



Schalldämmung von Holzrahmenbauwänden

7. BauphysikerInnen-Treffen, MA39, Wien, 01.10.2020

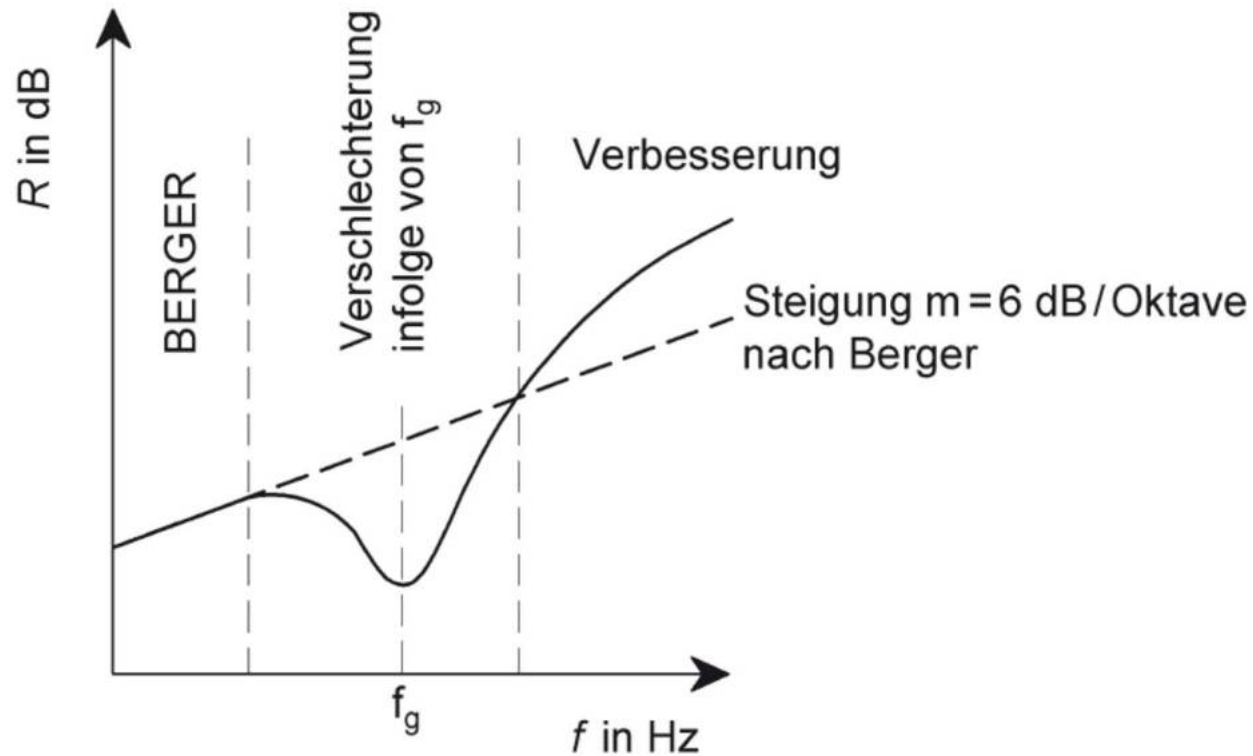
Dr. Bernd Nusser, Dr. Christian Lux



Inhalt

- Resonanzen und Eigenfrequenzen
- Schalldämmung von Außenwänden
- Schalldämmung von Trennwänden
- Zusammenfassung

Einschalige Bauteile



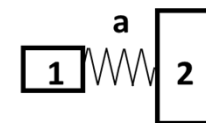
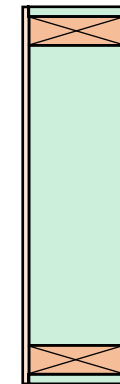
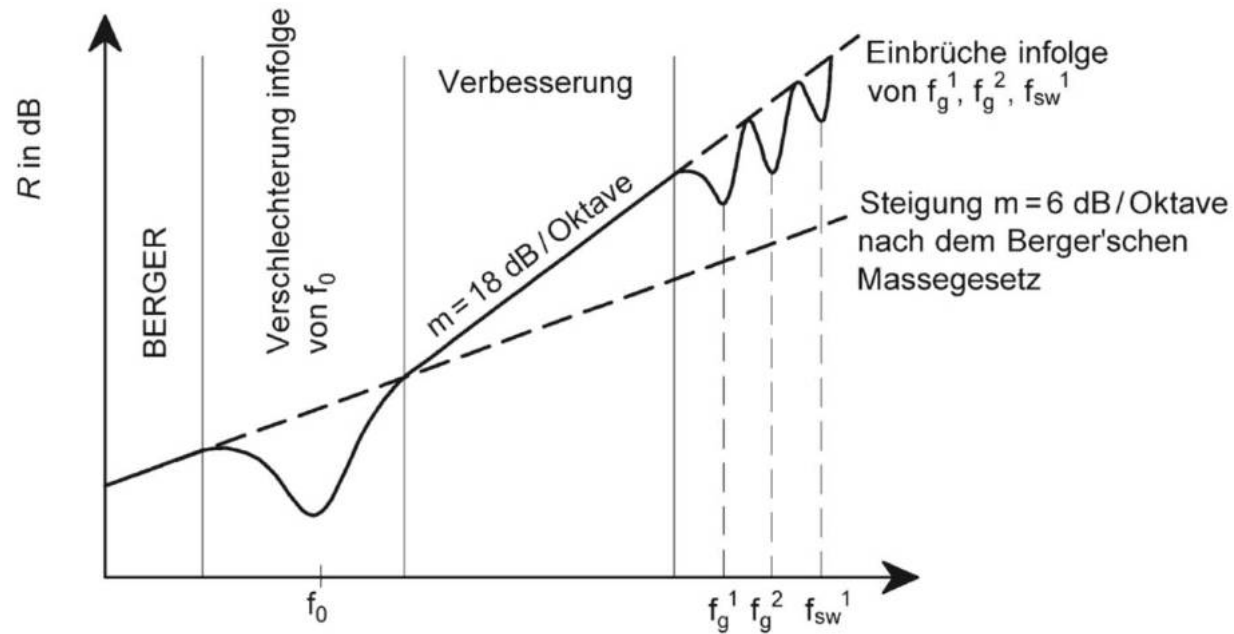
1

m

Willems, W.; Schild, K.; Stricker, D. (2012): Schallschutz: Bauakustik – Grundlagen – Luftschallschutz - Trittschallschutz



Zweischalige Bauteile

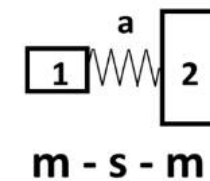
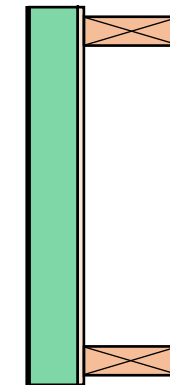
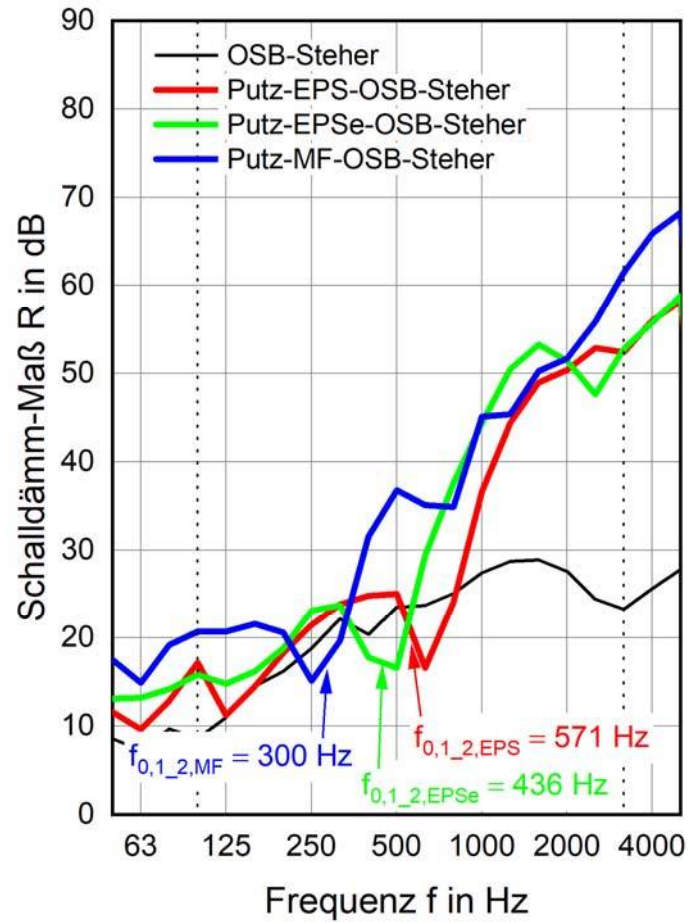


m - s - m

Willems, W.; Schild, K.; Stricker, D. (2012): Schallschutz: Bauakustik – Grundlagen – Luftschallschutz - Trittschallschutz

