

# Raumakustik in Schulen

Horst Drotleff, Dr.-Ing. Philip Leistner

November 2009

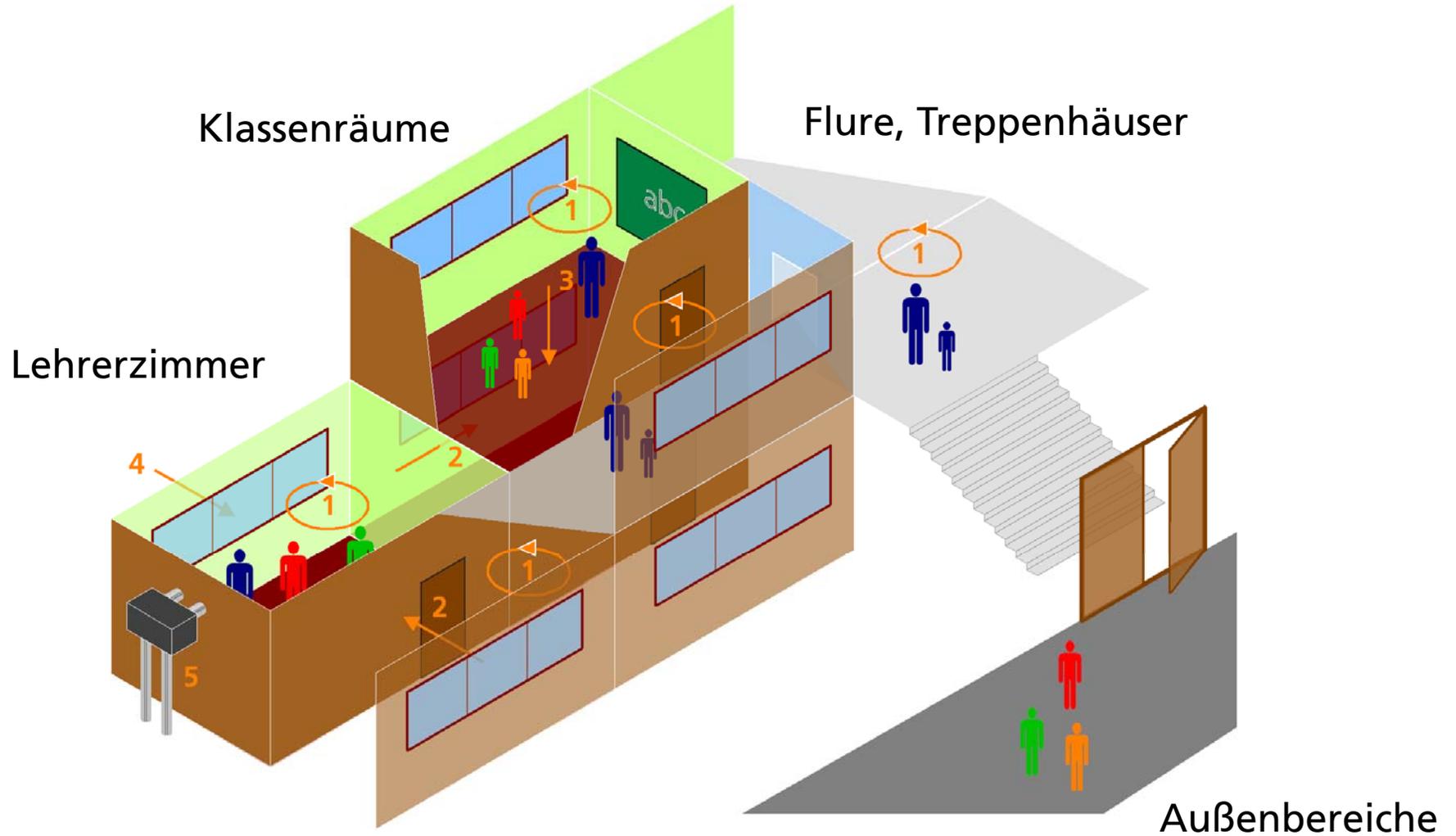
---

# Verknüpfte Akustik

in allen Räumen

- *Klassenräume*  
einschließlich Einrichtung, auch mit Blick auf pädagogische Entwicklungen
- *Flure / Treppenhäuser*  
als Räume der Erholung und Kommunikation
- *Lehrerzimmer*  
als eine Art Mehrpersonenbüro, kommunikationsintensiv genutzt
- *Außenbereiche*  
als einladende Erholungs- und Bewegungsflächen  
ohne Lärmkollision mit den Nachbarn

# Verknüpfte Akustik



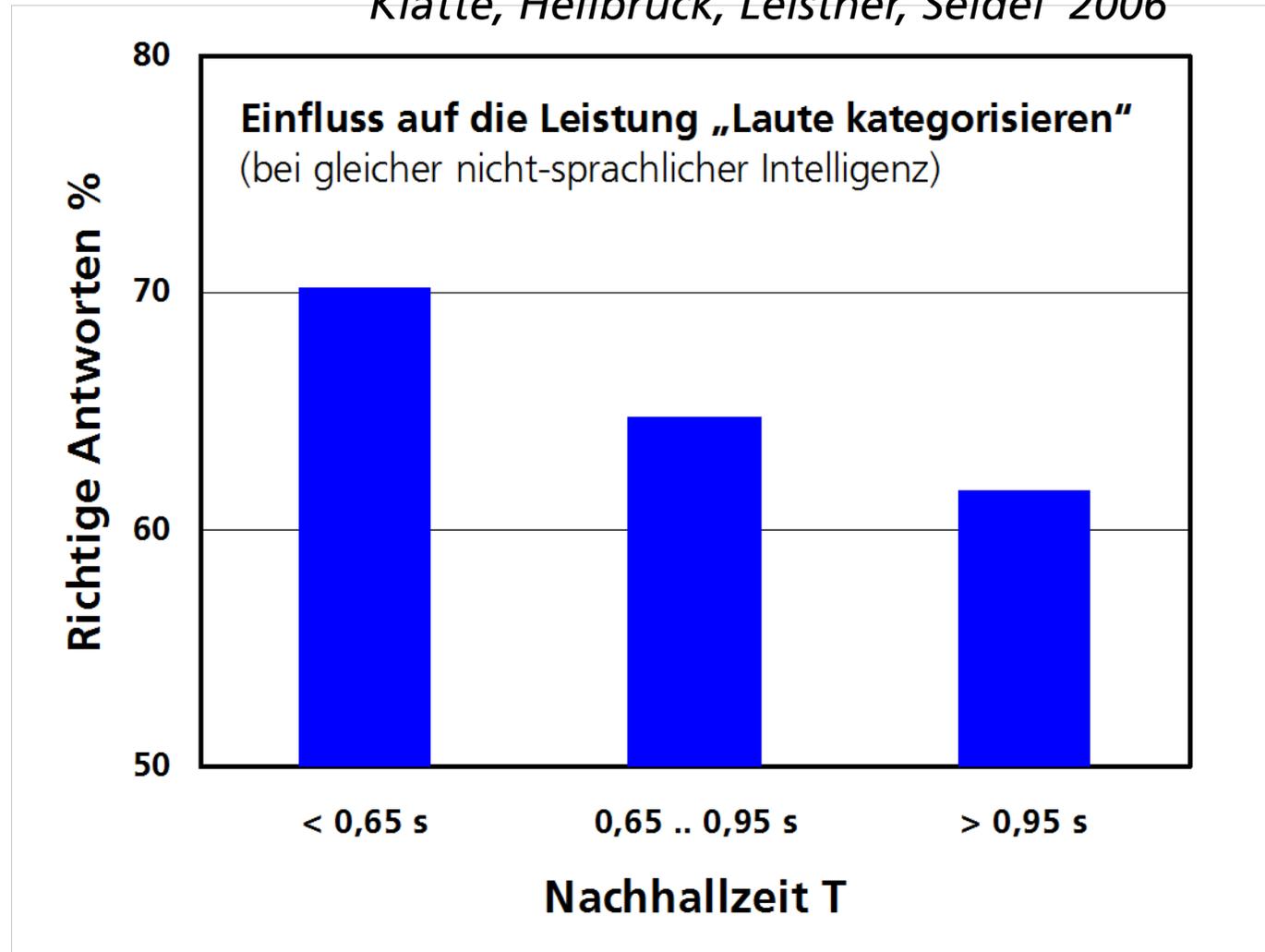
... sowie Musikräume, Werkstätten, Sport- und Schwimmhallen, ...

# Wirkung der Raumakustik

## → Klassenräume

- hoch verdichtete Räume
- akute und chronische Reaktion

*Klatte, Hellbrück, Leistner, Seidel 2006*

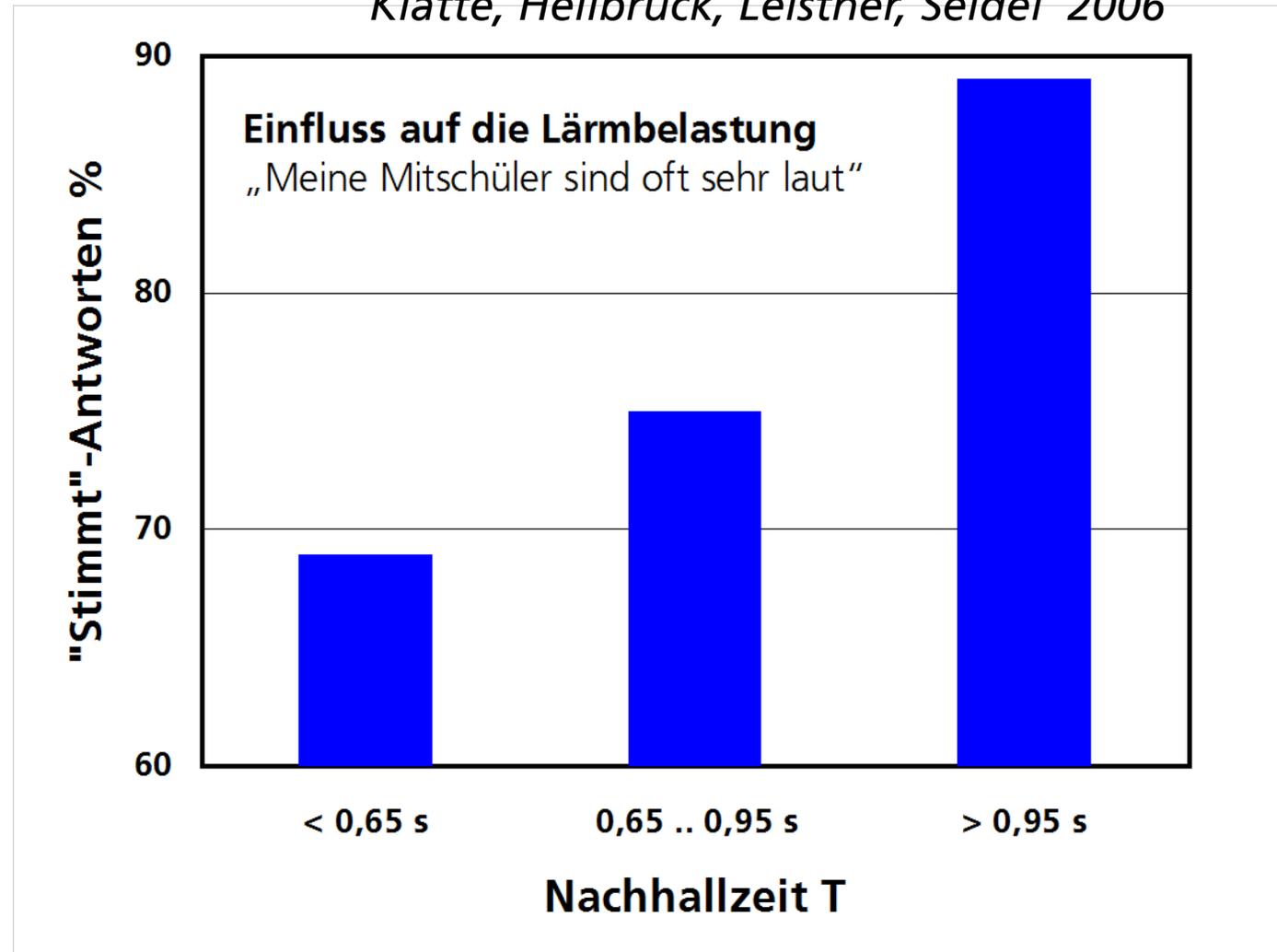


# Wirkung der Raumakustik

## → Klassenräume

- hoch verdichtete Räume
- akute und chronische Reaktion

*Klatte, Hellbrück, Leistner, Seidel 2006*

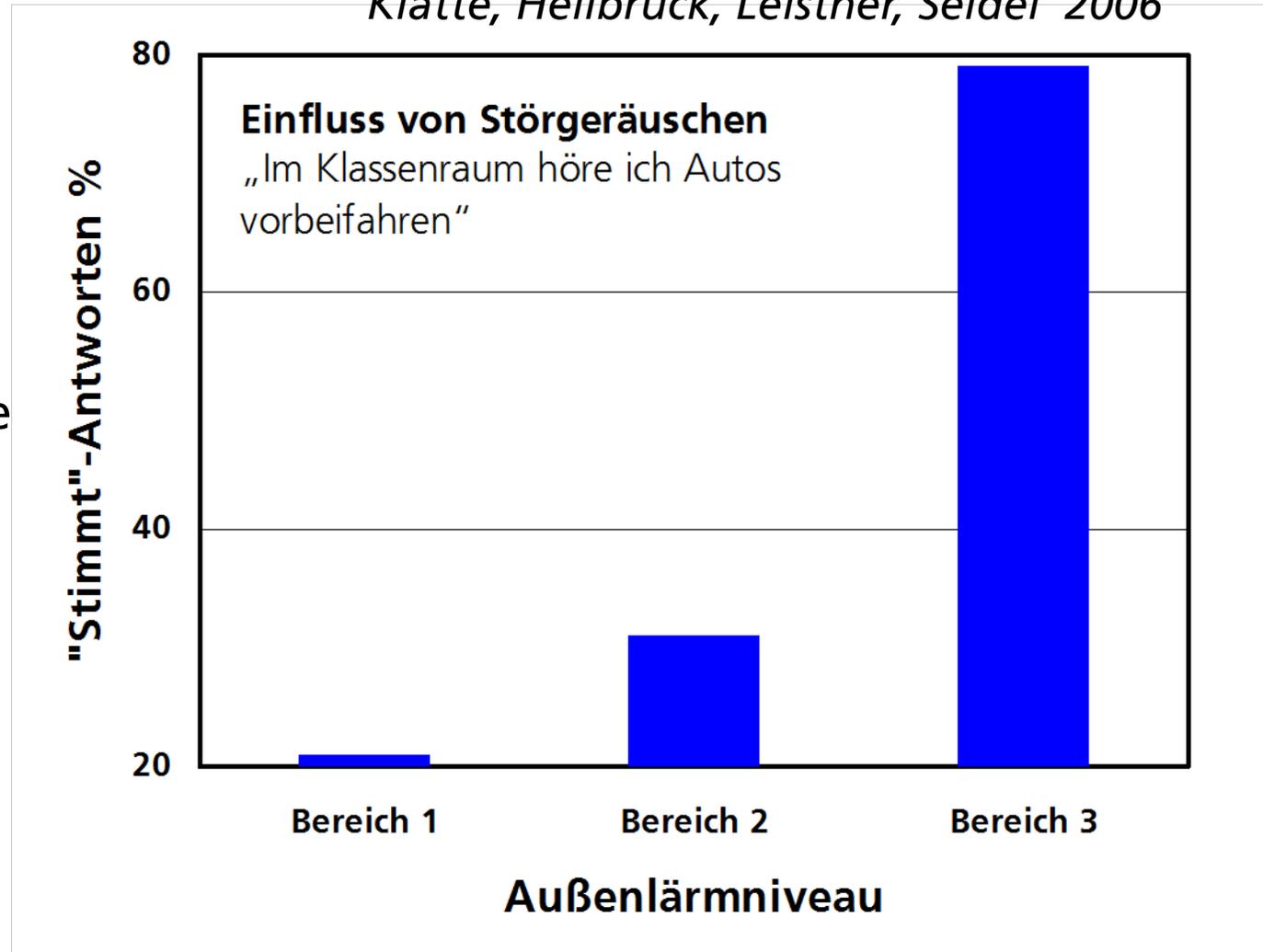


# Wirkung der Raumakustik

## → Klassenräume

- hoch verdichtete Räume
- akute und chronische Reaktion
- (fremde) Störgeräusche

