acoustex

# acoustex 2019
# the sound of innovation
# in architecture

**Fachmesse für Noise-Control und Sound-Design**

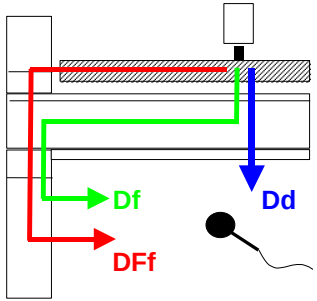
**01. – 02. Oktober 2019**

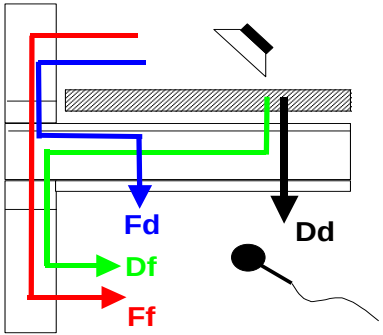
## Schallschutz im Holzbau, Trenndecken und Unterdecken

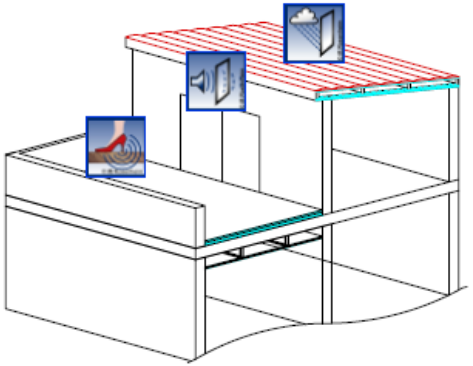
Andreas Rabold, Technische Hochschule Rosenheim

# Inhalte

- DIN 4109, Anforderungen und Zielwerte
- Ergänzungsdaten für Holzdecken
- Auslegung der Unterdecke
- Zusammenfassung

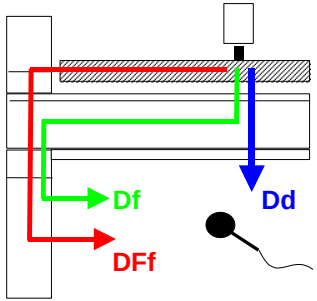


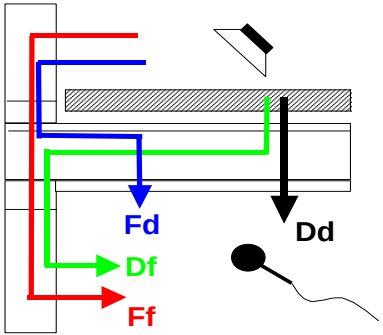



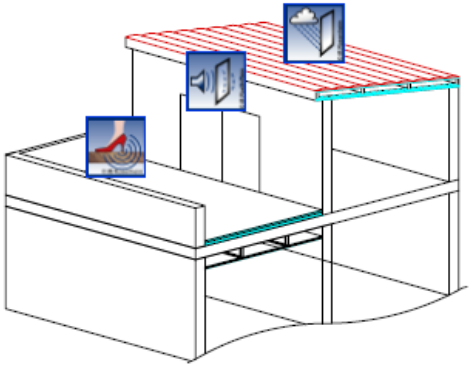



# Inhalte

- **DIN 4109, Anforderungen und Zielwerte**
- Ergänzungsdaten für Holzdecken
- Auslegung der Unterdecke
- Zusammenfassung

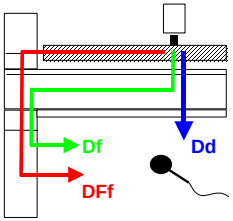


# Mindestanforderungen nach DIN 4109:2018-01

Loggien / Dachterrassen

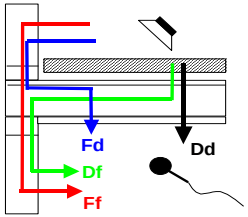



zul. $L'_{n,w} \leq 50$ dB

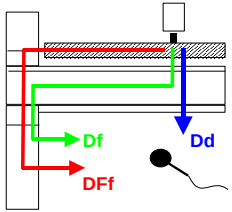
Balkone

zul. $L'_{n,w} \leq 58$ dB

Wohnungstrenndecke



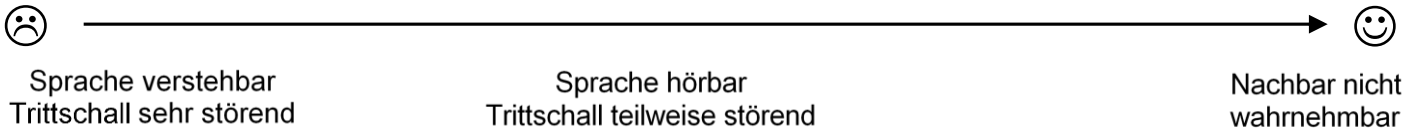

erf. $R'_w \geq 54$ dB




zul. $L'_{n,w} \leq 50$ dB

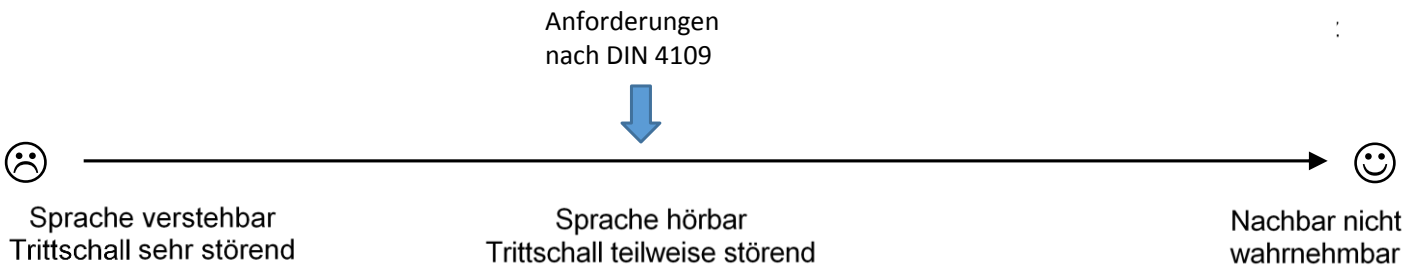
# Warum Zielwerte für einen erhöhten Schallschutz ?

- Verbale Beschreibung des zu erwartenden Schallschutzes für den Bewohner:



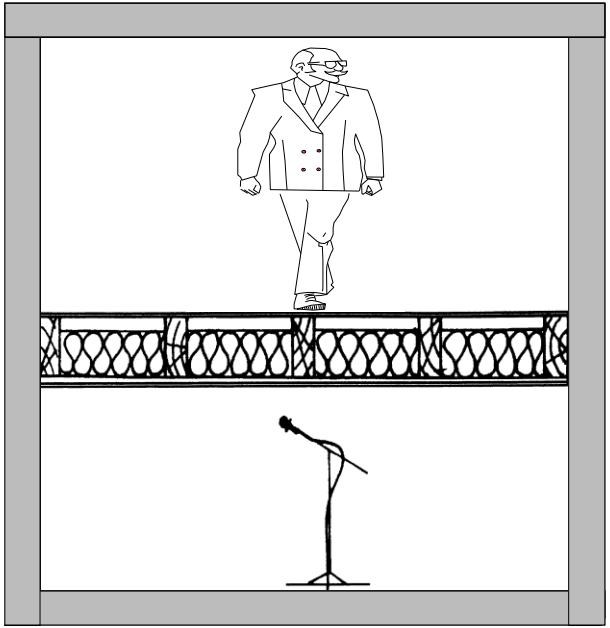
# Warum Zielwerte für einen erhöhten Schallschutz ?