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Resonanz WDVS



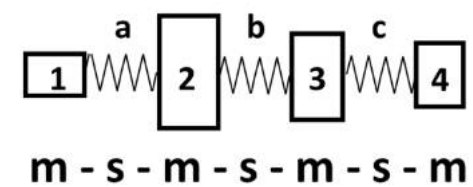
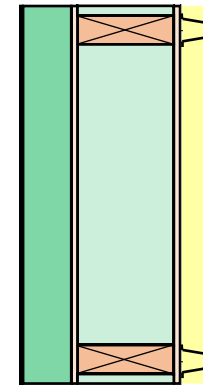
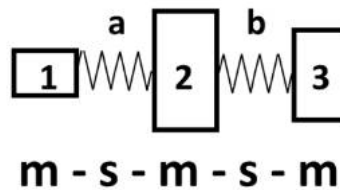
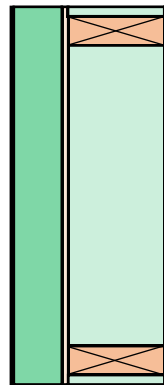
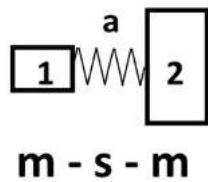
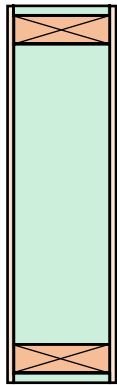
$$S'_{EPS} = 47 \text{ MN/m}^3$$

$$S'_{EPSe} = 27 \text{ MN/m}^3$$

$$S'_{MF} = 16 \text{ MN/m}^3$$

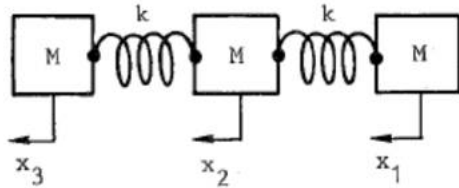
$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Mehrmassenschwinger



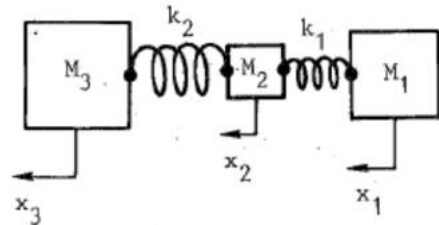
Dreimassenschwinger

14. Three Equal Masses, Two Equal Springs



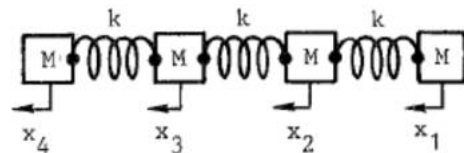
$$0, \quad \frac{1}{2\pi} \left(\frac{k}{M} \right)^{1/2}, \quad \frac{1}{2\pi} \left(\frac{3k}{M} \right)^{1/2}$$

15. Three Unequal Masses, Two Unequal Springs



$$0, \quad \frac{1}{2^{3/2}\pi} \left\{ \frac{k_1 + k_2}{M_2} + \frac{k_1}{M_1} + \frac{k_2}{M_3} \right. \\ \left. \mp \left[\left(\frac{k_1 + k_2}{M_2} + \frac{k_1}{M_1} + \frac{k_2}{M_3} \right)^2 \right. \right. \\ \left. \left. - 4k_1k_2 \left(\frac{1}{M_1M_2} + \frac{1}{M_2M_3} + \frac{1}{M_1M_3} \right) \right]^{1/2} \right\}^{1/2}$$

16. Four Equal Masses, Three Equal Springs

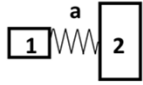
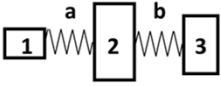
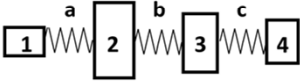


$$0, \quad \frac{(2 - 2^{1/2})^{1/2}}{2\pi} \left(\frac{k}{M} \right)^{1/2}, \quad \frac{2^{1/2}}{2\pi} \left(\frac{k}{M} \right)^{1/2}, \\ \frac{(2 + 2^{1/2})^{1/2}}{2\pi} \left(\frac{k}{M} \right)^{1/2}$$

Blevins, R. (1978): Formulas for natural frequency and mode shapes, Reprint 2001

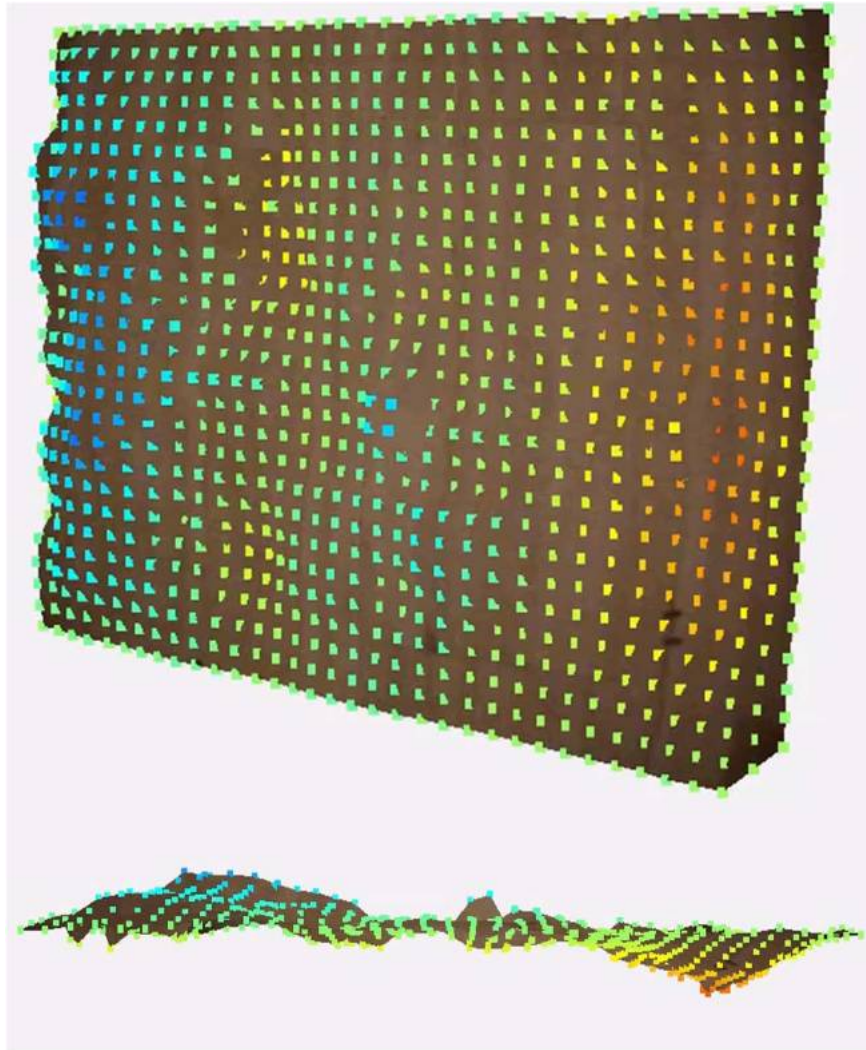
Mehrmassenschwinger

Vereinfachter Ansatz

	$f_{0,1,2}$ $s'=s'_a$	$f_{0,2,3}$ $s'=s'_b$	$f_{0,3,4}$ $s'=s'_c$	
 m - s - m	$M_1=m_1$ $M_2=m_2$	-	-	
 m - s - m - s - m	$f_{0,1,2} \gg f_{0,2,3}$	$M_1=m_1+m_a+m_2$ $M_2=m_3$	-	
	$f_{0,1,2} \ll f_{0,2,3}$	$M_1=m_1$ $M_2=m_2+m_b+m_3$	$M_1=m_2$ $M_2=m_3$	-
 m - s - m - s - m - s - m	$f_{0,1,2} \gg f_{0,2,3} \gg f_{0,3,4}$	$M_1=m_1+m_a+m_2$ $M_2=m_3$	$M_1=m_1+m_a+m_2+m_b+m_3$ $M_2=m_4$	
	$f_{0,1,2} \gg f_{0,2,3} \ll f_{0,3,4}$	$M_1=m_1$ $M_2=m_2$	$M_1=m_1+m_a+m_2$ $M_2=m_3+m_c+m_4$	$M_1=m_3$ $M_2=m_4$
	$f_{0,1,2} \ll f_{0,2,3} \ll f_{0,3,4}$	$M_1=m_1$ $M_2=m_2+m_b+m_3+m_c+m_4$	$M_1=m_2$ $M_2=m_3+m_c+m_4$	$M_1=m_3$ $M_2=m_4$
	$f_{0,1,2} \ll f_{0,2,3} \gg f_{0,3,4}$	$M_1=m_1$ $M_2=m_2+m_b+m_3$	$M_1=m_2$ $M_2=m_3$	$M_1=m_2+m_b+m_3$ $M_2=m_4$

