

# Hochschule für Technik Stuttgart

## Tagungsband zum Sommerkolloquium Bauphysik

05/06. Juni 2025

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

### INHALT

**Prof. Dr.-Ing. Isabell Nemeth** - Technische Hochschule Rosenheim

*Nachhaltigkeit - eine Zeitreise*

*Präsentation liegt nicht vor*

**Sofia Gutekunst (B.A.)** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Vernetzt denken – Wie können Umweltpsychologie und Bauphysik gemeinsam neue Perspektiven für eine nachhaltigere Zukunft schaffen?*

*Präsentation liegt nicht vor*

**Prof. Dr. Andreas Beck** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Unsichtbar effizient – Fortschritte bei Low-E-Beschichtungen für energieoptimierte Verglasungen*

**Martin Schneider M.Sc.** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland*

**Lucas Heidemann M.Sc.** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Trittschalldämmung von Balkonen in Gebäuden*

**Lukas Däuble M.Eng.** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Ein einheitlicher Ansatz zur akustischen Charakterisierung von Trink- und Abwassersystemen*

**Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler** - Hochschule für Technik Stuttgart

*Korrelation zwischen Straßenverkehr, Feinstaub und Lärm –Erstanalysen*

## Sommerkolloquium Bauphysik 2025

### **Unsichtbar effizient – Fortschritte bei Low-E-Beschichtungen für energieoptimierte Verglasungen**

**Prof. Dr. Andreas Beck** - Hochschule für Technik Stuttgart

Low-Emissivity-(Low-E)-Schichten haben sich als Schlüsseltechnologie zur Reduktion von Wärmeverlusten bei Verglasungen etabliert. Der Vortrag gibt einen Überblick über aktuelle Entwicklungen dieser nanometerdünnen, infrarotreflektierenden Beschichtungen. Im ersten Teil werden die physikalischen Grundlagen der Wärmestrahlung, der selektiven Reflexion und der niedrigen Emissivität erläutert. Darauf aufbauend folgt ein Einblick in gängige Schichtdesigns, die meist auf Edelmetallen wie Silber basieren, sowie deren Herstellung mittels PVD-Verfahren. Anhand optischer Transfermatrixmethoden werden Möglichkeiten zur Modellierung und Berechnung von Transmissions- und Reflexionsdaten vorgestellt. Der Vortrag zeigt ebenso die großflächige industrielle Umsetzung wie auch die mittels low-e erreichbaren Wärmedurchgangskoeffizienten sowie die Strahlungs- und Energiedurchlassgrade moderner Verglasungen.

# Unsichtbar effizient – Fortschritte bei low-e Beschichtungen für energieoptimierte Verglasungen

Andreas Beck

Hochschule für Technik Stuttgart  
SG Bauphysik  
Andreas.Beck@HFT-Stuttgart.de

## Gliederung

- Motivation
- Physikalische Grundlagen
- Aufbau moderner low-e Schichten
- Anwendung
- Herstellung
- Zusammenfassung

Motivation – Fenstersituation in Deutschland

| Window stock in Germany |                                                                | 2016<br>million WU | 2020<br>million WU |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Type 1                  | Single-glazed window                                           | 17                 | 11                 |
| Type 2                  | Double or coupled windows                                      | 44                 | 39                 |
| Type 3                  | Window with uncoated insulating glass                          | 205                | 185                |
| Type 4                  | Double-glazed window with thermal-insulation glass (low-E)     | 289                | 309                |
| Type 5                  | Triple-glazed window with thermal-insulation glass (2 x low-E) | 55                 | 90                 |
| Total                   |                                                                | 610                | 634                |

Window stock in units (1 WU = 1.3 x 1.3 m = 1.69 m²). Figures rounded. Source: VFF / BF, 2021

old 1/3

new 2/3

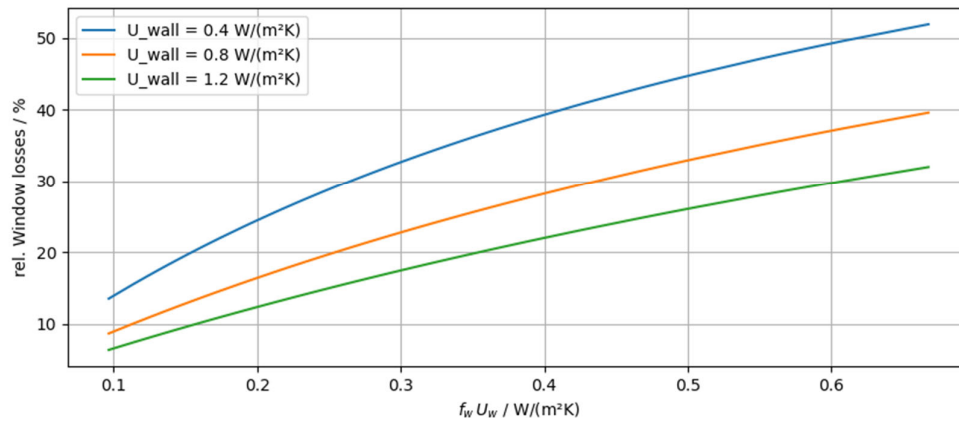
Motivation – Fenstersituation in Deutschland

| Window type                                                      | Mainly installed | Average<br>U <sub>w</sub> -value in W/(m²K) | Average<br>solar factor in %<br>g-Wert |
|------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 Single-glazed window                                           | Up to 1978       | 4.7                                         | 87                                     |
| 2 Double or coupled windows                                      | Up to 1978       | 2.4                                         | 76                                     |
| 3 Window with uncoated insulating glass                          | 1978-1995        | 2.7                                         | 76                                     |
| 4 Double-glazed window with thermal-insulation glass (low-E)     | From 1995        | 1.5                                         | 60                                     |
| 5 Triple-glazed window with thermal-insulation glass (2 x low-E) | From 2005        | 1.1                                         | 50                                     |

The figures are averages for the windows installed in these years. The stock consists of windows with frames of different depths and with different insulating properties and of glazing with different thermal transmittances and solar factors (see table in Appendix 1). Source: VFF / BF

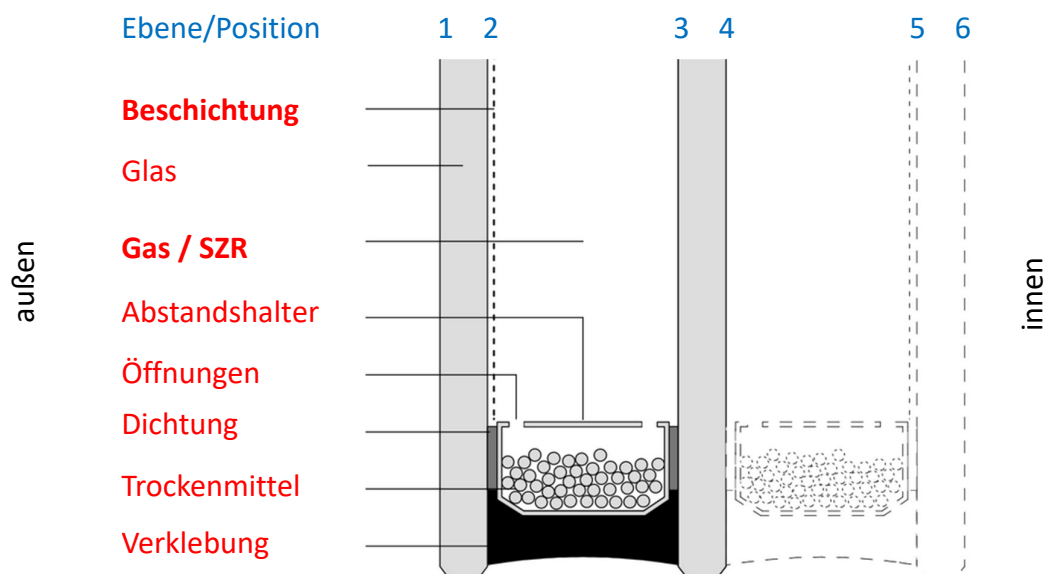


## Motivation – Fenstersituation in Deutschland



Fenster verursachen ca. 30% der Wärmeverluste von Gebäuden

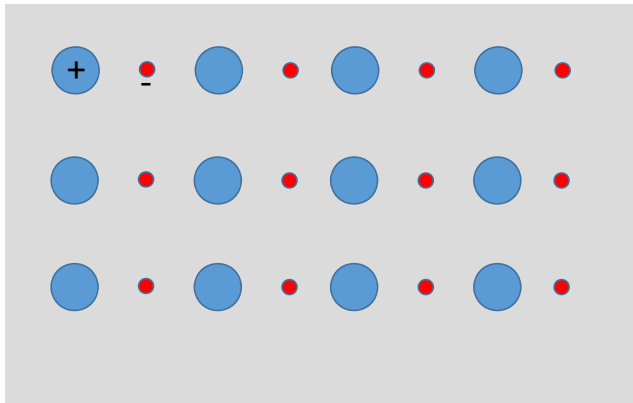
## Grundlagen - Verglasungsaufbau



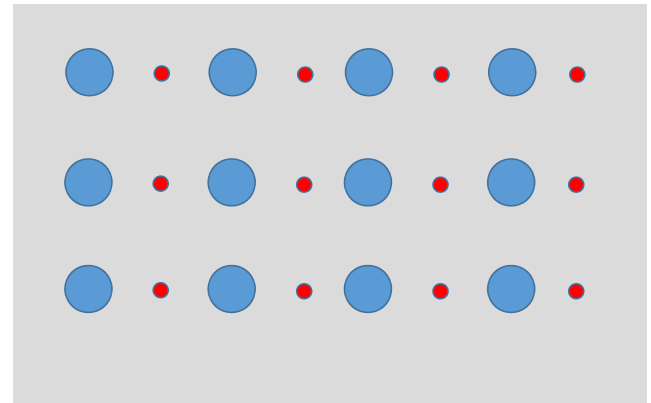
## Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische Welle (Licht, IR)

$\vec{E}$   
+  $\longrightarrow$  -

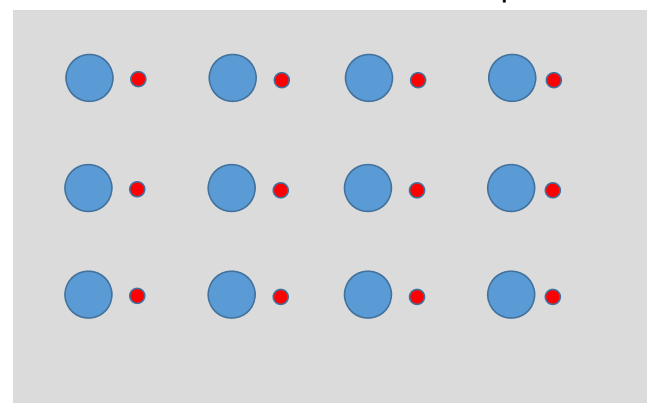
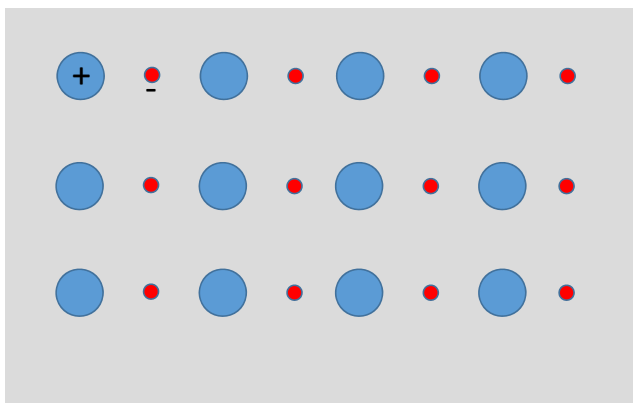


Metall: Atomgitter  $\oplus$   
und Elektronengas  $\ominus$



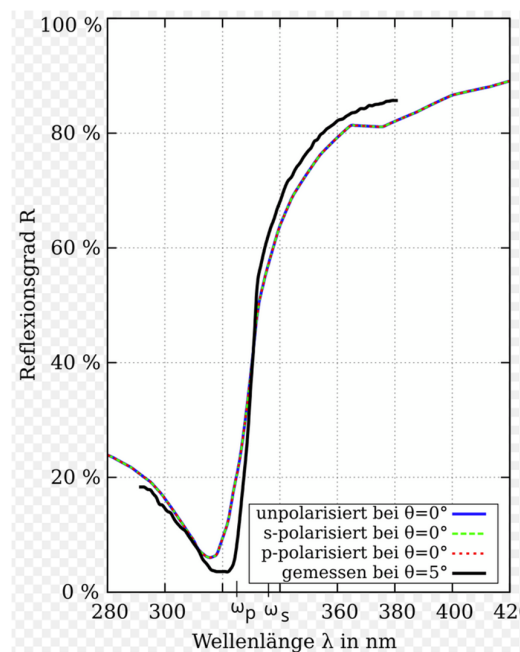
## Physikalische Grundlagen

$\vec{E}$   
+  $\longrightarrow$  -  
-  $\longleftarrow$  +





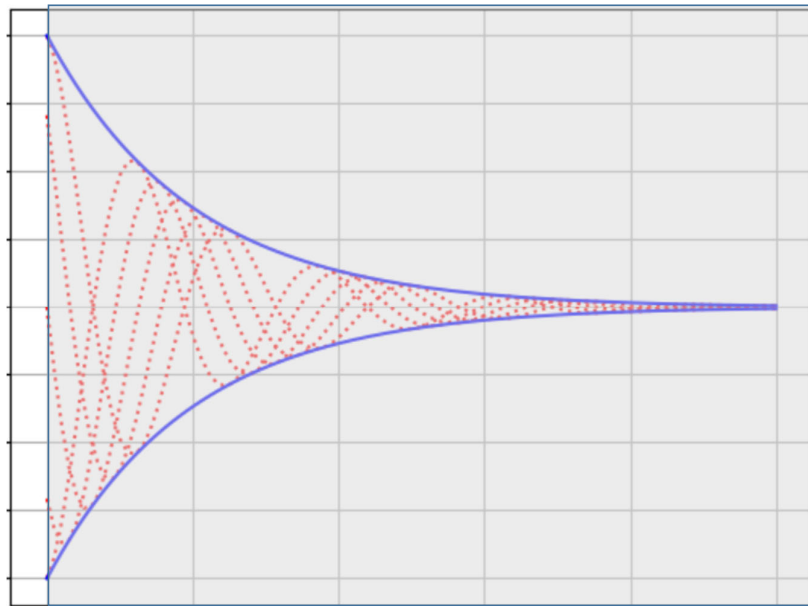
## Physikalische Grundlagen



Frequenz  $\propto 1 / \text{Wellenlänge}$

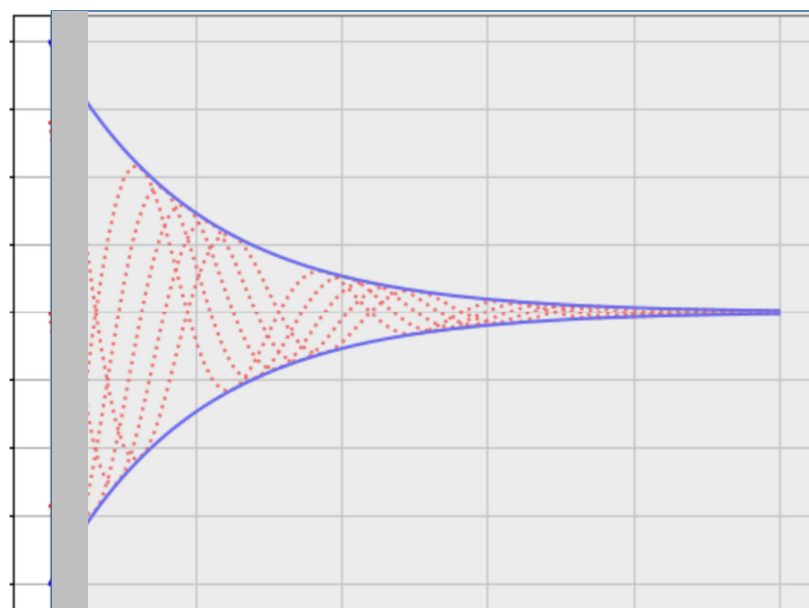
## Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische  
Welle (Licht) →



## Physikalische Grundlagen

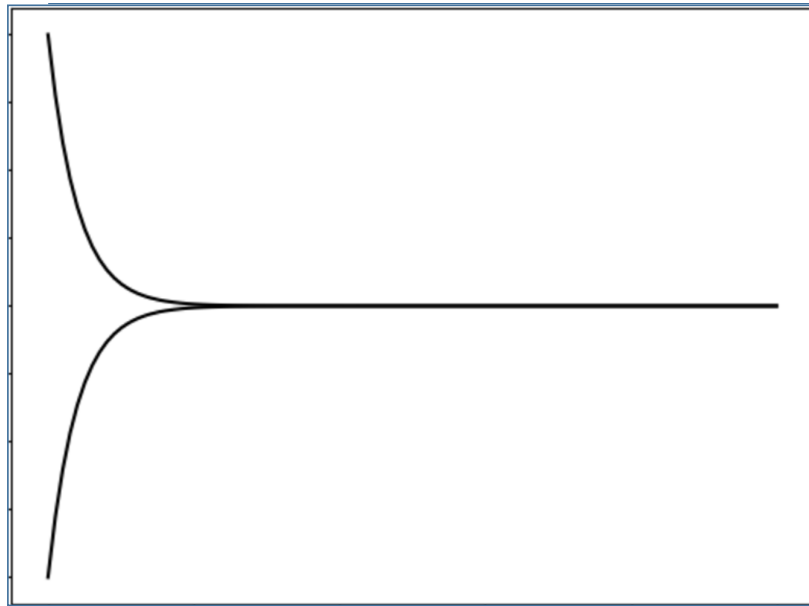
Elektromagnetische  
Welle (Licht) →



Schichtdicke

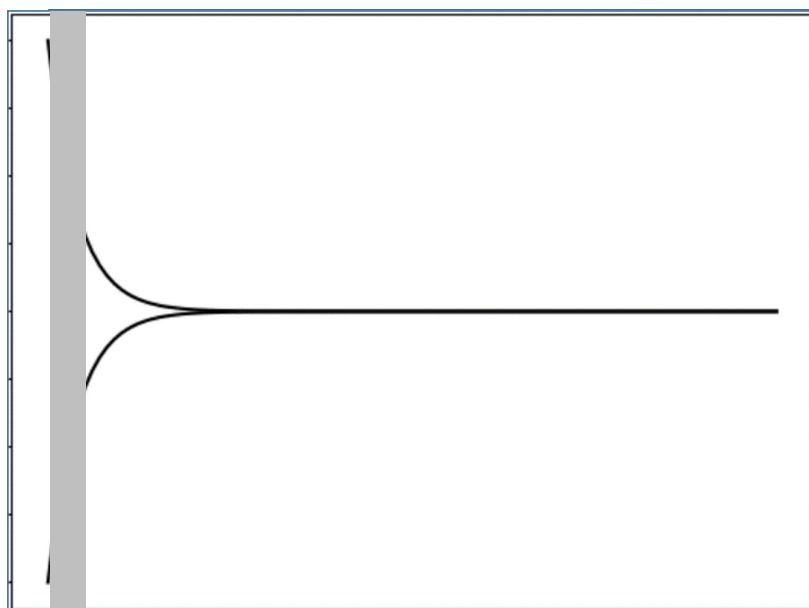
## Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische  
Welle (Infrarot) →



## Physikalische Grundlagen

Elektromagnetische  
Welle (Infrarot) →



Schichtdicke

## Kirchhoffsches Strahlungsgesetz

Der Emissionsgrad eines Körpers ist gleich seinem Absorptionsgrad

$$\epsilon(\lambda, \theta) = \alpha(\lambda, \theta)$$

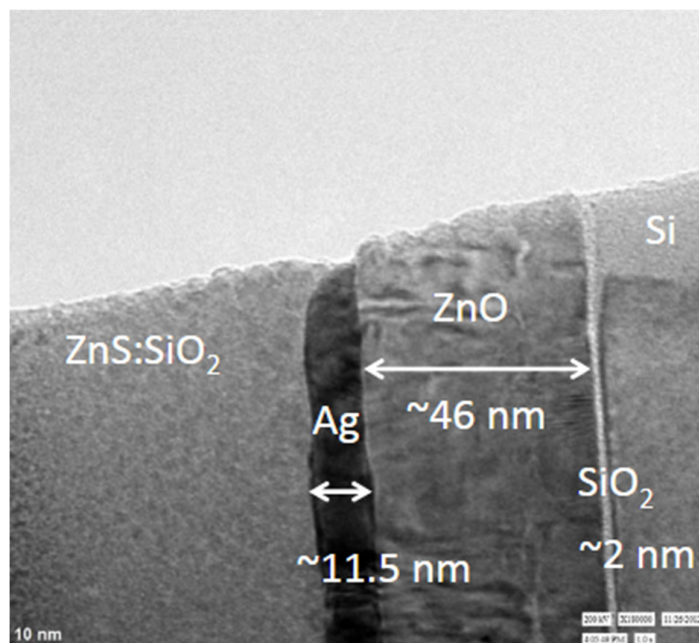
Für dicke Schichten (Transmission = 0) gilt:

$$\alpha = 1 - \tau - r$$

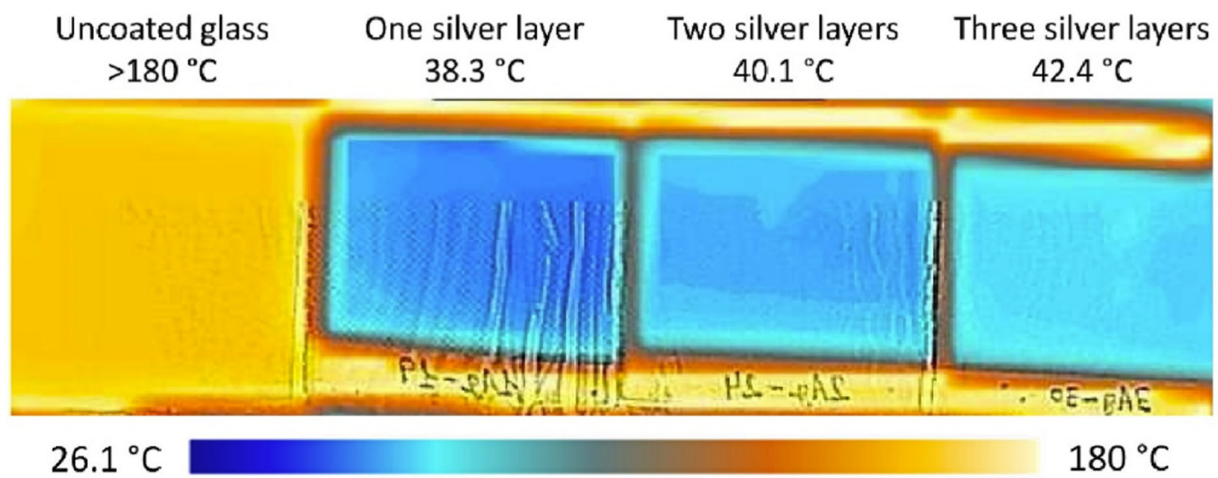
$$\epsilon = 1 - r$$

Emissionsgrad = 1 - Reflexionsgrad

## Low-e Schichtaufbau

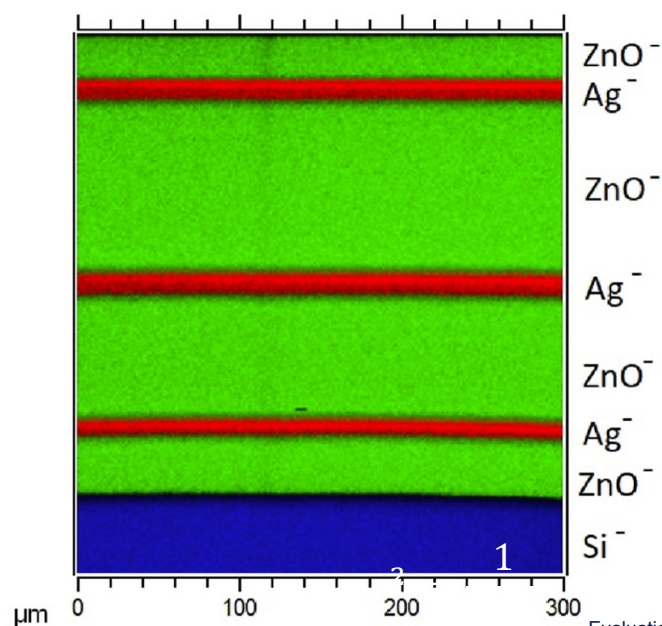


## Infrarot-Visualisierung des low-e Effektes!



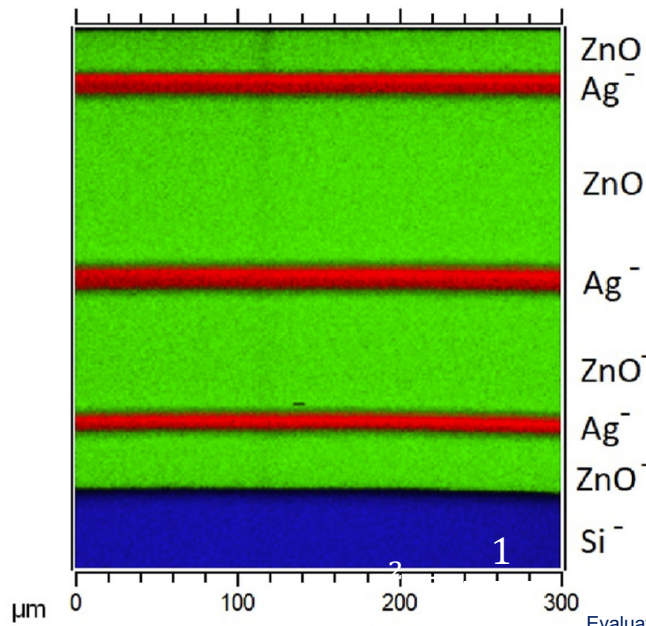
Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
 Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
 263 (2023)

## Triple Schichtaufbau

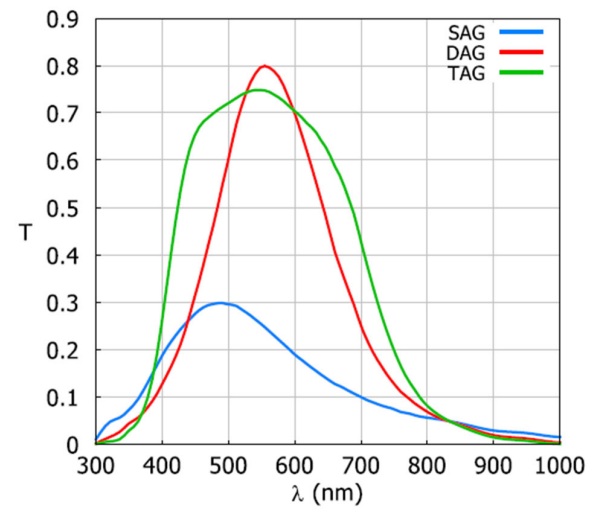


Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
 Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
 263 (2023)

## Triple Schichtaufbau



## Gemessene Transmissionsspektren

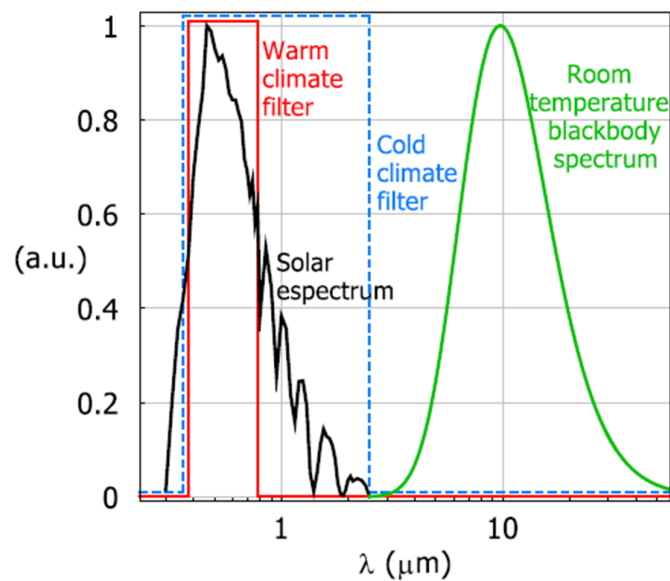


Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
263 (2023)



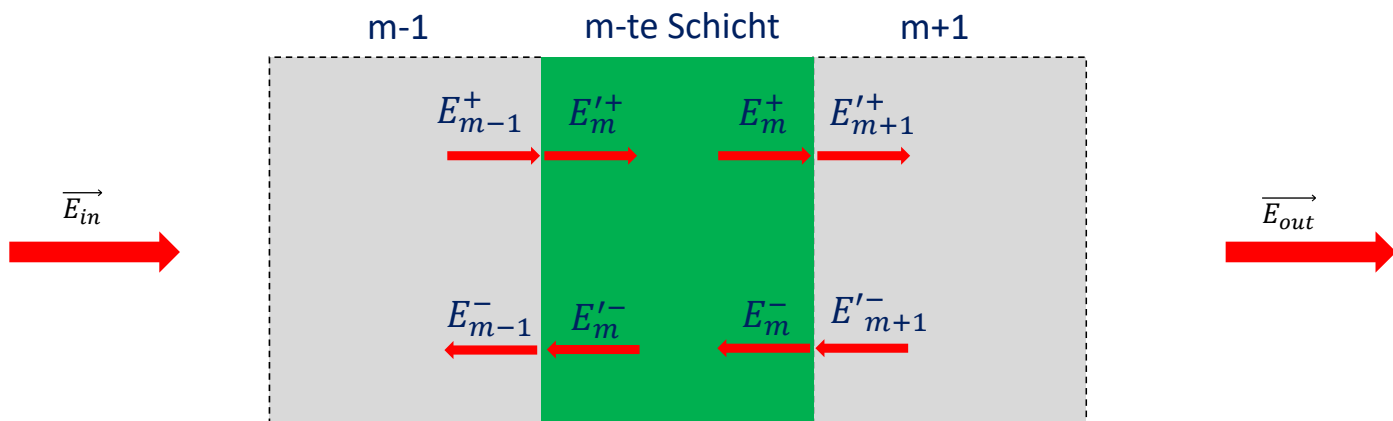
## Was hätten wir gerne?

## Klimatische Anforderungen



Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
 Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
 263 (2023)

## Schichtdesign - Transfer-Matrix-Methode



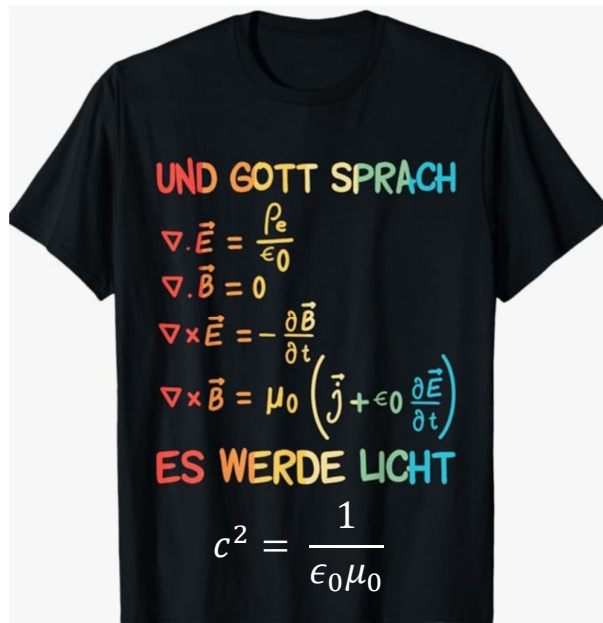
$$\begin{pmatrix} E_m^+ \\ E_m^- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{-i\delta} & 0 \\ 0 & e^{+i\delta} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_m'^+ \\ E_m'^- \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \begin{pmatrix} E_m'^+ \\ E_m'^- \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} E_{m-1}^+ \\ E_{m-1}^- \end{pmatrix}$$

Phasenverschiebung der Welle

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} d_m(n+ik)$$

$$\overrightarrow{E_{out}} = P_N M_N \dots P_1 M_1 \overrightarrow{E_{in}}$$

## Grundlagen – Maxwells Gleichungen



## Berechnungen mit der python Toolbox tmm

```
from scipy.optimize import minimize
from tmm import coh_tmm

# Zielfunktion: Negative Transmission (für Minimierung)
def objective(d_list_internal):
    n_SnO2 = 2.1 + 0j      # Zinnoxid:      reine Interferenzschicht
    n_NiCr = 2.8 + 4j      # NickelChrom:  Haftvermittler
    n_Ag   = 0.15 + 4j     # Silberschicht: low-e

    d_list = [np.inf] + list(d_list_internal) + [np.inf]
    n_list = [1.0, n_SnO2, n_NiCr, n_Ag, n_SnO2, 1.0]
    wls = np.linspace(380, 780, 50)
    T_list = []
    for wl in wls:
        result = coh_tmm('s', n_list, d_list, 0, wl)
        T_list.append(result['T'])
    mean_T = np.mean(T_list)
    return -mean_T

# Startwerte (in nm): d1, d2, d3
x0 = [50, 2, 10, 50]

# Schranken: je nach Herstellung realistisch wählen
bounds = [(30, 100), (2, 10), (5, 30), (30, 100)] # nm

# Optimierung
result = minimize(objective, x0, bounds=bounds)
```

## Berechnungen mit der python Toolbox tmm

```

from scipy.optimize import minimize
from tmm import coh_tmm

# Zielfunktion: Negative Transmission (für Minimierung)
def objective(d_list_internal):
    n_SnO2 = 2.1 + 0j # Zinnoxid: reine Interferenzschicht
    n_NiCr = 2.8 + 4j # NickelChrom: Haftvermittler
    n_Ag = 0.15 + 4j # Silberschicht: low-e

    d_list = [np.inf] + list(d_list_internal) + [np.inf]
    n_list = [1.0, n_SnO2, n_NiCr, n_Ag, n_SnO2, 1.0]
    wls = np.linspace(380, 780, 50)
    T_list = []
    for wl in wls:
        result = coh_tmm('s', n_list, d_list, 0, wl)
        T_list.append(result['T'])
    mean_T = np.mean(T_list)
    return -mean_T

# Startwerte (in nm): d1, d2, d3
x0 = [50, 2, 10, 50]

# Schranken: je nach Herstellung realistisch wählen
bounds = [(30, 100), (2, 10), (5, 30), (30, 100)] # nm

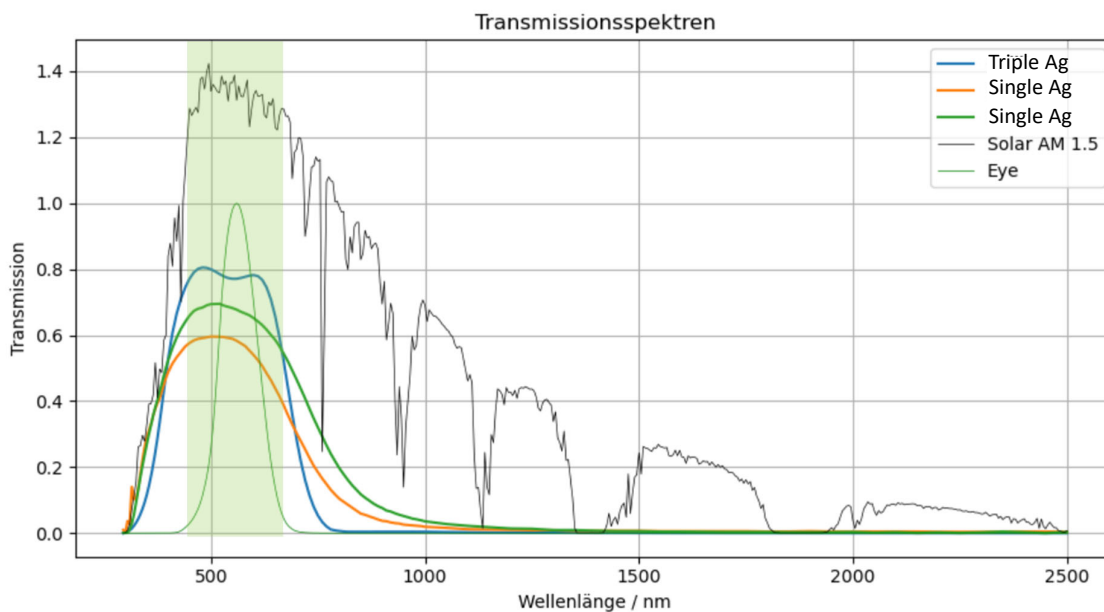
# Optimierung
result = minimize(objective, x0, bounds=bounds)

```

Optimierungsergebnisse visuell:

- d1 (untere SnO<sub>2</sub>): 46.5 nm
- d1 (untere NiCr): 2.0 nm
- d2 (Ag): 7.7 nm
- d3 (obere SnO<sub>2</sub>): 45.6 nm
- R = 0.0391
- T = 0.7908
- A = 0.1701

## Erreichbare visuelle Transmissionsgrade – warme Klimata!



## Was ist möglich?

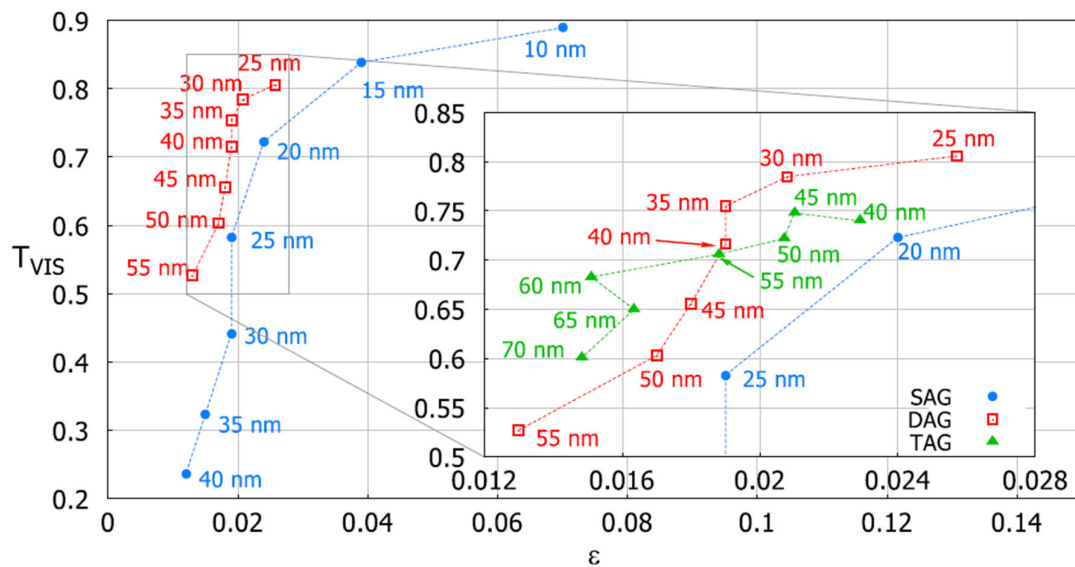


Fig. 10.  $T_{VIS}$  versus  $\epsilon$  for the three types of structures with different total silver thicknesses.

Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
 Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
 263 (2023)

## Was ist möglich?

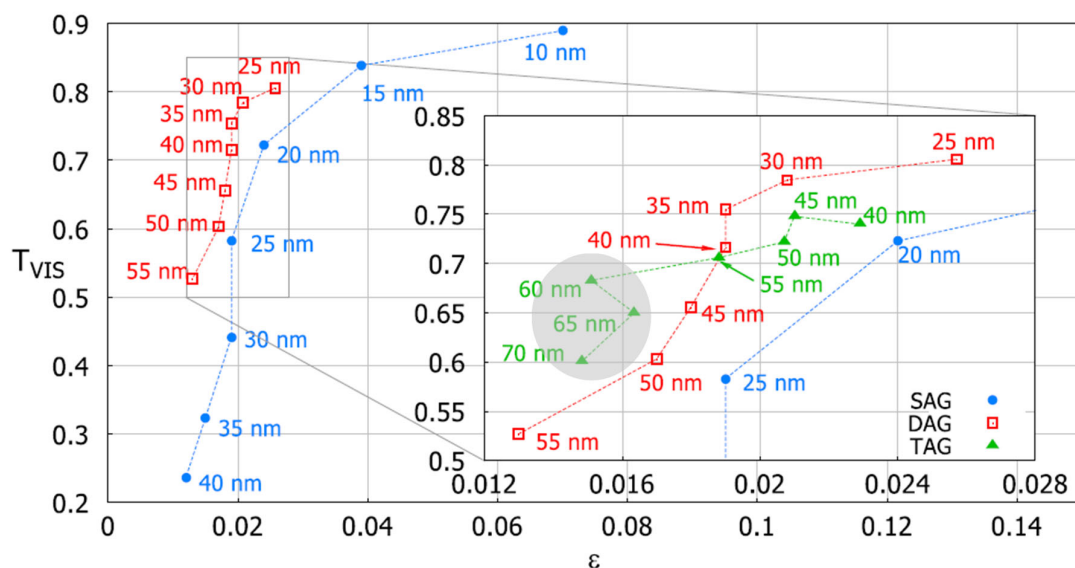
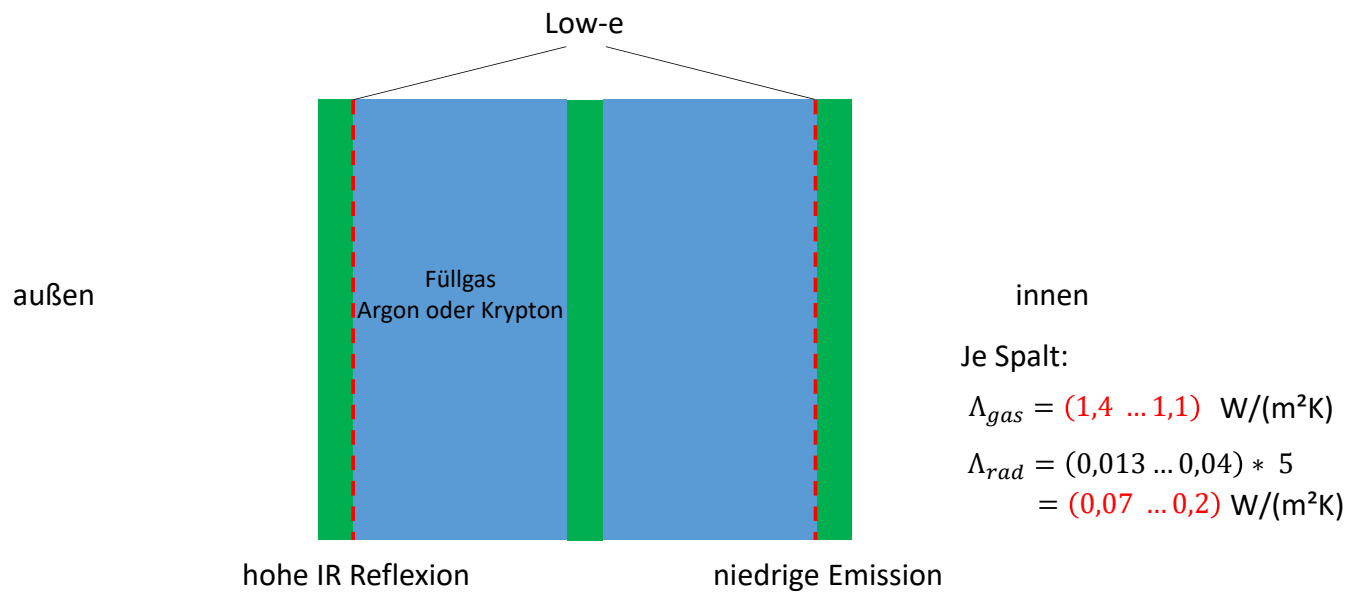


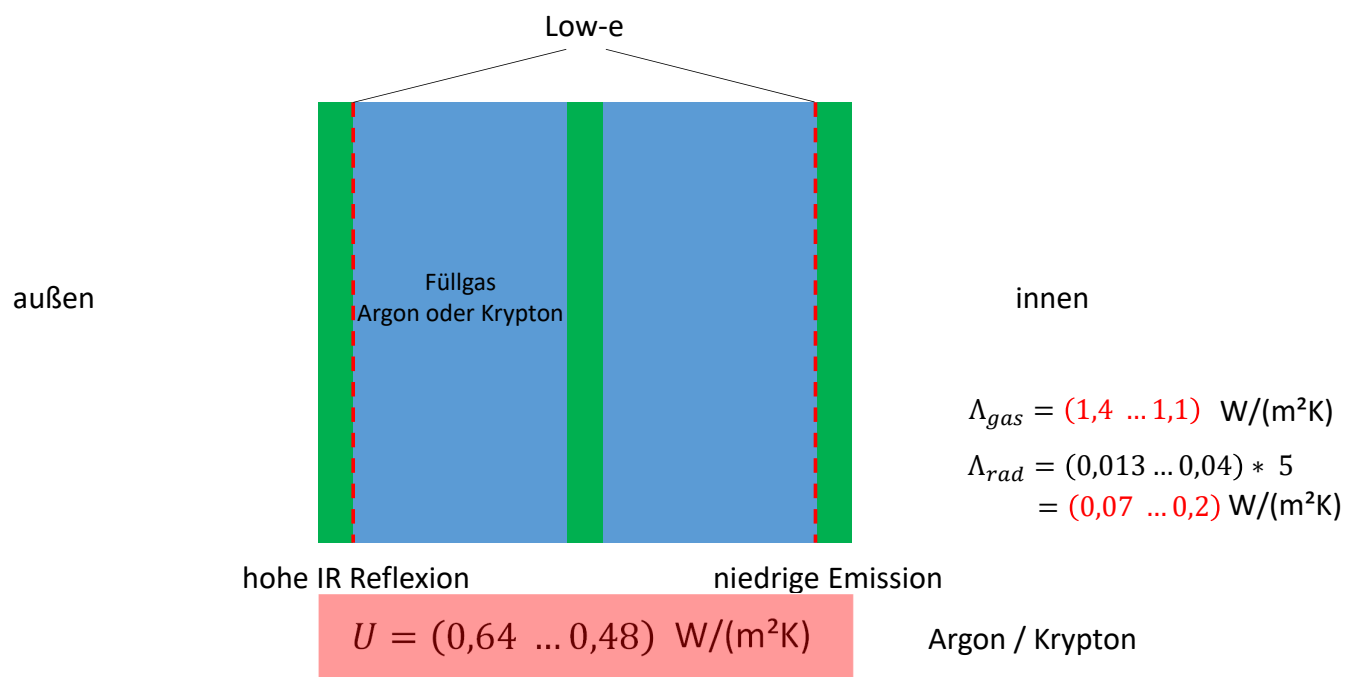
Fig. 10.  $T_{VIS}$  versus  $\epsilon$  for the three types of structures with different total silver thicknesses.

Evaluation of low-emissivity coatings with single, double, and triple silver layers  
 Natalia Herguedas , Enrique Carretero , Solar Energy Materials & Solar Cells  
 263 (2023)

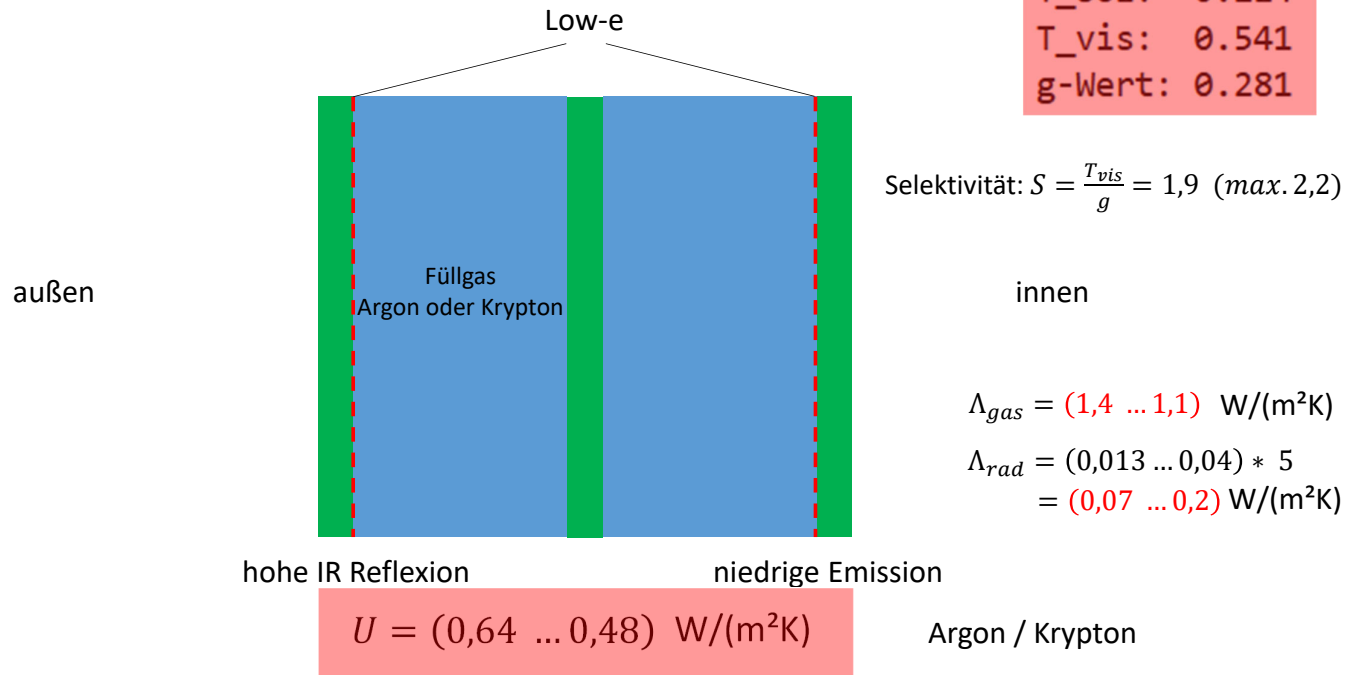
## Erreichbare U-Werte für 3fach-Verglasungen!



## Erreichbare U-Werte für 3fach-Verglasungen!



## Erreichbare U-Werte für 3fach-Verglasungen!



## Zusammenfassung und Fazit

Moderne Mehrfachbeschichtungen auf Silberbasis in Verglasungen ermöglichen niedrige U-Werte ( $0,48 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ) sowie eine hohe Selektivität bis ca. 2!

Damit erreicht man hohe visuelle Transmissionsgrade bei niedrigen g-Werten – optimal zur Reduktion sommerlicher Kühllasten bei gleichzeitiger hoher Tageslichtnutzung!

## Sommerkolloquium Bauphysik 2025

### **Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland**

**Martin Schneider M.Sc.**- Hochschule für Technik Stuttgart

Die DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ ist „die Norm“ für die Bauakustik in Deutschland. Seit den Anfängen im Jahr 1944 hat sie die Aufgabe übernommen, die Anforderungen an Schalldämmung in Gebäuden zu definieren und die Grundlagen für den rechnerischen und messtechnischen Nachweis zu liefern. Die Entwicklung der Anforderungen an die Schalldämmung im Wohnungsbau wird aufgezeigt und besonders im Hinblick auf die geforderten Reduzierung der Schalldämm-Maße zur Baukostensenkung diskutiert. Die bau- und privatrechtliche Einordnung der DIN 4109 wird ebenfalls angesprochen und mit weiteren in Deutschland verwendeten Dokumenten zum Schallschutz (VDI 4100, DEGA-Richtlinie 103) verglichen.

# Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland

## Sommerkolloquium Bauphysik 06.06.2025

Martin Schneider

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart

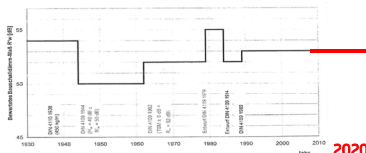
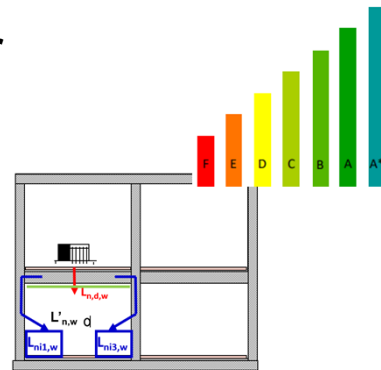
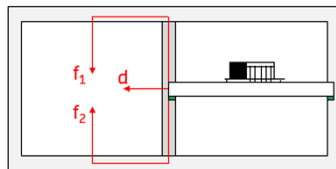


Bild 1: Entwicklung der Mindestanforderungen an den Schallschutz in der Normung (einschließlich der Normenreihe von 1938 bis 1999) für Wohnungstrennwände im Geschosswohnungsbau



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## Motivation

### DIN 4109: Schallschutz im Hochbau

DIN 4109 Reihe wurde 2016 veröffentlicht und wird derzeit überarbeitet:

- Fehler / Unklarheiten beseitigen
- Anforderungen überprüfen (z.B. Trittschall Holz-, Leichtbau)
- Bauteilkataloge überarbeiten und erweitern (z.B. 4109-33 Holz-, Leichtbau)
- Genauere Berechnungsverfahren (Trittschall)
- Bürokratie abbauen (weniger Dokumente)
  - Anforderungsdokumente (4109-1, 4109-5, VDI 4100, DEGA Empfehlung, ...)
  - Vereinfachte Nachweise
- Krise im Wohnungsbau (Baukostensenkung)
  - Verringerung der Anforderungen?
  - Geringere Anforderungen bei der Sanierung von Gebäuden?
  - Gebäudeklasse E mit verringertem Schallschutz?

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart



1. **Motivation**
2. **Blick in die Geschichte der DIN 4109**
3. **Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau**
  - 3.1 Mindestschallschutz und erhöhter Schallschutz in DIN 4109
  - 3.2 Weiterer Anforderungsdokumente: VDI 4100, DEGA Schallschutzausweis
  - 3.3 Ausblick auf DIN 4109-1:202X Mindestanforderungen
4. **Neuerungen bei den Rechenverfahren (DIN 4109-2)**
  - 4.1 Trittschallberechnung
  - 4.2 Massivholzbau
  - 4.3 Gebäudetechnische Anlagen
5. **Zusammenfassung**

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

- **DIN 4110 (1938)**
  - Technische Bestimmungen für die Zulassung neuer Bauweisen; Anfang der normativen Regelungen für den baulichen Schallschutz (1 Seite)
- **DIN 4109 (1944)**
  - Richtlinie für den Schallschutz im Hochbau; erste eigene Norm zum baulichen Schallschutz (6 Seiten)
- **DIN 4109 (1962) 5 Teile.:**
  - führte mit insgesamt 5 Blättern zur ersten großen Neufassung der DIN 4109 und wurde bauaufsichtlich eingeführt
  - Teil 2: Anforderungen und Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz (6 Seiten)
  - Teil 4: Schwimmende Estriche auf Massivdecken(4 Seiten)
- **DIN 4109 (1989) 3 Teile**
  - Anforderungen und Nachweise (28 Seiten)
  - Beiblatt 1: Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren (62 Seiten)
  - Beiblatt 2: Hinweise für Planung und Ausführung  
Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz  
Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich (16 Seiten)

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

- **DIN 4109 (2016)**
  - Teil 1: Mindestanforderungen (30 Seiten) → NA Bau
  - Teil 2: Rechenverfahren (88 Seiten) → NA 005-55-74AA
  - Teil 31...36: Bauteilkatalog ( $9+50+80+18+23+57 = 237$  Seiten) → NA 005-55-75AA
  - Teil 4: Messtechnische Nachweise (25 Seiten) → NA 005-55-76 AA

(Summe fast 400 Seiten)
- **DIN 4109 (2018 Änderungen zum Außenlärm)**
  - Teil 1: Mindestanforderungen
  - Teil 2: Rechenverfahren
- **DIN 4109 (2020)**
  - Teil 5: Erhöhte Anforderungen
- **DIN 4109 (202X)**
  - Überarbeitung der gesamten Normenreihe

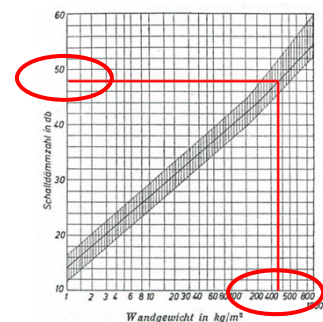
Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Luftschalldämmung Wohnungstrennwände im MFH

- **1938**  $m' \geq 450 \text{ kg/m}^2$  (240 mm Ziegelwand)
- **1944**  $R_m \geq 48 \text{ dB}$   $m' = 420 \text{ kg/m}^2$
- **1962**  $LSM \geq 0 \text{ dB}$   $m' = 410 \text{ kg/m}^2$  ( $R'_w \geq 52 \text{ dB}$ )  
(LuftSchallschutzMaß)
- **1989**  $R'_w \geq 53 \text{ dB}$   $m' = 420 \text{ kg/m}^2$   
(Korrektur  $K_{L,1}$  für Flankenübertragung)
- **2016**  $R'_w \geq 53 \text{ dB}$   $m' = 420 \text{ kg/m}^2$   
(Berechnung von 13 Übertragungswegen)



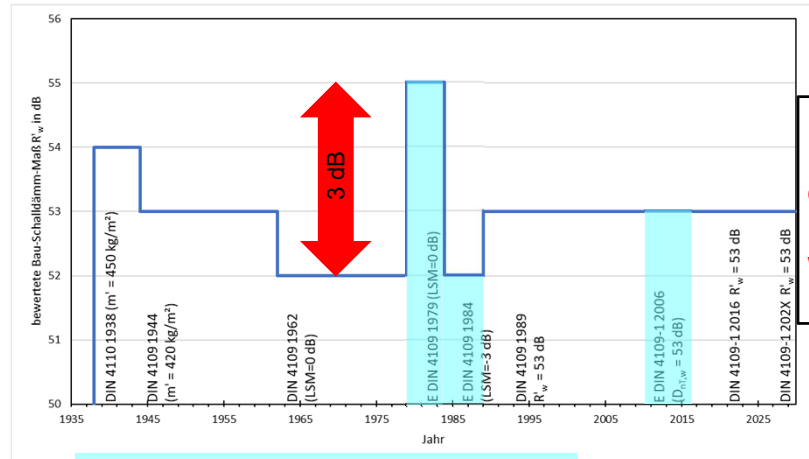
- **Keine wesentliche Erhöhung der Anforderungen**
- **Veränderung der Anforderungsgröße** ( $m' \rightarrow R_m \rightarrow LSM \rightarrow R'_w \rightarrow R'_{w, D_{n,w}}$ )

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Luftschalldämmung Wohnungstrennwände im MFH



Nur geringe Änderungen in den Anforderungen an die Luftschalldämmung von Wohnungstrennwänden

Entwurfsskizzen zu DIN 4109

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Trittschalldämmung Wohnungstrenndecken im MFH

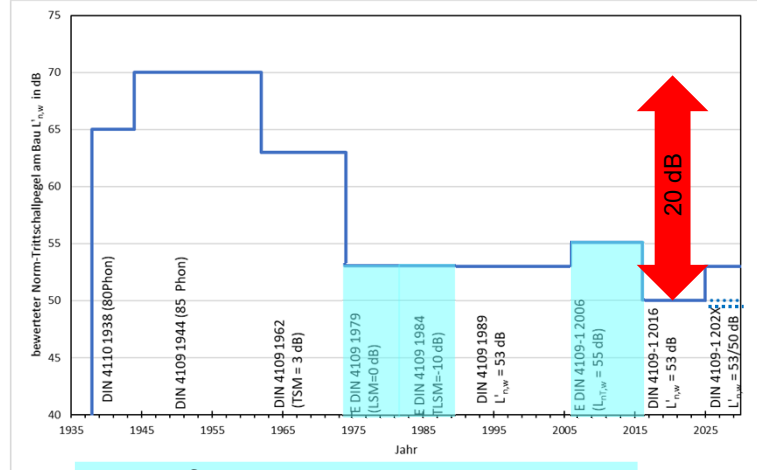
- **1938**  $T = 80$  Phon (Hammerwerk)  $T \dots$  Trittschallpegel  
 $T = 20 - 40$  Phon (gehende Person)
- **1944**  $T = 85$  Phon (Hammerwerk)
- **1962**  $L'_{n,w} \leq 63 \text{ dB}$  (TSM  $\leq 0 \text{ dB}$ ) TSM... Trittschallschutz-Maß
- **1989**  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$   $L'_{n,w} \dots$  Norm-Trittschallpegel
- **2016**  $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$  (Ausnahme Holzbau:  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$ )
- **202X**  $L'_{n,w} \leq 50 / 53 \text{ dB}$

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Trittschalldämmung Wohnungstrenndecken im MFH



Kontinuierliche  
Anpassung/Erhöhung der  
Anforderungen aufgrund  
veränderter Bauweisen  
(schwimmende Estrich)

Entwurfssdokumente zu DIN 4109

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Schutz gegen **Außenlärm** für Aufenthaltsräume in Wohnungen

- **1938** -
- **1944** -
- **1962** dicht schließende Fenster
- **1989**  $R'_w \geq L_a - 30$  dB  $L_a$  maßgebliche Außenlärmpegel(-bereich) (inkl. Schienenbonus)
- **2016**  $R'_w \geq L_a - 30$  dB (Wegfall Schienenbonus, **Nachtzuschlag**)
- **2018**  $R'_w \geq L_a - 30$  dB (dB genau; pauschaler Abschlag von 5 dB Schiene)
- **202X** Berücksichtigung Spektrumanpassungswerte

#### 5.3. Fenster

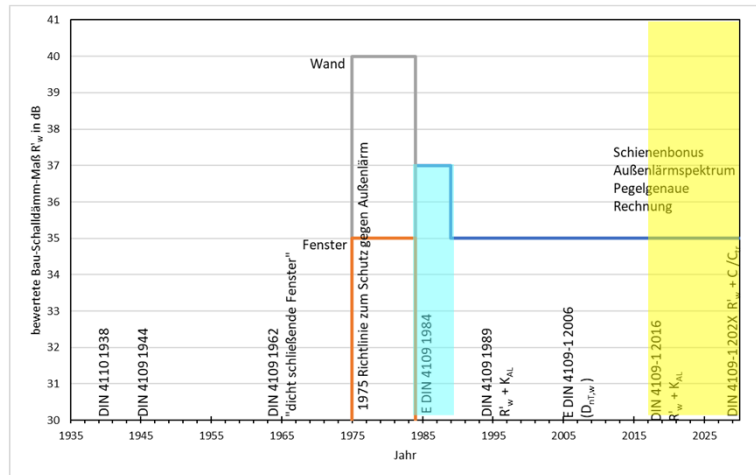
Bei starkem Außenlärm (z. B. in Straßen mit hoher Verkehrsdichte) sollen die dem Lärm zugewandten Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräume sowie Vorratsräume, Versammlungsräume, Schulräume, Krankenzimmer und dergleichen dichtschließende Fenster mit erhöhter Luftschalldämmung erhalten (Hinweis siehe Blatt 5 Abschnitt 2.4.4).

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Schutz gegen Außenlärm für Aufenthaltsräume in Wohnungen



Immer detailliertere  
Berechnung des  
Schutzes gegenüber  
Außenlärm  
Seit 2016: zusätzlicher  
Schutz für Schlafräume

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Beispiel: Schutz gegen Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen

- 1938 -
- 1944 -
- 1962  $L < 30$  (40) DIN-phon (für Anlagen 7:00 - 22:00 Uhr)
- 1989  $L_{AF,max} < 35/30/25$  dB (Kennzeichnender max Schalldruckpegel)  
(Wasserinstallationen, sonst. Install., Betriebe nachts)
- 2016  $L_{AF,max,n} < 35/30/25$  dB
- 2018  $L_{AF,max,n} < 35/30/25$  dB
- 202X  $(L_{AF,max,nT} < 35/30/25$  dB)

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Erhöhte Anforderungen (Wohnungstrennwände bzw. -decken)

- **1938** -
- **1944** -
- **1962** Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz  
Luftschalldämmung: +3 dB; Trittschalldämmung: +10 dB
- **1989** Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz  
Luftschalldämmung: +2/1 dB; Trittschalldämmung: +7 dB
- **2016** -
- **2020** DIN 4109-5: Luftschalldämmung: +3 dB; Trittschalldämmung: +5 dB

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 2. Rückblick auf DIN 4109

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Empfehlungen zum Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich

- **1938** -
- **1944** -
- **1962** -
- **1989** Beiblatt 2: Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz  
im eigenen Bereich  
Decken  $R'_w \geq 50 / 55$  dB;  $L'_{n,w} \leq 56 / 46$  dB  
Wände  $R'_w \geq 40 / 47$  dB
- **2016** -
- **2020** - DIN 4109-5 gibt keine Empfehlungen für den eigenen Bereich

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

1. Motivation
2. Blick in die Geschichte der DIN 4109
3. Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau
  - 3.1 Mindestschallschutz und erhöhter Schallschutz in DIN 4109
  - 3.2 Weiterer Anforderungsdokumente: VDI 4100, DEGA Schallschutzausweis
  - 3.3 Ausblick auf DIN 4109-1:202X Mindestanforderungen
4. Neuerungen bei den Rechenverfahren (DIN 4109-2)
  - 4.1 Trittschallberechnung
  - 4.2 Massivholzbau
  - 4.3 Gebäudetechnische Anlagen
5. Zusammenfassung

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 3. Anforderungen

### DIN 4109-1: Mindestschallschutz

- bauaufsichtlich geschuldet
- Wird im Geschosswohnungsbau (Eigentumswohnungen) nur wenig angewendet (BGH - Urteile zu üblichem Komfort etc., Aufklärungspflicht)
- Studentenwohnheim, Altenpflegeheim, Mietwohnanlage, ...

### DIN 4109-5: erhöhte Anforderungen:

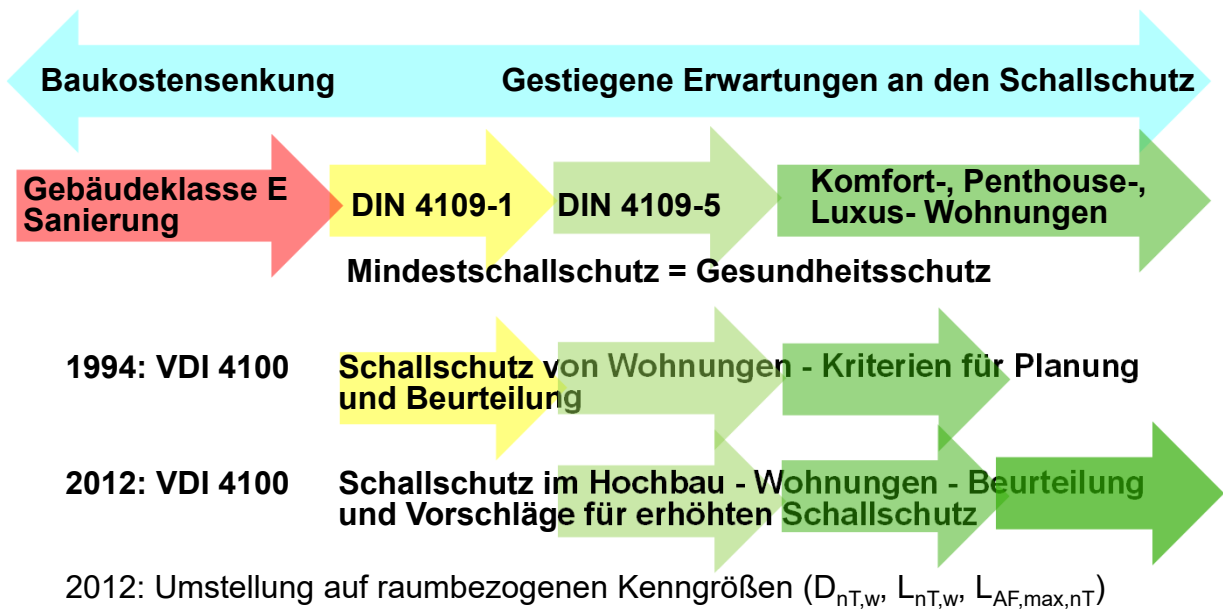
- Üblicher Schallschutz im Geschosswohnungsbau
- Meist mit üblichen Konstruktionen und geringem Mehraufwand erreichbar

| Bauteil                                         | DIN 4109-1                        | DIN 4109-5                        | überwiegend:                         |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Luftschall Wohnungstrennwand                    | $R'_w \geq 53 \text{ dB}$         | $R'_w \geq 56 \text{ dB}$         | $\Delta R'_w = 3 \text{ dB}$         |
| Luftschall Wohnungstrenndecke                   | $R'_w \geq 54 \text{ dB}$         | $R'_w \geq 57 \text{ dB}$         | $\Delta R'_w = 3 \text{ dB}$         |
| Trittschall Wohnungstrenndecke                  | $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$     | $L'_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$     | $\Delta L'_{n,w} = 5 \text{ dB}$     |
| Trittschall Wohnungstrenndecke (Holz-Leichtbau) | $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$     | $L'_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$     | $\Delta L'_{n,w} = 8 \text{ dB}$     |
| Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen        | $L_{AF,max,n} \leq 30 \text{ dB}$ | $L_{AF,max,n} \leq 27 \text{ dB}$ | $\Delta L_{AF,max,n} = 3 \text{ dB}$ |

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

### 3. Anforderungen: weitere Dokumente

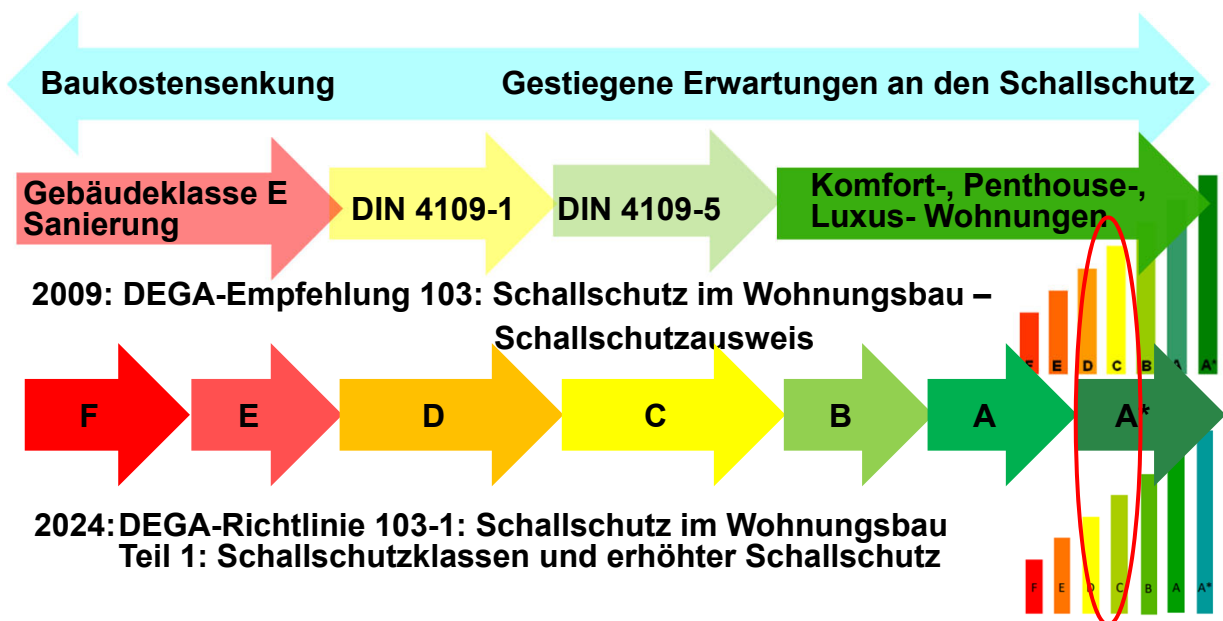
Hochschule für Technik  
Stuttgart



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

### 3. Anforderungen: weitere Dokumente

Hochschule für Technik  
Stuttgart



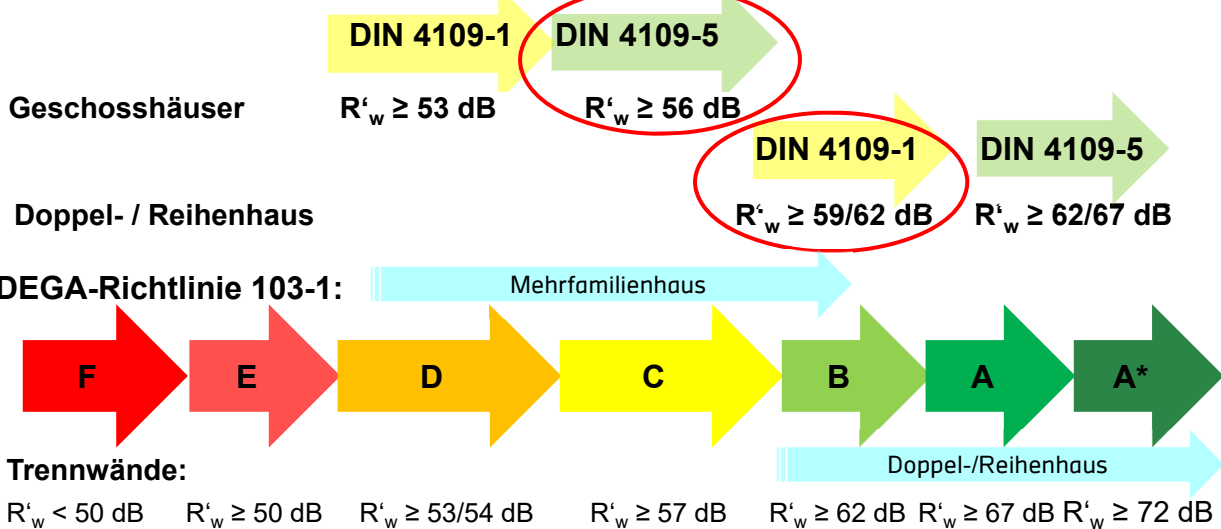
Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart



### 3. Anforderungen: weitere Dokumente

Hochschule für Technik  
Stuttgart

Trennwände:



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

### 3. Anforderungen: weitere Dokumente

Hochschule für Technik  
Stuttgart

Überarbeitung und Zusammenführung von DEGA-Empfehlung und VDI 4100?

