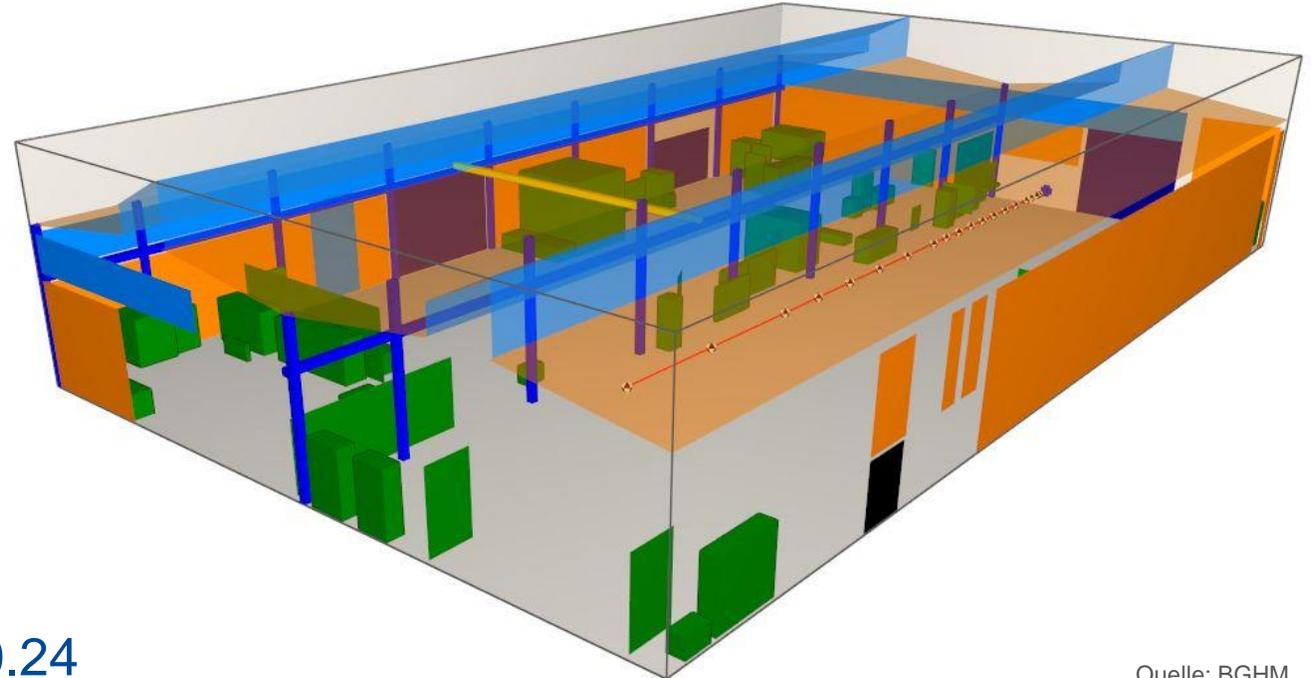


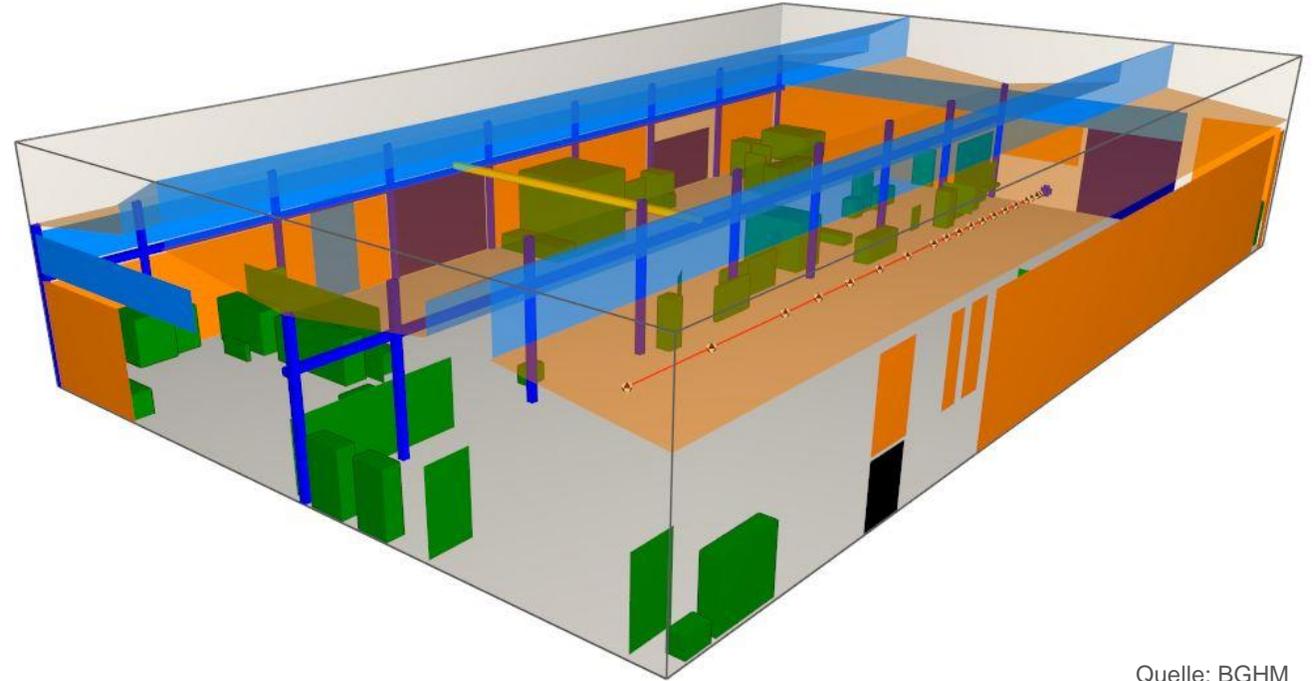
# Raumakustik von Werkhallen



Fachveranstaltung Lärminderung,  
P. Hammelbacher, P. Kafarnik, 17.10.24

# Raumakustik von Werkhallen

**Warum?**



## Gründe:

Lärmschwerhörigkeit ist **nicht heilbar!**

Jeder Mensch hat das Recht auf Leben und **körperliche Unversehrtheit** ...

(GG Art. 2, Abs.(2)) Die Arbeit ist so zu gestalten, dass eine Gefährdung für das Leben sowie die physische und die psychische Gesundheit **möglichst vermieden** und die verbleibende Gefährdung **möglichst gering** gehalten wird; (ArbSchG §4 Nr. 1)

(1) Der Arbeitgeber hat die nach § 3 Abs. 1 Satz 6 festgelegten Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik durchzuführen, um die Gefährdung der Beschäftigten auszuschließen oder **so weit wie möglich zu verringern**. Dabei ist folgende Rangfolge zu berücksichtigen:

1. Die Lärmemission muss am Entstehungsort verhindert oder **so weit wie möglich verringert** werden. Technische Maßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen Maßnahmen.
2. Die Maßnahmen nach Nummer 1 haben **Vorrang vor** der Verwendung von **Gehörschutz** nach § 8. (LärmVibArbSchV §7, Abs. 1)

