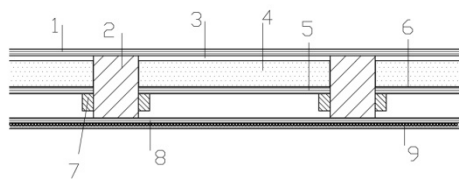
Die erste Gruppe umfasst Rohdecken ohne Hohlkörper, deren schalltechnisches Verhalten einem einschaligen Aufbau ähnelt. Der wichtigste Einflussparameter auf das schalltechnische Verhalten dieser Decken ist in der flächenbezogene Masse der Decke zu sehen. Für die Laborprüfungen wurde aus dieser Gruppe die Dollendecke (Dollen-Holzbalkendecke [5], Dübelbodendecke [6]) ausgewählt.

**Aufbau:**

- 1 - 24 mm Dielen gehobelt
- 2 - 300/340 Balken, Balkenabstand $e = 707$ mm
- 3 - 80 mm Lehmverstrich / Auffüllung
- 4 - 200/260 Balken
- 5 - Runddübel (=Dollen), $d = 30$ mm, $e = 2000$ mm
- 6 - 15 mm Schilfrohmatten mit Lehmputz

Abbildung 1: Schnittzeichnung der Dollendecke

In der zweiten Gruppe sind Holzbalkendecken mit Unterdecke und Zusatzmasse zwischen den Balken (z.B. in Form einer Schüttung auf einem Einschub) enthalten. Als wichtige Einflussparameter auf ihr schalltechnisches Verhalten ist die Art und die Befestigung der Unterdecke und die zwischen den Balken eingebrachte flächenbezogene Masse zu nennen. Aus dieser Gruppe wurde die Holzbalkendecke mit Einschub als häufigster Vertreter der im Altbau vorkommenden Holzbalkendecken für die Laboruntersuchungen ausgewählt.

**Aufbau:**

- 1 - 24 mm Dielen gehobelt
- 2 - 160/220 Deckenbalken, Abstand $e = 848$ mm
- 3 - Hohlraum
- 4 - Auffüllung: $m' = 20 / 80 / 120$ kg/m²
- 5 - 24 mm Einschubretter sägerau
- 6 - Rieselschutz
- 7 - 40/60 Latten
- 8 - 18 mm Deckenschalung sägerau
- 9 - 15 mm Schilfrohmatten mit Lehmputz

Abbildung 2: Schnittzeichnung der Holzbalkendecke mit Einschub

Die Bestandsdecken wurden exemplarisch im Labor nachgebaut. Um eine Vorstellung über die Schwankungsbreite der akustischen Eigenschaften zu bekommen, wurden folgende Parameter der Decke variiert:

- Masse der Beschwerung im Blindboden einer Holzbalkendecke mit Einschub
- Masse des Rohrputzes an der Deckenunterseite
- Ausführung der Dollendecke mit und ohne Dielen und Putz an der Deckenunterseite

Einfluss der Masse auf die Trittschallübertragung

Die zunächst untersuchte Zusatzmasse im Einschub wirkt hauptsächlich im tieffrequenten Bereich. Im bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ wird bei Erhöhung der Masse von 0 kg/m² auf 120 kg/m² eine Verbesserung um 3 dB gemessen. Für den $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ beträgt die Verbesserung bei gleicher Massenerhöhung 4 dB (Abbildung 3, links).

Im nächsten Schritt wurde der Einfluss der flächenbezogenen Masse der Unterdecke untersucht. In Altbauten findet man oft eine Deckenunterseite vor, die aus einem Putzsystem auf Schilfrohmatten besteht. Die Masse dieses Putzsystems wurde bei sonst gleichen Bedingungen von 15 kg/m² auf 26 kg/m² erhöht und führte zu einer Verbesserung im $L_{n,w}$ um 4 dB und im $L_{n,w} + C_{l,50-2500}$ um 1 dB (Abbildung 3, rechts).

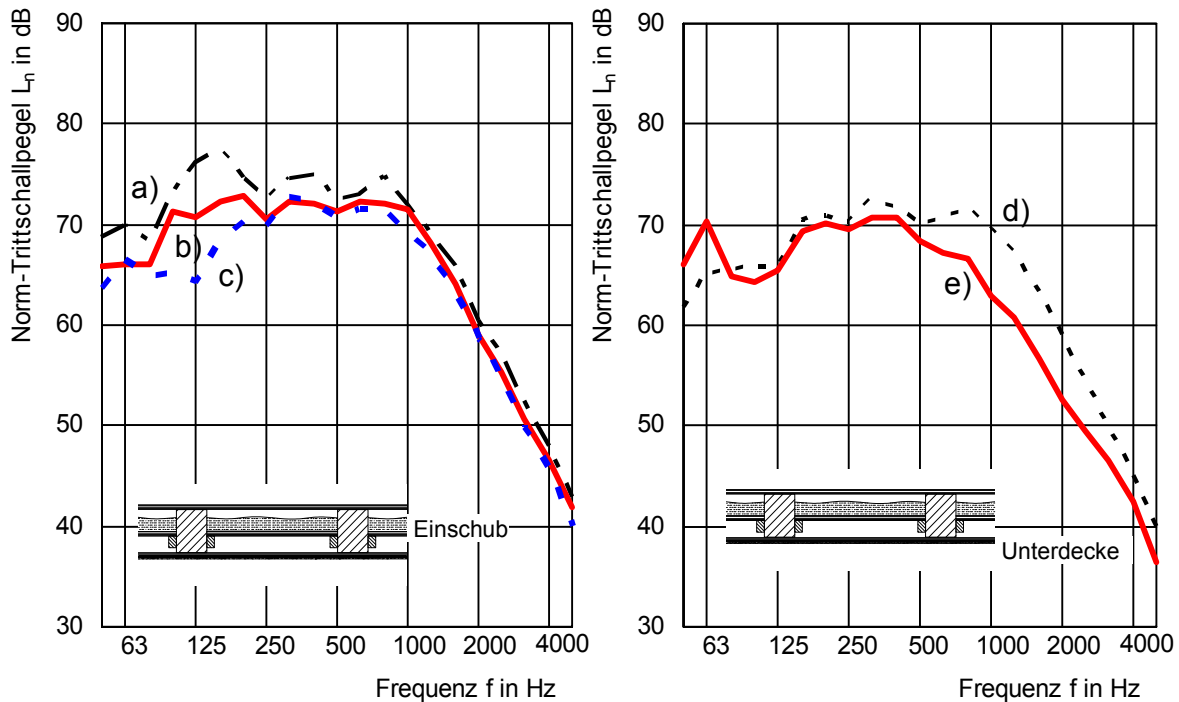


Abbildung 3: Einfluss der Masse auf die Trittschalldämmung von Bestandsdecken.links: Einfluss der Schüttungsmasse im Einschub, rechts: Einfluss der Putzmasse an der Unterdecke

a) ohne Schüttung (Einschub leer)	$L_{n,w} = 72$ dB, $C_{l,50-2500} = -2$ dB
b) 20 kg/m ² Schüttung im Einschub	$L_{n,w} = 70$ dB, $C_{l,50-2500} = -2$ dB
c) 120 kg/m ² Schüttung im Einschub	$L_{n,w} = 69$ dB, $C_{l,50-2500} = -3$ dB
d) 15 kg/m ² Lehmputz-Unterdecke	$L_{n,w} = 69$ dB, $C_{l,50-2500} = -3$ dB
e) 26 kg/m ² Lehmputz-Unterdecke	$L_{n,w} = 65$ dB, $C_{l,50-2500} = 0$ dB

Sanierungsmaßnahmen

Nach der Untersuchung der Bestandsdecke wurden in enger Zusammenarbeit mit der begleitenden Arbeitsgruppe mögliche Sanierungsmaßnahmen zusammengestellt. Hierbei wurde zwischen Sanierungsmaßnahmen an der Unterdecke und Sanierungsmaßnahmen am Tragwerk unterschieden. Auf den so sanierten Decken wurden jeweils unterschiedliche Nass- und Trockenestrichaufbauten geprüft. Eine Übersicht der durchgeführten Messungen ist in Abbildung 4 dargestellt.

Sanierung der Unterdecke

Bei der Sanierung der Unterdecke wird bei Altbaudecken häufig die vorhandene Rohrputz-Unterdecke durch eine Konstruktion auf Basis von Gipsbauplatten (Gipskarton- oder Gipsfaserplatten) ersetzt. Die Gipsbauplatten werden entweder starr über eine Lattung oder federnd über entsprechende Abhänger (Federschiene, systemspezifische Abhänger o.ä.) an den Holzbalken befestigt. Eine weitere Entkopplung ist durch eine freitragende Unterdecke möglich. Hierzu wird die frei spannde Unterdeckenkonstruktion ohne direkten Kontakt zur Rohdecke an den flankierenden Wänden montiert. Der Austausch des eher biegeweichen Rohrputzes der Altbaudecke gegen eine an Latten montierte Gipsbauplatte ergibt deutlich ungünstigere Werte und ist deshalb nicht zu empfehlen. Eine Verbesserung der Trittschalldämmung gegenüber der ursprünglichen Situation wird erst durch eine entkoppelte Montage der Unterdecke erreicht. Die Entkopplung der Unterdecke durch Federschiene bei gleichzeitiger Erhöhung ihrer flächenbezogenen Masse ergibt bereits eine deutliche Verbesserung im bewerteten Norm-Trittschallpegel (siehe Abbildung 5, links). Eine weitere Verbesserung der Trittschalldämmung auch bei tiefen Frequenzen kann durch eine abgehängten Unterdecke erfolgen.

