

Hochschule für Technik Stuttgart

Tagungsband zum Sommerkolloquium Bauphysik

11. und 26. Mai 2023

Seminarreihe des Studiengangs Bauphysik an der HFT-Stuttgart mit Themenschwerpunkten zur angewandten Bauphysik und Energieeffizienz

INHALT

Martin Schneider - Hochschule für Technik Stuttgart

Neues Prüfverfahren und Berechnung des Trittschallschutzes mit Anschlusselementen für Balkone und Laubengänge

Peter Wirsching, M.Sc. - GN Bauphysik

Blower-Door Messungen in der Praxis

Robert Otto M.Sc. - Hochschule für Technik Stuttgart

KI – Und die unspektakuläre Anwendung im Zentrum für nachhaltige Energietechnik

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Hettler - Zukunft Altbau

Wie mindern wir die Emissionen im Gebäudesektor? Über Klimaschutzgesetze, GEG, BEG und KMR

Prof. Dr. Berndt Zeitler - Hochschule für Technik Stuttgart

Die unaufhaltbaren tiefen Frequenzen in der Klubkultur

Mathis Evers - Krämer-Evers Bauphysik GmbH & Co. KG

Nachhaltigkeit und Bauphysik

Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

Neues Prüfverfahren und Berechnung des Trittschallschutzes mit Anchlusselementen für Balkone und Laubengänge

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider
Hochschule für Technik Stuttgart

Balkone und Laubengänge werden zur Verminderung der Wärmeübertragung in der Regel durch thermische Trennelemente (z.B. Isokorb) vom Gebäude getrennt. Gleichzeitig wird der Trittschallschutz zwischen Balkon bzw. Laubengang und angrenzenden schutzbedürftigen Räumen durch diese Elemente verbessert. In dem Vortrag wird das Prüfverfahren zur Bestimmung der bewerteten Trittschallminderung der Trennelemente und die Berechnung des zu erwartenden Trittschallschutzes unter Berücksichtigung dieser Trennelemente vorgestellt.

Neues Prüfverfahren und Berechnung des Trittschallschutzes mit Anschlusselementen für Balkone und Laubengänge

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider

M.Sc. Lucas Heidemann, Dr. Jochen Scheck, Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler

11.05.2023



Ein Projekt der

Hochschule
für Technik
Stuttgart

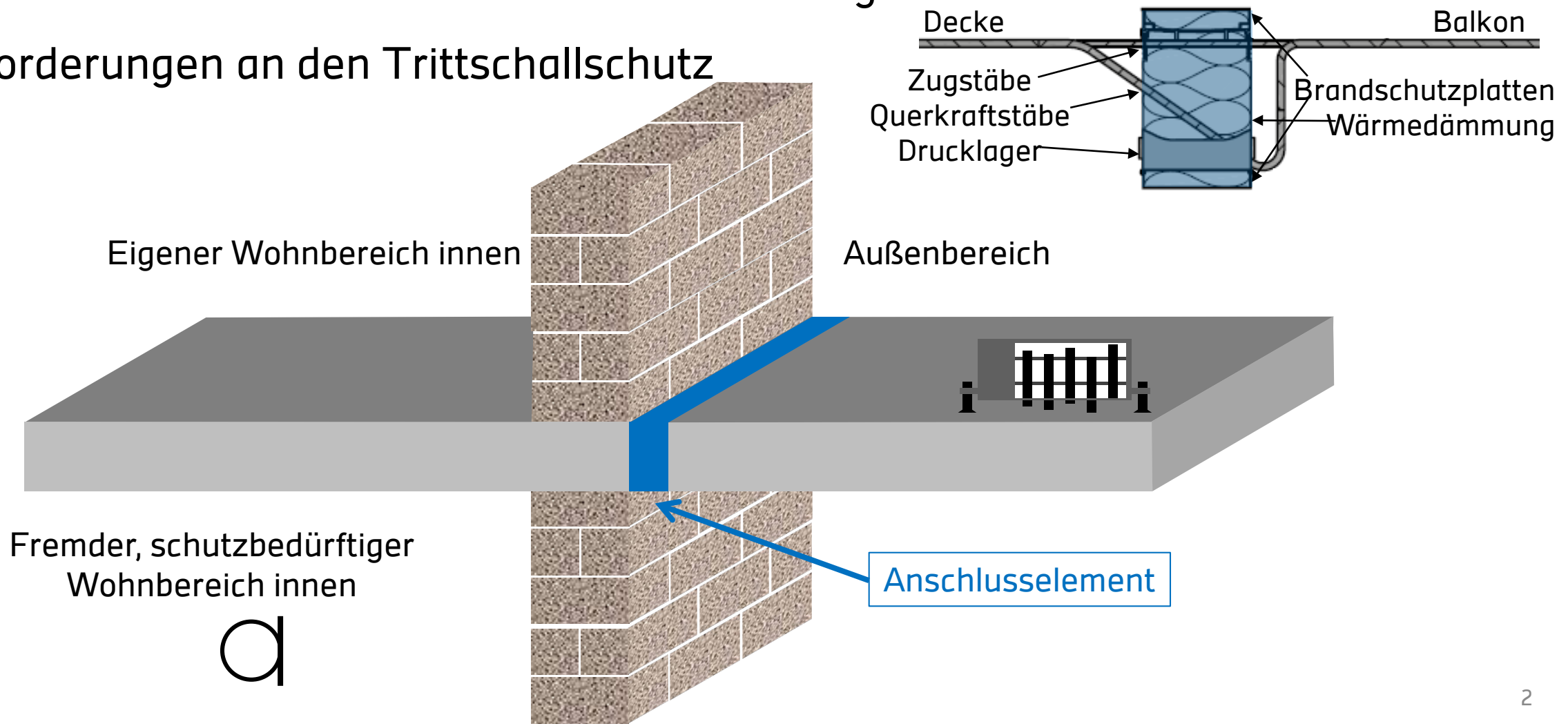
GEFÖRDERT VOM



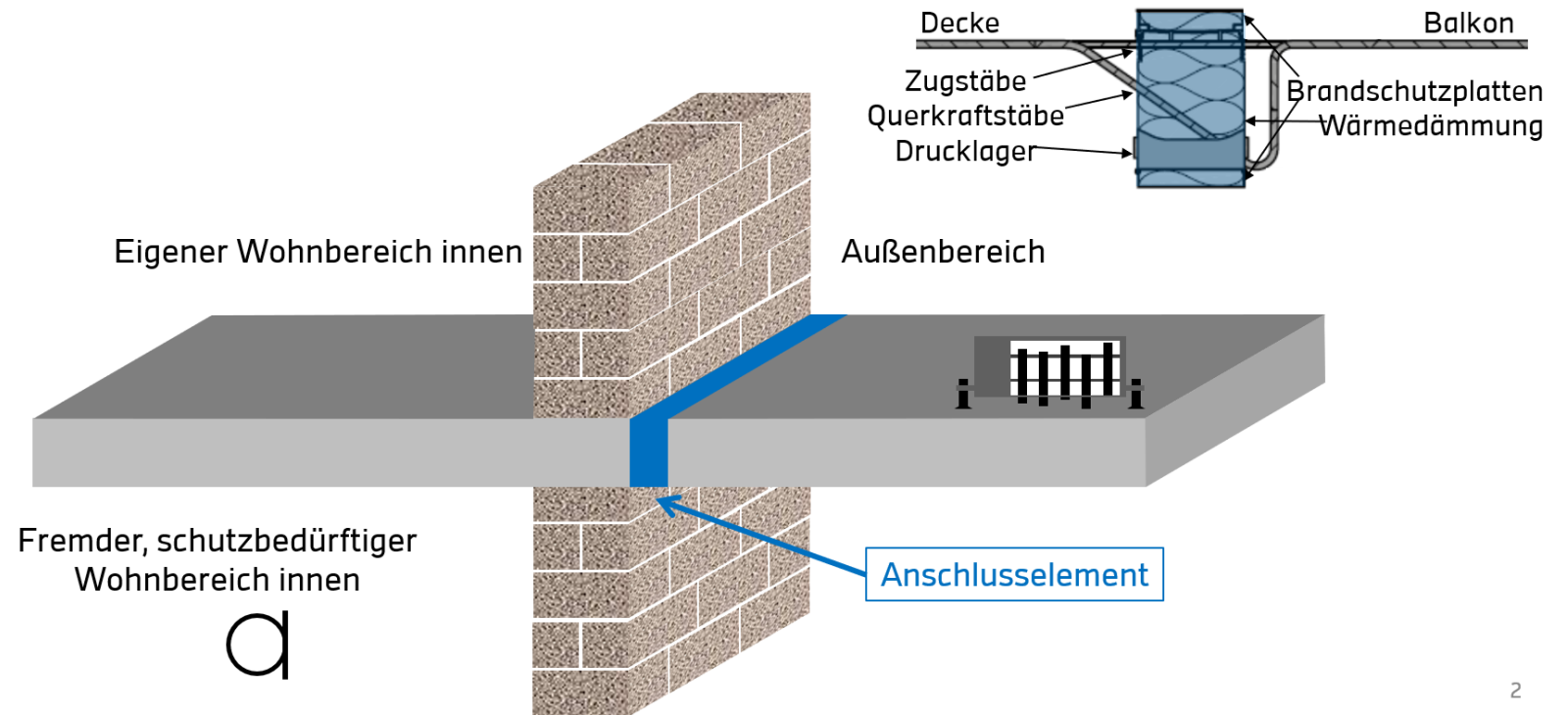
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



- Wärmeschutz erfordert „thermisches“ Anchlusselement
- Anchlusselement hat auch akustische Wirkung!
- Anforderungen an den Trittschallschutz



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



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

- DIN 4109-1:2018 „Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen“
- DIN 4109-5:2020 „Schallschutz im Hochbau - Erhöhte Anforderungen“
- DEGA-Empfehlung 103:2018 „Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis“
- VDI 4100:2012 „Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Vorschläge für erhöhten Schallschutz“
- ISO/TS 19488 (2021-04) “Akustik - Akustisches Klassifizierungssystem für Wohngebäude“
- ...

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

- DIN 4109-1:2018-01

→ Mindest-Anforderungen

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		Bauteile	Anforderungen		Bemerkungen
			R'_w dB	$L'_{n,w}$ dB	

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.

- DIN 4109-5:2020-08

→ Erhöhte Anforderungen

7	Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	—	≤ 45	—
8	Decken unter Laubengängen	—	≤ 48	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
8.1	Balkone	—	≤ 58 ^c	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.

^c Entspricht den Werten aus DIN 4109-1:2018-01.

Folgende Definitionen sind dem Duden entnommen:

Loggia:

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

Terrasse:

größere Fläche an einem Haus für den Aufenthalt im Freien

Balkon:

vom Wohnungsinnern betretbarer offener Vorbau, der aus dem Stockwerk eines Gebäudes herausragt



Loggia, Terrasse: Überdachte oder nicht überdachte Fläche an einem Gebäude, die für den Aufenthalt im Freien vorgesehen ist und sich ganz oder teilweise über fremden Aufenthaltsräumen befindet

Balkon: Überdachte oder nicht überdachte Fläche an einem Gebäude, die für den Aufenthalt im Freien vorgesehen ist und vollständig aus dem Gebäude herausragt

Tabelle 4 Anforderungen Trittschall

	F	E	D	C	B	A	A*
Decken [$L'_{n,w}$]	> 60 dB ¹⁾	≤ 60 dB ¹⁾	≤ 50 dB	≤ 45 dB ¹⁾	≤ 40 dB ¹⁾	≤ 35 dB	≤ 30 dB
Balkone, Loggien, Terrassen, [$L'_{n,w}$]	> 63 dB ¹⁾	≤ 63 dB ¹⁾	≤ 50 dB ²⁾	≤ 48 dB ¹⁾	≤ 43 dB ¹⁾	≤ 38 dB	≤ 33 dB
Treppen, Podeste, Hausflure, Laubengänge [$L'_{n,w}$]	> 63 dB ¹⁾	≤ 63 dB ¹⁾	≤ 53 dB ³⁾	≤ 48 dB ¹⁾	≤ 43 dB ¹⁾	≤ 38 dB	≤ 33 dB

Anmerkung zu Tabelle 4:

- 1) austauschbarer Bodenbelag anrechenbar (rechnerisch nur bei geprüftem ΔL_w)
- 2) bei Balkonen Anforderung $L'_{n,w} \leq 58$ dB
- 3) bei Hausfluren Anforderung $L'_{n,w} \leq 50$ dB

VDI 4100:2012-10

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Tabelle 2. Empfohlene Schallschutzwerte der Schallschutzstufen (SSSt) in Mehrfamilienhäusern

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Schallschutzkriterium			Kennzeichnende akustische Größe in dB	SSSt I	SSSt II	SSSt III
2	Trittschallschutz	Mehrfamilienhaus	vertikal, horizontal oder diagonal	$L'_{nT,w}$ ^{b)}	≤ 51	≤ 44	≤ 37

^{b)} gilt auch für die Trittschallübertragung von Balkonen, Loggien, Laubengängen und Terrassen in fremde schutzbedürftige Räume

Anforderung an den Standard-Schalldruckpegel

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} + 10 \lg \frac{A_0 T_0}{0.16 V}$$

A_0 : äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche
($A_0 = 10 \text{ m}^2$) in m^2

T_0 : Bezugs-Nachhallzeit ($T_0 = 0.5 \text{ s}$) in s

V : Volumen des Raums in m^3

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 Balkone aus Stahlbetonplatten mit üblichen Anschlusselementen oft 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 der Luftschallübertragung wahrnehmbar sein kann, so dass eine gegenseitige Rücksichtnahme erforderlich scheint.

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

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

- Rechenverfahren DIN 4109-2 mit K_T -Wert:

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

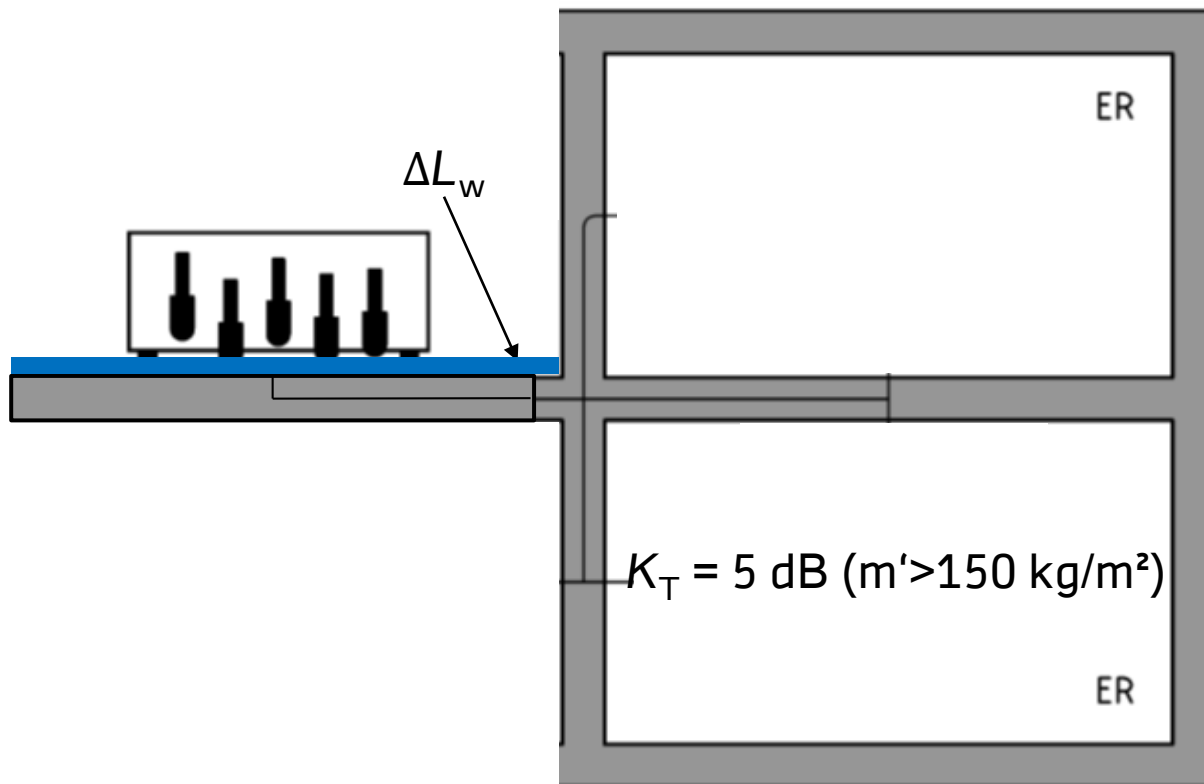


Tabelle 2 — Korrekturwert K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für unterschiedliche räumliche Zuordnungen von mit Norm-Hammerwerk^a angeregter Decke und Empfangsraum (ER)

Spalte	1		2
Zeile	Lage der Empfangsräume (ER)		K_T dB
1	neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ^b
2	wie Zeile 1, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ^b
3	über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ^c
4	über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20

^a Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5:2014-09, Anhang E.
^b Voraussetzung: Zur Sicherstellung einer ausreichenden Luftstegdämmung müssen die Wände zwischen angeregter Decke und Empfangsraum starr angebaut sein und eine flächenbezogene Masse $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$ haben.
^c Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Deckenplatten.

- Rechenverfahren DIN 4109-2 mit K_T -Wert:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_W - K_T + u_{prog}$$

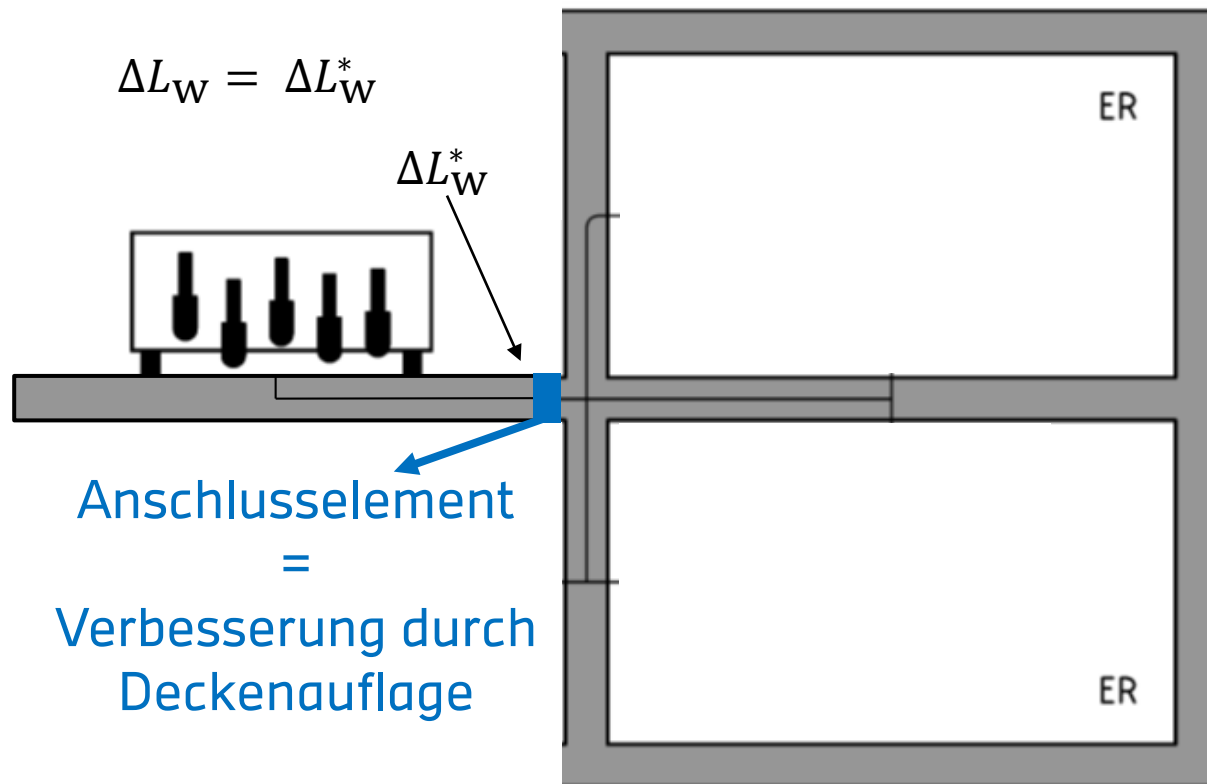


Tabelle 2 — Korrekturwert K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für unterschiedliche räumliche Zuordnungen von mit Norm-Hammerwerk^a angeregter Decke und Empfangsraum (ER)

Spalte	1		2
Zeile	Lage der Empfangsräume (ER)		K_T dB
1	neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ^b
2	wie Zeile 1, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ^b
3	über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ^c
4	über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20

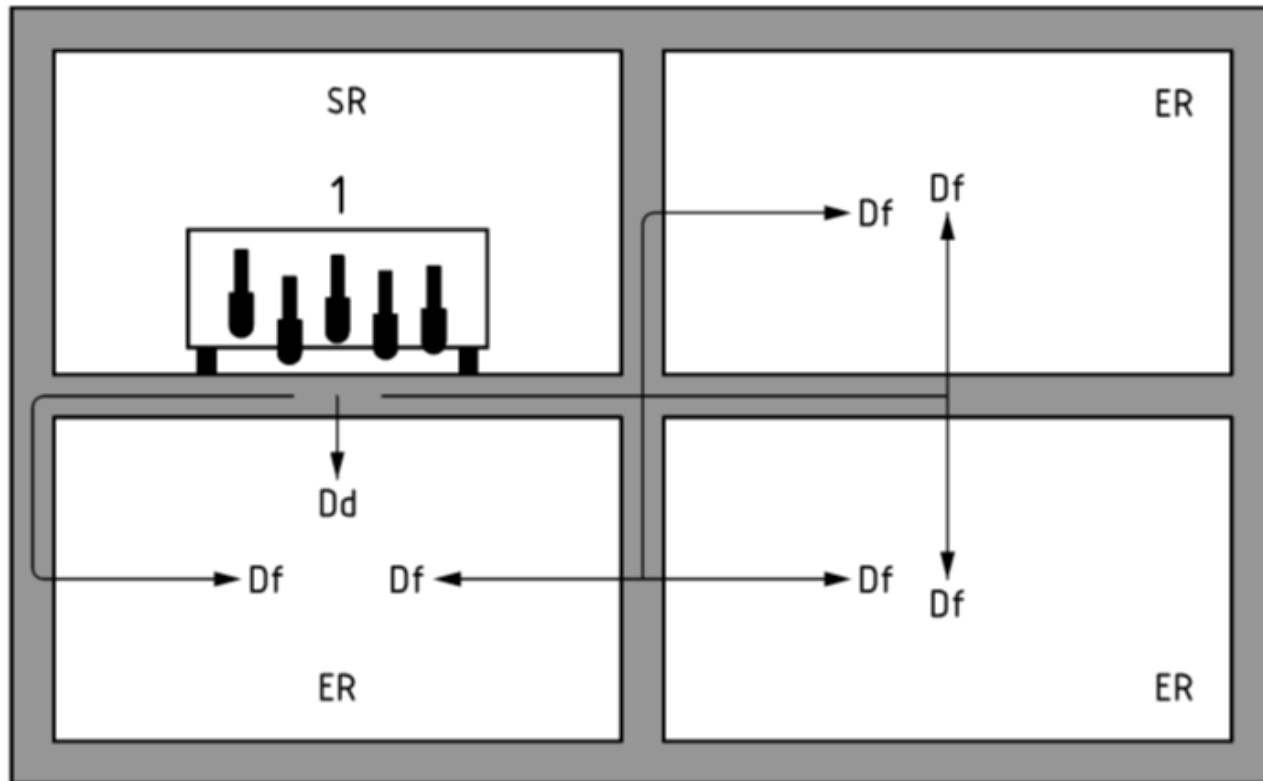
^a Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5:2014-09, Anhang E.

^b Voraussetzung: Zur Sicherstellung einer ausreichenden Stoßstellendämmung müssen die Wände zwischen angeregter Decke und Empfangsraum starr angebunden sein und eine flächenbezogene Masse $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$ haben.

^c Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

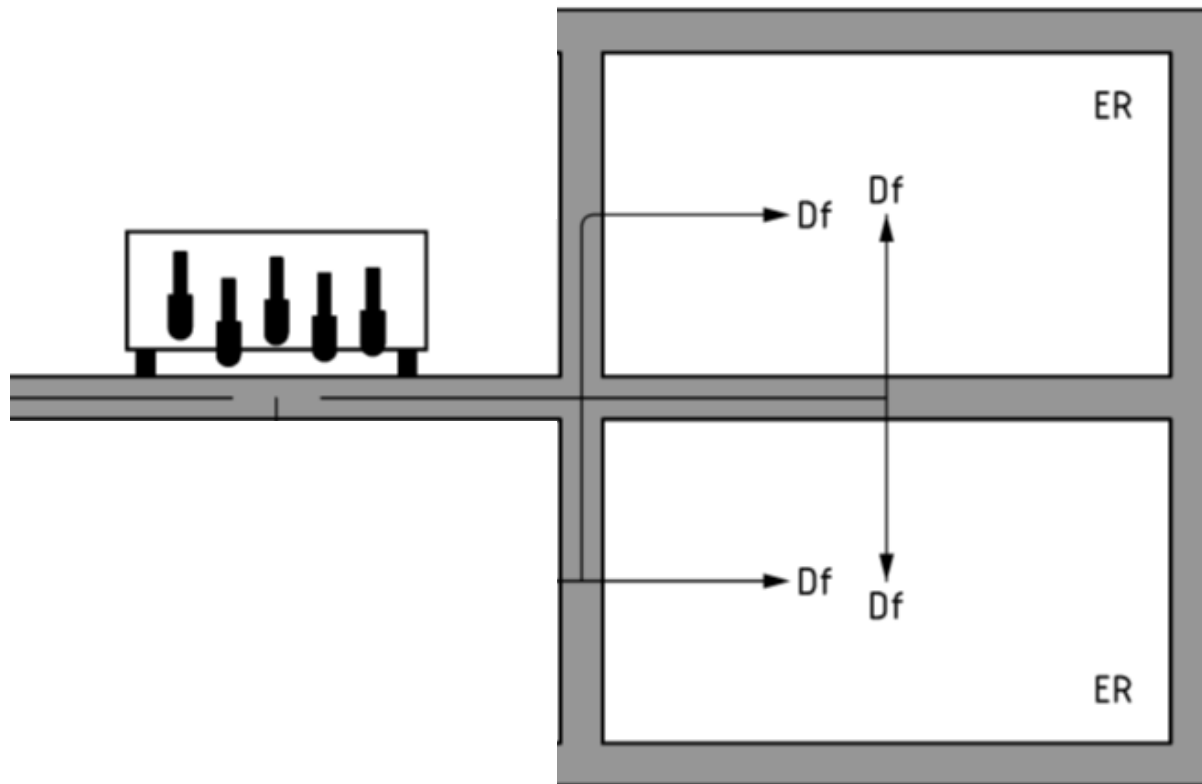
- Berechnung des bewerteten Norm-Flanken-Trittschallpegels $L_{n,ij,w}$

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



$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(10^{0.1 \cdot L_{n,d,w}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$

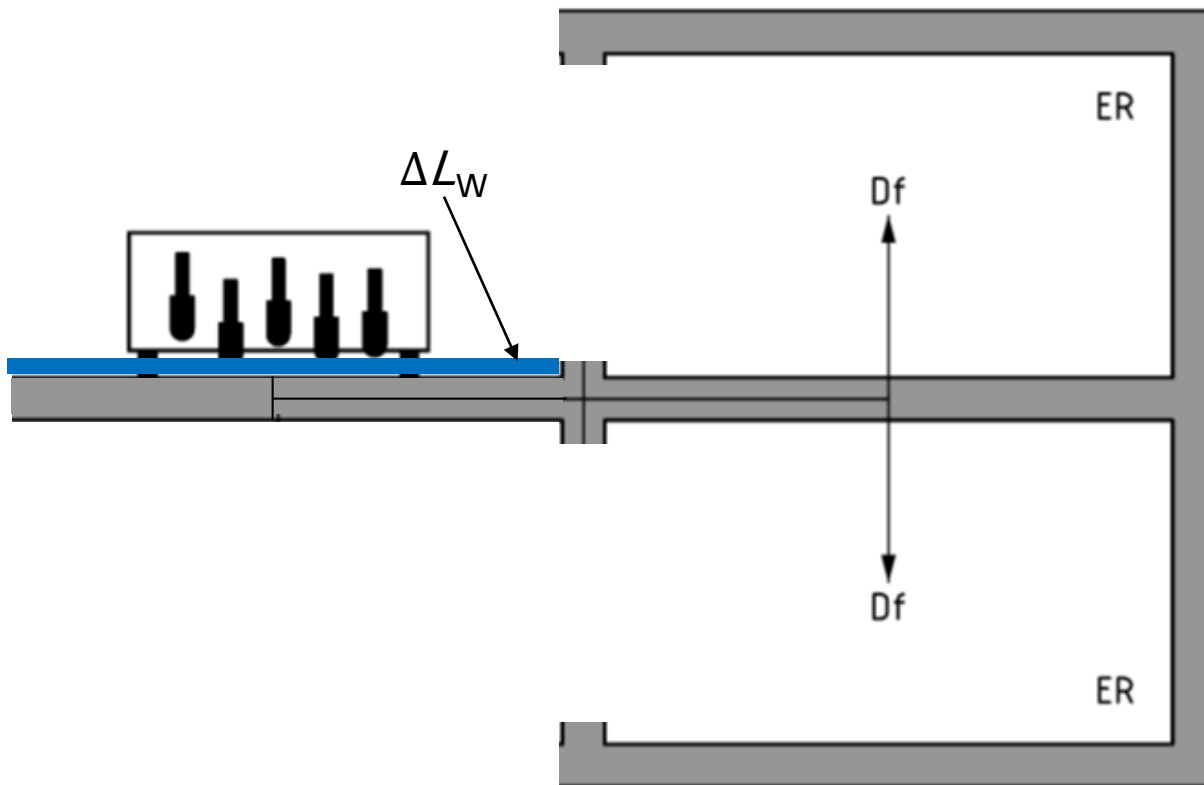
- bei Balkonen oder Laubengängen:



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

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(\cancel{10^{0.1 \cdot L_{n,d,w}}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$

- bei Balkonen oder Laubengängen mit Fensterelementen:

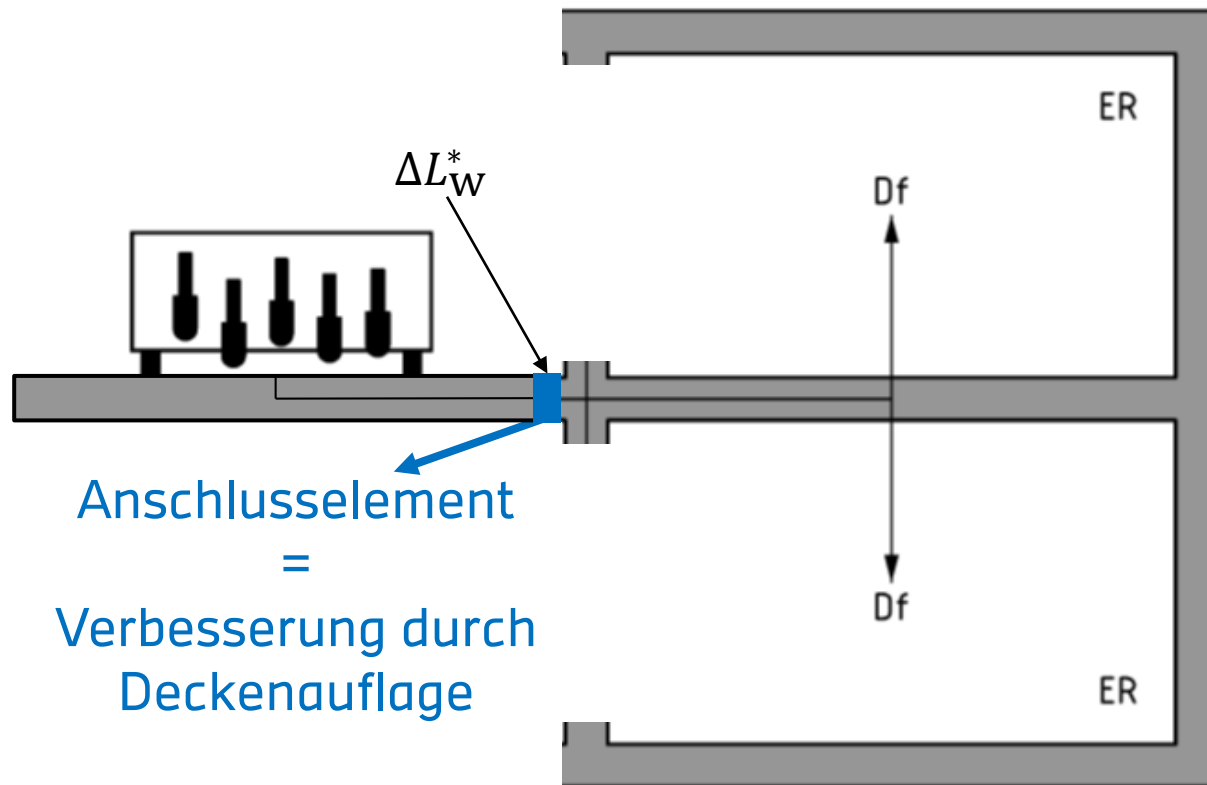


$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}}$$

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(\cancel{10^{0.1 \cdot L_{n,d,w}}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$

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

- bei Balkonen oder Laubengängen:



$$\Delta L_{W} = \Delta L_{W}^*$$

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

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(\cancel{10^{0.1 \cdot L_{n,d,w}}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$

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

Neues Rechenmodell der EN 12354-2:2017 ermöglicht die Berechnung von bewerteten Norm-Flankentrittschallpegeln

- Berechnung von horizontalen und diagonalen Übertragungssituationen ist damit möglich.
- Unterschiedliche Stoßstellen mit Anschlusselementen können berücksichtigt werden (Glaselemente - Massivwände).
- Vorsatzschalen und Deckenauflagen können ebenfalls berücksichtigt werden.

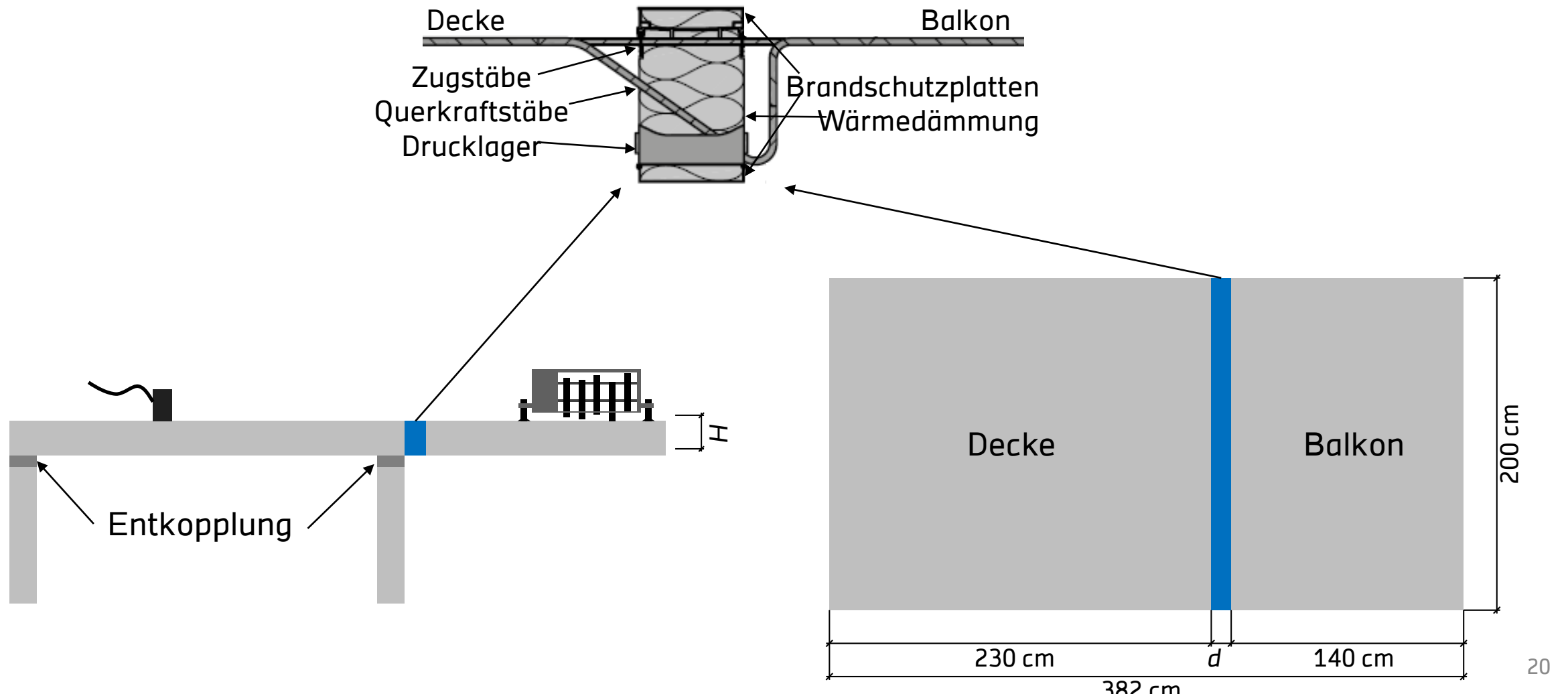
Umsetzung des neuen Rechenverfahrens durch Überarbeitung der DIN 4109-2

- Trittschallschutz von Balkonen und Laubengängen kann unter Berücksichtigung der Verbesserung durch einen Anschlusselement berechnet werden.

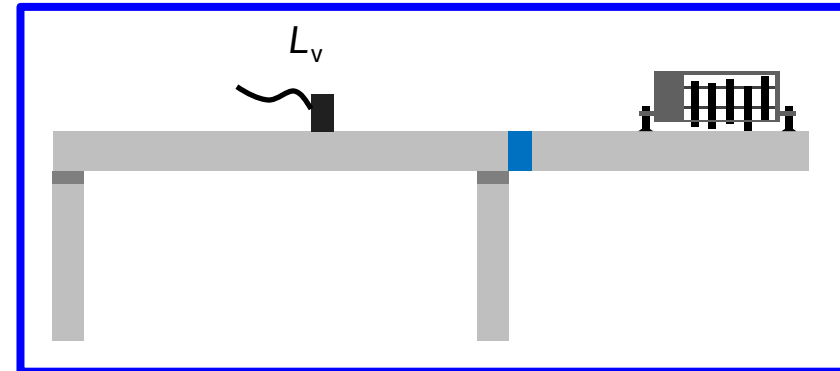
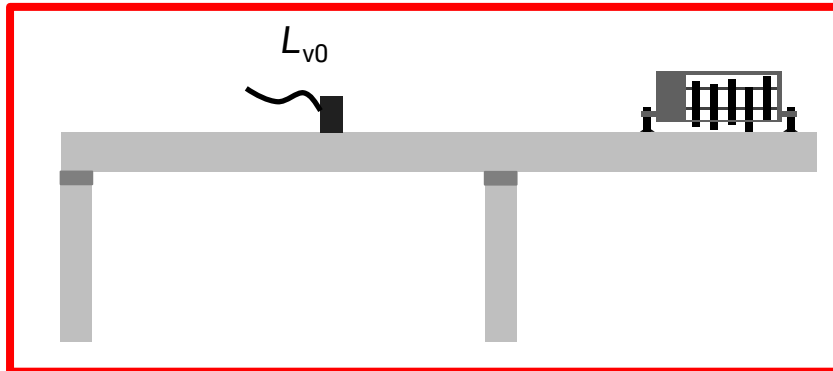
Notwendig ist ein Prüfverfahren zur Ermittlung der Trittschallpegeldifferenz/Trittschallpegelminderung von Anschlusselementen!

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

EAD 050001-01-0301 (2021) **European Assessment Document** (europäisches Bewertungsdokument)
„Load bearing thermal insulating elements which form a thermal break between balconies and internal floors“
→ Wird aktuell umgesetzt in DIN 4109-4



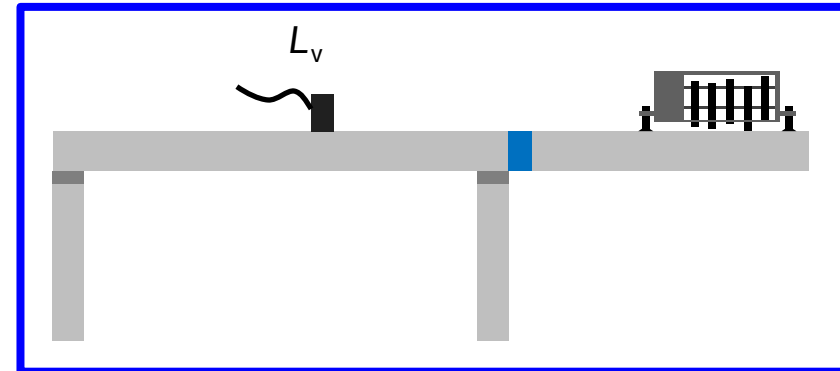
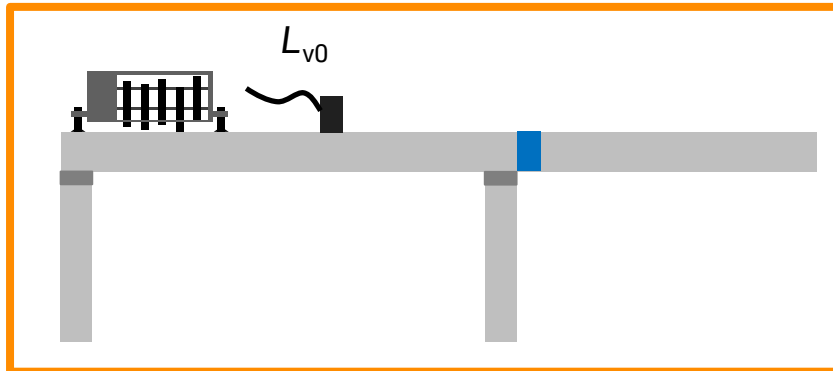
- Kenngröße in EAD 050001-00-0301 (2018)



$$\Delta L^* = L_{v0} - L_v$$

- Bewertete Trittschallpegeldifferenz ΔL_w^* nach DIN EN ISO 717-2

- Kenngröße in EAD 050001-01-0301 (2021)



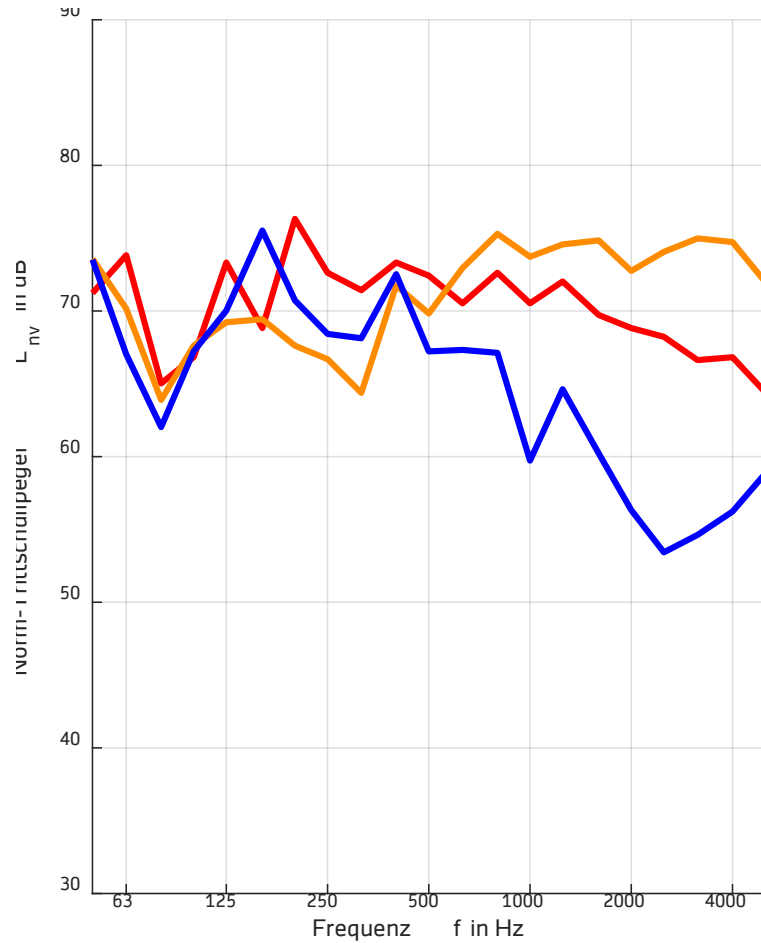
$$\Delta L = L_{v0} - L_v$$

- Bewertete Trittschallminderung ΔL_w nach DIN EN ISO 717-2

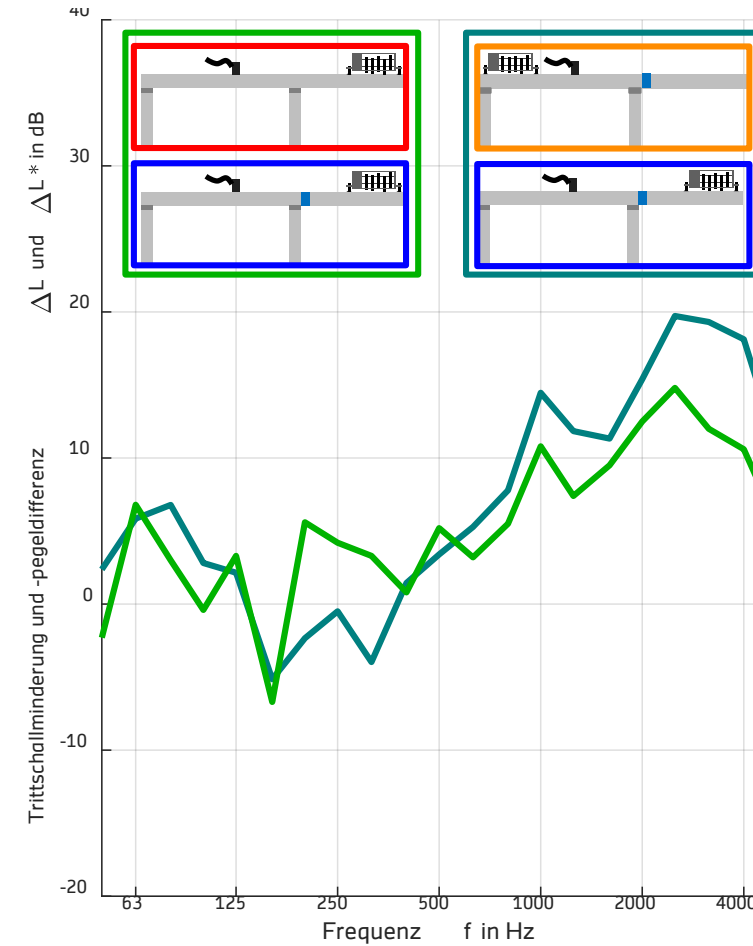
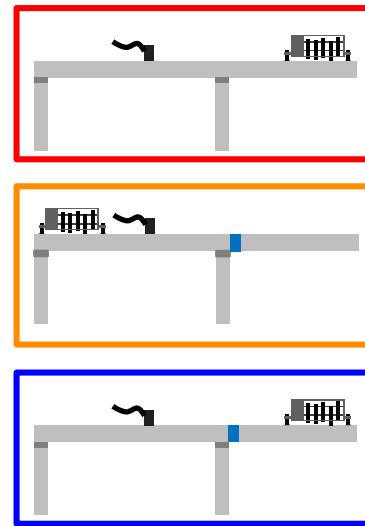
- Prüfaufbau mit Isokorb® XT Typ K-M10-V2-REI120-CV35-H180-6.0



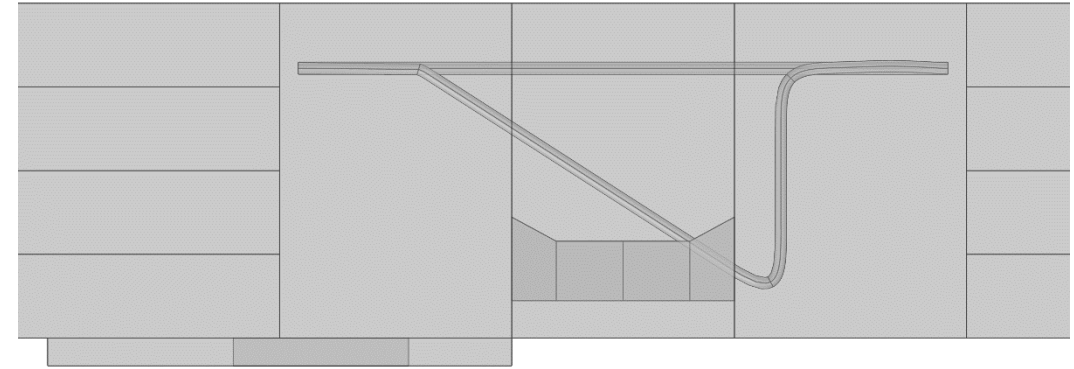
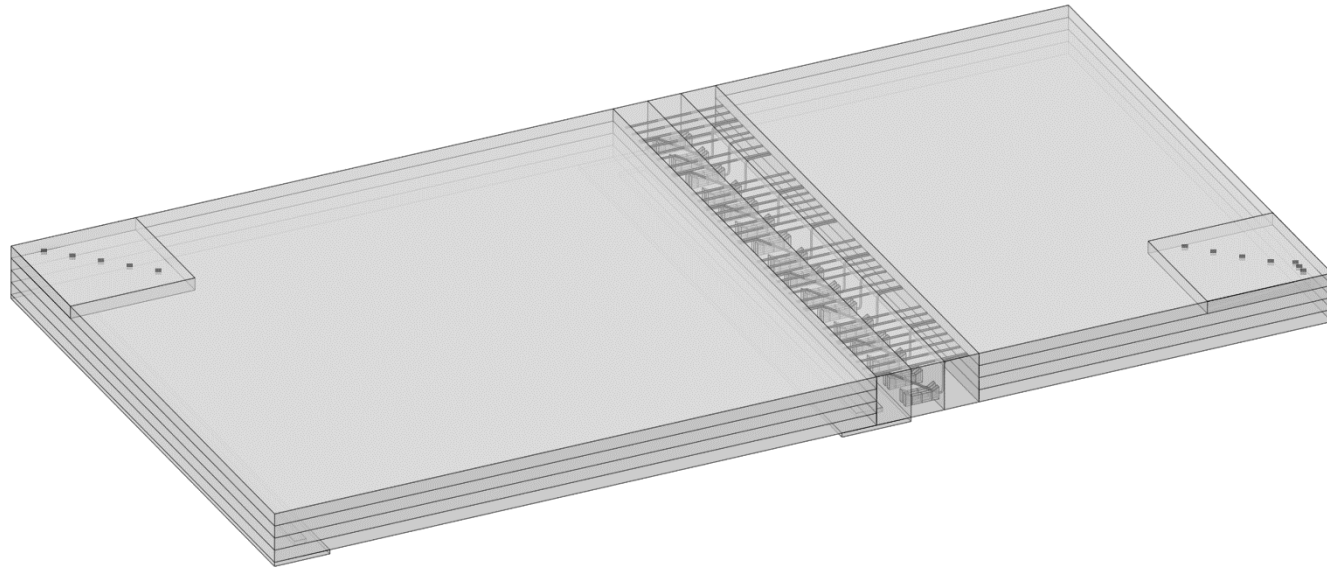
Messung L_n - Differenz und Minderung



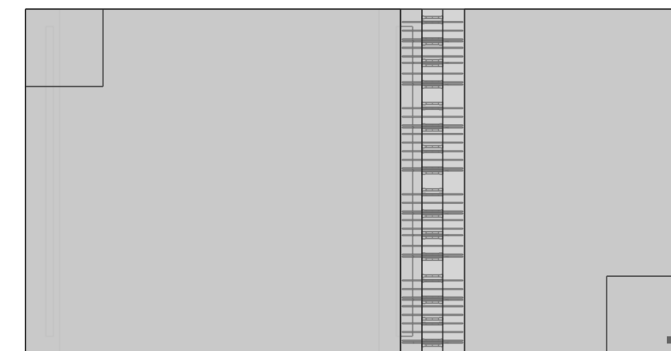
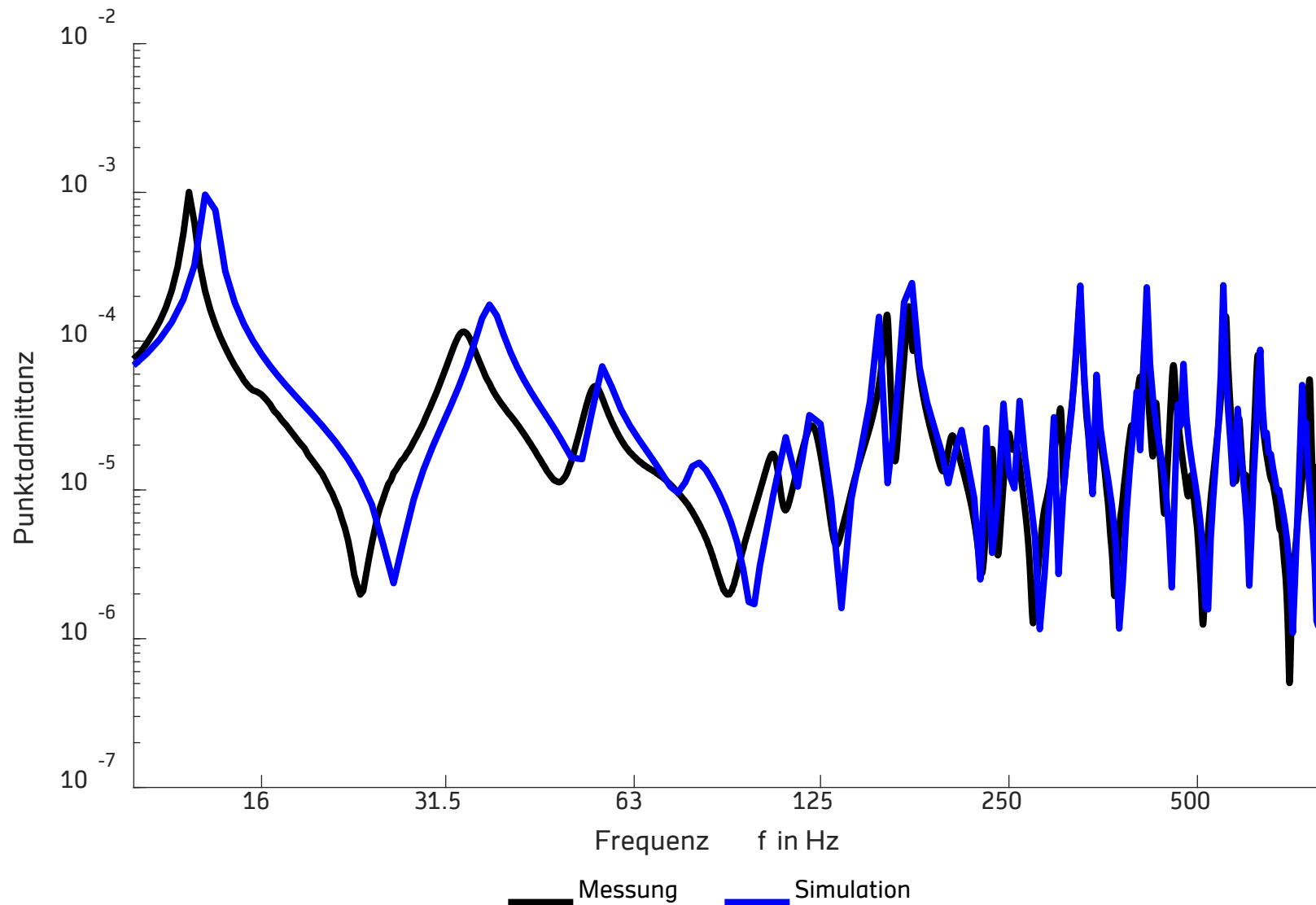
- Messung durchbetoniert
 $L_{n0v,w} = 74.7(-6.1,-5.4)$ dB
- Messung nach EAD
 $L_{n0v,w} = 79.9(-11.1,-10.5)$ dB
- Messung mit Anschlusselement
 $L_{nv,w} = 67(-1.4,-0.4)$ dB