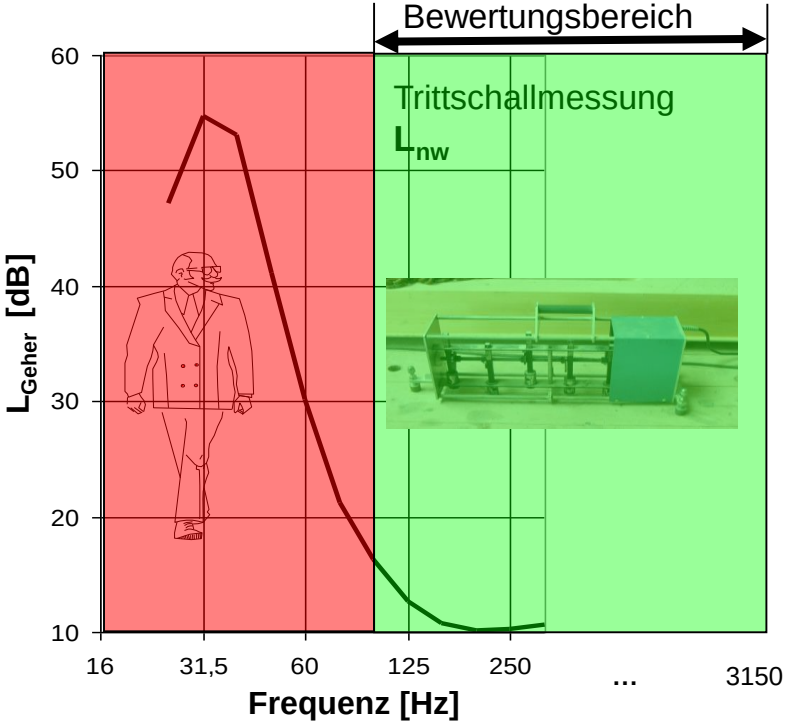
- Verbale Beschreibung des zu erwartenden Schallschutzes für den Bewohner:



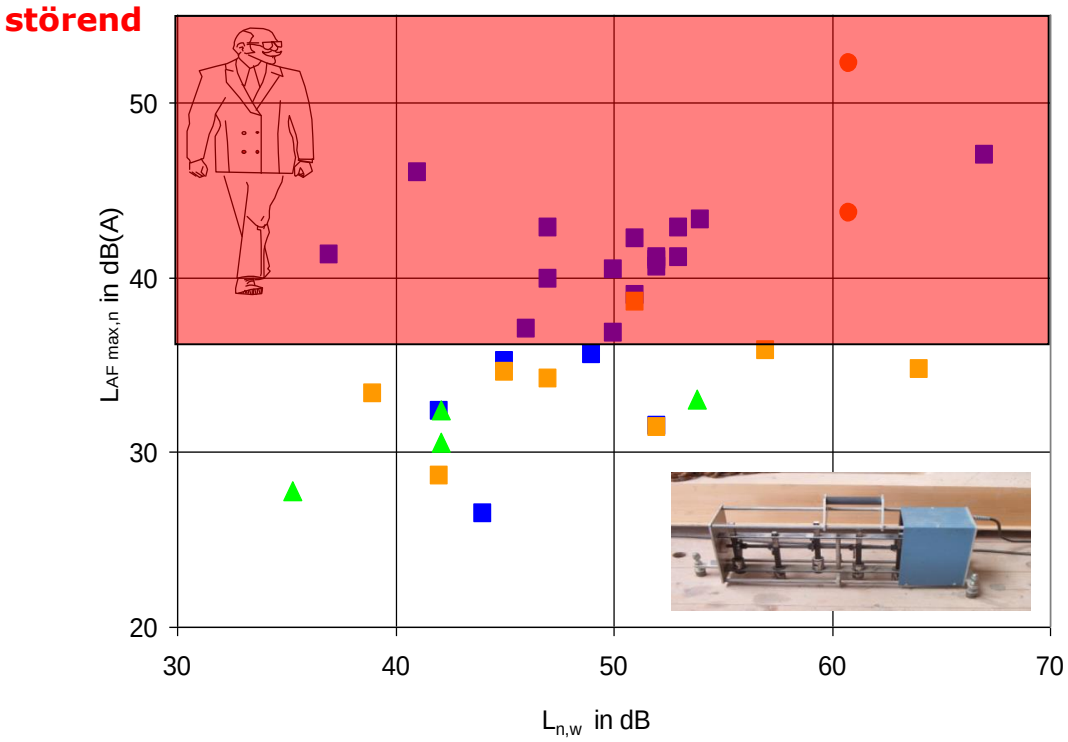

- Mindestanforderungen nach DIN 4109 schützen vor unzumutbaren Belästigungen
- Erhöhter Schallschutz z.B. nach DIN 4109:1989, Beiblatt 2 alternativ VDI 4100 oder individuelle Vereinbarungen
- Achtung: Alleiniges Erhöhen der Anforderungen ist nicht zielführend!