$$f_{0,i,j} = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2} \right)}$$

Eigenfrequenzen



Holzrahmennwand, Grundschwingung 1,1. – 32 Hz
Dissertation Polina Pirch

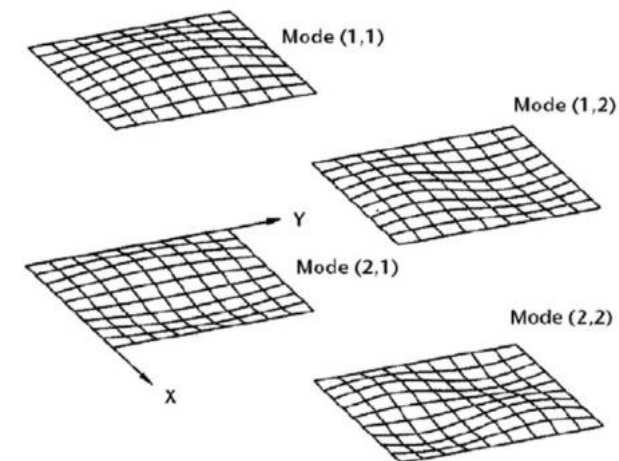
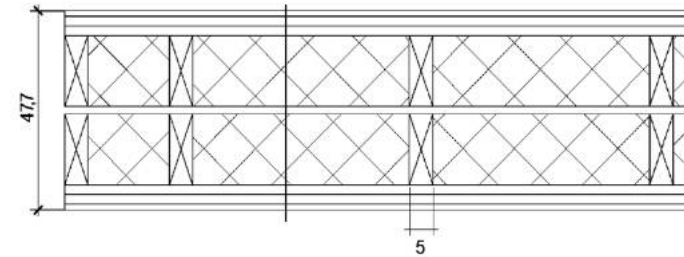
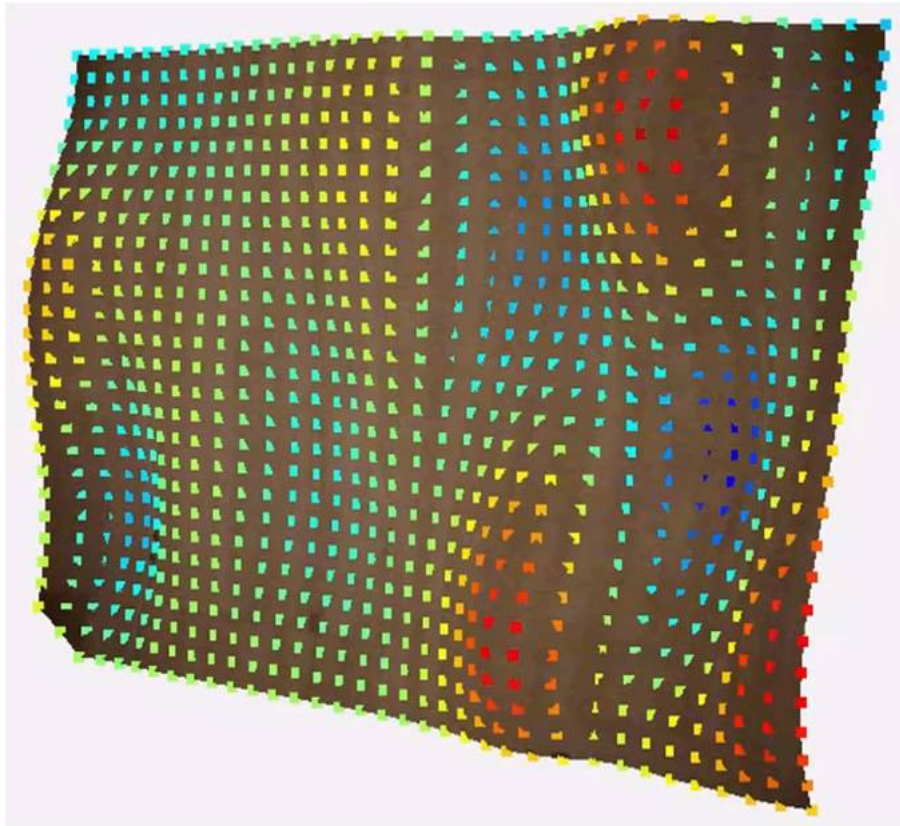


Bild 2: Eigenfunktionen einer allseits gelenkig gelagerten Platte, wobei z.B. die Angabe Mode (2,1) bedeutet $m=2$ und $n=1$ nach /8/.

Dietz, P.; Rolshofer, W.; Schäfer, G. (2007):
Betrachtungen zum Schwingungsverhalten von Rechteckplatten.
Hg. v. TU-Clausthal (D). Institut für Maschinenwesen (IMW)
(IMW-Institutsmittellung, 32).

Eigenfrequenzen



Holzrahmennwand, Oberschwingung 1,2 – 69 Hz
Dissertation Polina Pirch

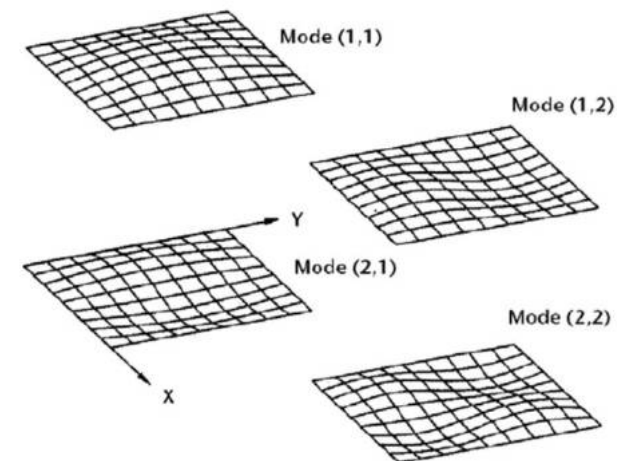
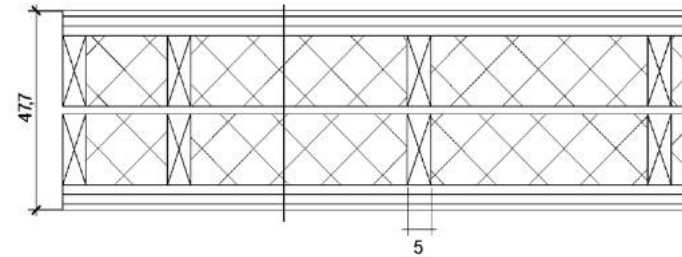


Bild 2: Eigenfunktionen einer allseits gelenkig gelagerten Platte, wobei z.B. die Angabe Mode (2,1) bedeutet $m=2$ und $n=1$ nach /8/.

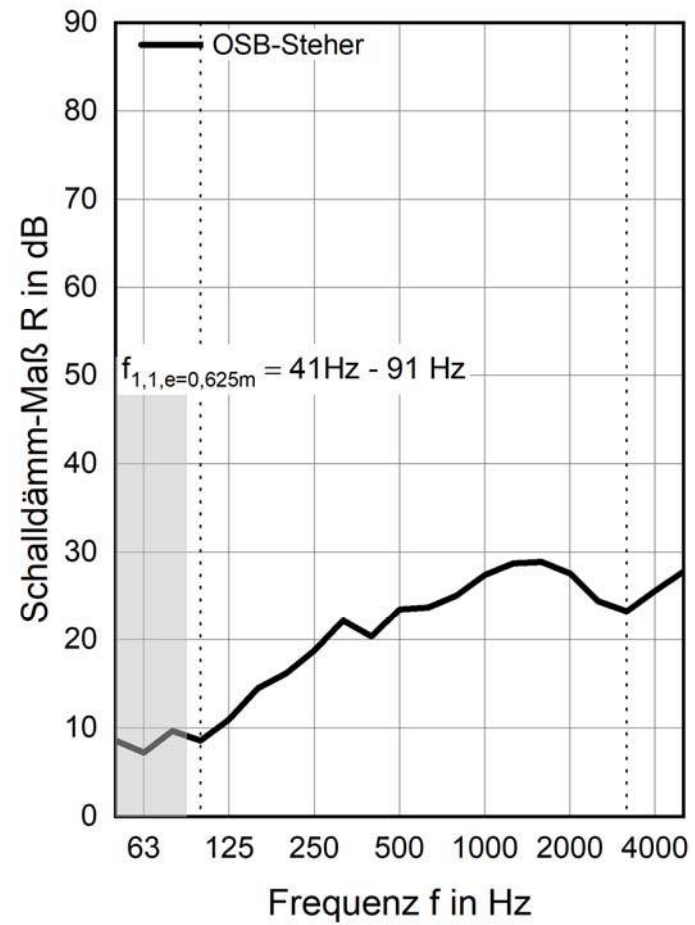
Dietz, P.; Rolshofer, W.; Schäfer, G. (2007):
Betrachtungen zum Schwingungsverhalten von Rechteckplatten.
Hg. v. TU-Clausthal (D). Institut für Maschinenwesen (IMW)
(IMW-Institutsmittellung, 32).