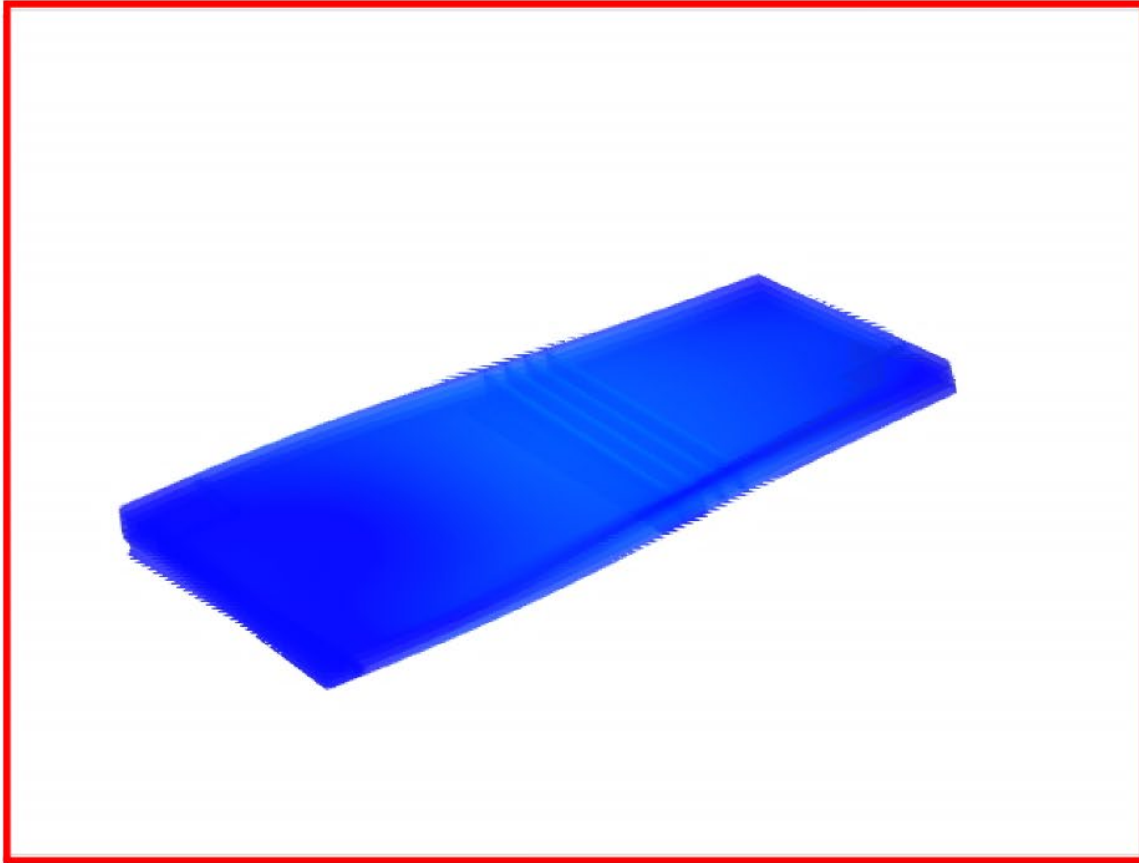
- Messung Minderung
 $\Delta L_w = 12.1$ dB
- Messung Differenz
 $\Delta L_w^* = 10.2$ dB



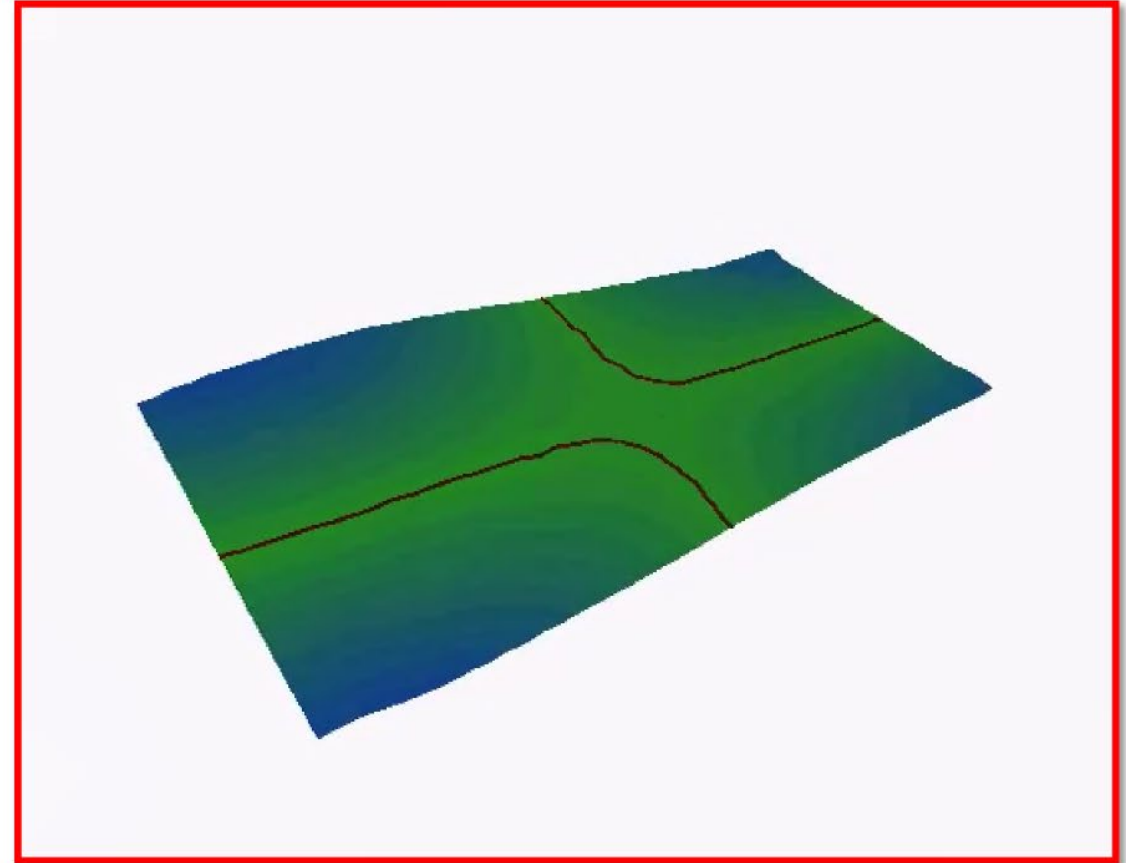
Parameter	Beton	Schaumkörper	Drucklager	Stahl	Elastomerlager
Dichte	2300 kg/m ³	30 kg/m ³	2600 kg/m ³	7800 kg/m ³	826 kg/m ³
Elastizitätsmodul	25e9 Pa	6e6 Pa	45e9 Pa	1.6e11 Pa	1e7 Pa
Poissonzahl	0,2	0,35	0,2	0,28	0,35
Verlustfaktor	0,005	0,1	0,005	1e-4	0,14
Maximale Elementgröße	14 cm		4 cm	3 cm	



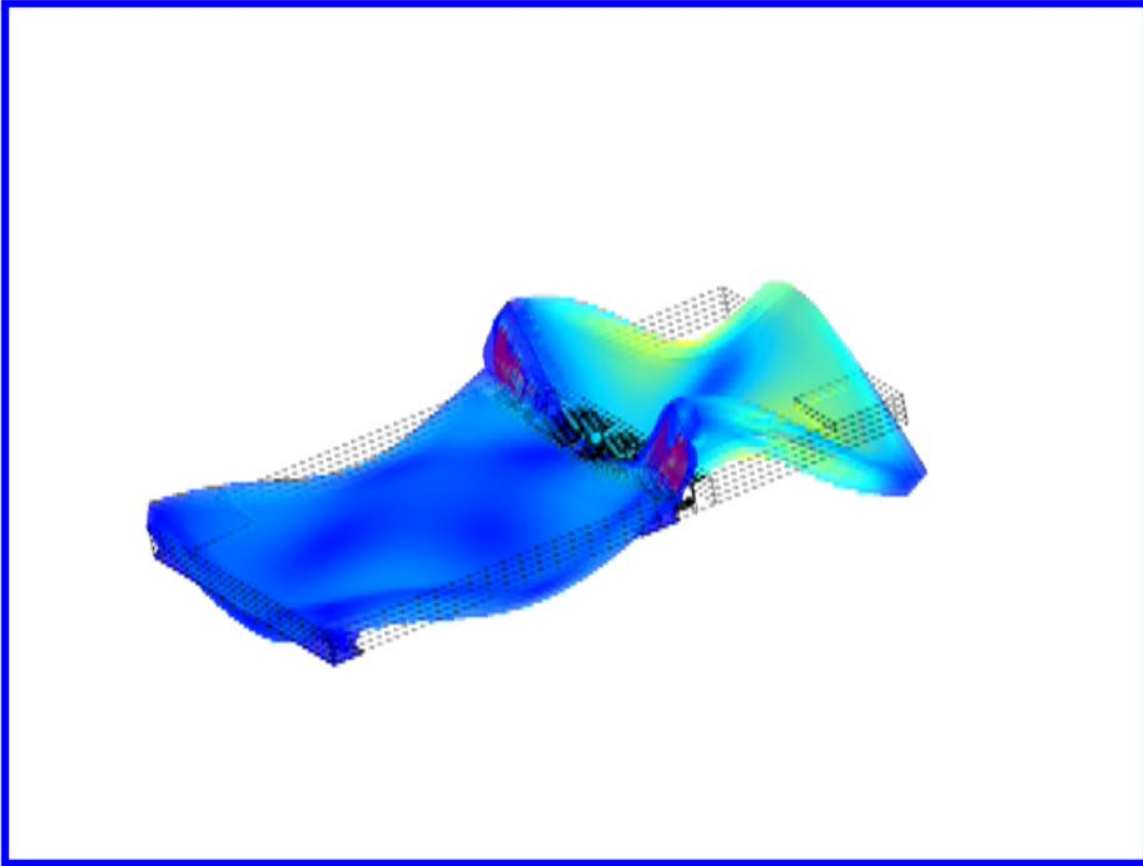
Punkt-
Admittanz
(v / F)



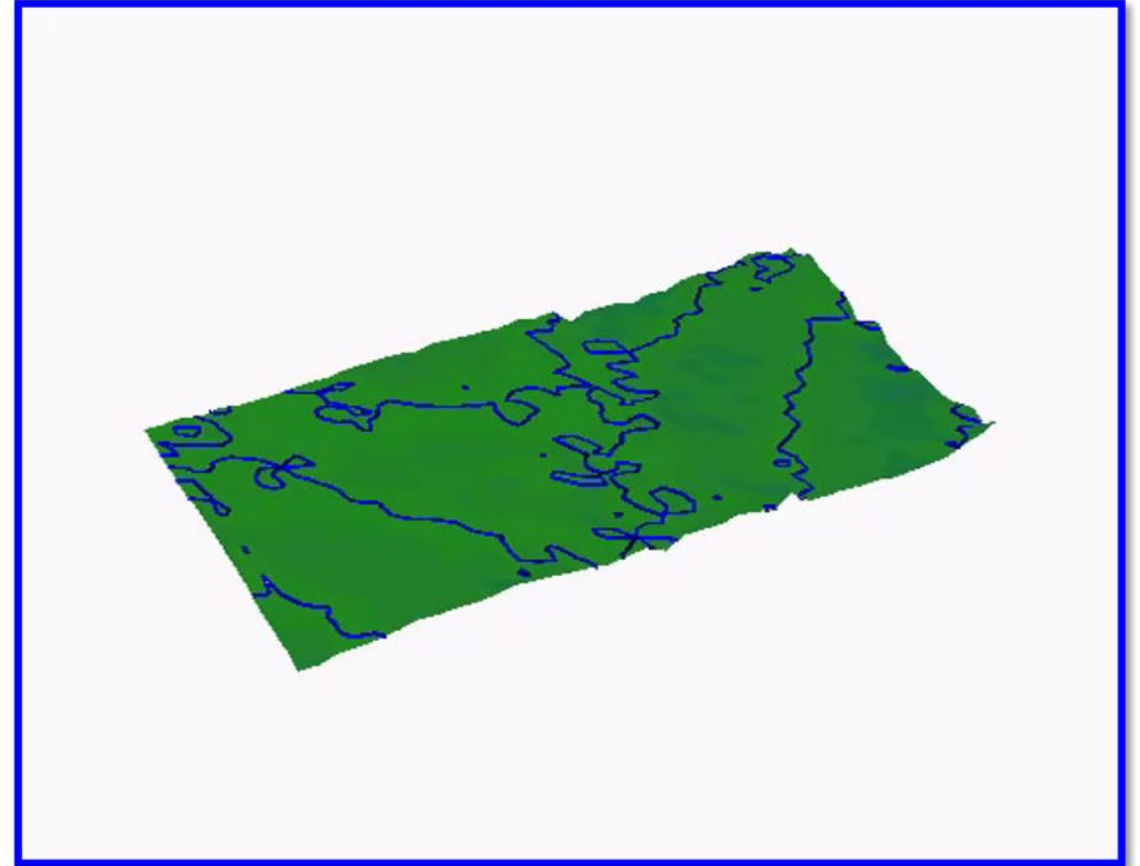
Simulation: 61,3 Hz



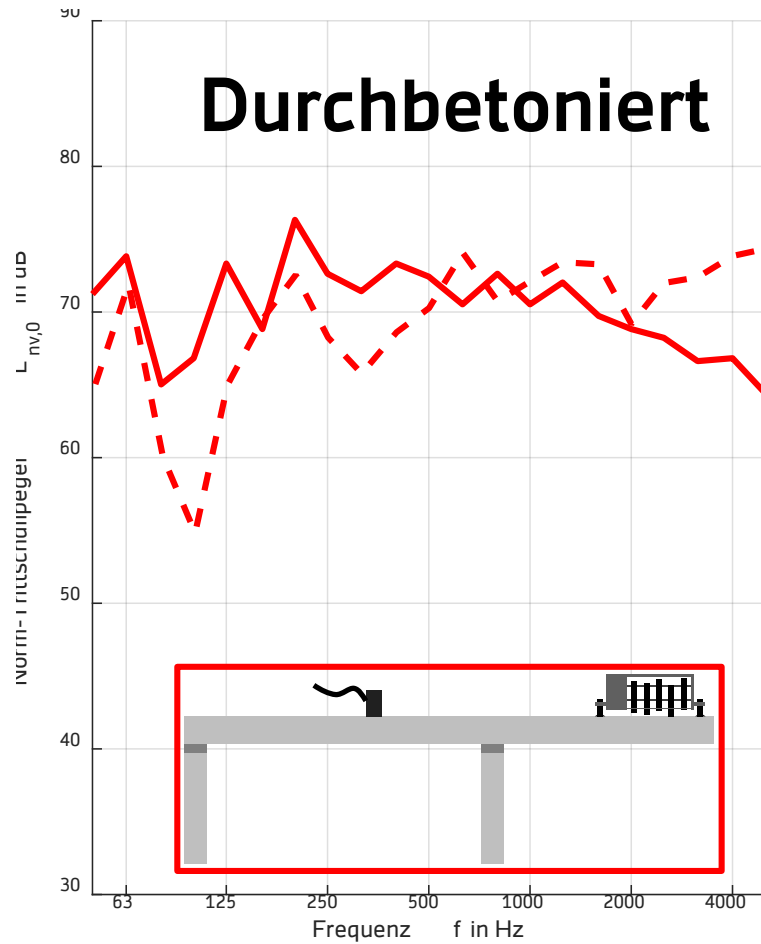
Messung: 58,9 Hz



Simulation: 323 Hz

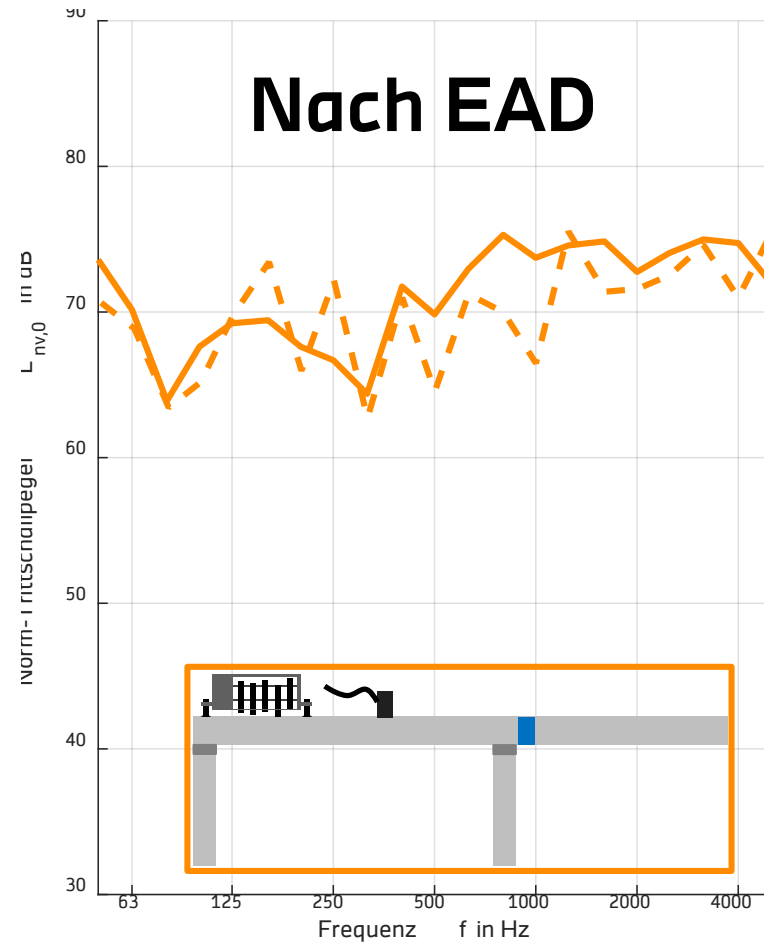


Messung: 333 Hz



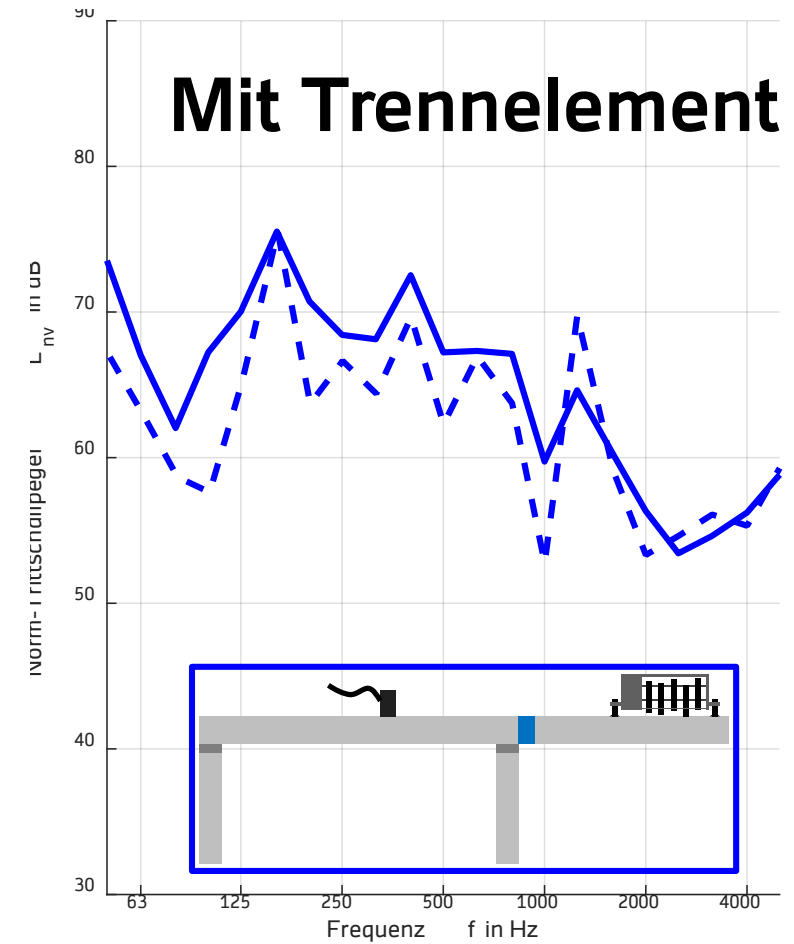
Messung
 $L_{n0v,w} = 74.7(-6.1,-5.4)$ dB

Simulation
 $L_{n0v,w} = 77.7(-10.2,-9.7)$ dB



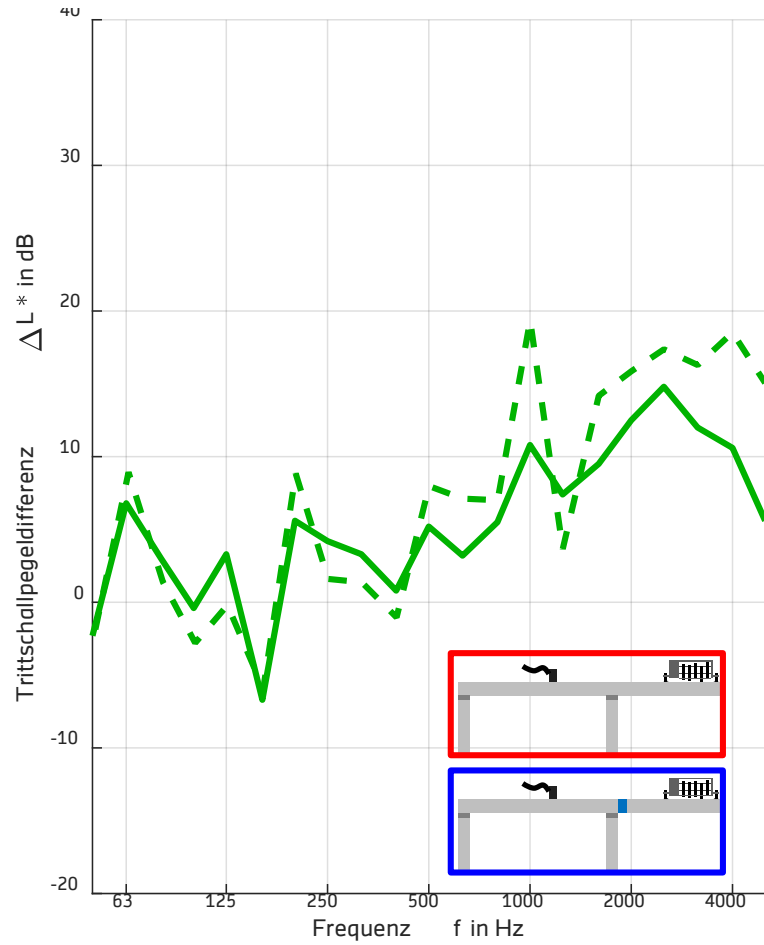
Messung
 $L_{n0v,w} = 79.9(-11.1,-10.5)$ dB

Simulation
 $L_{n0v,w} = 78.8(-11.2,-10.7)$ dB



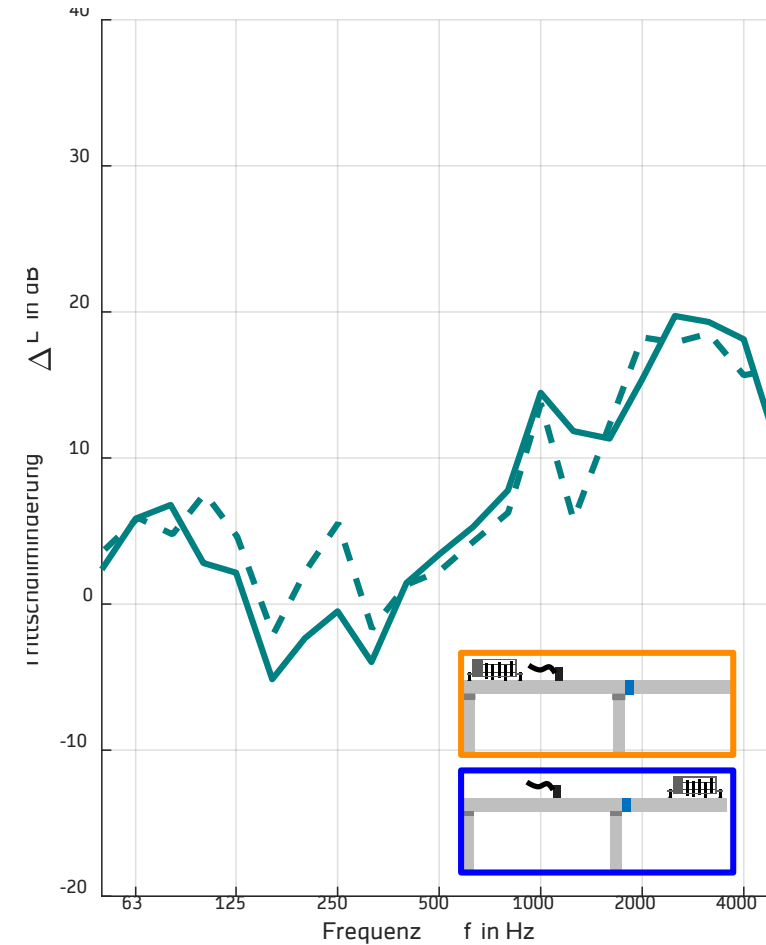
Messung
 $L_{n0v,w} = 67(-1.4,-0.4)$ dB

Simulation
 $L_{n0v,w} = 66.6(-2.7,-2.3)$ dB



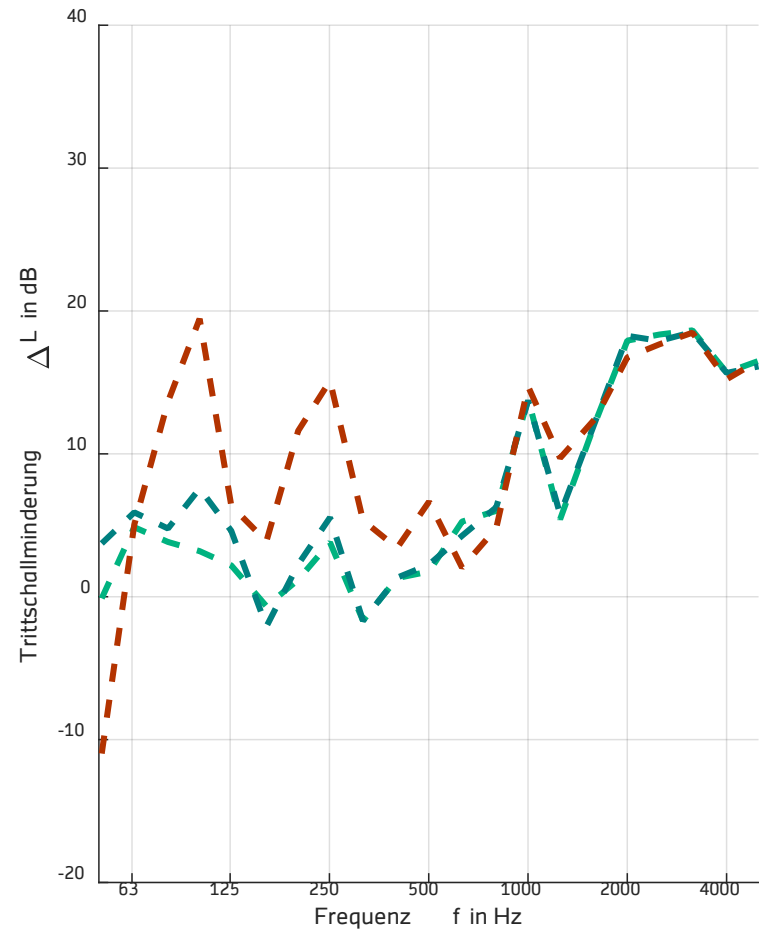
Messung
 $\Delta L_w^* = 10.2$ dB

Simulation
 $\Delta L_w^* = 11.6$ dB



Messung
 $\Delta L_w = 12.1$ dB

Simulation
 $\Delta L_w = 12.2$ dB

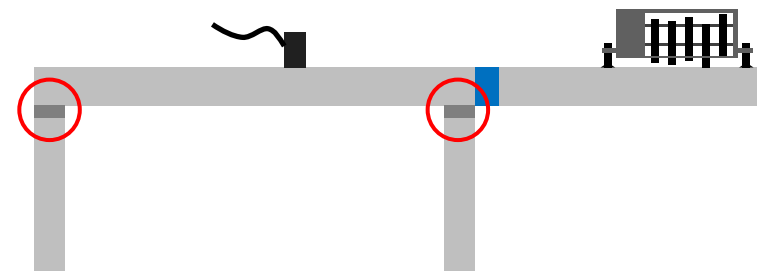


Entkopplung < 5 Hz
 $\Delta L_w = 12.3$ dB

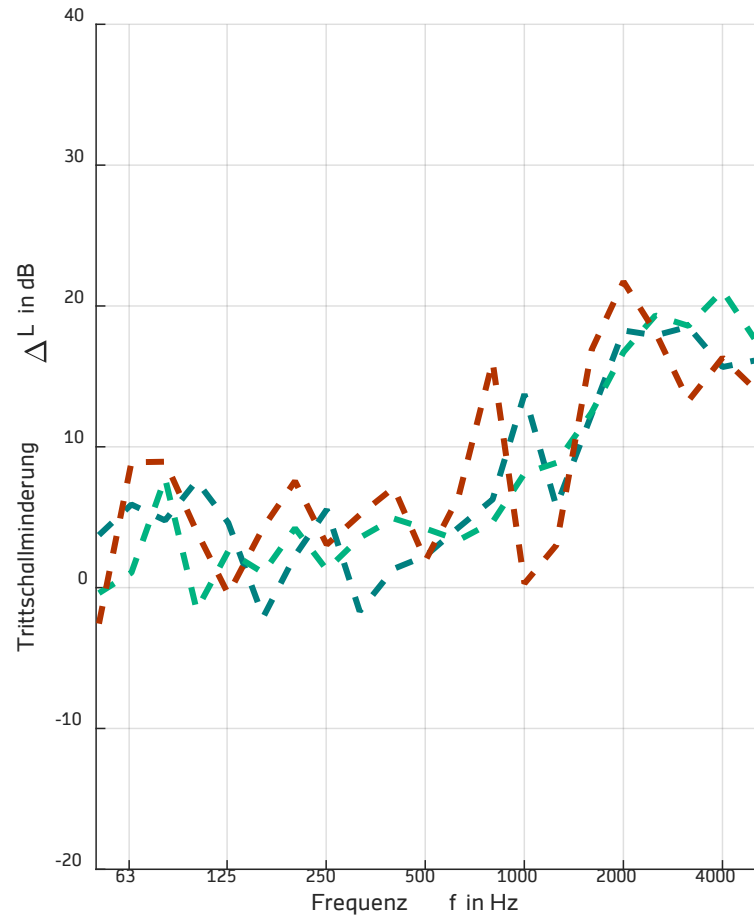
Entkopplung < 30 Hz
 $\Delta L_w = 12.2$ dB

Entkopplung > 100 Hz
 $\Delta L_w = 13.3$ dB

→ EAD



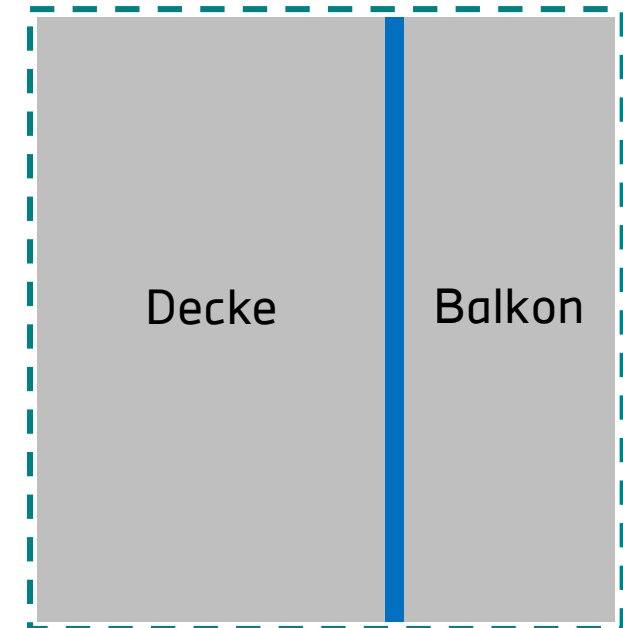
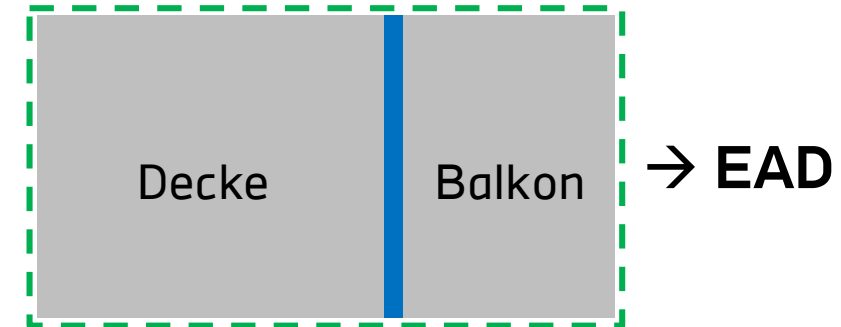
Dimensionen – Breite Balkon und Decke

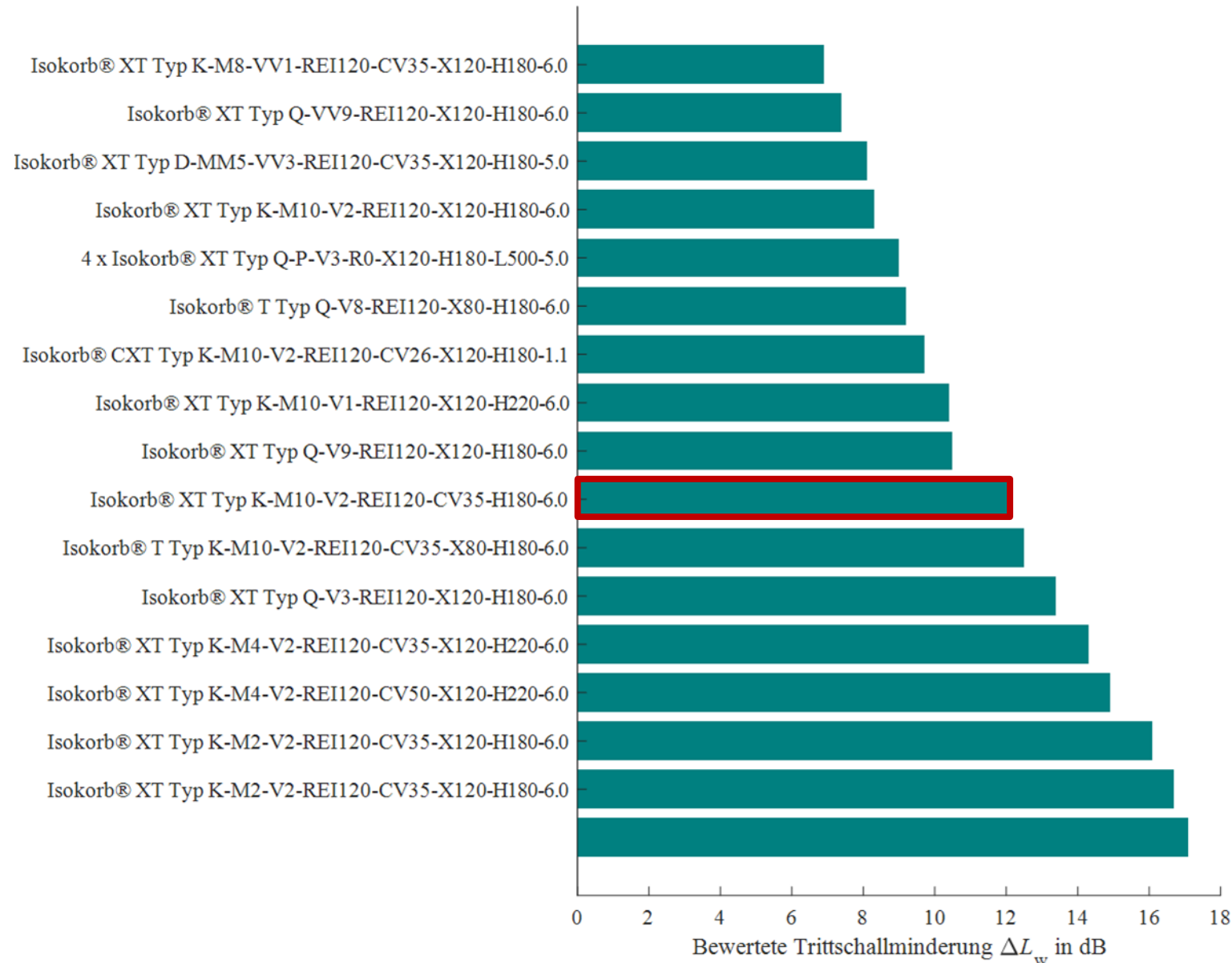


Breite 2 m
 $\Delta L_w = 12.2$ dB

Breite 4 m
 $\Delta L_w = 12.9$ dB

Breite 1 m
 $\Delta L_w = 11.6$ dB







Stelzlager Eurosystems



Teppichauflage

- Kann die Trittschallminderung von Auflagern am EAD Prüfstand bestimmt werden?
- Kann die Trittschallminderung von Anschluss-Elementen und Auflagern addiert werden?

$$L_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ [dB]}$$

L_n der Norm-Trittschallpegel des Prüfgegenstandes [dB]

L_i der mittlere Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]

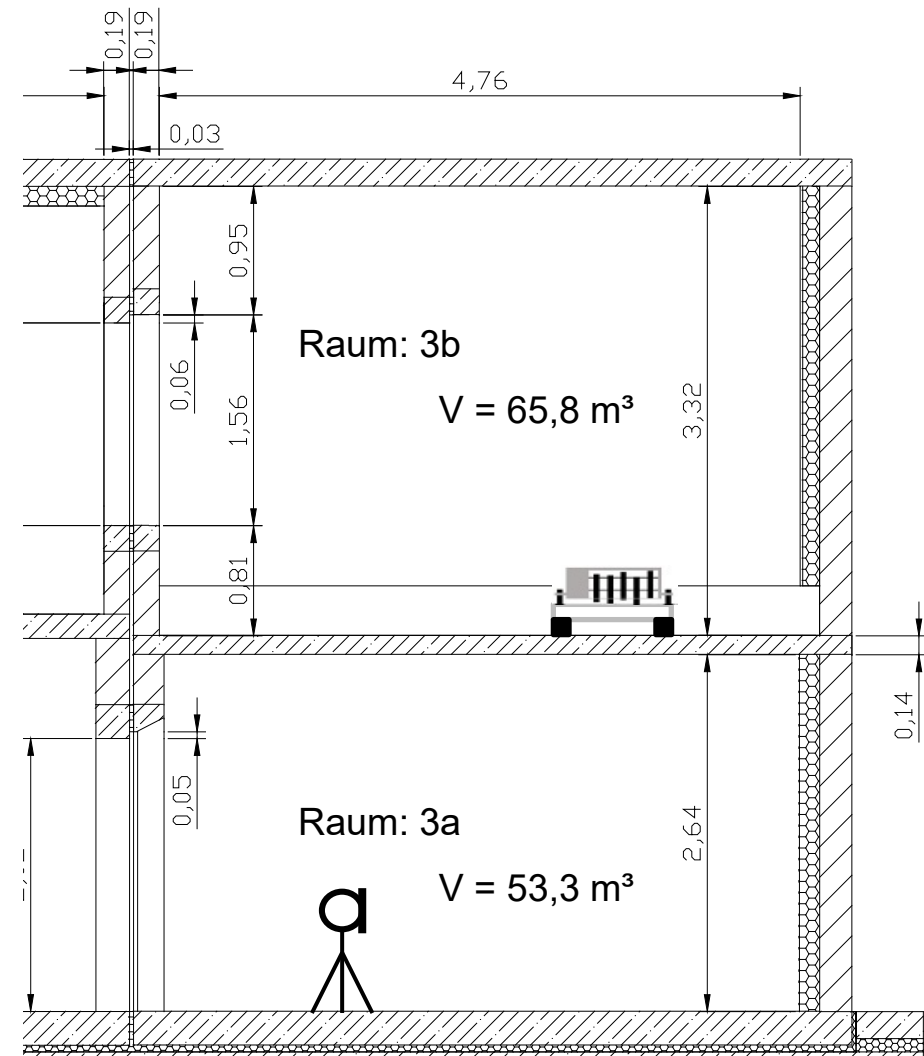
A die äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum [m²]

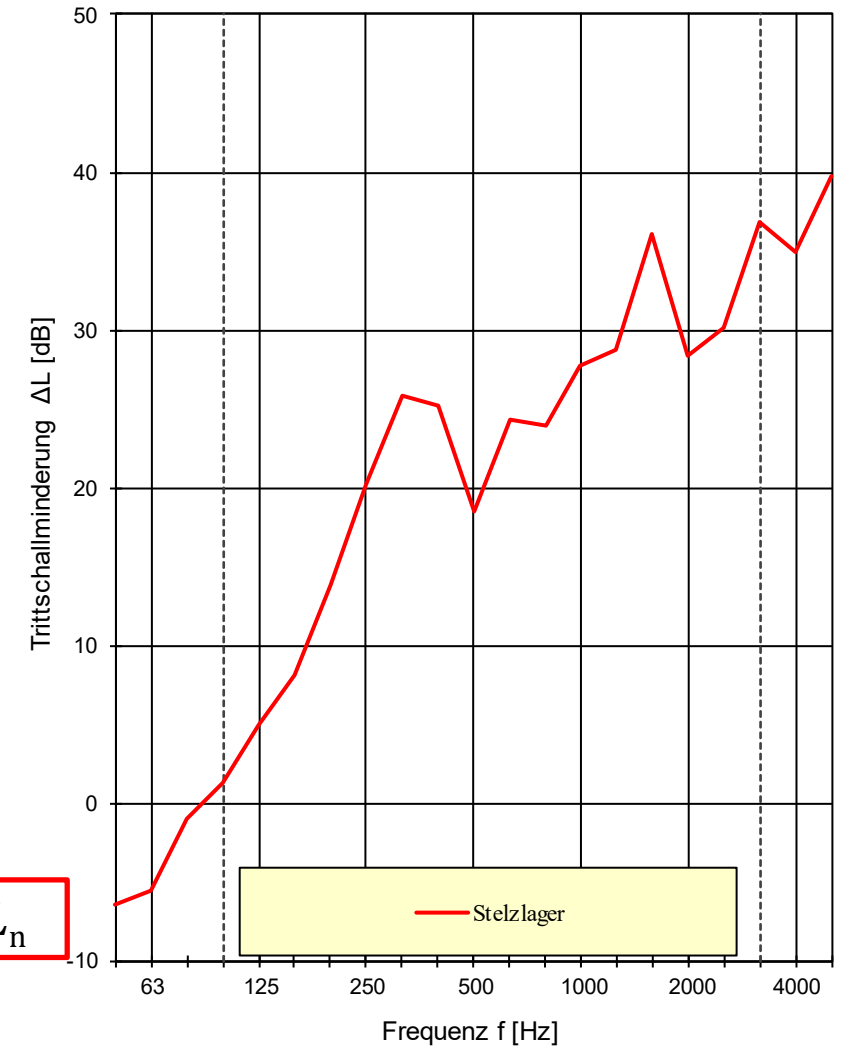
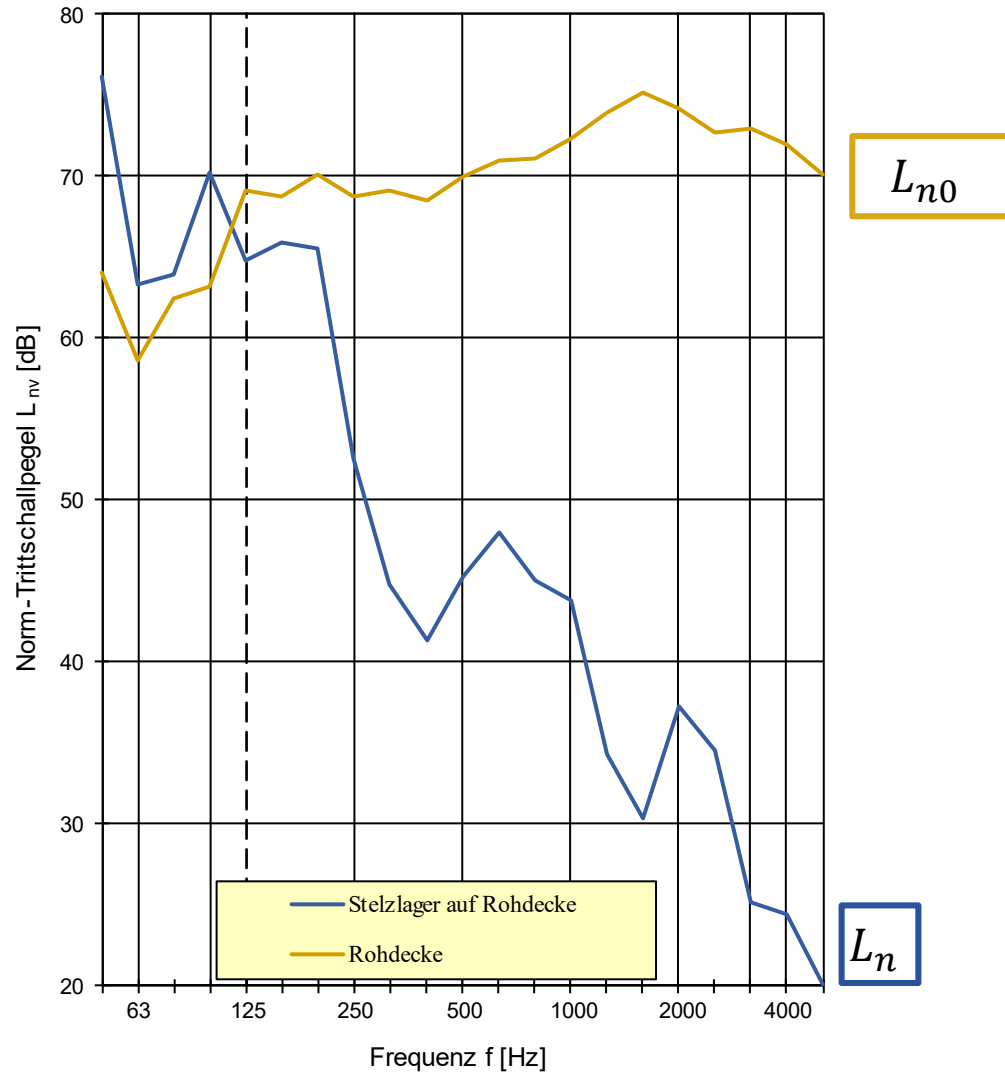
A_0 die Bezugs-Absorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$

Trittschallminderung

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

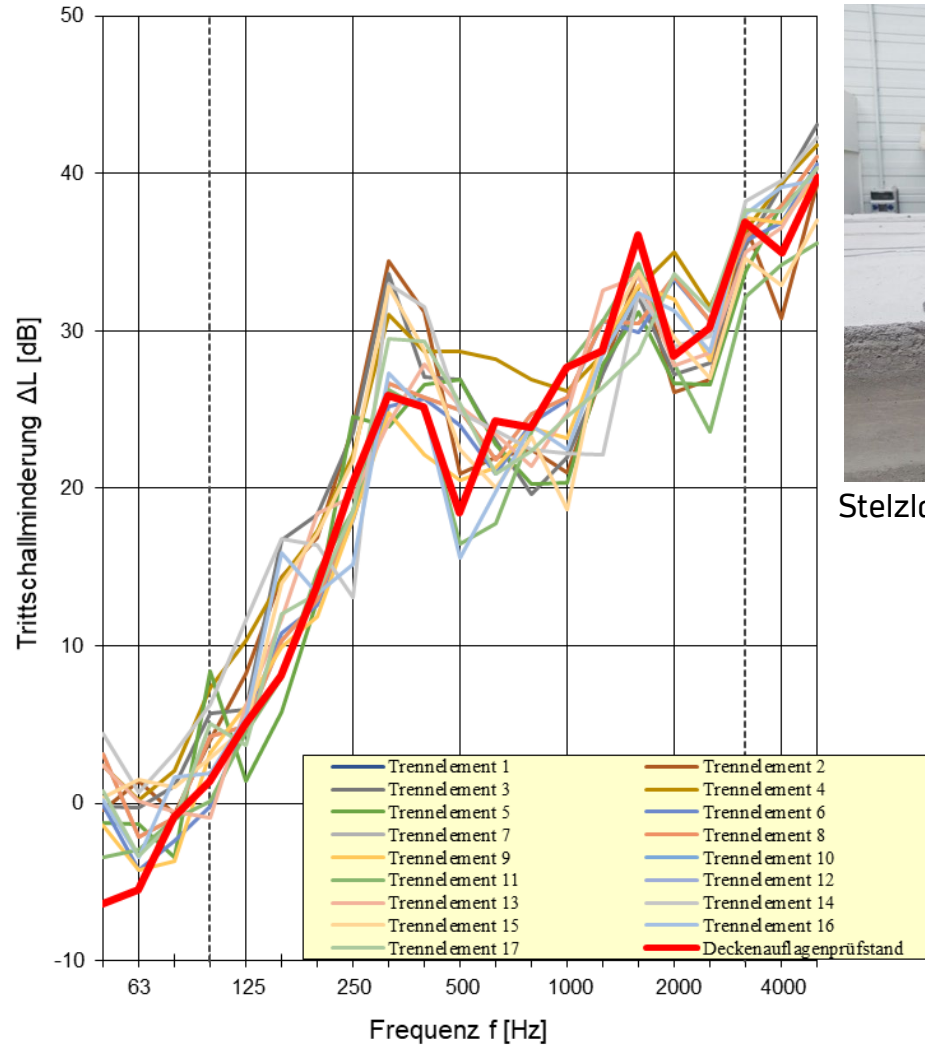
... Einzahlwerte nach DIN EN ISO 717-2





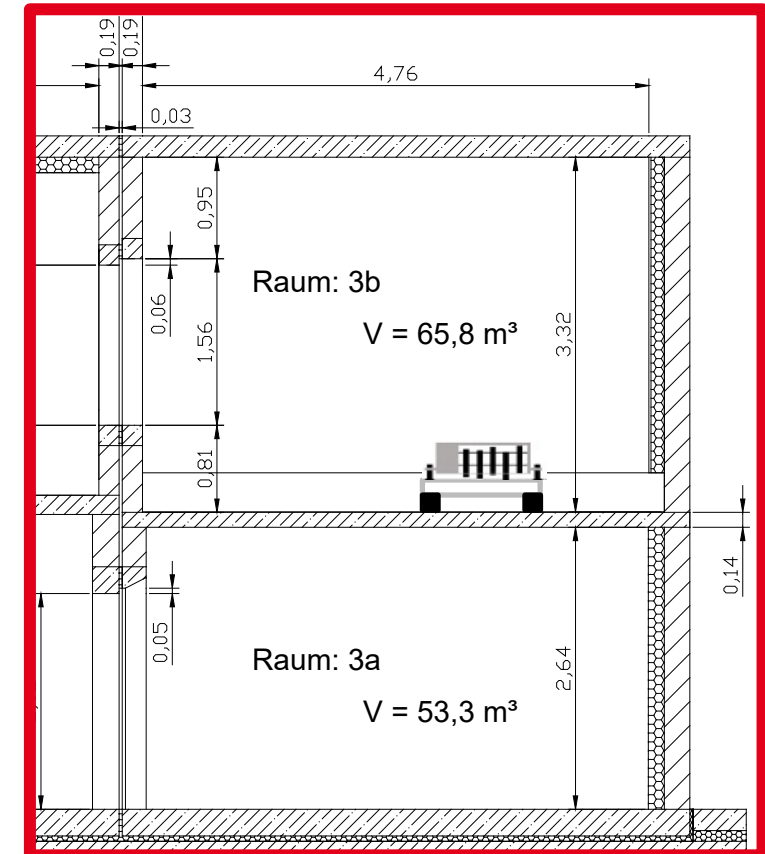
$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$

