Hochschule für Technik Stuttgart

Neues Prüfverfahren und Berechnung des Trittschallschutzes mit Anschlusselementen für Balkone und Laubengänge (Titel für Bauphysiker)

Sichere Planung des Trittschallschutzes bei Balkonen und Laubengängen mit neuem Prüfverfahren für Anschlusselemente (Titel für Architekten)

Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler, Dr. Jochen Scheck
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider, M.Sc. Lucas Heidemann

28.06.2022, 01.07.2022, 05.07.2022, 08.07.2022

iCity

Ein Projekt der
Hochschule für Technik Stuttgart

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

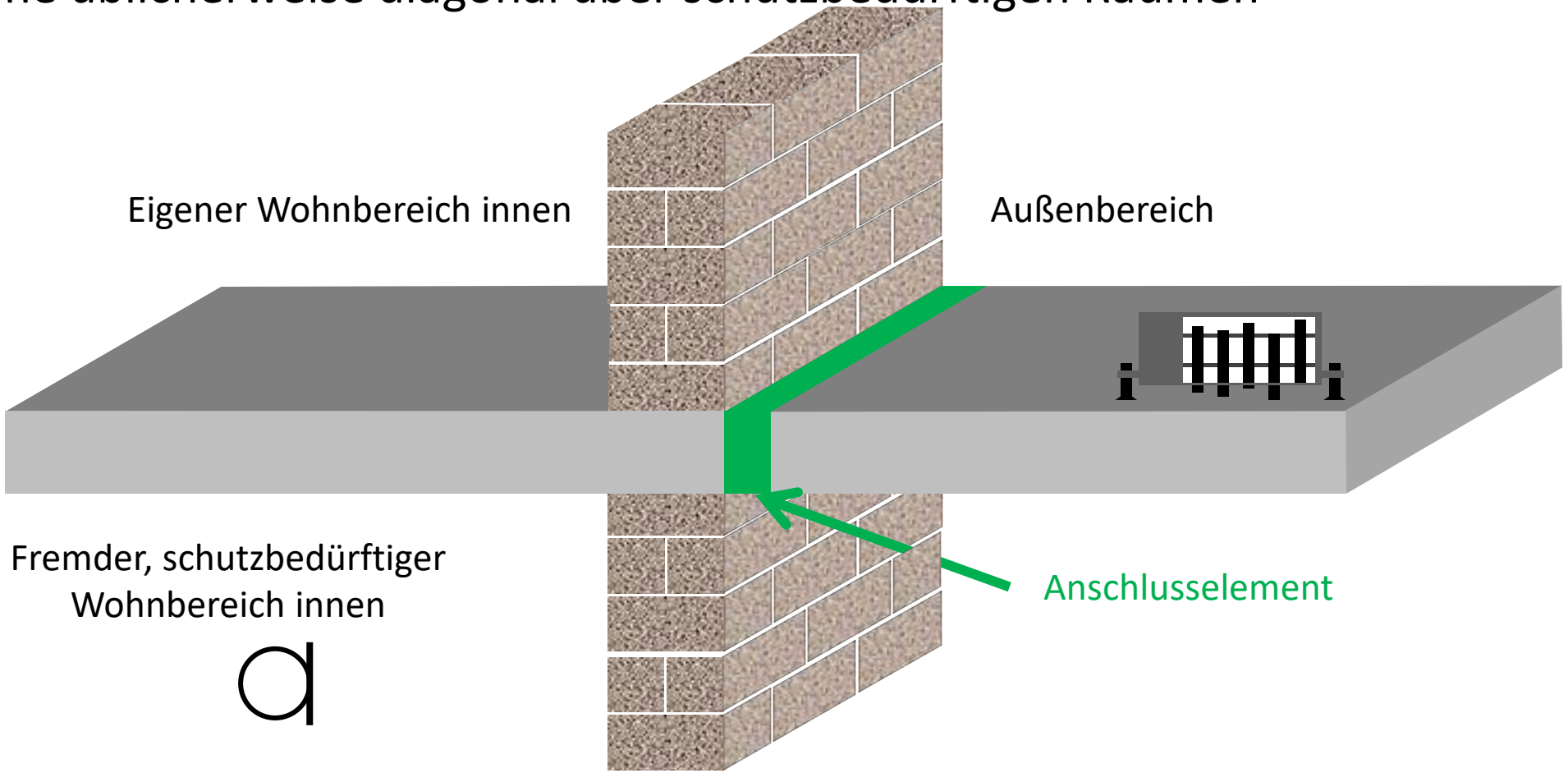
FORSCHUNG AN FACHHOCHSCHULEN

Gliederung

- Motivation
- Anforderungen
- Prognoseverfahren
- Prüfverfahren
- Baumessungen
- Ausblick

Trittschallschutz von Balkonen und Laubengängen

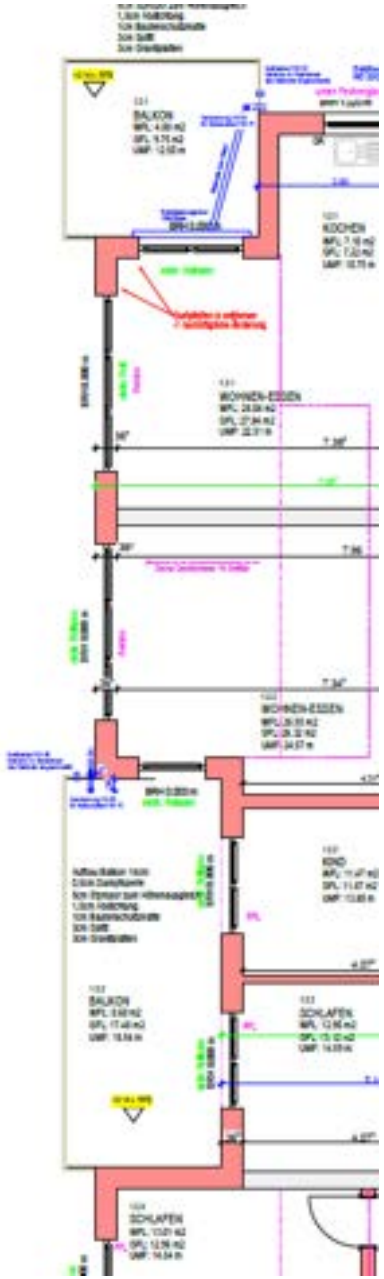
- Wärmeschutz erfordert Anschlusselement
- Anschlusselement hat auch akustische Wirkung!
- Balkone üblicherweise diagonal über schutzbedürftigen Räumen



Balkon vs. Laubengang

Folgende Definitionen sind dem Duden entnommen:

Loggia:
nicht oder kaum vorspringender, nach der Außenseite hin offener, überdachter Raum im [Ober]geschoss eines Hauses



Motivation

- Thermische Notwendigkeit bietet schalltechnische Vorteile
- Schallschutz für alle: Einhaltung von Anforderungen mit Planungsgrundlagen
- Hinweis auf die analoge Situation bei Treppen vor 10 Jahren (DIN 7396!)
- Hinweis auf das geförderte Forschungsprojekt i_City

Anforderungen (Fokus auf Mindestanforderung von 58 dB)

- DIN 4109-1/-5
- DEGA Schallschutzausweis
- VDI 4100

Aktuelle Problematik

- DIN 4109-1:2018-01 → Mindest-Anforderung an die Trittschalldämmung
- Aber: kein Nachweisverfahren

  kein Labor-Prüfverfahren für Anschlusselemente

Tabelle 2 — Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
7		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	—	≤ 50	Bezüglich der Luftschalldämmung gegen Außenlärm siehe Abschnitt 7.
8		Decken unter Laubengängen	—	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
8.1		Balkone	—	≤ 58	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.

Zusammenfassung 1

Anforderung erf. $L'_{n,w} \leq 58$ dB ist sinnvoll,

- um sicherzustellen, dass keine Konstruktionen ausgeführt werden, welche einen schlechteren Trittschallschutz als übliche Stahlbetonbalkone aufweisen.

- da übliche und häufig ausgeführte Konstruktionen aus Stahlbetonplatten ohne Zusatzmaßnahmen ausgeführt werden können.

Ein höherer Trittschallpegel gegenüber Wohnungstrenndecken und Laubengängen erscheint angemessen,

- da Balkone in der Regel nicht ganzjährig genutzt werden.
- da die Nutzung auch aufgrund des Luftschallübertragung wahrnehmbar sein kann, so dass eine gegenseitige Rücksichtnahme erforderlich scheint.

Unterschiedliche Anforderungen an Loggien und Balkone sind aufgrund sehr individueller Grundrissgestaltung nicht nachvollziehbar .

Messung und Prognose des Trittschallschutzes stimmen gut überein.

Prognoseverfahren

- Eingehen auf die rechnerische Prognose von Balkonen nach DIN EN ISO 12354-2:2017 und Aufzeigen der Unterschiede zur bisherigen Prognose nach dem Deckenverfahren nach DIN 4109-2

Prognose mit DIN 4109 – Beiblatt 1:1989

Balkone:

- **Ausführung in Stahlbeton**
- **diagonale Übertragung**

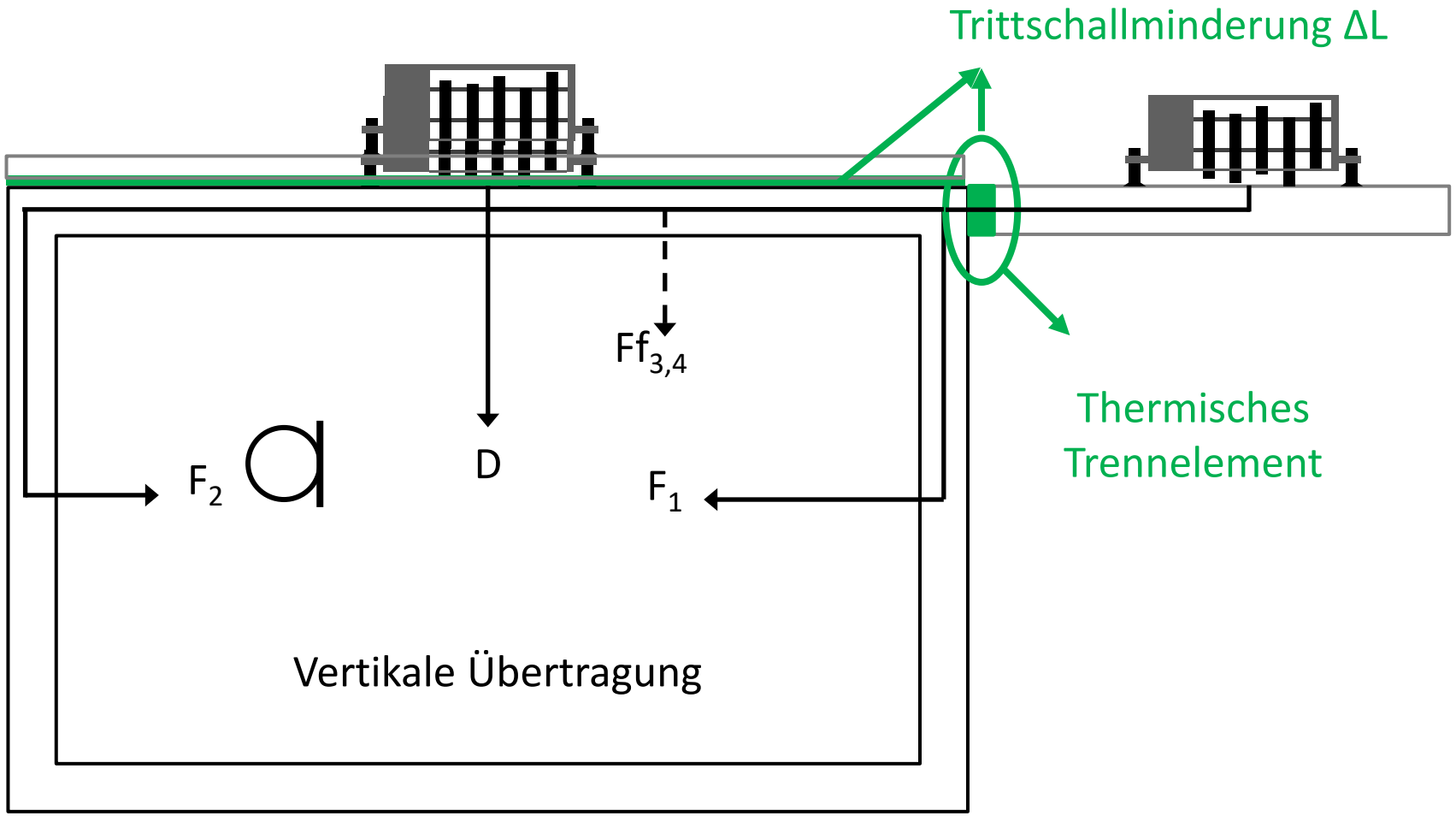
$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T - \Delta L_{n,v,w}$

-	Balkonplatte ≥ 160 mm	$L_{n,eq,0,w}$	= 73,5 dB
-	für die schalltechnisch ungünstigste Ausführung	ΔL_w	= 0 dB
-	nach DIN 4109-2, Tabelle 2, Zeile 1 (diagonal)	K_T	= 5 dB
-	Verbesserung durch Isokorb (Herstellerangabe)	$\Delta L_{n,v,w}$	= 10 bis 16 dB

Damit: $L'_{n,w}$ = 73,5 - 0 - 5 - (10 bis 16) = 52,5 bis 58,5 dB

mit u_{prog} = 3 dB: $L'_{n,w}$ = 55,5 bis 61,5 dB

Prognose mit DIN EN ISO 12354-2



Prüfverfahren

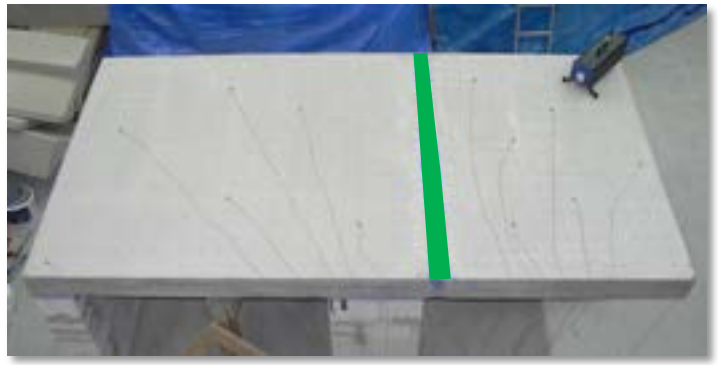
- Aufzeigen, dass es bisher kein vernünftiges Standard-Prüfverfahren für Balkonanschlusselemente gegeben hat
- Beschreibung des neuen EAD-Prüfverfahrens (Prüfaufbau + Verwendung der Messwerte) mit Aufzeigen der wesentlichen Verbesserungen gegenüber bisherigem EAD-Verfahren
- Beschreibung der bei STEP durchgeführten Messreihen (Bilder!)
- Hinweis, dass die neuen Kennwerte ausschreibungsrelevant sind und nur solche Produkte gleichwertig sind, die streng nach dem neuen EAD-Verfahren geprüft wurden (Stichwort: ΔLw-Wert ist nicht gleich ΔLw-Wert!)
- Erläuterung der Möglichkeit, die Minderung eines Belages frequenzabhängig zur Minderung des Balkondämmelements dazurechnen zu können
- Darstellung der **FE-Simulation** mit Comsol, Aufzeigen der guten Übereinstimmung der ΔL Frequenzverlauf von Rechnung und Messung, Hinweis auf Legitimität der Inter- und Extrapolation mit Comsol bei den nicht gemessenen Typen
- Vorgehensweise bei einem inhomogen angeschlossenen Balkon (Berechnung des anschlusslängengewichteten, energetisch gemittelten ΔLw-Wert des Balkonanschlusses)

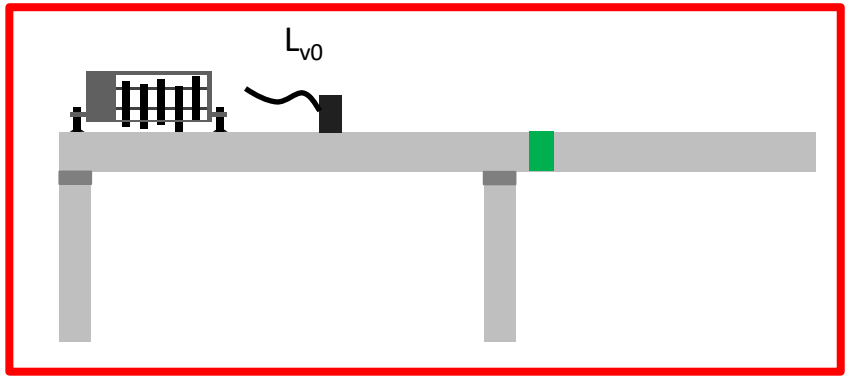
Prüfverfahren - Trittschallminderung

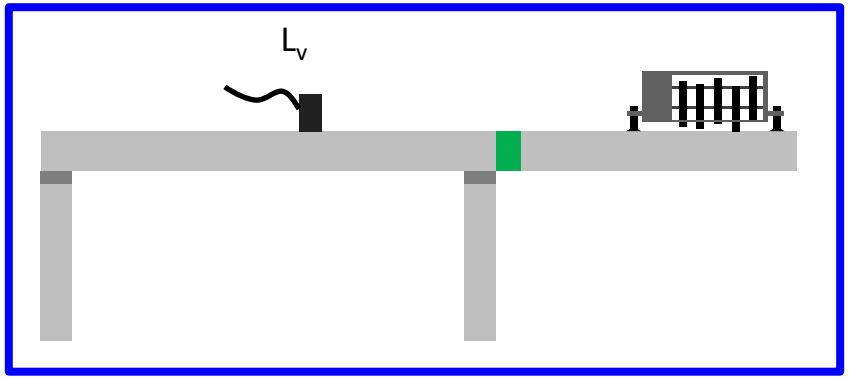
Bereits umgesetzt in EAD Entwurf 13-05-0001-03.01

„Load bearing thermal insulating elements which form a thermal break between balconies and internal floors“

