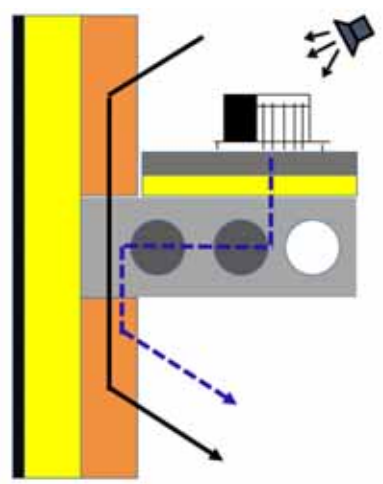


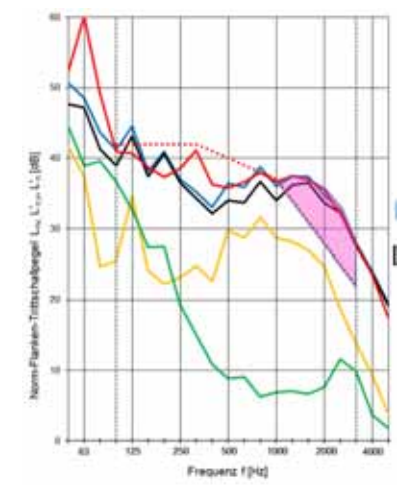
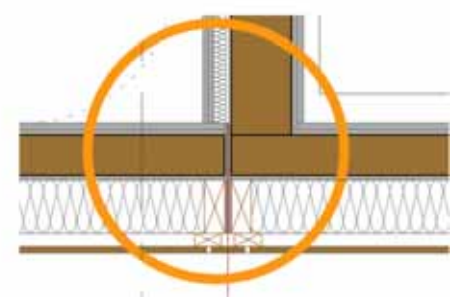
Hoher Schallschutz mit Hybridbauten

Martin Schneider

Hochschule für Technik Stuttgart



Hochschule
für Technik
Stuttgart



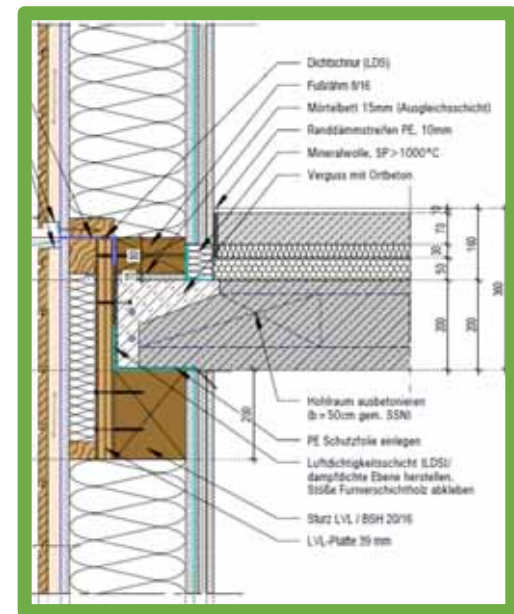
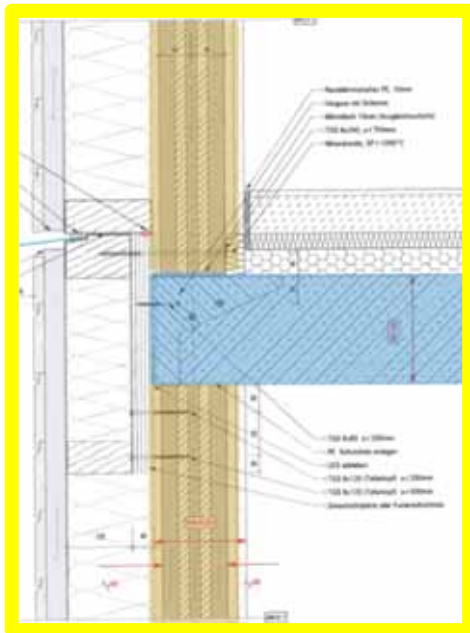
10. BauphysikerInnen-Treffen, Wien 05.10.2023

Motivation

Hybridbauten aus tragenden **Brettsperrholzwänden** oder **Holzständerwänden** und Stahlbetondecken können kostengünstig und schnell errichtet werden

Bislang allerdings liegen wenig Erfahrungen zur Flankenschalldämmung vor:

Untersucht wurde die flankierende Übertragung in zwei ausgeführten Bauvorhaben



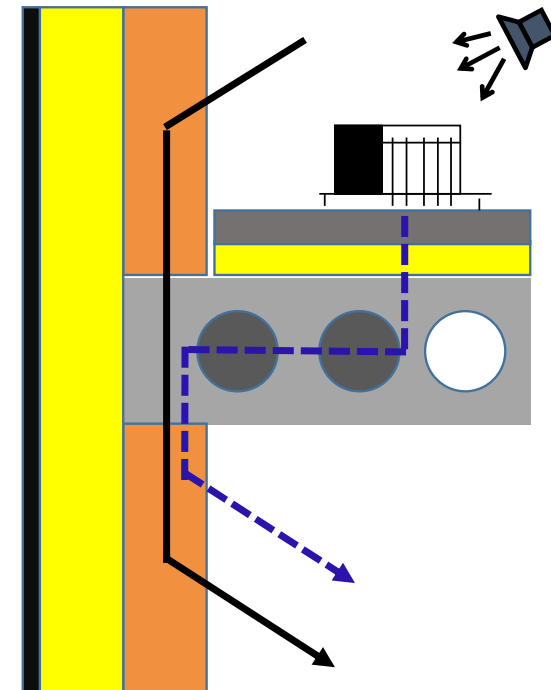
Motivation

Schallübertragung: Brettsperrholz- / Holzständerwand über Stahlbeton-Hohlkörperdecke

Luftschall

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{l_0 l_f} \right)$$

$$D_{n,f,w} = ?$$



Trittschall

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$L_{nf,w} = ?$$

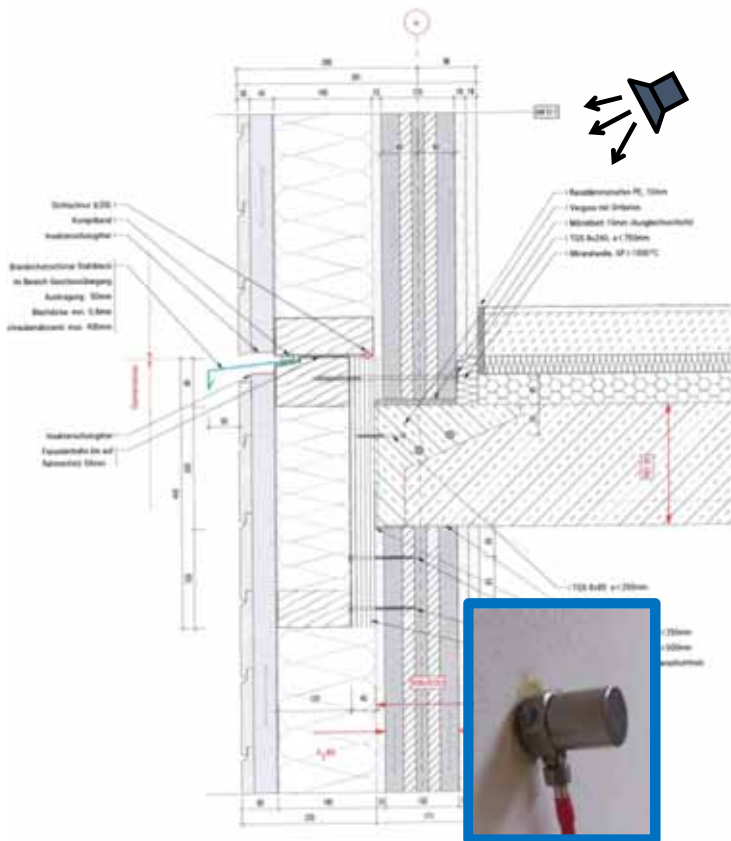
Vergleich Messung und Rechnung:

Luft- und Trittschalldämmung, Flankenschallpegel, Stoßstellendämm-Maß

Inhalt

1. Motivation
2. Messtechnik
3. Gebäude 1: **Brettsperrholzwände**,
 - Messergebnisse: Bau-Schalldämm-Maße, Flankenschalldämm-Maße, Normtrittschallpegel, Flankentrittschallpegel, Stoßstellendämm-Maße
4. Gebäude 2: **Holzständerwände**,
 - Messergebnisse: Bau-Schalldämm-Maße, ...
5. Zusammenfassung

Körperschallmesstechnik Luftschall



$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S_{tr}}{A}$$

$$L_w = L_v - 10 \lg \sigma + 10 \lg S$$

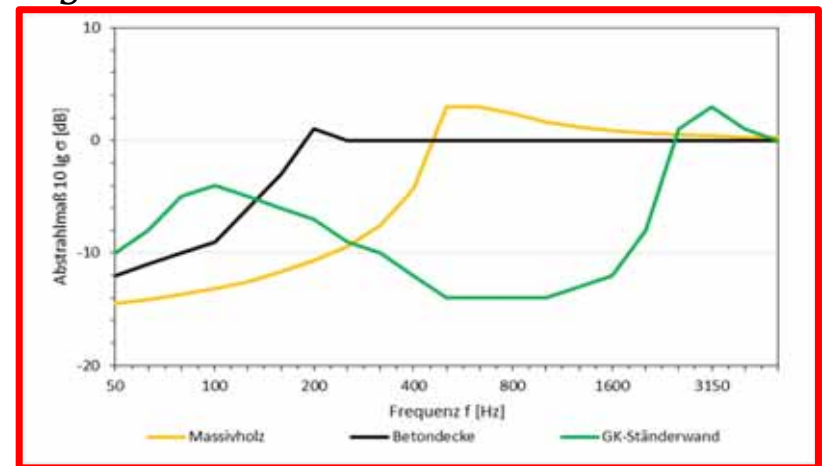
$$L_2 = L_w - 10 \lg A + 6 \text{ dB}$$

$$L_2 = L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg S - 10 \lg A + 6 \text{ dB}$$