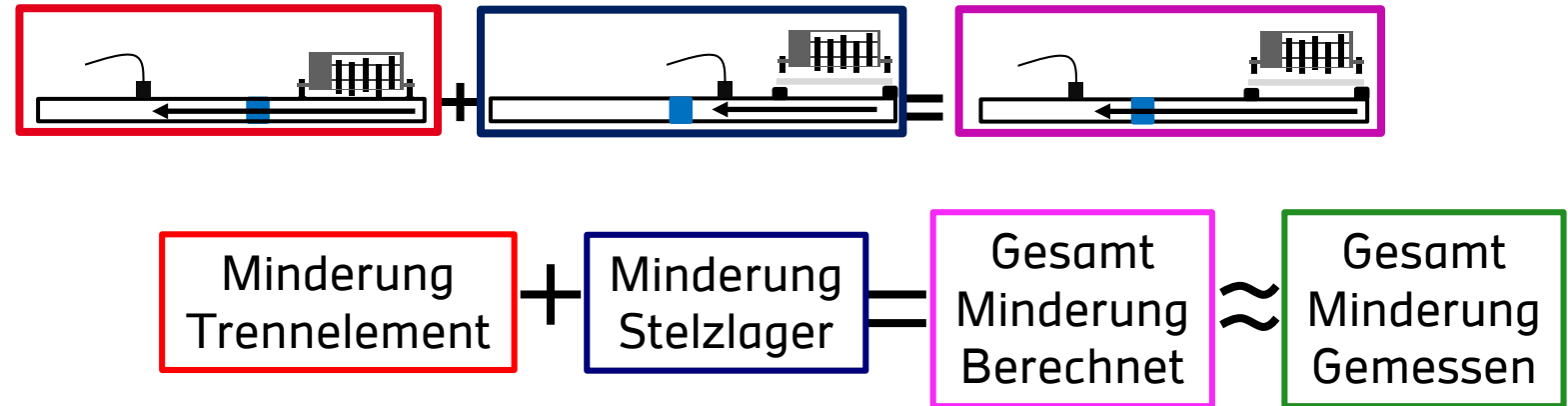
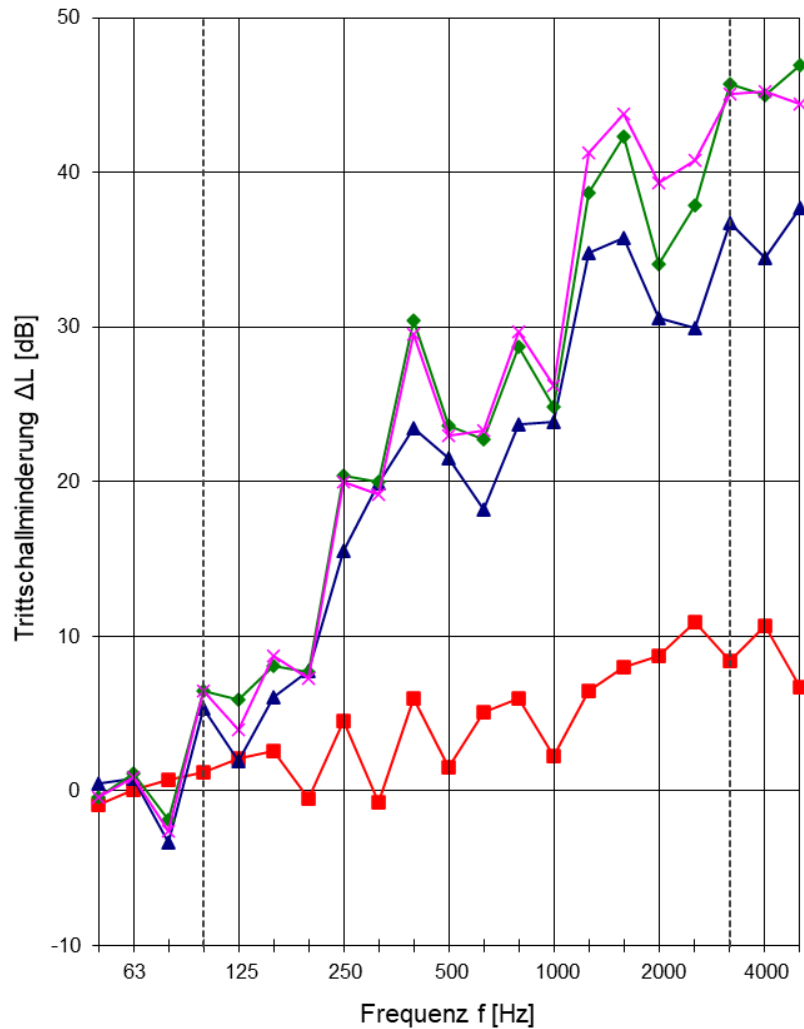
- Deckenauflagenprüfstand vs. EAD-Prüfstand:



Stelzlager Eurosystems

Deckenauflagenprüfstand





■	$\Delta L_w (C_{l,\Delta}) = 8.3 (-5)$
▲	$\Delta L_w (C_{l,\Delta}) = 24.5 (-12)$
◆	$\Delta L_w (C_{l,\Delta}) = 27.3 (-12)$
×	$\Delta L_w (C_{l,\Delta}) = 25.2 (-12)$

↷ ≈

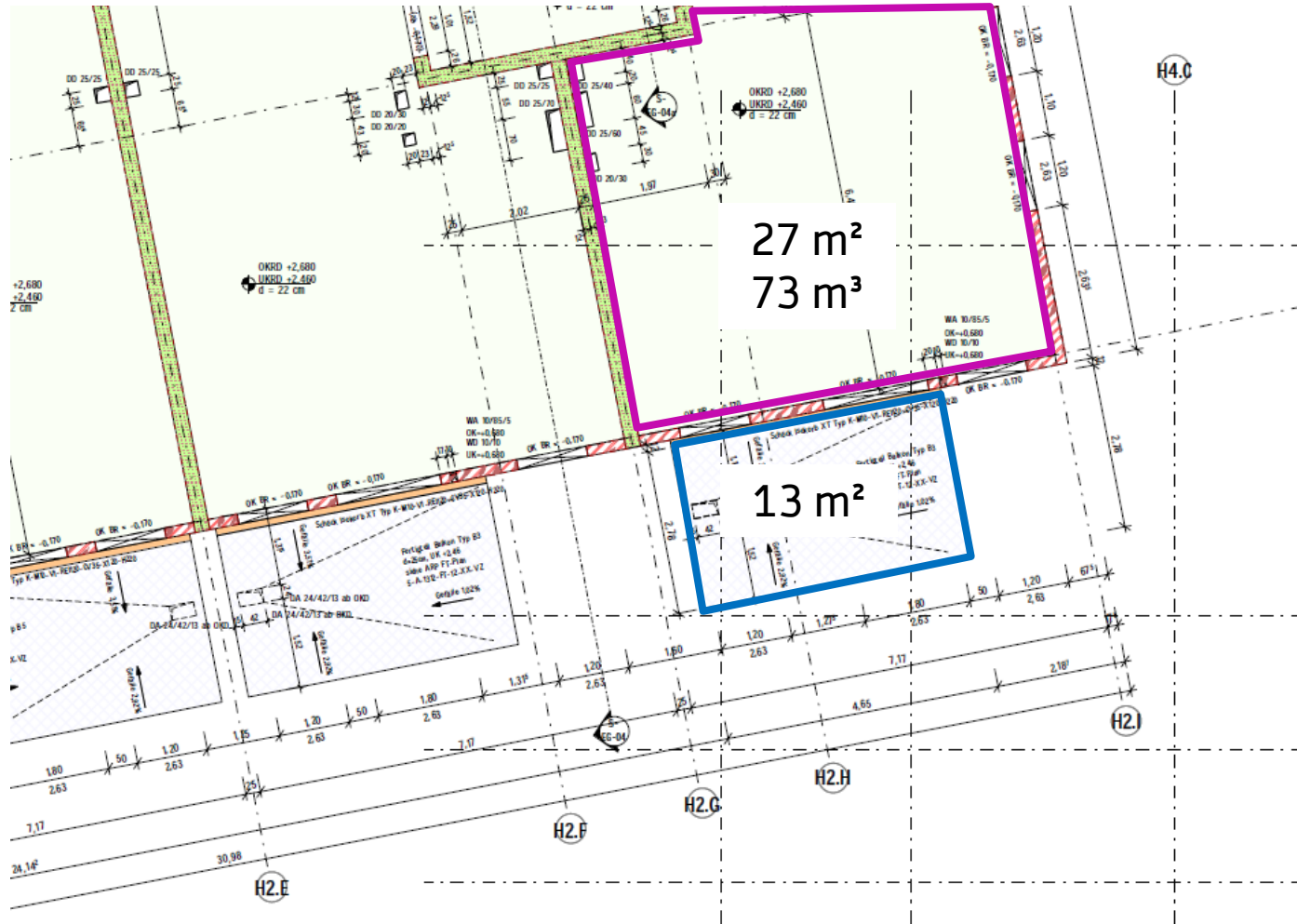
Neues Prüfverfahren ermöglicht schalltechnische Charakterisierung von Anchlusselementen

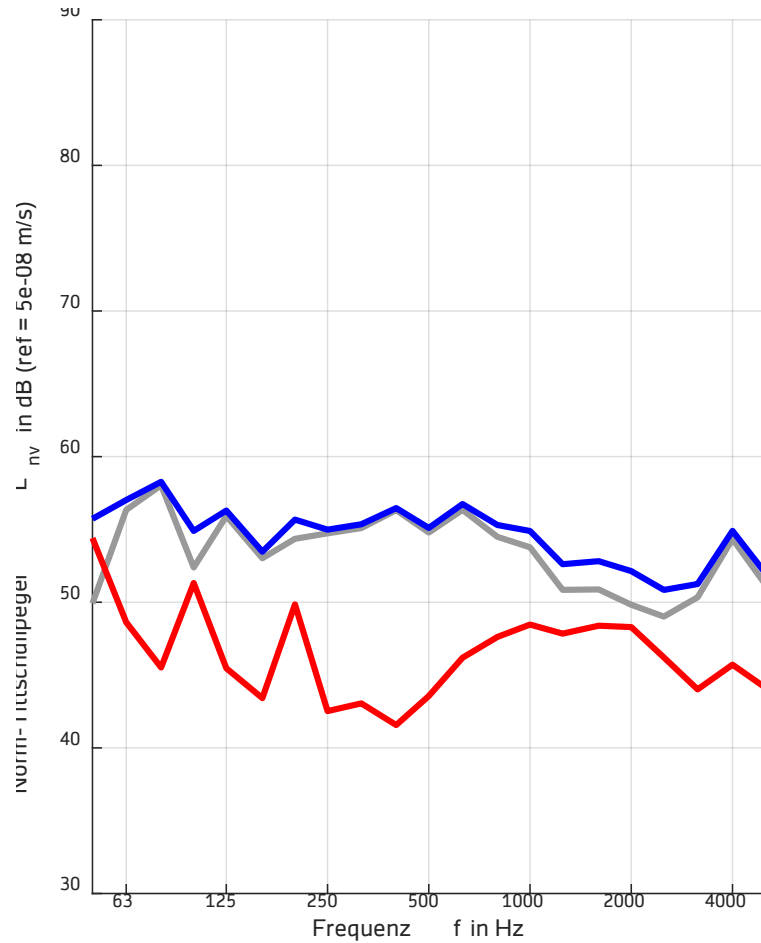
- Gleiche Dimensionen und der Balkon- und Deckenplatten führen zu vergleichbaren Ergebnissen bei verschiedenen Prüfstellen.
- Ermittlung von Einzulangaben entsprechend DIN EN ISO 717-2 wie bei Deckenauflagen.
- Umsetzung des Prüfverfahrens in DIN 4109-4: Messtechnische Nachweise
- Deckenauflagen auf Balkonen können separat oder mit Anchlusselement geprüft werden

Ermittelte Werte können direkt in Rechenverfahren der DIN EN ISO 12354-2 und damit auch der zukünftigen DIN 4109-2 eingesetzt werden

- Trittschallschutz von Balkonen und Laubengängen kann für unterschiedliche Anchlusselemente (und Deckenauflagen) berechnet werden.

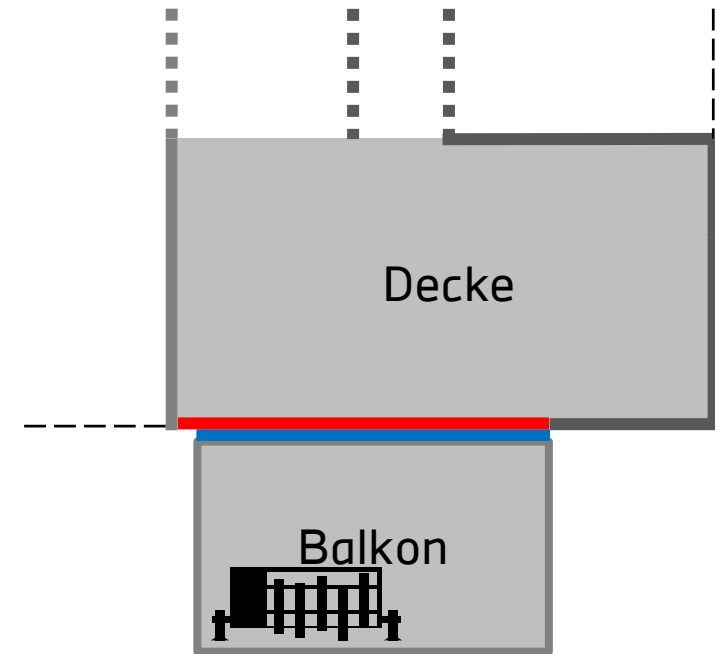
- Motivation
- Anforderungen
- Prognoseverfahren
- Prüfverfahren
- **Baumessungen**
- Ausblick



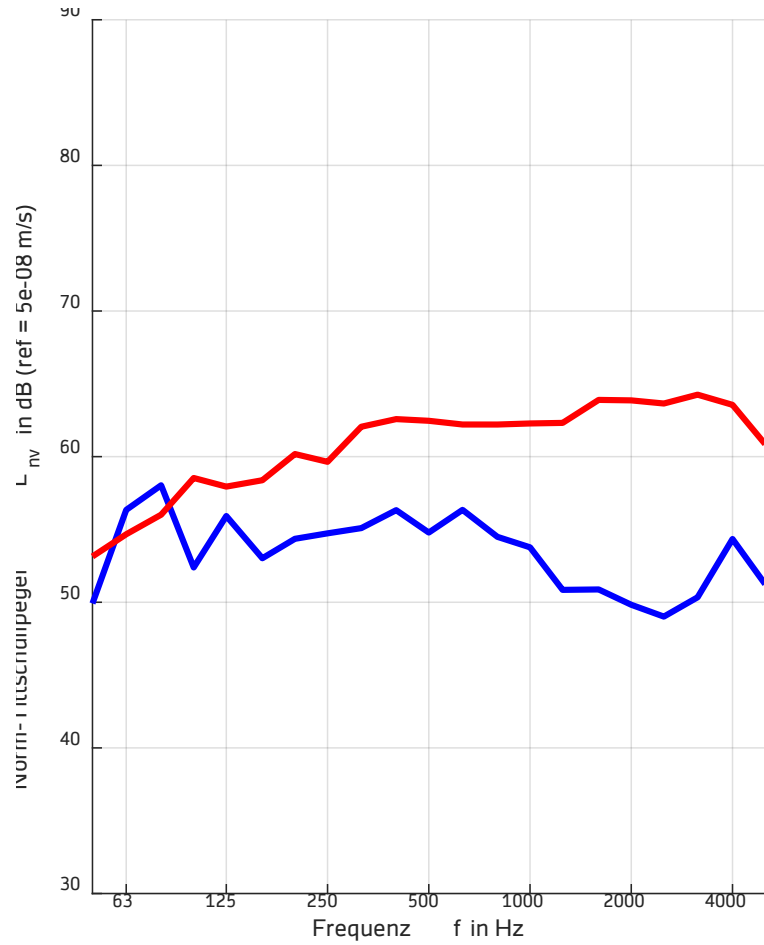


- Decke
 $L_{nv,w} = 56.2(-5.4,-4.3)$ dB
- Flanke
 $L_{nv,w} = 52.6(-8.7,-7)$ dB
- Gesamte Übertragung
 $L'_{nv,w} = 57.7(-6.1,-4.9)$ dB

Isokorb
Außenwand

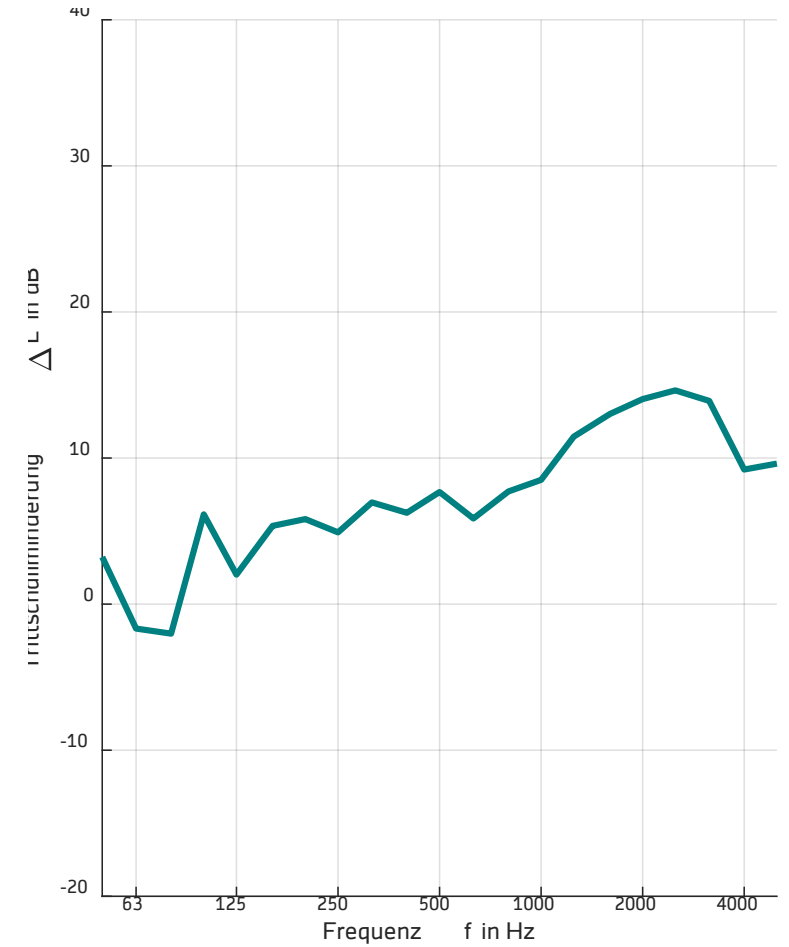
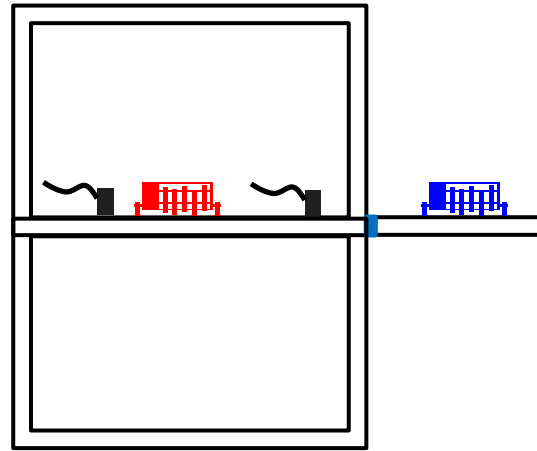


Trittschallminderung „in-situ“



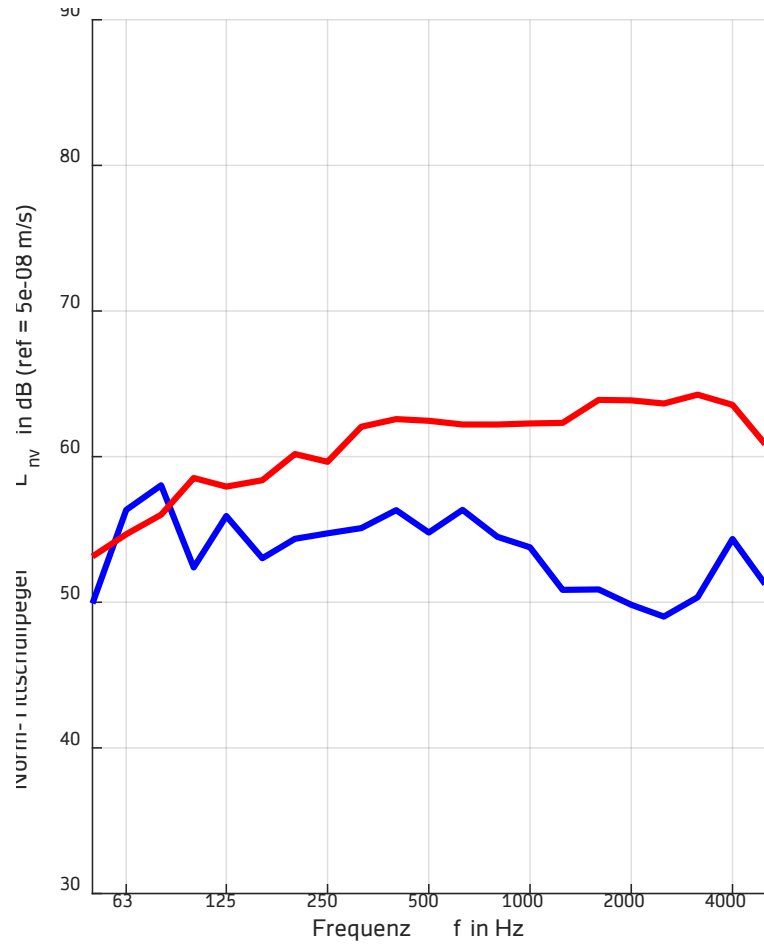
Anregung des Balkens
 $L_{nv,w} = 56.2(-5.4,-4.3)$ dB

Anregung der Decke
 $L_{nv,w} = 69.5(-10.9,-10.7)$ dB



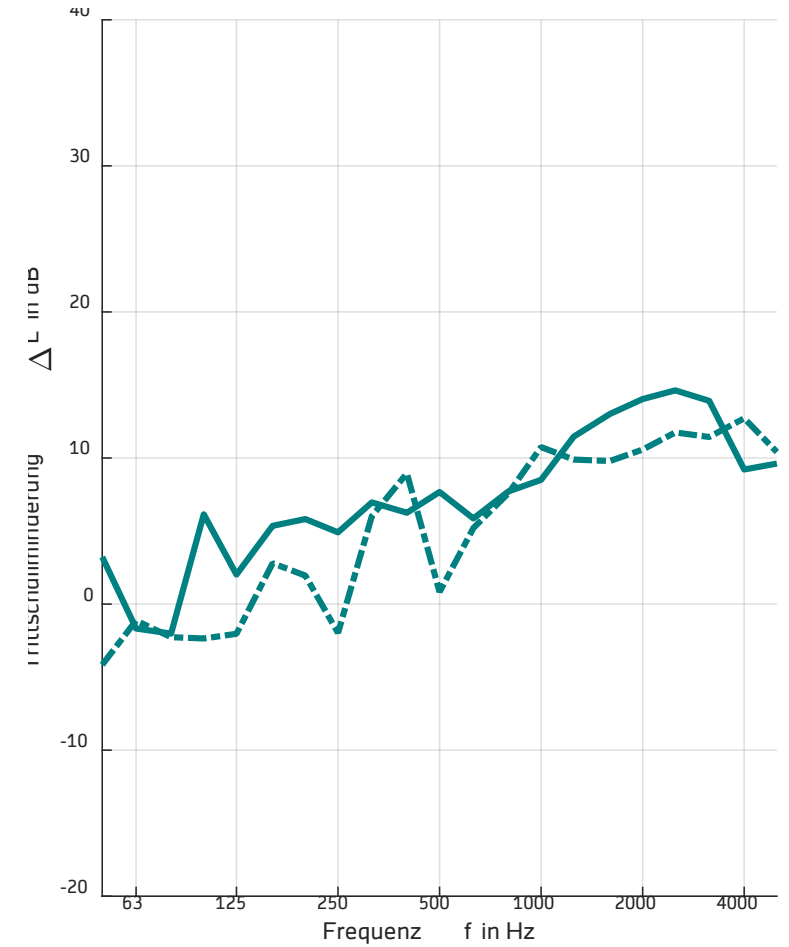
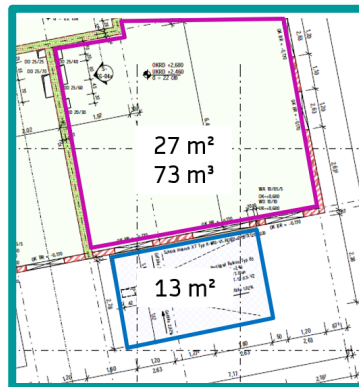
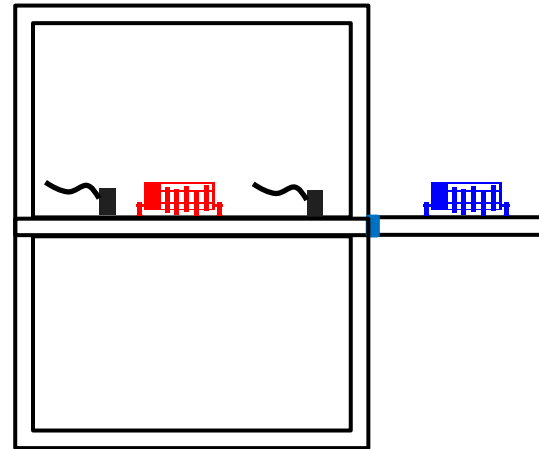
Baustellenmessung
 $\Delta L_w = 13$ dB

Trittschallminderung „in-situ“ und EAD



Anregung des Balkons
 $L_{nv,w} = 56.2(-5.4, -4.3)$ dB

Anregung der Decke
 $L_{nv,w} = 69.5(-10.9, -10.7)$ dB



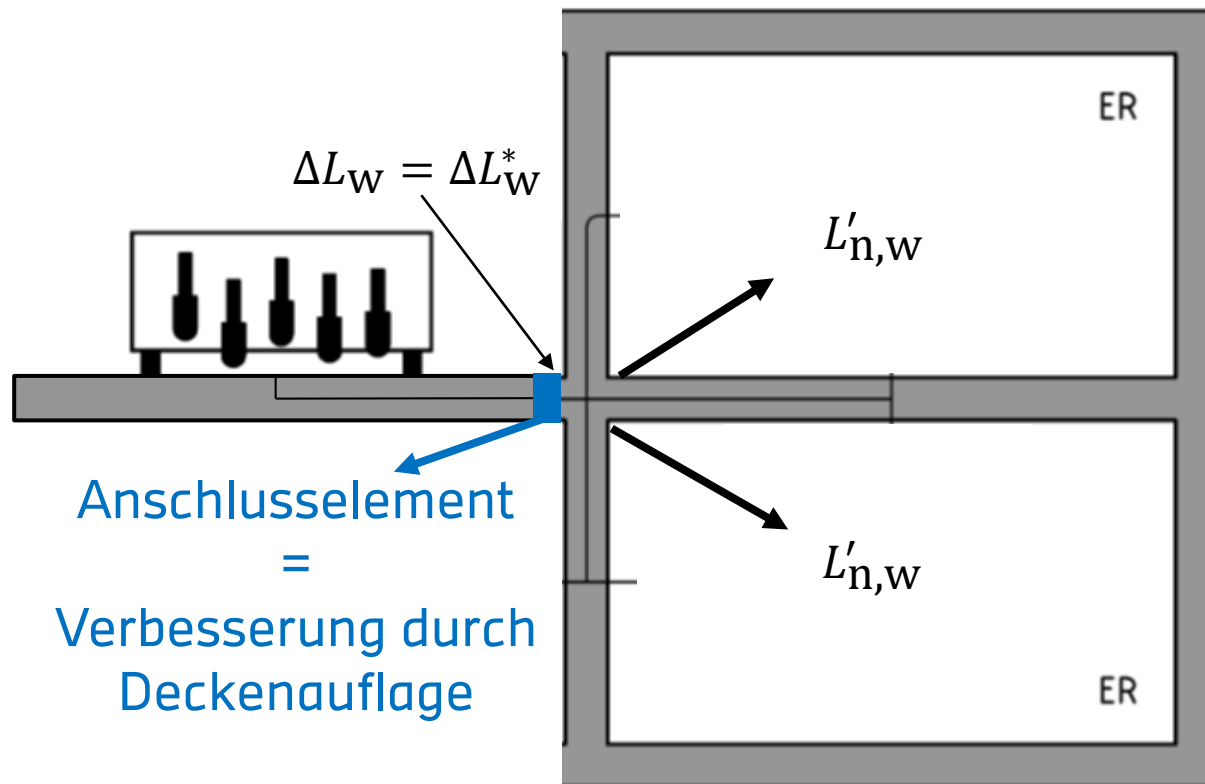
Baustellenmessung
 $\Delta L_w = 13$ dB

Labormessung
 $\Delta L_w = 10.4$ dB

- Rechenverfahren DIN 4109-2

Laubengang mit Massivwand $K_T = 5$ dB:

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



Anwendung auf die Baumesung

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg m' = 68.7 \text{ dB}$$

$$K_T = 5 \text{ dB}$$

$$\Delta L_w = 11 \text{ dB}$$

$$\mu_{prog} = 3 \text{ dB}$$

$$L'_{n,w} = (68.7 - 11 - 5 + 3) \text{ dB} = 55.7 \text{ dB}$$

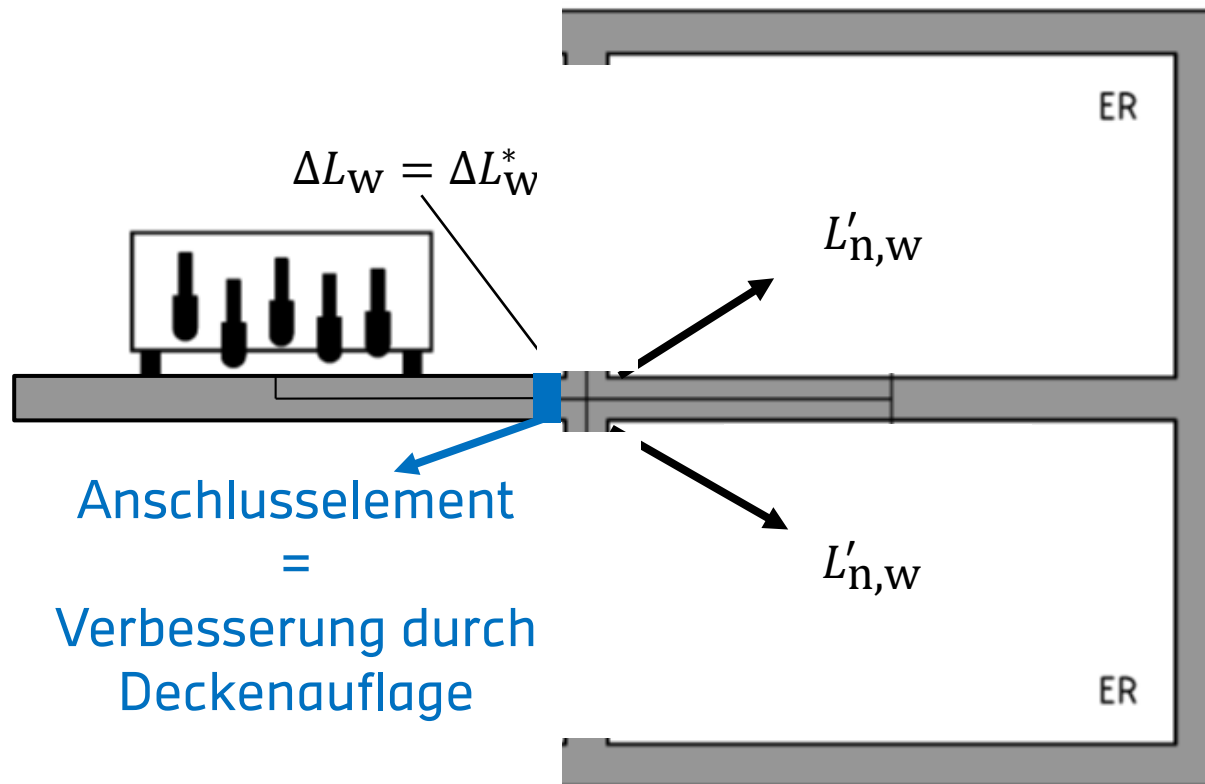
Prognose nach 4109-2:

$$L'_{n,w} = 55.7 \text{ dB}$$

- Rechenverfahren DIN 4109-2:

Balkon und Glasfassade $K_T = 0$ dB:

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



Anwendung auf die Baumesung

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg m' = 68.7 \text{ dB}$$

$$K_T = 0 \text{ dB}$$

$$\Delta L_w = 11 \text{ dB}$$

$$\mu_{prog} = 3 \text{ dB}$$

Nachweis:

$$L'_{n,w} = (68.7 - 11 - 0 + 3) \text{ dB} = 60.7 \text{ dB}$$

$$L'_{n,w}(\text{ohne uprog}) = 57.7 \text{ dB}$$

Messung:

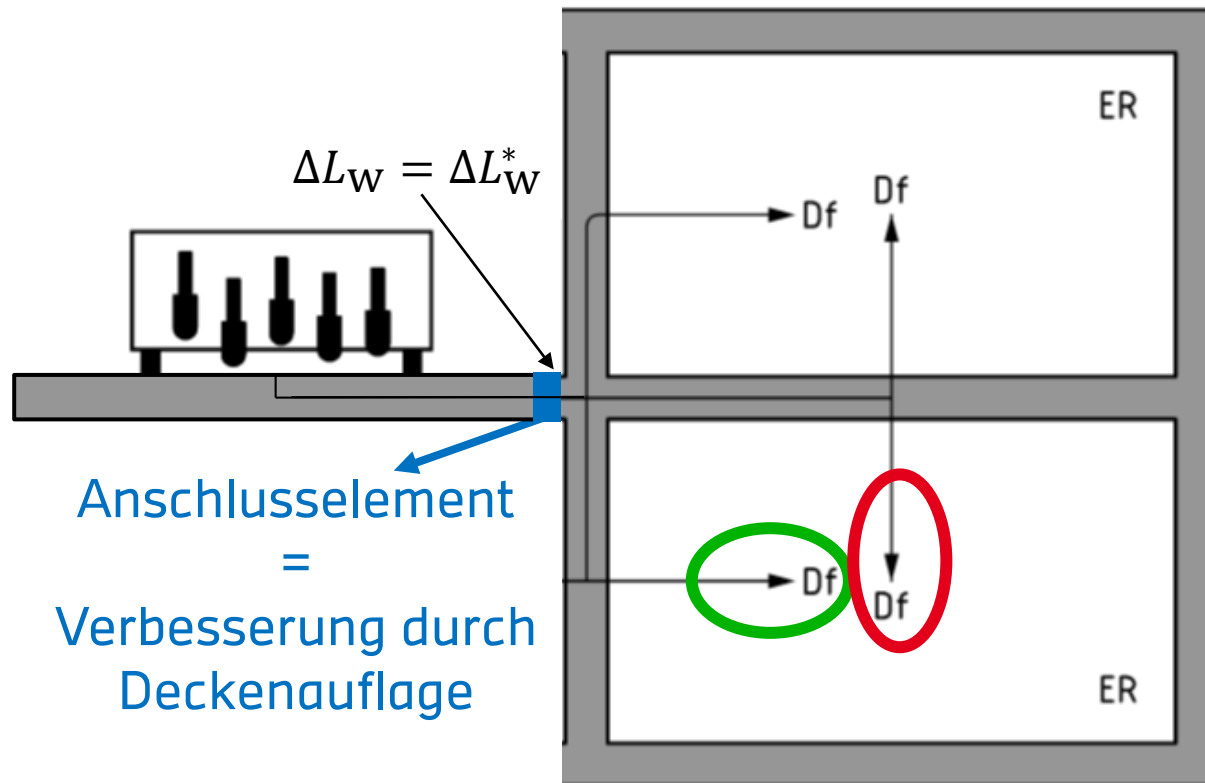
$$L'_{n,w} = 57.7 \text{ dB}$$

- bei Laubengängen:

$$\Delta L_W = \Delta L_W^* \rightarrow$$

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

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$



Anwendung auf die Baumessung

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg(m') = 68.7 \text{ dB}$$

- Übertragung über die Wand

$$\Delta L_W = 11 \text{ dB}$$

$$\frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} = 3 \text{ dB}$$

$$K_{ij} = 9,2 \text{ dB}$$

$$10 \lg \left(\frac{S_i}{l_0 l_{ij}} \right) = 4,5 \text{ dB}$$

$$L_{n,ij,w} = (69.4 - 11 + 3 - 9,2 - 4,5) \text{ dB} = 46,8 \text{ dB}$$

- Übertragung über die Decke

$$\Delta L_W = 11 \text{ dB}$$

$$\frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{ij} = 5.8 \text{ dB}$$

$$10 \lg \left(\frac{S_i}{l_0 l_{ij}} \right) = 7.6 \text{ dB}$$

$$L_{n,ij,w} = (69.4 - 11 - 5.8 - 7,6) \text{ dB} = 47.3 \text{ dB}$$

- Gesamte Übertragung

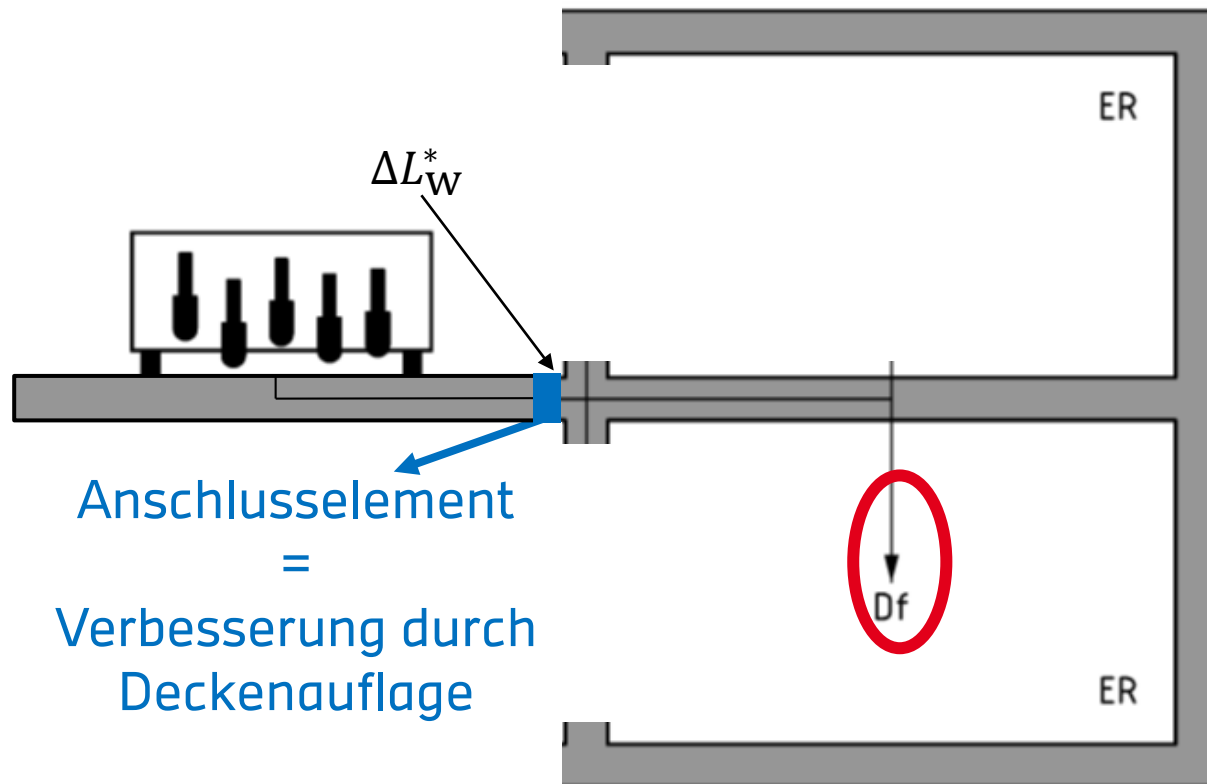
$$L'_{n,w} = 10 \cdot \lg(10^{4.68} + 10^{4.7,3}) = 50,2 \text{ dB}$$

- bei Balkonen (Glasfassade):

$$\Delta L_w = \Delta L_w^*$$

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

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^n 10^{0.1 \cdot L_{n,ij,w}} \right)$$



Anwendung auf die Baumessung

- Übertragung über die Fassade

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg(m') = 68.7 \text{ dB}$$

$$\Delta L_w = 11 \text{ dB}$$

$$\frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} = 0 \text{ dB}$$

$$K_{ij} = K_{ij,\min} = -2.8 \text{ dB}$$

$$10 \lg \left(\frac{S_i}{l_0 l_{ij}} \right) = 4.5 \text{ dB}$$

$$L_{n,ij,w} = 68.7 \text{ dB} - 11 \text{ dB} + 2.8 \text{ dB} - 4.5 \text{ dB} = 56.0 \text{ dB}$$

Messwert

$$L'_{n,w} = 57.7 \text{ dB}$$

Abstrahlung der Decke bestimmt den Trittschallpegel im Empfangsraum

- Außenwand hat nur geringen Einfluss auf den Gesamt-Trittschallpegel

Trittschallminderung ΔL_w nach EAD und am Bau stimmt gut überein

- Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Abmessungen von Balkon und Decke

Mindestanforderung nach DIN 4109-1 wird ohne Deckenauflage erreicht

- Trotz starker Bewehrung

Prognose liefert zufriedenstellende Ergebnisse

- Validierung mit weiteren Baumessungen folgt...

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

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



Neues Prüfverfahren und Berechnung des Trittschallschutzes mit Anschlusselementen für Balkone und Laubengänge

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider

M.Sc. Lucas Heidemann, Dr. Jochen Scheck, Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler

11.05.2023



Ein Projekt der

Hochschule
für Technik
Stuttgart

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

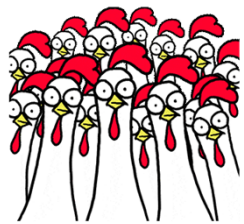
Blower-Door Messungen in der Praxis

Peter Wirsching, M.Sc.
GN Bauphysik

Kurze Darstellung des Funktionsprinzips bzw. der aktuellen Regelungen. Zudem werden unterschiedliche Luftdichtigkeitsmessungen, vom saniertem Altbau-Einfamilienhaus bis zum Neubau- Nichtwohngebäude, vorgestellt.

Blower Door Messungen in der Praxis

- Darstellung des Funktionsprinzips und der aktuellen Regelungen
- Vorstellung unterschiedlicher Luftdichtigkeitsmessungen





Differenzdruck-Messverfahren vs. Blower-Door Messung

- 1977: *airtightness measurements in Schweden (window mounted fan)*
- 1977: *identische Messversuche von Caffey in Texas*
- ca. 1978: *door mounted test fan von Blomsterberg und Persily an der Princeton University*
- ca. 1978: *Harold Orr macht ähnliche Tests in Kanada*
- 1982: *Die Firma „The Energy Conservatory“ in Deutschland bekannt als „Minneapolis“ verkauft erste Geräte in den USA*
- 1989: *Robert Borsch-Laaks importiert zwei Geräte nach Deutschland*
- 1996: *Normung des Differenzdruckverfahren in der DIN EN ISO 9972:1996*
- 2002: *Verankerung des Messverfahrens in der EnEV*
- 2010: *Verankerung und teilweise Nachweispflicht bei KfW-Effizienzhäusern*



Hör mal wer da hämmert, der Blower Door Test mit Tim Allen

Quelle: www.youtube.com



- Luftwechselrate n_{50} maßgebend für Gebäude bis 1.500 m³

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V}$$

Grenzwert: mit Lüftungsanlage 1,5 h⁻¹
ohne Lüftungsanlage 3,0 h⁻¹

- Luftdurchlässigkeit q_{50} maßgebend für Gebäude ab 1.500 m³

$$q_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{A_E}$$

Grenzwert: mit Lüftungsanlage 2,5 h⁻¹
ohne Lüftungsanlage 4,5 h⁻¹

Ergebnisauswertung der Gebäude:

- Der Mittelwert mittels Blower-Door ermittelter n_{50} -Werte liegt bei 7,4 1/h
- Der Mittelwert der gemessenen natürlichen Luftwechselwerte liegt bei 0,26 1/h

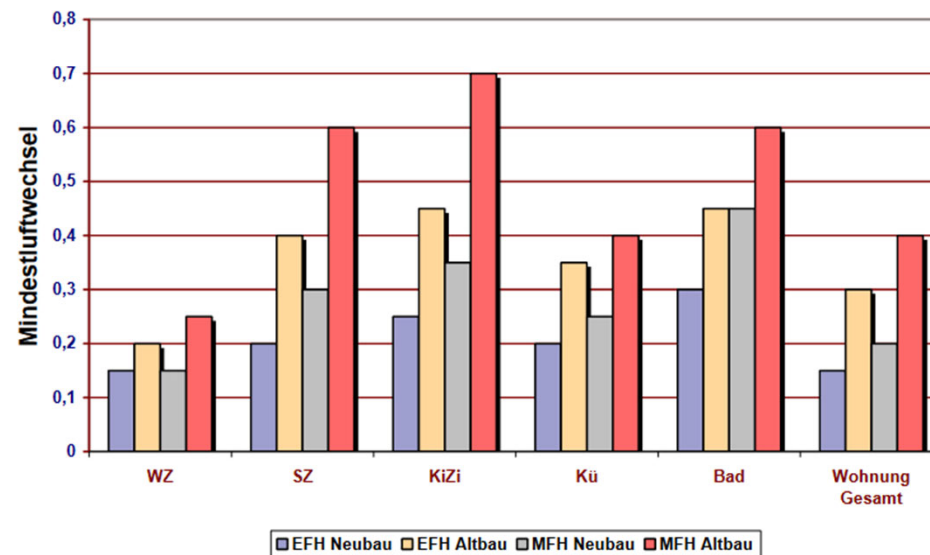







Abbildung 8: Angaben zum Mindestluftwechsel⁵

Quelle: Verband der Bausachverständigen
„Luftwechsel im Gebäudebestand“

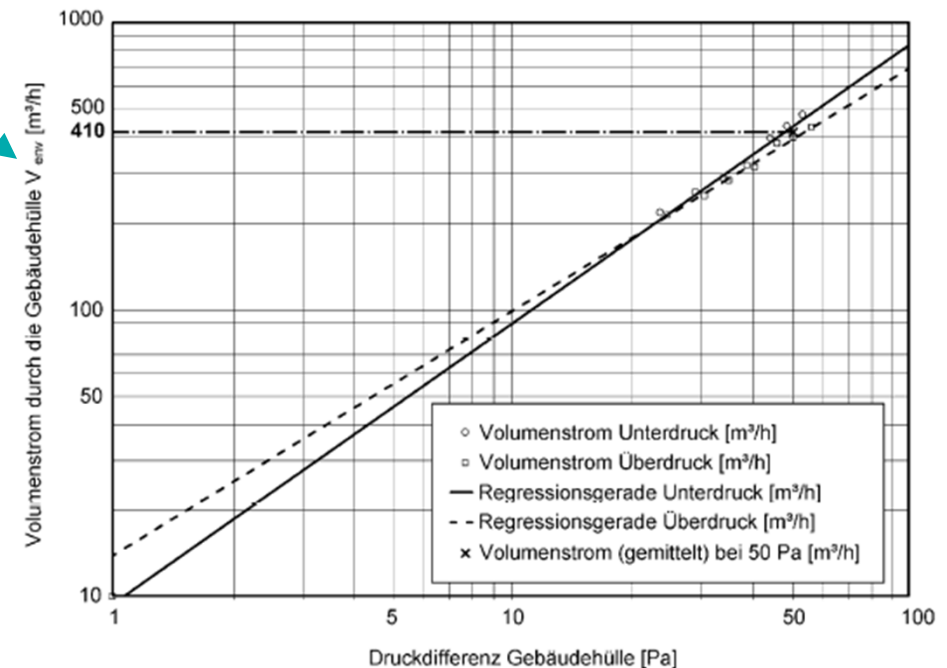
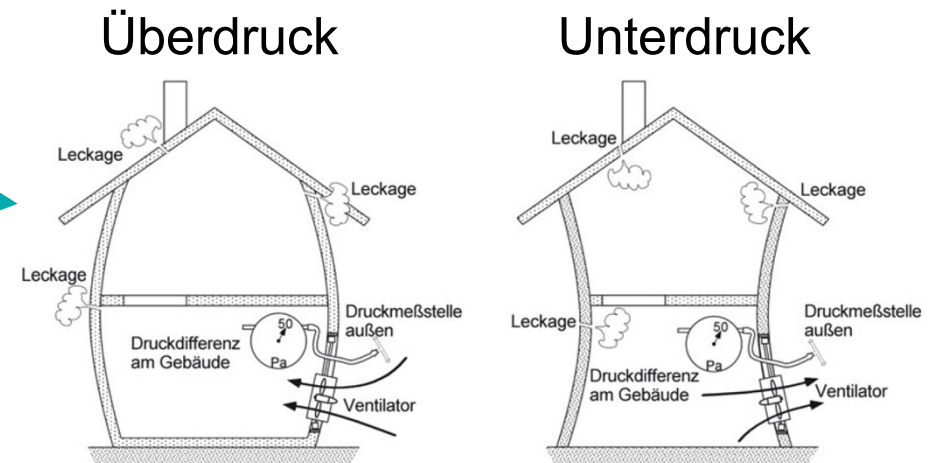
Vergleicht man die Luftwechselraten der untersuchten Wohnungen (AnBUS-Studie⁴) mit dem von der TU Dresden angesetztten Mindestluftwechsel, erreichen 15 % der Wohnungen diese Anforderung, auch ohne weitere Fensterlüftung durch die Nutzer.

- Die EnEV bezog sich auf Vorgaben der DIN EN 13829:2001.
- Das GEG bezieht sich auf Vorgaben der DIN EN ISO 9972:2018.
- Nachfolgend eine Kurzübersicht der BlowerDoor GmbH.

	Abnahmemessungen für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach Energieeinsparverordnung mit DIN EN 13829:2001-02	Abnahmemessungen für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach Gebäudeenergiegesetz mit DIN EN ISO 9972:2018-12
Gültigkeit	Bauantrag vor 1.11.2020	Bauantrag nach 1.11.2020
Messgenauigkeit	Alle BlowerDoor MessSysteme erfüllen die Anforderungen	Alle BlowerDoor MessSysteme mit digitalen Druckmessgeräten erfüllen die Anforderungen
Software	<ul style="list-style-type: none"> • TECTITE Express • TECLOG MultipleFan 	<ul style="list-style-type: none"> • TECTITE Express 5.1 • BlowerDoor Report • TECLOG MultipleFan 4 • App TEC AutoTest
Zeitpunkt	Abnahmemessungen an fertiggestellten Gebäuden	Abnahmemessungen an luftdichter Gebäudehülle inkl. aller Durchdringungen
Provisorische Abdichtungen Checklisten siehe BlowerDoor KompetenzCenter >	Nach EnEV und DIN EN 13829 Abschnitt 5.2.2: „Für Verfahren B ... werden alle einstellbaren Öffnungen geschlossen, und alle ... absichtlich vorhandenen Öffnungen ... abgedichtet ...“ (Prüfung der Gebäudehülle)	Nach GEG und DIN EN ISO 9972:2018-12 NA.5.1: „Für ... Verfahren 3 werden die ... in den Tabellen NA.1 bis NA.3 ... Festlegungen getroffen.“ = nationale Festlegungen , ähnlich Verfahren A (Prüfung im Nutzungszustand)
Bezeichnungen	<ul style="list-style-type: none"> • Leckagestrom V_{50} • Luftwechselrate n_{50} • Luftdurchlässigkeit q_{50} 	<ul style="list-style-type: none"> • Leckagestrom q_{50} • Luftwechselrate n_{L50} • Luftdurchlässigkeit q_{E50}
Luftdurchlässigkeit der Gebäudehüllfläche q_{50}/q_{E50}	Verpflichtend ab 1.500 m ³ Gebäudeluftvolumen für Nichtwohngebäude Bei Berechnung nach DIN V 18599 auch für Wohngebäude ab 1.500 m ³ Gebäudeluftvolumen	Immer verpflichtend ab 1.500 m ³ Gebäudeluftvolumen Quelle: BlowerDoor GmbH Infoblatt
Hinweis: Die Luftwechselrate n_{50}/n_{L50} muss dennoch im Prüfbericht angegeben werden!		

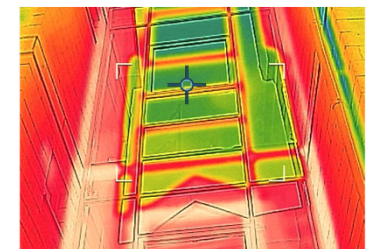
 Messreihen	Eine Messreihe bei Unter- oder Überdruck	Je eine Messreihe bei Unter- und Überdruck. Beide Messreihen müssen den Grenzwert einhalten
 Wetterbedingungen Tool zur natürlichen Druckdifferenz siehe BlowerDoor KompetenzCenter >	Nat. Druckdifferenz ≤ 5 Pascal Empfehlungen: • Temperaturdifferenz x Gebäudehöhe ≤ 500 mK • Windstärke ≤ 3 Beaufort	Nat. Druckdifferenz ≤ 5 Pascal Empfehlungen: • Temperaturdifferenz x Gebäudehöhe ≤ 250 mK • Windstärke ≤ 3 Beaufort
 Qualität Hinweise siehe BlowerDoor KompetenzCenter >	Empfehlung des FLiB e.V.: Strömungsexponent n zw. 0,5 u. 1 (Steigung der Leckagekurve) Korrelationskoeffizient $r \geq 0,98$ (Abweichung der gemessenen Druckstufen von der Leckagekurve)	Verpflichtend nach DIN EN ISO 9972:2018-12: Strömungsexponent n zw. 0,5 u. 1 (Steigung der Leckagekurve) Bestimmungsmaß $r^2 \geq 0,98$ / Korrelationskoeffizient $r \geq 0,99$ (Abweichung der gemessenen Druckstufen von der Leckagekurve)
 Wohnungen mit Laubengang	Alle Wohnungen einzeln messen und Volumenströme addieren	Stichprobenmessung ab 12 Wohneinheiten zulässig (mind. 20 % der Hüllfläche prüfen)
 Thermometer	Genauigkeit ± 1 K	Genauigkeit $\pm 0,5$ K

Quelle: BlowerDoor GmbH Infoblatt



Keine seriöse Messung ohne Leckageortung!!

- Fühlen von Luftströmen mit der Hand
- Leckageortung durch Visualisierung mit Nebel
- Leckageortung mittels Luftgeschwindigkeitsmessgerät
- Visualisierung von Leckagen mittels Thermographie





- Qualitätssicherung während Bauphase
- Abschlussmessung am Ende des Bauprozesses
- Vor Ablauf der Gewährleistung
- Im Bestandsgebäude zur Schadensanalyse
- Im Bestand vor / nach Sanierung
- Zerstörungsfreie Möglichkeit der Qualitätssicherung

Voraussetzungen am Gebäude

- **Innenwände verputzt**
- **Estrich eingebracht**
- **Fenster eingestellt**
- **Keller- und Hauseingangstüren eingebaut**
- Zugang aufs Dach, um die **Aufzugsschachtrauchung** sowie Stragentlüftung zentral auf dem Dach **abkleben** zu können
- An der thermischen Gebäudehülle alle Wand- und Deckendurchdringungen für Installationen **verschließen**
- Abwasserleitungen mittels Stopfen oder Klebeband luftdicht verschlossen
- Bei Holzbauweise (z.B. Sparrendach) mit Dampfsperre: **Sichern der Dampfsperre durch Holzlattung**, damit diese nicht durch den für die Messung erzeugten Luftdruck gelöst wird
- **Rechtzeitiges Ankündigen des Messtermins** bei den Handwerkern, so dass während des Zeitraums der Messung alle Fenster und Außentüren konstant geschlossen bleiben



Die luftdichte Ebene ist noch sichtbar und zugänglich (Folie und Holzbauplatte): Der optimale Zeitpunkt für eine BlowerDoor Messung.

