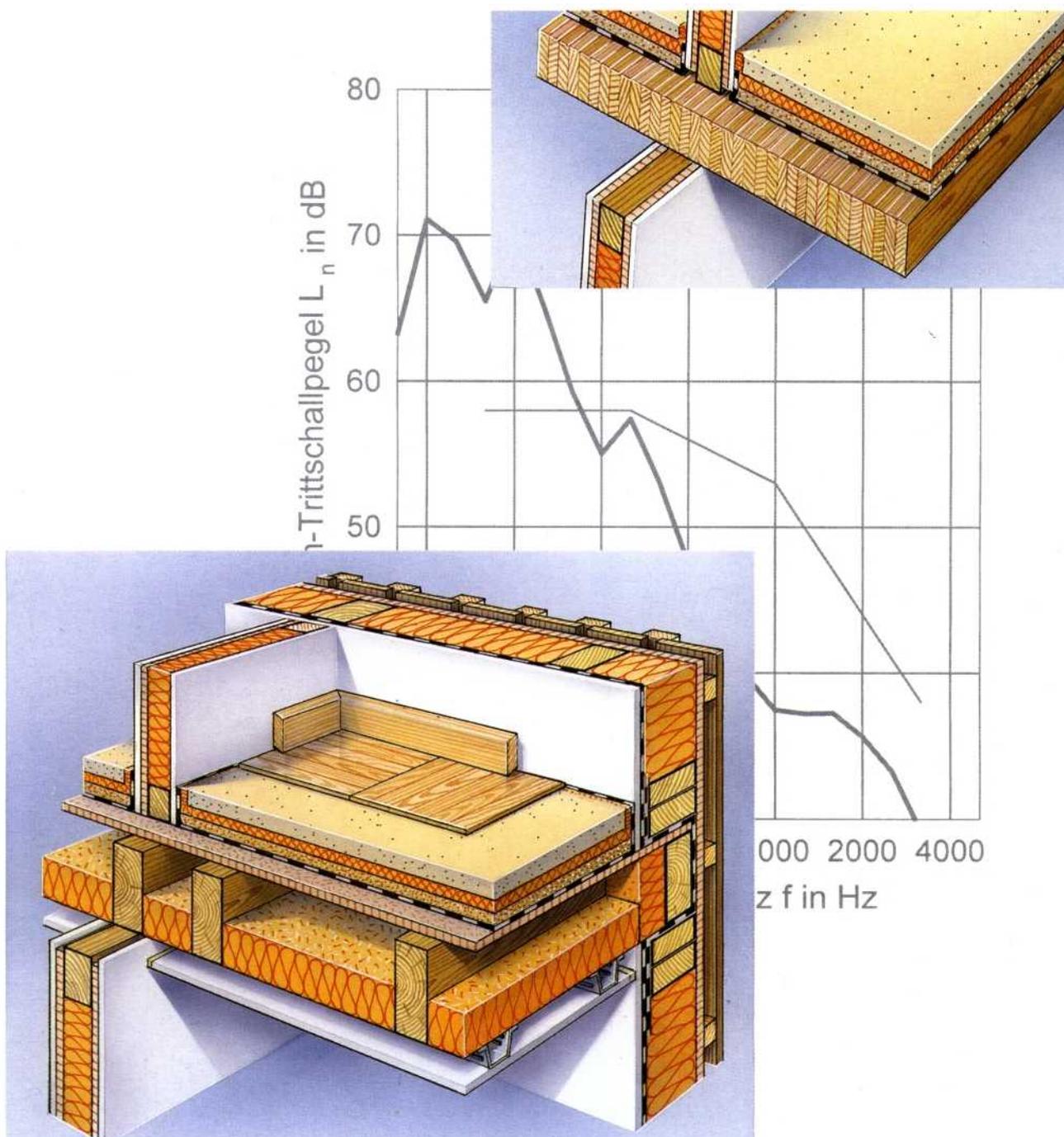


Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken



Inhalt	5	Flankenübertragung im Holzbau	8	Kosten-Nutzen-Optimierung	24
1 Einleitung	3	5.1 Übertragungswege für Luft- und Trittschall im Holzbau	12	8.1 Effizienz der Deckenkomponenten	
Überblick für den eiligen Leser	3	5.2 Flankenübertragung bei der Luftschalldämmung		8.2 Optimierung von Deckenaufbauten	
2 Schalltechnische Grundlagen	4	5.3 Flankenübertragung bei der Trittschallanregung	9	Vorschläge für erprobte Deckenaufbauten unter Berücksichtigung der Nebenwege im Holzbau	26
2.1 Entstehung von Luft- und Trittschall		5.3.1 Flankenübertragung und Deckentyp bei der Trittschalldämmung			
2.2 Messung von Luft- und Trittschall		6 Konstruktive Umsetzung der Grundlagen - bewährte Lösungen und Neuentdeckungen	13		
2.3 Schallübertragungswege	5	6.1 Zusammenhang von Luft- und Trittschalldämmung im Holzbau		10 Altbausanierung	30
2.4 Bewertungsverfahren		6.2 Holzrohdecken		10.1 Grundsätzliche Anmerkungen zur Sanierung von alten Holzbalkendecken	
2.5 Ermittlung des Trittschallverbesserungsmaßes	6	6.3 Unterdecken	14	10.2 Schall-Längsleitung in alten Bauten	
2.6 Spektrum-Anpassungswerte C, C _{tr} und C _w		6.4 Planung von Estrichaufbauten	15	10.2.1 Schall-Längsleitung beim Luftschallschutz	
3 Anforderungen an den Schallschutz	7	6.4.1 Zementestrich	16	10.2.2 Schall-Längsleitung beim Trittschallschutz	
3.1 Schallschutz von Decken nach DIN 4109		6.4.2 Fließestrich		10.3 Verbesserung alter Holzbalkendecken	31
3.2 Nachweis der Erfüllung der Anforderungen	8	6.4.3 Gußasphaltestrich		10.3.1 Unterseitige Bekleidung	
3.3 Festlegung der Anforderungen und geschuldete Ausführung		6.4.4 Trockenestrich		10.3.2 Verbesserungen am Fußboden	
3.4 Einflußfaktoren auf die persönliche Wahrnehmung der Schalldämmung		6.4.5 Elementierter Trockenestrich	17	10.3.3 Verbesserung durch Teppichböden	
4 Physikalische Grundlagen des Schallschutzes im Holzbau	9	6.4.6 Auslegung der Trittschalldämmplatten			
4.1 Massegesetz		6.5 Beschwerung der Rohdecke	18		
4.2 Biegewellenresonanz		6.6 Gehbeläge		11 Beispiele für Planungs- und Ausführungsfehler	32
4.3 Erhöhung der Schalldämmung durch mehrschaligen Aufbau		6.7 Flankierende Wände im Holzbau	19	11.1 Planungsfehler	
4.4 Masse-Feder System		7 Berechnungsverfahren	20	11.2 Fehler in der Bauausführung	
4.5 Entkopplung	10	7.1 Einzahl-Verfahren			
4.6 Dämpfung/Schallabsorption	11	7.1.1 Beschreibung		12 Literatur	33
4.7 Zusammenfassung		7.1.2 Genauigkeit des Verfahrens		Abkürzungen und Symbole	34
		7.1.3 Rohdeckentabelle	22	Bestimmung der Schalldämmung in nur 5 Minuten	35
		7.1.4 Estrichaufbau			
		7.1.5 Rohdeckenbeschwerung			
		7.1.6 Übertragung auf die Bausituation			
		7.2 EN-Verfahren	23		



1 Einleitung

Mit Holzbalken- und Brettstapeldecken sind hohe und sehr hohe Schalldämm-Anforderungen am Bau möglich. Das vorliegende "holzbau handbuch" wendet sich an Konstrukteure, Planer und Sachverständige - aber auch an Ingenieure, die neue Systeme entwickeln.

Anhand von erprobten neuen und alten Bauweisen werden die Vor- und Nachteile bestimmter Systeme sowie die besondere Problematik der Schalldämmung von Holzdecken diskutiert

ÜBERBLICK FÜR DEN EILIGEN LESER

Im Folgenden wird eine Übersicht der wichtigsten Inhaltspunkte dieses Hefts gegeben. Sie soll dem eiligen Leser in Kürze die wichtigsten Schritte beschreiben, die er bei der Planung einer Holzdecke zu berücksichtigen hat.

Die Anforderungen für den Schallschutz nach DIN 4109 (Mindestwerte, Empfehlungen und Vorschläge für den erhöhten Schallschutz) finden Sie in der Tabelle 2 (Kapitel 3.1).

Die schalltechnische Planungsarbeit ist getan, wenn Sie in der großen Sammlung von Musterbeispielen (Tabelle 8, Kapitel 9) eine Decke finden, die Ihre Anforderungen erfüllt. In dieser Tabelle ist ein „Vorhaltemaß" von 2 dB bzw. von 4 dB bereits eingearbeitet. - Aber Vorsicht ist geboten, wenn Sie "kleine" Änderungen im Aufbau vornehmen, denn der "gesunde Menschenverstand" ist nicht immer ein guter Lehrmeister. Bevor Sie bewährte Konstruktionen ändern, sollten Sie die wichtigsten schalltechnischen Gesetze beachten (Kapitel 4). Schadensfälle (siehe Kap. 11) zeigen, daß die Funktion der Trittschalldämmung, Rohdeckenbeschwerung oder Unterdecke oft falsch eingeschätzt wird. Nur bei Kenntnis der wichtigsten theoretischen Grundlagen können Sie Planungsfehler vermeiden. Erprobte Methoden, um die Schalldämmung zu verbessern, finden Sie im Kapitel 6.

Falls die angestrebte Konstruktion nicht in der Beispielsammlung enthalten ist,

kann die Trittschalldämmung einer Holzdecke mit einfachen Mitteln berechnet werden. Das Rechenmodell wird in Kapitel 7 beschrieben. Es wurde aus dem von K. Gösele [11, [12], beschriebenen Verfahren zur Vorherbestimmung der Trittschalldämmung weiterentwickelt, indem die Variationsmöglichkeiten im Bereich von Estrich, Rohdecke, Rohdeckenbeschwerung und Unterdecke stark erhöht wurden und nunmehr beliebige Kombinationen der Einzelkomponenten ausgerechnet werden können. Die neu hinzugekommene Einrechnung der Flankenübertragung führt zu einer größeren Planungssicherheit bei der Übertragung auf die konkrete Bausituation.

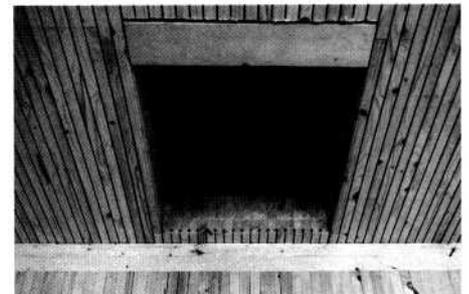
Was kostet die Verbesserung der Trittschalldämmung von 56 dB => 53 d13 => 46 d13?

Im Kap. 8 wird gezeigt, daß mit Decken-Mehrkosten von nur ca. 25 % bereits Verbesserungen von ca. 10 dB möglich sind.

Hinweise auf neue Entwicklungen und Alternativen werden in den nachfolgend genannten Kapiteln gegeben zu den Unterdecken - siehe Kap. 6.3 zur Rohdeckenbeschwerung - siehe Kap. 6.4 zur Flankenübertragung - siehe Kap. 6.7.

Die besonderen schalltechnischen Probleme und Lösungsansätze die bei der Sanierung von alten Holzbalkendecken auftreten werden in Kap. 10 behandelt.

Beispiele für die Planung von Holzbalkendecken finden Sie auf der Seite 35: „Bestimmen Sie die Schalldämmung einer Holzdecke in nur 5 Minuten"



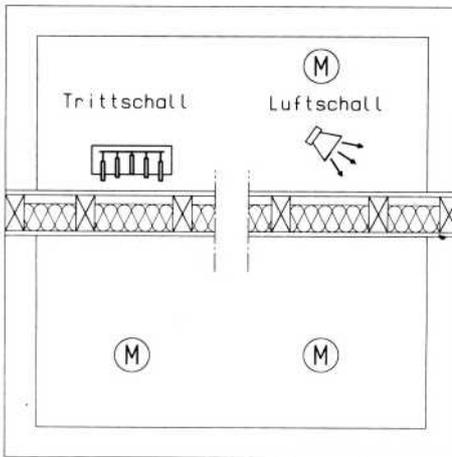


Abb. 1 Anregung und Messung von Luft- und Trittschall



Maßgebend ist:

- beim Luftschall: die Pegeldifferenz ($L_{\text{oben}} - L_{\text{unten}}$)
- beim Trittschall der Schallpegel L_{unten}

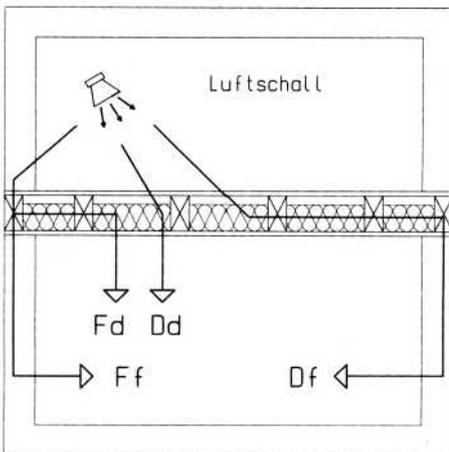


Abb. 2 Schallübertragungswege, direkt Dd und über flankierende Bauteile Df, Fd und Ff bei Luftschall-Anregung einer Decke.

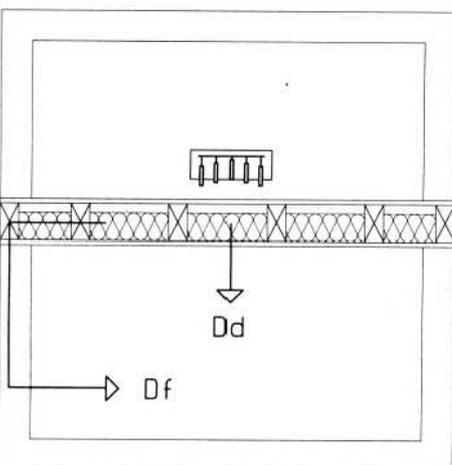


Abb. 3 Schallübertragungswege, direkt Dd und über flankierende Bauteile Df bei Trittschallanregung einer Decke.

2 Schalltechnische Grundlagen

Im folgenden werden einige grundlegende Begriffe des Schallschutzes kurz erläutert. Zusätzliche Informationen können dem holzbau handbuch "Grundlagen des Schallschutzes" [3], den Normenwerken [4] oder der Fachliteratur [5], [6] entnommen werden.

2.1 Entstehung von Luft- und Trittschall

In Wohnungen und Arbeitsstätten wird man mit verschiedenen Lärmbelastigungen konfrontiert. Lärmquellen innerhalb der Gebäude sind beispielsweise: Musik und Gespräche aus fremden Wohnungen, Gehgeräusche auf Decken und Treppen, Geräusche der Haustechnik, insbesondere der Wasserinstallationen. In der Bauakustik unterscheidet man Trittschall und Luftschall.

Trittschall: Beim Trittschall handelt es sich um einen Körperschall, der z.B. durch Gehen, Stühlerücken, Klopfen und Hämmern oder durch das Hüpfen von Kindern entsteht. Das Störgeräusch wird mechanisch direkt in die Decke eingeleitet und in die benachbarten Räume (in der Regel nach unten) abgestrahlt.

Luftschall: Sprache und Musik sind Beispiele für Luftschall. Die Schallwellen im Raum treffen auf die Wände und Decken, werden in diesen Bauteilen weitergeleitet und in die benachbarten Räume als Luftschallwellen abgestrahlt.

Die Entstehung und Wirkungsweise von Luft- bzw. Trittschall zeigt Abb. 1

2.2 Messung von Luft- und Trittschall

Für die Messung von Luft- und Trittschall bestehen in der Bauakustik feste Regeln und Normen, nach denen bauakustische Prüfungen von Bauteilen durchgeführt werden müssen. Messungen sind nach der deutschen Norm DIN 52210 [7] und nach der neuen europäischen und internationalen Normreihe DIN EN ISO 140 [8] möglich. Beide Normreihen sind weitgehend identisch und man erhält gleiche Resultate. Im Zug der EU-Harmonisierung wird die Normreihe DIN EN ISO 140 die deutsche DIN 52210 im Verlauf des Jahres 1999 ersetzen.

Bei der Messung des Luftschalls wird das Trennbauteil im Senderraum mittels eines Lautsprechers angeregt. Die Schallpegel L in dB werden in Sende- und Empfangsraum für den Frequenzbereich von 50 Hz bis 5000 Hz in Terzbandbreite aufgezeichnet. Aus den Schallpegeldifferenzen wird - unter Berücksichtigung der Schallabsorption, des Raumvolumens und der Bauteilfläche - das Schalldämm-Maß R des Trennbauteils berechnet.

Bei einer Trittschallmessung wird das Bauteil - in diesem Fall die Decke - durch ein geeichtes Norm-Hammerwerk angeregt. Ein Hammerwerk besteht aus 5 Stahlzylindern, die 10 mal pro Sekunde aus einer Höhe von 4 cm auf das Bauteil fallen (vgl. DIN 52210 und DIN EN ISO 140). Der von dem Norm-Hammerwerk im darunterliegenden Raum erzeugte Lärmpegel wird in den Terzbändern von 50 Hz bis 5000 Hz gemessen und in einen Norm-Trittschallpegel L_{u} umgerechnet. Je leiser bzw. je kleiner der Pegel im Empfangsraum, desto besser ist die Decke zu beurteilen. Auch bei der Trittschallmessung werden, analog zur Luftschallmessung, die Eigenschaften des Raumes berücksichtigt.

Beachte:

für Decken gibt es zwei Maßzahlen für die Luftschalldämmung (Sprechen, Musik) das Schalldämm-Maß R bzw. R'_{w1} für die Trittschalldämmung (Gehen, Hüpfen) der Norm-Trittschallpegel L_{u} bzw. $L'_{n,w1}$
Anzustreben sind: hohe R_w -Werte und niedrige L_{u} -Werte

¹ Der Index w steht für die Bewertung - siehe Kapitel 2.4

2.3 Schallübertragungswege

Die Ursache vieler Planungsfehler ist die Vernachlässigung oder die falsche Einschätzung der Schallübertragung über Nebenwege.

Am Bau (und insbesondere bei hohlschalldämmenden Decken) geht der Schall nicht nur direkt durch die Decke, sondern auch über folgende Nebenwege:

- flankierende Wände,
- Kabelkanäle, Rohrleitungen, Fugen (z.B. zwischen Decke und Kamin)

Die Schallübertragungswege (für Luft- und Trittschall) direkt durch die Decke und über flankierende Wände sind in Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt.

Wichtig: Bei den schalltechnischen Anforderungen wird die Decke immer inklusive der oben genannten Nebenwege beurteilt! Daher ist eine Beurteilung der Flankenübertragung von enormer Bedeutung.

Der Umfang der Nebenweg-Übertragung hängt von der konkreten Bausituation ab. Bei hohlschalldämmenden Bauteilen wird der Schall nur noch über die flankierenden Decken Innen- und Außenwände übertragen. Für die Optimierung der Schalldämmung einer Decke ist eine möglichst geringe Nebenweg-Übertragung anzustreben.

Die Schall-Längsdämmung der flankierenden Wände wird durch folgende Dämmwerte beschrieben:

Luftschall:

RL (deutsche Norm, DIN 52217 [9])²
 D_{„f} (europäische Norm, E EN 12354 Teil 1 [10])¹

Trittschall:

L_{„f} (europäische Norm, E EN 12354 Teil 2 [10])

Nach den Rechenregeln für Schalldämm-Maße [4], [10] erhält man aus den "reinen" Dämmwerten (d.h. ohne Nebenwege) und den Dämmwerten der Flankenübertragung das gesuchte Ergebnis: die Schalldämmung

Tabelle 1 Prüfstände für die Messung des Schalldämm-Maßes bzw. des Norm-Trittschallpegels von Decken und Wänden mit und ohne Flankenübertragung. Kurzbezeichnung der Prüfstände nach DIN 52210. Darin bedeuten: P = Prüfstand ohne Flankenübertragung, PFL = Prüfstand mit Flankenübertragung, W = Prüfstand für Wände, D = Prüfstand für Decken

Zu prüfendes Bauteil	Mit bauüblicher Flankenübertragung	Ohne Flankenübertragung
Wand	DIN 52210 - PFL - W	DIN 52210 - P - W
Decke	DIN 52210 - PFL - D	DIN 52210 - P - D

der Decke inklusive der Nebenwege:

R' bzw. L', .

D.h. in "Kurzschrift":

R und RL (bzw. Dnf) R'
 L_n und L_{nf} L'_n

Schalldämm-Maße und Norm-Trittschallpegel inklusive Nebenwegsübertragung werden mit einem Hochstrich gekennzeichnet. Alle oben genannten Dämmwerte hängen von der Frequenz ab. (Bewertung s. Kap. 2.4)

"Bauübliche" Nebenwege im Labor nach DIN 52210

Die bis 1999 nach DIN 52210 durchgeführten Labor-Messungen mit "bauüblichen" Nebenwegen beziehen sich auf massive flankierende Wände mit einer Masse von 300 kg/m². Die Wände dieses Prüfstandes unterscheiden sich erheblich von den leichten Wänden im Holzbau. Messungen von Decken für den Holzbau in einem Prüfstand mit "bauüblichen" Nebenwegen können daher nicht empfohlen werden.

Die Bezeichnung "bauübliche" Nebenwege ist für Decken im Holzbau irreführend.

Die entsprechenden Meßergebnisse können nur bedingt in der Praxis des Holzbaus verwendet werden.

Prüfstände mit "bauähnlicher" Flankenübertragung sind nach Einführung der Normreihe DIN EN ISO 140 nicht mehr zugelassen. Sie werden durch Prüfstände ohne Flankenübertragung ersetzt.

Bei Prüfständen ohne Flankenübertragung wird die Schallübertragung über Nebenwege durch geeignete Maßnahmen unterdrückt. Die in einem solchen Prüfstand gewonnenen Schalldämm-Maße werden ohne Hochstrich, d.h. nur mit R bezeichnet.

Zur Situation im Holzbau siehe Kapitel 5.

2.4 Bewertungsverfahren

Das Ergebnis einer Messung ist eine Kurve R bzw. L_n als Funktion der Frequenz f.

Für die praktische Anwendung (Beurteilung der Eignung, Festlegung von Anforderungen, Leistungsbeschreibungen) ist es sinnvoll, den frequenzabhängigen Verlauf des Schalldämm-Maßes bzw. des Norm-Trittschallpegels mit nur einem Wert - der Einzahlangabe - zu beschreiben. Der Einzahlwert ergibt sich aus einer gehörähnlichen Bewertung der Meßkurven (DIN EN ISO 717 [11]), siehe Abb. 4. Die Ergebnisse der Bewertung sind:

- das bewertete Schalldämm-Maß R₁ bzw. R'_w
- der bewertete Norm-Trittschallpegel L_{nw} bzw. L'_{nw}

Maßgebend für diese Bewertung sind die Dämmwerte bei den besonders "lauten, störenden" Frequenzen, d.h.

- bei der Luftschalldämmung die Unterschreitung der Dämmkurve R(f) bzw. R'(f) unter die verschobene Bezugskurve
- bei der Trittschalldämmung die Überschreitung der Pegelkurve L_n(f) bzw. L'_n(f) über die verschobene Bezugskurve

Die Lage der verschobenen Bezugskurve ergibt sich nach folgender Vorschrift: die genormte Bezugskurve ist in ganzen dB-Schritten solange nach oben oder unten zu verschieben, bis die Unterschreitung bzw. die Überschreitung der aufsummierten Terzbänder gerade <= 32 dB ist. Der Einzahlwert L_{nw} wird an der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz abgelesen.

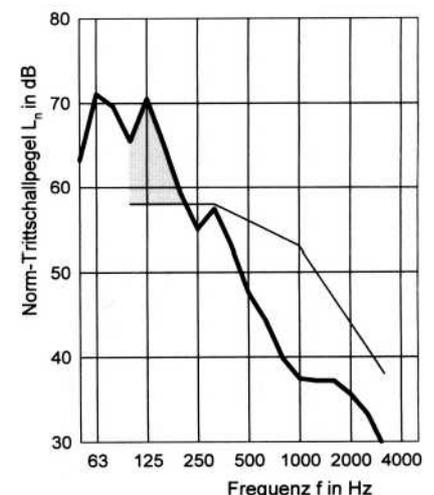


Abb. 4 Beispiel für das Bewertungsverfahren bei der Trittschallmessung einer Holzbalkendecke. Für die Bewertung ist die Überschreitung - hier als graue Fläche dargestellt - maßgebend. Bessere Dämmwerte sind nur möglich, wenn die Pegel im Bereich der Überschreitungen (graue Fläche) durch geeignete Maßnahmen (siehe Kap. 6) verringert werden.

² Schall-Längsdämm-Maß R_L und Norm-Flankenpegeldifferenz D_{n,f} besitzen den gleichen Zahlenwert.