Berechnung Eigenfrequenzen

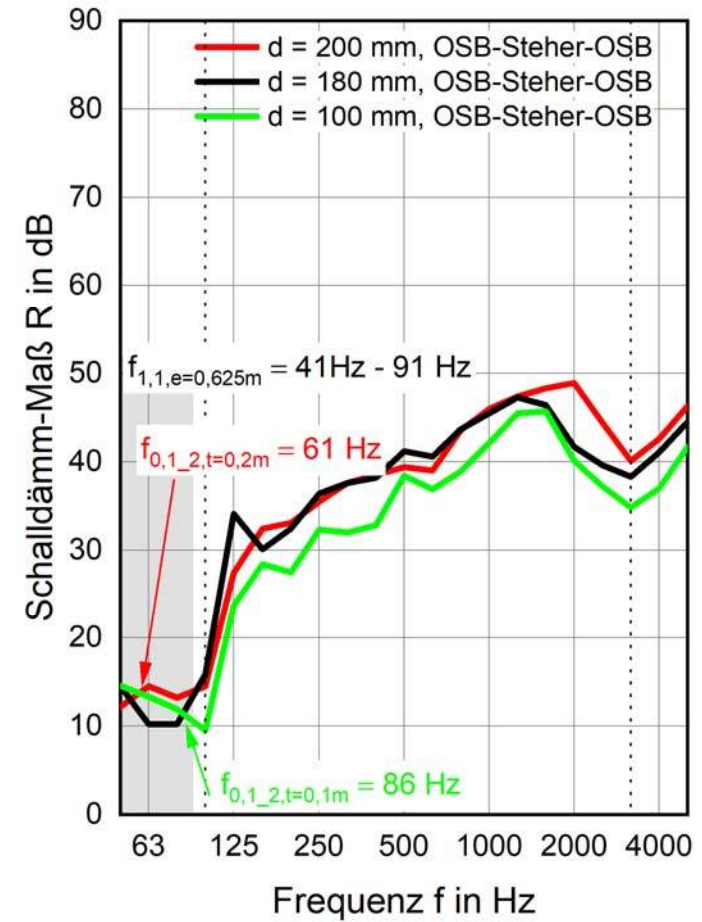
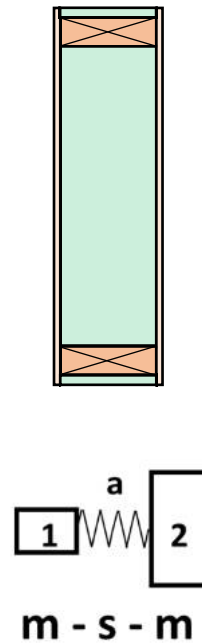
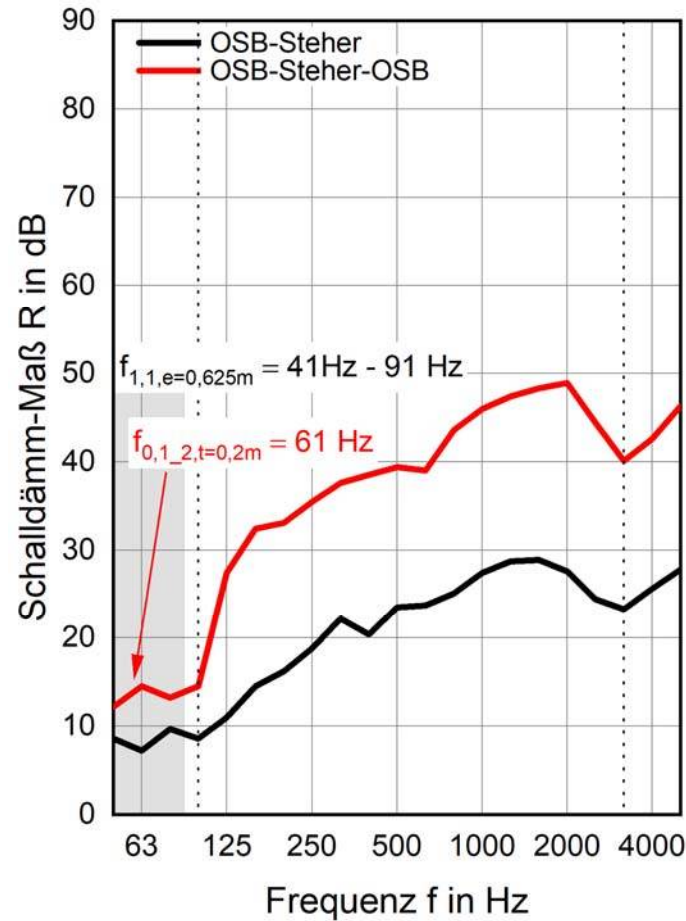
Boundary Conditions on Opposite Edges	Mode Index ^(a) (n)	G ^(a)	H ^(a)	J ^(a)
4. Simply Supported-Simply Supported	1	1	1	J = H
	2	2	4	
	3	3	9	
	n	n	n ²	
5. Clamped-Simply Supported	1	1.25	1.165	J = H
	2	2.25	4.346	
	3	3.25	9.528	
	n	$n + \frac{1}{4}$	$\left(n + \frac{1}{4}\right)^2 \left[1 - \frac{1}{\left(n + \frac{1}{4}\right)\pi}\right]$	
6. Clamped-Clamped	1	1.506	1.248	J = H
	2	2.5	4.658	
	3	3.5	10.02	
	n (n > 1)	$n + \frac{1}{2}$	$\left(n + \frac{1}{2}\right)^2 \left[1 - \frac{2}{\left(n + \frac{1}{2}\right)\pi}\right]$	

$$f_{ij} = \frac{\pi}{2} \left[\frac{G_1^4}{a^4} + \frac{G_2^4}{b^4} + \frac{2J_1J_2 + 2\nu(H_1H_2 - J_1J_2)}{a^2b^2} \right]^{1/2} \left[\frac{Eh^3}{12\gamma(1-\nu^2)} \right]^{1/2}$$

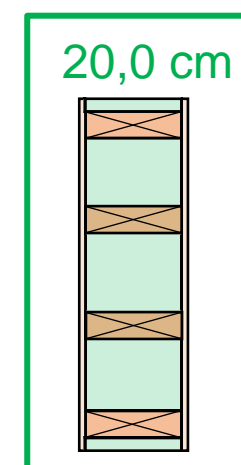
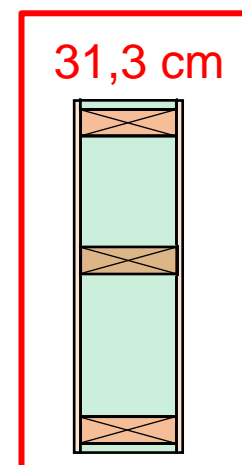
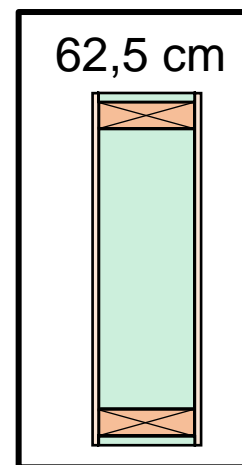
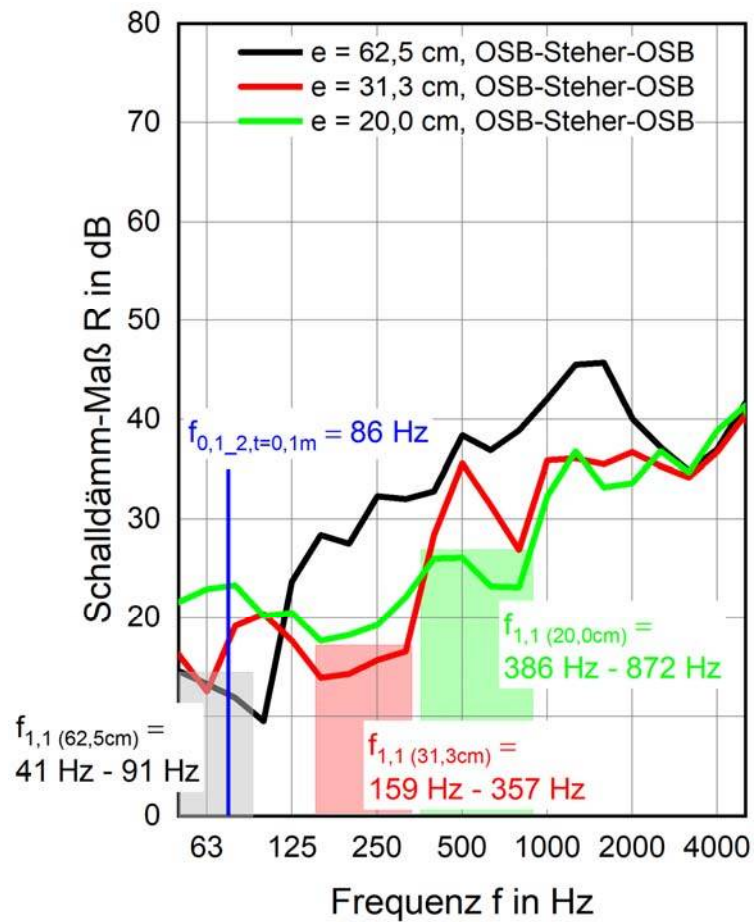
Grundfrequenz Holzrahmenwand



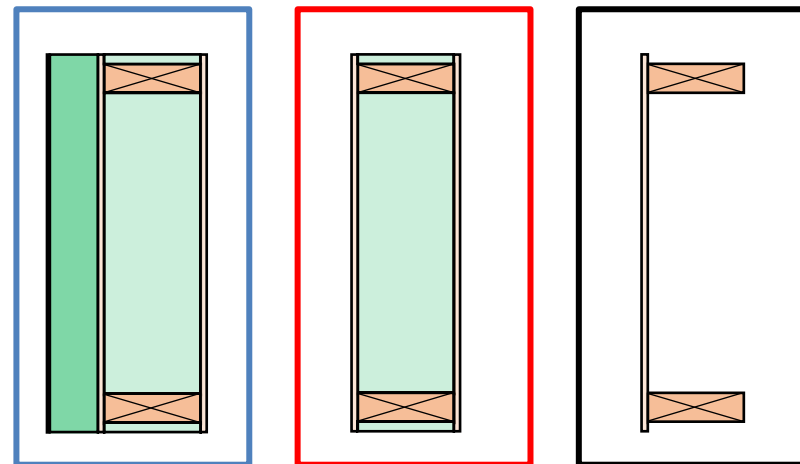
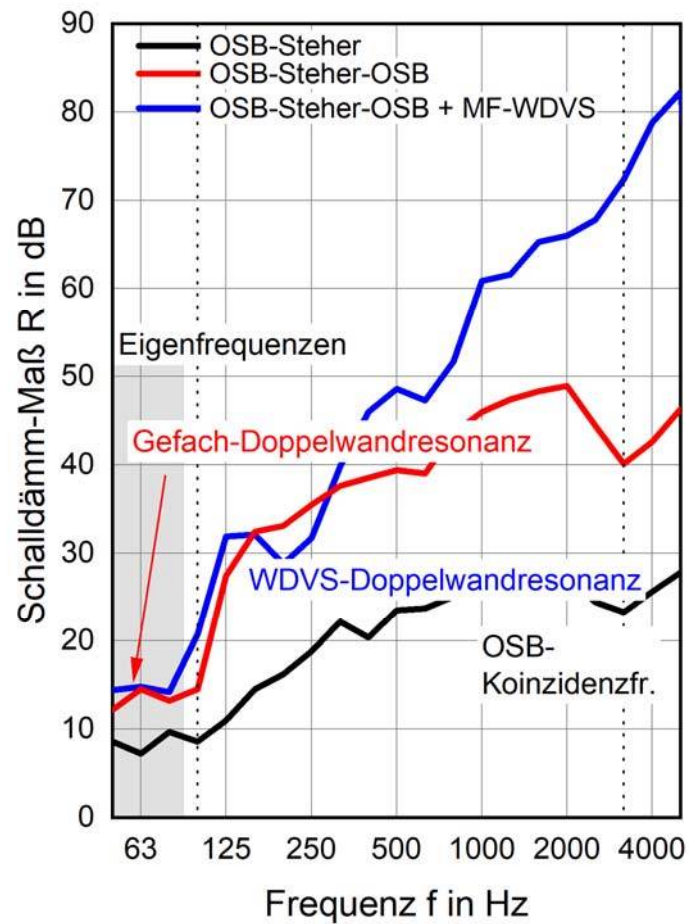
Grund- und Resonanzfrequenz Holzrahmenwand