Quelle: BlowerDoor GmbH Infoblatt

- Verbesserter Wärmeschutz (Energieeinsparung)
- Erhöhter Feuchteschutz
- Erhöhter Schallschutz
- Verbesserter Brandschutz
- Planmäßiger Betrieb von Lüftungsanlagen / Kontrollierte Lüftung
- Gesteigerte Behaglichkeit
- Reduzierung der Schadstoffbelastung
- Einhaltung der Nachweise durch Verordnungen (GEG, BEG)



GEG §26: Prüfung der Dichtheit eines Gebäudes

BEG:

Bei WG ist zur Erreichen des Effizienzhausstandard ein **Luftdichtheitskonzept** notwendig (nicht beim NWG)

Soll die *Wärmerückgewinnung* im WG in Bilanzierung angerechnet werden oder ein *reduzierter Luftwechsel*, dann **BD-Messung** vorgeschrieben (vereinfachte Werte bei Sanierung zum Effizienzhaus)

NWG darf *Wärmerückgewinnung* ohne BD-Messung angesetzt werden, für *reduzierten Luftwechsel* allerdings nur mit **BD-Messung**


DGNB

Rechnung Energieeinsparung raus!

Fiktives Haus 10 x 10 x 5 Meter $T_{\text{ex}} = -10^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{in}} = 20^{\circ}\text{C}$	Transmissionswärmeverluste durch Hülle [W]	Lüftungswärmeverluste [Wh]
Wohngebäude neu: $H_{\text{T}} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $n = 0,2 \text{ 1/h}$	3.600	1.120
Wohngebäude alt: $H_{\text{T}} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $n = 0,4 \text{ 1/h}$	15.600	2.240
Bürogebäude neu: $H_{\text{T}} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ und $n = 4 \text{ 1/h}$	3.600	22.400 (WRG!)

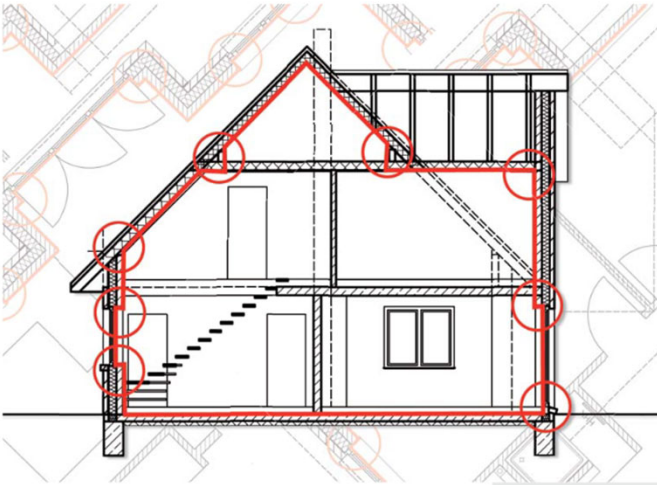


Umso besser gedämmt, desto relevanter Lüftungswärmeverluste!



informiert
Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V.

3/Mai 2019



Leitfaden Luftdichtheitskonzept

Hinweise und Empfehlungen zur Planung, Ausschreibung, Koordinierung, Umsetzung und Überprüfung der Luftdichtheitsschicht in Wohngebäuden
– mit Checkliste für Mauerwerksbau

Checkliste Luftdichtheit für Mauerwerksbau

Die Checkliste zeigt beispielhafte Prinzipskizzen und dient als Hilfestellung bei der Sichtprüfung der Ausführung des vereinbarten Luftdichtheitskonzepts. Sie ist nicht vollständig und stellt kein Abnahmeprotokoll dar.



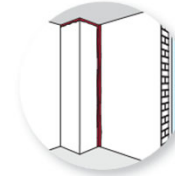
Außenwände: Innenputz

- Mauerwerk vollflächig verputzt
- Innenputz bis an den Rohfußboden und die Rohdecke herangeführt – siehe Grafik
- Mauerkronen der Außenwände verputzt (z. B. bei Hochlochziegeln)



Wände: Elektroleitungen

- Gerätedosen in Außenwänden entweder vollflächig in Putz eingebettet oder als luftdichte Dose ausgeführt – siehe Grafik
- Leerrohre und Kabelkanäle an den Enden luftdicht verschlossen (z. B. durch geeignete Stopfen)
- Elektroleitungen luftdicht an das Rohr/den Kanal angeschlossen



Kamine

- Kamin allseitig verputzt und Außenwand hinter dem Kamin verputzt oder
- Verputzung des Kamins im zugänglichen Bereich und Anbindung an die luftdichte Ebene der angrenzenden Bauteile – siehe Grafik



Vorwandinstallationen und Installationsschächte

- Dahinter befindliches Mauerwerk vollflächig verputzt – siehe Grafik 1
- Schächte und Durchbrüche zum Keller und Spitzboden luftdicht verschlossen – siehe Grafik 2



Checkliste anwenden

Grün: Der Bauherr kann selbst beurteilen, dass das Detail nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde.

Gelb: Der Bauherr ist unsicher, ob das Detail nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde. Eine zusätzliche Beurteilung durch den Sachverständigen ist notwendig.

Rot: Der Bauherr kann selbst beurteilen, dass das Detail nicht nach den vereinbarten Vorgaben ausgeführt wurde. Die Ausführung ist zu korrigieren.

Quelle: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB)



Fenster und Türen allgemein



- Luftdichter Anschluss erfolgt an verputzte Fläche – siehe Grafik
- Bei Verwendung von luftdichten, vorkomprimierten Dichtbändern („Kompribänder“): gesamte Laibung mit Glattstrich verputzt
- Brüstungsbereich mit Glattstrich versehen

HINWEIS: Bei „Kompribändern“ auf die Bandgrößen entsprechend den Fugenbreiten achten. Die Bänder müssen in den Ecken aneinanderstoßen.



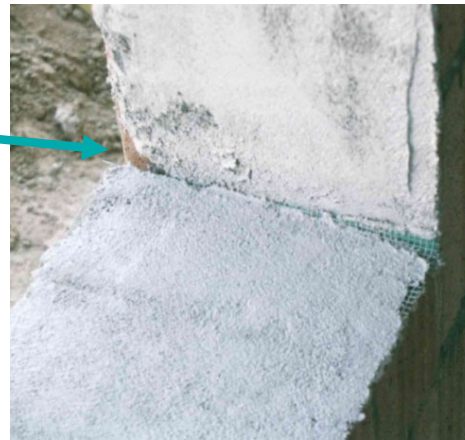
Zusätzlich bei Türen und bodentiefen Fenstern



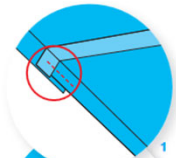
- Schwellenbereich luftdicht an den Rohfußboden angebunden – siehe Grafik

HINWEIS: In der Sanierung ist dafür ggf. der Bodenaufbau zurückzuschneiden.

- Vorhandene Montagewinkel vollständig mit luftdichtem Anschlussmaterial überdeckt



Rohbausituation bei Fensteröffnung mit aufgetragenem Glattstrich

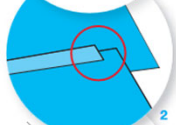


Dachstuhl: luftdichte Schicht innen



Fläche:

- Spannungsfreie Verlegung
- Keine Last von Dämmmaterial auf Klebeverbindung
- Verklebung der Dichtbahnen faltenfrei
- Überlappungsbereich der Folien am Wandanschluss: Folien miteinander verklebt – siehe Grafik 1



- Luftdichtheitsbahnen überlappen

- Klebeband mittig auf Folienstoß aufgeklebt – siehe Grafik 2



Anbindung ans Mauerwerk:

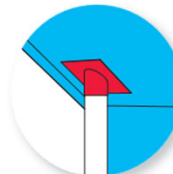
- Spannungsfrei (ggf. Entlastungsschlaufe – siehe Grafik 3)
- Durchgängige Verklebung auf Putz oder eingeputzt
- Durchgängige Verklebung auch in den Eckbereichen



Dachflächen- und Gaubensfenster



- Luftdichtheitsbahn spannungs- und lastfrei am Blendrahmen des Dachfensters angebunden – siehe Grafik



Rohrdurchführungen



HINWEIS: ausreichend Platz für Anbindung an die luftdichte Ebene vorsehen (mind. Handbreite)

- Rohre einzeln durchgeführt
- Im Durchdringungsbereich glattwandiges Rohr verwendet

HINWEIS: Manschetten erleichtern die Ausführung. – siehe Grafik

- Rohre von Antennenmasten innenseitig verschlossen



Leitungsdurchführungen

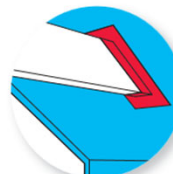


- Leitungen einzeln durchgeführt und abgedichtet

HINWEIS: Manschetten erleichtern die Ausführung – siehe Grafik

- Leerrohre an den Enden abgedichtet

- Elektroleitungen luftdicht an das Rohr/den Kanal angeschlossen



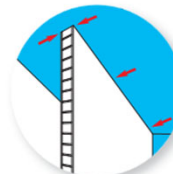
Dachstuhl: konstruktionsbedingte Durchdringungen (z. B. Kehlbalken)



- Umlaufend luftdicht angeschlossen – siehe Grafik

- Luftdichtheitsbahn spannungs- und lastfrei an Durchdringung angebunden

- Große Risse in Balken ausgefüllt



Innenwände im Dachgeschoss



- Luftdichte Ebene ist über die Innenwand geführt – siehe Grafik oder

- luftdichte Ebene ist auf der verputzten Wand angeschlossen (Voraussetzung: Mauerabschnitt über der luftdichten Ebene inkl. der Mauerkrone verputzt, z. B. bei Hochlochziegeln)



Wichtige Hinweise:

- Türen (auch Brandschutztüren) zu unbeheizten Bereichen, wie Keller, Garage, Heizraum, Holzlagerraum, sollten allseitig umlaufend eine Dichtung aufweisen.

- Für Einbauten in GK-Decken, wie z. B. Deckeneinbaustrahler, ist aufgrund der Wärmeentwicklung ein ausreichender Abstand zu hitzeempfindlichen Materialien der Luftdichtheitsebene vorzusehen.

- Bei technischen Einbauten, wie Dunstabzugshaube, Trockner, Feuerstätte, Rauch- und Wärmeabzug etc., ist bei der Auswahl auf eine zum energetischen Konzept passende Ausführung zu achten.

Quelle: Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB)

Faustformel zur Umrechnung:

Leckagestrom
bei 50 Pa [m^3/h]

halbieren



Leckagefläche [cm^2]



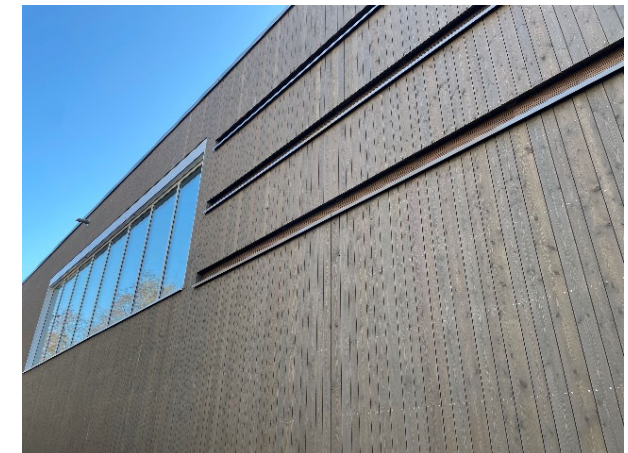
$10.000 \text{ cm}^2 = 1 \text{ m}^2$
 $600 \text{ cm}^2 = \text{DIN -A4- Blatt}$

Sporthalle Nellingen

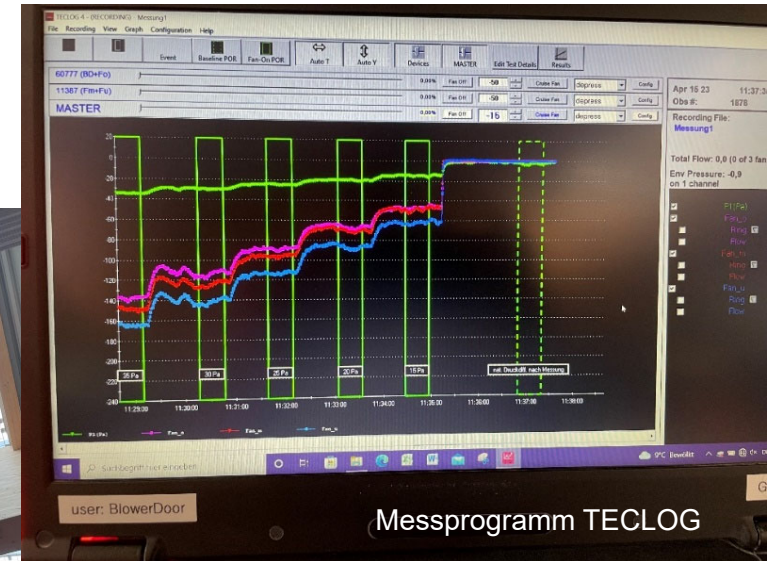
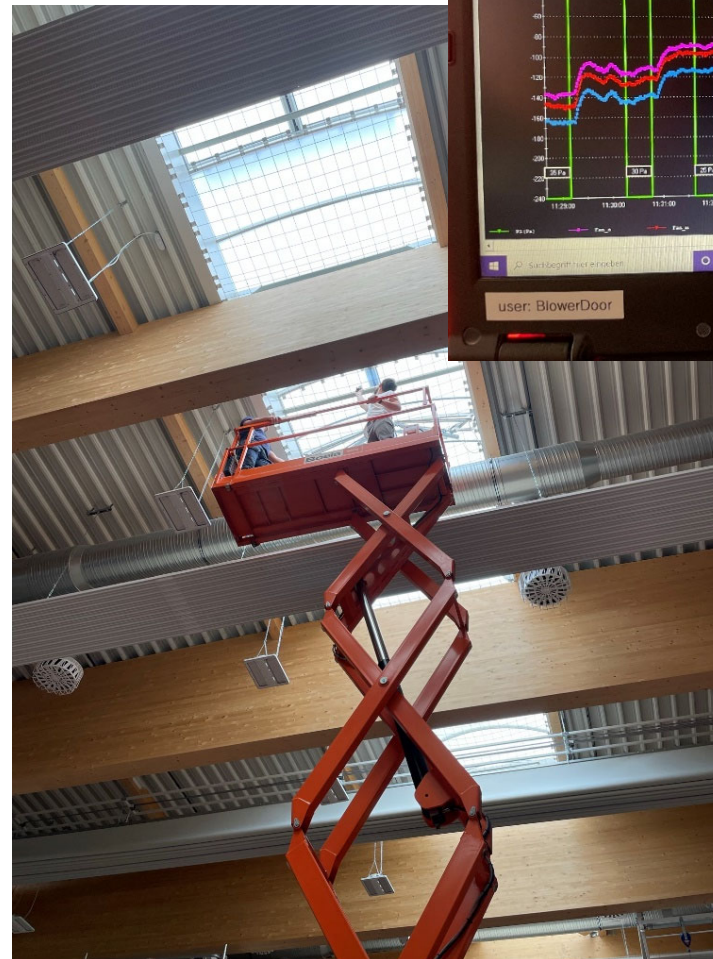
Beheiztes Volumen:
21.400 m³

Halle mit Tribünen
für Handball Bundesliga
Nutzung

Grund für BD Messung:
Anforderung
Klimaneutralität



Messung im April 2023 mit 3 Ventilatoren



Überprüfung der Oberlichter

- Vorab Ortstermin mit Besprechung der relevanten Präparationsmaßnahmen
- Vorab-Mail

Sehr geehrte Frau

in Anlehnung an unsere gemeinsame Vorbegehung für die Blower-Door Messung der Sporthalle in Nellingen erhalten Sie anbei eine kleine Checkliste der Gebäudepräparationen die vorgenommen werden müssen, bevor die Messung stattfinden kann.

Zu den Gebäudepräparationen gehören:

- **Sämtliche Lüftungsanlagen müssen luftdicht verschlossen werden (Brandschutzklappen schließen).** Bei Lüftungsanlagen ohne Brandschutzklappen (Sanitäräume?), welche nicht mit der RLT Anlage gekoppelt sind müssen ebenfalls luftdicht verschlossen werden. Hierbei empfiehlt sich das Abkleben der Stranglüftung zentral auf dem Dach. Prinzipiell darf kein Luftaustausch zwischen innen und außen bei den Lüftungsanlagen stattfinden.
- Sämtliche Siphons müssen gefüllt sein. Falls die Vorrichtung noch nicht eingebaut ist, muss das Abflussrohr mit einem Stopfen oder mittels Klebebandes luftdicht verschlossen werden.
- Noch nicht abgeschottete Durchdringungen auf dem Dach müssen abgedichtet werden. Auf den folgenden Bildern empfiehlt sich z.B. das dichte ausstopfen mit Mineralwolle und das zusätzliche Abkleben mit Klebeband.

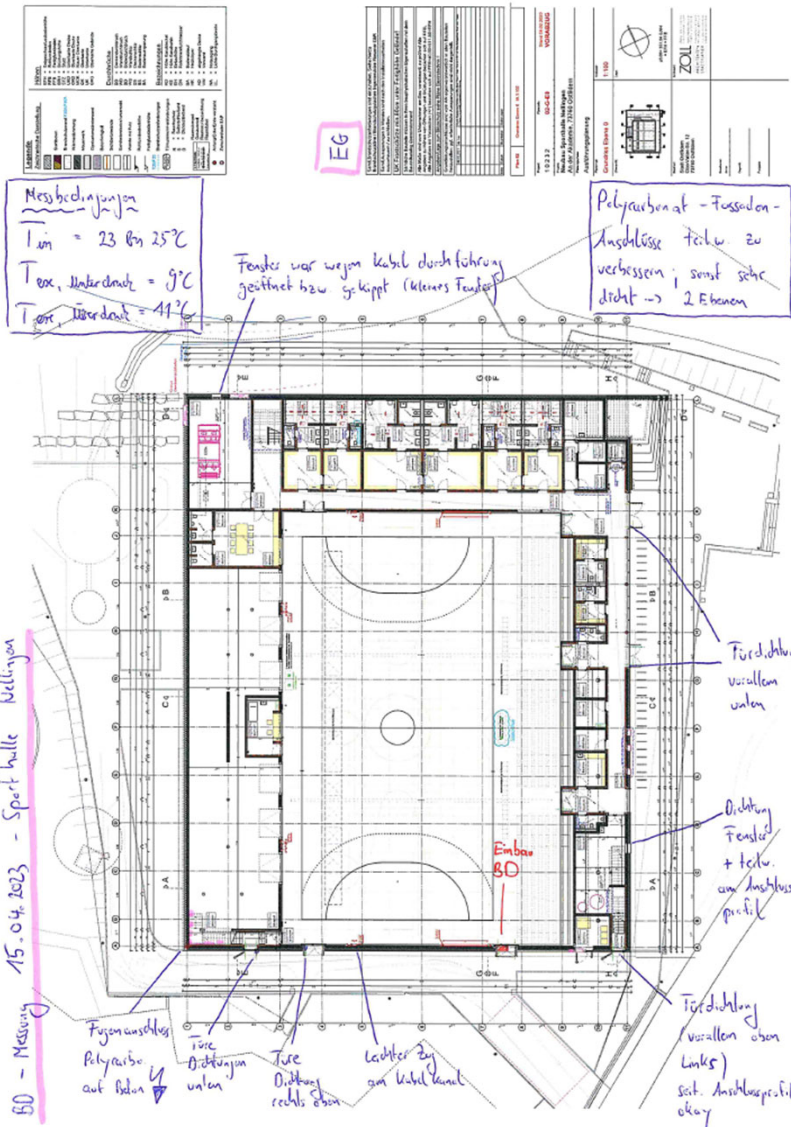


- Der Fassadenanschluss (Situation im Obergeschoss an der Ecke) muss luftdicht verschlossen sein



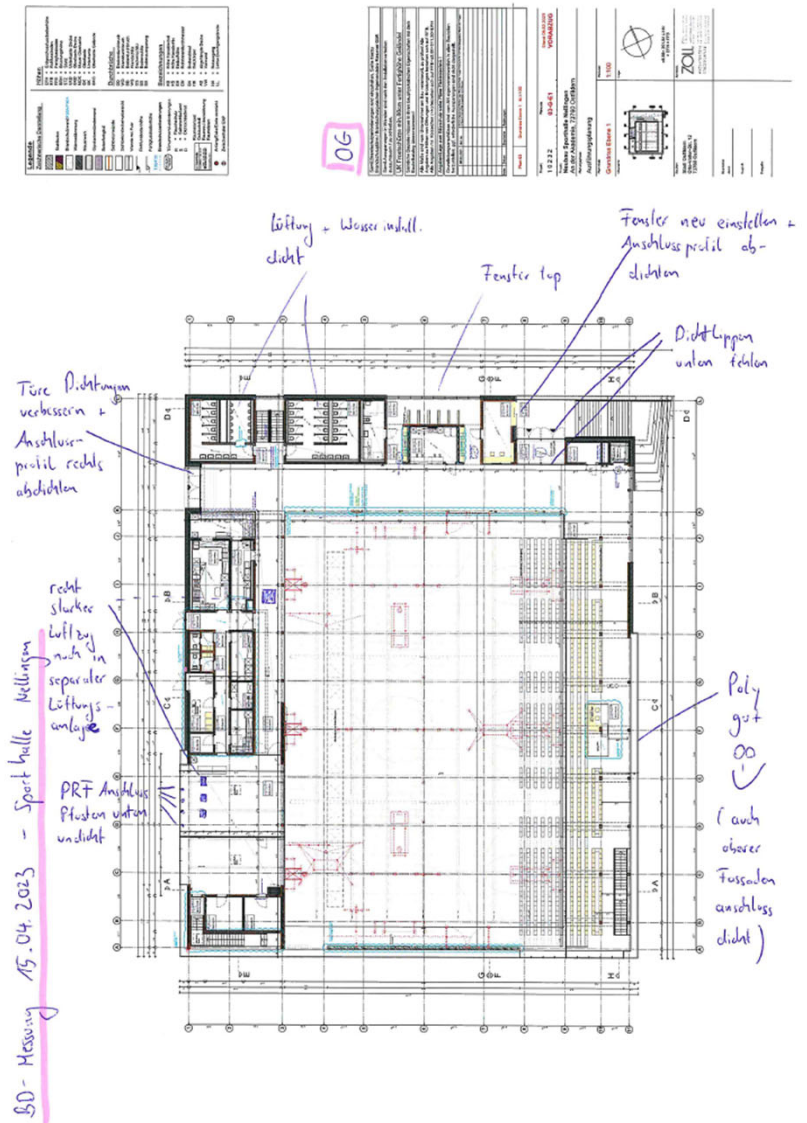
- Sämtliche Türen und Fenster müssen während der Messung geschlossen sein und geschlossen gehalten werden. Eventuelle Kabeldurchführungen sind zu entfernen.



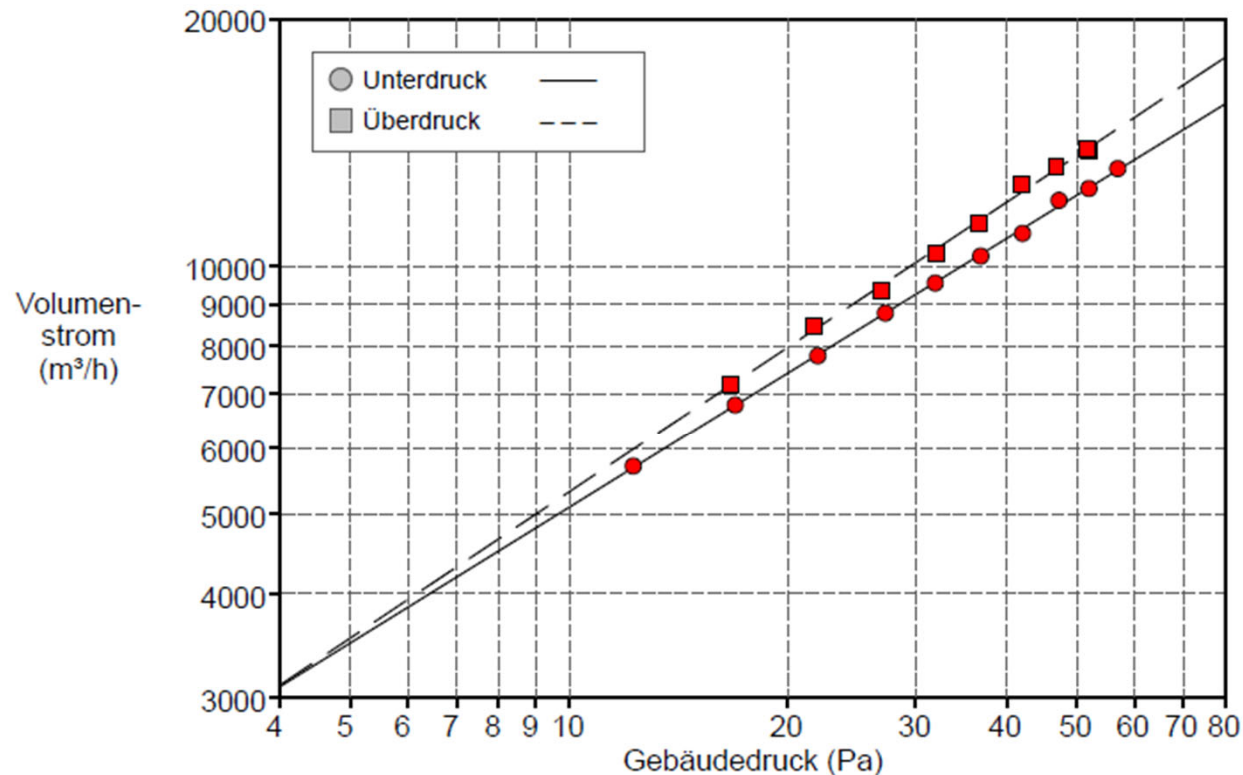


Dokumentation der Leckagen-suche

Wichtig ist hier auch eindeutige Zuordnung der Bilder vor Ort



Messergebnisse bei 50 Pascal:	<u>Unterdruck</u>	<u>Überdruck</u>	<u>Mittelwerte</u>
q ₅₀ : m ³ /h (Leckagestrom)	12210 (+/- 0.8 %)	13639 (+/- 1.4 %)	12925
n ₅₀ : 1/h (Luftwechselrate)	0.57	0.64	0.60
qF ₅₀ : m ³ /(h·m ² Nettogrundfläche)	3.30	3.69	3.50
qE ₅₀ : m ³ /(h·m ² Gebäudehüllfläche)	1.60	1.79	1.70





Mehrfamilienhäuser
und Reihenhäuser
Bauträger:
Siedlungswerk



Voraussetzungen Wetterbedingungen:

nach: DIN EN 13829:2001-02

5.1.4 Wetterbedingungen

Es ist unwahrscheinlich, dass eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erreicht wird, wenn das Produkt aus der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen in K und der Höhe der Gebäudehülle in m größer ist als $500 \text{ m} \cdot \text{K}$ (siehe 5.3.3).

Wenn die meteorologische Windgeschwindigkeit 6 m/s oder Windstärke 3 nach Beaufort übersteigt, ist es unwahrscheinlich, dass eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erreicht wird (siehe 5.3.3).

nach: DIN EN ISO 9972:2018-12

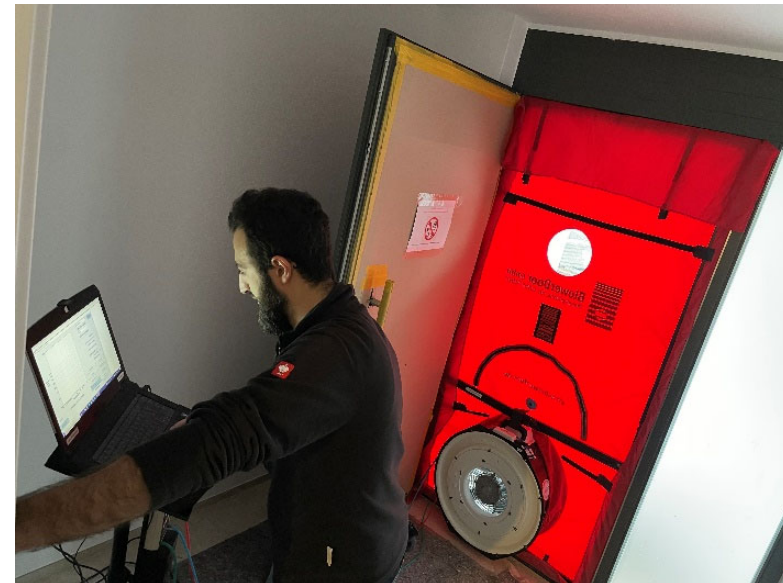
ANMERKUNG 2 Wenn das Produkt aus der Differenz der Temperatur der Innenluft und der Temperatur der Außenluft, angegeben in Kelvin, multipliziert mit der Höhe, angegeben in Meter, des Gebäudes oder des gemessenen Gebäudeteiles ein Ergebnis größer als 250 mK ergibt, ist es unwahrscheinlich, dass man eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erhält (siehe 5.3.3).

ANMERKUNG 3 Wenn die Windgeschwindigkeit in Bodennähe 3 m/s oder die meteorologische Windgeschwindigkeit 6 m/s übersteigt oder wenn die Windstärke nach Beaufort 3 erreicht, ist es unwahrscheinlich, dass man eine zufriedenstellende natürliche Druckdifferenz erhält (siehe 5.3.3)^{N1}.





Mücahit in seinem Element



Wer macht diese?



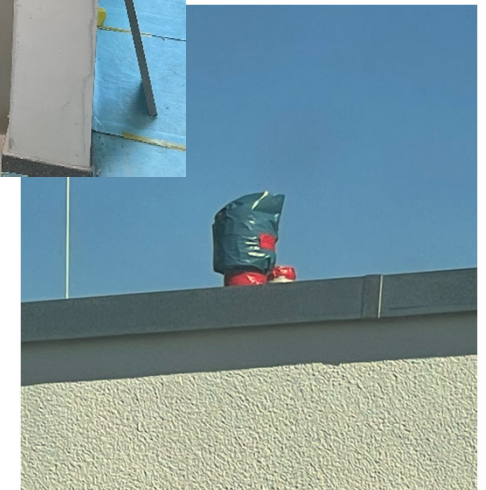
Sanitärinstallationen

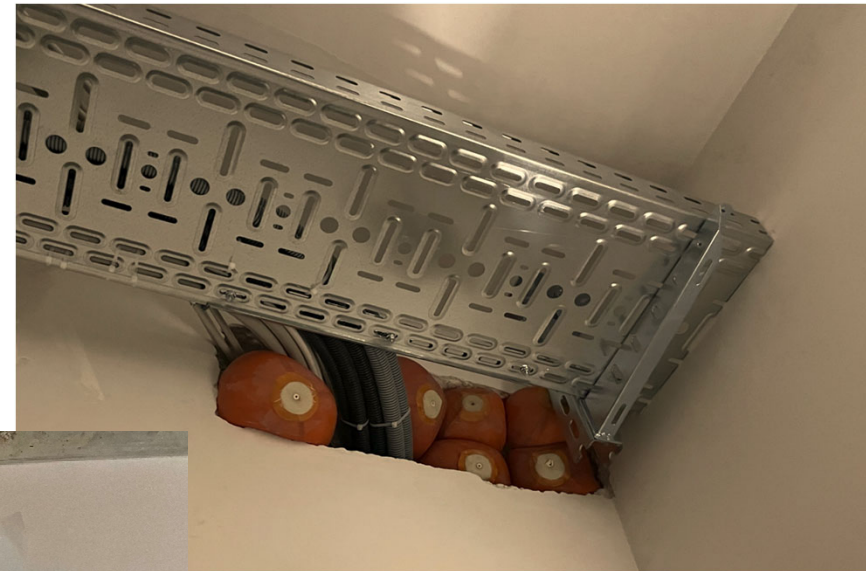
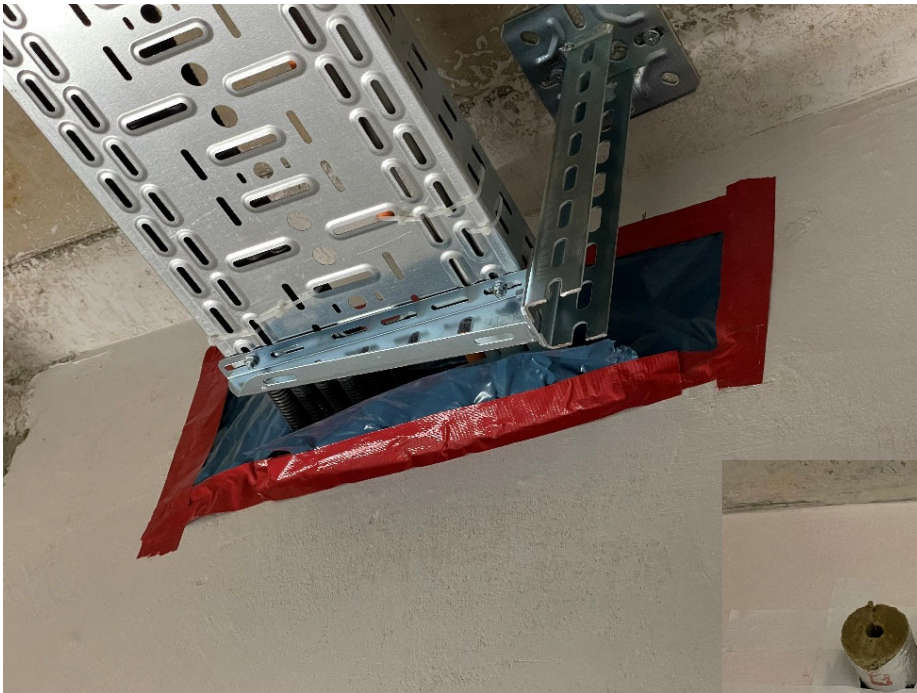


Keller-
türen



Aufzugs-
schacht-
entrauchung





Rohr / Kabel(schacht)-
Durchdringungen



Baustellentüren

Achtung Blower-Door-Messung

am: _____ ab: _____ Uhr

Türen und Fenster müssen während der Messung
konstant geschlossen bleiben, d. h. **nicht öffnen!**

Vielen Dank für Ihr Verständnis.

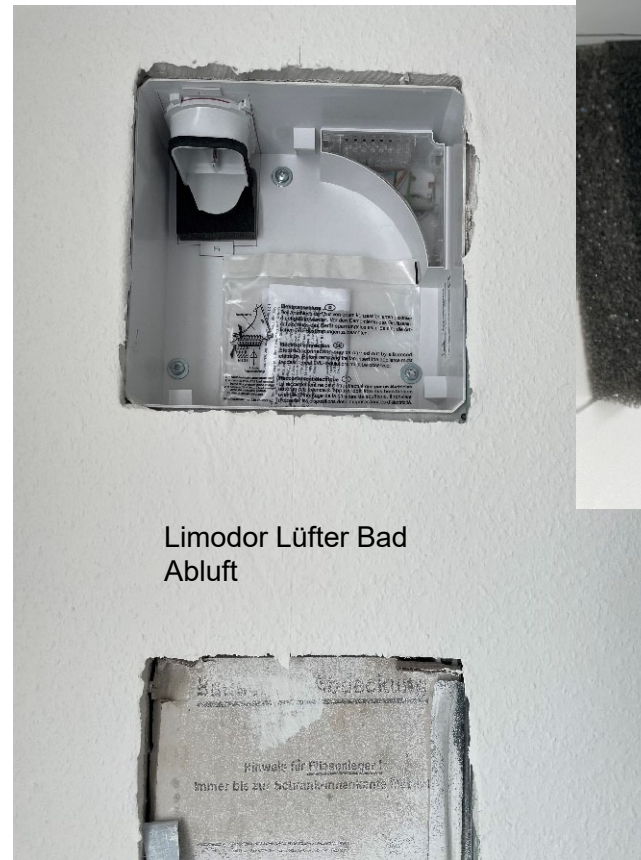


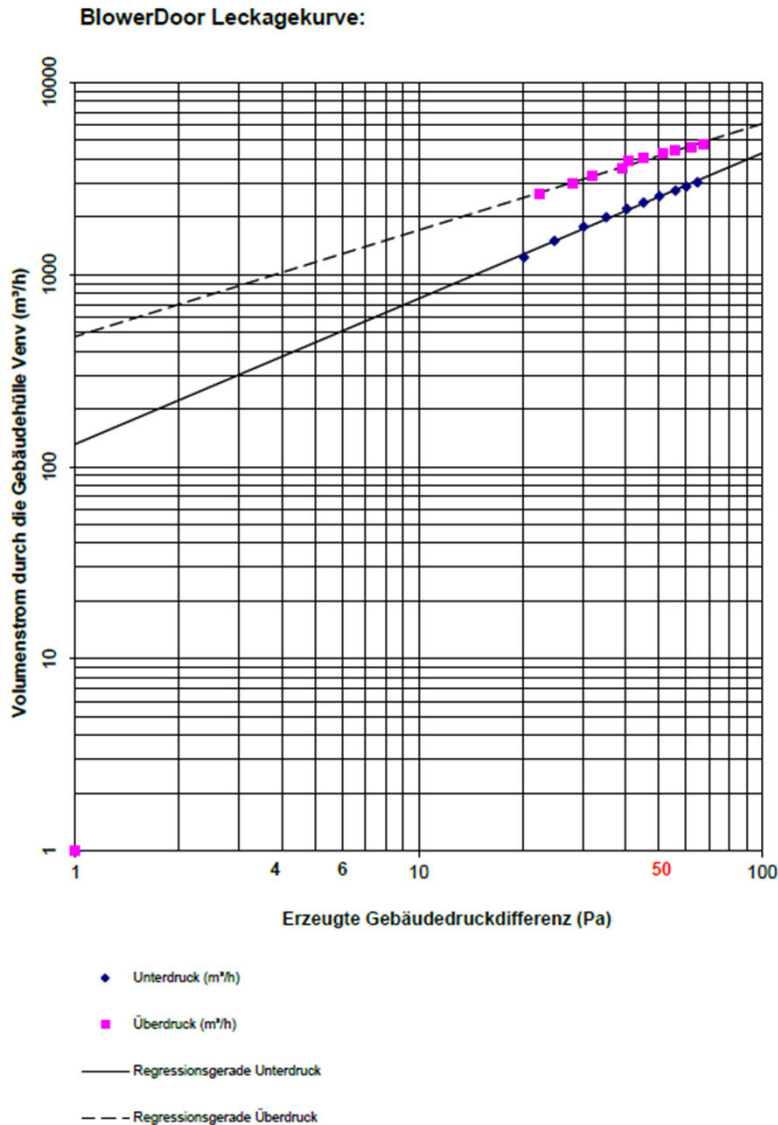
Kein Zugang während Messung!



innen und außen

Variable Leckagen





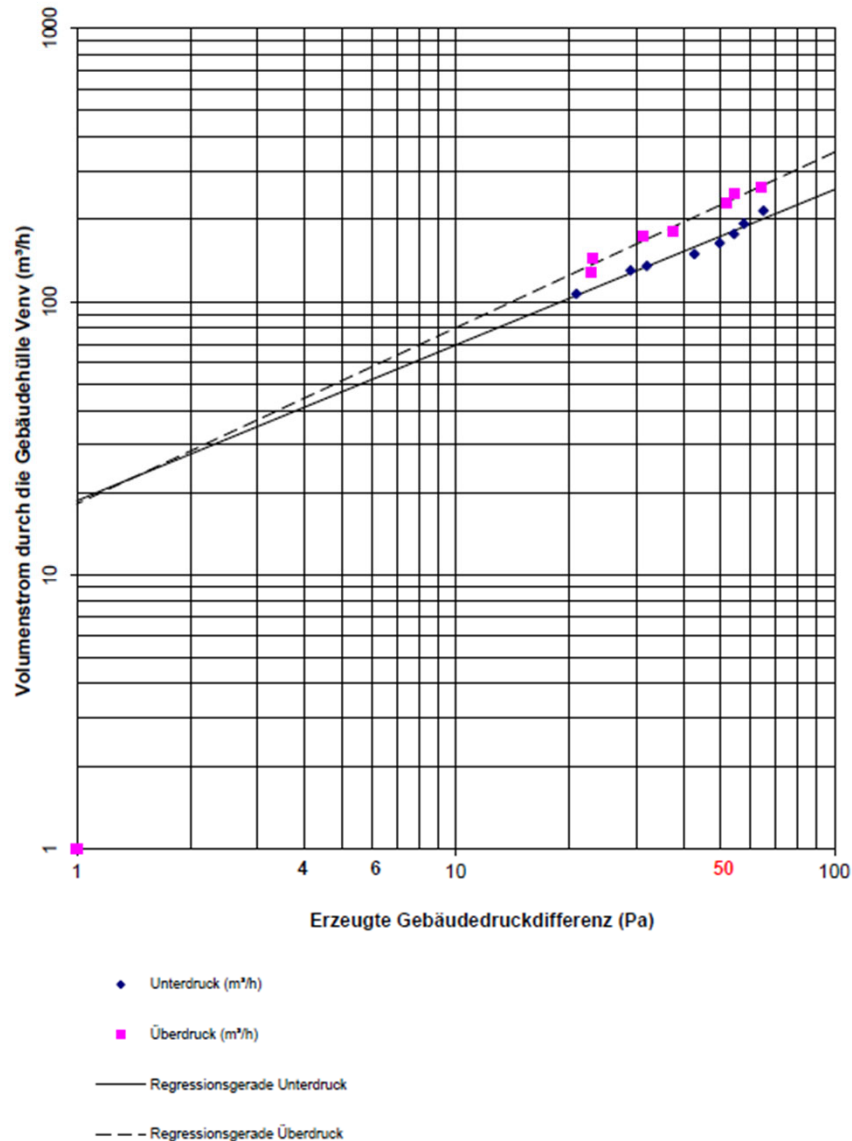
Messergebnisse

Mittelung Über- und Unterdruck

$$q_{50} = 2,0 \text{ 1/h}$$

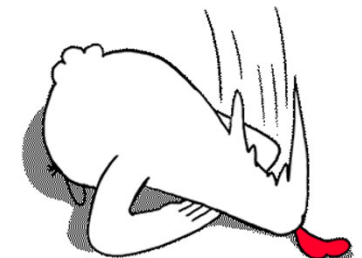
Grenzwert hier: 4,5 1/h

(informativ: n50 = 1,2 1/h)



Tipps für stürmisches Wetter:

- Messung verschieben
- Günstiges Wetterfenster mit Wetterbericht finden
- Ist das Gebäude windanfällig (steht es frei oder geschützt?)
- Einbausituation im Luv (windabgeneigt) wählen
- Mehr Messpunkte pro Druckstufe (z.B. 200) wählen
- Drehzahl Ventilator händisch steuern
- Software wechseln (z.B. auf Teclog anstatt Tectite)



nach: DIN EN 13829:2001-02

5.3.4 Differenzdruck-Messreihe

Die Luftfördereinrichtung wird wieder geöffnet und eingeschaltet.

Die Messung wird durchgeführt, indem über einen Bereich der erzeugten Druckdifferenz in Schritten von nicht mehr als 10 Pa Messpunkte des Volumenstroms und der Druckdifferenz zwischen innen und außen aufgenommen werden. Die kleinste Druckdifferenz muss 10 Pa bzw. 5mal der Betrag der natürlichen Druckdifferenz (größerer der Beträge des positiven und negativen Mittelwertes) sein, je nachdem, welcher Wert größer ist. Die größte angelegte Druckdifferenz kann entsprechend a) und b) von der Größe des Gebäudes abhängen:

a) Einfamilienhaus und andere kleine Gebäude

Die größte Druckdifferenz muss mindestens 50 Pa betragen, aber es wird empfohlen, dass Messpunkte bis hinauf zu ± 100 Pa genommen werden, um höchste Genauigkeit der berechneten Ergebnisse zu erhalten.

b) Große Gebäude (größer als ein Volumen von etwa $4\,000\text{ m}^3$)

Wenn möglich, muss die höchste Druckdifferenz die gleiche sein wie bei Einfamilienhäusern [siehe a)]. Weil jedoch viele Nicht-Wohngebäude sehr groß sind und wegen praktischer Grenzen der Kapazität von transportierbaren Luftfördereinrichtungen, mit denen solche Gebäude angepöbelt werden, stellt sich oft heraus, dass eine Druckdifferenz von 50 Pa nicht erreicht werden kann. In diesen Fällen sollten zusätzliche Luftfördereinrichtungen eingesetzt werden (um die Gesamtkapazität zu erhöhen) und/oder die Messung kann nur bis zu der höchsten Druckdifferenz durchgeführt werden, die mit der verfügbaren Luftfördereinrichtung erreicht werden kann. In solchen Fällen ist die Messung ungültig, es sei denn, es wird eine Druckdifferenz von mindestens 25 Pa erreicht. In den Fällen, in denen die höchste Druckdifferenz zwischen 25 Pa und 50 Pa beträgt, muss dies im Messbericht deutlich vermerkt werden, mit der Feststellung, dass die Anforderungen der vorliegenden Norm nicht ganz erfüllt wurden und mit einer Begründung dafür.

Es sollten zwei Messreihen aufgenommen werden, eine bei Über- und eine bei Unterdruck. Um die Anforderungen der vorliegenden Norm zu erfüllen, ist es jedoch auch zulässig, nur eine Messreihe bei Über- oder Unterdruck zu erstellen. Für jede Messreihe müssen mindestens 5 Messpunkte in ungefähr gleichen Abständen zwischen der größten und der kleinsten Druckdifferenz aufgenommen werden.

ANMERKUNG 1 Daten bei höherer Druckdifferenz sind genauer als solche bei geringerer. Deshalb sollte bei Messungen bei kleinen Druckdifferenzen besondere Sorgfalt walten.

ANMERKUNG 2 Es ist ratsam zu überprüfen, ob sich der Zustand der Gebäudehülle während der Messung nicht geändert hat, und dass beispielsweise abgedichtete Öffnungen nicht undicht wurden oder Türen, Fenster oder Luftdurchlässe durch den erzeugten Druck aufgedrückt wurden.



nach: DIN EN ISO 9972:2018-12

5.3.4 Differenzdruck-Messreihe

Die Abdeckung ist von der Luftfördereinrichtung abzunehmen und die Einrichtung ist einzuschalten.

Die Prüfung wird vorgenommen, indem über einen Bereich der erzeugten Druckdifferenzen in Schritten von nicht mehr als etwa 10 Pa Messungen des Volumenstroms und der Druckdifferenz zwischen innen und außen durchgeführt werden. Für jede Prüfung sind mindestens fünf etwa gleich weit voneinander entfernte Datenpunkte zwischen der kleinsten und der größten Druckdifferenz zu definieren.

Die kleinste Druckdifferenz muss etwa 10 Pa (d. h. mit einer zulässigen Abweichung von ± 3 Pa) oder das Fünffache des Wertes der natürlichen Druckdifferenz (Δp_{01}) betragen, je nachdem, welcher Wert höher ist.

Die höchste Druckdifferenz muss mindestens 50 Pa betragen; um die höchste Genauigkeit der berechneten Ergebnisse zu erhalten, wird jedoch empfohlen, Ablesungen bei Druckdifferenzen bis hinauf zu 100 Pa vorzunehmen.

Weil jedoch viele Nicht-Wohngebäude sehr groß sind und aufgrund der praktischen Grenzen der Kapazität transportierbarer Luftfördereinrichtungen, mit denen derartige Gebäude geprüft werden, ist eine Druckdifferenz von 50 Pa möglicherweise nicht erreichbar. In diesen Fällen sollten entweder zusätzliche Luftfördereinrichtungen oder solche mit einer höheren Kapazität eingesetzt werden (um die Gesamtkapazität zu erhöhen) und/oder die Prüfung darf bis zu der höchsten Druckdifferenz durchgeführt werden, die mit der verfügbaren Luftfördereinrichtung erreichbar ist. In diesen Fällen ist die Prüfung ungültig, außer es kann eine Druckdifferenz von 25 Pa erzielt werden. In den Fällen, in denen die höchste Druckdifferenz zwischen 25 Pa und 50 Pa beträgt, ist das im Prüfbericht deutlich zu vermerken, mit der Feststellung, dass die Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm nicht vollständig erfüllt wurden, sowie mit der entsprechenden Begründung. Eine alternative Lösung besteht darin, große Gebäude zu messen, indem sie in mehrere kleinere Teile untergliedert werden.

Es wird empfohlen, zwei Messreihen durchzuführen: eine bei Über- und eine bei Unterdruck. Um die Anforderungen der vorliegenden Internationalen Norm noch zu erfüllen, ist es jedoch auch zulässig, nur eine Messreihe bei entweder Über- oder Unterdruck zu erstellen.

ANMERKUNG 1 Daten bei höheren Druckdifferenzen sind genauer als solche bei geringeren. Deshalb ist es wichtig, im Falle von Messungen bei geringen Druckdifferenzen besonders sorgfältig vorzugehen.

ANMERKUNG 2 Es ist ratsam zu überprüfen, dass sich der Zustand der Gebäudehülle während der Prüfung nicht geändert hat, z. B. dass abgedichtete Öffnungen nicht undicht geworden sind oder Türen, Fenster oder Luftklappen durch den erzeugten Druck nicht aufgedrückt wurden.



Frank
am
abkleben



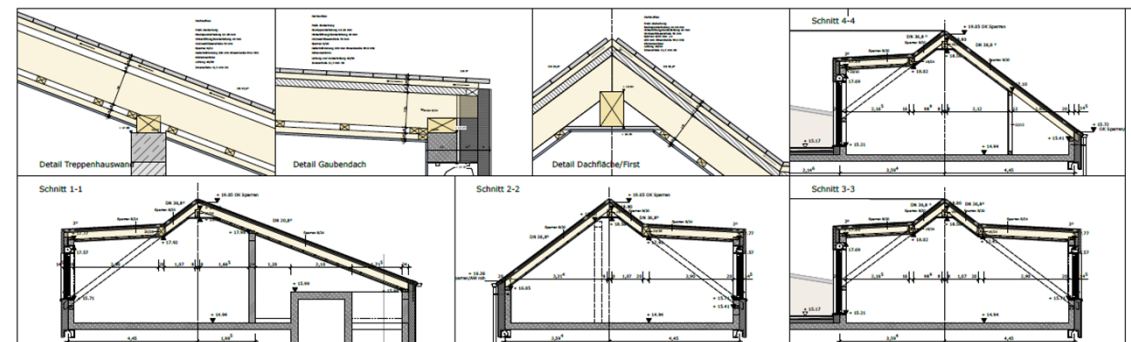
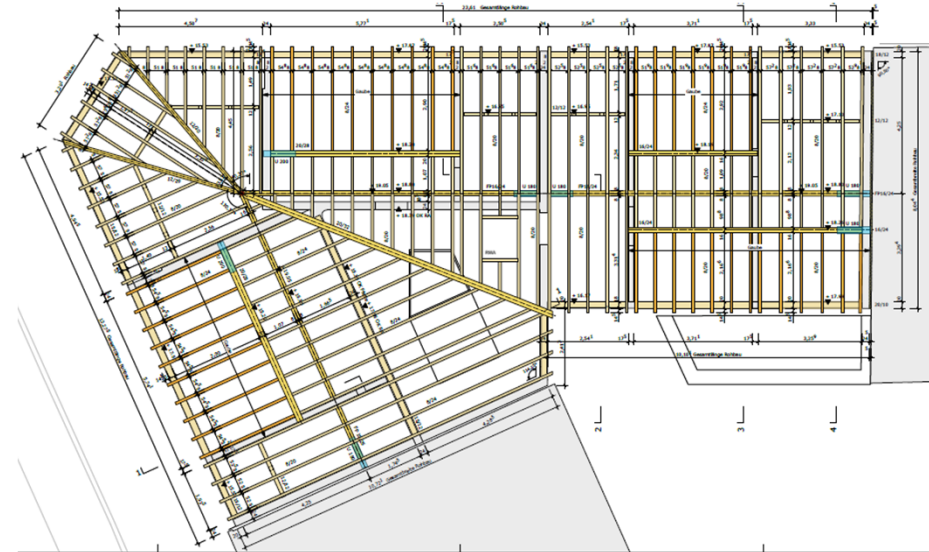
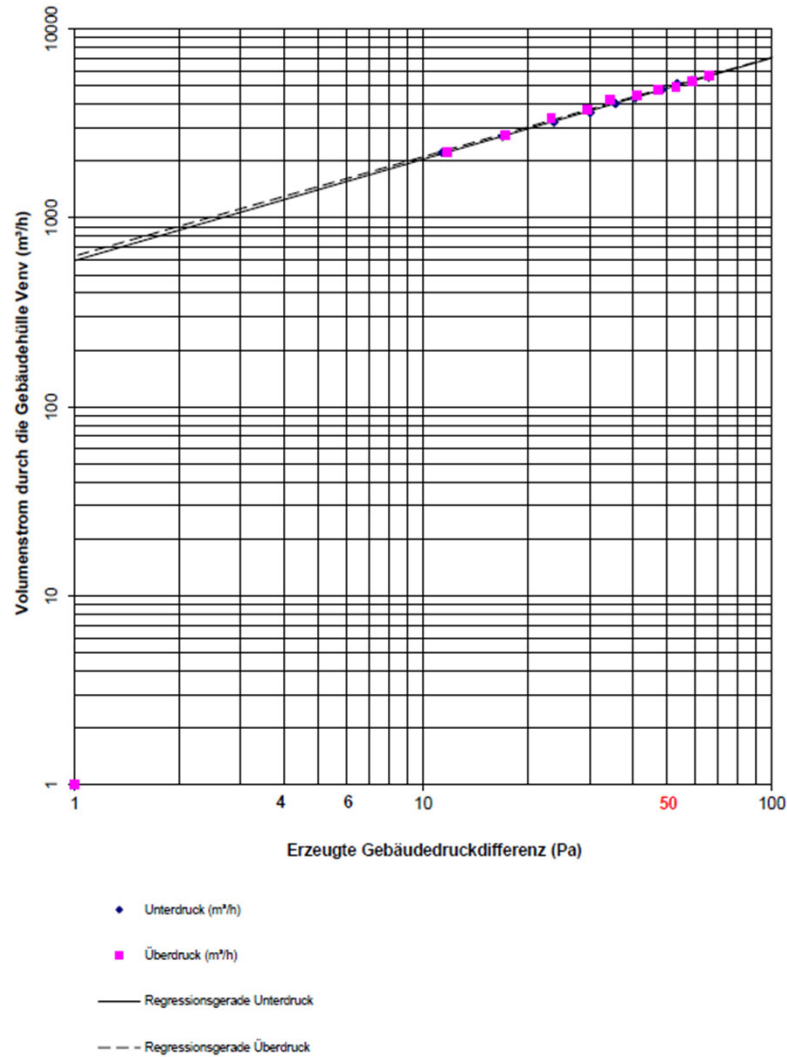
Beheiztes Volumen:
Knapp 5.000 m³

MFH mit Gewerbe im EG

Grund für BD Messung:
KfW-55 Neubau



Steildächer sind genau zu untersuchen



Calwer Passage Stuttgart



Gebäude-
nutzfläche
NWG-Teil:
15.800 m²

Beheiztes
Volumen
53.800 m³

9 Geschosse
inkl. 2 UGs

Quelle: fotodesignkilianbishop

Calwer Passage Stuttgart



Staffelgeschoss 6.OG



Dachbegrünung 2.0



Ansicht von Richtung Königsstr.