Abbildung 5, rechts zeigt die Verbesserung der Trittschalldämmung durch eine Systemlösung (Abhänger entkoppelt über ein PUR-Elastomer).

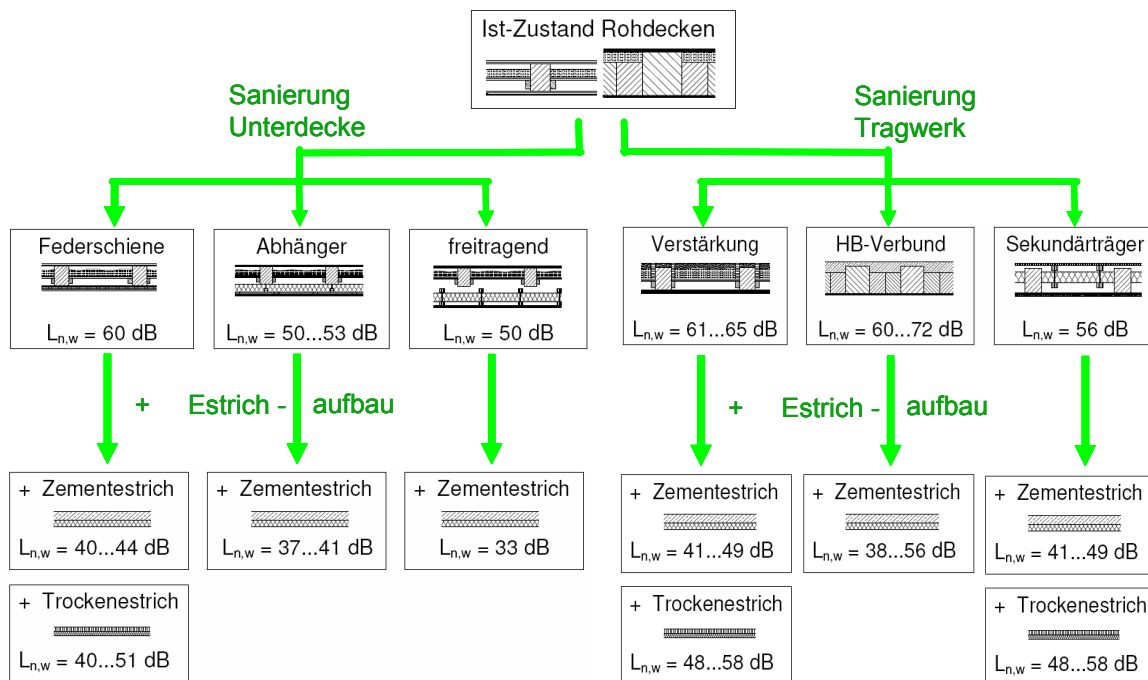


Abbildung 4: Übersicht der geprüften Sanierungsmaßnahmen

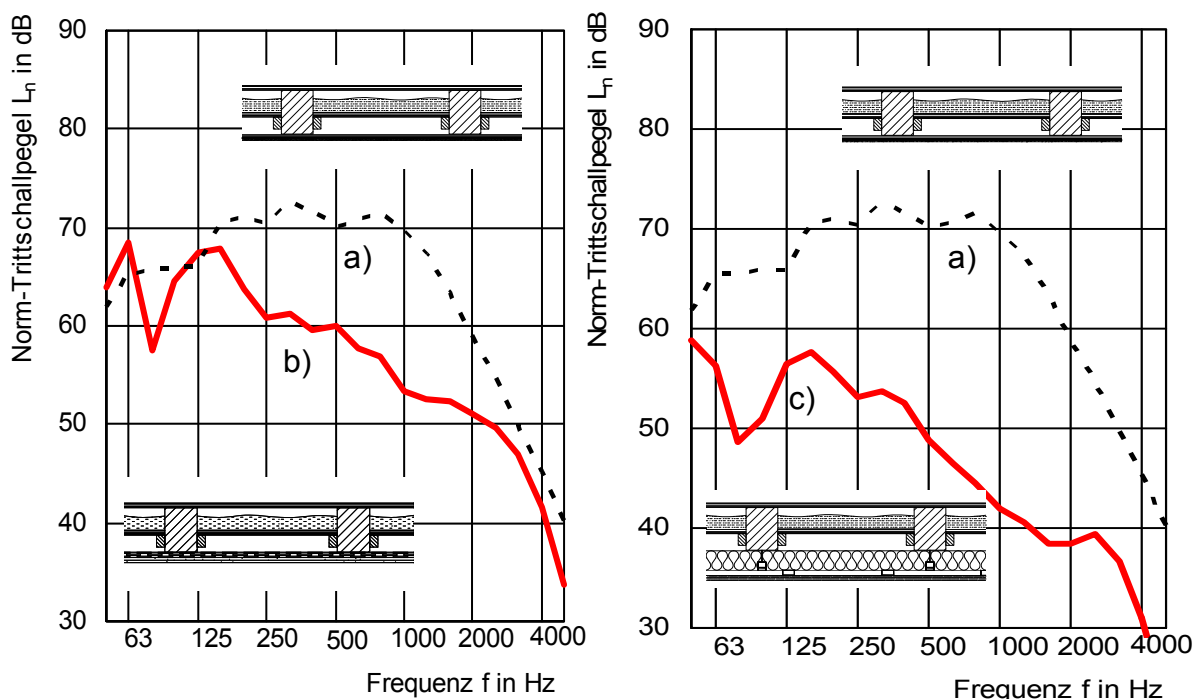


Abbildung 5: Sanierung der Rohdecke durch eine entkoppelte Unterdecke. links: Unterdecke an Federschiene, rechts Unterdecke mit entkoppeltem Abhänger montiert
 a) Bestandsdecke mit direkt montierter Lehmputz-Unterdecke $L_{n,w} = 69 \text{ dB}$, $C_{l,50-2500} = -3 \text{ dB}$
 b) Unterdecke an Federschiene, 2 x 12,5 mm Gipsfaser $L_{n,w} = 60 \text{ dB}$, $C_{l,50-2500} = 0 \text{ dB}$
 c) Unterdecke mit Abhänger (AMC, Getzner), 2 x 12,5 mm Gipsfaser $L_{n,w} = 50 \text{ dB}$, $C_{l,50-2500} = 1 \text{ dB}$

Als Grenzfall einer akustisch entkoppelten Unterdecke kann die Montage einer selbständigen, freitragenden Unterdecke angesehen werden. Die Unterdecke wird hier auf einer eigenständigen Konstruktion befestigt, die wiederum an die flankierenden Wände angebunden ist. Diese hochwertigeren Maßnahmen sind vor allem dann von Interesse, wenn keine Möglichkeit besteht die Altbaudecke von oben ausreichend zu sanieren, weil die darüberliegenden Räume von oben nicht saniert werden können, keine ausreichende Aufbauhöhe zur Verfügung steht, oder die Statik keine Zusatzmaßnahmen auf der Altbaudecke zulässt.

Sanierung des Tragwerks

Nachfolgend werden Maßnahmen, die häufig zur statischen Ertüchtigung der Altbaudecke eingesetzt werden, in Bezug auf ihr schalltechnisches Verbesserungspotential beleuchtet:

- Verstärkung der Deckenbalken durch seitlich aufgedoppelte Laschen
- Verstärkung der Decke durch Holz-Beton-Verbund-Systeme
- Entlastung der vorhandenen Deckenbalken durch zusätzliche Träger

Die genannten Maßnahmen erfordern alle einen Eingriff in die Rohdecke von oben. Da die Unterdecke unverändert bleiben kann, sind diese Maßnahmen bei bewohnten Räumen unterhalb der Decke oder zu schützenden Unterdecken (Stuck) geeignet.