# Trittschall richtig bewerten

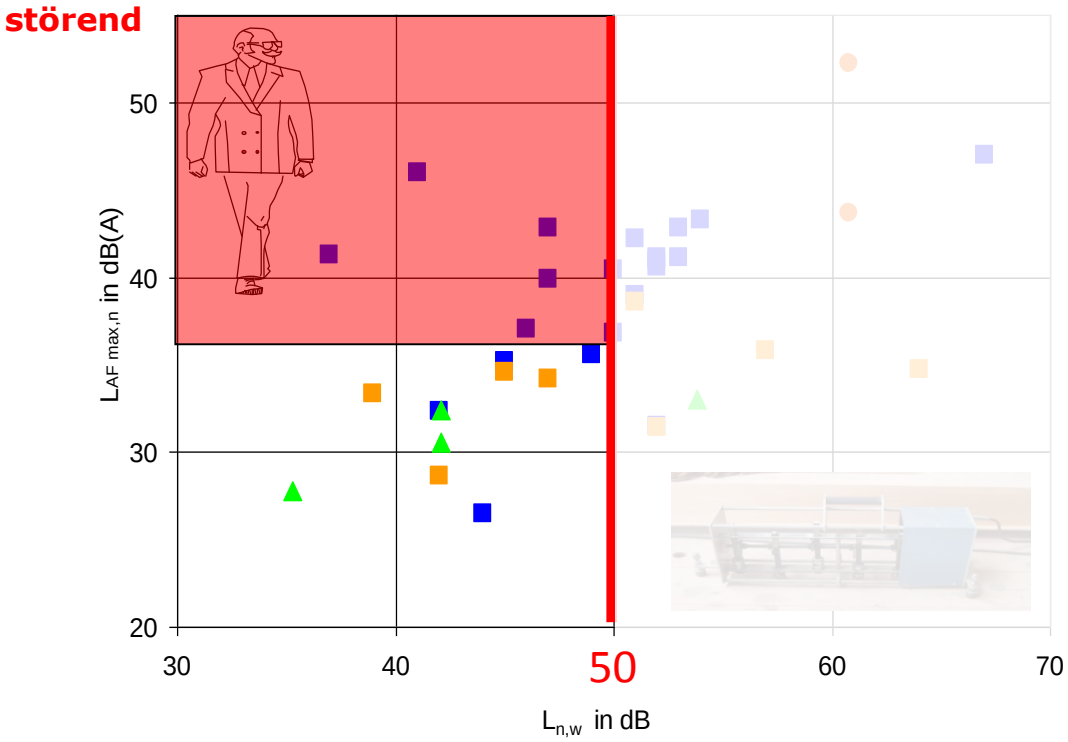




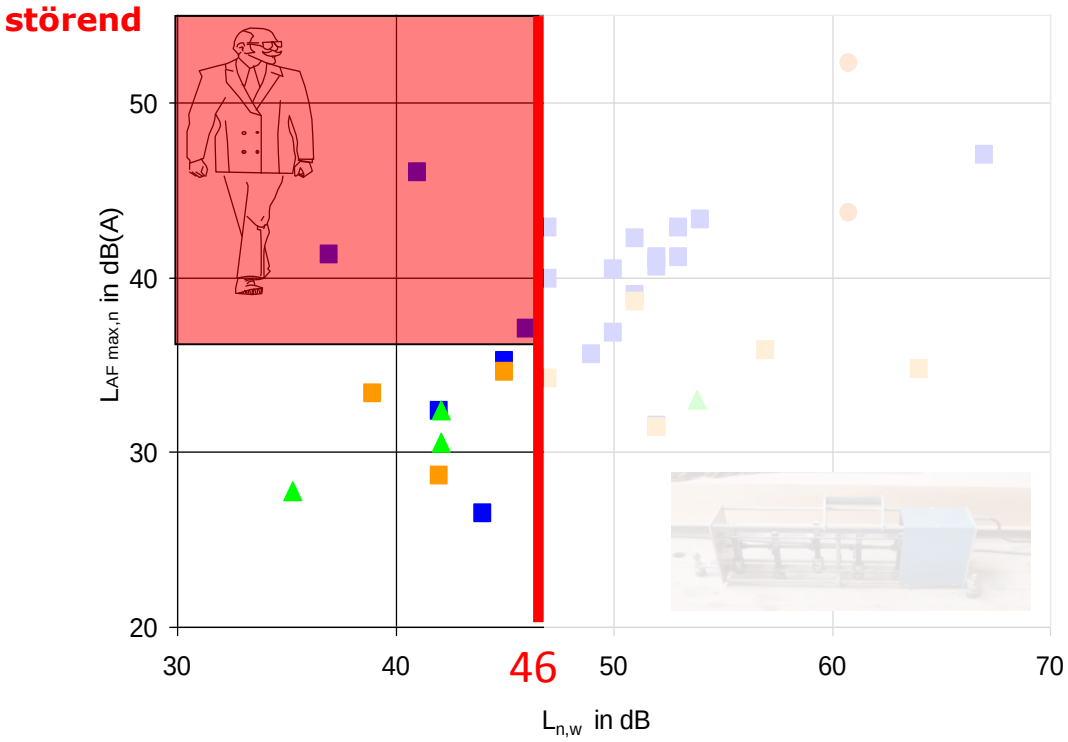
# Zusammenhang Gehgeräusche und $L_{nw}$



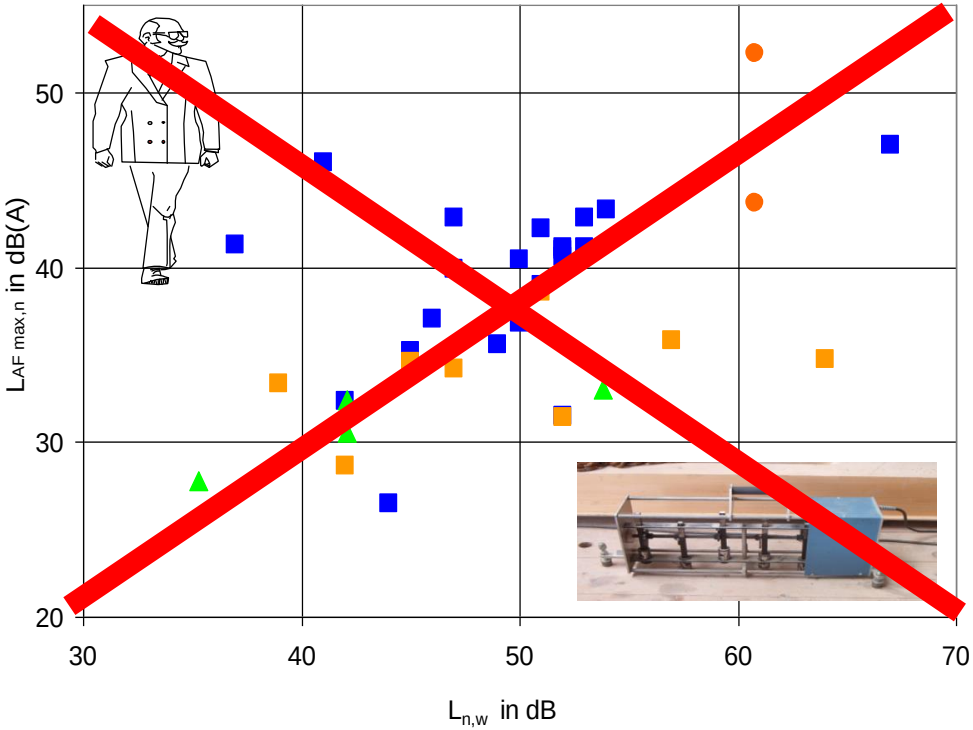
# Zusammenhang Gehgeräusche und $L_{nw}$



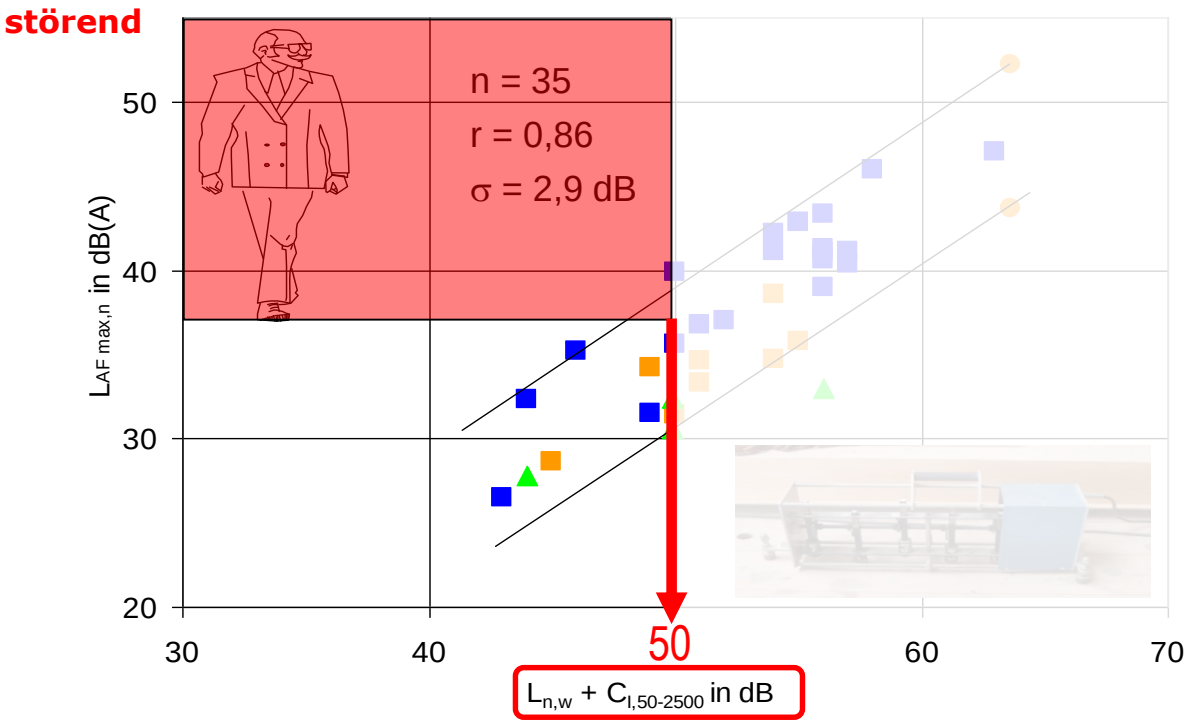
# Zusammenhang Gehgeräusche und $L_{nw}$