Vorschlag für DIN 4109-4



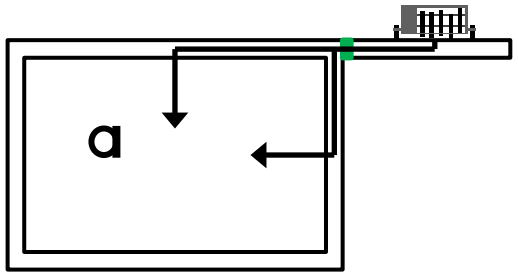


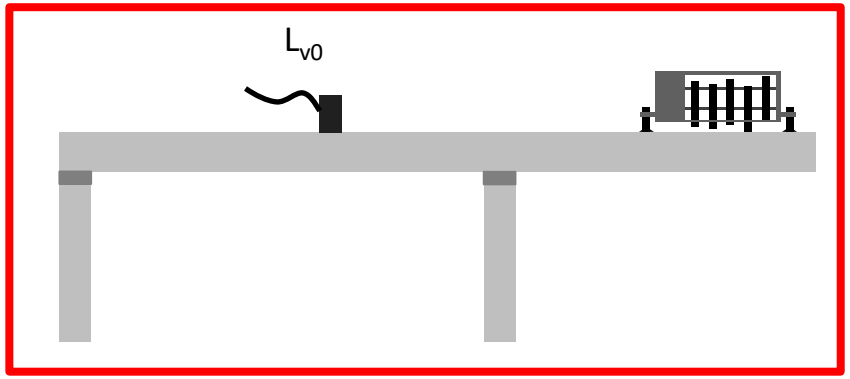


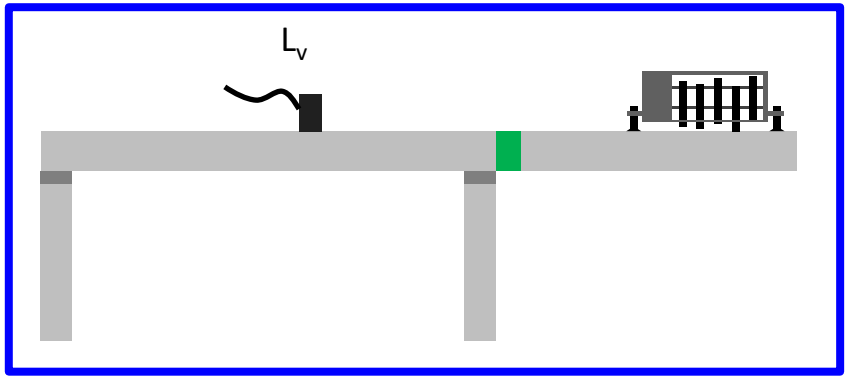
$$\Delta L = L_{n,v0} - L_{n,v}$$

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

Prüfverfahren - Trittschallpegeldifferenz





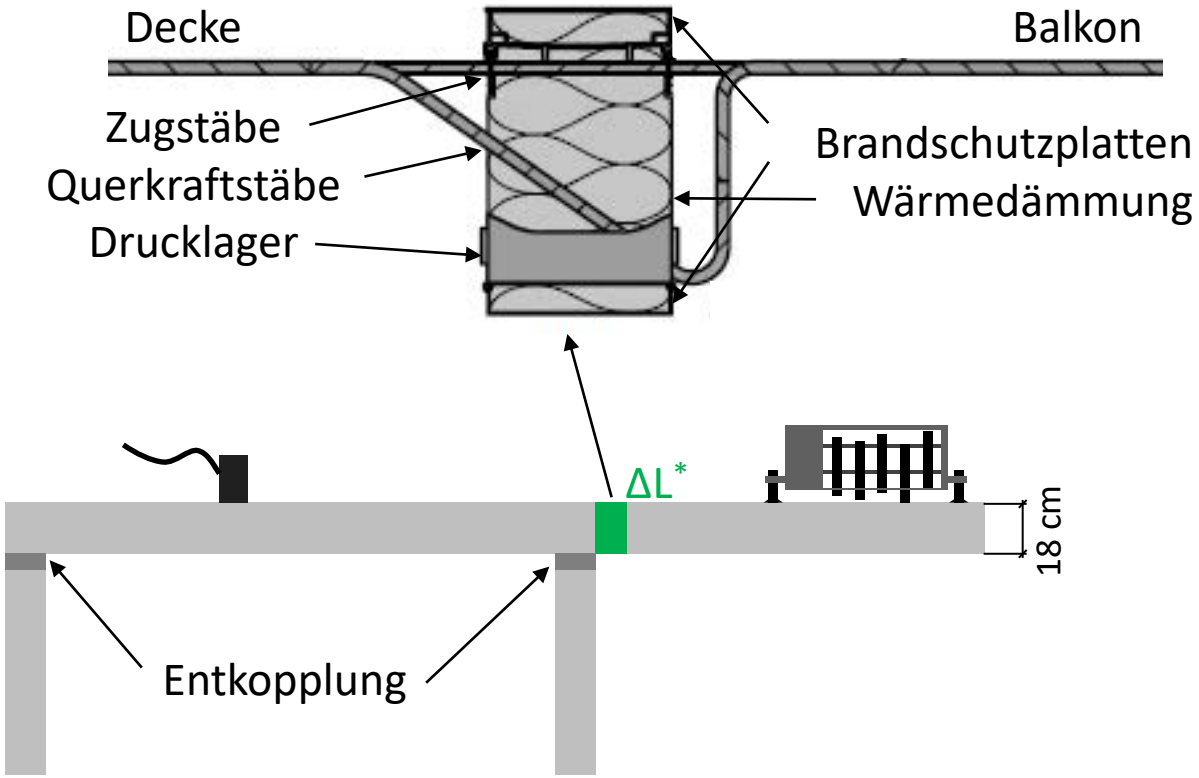


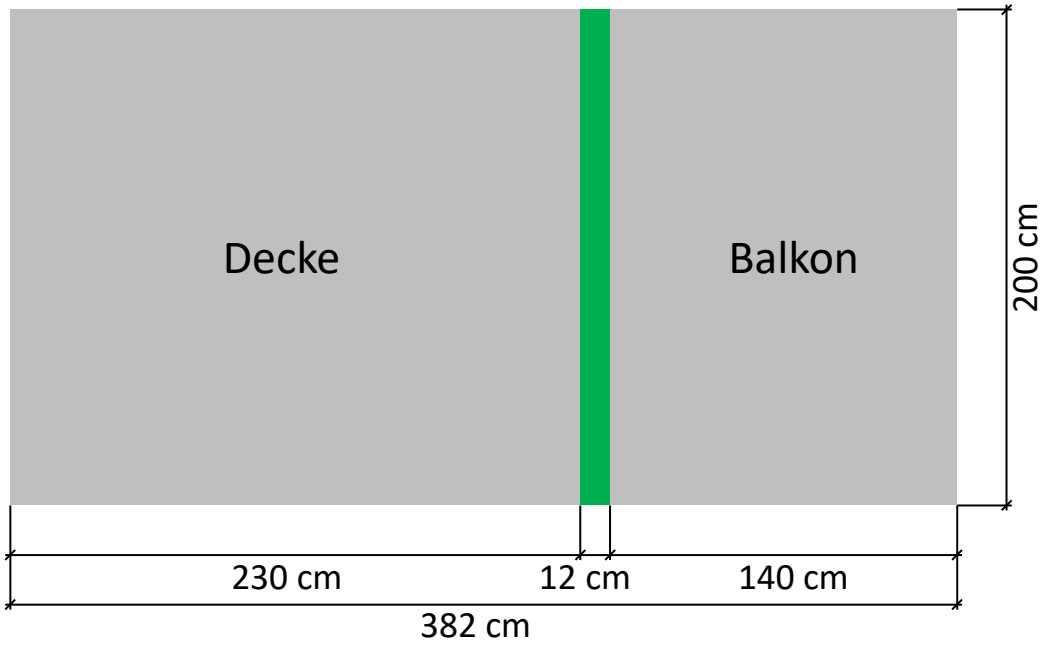
$$\Delta L^* = L_{n,v0} - L_{n,v}$$

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

Prüfaufbau nach EAD 050001-01-0301 (adopted version)