Die Verstärkung der Deckenbalken durch seitlich aufgedoppelte Laschen erhöht die Tragfähigkeit und gleicht Unebenheiten (Durchhängen der Balkenlage) aus. Solange eine Deckenschalung auf den Laschen aufgebracht wird, ergibt sich für die Luft- und Trittschalldämmung der Rohdeckenkonstruktion keine nennenswerte Verbesserung. Diese Maßnahme ist allerdings wesentlich wirksamer, wenn der Hohlraum bis zur Oberkante der Verstärkungen mit einer gebundenen Schüttung aufgefüllt wird und ohne Einsatz einer Deckenschalung der Estrichaufbau direkt auf diese gebundene Schüttung aufgelegt wird. Hierzu ist es erforderlich den Blindboden statisch zu ertüchtigen (Abbildung 6, links). Alternativ kann die erforderliche Verstärkung der Decke durch Holz-Beton-Verbund-Systeme erreicht werden. Holz-Beton-Verbundsysteme werden schon seit einiger Zeit im Bereich der Altbausanierung eingesetzt, da sie neben der Verbesserung der Deckenstatik auch eine schalltechnisch positive Erhöhung der Masse und einen Höhenausgleich (Nivellierung) der Deckenoberfläche bewirken. Die Dicke der Betonschicht richtet sich nach der angestrebten Deckenstatik, die Verbindung des Betons mit der Rohdecke erfolgt meist über Systemanker. Die Trittschalldämmung des Deckenaufbaus wird im wesentlichen durch die eingebrachte Zusatzmasse der Betonschicht verbessert. Bei einschaligen Rohdecken (Dollendecke, Abbildung 6, rechts) zeigte sich eine deutlichere Verbesserung als bei mehrschaligen Decken, da dort die Zusatzmasse direkt auf die schallabstrahlende Fläche wirkt. Der Einsatz von zusätzlichen Trägern in der Rohdecke stellt im Vergleich zu den zuvor genannten Maßnahmen einen gravierenderen Eingriff in die Altbaudecke dar, da hier sowohl die Dielung als auch der Einschub entfernt werden müssen. Die Maßnahme ist vor allem dann interessant, wenn die vorhandene Balkenlage das Eigengewicht des geplanten Estrichaufbaus und die Verkehrslasten nicht abtragen kann oder deutliche Unebenheiten in der Decke auszugleichen sind. Die Sekundärträger, welche den erneuerten Fußboden tragen, werden statisch an den flankierenden Wänden befestigt. Die vorhandene Balkenlage trägt nur noch ihr Eigengewicht inklusive Unterdecke. Der Fußboden hat damit keinen direkten kraftschlüssigen Verbund mit den Holzbalken der Altbaudecke.

Planungsdaten für $L_{n,w}$ und R_w

Zur praxisnahen Anwendung der Ergebnisse in der Planung von schalltechnischen Sanierungsmaßnahmen wurden die Konstruktionsvarianten der Bestandsdecken mit den jeweiligen Bodenaufbauten in Matrizen zusammengestellt (siehe Anhang). Nicht geprüfte Kombinationen von Estrichaufbau und Bestandsdecke wurden rechnerisch ermittelt. Für den Planer und Ausführenden stehen dadurch über 300 Konstruktionsvarianten zur Verfügung, um für den spezifischen Sanierungsfall eine passende Lösung zu finden. Die Planungsdaten konzentrieren sich auf die Prognose auf die Trittschalldämmung, da die Luftschalldämmung der als Trenndecke interessierenden Deckenaufbauten bei allen Messungen bei $R_w > 65$ dB lag und somit am Bau nur noch die Übertragung der flankierenden Wände für das Ergebnis maßgeblich ist. Da die Bestandsdecken in der Bausituation stark variieren, wurden zusätzliche Messungen mit unterschiedlichen Einschub- und Putzmassen durchgeführt, um den Einfluss der Ausführungsvarianten besser einstufen zu können. Die ermittelten Differenzen im Norm-Trittschallpegel gegenüber den Bezugswerten (Schüttung im Einschub: $m' = 80$ kg/m², Schilfrohrmatten mit Lehmputz: $m' = 26$ kg/m²) sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

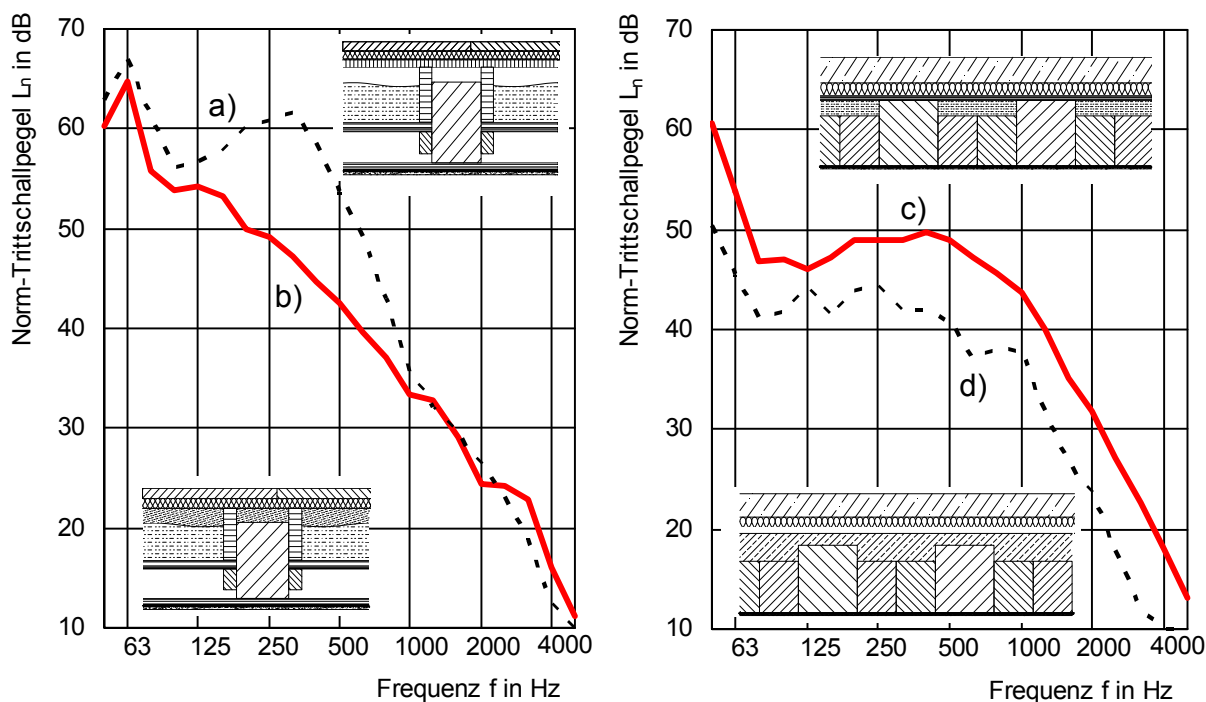


Abbildung 6: Sanierung von Altbaudecken durch statische Ertüchtigung des Tragwerks. links: Am Deckenbalken seitlich aufgedoppelte Laschen, rechts: HBV-System auf einer Dollendecke

- | | |
|--|---|
| a) Trockenestrich auf Rohdeckenbeplankung (Einschub nicht tragend) | $L_{n,w} = 53$ dB, $C_{l,50-2500} = 4$ dB |
| b) Trockenestrich auf gebundener Schüttung (Einschub tragend) | $L_{n,w} = 44$ dB, $C_{l,50-2500} = 9$ dB |
| c) Zementestrichaufbau auf Dollendecke | $L_{n,w} = 45$ dB, $C_{l,50-2500} = 3$ dB |
| d) Zementestrichaufbau auf Dollendecke mit HBV-System | $L_{n,w} = 38$ dB, $C_{l,50-2500} = 2$ dB |

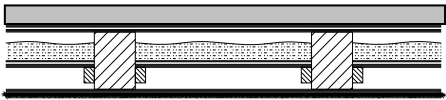
Skizze	Variable	Differenz des bewerteten Norm-Trittschallpegels $\Delta L_{n,w}$
 <p>Estrichaufbau mit variabler Aufbauhöhe</p> <p>24 mm Dielen</p> <p>220 mm Balken mit Einschub, $m' = x \text{ kg/m}^2$</p> <p>18 mm Deckenschalung sägerau</p> <p>15 mm Schilfrohrmatten mit Lehmputz, $m' = x \text{ kg/m}^2$</p>	Auffüllung im Einschub:	
	$m' = 0 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = 4 \text{ dB}$
	$m' = 20 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = 2 \text{ dB}$
	$m' = 80 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = 0 \text{ dB}$
	$m' = 120 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = -1 \text{ dB}$
	Schilfrohrmatten mit Lehmputz:	
$m' = 15 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = 2 \text{ dB}$	
$m' = 26 \text{ kg/m}^2$	$\Delta L_{n,w} = 0 \text{ dB}$	

Tabelle 1: Einfluss der flächenbezogenen Masse (Einschub und Unterdecke) auf den bewerteten Norm-Trittschallpegel der Deckenaufbauten in der Ergebnismatrix

Die Berechnung der Trittschalldämmung für die einschaligen Rohdecken (Holz-Beton-Verbunddecken) erfolgte in Anlehnung an DIN EN 12354-2, Anhang B.2. [8]. Details zur Vorgehensweise bei der Konstruktionsvarianten Berechnung und der Planung einschaliger Bestanddecken sind in [1] beschrieben.