*Klatte, Hellbrück, Leistner, Seidel 2006*

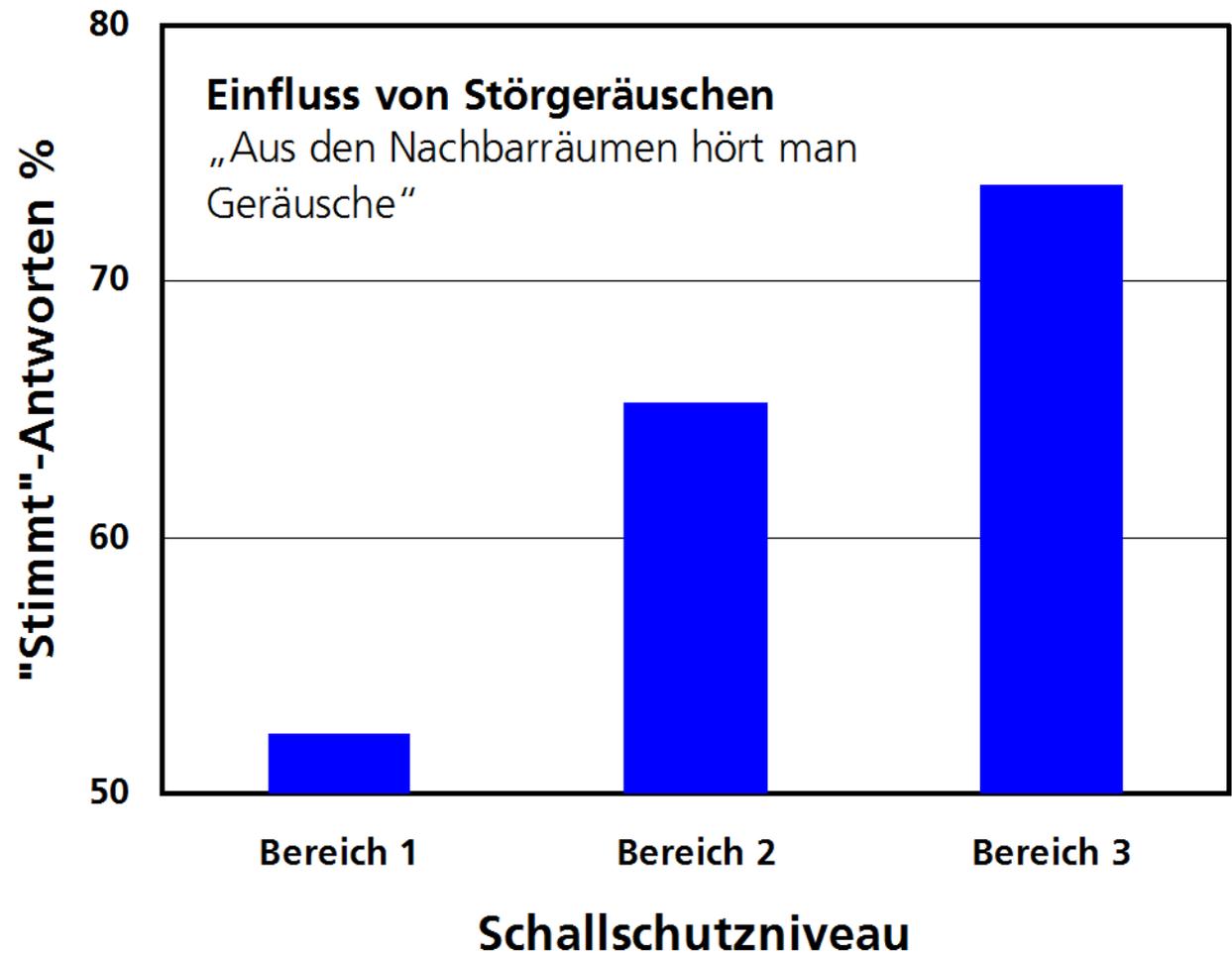


# Wirkung der Raumakustik

## → Klassenräume

- hoch verdichtete Räume
- akute und chronische Reaktion
- (fremde) Störgeräusche

*Klatte, Hellbrück, Leistner, Seidel 2006*



[http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/Schulakustik\\_und\\_Leistung.pdf](http://www.zukunftsraum-schule.de/pdf/Schulakustik_und_Leistung.pdf)

# Planungshinweise

## B) Raumakustik

Die traditionell am besten bekannte Kenngröße zur Beschreibung der akustischen Eigenschaften von Innenräumen ist die Nachhallzeit. Die raumabhängig einzuhaltenden Werte, zutreffend für den unbesetzten Raum, sind in Tab. 12 zusammengefasst. Die Werte gelten für den üblichen Hörfrequenzbereich, d.h. für die Oktavbänder von 63 Hz bis ca. 8 KHz (Mittenfrequenzen)

**Tabelle 12: Empfohlene Nachhallzeit-Werte einschließlich Toleranz in Räumen von Schulgebäuden**

Raumart	Nachhallzeit T in s
Unterrichtsräume (mit einem Volumen unter 300 m <sup>3</sup> )	<u>empfohlen 0,5 ± 0,05 s</u>
Unterrichtsräume, Sport-, Turn- und Schwimmhallen (abhängig vom Volumen)	nach DIN 18041 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“

Quelle: Umweltbundesamt „Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden“ 2008

# Planungshinweise

Eine hohe Sprachverständlichkeit ist in Schulen wichtig. Die in Tabelle 12 genannten Nachhallzeiten weichen daher geringfügig von den in der DIN 18041 genannten ab. Zur Einstellung der Nachhallzeit sollten nicht nur hoch schallabsorbierende Decken verwendet werden. Eine geeignete Ergänzung stellt der rückseitige Wandbereich unter der Decke dar.

Quelle:  
Umweltbundesamt

„Leitfaden für die  
Innenraumhygiene  
in Schulgebäuden“

2008

Bei größeren Sporthallen und ähnlich genutzten großen Räumen sollte in jedem Fall eine fachgerecht festgelegte Nachhallzeit eingehalten werden, welche die oftmals vielgestaltigen Nutzungsarten der Halle berücksichtigt. Für besondere Veranstaltungs- und Musikräume, z. B. Aulen, wird eine gesonderte Betrachtung und Behandlung der Raumakustik empfohlen.

Empfehlungen für weitere Räume in Schulgebäuden sind Tab. 13 zu entnehmen. Sie zielen weniger auf gute Sprachverständlichkeit, sondern vielmehr auf eine Bedämpfung der dort mitunter sehr lauten Geräusche.

**Tabelle 13: Empfohlene Nachhallzeit-Werte einschließlich Toleranz in Räumen von Schulgebäuden (vgl. auch Bilder 2 und 3)**