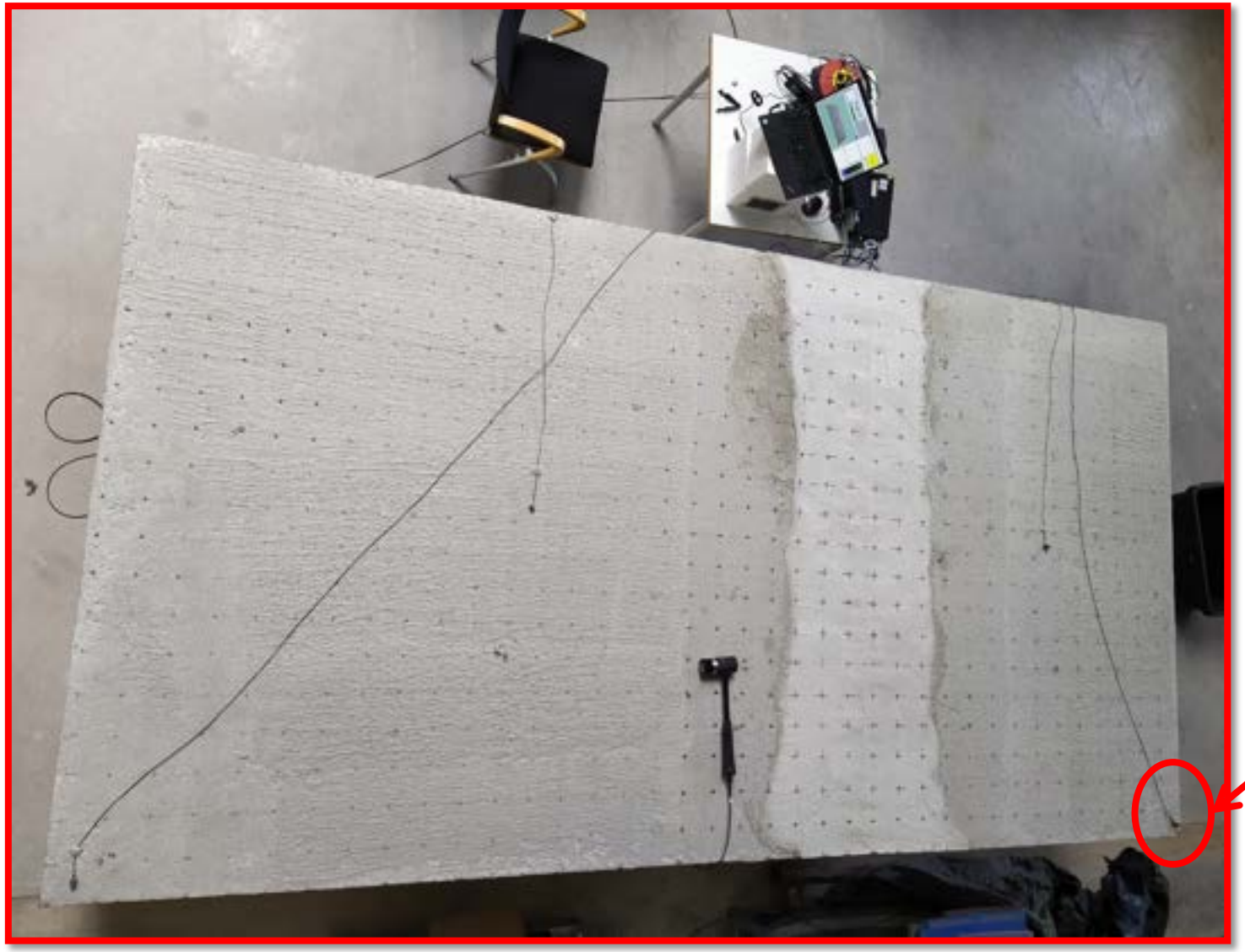
Hochschule für Technik
Stuttgart





L. Heidemann, J. Scheck, B. Zeitler

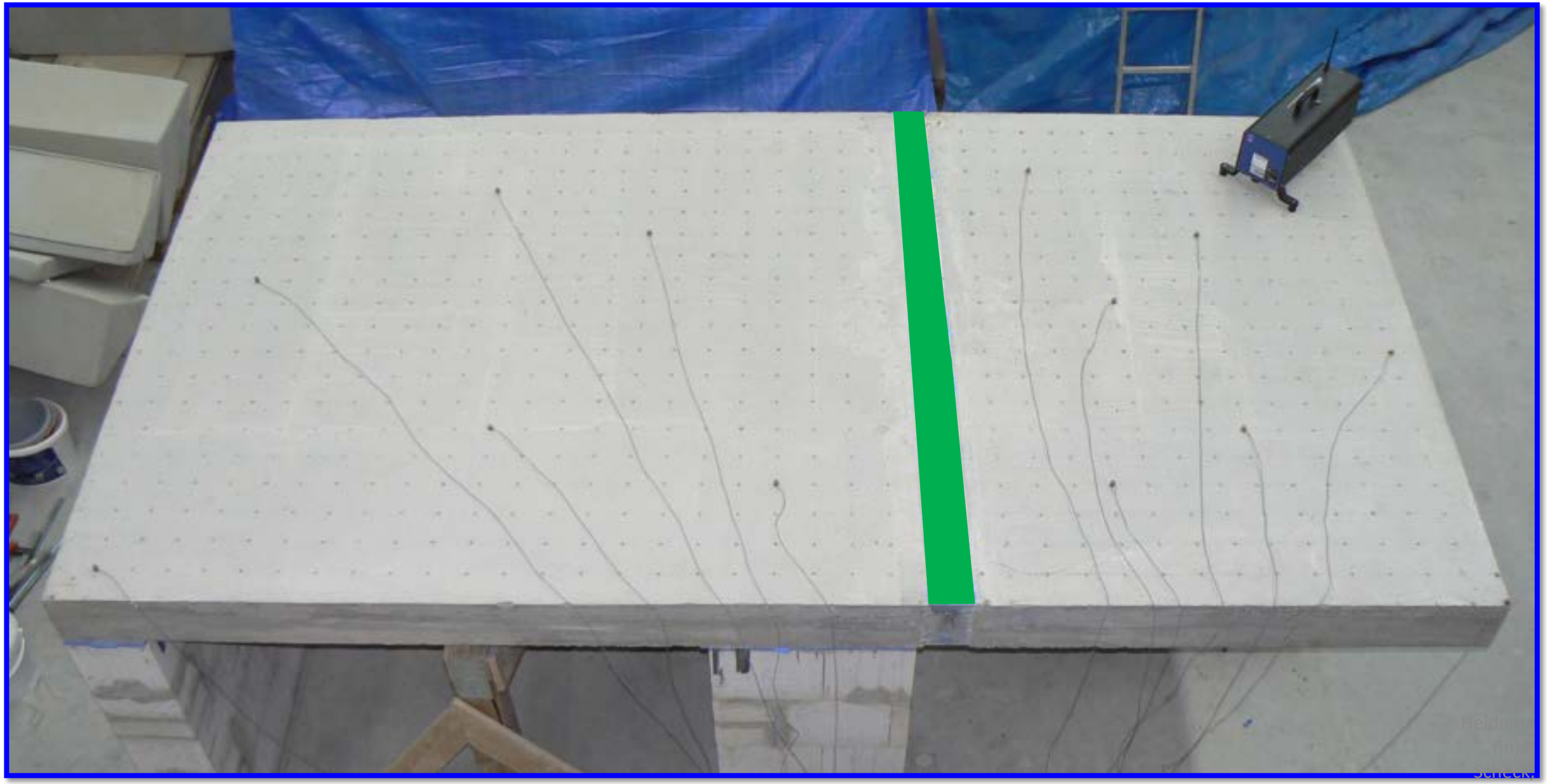
Prüfaufbau durchbetoniert



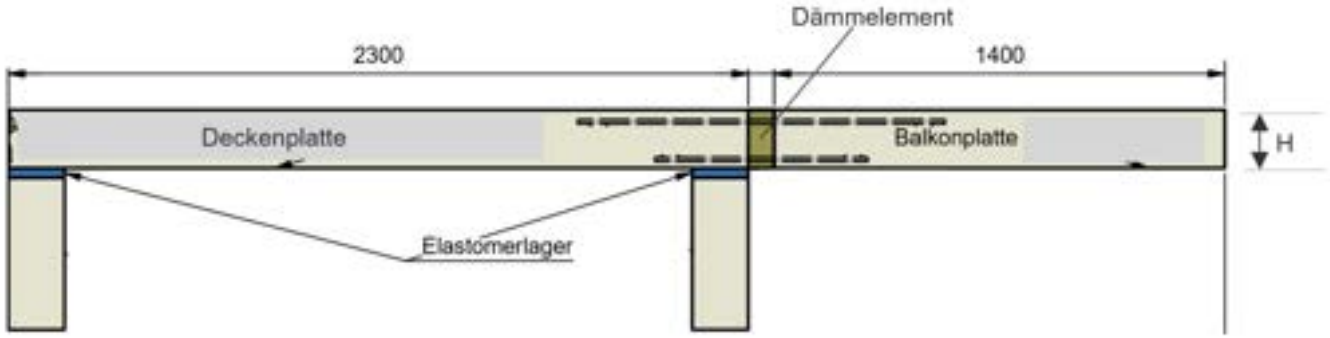
Ausgewerteter Sensor

L. Heidemann, J. Scheck, B. Zeitler

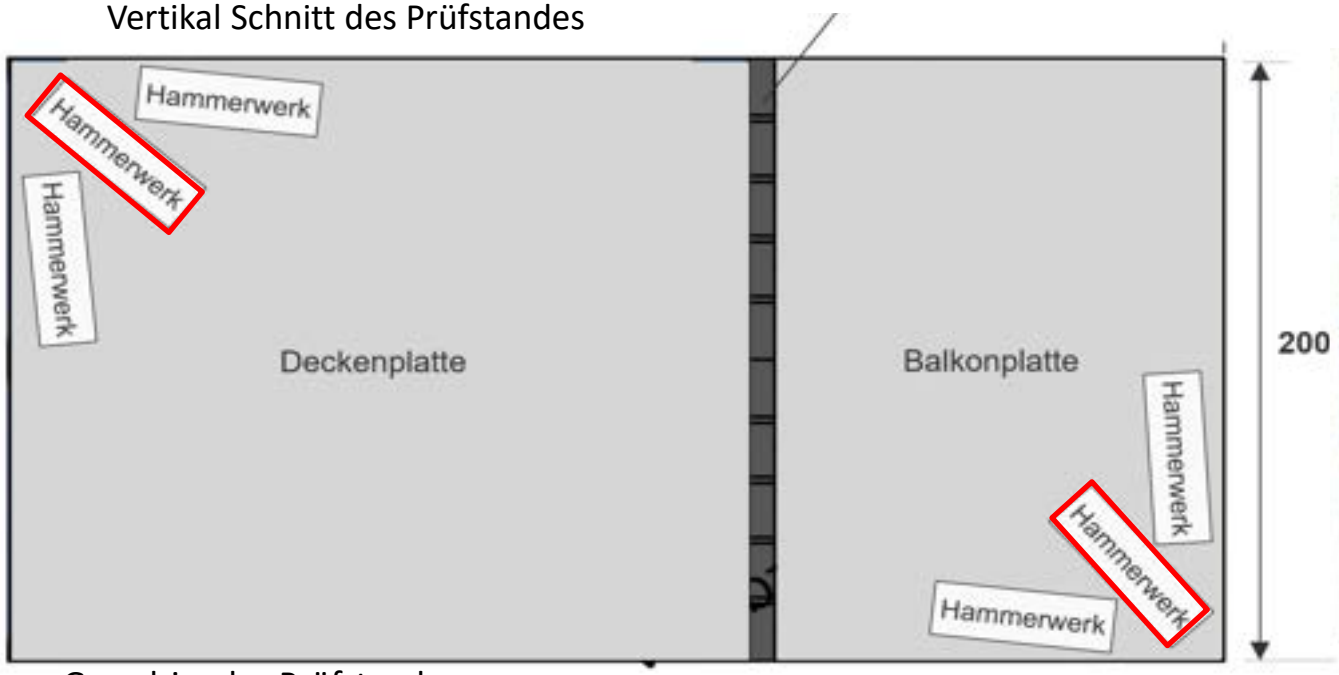
Prüfaufbau mit Trennelement



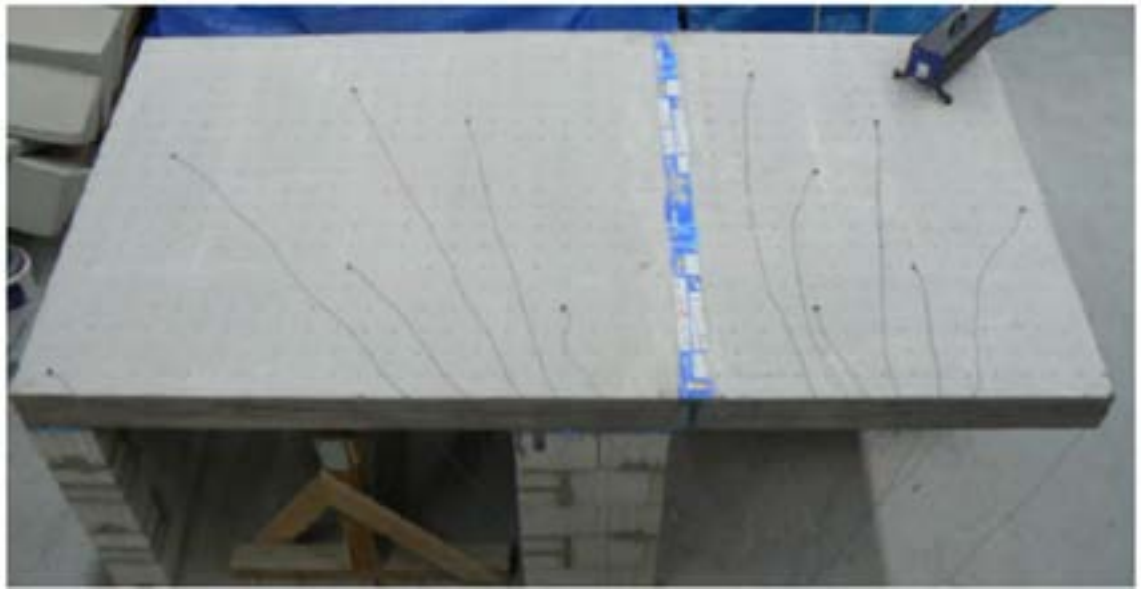
Prüfaufbau nach EAD 050001-01-0301



Vertikal Schnitt des Prüfstandes

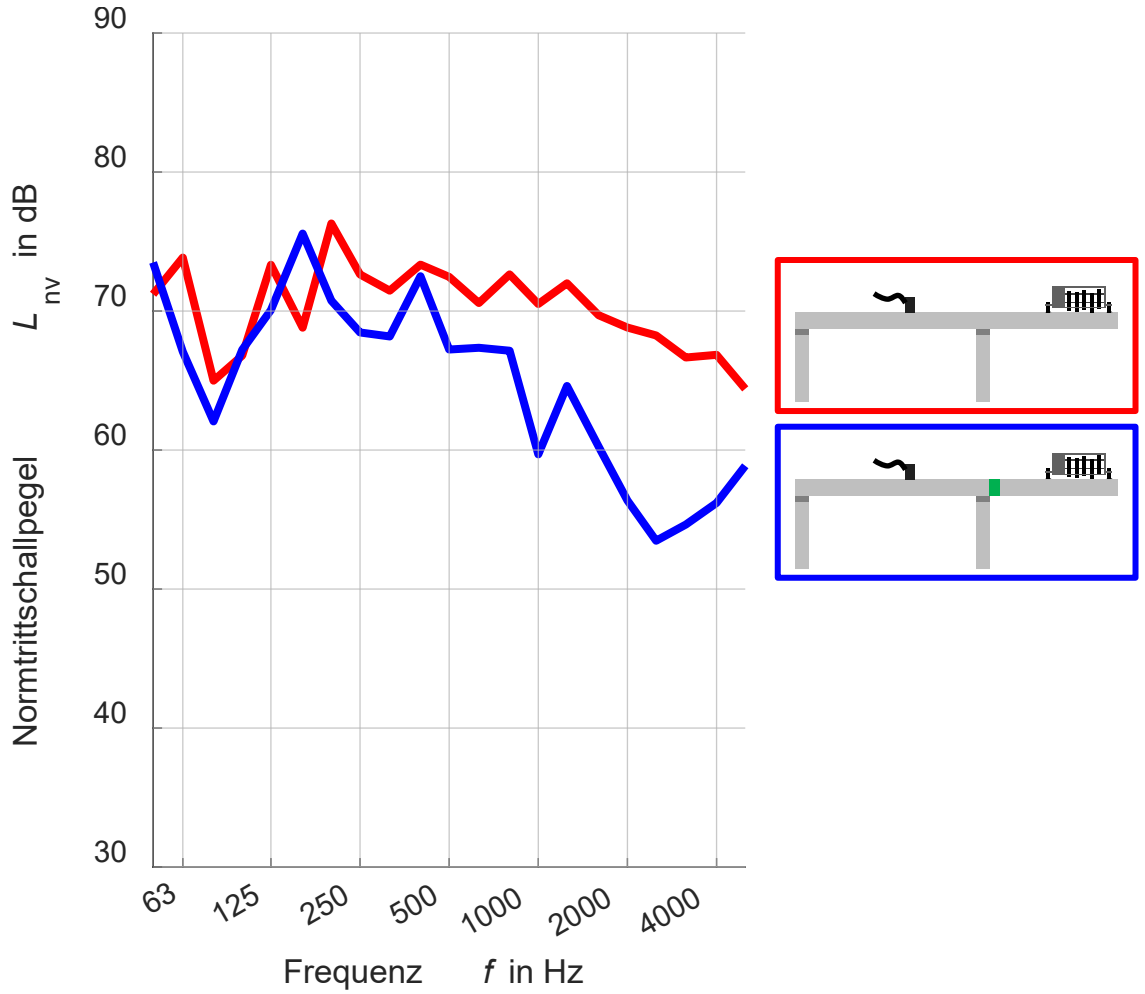


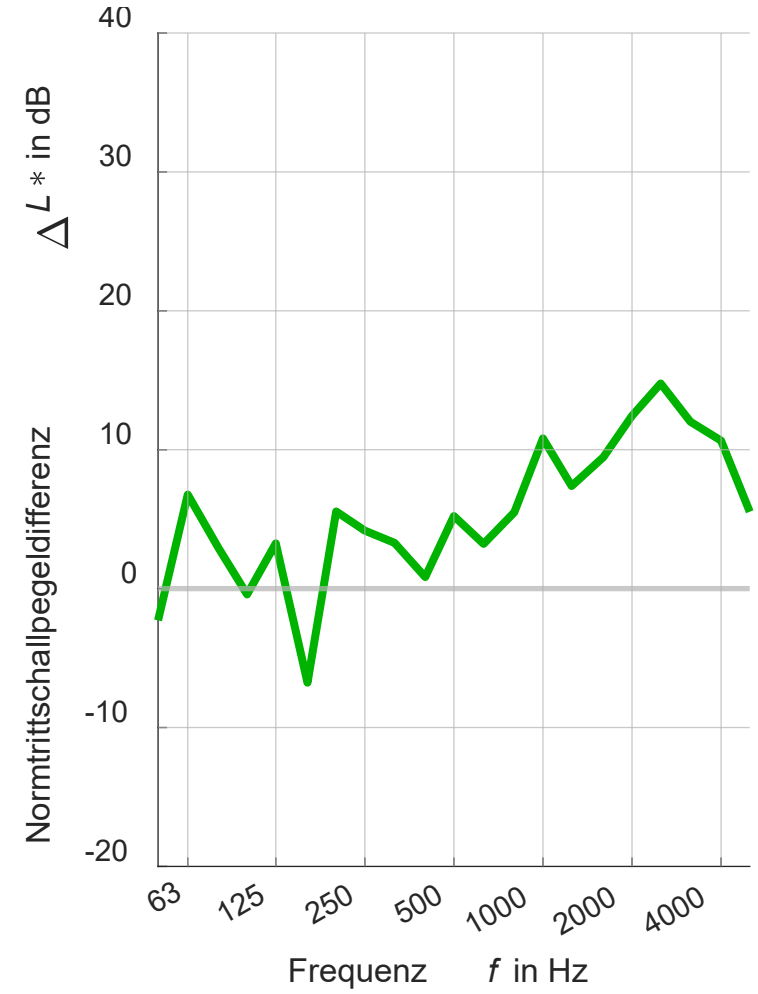
Grundriss des Prüfstandes



Realisierter Prüfaufbau

Auswertung – Trittschallpegeldifferenz



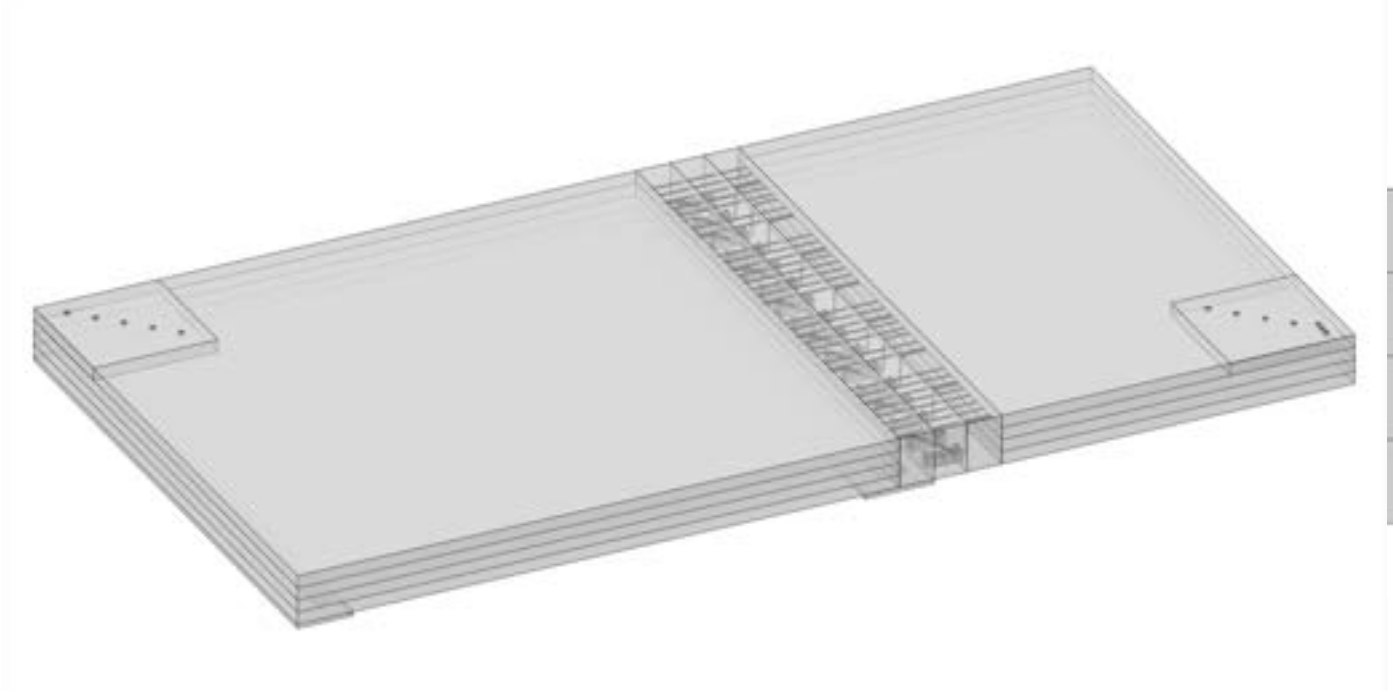


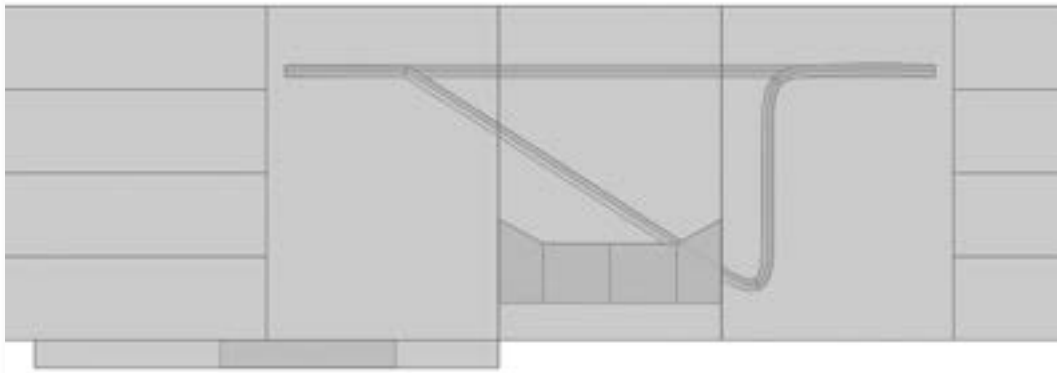
Messung durchbetoniert
$L_{n,w}$ = 74.7 dB

Messung mit Trennelement
$L_{n,w}$ = 67 dB

Messung Differenz, ΔL^*_w = 10.2 dB

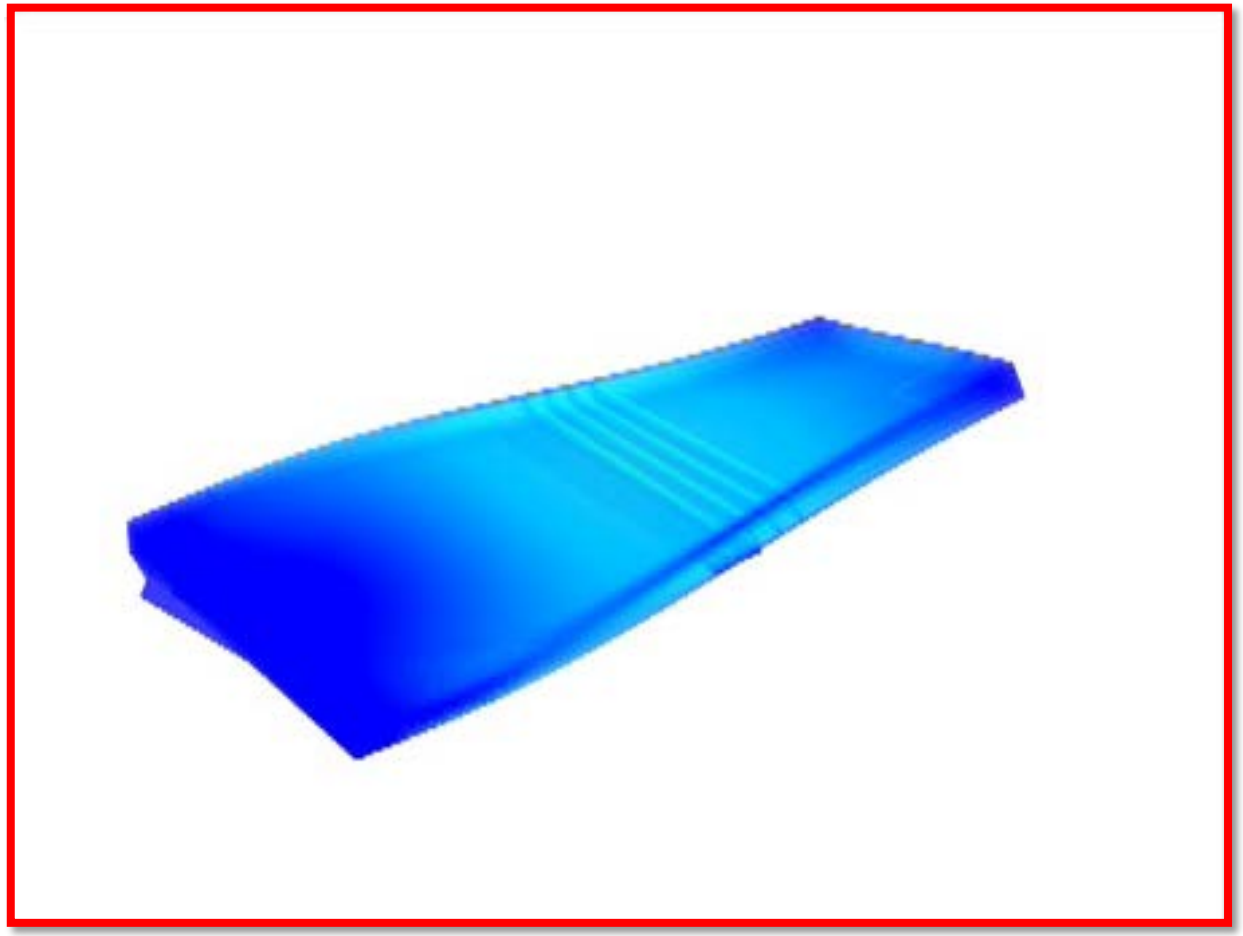
Finite Elemente Simulation (FEM)



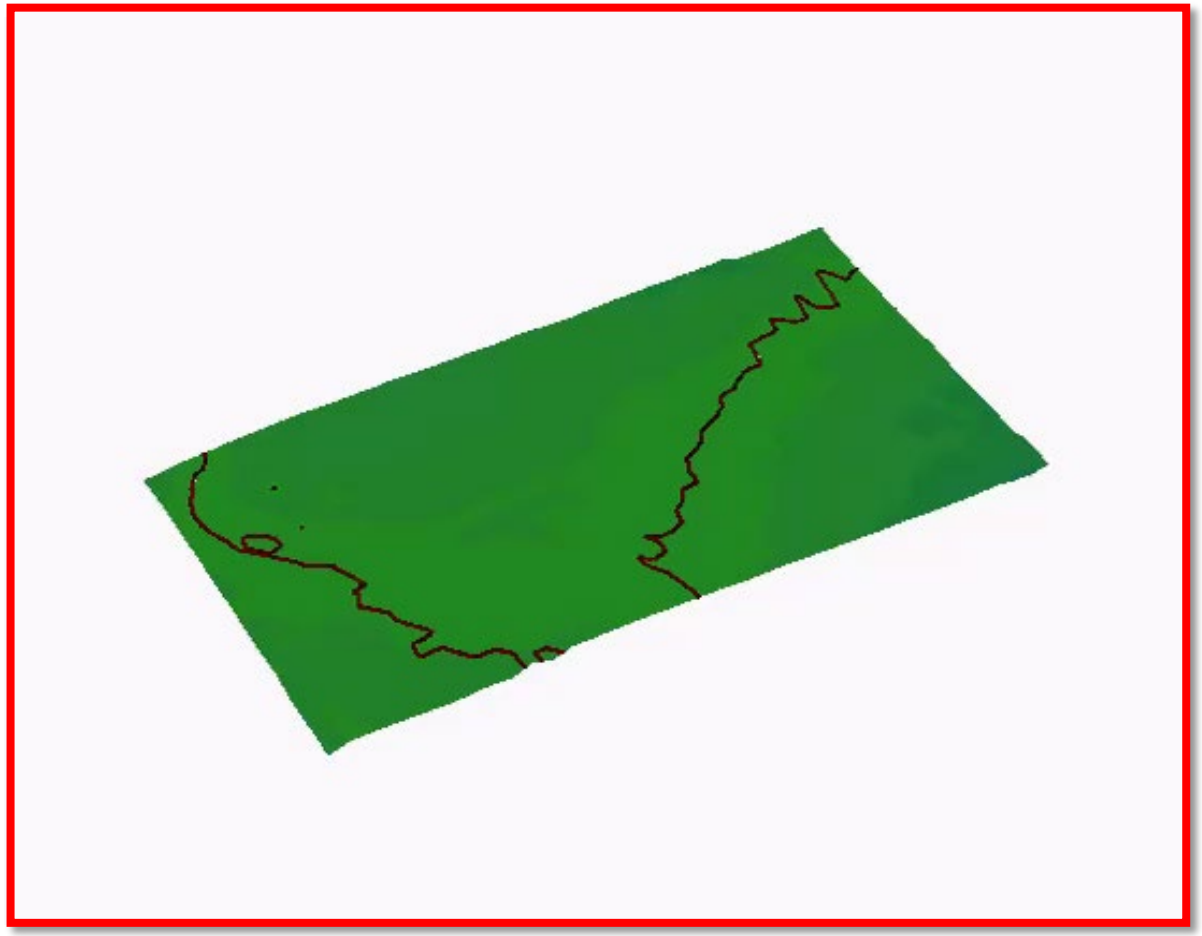


Parameter	Beton	Schaumkörper	Drucklager	Stahl	Elastomerlager
Dichte	2300 kg/m³	30 kg/m³	2600 kg/m³	7800 kg/m³	826 kg/m³
Elastizitätsmodul	25e9 Pa	6e6 Pa	45e9 Pa	1.6e11 Pa	1e7 Pa
Poissonzahl	0,2	0,35	0,2	0,28	0,35
Verlustfaktor	0,005	0,1	0,005	1e-4	0,14
Maximale Elementgröße	14 cm		4 cm	3 cm	

