



## Schalltechnische Instand- setzung und Ertüchtigung von Geschossdecken in Holz

*Matthias Schmid  
Dipl. Ing. FH / M.Sc. UHP  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter F+E  
Berner Fachhochschule  
Architektur, Holz und Bau  
Biel, Schweiz*



*Heinz Weber  
Architekt HTL, Bauphysik  
Berner Fachhochschule  
Weber Energie und Bauphysik  
Bern, Schweiz*



# Schalltechnische Instandsetzung und Ertüchtigung von Geschossdecken in Holz

## Grundlagen

### Einführung

Die Sanierung und Instandsetzung von Gebäuden gewinnt in der Schweiz zunehmend an Bedeutung (Diagramm 1). Dabei müssen in der Planung und Realisierung die umfangreichen bauphysikalischen Anforderungen berücksichtigt werden. Für die Anforderungen in schalltechnischer Hinsicht gilt die Norm SIA 181 Schallschutz im Holzbau [SIA 181 2006 (2)].

Im Gebäudebestand sind es vor allem die Wohnungstrenndecken in Holz, welche ein unzureichendes Schalldämmvermögen haben und nicht den aktuellen Anforderungen genügen.

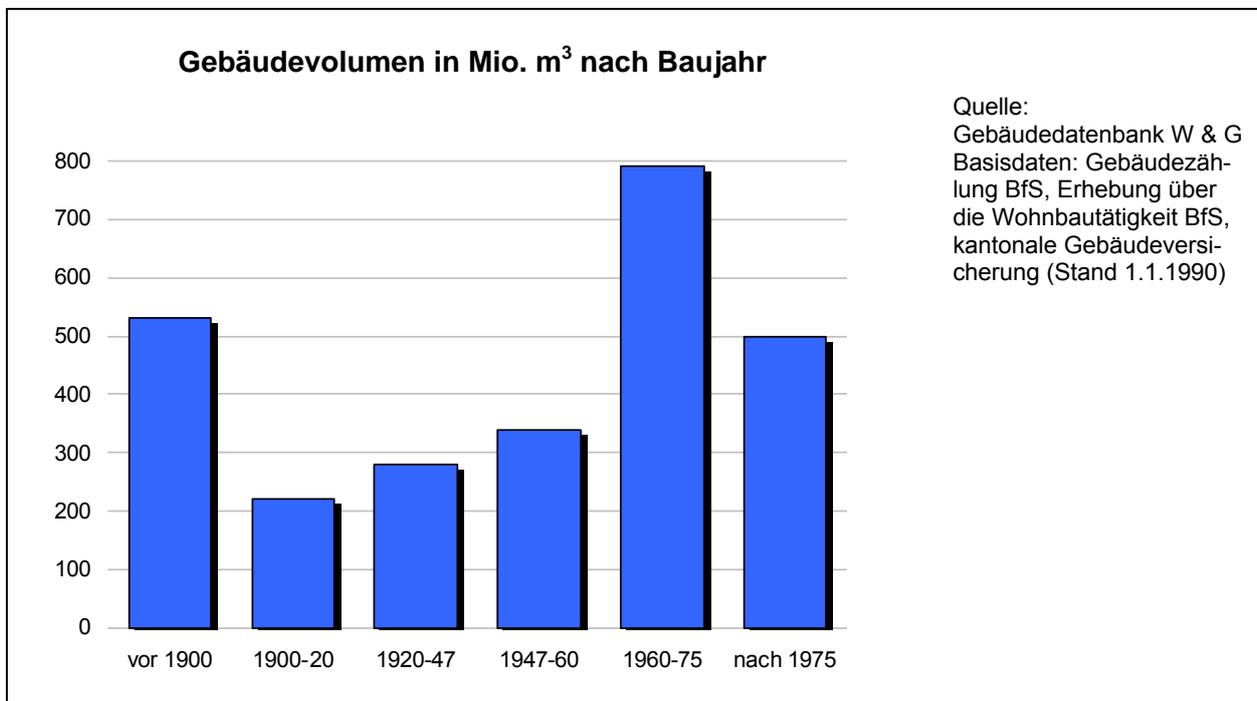


Diagramm 1: Gebäudevolumen in Mio. m<sup>3</sup> nach Baujahr gegliedert

Zu diesen Deckenkonstruktionen stehen unzureichende Grundlagen bzw. Kenngrößen für die schalltechnische Sanierung zur Verfügung. Dies kann man damit begründen, dass die baulichen Situationen und die Konstruktionen sehr unterschiedlich sind und nach individuellen Lösungen verlangen. Die schalltechnischen Massnahmen sind gezielt abzustimmen und können nur bedingt allgemein in Verbindung gebracht werden.

### Anforderungen

Auszug aus der aktuellen SIA 181 [SIA 181 2006 (2)]:

Die Norm SIA 181 gilt für den baulichen Schutz gegenüber externen und internen Lärmquellen sowie von externen und internen Quellen abgestrahltem Körperschall bezogen auf Nutzungseinheiten in Neu- und Umbauten (siehe Ziffer 0.1.8) für Aussenbauteile, Trennbauteile, Treppen, haustechnische Anlagen und feste Einrichtungen im Gebäude.

Das gilt auch für Umnutzungen und bauakustisch relevante Nutzungsänderungen. Fragen der Verhältnismässigkeit von bauakustischen Anforderungen bei Umbauten (Statik, Denkmalschutz, technische und betriebliche Machbarkeit sowie wirtschaftliche Tragbarkeit) sind im Einzelfall zwischen den Beteiligten und falls erforderlich mit den Vollzugsbehörden zu regeln.