Einfluss Rastermaß



Schalldämmung Holzrahmenwände mit WDVS



Kennwerte für AW

$$R_{W,} + C_{tr,50-5000}:$$

Bei Lärmbelastung hauptsächlich durch langsam fahrende, schwere Fahrzeuge wie Busse oder LKWs (z. B. vor stark frequentierten Bushaltestellen oder im Bereich von Lagerhallen mit LKW-Verkehr)

$$R_{W,} + C_{50-5000}:$$

Bei Lärmbelastung durch die meisten anderen Verkehrsarten (leichte Fahrzeuge bei 50 km/h in der Stadt und bei 80 km/h auf der Autobahn sowie leichte und schwere Fahrzeuge bei 60 km/h in der Stadt)

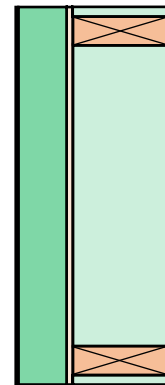
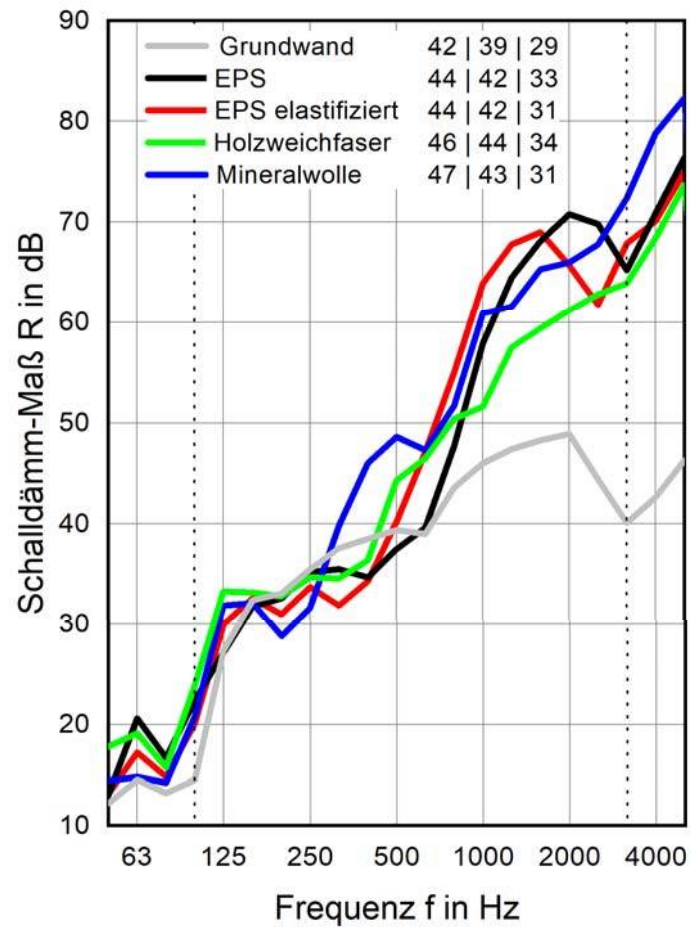
SNQ	Loudness					Annoyance					Overall rank
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	
R_w	4	1	1	13	7	4	4	2	18	6	4
$R_w + C_{100-3150}$	7	6	5	10	5	6	7	6	14	7	6
$R_w + C_{100-5000}$	6	3	3	11	4	7	6	4	15	8	5
$R_w + C_{50-3150}$	3	8	9	4	2	3	3	12	6	2	2
$R_w + C_{50-5000}$	1	4	7	5	1	1	1	10	7	1	1
$R_w + C_{9,100-3150}$	14	14	16	8	10	12	14	16	9	11	14
$R_w + C_{9,100-5000}$	13	13	15	7	9	11	13	15	10	10	9
$R_w + C_{9,50-3150}$	16	18	18	2	16	16	18	19	3	5	15
$R_w + C_{9,50-5000}$	15	17	17	1	15	15	17	18	2	4	12
STA ₁₀₀₋₅₀₀₀	8	5	4	12	6	8	8	5	16	9	8
STA ₅₀₋₅₀₀₀	2	7	8	6	3	2	2	11	8	3	3
AA ₁₀₀₋₅₀₀₀	11	9	6	18	14	13	11	3	19	17	13
AA ₅₀₋₅₀₀₀	12	10	12	14	11	14	10	9	11	15	11
STC	10	11	11	17	12	10	12	13	22	16	16
STC _{out}	5	2	2	15	8	5	5	1	20	12	7
EA ₁₀₀₋₅₀₀₀	20	20	21	9	18	20	20	21	5	18	19
EA ₅₀₋₅₀₀₀	23	23	23	19	23	23	23	23	1	23	21
EA ₆₃	25	25	25	25	25	25	25	25	13	25	25
EA ₁₂₅	24	24	24	22	24	24	24	24	12	24	24
EA ₂₅₀	21	22	22	20	21	21	22	22	21	21	22
EA ₅₀₀	9	12	10	16	13	9	9	8	17	13	10
EA ₁₀₀₀	19	16	14	23	20	19	16	14	24	20	20
EA ₂₀₀₀	18	15	13	21	19	18	15	7	23	19	18
EA ₄₀₀₀	22	21	20	24	22	22	21	17	25	22	23
OTC	17	19	19	3	17	17	19	20	4	14	17

Hongisto, Valtteri; Oliva, David; Rekola, Laura (2018):
 Subjective and objective rating of the sound insulation of residential building façades against road traffic noise.
 In: J. Acoust. Soc. Am. 144 (2), S. 1100. DOI: 10.1121/1.5051647

**Tatsächlich Tauglichkeit dieser
 Einzelkennwerte ist noch Gegenstand
 aktueller Forschung!**

Einfluss WDVS

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB

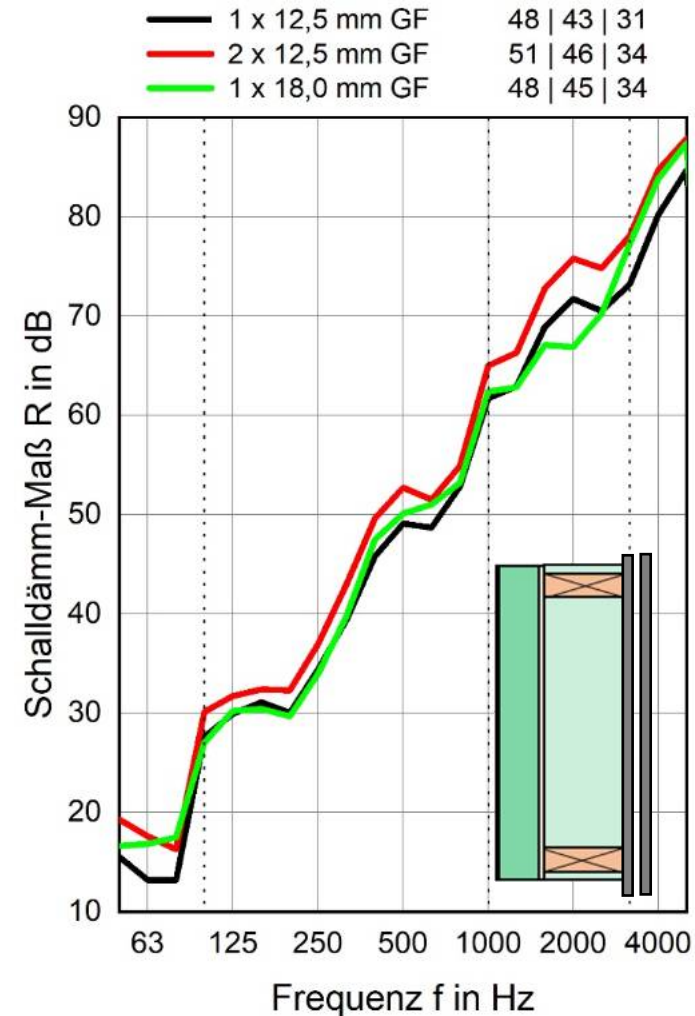
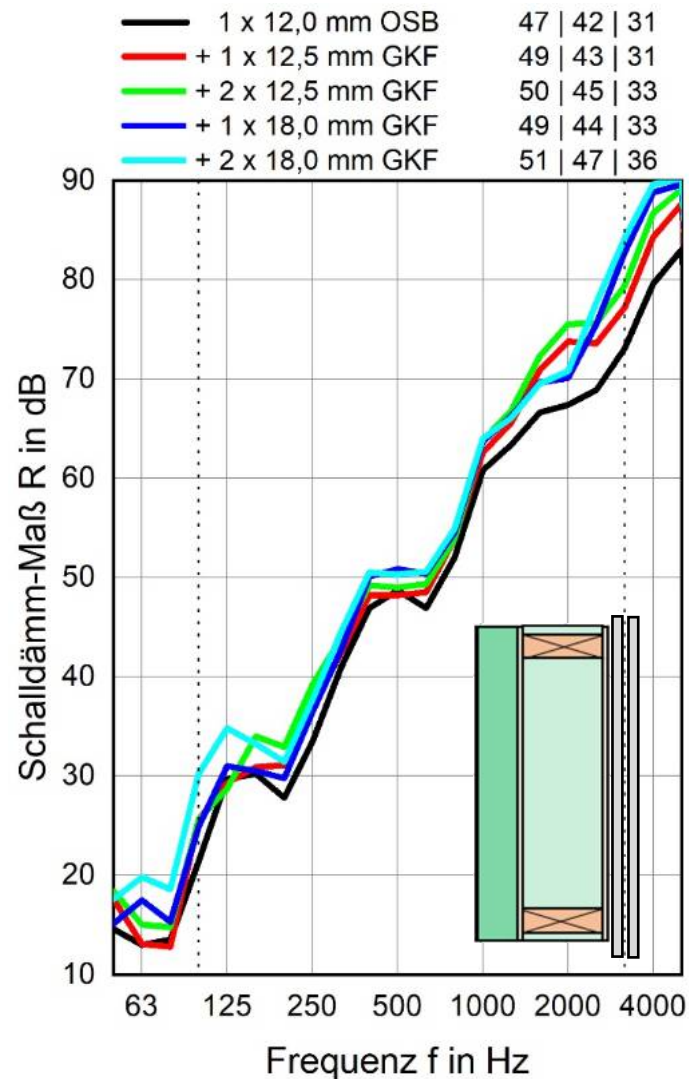