# Ist die Anforderung neu?

## UVV Lärm (anno 1. Dezember 1974)

### § 5 Arbeitsräume

Der Unternehmer hat Arbeitsräume so zu gestalten, dass die **Schallausbreitung** nach den fortschrittlichen, in der Praxis bewährten Regeln der Lärminderungstechnik **vermindert** wird, wenn eine Lärmgefährdung der Versicherten besteht oder zu erwarten ist.

DA zu §5: Diese Forderung ist erfüllt, wenn z. B.

- Lärmquellen von den übrigen Arbeitsplätzen akustisch so getrennt werden, dass dort Lärmbereiche nicht verursacht werden,
- durch Maßnahmen zur Senkung des Reflexionsschalls in den Oktavbändern mit den Mittenfrequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz eine **mittlere Schallpegelabnahme je Abstandsverdopplung um mindestens 4 dB oder ein mittlerer Schallabsorptionsgrad von mindestens 0,3** erreicht wird.

## Schallabsorption in Räumen

Der Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  kennzeichnet die Verluste des Schalls in Räumen.

-> Verhältnis der absorbierten Energie zur auftreffenden Energie.

Bei  $\alpha = 0$  erfolgt vollständige Reflexion,

bei  $\alpha = 1$  vollständige Absorption an den Begrenzungsflächen.