2.5 Ermittlung des Trittschallverbesserungsmaßes

Für die Beurteilung der Trittschalldämmung von Decken im Massivbau hat es sich als sinnvoll und praktisch erwiesen, die schalltechnischen Eigenschaften von Rohdecke und Estrich getrennt zu messen. Die Ergebnisse sind (siehe DIN EN ISO 717 Teil 2):

- für die Rohdecke der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq}$
- für den Estrich das Trittschallverbesserungsmaß AL_w ,

Zur Bestimmung von AL_w wird der zu untersuchende Estrich auf eine Massivdecke gelegt und die Trittschallminderung AL nach der folgenden Gleichung 1 für jedes Frequenzband gemessen.

Gleichung 1

$$AL = L_n \text{ (ohne Estrich)} - L_n \text{ (mit Estrich)}$$

Hieraus wird nach DIN EN ISO 717 Teil 2 das Trittschallverbesserungsmaß AL_w berechnet.

Die Trittschalldämmung einer neuen Deckenkonstruktion erhält man aus Gleichung 2 mit den entsprechenden Tabellenwerten

- $L_{n,w,eq}$ der gewünschten massiven Rohdecke und
- AL_w des gewählten Estrichaufbaus

Gleichung 2

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq} - AL_w$$



Für den Holzbau:

Dieses für Massivdecken eingeführte und erprobte Konzept der Trennung von Estrich und Rohdecke kann nicht bedenkenlos auf den Holzbau übertragen werden, weil die Rohdecken im Holz- und Massivbau unterschiedliche physikalische Eigenschaften besitzen und sich in Verbindung mit dem gleichen Estrichaufbau anders verhalten:

- im Massivbau wird eine schwere Decke mit relativ leichten Estrichen kombiniert
- im Holzbau hingegen ist das Verhältnis genau umgekehrt.

Man kann daher nicht erwarten, mit einem auf einer Massivdecke bestimmten Trittschallverbesserungsmaß eine realistische Prognose für den Holzbau zu erhalten.

Deshalb wurde für Holzdecken von K. Gösele [12] ein eigenständiges Verfahren vorgeschlagen:

- für die Rohdecke ergibt sich: ein $L_{n,w,eq,H}$ (äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel)
 - den Estrich ergibt sich: ein $AL_{w,H}$ (Trittschallverbesserungsmaßes)
- Der Index H kennzeichnet die Anwendung im Holzbau.

Diese Methode wurde in einer neuen Untersuchung [2] weiterentwickelt und auch auf Brettstapeldecken angewandt. Auf eine Beschreibung dieser Methode wurde verzichtet, weil diese Kenntnis für den Planer nicht erforderlich ist. Der interessierte Leser wird auf die Literatur hingewiesen: Forschungsbericht [2]. - Die Bestimmung von $L_{n,w,eq,H}$ und $AL_{w,H}$ ist zwar noch nicht genormt, aber in der Praxis erprobt. Die Autoren empfehlen dem Planer die Verwendung dieser Größen.

Achtung : Bei der Planung der Schalldämmung von Holzdecken ist auf den Index H zu achten: $\Delta L_{w,H}$ und $L_{n,w,eq,H}$.

Die Einzahlwerte für die Trittschalldämmung sind:

	im Massivbau	im Holzbau
für die Rohdecke	$L_{n,w,eq}$	$L_{n,w,eq,H}$
für den Estrich	ΔL_w	$\Delta L_{w,H}$

2.6 Spektrum-Anpassungswerte C , C_t , und C_i

Die Spektrum-Anpassungswerte C , C_{tr} und C_i sind mit der neuen DIN EN ISO 717 [11] von 1997 eingeführt worden, sie werden aber in Deutschland zur Zeit (1999) noch nicht allgemein angewandt. In Zukunft wird der Planer allerdings auch mit den oben genannten Größen arbeiten müssen, insbesondere mit dem C , bei der Trittschalldämmung von Holzdecken. Die Einzahlangabe von $L_{n,w}$ ist geeignet, das Trittschallverhalten von Holz- und Massivdecken mit wirkungsvollen Fußböden und Teppichen zu beschreiben; die Störung durch niederfrequenten Trittschall wird mit der Einzahlangabe $L_{n,w}$ jedoch nur ungenügend berücksichtigt.

Um die tiefen Frequenzen beim Trittschall besser berücksichtigen zu können, wurde ein Spektrum-Anpassungswert C , als Ergänzung zum bisherigen $L_{n,w}$ eingeführt. C wird mit einem eigenen Berechnungsverfahren nach DIN EN ISO 717 aus den frequenzabhängigen L_n -Werten bestimmt. Nach [11] ist die Größe $L_{n,w} + C$, gut mit dem A-bewerteten Trittschallpegel, der durch Gehen auf einer Decke entsteht, zu vergleichen. Die Größe $L_{n,w} + C$ soll daher eine bessere Bewertung von Holzdecken darstellen. Die praktische Anwendung dieser Zusatzwerte im Holzbau ist noch weiter zu überprüfen.

Auch für die Luftschalldämmung sind Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} definiert (DIN EN ISO 717 Teil 1). Während die Größe $R_w + C$ das Lärmspektrum von Wohnlärm (Sprache, Musik, Kinderlärm) berücksichtigt, kann $R_w + C_{tr}$ für eine Beurteilung von Geräuschquellen mit großen niederfrequenten Lärmanteilen (z.B. Discomusik) genutzt werden.

3 Anforderungen an den Schallschutz

3.1 Schallschutz von Decken nach DIN 4109

In Deutschland sind bezüglich des Schallschutzes von Decken und Trenndecken Mindestanforderungen nach DIN 4109 [4] einzuhalten. Mit der Bezeichnung "Trenndecke" weist diese Norm auf eine Decke hin, die zwei Wohnungen oder Firmen trennt und daher besondere Anforderungen an den Schallschutz zu erfüllen hat, um ein Mindestmaß an Vertraulichkeit und Ruhe zu gewährleisten. Die Norm nennt verschiedene Anforderungen, je nach Art der Nutzung:

- Trenndecken in Geschloßhäusern,
- Trenndecken in Zweifamilien-Häusern,
- Decken in Hotels, Wohnheimen ...,
- Decken in Krankenhäusern und Sanatorien,
- Decken in Schulen.

Auch bei korrekter Bauausführung, d.h. bei Erfüllung der Mindestanforderungen nach DIN 4109, ist nicht auszuschließen, daß Geräusche im Nachbarräum wahrgenommen werden. Auf die in Absatz 1 der Norm angesprochene "Notwendigkeit gegenseitiger Rücksichtnahme durch Vermeidung unnötigen Lärms..." wird ausdrücklich hingewiesen.

Da die Akzeptanz bzw. die Zufriedenheit der Bewohner gegenüber den Mindestanforderungen sowohl für die Festlegung der Werte als auch für die Planung und Ausführung der Gebäude ein wesentliches Kriterium darstellt, wurden dazu viele Feldversuche mit Befragungen von Bewohnern von Holz- und Massivbauten durchgeführt. Der Zusammenhang zwischen der Zufriedenheit der Nutzer (Hausbewohner, die mit der Trittschalldämmung ihrer Wohnung zufrieden waren - in Prozent) aufgetragen gegen die Trittschalldämmung der Trenndecke ergibt einen charakteristischen Zusammenhang, der in der Abb. 5 dargestellt wird, wobei hier die Ergebnisse aus Massiv- und Holzhäusern verarbeitet wurden.

Zwar sind die Schwankungen bei solchen demoskopischen Studien erfahrungsgemäß sehr groß, jedoch kann übereinstimmend festgestellt werden, daß bei einem Norm-Trittschallpegel von $L'_{n,w} = 53$ dB (Anforderungen an Wohnungstrenndecken nach DIN 4109) ca. 65 % der Befragten mit der Trittschalldämmung zufrieden bzw. sehr zufrieden waren. In einer komplementären Umfrage [13], [15] erklärten 25 der befragten Bewohner, daß sie eine Trittschalldämmung von $L'_{n,w} = 53$ dB als mangelhaft empfanden.

Erhöhter Schallschutz

Neben den bauaufsichtlich eingeführten und somit verpflichtenden Mindestanforderungen werden im Beiblatt 2 der DIN 4109 auch unverbindliche Vorschläge für den erhöhten Schallschutz für Nutzer und Bewohner mit größerem Schutzbedürfnis aufgelistet. Wurde die Trenndecke für diesen erhöhten Schallschutz ausgelegt ($L'_{n,w} = 46$ dB) so waren nach Abb. 5 ca. 95 % der Befragten mit der Trittschalldämmung zufrieden bzw. sehr zufrieden.

Falls ein erhöhter Schallschutz von den Bewohnern gewünscht wird oder der Schallschutz auch auf Decken innerhalb des eigenen Wohnbereiches (z. B. bei Einfamilienhäusern) bzw. eines Verwaltungsgebäudes ausgedehnt werden soll, so sind dazu gesonderte Vereinbarungen zu treffen. Diese erhöhten Dämmwerte sollten vertraglich festgelegt werden. Hinweise auf Planung und Ausführung des erhöhten Schallschutzes bzw. für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich gibt das Beiblatt 2 der DIN 4109 [4] bzw. die VDI Richtlinie 4100 [16].

Die Mindest- und erhöhten Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung von Decken, inklusive der Schallübertragung längs der flankierenden Wände, gelten für Massiv- und Holzbau gleichermaßen und sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

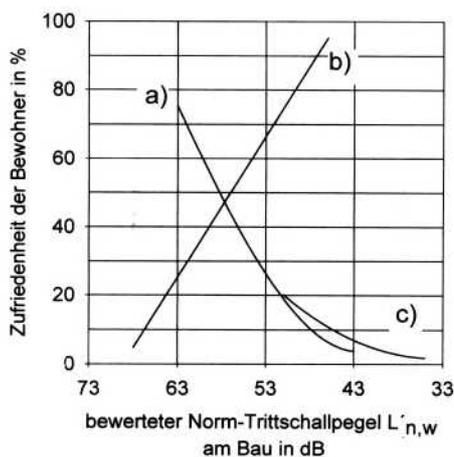


Abb. 5 Beurteilung der Trittschalldämmung durch Hausbewohner: Zusammenhang zwischen der Trittschalldämmung $L'_{n,w}$ einer Decke und der Zufriedenheit der Hausbewohner (in Prozent) mit der Schalldämmung.

- a) Bewohner, die sich über mangelhafte Trittschalldämmung beschwert haben, nach [13]
- b) Bewohner, die mit der Trittschalldämmung zufrieden bzw. sehr zufrieden waren, nach [14]
- c) Bewohner, die Gehgeräusche als störend empfanden, nach [15]

Tabelle 2 Anforderungen bzw. Empfehlungen an die Schalldämmung von Decken nach DIN 4109 Anmerkung:

- ① diagonal und/oder horizontal von Haus 1 zu Haus 2
- ② die DIN 4109 enthält keine Anforderungen für den eigenen Wohnbereich, sondern Empfehlungen.
- ③ Für den Nachweis des Trittschallschutzes bei den Mindestanforderungen nach DIN 4109 dürfen weichfedernde Bodenbeläge nicht angerechnet werden.
- ④ Für den Nachweis des Trittschallschutzes bei den erhöhten Anforderungen und bei den Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich nach Beiblatt 2, DIN 4109, dürfen weich federnde Bodenbeläge mit angerechnet werden. Außerdem können auch bei Zweifamilienhäusern nach DIN 4109 weichfedernde Bodenbeläge zur Bestimmung des Trittschallschutzes angerechnet werden.
- ⑤ Für den Nachweis des Trittschallschutzes bei Zweifamilienhäusern nach DIN 4109 dürfen weichfedernde Bodenbeläge mit angerechnet werden.

Haustyp / Bauteil	Anforderungen nach DIN 4109	Vorschläge für den erhöhten Schallschutz nach DIN 4109, Bbl. 2
Mehrfamilienhaus		
Luftschall Trenndecke, R'_{w}	≥ 54 dB	≥ 55 dB
Trittschall Trenndecke, $L'_{n,w}$	≤ 53 dB ③	≤ 46 dB ④
Zweifamilienhaus		
Luftschall Trenndecke, R'_{w}	≥ 52 dB	≥ 55 dB
Trittschall Trenndecke, $L'_{n,w}$	≤ 53 dB ⑤	≤ 46 dB ④
Doppel- oder Reihenhäuser		
Trittschall Decke ①, $L'_{n,w}$	≤ 48 dB ③	≤ 38 dB ④

Bauteil	Empfehlungen für den normalen Schallschutz	Empfehlungen für den erhöhten Schallschutz
Innerhalb einer Wohnung ②		
Luftschall Decke, R'_{w}	≥ 50 dB	≥ 55 dB
Trittschall Decke, $L'_{n,w}$	≤ 56 dB ④	≤ 46 dB ④

3.2 Nachweis der Erfüllung der Anforderungen

Derzeit (1999) gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Tritt- und Luftschalldämmung nachzuweisen:

- 1) Man richtet sich nach den Ausführungsbeispielen im Beiblatt 1 der DIN 4109.
Nachteil: Der Planer muß sich exakt an die Beschreibung der dargestellten Decken halten.
- 2) Die **Messung der Decke im fertigen Bau ist der exakte**, für den Bauherrn wichtigste Nachweis. Nachteil: Im Schadensfall (z.B. als Folge von Planungsfehlern) werden Nachbesserungen sehr kostspielig. Für den Planer ist es daher notwendig, die zu erwartende Trittschalldämmung der Holzdecke im voraus zu berechnen. Siehe hierzu 3).
- 3) Die Vorausplanung der Trittschalleigenschaften kann anhand der in Kapitel 9 vorgestellten Beispielsammlung oder durch das in Kapitel 7.1 beschriebene Berechnungsverfahren erfolgen. Das Berechnungsmodell und die Beispielsammlung sind bauaufsichtlich noch nicht eingeführt. Ein exakter Nachweis kann dann durch eine Baumessung vor Ort erfolgen. Siehe hierzu 2).
- 4) Die Schalldämmung einer Decke inklusive aller Nebenwege kann aus den Dämmwerten ohne Nebenwege ermittelt werden. Die entsprechenden Regeln sind zur Zeit noch in Bearbeitung und noch nicht bauaufsichtlich eingeführt. Siehe hierzu auch Kapitel 7.2.
Beachte: Die Rechenregeln für den Massivbau gelten nicht für den Holzbau.
- 5) Eine weitere Möglichkeit bieten projektbezogene Messungen und Entwicklungen im Prüfstand mit den im Holzbau üblichen Nebenwegen. Dieser Prüfstand ist nicht genormt; entsprechende Prüfungen nicht bauaufsichtlich anerkannt. Sie erweisen sich aber bei größeren Objekten und neuentwickelten Konstruktionen als sinnvoll. Nicht geeignet sind Prüfungen in einem DIN-Prüfstand mit "bauüblichen Nebenwegen", weil sich diese auf massive flankierende Wände, also nicht auf Holzwände, beziehen (s.Kap.2.5 und DIN 52210 Teil 2).

3.3 Festlegung der Anforderungen und geschuldete Ausführung

Um Streitfällen vorzubeugen, wird sowohl dem Planer als auch dem Ausführenden empfohlen, mit den Bauherrn die Anforderungen an den Schallschutz zu diskutieren und vertraglich festzulegen. Diesbezüglich besteht gegenüber dem Bauherrn von seiten des Ausführenden die Aufklärungspflicht über das subjektive Empfinden der vereinbarten Schalldämmung. So können z.B. Gehgeräusche und Stühlerücken bei Trenndecken, die den Mindestanforderungen nach DIN 4109 entsprechen, durchaus noch wahrgenommen werden.

Unabhängig von den vereinbarten Anforderungen wird eine mängelfreie und dem Stand der Technik entsprechende Bauplanung und Ausführung geschuldet.

3.4 Einflußfaktoren auf die persönliche Wahrnehmung der Schalldämmung

Erheblichen Einfluß auf die Erwartungshaltung in Bezug auf die Schalldämmung hat das Besitzverhältnis, denn der Besitzer einer Eigentumswohnung stellt meist höhere Ansprüche als der Mieter einer Wohnung im selben Mehrfamilien-Wohnhaus.

Weiterhin spielen die Grundgeräusche im Haus (z. B. von haustechnischen Anlagen) und der Lärm von draußen für die subjektive Beurteilung der Schalldämmung von Decken eine große Rolle. Der Planer sollte berücksichtigen, daß bei Gebäuden mit einer sehr guten Schalldämmung gegen Außenlärm oder bei Gebäuden in einer sehr ruhigen Wohngegend schon relativ geringe Lärmbelastigungen innerhalb des Hauses als störend empfunden werden. Die Wechselbeziehung zwischen Grundgeräusch und erforderlicher Schalldämmung ist in der VDI 4100 [16] beschrieben.



4 Physikalische Grundlagen des Schallschutzes im Holzbau

Nur bei Kenntnis der wichtigsten theoretischen Grundlagen können Planungs- und Ausführungsfehler vermieden werden. Der "gesunde Menschenverstand" ist beim Schallschutz nicht immer ein guter Lehrmeister. Erprobte Methoden, um die Schalldämmung zu verbessern, sind in Kapitel 6 zu finden.

Bei Veränderung bewährter Konstruktionen, sollten die wichtigsten schalltechnischen Gesetze beachtet werden. Schadensfälle (siehe Kap. 11) zeigen, daß z.B. die Funktion der Trittschalldämmung, Rohdeckenbeschwerung oder Unterdecke oft falsch eingeschätzt wird.

Nachfolgend sollen die für Decken im Holzbau wesentlichen physikalischen Grundlagen und Zusammenhänge erläutert werden. Die Autoren weisen darauf hin, daß dieses kurze Kapitel ein Lehrbuch nicht ersetzen kann. In diesem Zusammenhang wird auf die Standardwerke von Gösele [5] und Fasold [6] verwiesen.

4.1 Massegesetz

Je größer die flächenbezogene Masse m' einer Decke, desto höher ist ihre Schalldämmung. Bei massiven einschaligen Decken läßt sich aus der flächenbezogenen Masse m' die Schalldämmung bestimmen. Hierzu dient ein Massediagramm (s. Abb. 6), das empirisch aus vielen Meßdaten gewonnen wurde. Bei der Bestimmung der Luftschalldämmung muß zwischen den unterschiedlichen Werkstoffen - Beton, Mauerwerk, Glas sowie Holz- und Holzwerkstoffen oder Blechen - differenziert werden. Die entsprechende Kurve für Wände aus Holz und Holzwerkstoffen hat sich in der Praxis bewährt.

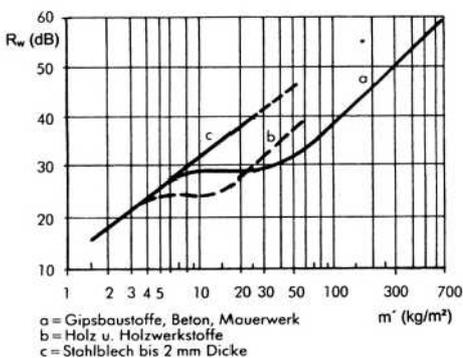


Abb. 6 Schalldämm-Maß R'_w eines einschaligen Bauteils in Abhängigkeit seiner flächenbezogenen Masse m' in kg/m^2 , nach [17]

Beispiel: Ein Brettstapelelement 120 mm dick, flächenbezogene Masse $m' = 56 \text{ kg/m}^2$, hat nach Abb. 6 ein bewertetes Schalldämm-Maß $R'_w = 38 \text{ dB}$.

Bei massiven, homogenen Bauteilen ist die Erhöhung der Masse nahezu die einzige Möglichkeit, die Schalldämmung zu verbessern.

4.2 Biegewellenresonanz

Die Schalleinleitung bzw. -abstrahlung bei einschaligen Bauteilen ist besonders groß, wenn die Wellenlänge des Luftschalls (exakt: die Projektion oder die Spur der schräg auf die Platte auftreffenden Luftschallwelle) mit der Wellenlänge einer Biegeschwingung in der Plattenebene übereinstimmt. Diese Bedingung ist erfüllt für alle Frequenzen, die größer sind als die Koinzidenzgrenzfrequenz f_g . Die Koinzidenzgrenzfrequenz f_g in Hz erhält man mit Gleichung 3 aus:

- dem Elastizitäts-Modul E (in MN/m^2),
- der Dichte ρ (in kg/m^3) und
- der Dicke d der Platten (in m)

Gleichung 3

$$f_g \approx \frac{60}{d} \sqrt{\frac{\rho}{E}}$$

Man bezeichnet die Platte als

- biegeweich, wenn $f_g \geq 2000 \text{ Hz}$ und als

- biegesteif, wenn $f_g < 2000 \text{ Hz}$
- Die meisten im Holzbau gebräuchlichen Beplankungen, wie z.B. Spanplatten bis 22 mm, Gipskartonplatten oder Gipsfaserplatten bis 13 mm, besitzen eine Grenzfrequenz $f_g > 2000 \text{ Hz}$, d.h., sie sind biegeweich.

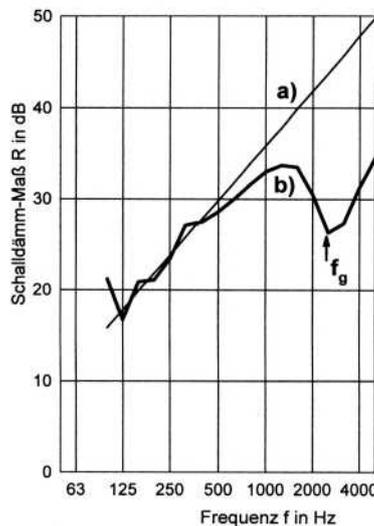


Abb. 7 Schalldämm-Maß einer ideal biegeweichen Platte (a) und einer realen Platte (b) (Meßwerte). Die reale Platte (b) ist hier eine Gipskartonplatte 12 mm dick.

4.3 Erhöhung der Schalldämmung durch mehrschaligen Aufbau

Im Holzbau setzen sich die Bauteile aus mehreren Schichten zusammen. Dadurch wird dem Schall auf seinem Weg durch das Bauteil ein mehrfacher Widerstand entgegen gesetzt. Während die Schalldämmung einschaliger Bauteile nur auf ihrer Masse und Biegesteifigkeit beruht, können im Holzbau durch mehrschalige Konstruktionen mit entkoppelten Schalen und Hohlraumdämmstoffen gleiche Schalldämmwerte bei wesentlich geringeren Massen erreicht werden.

Beispiel:

Holzbalken-Rohdecke mit zwei entkoppelten Schalen:

- erste Schale Verlegespanplatten mit den Balken verschraubt,
- zweite Schale Unterdecke an Federschienen montiert,
- zwischen den Balken eine Hohlraumdämmung.

Diese Rohdecke erreicht ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_w = 52 \text{ dB}$. Ihre flächenbezogene Masse liegt bei ca. 45 kg/m^2 . Wird die gleiche Schalldämmung mit einem einschaligen (massiven) Bauteil angestrebt, so benötigt man nach Abb. 6 ungefähr die 8-fache Masse.

Bei der Planung von mehrschaligen Aufbauten ist jedoch darauf zu achten, daß sich durch Resonanzeffekte (Doppelwandresonanz) keine Verschlechterung der Dämmwerte ergibt - vgl. Kapitel 4.4, 6.3 und 6.4.

4.4 Masse-Feder System

Das schalltechnische Verhalten eines zweischaligen Aufbaus läßt sich sehr gut mit dem Masse-Feder System nach Wintergerst [18] beschreiben. Zwei Schalen mit den flächenbezogenen Massen m'_1 und m'_2 sind über eine Feder mit einer dynamischen Steifigkeit s' miteinander gekoppelt. Dieses zweischalige System wird als Doppelwand bezeichnet. Durch Luft- oder Trittschallanregung kann diese Doppelwand zu Schwingungen angeregt werden, die bei der Resonanzfrequenz f_0 besonders groß sind (entsprechend klein ist die Schalldämmung). Oberhalb der Resonanzfrequenz f_0 wird eine besonders hohe Schalldämmung erzielt. Deshalb sollte der Planer darauf achten, daß die Resonanzfrequenzen der Doppelwand-systeme so niedrig wie möglich, also kleiner als 100 Hz sind (Doppelwände mit $f_0 < 50 \text{ Hz}$ sind als sehr gut zu bezeichnen).

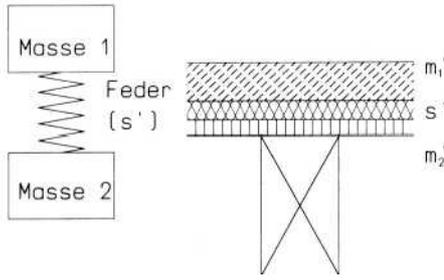


Abb. 8 Masse-Feder-Modell eines schwingungsfähigen Systems, sowie die Anwendung des Modells auf einen Deckenaufbau. Zwei Massen m_1 und m_2 sind über eine Feder mit der dynamischen Steifigkeit s' miteinander verbunden.

Im Fall des schwimmenden Estrichs sind als flächenbezogene Massen m_1 und m_2 die Massen der Estrichplatte bzw. der Rohdecke einzusetzen. Die dynamische Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatte ist eine physikalische Eigenschaft, die die Federkonstante unter wechselnder (dynamischer) Beanspruchung beschreibt. Sie setzt sich aus der Summe der Gerüststeifigkeit der Trittschalldämmplatte und der Steifigkeit der durch die Dämmplatte eingeschlossenen Luft zusammen. Der jeweilige Wert ist dem Datenblatt des Herstellers zu entnehmen. Die Resonanzfrequenz kann in diesem Fall mit Hilfe der Gleichung 4 berechnet werden (Angabe von f_0 in Hz, s' in MN/m^3 , m' in kg/m^2).