Prinzipieller Aufbau

- 100 mm WDVS
- 12 mm OSB
- 200 mm Gefach, vollständig mit Steinwolle ausgedämmt (Ständerbreite 60 mm, $e = 62,5$ cm)
- 12 mm OSB

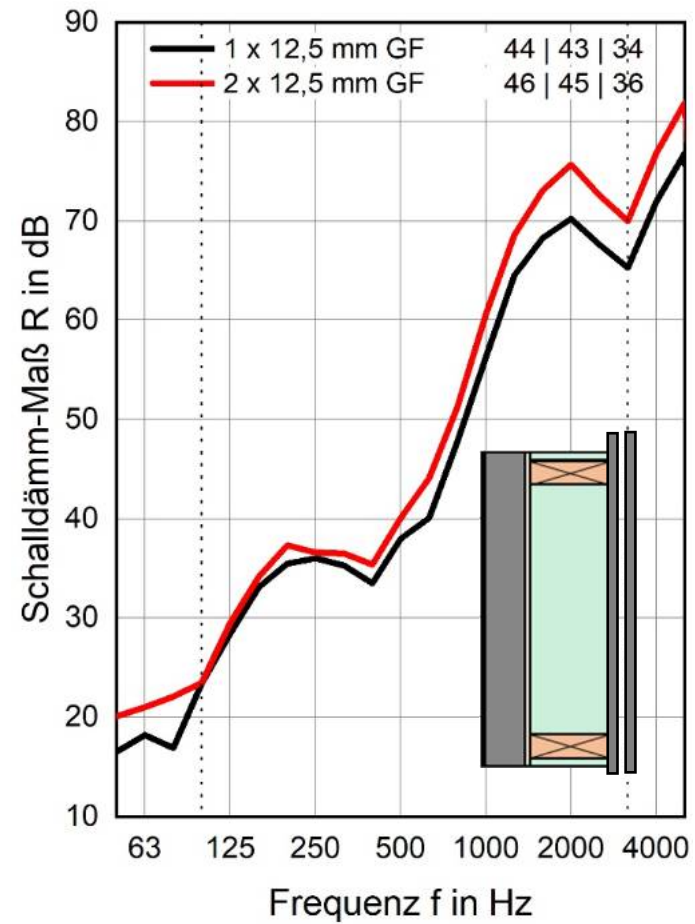
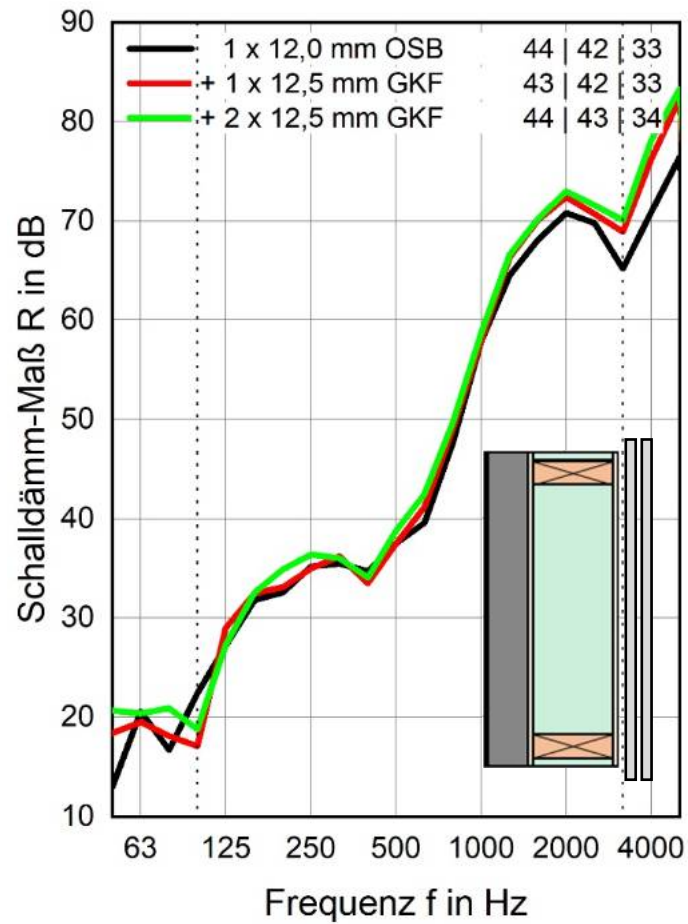
Einfluss Direktbeplankung auf Wand mit Steinwolle-WDVS

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB



Einfluss Direktbeplankung auf Wand mit EPS-WDVS

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB

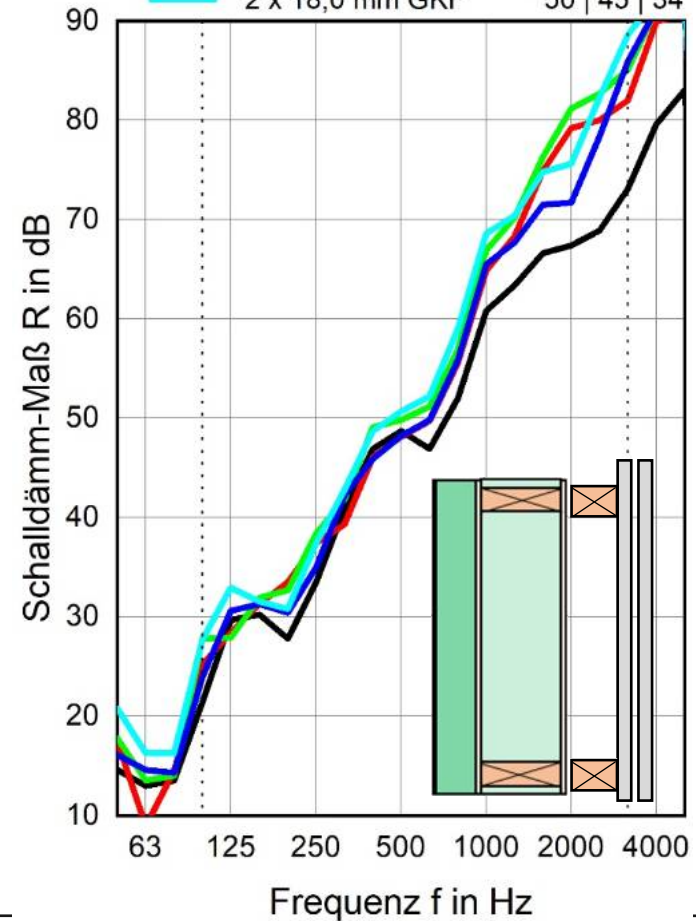


Einfluss Installationsebene mit 60 mm Lattung auf Wand mit Steinwolle-WDVS

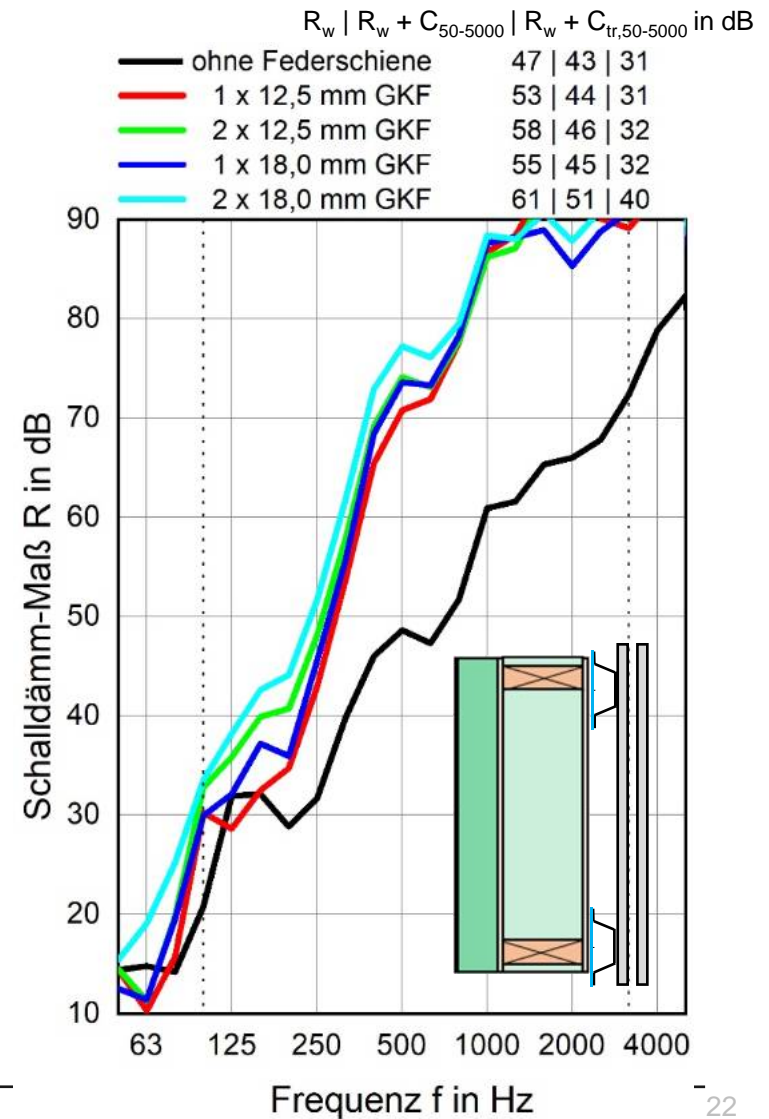


R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB

— ohne Installationse.	47	42	31
— 1 x 12,5 mm GKF	48	42	30
— 2 x 12,5 mm GKF	50	44	32
— 1 x 18,0 mm GKF	48	44	32
— 2 x 18,0 mm GKF	50	45	34

