

# Konstruktive Massnahmen bei Holzdeckenkonstruktionen

Bernhard Furrer  
Lignum Holzwirtschaft Schweiz  
Zürich, Schweiz





# Konstruktive Massnahmen bei Holzdeckenkonstruktionen

## 1. Einleitung

Das Ziel von Schallschutzmassnahmen ist in erster Linie, geeignete Bedingungen für die Nutzerinnen und Nutzer zu schaffen – die Komfortansprüche der Bewohnerschaft sind massgebend. Im Hochbau geht es dabei um Luftschalldämmung gegenüber Innen- und Aussengeräuschen, um Trittschall- und Körperschalldämmung und um die Schallabsorption (Raumakustik). Die schallschutztechnischen Anforderungen sind in der Schweiz in der Norm SIA 181 <Schallschutz im Hochbau> geregelt. Die verlangten Einzahlwerte beziehen sich hauptsächlich auf das Frequenzspektrum zwischen 100 und 3150 Hz. Neben den normativen Vorgaben bestehen bewohnerbedingte Anforderungen. Gemessen an Umfragen und der Anzahl von Reklamationen ist auch bei erfüllten Normwerten der am meisten störendste Lärm bei in Leichtbauweise errichteten Gebäuden die Trittschallübertragung aus fremden Wohnbereichen [1]. Dieser dumpfe Lärm wird im darüber liegenden Stockwerk hauptsächlich durch Schritte verursacht. Diese in Gebäuden üblichen Schallemissionen sind sehr tieffrequent und haben ihre wesentlichen Schallanteile unterhalb 100 Hz.

Zur validen Vorhersage der empfundenen Belästigung der Bewohner ergibt sich somit die Notwendigkeit der Berücksichtigung der tieffrequenten Anteile von Trittschallgeräuschen. Bei der Konstruktion von Holzbauteilen sind beim Trittschall Zielwerte ab 50 Hz ( $L_{n,w} + C_I$  50-2500) zu definieren [2]. Schalltechnische Kennwerte ab 100 Hz ( $L_{n,w} + C_I$  100-2500) sind in Bezug zur subjektiven Wahrnehmung nicht genug aussagekräftig.

Der Holzbau erreicht seine guten Schallwerte vorrangig durch intelligente Bauteilaufbauten. Dazu ist es von Bedeutung, bei der Konstruktion von Holzdecken die einzelnen Systeme wie Tragkonstruktion, Bodenaufbau und Unterdecke aufeinander abzustimmen. Nachfolgend werden wichtige konstruktive Massnahmen behandelt.

## 2. Rohdecken, Rohdeckenbeschwerung

Infolge der relativ geringen flächenbezogenen Masse bei Holz-Rohdeckenkonstruktionen treten im Vergleich mit einer Stahlbetondecke hohe Schallübertragungen im tiefen Frequenzbereich auf [3]. Verbesserungsmassnahmen müssen deshalb vor allem bei tiefen sowie mittleren Frequenzen wirksam sein.

Die Beschwerung der Rohdeckenkonstruktionen bei leichten Holzdecken ist eine wirksame Massnahme zur Verbesserung der Schalldämmung. Die wichtigsten Einflussparameter bei der Rohdeckenbeschwerung sind das Flächengewicht der eingebrachten Masse sowie die Biegesteifigkeit der Beschwerung.

Abbildung 1 zeigt den unterschiedlichen Verlauf der Trittschalldämmkurve mit und ohne Splittbeschwerung am Beispiel einer Hohlkastendecke. Die zusätzliche Masse bewirkt insbesondere in den tiefen und mittleren Frequenzbändern deutliche Verbesserungen. Mit einer Rohdeckenbeschwerung können die störenden Schallanteile von Gehgeräusche somit wirksam gedämmt werden.