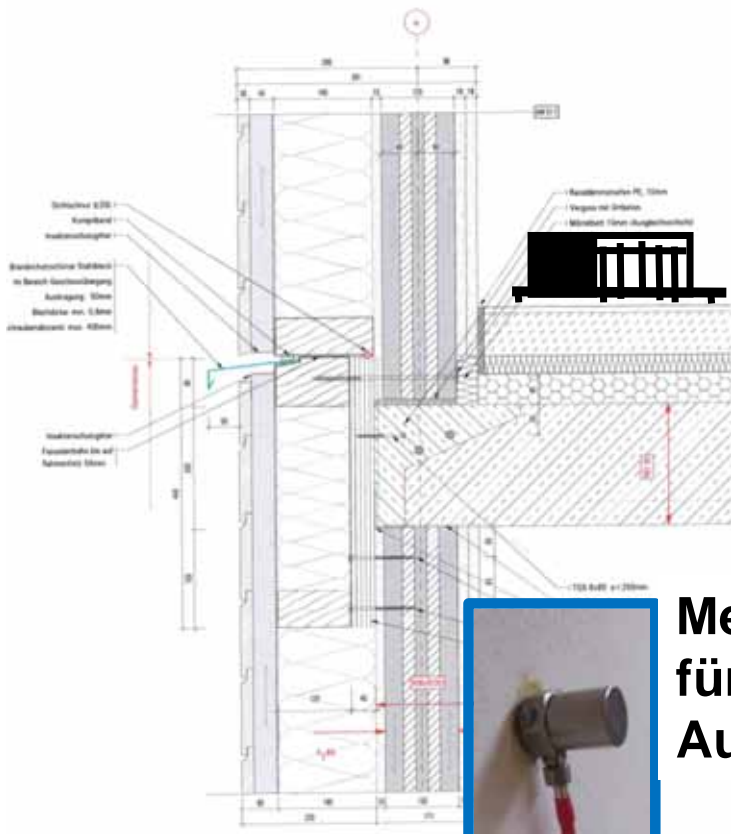
$$R_v = L_1 - (L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg S - 10 \lg A + 6 \text{ dB}) + 10 \lg \frac{S_{tr}}{A}$$

$$R_v = L_1 - L_v - 10 \lg \sigma + 10 \lg \frac{S_{tr}}{S} - 6 \text{ dB}$$

$$R'_v = -10 * \log \sum_{i=1}^n 10^{-\frac{R_{v,i}}{10}}$$



Körperschallmesstechnik Trittschall



$$L_n = L_2 + 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

$$L_w = L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg S$$

$$L_2 = L_w - 10 \lg A + 6 \text{ dB}$$

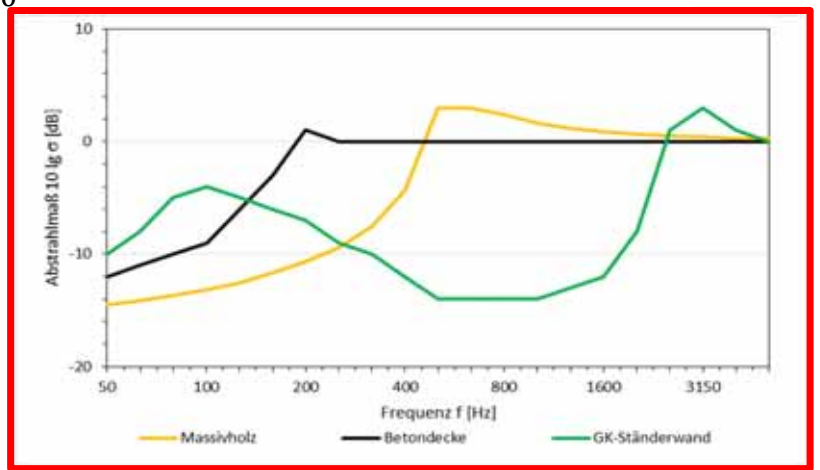
$$L_2 = L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg S - 10 \lg A + 6 \text{ dB}$$

$$L_{n,v} = (L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg S - 10 \lg A + 6 \text{ dB}) + 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

$$L_{n,v} = L_v + 10 \lg \sigma + 10 \lg \frac{S}{A_0} + 6 \text{ dB}$$

Messtechnik geeignet für alle Baumaessungen? Aufwand?

$$L'_{n,v} = 10 * \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{n,v,i}}{10}}$$



Baubeschreibung I

Treppenhaukern mit Aufzug: Stahlbeton

Wohnungstrenndecke:

200 mm Stahlbeton-Hohlkörper ($m' = 330 \text{ kg/m}^2$) mit schw. Estrich $s' = 7 \text{ MN/m}^3$

Außenwand

180 mm **Brettsperreholzelemente**; einseitig mit 2 x 18 mm GKF-Platten beplankt;
160 mm Mineralwolle-Wärmedämmung mit Konterlattung und Holzverschalung

Wohnungstrennwand:

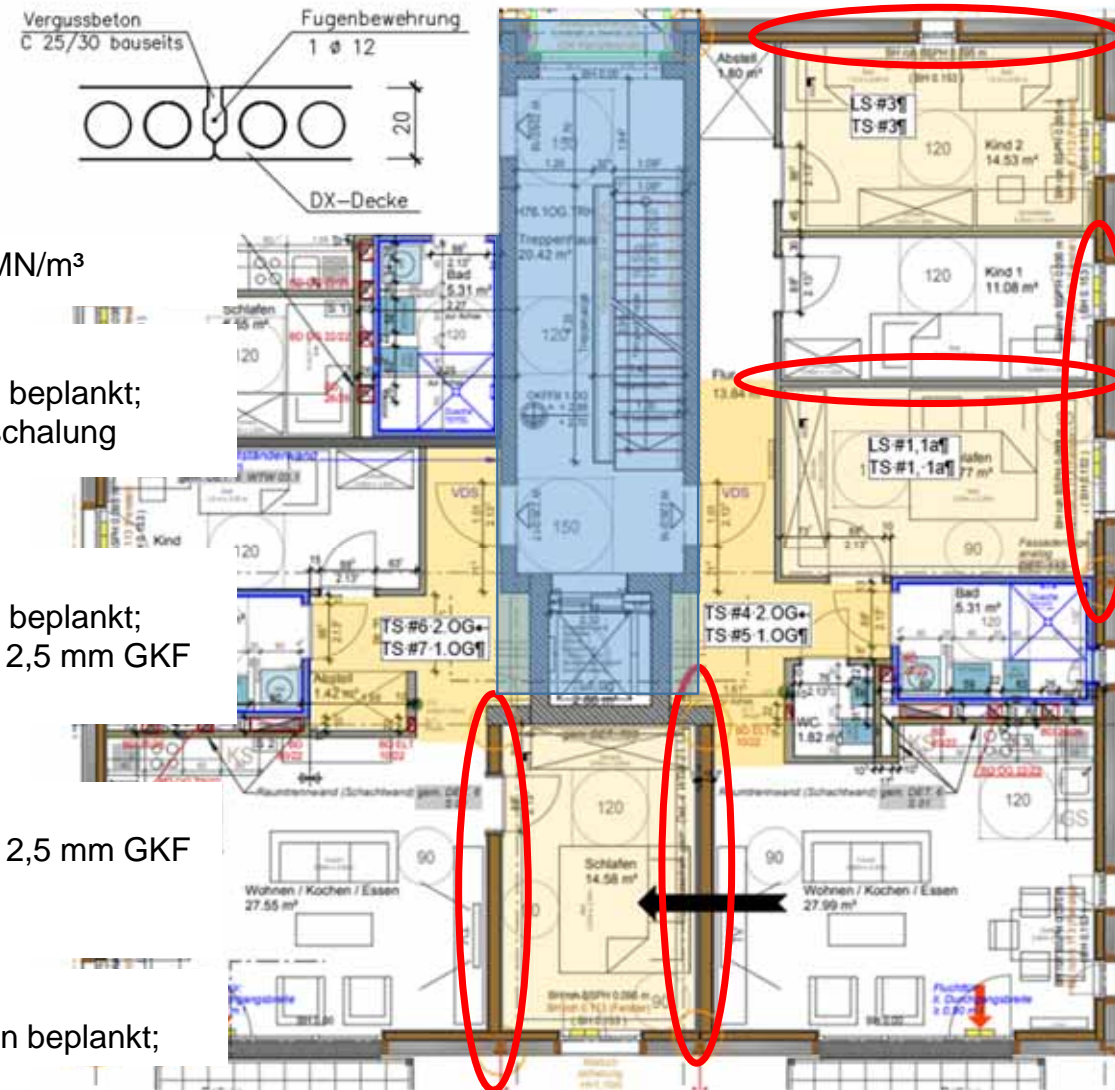
180 mm **Brettsperreholzelemente**; einseitig mit 2 x 18 mm GKF-Platten beplankt;
mit freistehender Vorsatzschale Metallständer CW 50 mit 2 x 12,5 mm GKF

Innenwände nichttragend:

50 mm Metallständer CW 50, mit 40 mm Mineralwolle, beidseitig 2 x 12,5 mm GKF

Innenwände tragend:

180 mm **Brettsperreholzelemente**; beidseitig mit 2 x 18 mm GKF-Platten beplankt;