- Konzept der 7 Schallschutzklassen wird beibehalten
- Klasse D entspricht dem Mindestschallschutz der DIN 4109-1
- Bauteil- und raumbezogene Kenngrößen können angewendet werden ( $R'_w$ ,  $L_{n,w}$ , ...) ( $D_{nT,w}$ ,  $L_{nT,w}$ , ...)

|                                        | F                                                                                      | E    | D    | C    | B    | A    | A*   |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                        | „raumbezogene“ Kenngröße – bewertete Standard-Schallpegeldifferenz<br>$D_{nT,w}$ in dB |      |      |      |      |      |      |
| horizontal <sup>1)</sup> /<br>vertikal | < 51                                                                                   | ≥ 51 | ≥ 54 | ≥ 57 | ≥ 62 | ≥ 67 | ≥ 72 |
|                                        | „bauteilbezogene“ Kenngröße – bewertetes Bau-Schalldämm-Maß<br>$R'_w$ in dB            |      |      |      |      |      |      |
| horizontal <sup>1) 2)</sup>            | < 50                                                                                   | ≥ 50 | ≥ 53 | ≥ 56 | ≥ 61 | ≥ 66 | ≥ 71 |
| vertikal <sup>2)</sup>                 | < 51                                                                                   | ≥ 51 | ≥ 54 | ≥ 57 | ≥ 62 | ≥ 67 | ≥ 72 |

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

### 3. Anforderungen: holzbau handbuch

Hochschule für Technik  
Stuttgart

#### Schallschutz im Holzbau – Grundlagen und Vorbemessung holzbau handbuch | REIHE 3 | TEIL 3 | FOLGE 1

#### Drei Schallschutzniveaus:

- Basis
- Basis+
- Komfort

Tabelle 2 | Normative Anforderung und Empfehlung für wichtige Zielwerte

| 1                                                                     | Schallschutzniveau                                                                                         |                                                                           |                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                                       | 2                                                                                                          | 3                                                                         | 4                                                                         |
| Bauteil / Übertragungsweg:                                            | BASIS $\Delta$ DIN 4109-1:2018                                                                             | BASIS +                                                                   | KOMFORT                                                                   |
| 1 Wohnungstrennwand                                                   | $R'_{w} \geq 53$ dB                                                                                        | $R'_{w} \geq 56$ dB                                                       | $R'_{w} \geq 59$ dB                                                       |
| 2 Reihenhaustrennwand                                                 | $R'_{w} \geq 62$ dB                                                                                        | $R'_{w} \geq 64$ dB<br>$R_{w} + C_{50-5000} \geq 62$ dB <sup>1)</sup>     | $R'_{w} \geq 67$ dB<br>$R_{w} + C_{50-5000} \geq 65$ dB <sup>1)</sup>     |
| 3 Wohnungstrenndecke                                                  | $R'_{w} \geq 54$ dB                                                                                        | $R'_{w} \geq 57$ dB                                                       | $R'_{w} \geq 60$ dB                                                       |
| 4 Wohnungstrenndecke<br>Trittschallpegel                              | $L'_{n,w} \leq 53$ dB <sup>2)</sup>                                                                        | $L'_{n,w} \leq 50$ dB<br>$L_{n,w} + C_{50-2500} \leq 50$ dB <sup>2)</sup> | $L'_{n,w} \leq 46$ dB<br>$L_{n,w} + C_{50-2500} \leq 47$ dB <sup>2)</sup> |
| 5 Dachterrassen und Loggien mit<br>darunterliegenden Wohnräumen       | $L'_{n,w} \leq 50$ dB                                                                                      | $L'_{n,w} \leq 50$ dB                                                     | $L'_{n,w} \leq 46$ dB                                                     |
| 6 Decken unter Laubengängen<br>(in alle Schallausbreitungsrichtungen) | $L'_{n,w} \leq 53$ dB                                                                                      | $L'_{n,w} \leq 50$ dB                                                     | $L'_{n,w} \leq 46$ dB                                                     |
| 7 Treppenlauf und Treppenpodest                                       | $L'_{n,w} \leq 53$ dB                                                                                      | $L'_{n,w} \leq 50$ dB                                                     | $L'_{n,w} \leq 46$ dB                                                     |
| 8 Außenlärm nach Lärmpegelbereich und Anforderungen der DIN 4109      | Anforderungen nach DIN 4109<br>inkl. Berücksichtigung $C_{50-5000}$<br>für das opake Bauteil <sup>4)</sup> |                                                                           |                                                                           |
| 9 Weitere Bauteile                                                    | nach DIN 4109-1:2018                                                                                       | nach DIN 4109-1:2018                                                      | nach DIN 4109-5:2019 <sup>5)</sup>                                        |

<sup>1)</sup> ergänzender Luftschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken

<sup>2)</sup> ergänzender Trittschallanforderungswert nur ans Bauteil ohne Flanken

<sup>3)</sup> Sonderregelung für Deckenkonstruktionen, die der DIN 4109-33:2016 zuzuordnen sind, ansonsten  $L'_{n,w} \leq 50$  dB

<sup>4)</sup> Für Fensterflächenanteile über 30% gesonderte Betrachtung, reine Bauteilanforderung

<sup>5)</sup> Anforderung an die Doppelschalenwand, beide Wände

<sup>6)</sup> nach jeweils gültiger Fassung oder E-DIN 4109-5:2018

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

### 3.3 Anforderungen: Ausblick DIN 4109-1

Hochschule für Technik  
Stuttgart

- Änderungen beim Schallschutz gegenüber Außenlärm
  - Spektrumanpassungswerte C und  $C_{tr}$
- Änderung der Anforderungsgröße bei den gebäudetechnischen Anlagen
  - $L_{AF,max,n} \rightarrow L_{AF,max,nT}$
- Änderungen sind bei den Anforderungswerten in 4109-1 zu erwarten:
  - Forderung der Wohnungsbauwirtschaft um Baukosten zu senken (zurück auf die Anforderungswerte von 1989?)
  - verminderte Trittschallanforderung Geschosswohnungsbau (Treppen, Laubengänge, ...)
  - keine Mindestanforderung an Balkone
  - ?
- Gebäudeklasse E / Sanierung: Anforderungen unter Gesundheitsschutz?
- Änderung bei den Mindestwerten führen vermutlich zu verminderten Anforderungswerte in DIN 4109-5

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

1. Motivation
2. Blick in die Geschichte der DIN 4109
3. Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau
  - 3.1 Mindestschallschutz und erhöhter Schallschutz in DIN 4109
  - 3.2 Weiterer Anforderungsdokumente: VDI 4100, DEGA Schallschutzausweis
  - 3.3 Ausblick auf DIN 4109-1:202X Mindestanforderungen
4. Neuerungen bei den Rechenverfahren (DIN 4109-2)
  - 4.1 Trittschallberechnung
  - 4.2 Massivholzbau
  - 4.3 Gebäudetechnische Anlagen
5. Zusammenfassung

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4. Rechenverfahren und Bauteilkatalog

- **Alleinstellungsmerkmal:**  
**Nachweis des Schallschutzes durch ein genormtes Rechenverfahren**  
**(in vielen Ländern mittels Messungen im ausgeführte Bau)**
- **Rechenverfahren und Bauteilkatalog sind Bestandteil der Technischen Baubestimmungen (MVVTB)**
- **Rechenverfahren dient allerdings nicht nur dem bauaufsichtlichen Nachweis:**
  - Vergleich Messwert – Rechenwert (Mangel?)
  - Vergleich von Konstruktionen bei der Planung des Schallschutzes
- **Berechnung (Simulation) kann den Schallschutz in der konkreten Bausituation nur mit einer begrenzten Genauigkeit wiedergeben.**
  - Im Mittel entspricht Messwert dem Rechenwert
  - Verwendung Sicherheitsbeiwert (2 dB Luftschall / 3 dB Trittschall)

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.1 Trittschallberechnung

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Bestehendes Trittschallverfahren in DIN 4109-2

#### Massivbau:

$L_{n,eq,0,w}$  äquiv. bew. Trittschallpegel der Massivdecke

$\Delta L_w$  bew. Trittschallminderung

$K$  Korrekturwert Flankenübertragung  $K=0\dots6$  dB

$K$  Korrekturwert Flankenübertragung  $K=-9\dots6$  dB

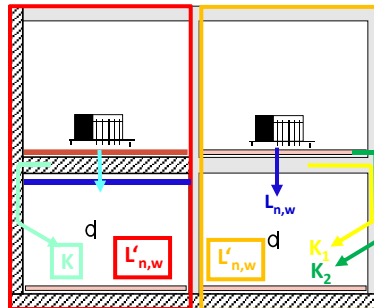
#### Holz-, Leicht- und Trockenbau:

$L_{n,w}$  bew. Trittschallpegel der ges. Holzdecke

$K_1$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg Df

$K_2$ ...Korrekturwert für den Übertragungsweg Dff

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



$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2$$

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.1 Trittschallverfahren

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Kritikpunkte am bestehenden Trittschallverfahren in DIN 4109-2

- **Massivbau:**
  - $K$  aus der mittleren flächenbezogenen Masse:
    - schwere Bauteile gleichen leichte Bauteile nicht aus
    - Vorsatzschale vor dem trennenden Bauteil wird nur pauschal berücksichtigt
    - Vorsatzschalen vor flankierenden Bauteilen werden nicht berücksichtigt
  - Diagonale und horizontale Übertragung:
    - pauschale Korrektur über  $K_T$  (5/10/20 dB)
    - nur für Bauteile mit  $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$
- **Leichtbau:**
  - $K_1$  und  $K_2$  pauschal für alle Flanken:
    - in der Regel wird mit der ungünstigsten Flanke gerechnet
  - Diagonale und horizontale Übertragung:
    - bislang nicht berechenbar

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.1 Neues Trittschallverfahren

Hochschule für Technik  
Stuttgart

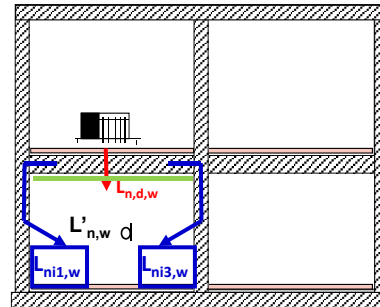
### Neues „vereinfachtes“ Trittschallverfahren aus DIN EN ISO 12354-2

- In DIN EN ISO 12354-2 wurde 2017 ein vereinfachtes Berechnungsverfahren für die Trittschallübertragung veröffentlicht und Korrektur K wird ersetzt durch:
- Berechnung des bew. Norm-Flankentrittschallpegels  $L_{n,ij,w}$
- und energetische Summation der einzelnen Trittschallpegel auf den zu betrachtenden Übertragungswegen

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w}$$

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

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left[ 10^{\frac{L_{n,d,w}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,ij,w}}{10}} \right]$$



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.1 Neues Trittschallverfahren

Hochschule für Technik  
Stuttgart

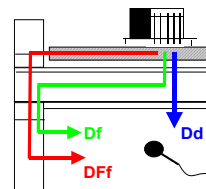
### Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

$$L'_{n,w} = 10 \lg \left[ 10^{-0,1L_{n,d,w}} + \sum_{j=1}^n 10^{-0,1L_{n,ij,w}} \right] \quad \text{direkte und flankierende Übertragung (meist 4 Wege) wird getrennt berücksichtigt}$$

$$L_{n,ij,w} = 10 \lg (10^{0,1L_{n,Df,w}} + 10^{0,1L_{n,DFf,w}}) \quad \text{flankierende Übertragung wird für jede Flanke auf den Wegen DFf und Df berechnet und energ. addiert}$$

$$L_{n,Df,w} = L_{n,Df,lab,w} - \Delta R_{j,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_{0ij}}$$

$$L_{n,DFf,w} = L_{n,DFf,lab,w} - \Delta R_{ij,w} - \Delta K_{ij} - 10 \lg \frac{S_i}{l_{0ij}}$$



Genauere Berechnung ermöglicht geringeren Sicherheitsbeiwert  $u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB} \rightarrow 2 \text{ dB}$

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.1 Neues Trittschallverfahren

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

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

$$10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} = 10 \lg \frac{4m \times 5m}{1m \times 5m} = 10 \lg 4 = 6dB$$

$$L_{n,Df,lab,w} = 10 \lg (10^{0,1(L_{n,d,w}+K_1)} - 10^{0,1L_{n,d,w}})$$

$$10^{0,1L_{n,Df,lab,w}} = 10^{0,1(L_{n,d,w}+K_1)} - 10^{0,1L_{n,d,w}}$$

$$10^{0,1(L_{n,d,w}+K_1)} = 10^{0,1L_{n,Df,lab,w}} + 10^{0,1L_{n,d,w}}$$

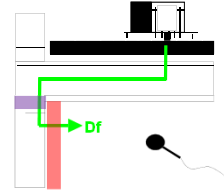


Tabelle 3 – Korrekturwert  $K_1$  zur Berücksichtigung der Flankenübertragung auf dem Weg Df (Übertragungssituation nach Bild 5a))

| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Wandaufbau im Empfangsraum                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Deckenaufbau                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 x GK an FS    1 x GK an FS    GK-Lattung oder direkt    offene HBD    BSD oder BKD |
| GK + HW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $K_1 = -6$ dB $K_1 = -3$ dB $K_1 = -1$ dB                                            |
| GF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $K_1 = -7$ dB $K_1 = -4$ dB $K_1 = -1$ dB                                            |
| HW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $K_1 = -9$ dB $K_1 = -5$ dB $K_1 = -4$ dB                                            |
| Holz- oder HW-Element                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                      |
| GK: 9,5 mm bis 12,5 mm Gipsplatte nach DIN 18186; DIN EN 1260, Rohdichte von $\rho \geq 600$ kg/m <sup>3</sup> , mechanisch verbunden.<br>GF: 12,5 mm bis 15 mm Gipsfaserplatte nach DIN EN 13263-2, Rohdichte von $\rho \geq 1100$ kg/m <sup>3</sup> , mechanisch verbunden.<br>HW: 18 mm bis 25 mm Holzwerkstoff-Platte nach DIN 68700, Rohdichte von $\rho \geq 600$ kg/m <sup>3</sup> , mechanisch verbunden. |                                                                                      |

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025; Martin Schneider HFT Stuttgart

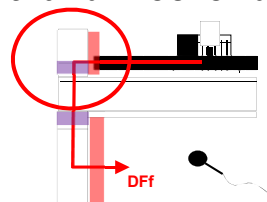
## 4.1 Neues Trittschallverfahren

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Neues Trittschallverfahren im Holz-, Leicht- und Trockenbau

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

$$10 \lg \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} = 10 \lg \frac{4m \times 5m}{1m \times 5m} = 10 \lg 4 = 6dB$$



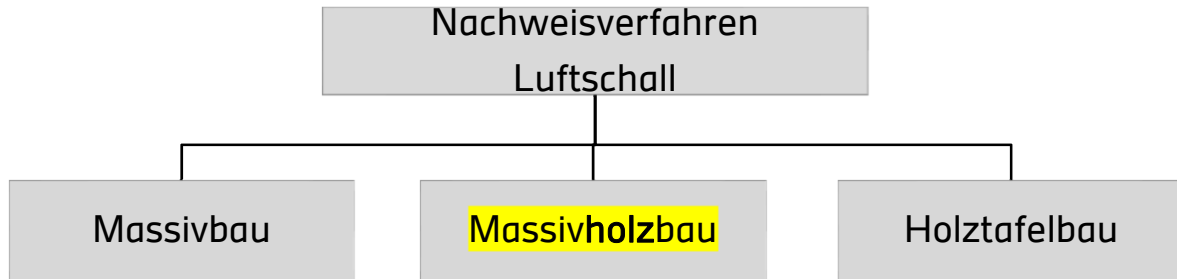
DIN 4109-2, Tabelle 4:

| Wandaufbau im Send- und Empfangsraum                                                                         | Entscheidung | Trittschallübertragung auf dem Weg Df + Df:<br>$L_{n,DFf,w} + K_2$<br>dB |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $L_{n,DFf,w}$<br>dB |    |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------|----|------|
|                                                                                                              |              | 35                                                                       | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |                     | 55 | > 55 |
| <br>GK + HW               | a)           | 10                                                                       | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0                   | 0  | 44   |
|                                                                                                              | b)           | 6                                                                        | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                   | 0  | 40   |
|                                                                                                              | c)           | 5                                                                        | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                   | 0  | 38   |
| <br>GF                    | a)           | 11                                                                       | 10 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 1  | 46   |
|                                                                                                              | b)           | 10                                                                       | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 0  | 45   |
|                                                                                                              | c)           | 8                                                                        | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0                   | 0  | 42   |
| <br>HW                    | a)           | 11                                                                       | 10 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 1  | 46   |
|                                                                                                              | b)           | 10                                                                       | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 0  | 45   |
|                                                                                                              | c)           | 8                                                                        | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0                   | 0  | 42   |
| <br>Holz- oder HW Element | a)           | 11                                                                       | 10 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 1  | 46   |
|                                                                                                              | b)           | 10                                                                       | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1                   | 0  | 45   |
|                                                                                                              | c)           | 8                                                                        | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0                   | 0  | 42   |

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025; Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.2 Massivholzbau

Hochschule für Technik  
Stuttgart



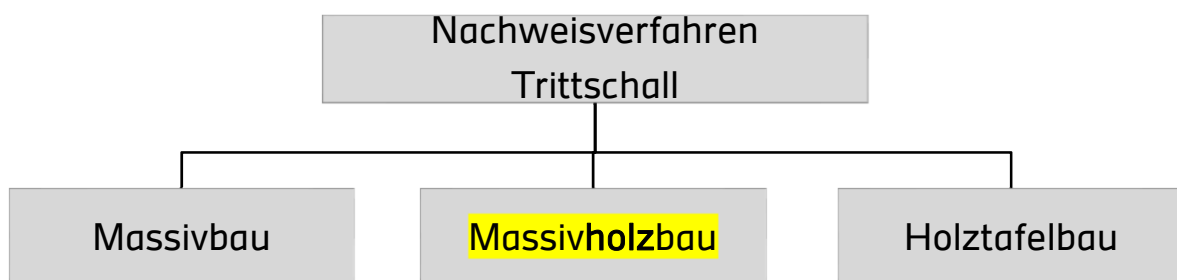
**Luftschall: wie Massivbau**

- $R_w = 25 \lg m' - 7 \text{ dB}$  für  $m' = 40 \text{ kg/m}^2 - 160 \text{ kg/m}^2$  (aus „holzbau handbuch“)
- $R_w$  = zweischalige Haustrennwände, Decken mit Beschwerung, ... (DIN 4109-33)
- $\Delta R_w$  = Vorsatzkonstruktionen, WDVS, Unterdecken
- $K_{ij}$  = konkrete Werte in Abhängigkeit der Stoßstellenausbildung

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.2 Massivholzbau

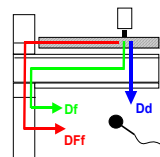
Hochschule für Technik  
Stuttgart



**Trittschall:**

Direktübertragung ähnlich wie Massivbau

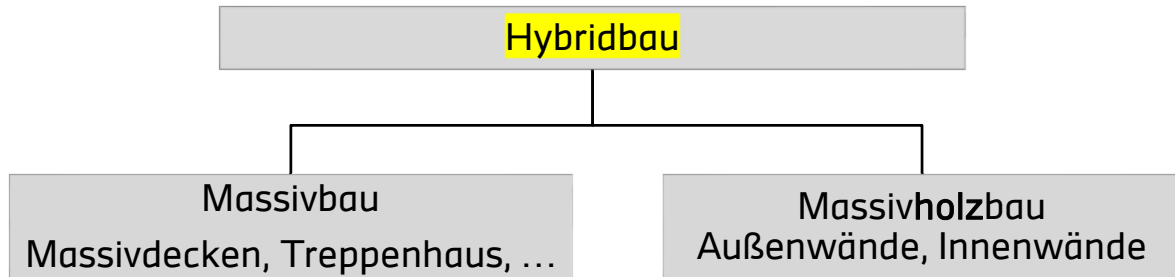
Flankenübertragung wie Holztafelbau aus DIN 4109-33



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.2 Massivholz im Hybridbau

Hochschule für Technik  
Stuttgart



**Trennbau teil Decke massiv: Luft- und Trittschall wie Massivbau**

**Trennbau teil Massivholzwand: Luftschall wie Massivbau**

**Trennbau teil Holztafelbauwand: Luftschall wie Leichtbau**

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 4.3 Gebäudetechnische Anlagen

Hochschule für Technik  
Stuttgart

**Bislang in DIN 4109-2 kein Berechnungsmodell vorhanden!**

**Musterlösungen bleiben in Norm!**

**+ Umsetzung der DIN EN 12354-5 (frequenzabhängig) in DIN 4109-2**

**Luftschall:**

$$L'_{ne,a} = L_{Wa} - R' - 10 \lg \left( \frac{A_S}{S_S} \right) - 4 \text{ dB}$$

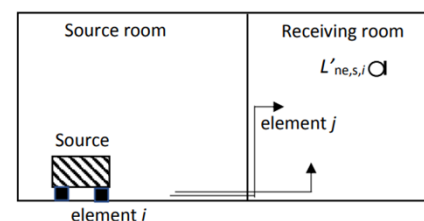
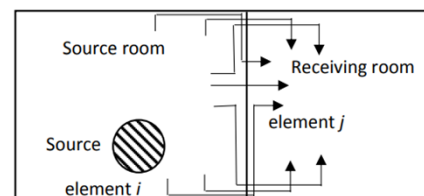
**Körperschall:**

$$L'_{iAX,n,s} = L_{iWX,s} + D_{iTF,n} + k_{iA}$$

**Norm-Schalldruckpegel im Empfangsraum (KS)**

**Installierte Leistung (aus Prüfstand)**

**Übertragungsfunktion + A-Bewertung**



Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart



## 5. Zusammenfassung

Hochschule für Technik  
Stuttgart

### Kostentreiber Schallschutz?

- Mindestwerte der DIN 4109-1 geeignet für kostengünstiges Bauen
- beim Luftschall von Trennwänden seit 80 Jahren unverändertes Anforderungsniveau
- Wenn „Komfort“ vereinbart, dann ist auch akustischer Komfort zu bauen

Erhöhten Anforderungen DIN 4109-5 beschränken in sich auf eine Klasse

### DEGA-Richtlinie 103-1:

- Berücksichtigung tiefer Frequenzen ( $C_{1,50-2500}$ )
- Zusätzlich neue Anforderungskennwerte ( $R'_w \rightarrow D_{nT,w}$ )
- Keine Trennung zw. MFH und RH

### Holzbau Handbuch:

- sinnvolle Abstufung (Basis, Basis+, Komfort) für MFH mit Ergänzung bei tiefen Frequenzen

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

## 5. Zusammenfassung

Hochschule für Technik  
Stuttgart

DIN 4109 war bis in die 90er Jahre nicht nur national das zentrale Dokument bezüglich der Anforderung an den Schallschutz im Hochbau

Keine wesentliche Anhebung des Anforderungsniveaus 1989 → 2016

Im Bereich der Anforderungen wurde versäumt aktuelle Entwicklungen im Schallschutz in die DIN 4109 zu überführen:

- Berücksichtigung tiefer Frequenzen ( $C_{1,50-2500}$ )
- Zeitgemäße Anforderungskennwerte ( $R'_w \rightarrow D_{nT,w}$ )

Rechenverfahren wurden vorangetrieben

- Nachweis Luft- und Trittschalldämmung unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile
- Zukünftig auch Berechnung von gebäudetechnischen Anlagen

Bauteilkatalog für Holz-, Leicht- und Trockenbau

- Grundlage für bauaufsichtlichen Nachweis
- Ermöglich auch eine gezielte Planung eines erhöhten Schallschutzes

Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland; Sommerkolloquium Bauphysik; 06.06.2025, Martin Schneider HFT Stuttgart

# Entwicklung der Anforderungen an den Schallschutz in Deutschland

## Sommerkolloquium Bauphysik 06.06.2025

Martin Schneider

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart

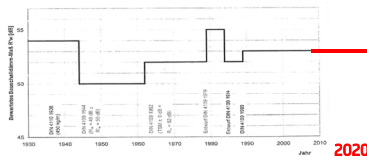
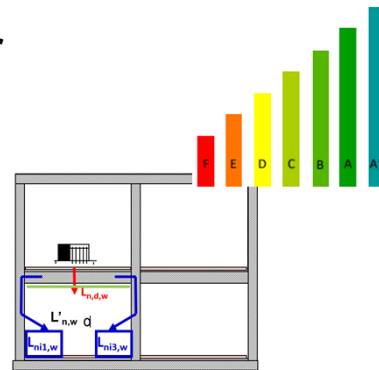
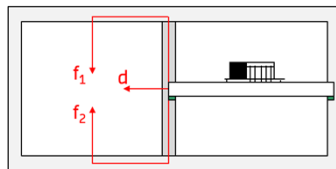


Bild 1: Entwicklung der Mindestanforderungen an den Schallschutz in der Normung (einschließlich der Normenreihe von 1938 bis 1989) für Wohnungstrennwände im Geschosswohnungsbau



## Sommerkolloquium Bauphysik 2025

### **Trittschalldämmung von Balkonen in Gebäuden**

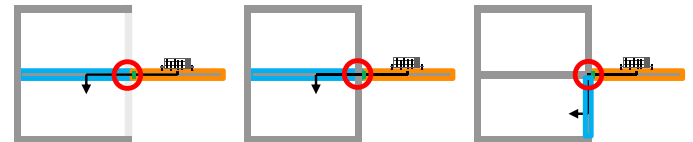
**Lucas Heidemann M.Sc.** - Hochschule für Technik Stuttgart

Die Prognose der Norm-Trittschallpegel erfolgt in der DIN 4109:2018 mit KT-Werten für tabellierte Übertragungssituationen. Diese können prinzipiell auch für Balkone und Laubengänge angesetzt werden, gelten allerdings nur bei einer Flächenmasse der Außenwände von  $m \geq 150 \text{ kg/m}^2$ . Bei vollflächig verglasten Fassaden, wie sie bei Balkonen überwiegend aufzufinden sind, können diese KT -Werte nicht angewendet werden. Der aktuelle Vorschlag des für die Rechenverfahren der DIN 4109-2 zuständigen Arbeitskreises sieht für die Trittschallübertragung eine explizite Berechnung der Direkt- und Flankenübertragung nach DIN EN ISO 12354-2 vor. In diesem Beitrag werden die beiden Verfahren untereinander sowie mit einer Baustellenmessung verglichen.

## Trittschalldämmung von Balkonen in Gebäuden

Lucas Heidemann

Jochen Scheck, Berndt Zeitler



iCity

Ein Projekt der

Hochschule  
für Technik  
Stuttgart



GEFÖRDERT VOM

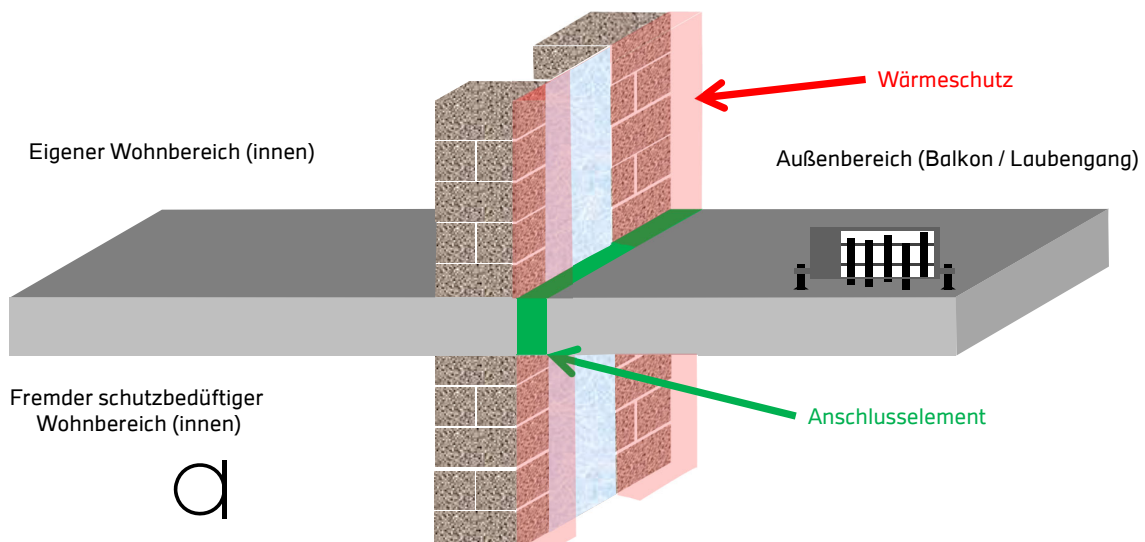
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## Trittschallschutz von Balkonen

Hochschule für Technik  
Stuttgart

- Wärmeschutz erfordert Anchlusselement
- Anchlusselement hat auch eine akustische Wirkung
- Balkone meist diagonal über schutzbedürftigen Räumen



- Anforderungen in DIN 4109-1 an die Trittschallübertragung von Balkonen und Laubengängen in angrenzende Einheiten
- Kein Prüfverfahren in DIN 4109-4 für thermische Anschlusselemente
- Prognoseverfahren der DIN 4109-2 nicht anwendbar bei raumhohen Verglasungen

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

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



## DIN 4109-2:2018

Rechenverfahren DIN 4109-2 mit  $K_T$ -Wert:

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

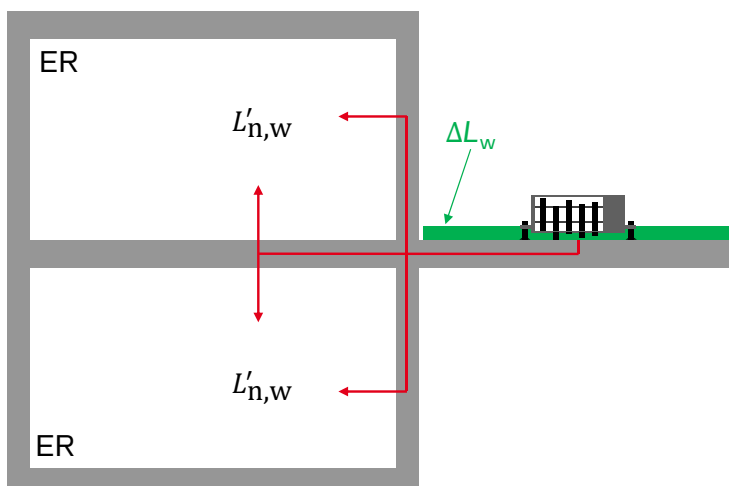


Tabelle 2 — Korrekturwert  $K_T$  zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels  $L'_{n,w}$  für unterschiedliche räumliche Zuordnungen von mit Norm-Hammerwerk<sup>a</sup> angeregter Decke und Empfangsraum (ER)

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

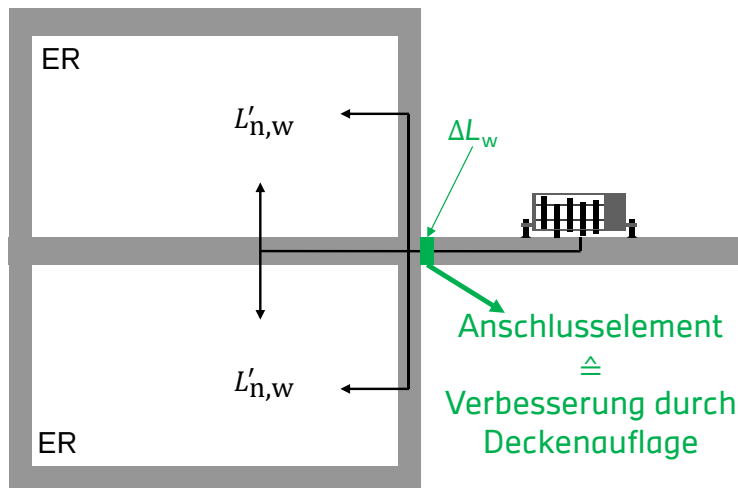
<sup>a</sup> Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5:2014-09, Anhang E.

<sup>b</sup> 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.

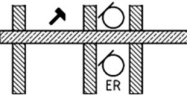
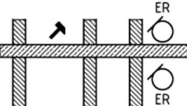
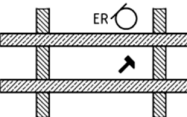
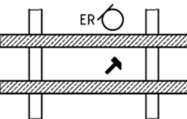
<sup>c</sup> Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

### 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<sup>a</sup> angeregter Decke und Empfangsraum (ER)**

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

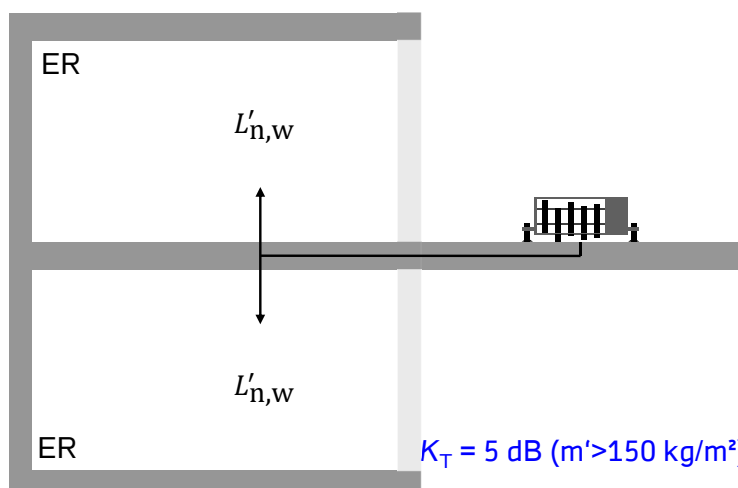
a Norm-Hammerwerk nach DIN EN ISO 10140-5:2010-09, Anhang E.

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.

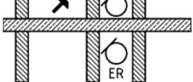
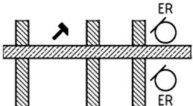
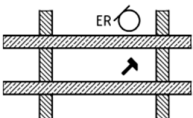
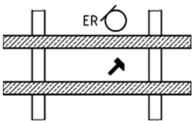
c Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

### 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<sup>a</sup> angeregter Decke und Empfangsraum (ER)**

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

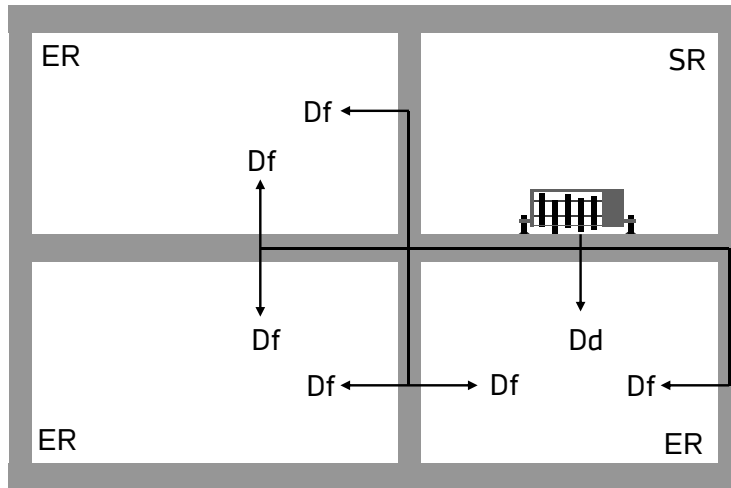
a Norm-Hammerwechsel; DIN EN ISO 10140-5:2014-09, Anhang E.