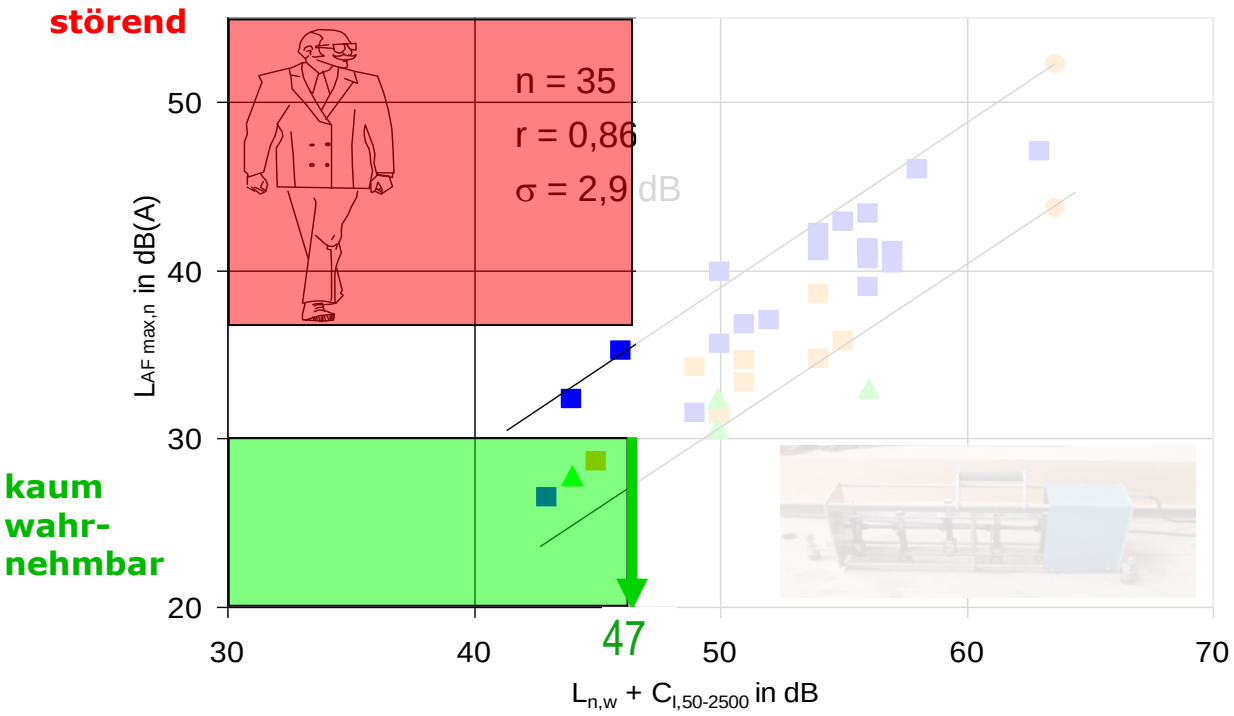
# Zusammenhang Gehgeräusche und $L_{nw}$



# Bauteiloptimierung – welche Zielwerte?



# Bauteiloptimierung – welche Zielwerte?



# Zielwerte für den Luft- und Trittschall

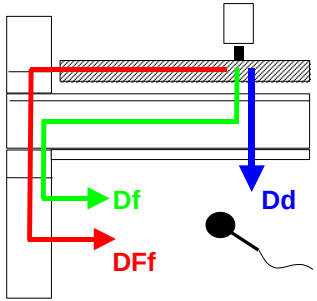
| Schallschutzniveau | | |
|---|---|---|
| Basis = DIN 4109 | Basis+ | Komfort |
| $R'_w \geq 54$ dB | $R'_w \geq 57$ dB | $R'_w \geq 60$ dB |
| $L'_{n,w} \leq 50$ dB [1)] | $L'_{n,w} \leq 50$ dB<br>$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 50$ dB [2)] | $L'_{n,w} \leq 46$ dB<br>$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \leq 47$ dB [2)] |

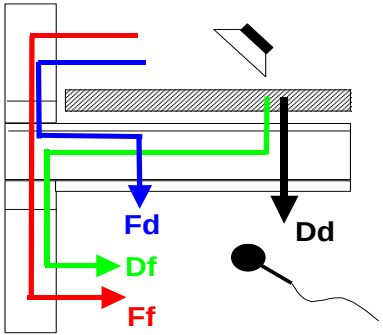
[1)] Trenndecken in Bürogebäuden, Bestandsgebäuden (Sanierung) und Trenndecken nach DIN 4109-33: zul. $L'_{n,w} \leq 53$ dB
[2)] Bauteilwert der Decke ohne Nebenwege

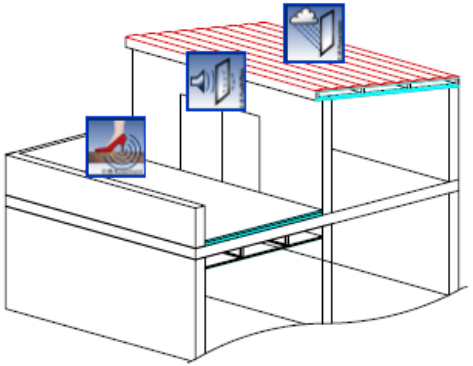
**Quelle:**
holzbau handbuch | REIHE 3 | TEIL 3 | FOLGE 1
Schallschutz im Holzbau
https://informationsdienst-holz.de/publikationen/

# Inhalte

- DIN 4109, Anforderungen und Zielwerte
- **Ergänzungsdaten für Holzdecken**
- Auslegung der Unterdecke
- Zusammenfassung



# Neue Planungswerte für Holzbalkendecken

- Projekt der Verbände
  Holzbau Deutschland, BDF, DHV
  „Schallschutzhandbuch“

- Verbundprojekt der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe
  „NawaRo-Dämmstoffe“

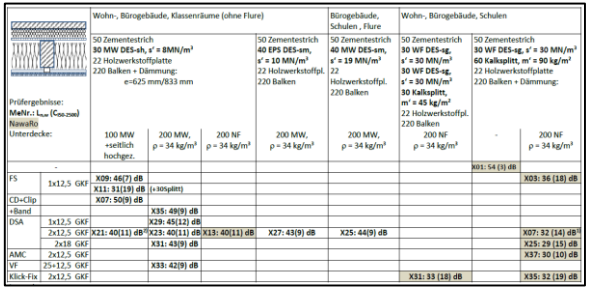
- Laborprüfungen an 45 Holzdecken mit Trocken- und Zementestrichen.

HOLZBAU DEUTSCHLAND
BUND DEUTSCHER ZIMMERMEISTER
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes

DBU
Deutsche Bundesstiftung Umwelt
www.dbu.de

Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



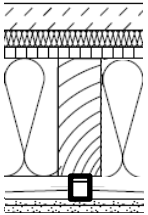
| | | Wohn-, Bürogebäude, Klassenräume (ohne Flure) | | | | Bürogebäude, Schulen , Flure | Wohn-, Bürogebäude, Schulen | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prüfergebnisse: MeNr.: $L_{n,w}$ ($C_{50-2500}$) NawaRo Unterdecke: | | 50 Zementestrich **30 MW DES-sh, s' = 8MN/m³** 22 Holzwerkstoffplatte 220 Balken + Dämmung: e=625 mm/833 mm | | | 50 Zementestrich **40 EPS DES-sm, s' = 10 MN/m³** 22 Holzwerkstoffpl. 220 Balken | 50 Zementestrich **40 MW DES-sm, s' = 19 MN/m³** 22 Holzwerkstoffpl. 220 Balken | 50 Zementestrich **30 WF DES-sg, s' = 30 MN/m³** **30 WF DES-sg, s' = 30 MN/m³** **30 Kalksplitt, m' = 45 kg/m²** 22 Holzwerkstoffpl. 220 Balken | 50 Zementestrich **30 WF DES-sg, s' = 30 MN/m³** **60 Kalksplitt, m' = 90 kg/m²** 22 Holzwerkstoffplatte 220 Balken + Dämmung: | |
| | | 100 MW +seitlich hochgez. | 200 MW, ρ = 34 kg/m³ | 200 NF ρ = 34 kg/m³ | 200 MW, ρ = 34 kg/m³ | 200 MW, ρ = 34 kg/m³ | 200 NF ρ = 34 kg/m³ | - | 200 NF ρ = 34 kg/m³ |
| - | | | | | | | | X01: 54 (3) dB | |
| FS | 1x12,5 GKF | X09: 46(7) dB | | | | | | | X03: 36 (18) dB |
| | | X11: 31(19) dB | (+30Splitt) | | | | | | |
| CD+Clip | | X07: 50(9) dB | | | | | | | |
| +Band | | | X35: 49(9) dB | | | | | | |
| DSA | 1x12,5 GKF | | X29: 45(12) dB | | | | | | |
| | 2x12,5 GKF | X21: 40(11) dB | X23: 40(11) dB | X13: 40(11) dB | X27: 43(9) dB | X25: 44(9) dB | | | X07: 32 (14) dB |
| | 2x18 GKF | | X31: 43(9) dB | | | | | | X25: 29 (15) dB |
| AMC | 2x12,5 GKF | | | | | | | | X37: 30 (10) dB |
| VF | 25+12,5 GKF | | X33: 42(9) dB | | | | | | |
| Klick-Fix | 2x12,5 GKF | | | | | | X31: 33 (18) dB | | X35: 32 (19) dB |