Es gelten folgende Anforderungswerte  $D_i$  für den Luftschall von innen bzw.  $L'$  für Trittschall für das Instandsetzen von Deckenkonstruktionen nach [SIA 181 2006 (2)].

Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von innen

Lärmbelastungen	klein	mässig	stark	sehr stark
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte $D_i$			
gering	42 dB	47 dB	52 dB	57 dB
mittel	47 dB	52 dB	57 dB	62 dB
hoch	52 dB	57 dB	62 dB	67 dB

Tabelle 1: Mindestanforderungen an den Schallschutz gegen Luftschall von innen

Mindestanforderungen für Umbauten an den Schutz gegen Trittschall

Lärmbelastungen	klein	mässig	stark	sehr stark
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte $L'$			
gering	65 dB	60 dB	55 dB	50 dB
mittel	60 dB	55 dB	50 dB	45 dB
hoch	55 dB	50 dB	45 dB	40 dB

Tabelle 2: Mindestanforderungen Umbauten an den Schutz gegen Trittschall

Für die erhöhten Anforderungen gelten für den Luftschall 3 dB mehr nach Tabelle 1, bei Trittschall um 3 dB weniger nach Tabelle 2. Da praktisch die gleichen Anforderungen für Neu- wie Umbauten gelten, liegt der Anspruch für eine schalltechnische Sanierung bestehender Deckenkonstruktionen in Holz relativ hoch. Zudem sind nach der aktuellen SIA-Norm 181 die Schallnebenwege wie auch die Spektrumanpassungswerte<sup>1</sup> für den Nachweis nach Tabelle 3 zu berücksichtigen. Für den Fall von sanierungsbedürftigen Decken ist dies relativ schwierig abzuschätzen. Es müssen zusätzlich grosse Vorhaltemasse ( $K_p$ )<sup>2</sup> mit einbezogen werden.

<sup>1</sup> Korrekturwerte als Einzahlangaben für Pegel oder Pegeldifferenzen, welche auf Grund besonderer Frequenzabhängigkeiten von Geräuschen erforderlich sind, um Messwerte an die Gehörempfindung anzupassen.

<sup>2</sup> Korrekturwert zu akustischen Bauteilkennwerten aus Labormessungen, der zusätzlich zu Flankenübertragungen am Bau Abweichungen zwischen Labor- und Baubedingungen berücksichtigen soll (Erfahrungswert).

Anforderungswerte	Nachweisführung
Luftschall $D_i$	$\leq D_{i,tot} = R'_w + 10 \lg(V/S) - 4,9 + C - C_V - K_P \quad dB$ <p>wobei <math>R'_w = R_w - K_F</math></p>
Trittschall $L'$	$\geq L'_{tot} = L'_{n,w} - 10 \lg(V) + 14,9 + C_I + C_V + K_P \quad dB$ <p>wobei <math>L'_{n,w} = L_{n,w} + K_F</math></p>

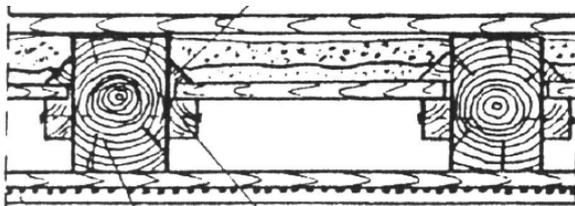
Tabelle 3: Nachweisführung von Luft- und Trittschallanforderungen gemäss SIA 181

Es ist zu berücksichtigen, dass bei einer Instandsetzung der Decken nicht nur schalltechnische Ansprüche bestehen, sondern dass das System Decke die Anforderungen an den Brandschutz, die Luftdichtigkeit und Tragfähigkeit wie auch die Gebrauchstauglichkeit erfüllen muss. Oftmals führt letztere Ertüchtigung dazu, dass die Decke verstärkt werden muss um höhere Steifigkeiten<sup>3</sup> zu erzielen. Dies übt auch einen wesentlichen Einfluss auf das schalltechnische Verhalten aus.

## Bestand der Decken in Holz

### Deckentypen

Die meisten Deckenkonstruktionen im Bestand sind als klassische Holzbalkendecken (Abbildung 1) ausgeführt. Dieser Typ von Konstruktion zeichnet sich vor allem durch sein geringes Gewicht aus. Die Balken werden in der Regel oberseitig mit einem Fussboden (Bohlenbelag) geschlossen und unterhalb oftmals mit einer Schilfrohrmatte vergipst. Im Hohlraum der Konstruktion wird meist zusätzliches Gewicht in Form von Schlacke<sup>4</sup> oder trockener Erde auf einen Schiebboden eingebracht.