Gleichung 4

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

Beispiel:

Bei einem Deckenaufbau bestehend aus:

- 50 mm Zementestrich ($m_1 = 115 \text{ kg/m}^2$),
- 35/30 mm Trittschalldämmplatten ($s' < 5 \text{ MN/m}^3$ laut Hersteller) und
- 1 20 mm Brettstapeldecke ($m_2 = 59 \text{ kg/m}^2$)

liegt die Resonanzfrequenz bei 58 Hz.

Der schwimmende Estrich bringt eine Verbesserung der Trittschalldämmung bei allen Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz f_0 . Diese Eigenschaft wird durch die Trittschallminderung ΔL des Estrichs (zur Definition s. Gleichung 1) demonstriert. Sie ist beispielhaft in Abb. 9 dargestellt.

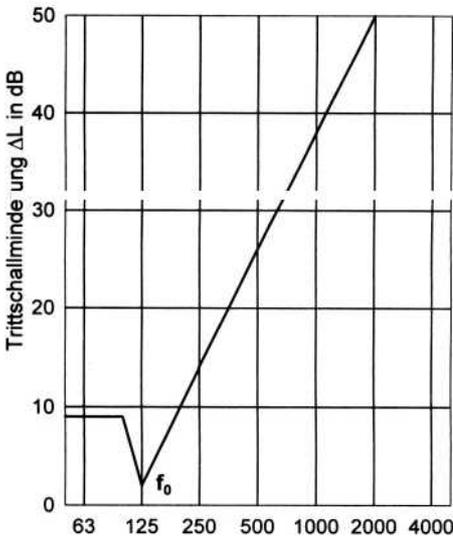


Abb. 9 Verbesserung der Trittschalldämmung durch einen idealen schwimmenden Estrich. Resonanzfrequenz $f_0 = 125 \text{ Hz}$. Kurve qualitativ.

Für den Fall der abgehängten Decke erfolgt die Kopplung zwischen den beiden Schalen (Rohdecke m_1 und abgehängte Decke m_2) durch die im Hohlraum eingeschlossene Luft bzw. den Hohlraumdämmstoff. Es ist in diesem Fall die dynamische Steifigkeit der Luftschicht einzusetzen, die dann nur noch vom Schalenabstand e abhängt. So ergibt sich Gleichung 5 (Angabe von f_0 in Hz, e in mm, m' in kg/m^2):

Gleichung 5

$$f_0 = 1900 \cdot \sqrt{\frac{1}{e} \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

4.5 Entkopplung

Die im Holzbau üblichen mehrschaligen Aufbauten besitzen in der Regel eine Verbindung zwischen den verschiedenen Schalen. Im Fall der Holzständerwand erfolgt die Kopplung über Ständerwerk und Rähm. Bei einer abgehängten Decke ist die Kopplung über eine Querlattung und die Balken der Holzbalkendecke gegeben.

Bei einer mehrschaligen Konstruktion wird ein Großteil der Schallenergie über diese Kopplung übertragen. Eine Verbesserung der Schalldämmung kann durch Unterbrechung oder Schwächung der Kopplung erreicht werden. In der Praxis erzielt man eine Schwächung der Kopplung durch:

- die Verringerung der Verbindungspunkte,
 - die Änderung des Verschraubungsmoments,
 - die Ankopplung über weichfedernde Zwischenprofile (z. B. Federschien).
- Eine vollständige Trennung der Schalen (getrennte Ständer bzw. gesonderte Traghölzer für die Unterdecke) als Idealfall der Entkopplung ist in der Regel nicht wirtschaftlich.

Bei der Planung solcher Verbesserungsmaßnahmen ist natürlich stets die Statik des Bauteils zu berücksichtigen, da Beplankungen meist als aussteifende Elemente dienen.

4.6 Dämpfung/Schallabsorption

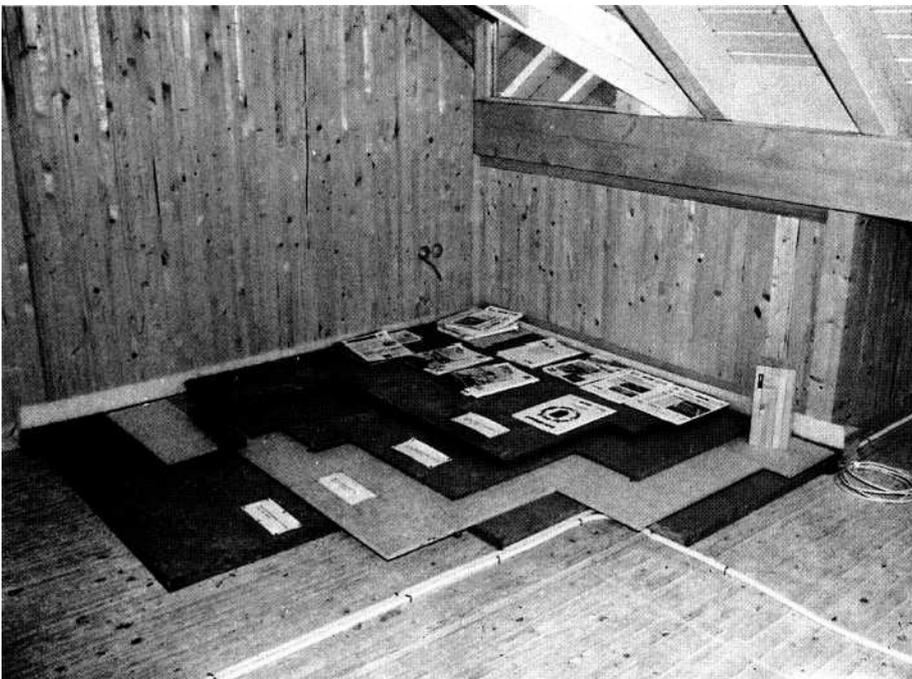
Bei hochschalldämmenden Bauteilen wird der eindringende Schall nicht nur abgedämmt, sondern zum Teil im Bauteil selbst vernichtet bzw. absorbiert. Zur Schallabsorption (oder auch Dämpfung) dienen Schallabsorptionsstoffe, die in die Hohlkammern der Holzbalkendecke eingebracht werden. Hierfür eignen sich Hohlraumdämmstoffe aus Mineralwolle oder gleichwertige Materialien (z.B. Zellulosedämmstoffe, Schafwolle, Flachs, Baumwolle, offenporige Schaumkunststoffe...). Voraussetzung ist, daß diese Stoffe mindestens einen längenbezogenen Strömungswiderstand $r > 5 \text{ kN s/m}^2$ und eine ausreichende Schallabsorption besitzen. Nicht geeignet sind geschlossporige Schaumkunststoffe (Polystyrolplatten, PU-Schaum). Die Eignung von neuen Materialien, z.B. von Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, muß im Einzelfall geprüft werden. Zusätzliche Informationen können der Literatur [31] entnommen werden.

Eine weitere Möglichkeit für die Schallabsorption im Bauteil bietet der Estrich. Man bezeichnet dies als Körperschalldämpfung, d.h. die Schallausbreitung im Bauteil wird durch innere Verluste vermindert. Diese Verminderung der Schallausbreitung im Bauteil steht im Zusammenhang mit der Biegeweichheit des Estrichaufbaus. Je weicher der Aufbau (Estrichplatte und Trittschalldämmplatte) ausgeführt wird, desto höher ist die Körperschalldämpfung. Dabei zeigt sich, daß Gußasphalt- oder Trockenestriche eine deutlich höhere Dämpfung des Körperschalls bewirken als Zementestriche. Bei gleicher Masse und den selben Trittschalldämmplatten erreicht der Gußasphalt durch diese günstige Eigenschaft eine bessere Trittschalldämmung. Dennoch lassen sich mit einem Zementestrichaufbau insgesamt bessere Werte erreichen, da dieser auch auf sehr weichen Trittschalldämmplatten einsetzbar ist, ohne bei Punktbelastung zu sehr nachzugeben (s. Kap. 6.4).

4.7 Zusammenfassung

Für die schalltechnische Optimierung der Holzdecken sind somit folgende Punkte zu beachten

- Erhöhung der flächenbezogenen Massen von Estrich, Rohdecke, abgehängter Decke-
- Verringerung der Steifigkeit der Trittschalldämmplatte;
- Erhöhung des Abstands zwischen Unterdecke und Rohdecke, ;
- Entkopplung der Unterdecke von den Balken;
- Einsatz biegeweicher Materialien, -
- Hohlraumdämpfung durch geeignete Materialien,
- Schallabsorption im Estrich.



5 Flankenübertragung im Holzbau

Die Schallübertragung erfolgt über mehrere Wege. Sie sind in Abb. 2 und Abb. 3 sowie in Tabelle 3 dargestellt.

Die resultierende Luft- und Trittschalldämmung zwischen zwei Stockwerken hängt sowohl von der Ausführung der Decke als trennendem Bauteil selbst, als auch von der Konstruktion der flankierenden Wände und von der Einbindung der Decke in die Wand ab.

Prinzipiell ist bei der Flankenübertragung zwischen der Luftschall- und der Trittschallanregung zu unterscheiden. Die Flankenübertragung im Holzbau ist bei Luftschallanregung im allgemeinen vernachlässigbar klein. Die Flankenübertragung bei Trittschallanregung kann auch bei üblichen Deckenkonstruktionen eine wesentliche Rolle spielen. Ansätze zur Unterdrückung dieser Flankenübertragung werden in Kapitel 6.7 beschrieben.

Tabelle 3 Bedeutung der verschiedenen Schallübertragungswege im Holzbau

Holzdecke	wichtig	unwichtig
Luftschall	Dd, Ff	Fd, Df
Trittschall	Dd, Df	entfällt

5.1 Übertragungswege für Luft- und Trittschall im Holzbau

Bei der Beurteilung der Schalldämmung von Holzdecken treten, genau wie im Massivbau, die verschiedenen Übertragungswege Dd (direkt durch die Decke) und Df, Fd, und Ff (über die flankierenden Bauteile) auf. Zur Definition vgl. DIN 52217 [9] sowie Abb. 2 und Abb. 3. Ein Vergleich mit dem Massivbau zeigt, daß sich die Bedeutung oder "Gewichtung" der einzelnen Übertragungswege im Holzbau erheblich von der "Gewichtung" im Massivbau unterscheidet.

Das Ergebnis wird in Tabelle 3 vorweggenommen und anschließend erläutert.

5.2 Flankenübertragung bei der Luftschalldämmung

Bei hochschalldämmenden Decken, insbesondere mit federnd montierter Unterdecke, wird die resultierende Luftschalldämmung der Decke $R'_{w,1}$ allein durch ihre Flankenübertragung Ff bestimmt. Wegen der biegeweichen Beplankung der Wände und weil die Wände in Höhe der Decken unterbrochen sind³, liegt die im Holzbau maximal zu erreichende resultierende Luftschalldämmung $R'_{w,1}$ mit 60 - 65 dB weit über den Anforderungen der DIN 4109. Deshalb sind bei herkömmlichen Holzdecken die Pfade Ff, Df und Fd im Holzbau im allgemeinen zu vernachlässigen. Für den Einsatz von Holzdecken im Massivbau gelten diese Aussagen nicht, siehe Kapitel 10.2.

5.3 Flankenübertragung bei der Trittschallanregung

Bei Trittschallanregung gibt es nur einen Flankenübertragungsweg Df. Dieser Weg spielt bei hohen Dämmwerten der Decke eine wichtige Rolle, wie im Kapitel 6.7 erläutert wird.

Der am Bau gemessene Norm-Trittschallpegel $L'_{n,1}$ setzt sich aus zwei Beiträgen zusammen: Dem direkt übertragenen

Schall L_n (Übertragungsweg Dd) sowie dem über die flankierenden Wände übertragenen Trittschall $L_{n,f}$ (Übertragungsweg Df) - s. Abb. 3. Der Direkt-Beitrag entspricht der im Labor ohne Nebenwege gemessenen Trittschalldämmung. Der Norm-Trittschallpegel der flankierenden Wände $L_{n,f}$ fließt als separat übertragener Schallbeitrag in die Berechnung von $L'_{n,1}$ gemäß Gleichung 6 ein (energetische Addition).

$$L'_{n,1} = 10 \cdot \log (10^{0,1 \cdot L_n} + 10^{0,1 \cdot L_{n,f}})$$

5.3.1 Flankenübertragung und Deckentyp bei der Trittschalldämmung

Die Größe der Flankenübertragung $L_{n,f}$ hängt stark vom verwendeten Deckentyp ab. Das wird klar, wenn man den Weg der Flankenübertragung vom schwimmenden Estrich in die tragende Konstruktion und von dort in die Wand nachvollzieht. Dieser Weg wird bei offener Holzbalkendecke einen geringeren Einfluß auf das Endergebnis haben als bei der geschlossenen Version. Bei einer offenen Holzbalkendecke wird der Schall von der oberseitigen Beplankung der Balken direkt in den Empfangsraum abgestrahlt. Der Einfluß der Flanken-Schallübertragung über die Balken und die Seitenwände ist wesentlich geringer und daher zu vernachlässigen.

Bei geschlossenen Holzbalkendecken wird die direkte Schallabstrahlung in den Empfangsraum stark durch die abgehängte Decke behindert oder abgedämmt, weshalb bei diesen Deckentypen die Flankenübertragung einen hohen Anteil an der Trittschallübertragung ausmacht. Bei hochschalldämmenden Decken mit federnd aufgehängten Unterdecken, d.h. bei sehr geringer direkter Schallübertragung, dominiert der Schallfluß über die flankierenden Wände. Eine Verbesserung der Trittschalldämmung ist dann nur noch durch schwere biegeweiche raumseitige Beplankung und/oder durch eine federnde Befestigung der raumseitigen Beplankung an den Ständern der Wände möglich (s. Kap. 6.7).

³ Bei Holzhauskonstruktionen in denen die Wände nicht durch die Decken unterbrochen werden, muß die erforderliche Flankenschalldämmung über raumseitige Vorsatzschalen (Installationsebenen) erbracht werden.

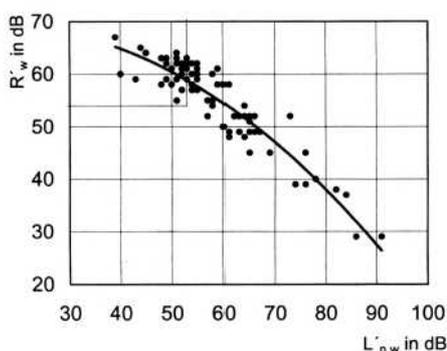
6 Konstruktive Umsetzung der Grundlagen - Bewährte Lösungen und Neuentwicklungen

In der Regel besteht der Aufbau einer kompletten Holzdecke (Holzbalken- oder Brettstapeldecke) aus einem Estrich auf einer Rohdecke und gegebenenfalls einer Unterdecke. In diesem Kapitel werden die konstruktiven Ausführungen dieser und anderer Komponenten unter bauakustischen, fertigungstechnischen und planerischen Aspekten beleuchtet sowie die Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen für die verschiedenen Bauteile beschrieben. ⁴

6.1 Zusammenhang von Luft- und Trittschalldämmung im Holzbau

Erfahrungsgemäß kann man im Holzbau mit verhältnismäßig einfachen Holzdeckenkonstruktionen bereits sehr gute Werte für die Luftschalldämmung erreichen. Das wird durch Abb. 10 illustriert, in der für viele verschiedene Deckenaufbauten die Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ mit den dazugehörigen Schalldämm-Maßen R'_{w} verglichen werden. Decken mit $L'_{n,w} < 53$ dB und $R'_{w} > 54$ dB erfüllen die Mindestanforderungen nach DIN 4109. Dieser Bereich ($L'_{n,w} < 53$ dB und $R'_{w} > 54$ dB) ist deshalb besonders hervorgehoben. Aus dem Diagramm geht hervor, daß alle Decken mit ausreichender Trittschalldämmung automatisch eine genügend hohe Luftschalldämmung haben. Man kann sich daher, wie bereits von K. Gösele [1] festgestellt, bei der Planung einer Holzdecke in einem Holzhaus auf die Optimierung der Trittschalldämmung konzentrieren.

Abb. 10 gilt nicht für Holzdecken in Massivhäusern, da die Schall-Längsdämmung der flankierenden Wände in Massivbauten meist viel kleiner ist als die im Holzbau. Zur Luftschalldämmung einer Holzdecke im Altbau siehe Kapitel 10.2.



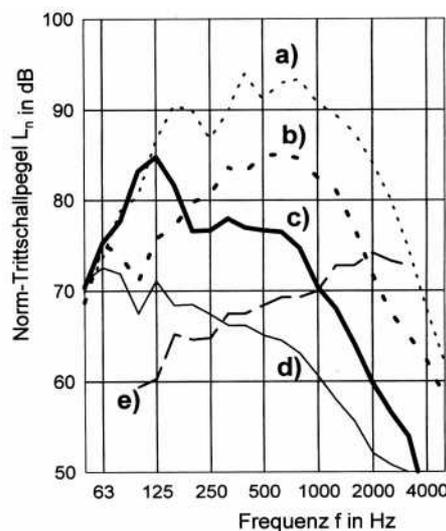
6.2 Holzrohdecken

Für die Verbesserung der Trittschalldämmung ist die Kenntnis der schalltechnischen Eigenschaften der verschiedenen Rohdecken unbedingt erforderlich.

Die zweischaligen Rohdecken (Holzbalkendecke mit Lattung bzw. Federschiene und Gipsbauplatten) haben im Vergleich zu den einschaligen Systemen (offene Holzbalkenrohdecke und Brettstapeldecke) wesentlich niedrigere bewertete Norm-Trittschallpegel, d.h. bessere Dämmwerte.

Für die Eignung einer Rohdecke ist nicht nur der Einzahlwert L_{nw} , sondern der gesamte Kurvenverlauf von Bedeutung.

In Abb. 11 werden typische Kurvenverläufe von verschiedenen Holzrohdecken dargestellt. Der Vergleich mit der Kurve einer Betonrohdecke zeigt, daß diese besonders bei hohen Frequenzen deutlich schlechter dämmt als die Holzdecken. Entscheidend für die Wirksamkeit einer Zusatzmaßnahme (Estrichaufbau, Rohdeckenbeschwerung) ist der Kurvenverlauf des Norm-Trittschallpegels der Rohdecke:



nen Holzdecken und einer Stahlbetondecke. Norm-Trittschall-Pegel L_n , als Funktion der Frequenz f

- a) offene Holzbalkendecke
- b) Brettstapeldecke
- c) Holzbalkendecke mit Lattung
- d) Holzbalkendecke mit Federschiene
- e) Betondecke

Abb. 10 Zusammenhang zwischen Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ und Schalldämm-Maß R'_{w} von verschiedenen Holzdecken in Holzbauten. Meßwerte von ausgeführten Bauten. (Decken mit erkennbaren schalltechnischen Fehlern sind nicht enthalten.)

- Bei geschlossenen Holzbalkendecken gehen nur die tiefen Frequenzen (100 Hz bis 400 Hz) in die Frequenzbewertung, d.h. die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels, ein.
- Bei offenen Holzbalkendecken und Brettstapeldecken fließen auch die höheren Frequenzen ein und führen damit zu schlechteren äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegeln $L_{n,w,eq,H}$. Um die gleichen Schalldämmwerte zu erreichen, muß daher bei diesen Deckentypen der Estrichaufbau und die Rohdeckenbeschwerung entsprechend besser sein als bei geschlossenen Holzbalkendecken (siehe Kapitel 6.4, 6.5, 7.1 und 9).

Bei dem zweischaligen System, bestehend aus Rohdecken-Beplankung und Unterdecke, hat die Art der Befestigung dieser Schalen einen erheblichen Einfluß auf die Schalldämmung.

Je nach Befestigungsart wird die Steifigkeit einer Schale und die Schalleinleitung in die Balken erhöht bzw. die Kopplung der beiden Schalen über die Balken verstärkt.

Damit werden viele Ergebnisse von vergleichenden Messungen verständlich:

- Wird die obere Beplankung der Rohdecke mit der Balkenlage verleimt⁵, so erreicht der Gesamtaufbau bis zu 2 dB schlechtere Werte als eine vergleichbare Decke mit einer verschraubten Beplankung. Dies kann durch einen Estrichaufbau mit einem größeren Trittschallverbesserungsmaß $AL_{w,H}$ kompensiert werden.
- Wird eine Unterdecke hart an der Lattung befestigt, so erfolgt die größte Schallübertragung über die Befestigungspunkte zwischen Balken und Unterdecke. Der Schallfluß durch das Gefach spielt eine untergeordnete Rolle. Daher ergibt die Einbringung von Hohlraumdämmung in diesem Fall keine oder nur eine geringe Verbesserung der Schalldämmung.

⁴ Bei der Planung von ganzen Deckenaufbauten muß berücksichtigt werden, daß die Trittschallverbesserungen einzelner Verbesserungsmaßnahmen nicht ohne weiteres summiert werden können. Es muß das Rechenschema lt. Kapitel 7.1 angewendet werden

⁵ Rohdecken mit verleimten Beplankungen bieten jedoch den Vorteil, daß sie statisch höher belastbar sind und damit größere Spannweiten als Rohdecken mit verschraubten Beplankungen erlauben.

- Bei einer federnd montierten Unterdecke erfolgt der Schallfluß hauptsächlich durch das Gefach. Bei diesen Decken führt daher die Schallabsorption (durch den Hohlraumdämmstoff) im Gefach zu einer Verbesserung der Schalldämmung.

Die beschriebenen Übertragungswege sind in Abb. 12 dargestellt.

Vergleich von genagelten und verleimten Brettstapeldecken

Verleimte Brettstapeldecken haben im Vergleich zu genagelten Konstruktionen schlechtere Dammwerte⁶. Die Ursache ist die hohe Biegesteifigkeit der verleimten Decke. Bei einer Rohdecke kann diese Diskrepanz bis zu 6 dB betragen - bei einem Aufbau mit Estrich sind es immerhin noch 2 dB. Um diese Unterschiede zu kompensieren, können auch hier entsprechend bessere Estrichaufbauten oder Rohdeckenbeschwerden eingesetzt werden.

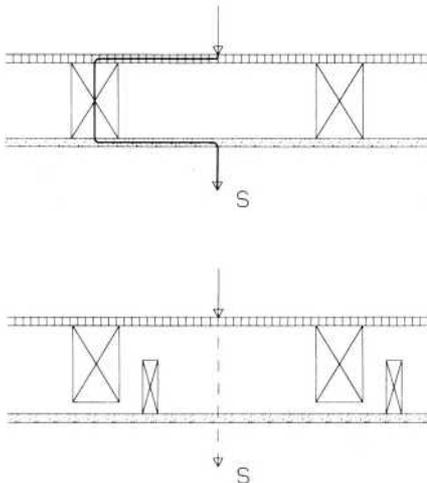


Abb. 12 Schallfluß durch den Deckenkasten einer Holzbalkendecke bei einer starr montierten Unterdecke (oben) und bei einer Decke mit entkoppelter Unterdecke (unten)

⁶ Ähnlich wie bei den Holzbalken-Rohdecken sind die verleimten Brettstapeldecken statisch höher belastbar als die genagelten Brettstapeldecken und können daher für größere Spannweiten eingesetzt werden.

⁷ Ein bauakustisches Prüfzeugnis, das die schalltechnische Eignung für den Einsatz bei einer Holzbalkendecke bescheinigt.

6.3 Unterdecken

Die im Holzbau übliche Verkleidung der Deckenbalken mit Gipsbauplatten (Gipskarton- oder Gipsfaserplatten) wird hier als Unterdecke bezeichnet. Eine Bekleidung mit Nut- und Feder-Brettern ist im Vergleich hierzu wesentlich weniger wirksam. Beim Einsatz von Akustikplatten als Unterdeckenbekleidung sollte der Planer auf den Nachweis der Eignung⁷ durch den Systemgeber achten.

Wie bereits erläutert, wird bei einer verminderten Kopplung der Unterdecke an die Balken eine deutlich verbesserte Schalldämmung erzielt. Bei Brettstapeldecken ist dieser Gewinn wesentlich geringer als bei Holzbalkendecken (Ursache: der geringe Abstand zwischen Rohdecke und Unterdecke).

Zur Montage der abgehängten Decke sind verschiedene Systeme am Markt [bzw. in](#) der Entwicklung:

- Lattung,
- Federschielen bzw. Federbügel,
- biege weiche Befestigung [19],
- geschlitzte Lattung [20].

6.3.1 Lattung

Eine Standard-Konstruktion ist die an einer Lattung befestigte Unterdecke. Das heißt, die Unterdeckenbekleidung ist nicht mehr direkt mit den Balken verbunden. Im Vergleich zur offenen Holzbalkendecke wird die Schalldämmung um bis zu 15 dB verbessert. Eine doppelte Beplankung der Unterdecke (zwei Lagen Gipsbauplatten) bringt keine wesentliche Verbesserung.

6.3.2 Federschielen oder Federbügel

Durch die Befestigung der Unterdecke mittels Federschielen oder Federbügel wird eine gute Entkopplung der Unterdecke erreicht. Die Verbesserungen gegenüber der offenen Holzbalkendecke betragen bis zu 25 dB. Das ist eine Verbesserung von ca. 10 dB (s. Abb. 13) gegenüber der o.g. Lattung.