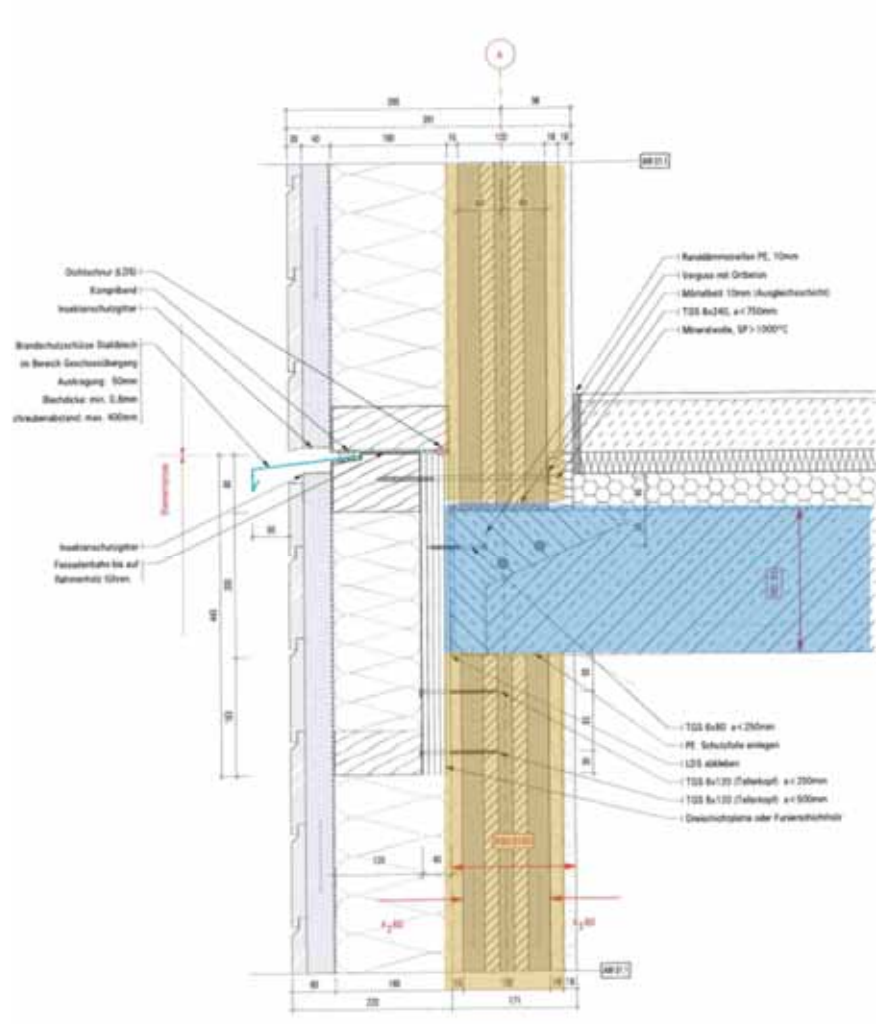
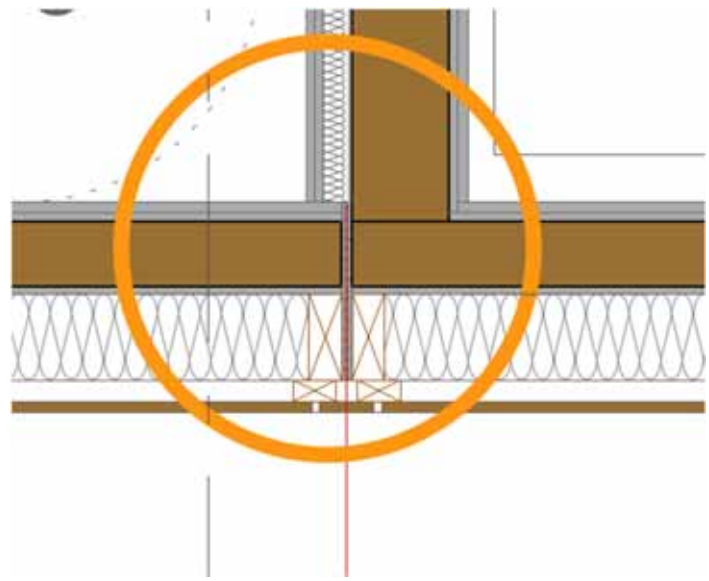
Stoßstellenkonstruktion

Wohnungstrenndecke – Außenwand

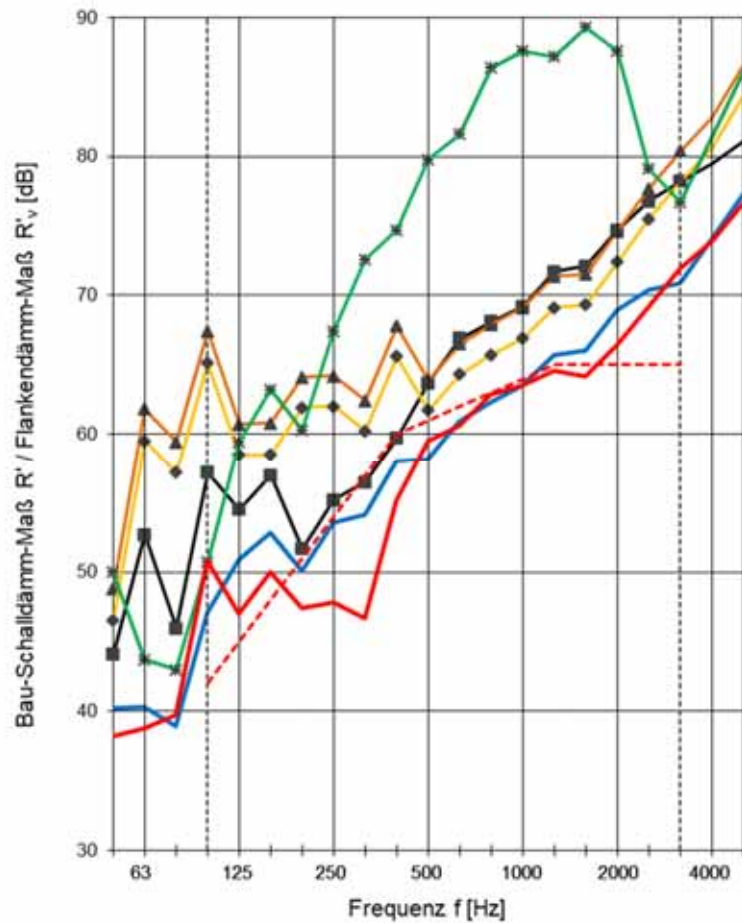
Brettsperrholzwände durch Stahlbetondecke unterbrochen