Schwingungsformen

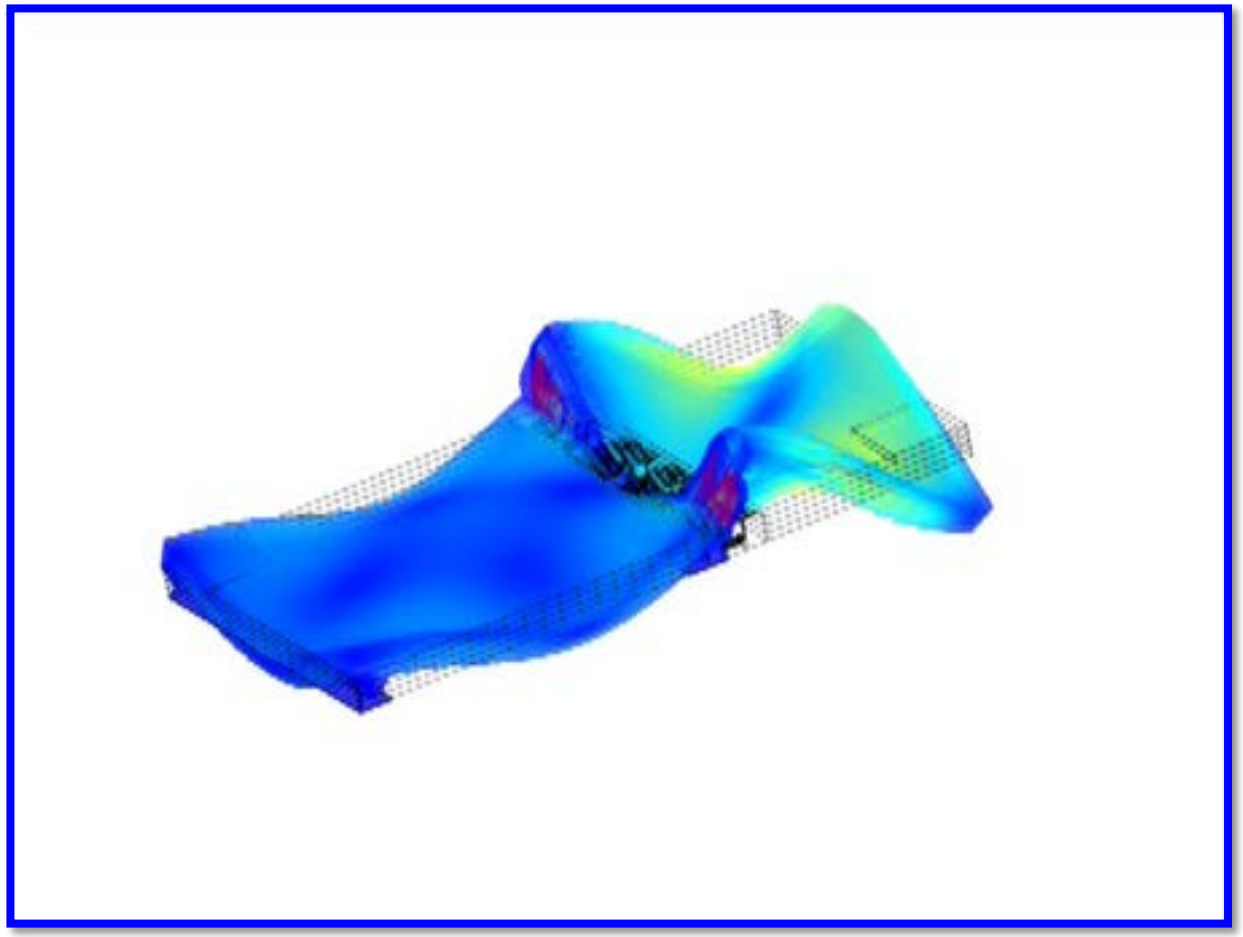


Simulation: 61,3 Hz

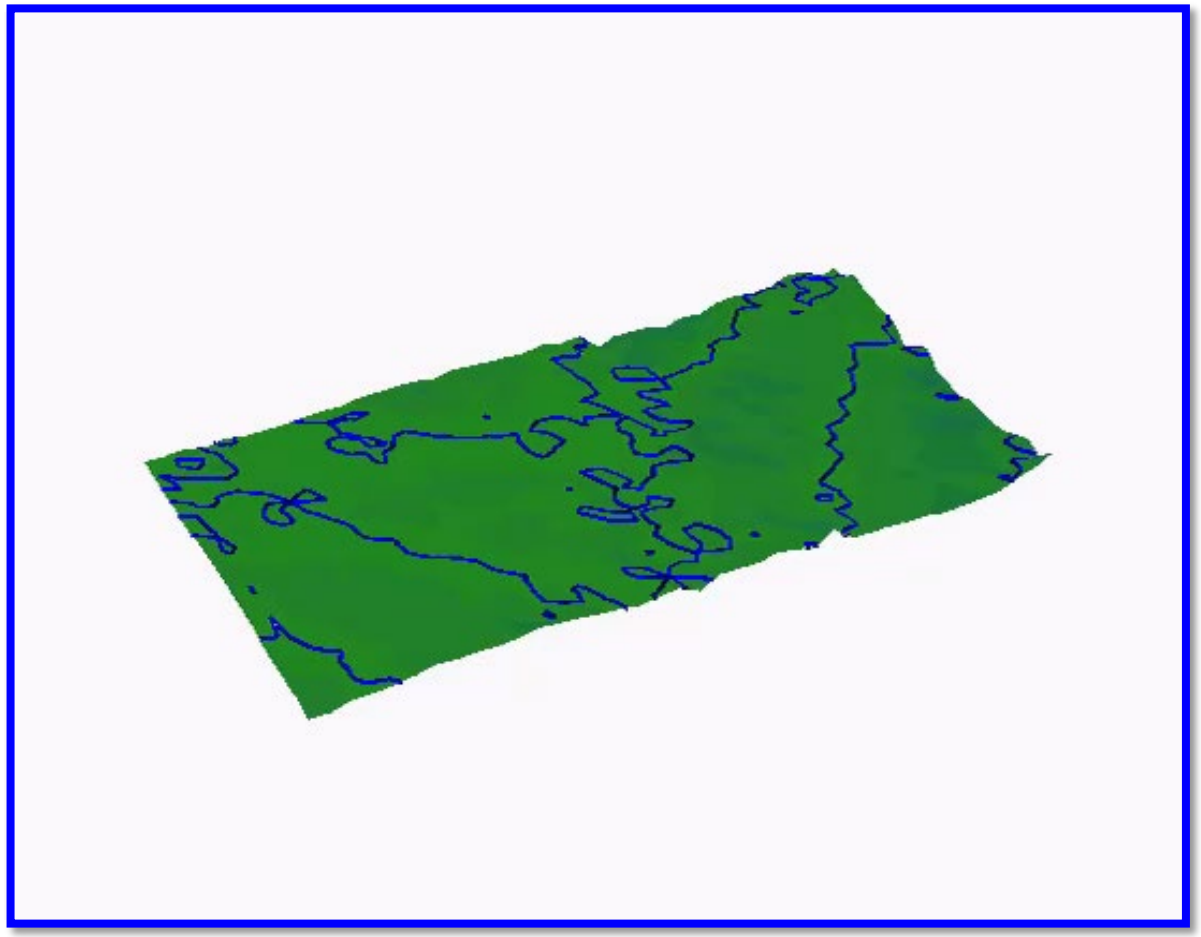


Messung: 58,9 Hz

Schwingungsformen simuliert

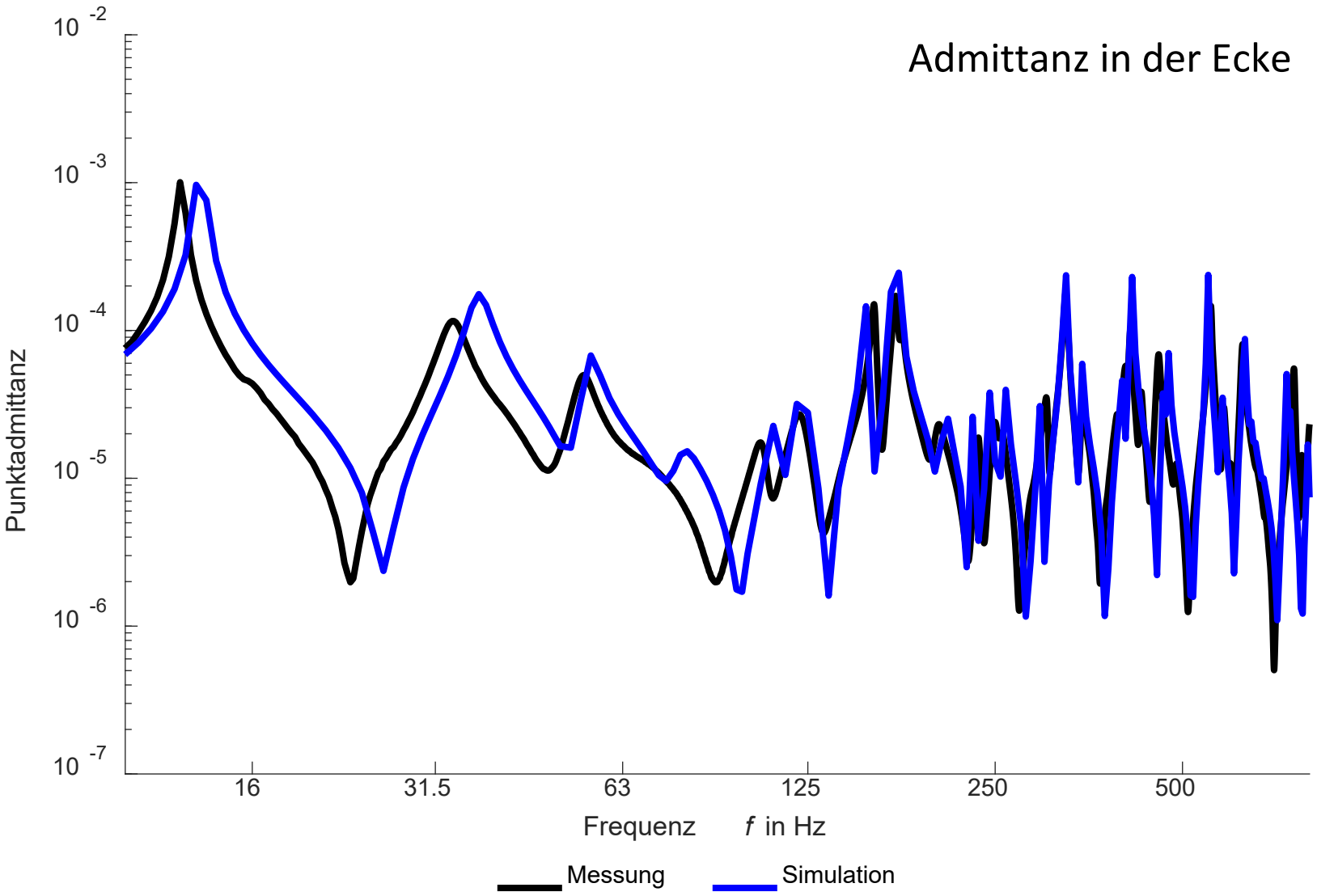


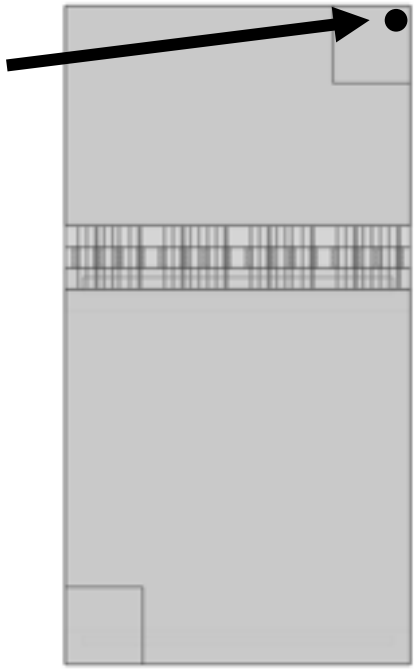
Simulation: 323 Hz



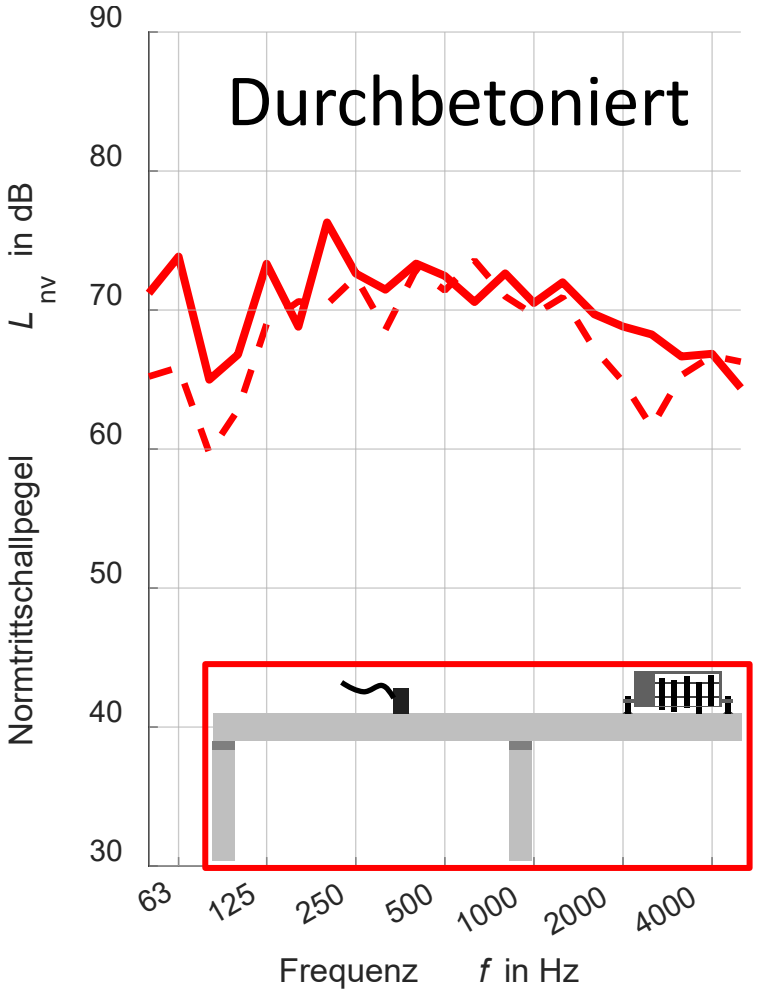
Messung: 333 Hz

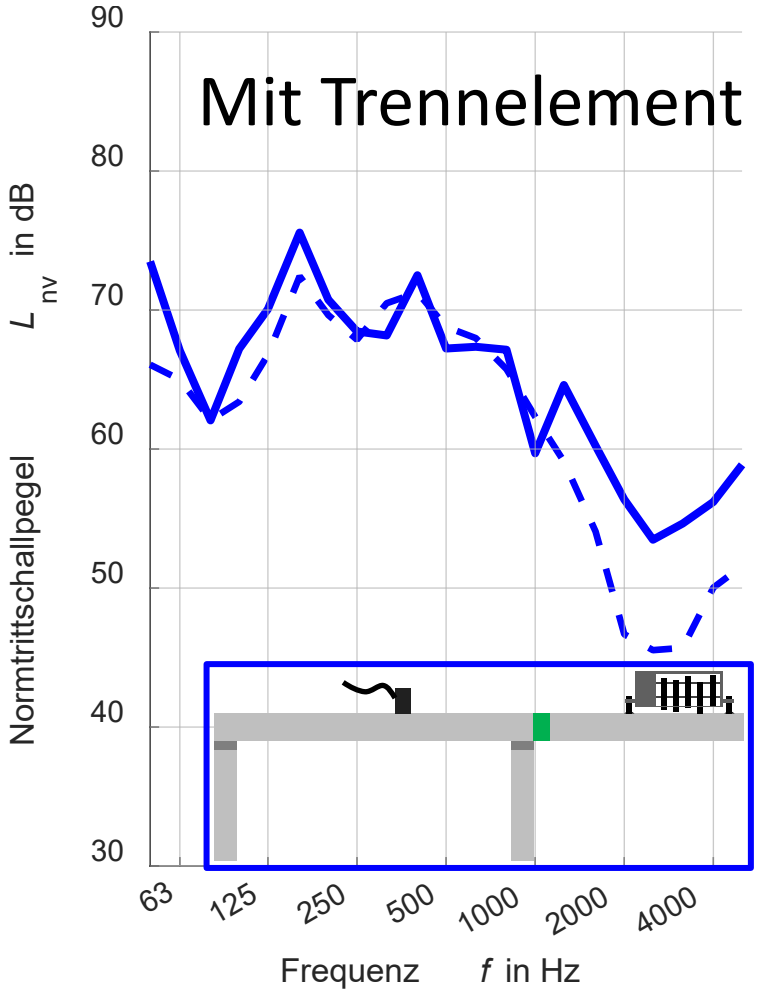
Admittanz mit Trennelement





Ergebnisse - Normtrittschallpegel

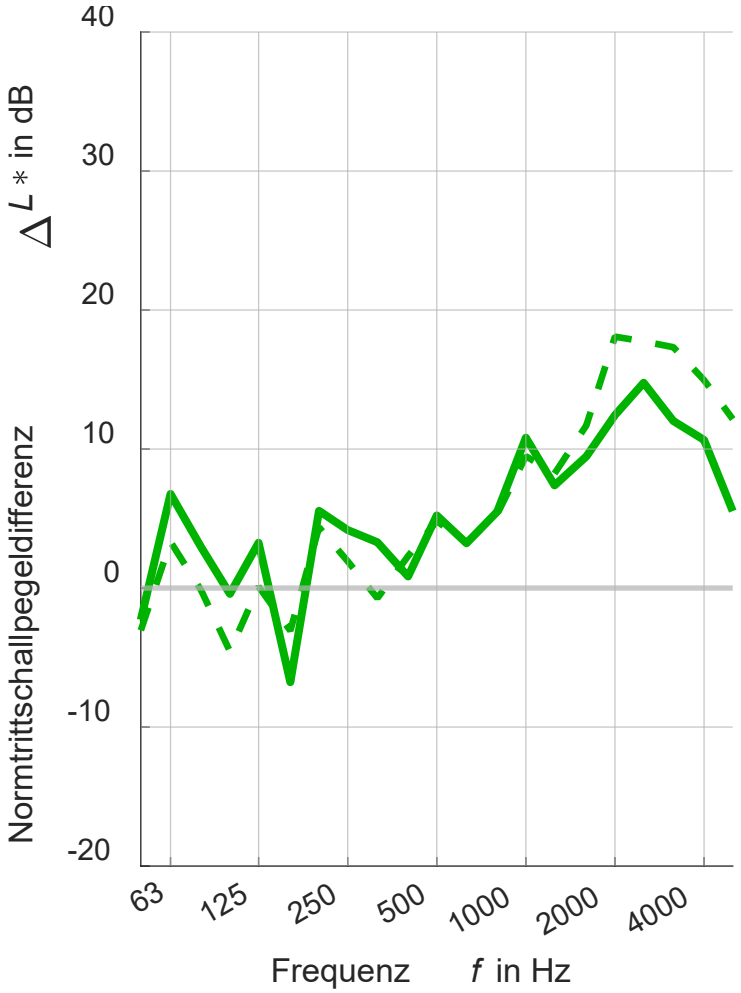


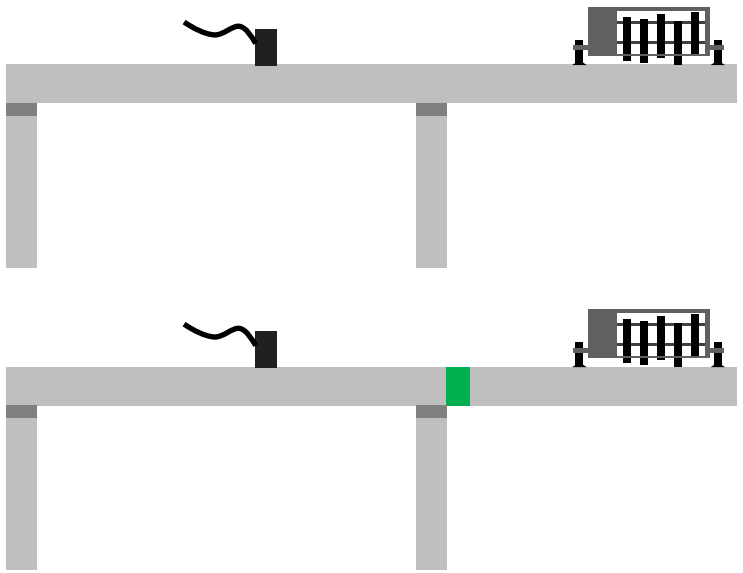


Messung, $L_{n,w}$ = 74.7 dB
Simulation, $L_{n,w}$ = 72.3 dB

Messung, $L_{n,w}$ = 67 dB
Simulation, $L_{n,w}$ = 64.7 dB

Ergebnisse – Trittschallpegeldifferenz

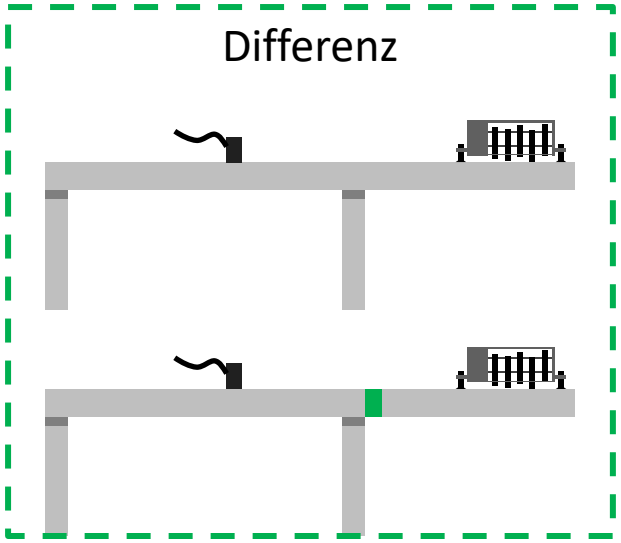


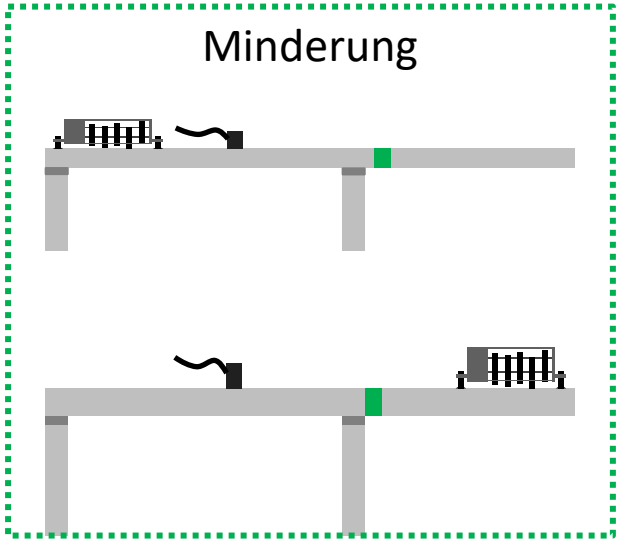


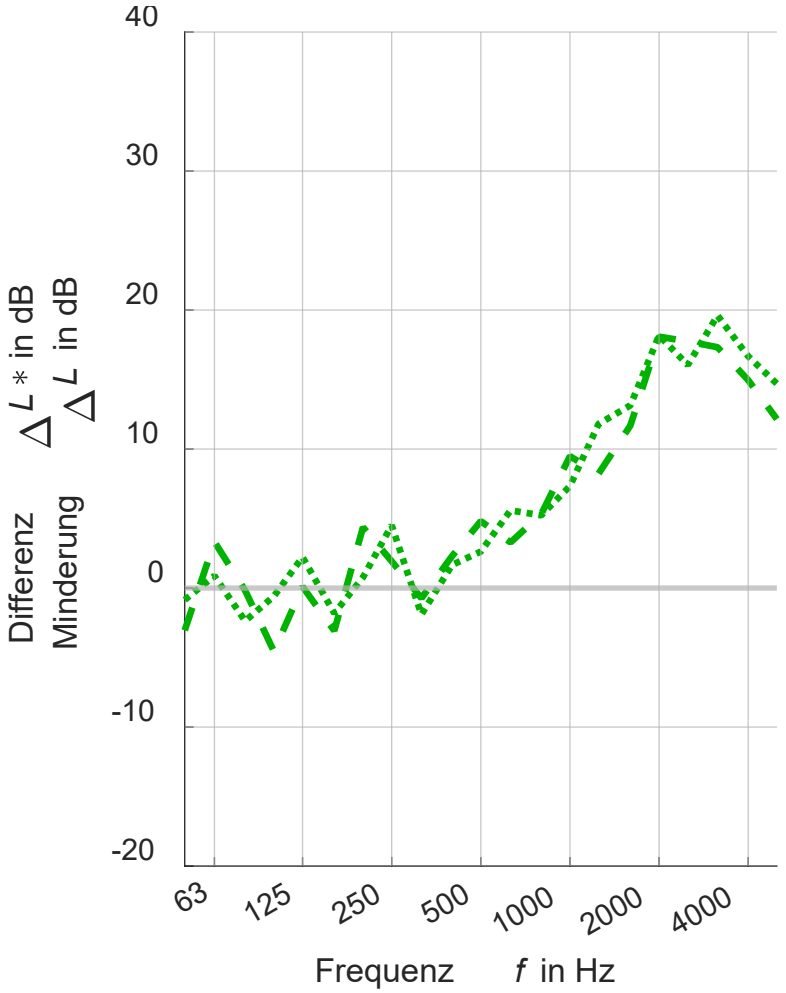
Messung, $\Delta L_w^* = 10.2$ dB

Simulation, $\Delta L_w^* = 12$ dB

Ergebnisse – Differenz und Minderung





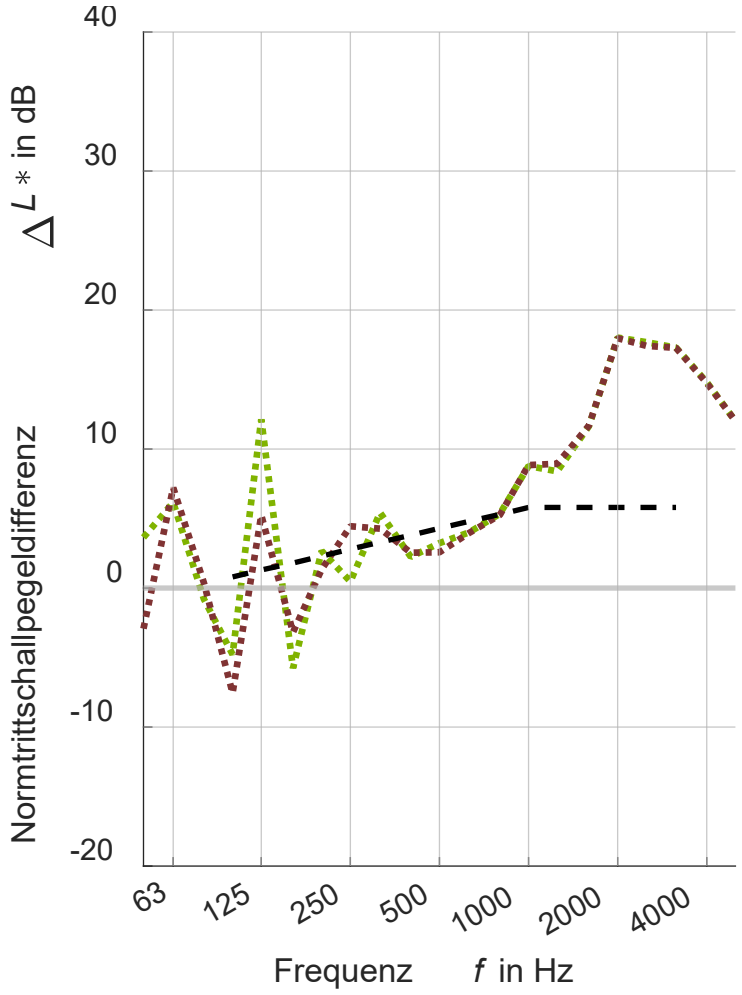


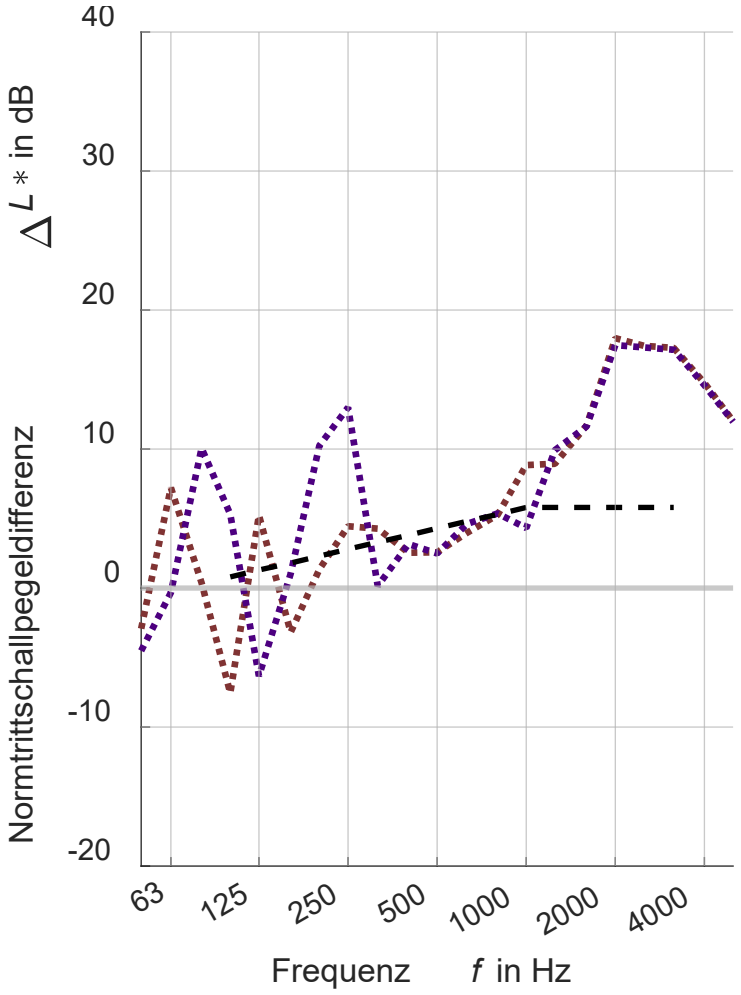
Simulation Differenz, ΔL^*_w = 12 dB

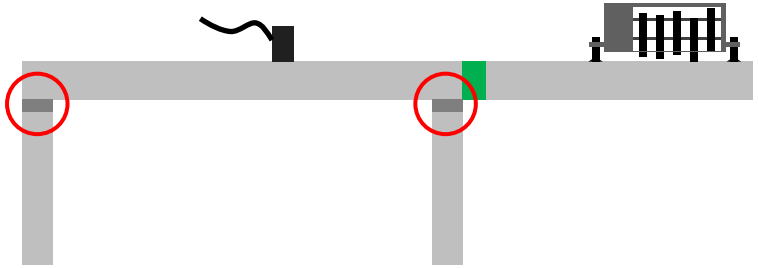
Simulation Minderung, ΔL_w = 12.6 dB