Planungsdaten für die Flankenübertragung im Altbau

Die sichere Planung einer schalltechnischen Sanierungsmaßnahme an einer Altbaudecke setzt die Kenntnis der Übertragung durch die flankierenden Wände in der Bausituation voraus. Zur Ermittlung der hierzu erforderlichen Planungsdaten wurde die Schallübertragung der flankierenden Wände bei unterschiedlichen Mauerwerkstypen und Deckeneinbindungen im Laborprüfstand ermittelt, die Planungsdaten in das Prognosemodell nach EN 12354 integriert und anhand von Messergebnissen in der Bausituation validiert.

Prognosemodell für die Luft- und Trittschallübertragung

Zur Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung einer Altbaudecke in der jeweiligen Bausituation kann das Berechnungsverfahren nach EN 12354 verwendet werden, das auch Eingang in die Neufassung der DIN 4109 finden wird. Das Verfahren berücksichtigt zusätzlich zur direkten Schallübertragung der Decke die Übertragung der flankierenden Wände nach Abbildung 7.

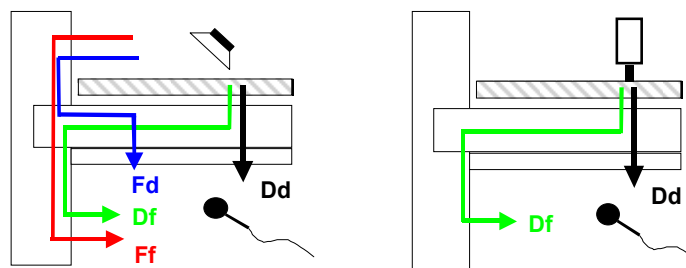


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Beiträge zur Schallübertragung: links: Luftschallübertragung; rechts: Trittschallübertragung. Direkte Schallübertragung (Weg D_d) und Beiträge der Flankenübertragung auf den Übertragungswegen F_f , F_d , und D_f .

In der Neufassung der DIN 4109 soll das vereinfachte Verfahren nach EN 12354 mit Einzahlwerten berücksichtigt werden. Die vereinfachte Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w und des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ am Bau erfolgt nach Gleichung (1) und (2):

$$R'_w = -10 \log(10^{-0,1R_{Dd,w}} + \sum_{ij} 10^{-0,1R_{ij,w}}) \quad \text{dB} \quad (1) \quad L'_{n,w} = L_{n,w} + K \quad \text{dB} \quad (2)$$

Für die Luftschallübertragung können die bewerteten Flankendämm-Maße $R_{ij,w} = R_{Ff,w}, R_{Fd,w}, R_{Df,w}$ nach EN 12354 berechnet werden. Überwiegt die Übertragung der flankierenden Wände auf dem Weg Ff gegenüber den gemischten Übertragungswegen Fd und Df, so können auch im Schall-Längsleitungs-Prüfstand ermittelte Eingangswerte für den Weg Ff verwendet werden. Die Berechnung der Trittschallübertragung erfolgt nach Gleichung (2) aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel der Decke und dem Korrektursummanden K für die Übertragung aller flankierenden Wände auf dem Weg Df. Das Prognosemodell nach EN 12354 wurde zunächst nur für massive Decken und Wände entwickelt. Für die Anwendung bei historischen Holzbalkendecken in Altbauten sind sowohl die Modellgrundlagen anzupassen, als auch die Eingangsparameter durch Labormessungen zu ermitteln.

Labormessungen zur Ermittlung der Planungsgrundlagen

Für die Ermittlung der Flankenübertragung im Altbau wurde im Laborprüfstand des ift Rosenheim ein T-Stoß aus einer Holzbalkendecke und einer flankierenden Mauerwerkswand aufgebaut. Die Balkenköpfe der Altbaudecke wurden hierzu in die Mauerwerkswand eingemauert, um eine bauähnliche Übertragungssituation zu erreichen. Die restlichen Übertragungswege im Prüfstand wurden unterdrückt, wodurch die Flankenübertragung allein durch den T-Stoß erfolgte. Für verschiedene Grundkonstruktionen historischer Holzbalkendecken und flankierende Mauerwerkswände mit flächenbezogenen Massen zwischen 130 kg/m^2 und 400 kg/m^2 wurde an diesem T-Stoß die Flankenübertragung bei Luft- und Trittschallanregung ermittelt. Ebenso wurde das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} und die Körperschallnachhallzeit T_s der flankierenden Wand ermittelt. Sowohl die Messungen der Flankenübertragung bei Luftschallanregung, als auch die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes zeigte, dass bei Holzdecken im Altbau die Flankenübertragung auf dem Weg Ff (Wand an Wand) gegenüber den gemischten Übertragungswegen überwiegt. Abbildung 8 zeigt beispielhaft den Vergleich der Übertragungswege für eine Decke-Wand-Kombination.

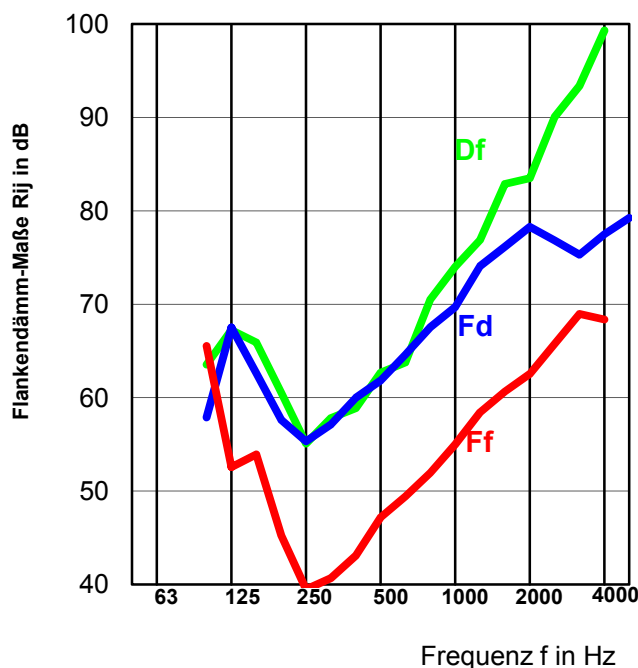
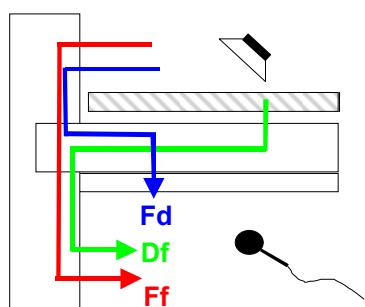


Abbildung 8: Flankendämm-Maße R_{ij} für eine Mauerwerkswand mit $m' = 130 \text{ kg/m}^2$; $R_{Ff,w} = 52 \text{ dB}$, $R_{Fd,w} = 66 \text{ dB}$, $R_{Df,w} = 67 \text{ dB}$

Bei der Trittschallanregung wurde neben der direkten Übertragung zunächst die Flankenübertragung auf dem Weg Df ermittelt. Der Einfluss von Df auf die Gesamtübertragung hängt stark von der Rohdeckenkonstruktion ab. Bei Altbaudecken mit abgehängten Unterdecken als Sanierungsmaßnahme hat die Übertragung auf dem Weg Df einen starken Einfluss. Die Unterdecke reduziert zwar die direkte Übertragung durch die Decke (Weg Dd) hat aber keinen Einfluss auf den Weg Df, da der Körperschall von den Balken direkt in die flankierende Wand eingeleitet wird. Erfolgt hingegen die Sanierung durch Maßnahmen oberhalb der Rohdecke wird die Schallübertragung auf beiden Wegen in gleicher Weise reduziert. Der Weg Df spielt dann eine wesentlich geringere Rolle, da die Sanierungsmaßnahme nun auch die Körperschall-Einleitung vom Balken in die Wand vermindert. Als weiterer Übertragungsweg wurde die Trittschallübertragung vom Estrichaufbau über den Randdämmstreifen in die flankierende Wand untersucht (Weg DFF in Abbildung 9). Die Übertragung auf diesem Weg spielt nur bei hochwertigen Decken mit neuem Fußbodenaufbau und Wänden mit geringer flächenbezogener Masse eine Rolle.

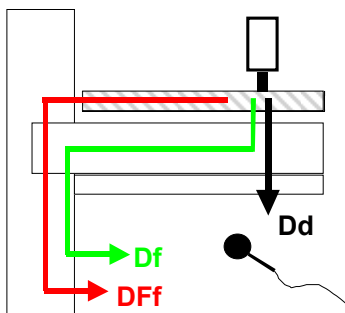


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Beiträge zur Trittschallübertragung bei den Laborprüfungen

Planungswerte für die Altbausanierung

Die Laborergebnisse bei Luftschallanregung haben gezeigt, dass die gemischten Übertragungswege in Gleichung (1) vernachlässigt werden können ($R_{ij,w} = R_{Ff,w}$). Das Flankendämmmaß $R_{Ff,w}$ kann nach Gleichung (3) aus der Norm-Flankenpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ unter Berücksichtigung der Bausituation (Trennfläche S_{Tr} der Decke, Kantenlänge l_{Ff} Decke - Wand) und der Bezugsgrößen (l_0 und S_0) ermittelt werden. Planungswerte siehe Tabelle 2.