## Mittlerer Schallabsorptionsgrad

Nach TRLV „Lärm“, Teil 3 Lärmschutzmaßnahmen gilt

für den mittleren Schallabsorptionsgrad:  $\bar{\alpha} \geq 0,3$

**Bestimmung durch Messen der Nachhallzeit aber für größere Werkhallen und Flachhallen nicht sinnvoll (hier wird  $DL_2$  gemessen).**

Berechnung aber sehr wohl möglich.

klein:  $V \leq 1000 \text{ m}^3$

groß:  $V \geq 10.000 \text{ m}^3$

## Halle Lengfurt

Länge = 40 m, Breite = 20 m, Höhe = 5 m

Wandflächen insgesamt 600 m<sup>2</sup>, Boden- und Dachfläche je 800 m<sup>2</sup>

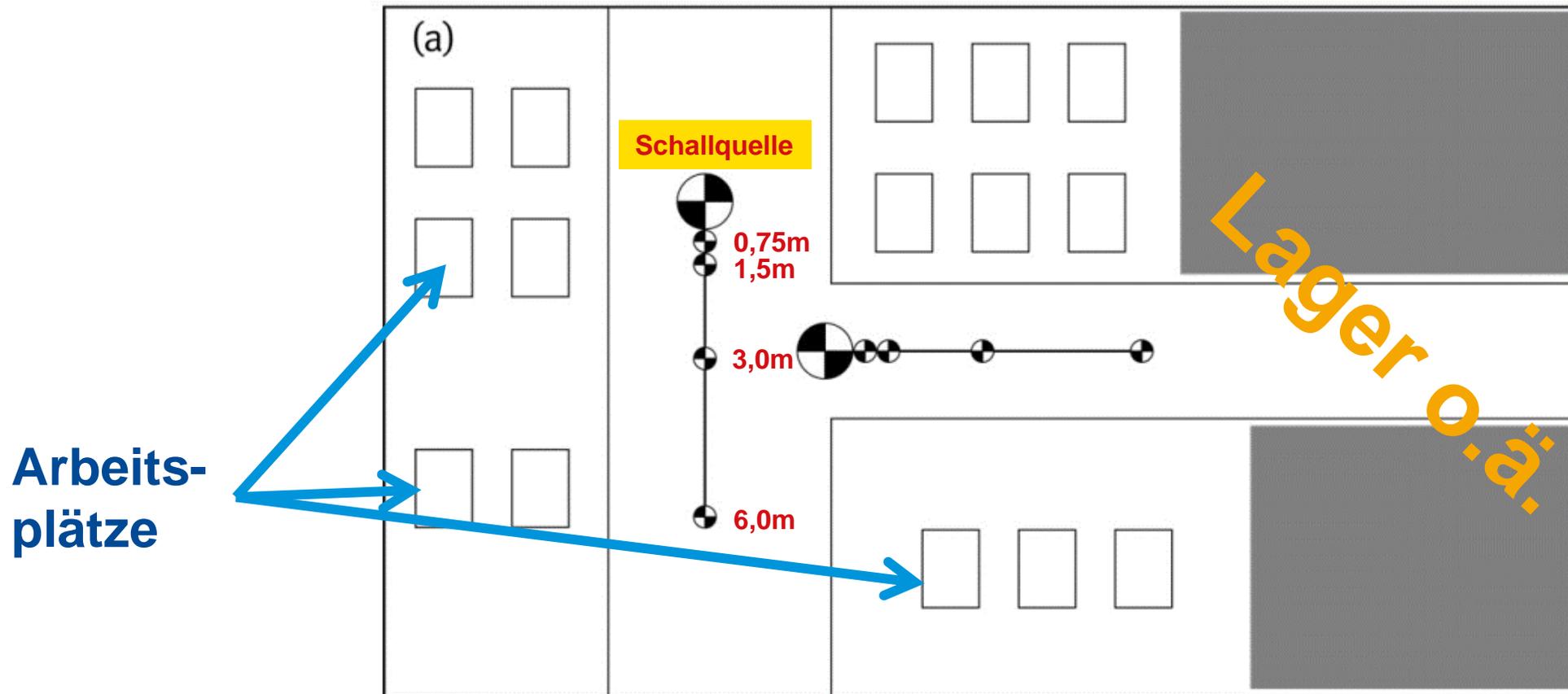
Flächen insgesamt = 2200 m<sup>2</sup>

Oberflächen: Beton, Glas, Stahlblech  $\alpha \approx 0$

Notwendige äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A = 2200 \text{ m}^2 * 0,3 = 660 \text{ m}^2$