#### Einschubdecke

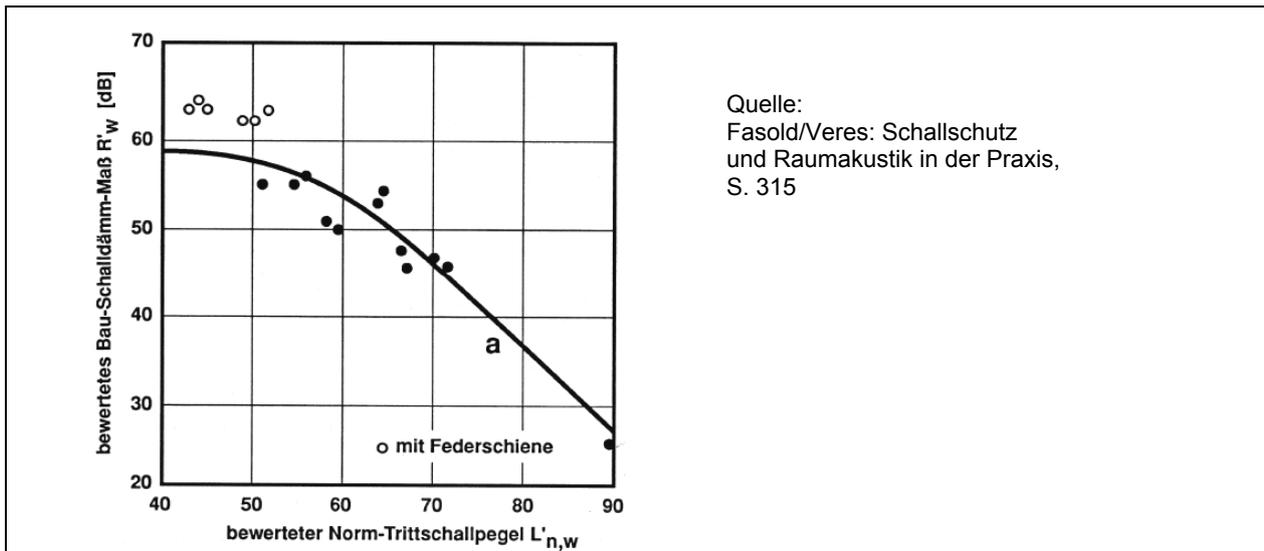
Hobeldielen  
Schlacke oder getrocknete Erde  
evt. Lehmverstrich auf Einschub  
Lattung  
Schalung  
Schilfrohrputz

Abbildung 1: Einschubdecke als typische Deckenkonstruktion bei Altbauten

Die Einschubdecke genügt den hohen Anforderungen weder im Bereich der Luftschall- noch der Trittschalldämmung. Somit müssen bei der Ertüchtigung beide Aspekte einfließen. Da zwischen Luftschall- und Trittschalldämmung ein Zusammenhang besteht, kann in einem ersten Schritt auf einfache Weise eine Abschätzung des Systems erfolgen.

<sup>3</sup> Steifigkeit und Masse wirken sich konträr aus. Eine Erhöhung der Steifigkeit eines Bauelements vermindert deren Schalldämmung, eine Erhöhung der Masse erhöht in der Regel die Dämmung.

<sup>4</sup> Schlacke ist ein glasig-massiver bis poröser Rückstand aus einem thermischen Prozess.



Grafik 1: Zusammenhang zwischen bewertetem Bau-Schalldämm-Mass  $R'_{w}$  und bewertetem Norm-Trittschallpegel  $L'_{n,w}$  von Holzbalkendecken

## Einschränkungen und Grenzen

Die Haupteinschränkungen in der Instandsetzung liegen im Bereich der Nebenwegübertragung. Hier kann die bestehende Tragkonstruktion meist nicht von den angrenzenden Teilen gelöst werden um somit eine Entkoppelung zu erzielen.

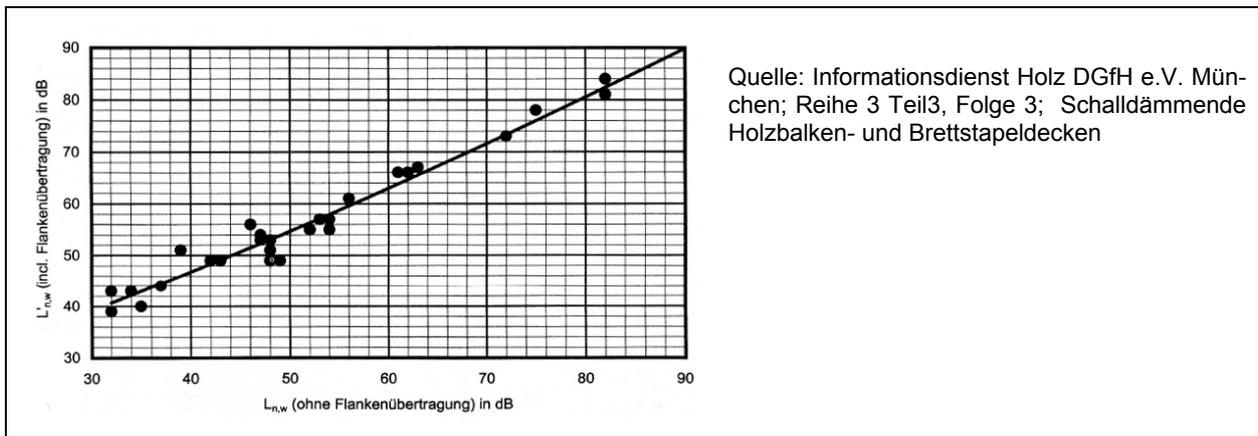


Diagramm 2: Holzbalkendecken: Zusammenhang zwischen Trittschalldämmwerten gemessen im Labor (ohne Flankenübertragung) und mit Flankenübertragung).