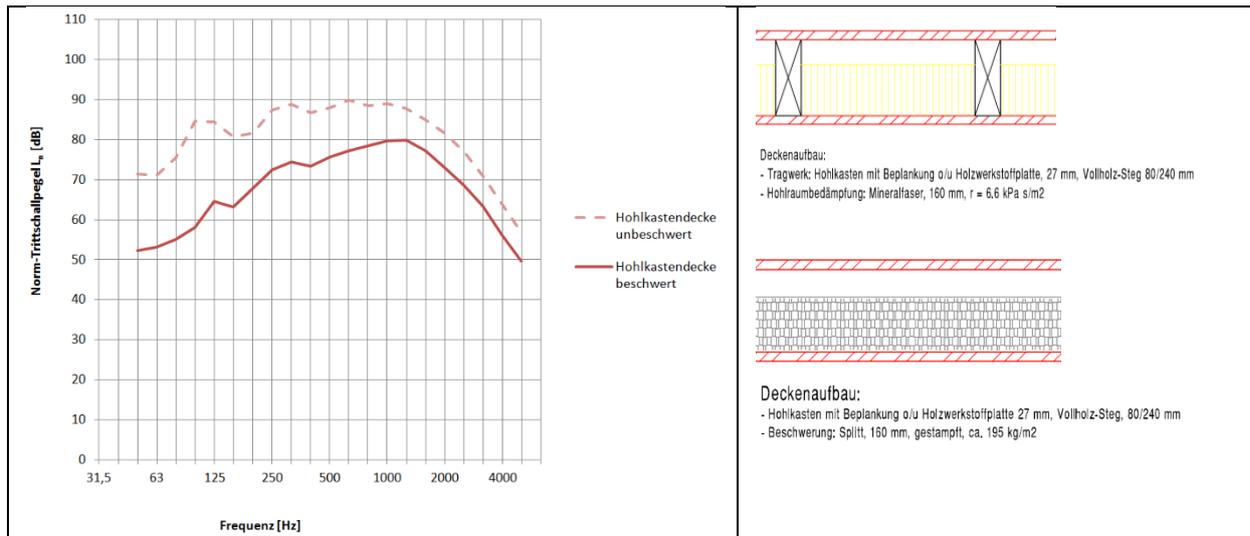
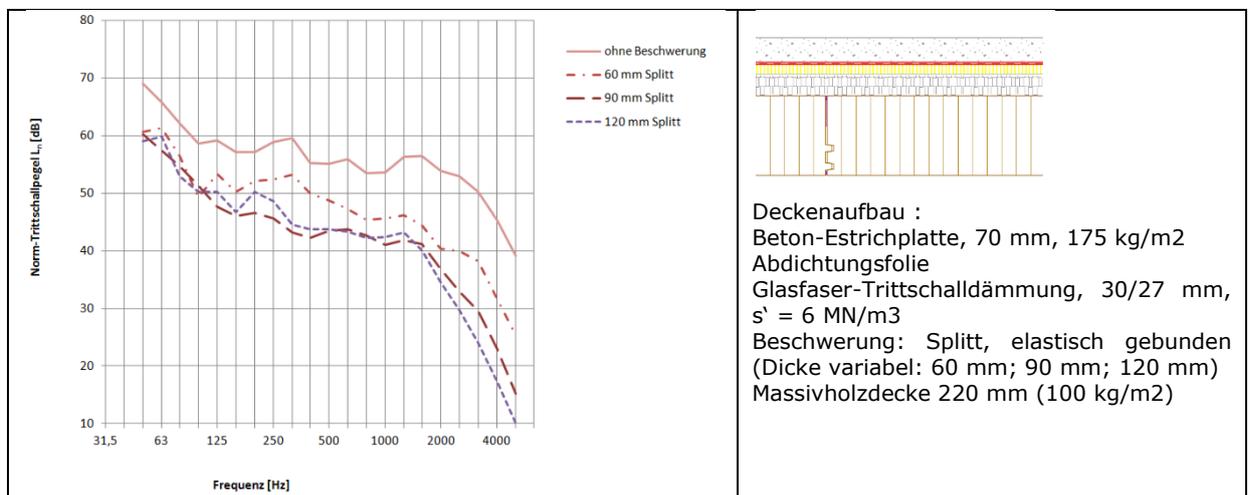


Abbildung 1 [4]: Verlauf der Trittschalldämmkurve einer Hohlkastendecke mit und ohne Splittbeschwerung

- Hohlkastendecke unbeschwert:  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 88 (-5, -5) dB
- Hohlkastendecke beschwert:  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 80 (-8, -8) dB

Der Einfluss der flächenbezogenen Masse von Rohdeckenbeschwerungen auf den Norm-Trittschallpegel zeigt Abbildung 2 am Beispiel einer Massivholzdecke mit identischem Fussbodenaufbau. Die Schalldämmung wird mit einer 60 mm Splittschüttung im Vergleich zu einer unbeschwerteten Decke über sämtliche Frequenzbereiche deutlich besser. Bei einer 90 mm Splittschüttung im Vergleich mit einer 60 mm Splittschüttung verbessert sich der bewertete Norm-Trittschallpegel  $L_{n,w}$  um 5 dB, bei tiefen Frequenzen unter 100 Hz ist die Trittschallverbesserung noch geringfügig besser. Das zusätzliche Verbesserungsmass nimmt somit mit steigender Masse ab. Mit einer Beschwerung von insgesamt 120 mm Splitt wird im Vergleich zu einer Beschwerung mit 90 mm Splitt keine weitere Verbesserung beim Trittschall erreicht.