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

c Für diese Strukturwert gilt eingegmäss auch für Bsp. 1. unten

ermöglicht die Berechnung von bewerteten Norm-Flanken-Trittschallpegeln  $L_{n,ij,w}$

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



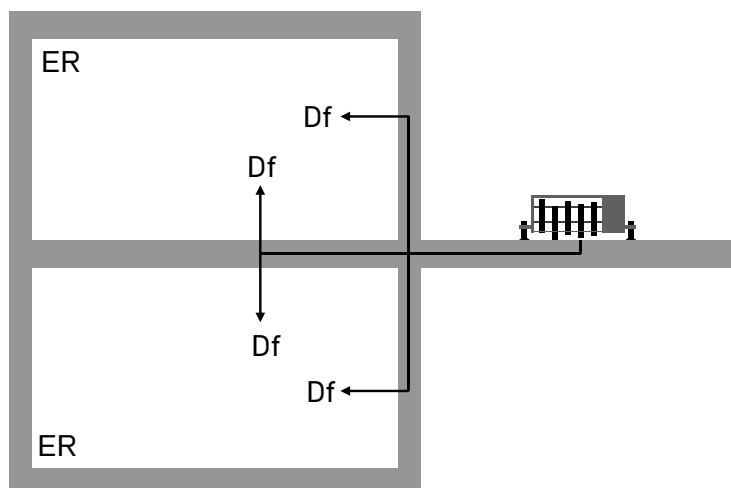
$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w}$$

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

7

bei Balkonen oder Laubengängen:

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



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

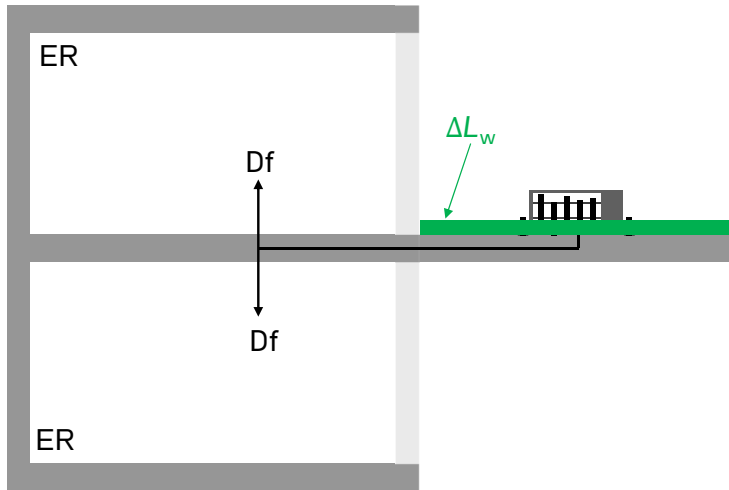
8

bei Balkonen oder Laubengängen mit Fensterelementen:

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

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

$$L'_{n,w} = L_{n,ij,w}$$



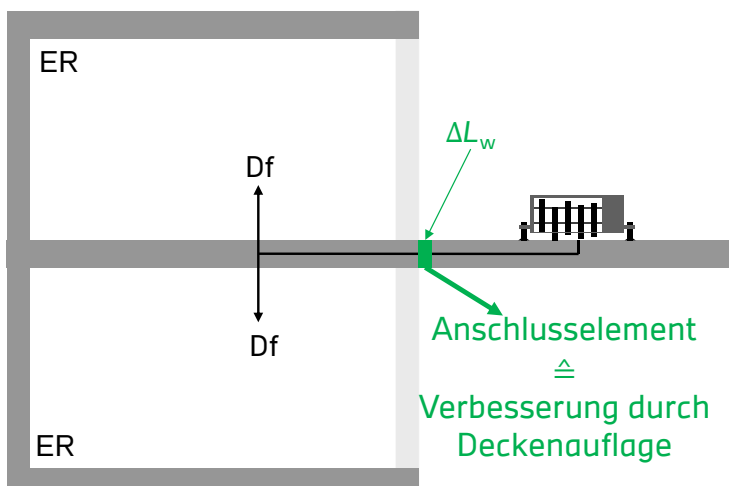
9

bei Balkonen oder Laubengängen:

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

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

$$L'_{n,w} = L_{n,ij,w}$$



10





11

## DIN EN ISO 12354-2:2017

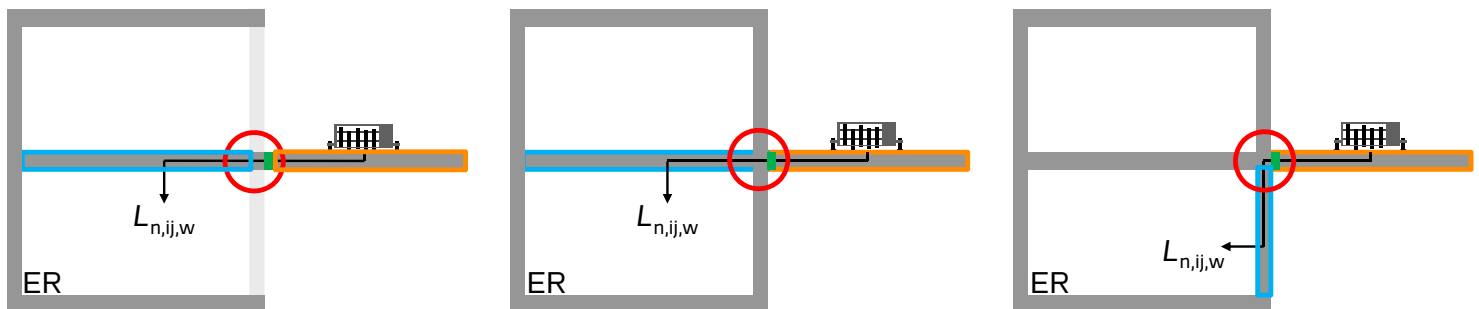
bei Balkonen mit Fenster- und Wandanteil

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

$K_{ij} = K_{ij,min}$

$K_{13}$  Kreuzstoß

$K_{12}$  Kreuzstoß



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

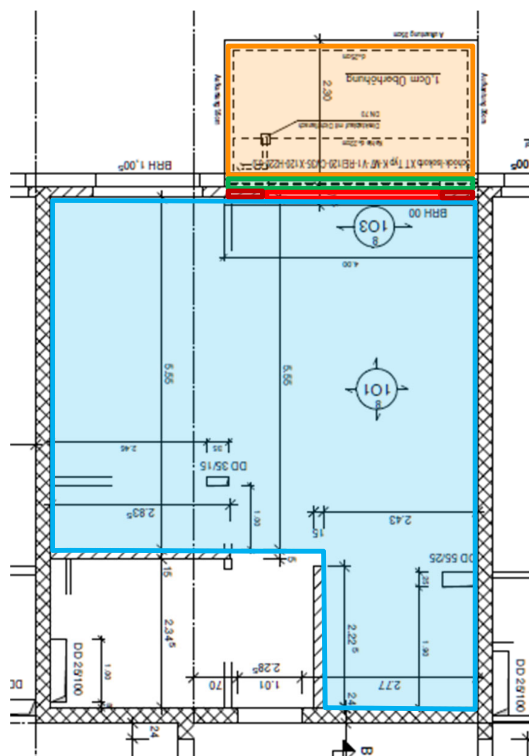
12



13



14



Fläche Balkon:  $A_B = 8 \text{ m}^2$   
 Fläche Außenwand:  $A_A = 7,5 \text{ m}^2$   
 Fläche Decke:  $A_D = 37 \text{ m}^2$

Decke und Balkon:  $h = 22 \text{ cm}$

Anschluss über gesamte Länge homogen  
 $\Delta L_w = 12,2 \text{ dB}$

Länge Balkon an Fenster:  $l_{ij,F} = 2,8 \text{ m}$   
 Länge Balkon an Wand:  $l_{ij,W} = 0,9 \text{ m}$

Volumen Empfangsraum:  $V_R = 98 \text{ m}^3$

Außenwand: Kalksandstein  
 Decke, Balkon, Innenwände: Stahlbeton

15

## Norm-Trittschallpegel aus Schnellemessungen

$$L_W = L_V + 10 \lg \sigma + 10 \lg S$$

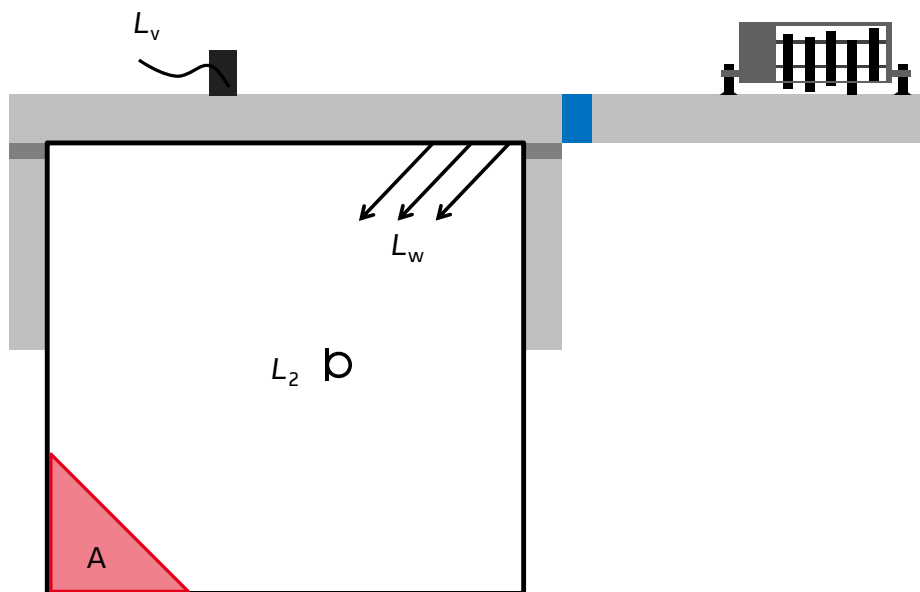
$$L_2 = L_W - 10 \lg A + 6 \text{ dB}$$

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

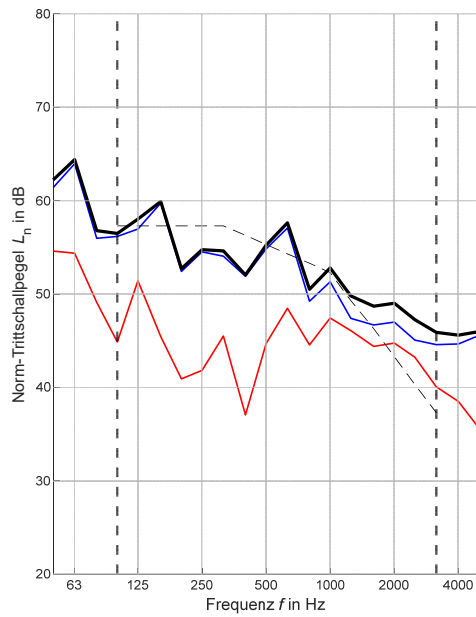
Mit  $\sigma \approx 1$  für biegesteife Elemente:

$$L_N = L_V + 10 \lg \frac{S}{A_0} + 6 \text{ dB}$$

- $L_w$  Schalleistungspegel
- $L_v$  Schnellepegel (ref  $5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ )
- $L_n$  Norm-Trittschallpegel
- $\sigma$  Abstrahlgrad
- $S$  Deckenfläche
- $A$  Absorptionsfläche
- $A_0$  Reference absorptionsfläche =  $10 \text{ m}^2$



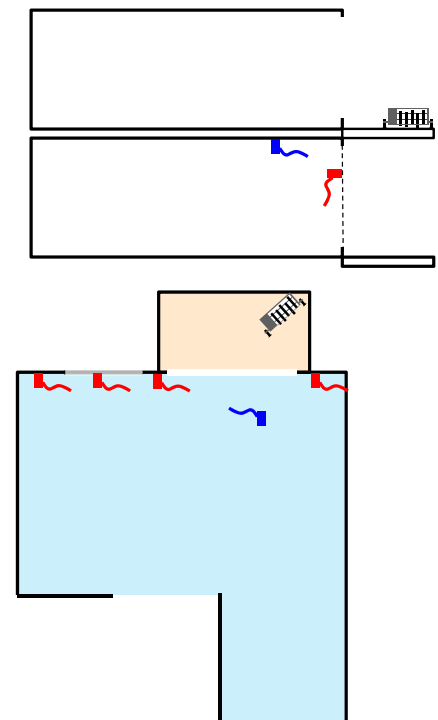
16



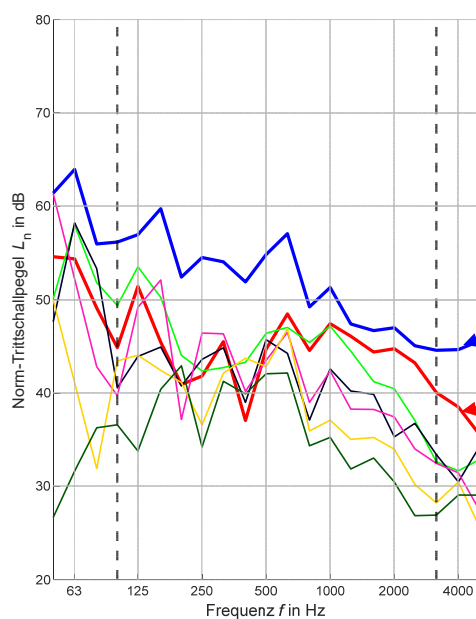
Summe:  
 $L'_{n,w} = 55,3$  dB

Pegel Decke  
 $L_{n,w} = 54,0$  dB

Pegel Flanke:  
 $L_{n,w} = 49,5$  dB



17



$L'_{n,w} = 56,7$  dB

$L_{n,w} = 54,0$  dB

$L_{n,w} = 49,5$  dB

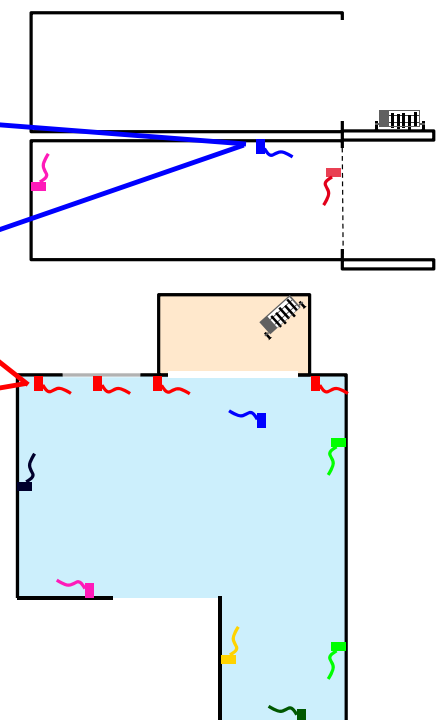
$L_{n,w} = 47,0$  dB

$L_{n,w} = 43,8$  dB

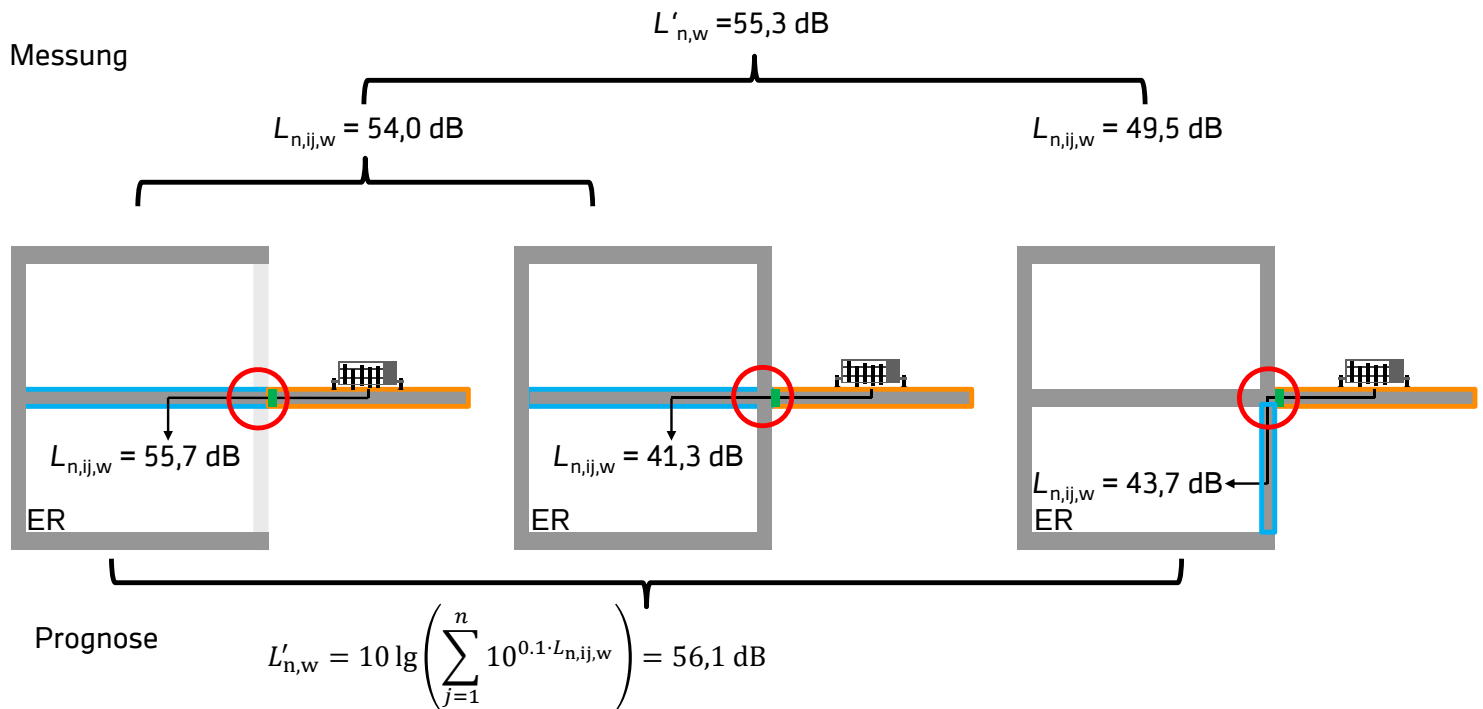
$L_{n,w} = 44,4$  dB

$L_{n,w} = 40,8$  dB

$L_{n,w} = 38,3$  dB



18



- Messung:
  - $L'_{n,w}$  mit allen Flanken: 56,7 dB
  - $L'_{n,w}$  mit primären Flanken: 55,3 dB
- Prognose
  - DIN 4109-2:2018 mit  $K_T$ :  $L'_{n,w} = 54,5 \text{ dB}$  (mit  $u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB}$ )
    - Unterschätzung nach DIN 4109
  - DIN EN ISO 12354-2 vereinfacht:  $L'_{n,w} = 56,1 \text{ dB}$  (ohne  $u_{\text{prog}}$ )
    - Übertragungsweg mit Fenster ausschlaggebend wegen  $K_{ij,\text{min}}$
    - Sollte so in neue DIN 4109 übernommen werden
      - So eingebracht von AK1



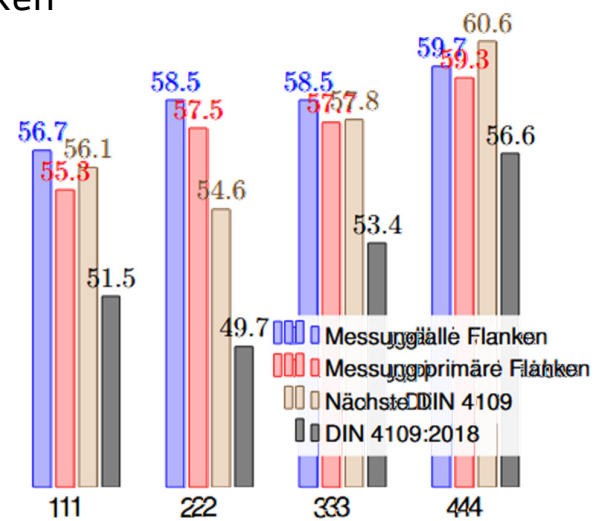
Ähnliches Bild auch bei anderen Baustellen

- Primäre Flanken etwa 1,5 dB unter alle Flanken
- DIN 4109:202X meist gute Übereinstimmung
- DIN 4109:2018 deutliche Unterschätzung

Alle Prognosen ohne Sicherheitsbeiwert!

Paper zum DAGA-Vortrag:

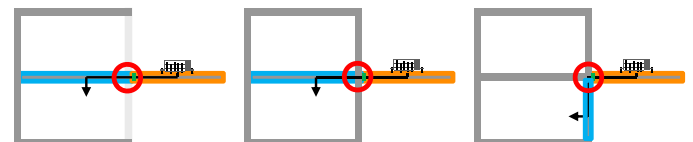
[https://www.researchgate.net/publication/370129433\\_Trittschalldämmung\\_von\\_Balkonen\\_in\\_Gebäuden](https://www.researchgate.net/publication/370129433_Trittschalldämmung_von_Balkonen_in_Gebäuden)



## Trittschalldämmung von Balkonen in Gebäuden

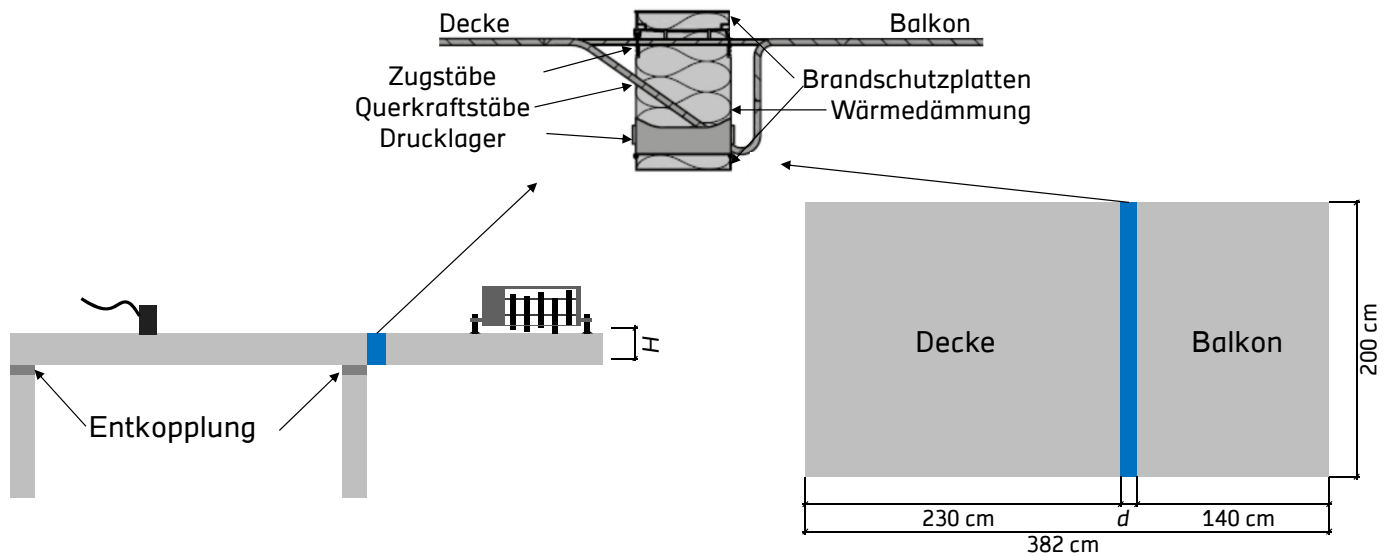
Lucas Heidemann

Jochen Scheck, Berndt Zeitler



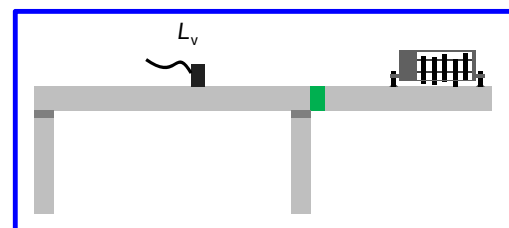
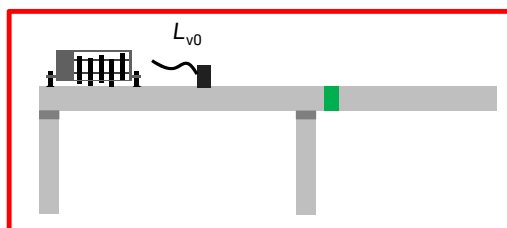
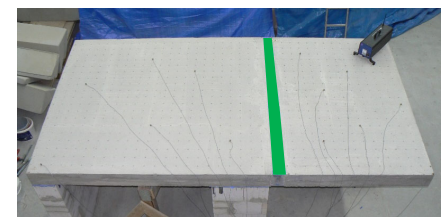
„Load bearing thermal insulating elements which form a thermal break between balconies and internal floors“

→ Wurde in Entwurf DIN 4109-4:2025-04 übernommen: Messung der Schnelle auf der Deckenplatte



23

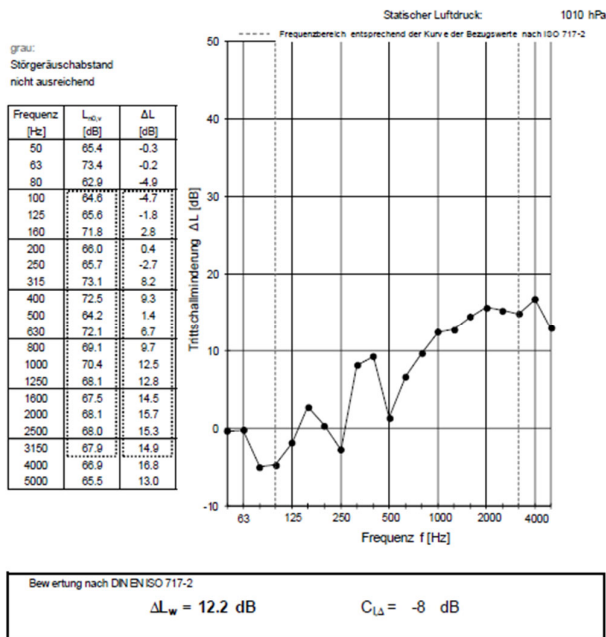
## Prüfverfahren - Trittschallminderung



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

$\Delta L_w$  nach Bezugsdeckenverfahren der DIN EN ISO 717-2

24



## Balkon

- Länge: 2,14 m
- Breite: 3,71 m
- Dicke: 0,22 m
- Dichte: 2300 kg/m<sup>3</sup>

## Decke

- Länge: 5,55 m
- Breite: 6,73 m
- Dicke: 0,22 m
- Dichte: 2300 kg/m<sup>3</sup>

## Wand

- Fläche: 7,45 m<sup>2</sup>
- Höhe: 2,62 m
- Dicke: 0,175 m
- Dichte: 2000 kg/m<sup>3</sup>
- Kopplungslänge: 0,91 m

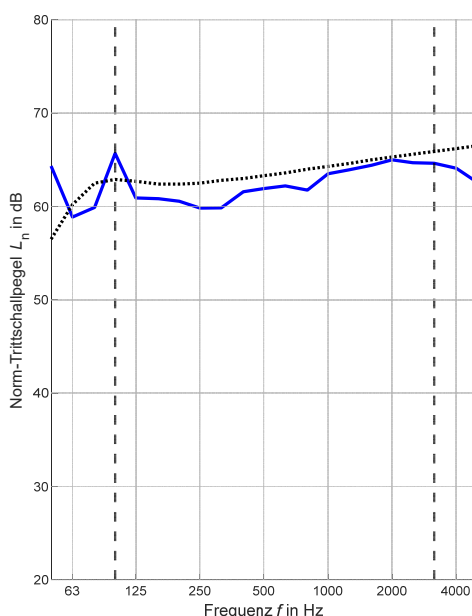
## Fenster

- Kopplungslänge: 2,8 m

Kreuzstoß an Wand,  $K_{ij,min}$  an Fenster

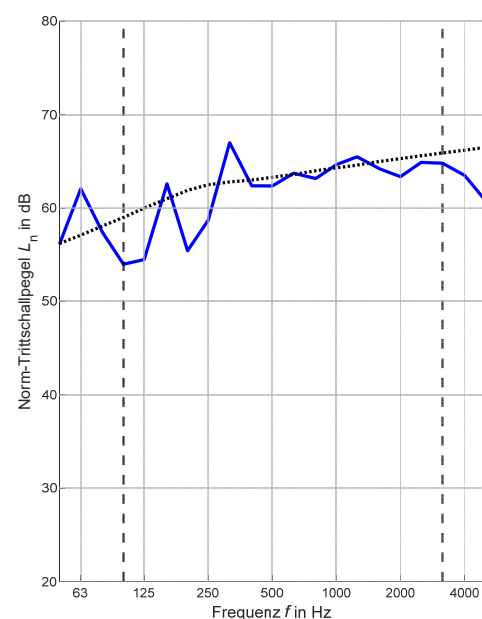
25

# Prognose frequenzabhängig



Messung Decke:  $L_{n,w} = 70,2 \text{ dB}$

Prognose 12354:  $L_{n,situ,w} = 71,0 \text{ dB}$



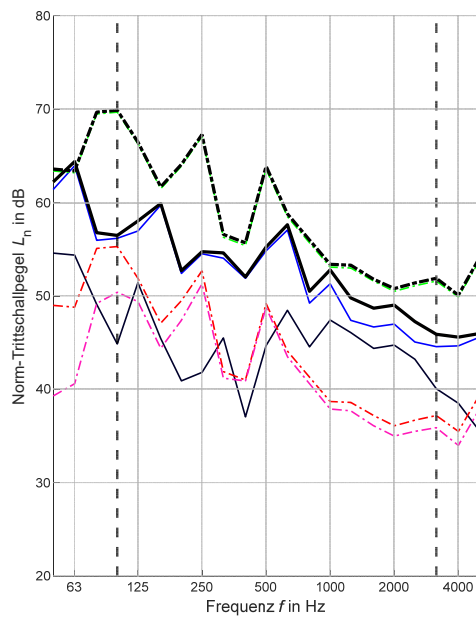
Messung Balkon:  $L_{n,eq,0,w} = 67,8 \text{ dB}$

Prognose 4109:  $L_{n,eq,0,w} = 68,7 \text{ dB}$

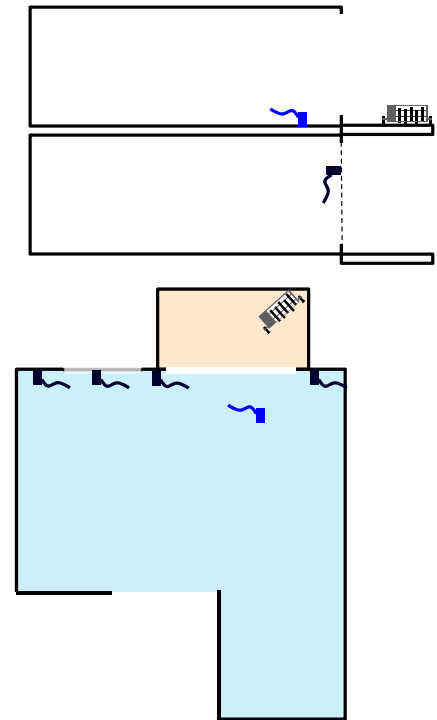
Prognose 12354:  $L_{n,situ,w} = 71,0 \text{ dB}$

26

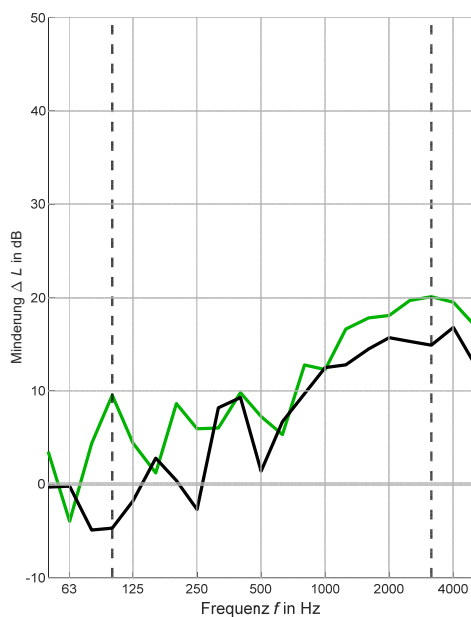




|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| $L'_{n,w,Messung}$         | = 55,3 dB |
| $L'_{n,w,Prognose}$        | = 61,4 dB |
| $L_{n,w,M,Decke}$          | = 54,0 dB |
| $L_{n,w,P,Decke\ Wand}$    | = 46,7 dB |
| $L_{n,w,P,Decke\ Fenster}$ | = 61,1 dB |
| $L_{n,w,M,Wand}$           | = 49,5 dB |
| $L_{n,w,P,Wand}$           | = 44,9 dB |



27



|                      |           |
|----------------------|-----------|
| $\Delta L_{w,situ}$  | = 16,5 dB |
| $\Delta L_{w,Labor}$ | = 12,2 dB |

28

- Messung:
  - $L'_{n,w}$  mit allen Flanken: 56,7 dB
  - $L'_{n,w}$  mit primären Flanken: 55,3 dB
- Prognose
  - DIN 4109-2 mit  $K_T$ :  $L'_{n,w} = 54,5$  dB
    - Unterschätzung nach DIN 4109!
  - DIN EN ISO 12354-2 vereinfacht:  $L'_{n,w} = 56,1$  dB (ohne  $u_{\text{prog}}$ )
    - Übertragungsweg mit Fenster ausschlaggebend wegen  $K_{ij,\text{min}}$ !
  - DIN EN ISO 12354-2 frequenzabhängig:  $L'_{n,w} = 61,4$  dB
  - Tieffrequent ist Minderung in situ deutlich besser als im Prüfstand.

## Trittschalldämmung von Balkonen in Gebäuden

Lucas Heidemann

Jochen Scheck, Berndt Zeitler



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Ein Projekt der

**Hochschule  
für Technik  
Stuttgart**

## Sommerkolloquium Bauphysik 2025

### **Ein einheitlicher Ansatz zur akustischen Charakterisierung von Trink- und Abwassersystemen**

**Lukas Däuble M.Eng.** - Hochschule für Technik Stuttgart

Die EN 14366-1 zur akustischen Charakterisierung von Abwassersystemen wurde kürzlich überarbeitet und liefert nun Eingangsdaten für die Prognose von Schallpegeln in Gebäuden. Für Trinkwassersysteme existiert bislang jedoch keine standardisierte Methode zur Charakterisierung kompletter Systeme. Zwar bietet die DIN EN ISO 3822 ein Testverfahren für in Trinkwasserinstallationen verbaute Armaturen wie Wasserhähne oder Durchlassventile, dieses beschränkt sich jedoch auf die Einteilung in Geräuschklassen und liefert keine Eingangsdaten für Prognosen. Zudem zeigen die Testergebnisse verschiedener Labore häufig eine unzureichende Vergleichbarkeit. In diesem Beitrag wird daher die potenzielle Übertragbarkeit der Methoden der EN 14366-1 auf Trinkwassersysteme – bestehend aus Rohrleitungen, Rohrschellen, Fittings und Armaturen – untersucht.

# Ein einheitlicher Ansatz zur akustischen Charakterisierung von Trink- und Abwassersystemen

Lukas Däuble

Jochen Scheck, Berndt Zeitler

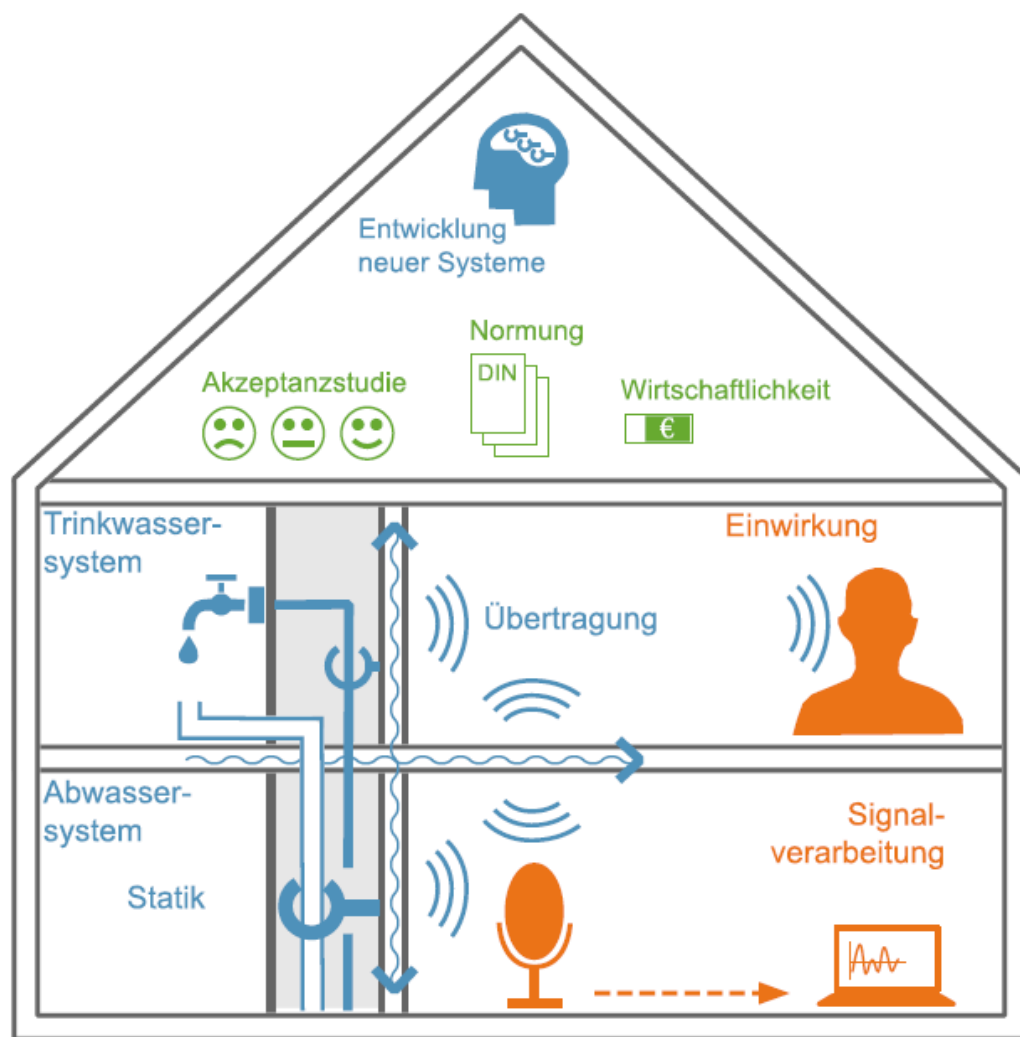


Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

**HOCHSCHULE  
FÜR TECHNIK  
STUTTGART**

**fischer**

# Motivation



## Forschungsprojekt SPlanRoB:

- Kooperationsprojekt zwischen HFT Stuttgart, OTH Regensburg, TU Berlin und fischerwerke GmbH
- Untersuchung Schallübertragung von Trink- und Abwassersystemen, angekoppelt über Rohrschellen ans Gebäude
- Gesamte Übertragungssystem:  
Quelle → Übertragung → Wirkung



**Ziel: Bestimmung von Eingangsdaten für Prognose nach DIN EN 12354-5**

## Normungsarbeit der CEN/TC126 WG7:

- EN 14366-1 für **Abwassersysteme** wurde kürzlich überarbeitet – enthält Methoden der EN 15657
- EN 14366-2 für **Trinkwassersysteme** in Arbeit

# Inhalt

- Charakterisierung nach EN 15657 – Grenzen der Methode
- Alternative: Aufbau im Prüfstand wie in EN 14366-1
- Übertragung der EN 14366-1 Methode auf Trinkwassersysteme
- Vergleich und neue Erkenntnisse
- Fazit

# Rückblick: Charakterisierung nach EN 15657

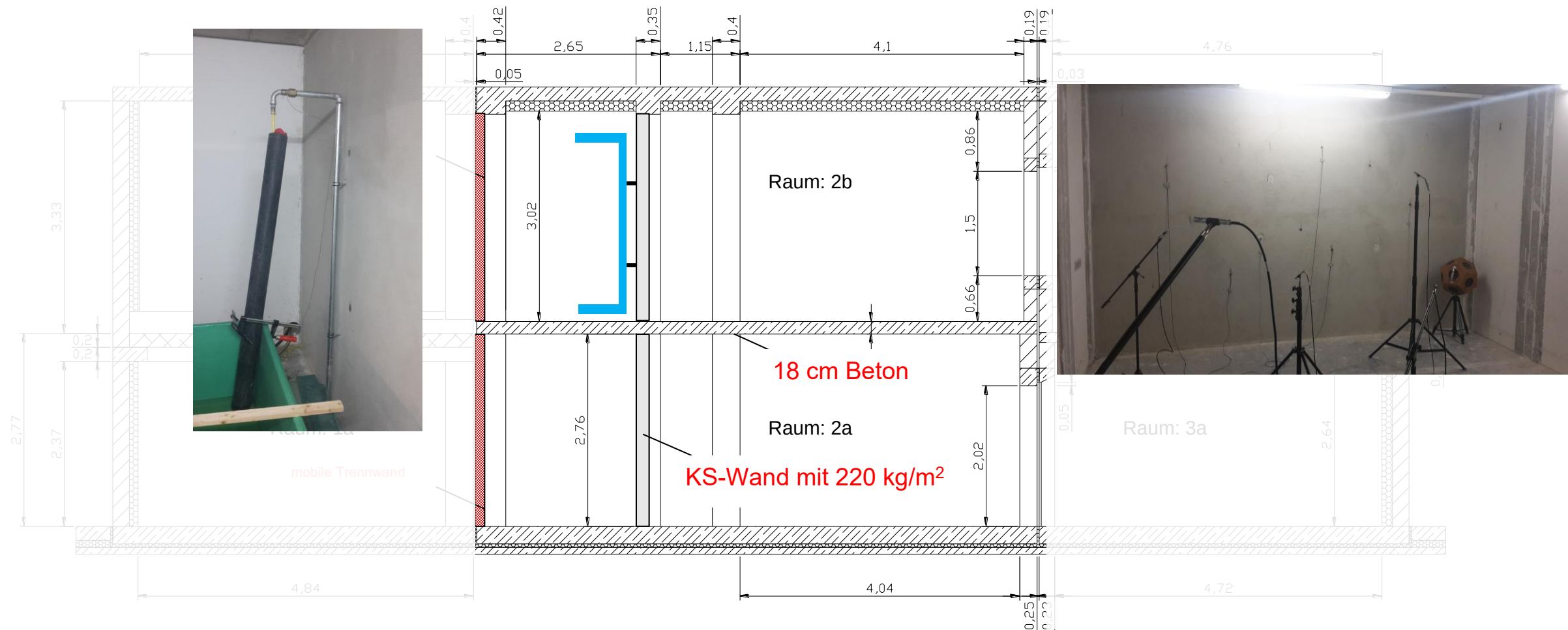


- Kurzes Rohrstück kann an der Empfangsplatte nach EN 15657 charakterisiert werden  
→ Kenngröße: Blockierte Kraft  $F_b$
- Einfügungsdämmung von Rohrschellen kann bestimmt werden