Der Einfluss der Flankenübertragungen auf die Trittschalldämmung nimmt bei Deckenkonstruktionen mit guten Trittschalldämmwerten zu (Diagramm 2). Werden erhöhte Anforderungen zum Ziel gesetzt können die Flankenübertragungen Werte in der Grösse von 10 dB erreichen. Infolge der relativ geringen flächenbezogenen Masse und wegen den ausgeprägten Körperschallbrücken im Bereich der Balken treten charakteristisch hohe Schallübertragungen im tiefen Frequenzbereich zwischen 100 und 500 Hz<sup>5</sup> auf.

<sup>5</sup> Die Masseinheit Hertz gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde an, allgemeiner auch die Anzahl von beliebigen sich wiederholenden Vorgängen pro Sekunde.

## Massnahmen zur Ertüchtigung

Die Massnahmen zur schalltechnischen Ertüchtigung von Holzbalkendecken müssen je nach Situation von neuem erarbeitet werden. Es sind viele Randparameter in einem Sanierungskonzept zu berücksichtigen und zu gewichten. Je nach Auslegung der Schwerpunkte ist dann zu entscheiden, welches Vorgehen für die vorliegende Situation das idealste ist.

Für die Sanierung der Rohdecke können folgende Massnahmen herangezogen werden:

1. Montage der Unterdecke mit Federschielen bzw. -bügel,
2. Montage einer abgehängten Unterdecke,
3. Montage einer freitragenden Unterdecke,
4. Verstärkung der Balkenlage durch seitliche Laschen und Erhöhung der Einschubmasse,
5. statische Ertüchtigung der Decke durch Holz-Beton-Verbund,
6. Einbau von Sekundärträgern zur Entkopplung der Rohdecke,
7. Komplettaustausch der Rohdecke.

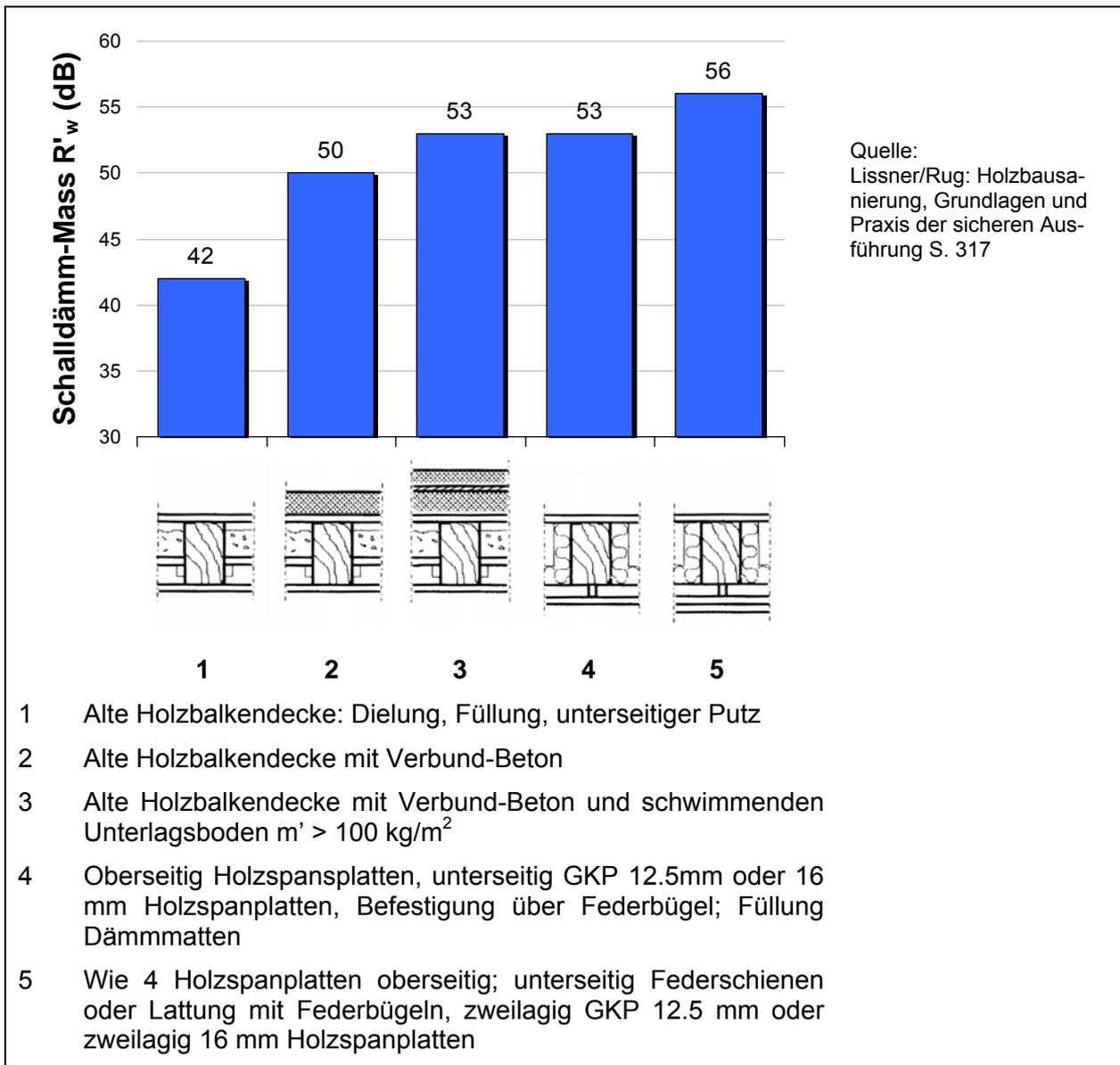
Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Massnahmen die gleichen Auswirkungen haben. Sie sind von der vorliegenden Situation abhängig. In jeder Hinsicht sollte jedoch bei einer Ertüchtigung bezüglich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit geprüft werden, auf welche Art und Weise sich die schalltechnischen Aspekte integrieren lassen.