# Wirtschaftlichkeit / Vorfertigung

- Rohdecke inkl. Unterdecke vorfertigbar
- Unterdecke optimiert oder Beschwerung

**Irrtum Nr. 1:**

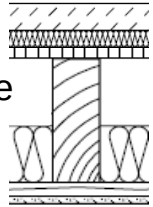
Durch die neuen Trittschallanforderungen sind keine wirtschaftlichen Deckenaufbauten mehr möglich!



$L_{n,w}$ = 39 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 50 dB

Unterdecken-Abhänger druckbelastbar

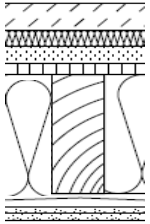
+ Dämmung
+ opt. Unterdecke



$L_{n,w}$ = 54 dB

Ausgangssituation Einfamilienhaus-decke

+ Beschwerung
+ Dämmung
+ Beplankung



$L_{n,w}$ = 43 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 49 dB

60 mm Splitt
m‘ = 90 kg/m²

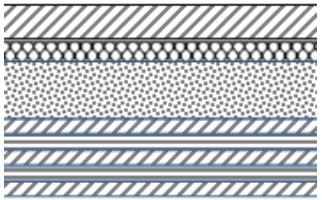
# Neue Konstruktionen – alte Irrtümer

- Massivholzdecke sichtbar, Dicke nach Statik
- Trittschalldämmplatte s‘ = 8MN/m³

**Irrtum Nr. 2:**

Trittschallschutz mit Holzdecken ist kompliziert

Bau lieber mit Beton!



| | |
|---|---|
| 50 mm | Zementestrich |
| 30 mm | Trittschalldämmplatte, s‘ ≤ 8 MN/m³ |
| 100 mm | Splitt, elastisch gebunden |
| >140 mm | Massivholzelement |

*Bauteilwerte:*

$L_{n,w}$ = 38 dB

$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 43 dB

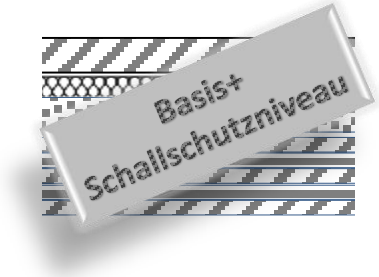
$R_w$ = 76 dB

# Unterdecken

- Massivholzdecke mit abgehängter Unterdecke
- Abhänge-Höhe 90 mm und 180 mm

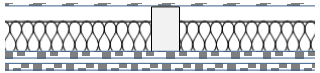
**Irrtum Nr. 3:**

Mit einer abgehängten Unterdecke wird der Schallschutz immer besser



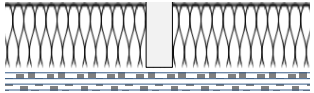

50 mm Zementestrich
30 mm Trittschalldämmplatte, s' ≤ 8 MN/m³
60 mm Splitt, elastisch gebunden
>140 mm Massivholzelement

$L_{n,w}$ = 40 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 48 dB
$R_w$ = 73 dB



zusätzlich:
90 mm Abhänger + 75 mm MW
2 x 12,5 mm GKF

$L_{n,w}$ = 24 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 53 dB



zusätzlich:
180 mm Abhänger + 120 mm MW
2 x 12,5 mm GKF

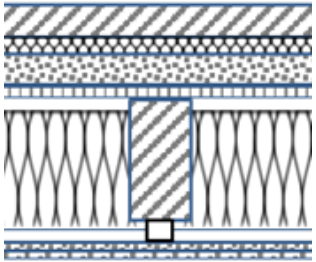
$L_{n,w}$ = 23 dB
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 49 dB

# NawaRo Dämmstoffe

- Holzfaser Trittschalldämmplatte
- Jutefaserdämmstoff im Balkenzwischenraum

**Irrtum Nr. 3:**

Guter Trittschallschutz ist nur mit Mineralfaser-Trittschalldämmplatten möglich!



| | |
|---|---|
| 50 mm | Zementestrich |
| 30 mm | Holzfaser-Trittschalldämmplatte, s` ≤ 30 MN/m³ |
| 60 mm | Schüttung[1)], m` = 90 kg/m² |
| 22 mm | Holzwerkstoffplatte |
| 220 mm | Balken + 200 mm Jutefasermatten |
| ≥ 27 mm | Abhängung[3)] |
| 12,5 mm | GKF, m` = 10 kg/m² |
| 12,5 mm | GKF, m` = 10 kg/m² |

*Bauteilwerte:*

$L_{n,w}$ = 32 dB

$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 46 dB

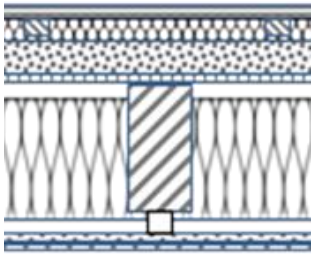
$R_w$ = 82 dB

Komfort Schallschutzniveau

[1)] Kalksplitt in Pappwaben, Splittschüttung mit Latexmilch, Splittschüttung im Lattenraster
[3)] U-Direktabhänger, schallentkoppelt, Klick fix Direktbefestiger, schallentkoppelt, Federschiene

# NawaRo Dämmstoffe

- Dielenboden auf Holzfaser Trittschalldämmplatte
- Jutefaserdämmstoff im Balkenzwischenraum



| | |
|---|---|
| 24 mm | Dielenboden, Nut- und Federverbindung |
| 40 mm | Holzfaser-Trittschalldämmplatte mit Verlegeleisten |
| 60 mm | Schüttung[1)], m‘ = 90 kg/m² |
| 22 mm | Holzwerkstoffplatte |
| 220 mm | Balken + 200 mm Hohlraumdämpfung[2)] |
| ≥ 27 mm | Abhängung[3)] |
| 12,5 mm | GKF, m‘ = 10 kg/m² |
| 12,5 mm | GKF, m‘ = 10 kg/m² |

*Bauteilwerte:*

$L_{n,w}$ = 34 dB

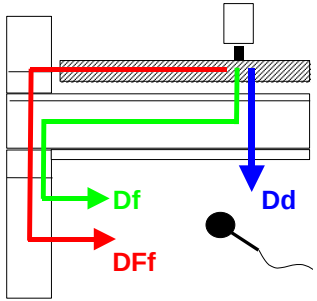
$L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ = 50 dB