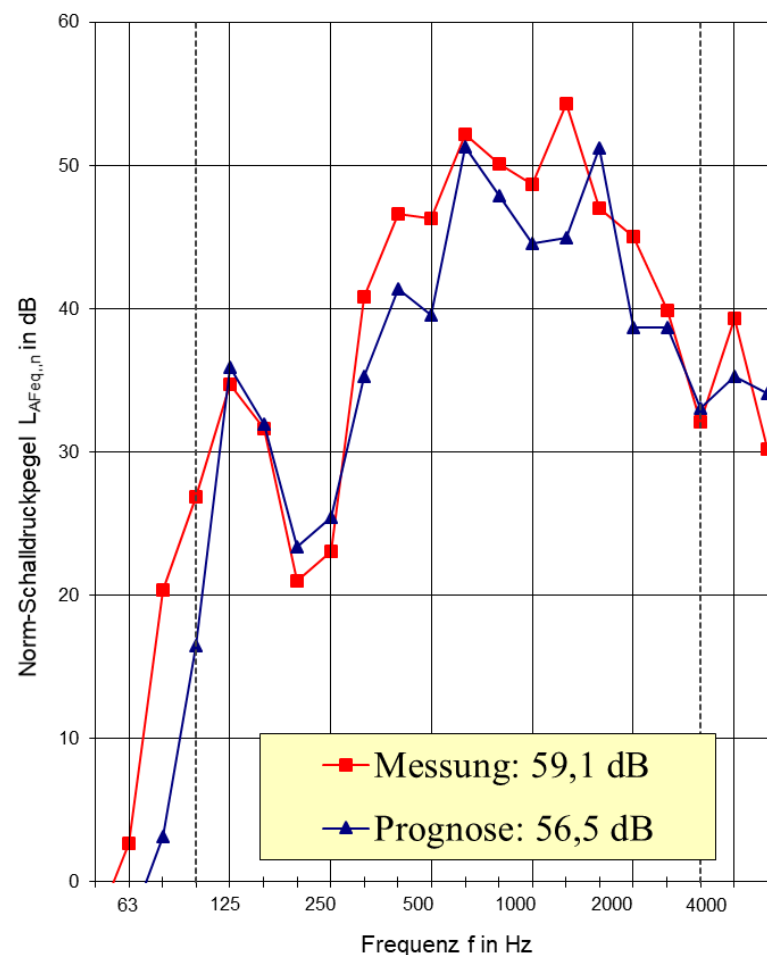


# Aufbau im bauähnlichen Prüfstand





# Prognose nach DIN EN 12354-5



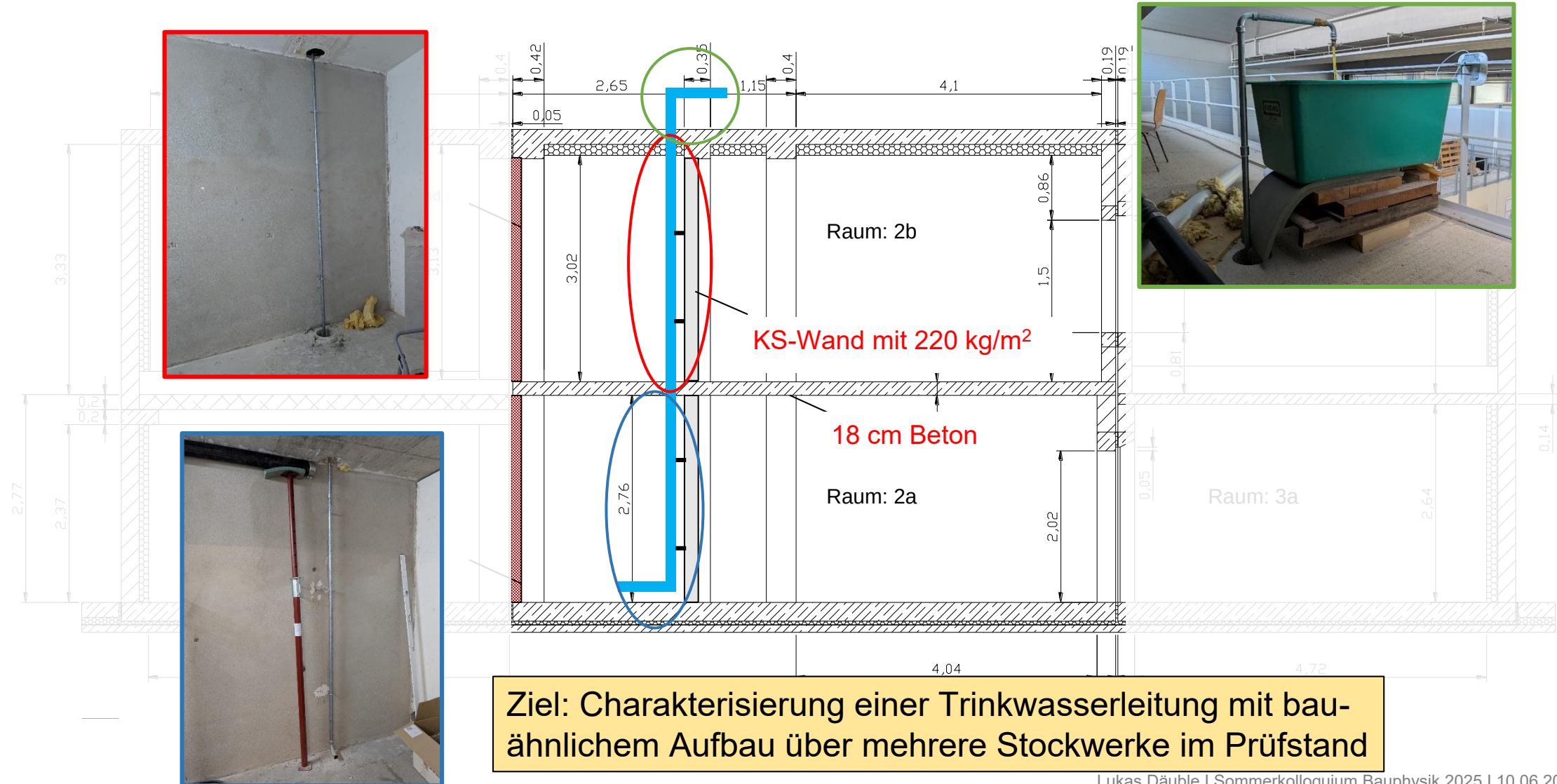
$$L'_{ne,s,i} = L'_{n,i} + L_{Fb,eq} - L_{Fb,eq,stm}$$

$L'_{n,i}$  : apparent impact sound pressure level of element  $i$  calculated according to EN 12354-2

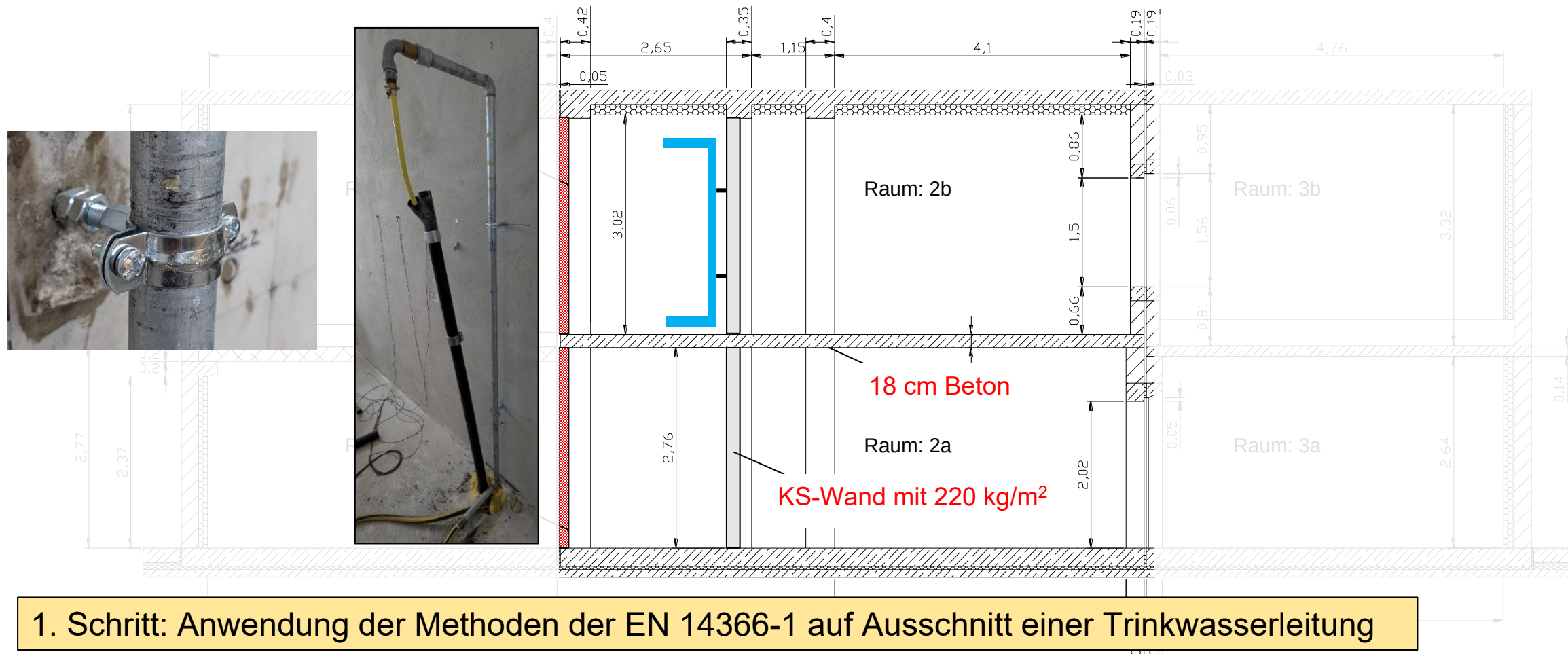
$L_{Fb,eq}$  : single equivalent blocked force level of the source, measured according to EN 15657

$L_{Fb,eq,stm}$  : single equivalent blocked force level of the ISO tapping machine

# Aufbau im bauähnlichen Prüfstand



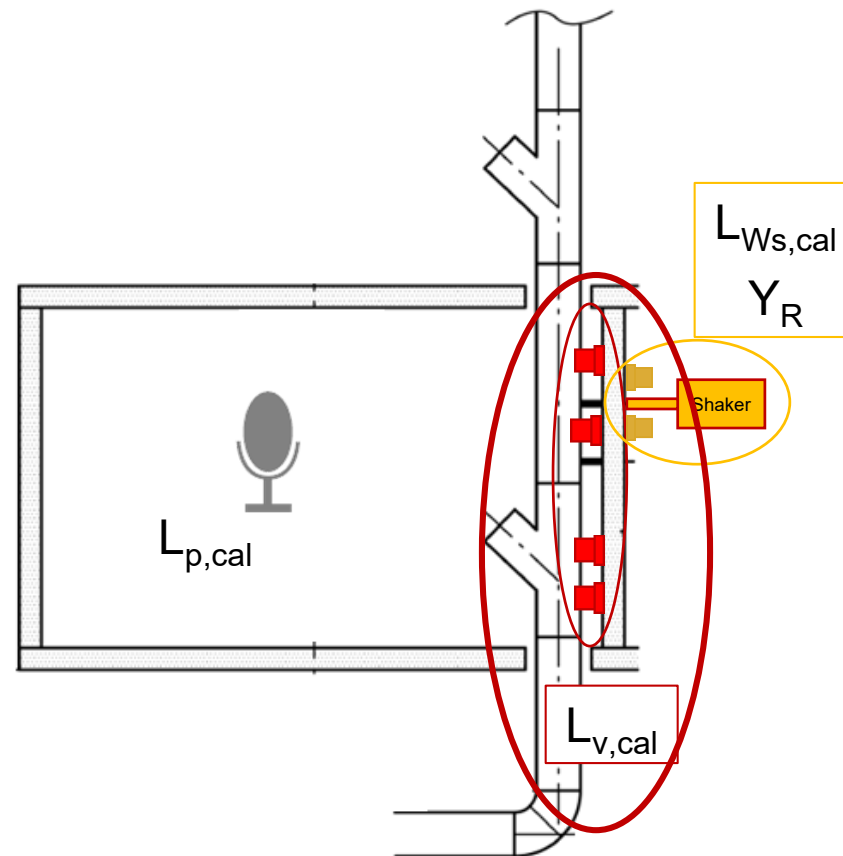
# Aufbau im bauähnlichen Prüfstand



# Inhalt

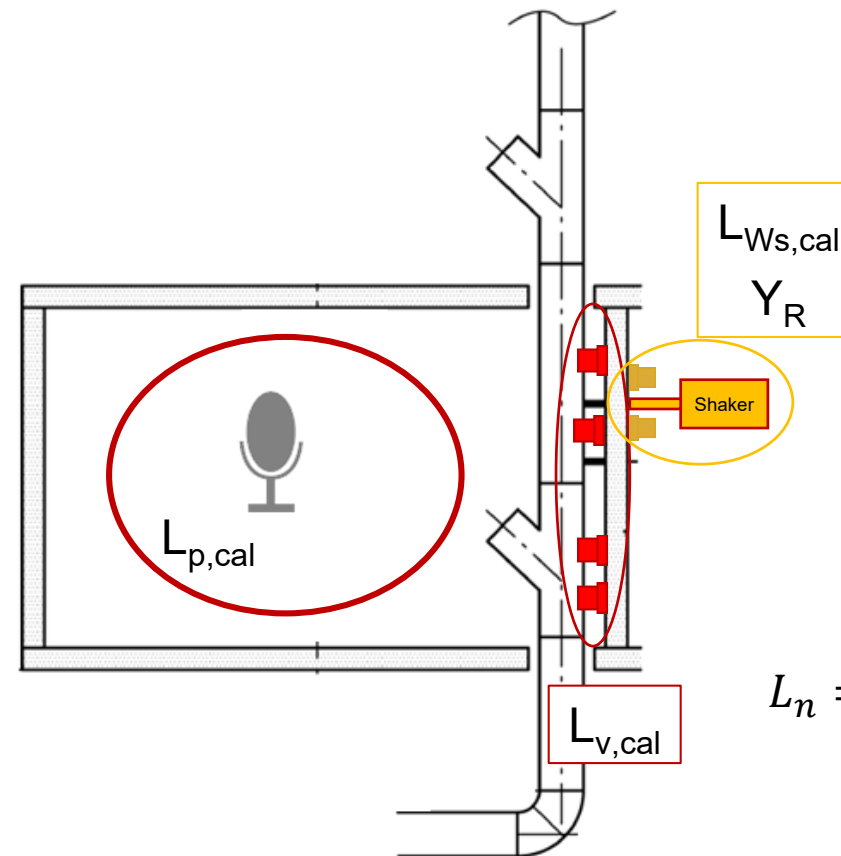
- Charakterisierung nach EN 15657 – Grenzen der Methode
- Alternative: Aufbau im Prüfstand wie in EN 14366-1
- **Übertragung der EN 14366-1 Methode auf Trinkwassersysteme**
- Vergleich und neue Erkenntnisse
- Fazit

# Kalibrierung des Prüfstands





# Kalibrierung des Prüfstands



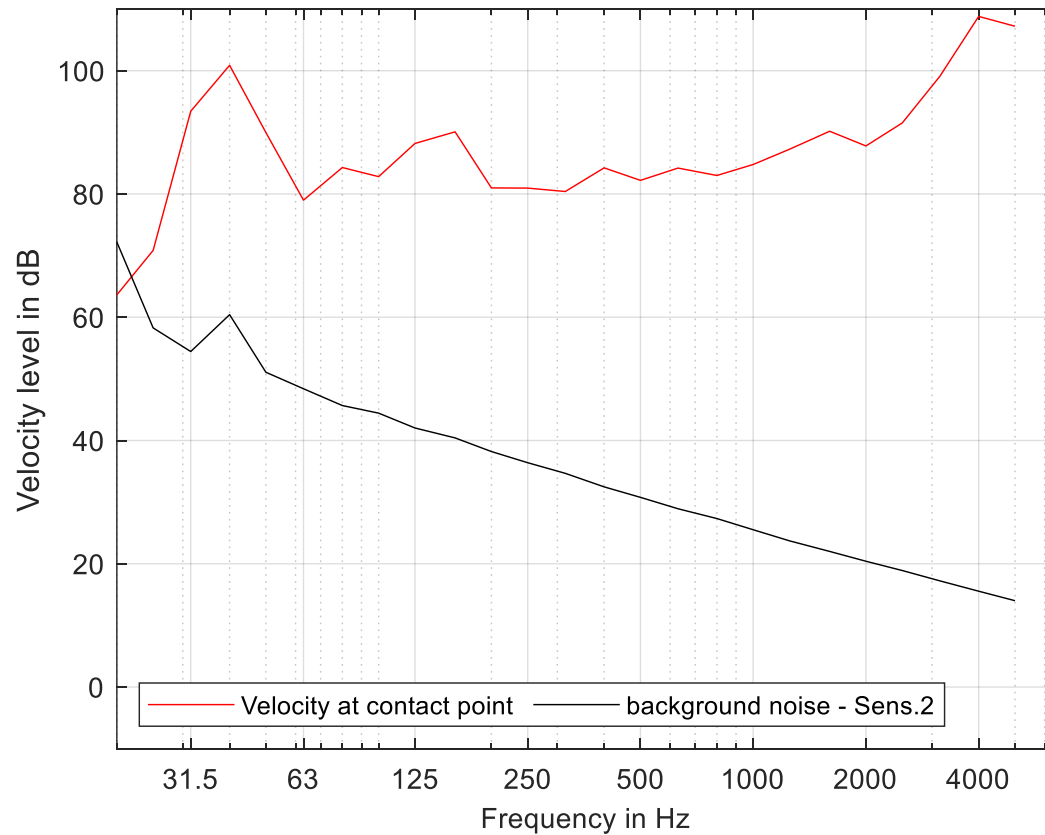
$$L_n = L_p - 10 \lg(T_R) + 10 \lg\left(\frac{0,16V}{10}\right)$$

$$L_{Wa} = L_n + 4 \text{ dB}$$

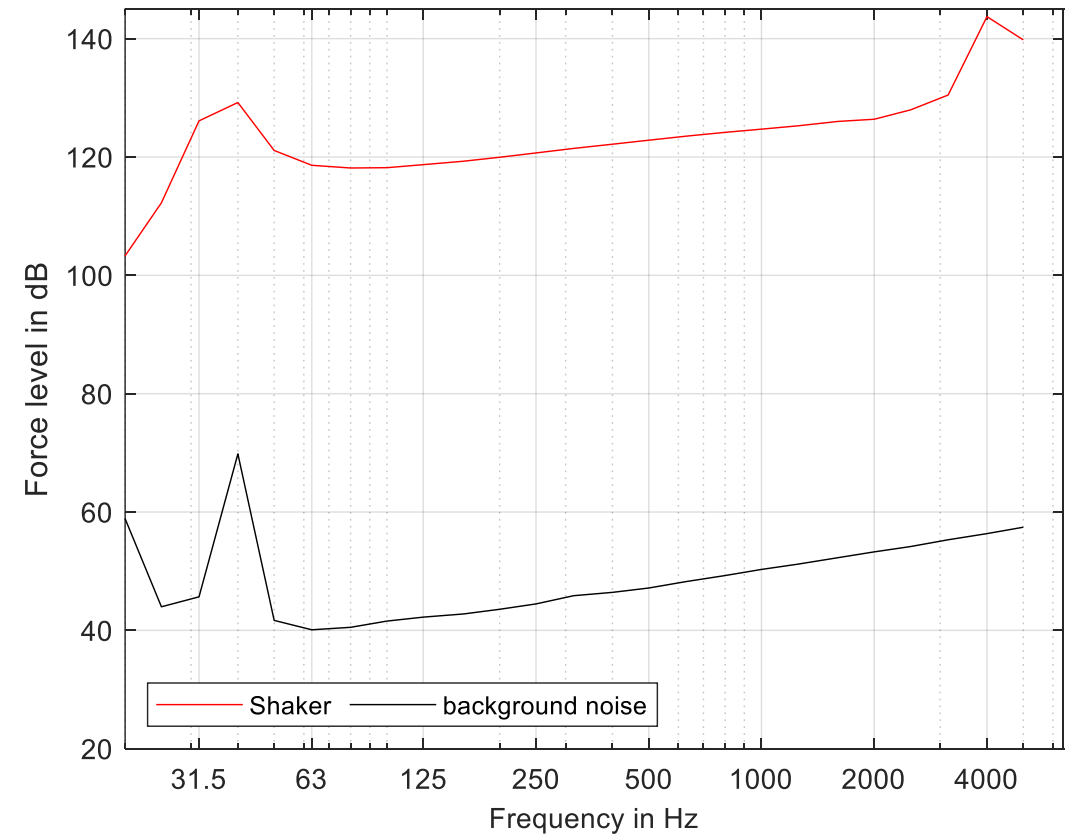
# Kalibrierung des Prüfstands



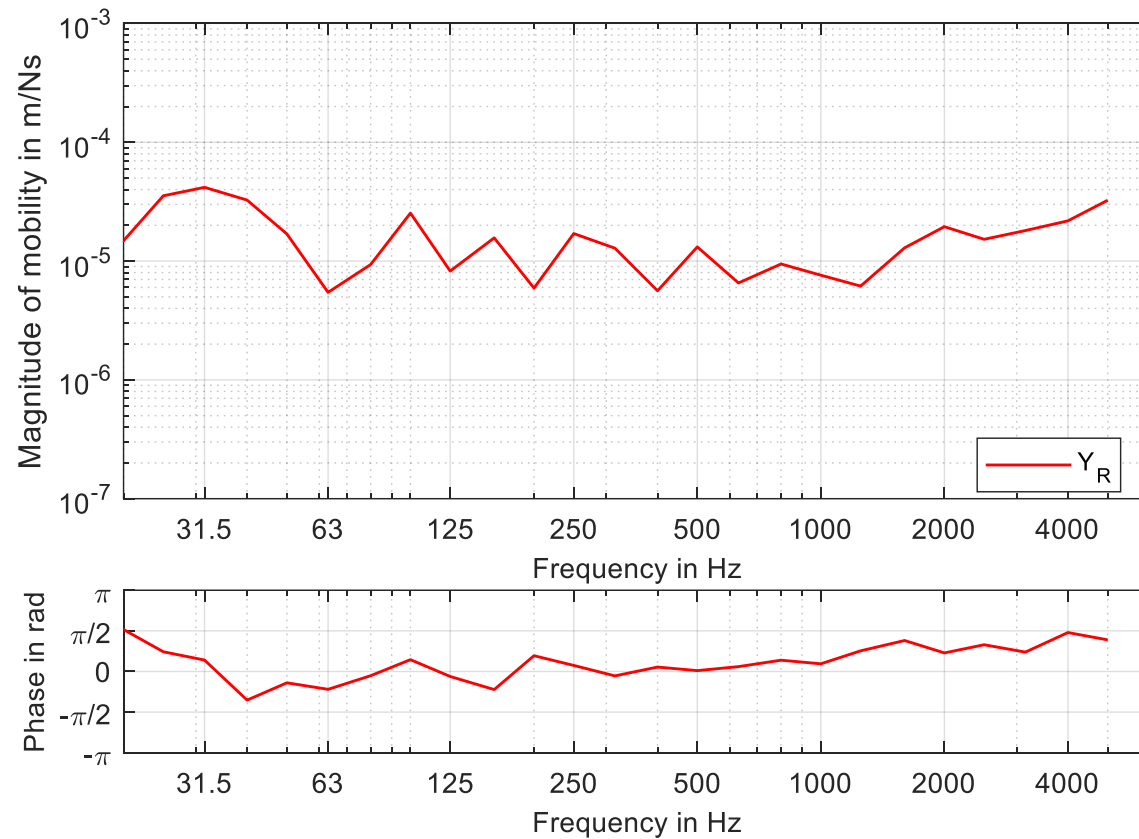
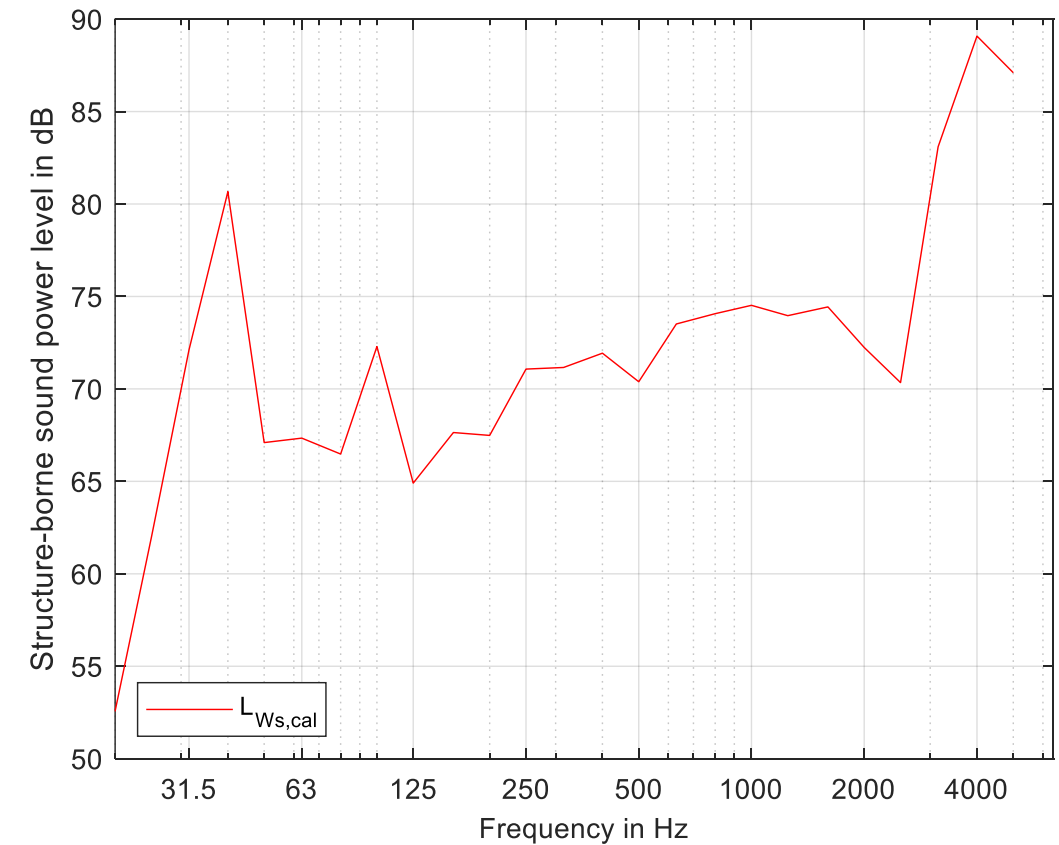
$L_{v,cal}$



$L_{F,cal}$



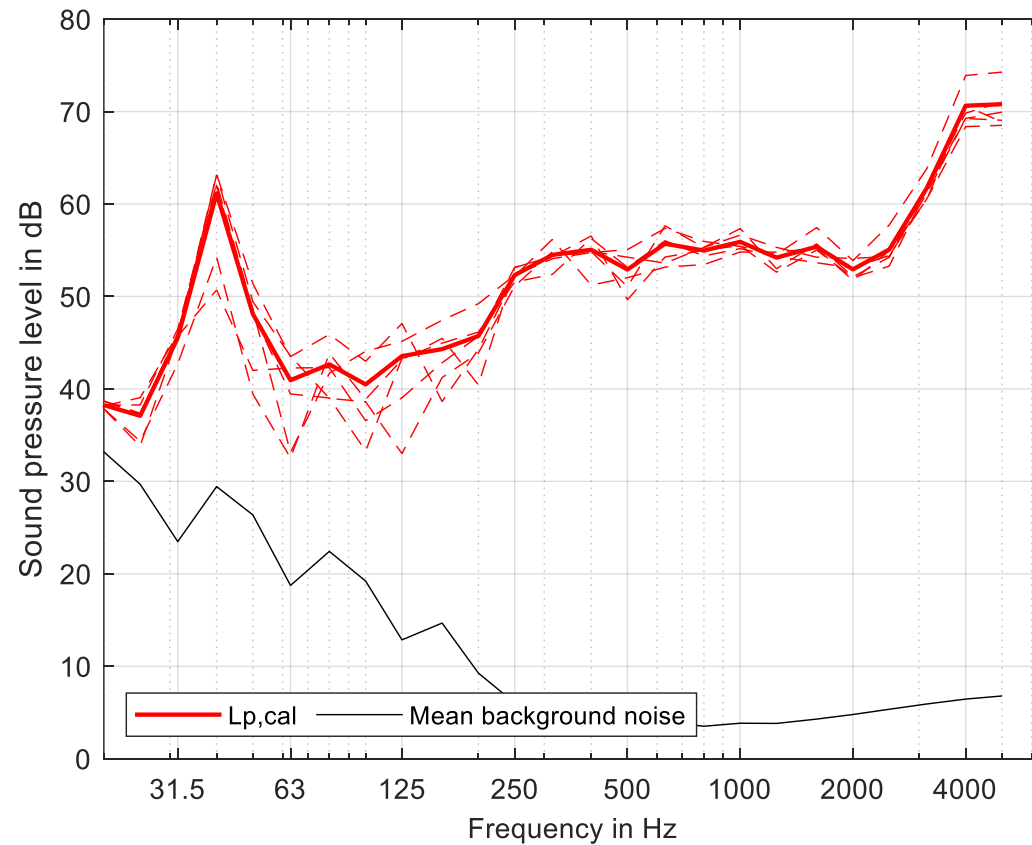
# Kalibrierung des Prüfstands

 $Y_R$ 

 $L_{Ws,cal}$ 


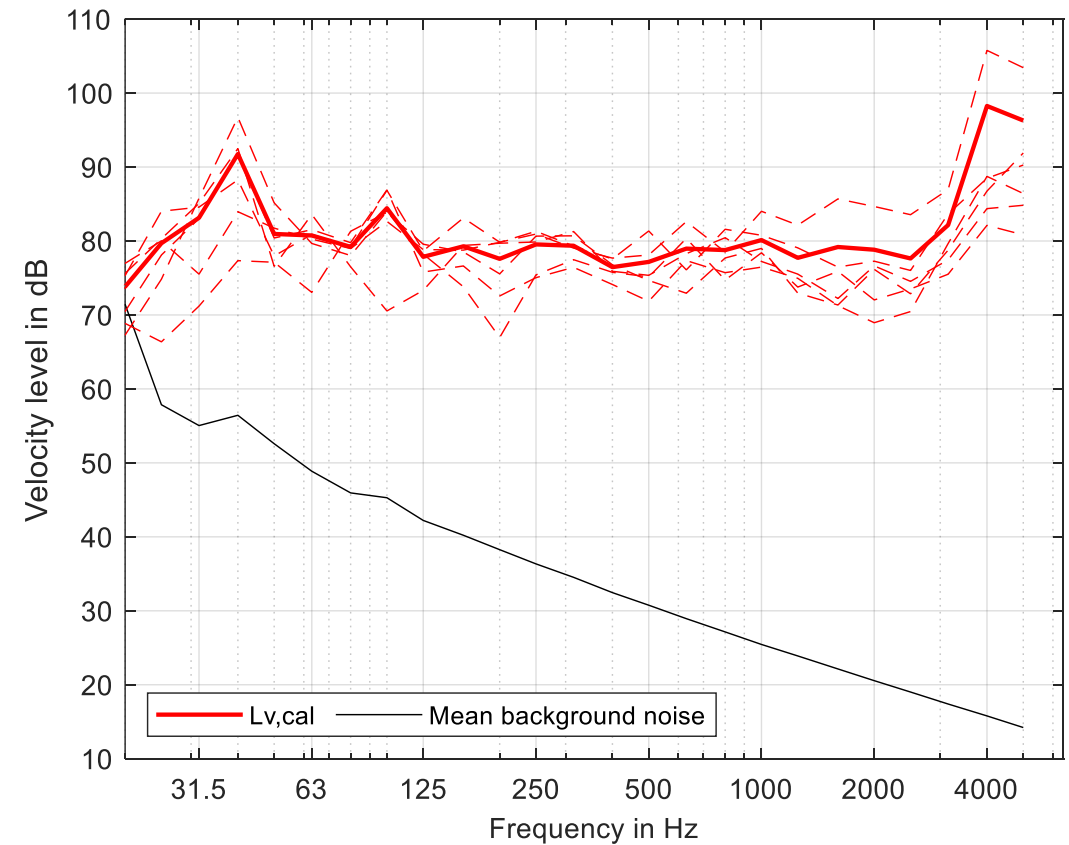


# Kalibrierung des Prüfstands

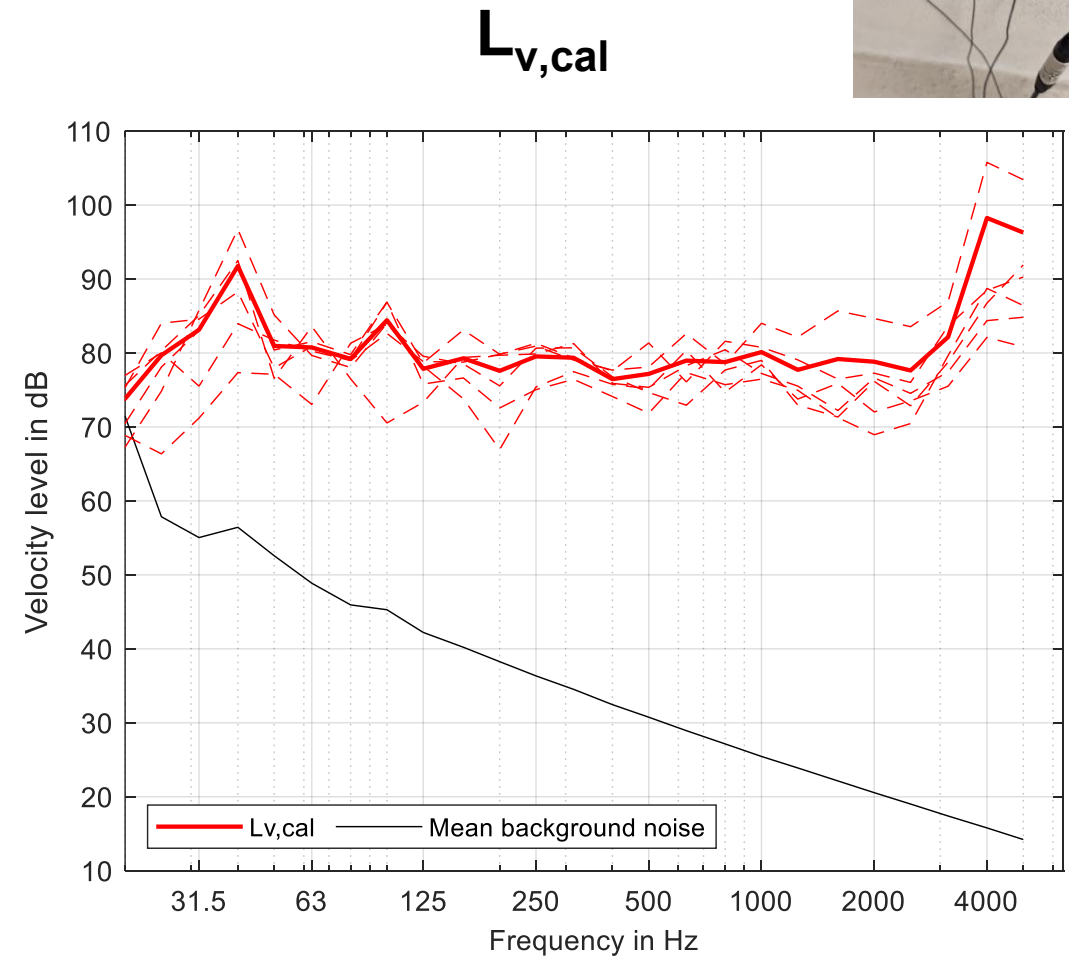
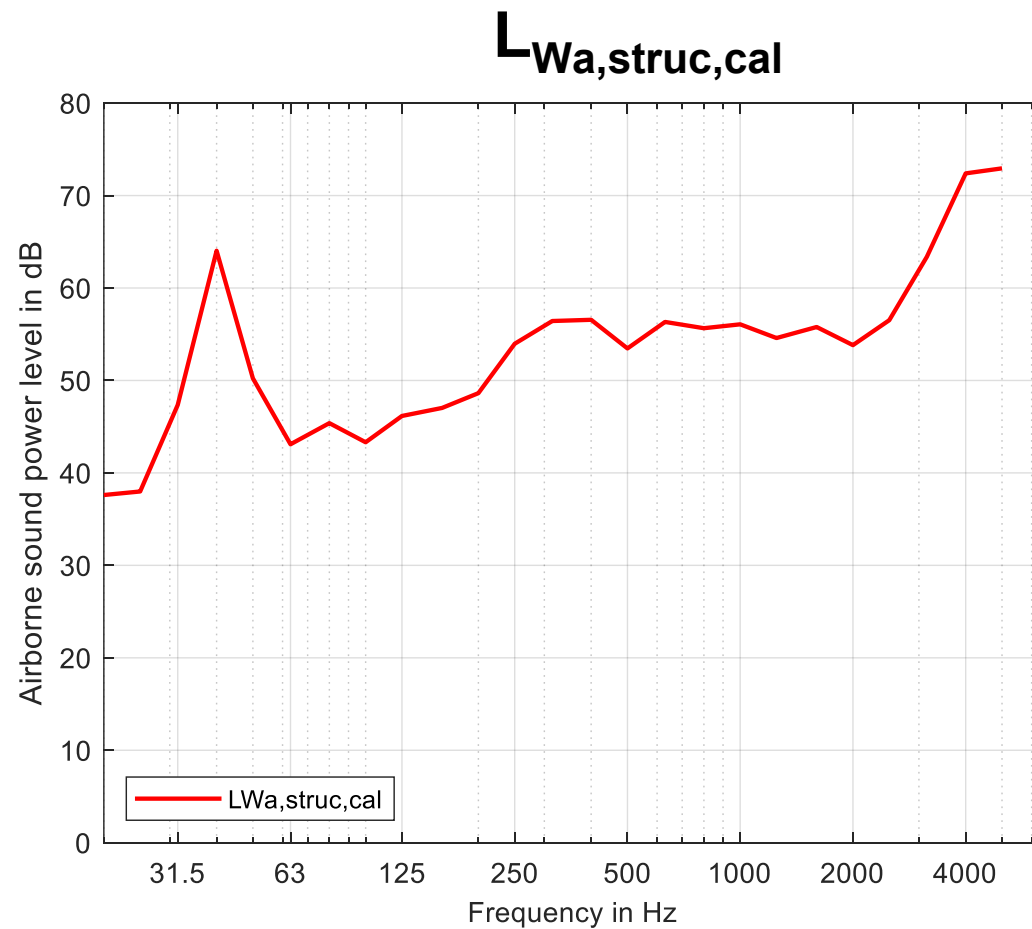
$L_{p,cal}$