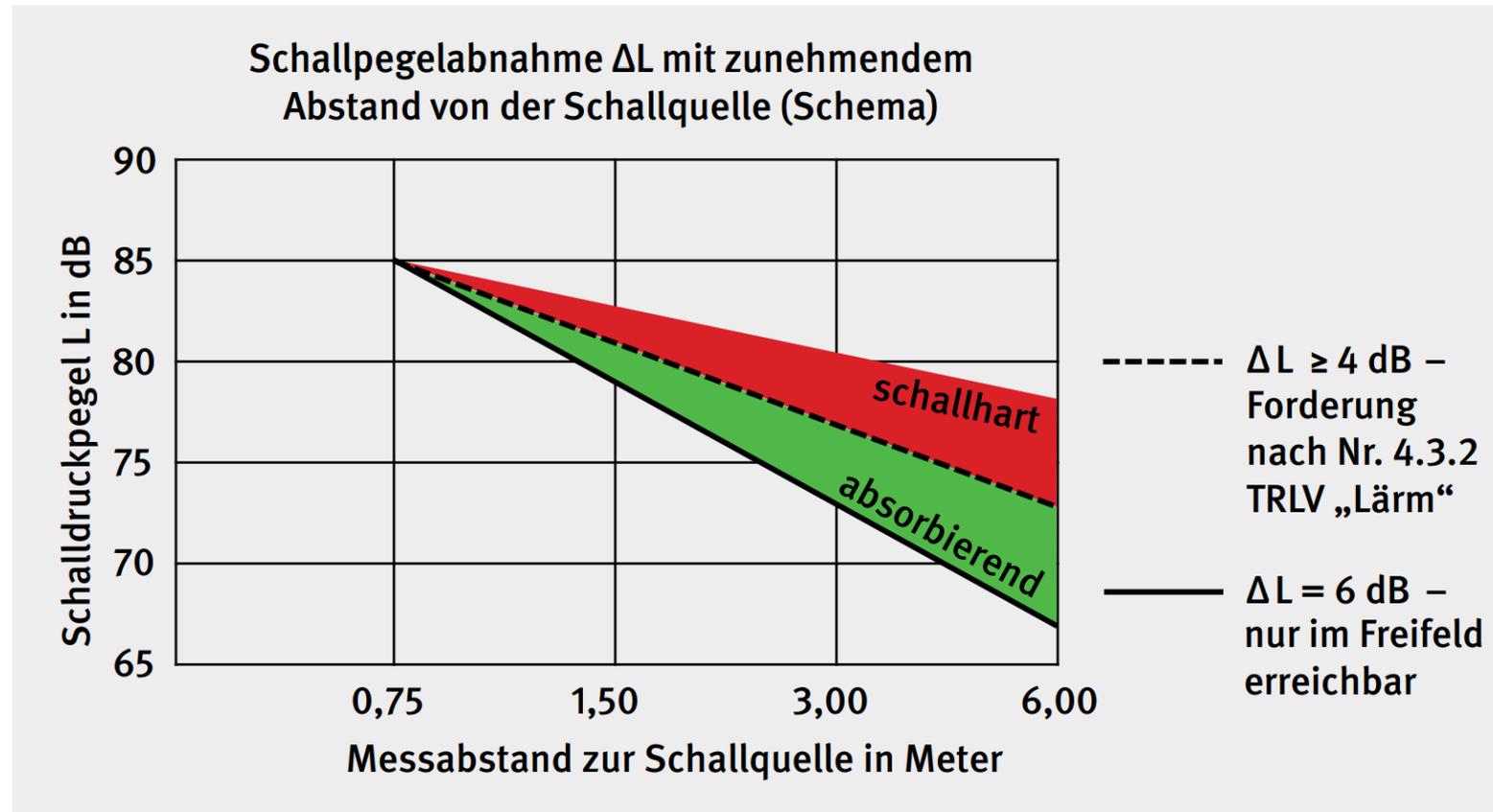
**→ Ohne raumakustische Maßnahmen sind die Vorgaben nicht einzuhalten!**

# Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung



Quelle: BGHM

# Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung



## Schallpegelabnahme je Abstandsverdoppelung

Nach TRLV „Lärm“, Teil 3 Lärmschutzmaßnahmen gilt

für die Schallpegelabnahme pro Abstandsverdoppelung:  $DL_2 \geq 4 \text{ dB}$   
im Bereich 0,75 m bis 6m.

**In kleinen Räumen nicht sinnvoll  
(hier wird der mittlere Absorptionsgrad bestimmt).**

Gut geeignet für große Werkhallen und Flachhallen.