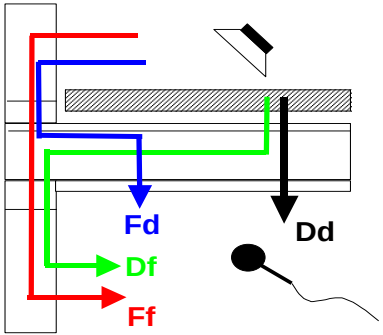
$R_w$ = 78 dB

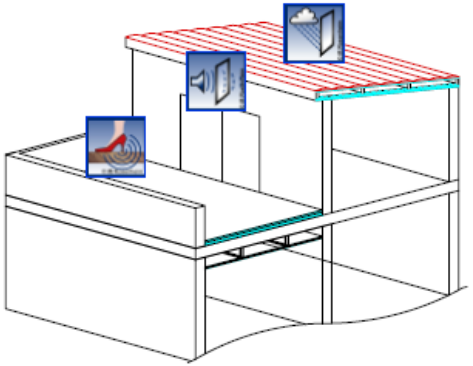
[1)] Kalksplitt in Pappwaben, Splittschüttung mit Latexmilch, Splittschüttung im Lattenraster
[3)] U-Direktabhänger, schallentkoppelt, Klick fix Direktbefestiger, schallentkoppelt, Federschiene

# Inhalte

- DIN 4109, Anforderungen und Zielwerte
- Ergänzungsdaten für Holzdecken
- **Auslegung der Unterdecke**
- Zusammenfassung

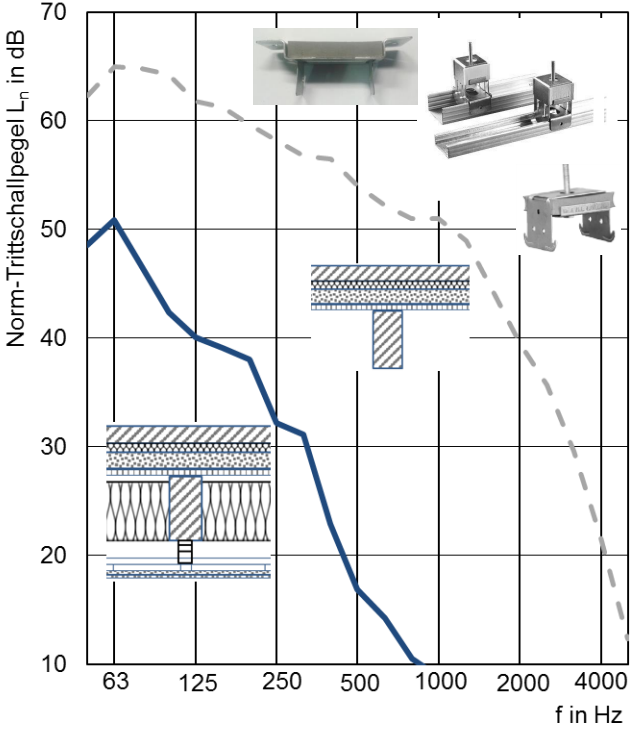


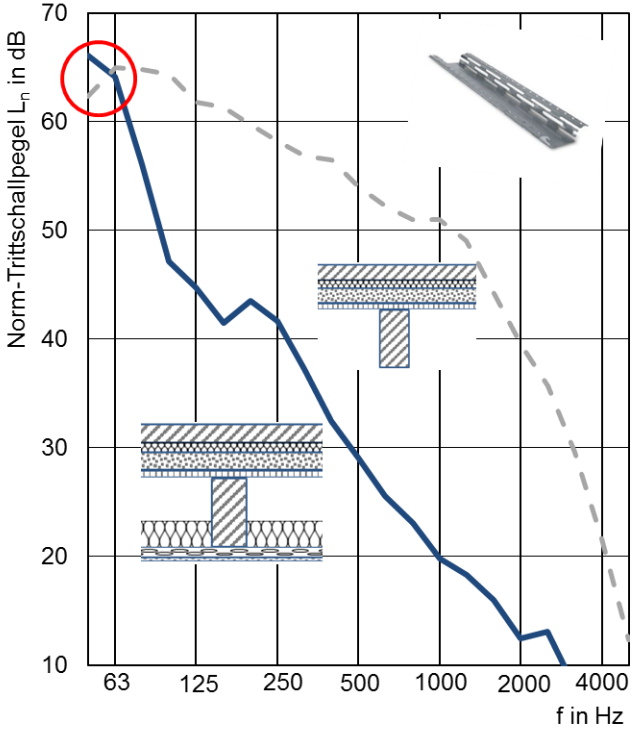



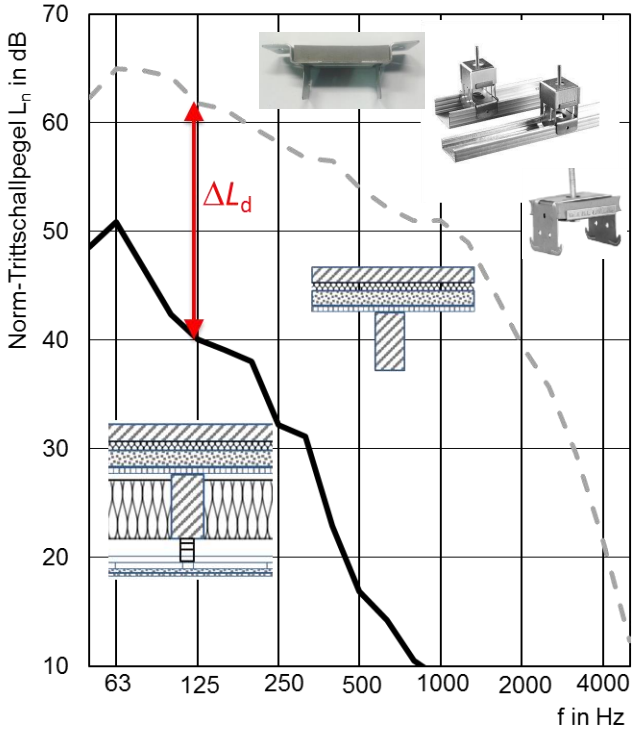
# Motivation

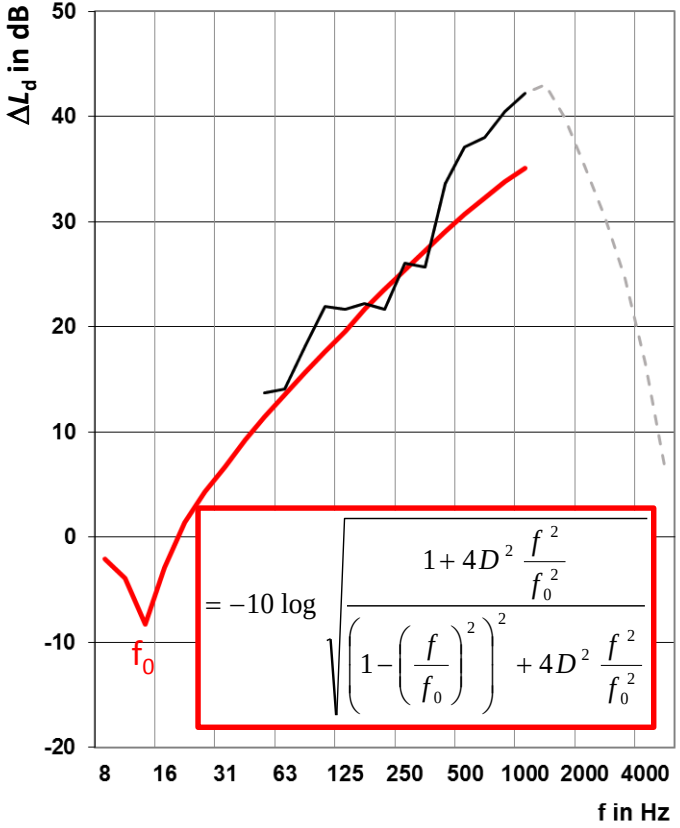
- Einfluss der Unterdecke auf den Norm-Trittschallpegel