Einfluss der Entkopplung (Auflager)

Hochschule für Technik
Stuttgart







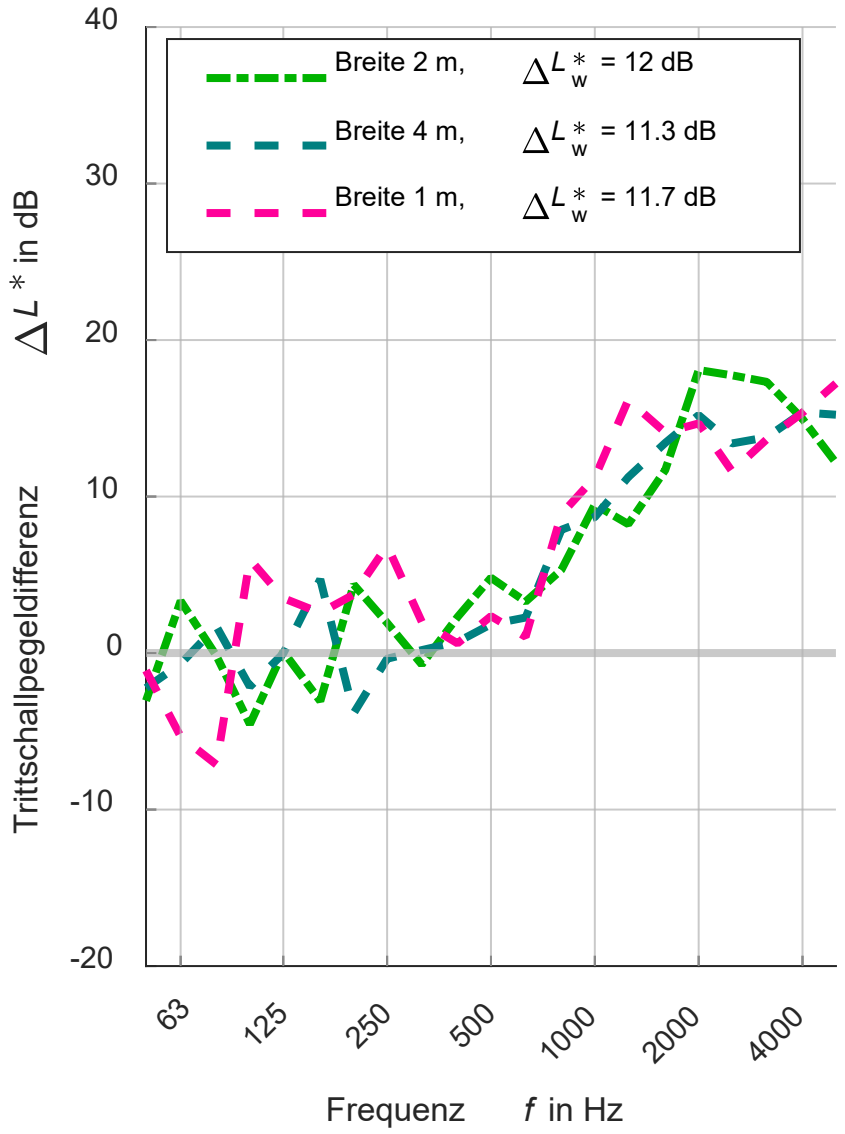
Entkopplung < 5 Hz, $\Delta L_w^* = 11.8$ dB

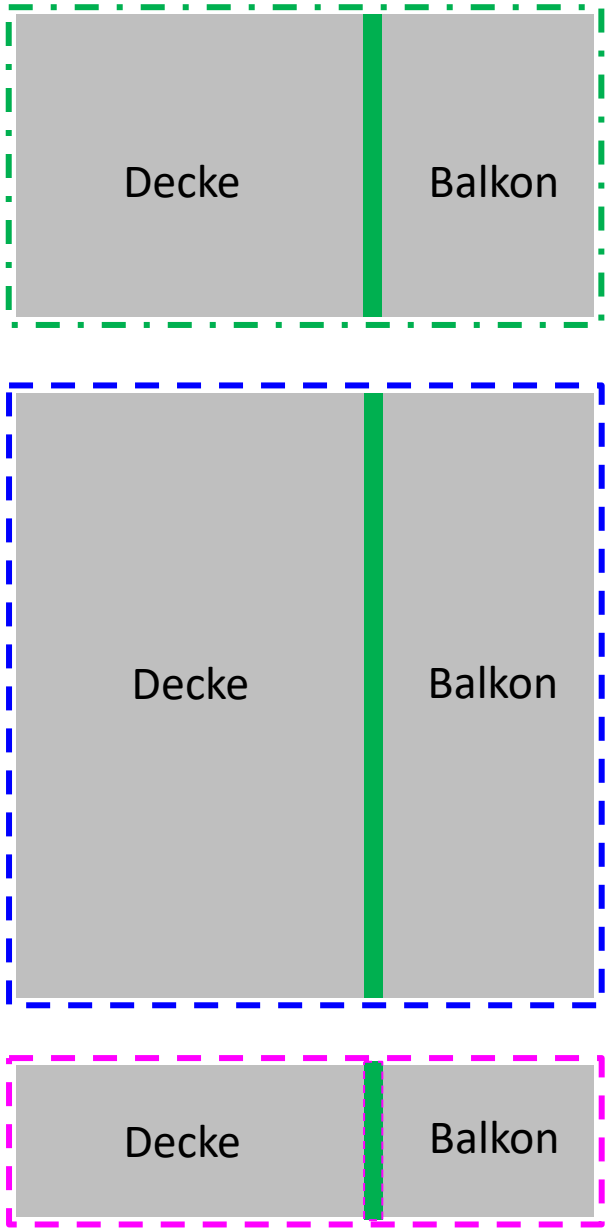
Entkopplung < 25 Hz, $\Delta L_w^* = 11.8$ dB

Entkopplung < 25 Hz, $\Delta L_w^* = 11.8$ dB

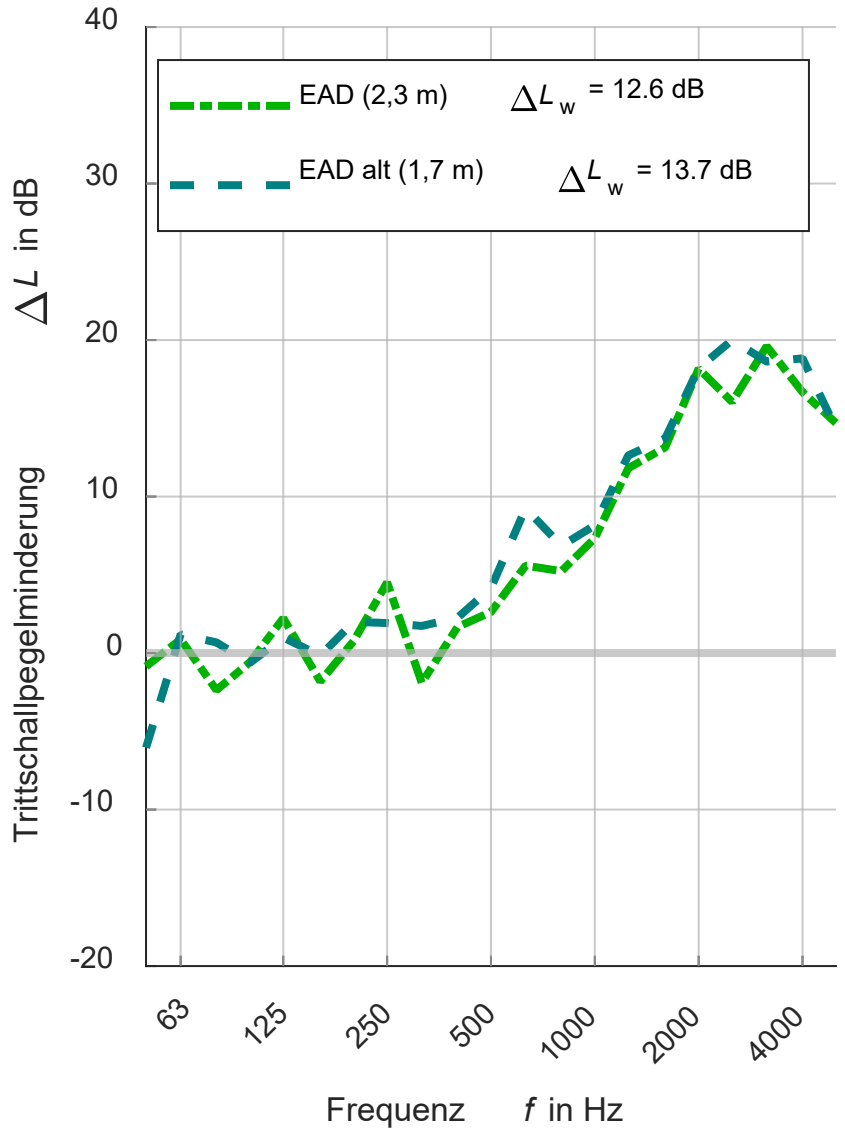
Entkopplung > 100 Hz, $\Delta L_w^* = 11.8$ dB

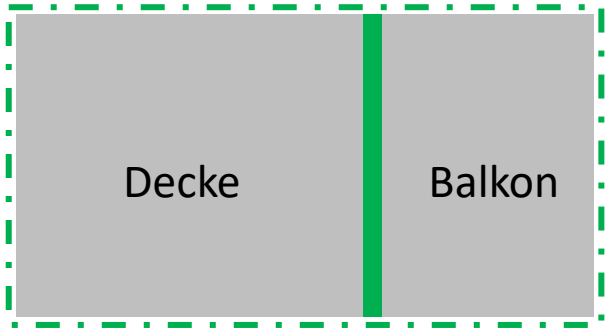
Dimensionen – Breite Balkon und Decke

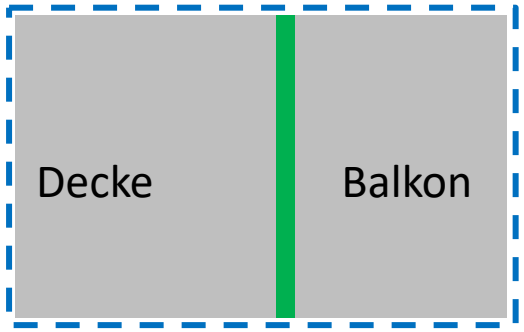




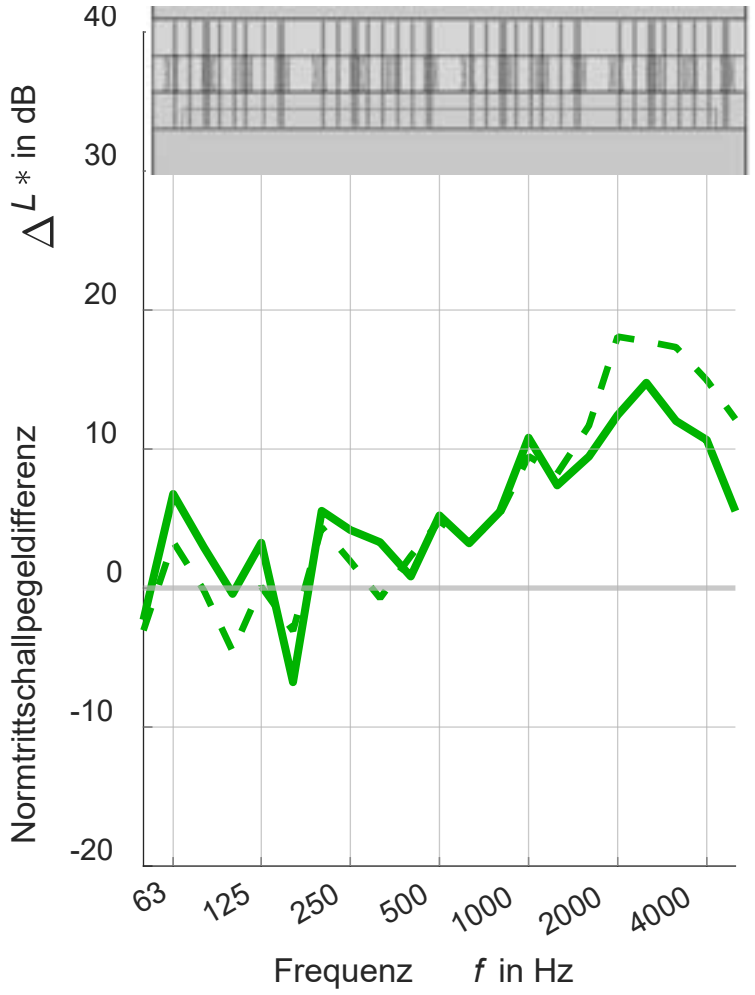
Dimensionen – Länge Balkon und Decke

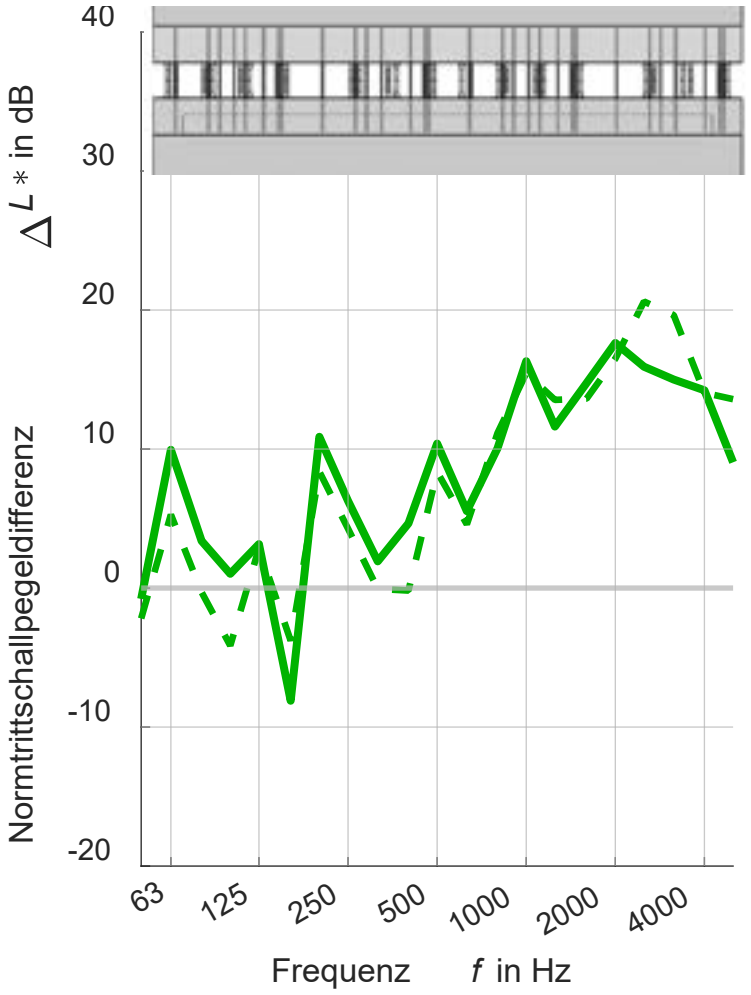


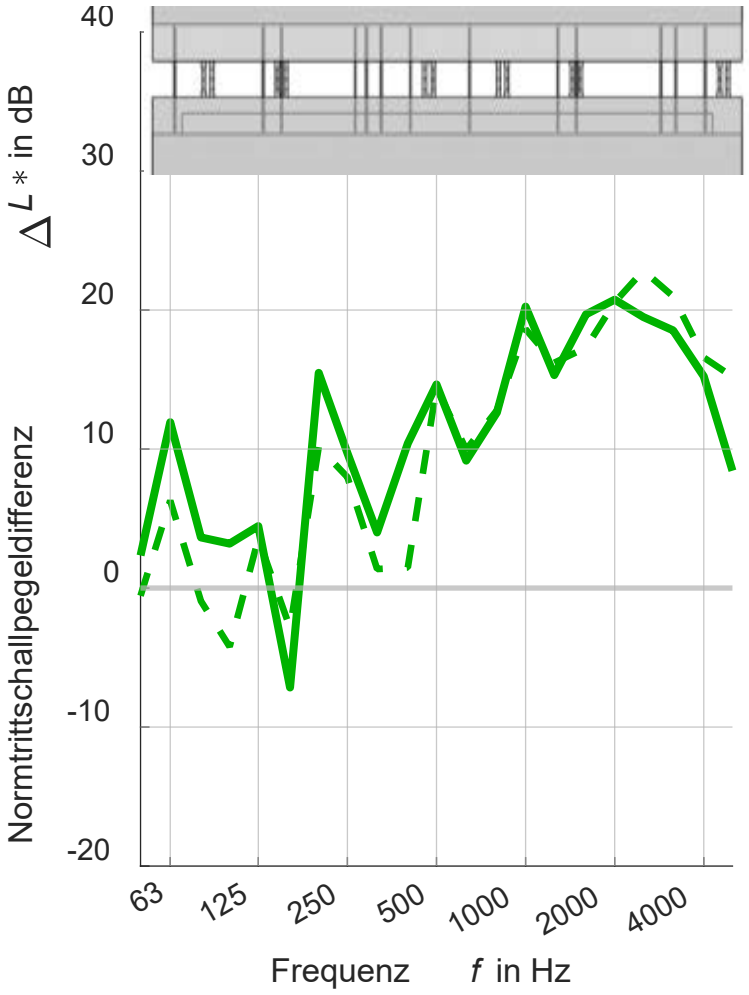




Modifizierungen







Messung, ΔL^*_w = 10.2 dB
Simulation, ΔL^*_w = 12 dB

Messung, ΔL^*_w = 13 dB
Simulation, ΔL^*_w = 13.2 dB

Messung, ΔL^*_w = 16.2 dB
Simulation, ΔL^*_w = 15.4 dB

L. Heidemann, J. Scheck, B. Zeitler

Norm-Verfahren im Deckenauflagenprüfstand

Norm-Trittschallpegel nach DIN EN ISO 10140

$$L_{\mathrm{n}} = L_{\mathrm{i}} + 10\,lg\,\frac{A}{A_0}\ [\mathrm{dB}]$$

L_n der Norm-Trittschallpegel des Prüfgegenstandes [dB]