Abbildung 2 [4]: Norm-Trittschallpegel  $L_n$  mit unterschiedlicher flächenbezogener Masse der Rohdeckenbeschwerung auf einer Massivholzdecke mit identischem Bodenaufbau, ausgeführt mit einer Beton-Estrichplatte und einer Glasfaser-Trittschalldämmung

- Massivholzdecke 220 mm unbeschwert (100 kg/m<sup>2</sup>):  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 60 (-6, -2) dB
- Massivholzdecke 220 mm beschwert mit 60 mm Splitt (100+90 kg/m<sup>2</sup>):  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 49 (-3, 2) dB
- Massivholzdecke 220 mm beschwert mit 90 mm Splitt (100+135 kg/m<sup>2</sup>):  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 44 (-2, 5) dB
- Massivholzdecke 220 mm beschwert mit 120 mm Splitt (100+180 kg/m<sup>2</sup>):  $L_{n,w}$  ( $C_I$ ,  $C_I$  50-2500) 44 (-1, 5) dB

### 3. Fussbodenaufbau

Eine weitere wesentliche Massnahme zur Verbesserung des Schallschutzes von Decken ist der Einsatz eines geeigneten Fussbodenaufbaus. Damit wird ein Masse-Feder-Masse-System geschaffen, bestehend aus einem schwimmenden Estrich (Masse), einer Trittschalldämmung (Feder) und der Rohdeckenkonstruktion (Masse). Die Resonanzfrequenz  $f_0$  ist die wichtigste Grösse bei der Dimensionierung des Fussbodenaufbaus. Um beim Trittschall gute Resultate zu erzielen, ist es wesentlich, die Resonanzfrequenz des Fussbodenaufbaus möglichst tief zu planen, also unterhalb des fürs menschliche Gehör störenden Bereichs. Das System ist daher so abzustimmen, dass die Resonanzfrequenz deutlich unter 50 Hz liegt.

Die Wirksamkeit von Estrichaufbauten wird somit massgebend von der flächenbezogenen Masse des Estrichs und der Rohdeckenkonstruktion sowie der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmung beeinflusst. Dabei muss die Masse des Estrichs sowie der Rohdecke ausreichend hoch sein und die Trittschalldämmung eine möglichst geringe dynamische Steifigkeit aufweisen, um eine tiefe Resonanzfrequenz zu erreichen und schalltechnisch optimale Resultate zu erzielen.

Bei der Wahl des Fussbodenaufbaus sind die Anforderungen, die sich infolge der Lasteinwirkung ergeben, zu berücksichtigen.

#### 3.1. Estrich

Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Wahl des Estrichs ist die flächenbezogene Masse des Estrichs. Weiter von Bedeutung sind die schwingungsdämpfenden Eigenschaften des Estrichs. Abbildung 3 zeigt exemplarisch am Beispiel einer mit Splitt beschwerten Hohlkastendecke das schalltechnische Verhalten verschiedener Estrichaufbauten. Aufgrund des hohen Gewichts kann mit einem mineralisch gebundenen Nassestrich (Zementestrich mit 80 mm Dicke) auf einer weichen Trittschalldämmung (Glasfaser-Trittschalldämmung 2x20 mm mit je einer dynamischen Steifigkeit von  $s' = 9 \text{ MN/m}^3$ ) beim Trittschall im Vergleich mit der beschwerten Rohdecke ein hohes Verbesserungsmass erreicht werden. Bei einem leichten Trockenestrichaufbau (Gipsfaserplatte 25 mm auf Holzweichfaserplatte 22 mm;  $s' < 45 \text{ MN/m}^3$ ) wird aufgrund des Verlaufs der Messkurve ersichtlich, dass Trittschallverbesserungen erst ab 125 Hz wirksam werden.