Wohnungstrennwand – Außenwand

Brettsperrholz-Außenwand im Bereich der Vorsatzschale unterbrochen



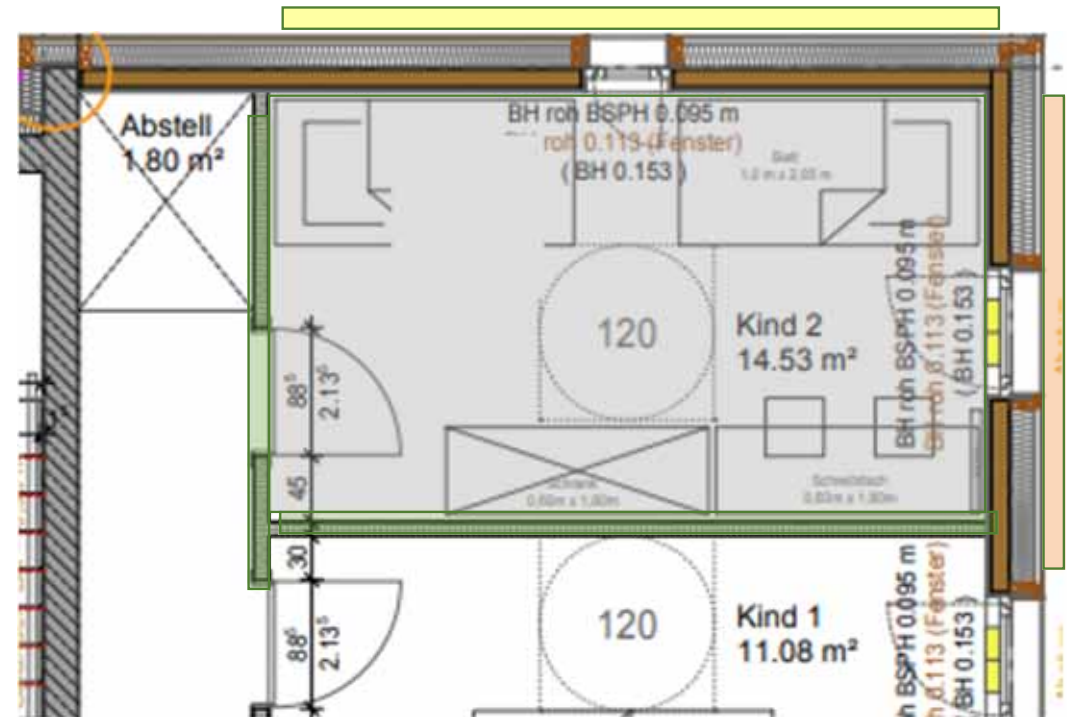
Messergebnisse Luftschalldämmung Decke



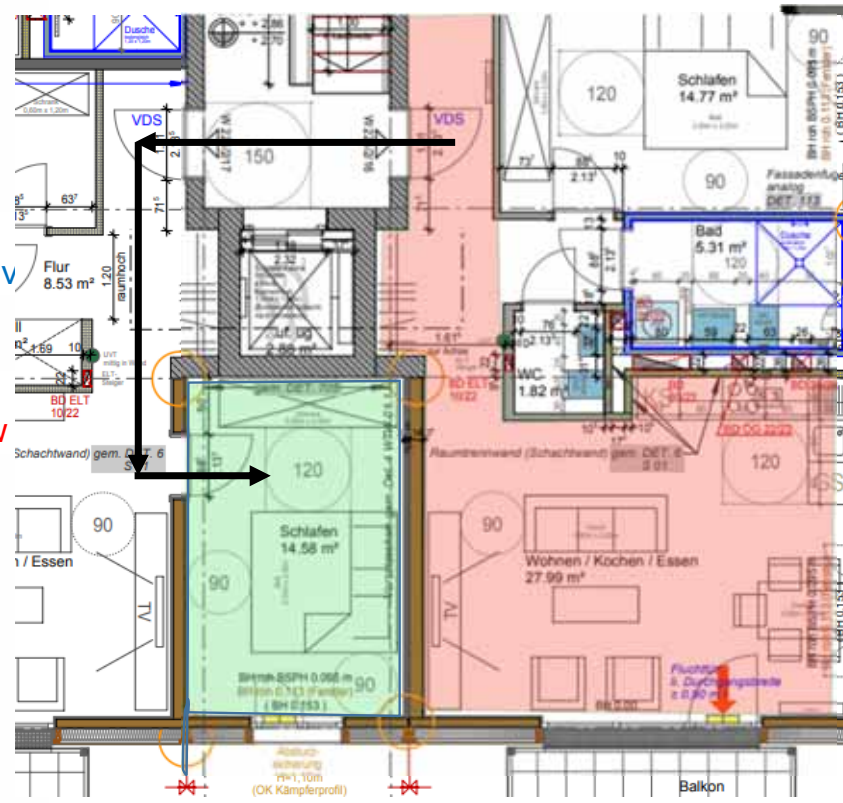
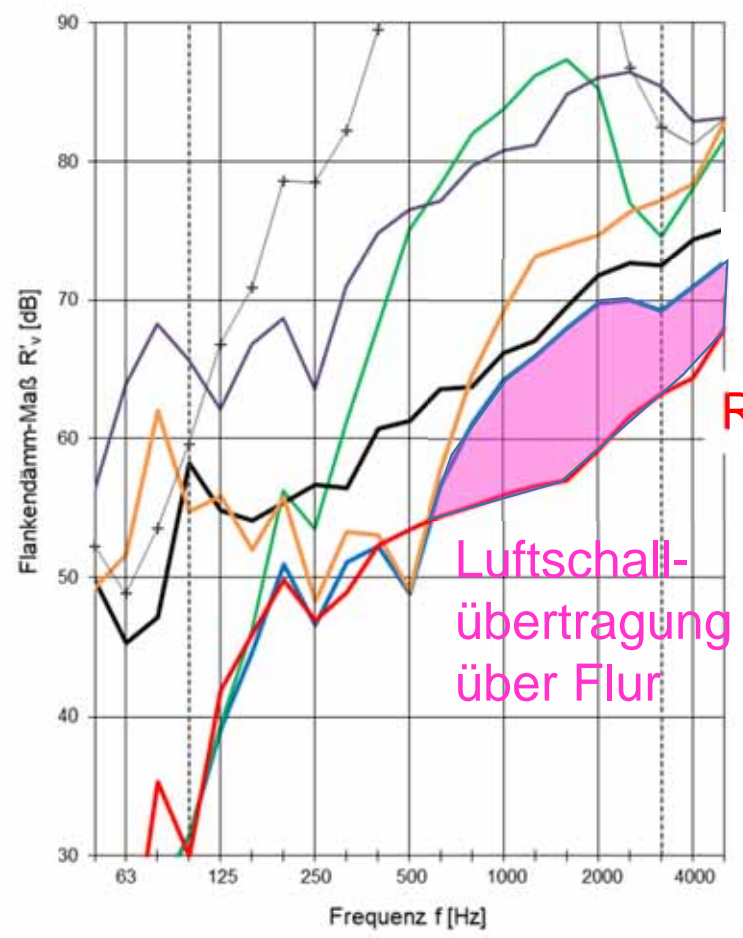
$$R'_{w,w} = 61,2 \text{ dB}$$

$$R'_{v,w} = 63,2 \text{ dB}$$

$$D_{nT,w} = 60,0 \text{ dB}$$



Messergebnisse Luftschalldämmung Trennwand

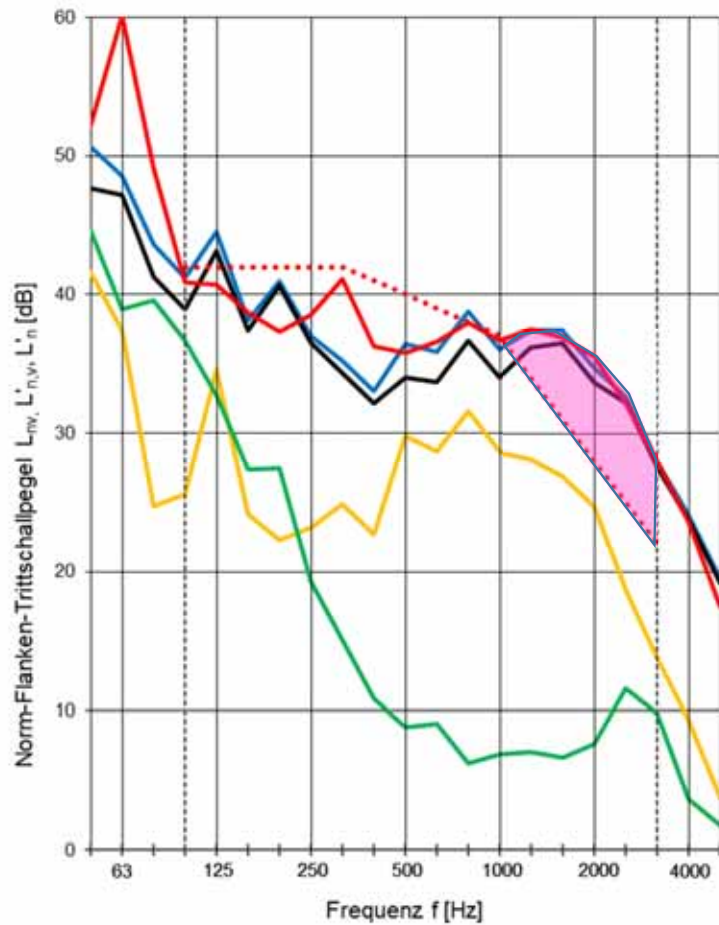


$R'_w = 55,9 \text{ dB}$

$D_{nT,w} = 55,8 \text{ dB}$



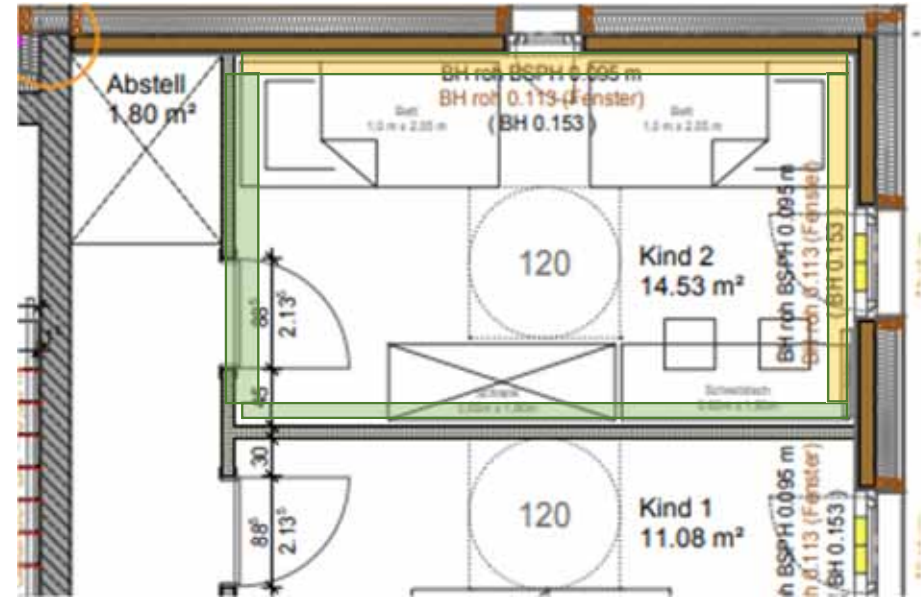
Messergebnisse Trittschalldämmung



L'_n
 $L'_{v,n}$
 Decke

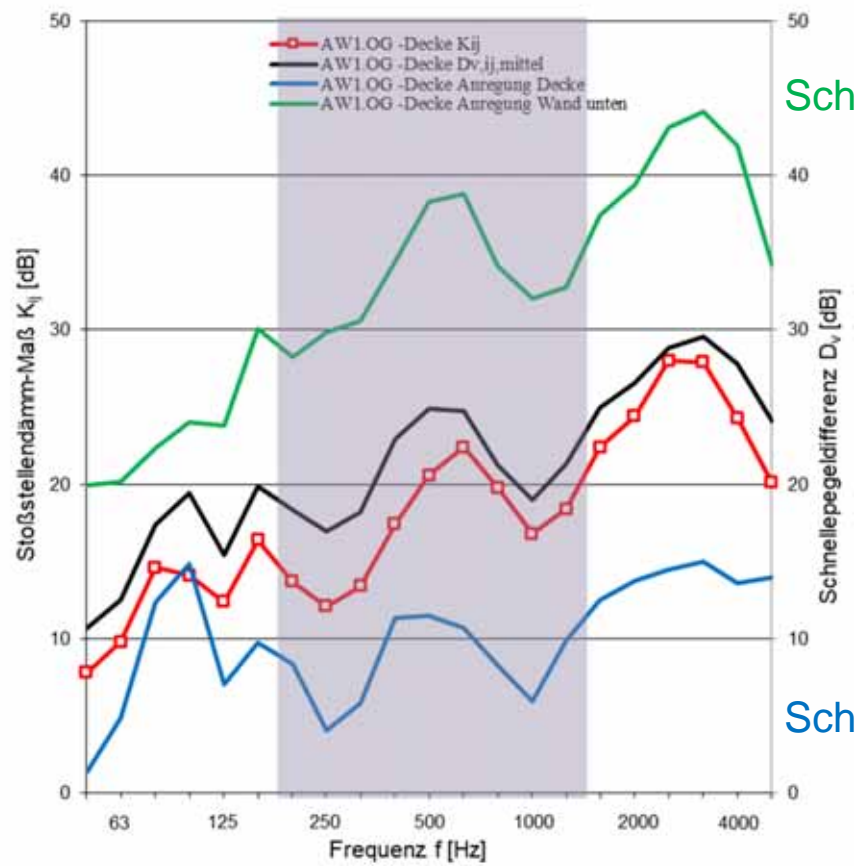
AW Überschreitung der Bezugskurve: Decke (+AW)