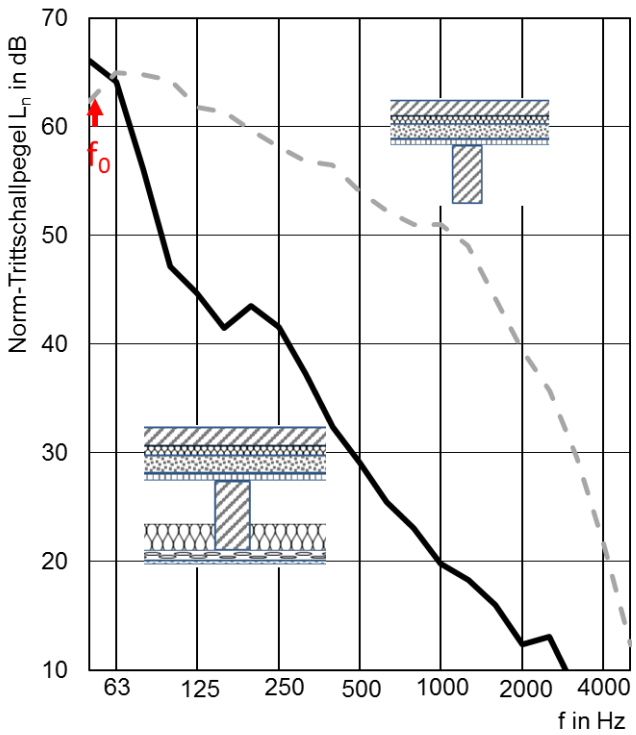



# Verbesserung durch die Unterdecke



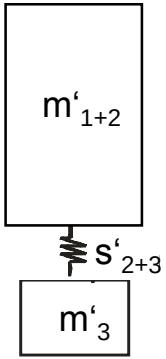



# Masse – Feder – Masse Resonanz




System:

- → Estrich: Masse m‘$_1$
- → Dämmplatte: Feder s‘$_1$
- → Rohdecke: Masse m‘$_2$
- → Luftschicht: Feder s‘$_2$
- → Abhänger: Feder s‘$_3$
- → Unterdecke: Masse m‘$_3$

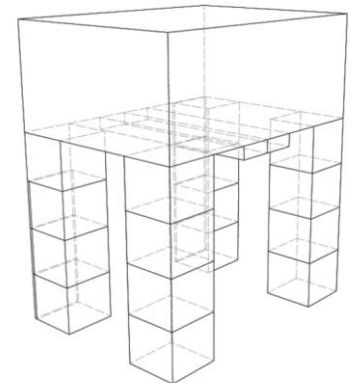


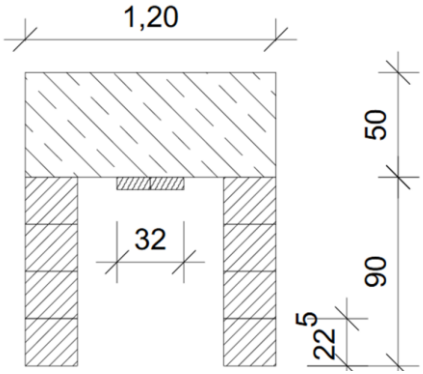

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{s'_{2+3}\left(\frac{1}{m'_{1+2}}\right) + \left(\frac{1}{m'_3}\right)}$$

$$s'_{2+3} = s'_2 + s'_3 \quad \begin{cases} s'_2 = \dfrac{0{,}11 \cdot 10^6\ N/m^2}{d} \\ s'_3 = ? \end{cases}$$

# Messung der Eigenfrequenz des Abhängers [Benjamin Schödel]:

- Prüstand zur Messung der dynamischen Steifigkeit
- Montage an der Unterseite: 4 Abhänger + Stahlplatten
- Anregung durch Shaker, Messung der Eigenfrequenz $f_0$
- Auswertung: Eigenfrequenz $f_0$ in Abhängigkeit der Belastung pro Abhänger





# Optimierungskriterien:

- Masse-Feder-Masse Resonanz $f_0$ soll durch $s'_{Abhänger}$ nicht maßgeblich erhöht werden $\Rightarrow s'_{Abhänger} < s'_{Luftschicht}$
  $\Rightarrow f_{0,Abhänger} < f_{0,Luftschicht}$

- Reduzierung der Trittschallübertragung:
  $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500} \Rightarrow f_0 << 50$ Hz

- Gebrauchstauglichkeit / Schwingungsnachweis $\Rightarrow f_0 > 10$ Hz

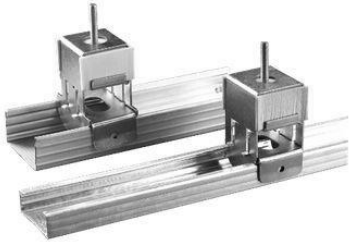
- Beurteilungskriterien:

| | | |
|---|---|---|
| $f_{0,Abhänger}$ | > 30 Hz | kritisch für tieffrequente Trittschallübertragung |
| $f_{0,Abhänger}$ | 20 Hz - 30 Hz | gute Entkopplung |
| $f_{0,Abhänger}$ | 10 Hz - 20 Hz | sehr gute Entkopplung |
| $f_{0,Abhänger}$ | < 10 Hz | zu nahe an der Eigenfrequenz der Decke |

# Übersicht der untersuchten Abhänger-Typen

**„Metallprofile“**

- Federschiene
- Federbügel
- Befestigungsclip



**„Elastomerlager“**

- AMC Akustik
- Regufoam QH.F
- Knauf VF8

**„Gummiformteile“**

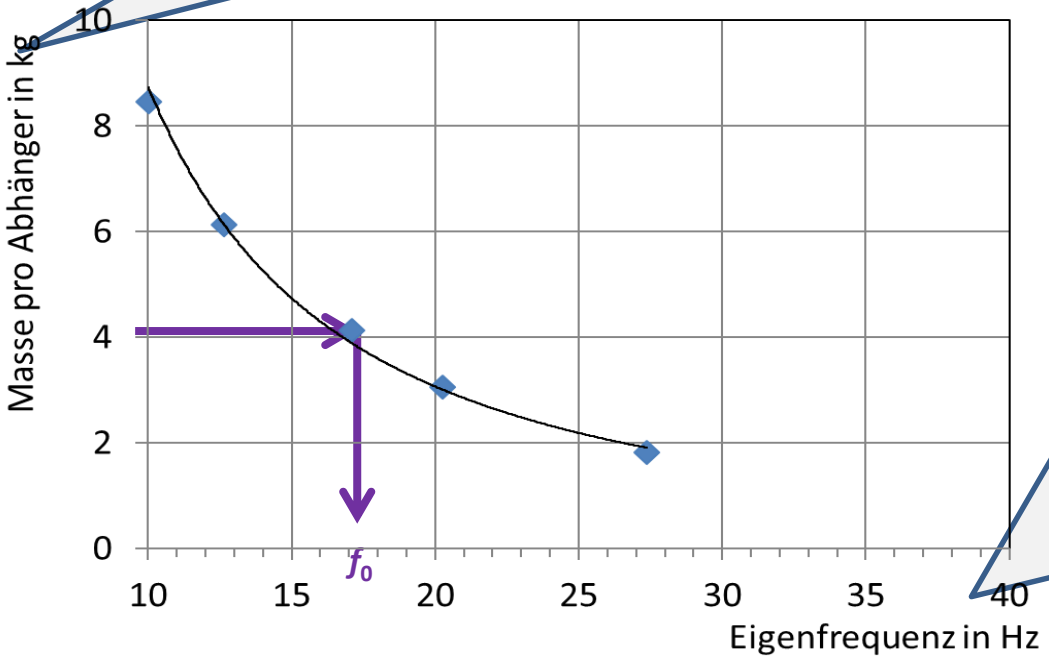
- Direktschwingabhänger
- Direktabhänger
- KlickFix, schallentkoppelt