## Halle Lengfurt

Länge = 40 m, Breite = 20 m, Höhe = 5 m

Notwendige äquivalente Schallabsorptionsfläche  $A = 2200 \text{ m}^2 * 0,3 = 660 \text{ m}^2$

Eingebaut wurden ca. 910 m<sup>2</sup> Absorber ( $\alpha$  unbekannt)

→ Reicht das aus? (Messung folgt später)

→ Welche Werte hätte die Halle ohne raumakustische Maßnahmen?

## Berechnung der Halle mit CadnaR

Teilchenverfahren:

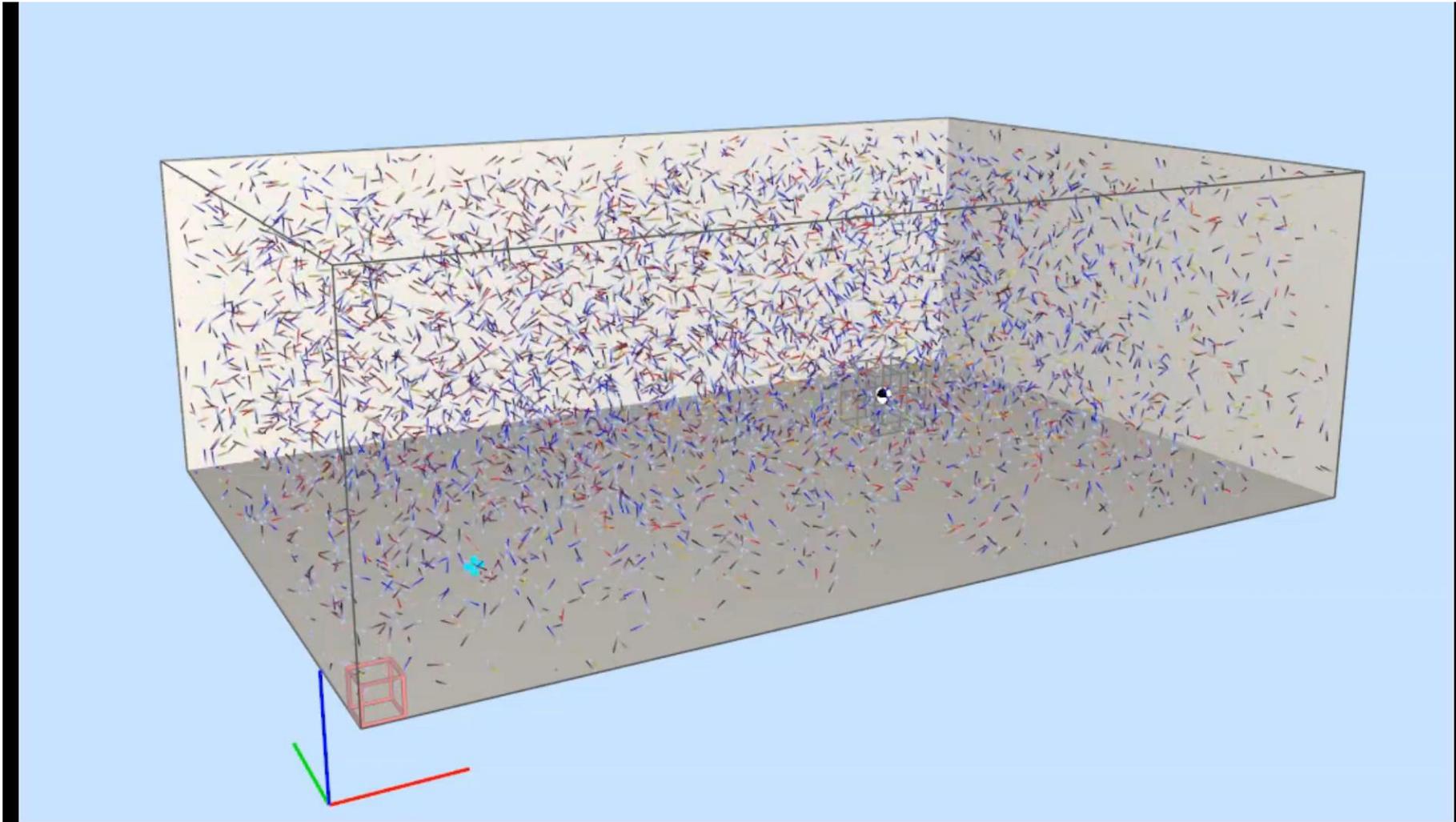
Von jeder Geräuschquelle werden Schallteilchen ausgestrahlt.

Die Schallteilchen verlieren über den zurückgelegten Weg und durch Reflexion an Oberflächen (Absorption) ihre Energie.