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \log\left(\frac{S_{Tr}}{S_0}\right) - 10 \log\left(\frac{l_{Ff}}{l_0}\right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

Die Berechnung der Trittschallübertragung kann direkt nach Gleichung (2) erfolgen. Der in Tabelle 3 angegebene Korrekturwert K berücksichtigt den Weg Df in Abhängigkeit der Wand- und der Rohdeckenkonstruktion. Als flächenbezogene Masse wird der Mittelwert der beiden Wände angesetzt, in die die Deckenbalken einbinden. Wird ein erhöhter Schallschutz für ein Bauvorhaben angestrebt und sind flankierende Wände mit geringer flächenbezogener Masse vorhanden, so kann zusätzlich der Weg DFF eine Rolle spielen. Die Berechnung erfolgt dann nach Gleichung (4). Planungswerte siehe Tabelle 4.

$$L'_{n,w} = 10 \log\left(10^{0,1(L_{n,w}+K)} + \sum 10^{0,1(L_{n,DFF,w}+10 \log(\frac{l_{Ff} \cdot S_0}{l_0 \cdot S_{Tr}}))}\right) \quad \text{dB} \quad (4)$$

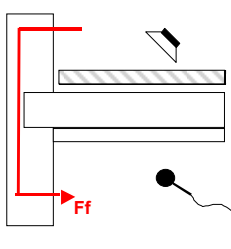
	Flächenbezogene Masse der flankierenden Wände in kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	≥ 500
$D_{n,f,w}$ in dB	49	53	56	58	60	61	63	64	65

Tabelle 2: Norm Flankenpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der flankierenden Wand. Bezogen auf $l_0 = 2,80$ m, $S_0 = 10$ m² und $T_{s,situ}$ nach [9]

Baumessungen und Planungsbeispiel

Begleitend zu den Labormessungen wurden, unter Koordination der Hochschule Rosenheim, Baumessungen an 17 historischen Holzbalkendecken zur Validierung des Prognosemodells und zur detaillierten Untersuchung der Flankenübertragung durchgeführt. Die Berechnung erfolgte nach Gleichung (1) bis (4) und mit Tabellen 2 bis 4. Die Vorgehensweise wird an einem Planungsbeispiel in Abbildung 10 gezeigt. Das Beispiel belegt den starken Einfluss der Flankenübertragung bei der Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes R'_w ($R'_w = 57$ dB gegenüber $R_w = 78$ dB). Den größten Einfluss hatte hierbei die flankierende Innenwand mit $m' = 300$ kg/m². Wird eine höhere Schalldämmung angestrebt, so ist es sinnvoll diese Wand mit einer schalltechnisch wirksamen Vorsatzschale zu versehen. Die Verbesserung durch die Vorsatzschale (ΔR_w) kann dann auf die Norm-Flankenpegeldifferenz der Wand aufsummiert werden ($D_{n,f,w} + \Delta R_w$). Für die Berechnung des Norm-Trittschallpegels am Bau $L'_{n,w}$ spielte die Flankenübertragung bei diesem Beispiel eine geringere Rolle ($L'_{n,w} = 40$ dB gegenüber $L_{n,w} = 39$ dB, bzw. $L'_{n,w} = 42$ dB gegenüber $L_{n,w} = 39$ dB bei Berücksichtigung von $L_{n,DFf,w}$). Der für die Validierung durchgeführte Vergleich zwischen Messung und Prognose ergab bei den 17 Deckenaufbauten für das Bau-Schalldämm-Maß eine mittlere Abweichung von 1,7 dB und eine Standardabweichung von 2,0 dB. Bei der Trittschallanregung eine mittlere Abweichung von 3,3 dB und eine Standardabweichung von 3,1 dB (siehe Abbildung 11). Die Prognose liegt somit sowohl für das Schalldämm-Maß, als auch für den Norm-Trittschallpegel deutlich auf der sicheren Seite. Sowohl die Luftschallmessung als auch die Trittschallmessung an den sanierten Decken ergab erfreulich gute Werte, die alle im Bereich des erhöhten Schallschutzes lagen.

		Rohdeckenaufbau				
		Balken teilweise sichtbar oder Unterdecke direkt montiert		Decke mit entkoppeltem Sekundärträger	Unterdecke abgehängt	
		Bestandsdecke vor Sanierung	mit Sanierungsmaßnahmen	Eigenfrequenz Auflager $f_0 \leq 80$ Hz	Unterdecke zusätzlich zum Bestand	Bestandsunterdecke entfernt
		1	2	3	4	5
Flächenbezogene Masse der flankierenden Wände	100 kg/m ²	0	1	3	8	13
	150 kg/m ²	0	1	3	7	12
	200 kg/m ²	0	1	2	6	10
	250 kg/m ²	0	1	2	5	9
	300 kg/m ²	0	1	2	4	8
	350 kg/m ²	0	1	1	3	6
	400 kg/m ²	0	1	1	2	5
	450 kg/m ²	0	1	1	2	4
	≥ 500 kg/m ²	0	1	1	1	3

Tabelle 3: Korrektursummanden K , in Abhängigkeit der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Wände mit Balkenauf-lager und für verschiedene Rohdeckenkonstruktionen. K bezogen auf eine mittlere Raumgröße und $T_{s,situ}$ nach [9]

Legende: **Spalte 1:** Bestandsdecken ohne Sanierungsmaßnahmen; **Spalte 2:** Bestandsdecken mit Sanierungsmaßnahmen oberhalb der Balken; **Spalte 3:** Decke mit Sekundärträgern, Auflager durch Elastomer entkoppelt; **Spalte 4:** Abgehängte Unterdecke zusätzl. zur Bestandsunterdecke montiert; **Spalte 5:** Abgehängte Unterdecke, Bestandsunterdecke entfernt

	Flächenbezogene Masse der flankierenden Wände in kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	≥ 500
$L_{n,DFf,w}$ in dB	43	40	38	36	35	33	32	31	31

Tabelle 4: Norm- Trittschallpegel $L_{n,DFf,w}$ für den Übertragungsweg DFf in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse der flankierenden Wand. Ergebnisse bezogen auf $l_0 = 4,50$ m, $S_0 = 10$ m² und $T_{s,situ}$ nach [9]