IW
 $L'_{n,w} = 40 \text{ dB}; L'_{n,w} + C_{l,50-2500} = 46 \text{ dB}$



Stoßstellendämm-Maße

T-Stoß AW - Decke



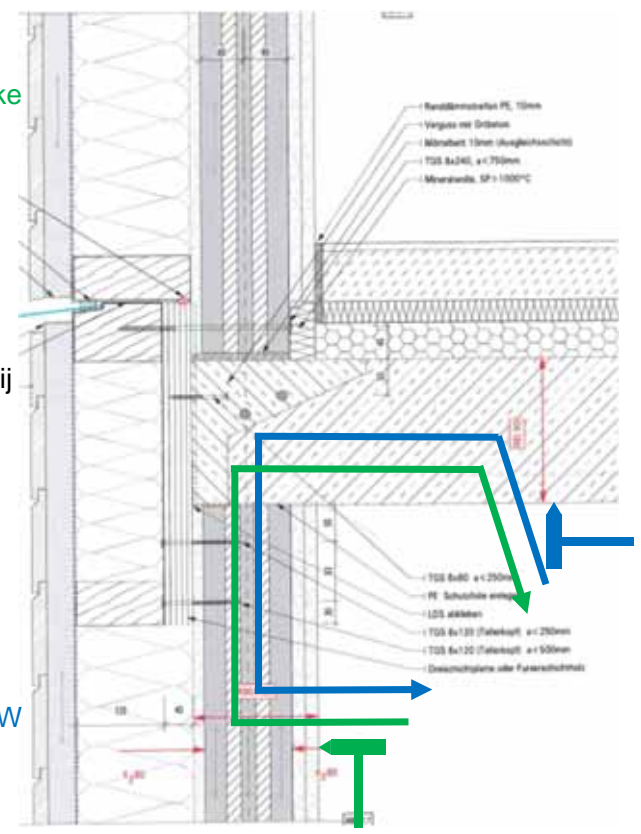
Schnellepegeldifferenz $D_{v,AW-Decke}$

Richtungsgemittelte
Schnellepegeldifferenz $D_{v,ij}$

Stoßstellendämm-Maß
 $K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg(l_{ij}/(a_i a_j))$

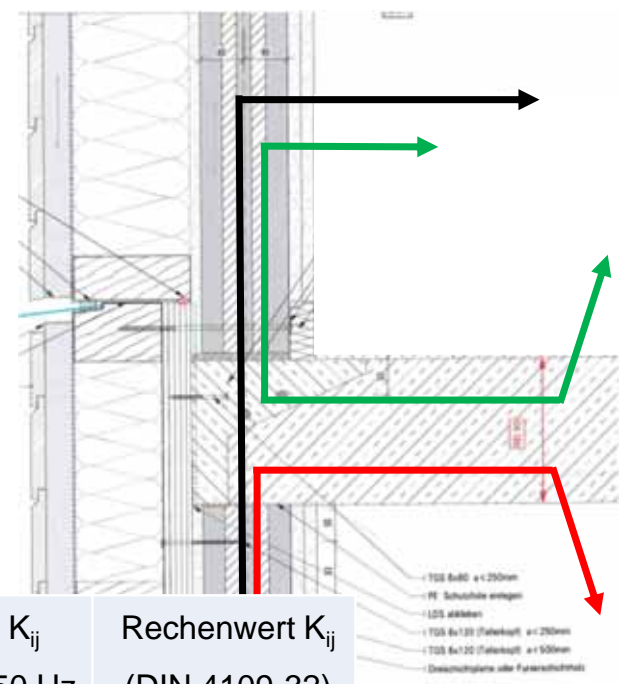
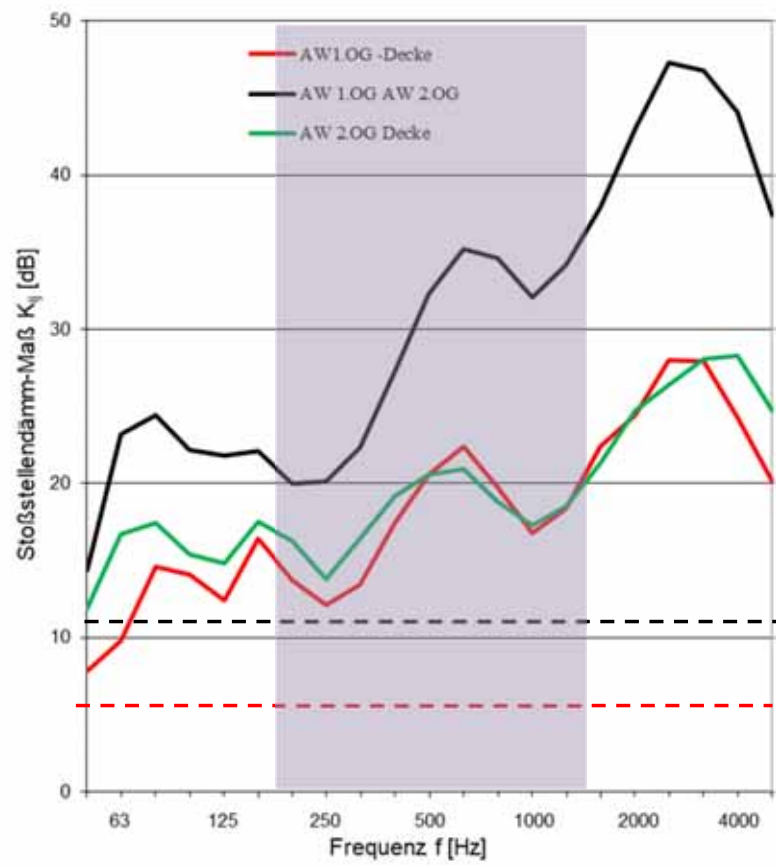
$K_{ij 200-1250\text{Hz}} = 17.2 \text{ dB}$

Schnellepegeldifferenz $D_{v,Decke-AW}$



Stoßstellendämm-Maße

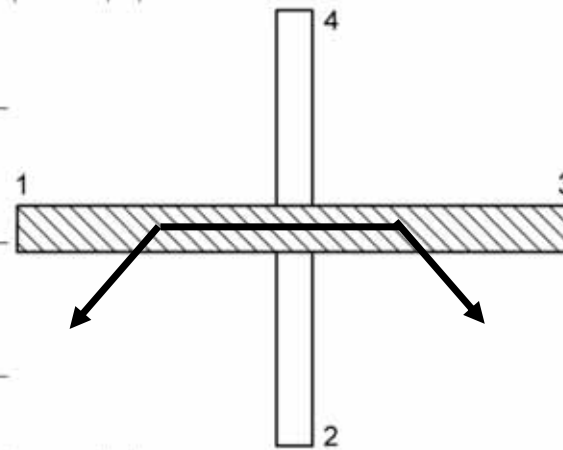
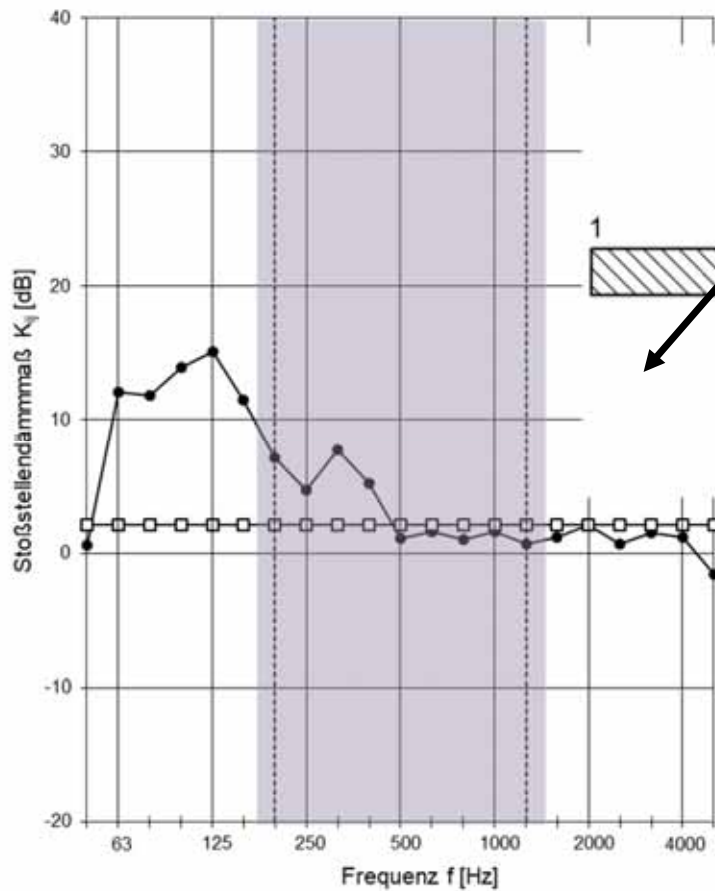
T-Stoß AW - Decke



		Messwert K_{ij} 200 Hz - 1250 Hz	Rechenwert K_{ij} (DIN 4109-32)
AW 2.OG	Decke	18.0 dB	6,9 dB
AW 1.OG	AW 2.OG	28.7 dB	13,3 dB
AW 1.OG	Decke	17.2 dB	6,9 dB

Stoßstellendämm-Maße

X-Stoß TW (Massivholz $m' = 116 \text{ kg/m}^2$) – Stahlbetonhohldecke ($m' = 330 \text{ kg/m}^2$)



$$K_{ij} = 3,4 \text{ dB}$$

$$K_{ij, \text{rech}} = 2,1 \text{ dB}$$

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg\left(\frac{S_s}{l_0 l_f}\right)$$

$$R_{ij,w} = 55,8 \text{ dB} + 0 \text{ dB} + 3,4 \text{ dB} + 5,9 \text{ dB} = 65,1 \text{ dB}$$

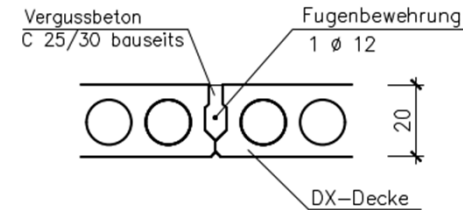
$$\text{Messung: } R_{v,ij,w} = 66,0 \text{ dB}$$

Baubeschreibung Haus II

Treppenhaukern mit Aufzug: Stahlbeton

Wohnungstrenndecke:

200 mm Stahlbeton-Hohlkörper ($m' = 330 \text{ kg/m}^2$) mit schw. Estrich



Außenwand

Holzverschalung auf Traglattung

260 mm **Holzständerkonstruktion**; MiWo, beidseitig 18 mm GF-Platten

27 mm Federschiene MiWo

15 mm GF-Platte;

Wohnungstrennwand:

2 x 12,5 mm GKF

2 x 50 mm **Metallständer** CW 50, mit 2 x 40 mm Mineralwolle, d = 5 mm

2 x 12,5 mm GKF

Innenwände nichttragend:

2 x 12,5 mm GKB

50 mm **Metallständer** CW 50, mit 40 mm Mineralwolle, mm

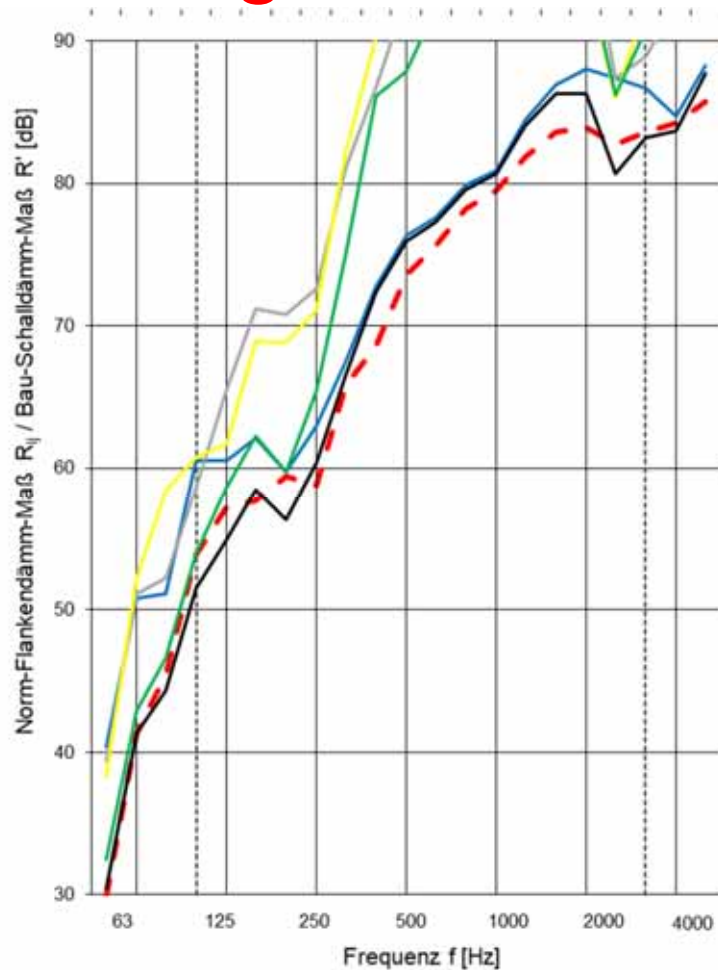
2 x 12,5 mm GKB

Innenwände tragend:

250 mm **Beton**;



Messergebnisse Luftschalldämmung Decke



$$R'_w = 74 \text{ dB}$$

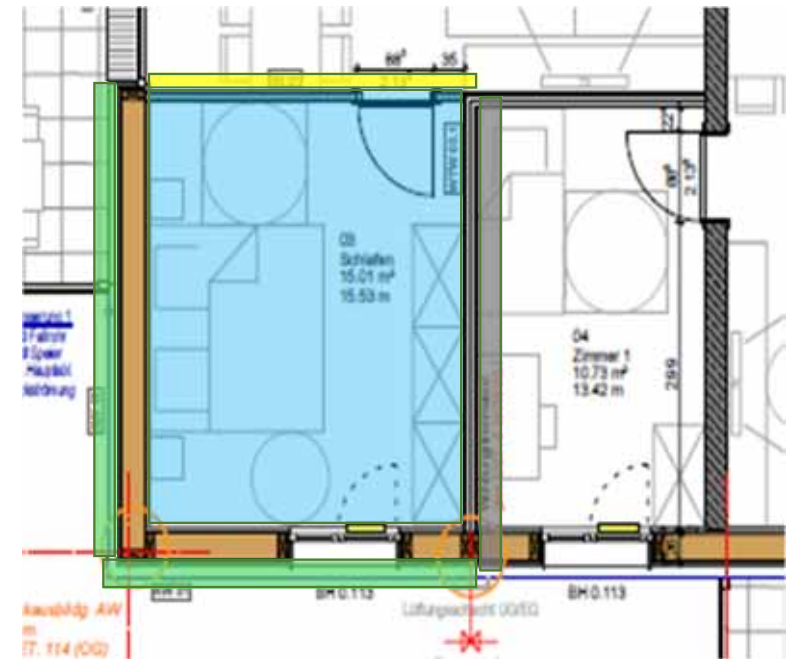
Decke: $R_{v,w} = 77,6 \text{ dB}$

AW: $R_{L,v,w} = 79,3 \text{ dB}$

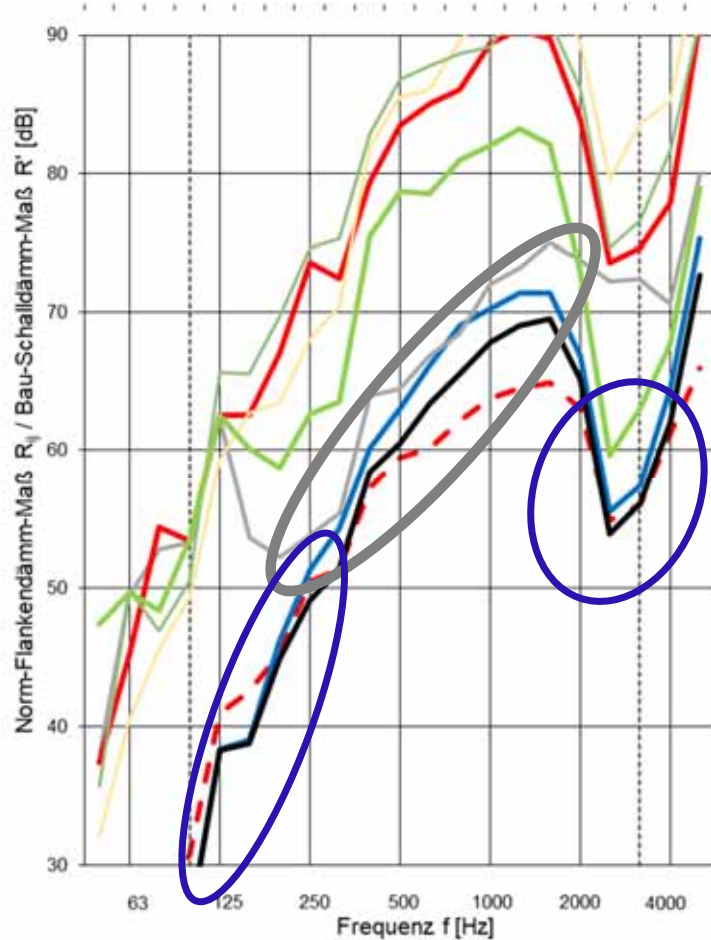
WTrW: $R_{L,v,w} = 86,1 \text{ dB}$

IW: $R_{L,v,w} = 85,0 \text{ dB}$

$$R'_{v,w} = 74,6 \text{ dB}$$



Messergebnisse Luftschalldämmung Trennwand



$$R'_w = 58 \text{ dB}$$

$$\text{WTrW: } R_{v,w} = 57,3 \text{ dB}$$

$$\text{Decke: } R_{L,v,w} = 67,8 \text{ dB}$$

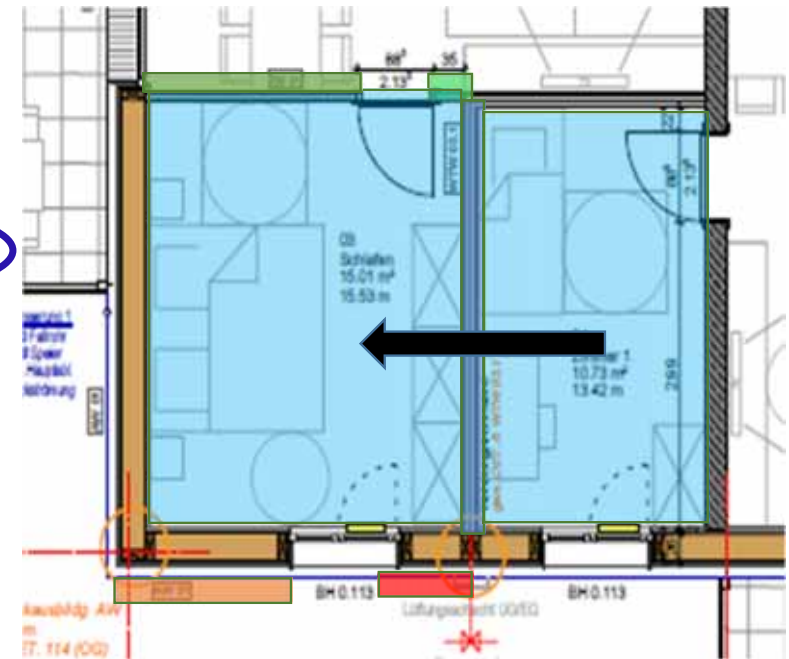
$$\text{AW1: } R_{L,v,w} = 78,8 \text{ dB}$$