Calwer Passage Stuttgart - Messung 1



Grundriss 1.OG

- Messung Treppenhaus 1
- Messung Treppenhaus 2
- Messung Treppenhaus 3
- Messung Treppenhaus 4



Messung 1 mit 2 Ventilatoren im März 2023



Calwer Passage Stuttgart - Messung 1



Abklebungen

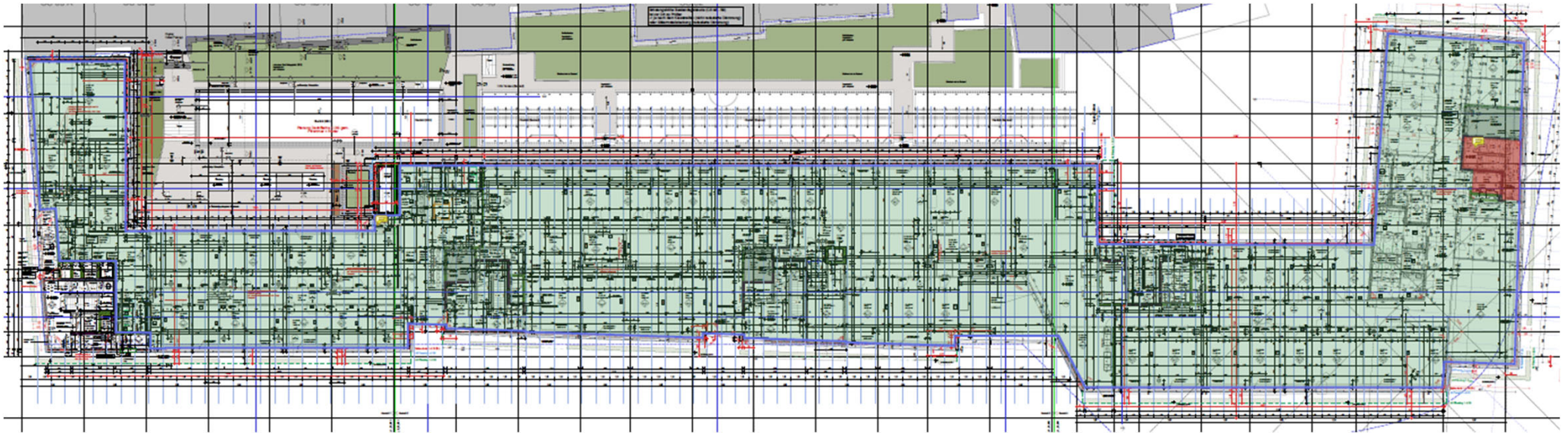


Dachbegrünung 2.0

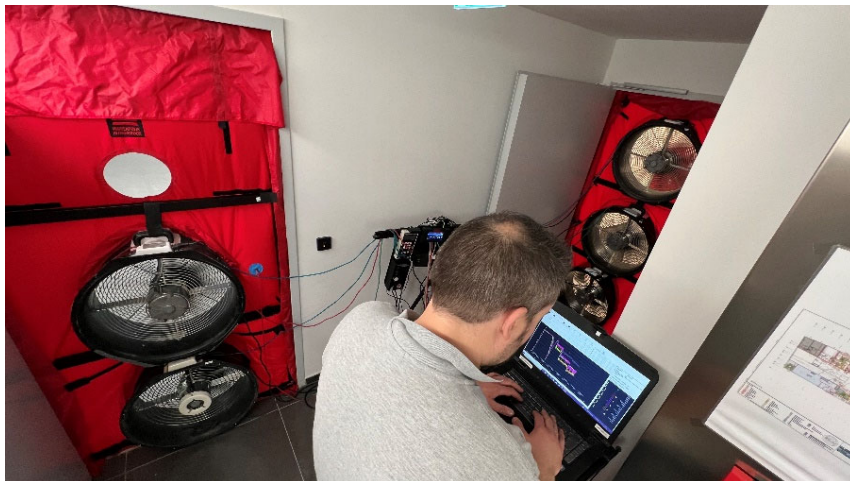


Anlagentechnik auf Hauptdach

Calwer Passage Stuttgart - Messung 2



Messung 2 mit 5 Ventilatoren im Mai 2023



- Präparationen genau vorab besprechen (ggf. Vorab-Termin)
- Exakte Absprache bezüglich der Messrandbedingungen (Strom, Parksituation, Handwerker vor Ort etc.)
- Saubere Dokumentation der Leckagen bereits auf Baustelle wichtig
- Zeit für Leckagensuche einplanen
- Wetter ernst nehmen (Kälte, Wind)
- Je nach baulicher Situation Vorabmessung in Erwägung ziehen (Holzbau / Steildach)
- Messdurchführung nach GEG strenger (Überdruckmessung sollte nicht unterschätzt werden)
- Umso besser Dämmstandard, desto relevanter die Infiltrationsverluste

Bei Rückfragen stehe ich Euch/Ihnen gerne zur Verfügung



Peter Wirsching, M.Sc.
GN Bauphysik Ingenieurgesellschaft mbH
Telefon: 0711/95488025
Mail: peter.wirsching@gn-bauphysik.com

Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

KI – Und die unspektakuläre Anwendung im Zentrum für nachhaltige Energietechnik

Robert Otto M.Sc.

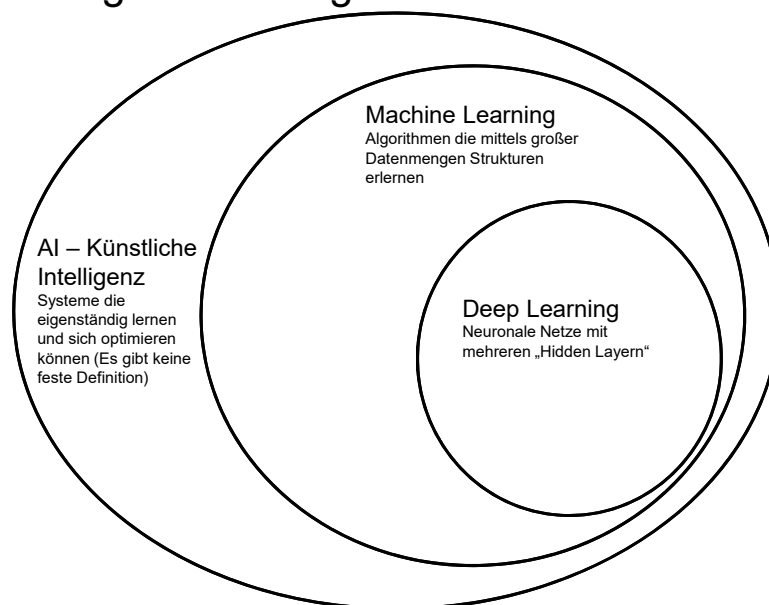
Hochschule für Technik Stuttgart

Was ist KI und wie nutzen wir sie um gängige Problemstellungen in der Forschung anzugehen? Top oder Flop, wo macht KI Sinn und wo sind physikalische/ mathematische Modelle nach wie vor überlegen? Ein kurzer Einblick in die Anwendung und Verwendung von KI-Algorithmen im Zentrum für nachhaltige Energietechnik.

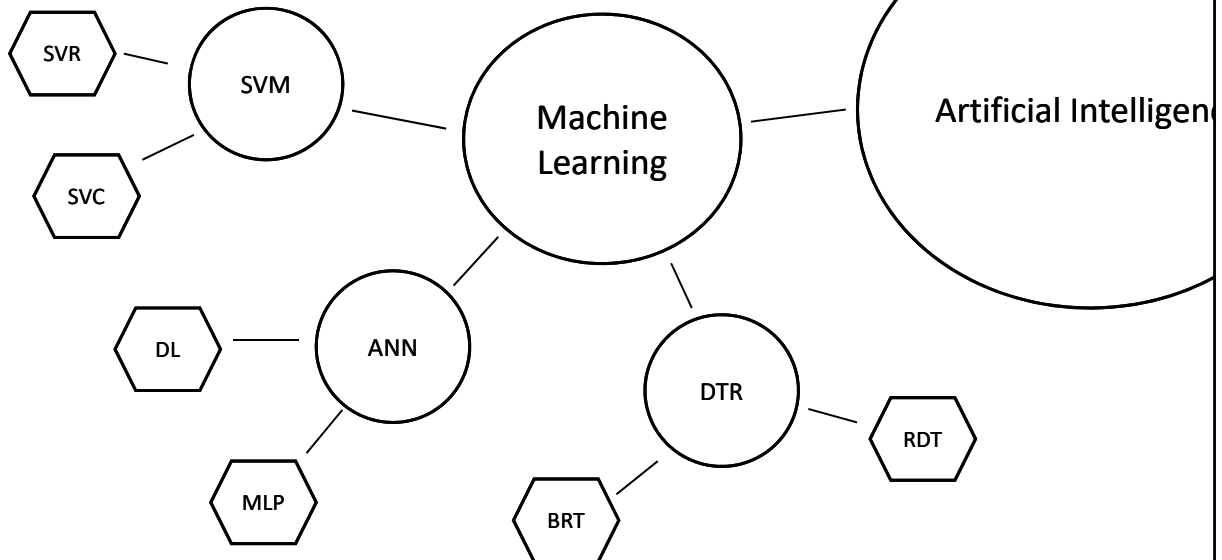
KI – Und die unspektakuläre Anwendung im Zentrum für nachhaltige Energietechnik

Robert Otto
Zentrum für Nachhaltige Energietechnik
Hochschule für Technik Stuttgart

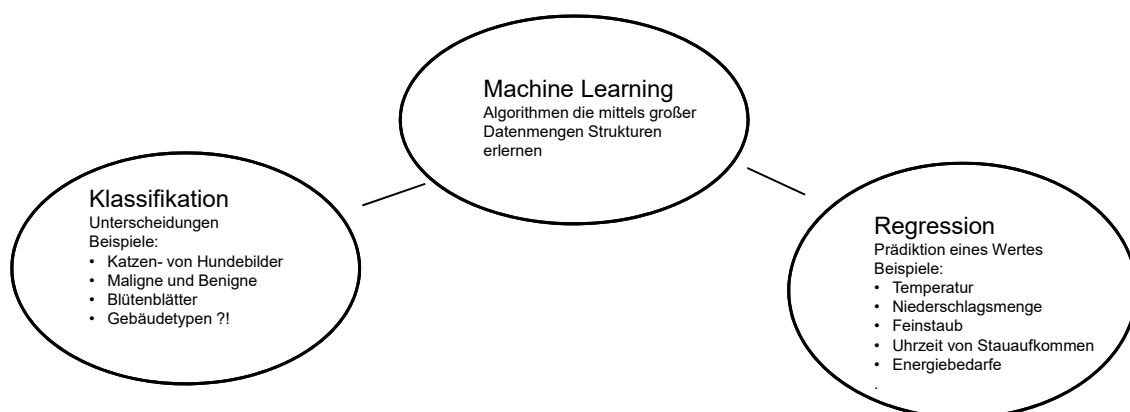
Grundlagen: Allgemeine Begriffe



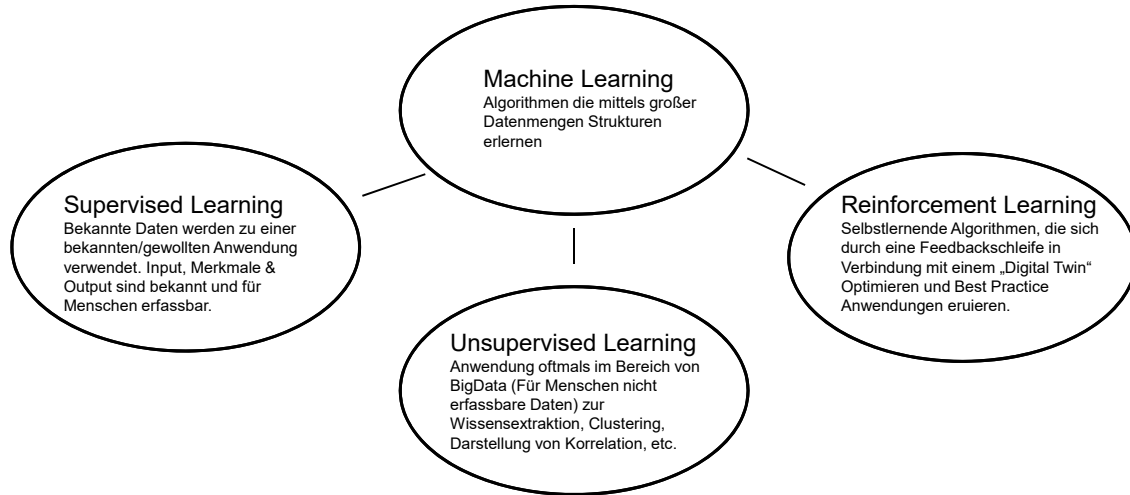
Grundlagen: Allgemeine Begriffe



Grundlagen: Allgemeine Begriffe



Grundlagen: Allgemeine Begriffe



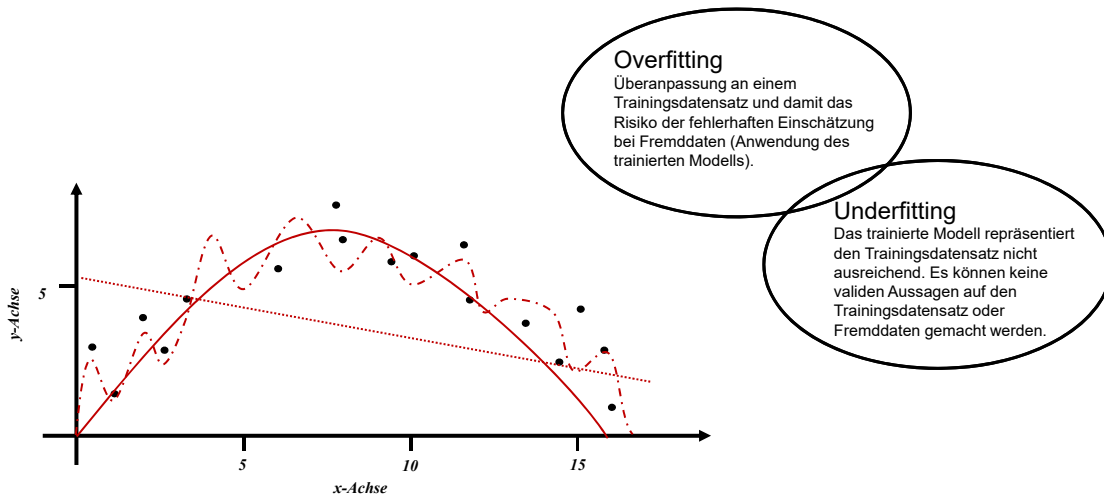
Grundlagen: Merkmale, Input, Output

Trainings-, Test-, Validierungsdatensatz mit Merkmalen

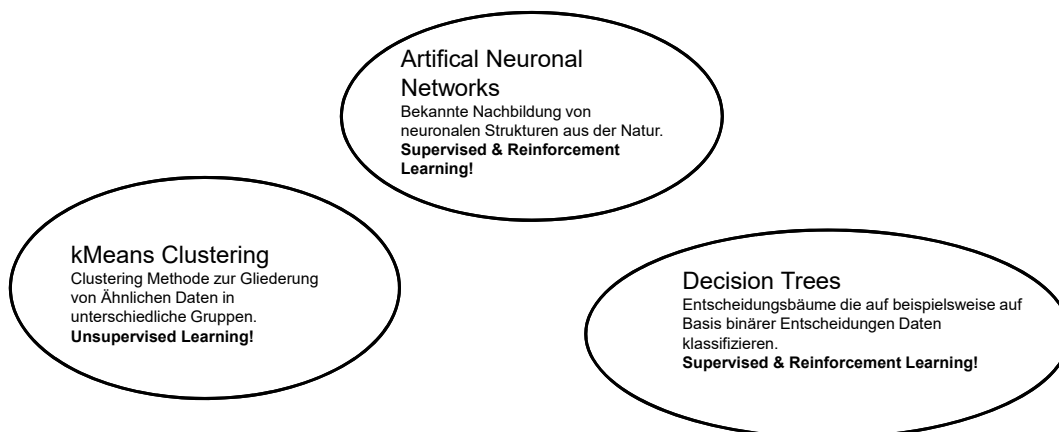
Ein Datensatz besteht je nach Anwendung (Supervised, Unsupervised Learning) aus Merkmalen wie Zeit, Einstahlung, Temperatur und Wärmebedarf die in Input und Outputs unterteilt werden.
Mehrere Datensätze sind nötig um eine entwickelte Anwendung zu trainieren, zu testen und zu validieren.

T_m.	I_H	I_V	DOW	HOD	HOY	Tamb	H	E_dem.
0.01	0.01	0.01	0.71	0.01	0.01	0.03	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.05	0.01	0.03	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.10	0.01	0.03	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.14	0.01	0.03	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.18	0.01	0.04	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.22	0.01	0.04	0.75	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.27	0.01	0.04	0.99	0.02
0.01	0.01	0.01	0.71	0.31	0.01	0.03	0.99	0.02

Grundlagen: Under- & Overfitting



Grundlagen: Algorithmen

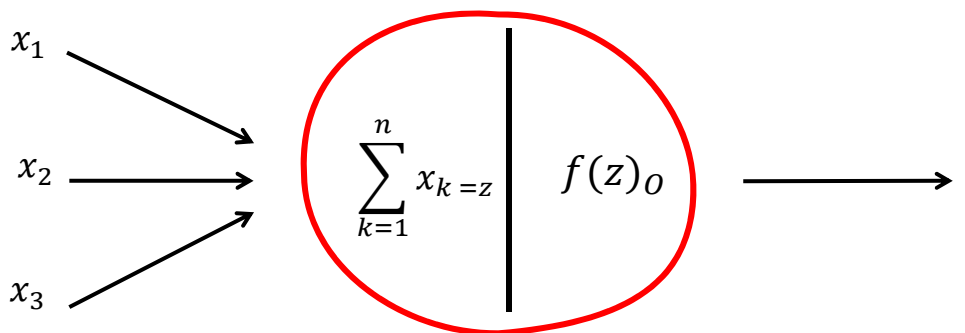


Grundlagen: ANN – Artificial Neuronal Networks

Artificial Neuronal Networks

- Neuronale Netze bestehen aus unterschiedlichen Neuronen. Diese bestehen in der Regel aus dem Zellkörper, aus den Dendritenbäumen sowie dem Axon
- Die Dendriten leiten Signale aus anderen Nervenzellen an das Neuron, in dem eine Potentialfunktion, bei überschreiten des Richtwertes dazu führt, dass das Neuron schießt

Grundlagen: ANN – Artificial Neuronal Networks



Input

Der Input für ein Neuron stammt entweder durch eine Eingabe oder von einem anderen Neuron

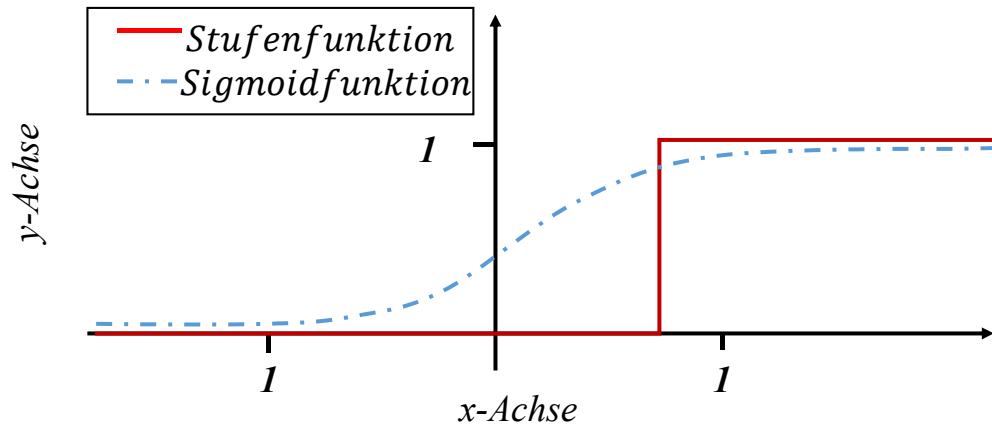
Verarbeitung

Die Summe der Inputs wird an eine „Aktivierungsfunktion“ übergeben.

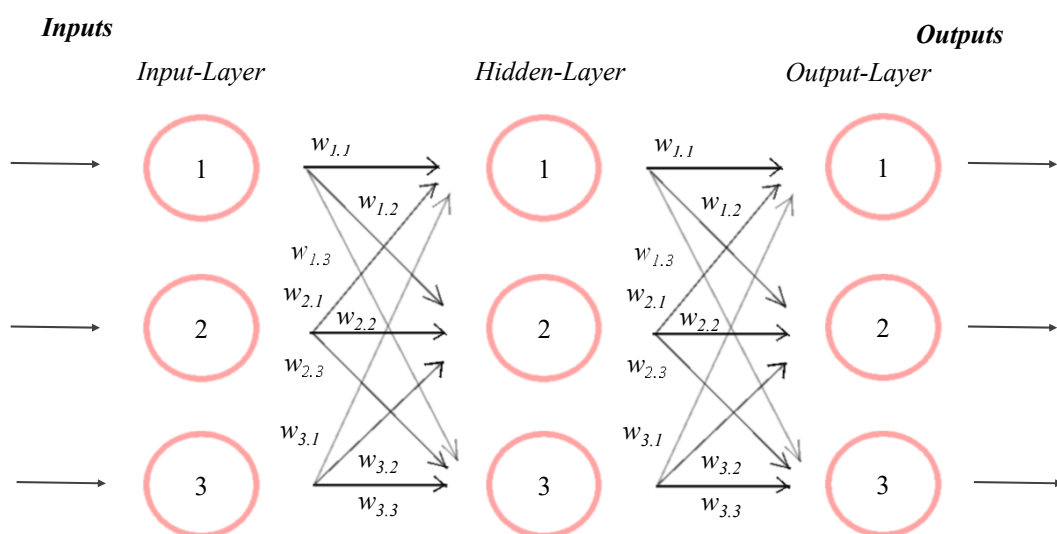
Output

Der Output wird an ein weiteres Neuron gegeben oder als Ausgabe verwertet

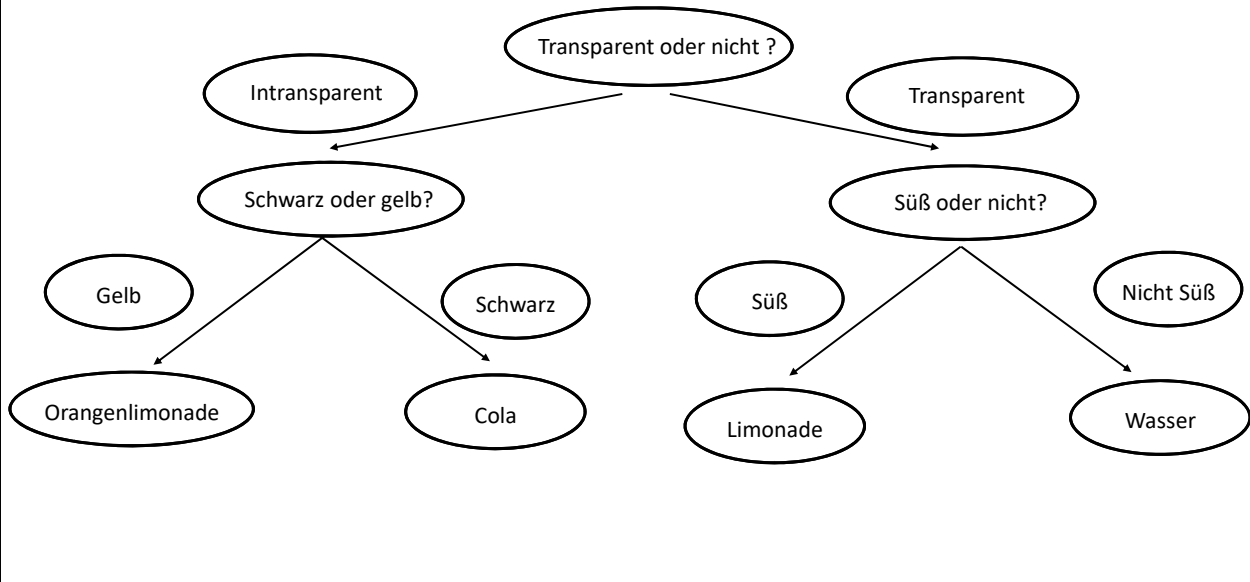
Grundlagen: ANN – Aktivierungsfunktion



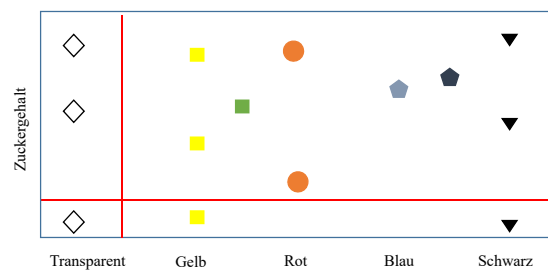
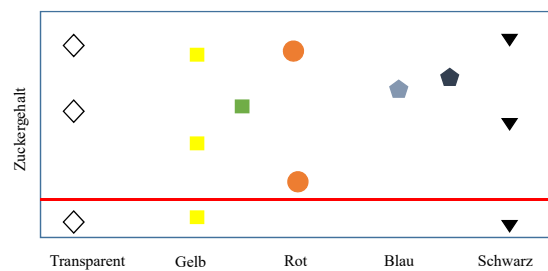
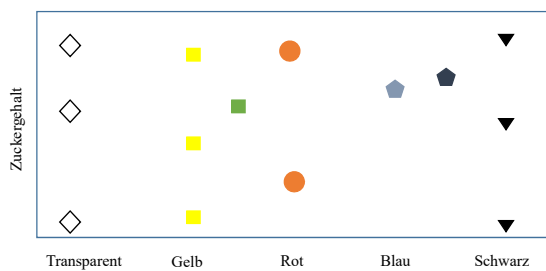
Grundlagen: ANN – Architektur eines Netzwerks



Grundlagen: DTR – Decision Tree Regression



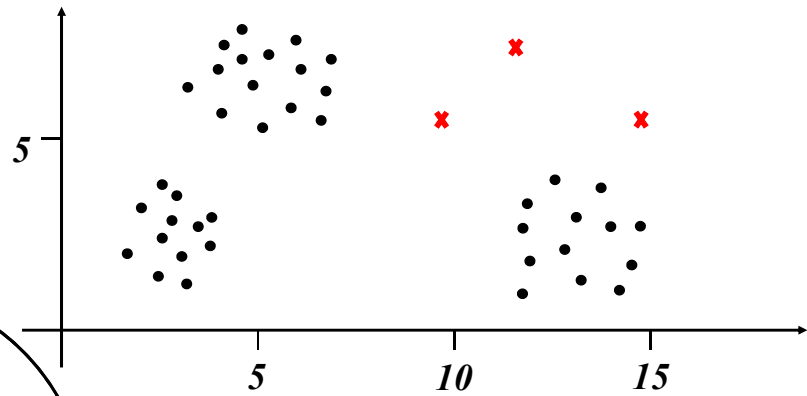
Grundlagen: DTR – Decision Tree Regression



Klassifikation/Regression mit DTR

Auswahl des Datenpunktes für die Klassifikation in drei Schritten.
 Regression: Erfolgt durch ähnliches Verfahren, jedoch gibt es hierbei verschiedene Problemstellungen, die mittels komplexerer Verfahren übergangen werden können.

Grundlagen: kMEANS - Clustering



Klassifikation/Regression mit kMEANS

Der Datenpunkt wird in dem auswendig gelernten Datensatz eingebettet und die Summe der Klassen der nächsten (in diesem Fall 3) Datenpunkte stellen die Klassifikation des Datenpunktes dar

Grundlagen: Evaluierung

Pearson-Korrelation

Die Pearson-Korrelation ist ein Werkzeug zur Bestimmung der stochastischen Abhängigkeit zweier Datensätze. Im Gegensatz zum Bestimmtheitsmaß, kann der Koeffizient zwischen eins und minus eins definiert werden.

$$\rho_{X;Y} = \text{corr}(X, Y)$$

Pearson-Korrelation	Interpretation von ρ nach Cohen
$ \rho = 0.10$	Kleiner Effekt
$ \rho = 0.30$	Mittlerer Effekt
$ \rho = 0.50$	Großer Effekt

Grundlagen: Evaluierung

Determinationskoeffizient

Das Bestimmtheitsmaß ist eine Kennzahl, die in der Statistik verwendet wird, um die Qualität einer Regression zu definieren. Hierbei wird diese oftmals nur als „R²“ bezeichnet. Das Verfahren geht davon aus, dass man eine prädiktive Funktion bzw. Regression mit einer Punktwolke vergleicht.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Bestimmtheitsmaß R ²	Interpretation von R ²
< 0,50	Schlecht bis mäßig
0,50 – 0,85	Befriedigend bis gut
> 0,85	Sehr gut

Grundlagen: Evaluierung

MAPE

Der mittlere absolute prozentuale Fehler oder MAPE stellt hierbei die absolute prozentuale Abweichung der Werte dar. Ein besonders niedriger Wert bedeutet somit eine gute Wiedergabe des Modells.

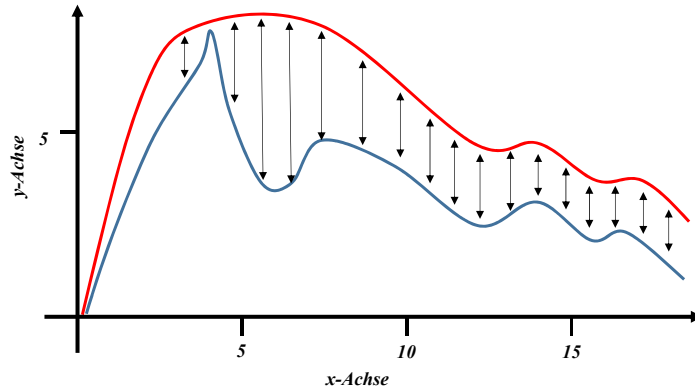
$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

Fehlerinterpretation MAPE	Interpretation von MAPE
0-50%	Abhängig vom Datensatz, gut bis befriedigend!
50-100%	Abhängig vom Datensatz, gut bis befriedigend!
>100%	Abhängig vom Datensatz, befriedigend bis schlecht!

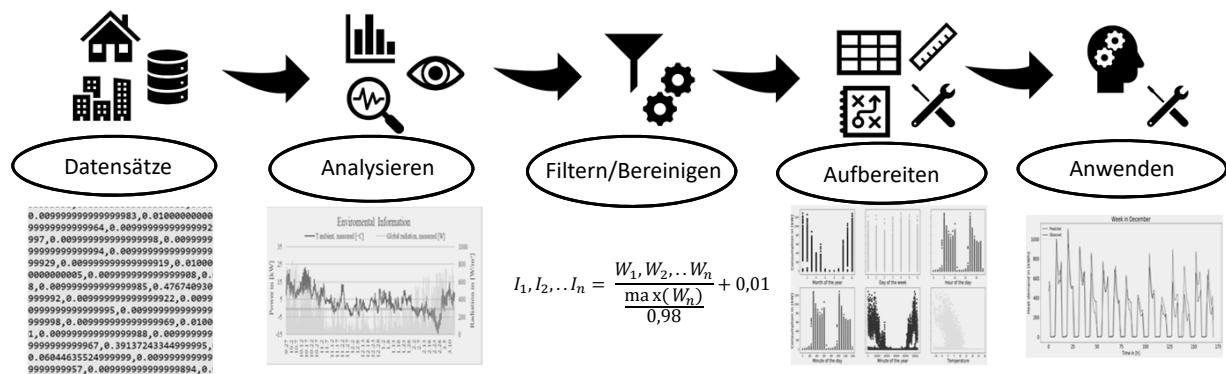
Grundlagen: Evaluierung

Bewertung

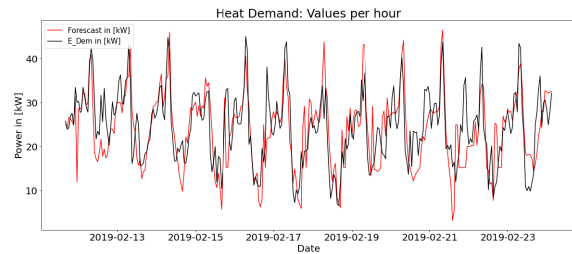
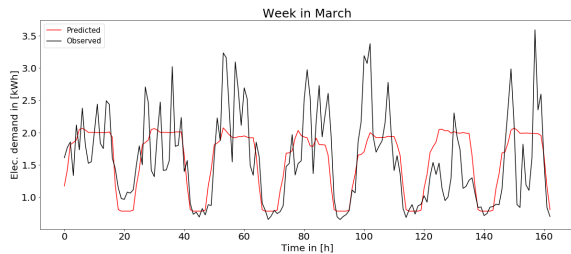
Mit den Evaluierungsparameter können Regressionen und tatsächliche Verläufe miteinander verglichen und bewertet werden. Ultimative Bewertungsparameter gibt es dabei nicht und sind Situationsabhängig,



Methodik: Anwendung von Machine Learning



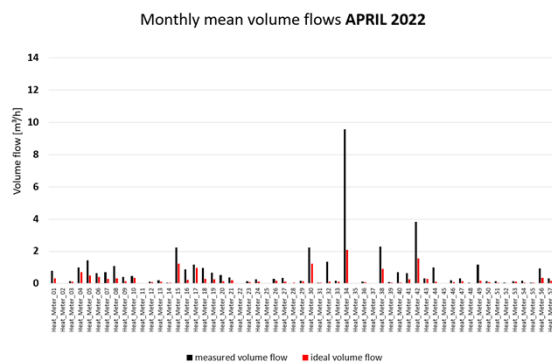
Forschung am zafh.net - Bedarfsprognosen



Ergebnisse

Aktuelle Untersuchungen weisen das Potential im Bereich des Gebäudemanagement auf.
Wärmebedarfe können sehr gut prognostiziert werden.
Strombedarfe sind stark abhängig von der Last der jeweiligen Haushaltsgeräte, dem Nutzer und der Datenaufösung abhängig.

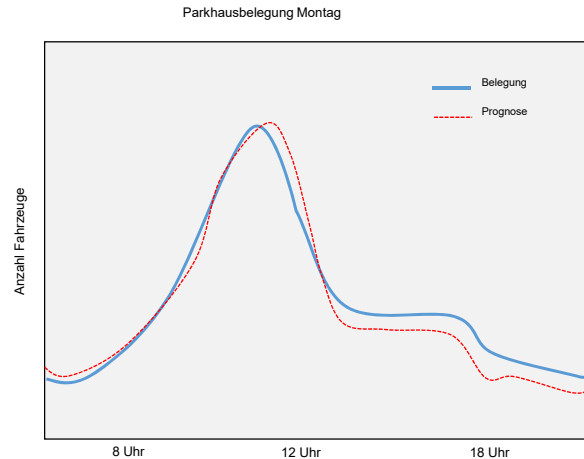
Forschung am zafh.net – Anomalieerkennung



Ursprüngliche Idee: Erkennung ineffizient betriebener Übergabestationen im Wärmenetz mit KI
Tatsächliche Umsetzung: Physikalische Betrachtung des Soll-Massenstroms aufgrund der Vorgabe des Wärmenetzes mit den Ist-Werten

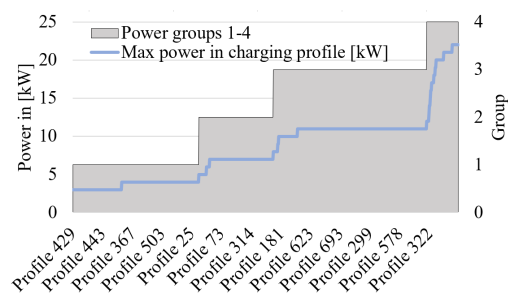
Prognose der Parkraumbelegung

- Historische Daten der Parkraumbelegung differenzierter Parkhäuser werden als Trainingsdaten verwendet
- Ein ML-Algorithmus wird mit den aufbereiteten Daten trainiert
- Das trainierte Modell erreicht eine Genauigkeit von bis zu 95% (R^2 bzw. Bestimmtheitsmaß)
- Verfügbarkeit der potentiellen EVs kann somit prognostiziert werden



Schlussfolgerungen aus dem Ladeverhalten

- Ca. 120.000 BEVs laden unter 11 kW
- Gängige Ladeleistung bei PHEV 3.6-7.3 kW
- Kombiniert aus der maximalen Ladeleistung und der geladenen Energiemenge lässt sich ein Ladeprofil einem Fahrzeugtyp zuweisen
- Zukünftig soll so evtl. sogar die Wahrscheinlichkeit für ein Fahrzeugmodell abgeschätzt
- Einsatz von KI soll die Klassifizierung erleichtern



Year	Power [kW]	Battery [kWh]	Consumption [kWh/km]	Range [km]	PCharge [kW _{AC}]	PCharge [kW _{DC}]	Price [€]
2020	300	86.5	0.237	365	11	155	81,500
2013	125	47	0.158	297	11	49	39,000
2020	87	37.3	0.17	219	11	85	30,560
2020	100	28.5	0.168	170	6.6	56	33,850
2019	150	64	0.162	395	11	77	41,850
2021	160	56	0.172	326	6.6	100	37,550
2017	150	58	0.173	335	7.4	46	42,990

Forschung – zafh.net: Der digitale Energieberater

- Idee: Via Foto ein Gebäude zu klassifizieren
- Mittels Klassifizierung und CityGML-Daten Sanierungsszenarien berechnen
- Soll zukünftig Energieberater*innen

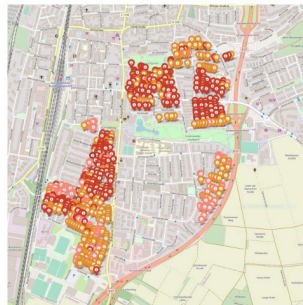
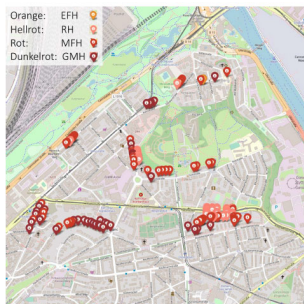


Typ: EFH
 Baujahr: ca. 1920
 Spezifischer Wärmebedarf: 150 kWh/m²a

Vorschläge für Sanierungsmaßnahmen:

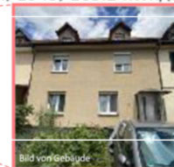
- Ca. 20 kWh/a Einsparung durch modernere Fenster
- Ca. 40 kWh/a Einsparung durch Dämmung
- CO₂ Einsparung von bis zu 50% möglich.
- Etc.

Forschung – zafh.net: Der digitale Energieberater



Metadaten: Gebäudetyp, Energiebedarf, Anzahl der Stockwerke, Baujahr, ...

RH; 1945; 165.2 kWh/(m²a)



Forschung – zafh.net: Der digitale Energieberater



Forschung – zafh.net: Der digitale Energieberater

Bildinformation:

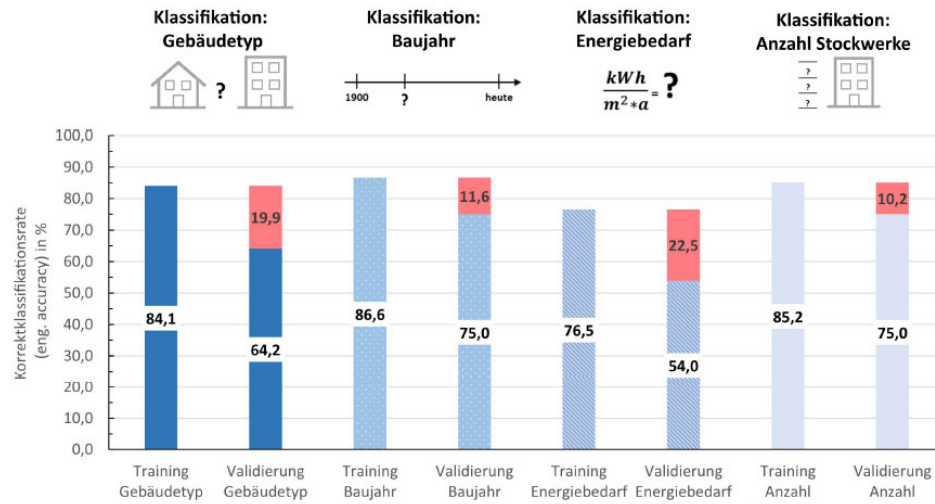


+

Gebäudeinformationen:
Heizbedarf, Baujahr,
Gebäudetyp usw.

Gebäudeinformationen		Heizbedarf		Baujahr		Gebäudetyp	
ID	Adresse	Wärmehilfsbedarf	Wärmehilfsbedarf	Baujahr	Baujahr	Gebäudetyp	Gebäudetyp
MFH.ID10110.0.2560
MFH.ID10101.0.2561
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
RH.ID10017.0.2596
GMH.ID10162.0.2597
EFH.ID10307.0.2240
RH.ID10540.0.2241
EFH.ID10485.0.286
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563
MFH.ID10222.0.2598
GMH.ID10081.0.2599
MFH.ID10025.0.2562
GMH.ID10166.0.2563			

Forschung – zafh.net: Der digitale Energieberater



Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

Wie mindern wir die Emissionen im Gebäudesektor? Über Klimaschutzgesetze, GEG, BEG und KMR

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Hettler
Zukunft Altbau

Die Klimaschutzgesetze von Bund und Land verursachen im Gebäudesektor immer ambitioniertere Vorgaben, um die geplanten CO₂-Emissionsminderungen zu erreichen. Der Dreiklang aus fordern, fördern und informieren führt derzeit zu erheblichen Diskussionen von der politischen Ebene bis hin zu Hauseigentümerinnen. Welche Vorgaben stehen dabei bereits fest, welche Entscheidungen beeinflussen die kommenden Monate und die Entwicklungen im Gebäudebereich am meisten?



Wie mindern wir die Emissionen im Gebäudesektor? Über Klimaschutzgesetze, GEG, BEG & KMR

Sommerkolloquium Bauphysik
26.05.2023

M.Sc. Frank Hettler Dipl.Ing (FH) – Bereichsleitung Zukunft Altbau
Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg

Zukunft Altbau

- Neutrales Informations- und Marketingprogramm zur energetischen Gebäudesanierung
- Für Wohngebäude, Nichtwohngebäude und Experten: gewerkneutral, ganzheitlich und kostenlos
- Kooperationspartner: zentrale Plattform für Verbände, Kammern und Expertennetzwerk
- Programmträgerin: KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH
- Gefördert durch das Umweltministerium Baden-Württemberg



zum Materialshop:
zukunfaltbau.de/material



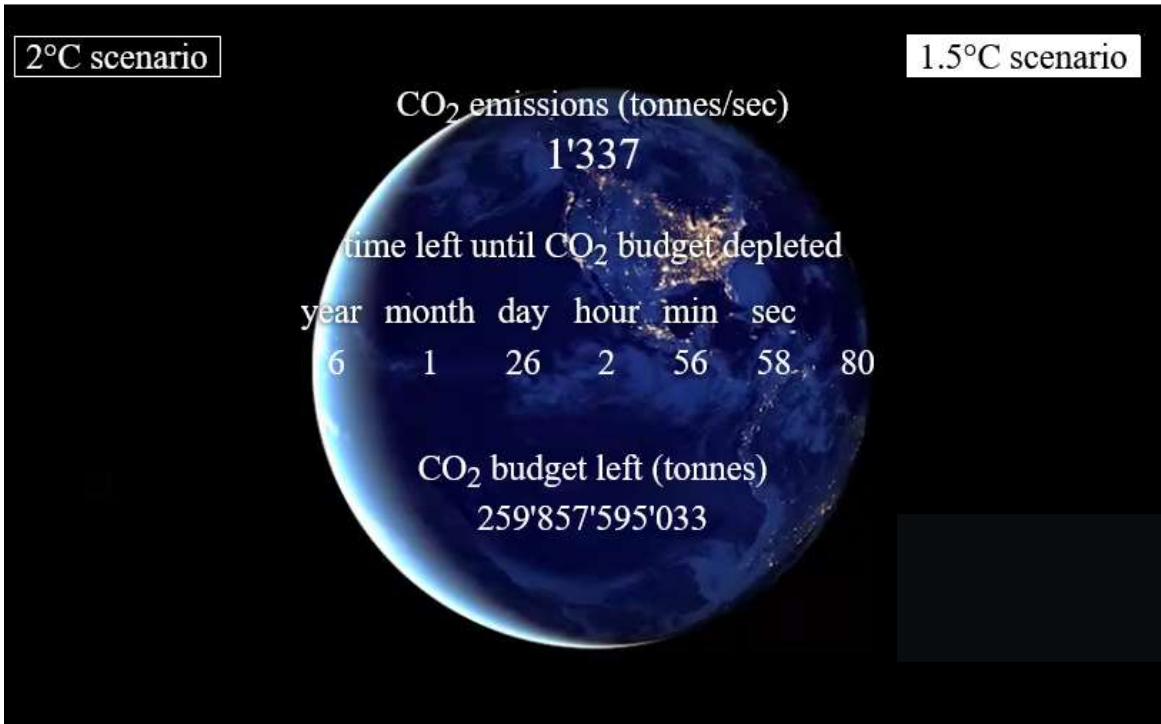
Beratungstelefon:
08000 12 33 33



Rahmen und Klimaschutzgesetze



CO₂-Uhr der Mercator-Stiftung



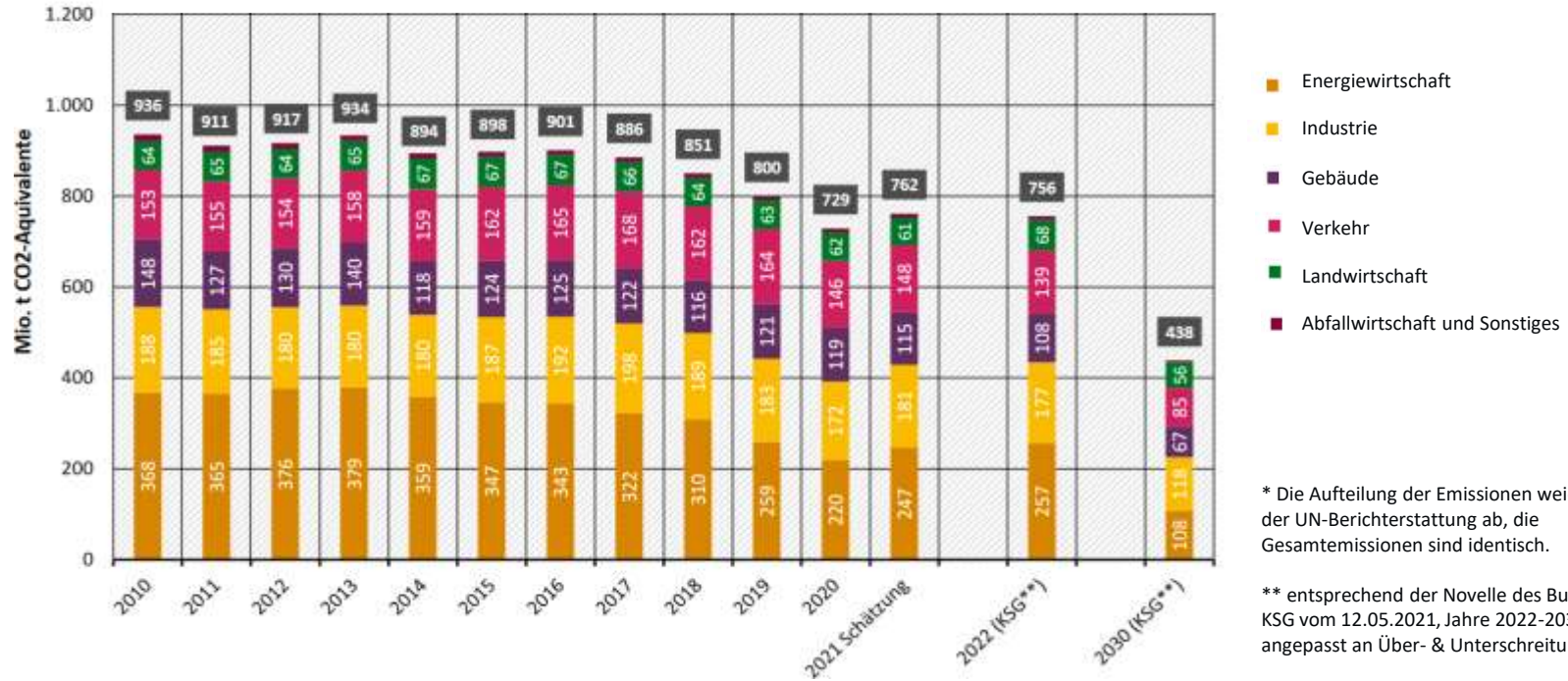
Quelle: www.mcc-berlin.net

Klimaerwärmung 1,5°C oder 2°C?

Thema	1,5° C Erwärmung	2° C Erwärmung
Extreme Hitze	„Nur“ jeder 2. Sommer wird wie 2016	9 von 10 Sommern werden wie 2016
Korallensterben	2/3 aller Korallen sterben ab	99% aller Korallen sterben ab
Artenvielfalt	8% der Pflanzenarten, 6% der Insekten, 4% der Wirbeltiere betroffen	17% der Pflanzenarten, 18% der Insekten, 8% der Wirbeltiere betroffen
Flucht- bewegungen	30,7 Mio. Menschen wg. Klima- veränderungen von 1,1°C	Mehrere hundert Millionen Menschen
Krankheiten	Malaria, West-Nil-Fieber, Zika treten schon heute auf	Mit jedem Zehntelgrad wachsen gesundheitliche Risiken (dazu: Hitze & Luftverschmutzung)

Quellen unter: <https://germanzero.de/blog/warum-1-5-grad>

Klimaschutzgesetz Bund - Treibhausgasemissionen

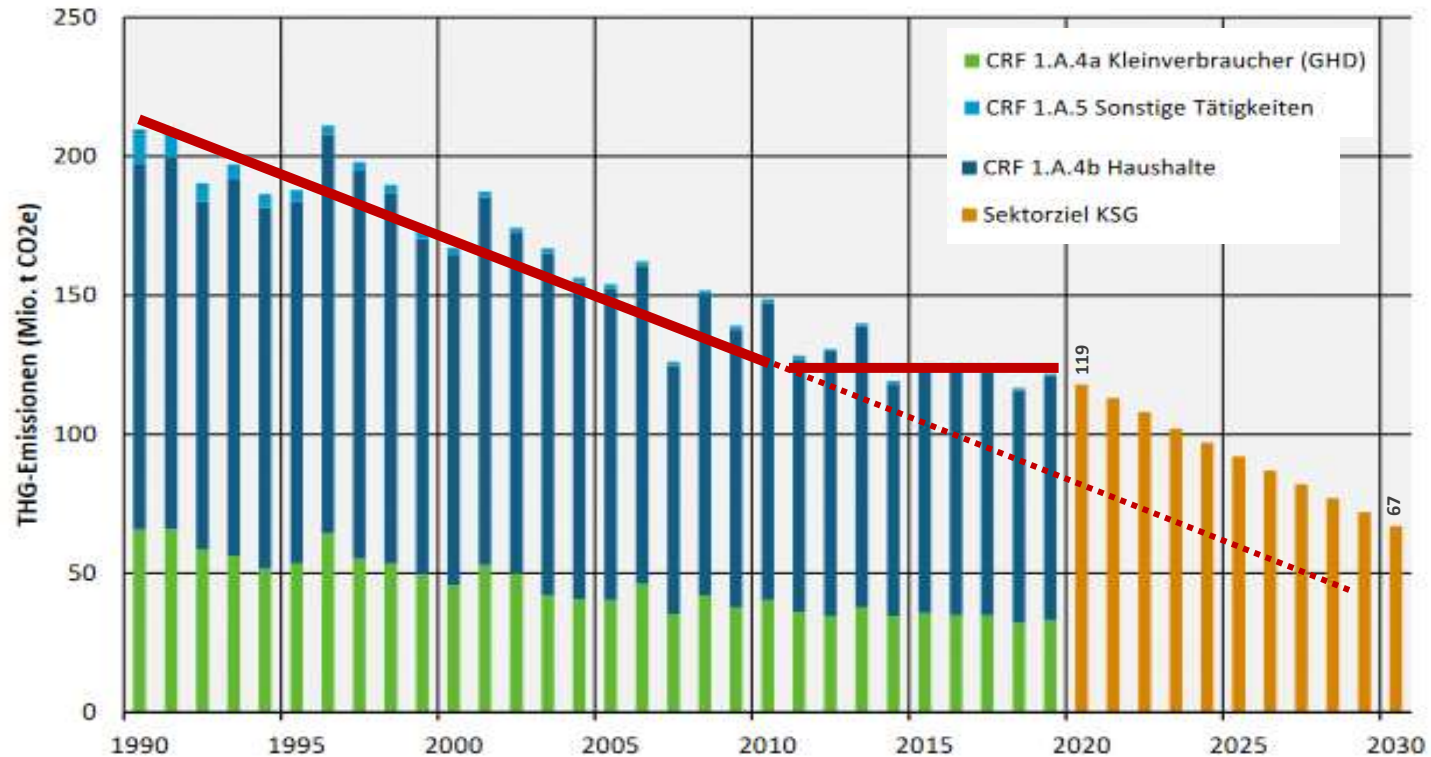


* Die Aufteilung der Emissionen weicht von der UN-Berichterstattung ab, die Gesamtemissionen sind identisch.