### Aufbau und Unterbau

Es bietet sich an, dass man die Rohdecke bzw. die Balkenlage belässt und die bestehende Substanz ertüchtigt. Somit ergibt sich die Gelegenheit, auf der Unterseite wie auch auf der Oberseite Schichten auszubilden, welche sich schalltechnisch positiv auswirken. Hier gilt das gleiche Prinzip wie bei neuen Deckenkonstruktionen: Mehrschichtigkeit verbunden mit zusätzlicher Masse im System führt zu einem guten Schallschutz.

Da bei der Instandsetzung der Decken in Holz auch oft die Fussbodenbeläge ersetzt werden, ist es sinnvoll, den Aufbau grundsätzlich zu prüfen. Es können hier Luftschallverbesserungen von bis zu 11 dB erzielt werden [LISSNER 2000 (10)]. Bei einer Verdoppelung der Masse kann man im Schnitt von einer Steigerung um 3 dB ausgehen.

Es gibt auch Situationen in denen ein Aufbau oberhalb der Konstruktion nicht möglich ist. Dies ist zum Beispiel bei begrenzter Bauhöhe der Fall (so z.B. Türschwellen). In dem Fall ist zu prüfen, ob nicht die Möglichkeit besteht, unterhalb der Deckenkonstruktionen biegeeweiche Platten anzubringen. Eine an Federbügel befestigte GKP bringt im vorliegenden Fall ca. 11 dB Verbesserungen der Luftschalldämmung.



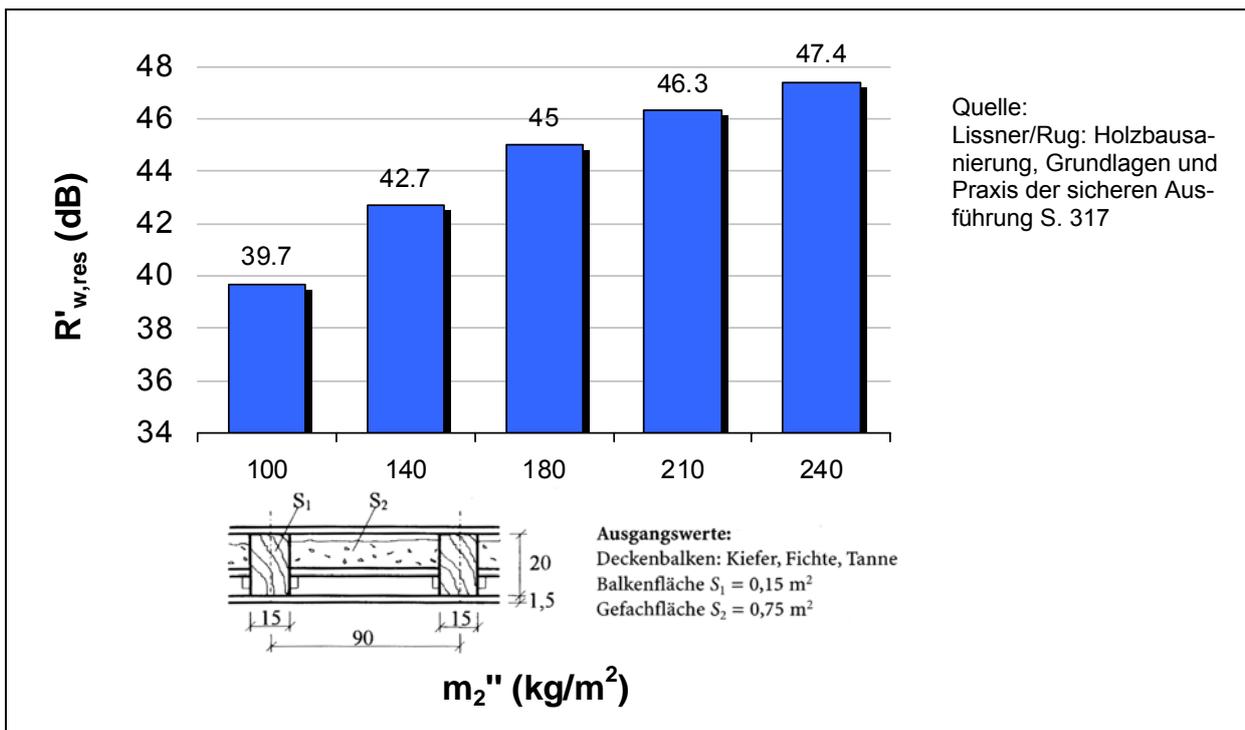
Grafik 2: Übersicht verschiedener Massnahmen an der Decke (Oberseite und Unterseite)

## Masse

Eine Erhöhung der Masse erhöht in der Regel die Schalldämmung (Grafik 3). Eine Verdoppelung der Masse bewirkt im Schnitt eine Verbesserung der Luftschalldämmung von ca. 3 dB. Es bietet sich an, den Hohlraum über dem Schiebboden auszunutzen. Diese Massnahmen werden nicht genügen, um den relativ hohen Anforderungen an den Schallschutz gerecht zu werden. So ist eine schalltechnische Instandsetzung immer mit mehreren Massnahmen zu realisieren.