L_i der mittlere Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]

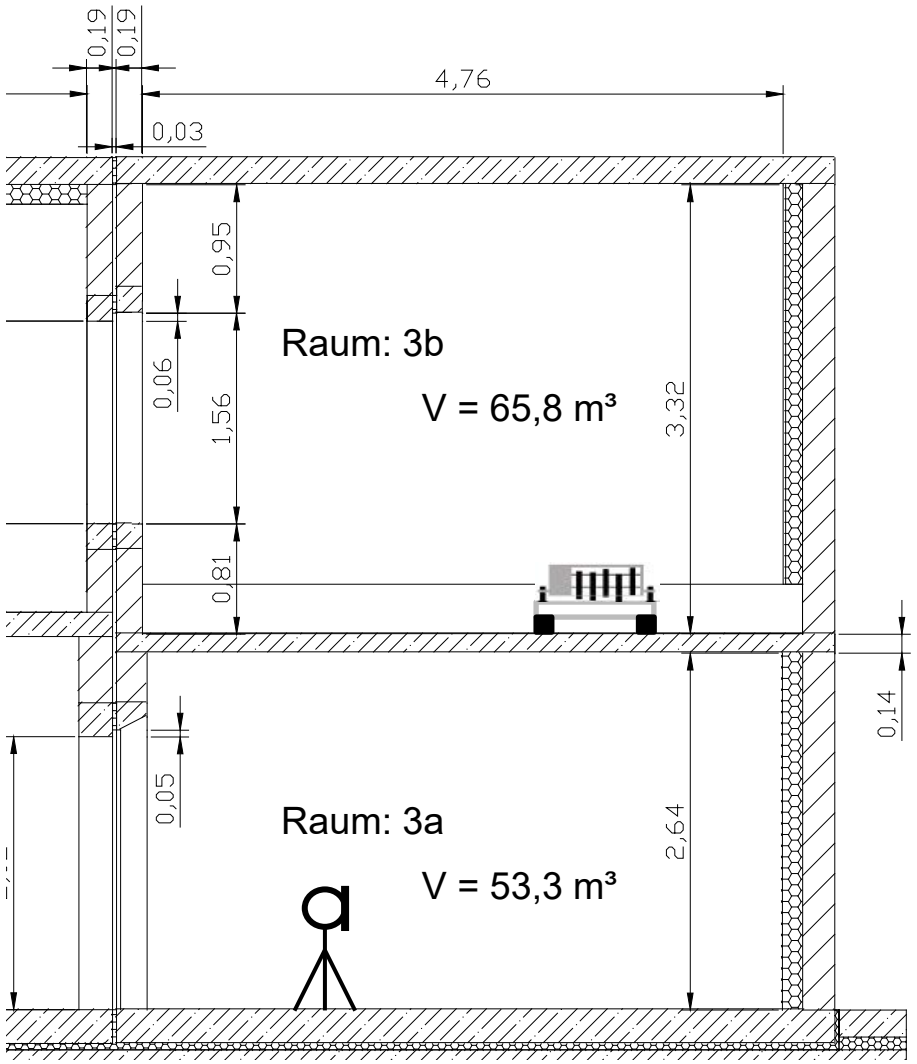
A die äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum [m²]

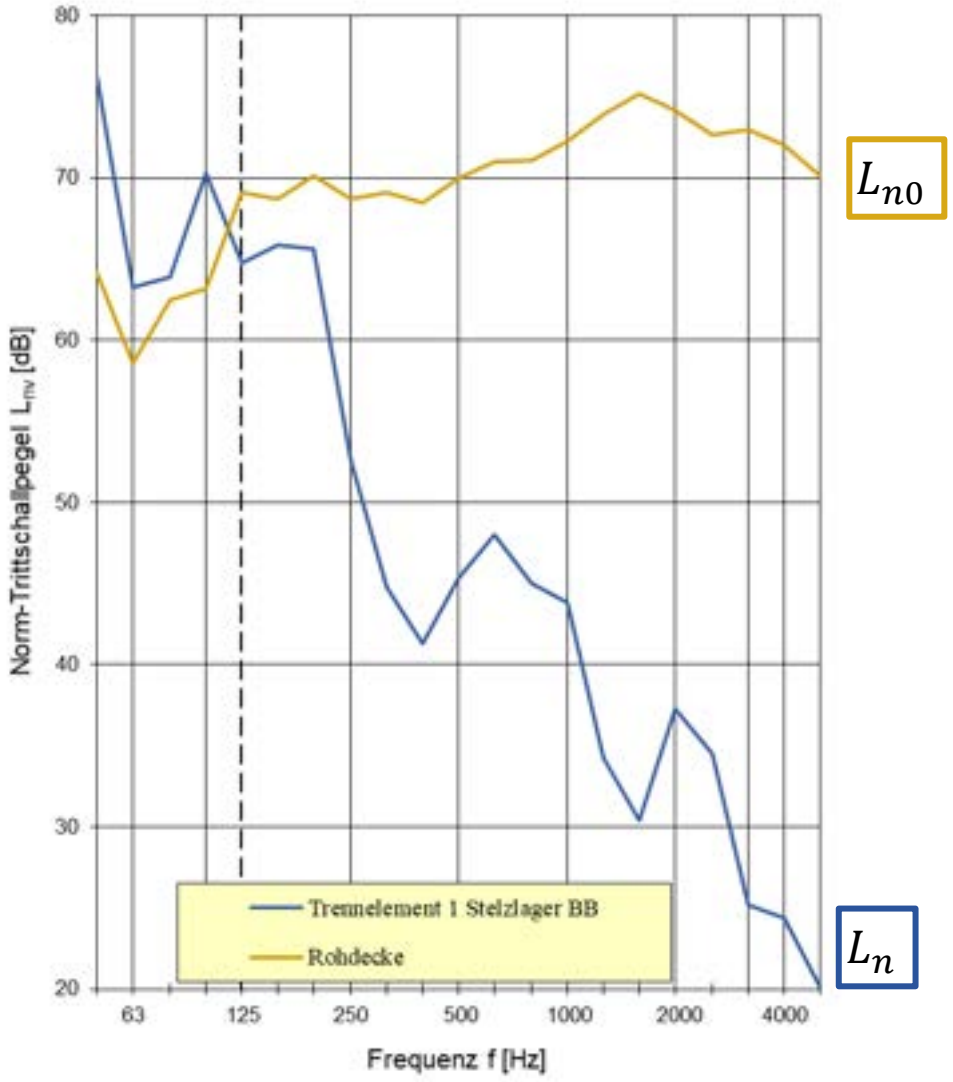
A_0 die Bezugs-Absorptionsfläche $A_0 = 10\ \mathrm{m}^2$

Trittschallminderung

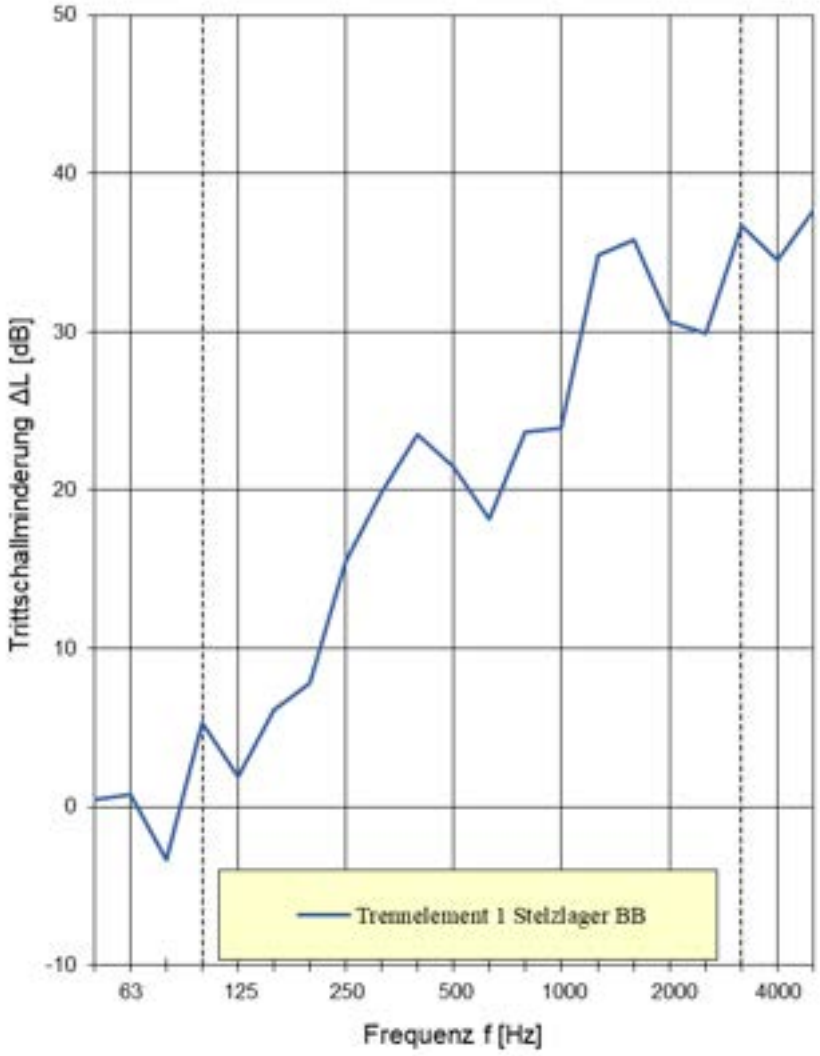
$$\Delta L = L_{n0} - L_n\ [dB]$$

… Einzahlwerte nach DIN EN ISO 717-2





$$\Delta L = L_{n0} - L_n \; [dB]$$



Messprogramm

BB: NHW auf Balkon, BSA auf Balkon

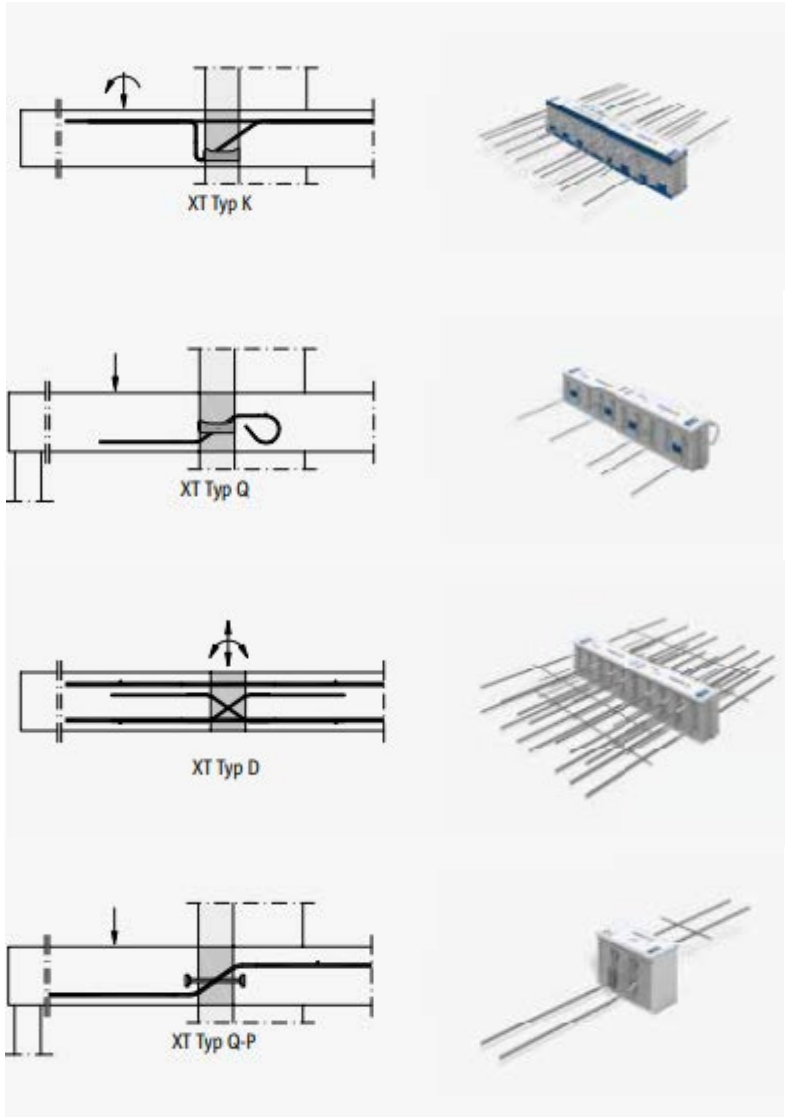
BD: NHW auf Balkon, BSA auf Decke

DD: NHW auf Decke, BSA auf Decke

DB: NHW auf Decke, BSA auf Balkon

Übersicht der geprüften Trennelemente

180	XT Typ K-M10-V2-REI120-CV35-H180-6.0	x	1	x
180	XT Typ K-M2-V2-REI120-CV35-X120-H180-6.0	ja	2	x
180	XT Typ K-M2-V2-REI120-CV35-X120-H180-6.0 (MiWo Brandschutz)	ja	2	x
180	XT Typ K-M8-VV1-REI120-CV35-X120-H180-6.0	ja	2	x
180	HIT-SP MVX-1808-18-100-35	ja	2	x
180	T Typ K-M10-V2-REI120-CV35-X80-H180-6.0	ja	2	x
180	CXT Typ K-M10-V2-REI120-CV26-X120-H180-1.1	ja	2	x
180	T Typ Q-V8-REI120-X80-H180-6.0	ja	2	gestützt
180	XT Typ Q-V9-REI120-X120-H180-6.0	ja	2	gestützt
220	XT Typ K-M4-V2-REI120-CV35-X120-H220-6.0	x	2	x
220	XT Typ K-M4-V2-REI120-CV50-X120-H220-6.0	ja	2	x
250	XT Typ K-M4-V2-REI120-CV35-X120-H250-6.0	x	2	x
250	MXL80-V4-C35-h250-REI120-PS	ja	2	x
180	XT Typ D-MM5-VV3-REI120-CV35-X120-H180-5.0	ja	1	x
180	XT Typ Q-P-V3-R0-X120-H180-L500-5.0 (4 Körbe)	ja	2	gestützt
180	XT Typ Q-V3-REI120-X120-H180-6.0	ja	2	gestützt
180	XT Typ Q-VV9-REI120-X120-H180-6.0	ja	2	gestützt



Schöck Bauteile GmbH

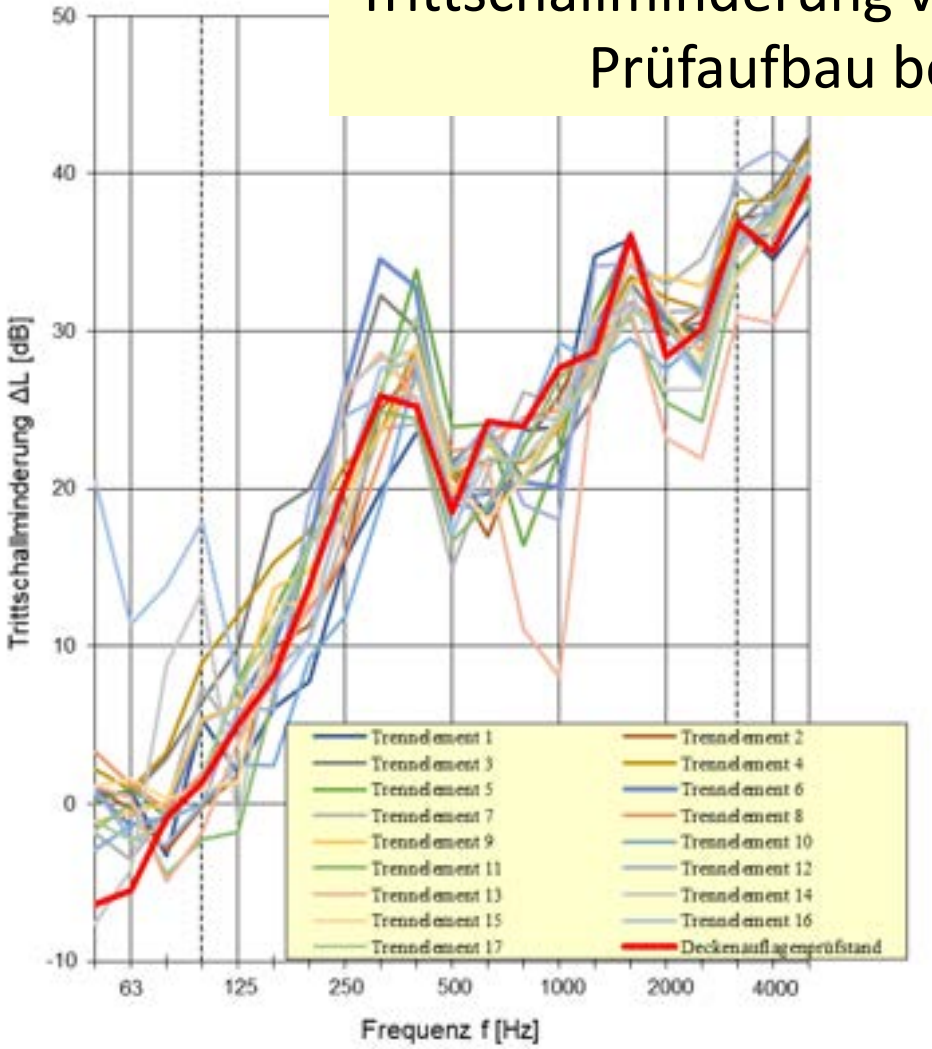
Untersuchte Auflagen

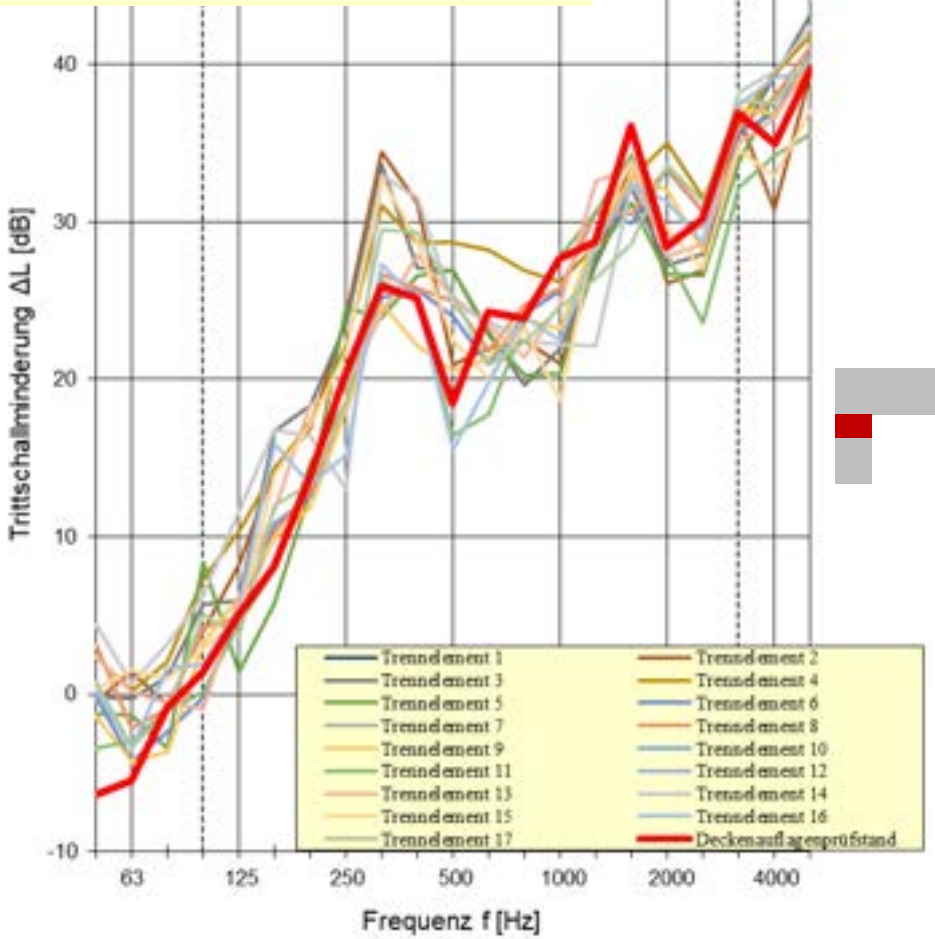
Stelzlager Eurosystems

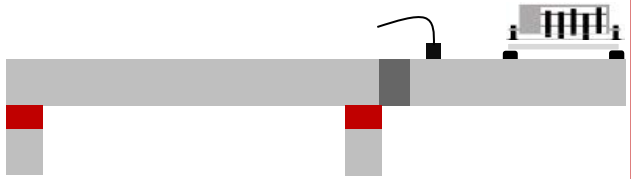
Teppichauflage

Trittschallminderung des Stelzlagers (BB)

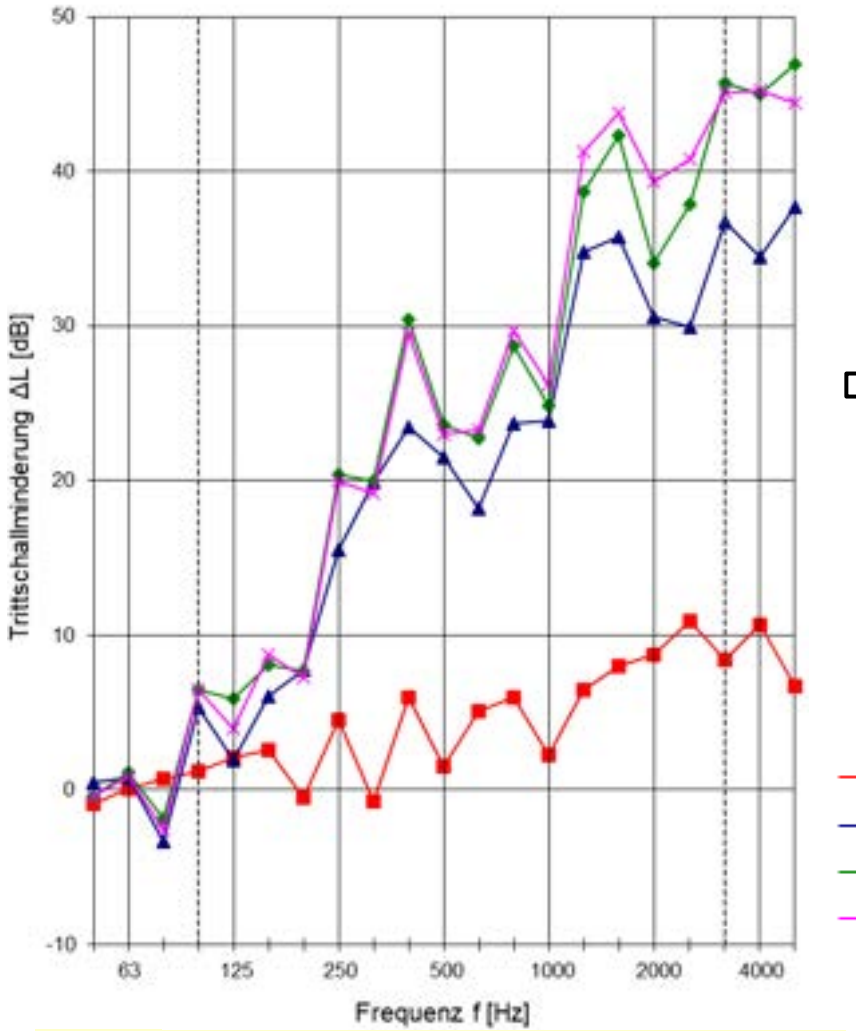
Trittschallminderung von Auflagen kann am EAD Prüfaufbau bestimmt werden!