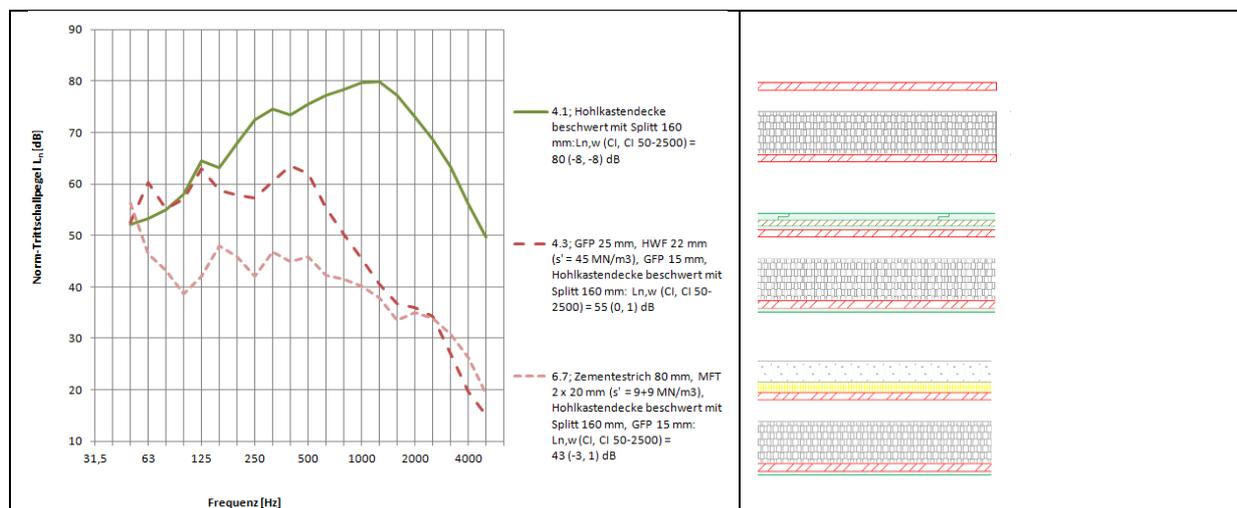


Abbildung 3 [4]: Vergleich von unterschiedlichen Fussbodenaufbauten auf einer beschwerten Hohlkastendecke mit Splittfüllung aus Laborversuchen (Norm-Trittschallpegel  $L_n$ )

### 3.2. Trittschalldämmung

Für eine optimale akustische Entkopplung des Estrichs ist die geeignete Wahl der Trittschalldämmung von zentraler Bedeutung. Die dynamische Steifigkeit  $s'$  von Trittschalldämmungen ist die wichtigste akustische Kenngrösse. Ein weiteres Kriterium ist der Verlustfaktor des Dämmmaterials.

Der Einfluss der dynamische Steifigkeit  $s'$  auf den Norm-Trittschallpegel  $L_n$  von Mineralfaser-Trittschalldämmungen in Kombination mit einer mineralisch gebundenen Estrichplatte ist in Abbildung 4 und 5 ersichtlich. Abbildung 4 zeigt den Vergleich einer Mineralfaser-Trittschalldämmungen mit 30 mm Dicke und einer dynamische Steifigkeit  $s' = 6 \text{ MN/m}^3$  sowie mit  $s' = 9 \text{ MN/m}^3$ . Mit der Optimierung der dynamischen Steifigkeit verbessert sich der Norm-Trittschalpegel  $L_{n,w}$  um 2 dB. Bemerkenswert ist, dass sich durch diese einfache Massnahme die Verbesserung bereits bei tiefen Frequenzen zwischen 50 und 100 Hz mit Verbesserungsmassen von 2 bis 5 dB zeigt. Bei einem Fussbodenaufbau mit einem mineralisch gebundenen Estrich sind folgerichtig Mineralfasertrittschalldämmungen mit einer Mindestdicke von 30 mm mit einer dynamischen Steifigkeit von  $s' \leq 6 \text{ MN/m}^3$  zu verwenden.

Auf eine einlagige Ausführung mit EPS-Trittschalldämmung sollte aufgrund der Resonanzüberhöhung im Bereich der Resonanzfrequenz infolge der schlechten Dämpfungseigenschaften des Materials verzichtet werden. Zudem bewirkt die höhere dynamische Steifigkeit von EPS-Trittschalldämmungen im Vergleich zu den Mineralfaser-Trittschalldämmung eine deutliche Erhöhung der Resonanzfrequenz und dadurch eine Reduktion der Trittschalldämmung.