Masse kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten eingebracht werden. Im Zwischenraum der Einschubdecke bietet sich genügend Platz, um eine Schüttung, in gebundener oder loser Form einzubringen.

Oberhalb der Deckenbalken kann zusätzlich Masse durch das Auflegen von Betonplatten angebracht werden. Die Wirksamkeit solch einer Plattenschicht ist gross, weil sie infolge der Fugen zwischen den Platten ‚biegeweich‘ ist.



Grafik 3: Einfluss des Flächengewichts der Füllung auf die Veränderung des bewerteten Schalldämm-Masses einer Einschubdecke

### Gängige Ertüchtigungsmassnahmen

Folgend sind Massnahmen [Informationsdienst Holz Reihe 7, Teil 3, Folge 1 (6)] und die Auswirkung auf das schalltechnische Verhalten in der Übersicht aufgezeigt. Es lassen sich daraus die Verbesserungen von Tritt- wie auch Luftschall ablesen.

Bauphysikalische Maßnahmen	Trittschalldämmung bewertete Trittschallminderung $\Delta L_w$ in [dB]	Luftschalldämmung bewertetes Schalldämm- Verbesserungsmaß $\Delta R'_w$ in [dB]	Feuerwiderstand
<b>Ertüchtigungsmöglichkeiten von Deckenoberseite</b> Aufbau z.B.: 1 - 2 x Spanplatte 19 mm 2 - 25 mm Mineralfaser- Trittschalldämmplatte 3 - Dielung 	4–10 dB <sup>1)</sup>	ca. 6 dB <sup>1)</sup>	F60 <sup>2)</sup> – F90 <sup>2)</sup>
<b>Ertüchtigungsmöglichkeiten von Deckenoberseite</b> Aufbau z.B.: 1 - Nassestrich > 50 mm 2 - Abdeckung (Folienbahn) 3 - 25 mm Mineralfaser- Trittschalldämmplatte 4 - Dielung 	10–20 dB <sup>1)</sup>	ca. 6 dB <sup>1)</sup>	F60 <sup>3)</sup> – F90 <sup>4)</sup>
<b>Ertüchtigungsmöglichkeiten von Deckenoberseite</b> Aufbau z.B.: 1 - Dielung 2 - Dämpfungsschicht 3 - Holzbalken 	ca. 10 dB <sup>1)</sup>	ca. 2–6 dB <sup>1)</sup>	0
<b>Ertüchtigungsmöglichkeiten von Deckenunterseite</b> Aufbau z.B.: 1 - Holzbalken 2 - Abhänger 3 - Unterdecke 2 x Gipskartonplatte 	ca. 23 dB <sup>1)</sup>	ca. 7–15 dB <sup>1)</sup>	F60 <sup>2)</sup> – F90 <sup>2)</sup>

1) nach [2]

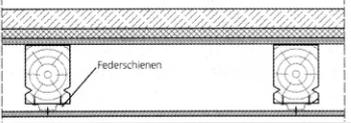
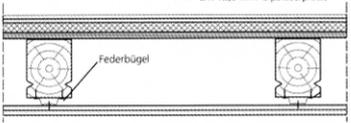
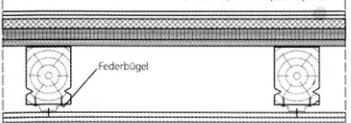
2) je nach Prüfzeugnis des Herstellers

3) nach DIN 4102, Teil 4, Tabelle 64 für Mindestdicke von 20 mm

4) mögliche Einstufung bei größerer Dicke

Abbildung 2: Mögliche Ertüchtigungsmassnahmen von Altbaudecken, Deckenoberseite und –unterseite

Diese lassen sich auch wie folgt kombinieren:

Bauphysikalische Maßnahmen	Trittschalldämmung	Luftschalldämmung bew. Normtrittschalldämmmaß $L'_{n,w}$ in [dB]	Feuerverstand bew. Schalldämmmaß $R'_w$ in [dB]
Ertüchtigungsmöglichkeiten beidseitig Aufbau z. B.: 1 - Zementestrich 2 - Faserdämmplatte 3 - Unterdecke 4 - Spanplatte 	51 dB <sup>4)7)</sup>	57 dB <sup>4)7)</sup>	von oben F60 <sup>2)7)</sup> bis F90 <sup>3)7)</sup>  von unten F30 <sup>1)7)</sup>
Ertüchtigungsmöglichkeiten beidseitig Aufbau z. B.: 1 - 2 x 10 mm Gipsfaserplatte 2 - 11/10 mm Mineralfaserplatte 3 - Spanplatte, Hobeldielen 4 - 2 x 12,5 mm Gipsfaserplatte 	52 dB <sup>5)</sup>	53 dB <sup>5)</sup> 57 dB <sup>6)</sup>	von oben F90 <sup>1)7)</sup>  von unten F60 <sup>1)7)</sup>
Ertüchtigungsmöglichkeiten beidseitig 2 - 10/11 mm Mineralfaserplatte 3 - 30 mm TSY-Platte 4 - Spanplatte 5 - 2 x 12,5 mm Gipsfaserplatte 	44 dB <sup>5)7)</sup>	56 dB <sup>5)7)</sup> 60 dB <sup>6)7)</sup>	von oben F90 <sup>1)7)</sup>  von unten F60 <sup>1)7)</sup>