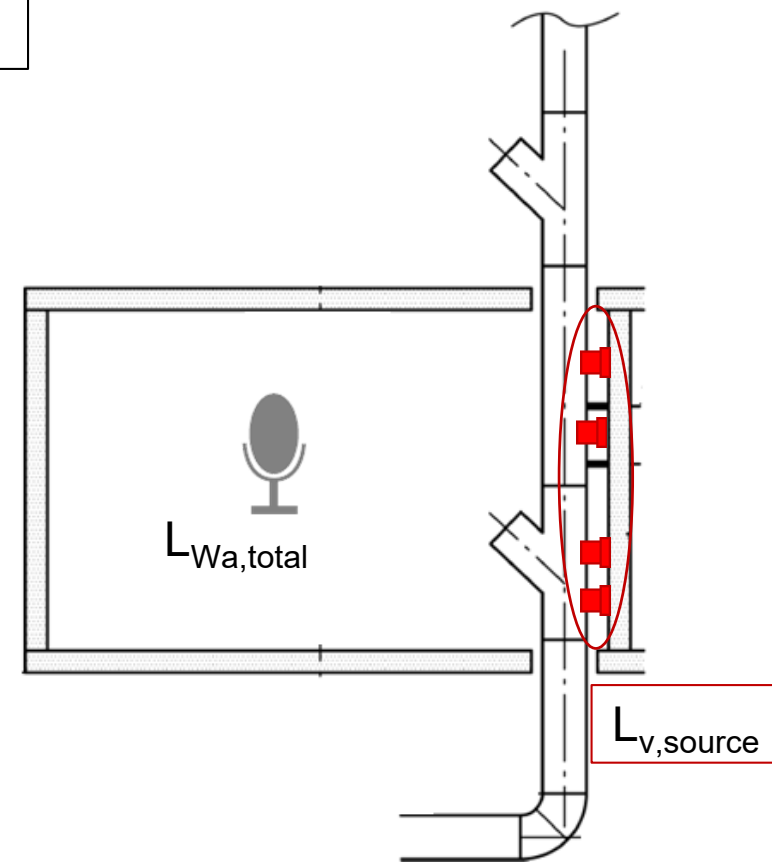
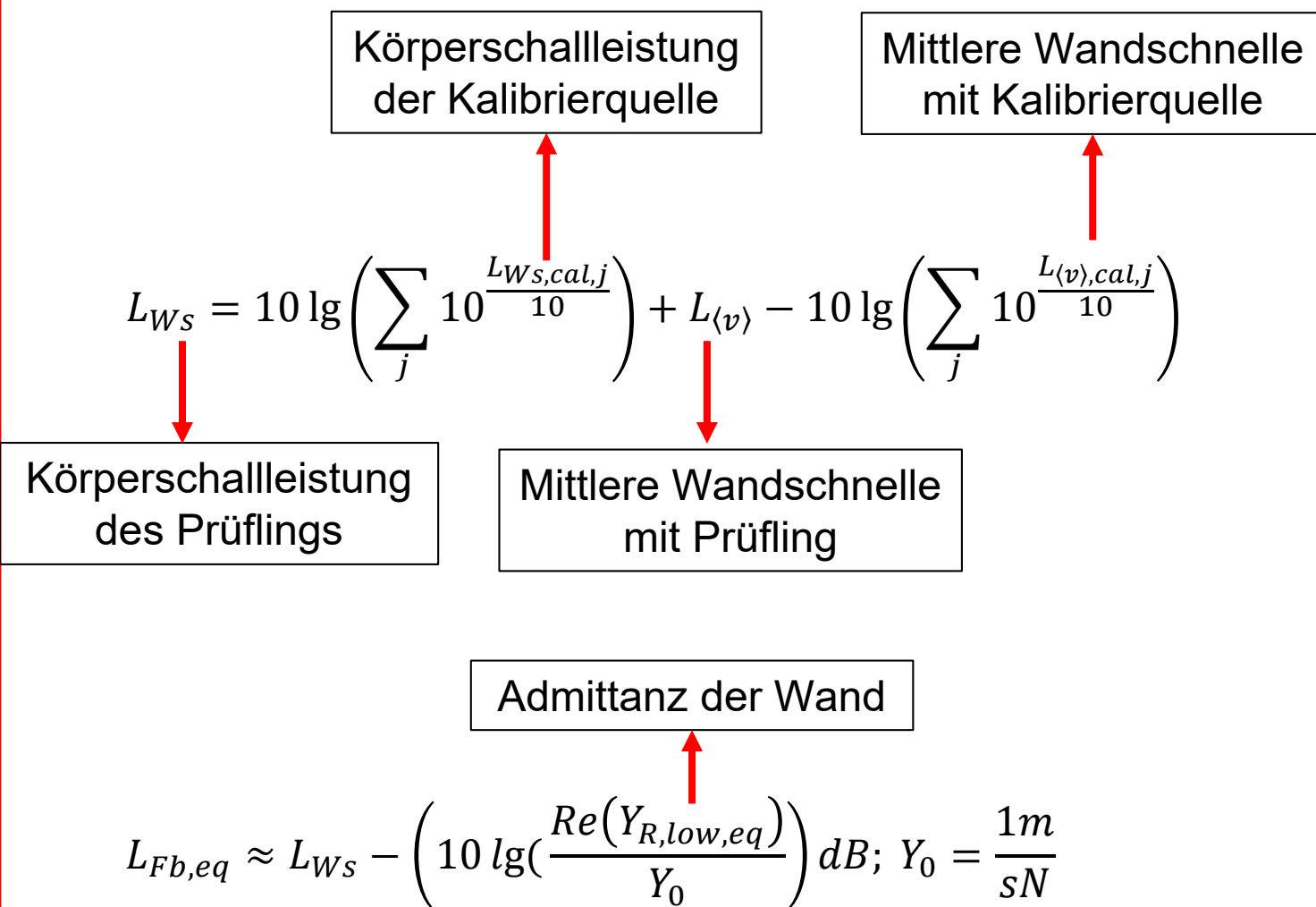
$L_{v,cal}$



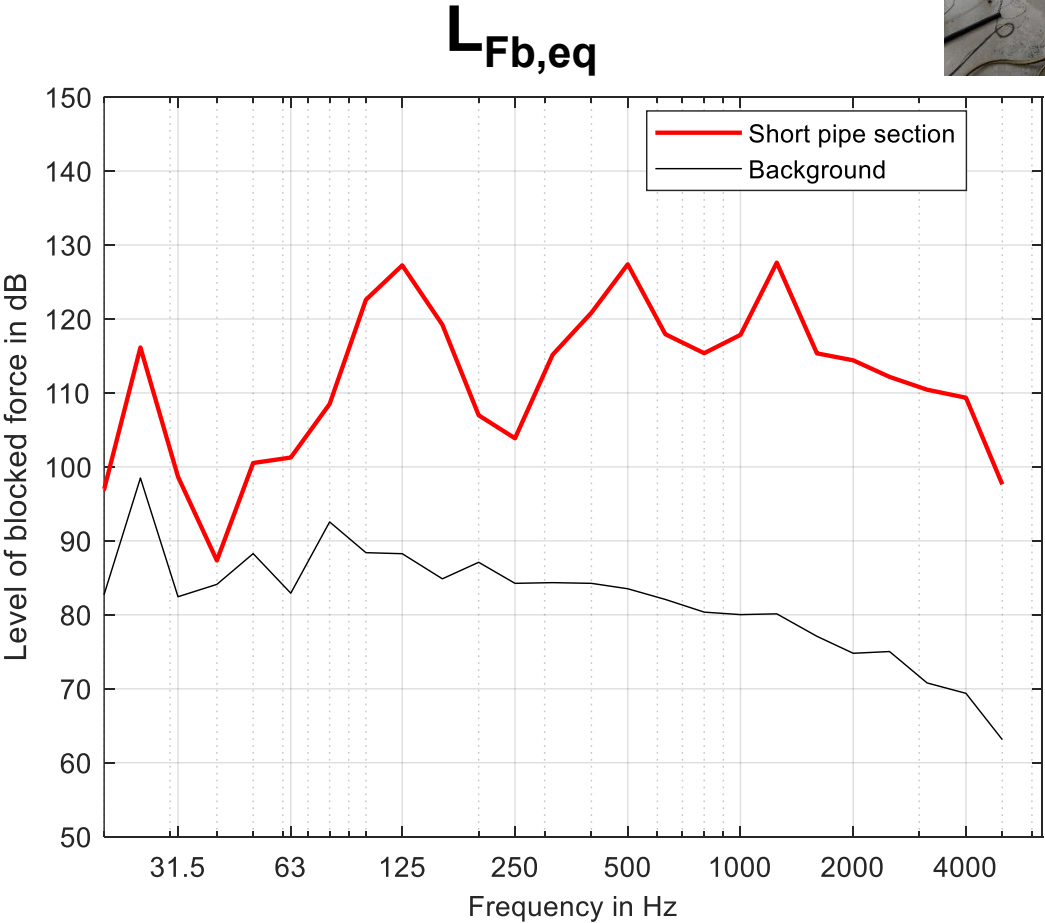
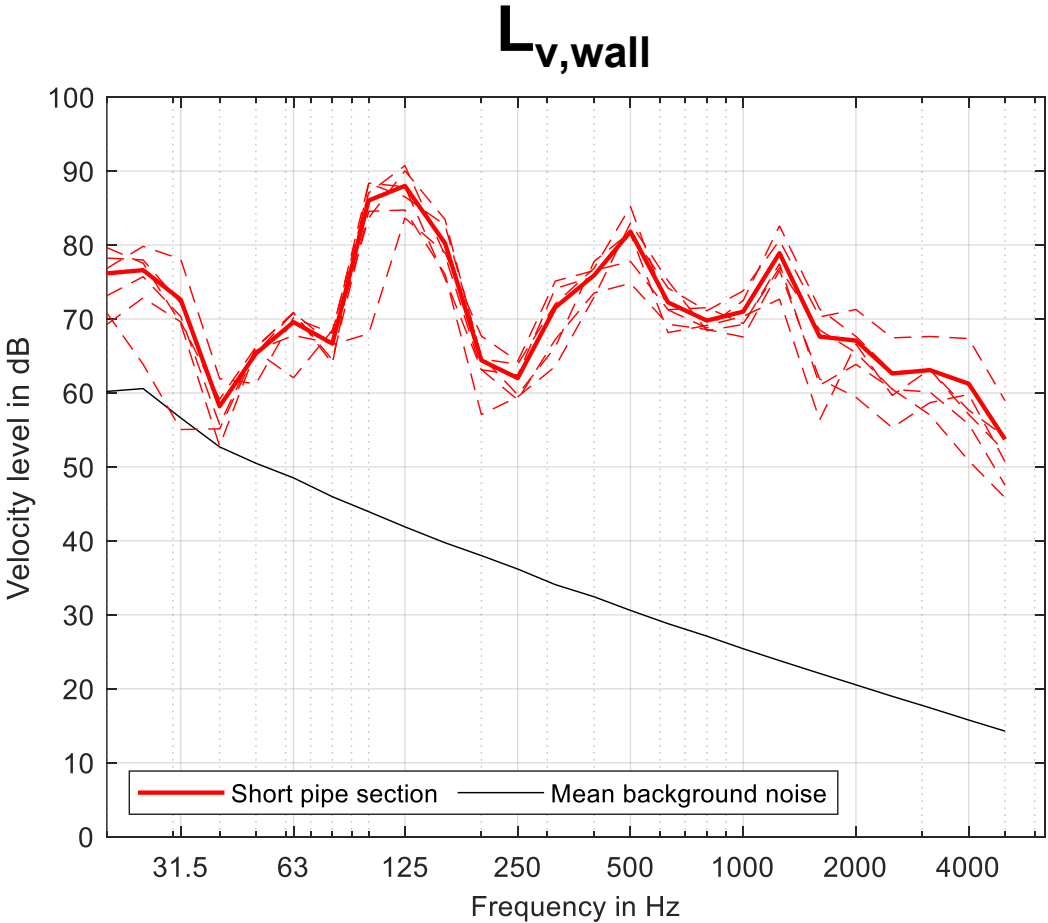
# Kalibrierung des Prüfstands



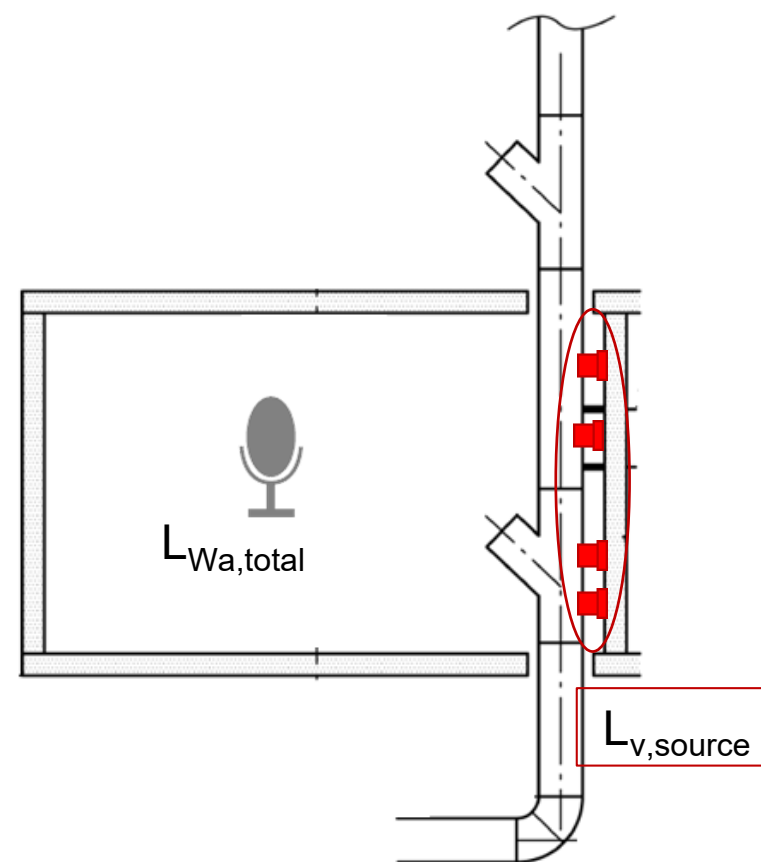
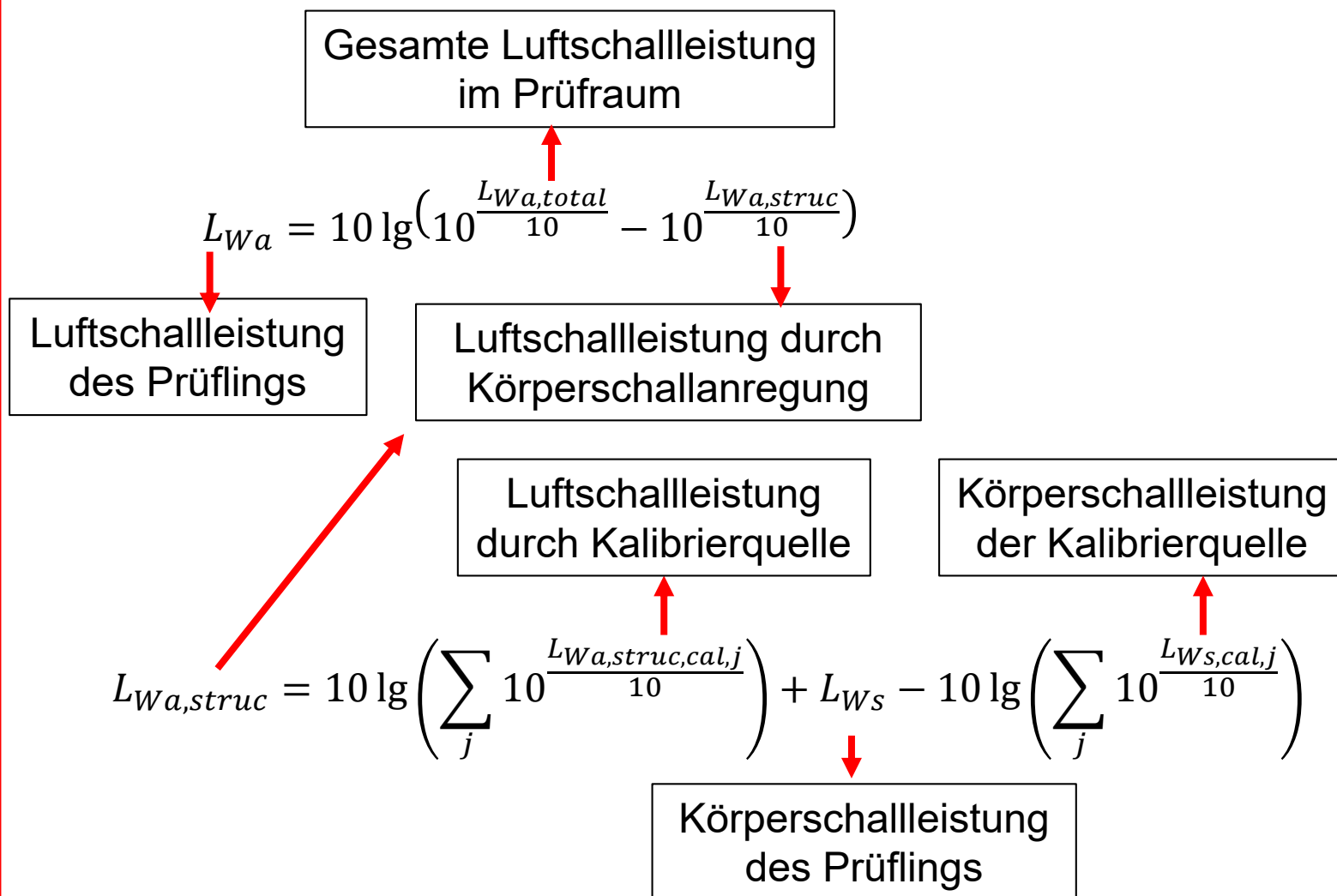
# Körperschall des Prüflings



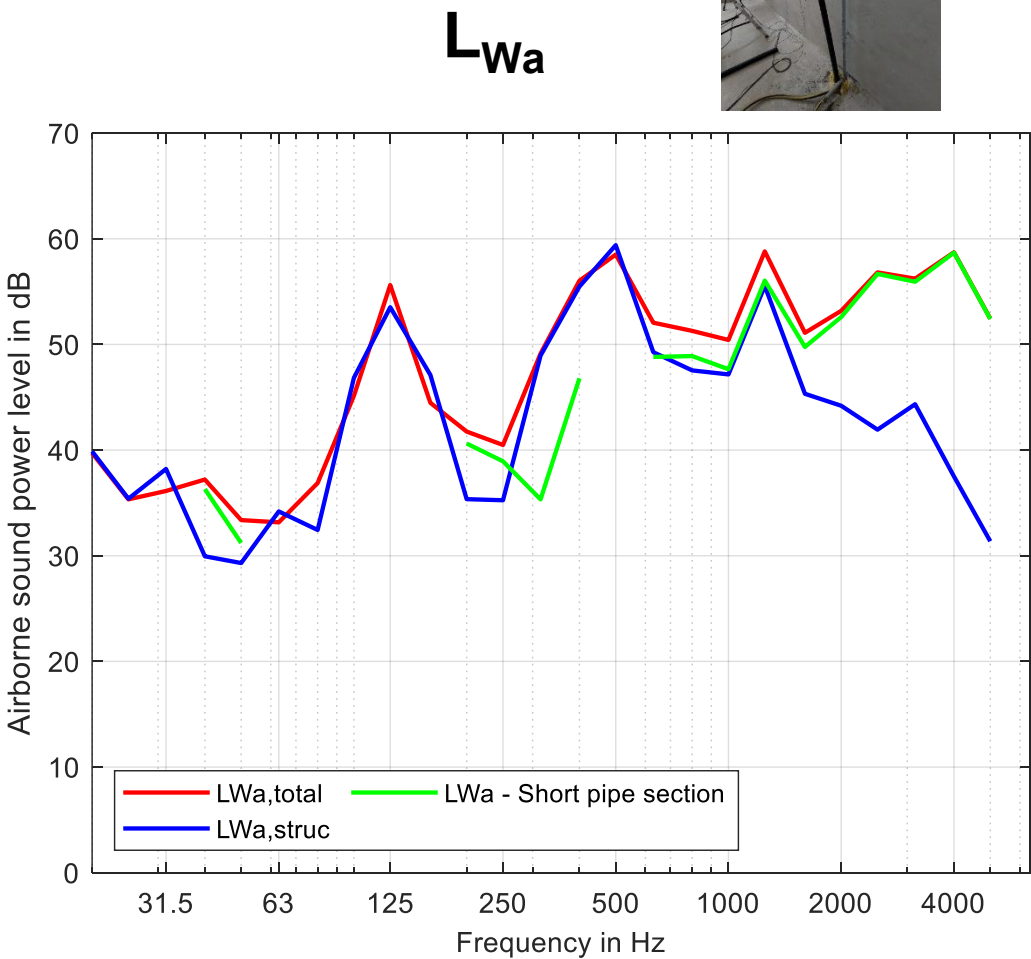
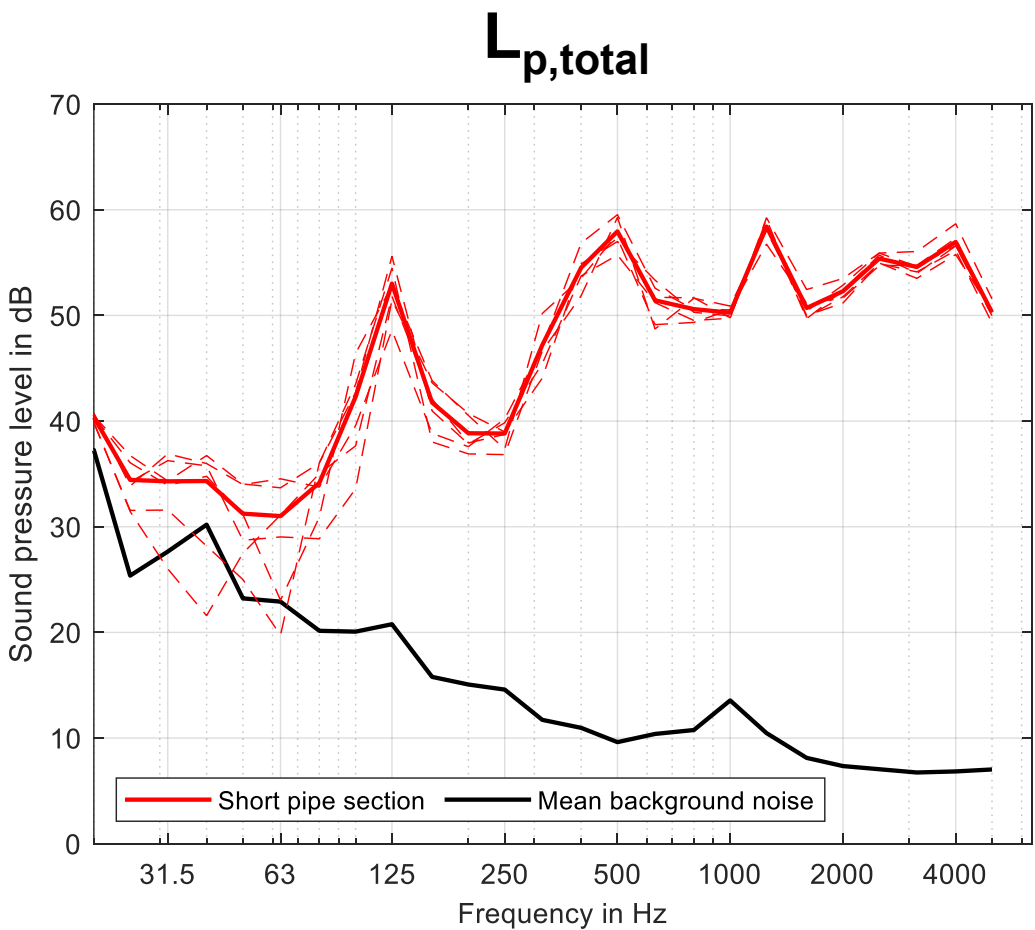
# Körperschall des Prüflings



# Luftschall des Prüflings



# Luftschaall des Prüflings



# Quelladmittanz des Prüflings

Freie Schnelle des Prüflings  
an den Kontaktpunkten

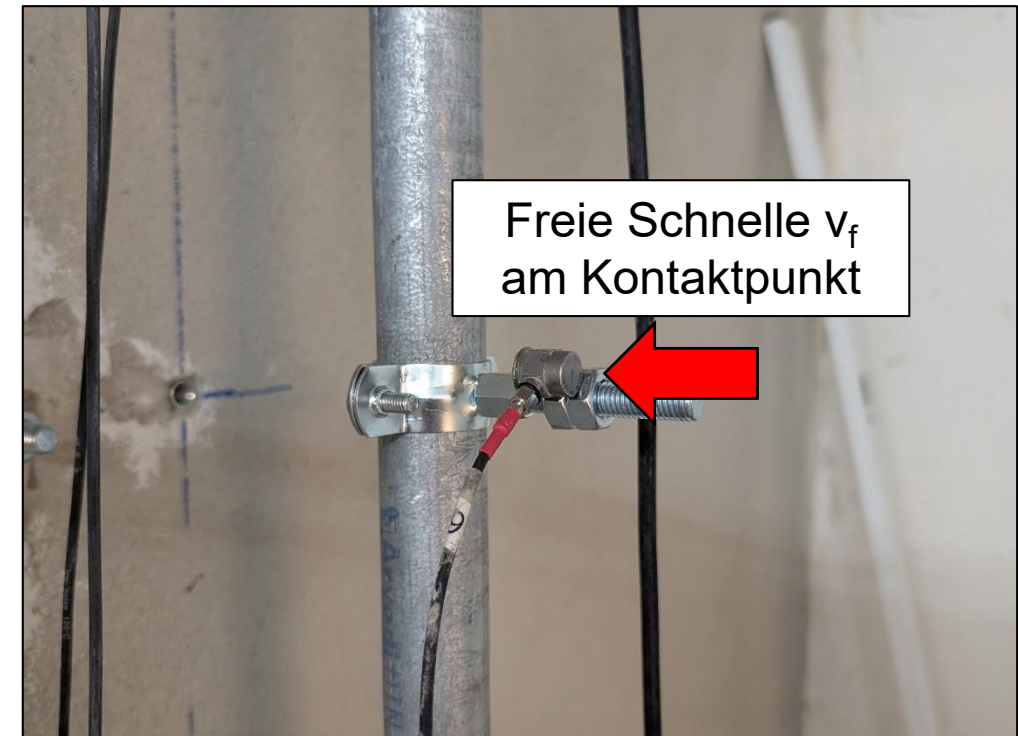
$$L_{vf,eq} = 10 \lg \left( \sum_j 10^{\frac{L_{vf,j}}{10}} \right)$$

Äquivalente freie Schnelle  
des Prüflings

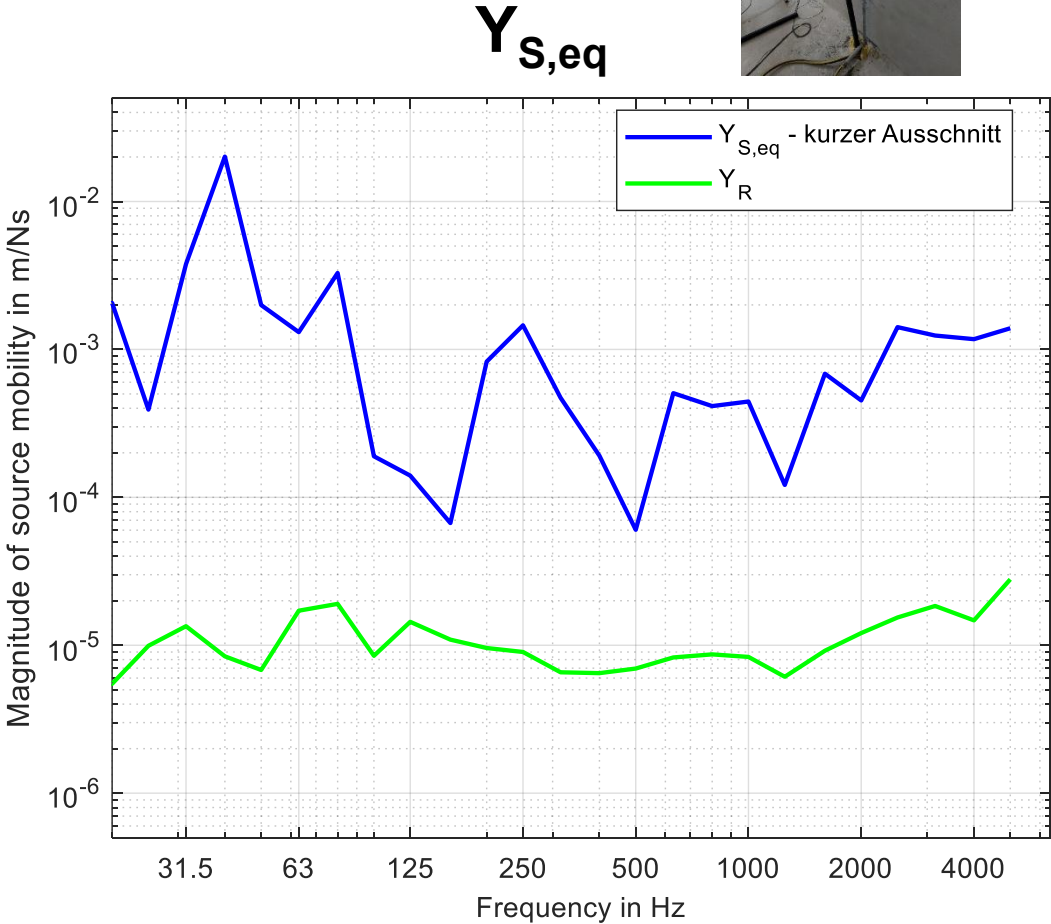
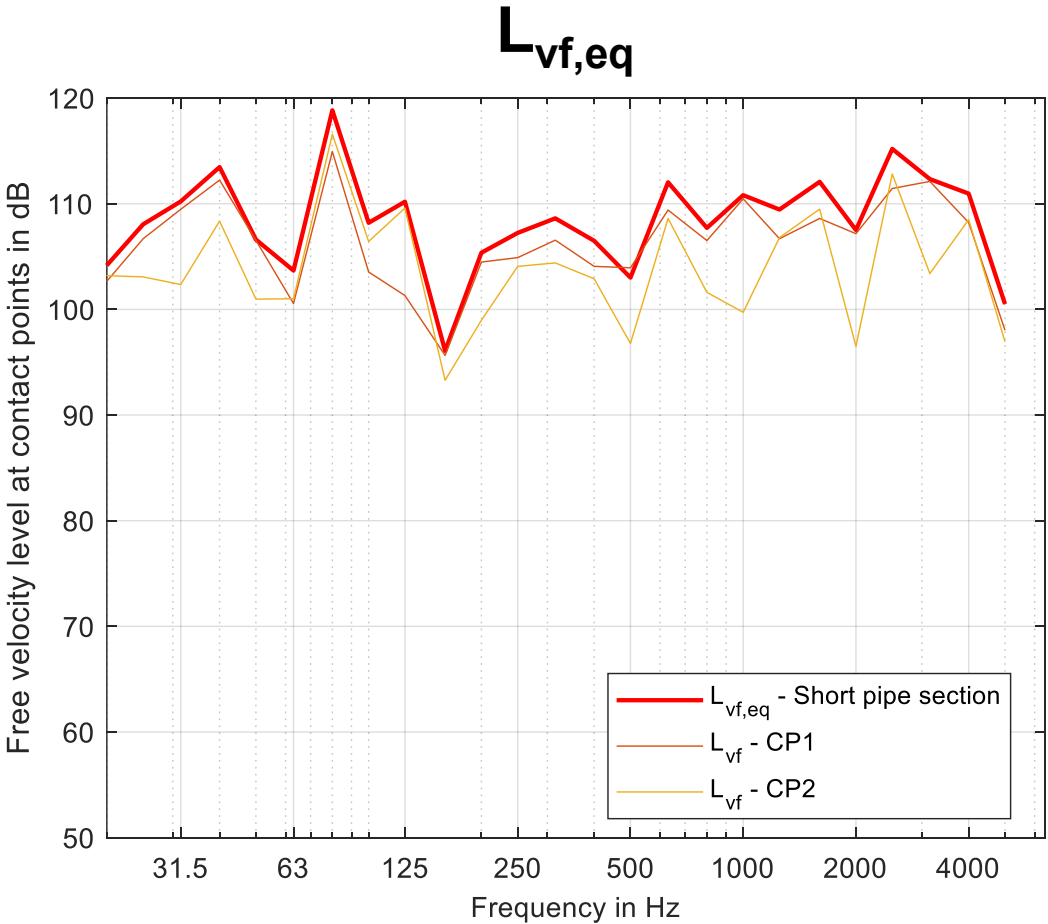
Äquivalente blockierte Kraft  
des Prüflings