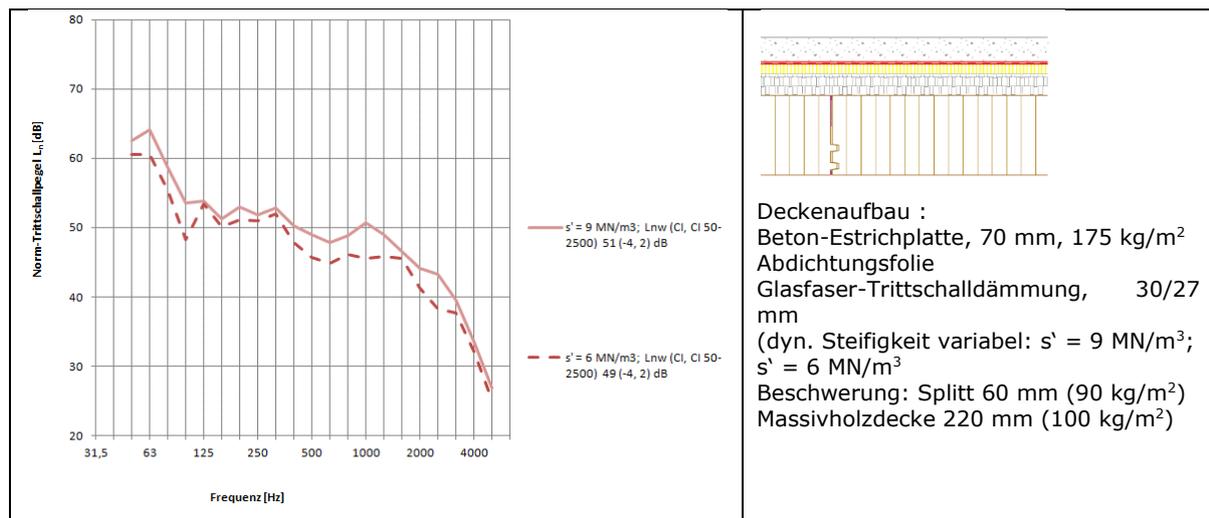


Abbildung 4 [4]: Norm-Trittschallpegel  $L_n$  eines Fussbodenaufbaus mit einer mineralisch gebundenen Estrichplatte 70 mm und einer Glasfaser-Trittschalldämmung 30 mm mit unterschiedlichen dynamischen Steifigkeiten  $s'$  auf einer Massivholzdecke 220 mm mit Splittbeschwerung 60 mm

- Glasfaser-Trittschalldämmung 30 mm mit  $s' = 9 \text{ MN/m}^3$ :  $L_{n,w} (C_I, C_I 50-2500) 51 (-4, 2) \text{ dB}$
- Glasfaser-Trittschalldämmung 30 mm mit  $s' = 6 \text{ MN/m}^3$ :  $L_{n,w} (C_I, C_I 50-2500) 49 (-4, 2) \text{ dB}$

Das schalltechnische Verhalten einer einlagigen Glasfaser-Trittschalldämmung (30 mm,  $s' = 6 \text{ MN/m}^3$ ) im Vergleich mit unterschiedlichen zweilagigen Ausführung ist in Abbildung 5 ersichtlich. Eine zweilagige Ausführung mit einer tieferen resultierenden dynamischen Steifigkeit bringt nicht zwingend schalltechnische Vorteile. Bei den Norm-Trittschallpegeln  $L_n$  sind bei den unterschiedlichen Ausführungsvarianten frequenzabhängige Unterschiede sichtbar, beim bewerteten Norm-Trittschallpegeln  $L_{n,w}$  sowie bei den Spektrumanpassungswerten ist die Differenz jedoch nur 1 dB. Eine zweilagige Ausführung mit einer EPS-Dämmung in Kombination mit einer Glasfaser Trittschalldämmung ist im Vergleich mit einer einlagigen Glasfaser-Trittschalldämmung schalltechnisch gleichwertig.