Wird die Federschiene hingegen unter eine Brettstapeldecke montiert, ergibt sich gegenüber der Konstruktion ohne Unterdecke lediglich eine Verbesserung von ca. 4 dB (wegen des kleinen Schalenabstandes).

Ein optimales Ergebnis ist nur bei korrekter Montage der Federschielen bzw. Federbügel möglich. Deshalb dürfen die Befestigungsschrauben nicht fest angezogen werden. Wichtig ist, daß die Federschielen mit einem Spiel von ca. 1 mm lose an den Schraubenköpfen hängen (s. Abb. 14).

Eine Unterdecke mit fest angezogenen Federschielen hat ca. 2 dB schlechtere Dämmwerte. Doppelte Beplankungen der Unterdecke sind bei federnder Montageart wirksamer als bei Montage an einer starren Lattung. (Anmerkung: zwei biege weiche verbundene Lagen Gipsbauplatten mit überlappenden Stößen sind besser als eine 25 mm dicke Gipsbauplatte (s. Kap. 4.2).

Für den Holzbau wäre es wünschenswert, die schalltechnischen Vorteile einer Federschiene (große Verbesserung der Schalldämmung durch Entkopplung) mit der rationalen Befestigung der Unterdecke an eine Lattung zu kombinieren. Hierzu wurden neue Lösungsansätze erprobt, die im folgenden vorgestellt werden. Sie befinden sich allerdings noch im Entwicklungsstadium und sollten deshalb nur nach Rücksprache mit dem Systeminhaber angewendet werden.

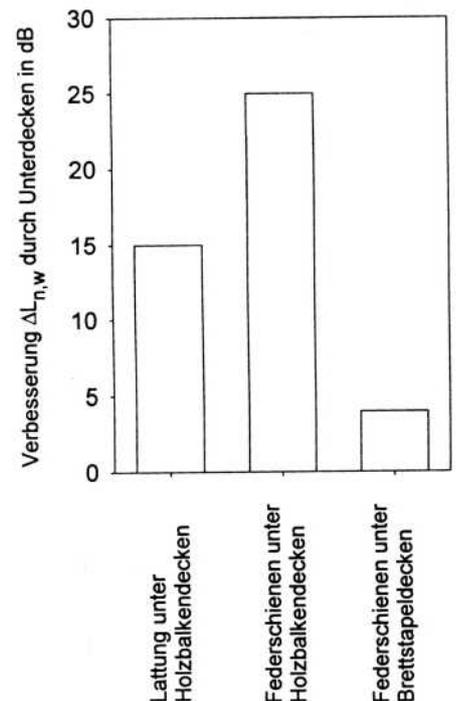


Abb. 13 Verbesserung der Trittschalldämmung von einer offenen Holzbalkendecken durch verschiedene Unterdecken. Es werden folgende Verbesserungen erzielt:

Unterdecke auf Lattung: $\Delta L_{n,w} = 15$ dB

Unterdecke an Federschielen: $\Delta L_{n,w} = 25$ dB

Zum Vergleich ist die Verbesserung einer Unterdecke an Federschielen dargestellt.

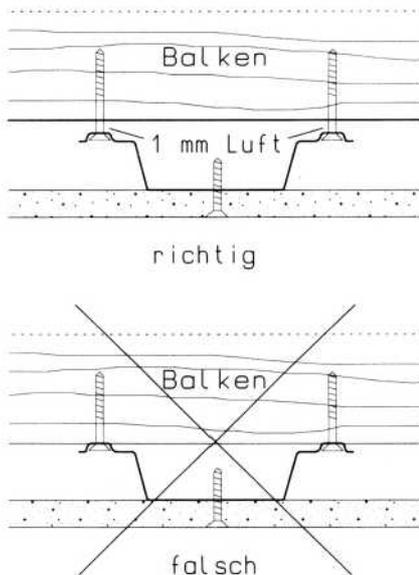


Abb. 14 Korrekte und falsche Montage der Federschiene an einer Holzbalkendecke

6.3.3 Biegeweiche Befestigung [19]

Da Deckenkästen mit Federschien ohne Zusatzmaßnahmen nicht stapelbar sind und die Beplankung nicht mit Klammern zu befestigen ist, führt dies zu Problemen bei der industriellen Fertigung im Werk. Diese Nachteile gibt es nicht, wenn die Lattung zusammen mit der Unterdecke biegeweich, aber druckstabil befestigt wird. Am Bau wird die (eventuell notwendige) Transportsicherung gelöst und die Unterdecke hängt entkoppelt an den Balken. In ersten Versuchen wurde die Lattung mittels eines Tragriemens an den Balken geklammert. Diese Konstruktion ist vergleichbar mit Federbügeln.

6.3.4 Geschlitzte Lattung [20]

Die geschlitzte Lattung stellt einen Kompromiß dar zwischen der mit Lattung montierten und der federnd befestigten Unterdecke. Durch mit Längsschlitz versehenen Vierkanthölzer (60 x 60 mm) wird eine gewisse Entkopplung der Unterdecke von den Holzbalken erreicht. Die Längsschlitz (Sägeschnitte) sind in zwei übereinanderliegenden Ebenen versetzt zueinander angeordnet (vergleichbar mit der seitlichen Lochung einer Federschiene). Erste Messungen zeigen sehr gute Ergebnisse die erstaunlich nah an die Resultate der an Federschien gelagerten Unterdecken heranreichen. Vorteil bei diesem System ist die Möglichkeit der werkseitigen Vormontage der Unterdecke.

6.4 Planung von Estrichaufbauten

Der schwimmende Estrich auf der Rohdecke bildet, wie in Kapitel 4.4 beschrieben, ein Masse-Feder System, wobei die beiden Schalen durch Estrichplatte und Rohdecke sowie die Feder durch die Trittschalldämmplatte gebildet werden. Maßgeblich für die Wirksamkeit dieses Systems ist die Lage der Resonanzfrequenz. Diese ergibt sich zum einen aus der dynamischen Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatten und zum anderen aus den Massen des Estrichs bzw. der Masse der Rohdecke (vgl. Kap. 4.4).

Die besten Schalldämm-Werte werden erzielt, wenn Decke und Estrich schwer und die Trittschalldämmplatte sehr weich ist. Aus praktischen Gesichtspunkten sind der Auslegung dieser Bauteile allerdings Grenzen gesetzt. Der Estrich und die Trittschalldämmplatte sind als ein System zu betrachten. So können keine sehr weichen Trittschalldämmplatten unter Trocken- oder Gußasphaltestrichen eingesetzt werden, da der Estrich als lastverteilende Schicht dienen muß und nur bis zu einem gewissen Grad muldenförmige Eindrücke zulassen darf.

Die Verbesserung eines Deckenaufbaus durch einen schwimmenden Estrich zeigt Abb. 15. Die Differenz im Norm-Trittschallpegel zwischen Rohdecke und Decke mit Estrich wird als Trittschallminderung ΔL bezeichnet (s. Gleichung 1) und ist in Abb. 16 dargestellt. **Diese auf einer Holzdecke ermittelte frequenzabhängige Trittschallminderung** kann, wie in Kap. 2.5 beschrieben in einen Einzahlwert, das Trittschallverbesserungsmaß $AL_{w,H}$ umgerechnet werden.

Beachte : Auf Massivdecken ermittelte Trittschallminderungen und deren Einzahlwerte sind nicht auf den Holzbau übertragbar.

Im folgenden werden die verschiedenen in Deutschland gebräuchlichen Estricharten und Trittschalldämmplatten für die Anwendung auf Holzdecken beschrieben. Bei der Planung sind folgende Faktoren zu beachten:

- Trittschallverbesserung
- Körperschallausbreitung in der Estrichplatte
- Einfederung durch permanente und wechselnde Verkehrslasten
- Fließverhalten (kalter Fluß) bei Gußasphaltestrichen
- Montagezeiten
- Kosten

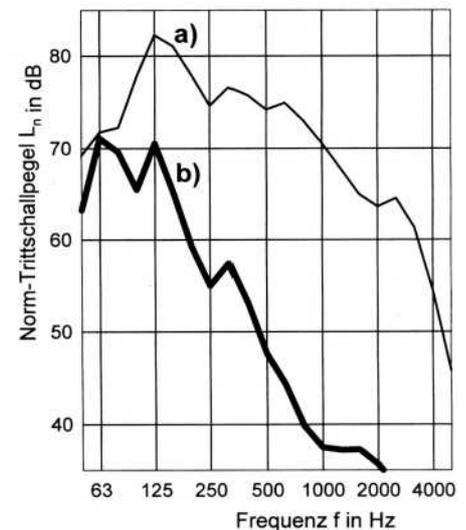


Abb. 15 Trittschalldämmung einer Holzbalkendecke mit und ohne schwimmenden Estrich
a) Rohdecke
b) Rohdecke mit Estrich

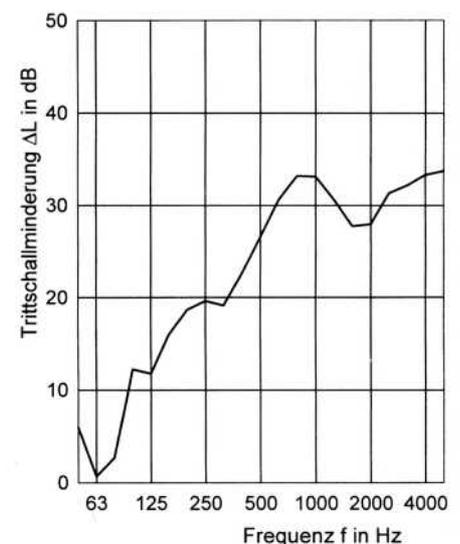


Abb. 16 Ein schwimmender Estrich verbessert die Trittschalldämmung einer Holzdecke:
Trittschallminderung $\Delta L = L_n$ (ohne Estrich) - L_n (mit Estrich)

6.4.1 Zementestrich

Der Zementestrich wird beim Neubau von Fertighäusern am häufigsten eingesetzt. Er kann aufgrund seiner hohen Stabilität zusammen mit handelsüblichen Trittschalldämmplatten (Mineralfaser, HWF, PST...) von geringer dynamischer Steifigkeit verwendet werden. Sein großer Vorteil liegt in der verhältnismäßig hohen Masse (typisch ca. 100 kg/m²). Mit weichen Trittschalldämmplatten ist eine Resonanzfrequenz f_1 des Masse-Feder-Masse Systems von weniger als 100 Hz möglich (siehe Beispiel im Kap. 4.4). Mit einem Zementestrich können auf Holzdecken Trittschallverbesserungsmaße $AL_{w,H}$ zwischen 14 dB und 23 dB erzielt werden (siehe auch Abb. 21 und Tabelle 6) Beim Einsatz von Trittschalldämmplatten mit hoher dynamischer Steifigkeit ($s' > 30 \text{ MN/m}^3$) unter Zementestrichen ergeben sich allerdings erhöhte Schallübertragungen im hohen Frequenzbereich.

Die große Steifigkeit des Zementestrichs ist von Vorteil bei der Lastverteilung der Verkehrslasten, aber nachteilig bezüglich der Schall-Leitung in der Estrichebene. Zementestriche müssen daher vollständig getrennt werden: unter einer Trennwand oder Wohnungsabschlußtür. Der Trennschnitt kann auch dicht vor oder hinter der Wand oder Tür liegen. Bei Montage der Wände direkt auf der Rohdecke ist diese Forderung natürlich immer erfüllt.

Bezüglich des Einbringens des Zementestrichs bzw. des weiteren Ausbaus gelten für den Holzbau die gleichen Verarbeitungshinweise wie für den Massivbau:

- Ungleichmäßiges Austrocknen und damit Schüsseln (im schlimmsten Fall das Brechen) des Zementestrichs kann durch Abdecken verhindert werden.
- Ein Zementestrich ist erst nach einigen Tagen begehbar.
- Vor dem Verlegen von Bodenbelägen muß der Estrich je nach Art des Belages unterschiedlich lange abbinden und austrocknen.
- Besonders beim Einsatz von feuchteempfindlichen Bodenbelägen (Parkett, Holzwerkstoffe, o.ä.) ist die Restfeuchte zuvor zu prüfen.

6.4.2 Fließestrich

Der Fließestrich (Anhydridestrich) ist bei gleicher flächenbezogener Masse aus schalltechnischer Sicht dem Zementestrich ebenbürtig. Problematisch ist, daß ein frisch eingebrachter Fließestrich wesentlich mehr ungebundenes Wasser enthält

als ein Zementestrich. Daher ist bei der Planung und Ausführung auf einen ausreichenden Schutz der Trittschalldämmplatten und Holzwerkstoffe vor Feuchtigkeit zu achten.

6.4.3 Gußasphaltestrich

Mit Gußasphaltestrich wird im Holzbau sehr gern gearbeitet, da durch seine stoffliche Zusammensetzung keine Feuchte in das Bauwerk eindringt und er schnell aushärtet bzw. abkühlt. Durch das Abkühlen zieht sich der Gußasphalt geringfügig zusammen, wodurch im Randbereich ein Spalt zur Wand entsteht ("eingebaute Schallbrücken-Freiheit"). Dieser, für die Trittschalldämmung vorteilhafte Spalt, kann bei bestimmten Deckentypen (z.B. offenen Holzbalkendecken) zu Problemen bei der Luftschalldämmung führen [32]. Mit geeigneten Sockelleisten (z.B. mit weichfederndem Anschluß) kann die Randfuge geschlossen und damit die Schalldämmung verbessert werden (siehe z.B. Bbl. 2 der DIN 4109).

Als Thermoplast trägt der Gußasphalt nur bedingt zur Lastverteilung bei. Deshalb sind nur relativ steife Trittschalldämmplatten ($s' > 20 \text{ MN/m}^3$) zulässig. Geeignete Trittschalldämmplatten für Gußasphaltestrich (Mineralfaser-, Holzweichfaser- und Kokosfaserplatten) haben eine dynamische Steifigkeit s' von ca. 20-50 MN/m^3 und eine geringe Zusammendrückbarkeit (Typ TK).

Im Normalfall wird im Wohnungsbau ein Gußasphaltestrich mit einer Nennstärke von 25 bis 30 mm (flächenbezogene Masse 60 - 75 kg/m^2) eingesetzt. Diese flächenbezogene Masse ist kleiner als die von üblichen Zementestrichen. Der schalltechnische Nachteil der geringeren Masse wird z.T. durch die hohe innere Dämpfung kompensiert, die dazu führt, daß ein Teil der Schallenergie bereits in der Estrichplatte vernichtet wird. Mit Gußasphaltestrichen können, je nach eingesetzter Trittschalldämmplatte, Trittschallverbesserungsmaße auf Holzdecken von $AL_{w,H}$ bis zu 16 dB erzielt werden.

Da beim Aushärten von Gußasphaltestrichen keine Zusatzfeuchte anfällt, ist dieser Estrich sehr gut für den Einsatz in der Altbauanierung geeignet. Wegen der hohen inneren Dämpfung und der geringeren Körperschall-Ausbreitung in der Estrichplatte wird dieser Estrich auch bei versetzbaren Trennwänden im Verwaltungs- und Schulhausbau eingesetzt.

6.4.4 Trockenestrich

Unter einem Trockenestrich versteht man schwimmend verlegte Plattenwerkstoffe oder auch Holzdielenböden. Als Platten sind Spanplatten, Gipsbauplatten, OSB oder ähnliche Werkstoffe in einer Dicke von 18 bis 30 mm gebräuchlich. Übliche Plattendicken werden in Tabelle 4 angegeben. Bei anschließendem Verlegen von Fliesen oder Parkett sind größere Plattendicken oder das vollflächige Verkleben zweier Platten (z.B. 2 x 16 mm) vorteilhaft. Fast alle großen Hersteller von Plattenmaterialien bieten Fertigsysteme inklusive Trittschalldämmplatten an. Die resultierenden flächenbezogenen Massen bewegen sich zwischen 10 und 30 kg/m^2 . Wegen der geringen Biegesteifigkeit der Trockenestriche (in der Fläche und/oder in den Nut- und Feder-Verbindungen) müssen relativ steife Trittschalldämmplatten eingesetzt werden ($s' > 16 \text{ MN/ml}$, Typ TK), da der Nutzer bei zu weichen Trittschalldämmplatten das Gefühl des Einsinkens in den Boden hat ("Waldbodeneffekt").

Werden Trockenestriche aus mehreren Lagen großformatiger Platten aufgebaut, die vollflächig verklebt sind (d.h. der Estrich muß ausreichend steif sein), lassen sich weichere Trittschalldämmplatten verwenden als bei den bekannten Fertiglösungen der Industrie.

Aus den bisher genannten Gründen ist ersichtlich, daß ein Trockenestrich ohne Zusatzmaßnahmen keinen befriedigenden Schallschutz bieten kann. Die Schalldämmung bei den hohen Frequenzen ist zwar sehr gut, für die Bewertung maßgebend sind jedoch die Defizite im tieffrequenten

Tabelle 4 Typische Werkstoffplatten mit üblichen Plattendicken zur Verwendung bei Trockenestrichen.

Plattentyp	übliche Plattendicke
Spanplatte V100	22 mm
Gipsbauplatte	25 mm (2 x 12,5 mm)
OSB	18 mm
ZSP	22 mm
Dielenböden ⁸	22 mm

OSB = OSB Verlegeplatte

ZSP = Zementgebundene Verlegespanplatte

Übliche Maße und Ausführungen können auch der Literatur [33] entnommen werden

Bereich. Übliche Trittschallverbesserungsmaße ($AL_{w,H}$) auf Holzdecken bewegen sich zwischen 7 dB und 11 dB. Die Verbesserungsmaße durch einen Trockenestrich in Abhängigkeit von den eingesetzten Trittschalldämmplatten können Abb. 21 und Tabelle 6 entnommen werden. Eine wesentliche Erhöhung der Trittschallminderung kann eine Kombination mit Rohdecken-Beschwerungen (siehe Kap. 6.5) oder als elementierter Trockenestrich (siehe Kap. 6.4.5) erreicht werden. Die Vorteile der Trockenestriche liegen in der leichten Verarbeitung und in der geringen Aufbauhöhe. Ein Argument für die Verwendung von Trockenestrichen bei der Altbausanierung ist die geringe flächenbezogene Masse.

6.4.5 Elementierter Trockenestrich

Unter einem elementierten Aufbau versteht man einen Trockenestrich, unter dessen lastverteilender Schicht eine weitere Ebene aus kleinformatischen Platten (z. B. Betonplatten, zementgebundene Spanplatten oder ähnlich schwere Materialien) angeordnet ist (Abb. 17).

Der Begriff der Elementierung wurde bei Untersuchungen von Veres und Fischer [21] geprägt. In diesem Heft wird der Begriff Elementierung nur bei einer Anordnung der Beschwerung oberhalb der Trittschalldämmplatten verwendet. Nicht zu verwechseln ist dieser Begriff mit der Rohdeckenbeschwerung, welche die Masse der Rohdecke erhöht, während die Elementierung die Masse des Estrichs erhöht.

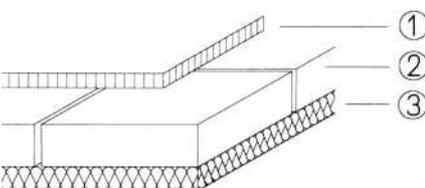


Abb. 17 Elementierung eines Trockenestrichs
 1 Bodenbelag
 2 Elementierter Estrich
 3 Trittschalldämmung

Weiterführende Messungen [22] ergaben folgende Konstruktionsvorgaben:

- Plattengröße einer Elementierung sollte maximal 30 x 30 cm sein,
- Masse der Elementierung sollte größer als die Masse der lastverteilenden Schicht sein,
- Einbringen der Elementierung ohne Verbindung (Kleben, Schrauben) mit der Estrichplatte.

Durch eine solche Konstruktion werden drei, sich positiv auf die Schalldämmung auswirkende Effekte erzielt:

- Die flächenbezogene Masse des Estrichaufbaus wird erhöht.
- Die Biegesteifigkeit des Estrichs wird nicht erhöht.
- Die Weiterleitung von Schall in die Rohdecke ist nicht so stark wie bei unelementierten Estrichen.

Abb. 18 zeigt die Verbesserung der Trittschalldämmung in Abhängigkeit von der Elementierungsgröße. Der Estrich besteht aus einer 22 mm Verlegeplatte und einer darunter angeordneten 40 mm dicken Elementierung. Als Vergleich dient eine Platte mit gleicher Gesamtmasse.

6.4.6 Auslegung der Trittschalldämmplatten

Nicht jede Dämmplatte eignet sich für die Trittschalldämmung unter einem schwimmenden Estrich. Verschiedene Materialien werden in der Praxis mit unterschiedlichem Erfolg verwendet: Holzweichfaser, Mineralfaser, Kokosfaser, Polystyrol (PST) u.a.

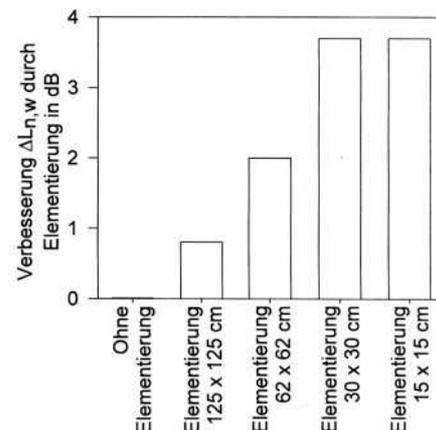


Abb. 18 Verbesserung der Trittschalldämmung (D_1) durch Elementierung bei verschiedenen Plattengrößen nach [22]
 Der nichtelementierte Estrich stellt die Bezugsgröße dar.

Die Dicke in mm wird immer als Zahlenpaar angegeben z.B. 22/20:

- Dicke im unbelasteten Zustand = 22 mm
- Dicke nach einer genormten Belastungsfolge = 20 mm

Dynamische Steifigkeit s'
 Die wichtigste Kenngröße für Trittschalldämmplatten ist die dynamische Steifigkeit s' (s. Kap. 4.4). Diese Größe ist vergleichbar mit der Steifigkeit einer Druckfeder. Je weicher die Dämmplatte, desto kleiner ist s' und desto besser die Trittschalldämmung. Eine geringere Steifigkeit wird auch durch das Verlegen von zwei Lagen Trittschalldämmplatten erreicht (Reihenschaltung von Druckfedern). Die Steifigkeit einer Dämmplatte nimmt umgekehrt proportional mit ihrer Dicke ab.

Für den praktischen Einsatz ist jedoch die Durchbiegung der Estrichplatte zu beachten. Bei zu weichen Dämmplatten gibt es Probleme bei wechselnden Verkehrslasten und bei verschiedenen Bodenbelägen (Fliesen, Parkett, Dielen). Dies gilt insbesondere bei den Trockenestrichen. Deshalb ist ein Übereinanderschichten von mehreren Trittschalldämmplatten zur Erhöhung der Dicke nach DIN 18560 [23] auf maximal zwei Lagen beschränkt. Außerdem darf die maximale Einfederung der Dammstoffe bei Standard-Zementestrichen nicht mehr als 10 mm, bei Gußasphalt- und Heizestrichen maximal 5 mm betragen.

Bei der Wahl geeigneter und zulässiger Dämmplatten ist zu beachten:

- kleine dynamische Steifigkeit s' ,
- zulässige Anzahl der Schichten,
- zulässige Einfederung unter Eigen- und Verkehrslast,
- zulässige Belastung.

Auf die verschiedenen Normen für Trittschalldämmplatten wird ausdrücklich hingewiesen: DIN 18165 [24], DIN 18164 [25]. Es wird ferner empfohlen, die Hinweise der Hersteller zu beachten sowie Prüfzeugnisse anzufordern, insbesondere bei noch nicht erprobten Materialien.

6.5 Beschwerung der Rohdecke

Die Trittschalldämmung einer Holzdecke wird durch eine möglichst schwere, biege- weiche Beschwerung der Rohdecken- Beplankung erhöht. Dadurch werden die verschiedenen schalltechnischen Parame- ter in positiver Richtung verändert:

Gesamtmasse, Resonanzfrequenz des Systems (Rohdecke + Estrichaufbau). Je schwerer desto besser; die zulässige Grenze ist durch die Statik (Eigenlast + Verkehrslast) gegeben.

Zu beachten sind:

- große Masse
- biegeweich
- Statik

In der Praxis haben sich für Beschwerun- gen bewährt:

- Beschwerungen aus Beton- bzw. Gehwegplatten, Kalksandsteinen, Vollziegel
- Schüttungen aus Sand, Kalksplitt, Kies, Barytsand

Die Verbesserungen des bewerteten Norm-Trittschallpegels durch verschiedene Beschwerungen auf unterschiedlichen Rohdeckentypen sind in Abb. 22 (Kap. 7.1.5) dargestellt.

Plattenbeschwerungen:

Plattenbeschwerungen sind nur dann sinnvoll, wenn eine nachhaltige Bedämpf- ung der Rohdecke erfolgt. Dazu müssen die Platten mit einem Klebstoff (Fliesen-, Bitumenkleber o.ä.) auf der oberen Be- plankung befestigt oder in ein dünnes Bett aus Quarzsand (ca. 5 mm) einge- bracht werden. Hier ist auf das Verlegen einer Rieselschutzfolie zu achten. Ein ein- faches Auflegen der Platten auf die Roh- decke ist nicht ausreichend, weil dadurch gegenüber der korrekten Verlegung Verluste bis zu 5 dB auftreten können.

Achtung!