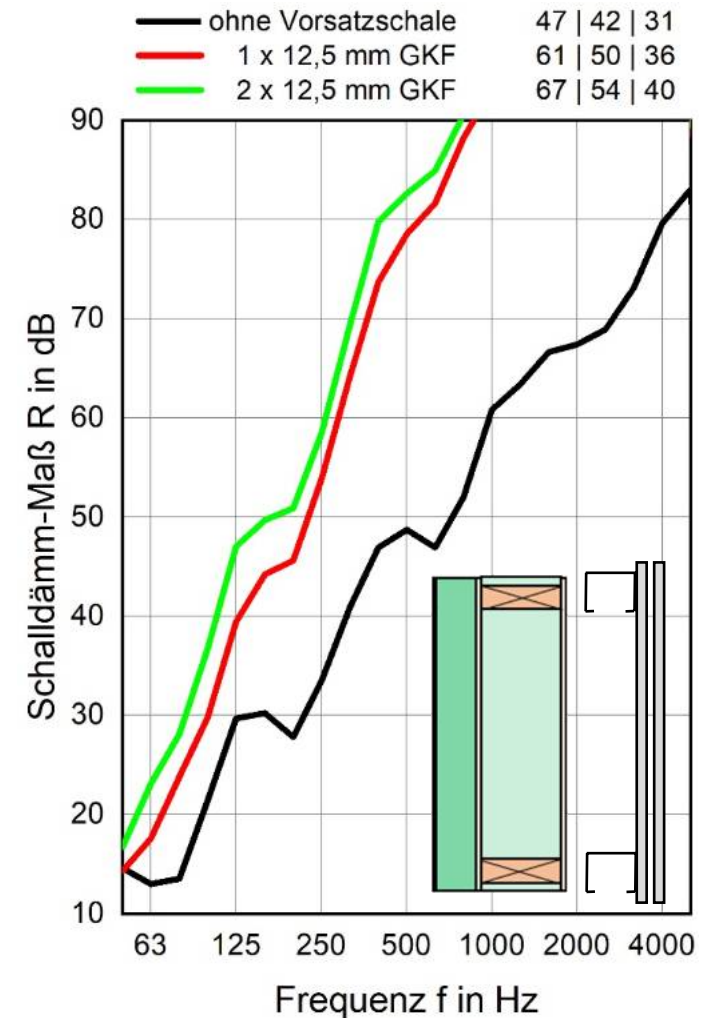


Einfluss Installationsebene mit 27 mm Federschiene und 3 mm Fugendichtband auf Wand mit Steinwolle-WDVS



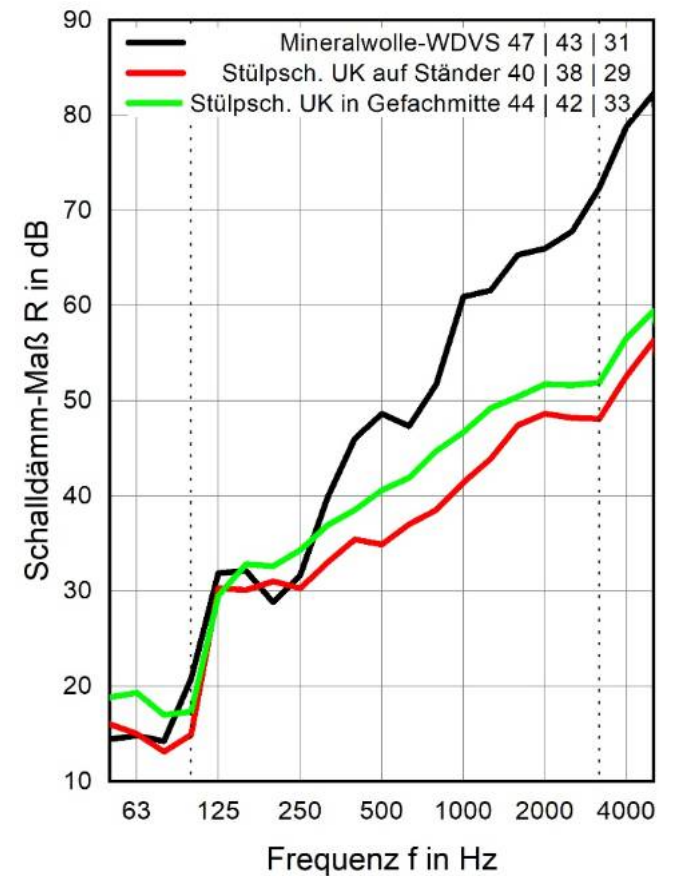
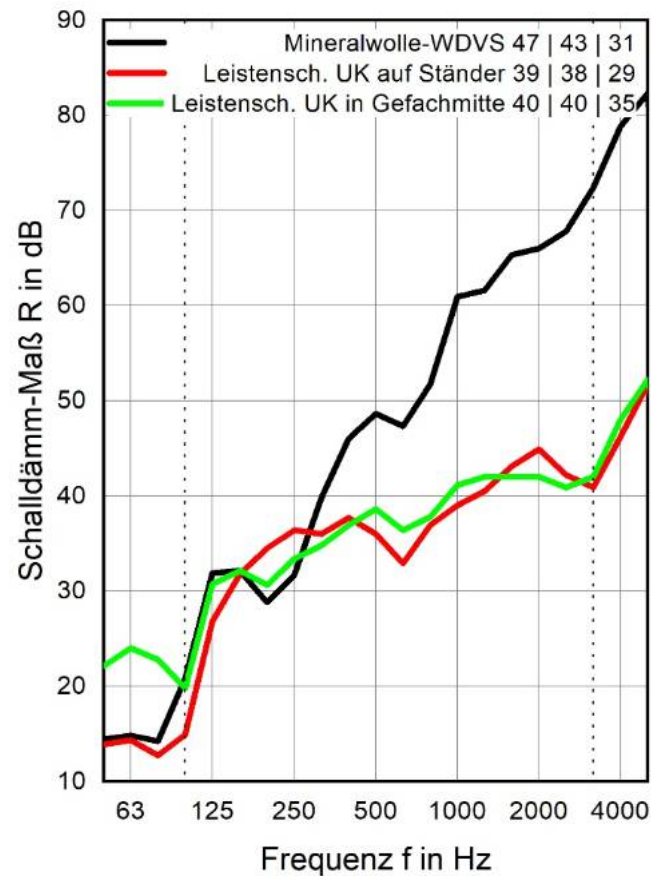
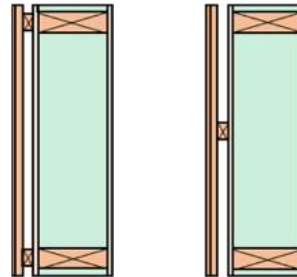
Einfluss 100 mm Vorsatzschale mit CW75 vor Wand mit Steinwolle-WDVS