$$\bullet |Y_{S,eq}|^2 = 10^{\frac{L_{vf,eq} - L_{Fb,eq}}{10}} \cdot 10^{-6}$$

Betrag der Quelladmittanz



# Quelladmittanz des Prüflings

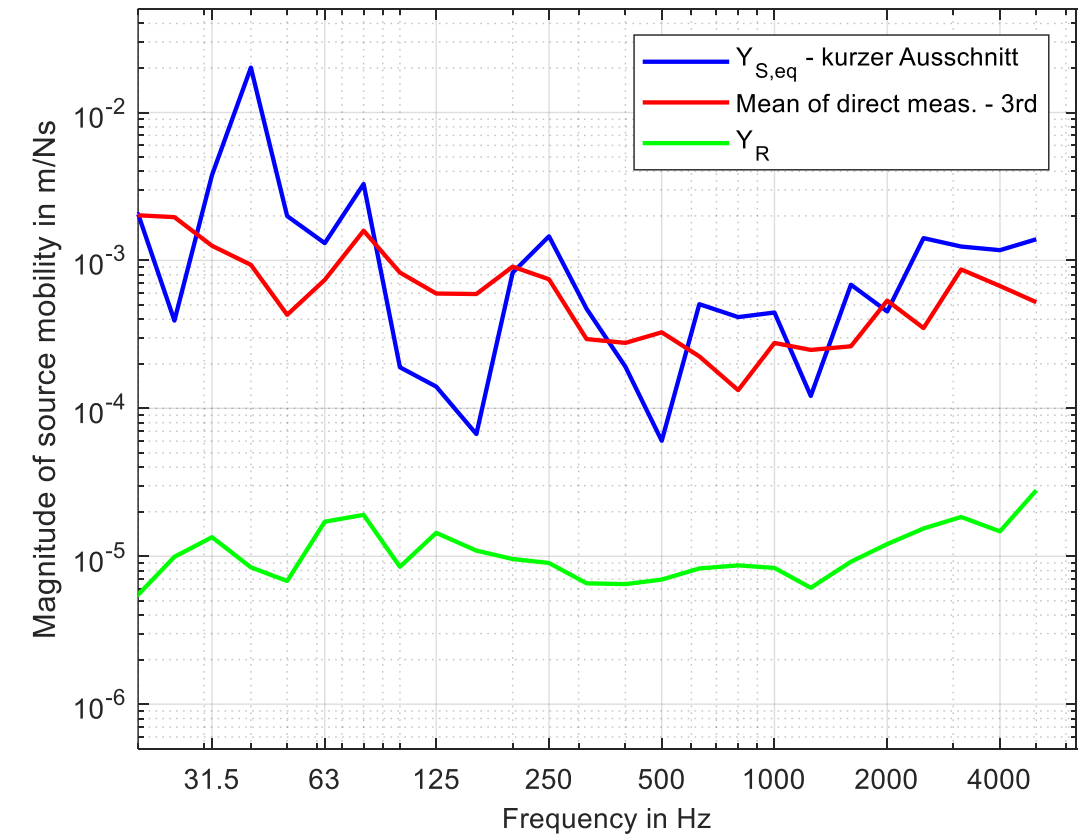




# Quelladmittanz des Prüflings

 $Y_{S,eq}$ 

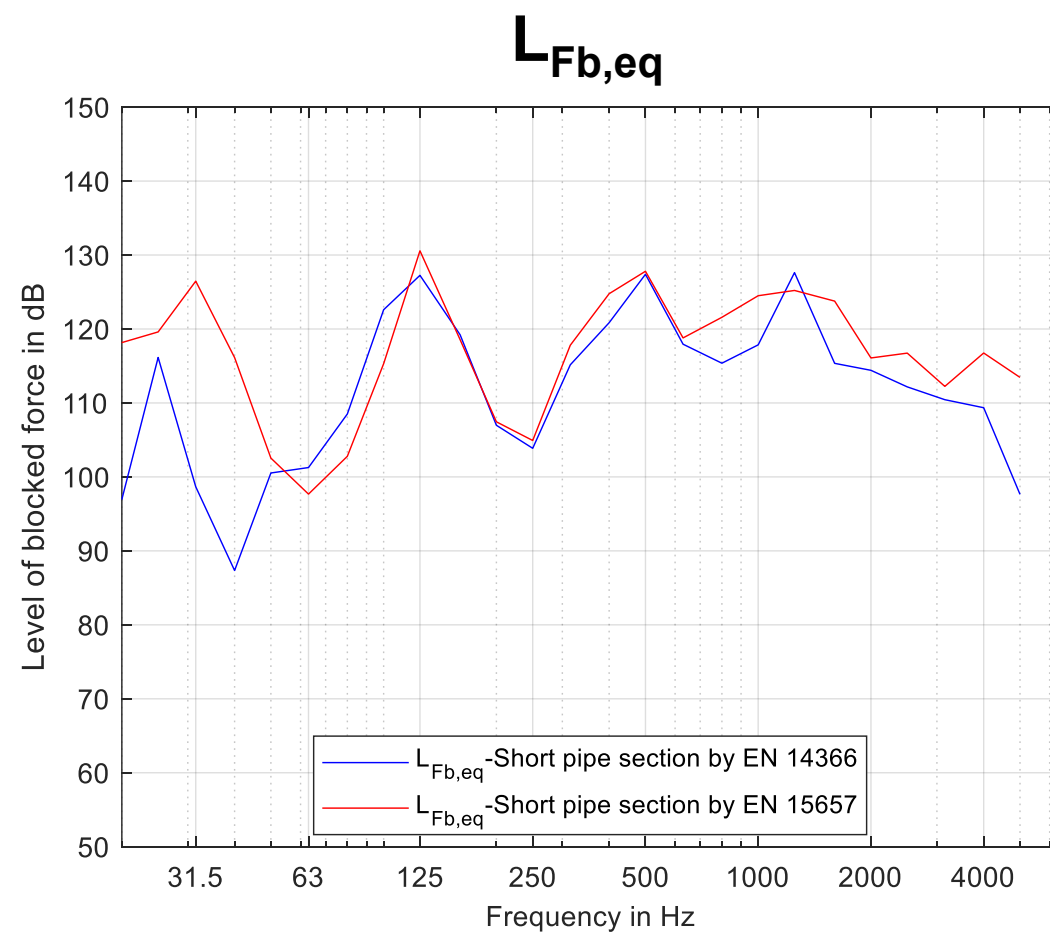

Zum Vergleich:  
Direkte Messung der  
Quelladmittanz an den  
Kontaktpunkten



# Inhalt

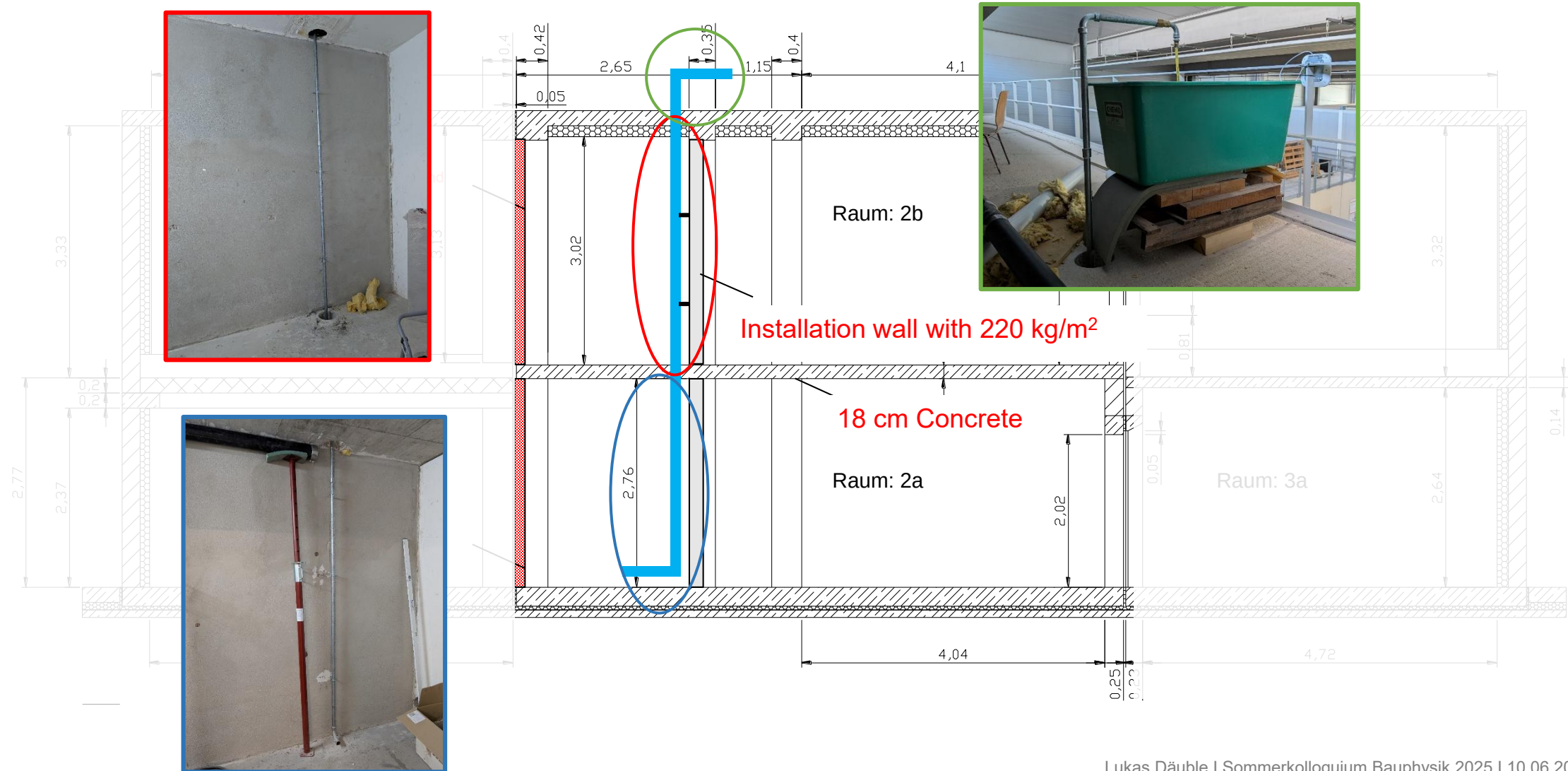
- Charakterisierung nach EN 15657 – Grenzen der Methode
- Alternative: Aufbau im Prüfstand wie in EN 14366-1
- Übertragung der EN 14366-1 Methode auf Trinkwassersysteme
- **Vergleich und neue Erkenntnisse**
- Fazit

# Vergleich zu EN15657

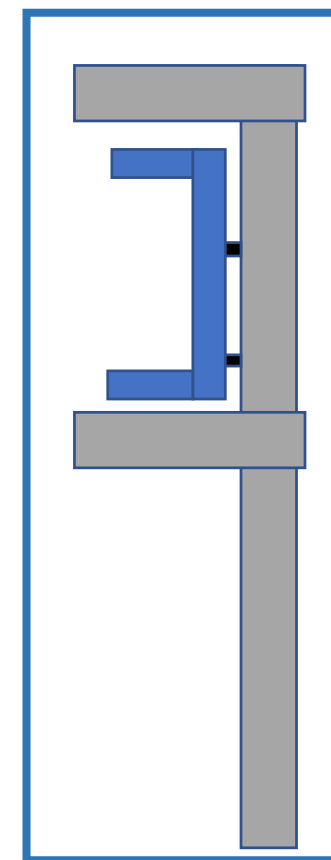
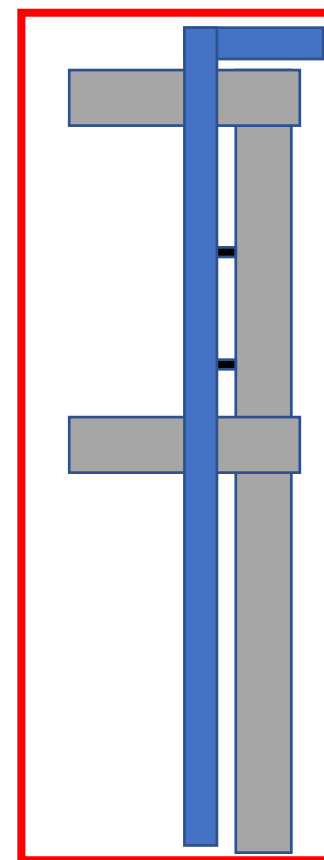
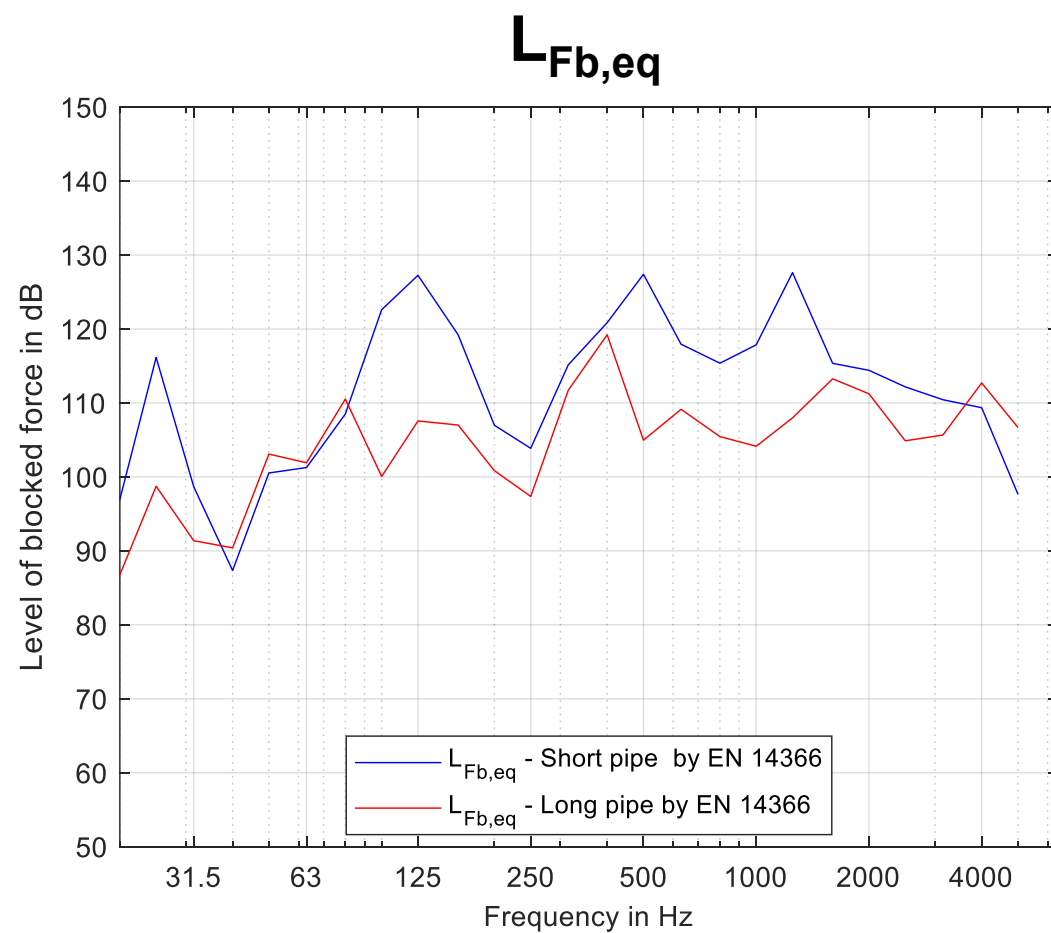


→ Sehr gute Übereinstimmung für kurzes Rohrstück auf der Empfangsplatte und an der Installationswand

# Prüfaufbau längeres Rohrsystem



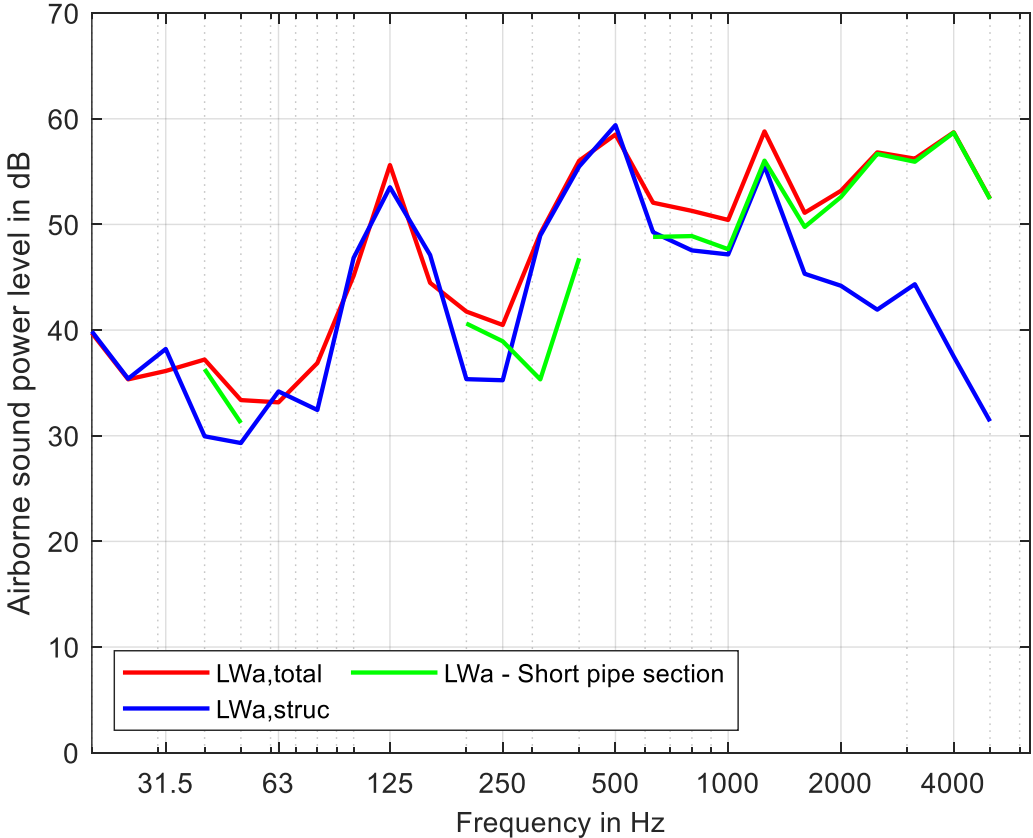
# Kurzes vs. Langes Rohr



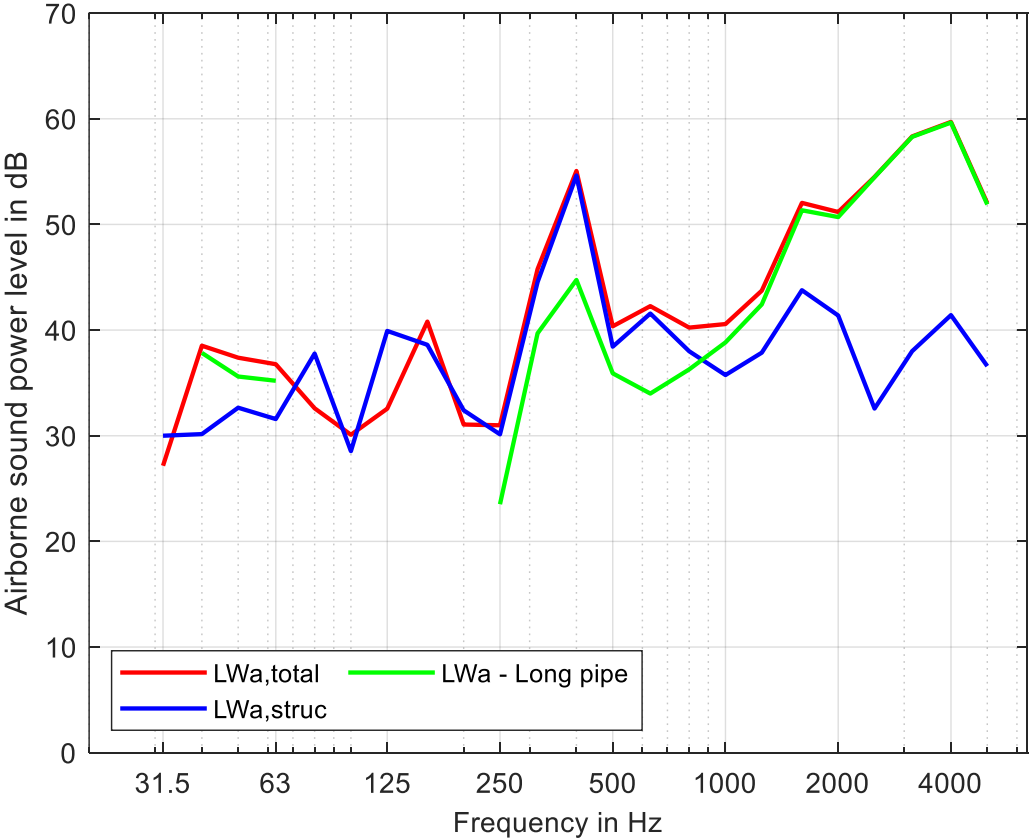
→ Große Unterschiede zwischen kurzem Rohrausschnitt und längerem Rohr

# Luftschalleistung

$L_{Wa}$  – Rohrausschnitt

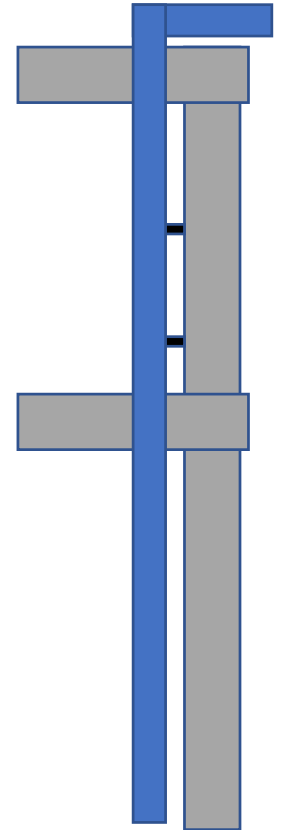
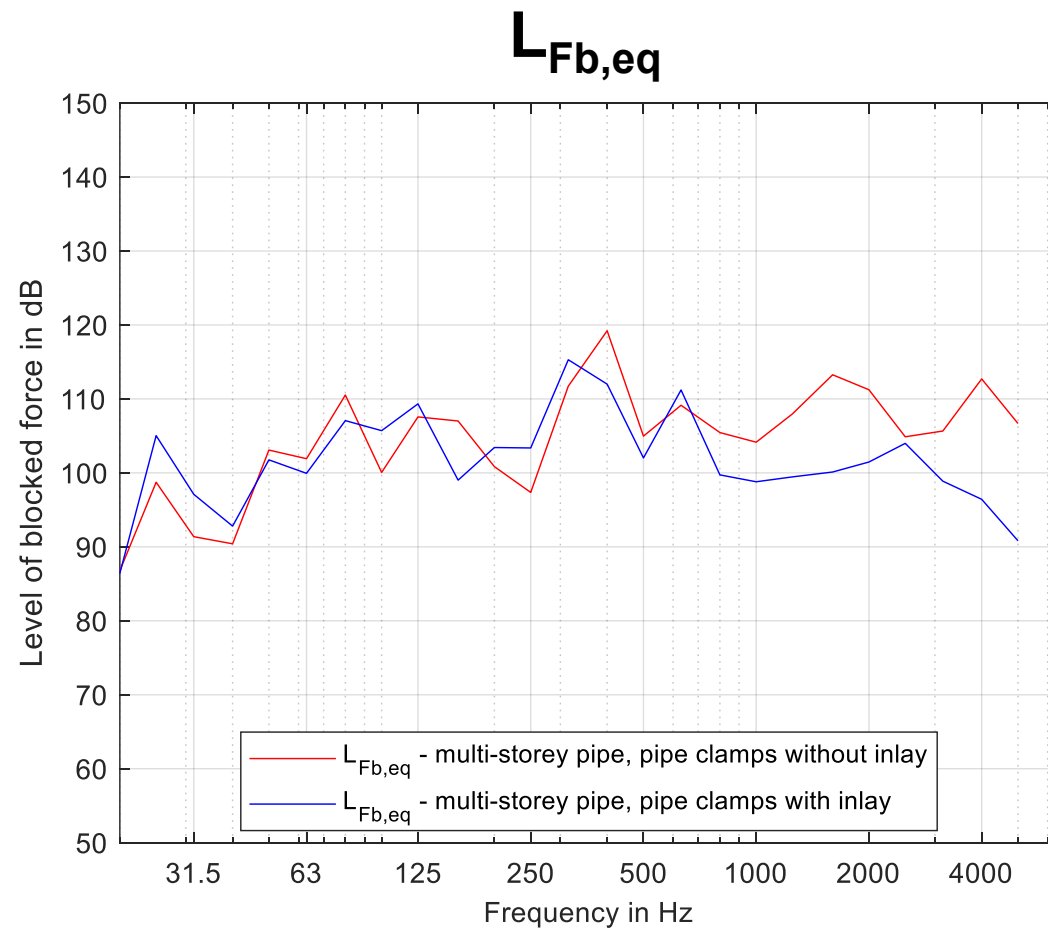


$L_{Wa}$  – Längeres Rohr

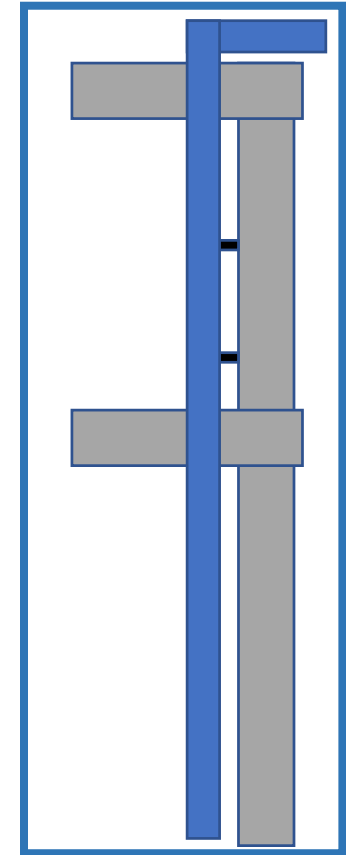
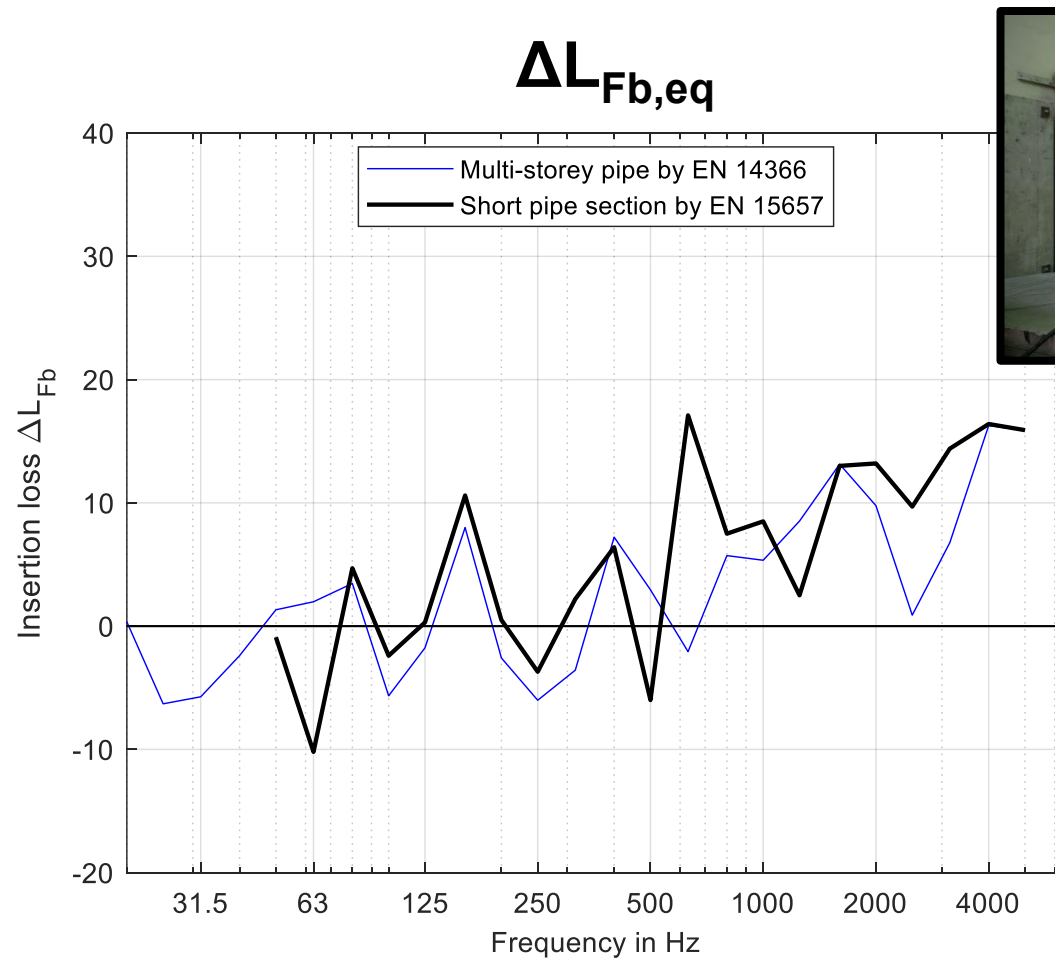




# Einfluss schalldämmende Rohrschelleneinlage



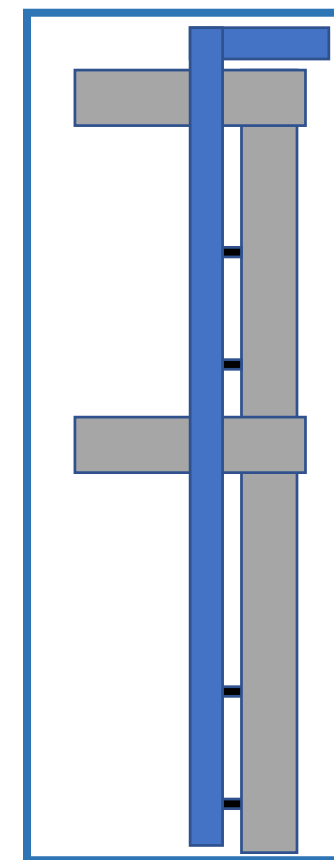
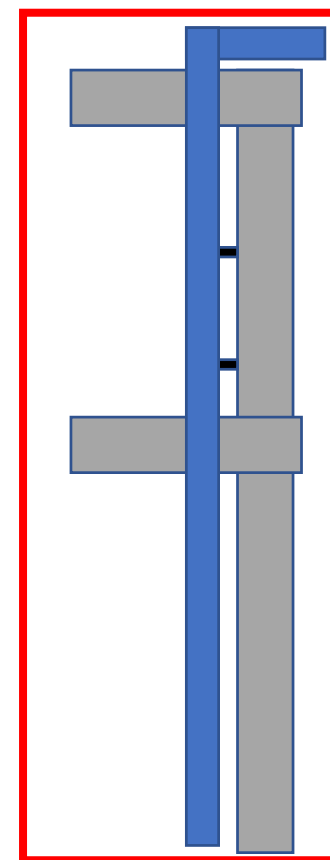
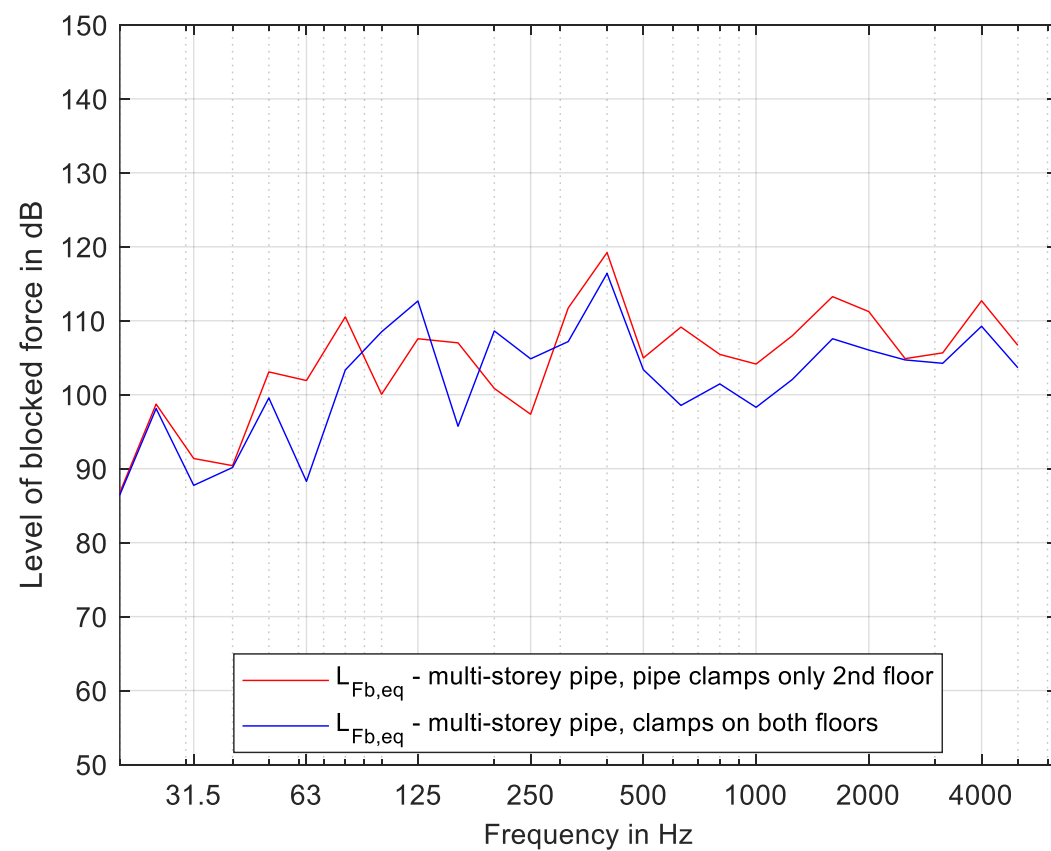
# Einfügungsdämmung im Vergleich



→ Gleicher Trend für kurzen und langen Rohrausschnitt

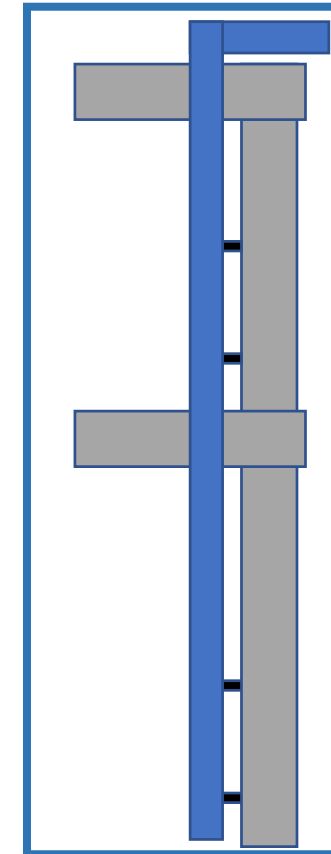
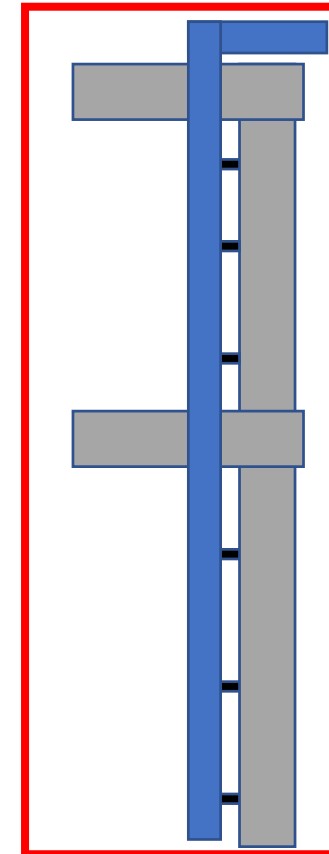
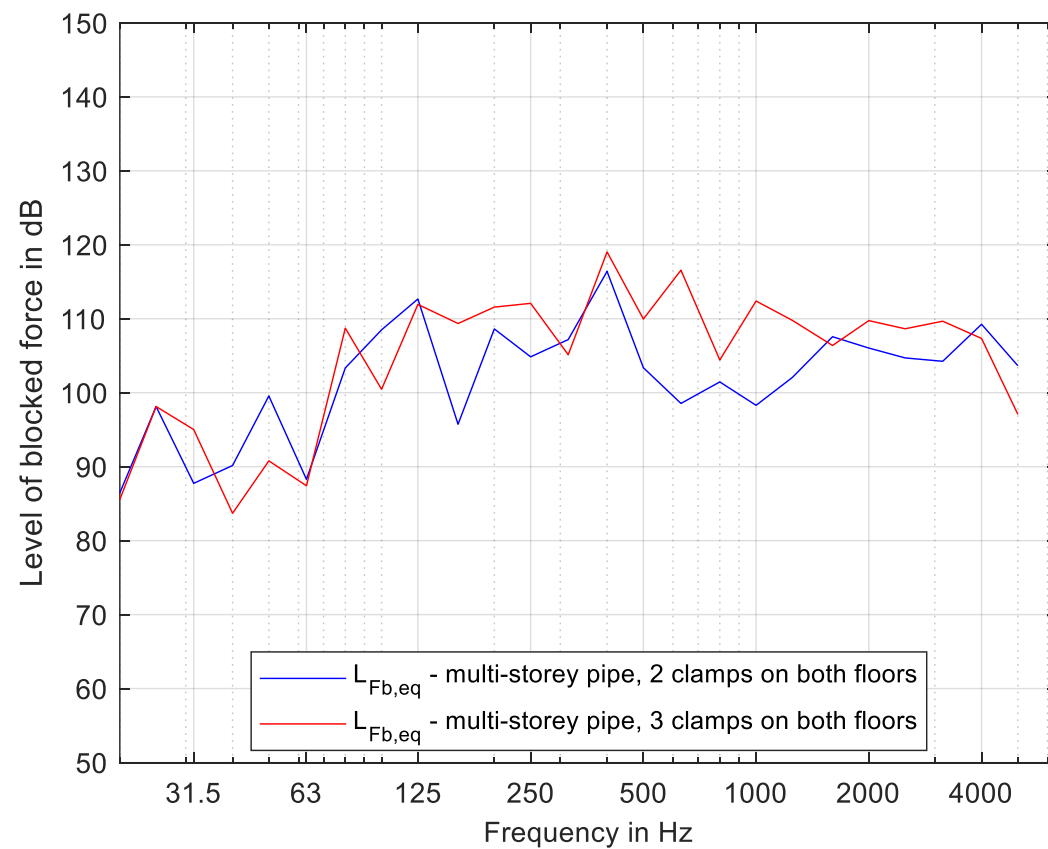


# Einfluss Rohrschellen in anderen Geschossen



→ Rohrschellen in anderen Geschossen beeinflussen Ergebnis

# Einfluss weiterer Rohrschellen



→ Anzahl der Rohrschellen beeinflusst die blockierte Kraft

# Fazit

- **EN 14366-1 kann zur Bestimmung von Eingangsdaten genutzt werden**

- Blockierte Kraft für das kurze Rohrstück auf der Empfangsplatte nach EN 15657 in guter Übereinstimmung mit EN 14366-1 ✓
- Einfügungsdämmung mit kurzem und langem Rohr zeigt gleichen Trend ✓
- Luftschalleistung kann nur bei hohen Frequenzen bestimmt werden (nicht relevant für Prognose) ✓
- Quelladmittanz aus indirekter und direkter Messung in guter Übereinstimmung ✓
- Blockierte Kraft des langen Rohrs deutlich niedriger als beim kurzen Rohr
- Anzahl der Rohrschellen beeinflusst die blockierte Kraft



Ausreichend  
bauüblich?