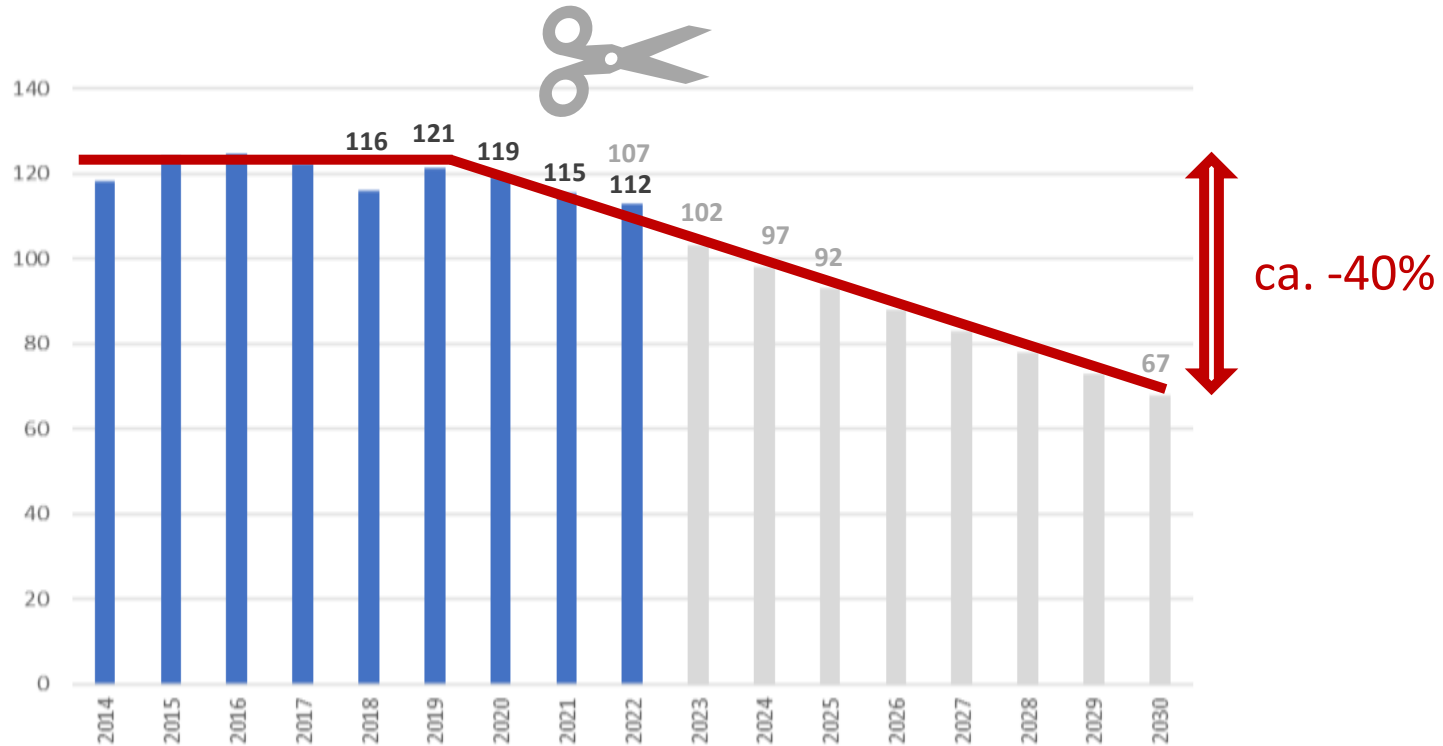
** entsprechend der Novelle des Bundes-KSG vom 12.05.2021, Jahre 2022-2030 angepasst an Über- & Unterschreitungen

Quelle: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/bilder/dateien/entwicklung_der_treibhausgasemissionen_in_deutschland.pdf

THG-Emissionen Gebäudesektor in D nach KSG



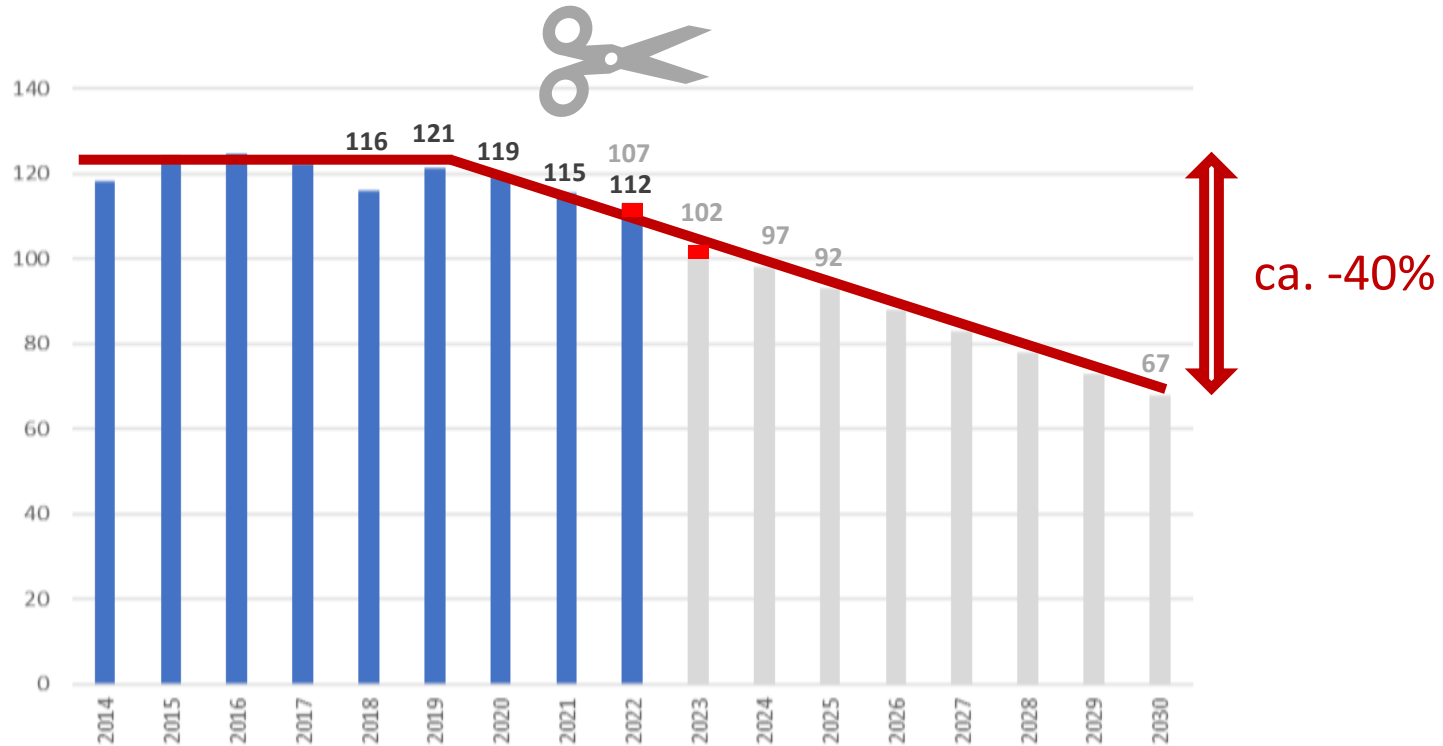
THG-Emissionen Gebäudesektor in D nach KSG



Quelle, basierend auf: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>

<https://www.ifeu.de/projekt/klimaschutz-im-gebaeudebereich-erklarungen-fuer-stagnierende-co2-emissionen-trotz-erfolgreicher-sanierungsmassnahmen/>

THG-Emissionen Gebäudesektor in D nach KSG



Quelle, basierend auf: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>

<https://www.ifeu.de/projekt/klimaschutz-im-gebaeudebereich-erklarungen-fuer-stagnierende-co2-emissionen-trotz-erfolgreicher-sanierungsmassnahmen/>



Umsetzung: Von BW bis zur EU



Umsetzung in Baden-Württemberg:

- Basis: **KlimaG BW** = Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz (Stand Feb. 2023)
<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-bw/klimaschutz-und-klimawandelanpassungsgesetz-baden-wuerttemberg>
 - Ziel: Bis **2030 >65%** CO₂-Minderung (ggü. 1990); bis 2040 Netto-Treibhausgasneutralität
- Darin enthalten u.a.:
 - **Forschungsvorhaben „Energie- und Klimaschutzziele 2030“**; Klima-Sachverständigenrat
 - Umsetzung **KMR** (Klima-Maßnahmen-Register); Einbeziehung **aller Ministerien**
ergänzend: Energiekonzept BW
 - **PV-Pflicht** BW
 - Klimavorbehalt bei Förderprogrammen;
 - **CO₂-Schattenpreis 200 €** für Bau und Beschaffung des Landes
 - **Kommunale Wärmeplanung** BW
 - ...

Forschungsvorhaben Ziele Gebäudesektor 2030 BW:

CO₂-Minderung von ca. 40% bis 2030

1



Sanierungsniveau



Dämmstandard:
EH 55 / BEG-EM

(Hülle)

Kreislauf-
wirtschaft

2



Heizung



Bund: 65% EE ab 2024

(Technik)

Mehr Schlagkraft /
Automatisierung
→ höhere Modernisierungsrate

3



Photovoltaik



Ausbauziele
PV-Pflicht
Neubau & Bestand (bei Dachsanierung)

(Netz)

Erneuerbarer
Strom
(Windausbau)

Forschungsvorhaben Sektorziele 2030: Sanierungsniveau

1 Sanierungsniveau EH 55 (BEG-EM-Förderung)

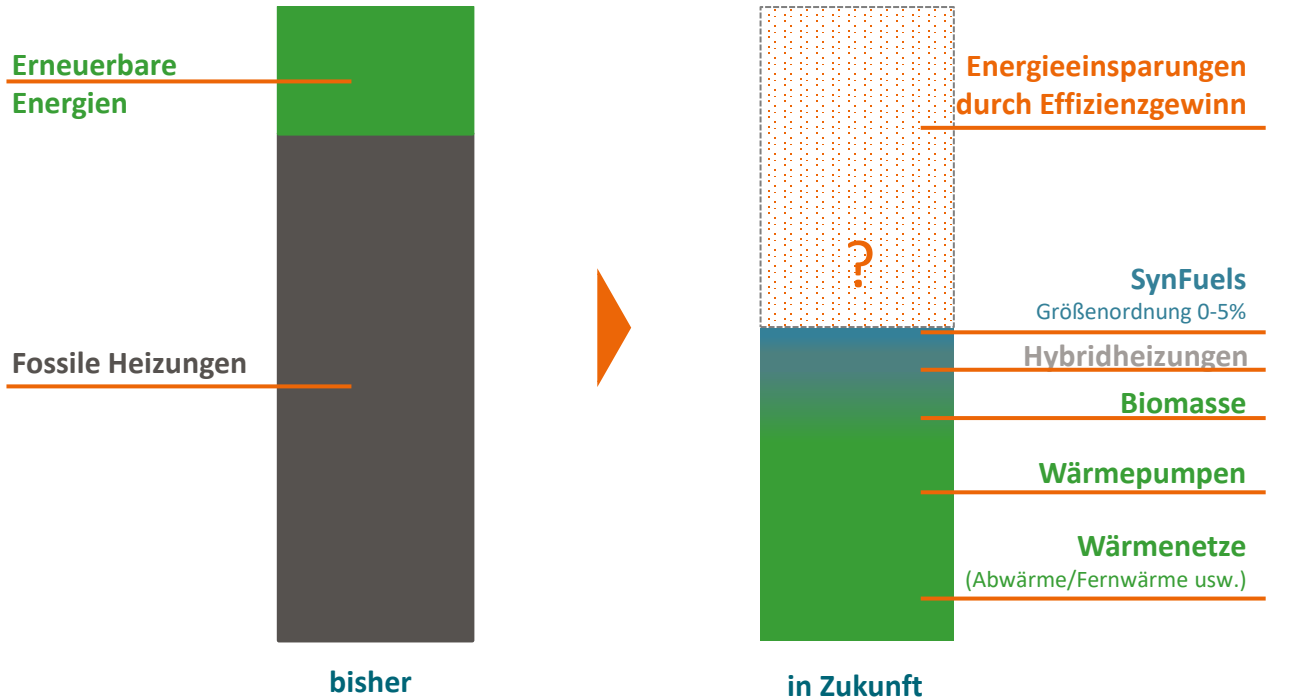
Hüllflächentabelle:

	U-Wert GEG (gesetzlich) [W/m ² K]	U-Wert BEG-EM (gefördert) [W/m ² K]	Dämmung bei Wärme- leitfähigkeit 0,035 W/(mK)
Dach	0,24	0,14	ca. 24-32 cm
Wand	0,24	0,20/0,192**	ca. 16-18 cm
Kellerdecke	0,30	0,25	ca. 12 cm
Fenster	1,30	0,95	



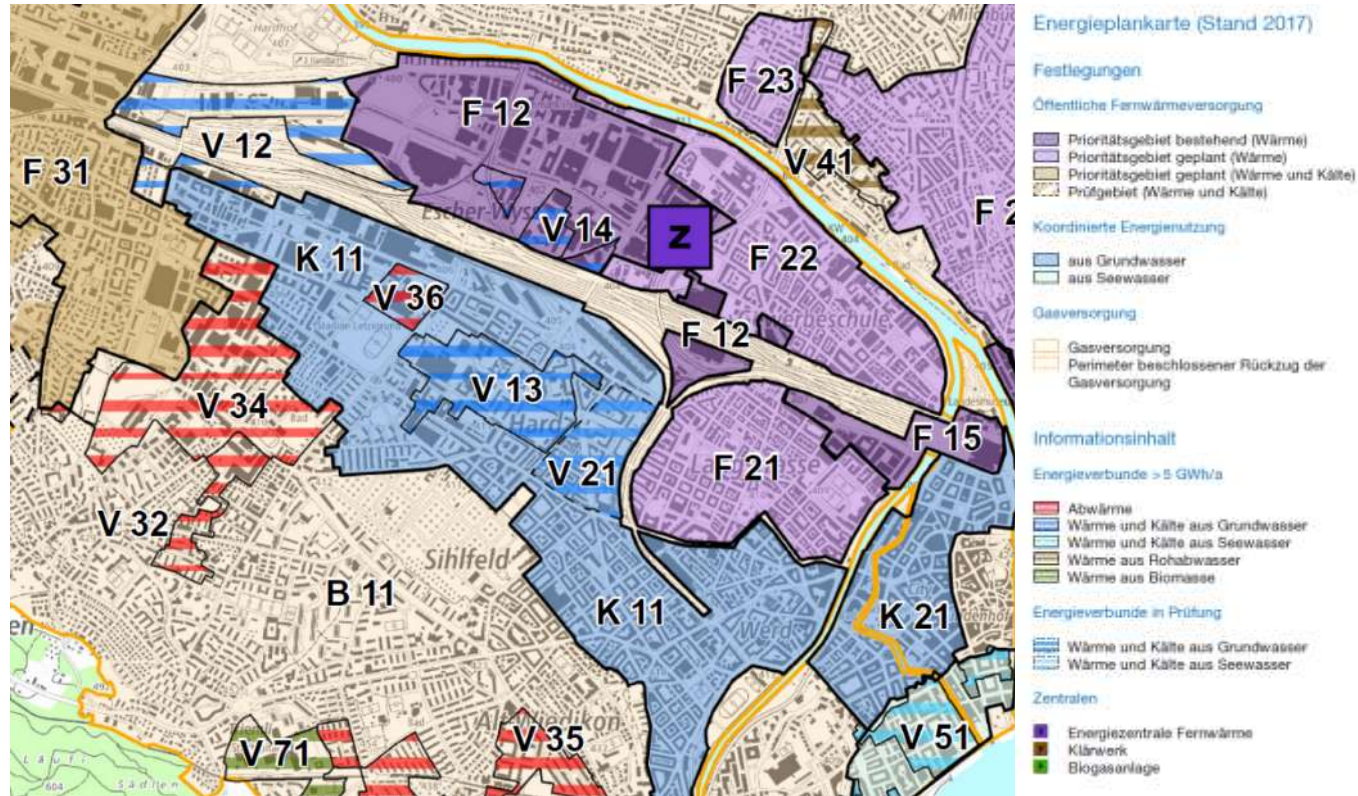
- Ziel: 8% Endenergieminderung bis 2030
- Unterschied: „tiefe“ Sanierungen (EH 55) / Standardsanierung bzw. Einzelmaßnahmen
- Fazit: mehr und bessere Sanierungen gefordert; weg von Pinselsanierungen

Wie heizen wir in Zukunft?



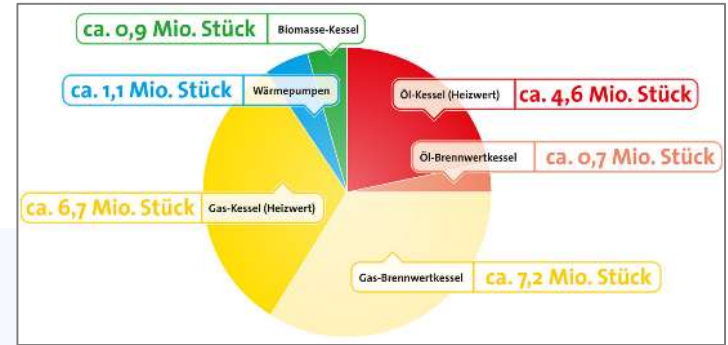
Die Angaben sind als Größenordnungen zu verstehen; tatsächliche Entwicklungen abhängig von Zeithorizont, verschiedenen (gesetzlichen wie technischen) Rahmenbedingungen und je nach Definition.

Kommunale Wärmeplanung BW bis Ende 2023



Quelle: Stadt Zürich

Einzelheizungen deutschlandweit



Absatzzahlen für Heizungswärmepumpen



Quellen: Grafik oben – www.bdh-industrie.de/heizsysteme, Grafik unten – BWP



Neues zum GEG (Gebäudeenergiegesetz)



Von WäSchVO über EnEV zum GEG

1977 1. Wärmeschutzverordnung (WäSchVO)

1984 2. Wärmeschutzverordnung

1995 3. Wärmeschutzverordnung

2002 Energieeinsparverordnung (EnEV)

2004 Energieeinsparverordnung

2007 Energieeinsparverordnung

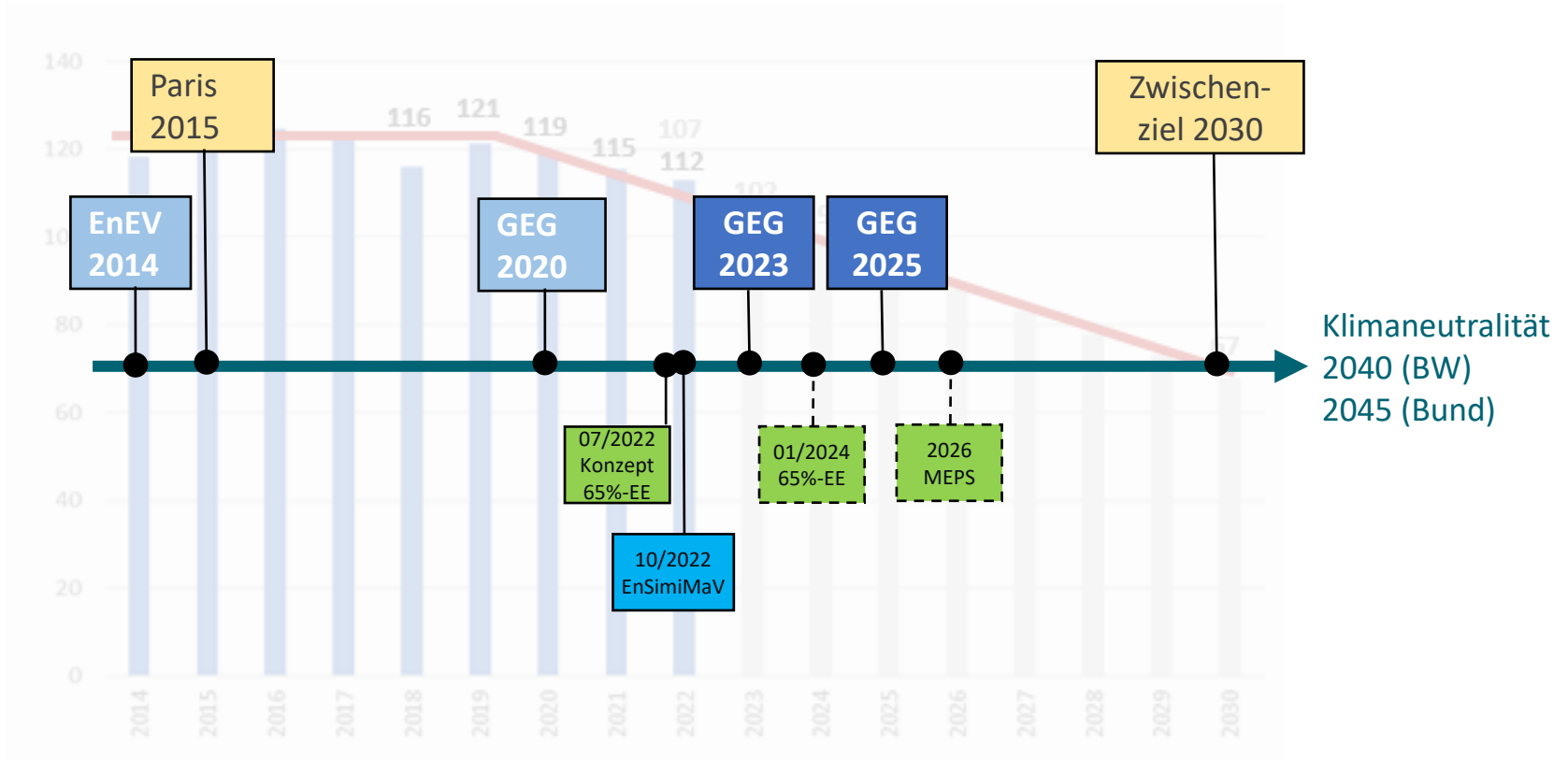
2009 Energieeinsparverordnung

2013 Energieeinsparverordnung

2020 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

2023 **GEG-Novelle** (gepl. Start zum 01.01.2024)

Politische Aktivitäten Gebäudesektor in D.



65% erneuerbare Energien – Entwurf (19.04.2023)

- Hausübergabestation (**Wärmenetz**) nach § 71b
→ ...Wärmenetzbetreiber mit Transformationsplan bis 31.12.2026 (50% EE bis 2030; 100% EE bis 2045)
- **Wärmepumpe** → Es bestehen Anforderungen an Effizienz und Messung
- **Biomasse** → automatisch beschickte Pelletkessel/-öfen → zwangsweise mit Solarthermie/PV
- **Wärmepumpen-Hybridheizung** bestehend aus Wärmepumpe in Kombination mit Brennwertkessel nach § 71h
→ Vorrang für fernansprechbare Wärmepumpe mit >30% Leistung des Spitzenlastkessels
- Solarthermische Anlage nach § 71e
- Stromdirektheizung nach § 71d
→ baulicher Wärmeschutz > -45 % (=Effizienzhaus 40) bzw. ohne wassergebundenem System >-30% (=EH 55)
- Grüner / blauer Wasserstoff nach §§ 71f + 71g → ab 2030 mind. 50% Anteil

Ausnahmen / Übergang

- Großzügige Übergangsfristen über 3 / 5 / 6 Jahre (Austausch; Wärmenetz; Etagenheizung)
- Schutz für Mietende
 - Z.B. bei Einbau Wärmepumpe: JAZ nachweislich $>2,5$
 - z.B. bei Biogastarif oder Wasserstoff: Vergleichskosten Wärmepumpe schlechter $JAZ=2,5$ müssen Vermietende übernehmen

Quellen:

- https://www.gesetze-im-internet.de/geg/inhalts_bersicht.html
- https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Gesetz/entwurf-geg.pdf?__blob=publicationFile&v=6
(Kabinettsentwurf vom 19.04.2023)



Förderung

Aktuell: BEG (bleibt erhalten!)

https://www.youtube.com/watch?v=cxE_mjFqNsE

Ab 2024: zusätzlich Klimabonus



Förderübersicht Wohngebäude (Einzelmaßnahmen)

Heizungstausch – Einzelheizungen

Art der Heizungsanlage	Förderung			
	Grundförderung	Heizungs-Tausch-Bonus*	Boni für Wärmepumpe**	Max. Zuschuss
Wärmepumpe	25%	10%	5%	40%
Biomasse***	10%	10%		20%
Solarkollektoranlage, Innovative Heizungstechnik Brennstoffzellenheizung	25%	10%		35%

Mind. 65%
erneuerbare
Energien

- Der Bonus gilt für den Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle- und Nachtspeicherheizungen sowie von funktionstüchtigen Gasheizungen, wenn deren Inbetriebnahme zum Zeitpunkt der Antragsstellung mindestens 20 Jahre zurückliegt. Für Gasetagenheizungen wird der Bonus unabhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme gewährt. Nach dem Austausch darf das Gebäude nicht mehr mit fossilen Brennstoffen im Gebäude oder gebäudenah beheizt werden.
- ** Es gibt zwei Boni für Wärmepumpen: 1. für die Wärmequelle (= Erdreich, Wasser und Abwasser) und 2. für die Verwendung natürlicher Kältemittel. Diese sind nicht kumulierbar.
- *** Biomasseheizungen müssen mit einer solarthermischen Anlage oder Wärmepumpe kombiniert werden. Diese Anlagen sind mindestens so zu dimensionieren, dass sie die Trinkwassererwärmung bilanziell vollständig decken könnten.

Quelle: BEG, Stand 09.12.2022 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>)

Details zur Förderung (Einzelmaßnahmen)

Wärmepumpen

- Ineffizient betriebene Wärmepumpen werden nicht gefördert. Mindestanforderung Jahres-arbeitszahl (JAZ)
 - aktuell = **2,7**
 - ab 01.01.2024 = **3,0**
- **Hydraulischer Abgleich** nach **Verfahren B** und dafür notwendige Heizlastberechnung sind Pflicht

Biomasse

- Nur noch **feinstaubarme Anlagentechnik** wird gefördert
- Nur in **Kombination mit Wärmepumpe oder Solarthermie** förderfähig

Solarkollektoranlage

- Wärmemengenzähler notwendig

Hybridheizungen

- Förderung immer nur für den **Erneuerbare-Energien-Anteil** (mind. 65%)
 - Bestehende Heizung: Ergänzung durch Wärmepumpe/ Biomasse/ Solarthermie
 - Einbau neuer Hybridanlage (mit fossilem Anteil)

Provisorische Heiztechnik

- Bei **Heizungsdefekt** werden für provisorische Zwischenlösungen (z. B. Mietanlagen) die (Miet-) Kosten gefördert
- Gilt nur, wenn innerhalb der Befristung des Zuwendungsbescheids ein förderfähige/r Netzanschluss/Heizungsanlage eingebaut wird, die die gesamte Versorgung übernimmt.
- Mietkosten werden erst **ab Antragstellung** (Vorhabenbeginn) höchstens für eine **Mietdauer von einem Jahr** gefördert.

Boni für Wärmepumpe (Einzelmaßnahmen)

Bonus +5% für Wärmequelle

Der Bonus für die Wärmequelle gilt für effiziente Wärmepumpen mit den Wärmequelle Erdreich, Wasser oder Abwasser.

Bonus +5% für natürliches Kältemittel

Der Bonus wird gewährt, wenn ein natürliches Kältemittel eingesetzt wird.

Ausblick: ab 01.01.2028 werden nur noch Wärmepumpen mit natürlichen Kältemittel gefördert

Boni nicht kumulierbar

Ausblick – Stufenweise Einführung von Anforderungen an die Geräuschemission

Luft-Wasser-Wärmepumpen nur förderfähig, wenn Geräuschemissionen des Außengeräts zumindest **5 dB** (ab **01.01.2024**) bzw. **10 dB** (ab **01.01.2026**) niedriger liegen als die EU-Grenzwerte.

Alle Angaben ohne Gewähr!

Quelle: BEG, Stand 09.12.2022 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebäude-beg.html>)

Förderübersicht Wohngebäude (Einzelmaßnahmen)

Heizungstausch – Netzanschluss

Art der Heizungsanlage		Förderung		
		Grundförderung	Heizungs-Tausch-Bonus*	Max. Zuschuss
Wärme-Netzanschluss	> 16 Gebäude	30%	10%	40%
Gebäude-Netzanschluss	≤ 16 Gebäude	25%	10%	35%
Gebäudenetz Errichtung, Umbau und Erweiterung**	Ohne Biomasse	30%		30%
	Max. 25% Biomasse	25%		25%
	Max. 75% Biomasse	20%		20%

Energie-Effizienz-Experten für Antragsstellung nötig

* Der Bonus gilt für den Austausch von funktionstüchtigen Öl-, Kohle- und Nachtspeicherheizungen sowie von funktionstüchtigen Gas-heizungen, wenn deren Inbetriebnahme zum Zeitpunkt der Antragsstellung mindestens 20 Jahre zurückliegt. Für Gasetagenheizungen wird der Bonus unabhängig vom Zeitpunkt der Inbetriebnahme gewährt. Nach dem Austausch darf das Gebäude nicht mehr mit fossilen Brennstoffen im Gebäude oder gebäudenah beheizt werden. ** Die Wärme für das Gebäudenetz muss nach Durchführung der Maßnahme aus mindestens 65 % erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme stammen. Quelle: BEG, Stand 09.12.2022

(<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebäude-beg.html>)

Alle Angaben ohne Gewähr!

Förderübersicht Wohngebäude (Einzelmaßnahmen)

Einzelmaßnahme	Investitionszuschuss	iSFP-Bonus
Gebäudehülle Heizungsoptimierung (bis 5 Wohneinh.) * Anlagentechnik (außer Heizung)	15%	5%
Gebäudehülle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dämmmaßnahmen an Außenwänden, Dächern, Kellerdecken und Bodenplatten ▪ Austausch von Fenstern und Außentüren ▪ Außenliegende Sonnenschutzeinrichtungen mit optimierter Tageslichtversorgung 	
Heizungsoptimierung*	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hydraulischer Abgleich nach Verfahren B, Austausch von Heizungspumpen ▪ Dämmung von Rohrleitungen ▪ Einbau von Flächenheizungen, Niedertemperaturheizungen und Wärmespeichern ▪ Einbau von Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik 	
Anlagentechnik	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbau, Austausch oder Optimierung von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sowie bedarfsgeregelte zentrale Abluftsysteme ▪ Einbau digitaler Systeme zur energetischen Betriebs- und Verbrauchsoptimierung oder zur Verbesserung der Netzdienlichkeit („Efficiency Smart Home“) 	

* Förderung nur bei Heizungsanlagen, die mindestens zwei Jahre in Betrieb sind und nur bei Gebäuden mit bis zu fünf Wohneinheiten. Die Optimierung fossiler Heizungen wird nur bei Anlagen gefördert, die nicht älter sind als 20 Jahre. Bei wassergeführten Heizungsanlagen wird ein hydraulisch abgeglichenes Heizungssystem vorausgesetzt. Sofern ein Heizungssystem nicht abgeglichen ist, muss ein hydraulischer Abgleich nach Verfahren B durchgeführt werden. Quelle: BEG, Stand 09.12.2022
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebäudebeg.html>

Boni für Wohngebäude (Effizienzhäuser)

EE-Bonus +5%

Betrifft alle Effizienzhäuser

Einen zusätzlichen **Erneuerbare-Energien-Bonus** erhalten die Gebäude, die eine Heizung einbauen, die zu mindestens 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben wird.

oder

NH-Bonus***+5%

Betrifft alle Effizienzhäuser

Voraussetzung für den **Nachhaltigkeits-Bonus** ist ein gebäudebezogenes **Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG)**.

WPB-Bonus +10%

Betrifft Effizienzhäuser

40, 55 und 70 EE

Einen zusätzlichen **Worst Performing Building-Bonus** erhalten die Gebäude, deren Endenergie größer oder gleich 250 kWh/m²a (Energieeffizienzklasse H) ist bzw. die 1957 oder früher erbaut wurden und bei denen mind. 75 Prozent der Außenwand unsaniert ist.*

SerSan-Bonus†15%

Betrifft Effizienzhäuser

40 und 55

Der **Bonus für Serielles Sanieren** kann in Anspruch genommen werden, wenn abseits der Baustelle vorgefertigter Fassaden bzw. Dachelemente für die Sanierung verwendet werden. Ihr hoher Vorfertigungsgrad reduziert den handwerklichen Aufwand vor Ort deutlich.**

**WPB-Bonus + SerSan-Bonus
= max. 20% Förderung**

* Bei einer Wärmedämmung, die vor 1984 angebracht wurde, gilt das Gebäude als nicht gedämmt. ** Welche Vorgaben die vorgefertigten Elemente erfüllen müssen, regelt das „Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen“ *** Die Anforderungen für den NH-Bonus werden voraussichtlich im 2.Quartal 2023 bekannt gegeben. Quelle: BEG, Stand 09.12.2022 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>)

Alle Angaben ohne Gewähr!

Förderübersicht Wohngebäude (Effizienzhäuser)

Effizienzhausstandard	Tilgungszuschuss				Zinsverbilligung ***
	Grundförderung	EE-/NH-Bonus	WPB-Bonus*	Serielle Sanierung **	
40	20%	5%	10%	15%	~15%
55	15%	5%	10%	15%	
70	10%	5%	10%		
85	5%	5%			
Denkmal	5%	5%			

Gesetzlicher
Neubau-
standard

Anforderungswerte	
H' _T (Gebäudehülle)	Q _p (Anlagentechnik)
55%	40%
70%	55%
85%	70%
100%	85%
	160%

- Der **Transmissionswärmeverlust (H'_T)** beschreibt Wärmeverluste über die Gebäudehülle (Dach, Außenwand, Fenster, untere Gebäudeabschluss, Wärmebrücken).
- Der **Primärenergiebedarf (Q_p)** ist ein Kennwert für die Energie, die im Gebäude für Heizung und Warmwasser benötigt wird (= Endenergie), unter Berücksichtigung der Gewinnung, Speicherung, des Transports und Umwandlung des Energieträgers (Öl, Gas, Strom) bis zum Gebäude (Berücksichtigung über den sogenannten Primärenergiefaktor).

Förderfähige Kosten
(pro Wohneinheit und
Kalenderjahr)

- 120.000 €
- 150.000 € mit EE-Bonus

* Worst Performing Building-Bonus für Sanierungen zum Effizienzhaus 40 und 55 sowie 70 EE

** Bei Kombination von WPB und serieller Sanierung gibt es max. 20 Prozent Zuschuss.

*** Die Zinsverbilligung entspricht dem Zinsvorteil des KfW-Kredits gegenüber dem Kredit bei der Hausbank und weist einen Subventionswert von ~15 Prozent auf, die Abweichung zwischen Förderkredit und Zinssatz der Hausbank darf dabei max. vier Prozent betragen.

Quelle: BEG, Stand 09.12.2022

(<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebaeude-beg.html>)

Alle Angaben ohne Gewähr!

Eigenleistung (Einzelmaßnahmen)

Sanierung in Eigenleistung	Bestätigung durch Sachkundige
<p>Materialkosten für Eigenleistungen sind förderfähig.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Rechnungen über Materialkosten<ul style="list-style-type: none">▪ müssen den Namen des Antragstellers enthalten▪ dürfen ausschließlich förderfähige Posten enthalten▪ sind nicht in Barzahlung möglich▪ Umfeldmaßnahmen sind nicht förderfähig	<p>Die fachgerechte Durchführung und korrekte Angabe der Materialkosten muss durch eine sachkundige Person bestätigt werden.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Sachkundig sind<ul style="list-style-type: none">▪ Energie-Effizienz-Experten▪ Fachunternehmer

Fördersatz für Material gleich wie bei jeweiliger Maßnahme



Alle Angaben ohne Gewähr!

Quelle: BEG, Stand 09.12.2022 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/bundesfoerderung-fuer-effiziente-gebäude-beg.html>)



In politischer Diskussion:
zusätzlicher Klimabonus ab 2024



Grundförderung & Klimabonus I/II/III für Selbstnutzer

- **Grundfördersatz: 30%** für alle Erfüllungsoptionen (GEG § 71)
- Zusätzlich **Klimabonus I 20%**:
GEG-AusnahmekandidatInnen und für EmpfängerInnen von Transferleistungen (z.B. Wohngeld), über 80-jährige
- Zusätzlich **Klimabonus II+III 10%**:
gilt für alle, die zu neuer Heizung verpflichtet sind und gesetzl. Anforderung übererfüllen. Außerdem bei Havariefällen, wenn Anforderung übererfüllt wird.
- Übererfüllung = 5 Jahre vor Austauschpflicht oder mind. 70% EE anstatt 65% EE.
- Förderkredite ermöglichen, finanziellen Belastungen zeitlich zu strecken. Zuschüsse werden dann als Tilgungszuschuss integriert. Steuerliche Abschreibung als alternatives Instrument bleibt.
- Bestehende Heizungen können weiter betrieben werden. Kaputte Heizungen können repariert werden.
- Beantragung Klimabonus I+II zeitlich gestaffelt nach dem Alter der Technik:
 - ab 2024 älter als 40 Jahre (Herstelldatum bis 31.12.1984)
 - ab 2025 älter als 35 Jahre, ab 2026 älter als 30 Jahre
- Für alle anderen Gebäudeeigentümer bleibt die bisherige Förderung erhalten.

Quelle: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/04/20230419-bundesregierung-einigt-sich-auf-neues-foerderkonzept-fuer-erneuerbares-heizen.html>



„Wenn wir Kipppunkte erreichen,
können wir nicht einfach sagen:
wir schalten Technologie wieder aus“.
(Maja Göpel)



Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

Die unaufhaltbaren tiefen Frequenzen in der Klubkultur

Prof. Dr. Berndt Zeitler
Hochschule für Technik Stuttgart

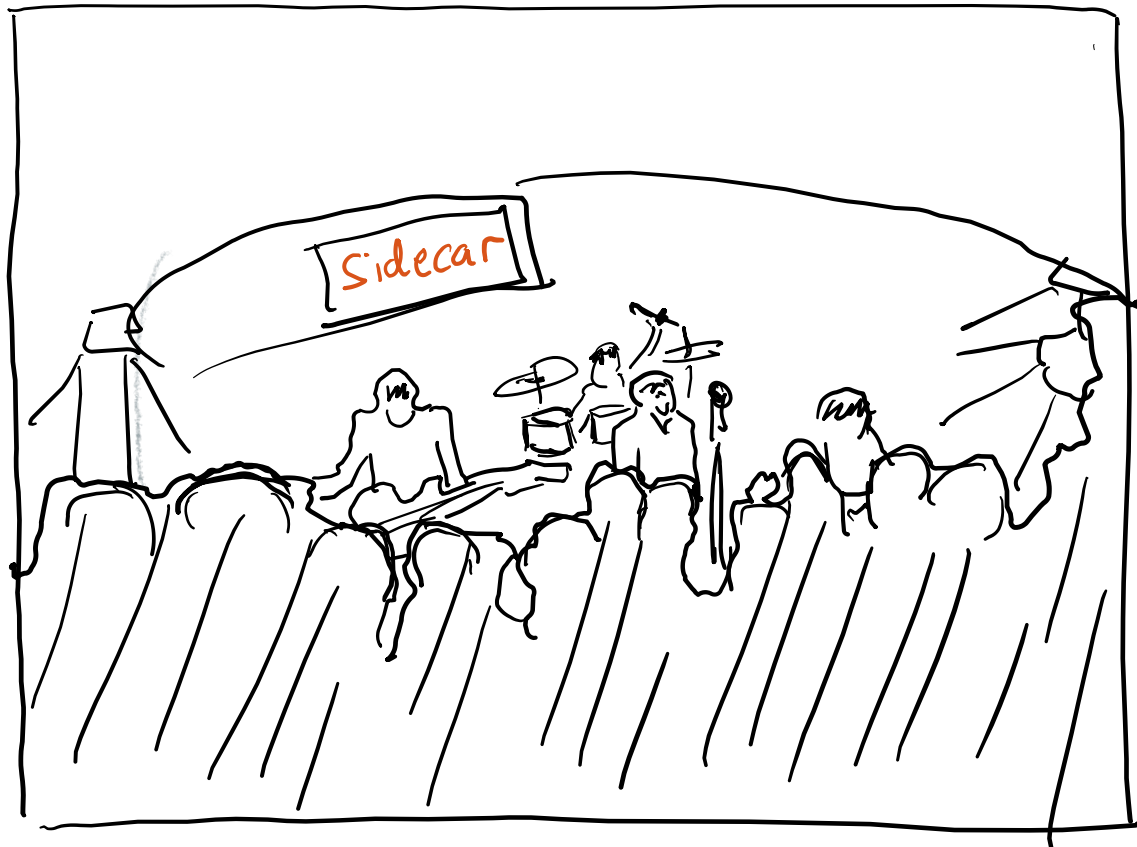
Kultur, auch in der Nacht, ist wichtig für das Wohlergehen der Menschen. Leider können aber die entstehenden künstlerischen Geräusche, wenn sie z.B. in einem Schlafraum gelangen, als Lärm empfunden werden. Die störenden Komponenten liegen dabei meistens bei den tiefen Frequenzen. In diesem Beitrag werden die Phänomene, wie z.B. Schalldämmung, Ausbreitung und unter anderem Beugung die dazu beitragen, dass die tiefen Frequenzen meist zu den Störungen führen, kurz an einem Fallbeispiel geschildert und mit Hörbeispielen verdeutlicht.

Die unaufhaltbaren tiefen Frequenzen in der Klubkultur

*Berndt Zeitler, HFT Stuttgart
Sommerkolloquium 2023*

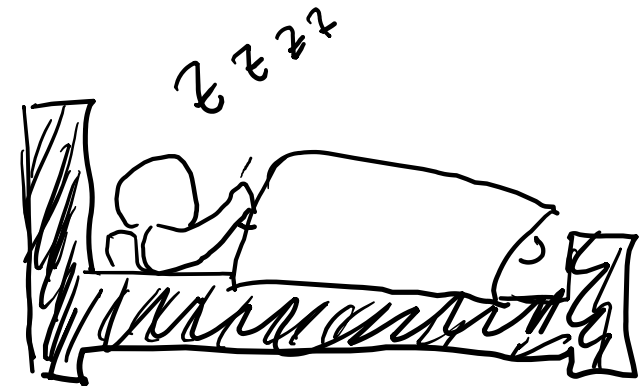
Motivation

Vergnügen



vs

Entspannen/Erholen



Kontext



Neue Regelwerke
und alte
(Kultur)Konflikte

FREITAG, 23. SEPTEMBER 2022

Schallgeschützte Clubkultur

Moderation: Christian Popp

- 09:15** Das Problem heißt BÄSSE – Warum die tiefen Frequenzen überall hinkommen
Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler - Stuttgart
- 09:45** Normativer „Schallschutz“ für die Clubkultur? Berliner Sicht und Erfahrungen mit Veranstaltungen draußen
Dr. Dirk Liebrecht - Berlin
- 10:15** Fragen + Diskussion
anschließend Kaffeepause
- 11:00** In Hamburg sind die Nächte lang – akustische Nachbarschaftsprobleme der Clubkultur
Thore Debor - Hamburg
- 11:30** Live-Kultur braucht Termine – was der Fußball-WM recht ist, muss den Clubs billig sein
Marc Wohlrabe - Berlin
- 12:00** Abschlussdiskussion auf dem Podium
Moderation: Margit Bonacker
Thore Debor - Hamburg
Dr. Dirk Liebrecht - Berlin
Marc Wohlrabe - Berlin
Prof. Dr. Berndt Zeitler - Stuttgart



Sitzung „Schallschutz im Umfeld von Musikclubs 1“
Mi. | Y 5

98	DAGA 2023	Programm
14:00	Wieviel Musik verträgt eine Stadt? Für einen neuen Umgang mit musikalischen Schallkonflikten Thore Debor, Clubkombinat Hamburg e.V.	
14:20	Ergebnisse einer Studie zur Beurteilung von Freizeitlärm in Städten Julia Kuhlmann ^a , Christoph Brunn ^b , Jonas Egeler ^c , Christine Huth ^d , Manfred Liepert ^e , Dirk Schreckenberg ^g und Silvia Schütte ^h ^a ZEUS GmbH; ^b Öko-Institut e.V.; ^c Möhler + Partner Ingenieure AG	
14:40	Lärm von Musikclubs - Schutzziele und Minderungskonzepte Michael Jäcker-Cüppers Arbeitsring Lärm der DEGA (ALD)	
15:00	Warum tiefe Frequenzen der Klubkultur Schwierigkeiten bereiten Berndt Zeitler und Martin Schneider Hochschule für Technik Stuttgart	
15:20	Erfahrungen mit Schallpegelmessungen von Veranstaltungen Andreas Ederhof Der Lärmgutachter	
16:20	Tieffrequente Immissionen im Freizeitlärm - Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines spezifischen Mess- und Beurteilungsverfahrens für Veranstaltungslärm Benjamin Bernschütz ^a , Lukas Roskosch ^a , Christoph Pörschmann ^b , Hendrik Himmelein ^c , Jörn Latz ^d , Darius Styra ^e , Thomas Przybilla ^f und Detlef Krahé ^g ^a TH Mittelhessen, FB MuK, Eventmanagement und -technik, Gießen; ^b TH Köln, Institut für Nachrichtentechnik; ^c Kramer Schalltechnik GmbH; ^d Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW; ^e Bergische Universität Wuppertal	
16:40	Hamburg St. Pauli - Musik und Wohnen rund um die Reeperbahn Markus Jordan Bezirksamt Hamburg-Mitte	
17:00	Verminderung der Schallemissionen urbaner Open Airs durch mobile Schallschutzwände Julian Stelling, Steffen Lepa, David Ackermann und Stefan Weinzierl TU Berlin, Fachgebiet Audiokommunikation	
17:40	Proaktives Noise Management Daniel Belcher d&b audiotechnik GmbH & Co. KG	
18:00	Eine Experimentierklausel zur TA Lärm als Instrument zur Lösung von Lärmkonflikten? Dirk Liebrecht Senatsverwaltung für UMVK, Berlin	
18:20	Konzept einer Studie zur Beurteilung von Freizeitlärm in Städten Jonas Egeler ^a , Christoph Brunn ^b , Christine Huth ^c , Julia Kuhlmann ^d , Manfred Liepert ^e , Dirk Schreckenberg ^g und Silvia Schütte ^h ^a Möhler + Partner Ingenieure AG; ^b Öko-Institut e.V.; ^c ZEUS GmbH	



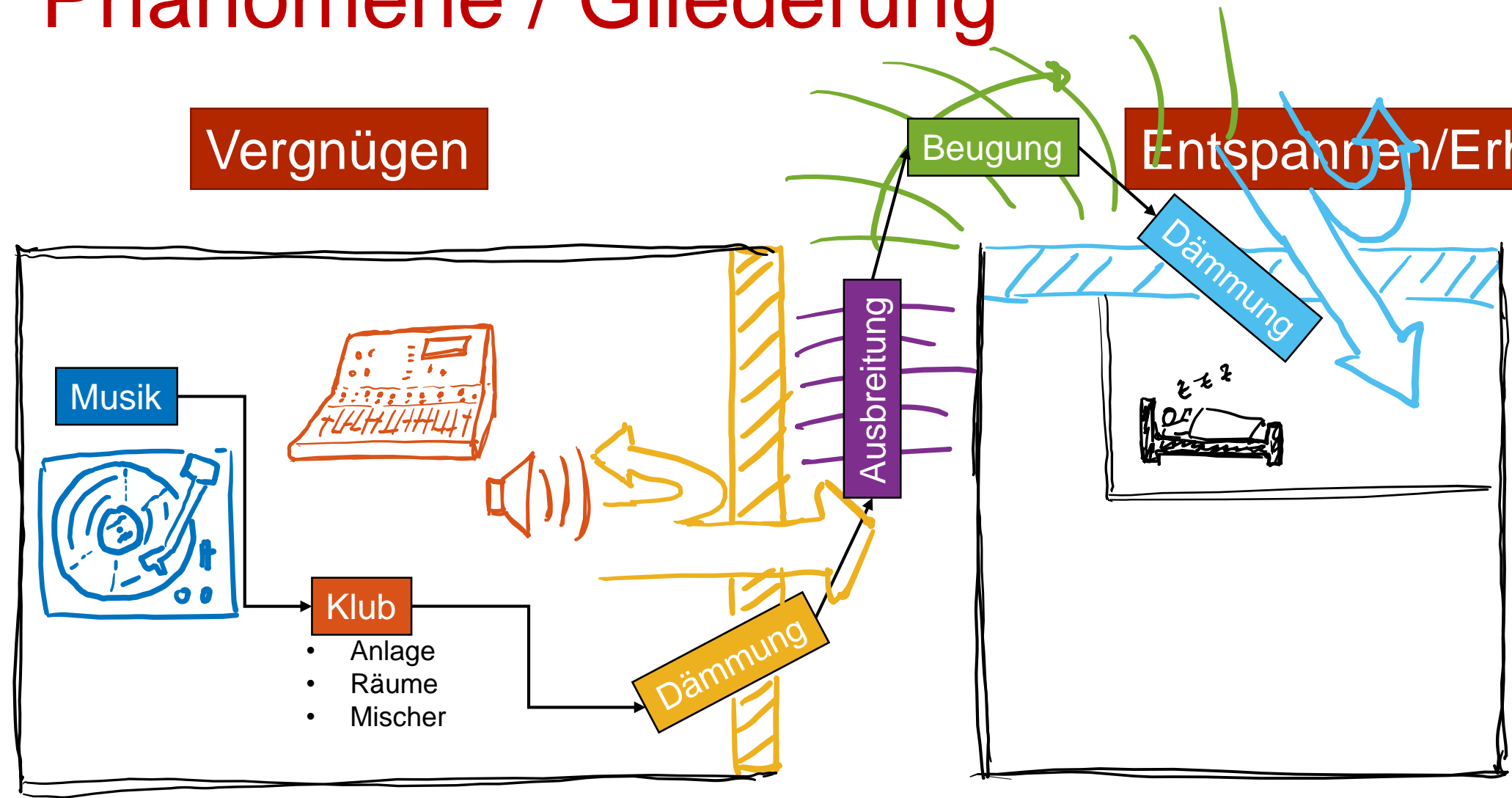
DATUM
16.-18. November 2023
Berlin

Die sechste **STADT NACH ACHT** steht unter dem Motto **NIGHT FEVER** – der Rückkehr des Nachtlebens und seiner exstatischen Versprechungen. Nach der Pandemie, die uns alle seit Jahren aus den Clubs, Bars, Theatern und anderen Orten einer nächtlicher Kultur verbannt hat, können wir uns jetzt fast überall wieder in wilde Ausschweifungen stürzen und uns genüßlich der Vorfreude auf das nächste Kulturereignis hingeben.