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB



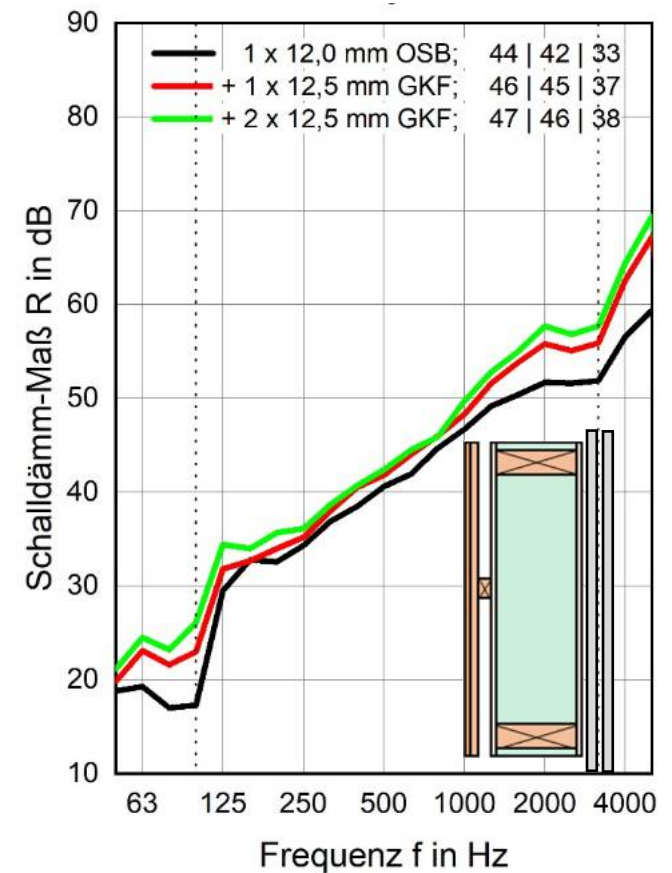
Einfluss Unterkonstruktion Holzfassade

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB



Einfluss Direktbeplankung auf Wand mit Stülp Schalung, UK in Gefachmitte

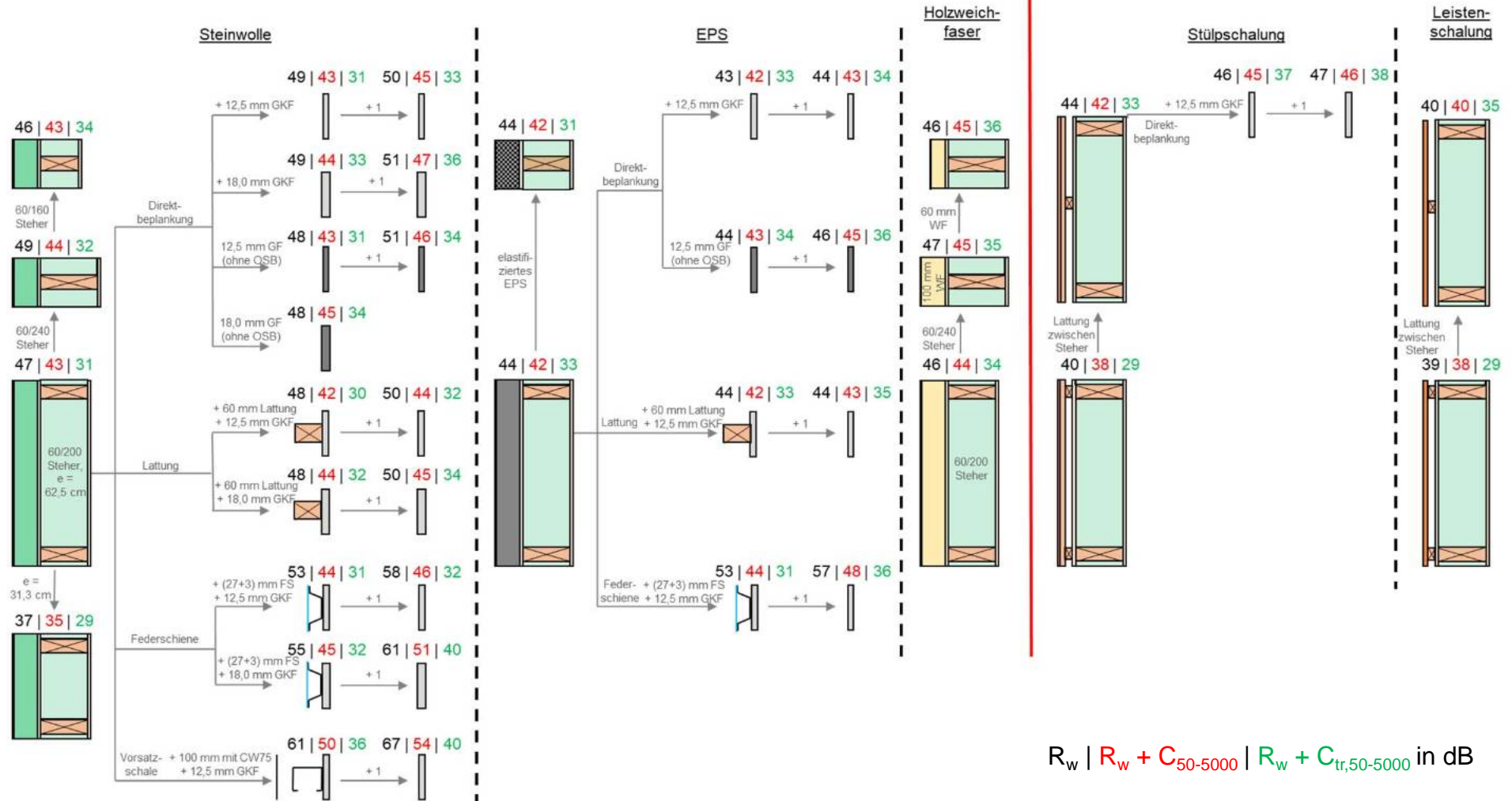
R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB



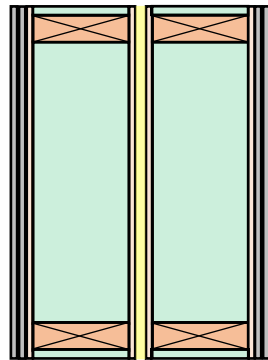
Einfluss Wandmodifikationen

WDVS

Holzfassade



Trennwände

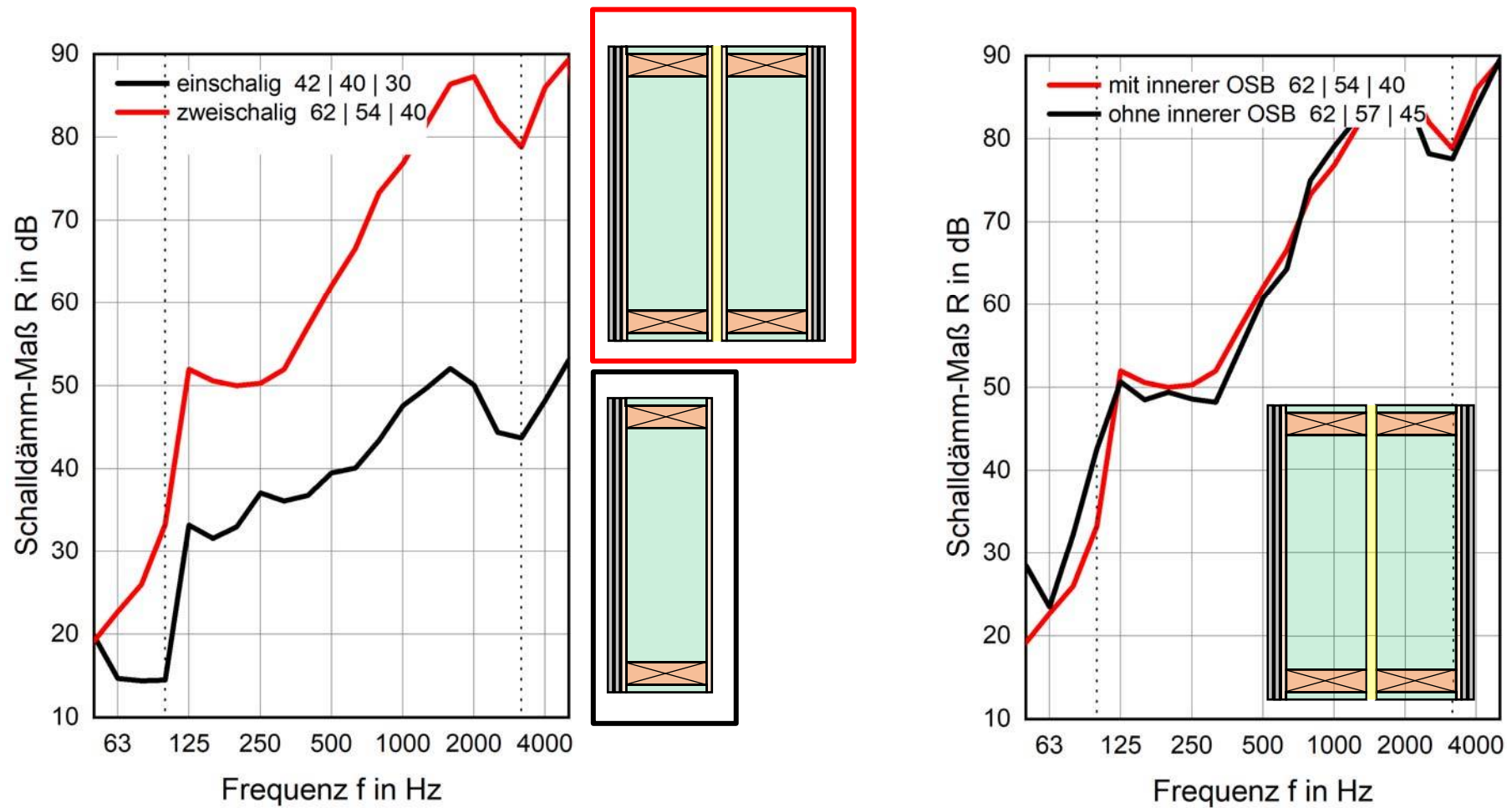


Prinzipieller Aufbau

- 2 x 12,5 mm GKF
- 12 mm OSB
- 100 mm Gefach, vollständig mit Steinwolle ausgedämmten (e = 62,5 cm)
- 12 mm OSB
- 20 mm Trennwandfuge ausgedämmt
- Symmetrie

Trennwand, ein- vs. zweischalig/ mit vs. ohne innerer OSB

R_w | $R_w + C_{50-5000}$ | $R_w + C_{tr,50-5000}$ in dB



Zusammenfassung

- Eigen- und Resonanzfrequenzen bei HR-Wände überlappen
- Spektrumanpassungswerte mit betrachten
- Bei AW Federschiene oder Vorsatzschale mit 2 x 18 mm Gipsplatten verwenden
- Geschlossene Holzfassade haben tieffrequent günstiges Verhalten
- Beplankung an TW-Fugen wenn möglich weg lassen
- Besser TW-Fuge verbreitern als Ständertiefer erhöhen
- Getrennte Ständer mit Sandplatten haben Potential



Dr. Bernd Nusser

b.nusser@holzforschung.at

Tel. +43/1/798 26 23-71

www.holzforschung.at