Eine Verlegung auf federnden Schichten - wie Filze oder Parkettunterlagsbahnen - hat sich in der Praxis nicht bewährt und sollte vermieden werden

Betonplatten:

Die Platten müssen als biege- weiche Beschwerung aufgebracht werden und sollten daher möglichst kleinformatig sein. Ein Kompromiß zwischen der Biege- weicheit und dem praktikablen Einbringen der Platten liegt bei einer Plattengröße von ca. 30 x 30 cm. Die Beschwerung mit einer ungeteilten, d.h. raumgroßen Platte, führt zu einem Verlust von bis zu 10 dB im Vergleich zu

einer biege- weichen Beschwerung. Das Schneiden der Betonplatten für Rand- bereiche oder Kanäle (z.B. für Heizungs- rohre) ist nicht erforderlich. Diese Bereiche können mit Sand ausgefüllt werden, wobei auch hier auf ausreichenden Rieselschutz zu achten ist.

Kalksandsteine, Vollziegel, Lehmziegel: Neben den Betonplatten ist auch eine Be- schwerung mit Steinen oder Ziegeln mög- lich. Ausschlaggebend für die Effizienz der Beschwerung ist die Rohdichte des verwendeten Materials. Stehen Steine oder Ziegel mit unterschiedlichen Rohdichten zur Auswahl, so ist die größtmögliche Rohdichte zu wählen, um Aufbauhöhe zu sparen.

Bei allen Plattenbeschwerungen ist zu beachten:

Zur Vermeidung von Feuchteschäden (z.B. das Schüsseln von Trockenestrichen) müs- sen die Plattenbeschwerungen vor dem Einlegen getrocknet werden. Die Rest- feuchte sollte unter 1,8 Massenprozent liegen ⁹.

Schüttungen:

Schüttungen bieten bei gleicher flächen- bezogener Masse höhere Verbesserungen als Plattenbeschwerungen, da durch sie eine zusätzliche Bedämpfung der Schwin- gungen erreicht wird. Dabei ist auf trok- kene Schüttungen zu achten ($u_m < 1,8 \%$, siehe auch Fußnote 9). Außerdem muß die Schüttung verdichtet werden, um einer nachträglichen Setzung des Estrichaufbaus vorzubeugen. Bei allen Konstruktionen ist der Einsatz einer Rie- selschutzfolie erforderlich.

Um ein Wandern der Schüttung durch Begehen des Estrichs zu verhindern, muß das Schüttgut in geeigneter Form gefaßt sein. Hierzu bieten sich folgende Maß- nahmen an:

- Rastergitter aus Latten (Feldgröße ca. 80 x 80 cm),
- Schüttung in Pappwaben (Bezug bei [26])
- Einsatz von Sandmatten (Bezug bei [27])
- Schüttung mittels Latexmilch binden [28]

Achtung: Die oberen Beplankungen von Holzbalkendecken sollten nicht angebohrt werden. Andernfalls können durch das Herausrieseln der Schüttung Hohlräume entstehen, die zu Mulden oder Rissen im Estrich führen. Kabeldurchführungen bei offenen Holzbalkendecken und Brett- stapeldecken sind elastisch zu dichten.

6.6 Gehbeläge

Weichfedernde Gehbeläge:

Teppichbeläge verbessern die Trittschalldämmung. Sie werden in ihrer Wirkung auf Holzbalkendecken aber häufig über- schätzt. Die Wirkungsweise von Tep- pichen besteht darin, das Aufsetzen des menschlichen Fußes (in der Meßtechnik den Aufprall der genormten Hammer- köpfe, s. Kap. 2.2) abzufedern und damit einen Teil der Schallenergie bereits bei der Einleitung in die Decke zu dämmen. Der Effekt von Teppichböden betrifft aber hauptsächlich die hochfrequenten Anre- gungen und ist bei tiefen Frequenzen relativ gering. Gerade bei den tiefen Fre- quenzen ist aber im allgemeinen eine Verbesserung erwünscht.

Weichfedernde Gehbeläge auf Estrich- böden dürfen nach DIN 4109 nicht zum Nachweis der Mindestanforderungen von Wohnungstrenndecken bei Mehrfami- lienhäusern herangezogen werden, da der Fußbodenbelag durch nachfolgende Nutzer ausgewechselt werden kann. Ausnahmen bilden Zweifamilienhäuser und der erhöhte Schallschutz nach Beiblatt 2 der DIN 4109. Hier dürfen weichfedernde Bodenbeläge berücksich- tigt werden (siehe auch Tab.2).

Aus praktischen Gründen wird empfohlen, bei der Planung der Trittschalldämmung die Verbesserung durch weichfedernde Beläge nicht zu berücksichtigen, weil in vielen Wohnungen auf Teilflächen harte Bodenbeläge liegen (Fliesen in Küche, Bad und Eßzimmer sowie Parkett oder Steinbelag in Diele, Flur und Wohnzimmer).

Die realen Trittschallminderungen durch Gehbeläge auf Holzbalkendecken liegen weit unter denen der Massivdecken. Dies zeigt Abb. 19 mit dem Vergleich der Trittschallverbesserungen von Teppichen auf Holzdecken bzw. auf Massivdecken [1].

⁹ Der Feuchtegehalt der Beschwerung läßt sich durch Wiegen einer Platte und anschließendem Trocknen im Backofen bis zur Massekonstanz ermitteln. Ist kein Gewichtsverlust mehr meßbar, so ergibt sich die Feuchte um in Massenprozent aus:

$$u_m = (m_{\text{feucht}} - m_{\text{trocken}}) / m_{\text{trocken}} \times 100 \%$$

Fliesen und andere harte, schwere Beläge

Fliesen sind kraftschlüssig mit dem Estrich verbunden und nehmen daher eine Sonderstellung unter den Gehbelägen ein. Die Erhöhung der Gesamtmasse (Fliesen + Estrich) bewirkt eine leichte Verbesserung der Schalldämmung bei den tiefen Frequenzen. Durch die Erhöhung der Biegesteifigkeit und wegen der besseren Schalleinleitung in den Estrich wird die Schalldämmung bei den hohen Frequenzen allerdings stark verschlechtert. Ob diese Beläge zu einer Verbesserung in der bewerteten Trittschalldämmung (L_{nw}) führen hängt daher vom Kurvenverlauf der Decke ab.

Die Verbesserung der Trittschalldämmung einer Holzbalkendecke (ohne Estrich) allein mittels Gehbelägen ist unzureichend. Der Einsatz von Gehbelägen kann jedoch als Zusatzmaßnahme (zusammen mit Estrich und Rohdeckenbeschwerung) sehr nützlich sein insbesondere wenn die Flankenschallübertragung die Trittschalldämmung der Holzdecke beeinflusst.

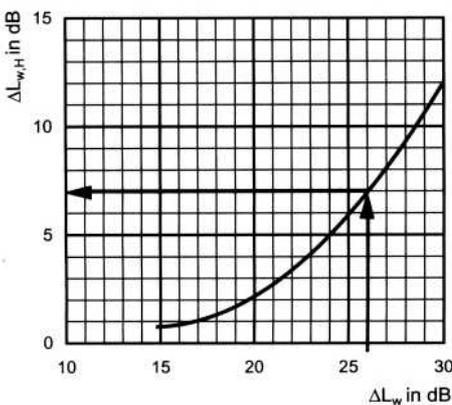


Abb. 19 Verbesserung der Trittschalldämmung durch Teppichbeläge.

Verglichen werden die Trittschallverbesserungsmaße von:
 ALW_{H} eines Teppichs auf Holzbalkendecken mit Estrichaufbau
 AL , eines Teppichs auf Massivdecken aus Beton

Beispiel: Ein Teppich gemessen auf einer Massivdecke besitzt ein Trittschallverbesserungsmaß von $ALW = 26$ dB. Der selbe Teppich erbringt auf einer Holzbalkendecke mit Estrichaufbau nur noch ein $ALW_{H} = 7$ dB.
 nach [1]

6.7 Flankierende Wände im Holzbau

Neueste Erkenntnisse [2] haben gezeigt, daß auch bei der Trittschalldämmung im Holzbau ab einem gewissen Schalldämm-Niveau, die Flankenübertragung eine wesentliche Rolle spielt. Im folgenden werden daher Ansätze zur Reduzierung der Flankenübertragung diskutiert, ohne daß eine konkrete Quantifizierung der Verbesserung der Trittschalldämmung angegeben werden kann.

Die resultierende Trittschalldämmung L'_{nw} am Bau ergibt sich aus der energetischen Addition des direkten Schallflusses durch die Decke und des Schallflusses über die flankierenden Wände (s. Abb. 3). Bei hochschalldämmenden Holzdecken (mit Unterdecke und niedrigen L_{nw} -Werten) wird die resultierende Trittschalldämmung L'_{nw} am Bau hauptsächlich durch die Flankenübertragung bestimmt. Wird in diesem Fall eine weitere Verbesserung der Schalldämmung der Decke gewünscht, so muß hierfür die Schallübertragung über die flankierenden Wände vermindert werden. Dieses Ziel wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

- Entkopplung der raumseitigen Wand-Beplankung
- Entkopplung von Decke und Wand
- Erhöhte Schalldämmung im Estrich
- Schalldämpfung in Bodenbelag und Estrich

Entkopplung der Beplankung der flankierenden Wände

Eine Verminderung der Flankenschallübertragung kann über Maßnahmen an den schallabstrahlenden Wänden erreicht werden. Die Abstrahlung einer doppelt beplankten Wand scheint geringer zu sein, als bei einer einfach beplankten Wand. Auch die Pressung zwischen Ständer und Beplankung (bedingt durch die Befestigungsmittel) hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf die Schallabstrahlung.

Entkopplung von Decke und Wand

Federnde Elemente (z.B. geeignete Elastomere) im Auflager Balken/Wand führen zu einer Entkopplung der Wand von der Decke und damit zu einer verminderten Schalleinleitung in die Wand. Aus statischen Gründen ist diese Konstruktion aber selten möglich. In der Praxis wird von verschiedenen Fertighausfirmen eine Konstruktion einge-

setzt, bei der die Lattung der Unterdecke durch mehrere Räume läuft. Die Decke wird dadurch im Wandanschlußbereich auf die Lattung aufgelagert. Als Nebeneffekt dieser rationelleren Verarbeitung wird eine gewisse Entkopplung von Decke und Wand erreicht, die die Schalleinleitung in die Wand verringert.

Schalldämpfung in Bodenbelag und Estrich

Eine Reduzierung der Flankenschallübertragung wird auch erreicht, wenn die Trittschallenergie bereits in der Decke selbst (d.h. vor dem Eindringen in die flankierenden Wände) vernichtet wird. Wirksame Maßnahmen zur Minderung der Flankenübertragung betreffen daher auch die Vernichtung bzw. Dämmung der Schallenergie in Bodenbelag oder Estrich. Dieses Ziel wird erreicht durch:

- einen weichfedernden Gehbelag (Kap. 6.6),
- einen elementierten Estrich,
- Gußasphaltestrich (nur relativ geringe Verbesserungen).

7 Berechnungsverfahren

Für den Planer und die Ausführenden ist es notwendig, die resultierende Trittschalldämmung einer Decke am Bau bereits im Planungsstadium des Bauvorhabens bestimmen zu können.

Daraus ergibt sich folgende Zielsetzung:

1. Eine Methode zur Berechnung der Dämmung ohne Flankenübertragung, d.h. die Bestimmung des bewerteten Norm-Trittschallpegels eines Deckenaufbaus aus den Tabellenwerten der einzelnen Deckenkomponenten (Rohdecke, Estrich, Unterdecke). Das Ergebnis ist der "reine" Schalldämmwert der Decke ohne Flankenübertragung; er entspricht dem Laborwert.
2. Ein Verfahren zur Berücksichtigung der Flankenübertragung im ausgeführten Holzbau.

Im folgenden wird auf **zwei Berechnungsverfahren** eingegangen:

- Einzahl-Verfahren (siehe Kapitel 7.1) nach [2], ein vereinfachtes Verfahren, das mit den Einzahlangaben ($L_{n,w}$, $L_{n,w,eq,H}$, $\Delta L_{w,H}$, $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$, K) auskommt.
- Das EN-Verfahren (siehe Kapitel 7.2) nach [10] benötigt eine Vielzahl von frequenzabhängigen Parametern. Es kann bisher (1999) nur im Massivbau angewendet werden.

Anmerkung zur Luftschalldämmung:

An dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, daß sich ein eigenständiges Berechnungsverfahren für die Luftschalldämmung von Holzdecken im Holzbau erübrigt, da die Anforderungen für die Schalldämmung $R'_w \geq 54$ dB automatisch erfüllt werden, wenn ein ausreichender Trittschallschutz $L'_{n,w} \leq 53$ dB gewährleistet ist (vgl. Kap. 6.1 und **Abb. 10**).

7.1 Einzahl-Verfahren

Basis des hier vorgeschlagenen Berechnungsverfahrens ist das Modell von Karl Gösele [12]. Das im Massivbau bewährte Konzept von Trittschallverbesserungsmaß ΔL_w und äquivalentem Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq}$ (s. DIN 52210 Teil 4 [7]) wird hierbei auf die Situation im Holzbau übertragen und modifiziert. Das Verfahren hat den großen Vorteil, daß es auf einfache Art mit der Kenntnis von Einzahlangaben auskommt.

Im Vergleich zu dem älteren Berechnungsverfahren von K. Gösele [1], [12] wurden verschiedene Erweiterungen und

Ergänzungen vorgenommen:

- Die Variationsbreite von verschiedenen Rohdecken mit unterschiedlichen Estrichen, Rohdeckenbeschwerungen und Unterdecken wurde erhöht.
- Die Abhängigkeit des Trittschallverbesserungsmaßes $AL_{w,H}$ von der dynamischen Steifigkeit s' der Trittschalldämmplatte wurde in das Rechen-schema eingebunden.
- Die **Wirtschaftlichkeit verschiedener Rohdeckenbeschwerungen für unterschiedliche Rohdeckentypen** wurde berücksichtigt.
- Die Flankenübertragung am Bau wurde durch einen Korrektursummanden K berücksichtigt.

7.1.1 Beschreibung

Zur Berechnung der Trittschalldämmung werden die Maßzahlen von vier Summanden verwendet:

Rohdecke mit Unterdecke, Estrich, Rohdeckenbeschwerung und Flankenübertragung

Die Berechnung des Norm-Trittschallpegels (Laborwert) eines Holzdeckenaufbaus erfolgt nach Gleichung 7 durch die Subtraktion der Einzahlwerte des Estrichaufbaus ($\Delta L_{w,H}$) und gegebenenfalls der Rohdeckenbeschwerung ($\Delta L_{n,w,Beschwerung}$) vom äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel der Rohdecke ($L_{n,w,eq,H}$).

Gleichung 7

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} - \Delta L_{n,w,Beschwerung}$$

Durch die Addition eines Korrektursummandes K zu dem Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ (Laborwert) wird die Flankenschallübertragung am Bau berücksichtigt (siehe Gleichung 8).

Gleichung 8 $L'_{n,w} = L_{n,w} + K$

In diesen Gleichungen sind:

$L'_{n,w}$	der bewertete Norm-Trittschallpegel der geplanten Decke am Bau
$L_{n,w}$	der bewertete Norm-Trittschallpegel der geplanten Decke im Labor
$L_{n,w,eq,H}$	der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel der Rohdecke
$\Delta L_{w,H}$	Verbesserungsmaß durch den Estrich
$\Delta L_{n,w,Beschwerung}$	Verbesserungsmaß durch die Rohdeckenbeschwerung
K	Korrektursummand zur Berücksichtigung der Flankenübertragung

Die vier Summanden werden in den Kapiteln 7.1.3 bis 7.1.6 behandelt.

Für die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels am Bau empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Festlegung der Eingangsdaten:
 - Rohdeckentyp, Typ der Unterdecke (Befestigung mit Federschiene oder Lattung)
 - Art und Gewicht der Rohdeckenbeschwerung
 - Art des Estrichs (dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmplatten)
2. Bestimmung des äquivalenten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,H}$ der Rohdecke aus Tabelle 5 (s. Kap. 7.1.3).
3. Bestimmung des Trittschallverbesserungsmaßes $\Delta L_{w,H}$ des Estrichaufbaus aus **Abb. 21** oder **Tabelle 6** (s. Kap. 7.1.4).
4. Bestimmung der Verbesserung durch die Rohdeckenbeschwerung $\Delta L_{n,w,Beschwerung}$ unter Berücksichtigung der Art der Beschwerung, des Deckentyps und der Unterdecke mit Hilfe von **Abb. 22** (s. Kap. 7.1.5).
5. Berechnung des Labor-Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ nach Gleichung 7
6. Bestimmung des Korrektursummanden K mit Hilfe von **Abb. 23** (s. Kapitel 7.1.6)
7. Berechnung des Norm-Trittschallpegels in der Bausituation $L'_{n,w}$ nach Gleichung 8.

Anwendungsbeispiele für diese Methode finden Sie auf der Umschlagseite dieses handbuches.

7.1.2 Genauigkeit des Verfahrens

Um das Berechnungsverfahren so praktikabel wie möglich zu gestalten, wurden einige Vereinfachungen vorgenommen, die auch Einfluß auf die Genauigkeit des Verfahrens haben. Zum Beispiel:

- Das Trittschallverbesserungsmaß des Estrichs $AL_{w,H}$ wurde auf einer geschlossenen Standard-Holzbalkendecke ermittelt. Ein Abgleich mit anderen Holzdeckentypen (offene Holzbalkendecke, Holzbalkendecke mit Federschiene, Brettstapeldecke) wurde für einen Estrichaufbau durchgeführt. Hieraus wurde für diese Deckentypen ein repräsentativer Mittelwert festgelegt.

- Die Wirksamkeit einer Rohdeckenbeschwerung hängt vom Typ der Rohdecke ab. In Kapitel 7.1.5 erfolgte eine Unterscheidung der wichtigsten Deckentypen, um eine höhere Genauigkeit zu erreichen.

Um die Genauigkeit dieses Verfahrens zu testen, wurden 50 am Bau gemessene Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ mit den berechneten Norm-Trittschallpegeln verglichen. Dieser Vergleich wird in Abb. 20 dargestellt, wobei hier die Differenzen (Messung - Berechnung) aufgetragen wurden. In dieser Darstellung wird unterschieden zwischen:

- Ergebnissen aus 23 Baumessungen, die in die Entwicklung des Berechnungsverfahrens eingeflossen sind, sowie
- Ergebnissen aus 27 Baumessungen, die dafür nicht berücksichtigt wurden. Diese 27 Messpunkte können daher zur Kontrolle des Verfahrens dienen.

Zur Abschätzung der Genauigkeit des Verfahrens wurden die Streuungen der verschiedenen Datenpunkte wie folgt ausgewertet

- Bei 95 % der untersuchten Holzdecken wurde der berechnete Norm-Trittschallpegel bei einer Messung am Bau entweder unterschritten bzw. um nicht mehr als 3 dB überschritten.
- Bei 100 % der untersuchten Holzdecken lag die Differenz zwischen berechnetem und am Bau gemessenen Norm-Trittschallpegel innerhalb eines Bereichs von ± 4 dB.

Hinweis: Bei der Anwendung dieser Berechnungsmethode muß mit Streubreiten in dieser Größenordnung gerechnet werden, d.h. bei der Planung ist eine Unsicherheit von ± 4 dB zu berücksichtigen.

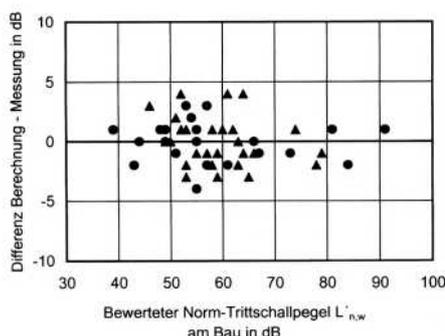


Abb. 20 Differenz zwischen Rechnung und Baumessung bei 50 verschiedenen Deckenaufbauten: $L'_{n,w}$ (Rechnung) - $L'_{n,w}$ (Baumessung) (Berechnung nach 7.1)

- diese Messungen wurden für die Entwicklung des Berechnungsverfahrens verwendet.
- diese Messungen dienen als Kontrolle.

Tabelle 5 Äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ von üblichen Holz-Rohdecken

Schnitt	Konstruktion	$L_{n,w,eq,H}$
1	22 mm Verlegespanplatte oder OSB -Verlegeplatte 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm)	84 dB
2	12 mm Sperrholz, mech. verbunden 28 mm Sichtschalung, Nut und Feder 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm)	82 dB
3	22 mm Verlegespanplatte, verleimt 220 mm Balken (40 x 220 mm; e = 420 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5$ kN s/m ⁴) 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	79 dB
4	22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5$ kN s/m ⁴) 24 mm Lattung (48 x 24 mm; e = 415 mm) 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	74 dB
5	22 mm Verlegespanplatte, mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5$ kN s/m ⁴) 45 mm Lattung (24 x 48 mm, e = 417 mm) mit Federbügel 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	66 dB
6	22 mm Verlegespanplatte mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5$ kN s/m ⁴) 27 mm Federschiene; e = 41,5 cm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	64 dB
7	22 mm Verlegespanplatte mech. verbunden 220 mm Balken (mind. 60 x 220 mm; e = 625 mm) 100 mm Hohlraumdämmung ($r \geq 5$ kN s/m ⁴) 27 mm Federschiene; e = 41,5 cm 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	61 dB
8	120 mm Brettstapeldecke, genagelt	78 dB
9	12 mm Sperrholz, mech. verbunden 120 mm Brettstapeldecke, genagelt	76 dB
10	140 mm Brettstapeldecke, genagelt 45 mm Lattung (24 x 48 mm, e = 417 mm) mit Federbügel 12,5 mm Gipskarton- oder Gipsfaserplatte	71 dB

7.1.3 Rohdeckentabelle

In Tabelle 5 sind die äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ der zur Zeit (1999) verwendeten Rohdeckentypen enthalten.

Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w,eq,H}$ ist eine Hilfsgröße, die zur Berechnung des Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ einer Holzdecke mit Estrich

nach Gleichung 7 benötigt wird. Zur Definition und Bestimmung des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegel siehe Kapitel 2.5 und [2].

7.1.4 Estrichaufbau

Trittschalldämmplatten zum Einsatz unter Naß-, Trocken- und Gußasphaltestrichen sind in großer Vielfalt auf dem Markt. In

der Abb. 21 und in Tabelle 6 sind Ergebnisse aus Untersuchungen an handelsüblichen Produkten dargestellt.

Das Diagramm in Abb. 21 enthält die Trittschallverbesserungsmaße von Zement- und Trockenestrichen auf Mineralfaser-Trittschalldämmplatten, ermittelt auf einer Holzbalkendecke mit einer an Latten befestigten Unterdecke. Das resultierende $AL_{w,H}$ kann in Abhängigkeit von der dynamischen Steifigkeit s' und dem gewählten Estrich abgelesen werden. Zu Definition und Bestimmung des Trittschallverbesserungsmaße $AL_{w,H}$ siehe Kapitel 2.5 und [2].

Estrichaufbauten, die nicht eindeutig in das Diagramm einzuordnen sind, werden in Tabelle 6 aufgelistet.

7.1.5 Rohdeckenbeschwerung

Die Trittschallverbesserung durch Rohdeckenbeschwerungen wurde separat untersucht. Die Flächenmasse der Rohdeckenbeschwerung kann meist frei gewählt werden. Die Verbesserung des $L_{n,w}$ durch eine Rohdeckenbeschwerung wurde in Abhängigkeit vom Gewicht ermittelt und graphisch aufgetragen. Das Resultat ist in Abb. 22 dargestellt. Angegeben wird die Verbesserung der Trittschalldämmung durch Beschwerung als $AL_{n,w} = L_{n,w}$ (ohne Beschwerung) - $L_{n,w}$ (mit Beschwerung).

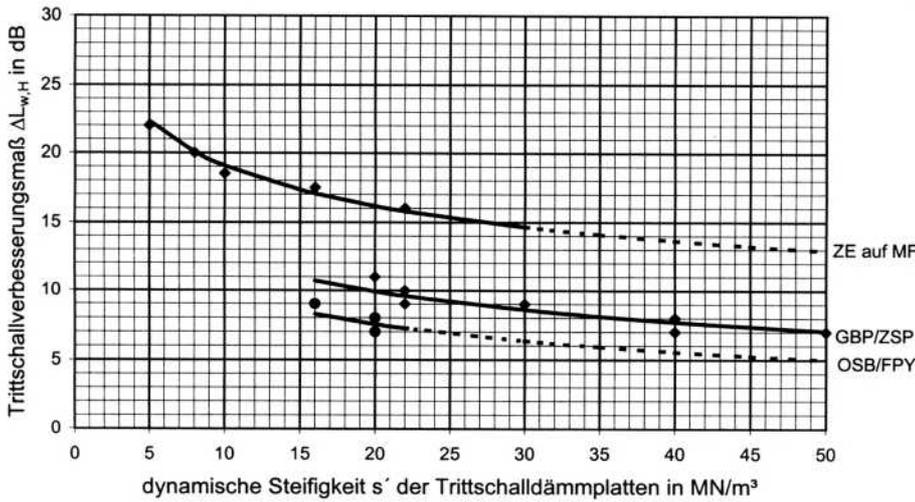


Abb. 21 Verbesserung der Trittschalldämmung durch einen schwimmenden Estrich auf Holzdecken : Trittschallverbesserungsmaß $\Delta L_{w,H}$ für verschiedene Estriche und verschiedene Mineralfaserdämmplatten (beschrieben durch die dynamische Steifigkeit s')

Die Abkürzungen bedeuten:

- ZE auf MF = 50 mm Zementestrich auf Mineralfaserdämmplatte
- ZSP = 22 mm Zementgebundene Verlegespanplatte
- GBP = 25 mm Gipsbauplatte
- OSB = 18 mm OSB Verlegeplatte
- FPY = 22 mm Verlegespanplatte

Auf zwei wichtige Ergebnisse wird hingewiesen:

- Mit einer Schüttung wird bei gleicher Masse eine weit größere Verbesserung erzielt als mit einer Plattenbeschwerung. Die Ursache ist in der geringen Biegesteifigkeit und der inneren Dämpfung der Schüttung zu sehen.
- Mit Plattenbeschwerung wird bei Decken mit sichtbaren Balken eine größere Verbesserung festgestellt als mit Plattenbeschwerung bei geschlossenen Holzbalkendecken. Hieraus können Planungsfehler resultieren, wenn die gleiche Trittschall-Verbesserung sowohl für geschlossene Konstruktionen als auch für Decken mit sichtbaren Balken angesetzt wird.