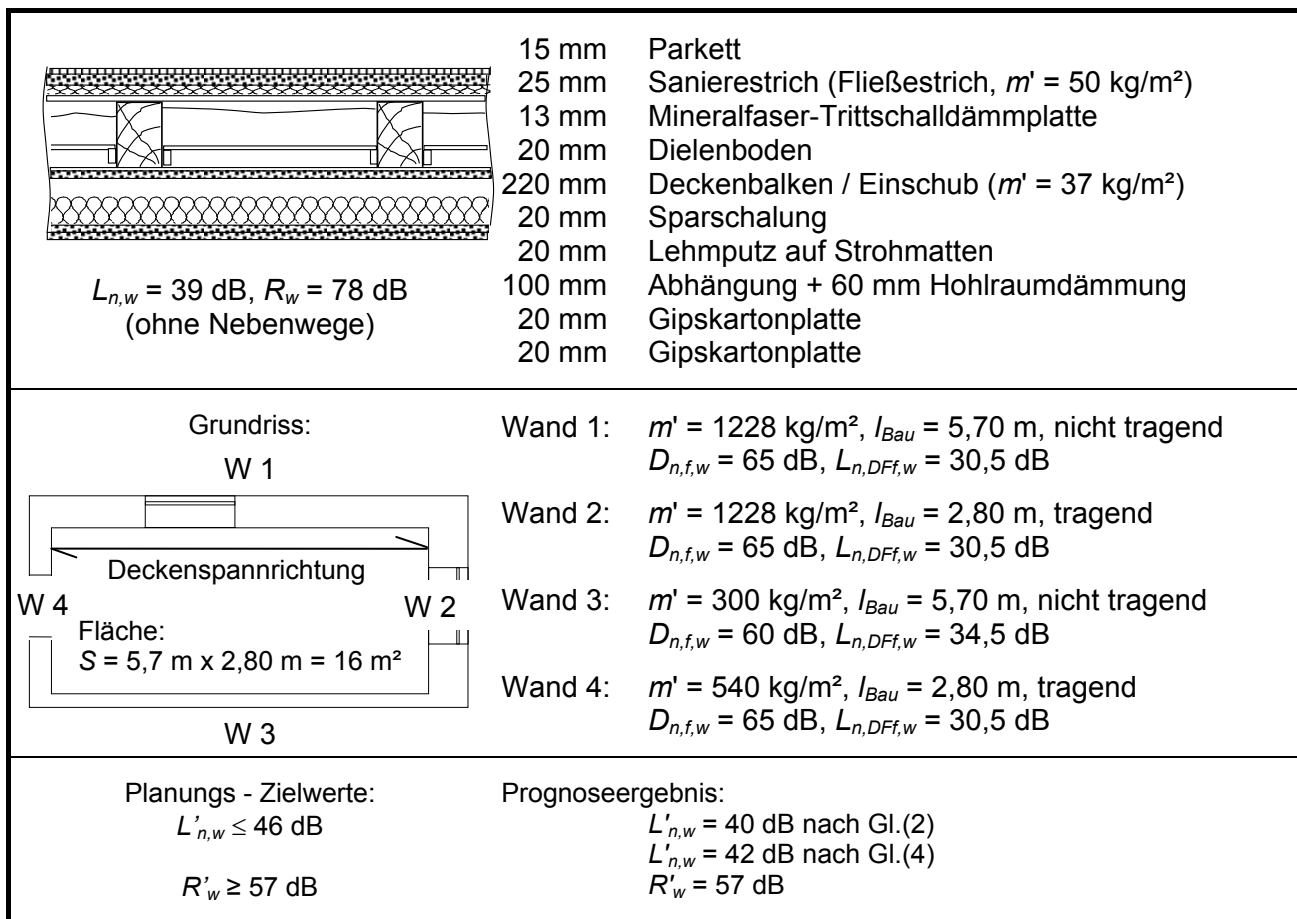


Abbildung 10: Prognosebeispiel für eine sanierte Altbaudecke

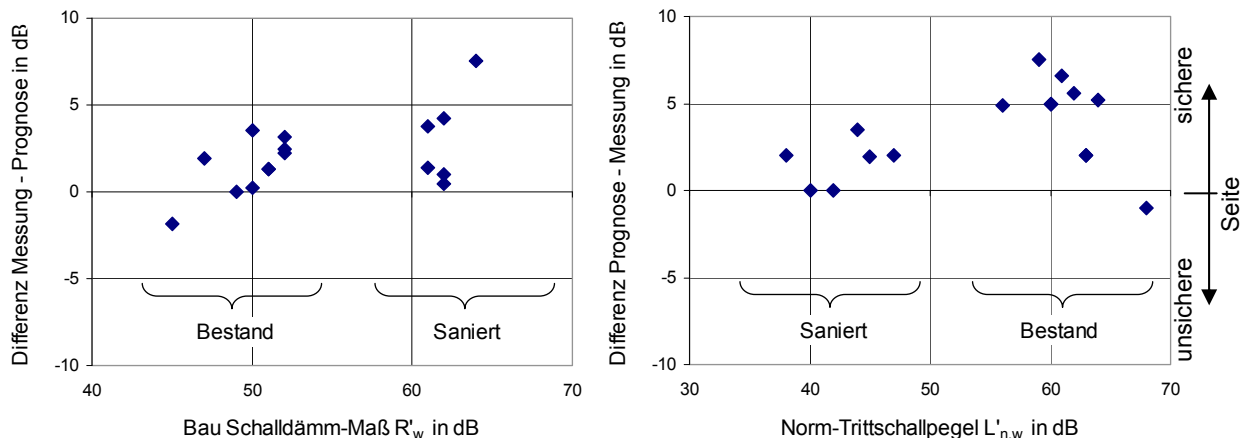


Abbildung 11: Vergleich zwischen Messung und Berechnung für 17 verschiedene Altbaudecken. Links für das Bau-Schalldämm-Maß, prognostiziert nach Gl. (1) und (3). Rechts für den Norm-Trittschallpegel am Bau, prognostiziert nach Gl. (2). Für positive Differenzen lag die Berechnung auf der sicheren Seite, für negative Differenzen auf der unsicheren Seite.

Zusammenfassung

Für die praktische Anwendung in der Planung einer Altbausanierung ergeben sich aus den Untersuchungen folgende Konsequenzen. Die Berechnung des Bau-Schalldämm-Maßes R'_w kann nach dem vereinfachten Modell erfolgen, wie es in der bisherigen DIN 4109 bereits für den Holz- und Skelettbau Anwendung findet. Die gemischten Übertragungswege (Decke-Wand und Wand-Decke) spielen bei der Luftschalldämmung eine untergeordnete Rolle. Für die Berechnung des Norm-Trittschallpegels am Bau ist es in der Regel ausreichend, die Flankenübertragung durch den Korrektursummanden K zu berücksichtigen. Bei leichten flankierenden Wänden kann es erforderlich sein zusätzlich die Übertragung des Estrichaufbaus über den Randdämmstreifen in die flankierende Wand zu berücksichtigen (Weg DFF). Die Eingangsdaten für die Berechnung können sowohl für die direkte Übertragung der Decke als auch für die Flankenübertragung der Wände den ausgearbeiteten Planungsunterlagen entnommen werden. Die Berechnung liegt, wie der Vergleich zwischen Baumessung und Berechnung zeigte, in der Regel auf der sicheren Seite. Die Ergebnisse der Baumessungen in sanierten Objekten zeigten zudem, dass auch bei historischen Holzbalkendecken im Altbau Zielwerte im Bereich des erhöhten Schallschutzes möglich sind.

Danksagung

Der Dank der Projektbearbeiter gilt der finanziellen Förderung durch die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und den beteiligten Industriefirmen: Fibo Exclay Deutschland GmbH, Getzner-Werkstoffe-GmbH, Gutex Holzfaserverplattenwerk, Knauf Gips KG, Lignatur AG, Pavatex SA, SFS intec AG, Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH, Spillner Spezialbaustoffe GmbH, Steico Aktiengesellschaft, Xella Trockenbausysteme GmbH.

Literatur

- [1] Rabold, A., Bacher, S., Hessinger, J.: Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil1: Direktschalldämmung, ift Forschungsbericht 2008
- [2] Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schallschutz, Holzbalkendecken in der Altbausanierung, Mikado plus, 3, 2008
- [3] Mayr, A., Schöpfer, F., Schanda, U., Rabold, A., Hessinger, J., Bacher, S., Schramm, M.: Holzbalkendecken in der Altbausanierung Teil2: Flankenschalldämmung, ift Forschungsbericht, zur Veröffentlichung vorgesehen in 2012
- [4] EN ISO 140-6:1998, Bauakustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 3: Messung der Trittschalldämmung von Decken in Prüfständen
- [5] Lißner, K., Rug, W., Winter, S., Schmidt, D., Holtz, F., Hessinger, J., Hauser, G., Otto, F., "Modernisierung von Altbauten", INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH, hh Reihe 1; Teil 14; Folge 1, Dezember 2001
- [6] Rug, W., Held, H., Stützer, Ch., Schulze, K., "Erneuerung von Fachwerkbauten", INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH, hh Reihe 7; Teil 3; Folge 1, Dezember 2001
- [7] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise November 1989 und Beiblatt 1 zur DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, November 1989
- [8] EN 12354:2000-12, Bauakustik; Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften
- [9] Fischer, H.M., Schneider, M., Blessing, S., Einheitliches Konzept zur Berücksichtigung des Verlustfaktors bei Messung und Berechnung der Schalldämmung massiver Wände, Tagungsband DAGA 2001

Anhang

Die Planungsdaten der Deckenkonstruktionen werden zur übersichtlicheren Darstellung in Form von Matrizen dargestellt. Bei geprüften Deckenaufbauten wird für die Trittschallübertragung der bewerte Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ mit Spektrumanpassungswert für den erweiterten Frequenzbereich $C_{1,50-2500}$ angegeben. Für die Luftschalldämmung wird das bewertete Schalldämm-Maß ebenfalls mit Spektrumanpassungswerten für den erweiterten Frequenzbereich angegeben. Bei prognostizierten Deckenaufbauten wurde der bewerte Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und die mittlere Standardabweichung der Berechnung angegeben.