Raumart	Nachhallzeit T in s
Flure, Treppenhäuser	$T = V/1000 \text{ m}^3 + 0,8$

# Ist-Zustand

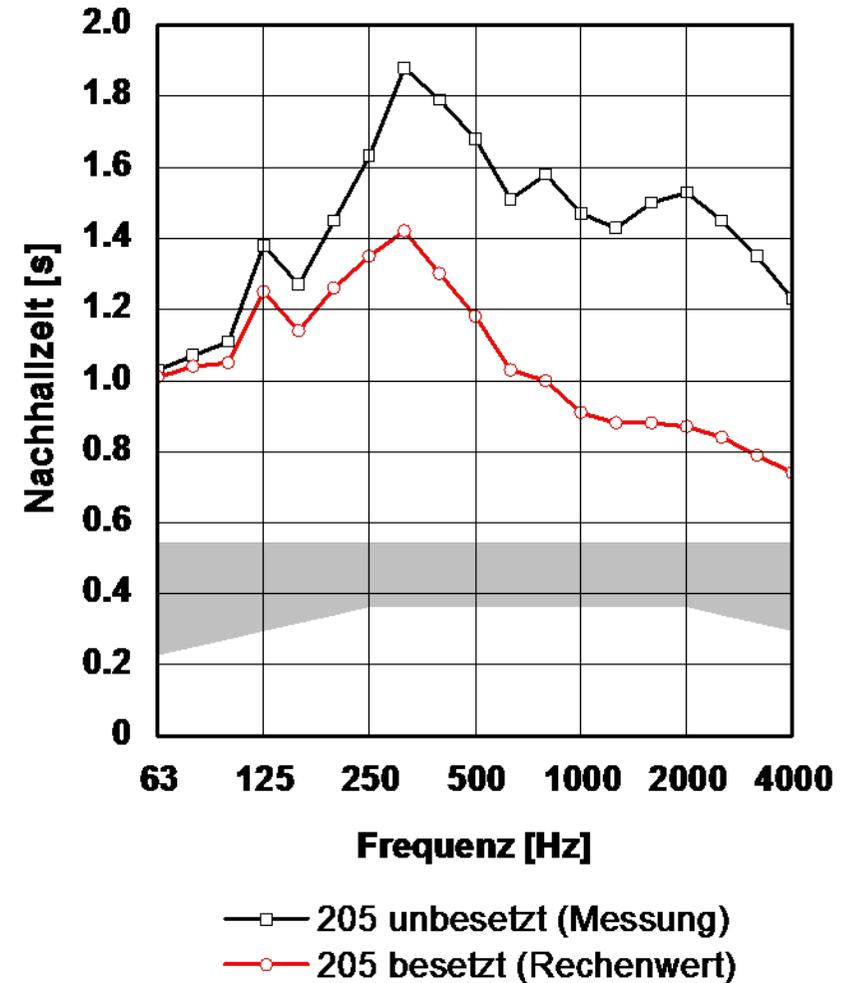
Raum 205

Volumen 170 m<sup>3</sup>

32 Sitzplätze



© Fraunhofer-Gesellschaft, München



# Ist-Zustand

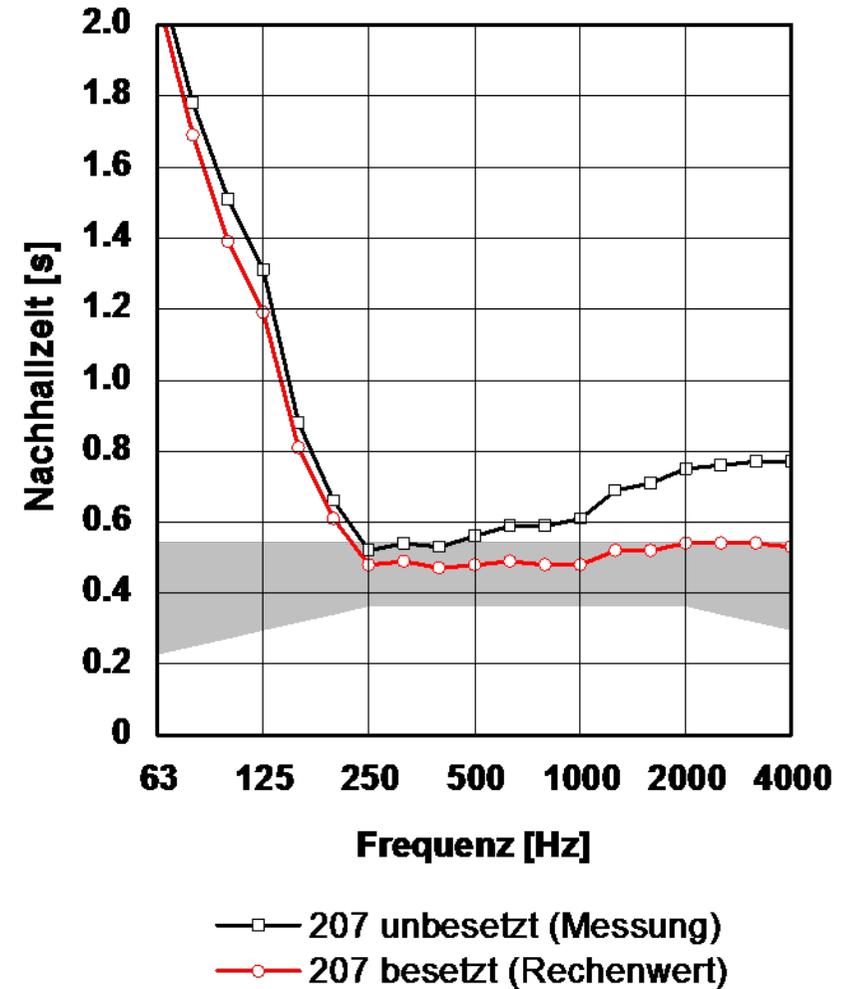
Raum 207

Volumen 160 m<sup>3</sup>

26 Sitzplätze



© Fraunhofer-Gesellschaft, München



# Ist-Zustand

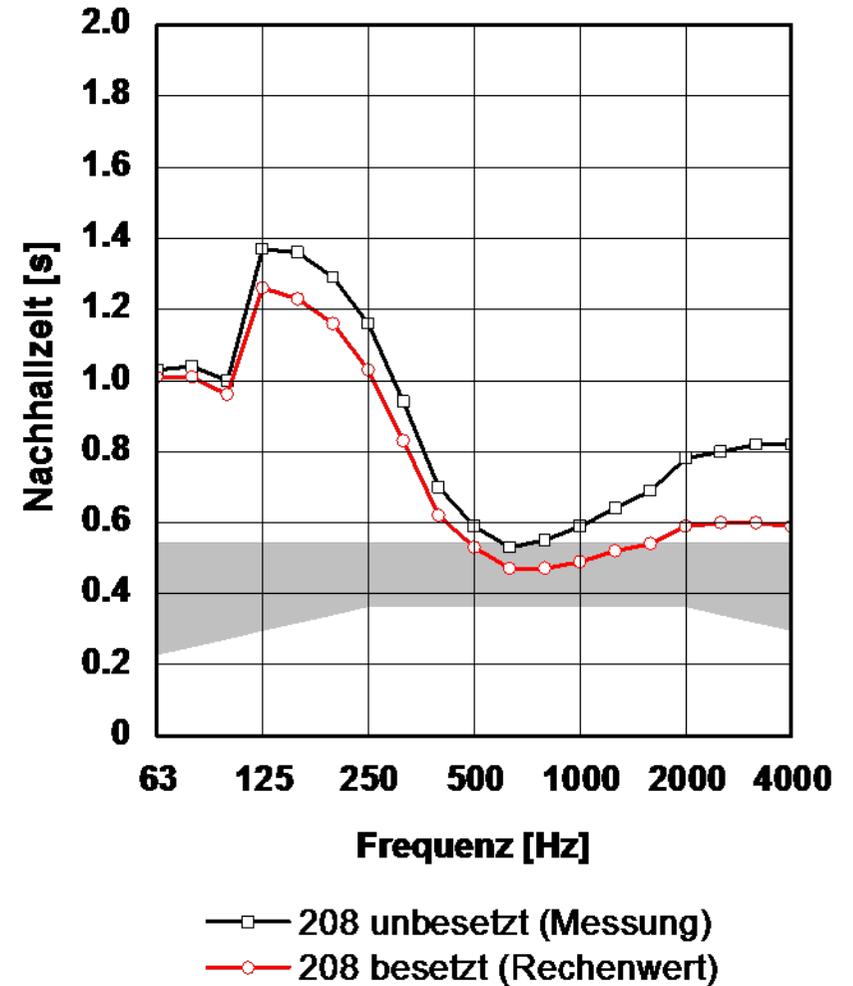
Raum 208

Volumen 200 m<sup>3</sup>

26 Sitzplätze



© Fraunhofer-Gesellschaft, München



# Ist-Zustand

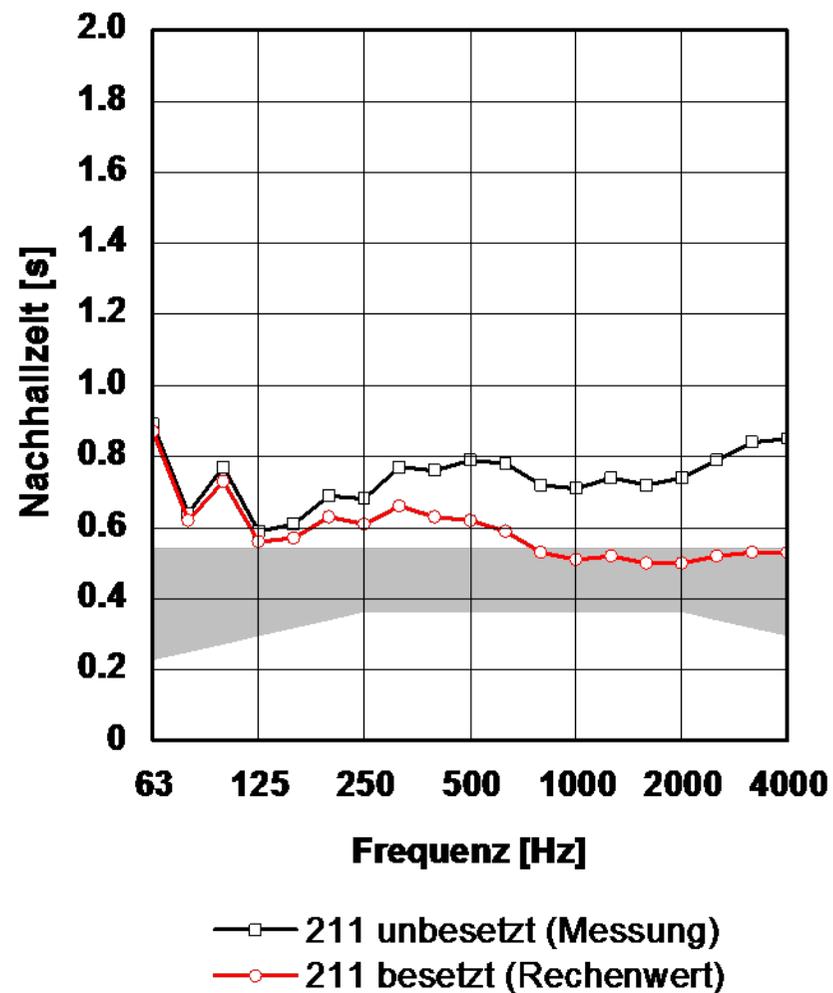
Raum 211

Volumen 130 m<sup>3</sup>

32 Sitzplätze



© Fraunhofer-Gesellschaft, München

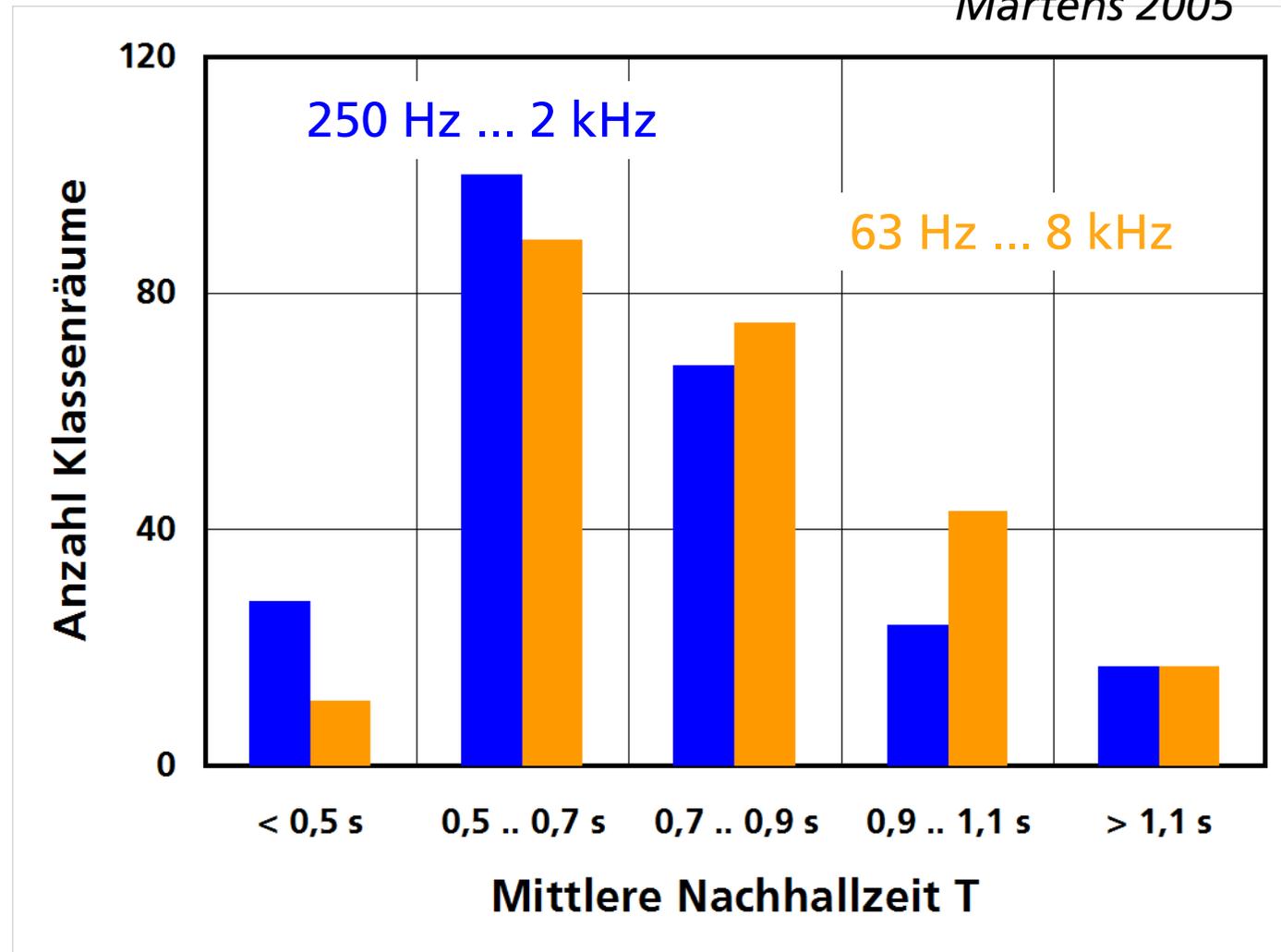


# Vergleichende Beurteilung

→ Klassenräume

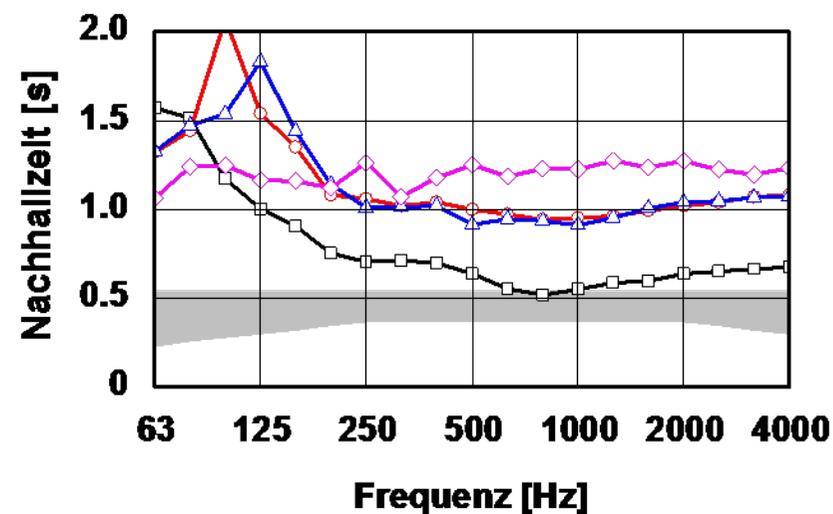
(> 240 Räume)

Märtens 2005



# Ist-Zustand

## Flur 3.OG



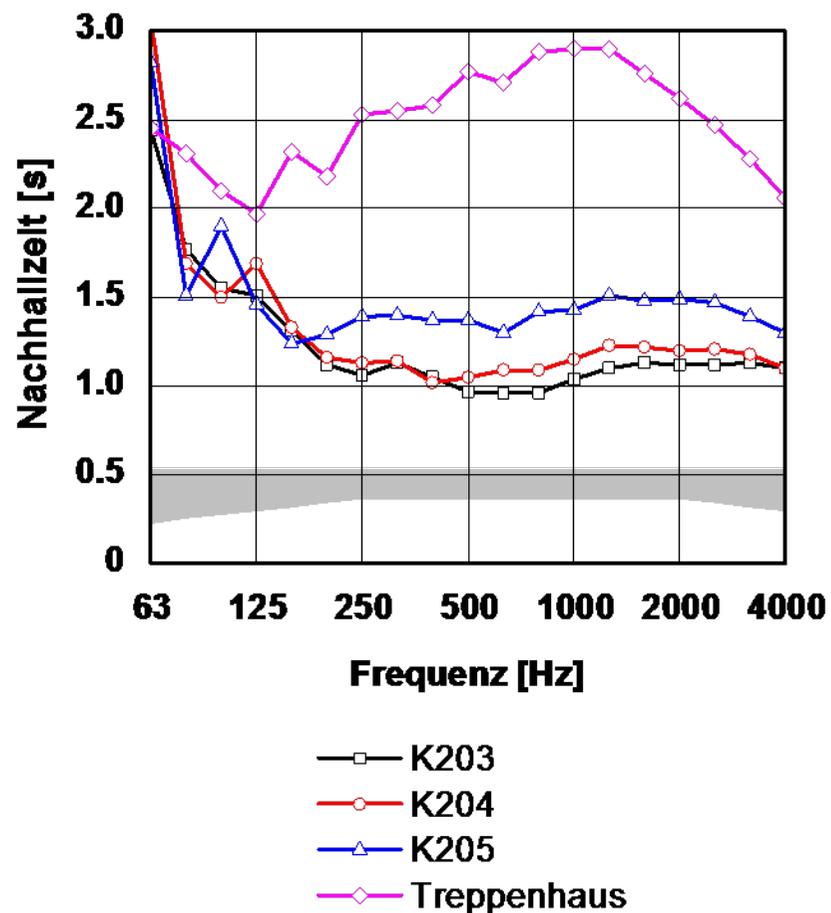
- KL201
- KL312
- △— KL313
- ◇— Flur 3.OG