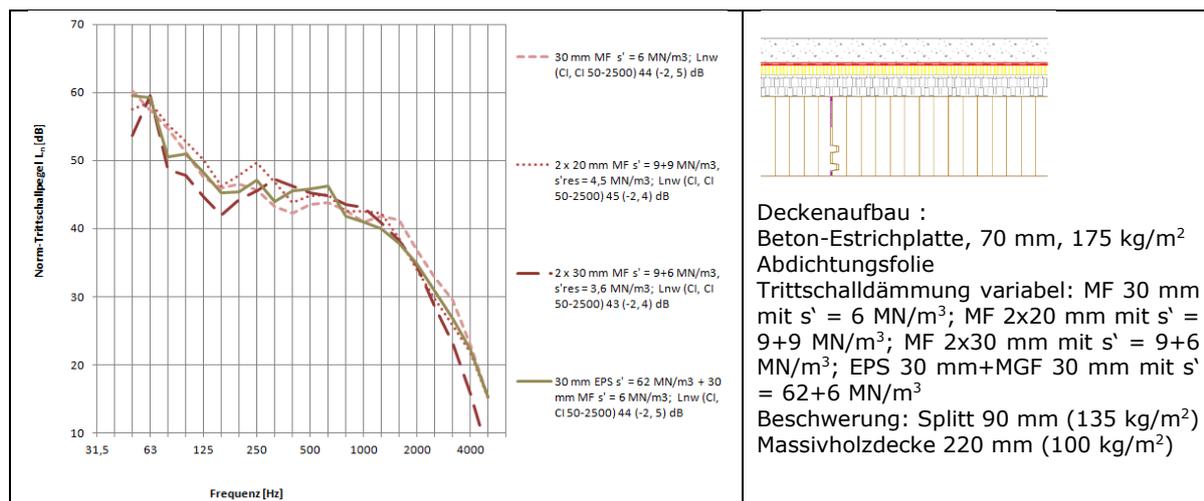


Abbildung 5 [4]: Norm-Trittschallpegel  $L_n$  eines Fussbodenaufbaus mit einer mineralisch gebundenen Estrichplatte 70 mm und unterschiedlicher Ausführung der Trittschalldämmung auf einer Massivholzdecke 220 mm mit Splittbescherung 90 mm

- Glasfaser -Trittschalldämmung 30 mm mit  $s' = 6 \text{ MN/m}^3$ :  $L_{n,w} (C_I, C_{I 50-2500}) 44 (-2, 5) \text{ dB}$
- Glasfaser -Trittschalldämmung 2 x 20 mm mit  $s' = 9 + 9 \text{ MN/m}^3$ :  $L_{n,w} (C_I, C_{I 50-2500}) 45 (-2, 4) \text{ dB}$
- MF-Trittschalldämmung 2 x 30 mm mit  $s' = 9 + 6 \text{ MN/m}^3$ :  $L_{n,w} (C_I, C_{I 50-2500}) 43 (-2, 4) \text{ dB}$
- EPS 30 mm + Glasfaser-Trittschalldämmung 30 mm mit  $s' = 62 + 6 \text{ MN/m}^3$ :  $L_n (C_I, C_{I,50}) = 44 (-2, 5) \text{ dB}$

## 4. Unterdecken

Zuzüglich zum Fussbodenaufbau wird durch eine abgehängte Unterdecke ein weiteres Masse-Feder-System geschaffen, bestehend aus einer biegeweichen Unterdecke (Masse) und einem Abhängesystem mit Luft/Hohlraumbedämpfung (Feder). Für eine wirksame Schalldämmung muss die Bekleidung eine möglichst grosse flächenbezogene Masse und eine geringe Biegesteifigkeit aufweisen. Zudem muss der Schalenabstand zwischen der Rohdecke und der Unterdecke möglichst gross sein. Weiter ist es von grosser Bedeutung, dass die Unterdecke von der Rohdecke entkoppelt wird.

Das schalltechnische Verhalten von Unterdecken am Beispiel einer Hohlkastendecken ist in Abbildung 6 ersichtlich. Konstruktionen mit entkoppelten, schweren, doppellagig ausgeführten Gipsplatten und einer Abhängehöhe von 120 mm zeigen im Vergleich zu Konstruktionen ohne biegeweiche Unterdecken erst in den Terzbändern über 100 Hz bessere Leistungen und verbessern die Deckenkonstruktion somit nur im Standardfrequenzbereich. In den Terzbändern unter 100 Hz bewirkt eine biegeweiche Unterdecke dieser Konstruktionen in der Regel keine Trittschallminderung. Die Normtrittschallpegel  $L_n$  können sich in tieffrequenten Frequenzbereichen bei geringeren Abhanghöhen mit z. B. 50 mm im Bereich der Resonanzfrequenz verschlechtern. Die gilt auch bei leichten einlagigen Unterdecken mit Gipsplatten bei Abhanghöhe von 120 mm.

Bei einer nicht entkoppelten Unterdecke mit einer Lattung stellt die starre Verbindung eine zusätzliche Schallbrücke dar. Im Vergleich mit dem Konstruktionsaufbau ohne Unterdecke verschlechtern sich die Trittschallpegel bei einer zusätzlichen Unterdecke mit einer starr verbundenen Lattung (Lattenabstand von 50 cm) und Hohlraumbedämpfung 40 mm und einer Gipsplatte 15 mm in den Terzbändern 63–160 Hz erheblich.