1) je nach Prüfzeugnis des Herstellers

2) nach DIN 4102, Teil 4, Tabelle 64 für Mindestdicke von 20 mm

3) mögliche Einstufung bei größerer Dicke des Estrichs

4) ohne Bodenbelag, nach DIN 4109 Bbl. 1

5) nach Prüfzeugnis des Herstellers

6) berechnet nach DIN 4109 Bbl. 1, Abschnitt 5.5.2 aus dem Wert  $R'_{w,p}$  des Prüfzeugnisses

7) nach [79]

Abbildung 3: Mögliche Ertüchtigungsmassnahmen von Altbaudecken, beidseitige Ertüchtigung

## Beispiele

### Objekt 1: Mehrzweckgebäude im Schlossareal in Köniz

#### Umbau zu Unterrichtsräumen



Deckenuntersicht nach Abbruch bestehender Verkleidung

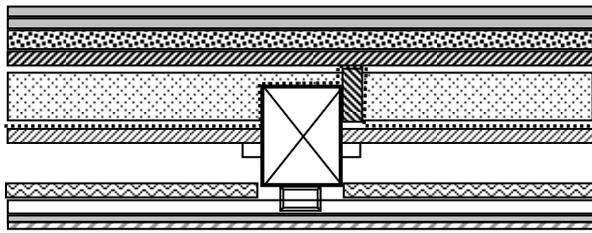


Ansicht nach der Sanierung

Das ehemalige Waschhaus wurde zu Unterrichts- und Mehrzweckgebäude umgebaut. Die Tragsicherheit und der Schallschutz der Decke über dem Erdgeschoss wurden erhöht, damit die übereinanderliegenden Räume gleichzeitig genutzt werden können.

Zum Ausgleich der Höhendifferenzen, zur Stabilisierung und zur Verbesserung des Schallschutzes wurde der folgende Deckenaufbau gewählt.

## Deckenaufbau nach der Sanierung



- 1 Fermacell-Estrichelement
- 2 Trockenschüttung
- 3 3-Schichtplatte verschraubt
- 4 Hohlraum füllen mit Kalksplitt
- 6 Trennfolie
- 7 Zwischenboden auf Latten
- 8 Mineralwolle 40 mm
- 9 Lattung / Federbügel
- 10 Fermacell
- 11 Lattung / Installationsraum
- 12 Täfer

## Empfehlung zum Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten; Luftschall

Klassenzimmer - Klassenzimmer	$D_{nT,w} (C; C_{tr}; C_v)$	$D_{i,tot}$	Anforderung erfüllt	
			Stufe 1	Stufe 2
			$\geq 45$	$\geq 50$
Ist-Zustand	Nicht gemessen		nein	nein
1.San: Neuer Parkett		58 dB	ja	nein

$$D_{i,tot} = D_{nT,w} + C - C_v = 58 + 0 - 0 = 58 \text{ dB}$$

Nachweis:  $D_i \leq D_{i,tot}$  d.h. Stufen 1 und 2 gemäss SIA 181 Anhang G

Anforderung Stufe 1:  $45 \leq 58$  erfüllt

Anforderung Stufe 2:  $50 \leq 58$  erfüllt

## Empfehlung zum Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten; Trittschall

Wohnen - Wohnen	$L'_{nT,w} (C_I; C_V)$	$L'_{tot} = L'_{nT,w} + C_I + C_V$	Anforderung erfüllt	
			Stufe 1	Stufe 2
			$\leq 50$	$\geq 45$
Ist-Zustand	Nicht gemessen		nein	nein
1. San: Neuer Parkett		48 dB	ja	nein

$$L'_{tot} = L'_{nT,w} + C_I + C_V = 48 + 0 + 0 = 48 \text{ dB}$$

Nachweis:  $L' \leq L'_{tot}$  d.h. Stufen 1 und 2 gemäss SIA 181 Anhang G

Anforderung Stufe 1:  $60 \geq 48$  erfüllt

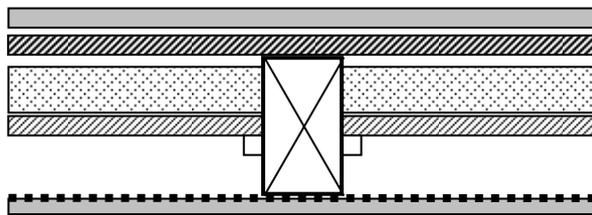
Anforderung Stufe 2:  $55 \geq 48$  erfüllt

## Objekt 2: Mehrfamilienhaus



Mehrfamilienhäuser der 50er Jahre dieser Art verfügen über Holzbalkendecken. Die wärmetechnische Sanierung und die Erneuerung des Innausbaus (Sanitär und Küche) verbessern den Komfort der Wohnungen. Damit der Schallschutz den heutigen Anforderungen von Mietwohnungen entspricht, müssen bei Decken meistens Massnahmen von oben und von unten ergriffen werden. Dies bedingt eine umfassende Sanierung der gesamten Liegenschaft.