# Ist-Zustand

## Treppenhaus



© Fraunhofer-Gesellschaft, München

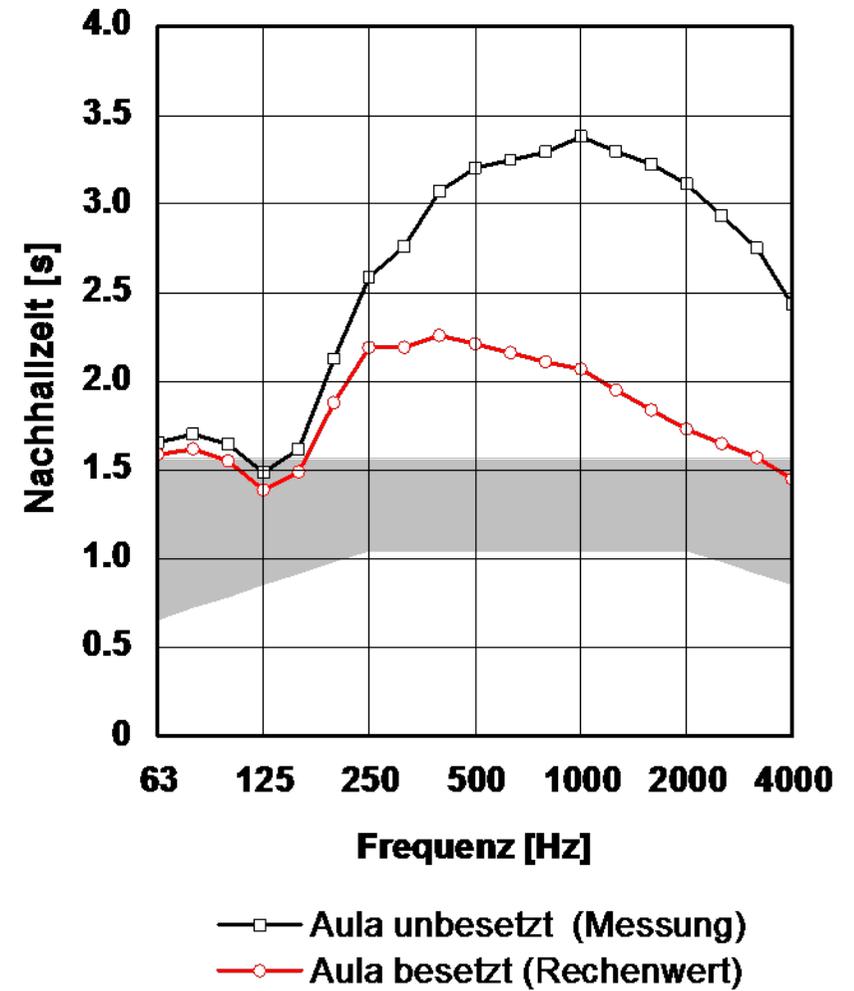


# Ist-Zustand

## Aula

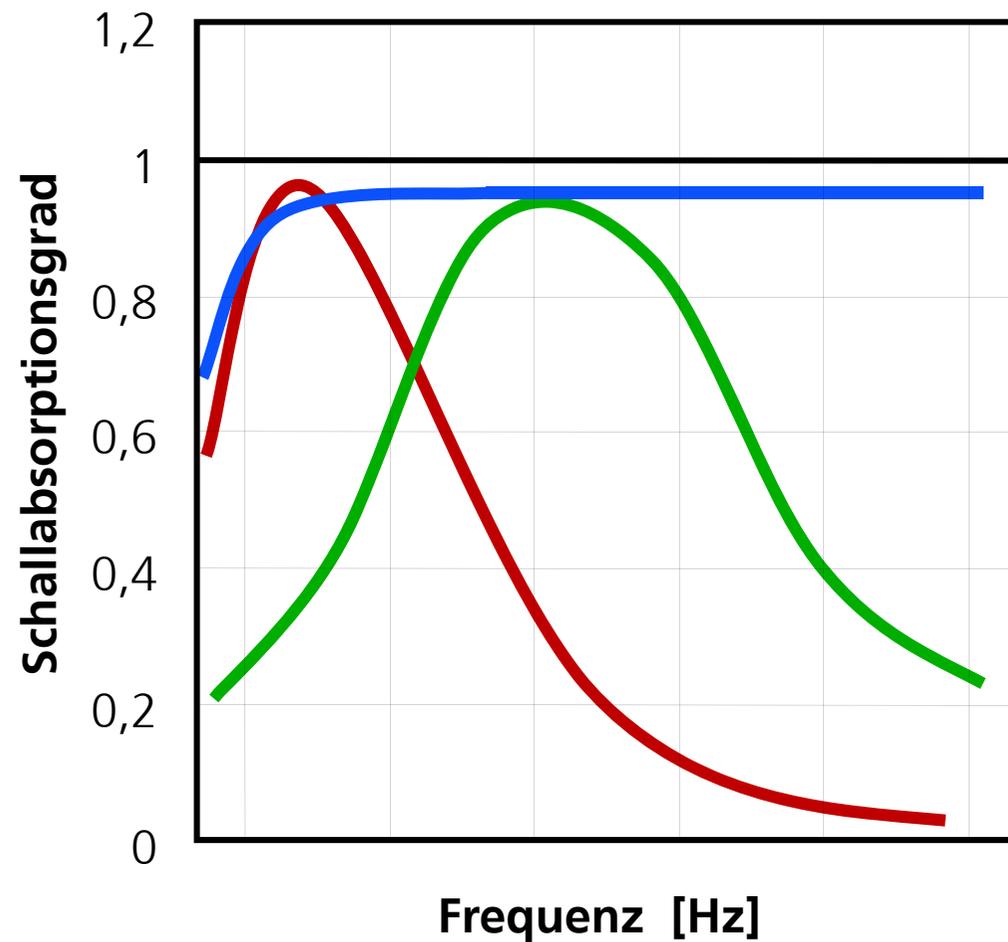


© Fraunhofer-Gesellschaft, München



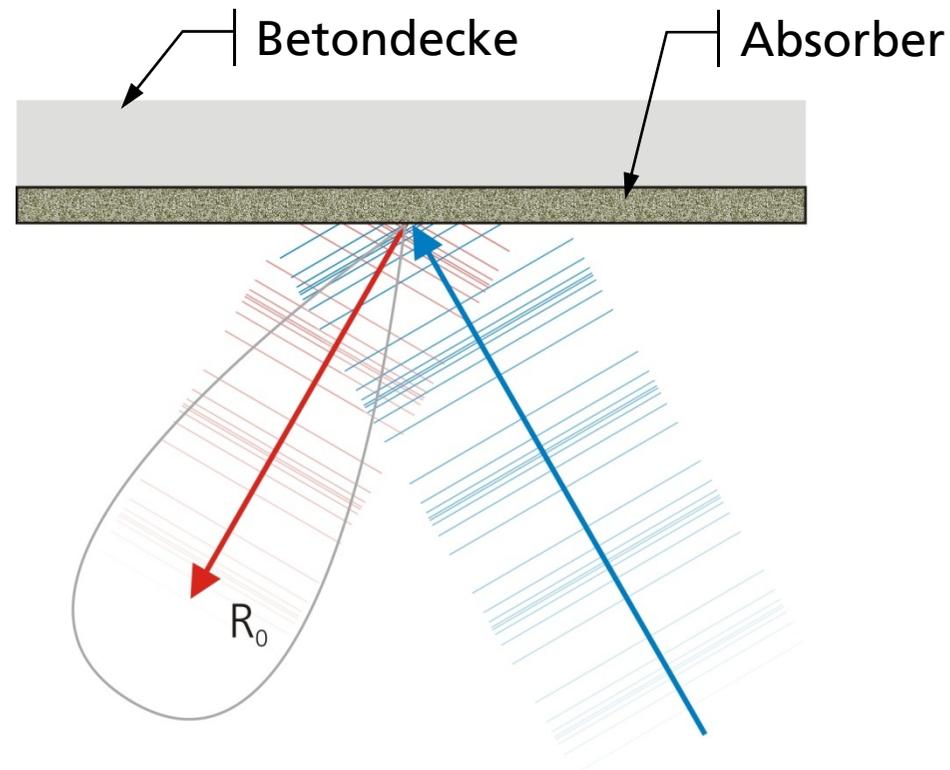
# Schallabsorber

- Tiefen-Absorber
- Mitten-Absorber
- Breitband-Absorber

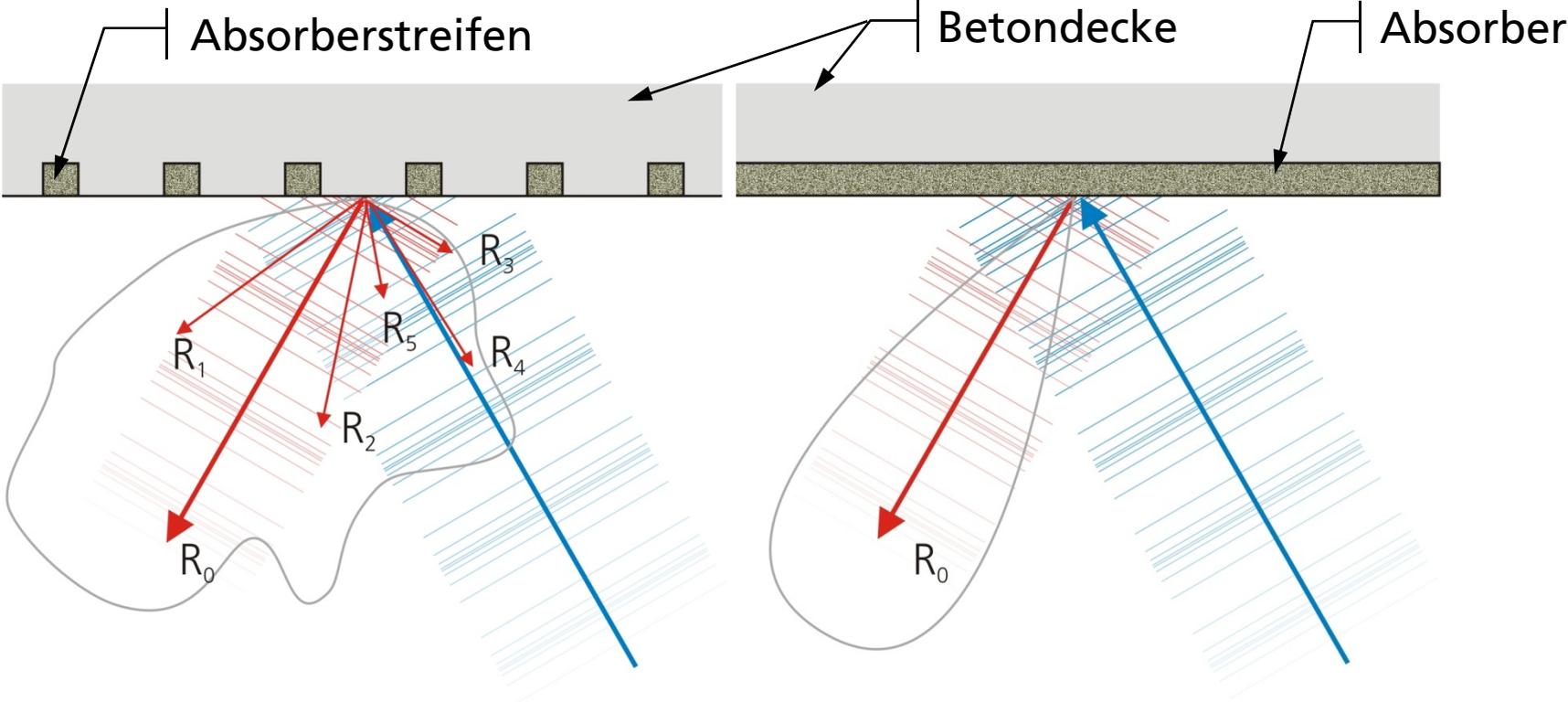


<http://www.ptb.de/de/org/1/17/173/datenbank.htm>

# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken



# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken



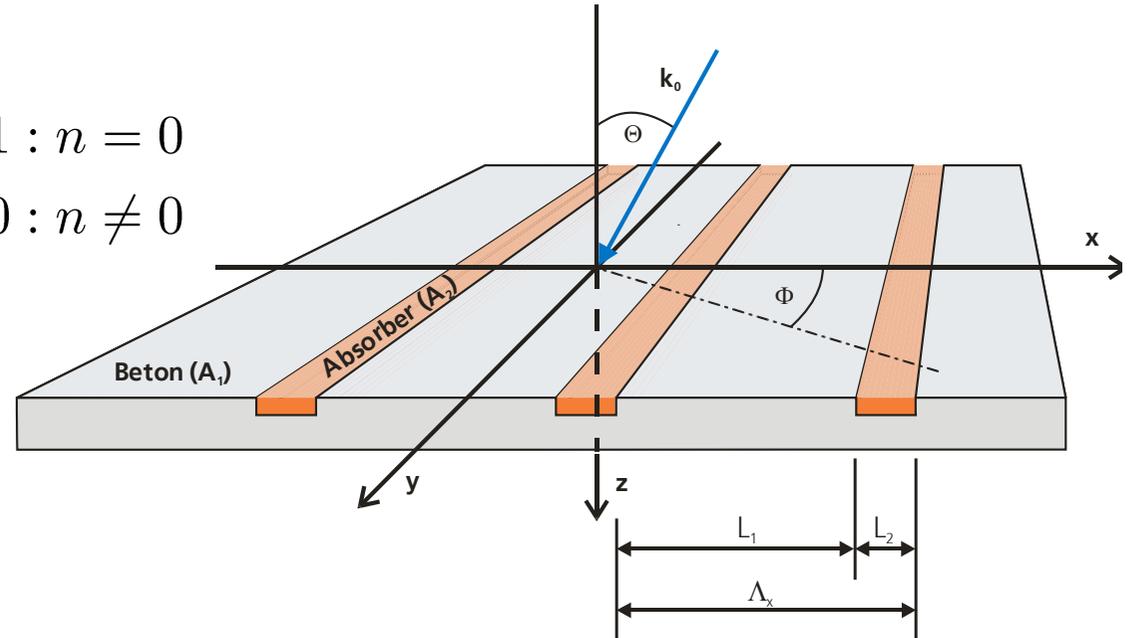
© Fraunhofer-Gesellschaft, München

# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken

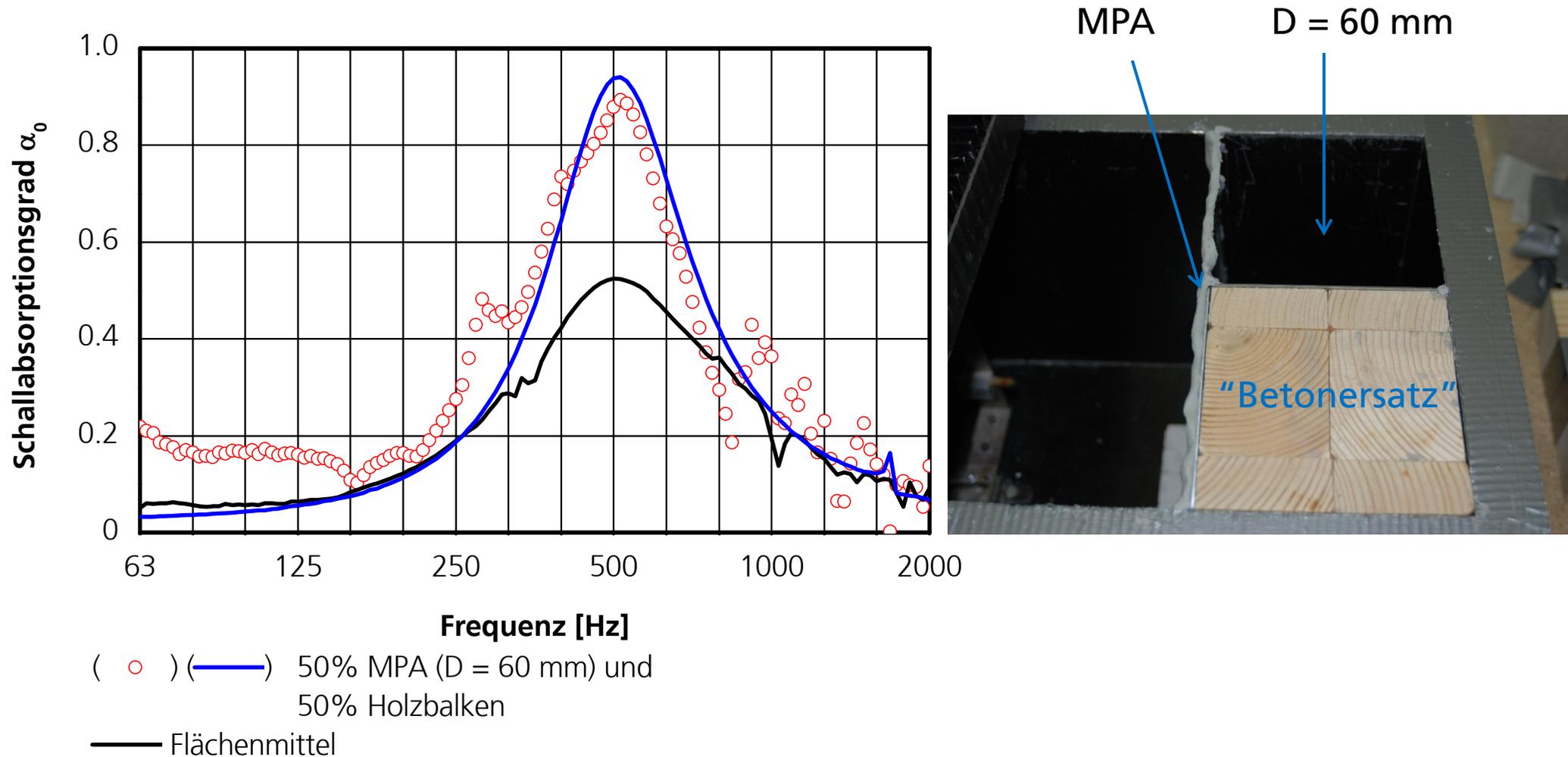
$$\sum_{m=-\infty}^{\infty} R_m (\omega \rho_0 a_{n-m} + \delta_{m,n} \gamma_m) = -\omega \rho_0 a_n + \delta_{0,n} \gamma_0$$

$$\delta_{m,n} = \begin{cases} 1 & : n = m \\ 0 & : n \neq m \end{cases} \quad \text{and} \quad \delta_{0,n} = \begin{cases} 1 & : n = 0 \\ 0 & : n \neq 0 \end{cases}$$