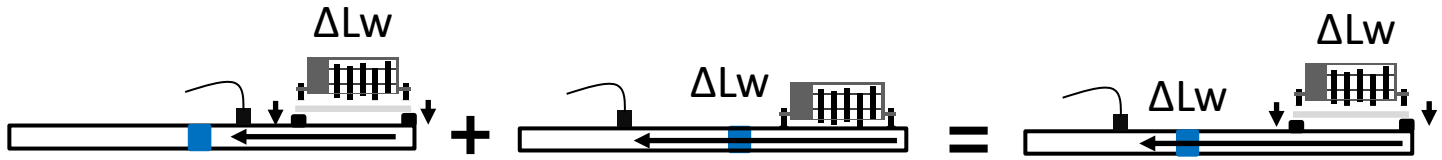




Trittschallminderung des Stelzlagers (BD)



_NHW1 Balkon BSA Decke
_Stelzlager NHW1 Balkon BSA Balkon
_Stelzlager NHW1 Balkon BSA Decke
Rechnerisch Balkon Decke mit Balkon Balkon

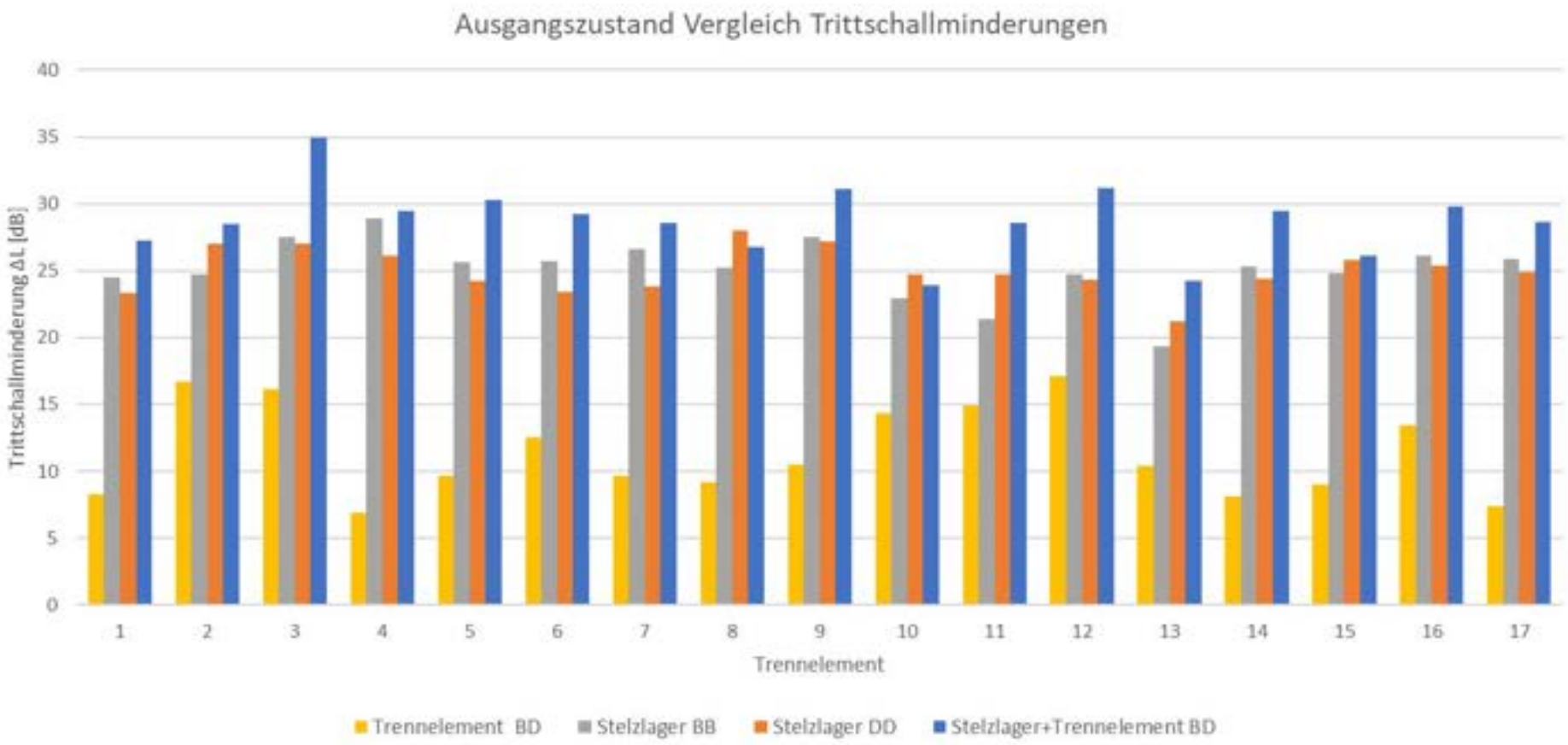


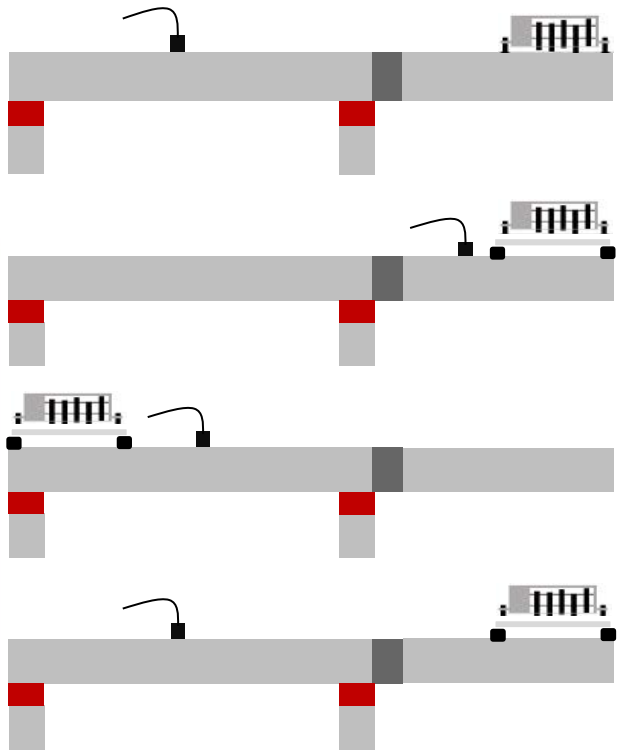
Minderung Trennelement + Minderung Stelzlager = Gesamt Minderung Berechnet ≈ Gesamt Minderung Gemessen

$\Delta L_w (C_{I,\Delta})$ = 8.3 (-5)
$\Delta L_w (C_{I,\Delta})$ = 24.5 (-12)
$\Delta L_w (C_{I,\Delta})$ = 27.3 (-12)
$\Delta L_w (C_{I,\Delta})$ = 25.2 (-12)

Δ =2,1 dB

Trittschallminderungen Einzahlwerte



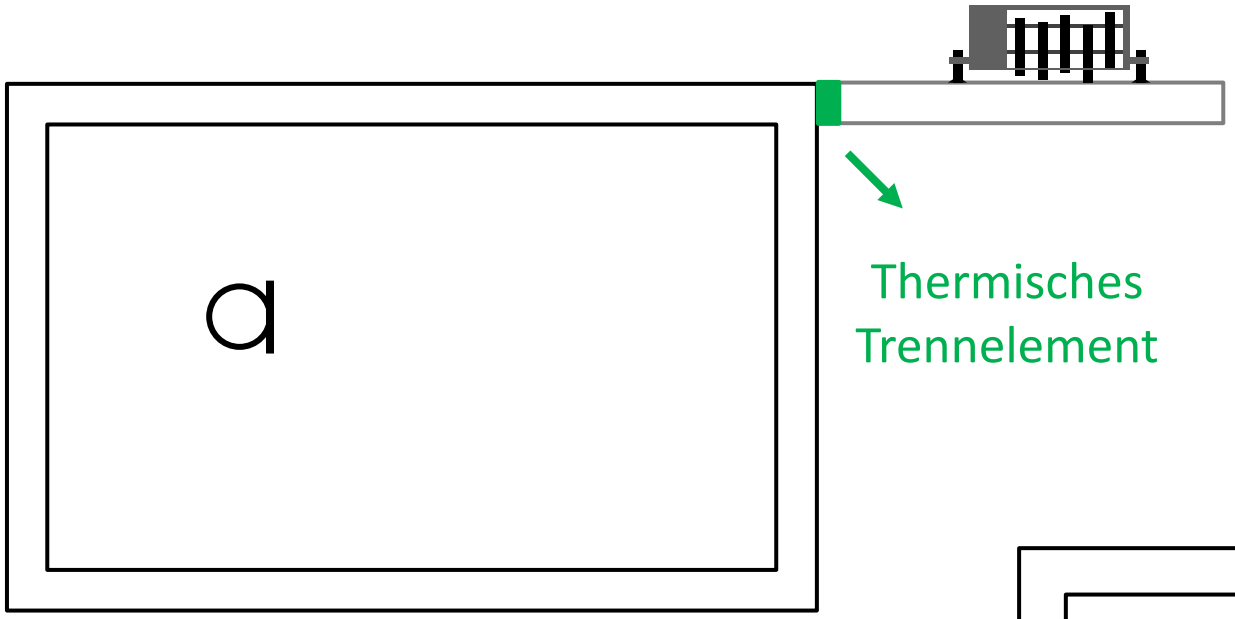


Baumessungen

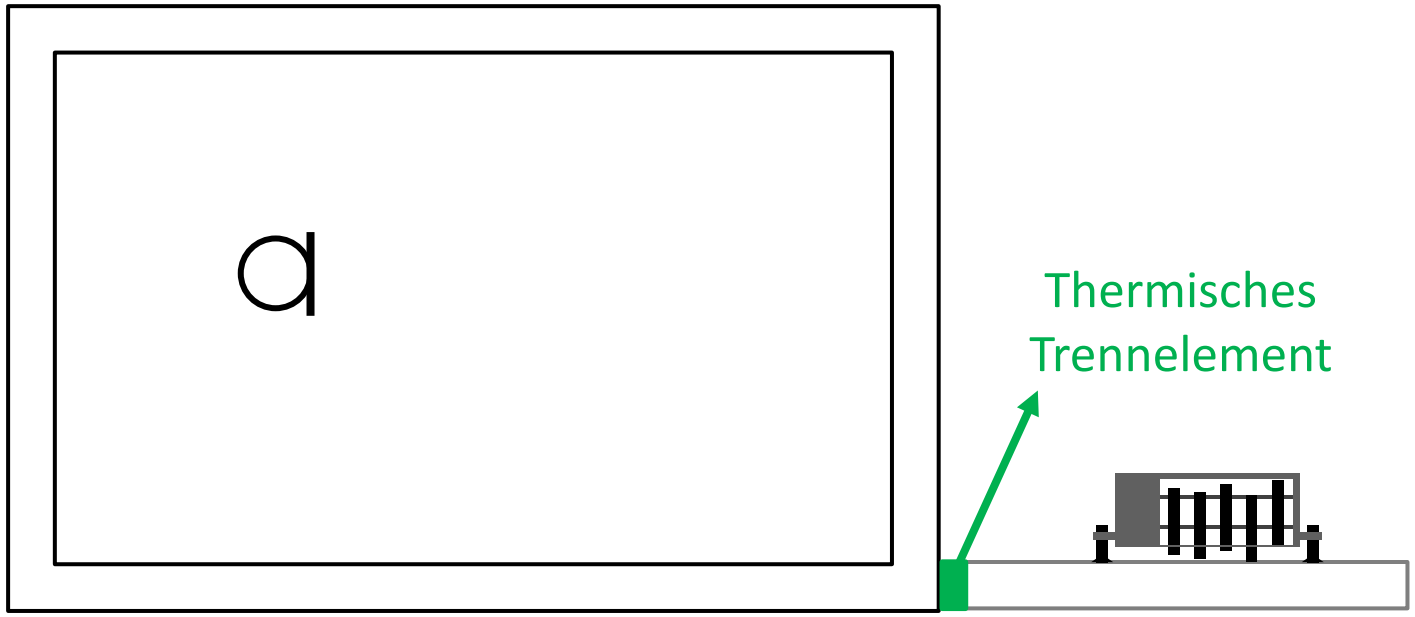
- Messergebnisse am Bau: Norm-Trittschallpegel aus Luft- und Körperschallmessungen; direkte und flankierende Übertragung; in-situ Trittschallminderung
- Vergleich Messung und Prognose

Baumessung

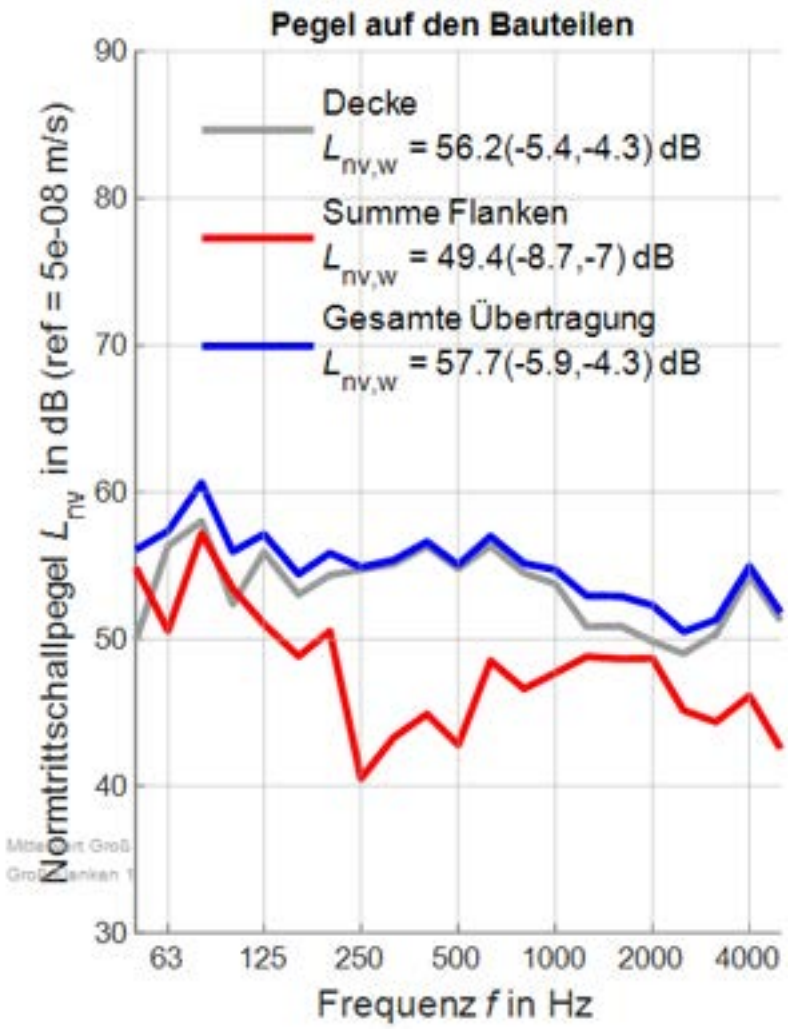
Bausituation



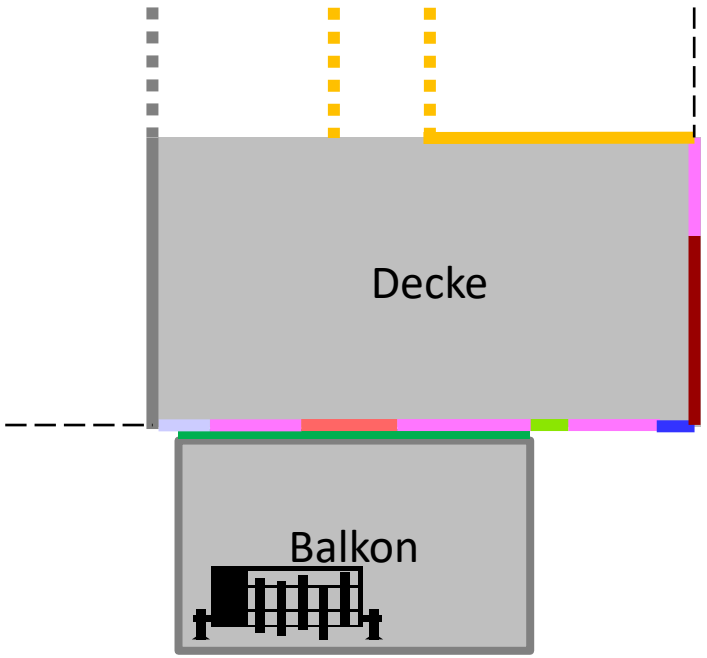
- Diagonal und Horizontal ohne Deckenauflage vergleichbar
- Anregung und Messung im gleichen Stockwerk bei Körperschall-messungen leichter umsetzbar