	$L_{w,0}$ (C ₅₀₋₃₀₀₀) R_w (C ₅₀₋₃₀₀₀ -C ₁₇₅₀₋₅₀₀₀)	HAF	KNAUF	XELLA	SSB/GETZNER	EFFIDUR		
		50 ZE 40 MW	35 FE 40 MW	20 Power SE 20 MW	53 ZE - Lewis 12 Stymer TSS	28 FE - WP 1000 12 MW	28 FE - WP 1000 15 Phonewell	28 FE - WP 1000 4 Viles
	Variation	Aufbau						
1								
2								
3								
4	Unerdeckte verputzt	24 mm Dämmung 220 mm Balken Einschub $m^2 = 80 \text{ kg/m}^2$ Rohrputz $m^2 = 25 \text{ kg/m}^2$	X1112 $L_{w,0} = 65(0) \text{ dB}$ $R_w = 50(-1;-10) \text{ dB}$	X25 26 $L_{w,0} = 45(4) \text{ dB}$ $R_w = 75(-14;-29) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 49(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 49(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 52(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 56(1) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
5		122 mm HWST 220 mm Balken 100 mm Hohlraumdämmung Rohrputz $m^2 = 25 \text{ kg/m}^2$	X11718 $L_{w,0} = 67(1) \text{ dB}$ $R_w = 54(-5;-17) \text{ dB}$	X19 190 $L_{w,0} = 48(5) \text{ dB}$ $R_w = 75(-15;-30) \text{ dB}$	X15116 (ohne HWST) $L_{w,0} = 48(8) \text{ dB}$ $R_w = 73(-15;-30) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 51(7) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 54(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 57(4) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
6	Sanierung von oben	Dämmung im Hohlraum	X35 36 $L_{w,0} = 65(0) \text{ dB}$ $R_w = 55(-2;-12) \text{ dB}$ X73 74 $L_{w,0} = 65(1) \text{ dB}$ $R_w = 56(-3;-13) \text{ dB}$	X49 50 $L_{w,0} = 49(3) \text{ dB}$ $R_w = 69(-12;-25) \text{ dB}$	X55 56 $L_{w,0} = 49(3) \text{ dB}$ $R_w = 70(-10;-25) \text{ dB}$	X67 68 $L_{w,0} = 52(4) \text{ dB}$ $R_w = 70(-12;-26) \text{ dB}$	X71 72 $L_{w,0} = 54(3) \text{ dB}$ $R_w = 67(-8;-20) \text{ dB}$	X65 66 $L_{w,0} = 55(3) \text{ dB}$ $R_w = 66(-7;-20) \text{ dB}$
7	Sanierung von unten	Einschub nicht tragend zus. Auffüllung gebunden Einschub $m^2 = 120 \text{ kg/m}^2$ Rohrputz $m^2 = 25 \text{ kg/m}^2$	X107 106 $L_{w,0} = 61(1) \text{ dB}$ $R_w = 61(-6;-20) \text{ dB}$	X75 76 (Knauf) $L_{w,0} = 41(7) \text{ dB}$ $R_w = 77(-15;-30) \text{ dB}$ X81 82 (Knauf) $L_{w,0} = 42(7) \text{ dB}$ $R_w = 77(-16;-30) \text{ dB}$	X77 78 (Knauf) $L_{w,0} = 41(8) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 41(12) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 43(11) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 46(8) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
8		Einschub tragend	X107 106 $L_{w,0} = 56(2) \text{ dB}$ $R_w = 61(-6;-20) \text{ dB}$	X113 114 $L_{w,0} = 40(5) \text{ dB}$ $R_w = 79(-16;-33) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 41(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 41(10) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 43(9) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 46(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
9		24 mm Dämmung 220 mm Balken 100 mm Hohlraumdämmung 30 mm Lattung 12,5 mm GfK	X163 164 $L_{w,0} = 50(1) \text{ dB}$ $R_w = 65(-6;-21) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 55(2) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 58(0) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 59(1) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 62(0) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 67(-2) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
10		Unerdeckte auf Lattung	X163 164 $L_{w,0} = 50(1) \text{ dB}$ $R_w = 65(-6;-21) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 32(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	X185 186 $L_{w,0} = 37(5) \text{ dB}$ $R_w = 78(-15;-31) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 35(8) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 39(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 43(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
11	Sanierung von oben + unten	abgehängte Unerdeckte F50	X177 178 $L_{w,0} = 53(3) \text{ dB}$ $R_w = 60(-5;-17) \text{ dB}$	X175 176 $L_{w,0} = 39(7) \text{ dB}$ $R_w = 80(-14;-29) \text{ dB}$	X173 174 (mit Dielen) $L_{w,0} = 41(2) \text{ dB}$ $R_w = 77(-12;-27) \text{ dB}$ X179 180 (ohne Dielen) $L_{w,0} = 33(4) \text{ dB}$ $R_w = 79(-14;-29) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 38(10) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 41(9) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 45(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
12		abgehängte Unerdeckte F50	X112 $L_{w,0} = 74(2) \text{ dB}$ $R_w = 43(-1;-8) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 55(0) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 62(1) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 59(-1) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 62(-2) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 66(-3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
13		Unerdeckte auf Lattung	X191 192 $L_{w,0} = 60(0) \text{ dB}$ $R_w = 55(-5;-16) \text{ dB}$	X189 190 $L_{w,0} = 40(8) \text{ dB}$ $R_w = 78(-15;-30) \text{ dB}$	X187 188 $L_{w,0} = 44(6) \text{ dB}$ $R_w = 70(-11;-26) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 45(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 48(4) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 52(1) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
14		Einschub nicht tragend	X205 206 $L_{w,0} = 61(1) \text{ dB}$ $R_w = 57(-3;-14) \text{ dB}$	X201 202 $L_{w,0} = 42(5) \text{ dB}$ $R_w = 79(-17;-33) \text{ dB}$	X199 200 $L_{w,0} = 48(5) \text{ dB}$ $R_w = 71(-13;-27) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 46(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 48(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 51(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
15		Einschub nicht tragend	X209 210 $L_{w,0} = 50(4) \text{ dB}$ $R_w = 66(-7;-19) \text{ dB}$	X211 212 $L_{w,0} = 38(10) \text{ dB}$ $R_w = 81(-16;-31) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 36(4) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 35(8) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 38(6) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 42(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$
16		Unerdeckte freitragend	X219 220 $L_{w,0} = 67(2) \text{ dB}$ $R_w = 48(-4;-15) \text{ dB}$	$L_{w,0} = 51(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 55(4) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 52(5) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 55(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$	$L_{w,0} = 58(3) \text{ dB}$ $\sigma = 2 \text{ dB}$

		HAF	KNAUF	XELLA	PAVATEX	GUTEX	STEICO		
		18 GF 10 HMF	20 GF 10 HMF 30 Splitt	22 HWST 30 HMF	25 GF 20 HMF	21 Dielen 40 HMF	22 HWST 20 HMF	25 GF 20 HMF	15 Phonorell 9 HWF
1									
2	$L_{w,eq}$ (C _{1,25-200}) R_w (C ₅₀₋₅₀₀ /C _{1,25-200})								
3	Variation								
4	Aufbau 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² Rohrputz m ² = 26 kg/m ²	X1112 $L_{w,eq}$ = 65 (0) dB R_w = 50 (-1;10) dB		$L_{w,eq}$ = 48 (12) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 55 (2) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 54 (7) dB σ = 2 dB	X2728 $L_{w,eq}$ = 48 (4) dB R_w = 73 (-14;-29) dB	$L_{w,eq}$ = 53 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 53 (4) dB σ = 2 dB
5	Unterdecke verputzt 62 mm HWST 220 mm Balken 100 mm Hohlraumdämmung Rohrputz m ² = 26 kg/m ²	X11718 $L_{w,eq}$ = 67 (1) dB R_w = 54 (-5;-17) dB		$L_{w,eq}$ = 50 (12) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 59 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 58 (7) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 60 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 57 (6) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 56 (5) dB σ = 2 dB
6	Dämmung in Hohlraum 22 mm HWST 220 mm Balken, Verstärkung Erschub m ² = 120 kg/m ² Rohrputz m ² = 26 kg/m ²	X3536 $L_{w,eq}$ = 65 (0) dB R_w = 52 (-2;12) dB X7374 $L_{w,eq}$ = 65 (1) dB R_w = 56 (3;13) dB	X5354 $L_{w,eq}$ = 56 (4) dB R_w = 62 (-8;-21) dB	$L_{w,eq}$ = 47 (12) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 56 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 56 (6) dB σ = 2 dB	X3940 $L_{w,eq}$ = 56 (3) dB R_w = 63 (-8;-21) dB	X3738 $L_{w,eq}$ = 54 (9) dB R_w = 66 (-11;-26) dB	X4142 $L_{w,eq}$ = 54 (4) dB R_w = 68 (-12;-36) dB
7	Erschub nicht tragend 220 mm Balken, Verstärkung Erschub m ² = 80 kg/m ² Rohrputz m ² = 26 kg/m ²	X107108 $L_{w,eq}$ = 61 (-6;-20) dB		$L_{w,eq}$ = 49 (9) dB σ = 2 dB	X7930 (Xella) $L_{w,eq}$ = 49 (9) dB R_w = 73 (-17;-35) dB	$L_{w,eq}$ = 49 (12) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 50 (9) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 47 (11) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 46 (10) dB σ = 2 dB
8	Erschub tragend 22 mm HWST 200 mm Stützlager 220 mm Balken 100 mm Hohlraumdämmung Rohrputz m ² = 26 kg/m ²	X183184 $L_{w,eq}$ = 50 (1) dB R_w = 65 (-6;-21) dB	X5354 $L_{w,eq}$ = 49 (6) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 40 (14) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 48 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 49 (8) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 43 (4) dB σ = 2 dB	X109110 $L_{w,eq}$ = 46 (9) dB R_w = 67 (-12;-26) dB X111 (Lammal) $L_{w,eq}$ = 46 (7) dB	$L_{w,eq}$ = 46 (9) dB σ = 2 dB
9	zus. Träger und Bekleidung 24 mm Dielung 220 mm Balken 100 mm Hohlraumdämmung 30 mm Lattung 12,5 mm GKB	X17778 $L_{w,eq}$ = 68 (1) dB R_w = 61 (-6;-21) dB	$L_{w,eq}$ = 68 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 58 (8) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 64 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 64 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 58 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 62 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 62 (4) dB σ = 2 dB
10	Unterdecke auf Lattung 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² Abblende, 100 mm Dämmung 2 x 12,5 mm GF	X183184 $L_{w,eq}$ = 50 (1) dB R_w = 65 (-6;-21) dB	$L_{w,eq}$ = 44 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 33 (15) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 41 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 41 (9) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 34 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 42 (6) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 39 (7) dB σ = 2 dB
11	abgehängte Unterdecke F90 24 mm Dielung 220 mm Balken, Verstärkung Abblende, 100 mm Dämmung 2 x 12,5 mm GF	X17778 $L_{w,eq}$ = 53 (3) dB R_w = 60 (-5;-17) dB	$L_{w,eq}$ = 47 (6) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 36 (16) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 45 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 47 (9) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 41 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 47 (7) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 44 (8) dB σ = 2 dB
12	abgehängte Unterdecke F90 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² 30 mm Lattung 12,5 mm GKB	X19 $L_{w,eq}$ = 74 (-2) dB R_w = 42 (-1;-8) dB	$L_{w,eq}$ = 67 (2) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 55 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 64 (0) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 63 (2) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 57 (2) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 65 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 62 (0) dB σ = 2 dB
13	Unterdecke auf Lattung 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² 27 mm Füllschicht 2 x 12,5 mm GF	X101182 $L_{w,eq}$ = 60 (0) dB R_w = 55 (-5;-16) dB	$L_{w,eq}$ = 52 (5) dB σ = 2 dB	X197108 $L_{w,eq}$ = 40 (15) dB R_w = 74 (-18;-33) dB	$L_{w,eq}$ = 51 (2) dB σ = 2 dB	X193104 $L_{w,eq}$ = 50 (9) dB R_w = 64 (-10;-24) dB	$L_{w,eq}$ = 45 (4) dB σ = 2 dB	X195106 $L_{w,eq}$ = 51 (7) dB R_w = 64 (-11;-29) dB	$L_{w,eq}$ = 48 (9) dB σ = 2 dB
14	Erschub nicht tragend 22 mm HWST 220 mm Balken, Verstärkung Erschub m ² = 120 kg/m ² 27 mm Füllschicht 12,5 mm GF	X205206 $L_{w,eq}$ = 61 (1) dB R_w = 57 (-3;-14) dB	$L_{w,eq}$ = 53 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 43 (12) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 53 (1) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 53 (7) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 47 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 54 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 50 (5) dB σ = 2 dB
15	Erschub nicht tragend 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² 27 mm Füllschicht 12,5 mm GF	X209210 $L_{w,eq}$ = 50 (4) dB R_w = 66 (-7;-19) dB	$L_{w,eq}$ = 44 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 33 (13) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 42 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 44 (7) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 40 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 45 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 41 (6) dB σ = 2 dB
16	Unterdecke freitragend 24 mm Dielung 220 mm Balken Erschub m ² = 80 kg/m ² 27 mm Füllschicht 12,5 mm GKB	X219220 $L_{w,eq}$ = 67 (2) dB R_w = 48 (-4;-19) dB	$L_{w,eq}$ = 61 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 48 (11) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 59 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 61 (5) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 56 (3) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 61 (4) dB σ = 2 dB	$L_{w,eq}$ = 57 (5) dB σ = 2 dB