$$\text{AW2: } R_{L,v,w} = 78,5 \text{ dB}$$

$$\text{IW1: } R_{L,v,w} = 70,2 \text{ dB}$$

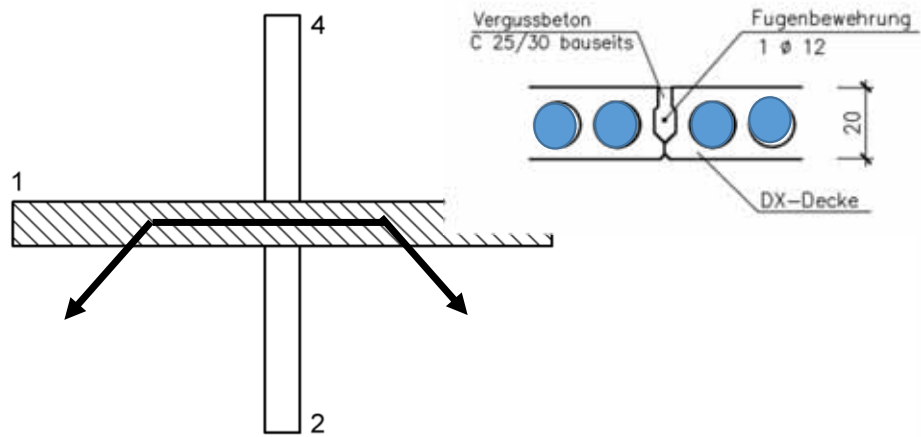
$$\text{IW2: } R_{L,v,w} = 80,3 \text{ dB}$$

$$R'_{v,w} = 56,3 \text{ dB}$$



Stoßstellendämm-Maße

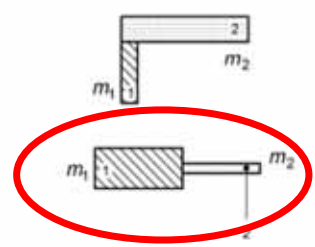
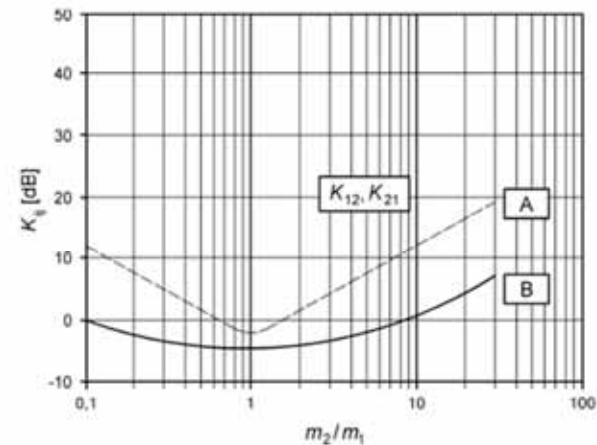
X-Stoß TW (GK-Wand) – Stahlbetonhohldecke ($m' = 330 \text{ kg/m}^2$)



EN ISO 12354-1:2017 (D)

E.3.6 Ecke oder Dickenänderung

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} für eine Ecke oder eine Dickenänderung wird in Bild E.9 angegeben.



$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg\left(\frac{S_s}{l_0 l_f}\right)$$

$$R_{ij,w} = 55,8 \text{ dB} + 0 \text{ dB} - 1,8 \text{ dB} + 3,9 \text{ dB} = 57,9 \text{ dB}$$

Dabei ist

A Ecke:

$$K_{12} = 15|M| - 3 \text{ dB und mindestens } -2 \text{ dB } (= K_{21}); 0 \text{ dB}$$

B Änderung:

$$K_{12} = 5 M^2 - 5 \text{ dB } (= K_{21}); 0 \text{ dB/Oktave}$$

Mindestwert K_{ij}

$$K_{ij,\min} = 10 \lg\left[\frac{l_i l_0}{l_j} (1/S_i + 1/S_j)\right]$$

$$K_{ij,\min} = -1,8 \text{ dB}$$

Messung: $R_{v,ij,w} = 67,8 \text{ dB}$

Berechnung Luftschallschutz Massivholz

Bau-Schalldämm-Maß R'_w

$$R'_w = -10 \log \left(10^{\left(\frac{-R_{Dd,w}}{10}\right)} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\left(\frac{-R_{Ff,w}}{10}\right)} + \sum_{f=1}^n 10^{\left(\frac{-R_{Df,w}}{10}\right)} + \sum_{f=1}^n 10^{\left(\frac{-R_{Fd,w}}{10}\right)} \right)$$

Flanken-Schalldämm-Maß $R_{ij,w}$

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{l_0 l_f} \right)$$

Schalldämm-Maß Massivholz: R_w

$$R_w = 25 \lg(m') - 7 \text{ dB}$$

Stoßstellendämm-Maße K_{ij} über Stahlbetondecke deutlich erhöht

Luftschallverbesserung ΔR_w wie im Massivbau

Berechnung Luftschallschutz Holzständerwände

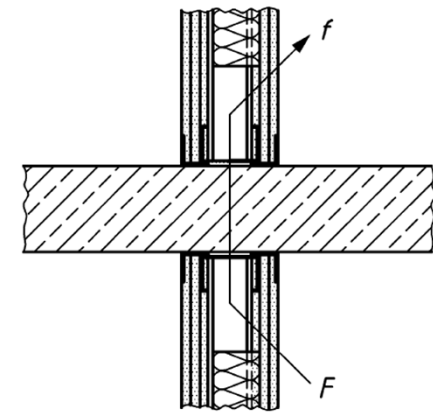
Bau-Schalldämm-Maß R'_w

$$R'_w = -10 \log \left(10^{\left(\frac{-R_{Dd,w}}{10}\right)} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\left(\frac{-R_{Ff,w}}{10}\right)} \right)$$

Flanken-Schalldämm-Maß $R_{ij,w}$

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \log \left(\frac{l_{lab}}{l_f} \right) + 10 \log \left(\frac{S_S}{A_0} \right)$$

Norm-Flankenschallpegeldifferenz DIN 4109-33: $D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$



Berechnung Trittschallschutz

Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$

$$L'_{n,w} = 10 \log \left(10^{\left(\frac{L_{n,Dd,w}}{10}\right)} + \sum_{j=1}^n 10^{\left(\frac{L_{n,ij,w}}{10}\right)} \right)$$

Massivbau:

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

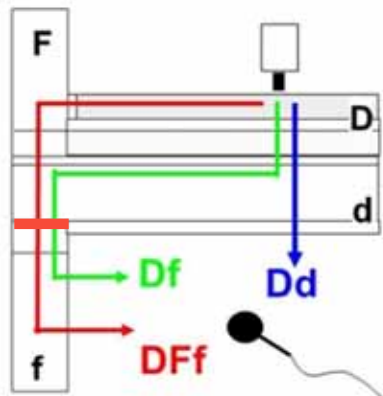
Leichtbau:

$$L_{n,ij,w} = L_{nf,ij,lab,w} + 10 \lg \frac{S_{i,lab} l_{ij}}{S_i l_{ij,lab}}$$

$$L_{n,ij,w} = 10 \lg (10^{0,1 L_{n,Df,w}} + 10^{0,1 L_{n,DFf,w}})$$

$$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_s}{l_0 l_{ij}}$$

$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta R_{j,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_s}{l_0 l_{ij}}$$



mit:

ΔK_{ij} Elastische Zwischenschichten

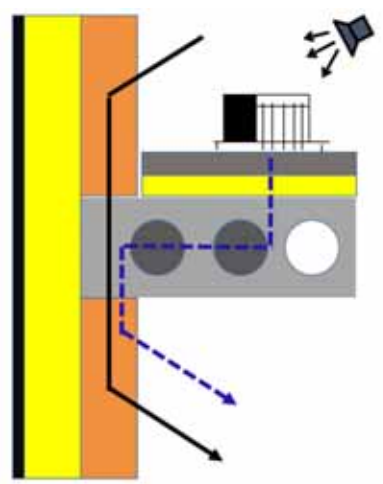
Zusammenfassung

- Hybridbauten mit Stahlbetondecken und Massivholzwänden bzw. Holzständerwänden ermöglichen aufgrund der Vorfertigung sehr kurze Bauzeiten
- Der bei dem untersuchten Bauvorhaben ermittelte Luft- und Trittschallschutz der Wohnungstrenndecken ist ausgesprochen gut
- Der Schallschutz der Wohnungstrennwände erfüllt gerade so die Anforderungen der DIN 4109-5: „Schallschutz im Hochbau – Erhöhte Anforderungen“
- Flankierende Übertragung der Massivholzaußenwände / Holzständerwände über die Massivdecke hat einen geringen Anteil an der gesamten Luft- und Trittschallübertragung
- Horizontale flankierende Übertragung der Massivdecke begrenzt den erreichbaren Schallschutz der Wohnungstrennwände

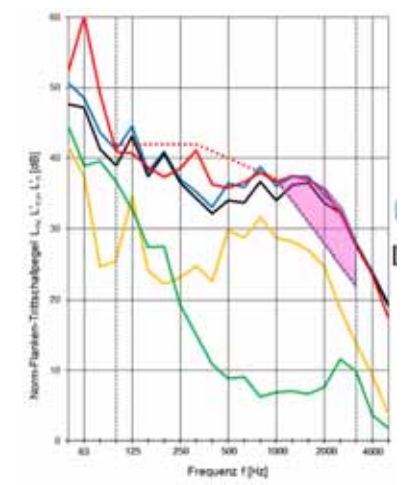
Hoher Schallschutz mit Hybridbauten

Martin Schneider

Hochschule für Technik Stuttgart



Hochschule
für Technik
Stuttgart



10. BauphysikerInnen-Treffen, Wien 05.10.2023

Messtechnik Intensitätsmessungen

Messung Haus 2 in einem nahezu bezugsfertigen Zustand

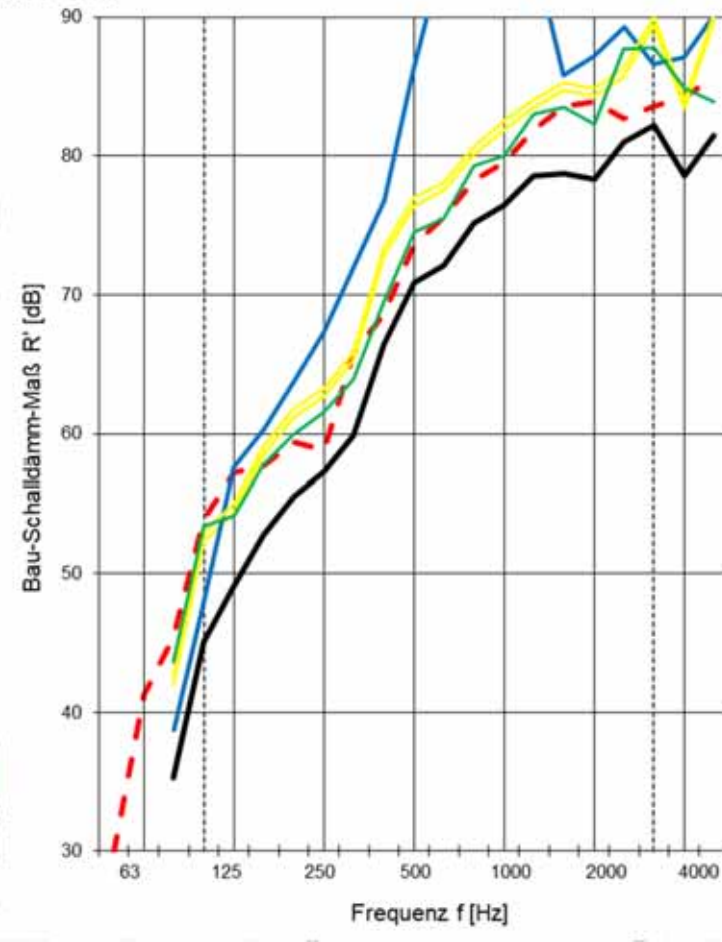


Messung mit Intensitätssonde und Absorberelementen



Messtechnik Intensitätsmessungen

Messung vertikal bei Luftschallanregung mit Intensitätssonde im Empfangsraum Absorberelementen auf dem Fußboden