Der gesamte Raum ist in Quader aufgeteilt.

In jedem Quader wird die Energie der ihn durchquerenden Schallteilchen aufsummiert.

Der Schalldruckpegel an jedem Immissionsort wird aus der aufsummierten Energie der angrenzenden Quader berechnet.



Quelle: BGHM

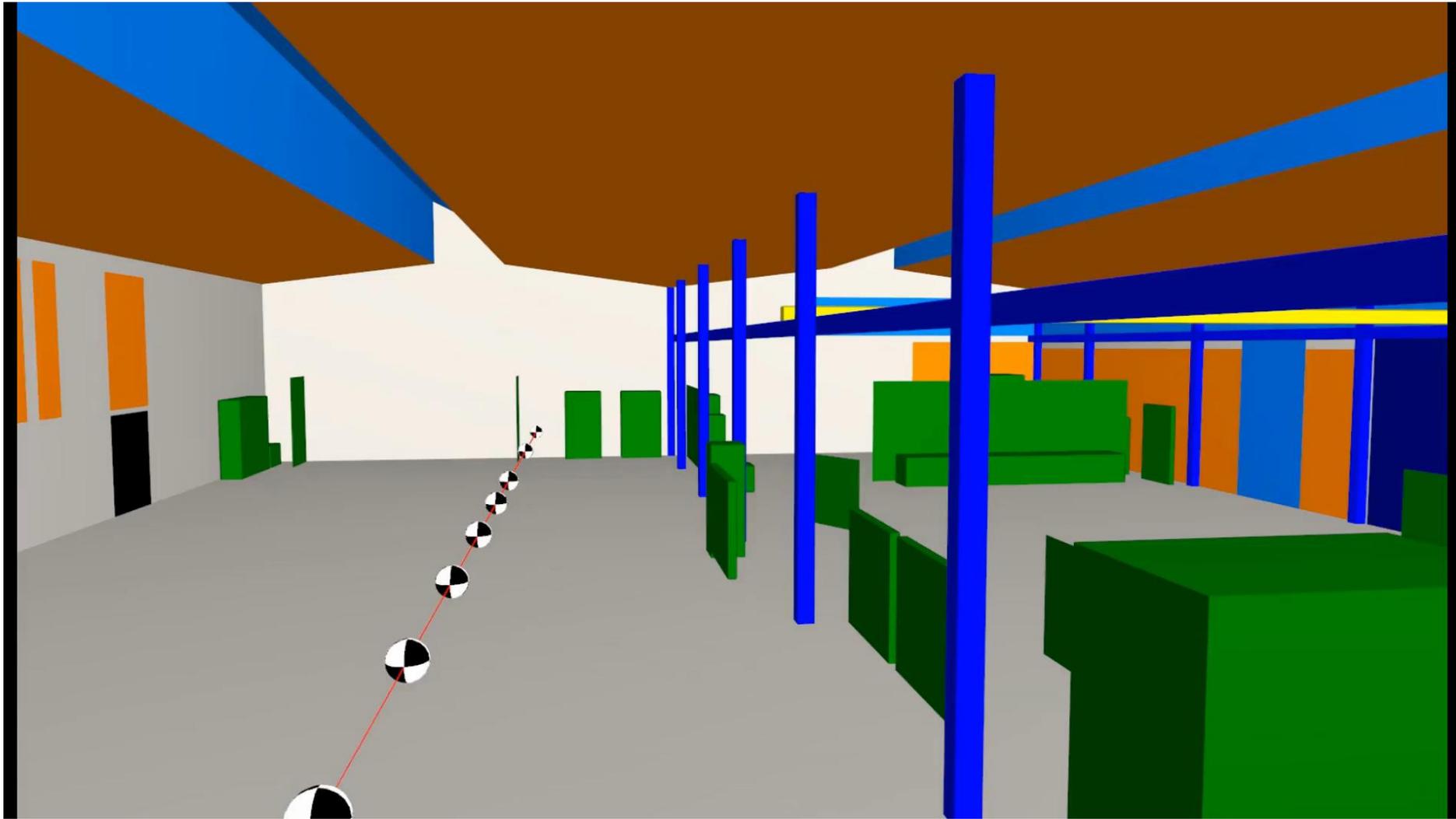
## Berechnung der Halle mit CadnaR

Jeder Oberfläche kann eine Absorption, Transmission und ein Streugrad zugeordnet werden.

Es sind Punkt-, Linien- und Quaderquellen möglich.

Die Komplexität des Modells muss im vernünftigen Verhältnis zur Genauigkeit des Ergebnisses stehen.