1	2	3	IST-Zust.	Variation	Aufbau	HAF		SFS		LIGNATUR			GUTEX		AGEPAN			
						50 ZE 40 MW	20 GF 10 HWF	50 ZE 20 EPS	25 GF 20 HWF	25 GF 20 HWF	50 ZE 30 MW 20 EPS	50 ZE 30 MW 30 Splitt	22 HWST 20 HWF	40 TEP 30 Schüttung				
					Rondecken	X217218 $L_{wv} = 92 (-5)$ dB $R_w = 23 (0;-3)$ dB												
					offen	X167183 $L_{wv} = 85 (-13)$ dB $R_w = 52 (-1;-9)$ dB												
					Holz-Beton-Verbund	X121124 $L_{wv} = 62 (-2)$ dB $R_w = 59 (-2;-13)$ dB	X189170 $L_{wv} = 64$ dB $\sigma = 2$ dB											
					Holz-Beton-Verbund	X121122 $L_{wv} = 38 (11)$ dB $R_w = 78 (-14;-29)$ dB												
					Holz-Beton-Verbund	X165166 $L_{wv} = 60 (-4)$ dB $R_w = 62 (-2;-13)$ dB	X157156 $L_{wv} = 44 (7)$ dB $R_w = 73 (-11;-20)$ dB X189189 $L_{wv} = 43 (7)$ dB											
					Holz-Beton-Verbund	X13114 $L_{wv} = 81 (-7)$ dB $R_w = 43 (0;-3)$ dB X15116 (Dielen) $L_{wv} = 72 (-6)$ dB $R_w = 46 (0;-4)$ dB	X157159 $L_{wv} = 53$ dB $\sigma = 2$ dB											
					Holz-Beton-Verbund	X3758 $L_{wv} = 72 (9)$ dB $R_w = 55 (0;-6)$ dB	X5860 $L_{wv} = 56 (0)$ dB $R_w = 59 (-2;-10)$ dB											
					Holz-Beton-Verbund	X5886 $L_{wv} = 42 (5)$ dB $R_w = 78 (-15;-30)$ dB X87 (Laminat) $L_{wv} = 40 (6)$ dB	X6364 $L_{wv} = 49 (1)$ dB $R_w = 70 (-5;-19)$ dB											
					Holz-Beton-Verbund	X193154 $L_{wv} = 48 (4)$ dB $R_w = 72 (-10;-24)$ dB												
					Kastenelemente													
					Volst. Austausch													
					Volst. Austausch													

- 50 ZE: ... 50 mm Zementestrich, $m' \geq 120$ kg/m²
- 35 FE: ... 35 mm Friesestrich, $m' \geq 97$ kg/m²
- 28 FE-WP 2000 ... 28 mm FieBstrich, Efidur Wabenplatte WP 2000, $m' \geq 50$ kg/m²
- 20 GF: ... 20 mm Gips- Trockenestrich, Xella 2 E 31, $m' \geq 26$ kg/m²
- 25 GF: ... 25 mm Gips- Trockenestrich, Xella 2 E 22, $m' \geq 30$ kg/m²
- 40 MW: ... 40 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatten, $s' \leq 6$ MN/m³
- 20 MW: ... 20 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatten, $s' \leq 20$ MN/m³
- 25 MW: ... 25 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatten, $s' \leq 15$ MN/m³
- 15 Phonewell ... 15 mm sandgefüllte Weilpappe, Phonewell, $m' \geq 16,6$ kg/m²
- 9 HWF: ... 9 mm Holzfaserplatten, Steico Silent+
- 20 HWF: ... 20 mm Holzfaserplatten, Gutex Thermofloor, $s' \leq 30$ MN/m³
- 40 HWF: ... 40 mm Holzfaserplatten, Pavatex Pavatherm-Floor-NK
- 60 HWF: ... 60 mm Holzfaserplatten, Gutex Thermosafe homogen
- 40 TEP: ... 9 mm Laminatboden auf 40 mm Holzfaserplatten, Agepan TEP
- 30 Splitt: ... 30 mm Kalksplitt in Pappwaben, Xella, $m' \geq 43$ kg/m²
- 60 Betonsteine ... 60 mm Betonsteine (200x200 mm) auf 10 mm Quarzsand, $m' \geq 131$ kg/m²
- 50 ZE-Lewis ... 50 mm Beton C25/30, Lewis Schwalbenschwanzplatte $m' \geq 94$ kg/m²
- 20 Power SE ... 20 mm Powerpanel SE, Xella, $m' \geq 50$ kg/m²
- 18 GF: ... 18 mm Gips- Trockenestrich, Knauf Brio, $m' \geq 25$ kg/m²
- 22 HWST: ... 22 mm OSB 3 N+F Verlegeteile, $m' \geq 13$ kg/m²
- 21 Dielen: ... 21 mm Holzdielen auf Verlegeteilen, $m' \geq 9$ kg/m²
- 30 MW: ... 30 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatten, $s' \leq 6$ MN/m³
- 12 Sylomer TSS ... 12 mm Sylomer TSS A Schallschutzstreifen, $b = 80$ mm, $e = 848$ mm
- 12 MW: ... 12 mm Mineralfaser Trittschalldämmplatten, $s' \leq 40$ MN/m³
- 4 Vlies: ... 4 mm PE Schaum mit Faser-Polyesterfuge, Efidur, $s' \leq 80$ MN/m³
- 10 HWF: ... 10 mm Holzfaserplatten
- 30 HWF: ... 30 mm Holzfaserplatten, Pavatex Papapor, $s' \leq 50$ MN/m³
- 40 HWF: ... 40 mm Holzfaserplatten, Gutex Thermosafe-nf
- 20 EPS: ... 20 mm Polystyrol Trittschalldämmplatten, $s' \leq 20$ MN/m³