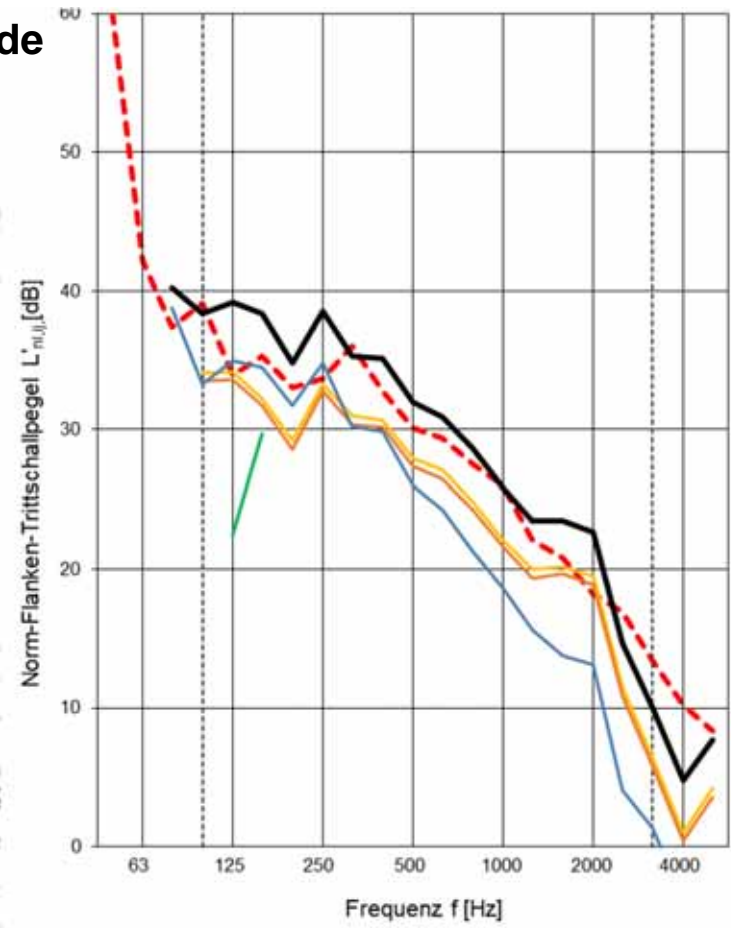
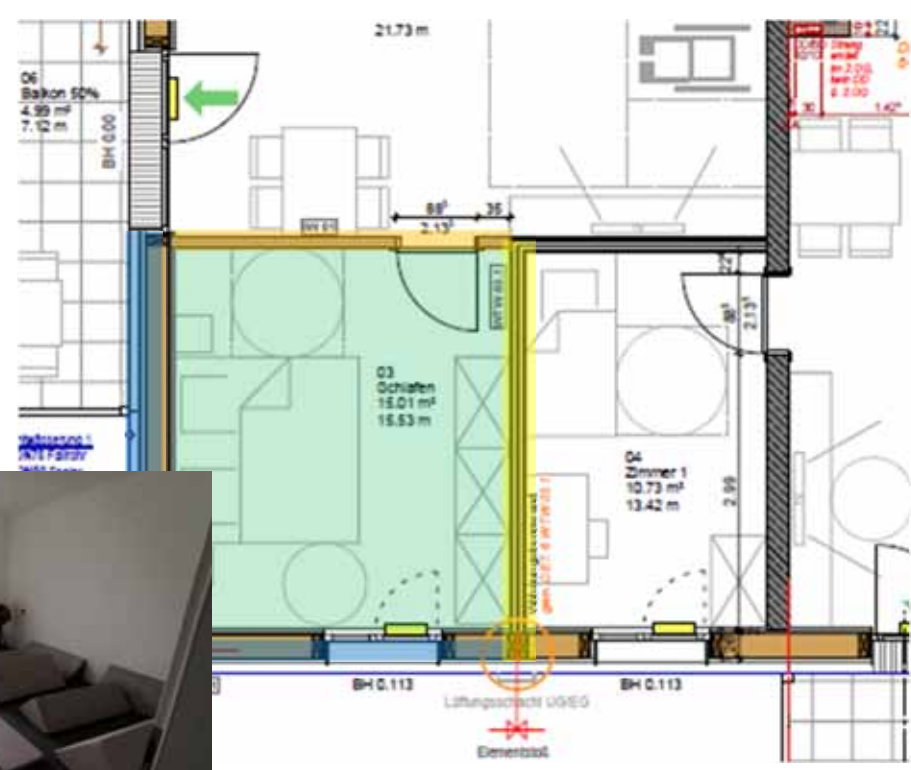


$R'_w = 74 \text{ dB}$

$R'_{l,w} = 71,5 \text{ dB}$

Messtechnik

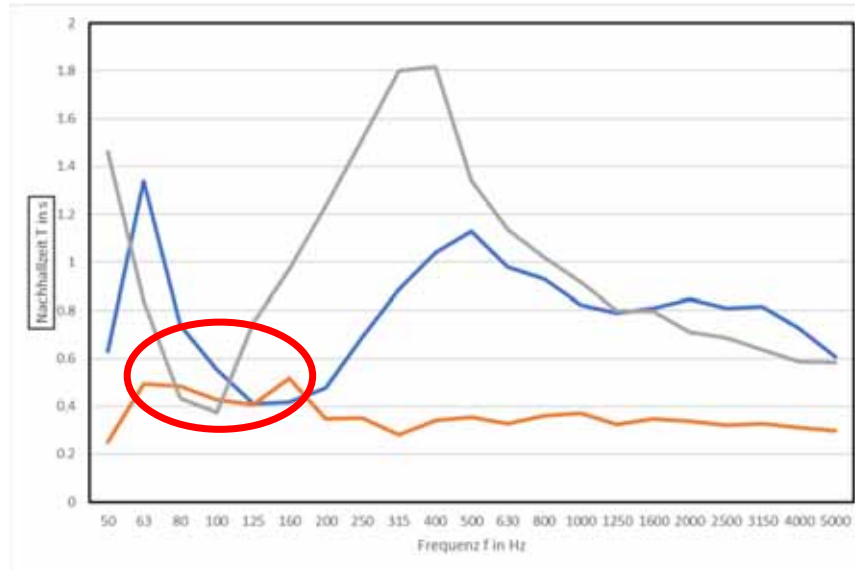
Messung vertikal bei Trittschallanregung mit Intensitätssonde im Empfangsraum Absorberelementen auf dem Fußboden



$L'_{n,w} = 29,5 \text{ dB}$

$L'_{n,l,w} = 31,5 \text{ dB}$

Zusatzmessung Nachhallzeit

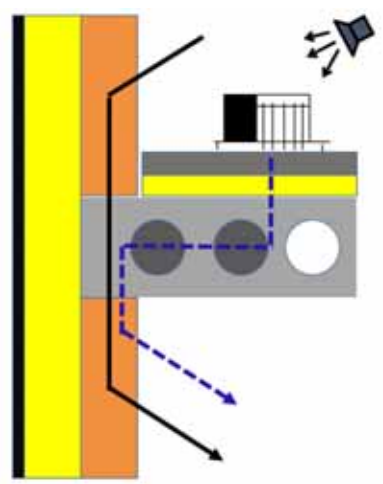


Absorption durch
GK-Platten

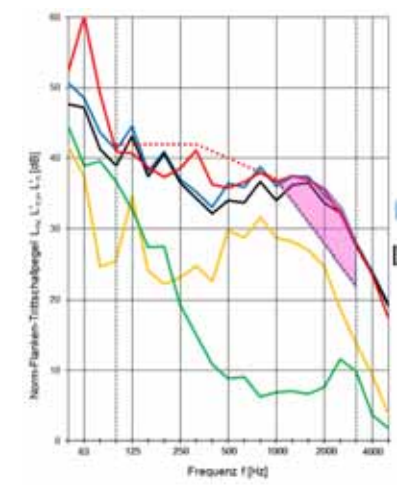
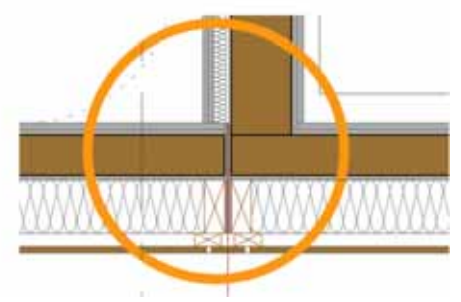
Hoher Schallschutz mit Hybridbauten

Martin Schneider

Hochschule für Technik Stuttgart



Hochschule
für Technik
Stuttgart



10. BauphysikerInnen-Treffen, Wien 05.10.2023