Schnitt	Estrichaufbau	Trittschallverbesserungsmaß $\Delta L_{w,H}$
	30 mm Gußasphalt 22/20 mm MF-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$)	$\Delta L_{w,H} = 15 \text{ dB}$
	50 mm Zementestrich 22/20 mm PS-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 20 \text{ MN/m}^3$)	$\Delta L_{w,H} = 16 \text{ dB}$
	50 mm Zementestrich 22/20 mm HWF-Trittschalldämmplatte ($s' \leq 30 \text{ MN/m}^3$) System [29]	$\Delta L_{w,H} = 12 \text{ dB}$
	18 mm OSB Verlegeplatte 60 mm Holzweichfaserstreifen dazwischen 60 mm Zelluloseplatten System [30]	$\Delta L_{w,H} \approx 13 \text{ dB}$
	22 mm Dielenboden auf 20 mm Lagerhölzern und 60 mm Holzweichfaserstreifen, dazwischen 40 mm Zelluloseplatten und 40 mm Quarzsand ($m' = 60 \text{ kg/m}^2$) auf Rieselschutzpapier System [30]	$\Delta L_{w,H} \approx 21 \text{ dB}$ inklusive Sandbeschwerung

Tabelle 6 Trittschallverbesserungsmaße verschiedener Estrichaufbauten als Ergänzung zu Abb. 21.

- MF = Mineralfaserdämmplatte
- PS = Polystyrolämmplatte
- HWF = Holzweichfaserdämmplatte

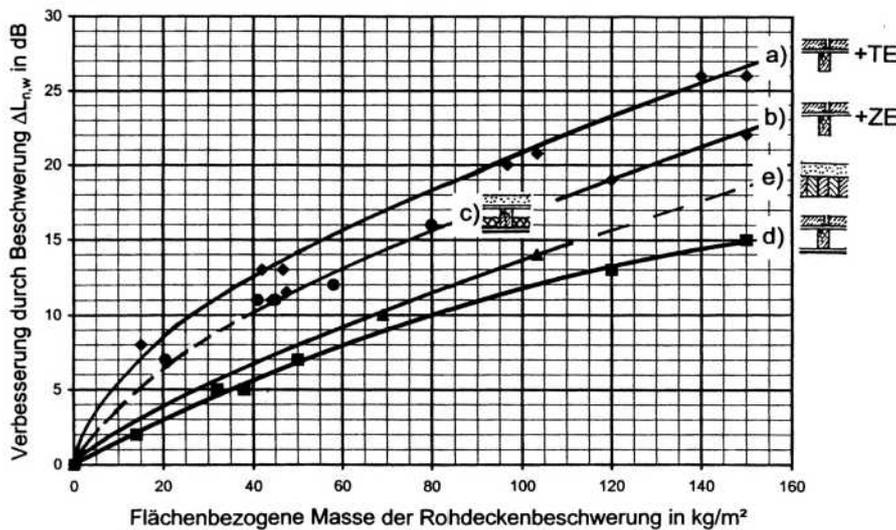


Abb. 22 Verbesserung der Trittschalldämmung ($\Delta L_{n,w}$) durch eine Beschwerung der Rohdecke.

Es wurden verschiedene Arten von Beschwerungen untersucht:

- a) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Trockenestrich
- b) Plattenbeschwerung bei offenen Holzbalkendecken mit Zementestrich
- c) Schüttungen auf Holzbalkendecken mit Unterdecke
- d) Plattenbeschwerung auf Holzbalkendecke mit Unterdecke
- e) Schüttungen auf Brettstapeldecken

Anmerkung 1: Im Bereich der gestrichelten Linie sind die Werte unsicher.

Anmerkung 2: Alle Messungen der Abb. 22 wurden auf Decken mit Estrichen auf Mineralfaserdämmplatten durchgeführt.

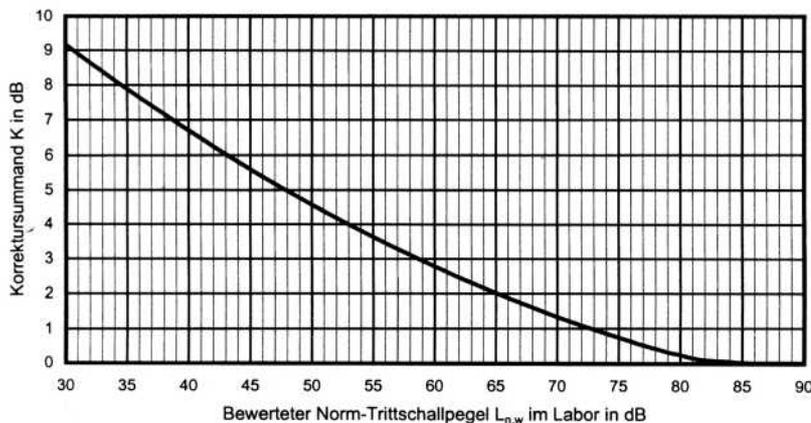
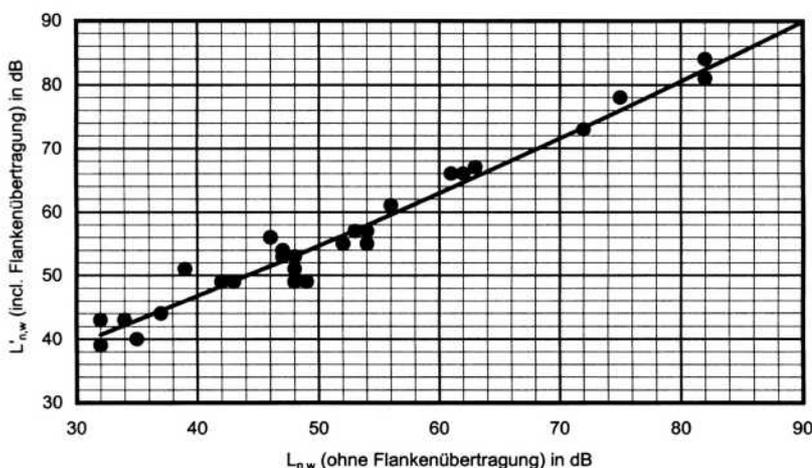


Abb 23 Korrektursummand K zur Berücksichtigung der Flankenübertragung. K ist aufgetragen

als Funktion des Norm-Trittschallpegels $L_{n,w}$ der Decke im Labor (ohne Nebenwege)

$$K = L'_{n,w} (\text{Bau}) - L_{n,w} (\text{Labor})$$

K ist der Korrektursummand in der Gleichung 8



7.1.6 Übertragung auf die Bausituation

Aus den drei beschriebenen Einzelkomponenten - Rohdecke, Estrichaufbau, und Rohdeckenbeschwerung - kann die Trittschalldämmung im Labor (ohne Flankenübertragung) berechnet werden. Der Beitrag des Schallflusses über die flankierenden Wände im Holzbau (Flankenübertragung) wird durch einen Korrektursummanden K berücksichtigt. Der Summand K kann aus Abb. 23 in Abhängigkeit vom Einzahlwert der Decke ohne Flankenübertragung (Laborwert) abgelesen werden.

Der zu erwartende Bauwert kann somit durch eine einfache Addition ermittelt werden, siehe Gleichung B.

7.2 EN-Verfahren

In den europäischen Normungsgremien werden neue Meßvorschriften und Berechnungsverfahren für den Bereich Bauakustik erarbeitet, mit denen die Berechnung von Schalldämmeigenschaften von Bauteilen eine harmonisierte europäische Grundlage erhalten soll. Für die Trittschalldämmung von Decken liegt ein Normentwurf E EN 12354 Teil 2 [10] vor, in dem der Norm-Trittschallpegel frequenzabhängig und unter Berücksichtigung der Flankenübertragung berechnet wird. Das Berechnungsverfahren ist speziell für Massivdecken konzipiert, die Übertragbarkeit auf den Holzbau ist bislang noch nicht gelungen bzw. nachgewiesen. Da dieses Rechenmodell eine Vielzahl von Eingangsparametern erfordert, die derzeit (Stand Januar 1999) noch nicht bekannt sind, erweist sich die Diskussion dieses Berechnungsverfahrens im Rahmen dieser Publikation als nicht sinnvoll.

Abb. 24 Zusammenhang zwischen der Trittschalldämmung von Holzdecken am Bau ($L'_{n,w}$) und im Labor ($L_{n,w}$)

$L_{n,w}$ (Labor) ist das Ergebnis einer Messung im Labor ohne Nebenwege.

8 Kosten-Nutzen-Optimierung

In den vorangegangenen Kapiteln stand die schalltechnische Optimierung von Holzdecken im Mittelpunkt. Es wurden Wege zur Konstruktion von Deckenaufbauten aufgezeigt, mit denen die Anforderungen $L'_{n,w} < 53$ dB (Mindestanforderungen nach DIN 4109) und $L'_{n,w} < 46$ dB (erhöhter Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2) am Bau erfüllt werden können. Selbstverständlich wirken sich die dort beschriebenen Zusatzmaßnahmen zur Verbesserung des Schallschutzes (Rohdeckenbeschwerung, federnd abgehängte Unterdecken etc.) auf die Kosten der Decke aus.

Für den Planer und Anwender stellt sich die Frage, mit welchen Mehrkosten zu rechnen ist. In diesem Kapitel wird erstmals versucht, einen Kosten-Nutzen-Vergleich vorzunehmen. Exakte Kostenvoranschläge für verschiedene Holzdeckenaufbauten können im Rahmen dieser Publikation nicht gemacht werden, da die uns vorliegenden Kostenrechnungen der verschiedenen Holzbaufirmen sehr unterschiedlich sind. Das liegt einerseits daran, daß z.B. die Kosten einer abgehängten Decke von den Firmen unterschiedlich kalkuliert werden. Andererseits beeinflusst die Betriebsform - ob industriell oder handwerklich organisiert - diese Faktoren.

Nicht berücksichtigt sind die folgenden Kosten:

- Kosten für Bauverzug (bei Zementestrich)
- Kostenunterschiede bei Bau- und Werksmontage
- Mehrkosten durch Änderung der vorhandenen Konstruktion
- Mehrkosten durch Änderung der Deckendicke

Im folgenden soll der Nutzen einer einzelnen Verbesserungsmaßnahme den entstehenden Kosten gegenübergestellt werden. Außerdem werden die zu erwartenden Mehrkosten verbesserter Deckenaufbauten gegenüber einem Standardaufbau dokumentiert. Der Wirtschaftlichkeitsvergleich der verschiedenen Maßnahmen soll es dem Planer ermöglichen, bei gegebenen Anforderungen eine bezüglich der Kosten optimierte Decke zu entwerfen.

8.1 Effizienz der Deckenkomponenten

Die Verbesserungsmöglichkeiten einer Holzdecke erstrecken sich, wie bereits genannt, im wesentlichen auf drei Bereiche:

- Estrichaufbau
- Rohdeckenbeschwerung
- Unterdecke

Die schalltechnische Wirkungsweise sowie konstruktive Details der in Betracht kommenden Verbesserungsmaßnahmen wurden in Kapitel 6 beschrieben. In Abb. 25 wird die wirtschaftliche Effizienz dieser Maßnahmen in Prozent dargestellt.

Die Verbesserung der Trittschalldämmung wird wie folgt beschrieben:

- bei Estrichaufbauten durch $AL_{w,H}$ (s. Kap. 7.1.4),
- bei allen anderen Verbesserungsmaßnahmen durch $AL_{n,w}$.

Als Effektivität einer Maßnahme wurde hier das Verhältnis der Trittschall-Verbesserung zu den anfallenden Kosten, d.h. das Verhältnis von $AL_{w,H} / DM$ bzw. $AL_{n,w} / DM$ definiert.

Als besonders effektiv bezüglich Schalldämmung und Kosten erweisen sich

- die Rohdeckenbeschwerungen aus Quarzsand oder Splitt - bei Holzbalken- und Brettstapeldecken
- die an Federschienen montierte Unterdecke - bei den Holzbalkendecken

Da einige Kostenfaktoren bei dieser Analyse nicht berücksichtigt werden konnten, sind in Tabelle 7 die Vor- und Nachteile der einzelnen Verbesserungsmaßnahmen ohne Quantifizierung der Mehrkosten zusammengestellt.

8.2 Optimierung von Deckenaufbauten

Sowohl für den Bauherrn als auch für den Planer und Ausführenden ist der vertraglich vereinbarte Schallschutz bindend. Diesen Schallschutzwerten liegen in der Regel die verschiedenen Anforderungsniveaus nach DIN 4109 und Bbl. 2 DIN 4109 zugrunde:

- Vorschläge für den Schallschutz innerhalb des eigenen Wohn- oder Arbeitsbereichs nach Bbl. 2 DIN 4109: $L'_{n,w} < 56$ dB,
- Mindestanforderungen an Trenndecken nach DIN 4109: $L'_{n,w} < 53$ dB,
- Vorschläge für erhöhten Schallschutz nach Bbl. 2 DIN 4109: $L'_{n,w} < 46$ dB.

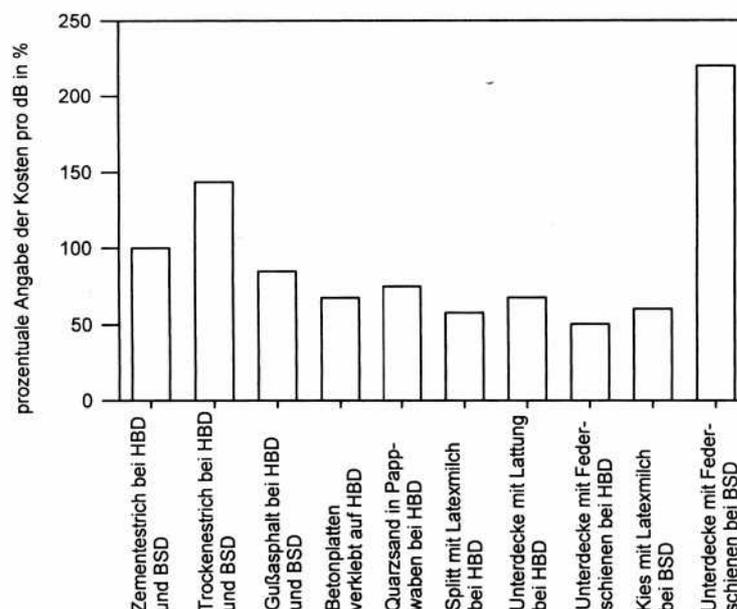


Abb. 25 Die Abbildung zeigt die Kosten-Nutzen-Relation von verschiedenen Verbesserungsmaßnahmen in Prozent

Die Bezugsgröße ist die Kosten zu Nutzen Relation eines Zementestrichs (50 mm dick auf Mineralfaser 35/30 mm) - sie wurde gleich 100% gesetzt.
HBD = Holzbalkendecke
BSD = Brettstapeldecke

In Abb. 26 werden die Mehrkosten für den Standardaufbau (Mindestanforderungen) bzw. die gehobene Ansprüche (erhöhter Schallschutz) dargestellt.

Die Grundkonstruktion ist eine Holzbalkendecke mit folgenden Bestandteilen:

- Zementestrich 100 kg/m² auf Mineralfaser 35/30
- Rohdecke (Balken, Rohdeckenbeplankung)
- Hohlraumdämmung
- Gipsbauplatte an Latten befestigt

Diese Decke hat eine Trittschalldämmung von ca. $L'_{n,w} \leq 56$ dB am Bau (geeignet für Einfamilienhäuser); die Kosten dieser Decke entsprechen 100 %.

Wird bei dieser Decke die Lattung durch Federschienen ersetzt, so werden bereits die Anforderungen an Trenndecken ($L'_{n,w} < 53$ dB) erreicht. Die prozentualen Mehrkosten betragen ca. 9%.

Durch zusätzliches Einbringen einer Rohdeckenbeschwerung lassen sich bei einem Aufpreis von ca. 29% auch die Empfehlungen für den erhöhten Schallschutz nach DIN 4109 Bbl. 2 [4] erreichen. (Beachte: Diese Aussage darf nicht verallgemeinert werden, s. Kap. 8.1).

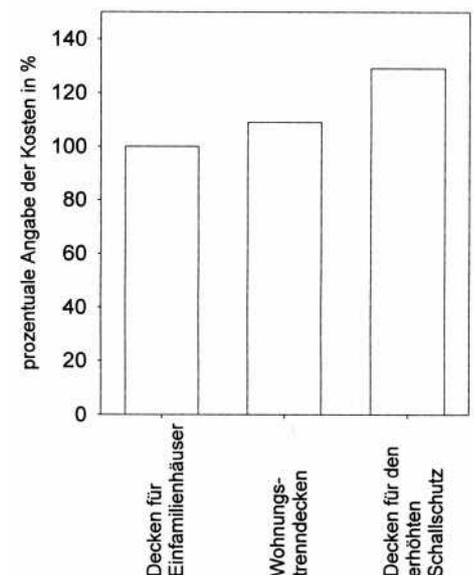


Abb. 26 Was kostet die Verbesserung von $L'_{n,w} = 56$ dB \Rightarrow 53 dB \Rightarrow 46 dB
 $L'_{n,w} \leq 56$ dB. Empfehlung für Decken in Einfamilienhäusern (Kosten für diese Decke = 100% gesetzt)
 $L'_{n,w} \leq 53$ dB Mindestanforderung an Wohnungstrenndecken
 $L'_{n,w} \leq 46$ dB erhöhte Anforderungen für Trenndecken

Tabelle 7 Vor- und Nachteile der einzelnen Verbesserungsmaßnahmen

Konstruktions-Details	Vorteile	Nachteile	Siehe Kapitel
Gehbelagaufbau			
Teppich	kann je nach Art des Teppichs und des Deckenaufbaus hohe Trittschallminderung bewirken	darf für den Standard-Schallschutz nach DIN 4109 nicht angesetzt werden	6.6
Fliesen	geringe Verbesserungen in den tiefen Frequenzen	starke Verschlechterung in den hohen Frequenzen	6.6
Schwimmender Estrichaufbau			
Zementestrich auf Trittschalldämmplatte	große Trittschallminderung, kostengünstig	Baufeuchte durch Zementestrich, benötigt Zeit zum Abbinden	6.4.1
Trockenestrich auf Trittschalldämmplatte	geringe Aufbauhöhen, keine Baufeuchte, Einbau durch Bauherrn möglich	relativ geringe Trittschallminderungen	6.4.4
Gußasphalt auf Mineralfaser-Dämmplatte	keine Baufeuchte, sehr kurze "Abbindezeit", geringere Aufbauhöhen als beim Zementestrich möglich	teuer, Gußasphalt neigt zum kalten Fluß, daher nur relativ steife Trittschallplatten mit geringer Trittschallminderung einsetzbar	6.4.3
Rohdecken- Beschwerung			
Plattenbeschwerung	eventuell im Werk vorfertigbar	hohe Materialkosten, müssen verklebt oder in Sandbett verlegt werden, damit Beschwerungeffekt voll zur Geltung kommt, Beschwerung erhöht Estrichaufbau	6.5
Schüttung	einfach einzubringen, höhere Trittschallminderungen als vergleichbar schwere Plattenbeschwerungen	bei unsachgemäßer Einbringung kann Sand rieseln - "Altbau-Flair", Beschwerung erhöht Estrichaufbau	6.5
Deckentyp			
Holzbalkendecke	kostengünstige Fertigung, Holzbalkendecke kann aus optischen Gründen ohne Unterdecke eingebaut werden	ohne Unterdecke schlechtere Schalldämmung, große Bauhöhe	6.2
Brettstapeldecke	geringe Einbauhöhe, Brettstapeldecke kann aus optischen Gründen ohne Unterdecke eingebaut werden	ohne Unterdecke schlechtere Schalldämmung, Quell- und Schwindverhalten problematisch, Verbesserung durch zusätzliche Unterdecke relativ gering	6.2
Unterdecke			
Unterdecke an Lattung	werkseitig vorfertigbar, GKB und Lattung lassen sich rationell mittels Klammern befestigen, kostengünstig	geringe Entkopplung der Unterdecke	6.3
Unterdecke an geschlitzter Lattung [20]	werkseitig vorfertigbar	Konstruktion noch nicht marktreif, Verlust von Raumhöhe durch 6 cm hohe Konstruktion	6.3
Unterdecke an Federschiene	große Trittschall-Verbesserung, im Vergleich zur Lattung kein Verlust an Raumhöhe	schwer werkseitig vorfertigbar, Montage nur mit Schrauben möglich	6.3
Unterdecke biegeweich montiert [19]	werkseitig vorfertigbar, rationelle Montage mit Klammern, im Vergleich zur Lattung kein Verlust an Raumhöhe	Konstruktion noch nicht marktreif, Brandschutzanforderungen noch nicht überprüft	6.3

9 Vorschläge für erprobte Deckenaufbauten unter Berücksichtigung der Nebenwege im Holzbau

In Anlehnung bzw. Fortführung der Beispielsammlung aus dem Beiblatt 1 DIN 4109 [4] werden in **Tabelle 8** am Bau überprüfte - bzw. im Labor gemessene und nach Kapitel 7 auf die Bausituation umgerechnete - Deckenaufbauten vorgestellt, die verschiedenen Anforderungsniveaus genügen:

- Deckenaufbauten für Einfamilienhäuser - Empfehlung für normalen Schallschutz nach Bbl. 2 der DIN 4109, $L'_{n,w} \leq 56$ dB, $R'_w \geq 50$ dB
- Deckenaufbauten für Mehrfamilienhäuser – Mindestanforderung $L'_{n,w} \leq 53$ dB, $R'_w \geq 54$ dB
- Deckenaufbauten für Mehrfamilienhäuser – Vorschläge für den erhöhten Schallschutz nach Bbl. 2 der DIN 4109, $L'_{n,w} \leq 46$ dB, $R'_w \geq 55$ dB

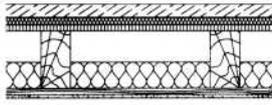
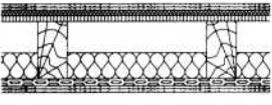
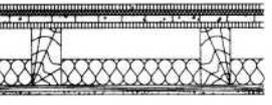
Zur Berücksichtigung von Materialschwankungen und unterschiedlichen Raumgeometrien ist bei den Angaben der Norm-Trittschallpegel, analog zur Situation bei Massivdecken im Massivbau, ein "Vorhaltemaß" eingerechnet, das bei den am Bau überprüften Decken 2 dB und bei den nach Kapitel 7 auf die Bausituation umgerechneten Decken 4 dB beträgt.

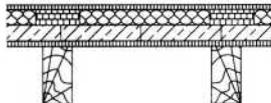
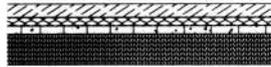
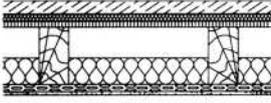
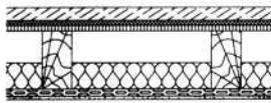
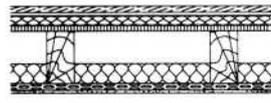
Bezüglich der Luftschalldämmung von Holzdecken im Holzbau wird nochmals auf Kapitel 6.1 verwiesen. Die in Tabelle 8 angegebenen Schalldämm-Maße R'_w sind Mindestwerte, die im Holzbau sicher erzielt werden. Der exakte Wert hängt von der konkreten Bausituation ab, d.h. von der Schall-Längsleitung über die flankierenden Wände.