### Ist – Zustand (Wohnraum)



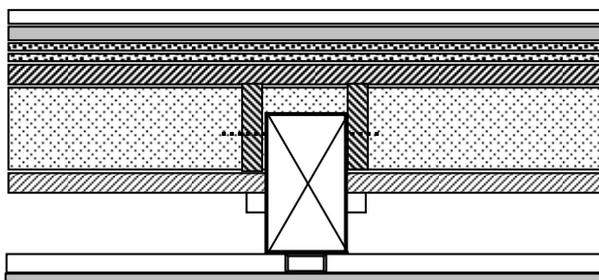
- 1 Parkett
- 2 Lager
- 3 Schlackenfüllung ergänzen mit Sand im Hohlraum
- 4 Balken
- 5 Zwischenboden auf Latten
- 6 Gips mit Gipsplatten

### Sanierung 1:

Die Verbesserungsmassnahmen wurden nur von oben ausgeführt und die bestehende Decke unten (Gips mit Gipsplatten) wurde belassen. Somit wurde nur der Boden der Wohnung tangiert. Die Wände und Decken in den Räumen der darunter liegenden Wohnung mussten somit nicht vollständig renoviert werden.

### Sanierung 2:

Ein verbesserter Schallschutz soll durch den Ersatz der bestehenden Gipsdecke mit einer an Federbügeln befestigte Gipskartonplatte 12.5 mm erreicht werden.



- 1 Parkettbelag
- 2 Fermacell - Estrichelement
- 3 Trockenschüttung
- 4 3-Schichtplatte verschraubt
- 5 Schlackenfüllung ergänzen - Hohlraum füllen mit Sand
- 6 Balken verstärkt und Schiftung
- 7 Zwischenboden auf Latten
- 8 Lattung / Federbügel
- 9 Fermacell 12.5mm

**Nachweis am Bau Luftschall von innen  $D_i$** 

Wohnen - Wohnen	$D_{nT,w} (C; C_{tr}; C_v)$	$D_{i,tot}$	Anforderung erfüllt	
			mindest	erhöht
Ist-Zustand	43.5 (-4.5; -10.4 ; 0.0) dB	39.0 dB	nein	nein
1.San: Neuer Parkett	54.0 (-2.3; -7.3 ; 0.0) dB	51.7 dB (gerundet 52dB)	ja	nein
2. San: Neuer Parkett + abgehängte Decke	57.4 (-1.6 ; -4.7; 0.0) dB	55.8 dB	ja	Ja

Anforderungen im Umbau

Die Mindestanforderungen sind erfüllt sofern  $D_i \ 52 \leq D_{i,tot}$

Die erhöhten Anforderungen sind erfüllt sofern  $D_i \ 57 \leq D_{i,tot}$

**Nachweis am Bau Trittschall  $L'$** 

Wohnen - Wohnen	$L'_{nT,w} (C_i; C_v)$	$L'_{tot}$ $L'_{n,Tw} + C_i + C_v$	Anforderung erfüllt	
			mindest	erhöht
Ist-Zustand	67.3 (2.3 ; 0.0) dB	69.6 dB	nein	nein
1. San: neuer Parkett	51.6 (1.2 ; 0.0) dB	52.8 dB gerundet 53 dB	ja	nein
2. San: neuer Parkett + abgehängte Decke	44.5 (1.5 ; 0.0) dB	46.0 dB	ja	ja

Anforderungen im Umbau

Die Mindestanforderungen sind erfüllt sofern  $L' \ 55 \leq L_{i,tot}$

Die erhöhten Anforderungen sind erfüllt sofern  $L' \ 52 \leq L_{i,tot}$

**Literaturhinweise****Normen und Richtlinien**

- 1 DIN. DIN-Taschenbuch 35. Schallschutz, 11. ed. 2002. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin, Deutschland: Beuth, 2002, ISBN 3-410-15285-7
- 2 Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: SIA 181-2006; Schallschutz im Hochbau, SIA Zürich 2006

**Forschungsberichte und Publikationen**

- 3 FASOLD Wolfgang, VERES Eva: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, 1998 Verlag für Bauwesen Berlin, ISBN 3-345-00549-2
- 4 HOLTZ Fritz. Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken, Reihe 3, Teil 3 Folge 3. Holzbau Handbuch, Informationsdienst Holz. München, Deutschland: Entwicklungsgemeinschaft Holzbau, 1999, ISSN 0466-2114
- 5 Ift Rosenheim: Holzbalkendecken in der Altbausanierung, 2008 Förderer DGfH und Holzabsatzfonds
- 6 Informationsdienst Holz: Erneuerung von Fachwerkbauten, holzbau handbuch Reihe 7 Teil 3 Folge 1, 2004 ISSN-Nr. 0466-2114

- 7 Informationsdienst Holz: Modernisierung von Altbauten, holzbau handbuch Reihe 1 Teil 14 Folge 1, 2001 ISSN-Nr. 0466-2114
- 8 Informationsdienst Holz: Nachträglicher Dachgeschossausbau, holzbau handbuch Reihe 1 Teil 14 Folge 3, 2000 ISSN-Nr. 0466-2114
- 9 Informationsdienst Holz: Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken, holzbau handbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 3, 1999 ISSN-Nr. 0466-2114
- 10 LISSNER Karin, ROHR Wolfgang: Holzbausanierung, Grundlagen und Praxis der sicheren Ausführung, 2000 Springer-Verlag Berlin, ISBN 3-540-66875-6 S. 314 – 323

### **Elektronische Plattformen und Datenbanken**

- 11 <http://www.dataholz.com>  
Datenbank mit Bauteilen, Baustoffen und Anschlüssen mit den relevanten bauphysikalischen Kennwerten
- 12 <http://www.informationsdienst-holz.de>