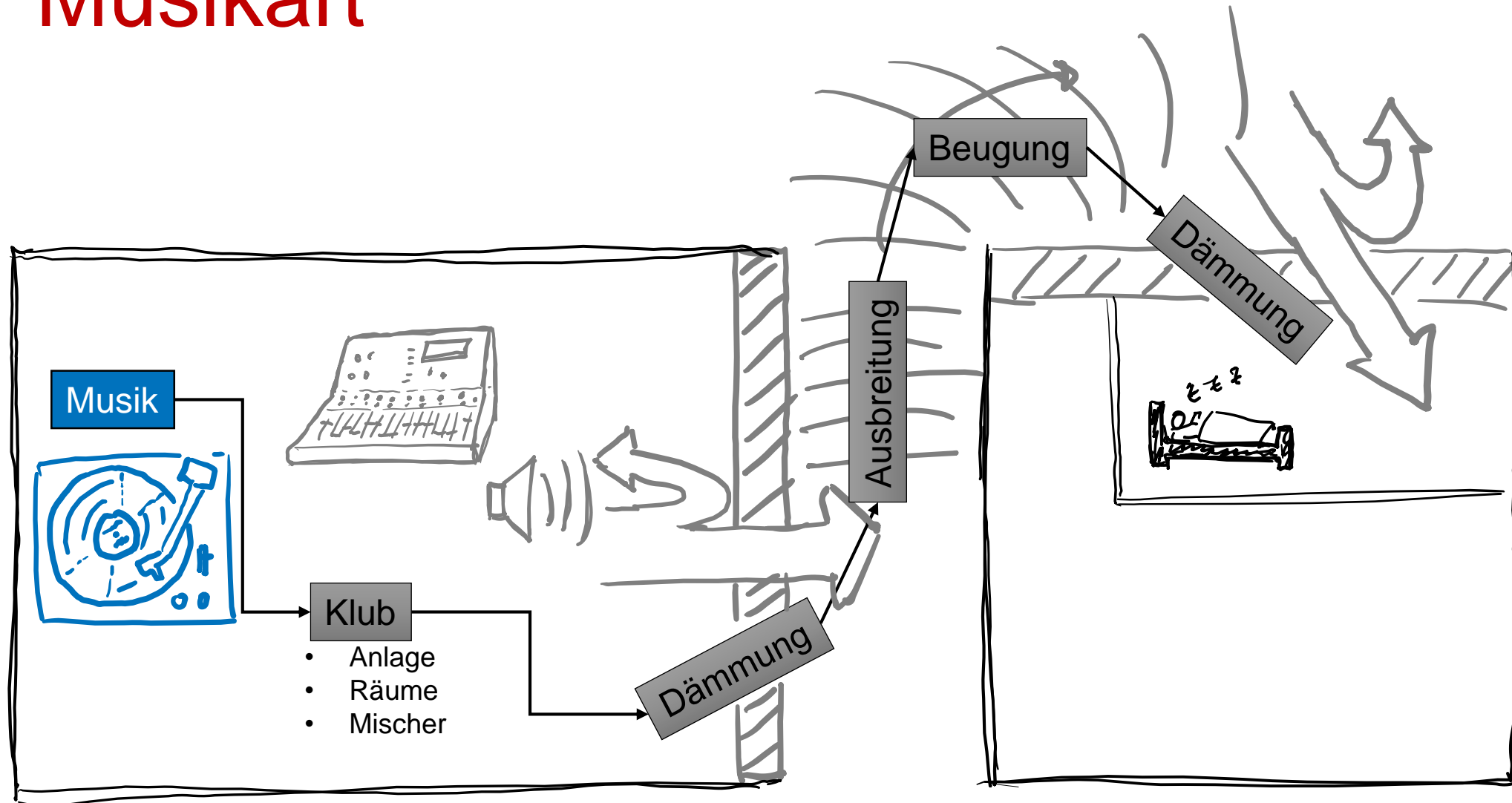
Phänomene / Gliederung

Vergnügen

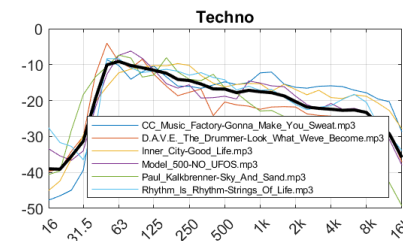
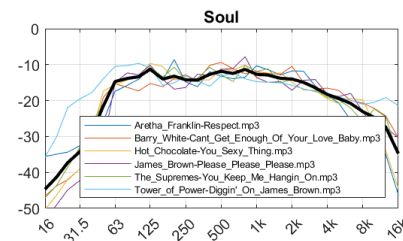
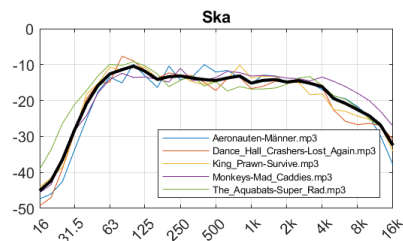
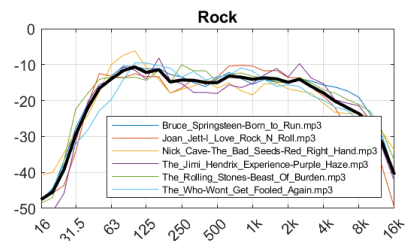
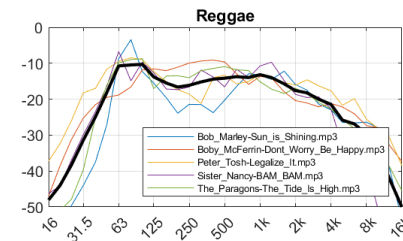
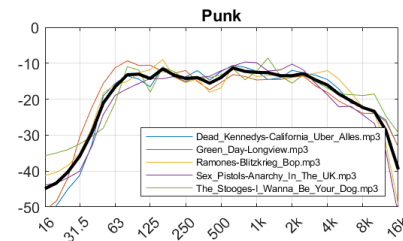
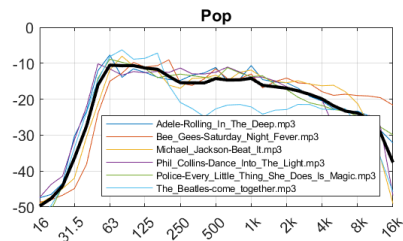
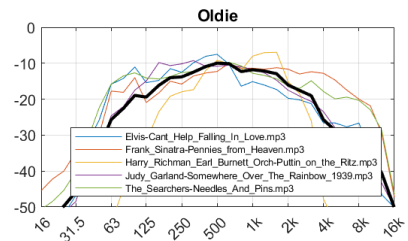
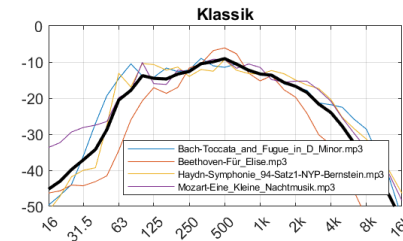
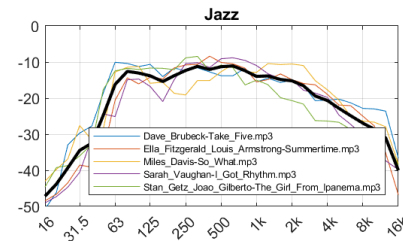
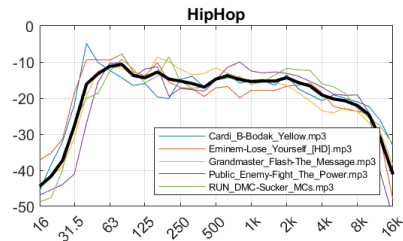
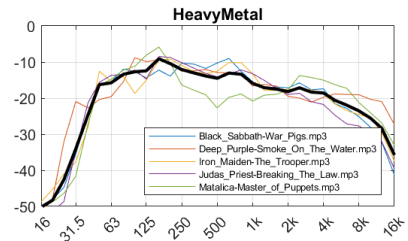
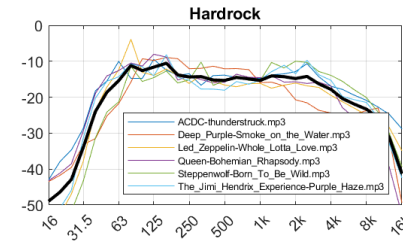
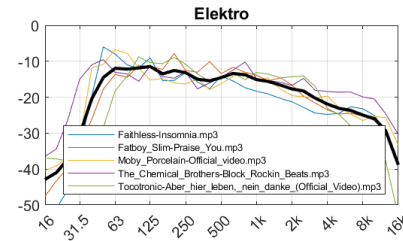
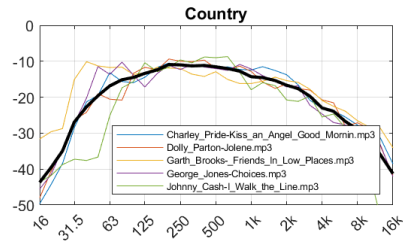
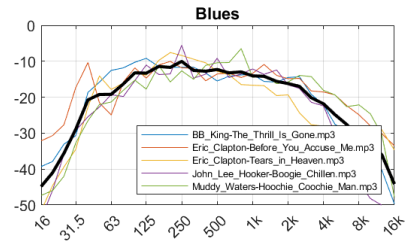
Entspannen/Erholen



Musikart

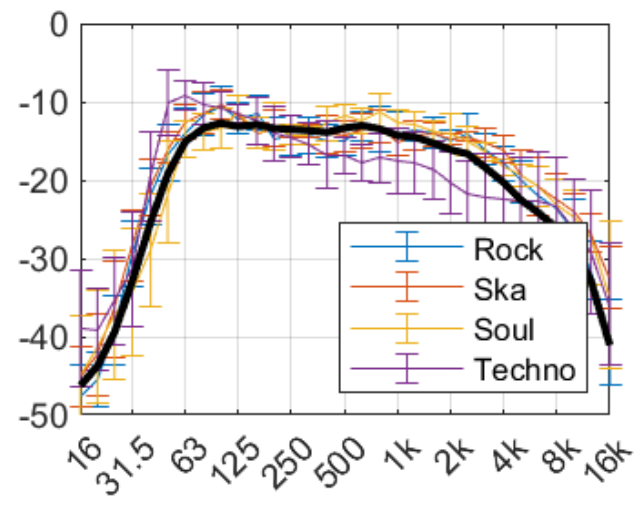
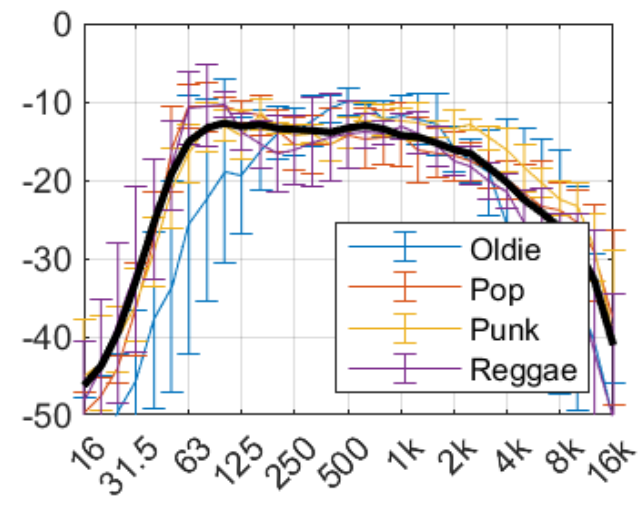
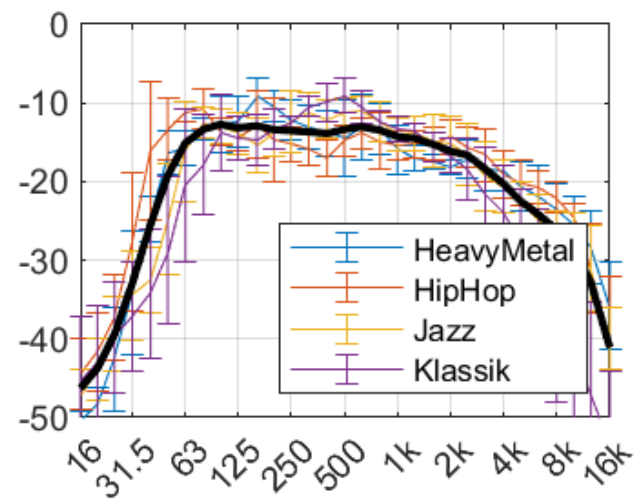
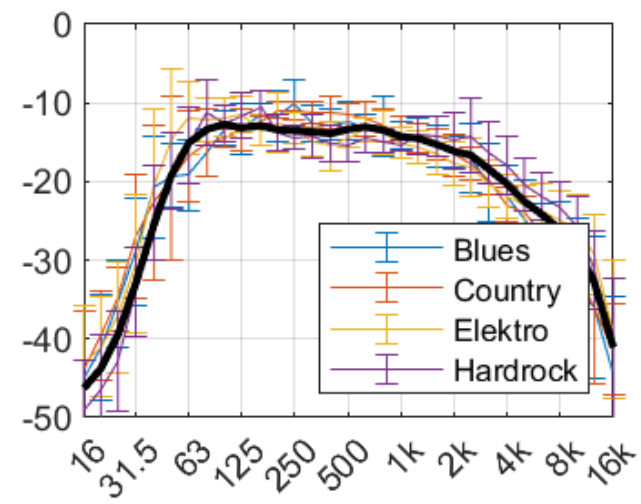


Musik Art



- Blues
- Country
- Elektro
- Hardrock
- Heavy Metal
- Hip Hop
- Jazz
- Klassik
- Oldies
- Pop
- Punk
- Reggae
- Rock
- Ska
- Soul
- Techno

Musik Art (Z-Bewertet)



Klassik
Für Elise
von Beethoven



Heavy Metal
Master of Puppets
von Metallica



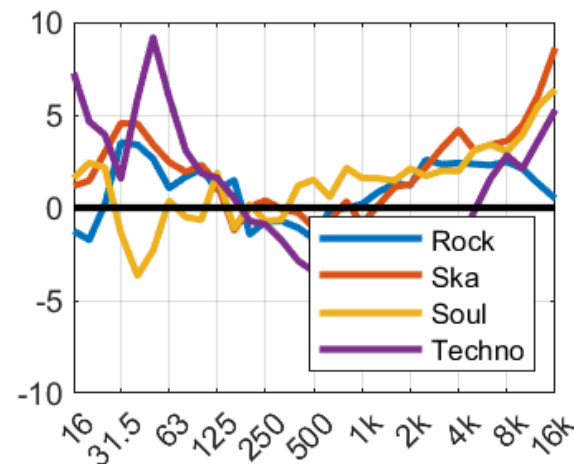
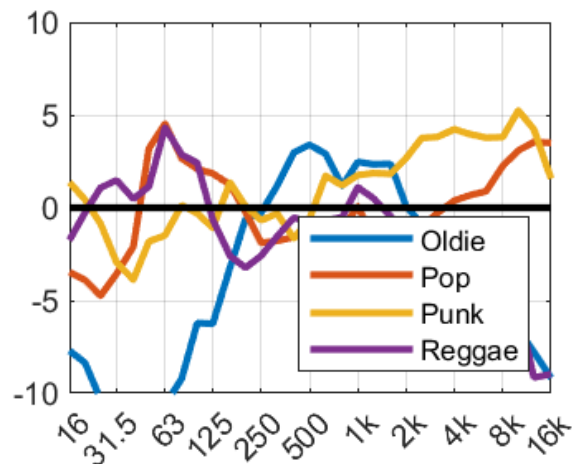
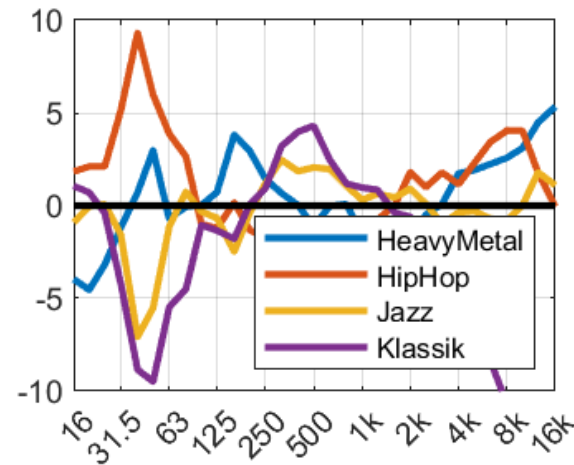
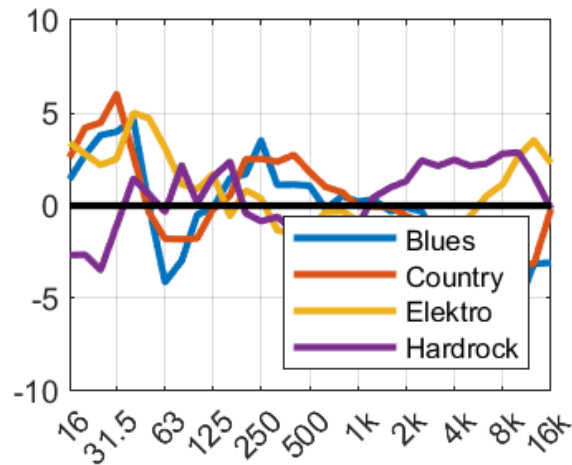
Oldie
Puttin on the Ritz
von Harry Richman



Pop
Come together
von The Beatles



Musik Art



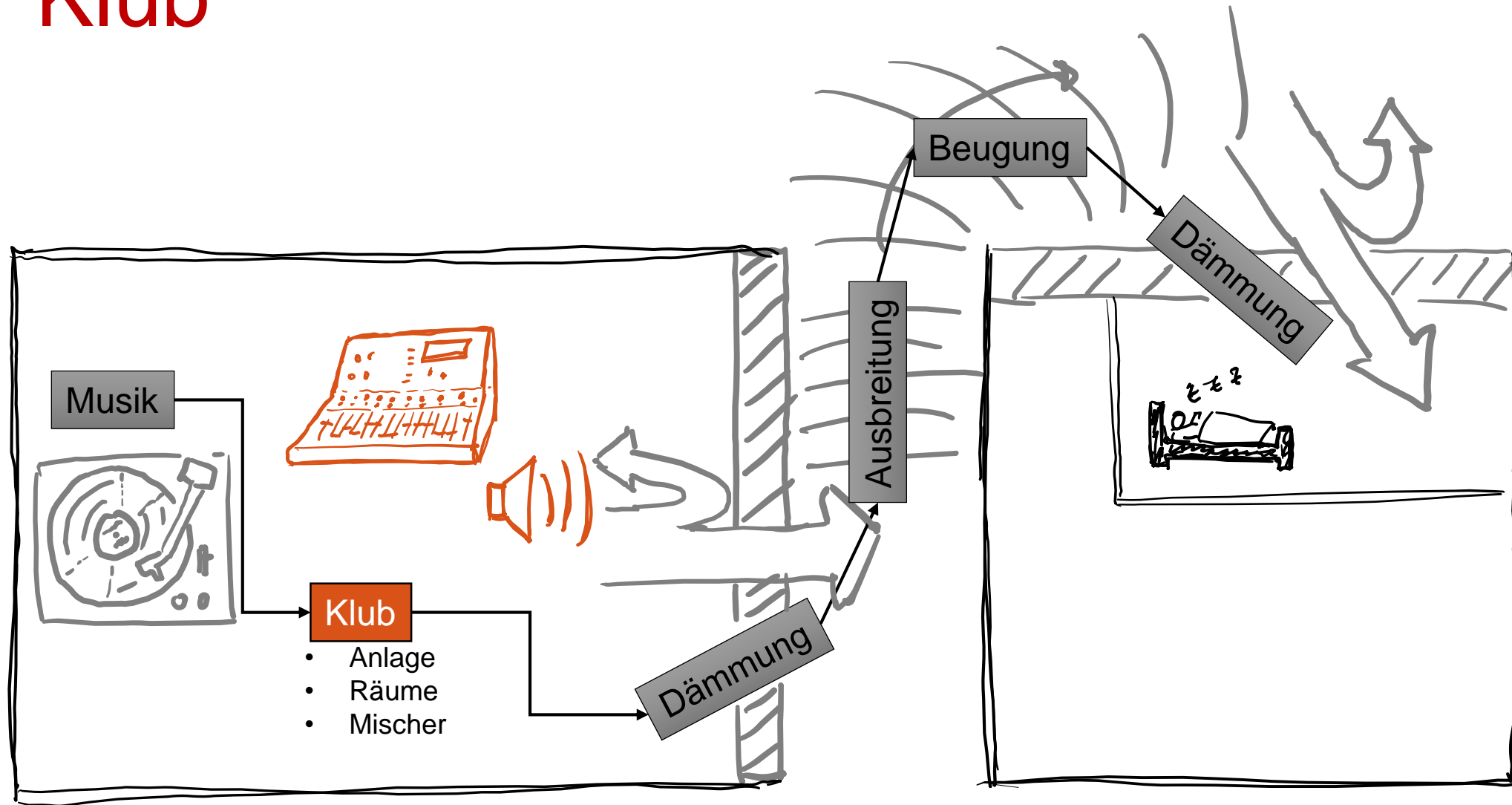
- Country, Blues und Elektro starke Bässe
- Hard Rock nicht so starke Bässe

- Hip Hop sehr starke Bässe
- Klassik und Jazz wenig Bässe

- Oldies sehr wenig Bässe

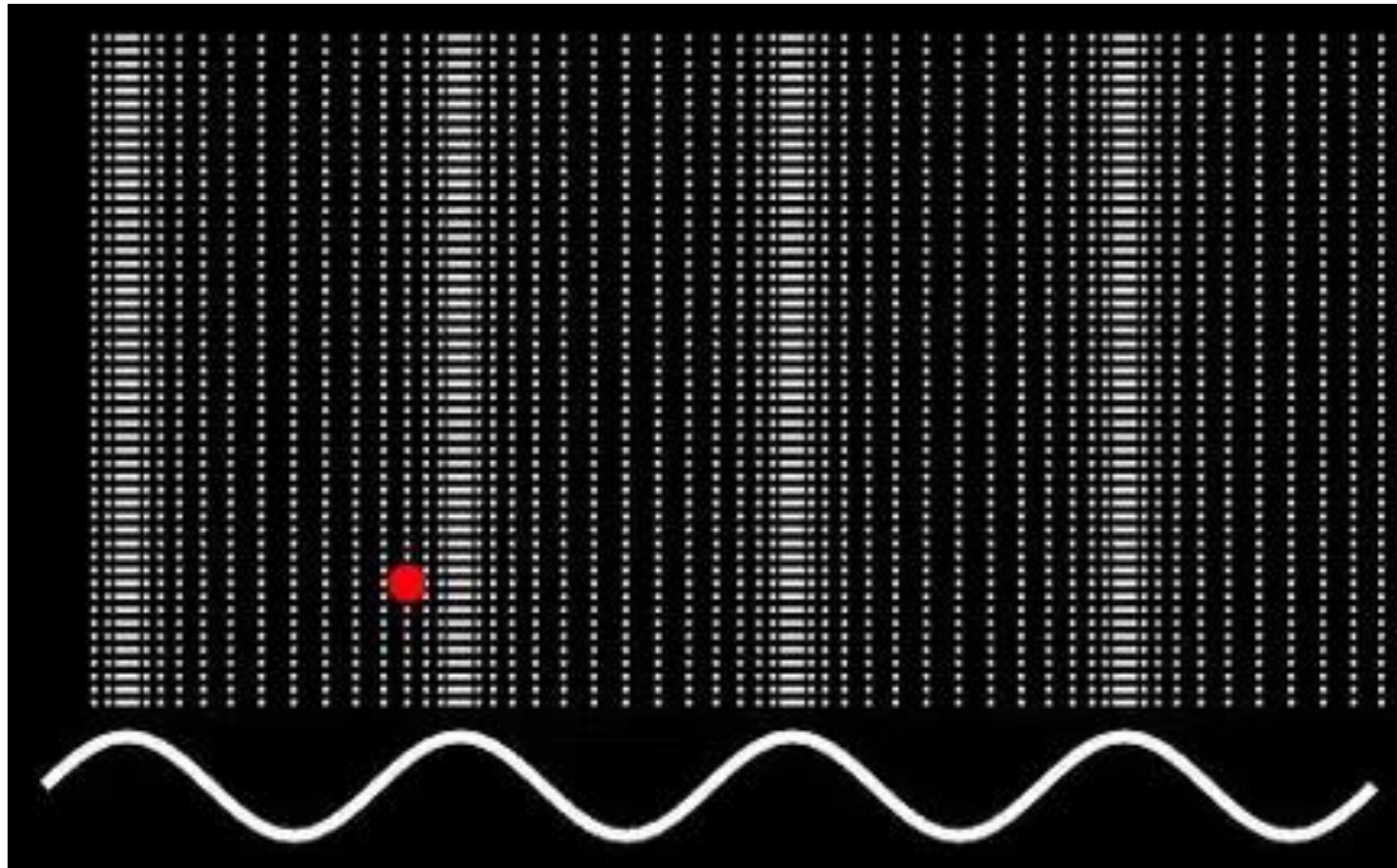
- Rock und Ska starke Bässe
- Techno sehr starke Bässe

Klub



Klub

Schallwellen



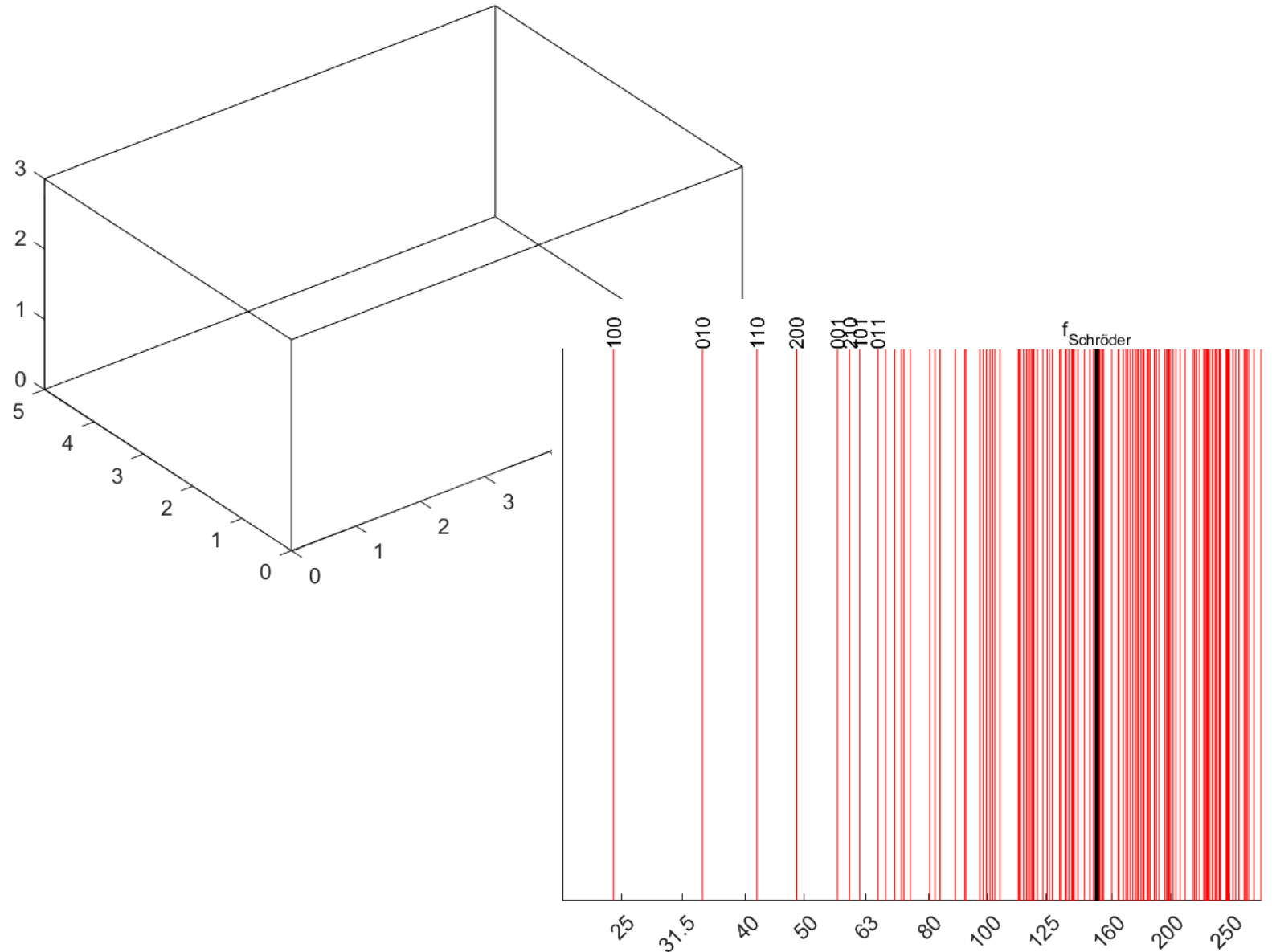
Klub

- Anlage

- Leistung
- Frequenzgang

- Raum(moden)

- Unterdrücken (EQ)
- Resonanzabsorber
- Kanten-&Eckabsorber



Klub

- Mischer
 - Präferenzen
 - Spüren 60Hz

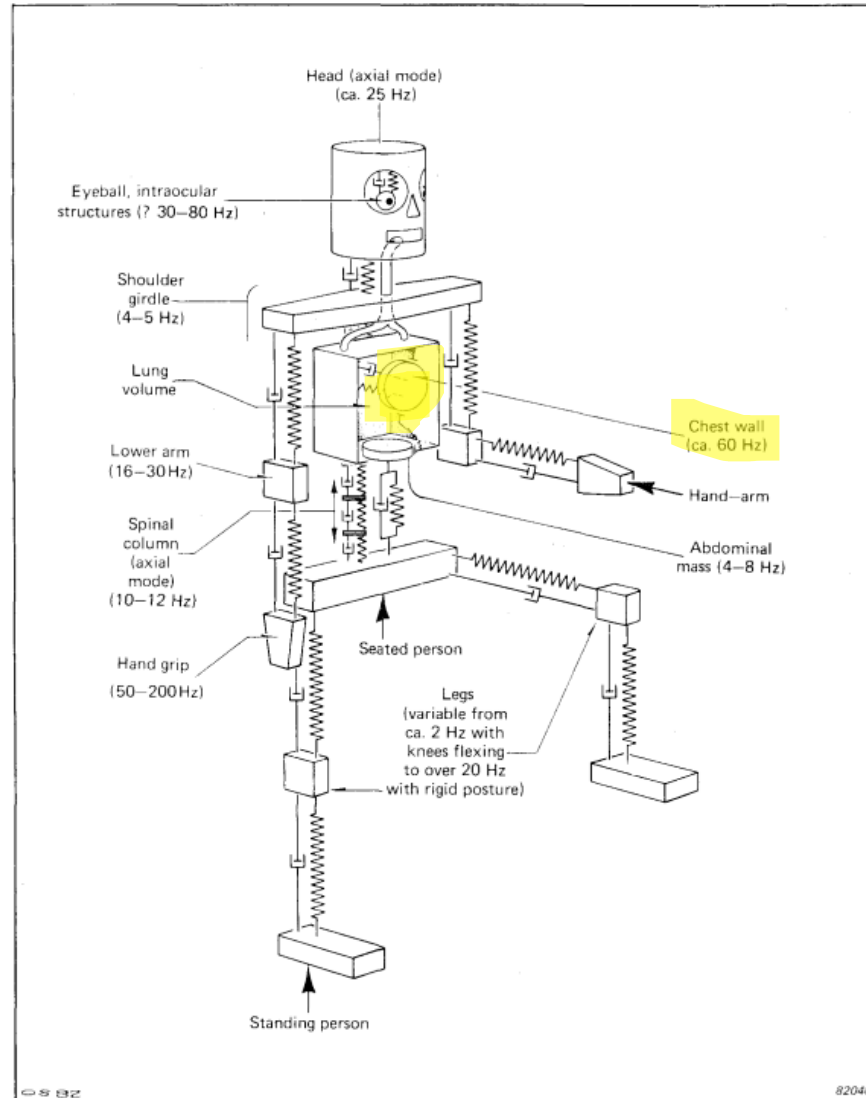
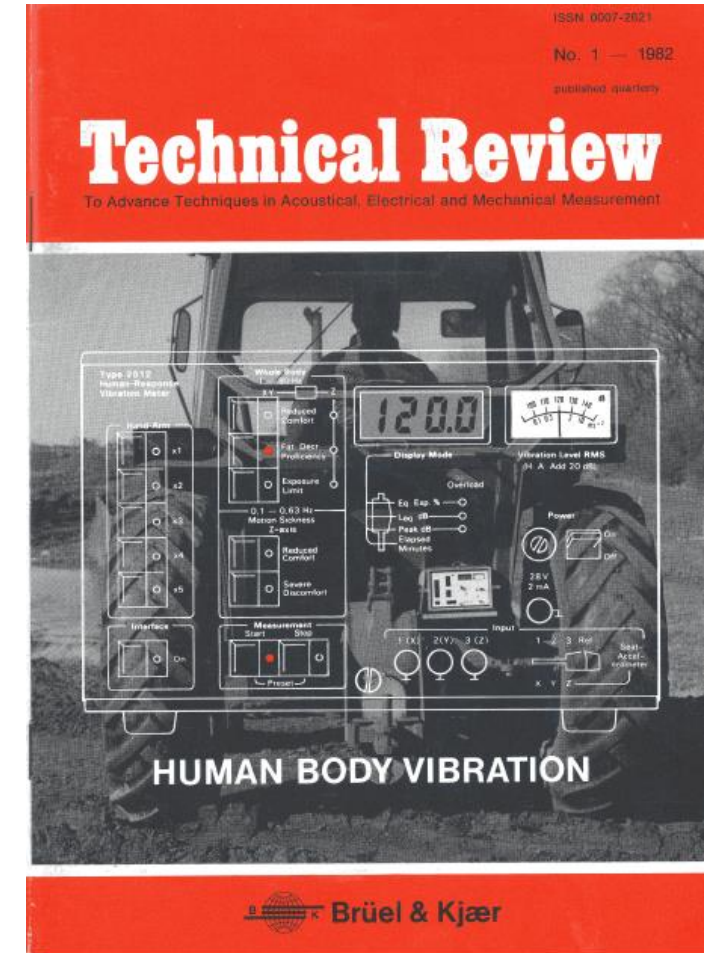
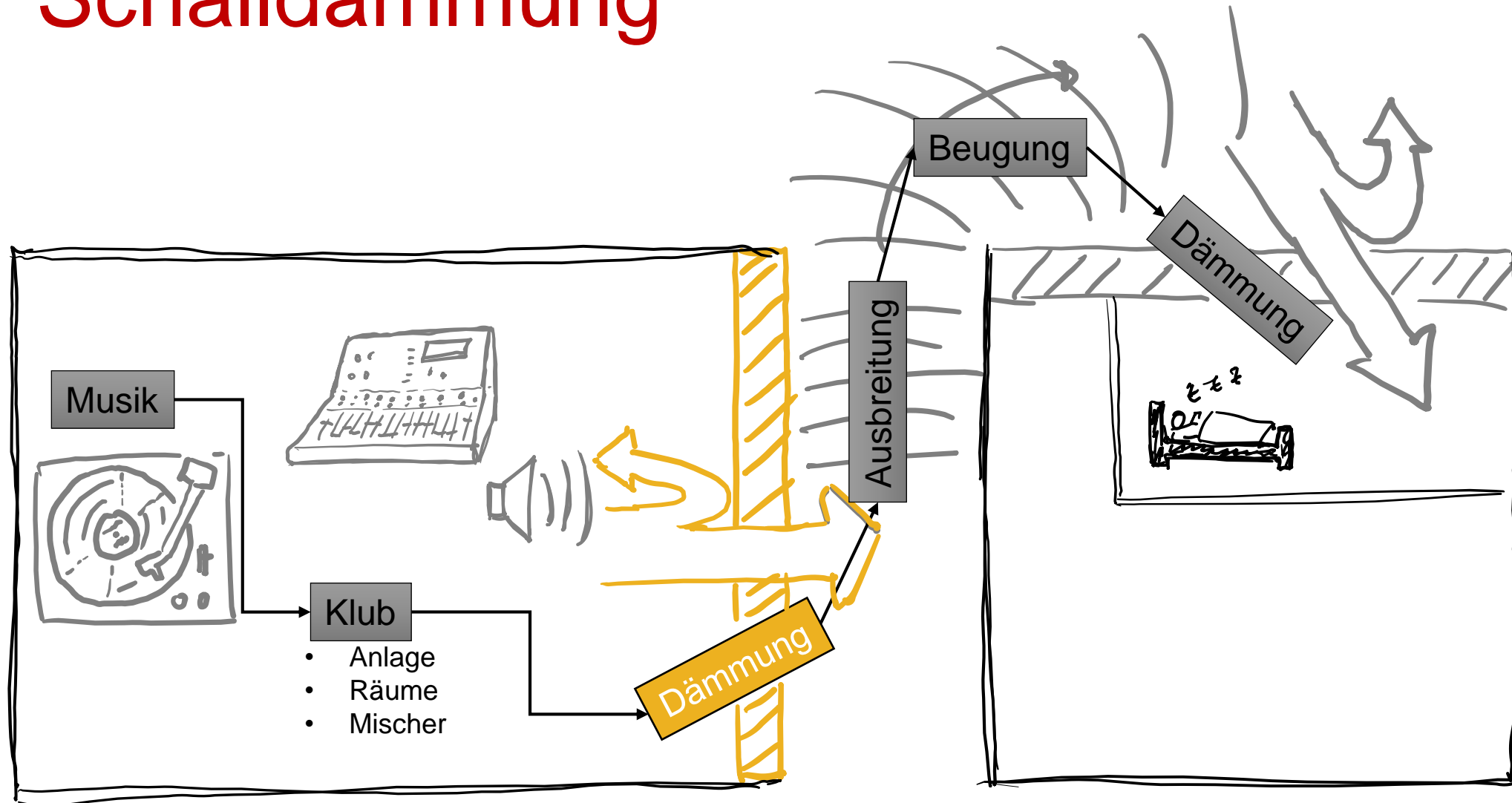


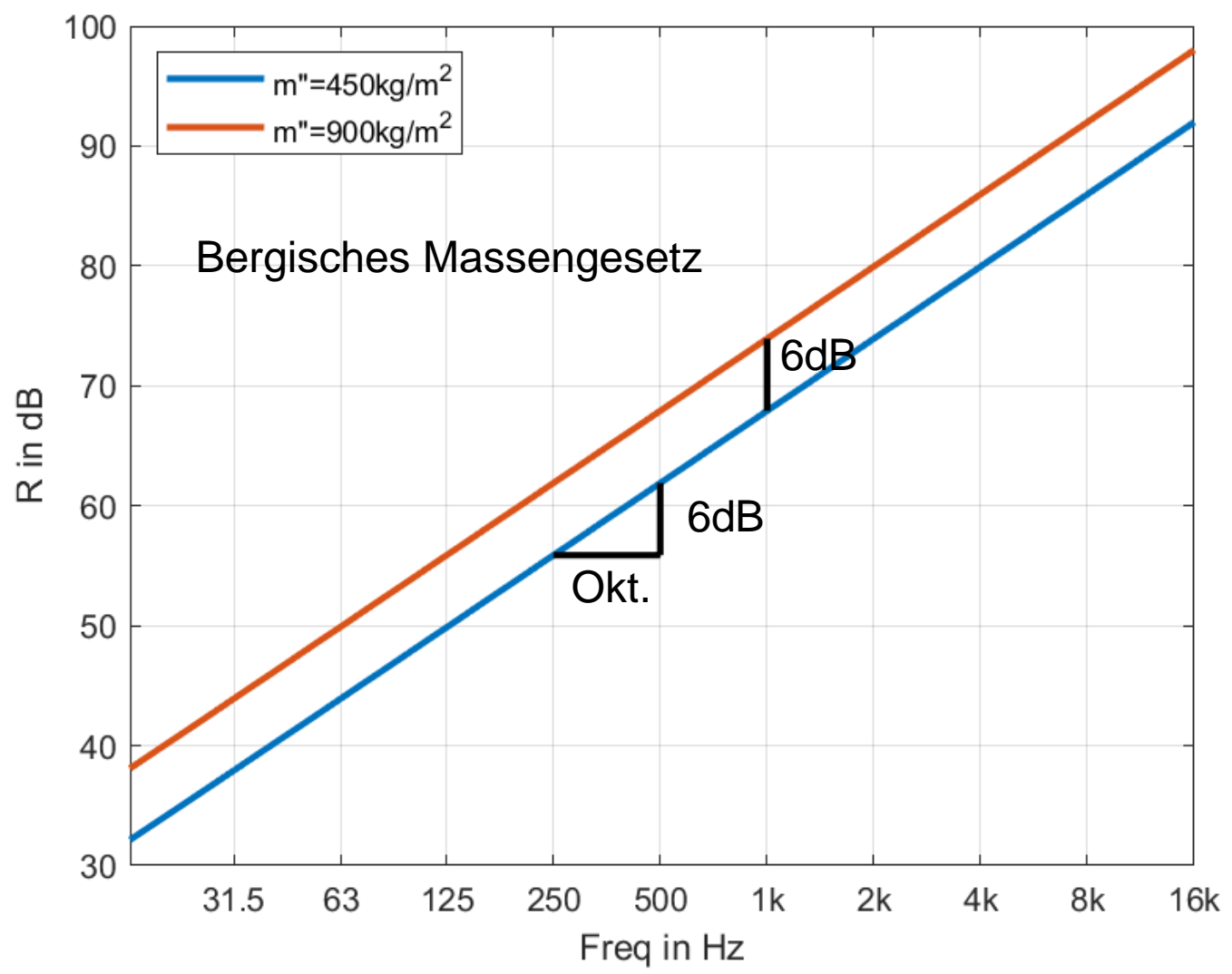
Fig. 1. Simplified mechanical system representing the human body standing on a vertically vibrating platform



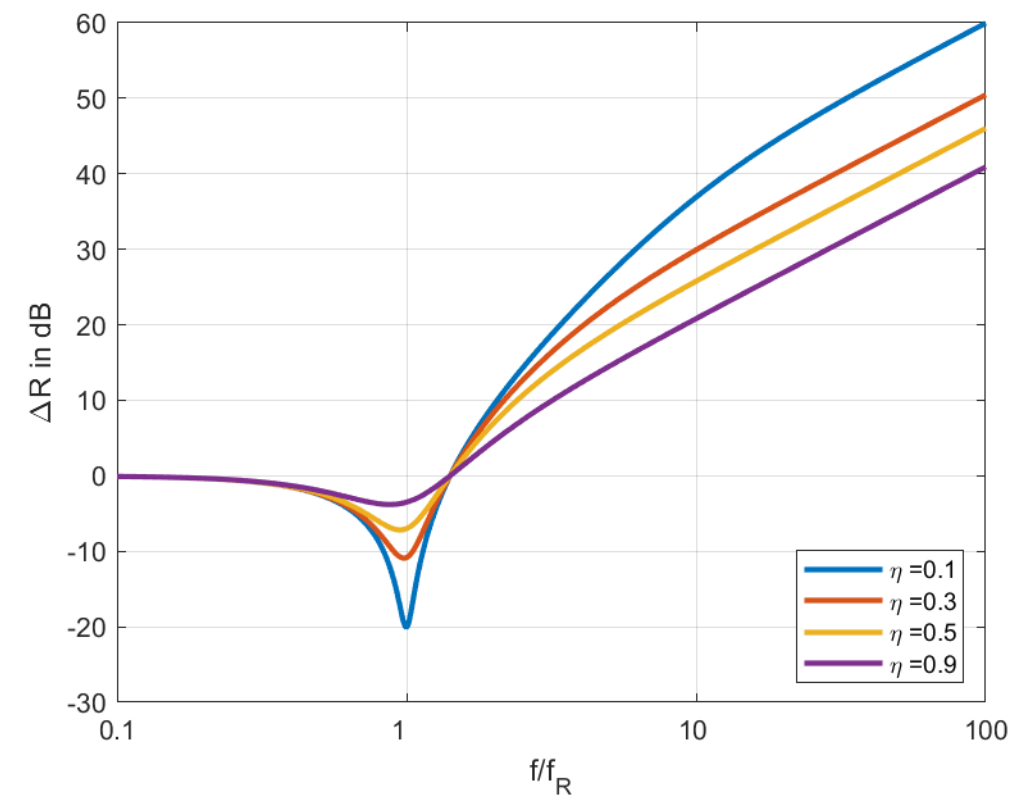
Schalldämmung



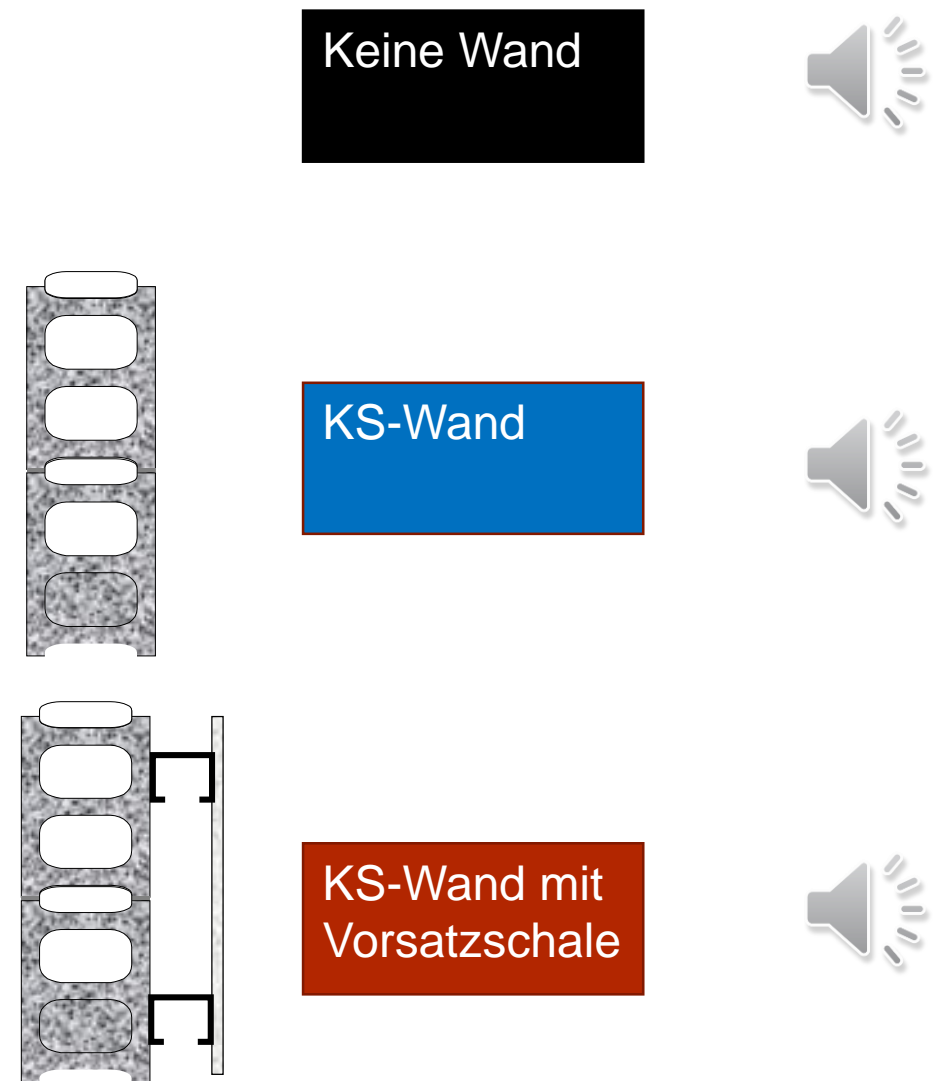
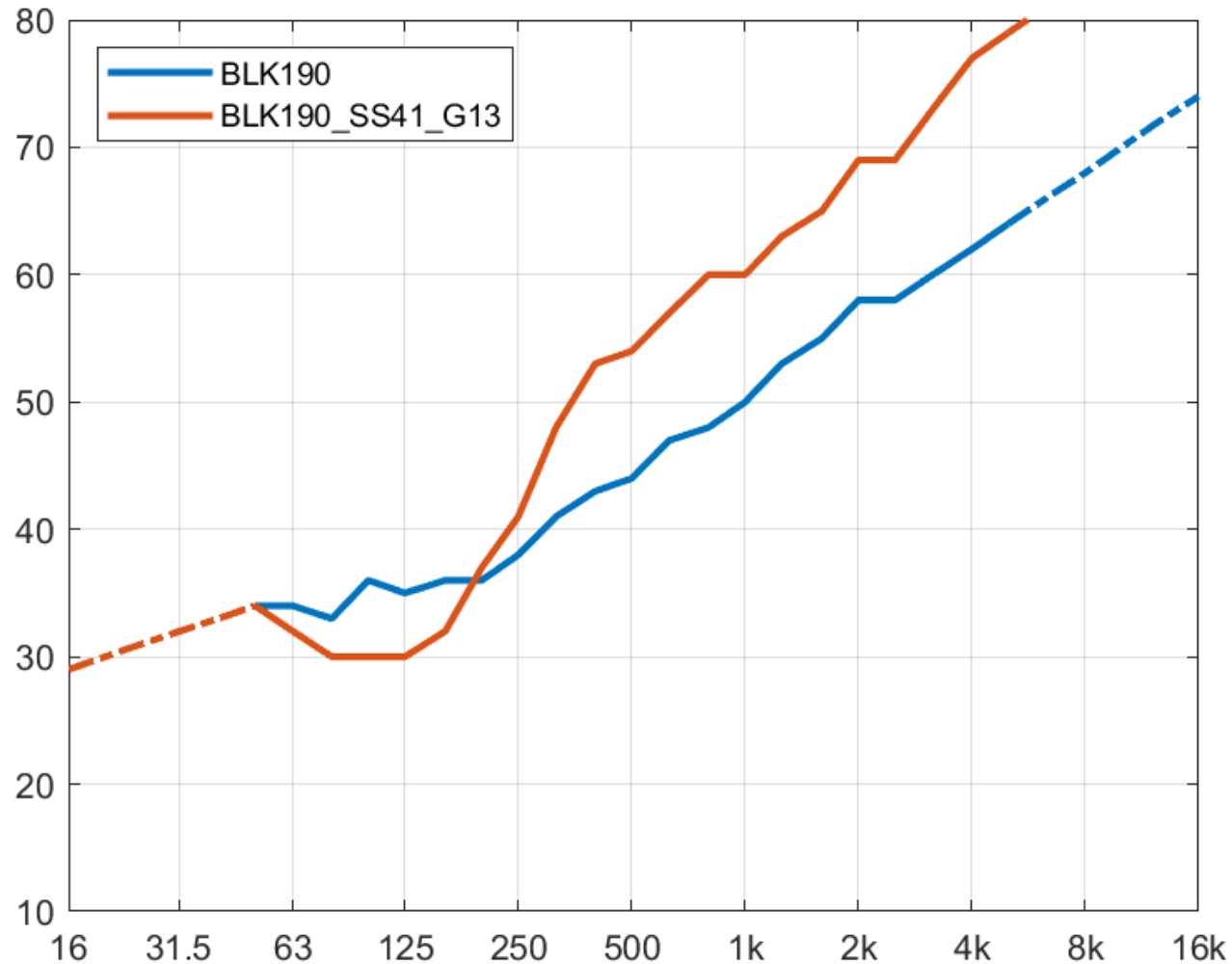
Schalldämmung