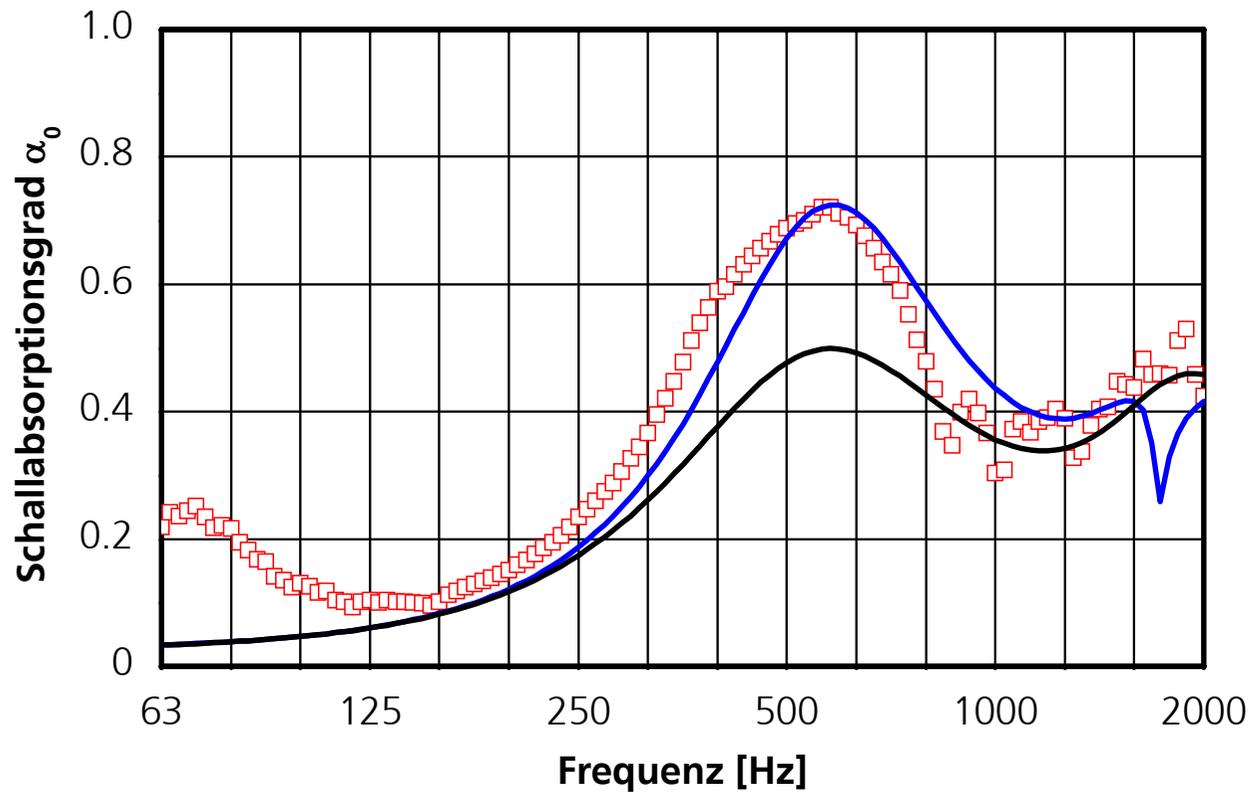
$$\alpha_{\theta,\phi} = 1 - \sum_{\text{Re}(\gamma_m > 0)} |R_m|^2 \frac{\gamma_m}{\gamma_0}$$



# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken

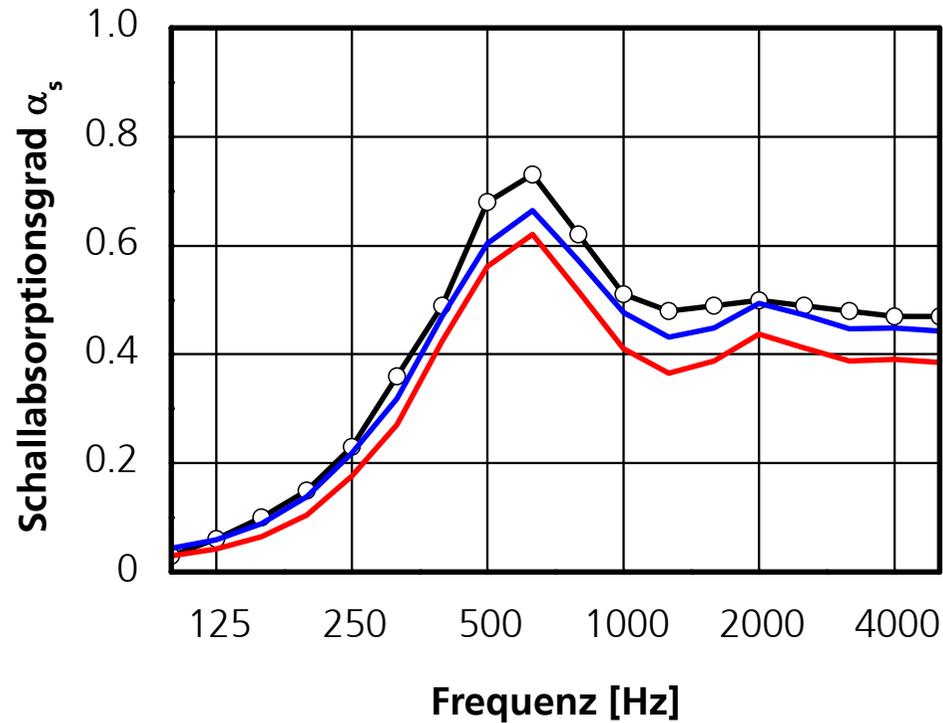


# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken

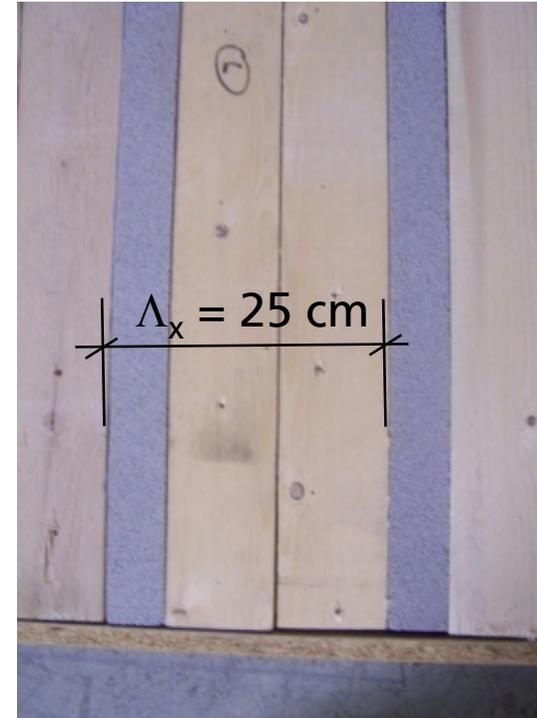


(  $\square$  ), ( — ) 50% poröses Glas, 50% Holzbalken  
 $\Delta_x = 100$  mm  
 — Flächenmittel

# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken



—○— Experiment; — red —  $\theta_{\max} = 78^\circ$ ; — blue —  $\theta_{\max} = 85^\circ$



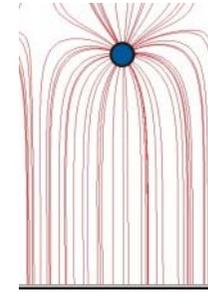
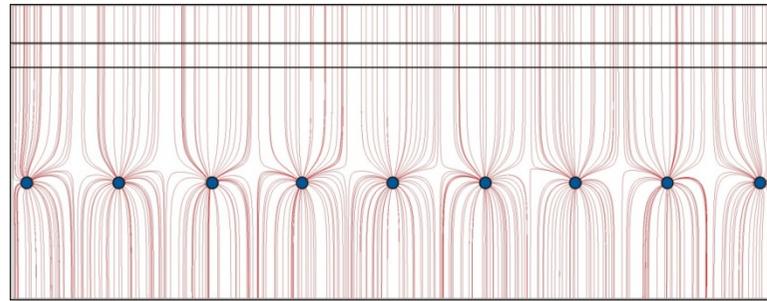
20% Absorberfläche

# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken

Wärmestrom durch Decke

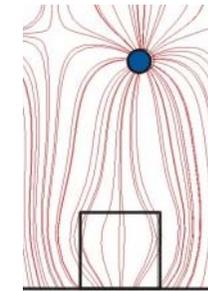
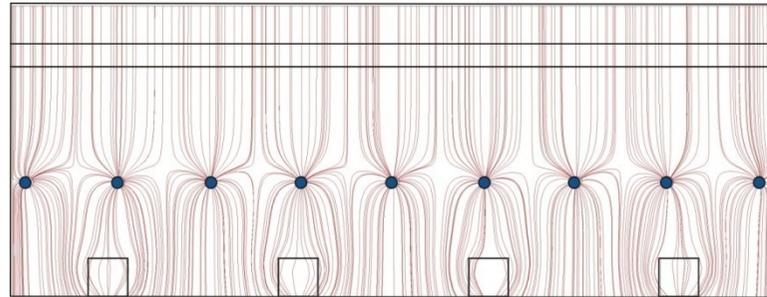
Wirkungsgrad

Betondecke  
„ungestört“



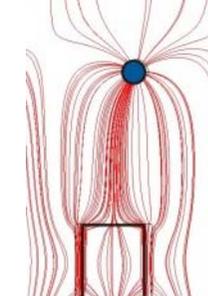
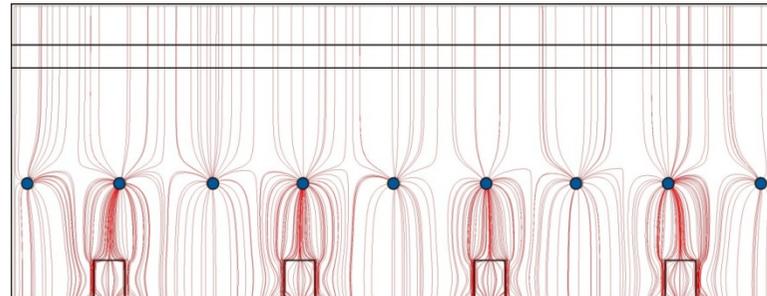
100 %