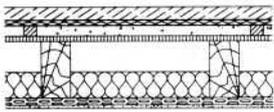
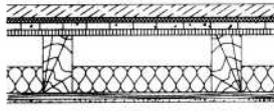
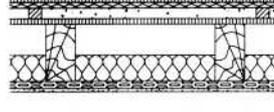
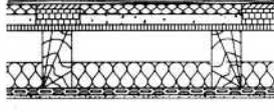
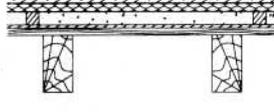
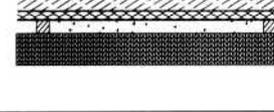
Beim Einsatz der Decken in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie bei Decken, die den Vorschlägen für den erhöhten Schallschutz entsprechen dürfen auch

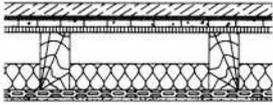
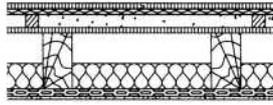
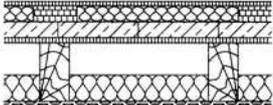
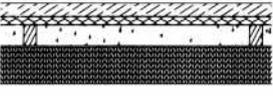
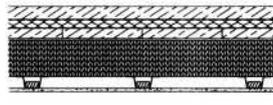
weichfedernde Bodenbeläge angerechnet werden. Eine näherungsweise Einrechnung der Trittschallverbesserung von Bodenbelägen kann mit Hilfe von Abb. 19 (s. Kap. 6.6) erfolgen, wenn das Trittschallverbesserungsmaß des Bodenbelags auf Massivdecken AL_w bekannt ist. Falls Teilbereiche der Wohnung (Küche, Esszimmer) mit harten Gehbelägen (Fliesen, Parkett) ausgelegt sind, dürfen weichfedernde Gehbeläge nicht mit berücksichtigt werden.

Tabelle 8 Ausführungsbeispiele für geprüfte Deckenkonstruktionen

Empfehlungen für Deckenaufbauten in Einfamilienhäusern ($L'_{n,w} \leq 56$ dB; $R'_w \geq 50$ dB)					
Schnitt	Konstruktion	$L'_{n,w}$	R'_w	Dicke	Kosten in %
Nr. 1 	50 mm Zementestrich ($m' \approx 115$ kg/m ²) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5$ MN/m ³ ; Typ T) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 24 mm Lattung ^③ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	56 dB	> 50 dB	35,9 cm	100 %
Nr. 2 	25 mm GKB ($m' \approx 25$ kg/m ²) ^⑥ 22/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 22$ MN/m ³ ; Typ: TK) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	56 dB	> 50 dB	33,9 cm	131 %
Nr. 3 	22 mm Zementgebundene Spanplatte ($m' \approx 27,5$ kg/m ²) 23/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 20$ MN/m ³ ; Typ: TK) 30 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m' \approx 45$ kg/m ²) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 24 mm Lattung ^③ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	56 dB	> 50 dB	35,1 cm	141 %

Empfehlungen für Deckenaufbauten in Einfamilienhäusern ($L'_{n,w} \leq 56$ dB; $R'_w \geq 50$ dB)						
Schnitt	Konstruktion	$L'_{n,w}$	R'_w	Dicke	Kosten in %	
Nr. 4 	50 mm Zementestrich ($m' \approx 115$ kg/m ²) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5$ MN/m ³ ; Typ T) 30 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m' \approx 45$ kg/m ²) 12 mm Sperrholz 28 mm Sichtschalung, Nut und Feder 220 mm Balken ^①	55 dB	> 50 dB	37,0 cm	113 %	
Nr. 5 	18 mm OSB-Verlegeplatte 60 mm Zelluloseplatten zwischen Holzweibfaserstreifen ^⑧ 60 mm Betonplatten ^⑩ (30 x 30 x 6 cm, $m' = 150$ kg/m ²) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^①	56 dB	> 50 dB	38,0 cm	141 %	
Nr. 6 	50 mm Zementestrich ($m' \approx 115$ kg/m ²) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5$ MN/m ³ ; Typ T) 30 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m' \approx 45$ kg/m ²) Rieselschutzpapier 120 mm Brettstapeldecke, genagelt	56 dB	> 50 dB	23,0 cm	135 %	
Nr. 7 	50 mm Zementestrich ($m' \approx 115$ kg/m ²) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5$ MN/m ³ ; Typ T) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	50 dB	> 54 dB	36,2 cm	109 %	
Nr. 8 	50 mm Zementestrich ($m' \approx 115$ kg/m ²) 25/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 8$ MN/m ³ ; Typ T) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	52 dB	> 54 dB	35,2 cm	107 %	
Nr. 9 	25 mm Gußasphalt auf Rippenpappe 13 mm Abdeckplatte 40/38 mm MF-Trittschalldämmplatte ^② ($s' \leq 30$ MN/m ³ ; Typ TK) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	53 dB	> 54 dB	34,8 cm	118 %	

Empfehlungen für Deckenaufbauten in Einfamilienhäusern ($L'_{n,w} \leq 56$ dB; $R'_w \geq 50$ dB)						
Schnitt	Konstruktion	$L'_{n,w}$	R'_w	Dicke	Kosten in %	
Nr. 10 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 22/20 mm HWF-Trittschalldämmplatten ^② 40 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 60 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	50 dB	> 54 dB	39,2 cm	137 %	
Nr. 11 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 25/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 30 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 45 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 24 mm Lattung ^③ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	53 dB	> 54 dB	37,9 cm	121 %	
Nr. 12 	22 mm Verlegespanplatte 23/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 20 \text{ MN/m}^3$; Typ TK) 40 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 60 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	53 dB	> 54 dB	36,4 cm	135 %	
Nr. 13 	22 mm Dielenboden 20 mm Lagerholz 60 mm Holzweichfaserstreifen ^⑧ dazwischen: 40 mm Zelluloseplatten und 40 mm Quarzsand ($m = 60 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^② 27 mm Federschiene ^④ 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	53 dB	> 54 dB	38,4 cm	143 % (ohne Dielen)	
Nr. 14 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 50 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 75 \text{ kg/m}^2$) Sperrholz 28 mm Sichtschalung, Nut und Feder 220 mm Balken	53 dB	> 54 dB	39,0 cm	121 %	
Nr. 15 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 50 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 75 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 120 mm Brettstapeldecke, genagelt	51 dB	> 54 dB	26,2 cm	143 %	
Nr. 16 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 40 mm Betonplatten ^⑥ (30 x 30 x 4 cm, $m' = 100 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 140 mm Brettstapeldecke, genagelt	52 dB	> 54 dB	26,0 cm	154 %	

Empfehlungen für Deckenaufbauten in Einfamilienhäusern ($L'_{n,w} \leq 56$ dB; $R'_w \geq 50$ dB)					
Schnitt	Konstruktion	$L'_{n,w}$	R'_w	Dicke	Kosten in %
Nr. 17 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 20/15 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 10 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 30 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 44 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^③ 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	44 dB	> 55 dB	37,7	129 %
Nr. 18 	22 mm Zementgebundene Spanplatte 23/20 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 20 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 50 mm trockene Schüttung ^⑦ ($m = 75 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^③ 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	46 dB	> 55 dB	37,4 cm	154 %
Nr. 19 	18 mm OSB-Verlegeplatte 60 mm Zelluloseplatten zwischen Holzweichfaserstreifen ^⑧ 60 mm Betonplatten ^④ (30 x30 x 6 cm, $m' = 150 \text{ kg/m}^2$) 22 mm Verlegespanplatte 220 mm Balken ^① 100 mm Hohlraumdämmung ^③ 27 mm Federschiene 12,5 mm Gipskartonplatte ^⑤	46 dB	> 55 dB	42,0 cm	159 %
Nr. 20 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 80 mm getrockneter Kies ^⑦ ($m = 144 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutz 140 mm Brettstapeldecke, genagelt	46 dB	> 55 dB	30,0 cm	161 %
Nr. 21 	50 mm Zementestrich ($m = 115 \text{ kg/m}^2$) 35/30 mm MF-Trittschalldämmplatten ^② ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^3$; Typ T) 60 mm Betonplatten ^④ (30 x30 x 6 cm, $m' = 150 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutz 140 mm Brettstapeldecke, genagelt 45 mm Lattung (24x48 mm) mit Federbügel; Achsabstand $e \geq 41,5$ cm 12,5 mm Gipskartonplatten ^⑤	44 dB	> 55 dB	33,8 cm	169 %

- ① Tragendes Bauteil, Dimensionierung nach Statik:
 - Balken aus Vollholz oder Brettschichtholz; Mindestabmessungen 60 x 200 mm; Achsabstand $e \geq 62,5$ cm
 - Brettstapelelemente; Mindestdicke 120 mm; Brettbreite 30 – 60 mm; genagelt
- ② Faserdämmstoff nach DIN 18 165
 - Mineralfaser Trittschalldämmplatte; der angegebenen dynamischen Steifigkeit s' ; Typ T: für Zementestrich; Typ TK: für Trockenestrich und Gußasphalt
 - Hohlraumdämmstoff aus Mineralwolle, Zelluloseplatten, Baumwoll- oder Schafwollmatten; längenbezogener Strömungswiderstand $r \geq 5 \text{ kN s/m}^4$
- ③ Lattung 24 x 48 mm; Achsabstand $e \geq 41,5$ cm
- ④ Knauf-Federschiene 27 x 60 mm; Achsabstand $e \geq 41,5$ cm
- ⑤ Gipskartonplatte nach DIN 18 180; alternativ auch 10 mm Gipsfaserplatte
- ⑥ Trockenestrichelemente aus Gipskartonplatten, alternativ auch aus Gipsfaserplatten
- ⑦ Schüttgut mit Rohdichte $\rho \geq 1500 \text{ kg/m}^3$; Restfeuchte $\leq 1,8$ %; mit Schutz gegen Verrutschen

- Beispiele: - geglähter Quarzsand in Pappwaben (Waben 30 mm Bezug bei [26])
 - geglähter Quarzsand in Lattengitter (Lattenabmessung nach Schütthöhe); Feldgröße ca. 80 x 80 cm
 - Sandmatten (Höhe pro Matte 17 mm; Bezug bei [27])
 - getrockneter Splitt mit Latexmilch gebunden (System [28])
 durch den Einsatz von trockenem Kies ($r = 1800 \text{ kg/m}^3$) oder Barytsand ($r = 2600 \text{ kg/m}^3$) kann die Schütthöhe entsprechend reduziert werden.
- ⑧ Betonplatten mit Rohdichte $\rho \geq 2500 \text{ kg/m}^3$; Restfeuchte $\leq 1,8$ %; auf Rohdecke verklebt oder in Sandbett gelagert; alternativ sind auch KS-Steine, Vollziegel oder Lehmziegel möglich (die benötigte Höhe resultiert aus der jeweiligen Rohdichte)
- ⑨ Trockenestrichsysteme [30]
- ⑩ gewalkte Holzweichfaser Trittschalldämmplatte [29]

10 Altbausanierung

Die Sanierung von Holzbalkendecken in Altbauten hat in den letzten Jahren, vor allem in den neuen Bundesländern, stark an Bedeutung gewonnen. In diesem Kapitel werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Schalldämmung aufgezeigt, die die besonderen Rahmenbedingungen des Altbaus berücksichtigen. Die Maßnahmen beziehen sich sowohl auf Trenndecken zwischen Vollgeschossen als auch auf Decken unter auszubauenden Dachgeschossen.

10.1 Grundsätzliche Anmerkungen zur Sanierung von alten Holzbalkendecken

Bei der Planung der Sanierungsmaßnahmen sind die konkrete Bausituation und Konstruktion zu berücksichtigen, d.h. unter anderem:

- Statik
- Kosten
- Raumhöhe
- Zustand der vorhandenen Deckenbalken
- Höhe Oberkante Fußboden
- Niveau der Türstöcke
- Denkmalpflege

Die typischen Merkmale einer alten Holzbalkendecke sind die großen Balkenquerschnitte und die Schüttung im Einschub (Abb. 27).

Holzbalkendecken in Sanierungsobjekten mit unterschiedlichen Materialien im Einschub zeigen in der Regel ein schalltechnisch ähnliches Verhalten, da die Schallübertragung hauptsächlich über die Holzbalken und nicht durch den Deckenhohlraum erfolgt.

Die flankierenden Wände sind meist als massives Mauerwerk mit hoher flächenbezogener Masse oder als Fachwerk ausgeführt. Häufig haben sich durch Setzungs-

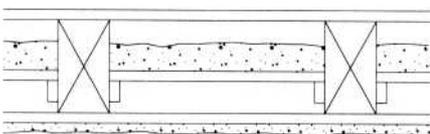


Abb. 27 Aufbau einer typischen Holzbalkendecke im Altbau:

- 24 - 28 mm Dielenfußboden
- 12/20 bis 18/24 cm Holzbalken, Rastermaß 80 bis 100 cm;
- 7 bis 10 cm Schüttung (Sand, Asche, Schlacke o.ä.) auf Einschub
- Unterdecke aus Rohrputz auf Sparschalung

erscheinungen des Gebäudes Niveauunterschiede ergeben, die bei der Sanierung der Decken auszugleichen sind.

10.2 Schall-Längsleitung in alten Bauten

Bei der Verbesserung der Luft- und Trittschalldämmung alter Holzbalkendecken ist der Schallfluß über flankierende Wände besonders zu beachten. Hier ist zu unterscheiden:

- Übertragung des Luftschalls über die flankierenden Wände und
- Trittschallübertragung durch Einleitung der Schwingungen über die Deckenbalken in die Wände.

10.2.1 Schall-Längsleitung beim Luftschallschutz

Im Gegensatz zum Holzbau ist bei der Altbausanierung (Altbau mit massiven, bzw. Fachwerkwänden) auch die Luftschallübertragung zu berücksichtigen. Die maximal erreichbare Luftschalldämmung zwischen den Stockwerken wird bei beiden Bauweisen durch die Schall-Längsleitung über die Wände, d.h. durch ihre Ausführung, bestimmt. Während die Wände im Holzbau durch die Decke unterbrochen werden, ist dies im Altbau nicht der Fall. Über die mit Holzbalkendecken in den verschiedenen Einbausituationen erreichbaren Schalldämm-Maße $R'_{w,max}$ gibt Abb. 28 Auskunft.

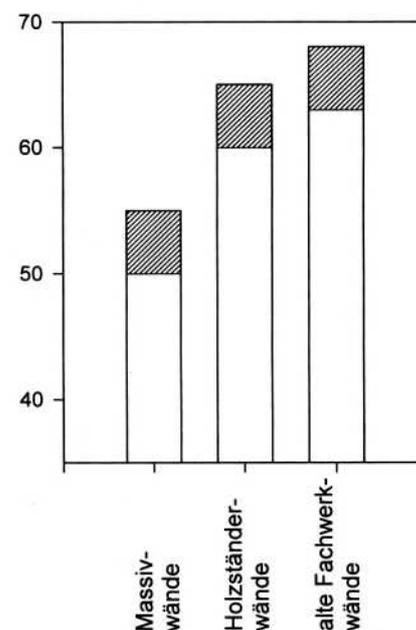


Abb. 28 Maximal erreichbares Schalldämm-Maß $R'_{w,max}$ von Holzdecken für verschiedene Einbausituationen in Häusern mit Massivwänden
Holzständerwände
Fachwerkwände
Angaben nach [1] mit Modifikationen

Massive Wände

Die oft ungenügende Schall-Längsdämmung massiver Wände wirkt sich auch auf das Gesamtsystem Holzbalkendecke-Wände negativ aus. Dies kann durch Vorsatzschalen vor den Wänden behoben werden - zum Beispiel durch Vorsatzschalen aus Gipskartonplatten an Ständerwänden mit ca. 60 mm dicker Hohlraumdämmung aus Mineralfasermatten, Holzweichfaser- oder Zelluloseplatten o.ä. (längenbezogener Strömungswiderstand $r >_5 \text{ kN} \cdot \text{s/m}^2$, siehe auch Kapitel 4.6). Es ist im allgemeinen ausreichend, diese Maßnahme nur in jedem zweiten Geschoß durchzuführen bzw. in dem zu sanierenden Stockwerk.

Fachwerk

Alte Fachwerkwände verhalten sich im Vergleich zu den massiven Wänden wesentlich günstiger (maximale Schalldämmung zwischen 65 dB und 68 dB möglich), was nach [1] auf die besondere Ausfachung mit Bruchsteinen und Strohlehm zurückzuführen ist (Abb. 28).

10.2.2 Schall-Längsleitung beim Trittschallschutz

Die Flankenübertragung bei Trittschallanregung ist im Altbau weniger kritisch als die Luftschallübertragung. Wegen der hohen Masse der flankierenden Wände ist die Schalleinleitung von der leichten Holzbalkendecke in die Wand relativ gering.

10.3 Verbesserung alter Holzbalkendecken

Eine Verbesserung von Altbaudecken erfolgt am wirtschaftlichsten, wenn die Rohdecke als solche unverändert bleibt. So besteht die Möglichkeit, die Decke oberhalb des vorhandenen Dielenbodens oder an der Unterdecke zu verbessern. Welche Maßnahmen getroffen werden, hängt von den in Kapitel 10.1 beschriebenen Umständen ab. Der Austausch der Schüttung im Deckenhohlraum gegen einen Dämmstoff ist aus Kostengründen nicht sinnvoll, da keine nennenswerte Verbesserung zu erwarten ist. Ein Austausch ist nur dann effizient, wenn die geplanten Sanierungsmaßnahmen an der vorhandenen Decken-Statik scheitern sollten. Bei alten Holzbalkendecken im auszubauenden Dachgeschoß sind häufig auch Maßnahmen an der Rohdecke selbst notwendig, wie das Einbringen von Hohlraumdämmung oder eines Blindbodens mit Schüttung. Beide Maßnahmen sind bei starr angebundener Unterdecke schalltechnisch gleichwertig.

10.3.1 Unterseitige Bekleidung

Eine zusätzliche, abgehängte Unterdecke bietet sich in all den Fällen an, in denen die Schall-Längsleitung über flankierende Wände gering und eine Reduzierung der Raumhöhe zulässig ist. Die Unterdecke wird z.B. über eine abgehängte U-Schiene an der alten Holzbalkendecke montiert. Wichtig: Die Unterdecke muß federnd, mit einem größtmöglichen Abstand von der alten Decke aufgehängt werden. Die nach Gleichung 5 berechnete Resonanzfrequenz zwischen vorhandener Unterdecke $m'1$ und der neuen Unterdecke $m'2$ sollte wesentlich unter 100 Hz liegen. Der Luftzwischenraum ist mit Hohlraumdämmstoff (längenbezogener Strömungswiderstand $r > 5 \text{ kN}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) zu füllen. Die Verbesserung durch die abgehängte Decke gegenüber dem ursprünglichen Zustand liegt zwischen 10 dB und 20 dB. Die Größe der Verbesserung hängt ab von der Art der Abhängung und vom Abstand der neuen Unterdecke zur alten Decke.

10.3.2 Verbesserungen am Fußboden

Kommt als Verbesserungsmaßnahme eine unterseitige Deckenabhängung nicht in Frage, muß man eine Erhöhung der Trittschalldämmung durch Optimierung des Fußbodenaufbaus erreichen (vgl. Kap. 6.4). Je nach Konstruktion der Altbaudecke bieten sich hierzu an:

- Zementestrich
- Gußasphaltestrich
- Trockenestrich

Der Gußasphaltestrich bietet eine geringere Aufbauhöhe sowie kürzere Aushärtezeiten und keine Belastung des Baukörpers durch Baufeuchte. Die höheren Trittschallverbesserungsmaße lassen sich jedoch mit Zementestrich erreichen.

Ein Beispiel für die Bausanierung mit Gußasphaltestrich zeigt Abb. 29.

Alternativ bietet sich das Einbringen eines Zementestrichs auf Schwalbenschwanz-Metallprofilen an, die direkt auf den Balken mit dazwischenliegenden Mineralfaserstreifen aufgelagert werden. Das Trittschallverbesserungsmaß ist etwas geringer als bei der Einbringung des Zementestrichs auf eine vollflächige Dämmung, da die Mineralfaserstreifen aus Stabilitätsgründen eine höhere dynamische Steifigkeit besitzen müssen. Deshalb bietet sich diese Lösung vor allem dann an, wenn die Rohdeckenbeplankung entfernt oder Aufbauhöhe eingespart werden muß.

Ist die zur Verfügung stehende Aufbau-

höhe für einen Zement- oder Gußasphaltestrich nicht ausreichend groß oder wird die statische Belastbarkeit der Rohdecke durch den Estrichaufbau überschritten, so kann ein Trockenestrich als Kompromiß gewählt werden. Die Verbesserung der Trittschalldämmung ist hier wesentlich geringer, weshalb zusätzliche Verbesserungen durch o.g. Maßnahmen an der Unterdecke notwendig sind. Geeignete Trockenestriche werden in Kapitel 6.4.4 beschrieben.

Sind Fliesen als Gehbelag vorgesehen, so ist eine minimale Aufbauhöhe durch das Verlegen von Fliesenträgern direkt auf der zu sanierenden (ebenen) Rohdecke erreichbar. Diese Trägerplatten - aus kunstharzgebundenen Polyesterfaserplatten, Korkplatten oder Gummischrotmatten - wurden speziell für diese Verwendung entwickelt und erreichen in Verbindung mit Fliesen Trittschallverbesserungsmaße, die mit den Werten von üblichen Trockenestrichaufbauten vergleichbar sind. Beispielsweise ergibt sich durch den Einsatz von Polyesterplatten mit handelsüblichen Steinzeugfliesen ein Trittschallverbesserungsmaß $AL_{T, H}$ von 7 dB. Wichtig ist,

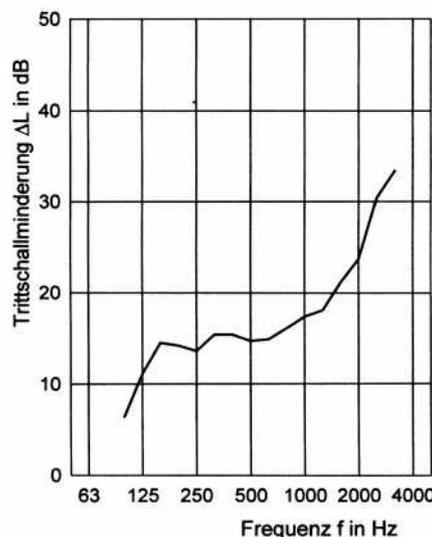
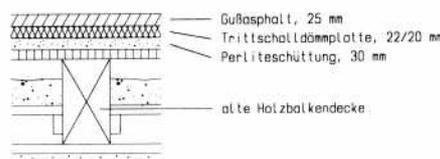


Abb. 29 Verbesserung der Trittschalldämmung einer alten Holzbalkendecke durch zusätzliches Aufbringen eines Gußasphaltestriches auf Mineralfasertrittschalldämmplatten. Die Trittschalldämmung wurde verbessert um $\Delta L_{T, H} = 14 \text{ dB}$

daß die Polyesterfaserplatten nicht mit dem Untergrund verklebt werden, sondern lose aufliegen. Eine weitere Verbesserung ($AL_{T, H} = 11 \text{ dB}$) kann durch Verlegen eines Polyestervlieses unterhalb des Fliesenträgers erreicht werden (Abb. 30).

Schüttung

Bei nennenswerten Niveauunterschieden durch Setzungserscheinungen bietet sich der Einsatz von Ausgleichsschüttungen an. Neben den handelsüblichen Produkten eignen sich hierzu besonders Schüttungen mit hohem Raumgewicht (z.B. Sand, Splitt, Kies, Schwerspat), da sie als Rohdeckenbeschwerung wirken. Ein Verrutschen der Schüttung kann durch die in Kapitel 6.5 beschriebenen Maßnahmen verhindert werden.

10.3.3 Verbesserung durch Teppichböden

Die Verbesserung durch weichfedernde Gehbeläge wurde bereits im Kapitel 6.6 beschrieben.

Bei der Altbausanierung ist zu beachten, daß Teppichböden keine Verbesserung der Luftschalldämmung bewirken.

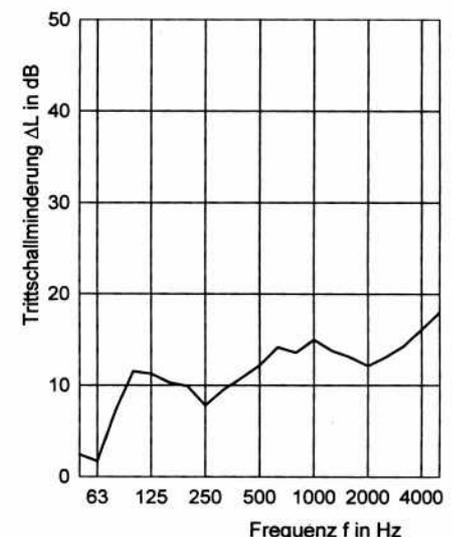
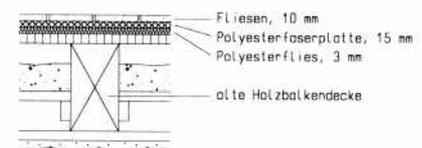


Abb. 30 Sanierung einer alten Holzbalkendecke durch kunstharzgebundene Polyesterfaserplatten auf Polyestervlies. Das resultierende Trittschallverbesserungsmaß beträgt 11 dB.

11 Beispiele für Planungs- und Ausführungsfehler

In diesem Kapitel werden einige typische Fehler bei der Planung und Bauausführung von Holzdecken besprochen. Die folgende Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

11.1 Planungsfehler

Wahl der Trittschalldämmplatten

Es werden falsche Trittschalldämmplatten ausgewählt. Typische Fehler:

- Dämmplatten sind zu steif, d.h. s' ist zu groß.
- Die Eignung wurde nicht kontrolliert.
- Zu viele Lagen übereinander.
- Bei Verwendung von Dämmplatten-Streifen wurde die zulässige Belastbarkeit der Streifen nicht beachtet.