Relativ einfache Modelle erreichen schon eine hohe Genauigkeit.

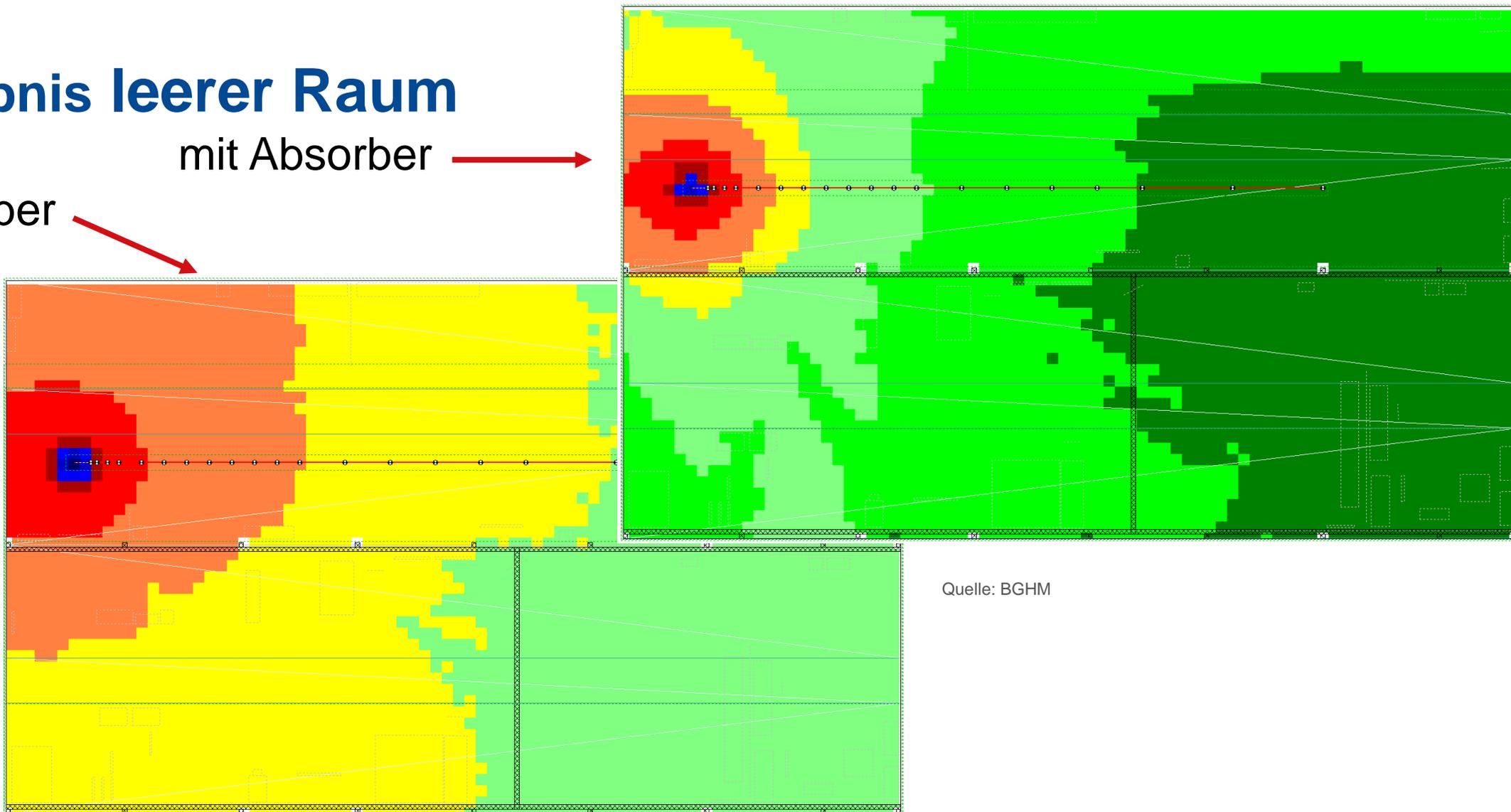


Quelle: BGHM

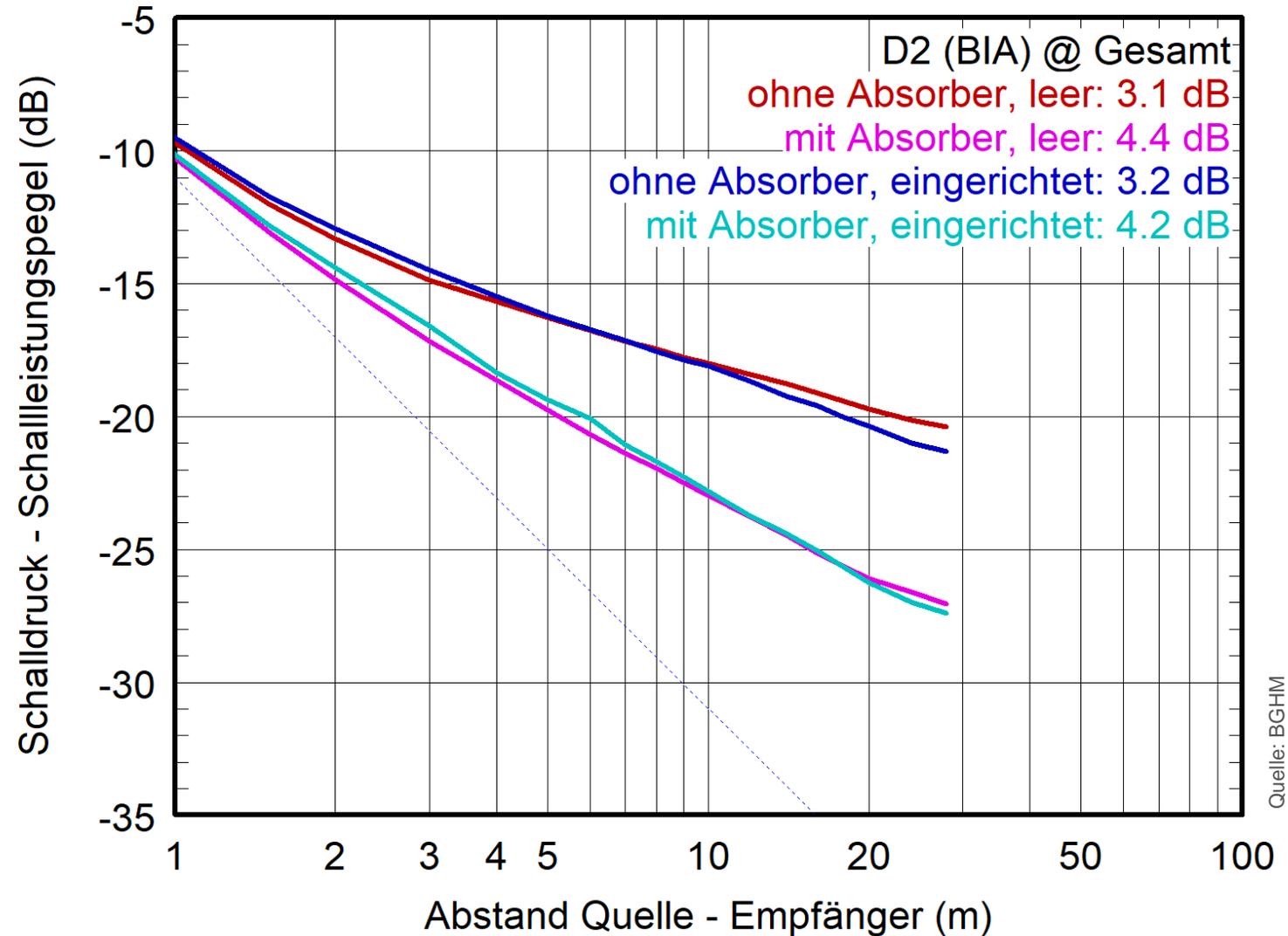
# Ergebnis leerer Raum

mit Absorber →

ohne Absorber →



# Ergebnis



## Ergebnis

Ohne die zusätzlichen Absorber wird die Anforderung der TRLV Lärm Teil 3 nicht erfüllt.

Mit den eingebrachten Absorbern wird sie leicht Übererfüllt.

Die schallharte Einrichtung hat so gut wie keinen Einfluss auf die Raumakustik.

## Fazit:

- Raumakustik reduziert Schallpegel in weiter entfernten Bereichen (ohne eigenen Lärm)
- Der Direktschall wird durch raumakustische Maßnahmen praktisch nicht reduziert
- Absorberelemente möglichst bereits bei der Planung berücksichtigen (z. B. Dach aus gelochtem Trapezblech)
- Überschlägig wird eine Absorberfläche in der Größenordnung der Grundfläche benötigt
- Bei der Materialauswahl ist z. B. auch der Brandschutz zu berücksichtigen