20% porosierter  
Glasschaum



96 %

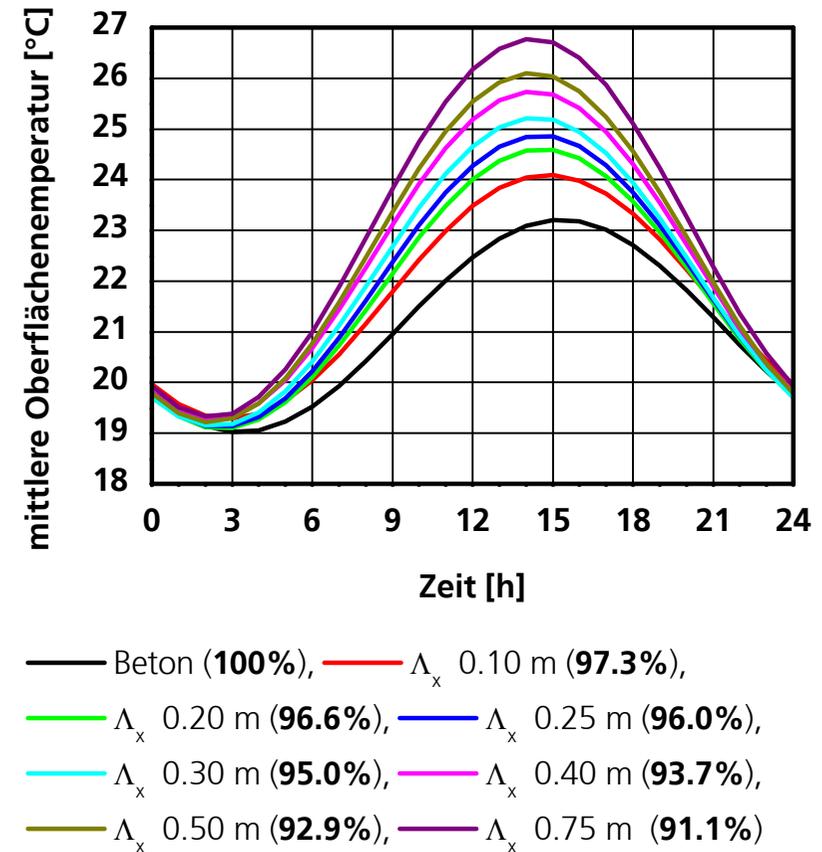
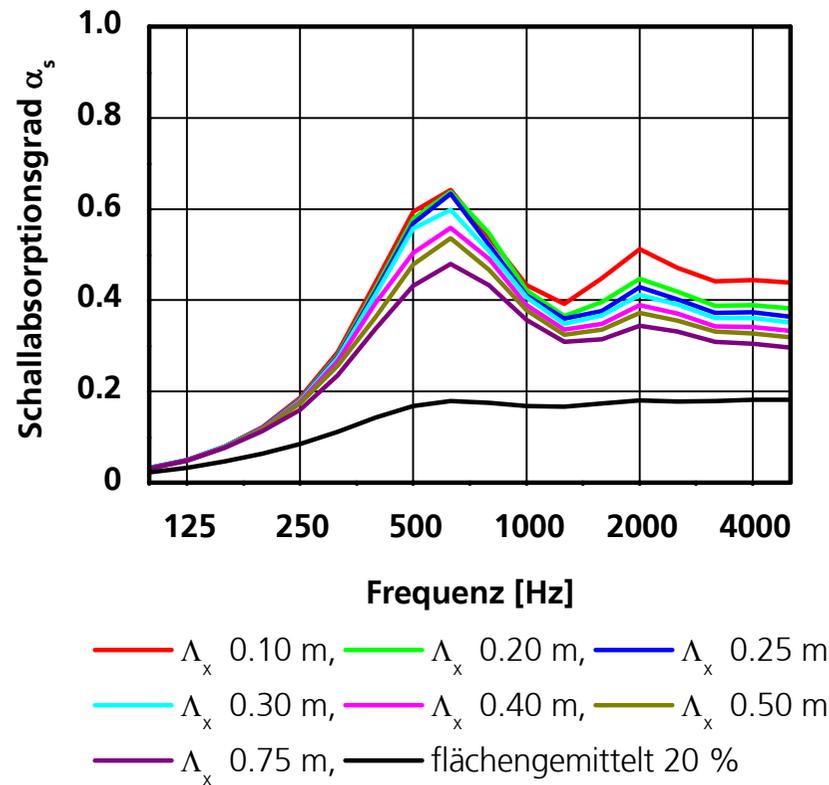
20% MPA



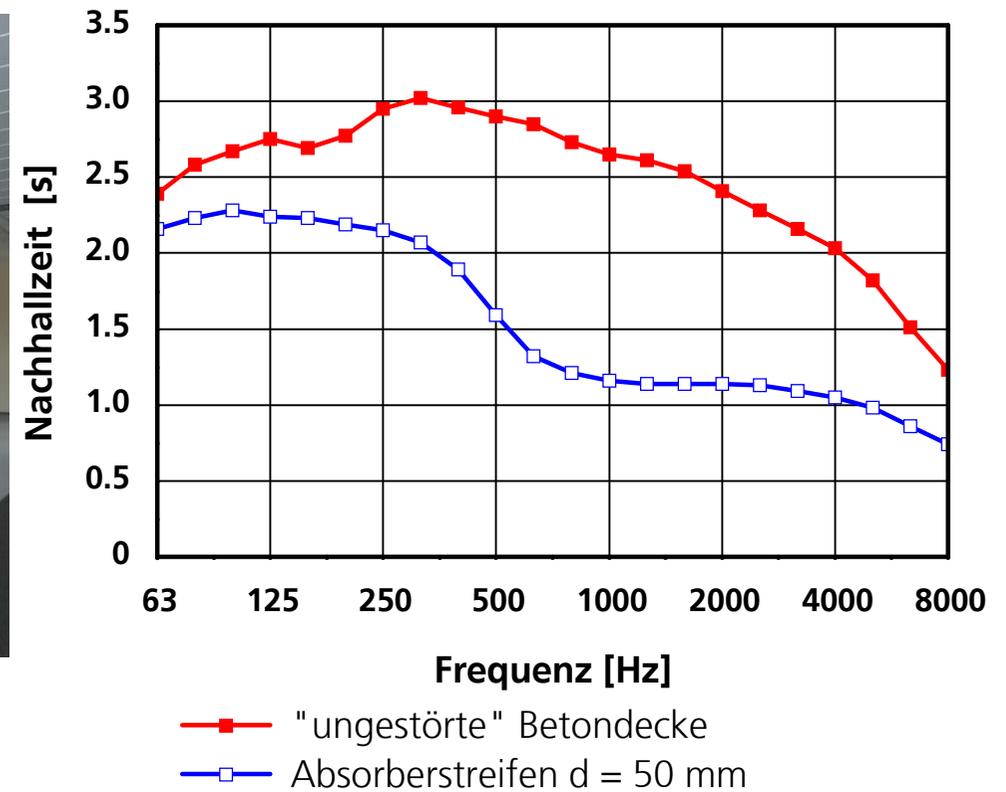
99 %

# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken

Variation der Periode bei konstantem Absorberanteil (20%)



# Schallabsorbierende, thermisch aktive Betondecken



<http://www.inhaus-zentrum.de/>

# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen

Ohne Farbauftrag

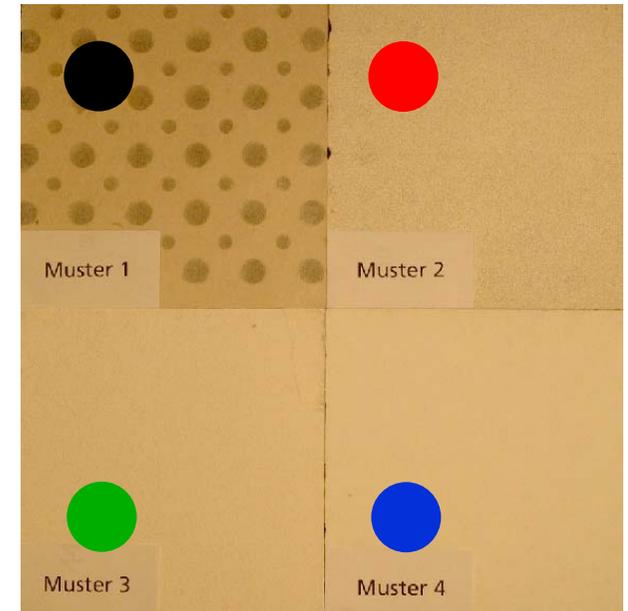
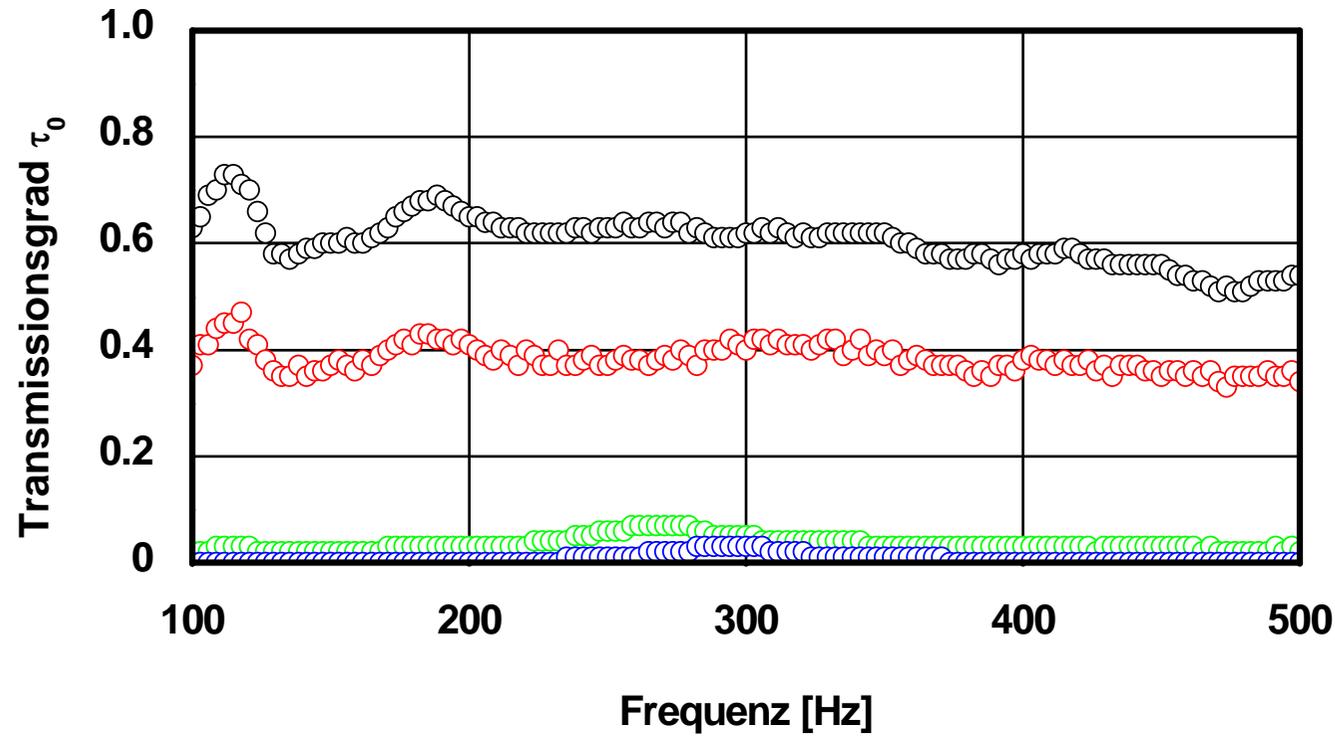
Einfacher Farbauftrag  
mit „Renovierfarbe“



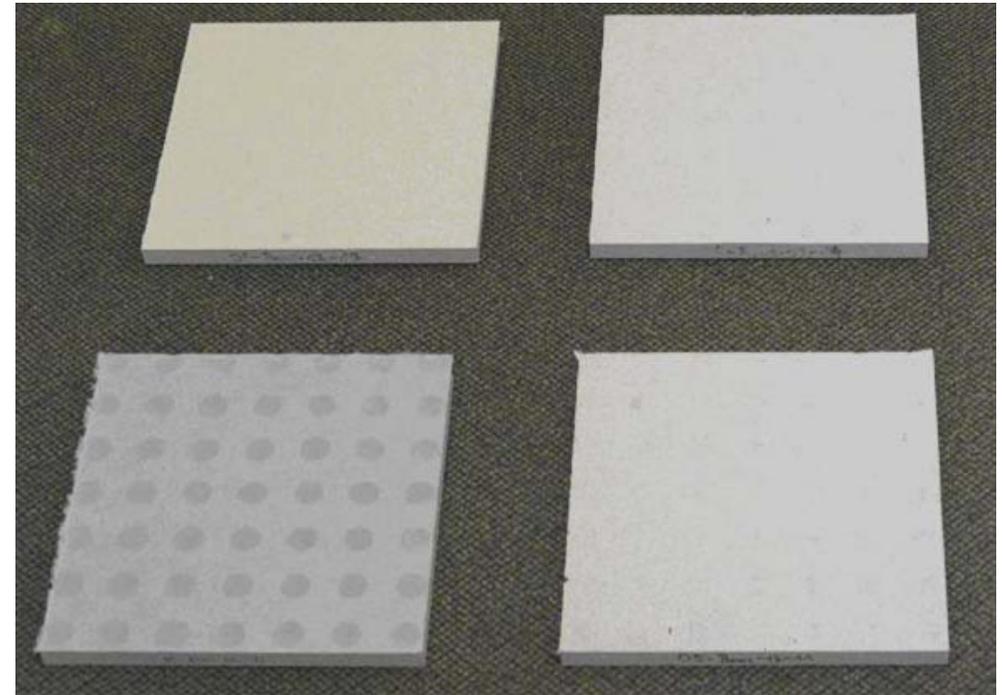
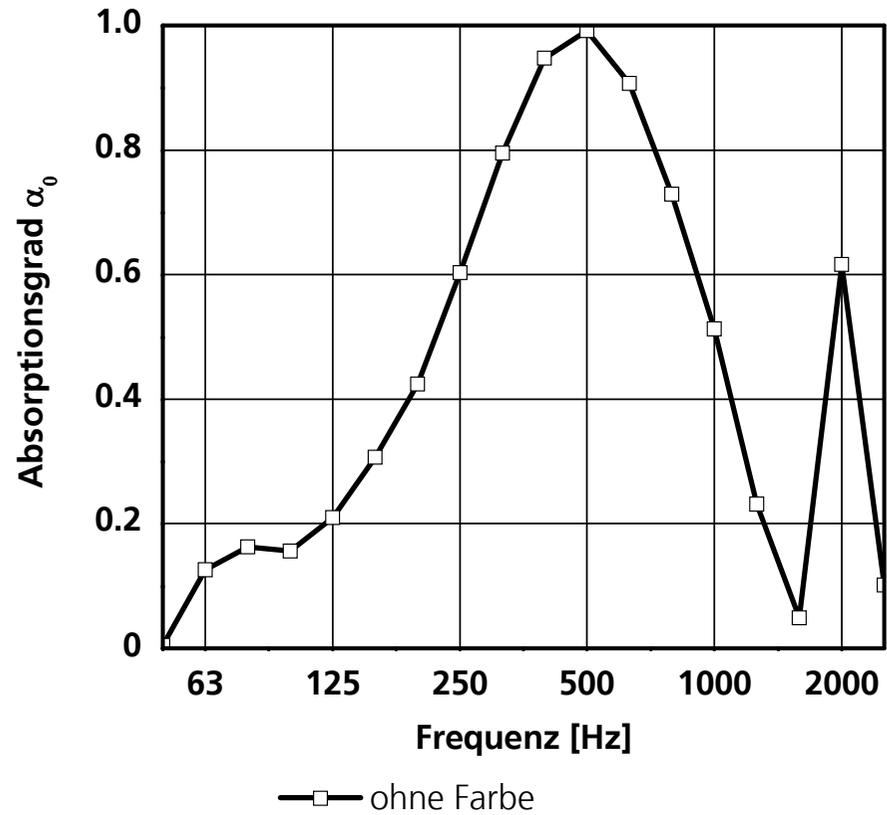
Doppelter Farbauftrag  
mit „Renovierfarbe“