Planung der Rohdeckenbeschwerung

- Betonplatten für eine Rohdecken-Beschwerung dürfen nicht größer sein als 30 x 30 cm (s. Kap. 6.5). Diese Anforderung wird bei der Planung oft übersehen.
- Platten müssen - wie in Kapitel 6.5 beschrieben - mit der Rohdecke verklebt oder in ein dünnes Sandbett gelegt werden. Falsch ist das Verlegen auf Filz oder lose auf die Decke.
- Steine, Platten und Schüttungen dürfen nur trocken eingebracht werden. Diese Anforderung wird bei der Planung oft vergessen und es kommt zu Feuchteschäden und Schimmelbildung sowie gegebenenfalls zur Schüsselung des Trockenestrichs (s. Kap. 6.5).
- Für eine Schüttung als Rohdeckenbeschwerung ist immer ein Rieselschutz erforderlich. Dies wird bei der Planung nicht immer beachtet.
- Gegen das Verrutschen der Schüttung sind Maßnahmen (s. Kap. 6.5) vorzusehen. Wird dies nicht berücksichtigt, entstehen besonders bei Trockenestrichen lokale Unebenheiten.

Schall-Längsleitung über flankierende Wände

- In Holzbauten wird bei der Planung der Trittschalldämmung die Schall-Längsleitung über die flankierenden Wände nicht mit berücksichtigt.
- Beim Einsatz von Holzdecken in Massivbauten wird die große Luftschallübertragung über die flankieren

den massiven Wände nicht beachtet und daher ein unzureichender Luftschallschutz erzielt.

Schall-Nebenwegübertragung über Fugen an Schornsteinen, Installationsleitungen oder sonstige Schachtanlagen

- Das Schließen der Fugen an Schornsteinen, Installationsleitungen oder sonstigen Schachtanlagen wurde bei der Planung nicht vorgesehen.

11.2 Fehler in der Bauausführung

Im folgenden soll auf Fehler in der Bauausführung hingewiesen werden:

- Schallbrücken am Estrich
- falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung
- unzureichende Entkopplung der Unterdecke

Schallbrücken im Estrich

Obwohl der schallbrückenfreie Einbau von schwimmendem Estrich mit ordnungsgemäß verlegten Randstreifen seit langer Zeit zum allgemein anerkannten Stand der Technik gehört, gibt es immer wieder Beispiele, bei denen Detaillösungen falsch geplant und ausgeführt werden. Jede Brücke führt zu einer Minderung der Schalldämmung.

Folgende Körperschallbrücken werden in der Baupraxis beobachtet:

- Sockelfliesen werden zu nahe an den Estrich geführt.
- Der Randstreifen wurde nicht mängelfrei verlegt oder vom nachfolgenden Handwerker entfernt, weil sich dieser behindert fühlte. Dadurch konnte Ausgleichsmasse, Kleber o.ä. in die Randfuge gelangen. Der Randstreifen darf erst nach dem Verlegen des Fußbodens abgeschnitten werden.
- Massive Brücken entstehen, wenn im Bereich von Fenstertüren der Zementestrich ohne Trittschalldämmplatte direkt auf das untere Rähm gegossen wird.
- Schallbrücken können auch entstehen, wenn die Dämmplatten nicht korrekt gestoßen werden und der Estrich im Stoßbereich bis auf die Verlegeplatten läuft. Der Estrich ist dann zwar immer noch von den Verlegeplatten durch die Schutzfolie getrennt, aber diese Trennung ist schalltechnisch unwirksam.
- Unter der Estrichplatte verlegte Heizungsrohre oder sonstige Installationen

können Schallbrücken bilden.

Unsauber verlegte Installationsleitungen, die in Teilbereichen über die Trittschalldämmplatten hinausragen werden in den Estrich eingegossen.

Besonders kritisch sind Kreuzungen von Heizungsrohren. Es wird empfohlen diese durch eine sorgfältige Planung generell zu vermeiden, da die ordnungsgemäße (d.h. schallbrückenfreie) Ausführung einen entsprechend höheren Estrichaufbau erfordert.

Falsches Einbringen der Rohdeckenbeschwerung

In Kapitel 6.5 wurde bereits erklärt, welche Regeln in Bezug auf die Deckenbeschwerung beachtet werden sollten, da sonst mit Defiziten in der Schalldämmung zu rechnen ist. Nachfolgend einige Beispiele:

- Rohdeckenbeschwerung aus Betonplatten: Die Platten werden nicht, wie in Kapitel 6.5 beschrieben, auf die Verlegeplatten geklebt, sondern nur aufgelegt.
- Schüttungen aus Sand sind nicht gegen Verschieben gesichert oder zeigen Setzungserscheinungen, weil die Schüttung nicht verdichtet wurde. Hierdurch können lokale Unebenheiten entstehen.
- Ein Zementestrich wird als Beschwerung direkt auf die Rohdecke gegossen. Diese Art der Rohdeckenbeschwerung ist nicht biegeweich und ergibt eine Trittschallverbesserung, die nicht so groß ist wie die einer biegeweichen Beschwerung gleicher Masse. Eine Elementierung dieses Zementestrichs durch einen Kellenschnitt birgt die Gefahr, daß die Estrichmasse vor dem Abbinden im unteren Bereich wieder zusammenfließt und eine biegesteife Platte bildet.

Unzureichende Entkopplung der Unterdecke

Federschienen müssen locker in den Schraubenköpfen hängen. **Werden die Federschienen durch Schrauben fest an die Balken gepreßt, so stellt dies eine steife Kopplung dar und die Federwirkung geht zum Teil verloren** (s. Kap. 6.3).

Literatur

- [1] Gösele, K. "Schallschutz bei Holzbalkendecken" in INFORMATIONSDIENST HOLZ der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (1993)
- [2] Holtz, F., Rabold, A., Buschbacher, H.P. und Hessinger J. "Optimierung der Trittschalleigenschaften von Holzbalkendecken zum Einsatz im mehrgeschossigen Holzhausbau", DGfH-Forschungsbericht des Labors für Schall- = Wärmemesstechnik (1999)
- [3] Schulze, H. "Grundlagen des Schallschutzes" in INFORMATIONSDIENST HOLZ der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (1998)
- [4] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Ausgabe 1989, Anforderungen und Nachweise
- Beiblatt 1 zu DIN 4109, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- Beiblatt 2 zu DIN 4109, Hinweise für die Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
- [5] Gösele, K., Schüle, W. und Künzel, H. "Schall, Wärme, Feuchte" 10. Auflage, Bauverlag Wiesbaden (1997)
- [6] Fasold, W. und Sonntag, E. "Bauphysikalische Entwurfslehre, Teil 4, Bauakustik" 2. Auflage, VEB Verlag für Bauwesen Berlin (1973)
- [7] DIN 52210, Teil 1 - 7, Bauakustische Prüfungen, Luft- und Trittschalldämmung, Stand Dezember 1998
- [8] DIN EN ISO 140, Teil 1 - 12, Akustik, Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Stand Dezember 1998
- [9] DIN 52217, Bauakustische Prüfungen, Flankenübertragung, Begriffe, Ausgabe 1984
- [10] E EN 12354, Teil 1 und 2, Bauakustik, Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Stand Dezember 1998
- [11] DIN EN ISO 717, Teil 1 und 2, Akustik, Einzahlangaben für die Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen, Ausgabe 1997
- [12] Gösele, K. "Verfahren zur Vorausberechnung des Trittschallschutzes von Holzbalkendecken" in Holz als Roh- und Werkstoff 37, (1979) S. 213.
- [13] Kötz, W.D. "Der bauliche Schallschutz in der Praxis - Was bieten Neubauten an Innenschallschutz?" in Zeitschrift für das Sachverständigenwesen 9, (1988) S. 89 bzw. S. 117.
- [14] Bodlund, K. "Alternative reference curves for evaluation of the impact sound insulation between dwellings." in J. of Sound and Vibration 102, (1985) S. 381.
- [15] Weeber, R. et al. "Schallschutz in Mehrfamilienhäusern aus der Sicht der Bewohner." F 2049, IRB Verlag, Stuttgart (1986)
- [16] VDI 4100, Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung, Ausgabe 1994
- [17] Cremer, L. "Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei schrägem Einfall", Akustische Zeitschrift 7, 1942, S.81
- [18] Wintergerst, E. "Theorie der Schalldurchlässigkeit von einfachen und zusammengesetzten Wänden" in Schalltechnik 4, (1931) S. 85 und 5, (1932) S. 1
- [19] System Holtz (Labor für Schall- und Wärmemeßtechnik, Edlinger Str. 76, 83071 Stephanskirchen), zum Patent angemeldet
- [20] System Megerle (Megerle GmbH, Bachstr. 11, 74613 Öhringen-Cappel), zum Patent angemeldet
- [21] Veres, E. und Fischer, H.M. "Entwicklung von Holzbalkendecken mit hoher Trittschalldämmung." Forschungsbericht des FHI f. Bauphysik, IBP-Bericht B-BA 1/1992 (1992)
- [22] Rabold, A. und Buschbacher, H.P. "Der Trockenestrich als schalltechnische Alternative zum Zementestrich" Diplomarbeit FH Rosenheim (1996)
- [23] DIN 18560 Teil 2, Estriche im Bauwesen, Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten, Ausgabe 1992
- [24] DIN 18165 Teil 2, Faserdämmstoffe für das Bauwesen, Dämmstoffe für die Trittschalldämmung, Ausgabe 1987
- [25] DIN 18164 Teil 2, Schaumkunststoffe als Dämmstoffe für das Bauwesen, Dämmstoffe für die Trittschalldämmung, Polystyrol-Partikelschaumstoffe, Ausgabe 1991
- [26] Vertrieb durch Fels Werke GmbH, Geheimrat-Ebert-Str. 12, 38640 Goslar
- [27] Vertrieb durch Firma OKAL, Otto Kreibaum GmbH & Co. KG, Postfach 1160, 31013 Salzhemmendorf
- [28] System Köhnke (E:U. Köhnke, Steeneberg 32, 49843 Uelsen), patentrechtlich geschützt
- [29] Herstellerbezeichnung: Gutex Thermofloor, Hersteller: Gutex Faserplattenwerk, Postfach 201320, 79753 Waldshut-Tiengen
- [30] Herstellerbezeichnung: Homann System TED, Hersteller: Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co. KG, Gewerbegebiet, 06536 Roßla
- [31] Schulze, H. "Holzbau und zugelassene Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen" in INFORMATIONSDIENST HOLZ der Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (1999)
- [32] Gösele, K. "Schalltechnische Untersuchungen an einem Mehrfamilienhaus in Holzbauart in Stuttgart" Forschungsbericht im Auftrag der EGH, Auftrag E-92/1 (1992)
- [33] Schmidt, H. und Wögerbauer, B. "Dielenböden" in INFORMATIONSDIENST HOLZ der Arbeitsgemeinschaft Holz e.V. (1998)

Tabelle 9 Auflistung der verwendeten Abkürzungen und Symbole. Neben dem Verweis auf den Definitionsort z. B. (DIN 4109 Anhang A [4]; DIN 52 210 [7]) wird gegebenenfalls auch das Kapitel der vorliegenden Schrift angegeben, in dem diese Größe beschrieben wird.¹⁾¹⁾ es wird empfohlen die Tabelle zu kopieren und als ausklappbare Seite einzukleben

Symbol oder Abkürzung	Einheit	Bedeutung	Definiert in bzw. erläutert:
f	Hz	Frequenz	DIN 4109 Anhang A
L_n	dB	Norm-Trittschallpegel je Terz.	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.2
L'_n	dB	Norm-Trittschallpegel je Terz. gemessen am Bau	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.3
$L_{n,w}$	dB	bewerteter Norm-Trittschallpegel	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.4
$L'_{n,w}$	dB	bewerteter Norm-Trittschallpegel, gemessen am Bau	DIN 4109 Anhang A und Kap.2.4
ΔL	dB	Trittschallminderung je Terz	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.5
$L_{n,w,eq}$	dB	äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel von Beton-Rohdecken	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.5
ΔL_w	dB	Trittschallverbesserungsmaß auf Betondecken	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.5
$L_{n,w,eq,H}$	dB	äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel von Holz-Rohdecken	siehe Referenz [2] und Kap. 2.5
$\Delta L_{w,H}$	dB	Trittschallverbesserungsmaß auf Holzdecken	siehe Referenz [2] und Kap. 2.5
$\Delta L_{n,w,Beschwerung}$	dB	Verbesserung des bewerteten Norm-Trittschallpegels durch die Beschwerung der Rohdecke	siehe Kap. 7.1.1
R	dB	Schalldämm-Maß je Terz	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.2
R'	dB	Schalldämm-Maß je Terz, gemessen am Bau	DIN 4109 Anhang A und Kap. 2.3
R_L	dB	Schall-Längsdämm-Maß	DIN 52217 und Kap. 2.3
$D_{n,f}$	dB	Norm-Flankenpegeldifferenz	E EN 12354 Teil 1 und Kap. 2.3
$L_{n,f}$	dB	Norm-Trittschallpegel flankierender Bauteile	E EN 12354 Teil 2 und Kap. 2.3
C	dB	Spektrum-Anpassungswert für Rosa Rauschen	DIN EN ISO 717 Teil 1 und Kap. 2.6
C_{tr}	dB	Spektrum-Anpassungswert für Straßenverkehrsgeräusch	DIN EN ISO 717 Teil 1 und Kap. 2.6
C_l	dB	Spektrum-Anpassungswert für Trittschallpegel	DIN EN ISO 717 Teil 2 und Kap. 2.6
f_0	Hz	Resonanzfrequenz	DIN 4109 Anhang A und Kap. 4.4
f_g	Hz	Grenzfrequenz von Bauteilen	DIN 4109 Anhang A und Kap. 4.2
s'	MN/m ³	dynamische Steifigkeit	DIN EN ISO 9052-1 und Kap. 4.4
r	kN s/m ⁴	längenbezogener Strömungswiderstand	DIN EN ISO 9053 und Kap. 4.6
m'	kg/m ²	flächenbezogene Masse	
E	N/mm ²	Elastizitätsmodul	
ρ	kg/m ³	Rohdichte	
d	mm	Dicke	
u_m	%	Feuchte in Masse-Prozent	
MF		Mineralfaser – (Trittschalldämmplatten)	
HWF		Holzweichfaser – (Trittschalldämmplatten)	
PST		Polystyrol - Trittschalldämmplatten (gewalkt)	
ZE		Zementestrich	
ZSP		Zementgebundene Spanplatte	
OSB		OSB Verlegeplatte	
GKB		Gipskarton Bauplatte	
TK		Trittschalldämmstoffe mit geringer Zusammendrückbarkeit	

SCHALLSCHUTZ IM HOLZBAU – BESTIMMEN SIE DIE SCHALLDÄMMUNG EINER HOLZDECKE IN NUR 5 MINUTEN

Und so wird's gemacht:

Anmerkung: Die Abkürzungen werden in der nebenstehenden Tabelle 9 (Seite 34) erläutert.

1. Sie wählen die Anforderungen (Kap. 3.1, Tab. 2):

- $L'_{nw} \leq 56$ dB (Empfehlung für Einfamilienhäuser)
- $L'_{nw} \leq 53$ dB (Mindestanforderung für Mehrfamilienhäuser)
- $L'_{nw} \leq 46$ dB (Vorschlag für den erhöhten Schallschutz)

2. Sie wählen eine Deckenkonstruktion

Festlegung des Rohdeckentyps, Estrichaufbaus, etc.

Vergleich mit der Beispielsammlung

Wenn Sie in der Beispielsammlung (Kap. 9, Tab. 8) Ihre Decke mit Ihren Anforderungen finden, – dann ist die Planungsarbeit bereits getan.

3. Berechnung der Trittschalldämmung

Ist der Aufbau nicht in der Beispielsammlung enthalten, so können Sie die Trittschalldämmung berechnen. Die Methode ist in Kap. 7.1 beschrieben.

• Rechenunsicherheit

Die Formeln 7 und 8 (Kap. 7.1.2) enthalten 4 Summanden (Rechenunsicherheit von +/- 4 dB für das Endergebnis)

• Luftschalldämmung

die Anforderungen an die Luftschalldämmung sind "automatisch" erfüllt (Kap. 7 und Kap. 6.1)

• Einarbeitung und Übung

des Berechnungsverfahrens sind notwendig – danach benötigen Sie nicht mehr als 5 Minuten für eine Berechnung.

Beispiele für die Berechnung der Trittschalldämmung am Bau:

Beispiel 1

Welche Schalldämmung hat die folgende Decke?

50	mm	Zementestrich ($m' \approx 115 \text{ kg/m}^2$)
35/30	mm	MF-Trittschalldämmplatten ($s' \leq 5 \text{ MN/m}^2$)
30	mm	trockene Schüttung ($m' \approx 45 \text{ kg/m}^2$) Rieselschutzpapier
22	mm	Verlegespanplatte
220	mm	Balken; $e = 62,5 \text{ cm}$
100	mm	MF-Hohlraumdämmung
24	mm	Lattung; $e = 41,5 \text{ cm}$
12,5	mm	Gipskartonplatte

Berechnung:

- Rohdecke (Kap. 7.1.3, Tab. 5, Z. 4)
 $L_{n,w,eq,H} = 74 \text{ dB}$
- Estrich (Kap. 7.1.4, Abb. 21, ZE, $s' = 5$)
 $\Delta L_{w,H} = 22 \text{ dB}$
- Rohdeckenbeschwerung (Kap. 7.1.5, Abb. 22, Schüttung $m' \approx 45 \text{ kg/m}^2$ auf HBD mit U-Decke) $\Delta L_{n,w,Beschw} = 11 \text{ dB}$
- Laborwert
 $\Delta L_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} - \Delta L_{n,w,Beschw}$
 $= 74 \text{ dB} - 22 \text{ dB} - 11 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$
- Summand K (Kap. 7.1.6, Abb. 23)
 $K = 7 \text{ dB}$ für $L_{n,w} = 41 \text{ dB}$
- **L'_{nw} am Bau =**
 $L_{n,w} + K = 41 + 7 = 48 \text{ dB} \text{ +/- } 4 \text{ dB}$
- **Ergebnis:**
 $L'_{nw} \leq 48 \text{ dB +/- } 4 \text{ dB}$, d.h. sicher $\leq 52 \text{ dB}$
Die Decke ist für Mehrfamilienhäuser geeignet.

Beispiel 2

Planung einer Decke mit folgenden Vorgaben:

- Einsatz im Einfamilienhaus – Empfehlung **$L'_{nw} \leq 56 \text{ dB}$**
- Holzbalkendecke mit sichtbaren Balken
- Trockenestrich
- Material aus nachwachsenden Rohstoffen

Erforderliche Schalldämmung

$L'_{n,w}$ (Bau); $L_{n,w}$ (Labor)

- Erforderlicher **$L'_{n,w}$ am Bau** (Kap. 3.1, Tab. 2) $L'_{n,w} = 56 \text{ dB}$
- davon ab Rechenunsicherheit (Kap. 7.1.2) $= 56 - 4 = 52 \text{ dB}$
- Erforderlicher $L_{n,w}$ (ohne Flankenübertragung) (Kap. 7.1.6 Abb. 24 mit $L'_{n,w} = 52 \text{ dB} \Rightarrow L_{n,w} \text{ (Labor)} = 47 \text{ dB}$

Berechnung:

- Rohdecke (Kap. 7.1.3, Tab. 5, Z. 2)
 $L_{n,w,eq,H} = 82 \text{ dB}$
- Trockenestrich (Kap. 7.1.4, Tab. 6, Z. 4)
 $\Delta L_{w,H} = 13 \text{ dB}$
- Laborwert
 $L_{n,w} = L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} = 82 - 13 = 69 \text{ dB}$
- **Defizit** zum erforderlichen $L_{n,w}$:
 $\Delta = 69 - 47 = 22 \text{ dB}$
- **Zusatzmaßnahme:**
Rohdeckenbeschwerung (Kap. 7.1.5, Abb. 22, Betonplatten 5 cm , $m' \approx 125 \text{ kg/m}^2$ auf HBD ohne U-Decke)
 $\Delta L_{n,w,Beschw} = 24 \text{ dB}$
- neues $L_{n,w} = 69 - 24 = 45 \text{ dB}$
- Summand K (Kap. 7.1.6, Abb. 23)
- $K = 6 \text{ dB}$ für $L_{n,w} = 45 \text{ dB}$

• L'_{nw} am Bau =

$$L_{n,w} + K = 45 + 6 = 51 \text{ dB +/- } 4 \text{ dB}$$

• Ergebnis :

$L'_{nw} \leq 51 \text{ dB +/- } 4 \text{ dB}$, d.h. sicher $\leq 55 \text{ dB}$
Die Empfehlungen für Einfamilienhäuser sind erfüllt.

Beispiel 3

Planung einer Decke mit folgenden Vorgaben:

- Erhöhter Schallschutz – **$L'_{nw} \leq 46 \text{ dB}$**
- Brettstapeldecke, sichtbar, d.h. ohne Unterdecke
- Zementestrich

Erforderliche Schalldämmung

- Erforderlicher **$L'_{n,w}$ am Bau** (Kap. 3.1, Tab. 2)
 $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$
- davon ab Rechenunsicherheit (Kap. 7.1.2)
 $= 46 - 4 = 42$
- Erforderlicher $L_{n,w}$ (ohne Flankenübertragung) (Kap. 7.1.6 Abb. 24 mit $L'_{n,w} = 42 \text{ dB} \Rightarrow L_{n,w} \text{ (Labor)} = 34 \text{ dB}$

Berechnung:

- Rohdecke (Kap. 7.1.3, Tab. 5, Z. 9)
 $L_{n,w,eq,H} = 76 \text{ dB}$
- Estrich (Kap. 7.1.4, Abb. 21, ZE, $s' = 5$)
 $\Delta L_{w,H} = 22 \text{ dB}$
- Laborwert $L_{n,w} =$
 $L_{n,w,eq,H} - \Delta L_{w,H} = 76 - 22 = 54 \text{ dB}$
- **Defizit** zum erforderlichen $L_{n,w}$:
 $\Delta = 54 - 34 = 20 \text{ dB}$
- **Zusatzmaßnahme:**
Rohdeckenbeschwerung (Kap. 7.1.5, Abb. 22, Kies 8 cm , $m' \approx 144 \text{ kg/m}^2$ auf BSD)
- $\Delta L_{n,w,Beschw} = 18 \text{ dB}$
- neues $L_{n,w} = 54 - 18 = 36 \text{ dB}$
- Summand K (Kap. 7.1.6, Abb. 23)
 $K = 8 \text{ dB}$ für $L_{n,w} = 36 \text{ dB}$
- **L'_{nw} am Bau =**
 $L_{n,w} + K = 36 + 8 = 44 \text{ dB +/- } 4 \text{ dB}$
- **Diskussion:**
die Anforderung $L'_{nw} \leq 46 \text{ dB}$ wird wahrscheinlich erfüllt, sicher ist jedoch $L'_{nw} \leq 48 \text{ dB}$.
Empfehlung: eine objektbezogene Labormessung oder ein Bodenbelag mit $\Delta L_{w,H} \geq 2 \text{ dB}$ (Kap. 6.6, Abb. 20, $\Delta L_{w,H} \geq 20 \text{ dB}$)

Anmerkung: Hier können nur drei Beispiele gebracht werden. Dem Planer und Konstrukteur wird der Besuch von Seminaren empfohlen, die von den Autoren und anderen Referenten angeboten werden. Veranstaltungstermine sind über die DGfH (z.B. www.dgfh.de) und die Verfasser einzuholen.



Impressum

Das holzbau handbuch ist eine gemeinsame Schriftenreihe von

- Arbeitsgemeinschaft Holz e.V., Düsseldorf
- Bund Deutscher Zimmermeister (BDZ) im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V., Bonn
- Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., München

Herausgeber:

Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH)
in der DGfH e.V.
Bayerstr. 57 - 59
D - 80335 München
mail@dgfh.de
www.dgfh.de
(089) 5161 70-0
(089) 53 16 57 fax

Technische Anfragen an:

Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.
Postfach 30 01 41
D - 40401 Düsseldorf
argeholz@argeholz.de
www.argeholz.de
(0211) 4 7818 -0
(0211) 45 23 14 fax

Bearbeitung:

Verfasser:

Prof. Dipl.-Phys. Fritz Holtz,
Dozent FH Rosenheim,
Dipl.-Phys. Dr. Joachim Hessinger,
DiplAng. (FH) Hans-Peter Buschbacher,
DiplAng. (FH) Andreas Rabold
Labor für Schall- +Wärmemesstechnik
Edlinger Straße 76
D-83071 Stephanskirchen/Rosenheim
[e-mail: info@holtz-schallschutz.de](mailto:info@holtz-schallschutz.de)
Internet: www.holtz-schallschutz.de
Telefon: (08036) 30 06 - 0
Telefax: (08036) 30 06 33

Redaktionelle Bearbeitung:
Marion Sievers, Journalistin

Titelillustrationen:

Dietmar Lochner, Hamburg

Fotonachweis:

Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.

Die technischen Informationen in diesem INFORMATIONSDIENST HOLZ entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

In diese Broschüre sind Ergebnisse aus zahlreichen Forschungsprojekten eingeflossen. Für deren Förderung danken wir der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Arbeitsgemeinschaft Bauforschung (ARGE BAU) sowie den Forst- und Wirtschaftsministerien des Bundes und der Länder.

Aus Mitteln des Forstabsatzfonds gefördert.

Erschienen: Mai 1999

ISSN-Nr. 0466-2114

HOLZ[®]
Und Deine Welt
hat wieder ein Gesicht.

EGH
Entwicklungsgemeinschaft
in der
Deutschen Gesellschaft für Holzforschung