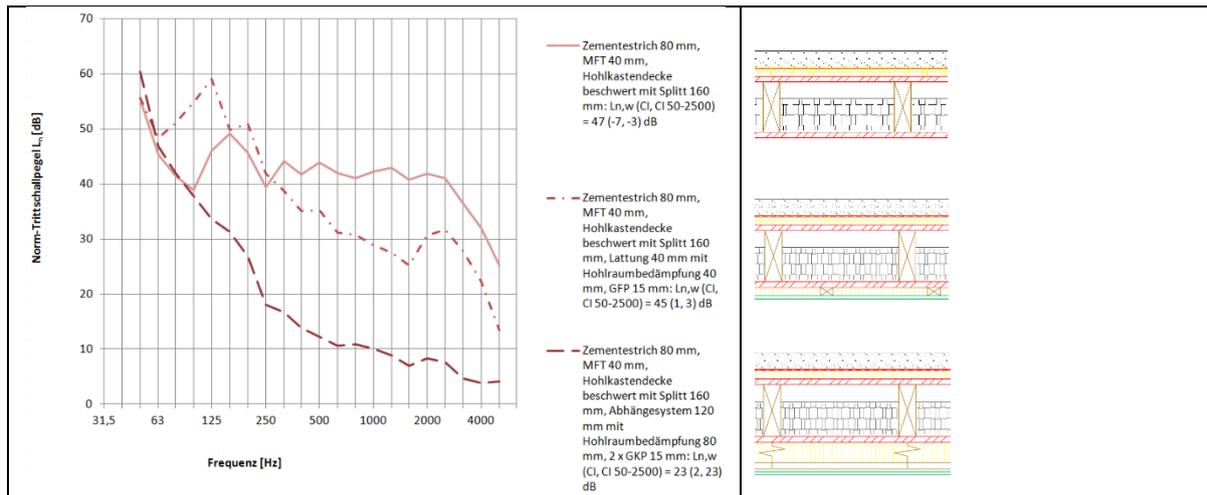


Abbildung 6 [4]: Vergleich von unterschiedlichen Unterdecken bei einer mit 160 mm Splitt gefüllten Hohlkastendecke und zusätzlichem Bodenaufbau mit Glasfaser-Trittschalldämmung 2 x 20 mm ( $s' = 9 + 9 \text{ MN/m}^3$ ) und Zementestrich 80 mm (Norm-Trittschallpegel  $L_n$ )

- Ohne Unterdecke:  $L_{n,w}(C_I, C_{I 50-2500}) 47 (-7, -3)$  dB
- starr befestigte Unterdecke mit Lattung/Hohlraumdämmung 40 mm, GF 15 mm:  $L_{n,w}(C_I, C_{I 50-2500}) 45 (1, 3)$  dB
- entkoppelte Unterdecke mit Federbügel/Lattung 120 mm, Hohlraumdämmung 80 mm, GF 2 x 15 mm:  $L_{n,w}(C_I, C_{I 50-2500}) 23 (2, 23)$  dB

Bei Rippen- und Holzbalkendecken eignen sich als Verbesserungsmassnahme entkoppelte Unterdecken. Infolge des grossen Schalenabstandes zwischen der Tragschicht der Decke und der Unterdecke wird die Resonanzfrequenz  $f_0$  in den tieferen Frequenzbereich verschoben und dadurch das Potenzial für die Verbesserung des Normtrittschallpegels  $L_n$  gelegt. Mit optimal federnd abgehängten doppellagigen Gipsdecken mit einem Schalenabstandes von 32 cm können Resonanzfrequenzen unter 40 Hz und dadurch sehr gute Norm-Trittschallpegel bereits ab 50 Hz erreicht werden – auch mit geringer Deckenbeschwerung der Tragschicht von 3 cm, wie Messungen im Rahmen des Projektes gezeigt haben [5].

## 5. Bewährte Deckenkonstruktionen

Nachfolgend sind verschiedene Konstruktionslösungen dargestellt, die sich in der Praxis bewährt haben. Diese Deckensysteme sind tieftonoptimiert und berücksichtigen den Frequenzbereich ab 50 Hz. Die Deckensysteme sind auf eine Resonanzfrequenz von ca. 40 Hz ausgelegt.

### Fussbodenaufbau

- genügend schwere Estriche, z.B. 80 mm Zementestrich oder Anhydrit
- weiche Trittschalldämmung, Glasfaser-Trittschalldämmung mit dynamischer Steifigkeit  $s' \leq 6 \text{ MN/m}^3$

### Deckensystem:

- Massivholzdecke 16 cm, beschwert mit 9 cm Splitt
- Hohlkastendecke mit Splittfüllung 16 cm im Hohlkasten
- Holz-Beton-Verbunddecke mit 12 cm Massivholz und 12 cm Beton
- Rippendecke, beschwert mit 3 cm Splitt und entkoppelter biegeweicher Unterdecke mit genügend schweren Bekleidungen (z.B. 2x15mm Gipsfaser- oder Hartgipsplatten) und grossem Schalenabstand von mind. 30 cm