Opak mit  
„Renovierfarbe“

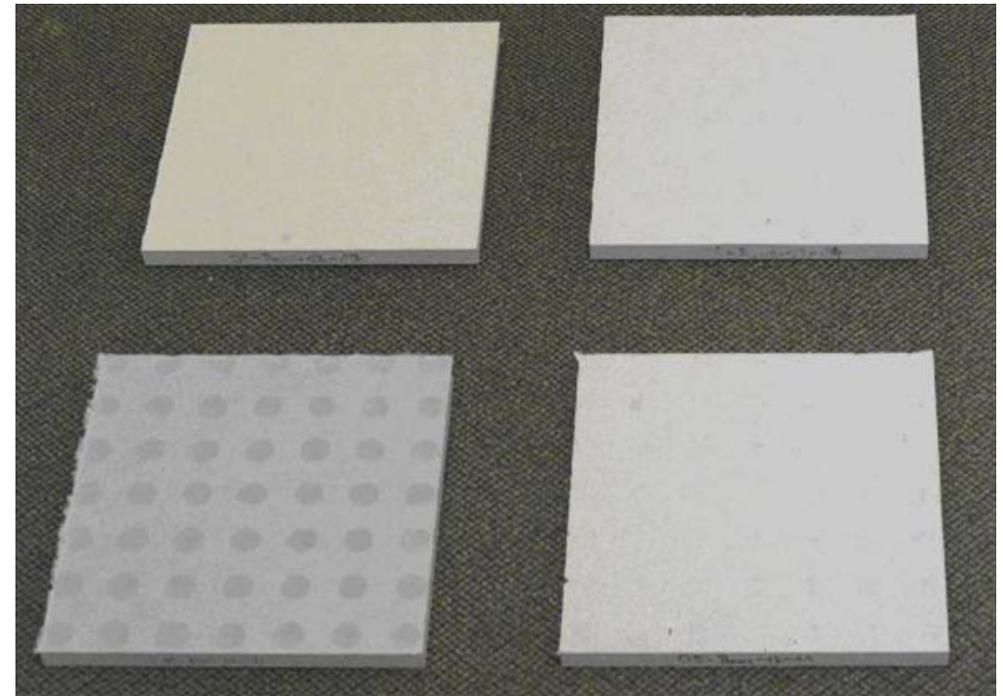
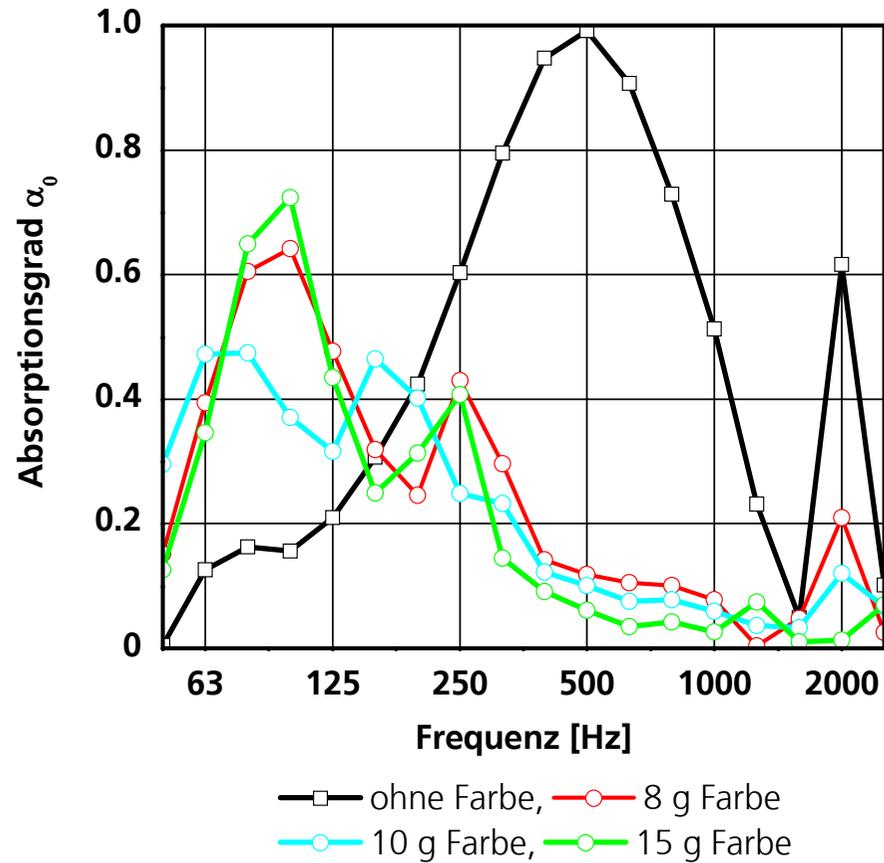
# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen



# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen

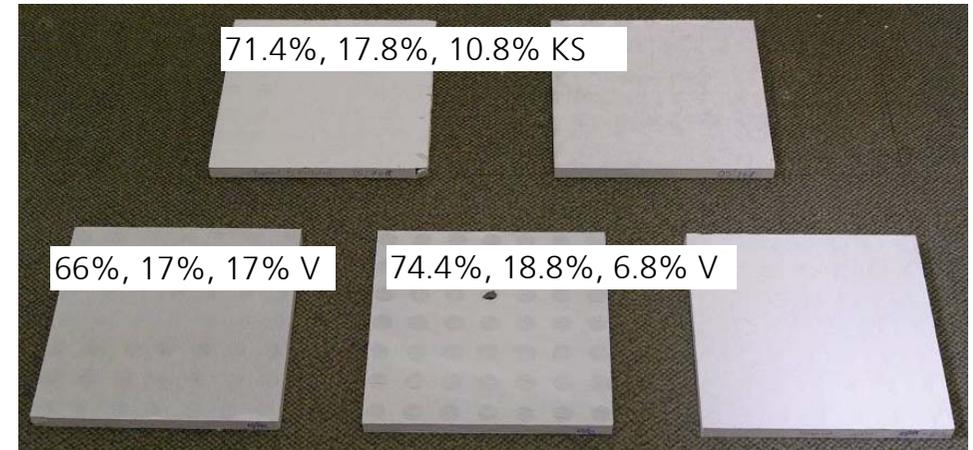
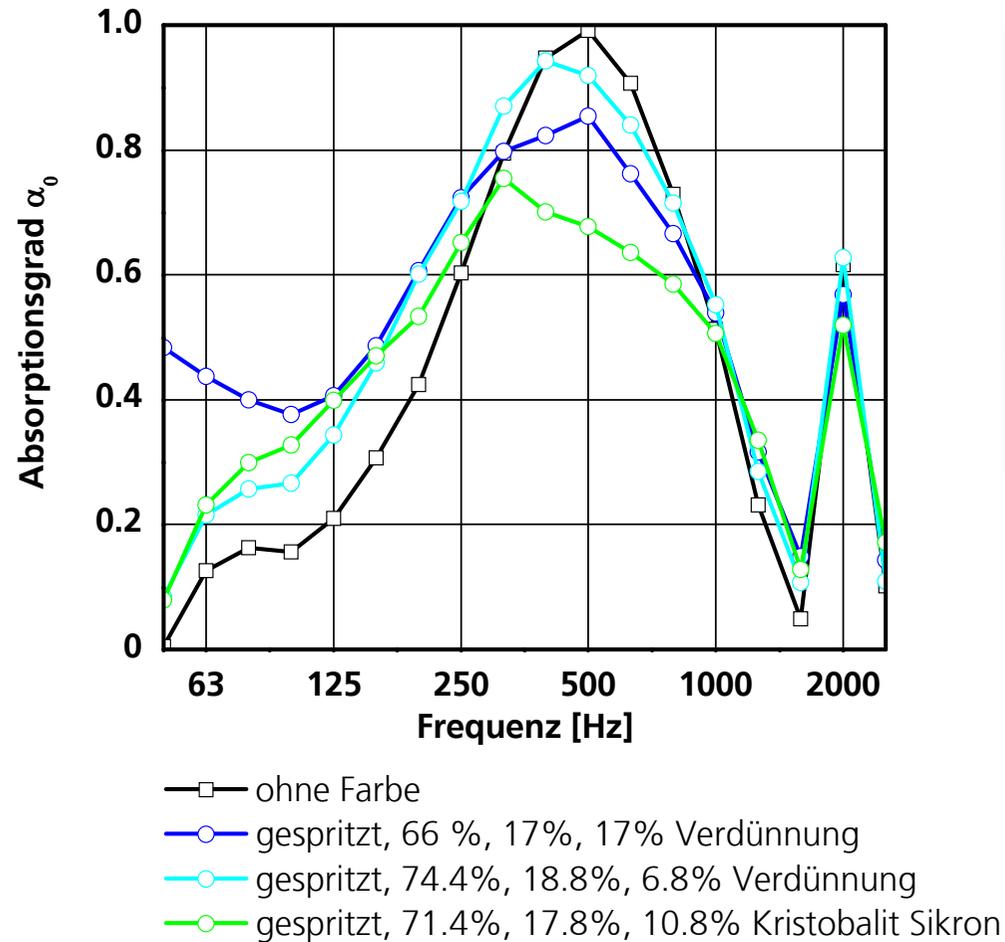


# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen



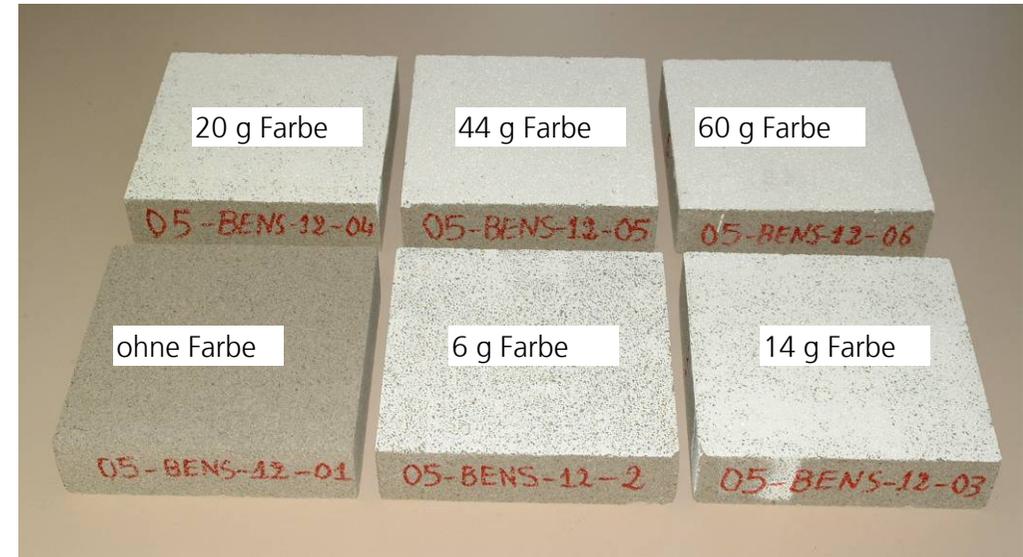
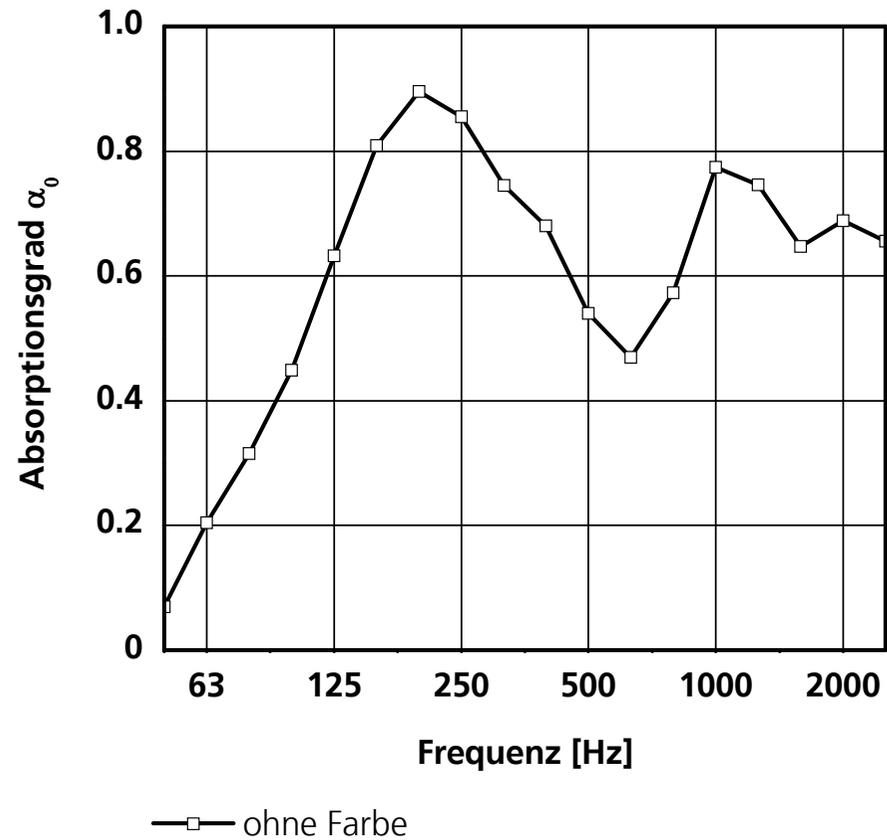
$\sigma = 20\%$   
 10 cm Luftabstand  
 Dispersionsfarbe **GEWALZT**

# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen

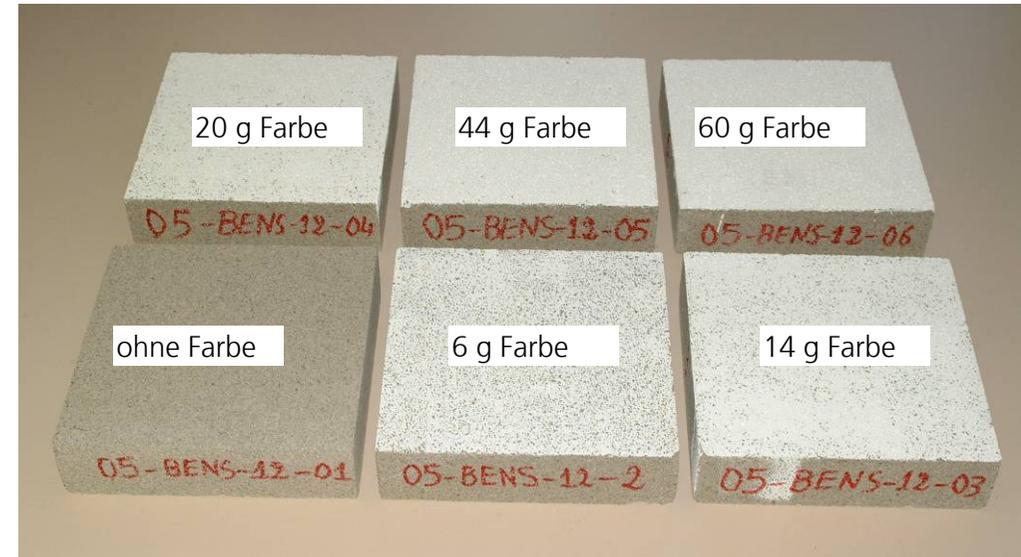
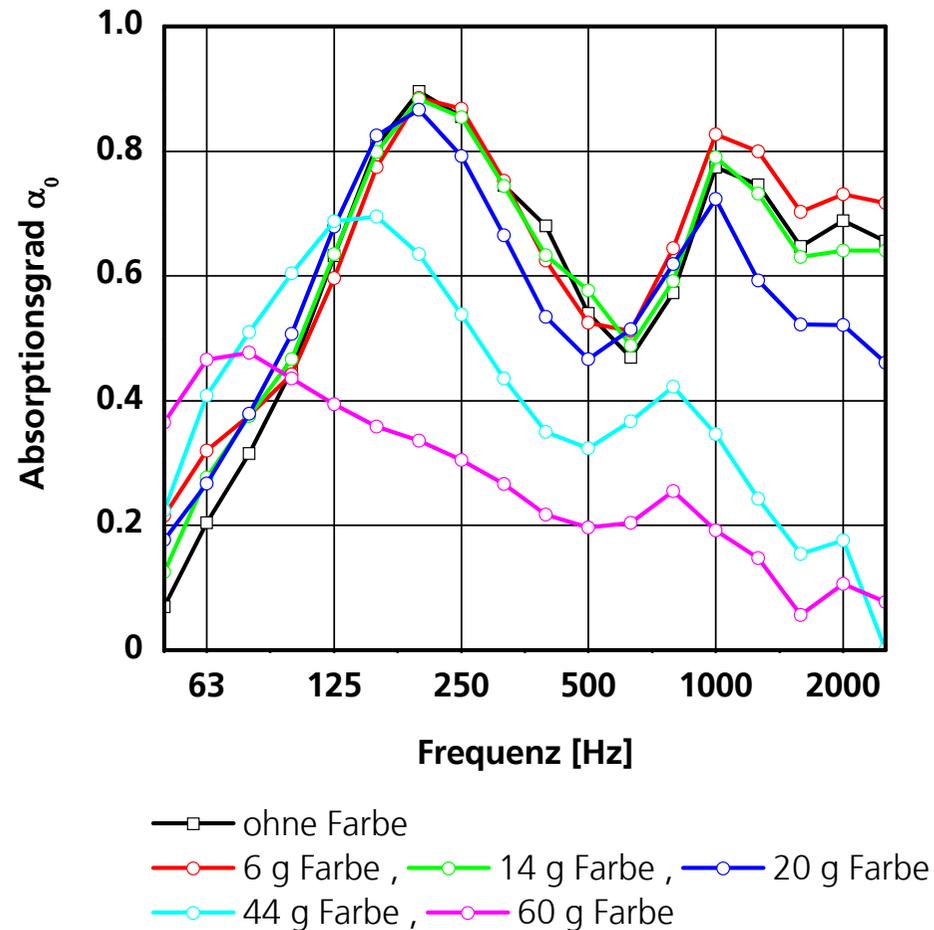


$\sigma = 20\%$   
 10 cm Luftabstand  
 Farbe **GESPRIKTZT**

# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen



# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen

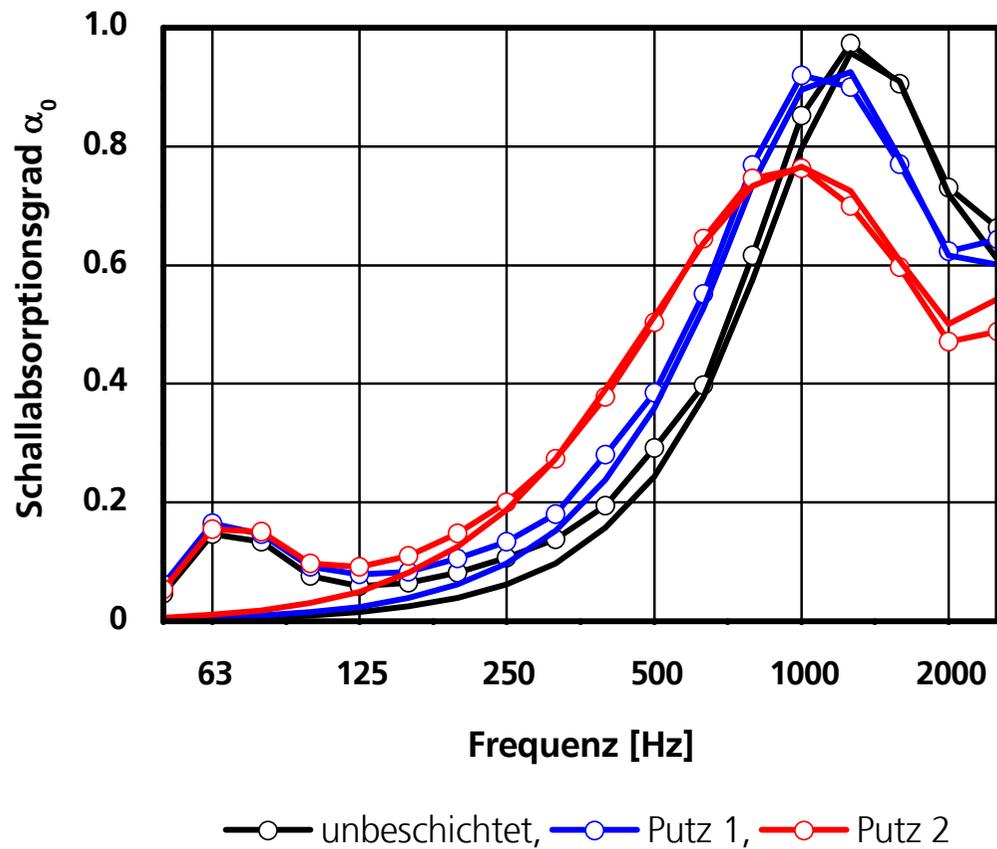


Dispersionsfarbe gewalzt  
**opak ab 44 g**

# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen



# Sanieren von akustisch wirksamen Oberflächen



# Sporthallen

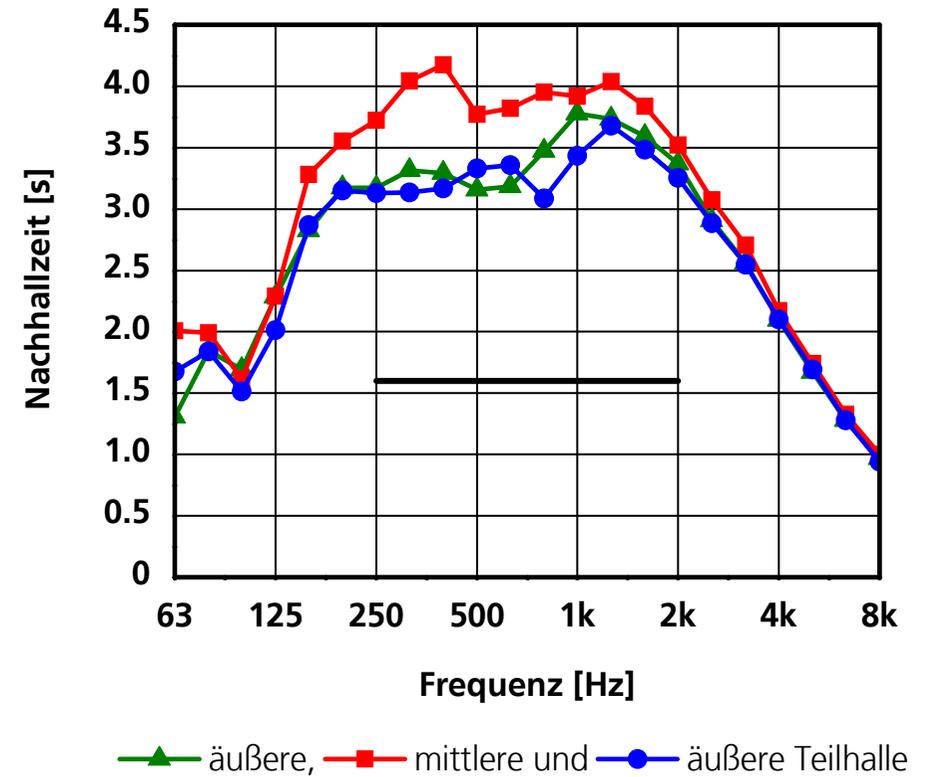


© Fraunhofer-Gesellschaft, München

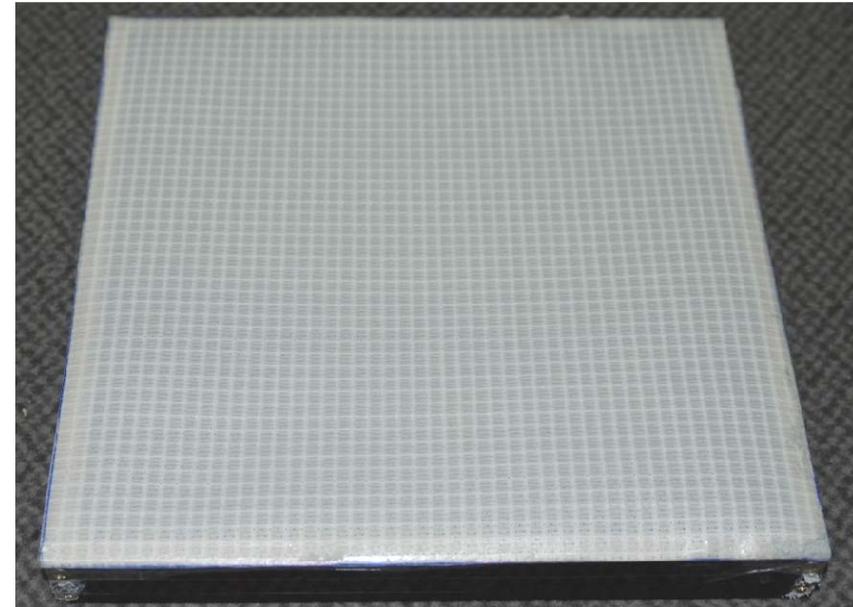
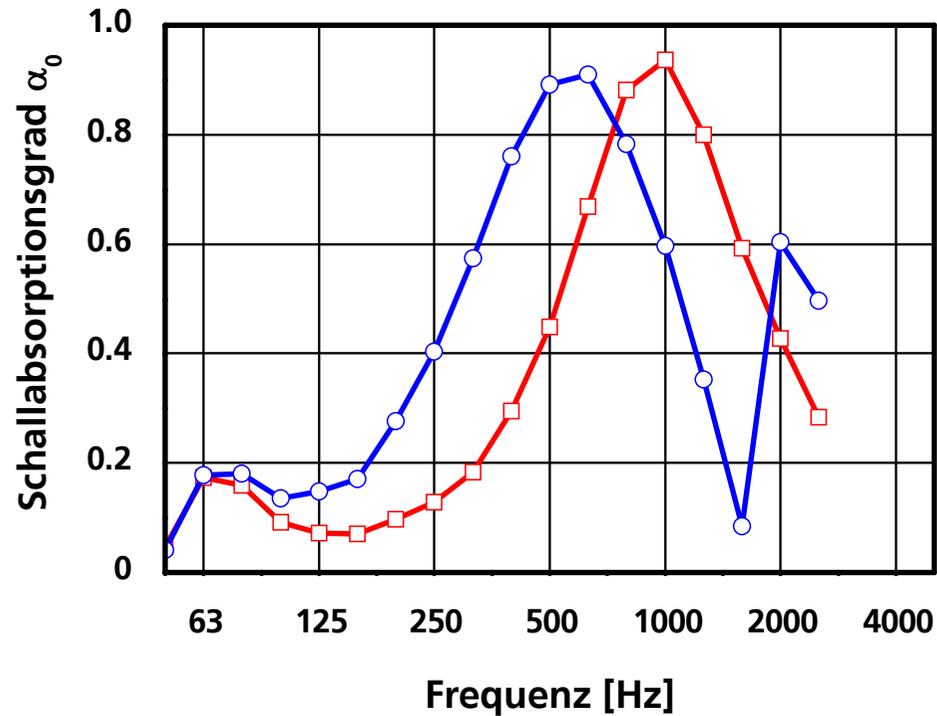
# Sporthallen

Nutzung	Ziel	Anforderungen
Sport ungeteilte Halle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gute Sprachverständlichkeit auf mittlere Distanzen</li> <li>• angemessene Lärmpegel</li> </ul>	DIN 18 032-1, DIN 18 041: Soll-Nachhallzeiten
Sport (Unterricht) Teilhallen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gute Sprachverständlichkeit auf mittlere Distanzen</li> <li>• angemessene Lärmpegel; Trennung von Nachbarhallen</li> </ul>	DIN 18 041: Soll-Nachhallzeiten DIN 18 032-4: Schalldämm-Maße Vorhänge
Veranstaltungen Mehrzwecknutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voraussetzung für Beschallungsanlagen</li> <li>• akustische Behaglichkeit</li> </ul>	z.B. DIN 18 041, Fachliteratur Empfehlungen an die Nachhallzeiten

# Sporthallen: Herausforderung Trennvorhang



# Sporthallen: Herausforderung Trennvorhang



—□— MPA (50 mm); —○— MPA (100 mm)

# Sporthallen: Herausforderung Trennvorhang