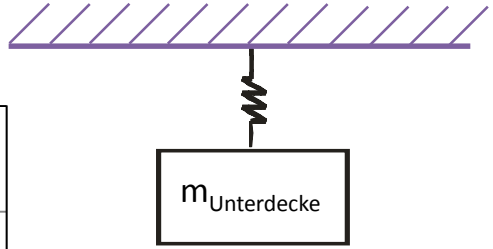
# Auslegung der Unterdecke



## Auswertung

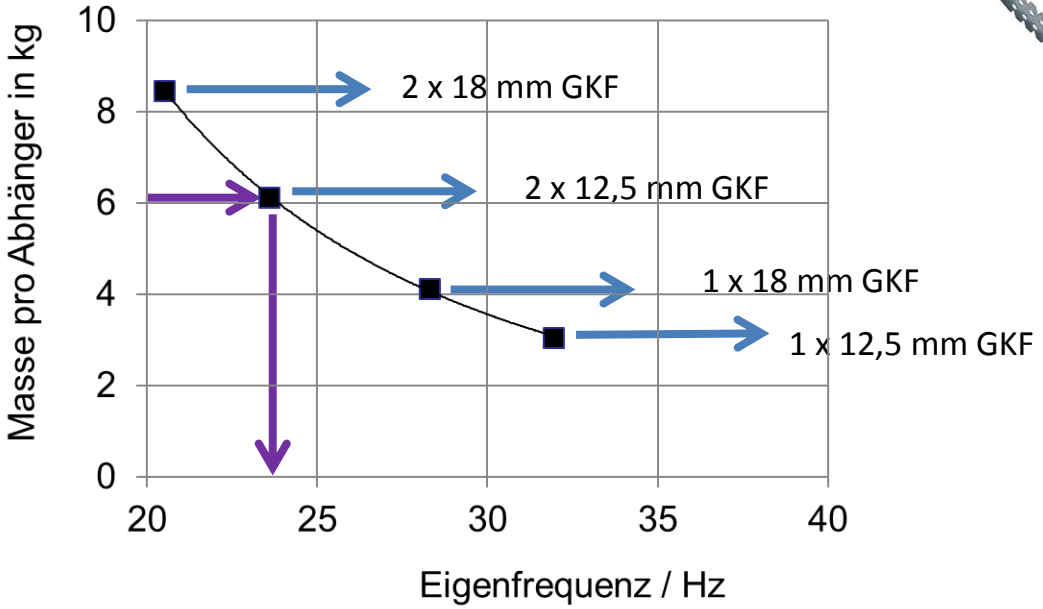
$$Masse\ pro\ Abhänger = \frac{Gesamtmasse\ der\ Unterdecke}{Anzahl\ der\ Abhänger}$$



Messung der Eigenfrequenz $f_0$

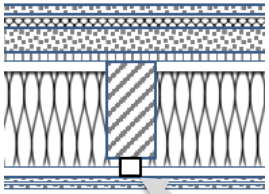
# Direktabhänger mit Gummiformteil



# Auslegung der Unterdecke



## Trockenestrich

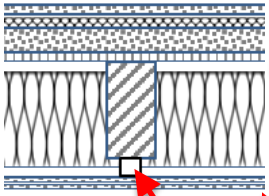


25 mm Gipsfaser Element
30 mm Holzfaser-Trittschalldämmplatte, WF DES-sg, s‘ ≤ 30 MN/m³
30 mm Kalksplitt, m‘ = 45 kg/m²
22 mm Holzwerkstoffplatte, OSB
220 mm Balken + 200 mm NawaRo-Dämmstoff, ρ = 34 kg/m³
30 - 60 mm Abhänger (Federschiene, Direktschwingabhänger, Klick fix)
2x12,5 mm GKF, m‘ = 2 x 10 kg/m²

# Auslegung der Unterdecke

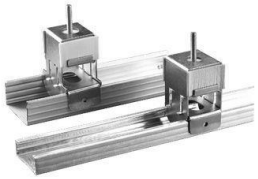


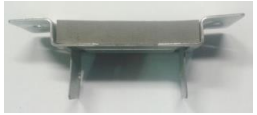
## Trockenestrich



| | $R_w$ | $L_{n,w}$ |
|---|---|---|
| 30 mm Splitt | 79 … 80 dB | 37 … 38 dB |

## Zusatzmaßnahmen



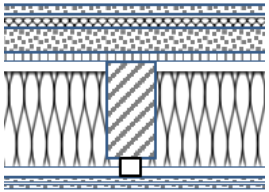


| | $R_w$ | $L_{n,w}$ |
|---|---|---|
| 60 mm Splitt | 79 … 81 dB | 33 … 35 dB |
| 2x18 mm GKF | 80 dB | 34 dB |
| Opt. Abhänger | 81 dB | 34 dB |

# Auslegung der Unterdecke

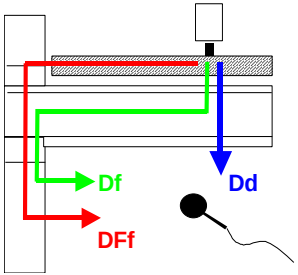


## Trockenestrich



| | $R_w$ | $L_{n,w}$ | $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ |
|---|---|---|---|
| 30 mm Splitt | 79 … 80 dB | 37 … 38 dB | 52 … 55 dB |
| 60 mm Splitt | 79 … 81 dB | 33 … 35 dB | 48 … 53 dB |
| 2x18 mm GKF | 80 dB | 34 dB | 49 dB |
| Opt. Abhänger | 81 dB | 34 dB | **45 dB** |

## Prognose Bauwert



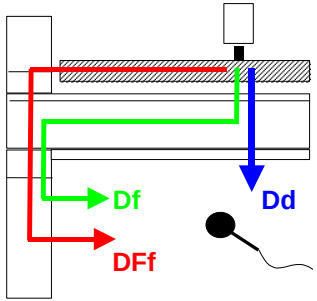

| | $L'_{n,w}$ |
|---|---|
| 30 mm Splitt | 45 ± 3 dB |
| 60 mm Splitt | 43 ± 3 dB |
| 2x18 mm GKF | 43 ± 3 dB |
| Opt. Abhänger | 43 ± 3 dB |

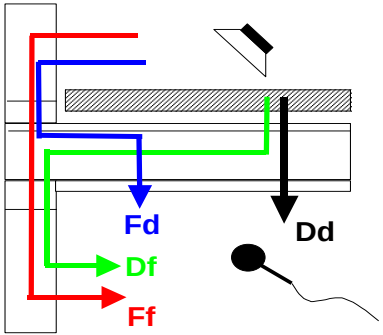
Flankierende Wände
in **Holzständerbauweise**
raumseitige Beplankung:
**Holzwerkstoffplatte + GK**

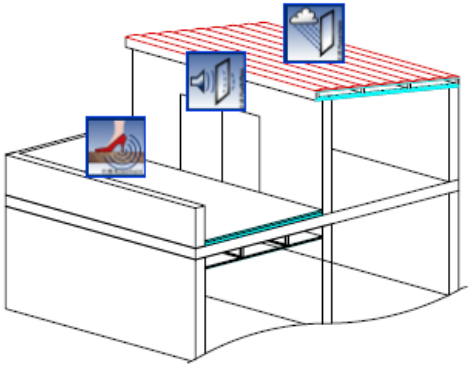
… mit Trockenstrich und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen!

# Inhalte

- DIN 4109, Anforderungen und Zielwerte
- Ergänzungsdaten für Holzdecken
- Auslegung der Unterdecke
- **Zusammenfassung**



# Zusammenfassung

- Mindestanforderungen nach DIN 4109 und sinnvolle Zielwerte für den erhöhten Schallschutz

- Ausführung von Trenndecken auch für den erhöhten Schallschutz wirtschaftlich möglich

- Die richtige Auslegung und Ausführung der Unterdecke spielt eine zentrale Rolle. Unterdeckenabhänger zeigen großes Optimierungspotential.

- Planungsdaten und -hilfen:
  holzbau handbuch | REIHE 3 | TEIL 3 | FOLGE 1
  Schallschutz im Holzbau
  https://informationsdienst-holz.de/publikationen/