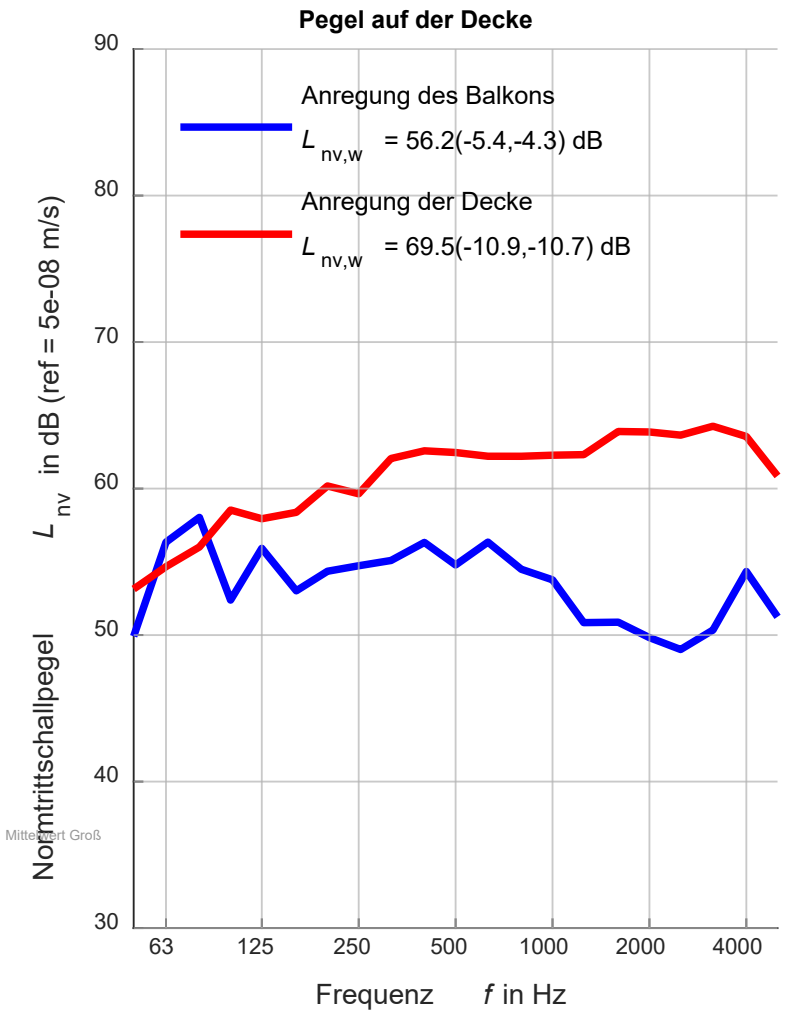
Übertragungswege

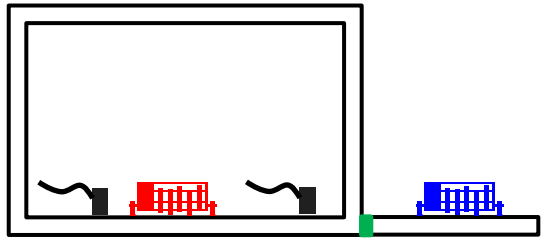


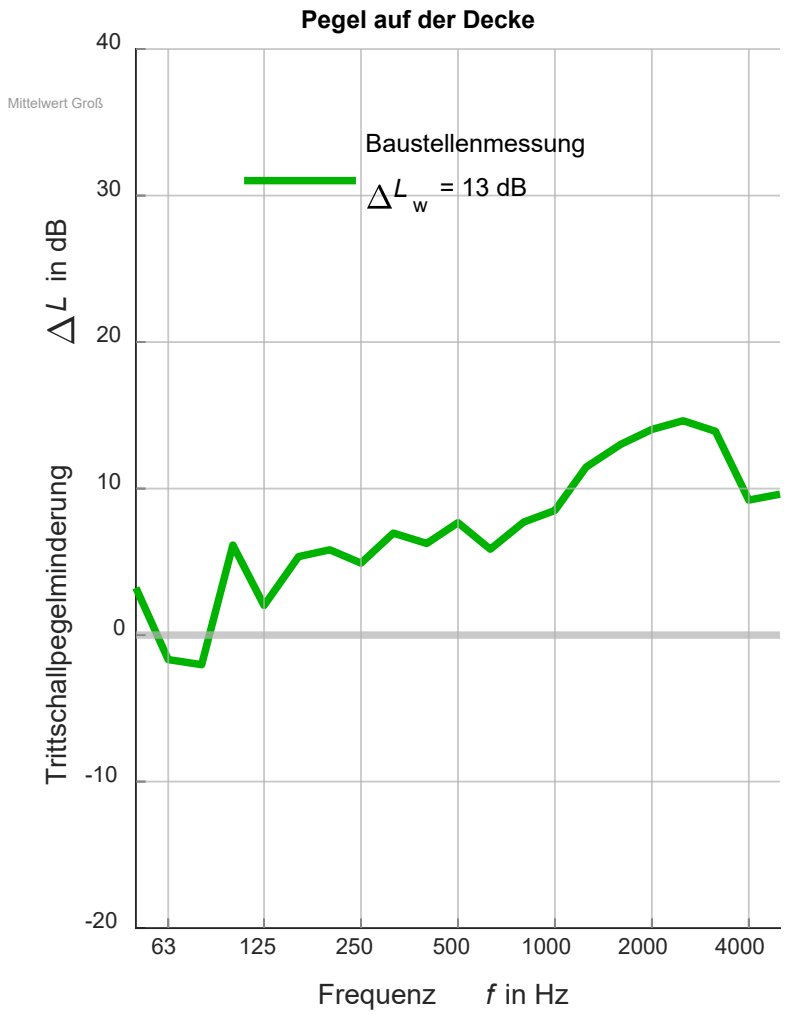
Beton
Gipswandbauplatten
Fenster (gesamte Höhe)
Kalksandstein
Flanken für Stöße



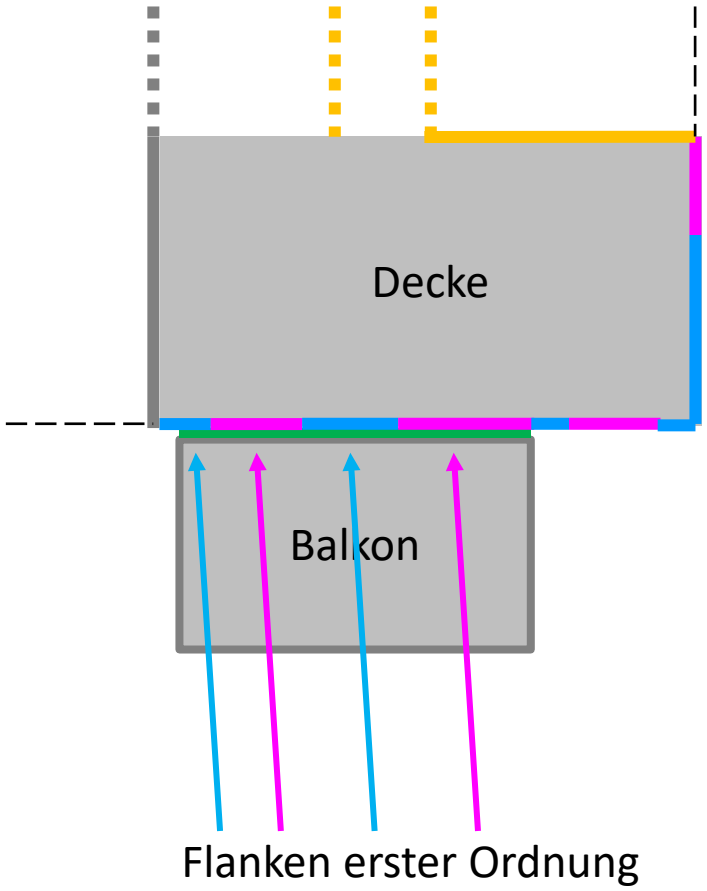
Baumessung – Trittschallminderung



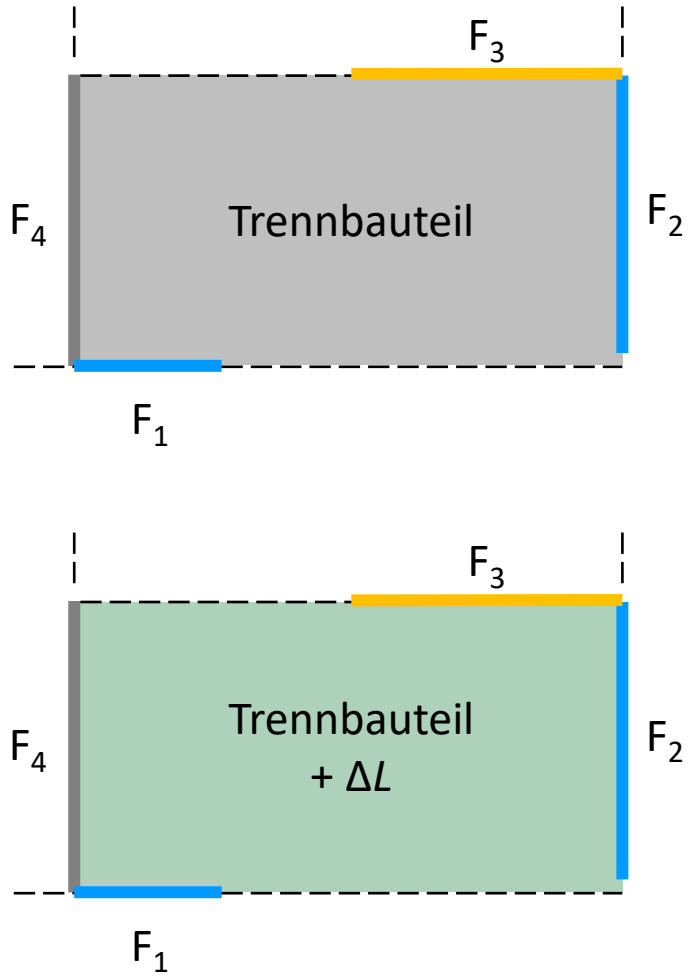




Vereinfachungen für Prognose

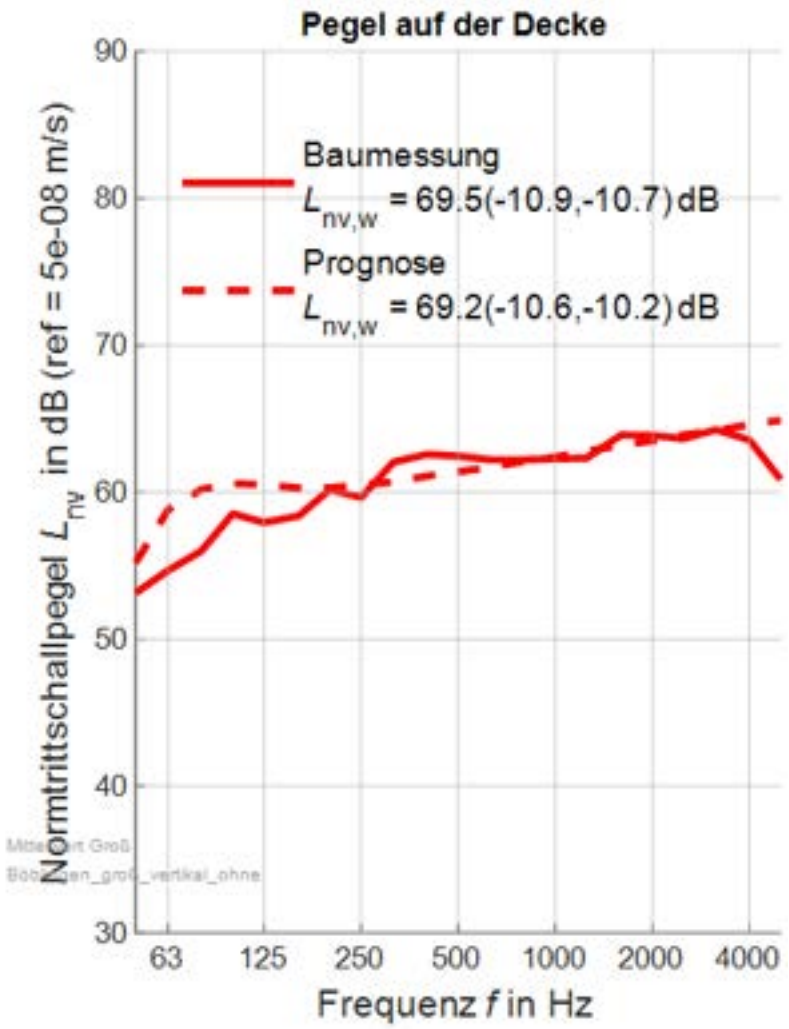


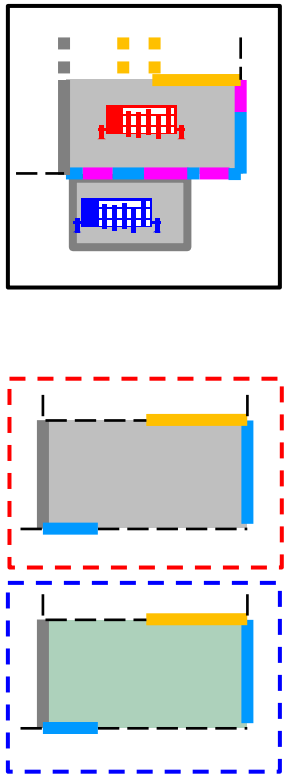
Beton
Gipswandbauplatten
Fenster (gesamte Höhe)
Kalksandstein
Flanken für Stöße

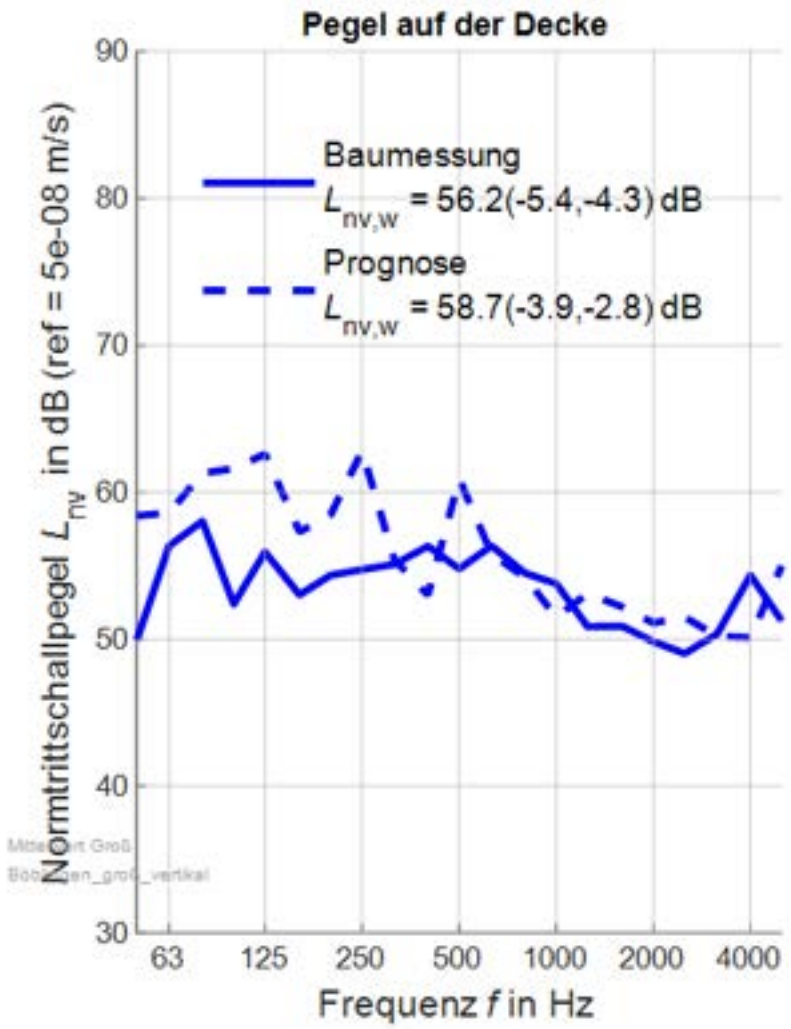


F_1 wird als einzige Flanke für die Schallabstrahlung berücksichtigt

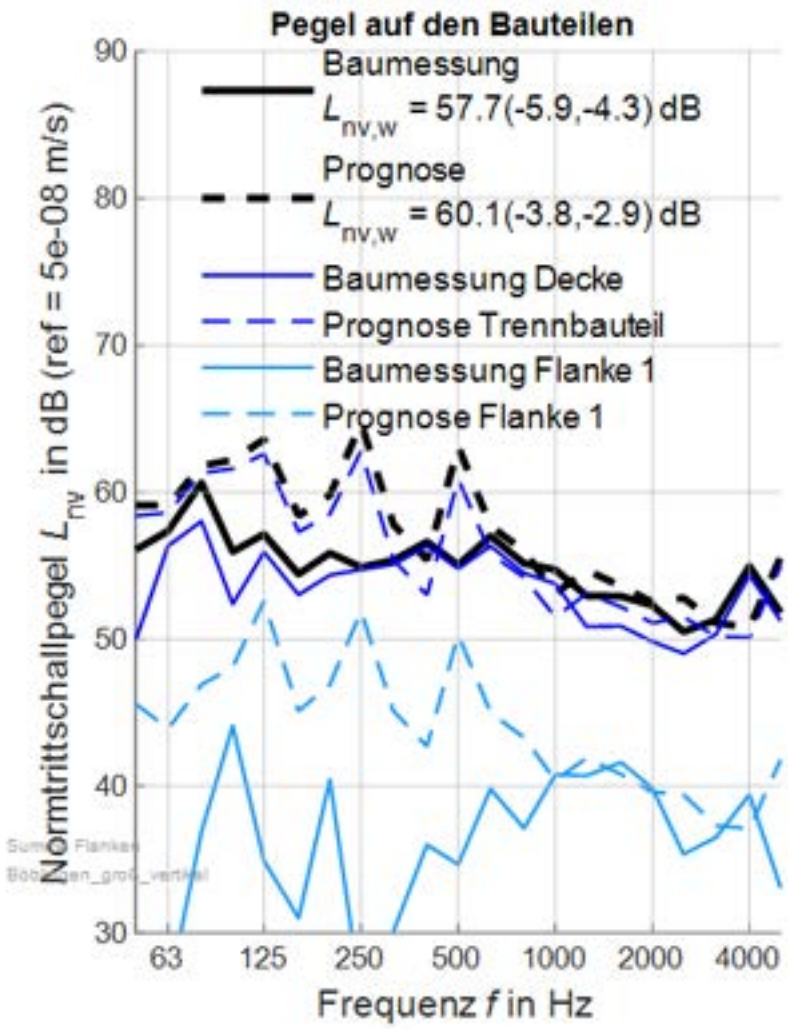
Prognose nach DIN EN ISO 12354-2

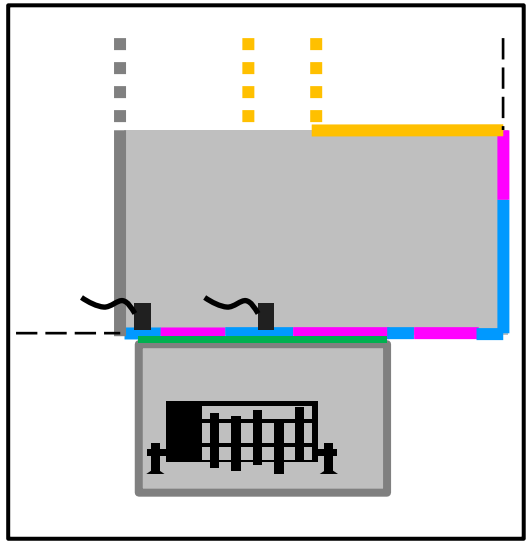


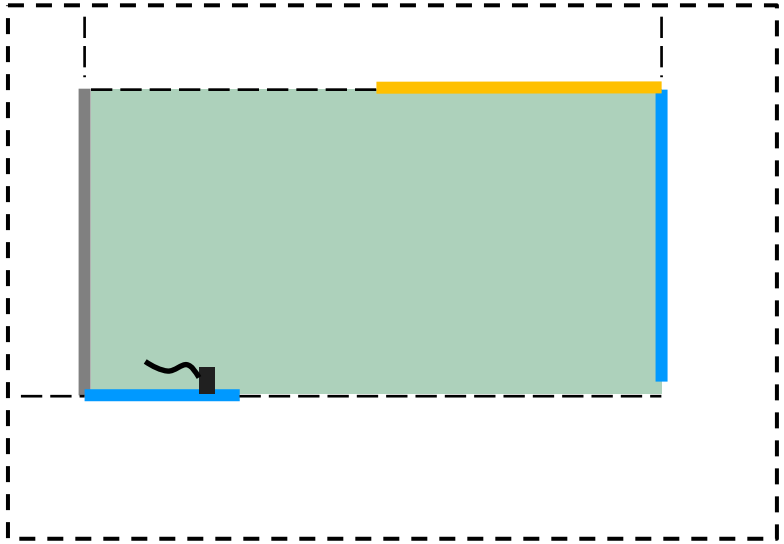




Einfluss der direkten Flanke







Vergleich Prognose mit Messungen

Rohdecke

Messung:	69.5 (-10.9; -10.7) dB
Prognose Detailliertes Verfahren:	69.2 (-10.6; -10.2) dB
Prognose Vereinfachtes Verfahren:	70.4 dB

Decke mit Balkon

Messung:	57.7 (-5.9; -4.3) dB
Prognose Detailliertes Verfahren:	60.1 (-3.8; -2.9) dB
Prognose Vereinfachtes Verfahren:	59.4 dB

Anforderung: 58 dB → Abnahmemessung

Ausblick

- Aufnahme des Prüf- und Berechnungsverfahrens in DIN 4109
- CEN Normungsvorhaben zum Prüfverfahren
- Implementierung Prognoseverfahren in Software KS-Rechner

Schwerpunkte für Zielgruppe Architekten (werden im Vortrag hervorgehoben)

- Aufzeigen, dass es bisher kein vernünftiges Standard-Prüfverfahren für Balkonanschlusselemente gegeben hat
- Hinweis auf die Konsequenzen daraus:
- es gibt zwar Anforderungswerte an Balkone, aber kein Prognoseverfahren und kein Prüfverfahren zur Ermittlung der Inputwerte für die Prognose
- Erläuterung der damit verbundenen Planungsunsicherheit
- architektengerechte Kurzbeschreibung des neuen EAD-Verfahren (nur das Wichtigste, ja nicht in die Tiefe gehen) mit anschaulicher Darstellung der Vorteile/Nutzen gegenüber der bisherigen Situation
- analog: neues Prognoseverfahren n. DIN EN ISO 12354-2
- Hinweis auf die insgesamt deutlich erhöhte Planungssicherheit
- Beschreibung der bei STEP durchgeführten Messreihen (Bilder!)
- Erläuterung der Möglichkeit, die Minderung eines Belages frequenzabhängig zur Minderung des Balkondämmelements dazurechnen zu können
- Ausblick: Aufnahme des Prüf- und Berechnungsverfahrens in DIN 4109 und die spätere bauaufsichtliche Relevanz aufgrund der Einführung der Norm