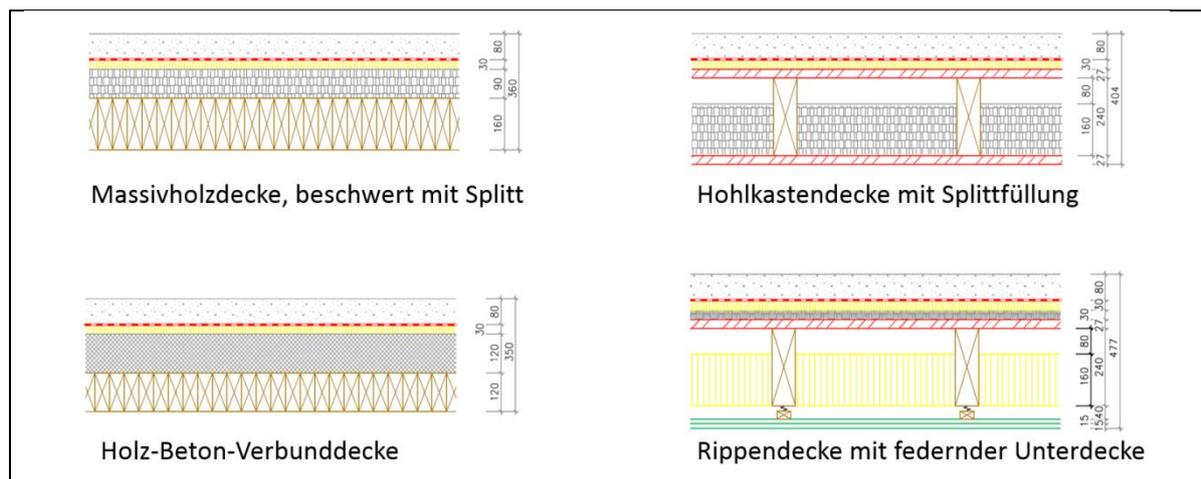


Abbildung 7: Bewährte Deckensysteme unter Berücksichtigung des Frequenzbereiches ab 50 Hz

## 6. Schalltechnische Kennwerte/Bauteildatenbank

Die Bauteildatenbank der Lignum bildet für zeitgemässe Konstruktionen in Holz die Schalldämm-Masse für Luftschall ( $R_w$ ), Trittschall ( $L_{n,w}$ ) sowie die Spektrum-Anpassungswerte ( $C$ ,  $C_{tr}$ ,  $C_i$ ) ab ([www.lignumdata.ch](http://www.lignumdata.ch)).

Auf der Grundlage von umfangreichen Untersuchungen an der Empa werden laufend schalltechnische Kennwerte für die direkte Schallübertragung sowie die Flankenübertragungen entlang relevanter Übertragungswege ermittelt. Diese Daten werden Eingang finden in ein geplantes Prognosetool als Hilfsmittel für den schalltechnischen Nachweis bei Holzbauten (vgl. Referat Flankenübertragungen an HBV-Decken – Eingangsdaten für ein Designtool von Stefan Schoenwald, Empa Dübendorf).

## 7. Literaturhinweise

- [1] Späh M., Liebl A., Leistner P.: AcuWood – Acoustics in Wooden Buildings – Evaluation of acoustic quality in wooden buildings: Listening tests and questionnaire field study, WoodWisdom-Net, Project Report 3, 2014
- [2] Späh M., Liebl A., Leistner P.: AcuWood – Acoustics in Wooden Buildings – Correlation analysis of subjective and objective parameters, WoodWisdom-Net, Project Report 4, 2014
- [3] Holtz, F.; Hessinger, J.; Buschbacher, H.P.; Rabold, A. (1999): Informationsdienst Holz – Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken. Holzbau Handbuch, Reihe 3, Teil 3, Folge 3. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH), München
- [4] Projekt Schallschutz im Holzbau<sup>1</sup>, Resultate aus Labormessungen im Leichtbau-prüfstand an der Empa in Dübendorf
- [5] Projekt Schallschutz im Holzbau<sup>1</sup>, Resultate aus In-situ-Messungen durch das Fraunhofer-Institut IBP Stuttgart im Teilprojekt Subjektive Wahrnehmung von Schall

<sup>1</sup> Das Projekt Schallschutz im Holzbau ([http://www.lignum.ch/holz\\_a\\_z/schallschutz](http://www.lignum.ch/holz_a_z/schallschutz)) ist ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt unter der Leitung der Lignum sowie unter Beteiligung der Empa, der Berner Fachhochschule Architektur, Bau und Holz sowie wichtiger Verbände und Industriepartner der Holzwirtschaft. Das Projekt wird massgeblich unterstützt durch das Bundesamt für Umwelt BAFU, Aktionsplan Holz.