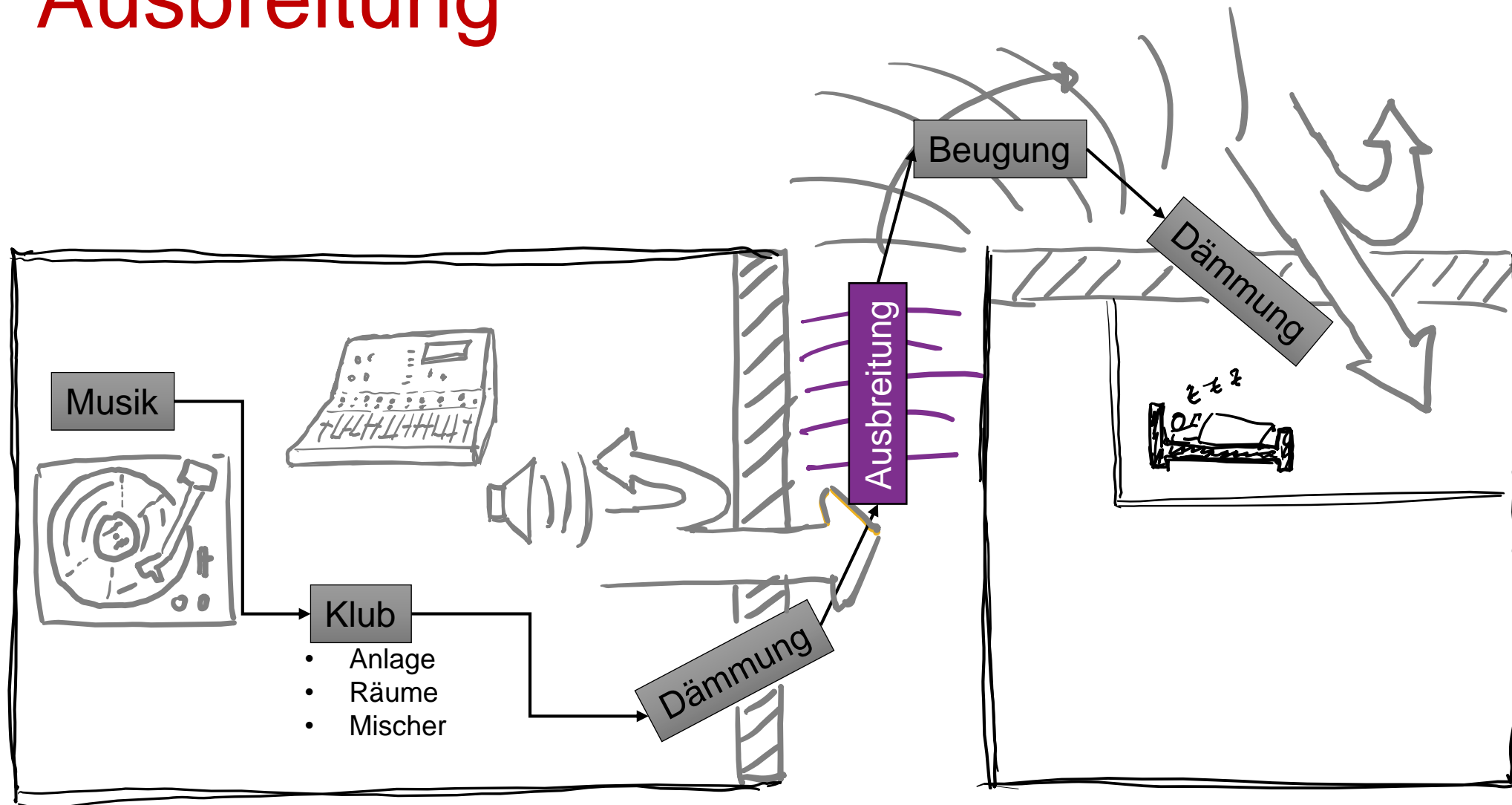
Verbesserung durch Vorsatzschalle



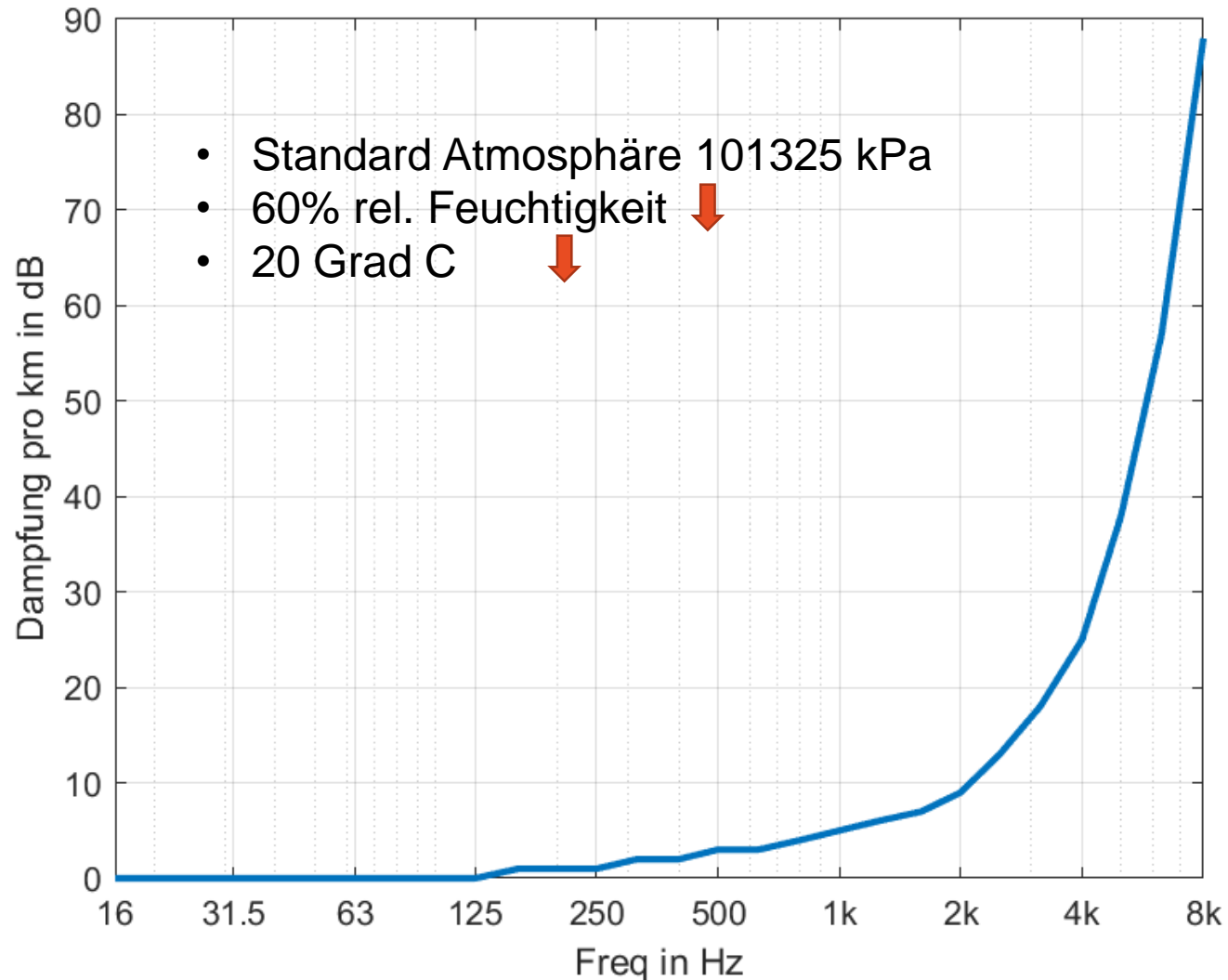
Schalldämmung



Ausbreitung



Ausbreitungsdämpfung



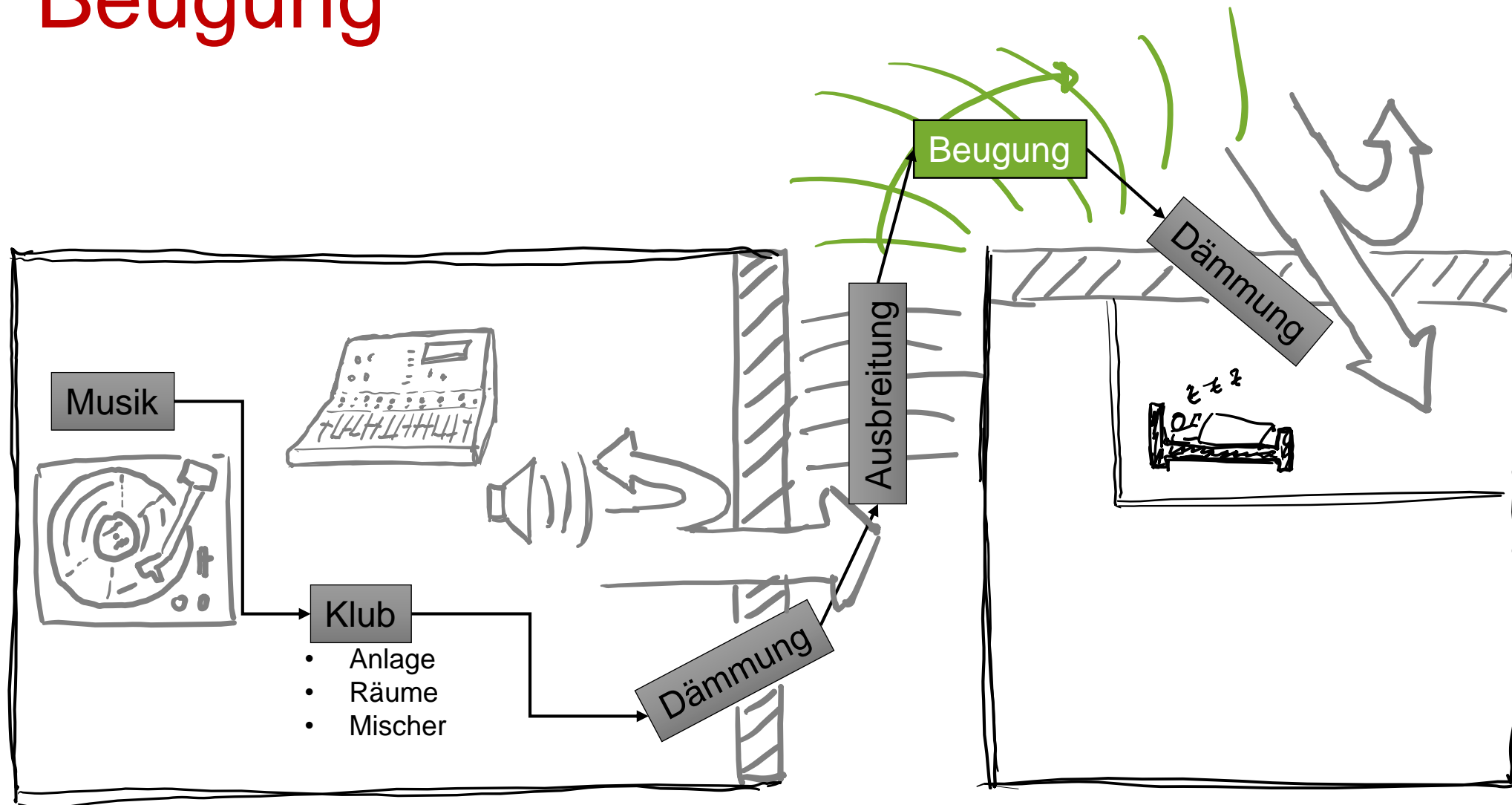
- Donner
 - 500m
 - 6km



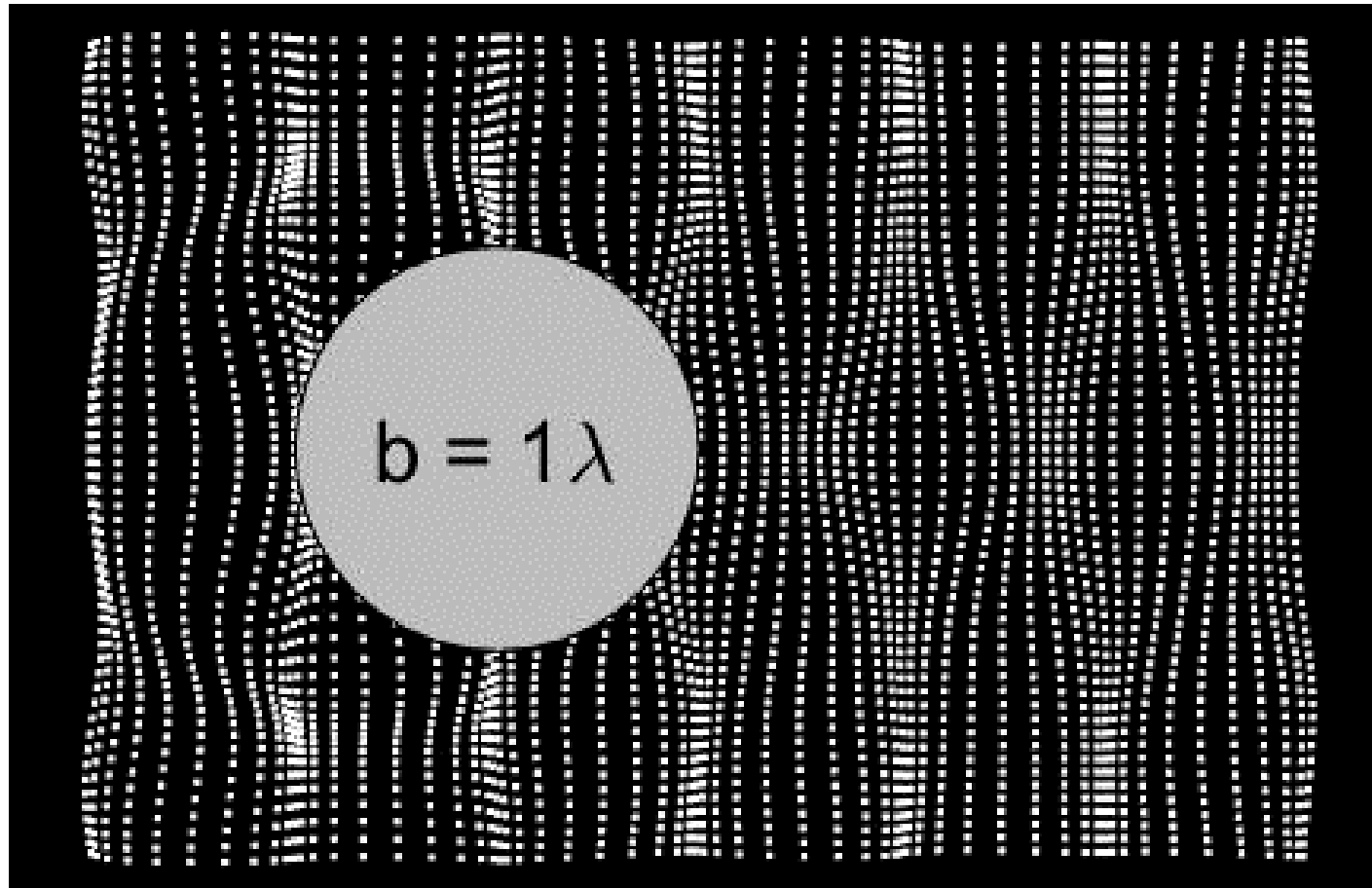
- Musik
 - 500m
 - 6km



Beugung

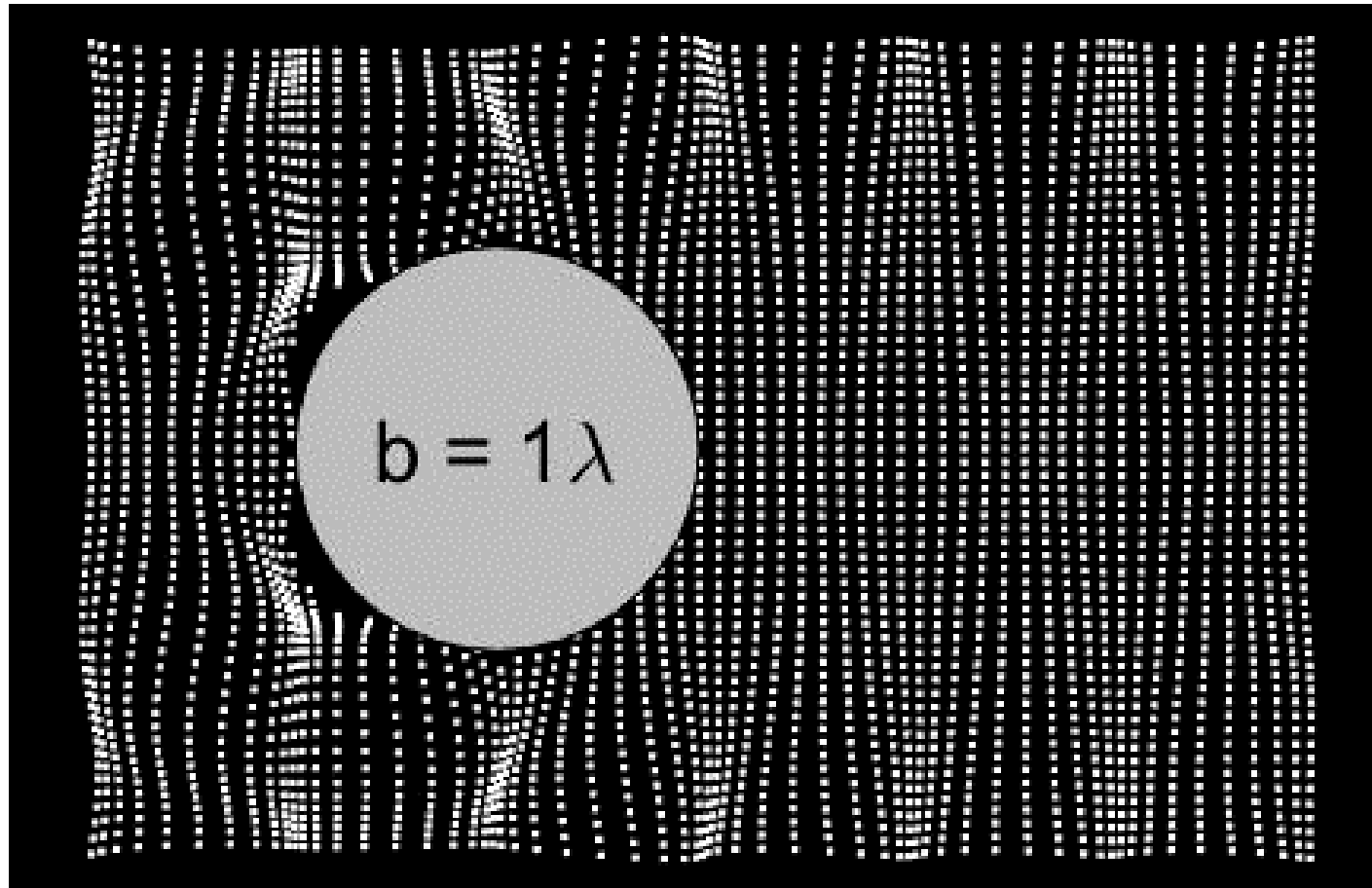


Beugung um Gegenstand



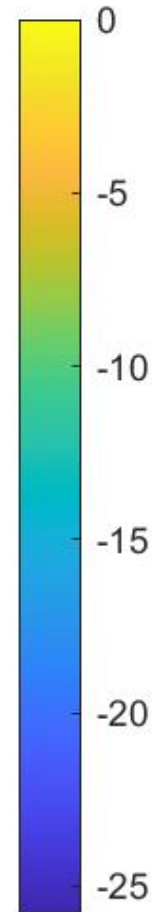
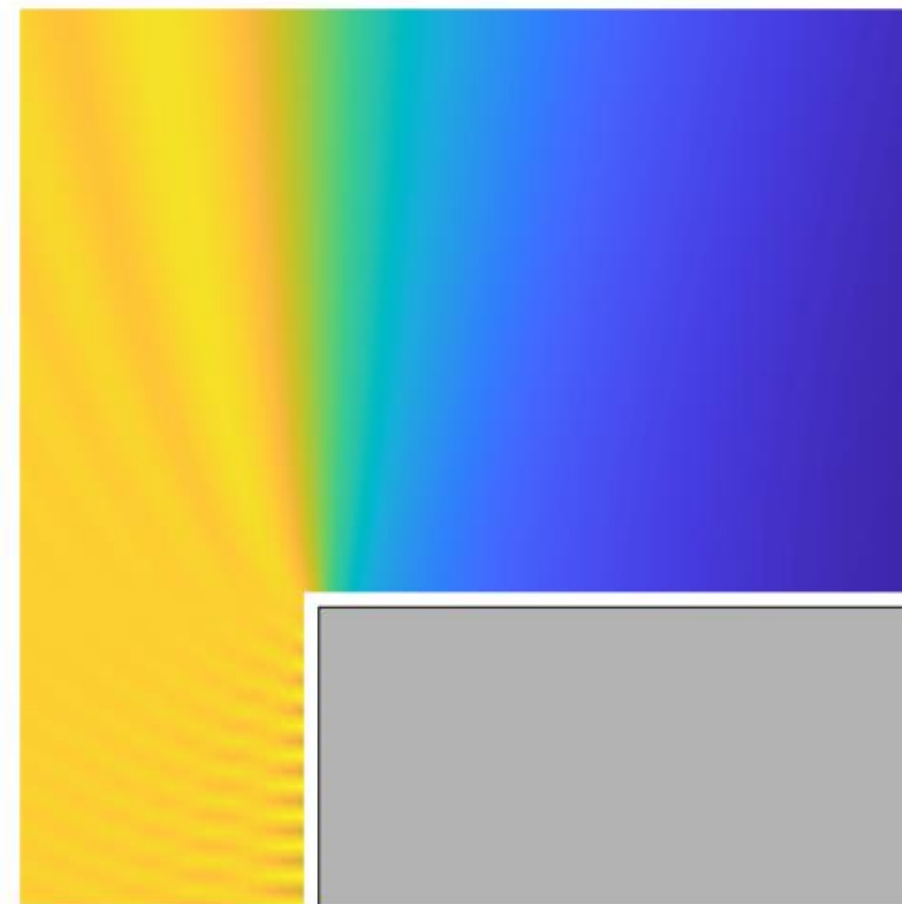
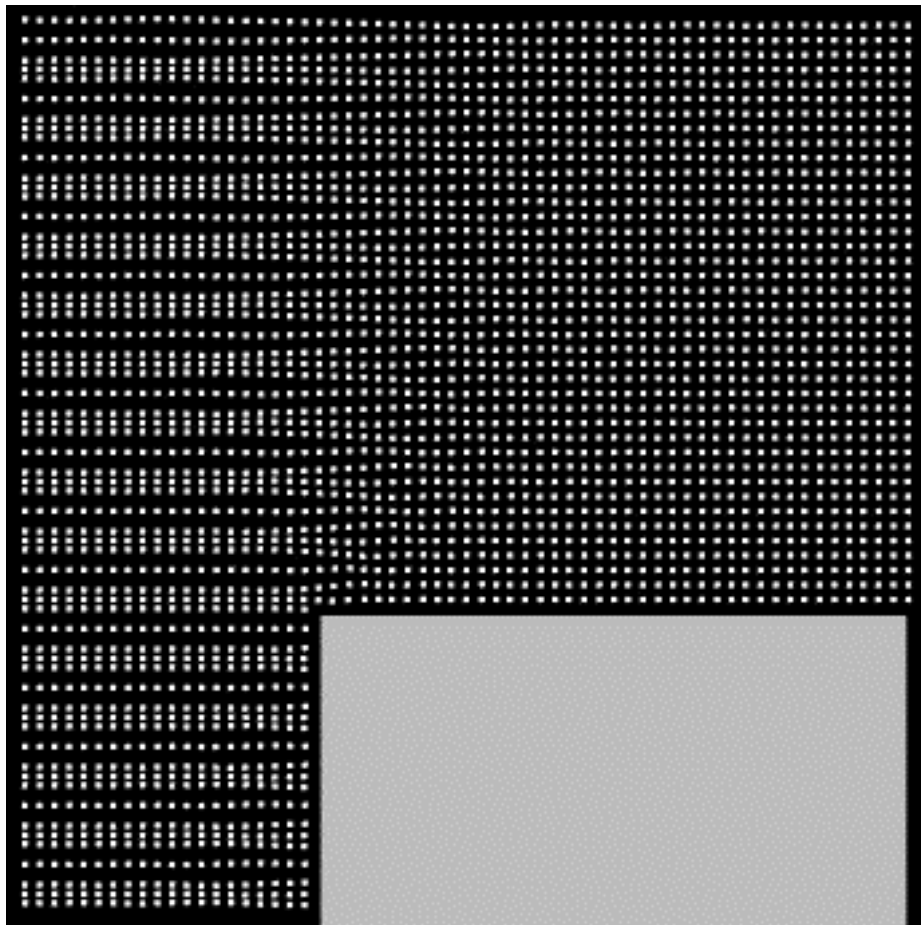
Beugung

Abhängig von
Oberflächen-
eigenschaften
(Impedanz = 0)



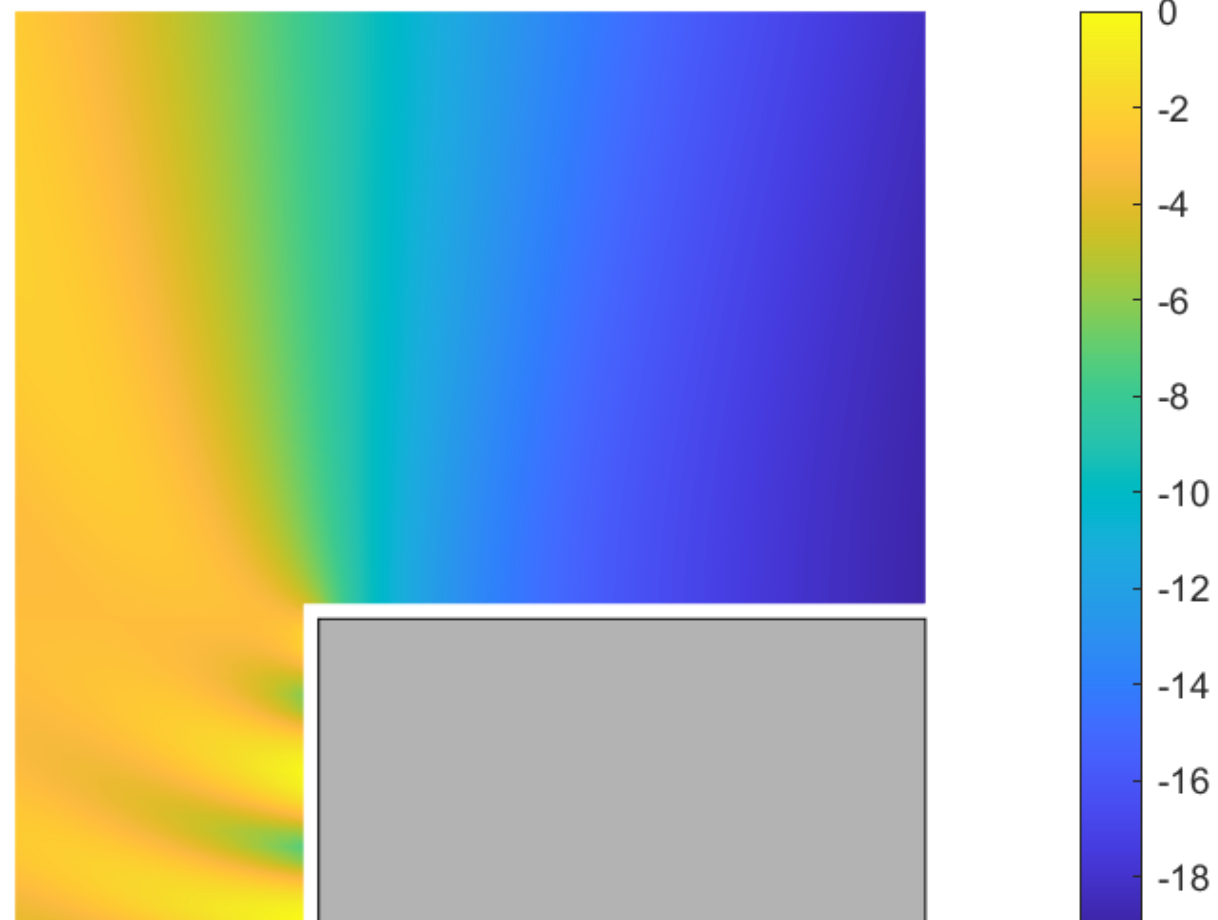
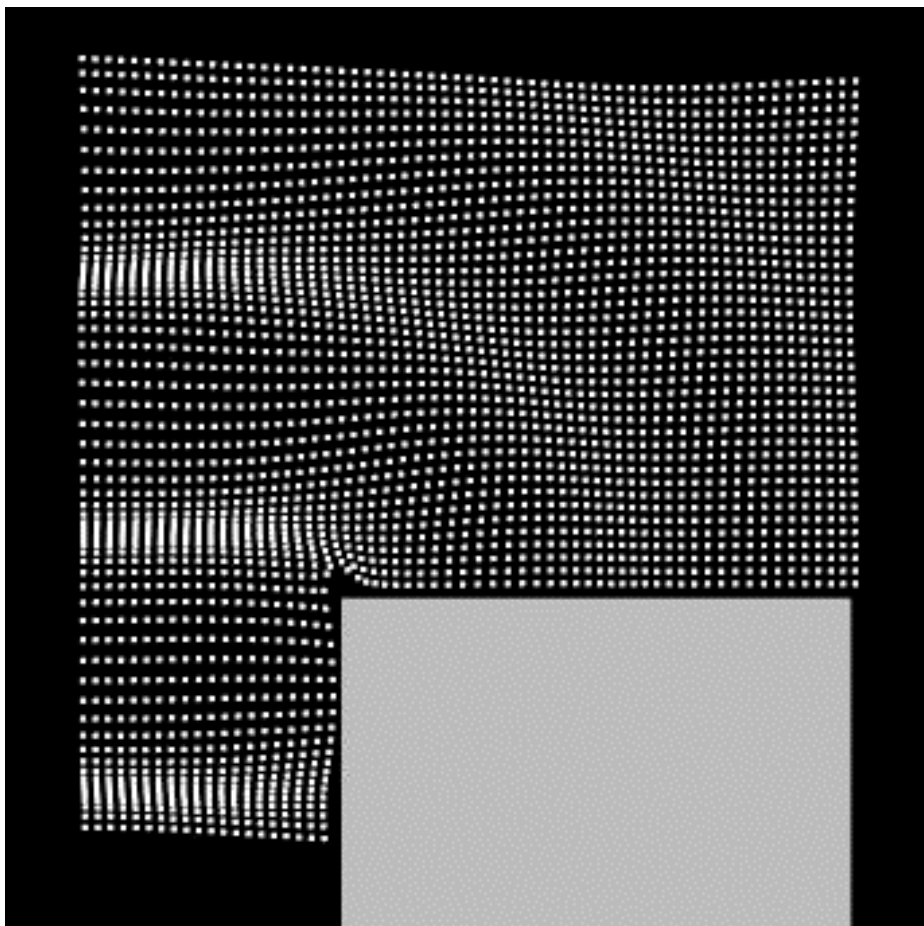
Beugung um Kante

Hochfrequent

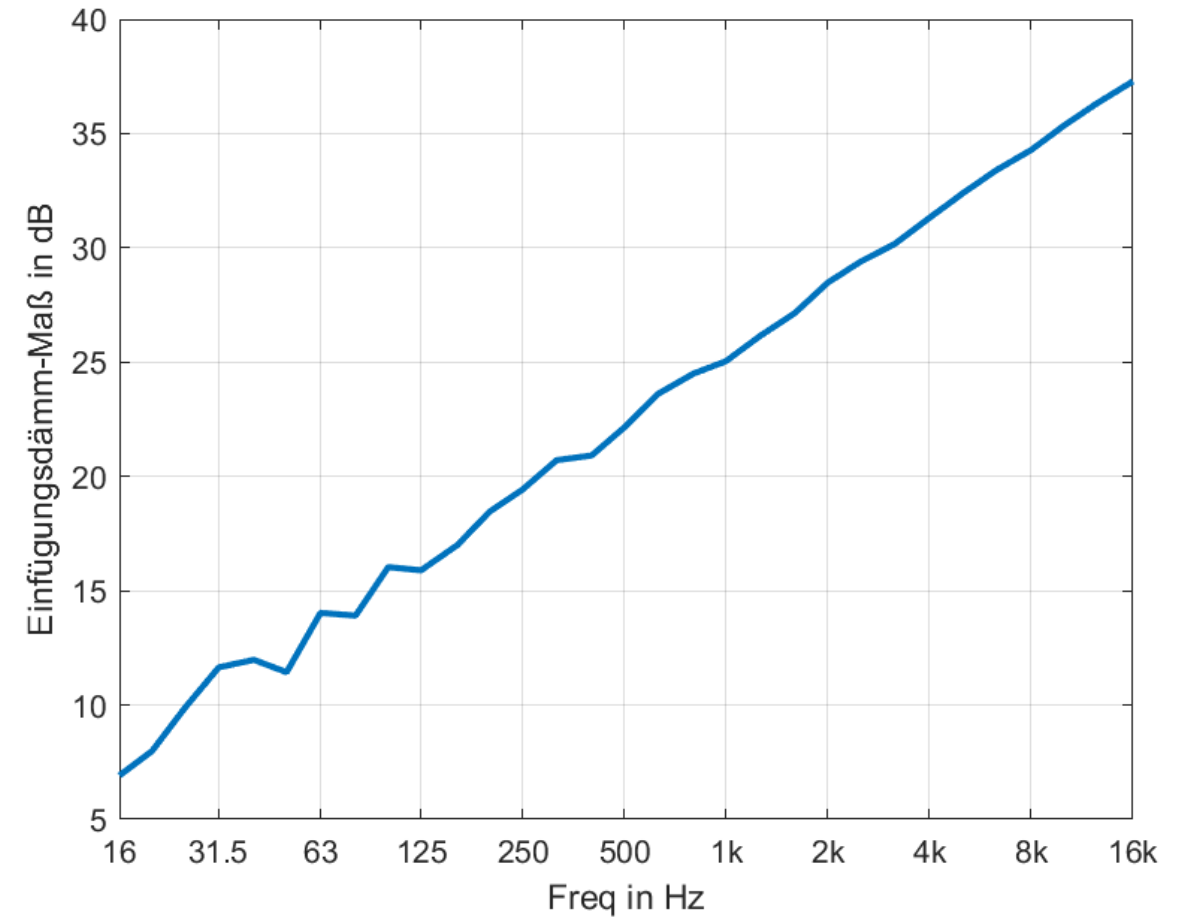
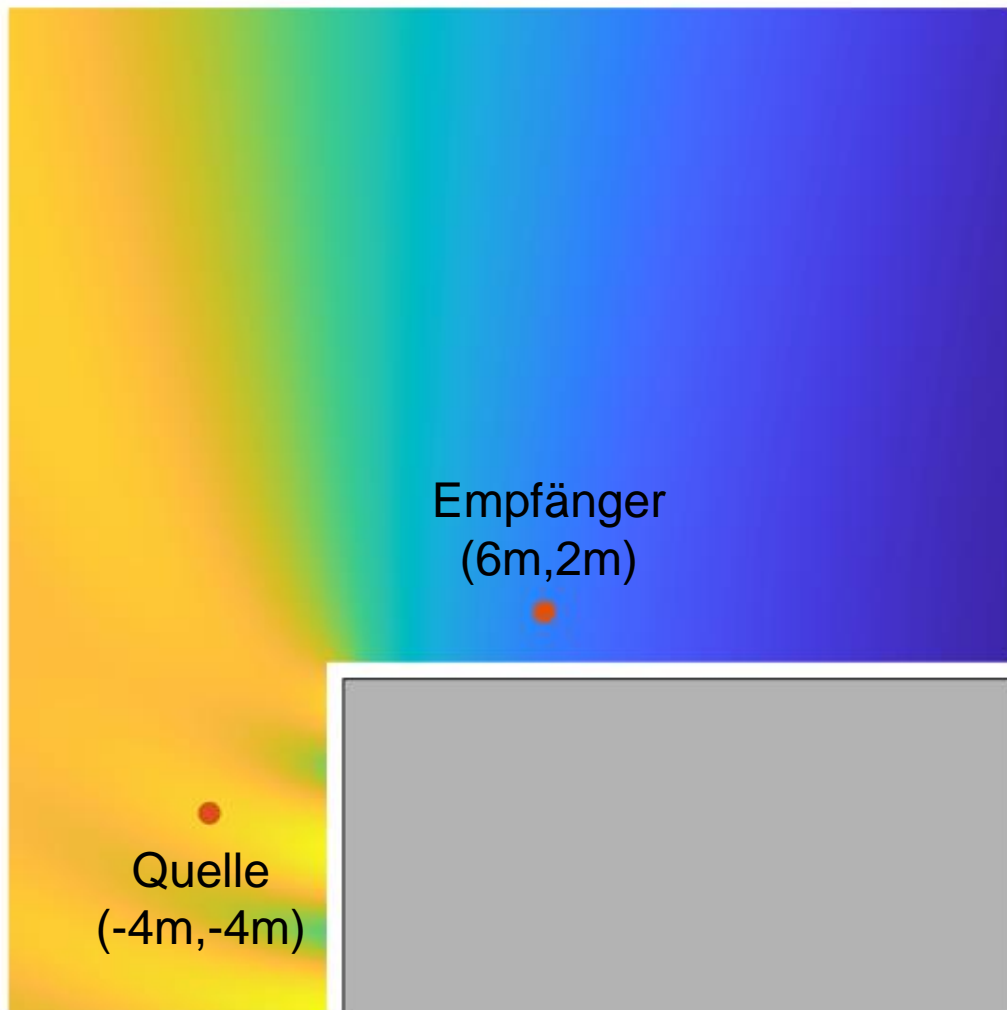


Beugung um Kante

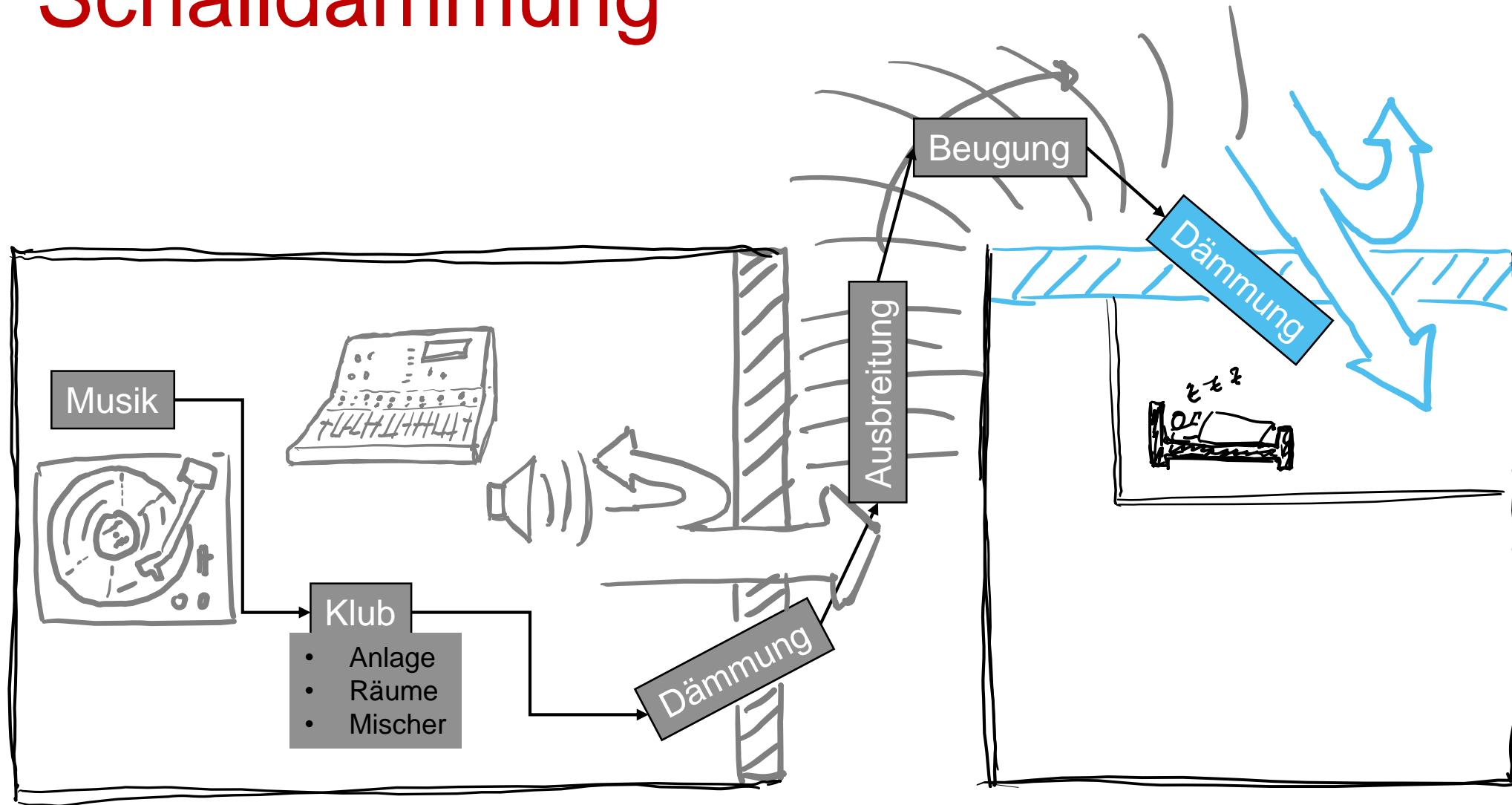
Tieffrequent



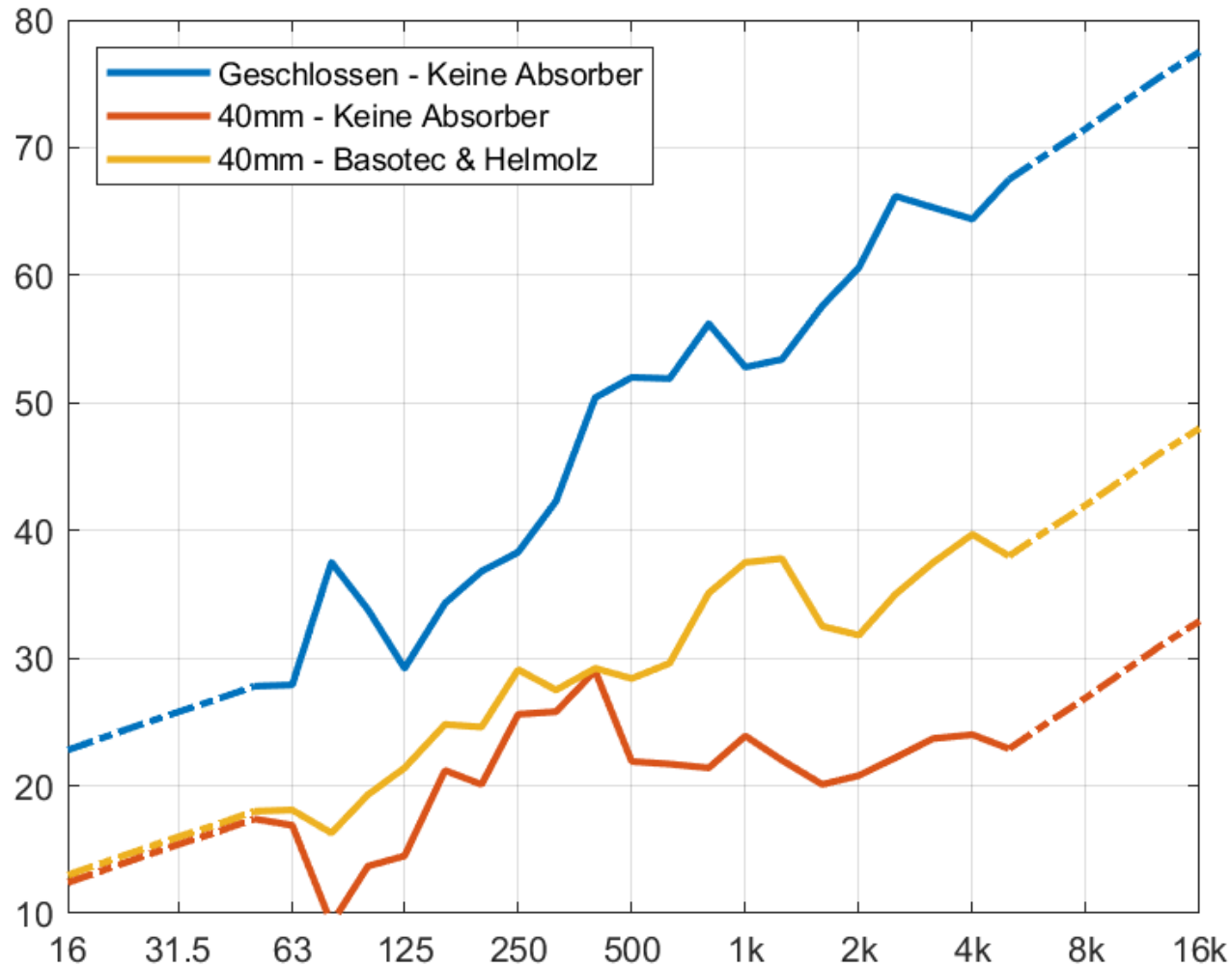
Beugung um Kante



Schalldämmung



Schalldämmung (Fenster)



Geschlossen



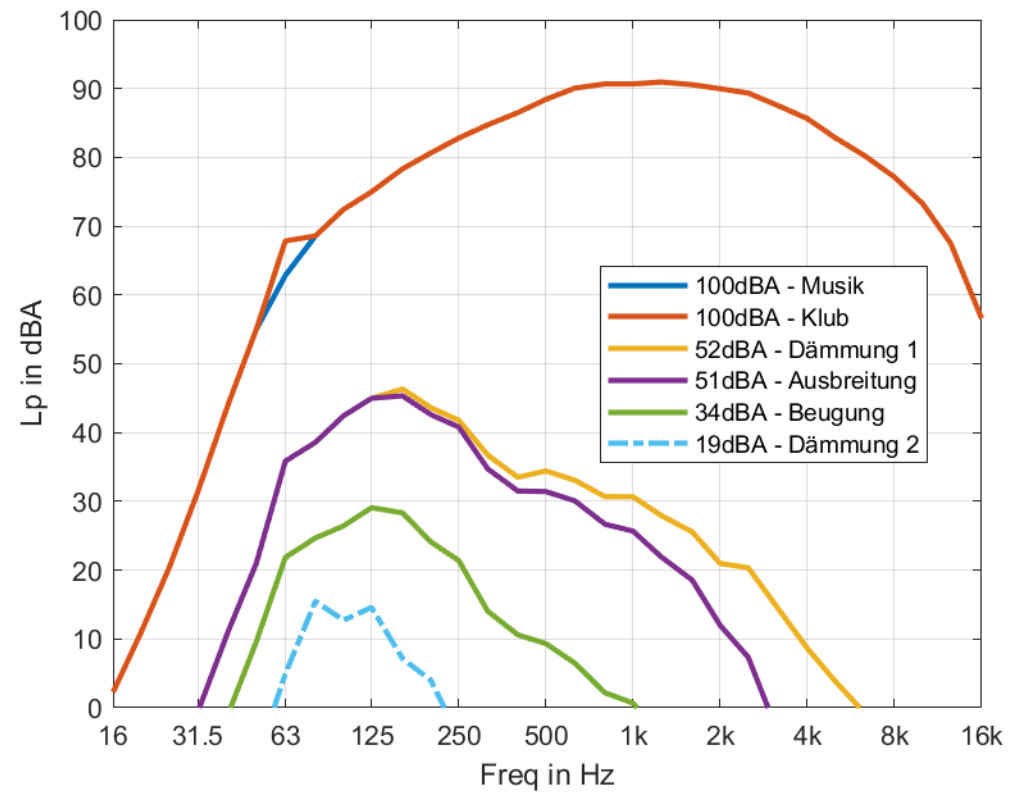
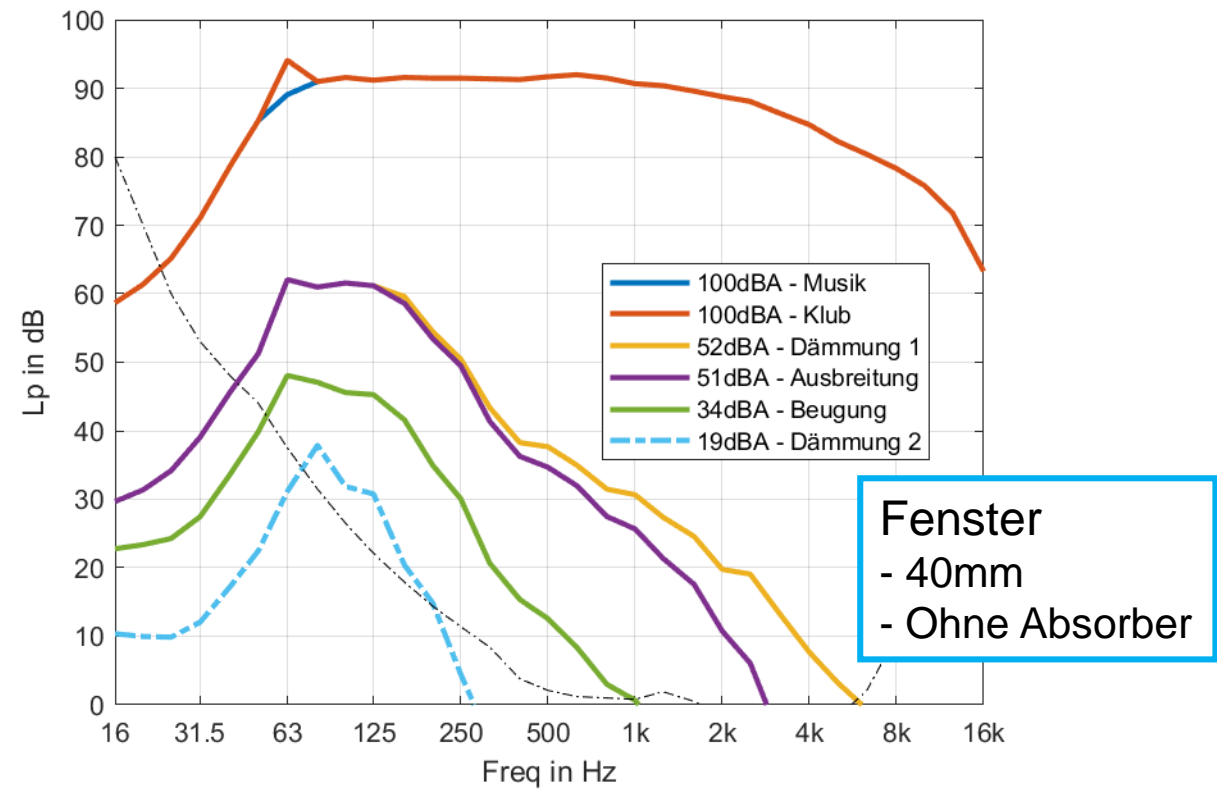
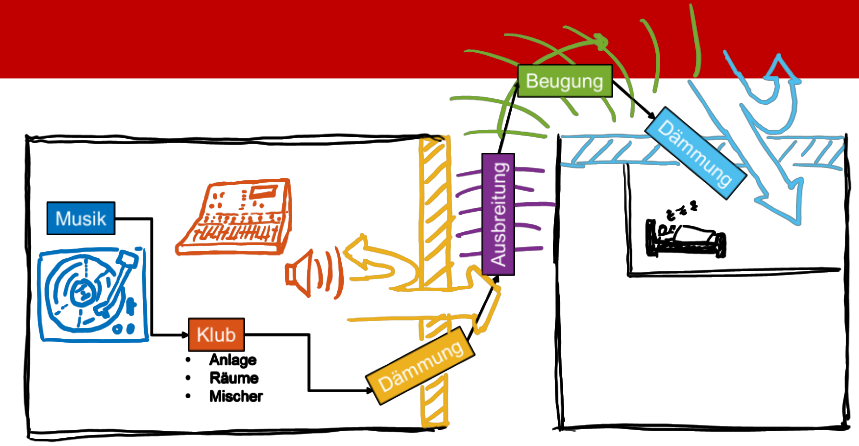
40mm Offen
Mit Absorber



40mm Offen
Ohne Absorber

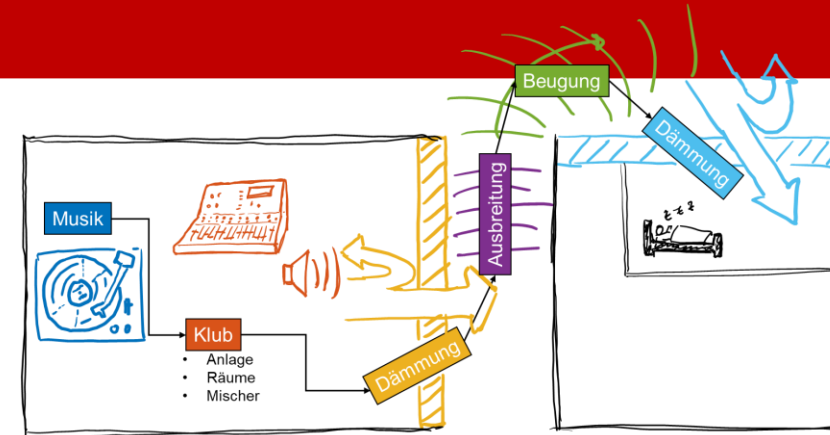
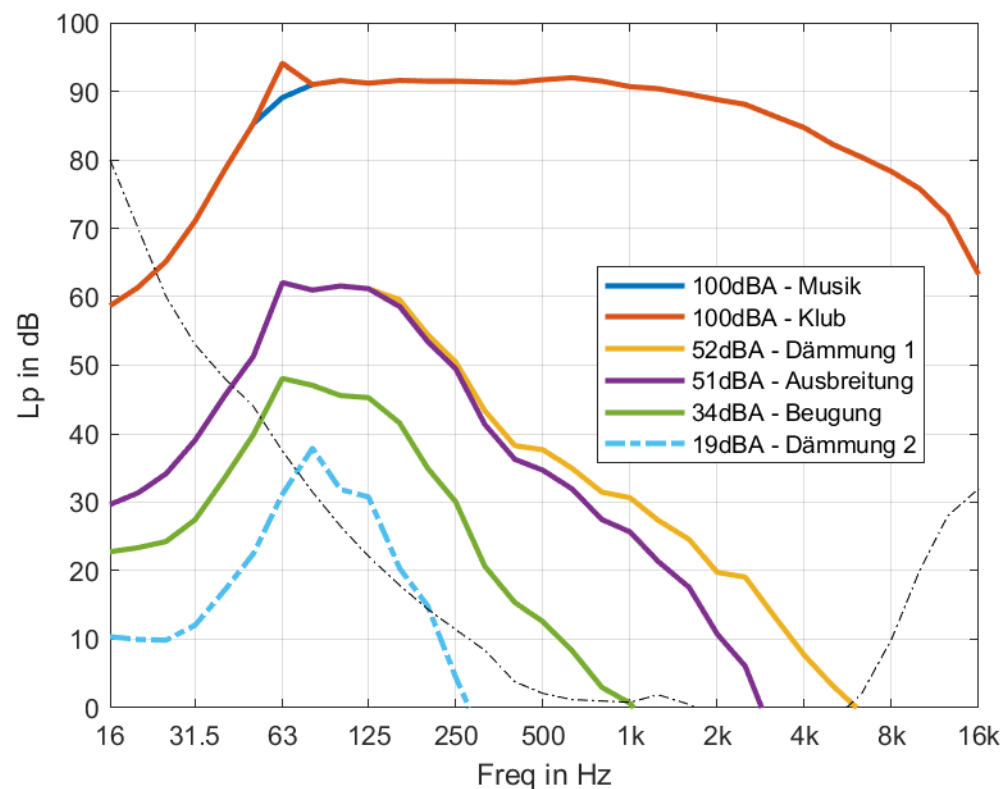


Zusammenfassung



Zusammenfassung

Maßnahmen:



- Klub
 - Absorber
 - EQ und Limiter (frequenzabhängig)
- Schalldämmung
 - Masse
 - Vorsatzschale ($f_R < 30\text{Hz}$)
- Ausbreitung / Beugung
 - Absorption / Impedanz
 - Aktiv (DTU Kopenhagen, d&b audio)

Die unaufhaltbaren tiefen Frequenzen in der Klubkultur

VIELEN DANK!

Berndt Zeitler, HFT Stuttgart

Quellenangaben

- Brüel & Kjaer, Technical Review, No. 1 Human Body Vibrations, 1982
- Möser, Technische Akustik, Springer 10. Auflage, 2015
- ISO 9613-1, Attenuation of sound during propagation outdoors, 1993
- Jonas Brunskog et. al., Full-scale outdoor concert adaptive sound field control, Proceedings 23 ICA, 2019
- Berndt Zeitler, Martin Schneider, Warum die tiefen Frequenzen der Klubkultur Schwierigkeiten bereiten, DAGA 2023, Hamburg, 2023

https://pub.dega-akustik.de/DAGA_2023/data/index.html

Musiktitel

Blues	BB_King-The_Thrill_Is_Gone	Eric_Clapton-Before_You_Accuse_Me	Eric_Clapton-Tears_in_Heaven	John_Lee_Hooker-Boogie_Chillen	Muddy_Waters-Hoochie_Coochie_Man	
Country	Charley_Pride-Kiss_an_Angel_Good_Mornin	Dolly_Parton-Jolene	Garth_Brooks-Friends_In_Low_Places	George_Jones-Choices	Johnny_Cash-I_Walk_the_Line	
Elektro	Faithless-Insomnia	Fatboy_Slim-Praise_You	Moby_Porcelain-Official_video	The_Chemical_Brothers-Block_Rockin_Beats	Tocotronic-Aber_hier_leben,_nein_danke_(Official_Video)	
Hardrock	ACDC-thunderstruck	Deep_Purple-Smoke_on_the_Water	Led_Zeppelin-Whole_Lotta_Love	Queen-Bohemian_Rhapsody	Steppenwolf-Born_To_Be_Wild	The_Jimi_Hendrix_Experience-Purple_Haze
HeavyMetal	Black_Sabbath-War_Pigs	Deep_Purple-Smoke_On_The_Water	Iron_Maiden-The_Trooper	Judas_Priest-Breaking_The_Law	Matalica-Master_of_Puppets	
HipHop	Cardi_B-Bodak_Yellow	Eminem-Lose_Yourself_[HD]	Grandmaster_Flash-The_Message	Public_Enemy-Fight_The_Power	RUN_DMC-Sucker_MCs	
Jazz	Dave_Brubeck-Take_Five	Ella_Fitzgerald_Louis_Armstrong-Summertime	Miles_Davis-So_What	Sarah_Vaughan-I_Got_Rhythm	Stan_Getz_Joao_Gilberto-The_Girl_From_Ipanema	
Klassik	Bach-Toccatina_and_Fugue_in_D_Minor	Beethoven-Für_Elise	Haydn-Symphonie_94-Satz1-NYP-Bernstein	Mozart-Eine_Kleine_Nachtmusik		
Oldie	Elvis-Cant_Help_Falling_In_Love	Frank_Sinatra-Pennies_from_Heaven	Harry_Richman_Earl_Burnett_Orchestra-Puttin_on_the_Ritz	Judy_Garland-Somewhere_Over_The_Rainbow_1939	The_Searchers-Needles_And_Pins	
Pop	Adele-Rolling_In_The_Deep	Bee_Gees-Saturday_Night_Fever	Michael_Jackson-Beat_It	Phil_Collins-Dance_Into_The_Light	Police-Every_Little_Thing_She_Does_Is_Magic	The_Beatles-come_together
Punk	Dead_Kennedys-California_Uber_Alles	Green_Day-Longview	Ramones-Blitzkrieg_Bop	Sex_Pistols-Anarchy_In_The_UK	The_Stooges-I_Wanna_Be_Your_Dog	
Reggae	Bob_Marley-Sun_is_Shining	Bobby_McFerrin-Dont_Worry_Be_Happy	Peter_Tosh-Legalize_It	Sister_Nancy-BAM_BAM	The_Paragons-The_Tide_Is_High	
Rock	Bruce_Springsteen-Born_to_Run	Joan_Jett-I_Love_Rock_N_Roll	Nick_Cave-The_Bad_Seeds-Red_Right_Hand	The_Jimi_Hendrix_Experience-Purple_Haze	The_Rolling_Stones-Beast_Of_Burden	The_Who-Wont_Get_Fooled_Again
Ska	Aeronauten-Männer	Dance_Hall_Crashers-Lost_Again	King_Prawn-Survive	Monkeys-Mad_Caddies	The_Aquabats-Super_Rad	
Soul	Aretha_Franklin-Respect	Barry_White-Cant_Get_Enough_Of_Your_Love_Baby	Hot_Chocolate-You_Sexy_Thing	James_Brown-Please_Please_Please	The_Supremes-You_Keep_Me_Hangin_On	Tower_of_Power-Diggin'_On_James_Brown
Techno	CC_Music_Factory-Gonna_Make_You_Sweat	D.A.V.E._The_Drummer-Look_What_Weve_Become	Inner_City-Good_Life	Model_500-NO_UFOS	Paul_Kalkbrenner-Sky_And_Sand	Rhythm_Is_Rhythm-Strings_Of_Life

Hochschule für Technik Stuttgart

Sommerkolloquium Bauphysik 2023

Nachhaltigkeit und Bauphysik

Mathis Evers B. Eng.

Krämer-Evers Bauphysik GmbH & Co. KG

Klimaschutz und Nachhaltigkeit ist in aller Munde, doch wie lässt sich dieser Aspekt in das ohnehin geladene Spannungsfeld der Baubranche integrieren? Können scheinbar gegensätzliche Anforderungen wie ökologische und ökonomische Aspekte koexistieren oder sich daraus Synergien ergeben? Ein Einstiegsvortrag in die verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit unter dem Gesichtspunkt der generationengerechten Klimaverantwortung.

**Leider gibt es zu diesem Vortrag keine
Unterlagen**