→ Methode der EN 14366-1 für Abwasserleitungen auch auf Trinkwasserleitungen anwendbar

# Ein einheitlicher Ansatz zur akustischen Charakterisierung von Trink- und Abwassersystemen

Lukas Däuble

Jochen Scheck, Berndt Zeitler



Bundesministerium  
für Forschung, Technologie  
und Raumfahrt

**HOCHSCHULE  
FÜR TECHNIK  
STUTTGART**

**fischer** 

## Sommerkolloquium Bauphysik 2025

### **Korrelation zwischen Straßenverkehr, Feinstaub und Lärm – Erstanalysen**

**Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler** - Hochschule für Technik Stuttgart

Im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Hochschule für Technik Stuttgart wurden die Zusammenhänge zwischen Straßenverkehr, Lärm und Feinstaub untersucht. Zu diesem Zweck wurden Sensorpaare, jeweils bestehend aus einem Lärmsensor und einem Feinstaubsensor, an der Fassade eines mehrstöckigen Bürogebäudes installiert. Zusätzlich wurden parallel dazu automatisierte Verkehrszählungen durchgeführt. Wie erwartet ist der Verlauf der Lärmpegel und des Verkehrsaufkommens in Phase. Die Feinstaubkonzentration zeigt jedoch einen anderen Verlauf. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

# Korrelation zwischen Straßenverkehr, Feinstaub und Lärm – Erstanalysen

Berndt Zeitler, Andreas Ruff, Steffi Reinhold

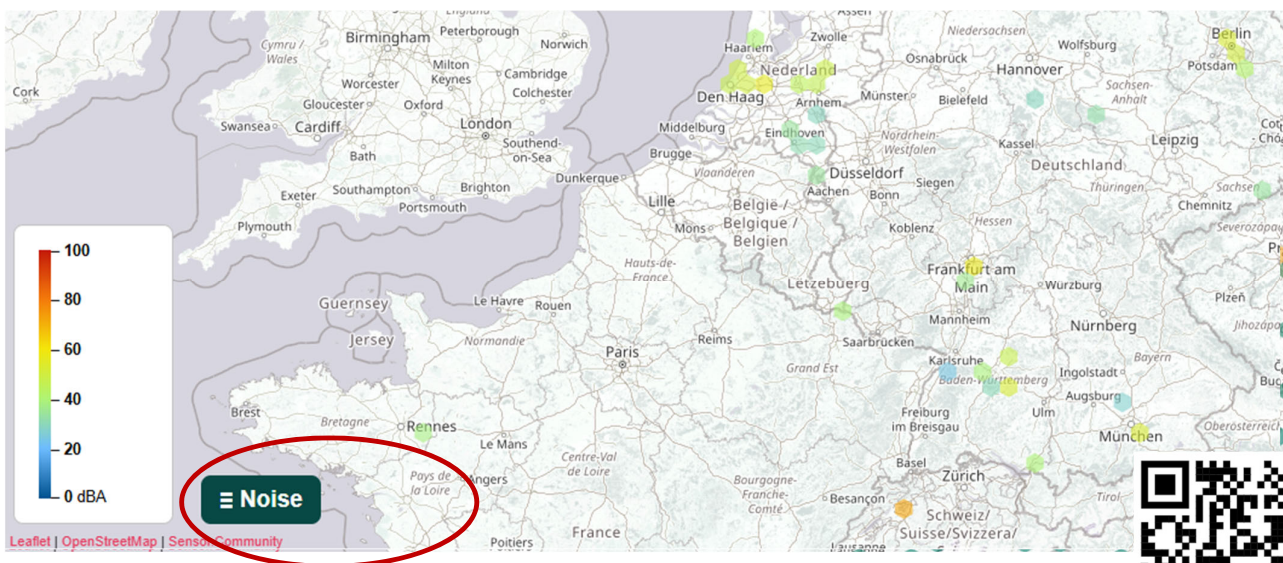
Sommerkolloquium Bauphysik  
06.06.2025



Ein Projekt der  
**Hochschule  
für Technik  
Stuttgart**



## Warum / Motivation



PM10 + Lärm + Verkehrszählung->

Korrelation zwischen Verkehr, Feinstaub und Lärm





## Gliederung

1. Warum? Motivation
2. Wo? (Ort der Untersuchung)
3. Wie? (Messmethoden)
4. Messergebnisse
5. Zusammenfassung & Ausblick

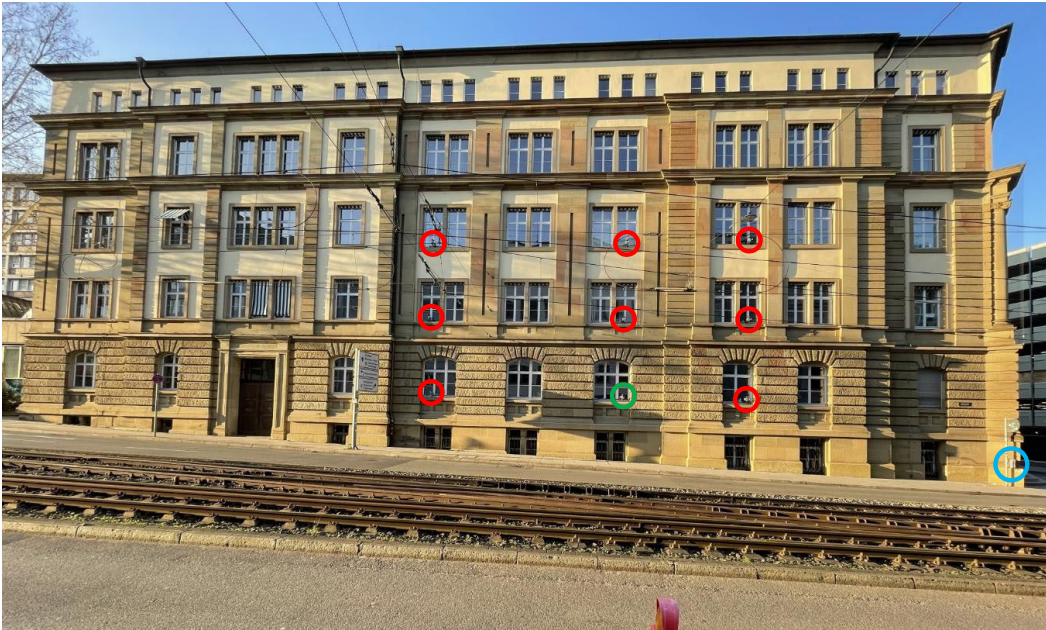
## Wo? / Ort der Untersuchung in Stuttgart



Source: Google Earth



## W0? / Ort der Untersuchung



Fokus auf dem Sensor

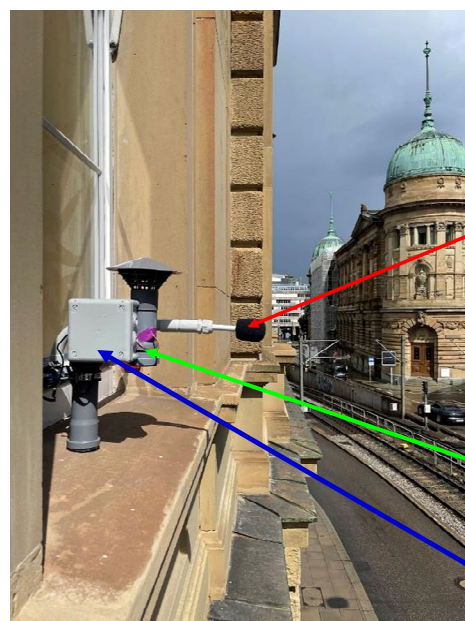
Zusätzliches  
Messinstrument zur  
Verkehrszählung und -  
Klassifizierung  
(TOPO-Box)

9 Positionen auf der Fassade jeweils mit Lärm und Feinstaub-Sensoren

## Wie? Lärm und Feinstaub-Sensoren



Installation vor den  
Fenstern



Microfone mit Windschirm

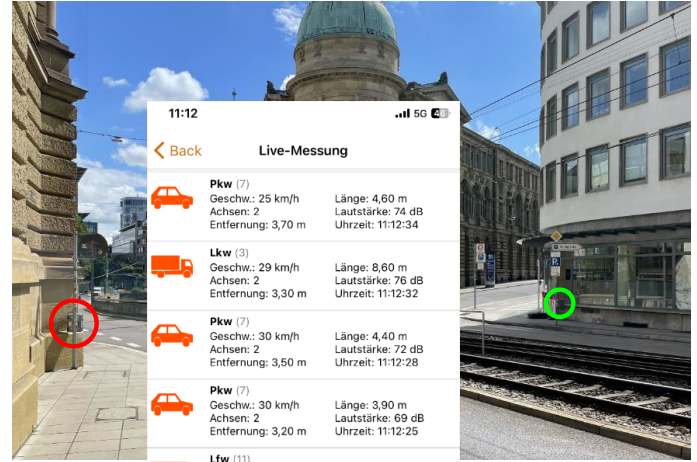
Feinstaubsensor

Box mit Elektronik



# Wie?

## Verkehrsklassifizierung - TOPO-Box



- Radar-basierte Messungen
- Messung der Schallpegel
- Verkehrsgeschwindigkeit und -Klassifizierung

11:12 5G

< Back Live-Messung

|  |                                                                       |                                                         |
|--|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | <b>Pkw</b> (7)<br>Geschw: 25 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,70 m  | Länge: 4,60 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:12:34 |
|  | <b>Lkw</b> (3)<br>Geschw: 29 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,30 m  | Länge: 8,60 m<br>Lautstärke: 76 dB<br>Uhrzeit: 11:12:32 |
|  | <b>Pkw</b> (7)<br>Geschw: 30 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,50 m  | Länge: 4,40 m<br>Lautstärke: 72 dB<br>Uhrzeit: 11:12:28 |
|  | <b>Pkw</b> (7)<br>Geschw: 30 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,20 m  | Länge: 3,90 m<br>Lautstärke: 69 dB<br>Uhrzeit: 11:12:25 |
|  | <b>Lfw</b> (11)<br>Geschw: 37 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,40 m | Länge: 5,40 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:11:47 |
|  | <b>Pkw</b> (7)<br>Geschw: 39 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,30 m  | Länge: 4,70 m<br>Lautstärke: 73 dB<br>Uhrzeit: 11:11:34 |
|  | <b>Pkw</b> (7)<br>Geschw: 32 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,70 m  | Länge: 5,00 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:11:24 |

Stop

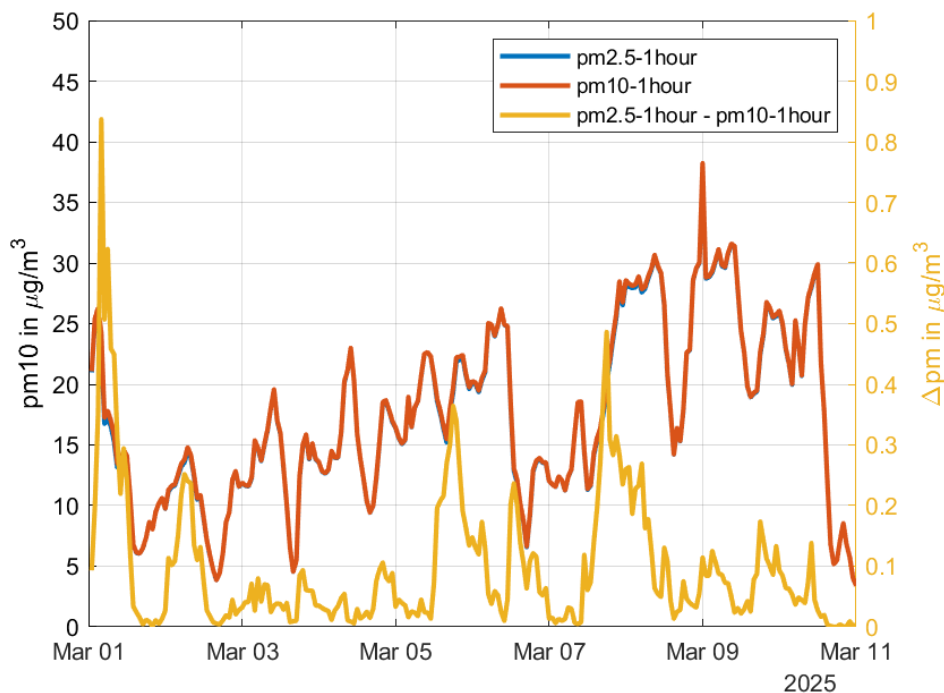
TOPO.app

# Wie?

| Größe                                                                              | Werte                                                                                          | Herkunft                         | Zeitinkrement   |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Lärm in dB                                                                         | LZ_min, LZ_max, <b>LZ_eq</b> ,<br>LA_min, LA_max, <b>LA_eq</b><br>LZ_spec, LA_spec             | HFT Influx database              | (1 sec), 20 sec |
| Feinstaub in $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                              | PM2.5, <b>PM10</b>                                                                             | HFT Influx database              | 20 sec          |
| Verkehr (Ost and West)<br>Anzahl<br>Geschwindigkeit in km/h                        | <b>car</b> , van, small truck, large truck, bus, motorcycle<br>v15, v50, v85, <b>v_average</b> | Topobox (download)               | 1 hour          |
| Tram (Ost and West)                                                                | Tramzählung                                                                                    | Zeitplan (by hand)               | 1 hour          |
| Umweltdaten<br>in %<br>in $^{\circ}\text{C}$<br>in hPa<br>in $\text{l}/\text{m}^3$ | relative Feuchtigkeit,<br>Temperature,<br>Druck,<br>Regenfall                                  | Stadt Stuttgart (Excel download) | 30 Min          |

**“Gesäuberte Daten” auf Stundenwerte gewandelt**

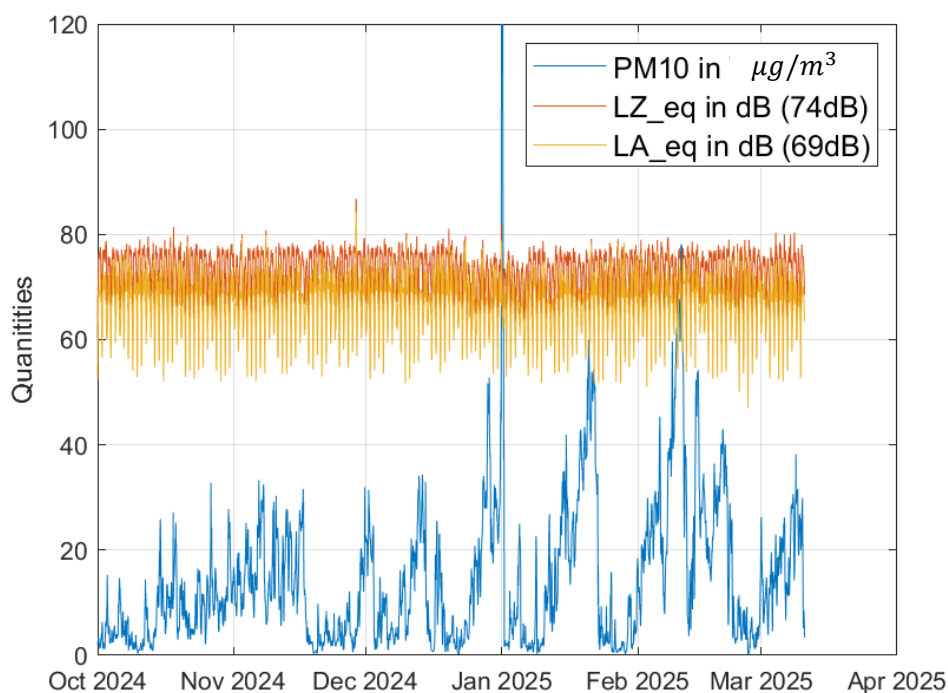
## Feinstaub (Particular Matter) PM10 vs PM2.5



Erste 10 Tage im März 2025

- Unterschied zwischen PM2.5 und PM10 ist vernachlässigbar in diesen Untersuchungen
- Ab hier nur PM10 betrachtet

## Feinstaub und Lärm (Okt 2024 – Mär 2025)



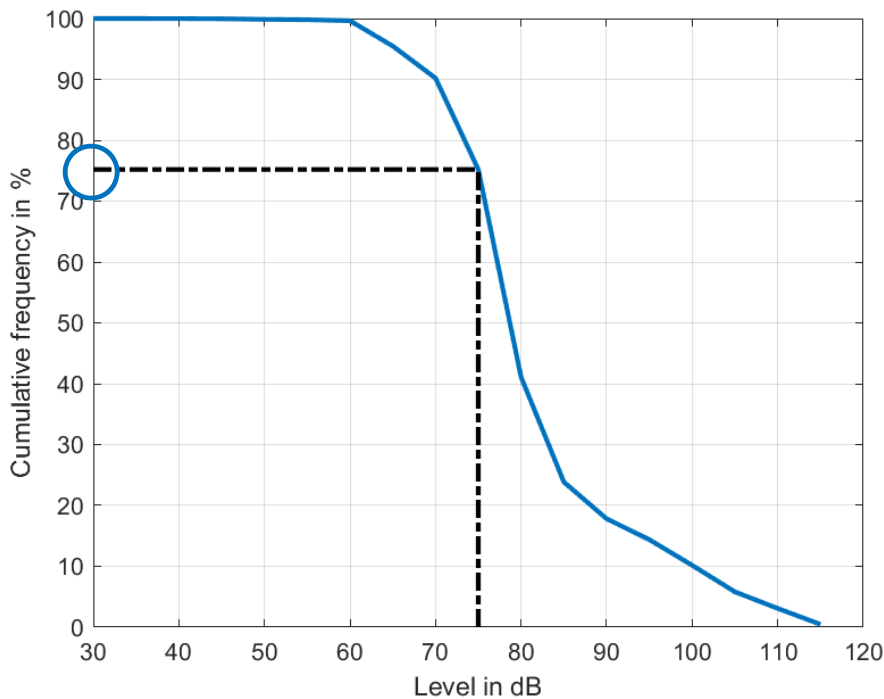
LZ\_min = 41 dB (03-Mär-2025 01:00:00)

LZ\_max = 114 dB (01-Jan-2025 01:00:00)

LA\_min = 31 dB (05-Mär-2025 01:00:00)

LA\_max = 114 dB (25-Dez-2024 06:00:00)

## Lärm / LA<sub>max</sub> Histogramm (01.03.2025 bis 11.03.2025)

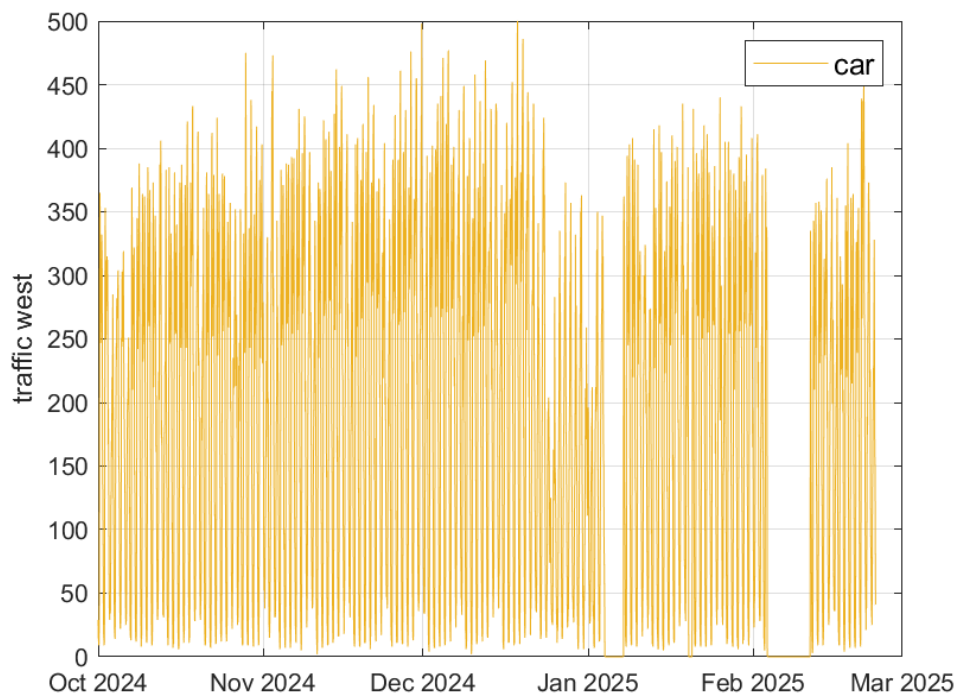


LA<sub>eq</sub> = 69 dB jedoch gibt es lauterere Ereignisse

Histogramm der Ereignisse gemessen in 20 Sek Inkremente zwischen 01.03.2025 und 11.03.2025 (ca. 43k Ereignisse)

75% der LA<sub>max</sub> Ereignisse liegen über 75 dB

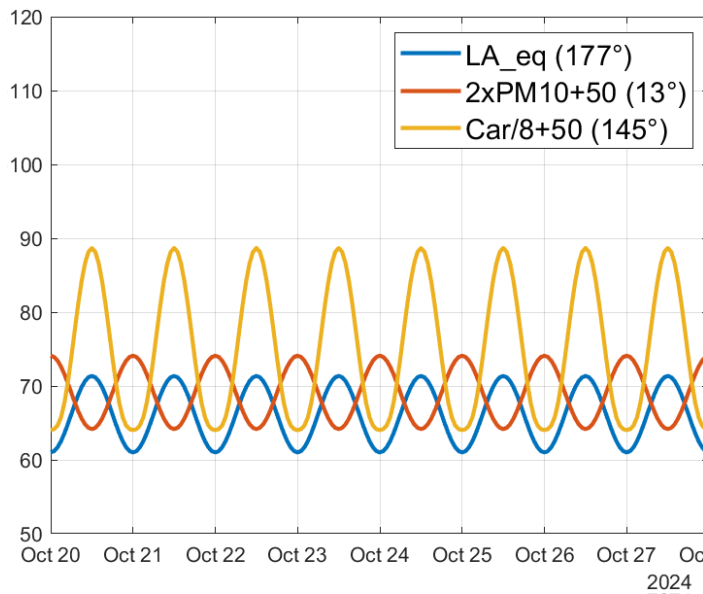
## Verkehr (West)



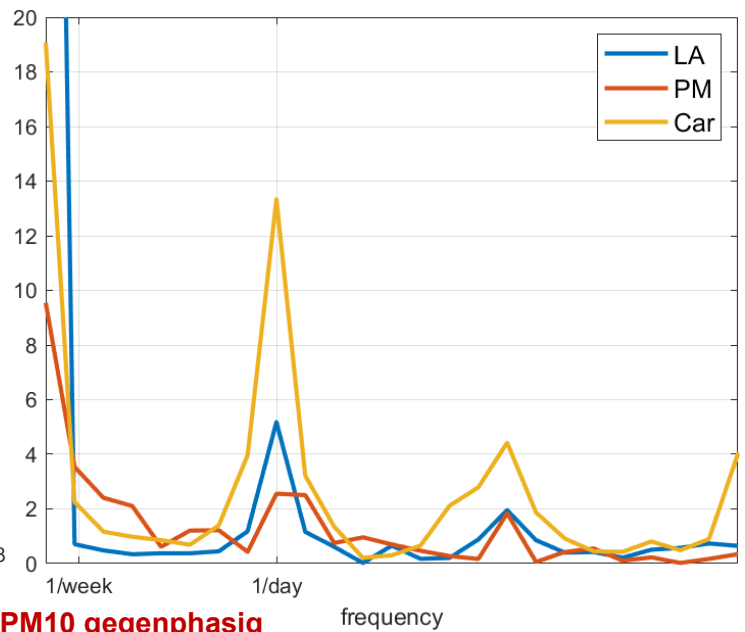
- Keine Aufnahme
  - Während der Akkuladezeit
  - Wenn Autos vor der TOPO box geparkt sind
- Hauptsächlich PKWs unterwegs

## Messergebnisse (LA\_eq, PM10, PKW)

**Time Domain**



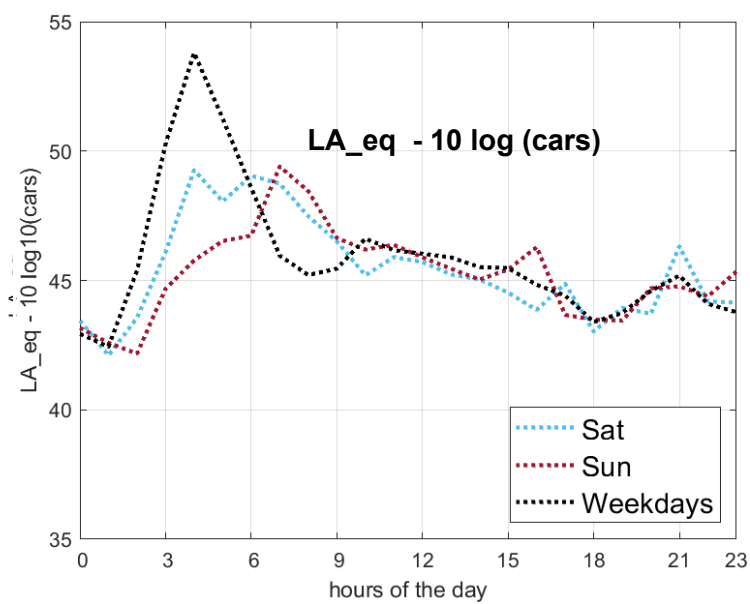
**Frequency Domain**



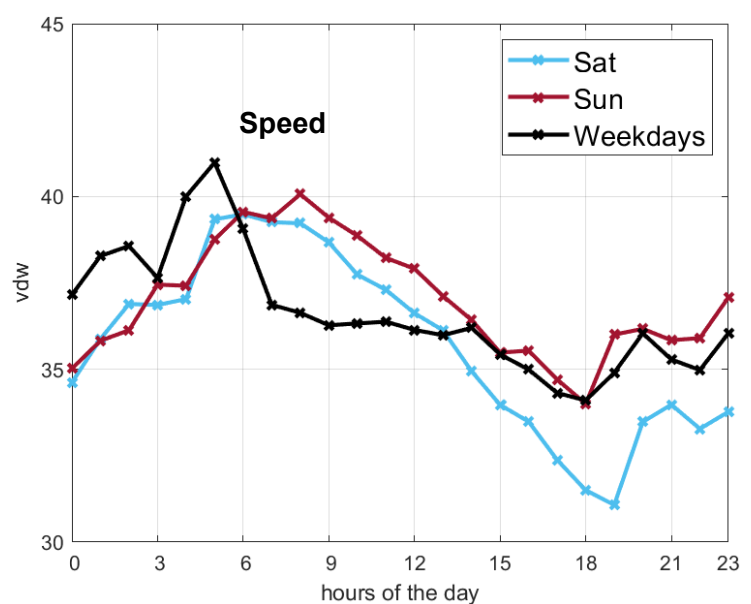
**Lärm und PKW Zählungen in Phase, PM10 gegenphasig**

## Messergebnisse pro Woche

**LA\_eq**



**PKWs / Stunde**



## Zusammenfassung

- Feinstaub, Lärm und Verkehrszählungen über einige Monate erfasst und verglichen
- Lärmpegel und Verkehr sind in phase wobei Feinstaub gegenphasig verläuft
- Wie erwartet verhält sich Lärm proportional zum  $10 \log$  der Verkehrszählung

### Ausblick:

- Verstehen warum Feinstaub gegenphasig zu Lärm und Verkehr aufkommen
- Tiefergehende Analyse in Bezug auf Wetter und Verkehrsmittel mit Hilfe von Lärmspektren

## Korrelation zwischen Straßenverkehr, Feinstaub und Lärm – Erstanalysen

**Berndt Zeitler, Andreas Ruff, Steffi Reinhold**

**VIELEN DANK**

**Sommerkolloquium Bauphysik  
06.06.2025**



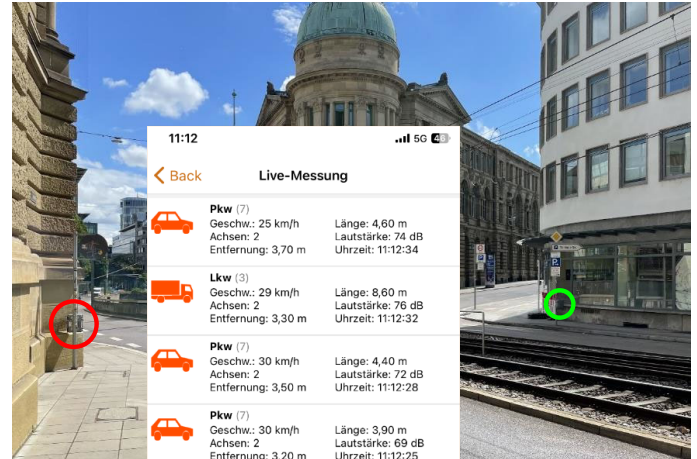
Ein Projekt der  
**Hochschule  
für Technik  
Stuttgart**





## With what?

## Traffic classification - TOPO-Box



## Radar-based measurements:

- Length of the vehicles
- Number of vehicle axles
- Vehicle axle configuration
- Axle spacings
- Position of the motor block

## Measurement of the sound pressure level in dB(A)

11:12 5G

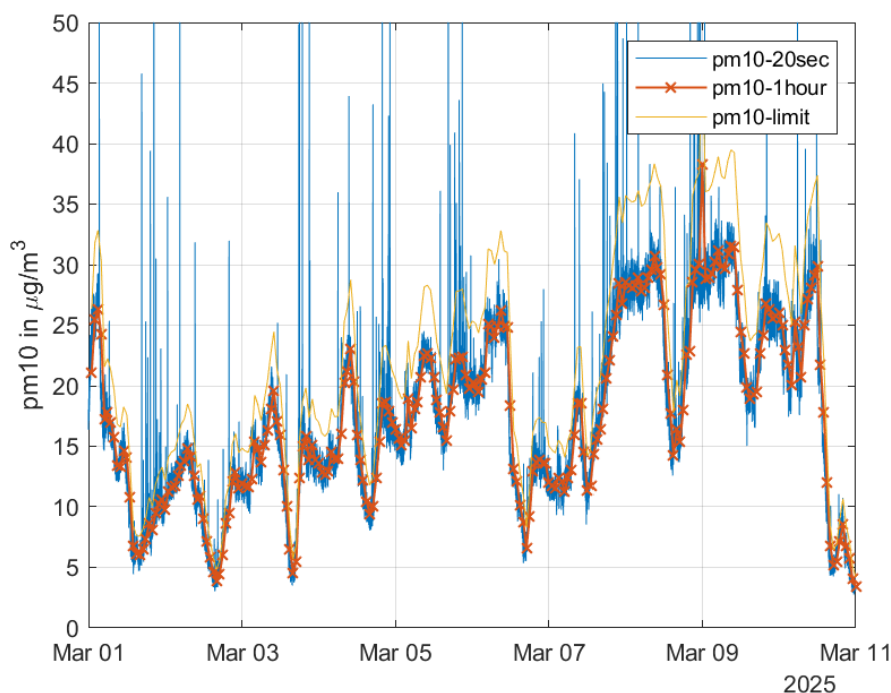
< Back Live-Messung

|  |                                                                       |                                                         |
|--|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|  | <b>Pkw (7)</b><br>Geschw: 25 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,70 m  | Länge: 4,60 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:12:34 |
|  | <b>Lkw (3)</b><br>Geschw: 29 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,30 m  | Länge: 8,60 m<br>Lautstärke: 76 dB<br>Uhrzeit: 11:12:32 |
|  | <b>Pkw (7)</b><br>Geschw: 30 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,50 m  | Länge: 4,40 m<br>Lautstärke: 72 dB<br>Uhrzeit: 11:12:28 |
|  | <b>Pkw (7)</b><br>Geschw: 30 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,20 m  | Länge: 3,90 m<br>Lautstärke: 69 dB<br>Uhrzeit: 11:12:25 |
|  | <b>Lfw (11)</b><br>Geschw: 37 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,40 m | Länge: 5,40 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:11:47 |
|  | <b>Pkw (7)</b><br>Geschw: 39 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,30 m  | Länge: 4,70 m<br>Lautstärke: 73 dB<br>Uhrzeit: 11:11:34 |
|  | <b>Pkw (7)</b><br>Geschw: 32 km/h<br>Achsen: 2<br>Entfernung: 3,70 m  | Länge: 5,00 m<br>Lautstärke: 74 dB<br>Uhrzeit: 11:11:24 |

Stop

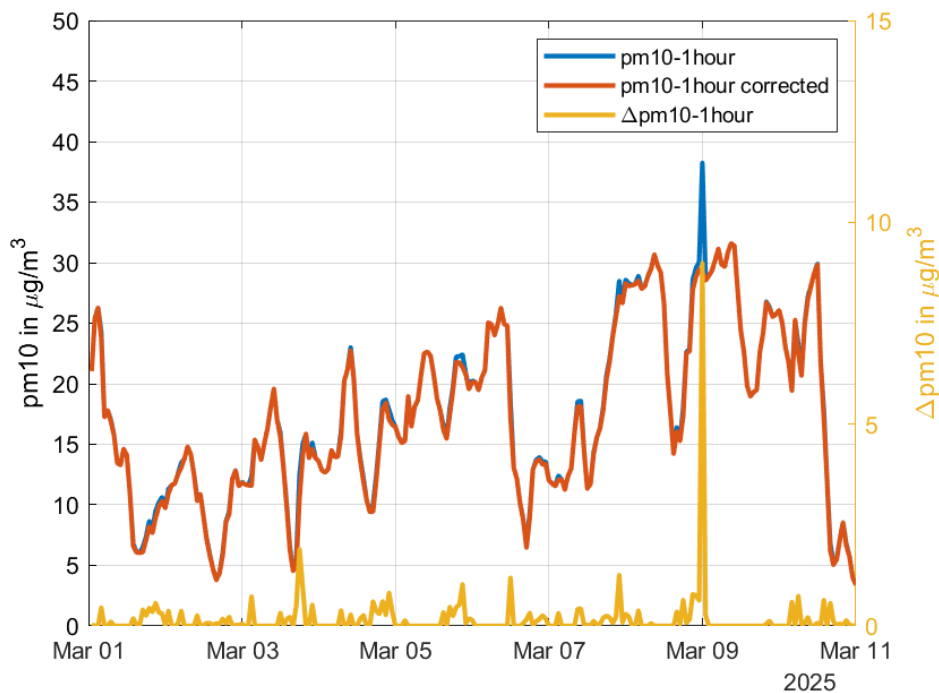
TOPO.app

## Preprocessing / Particular Matter



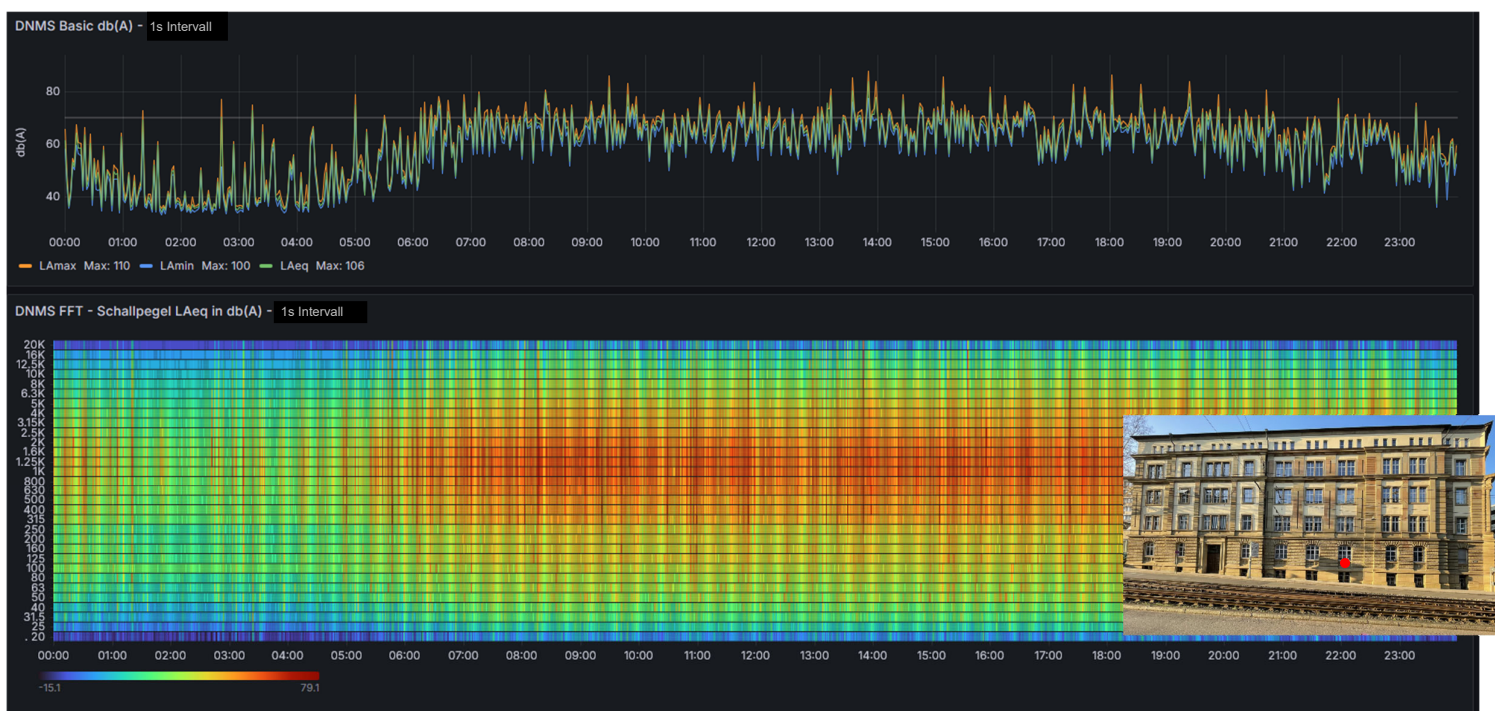
- Samples every 20 seconds
- There are outliers
- How much influence do they have on the hourly averages?
- Yellow limit when to call them outliers (factor 1.25 above mean)

## Preprocessing / Particular Matter PM10



- Influence is negligible for these investigations
- Usually below 5%

## Influx database - frequency-dependent values - 1 s time intervals





## Measurement results (LA\_eq, PM10, car)

