

Willkommen
Welcome
Bienvenue



12. Akustik-Forum Raum und Bau
Köln, 24. Juni 2016

Kurt Eggenschwiler
Abteilung Akustik/Lärminderung
Empa Dübendorf, Schweiz



Textilien in der akustischen Raumgestaltung — mehr als grauer Filz

Schallabsorption

=

grauer Filz

?



kvadrat



Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

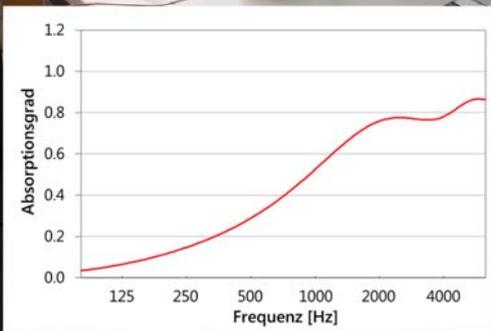
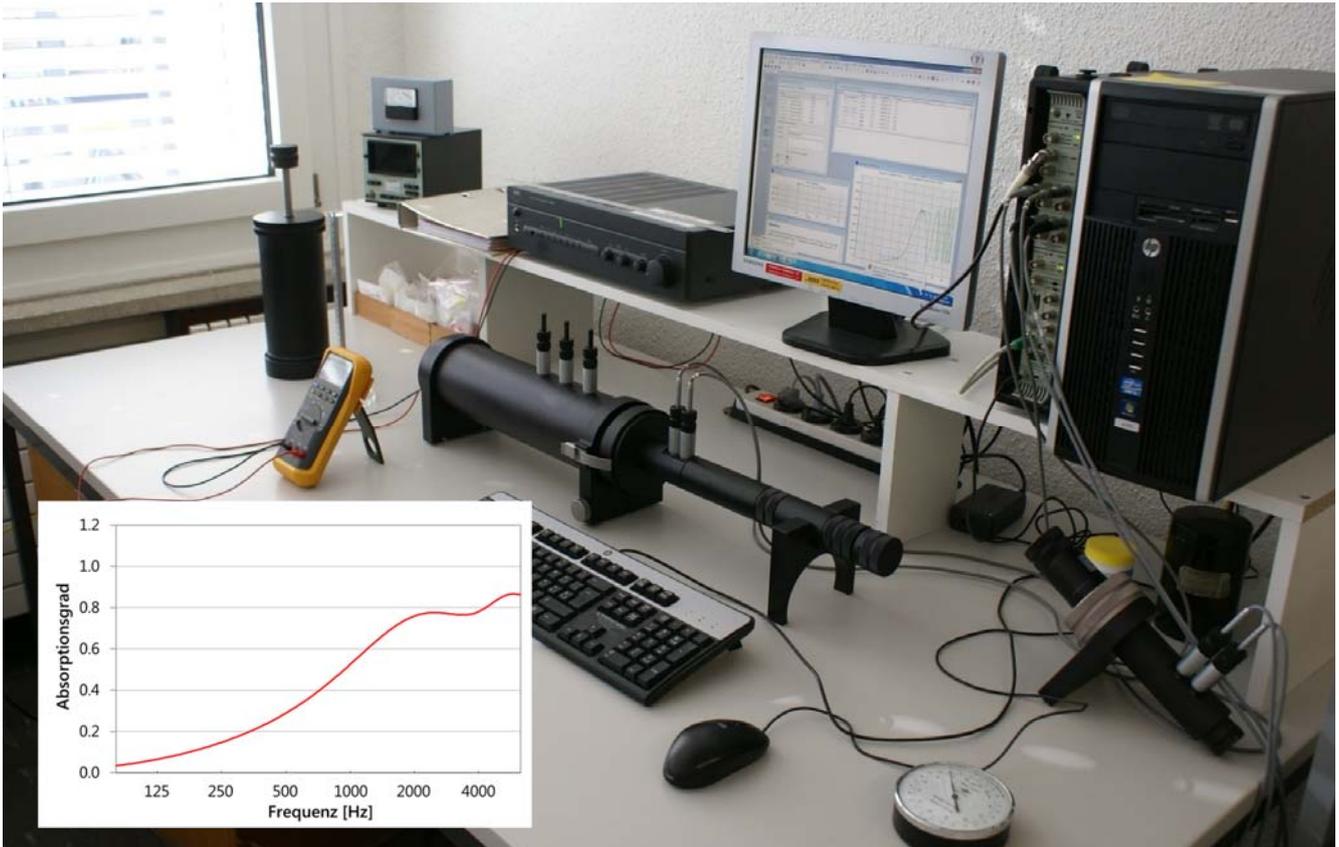
- Einleitung
- **Akustische Grundlagen**
 - **Messung / Prognose**
 - Poröse Schallabsorber
 - Dünne poröse Schallabsorber (inkl. Schalldämmung)
- Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- Beispiele



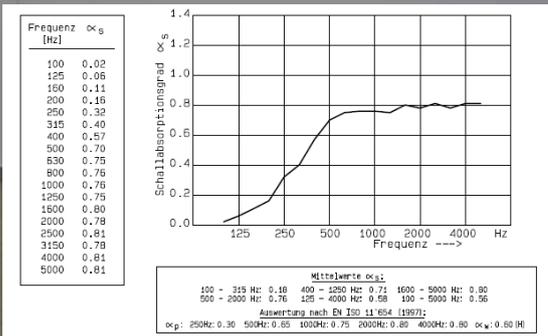
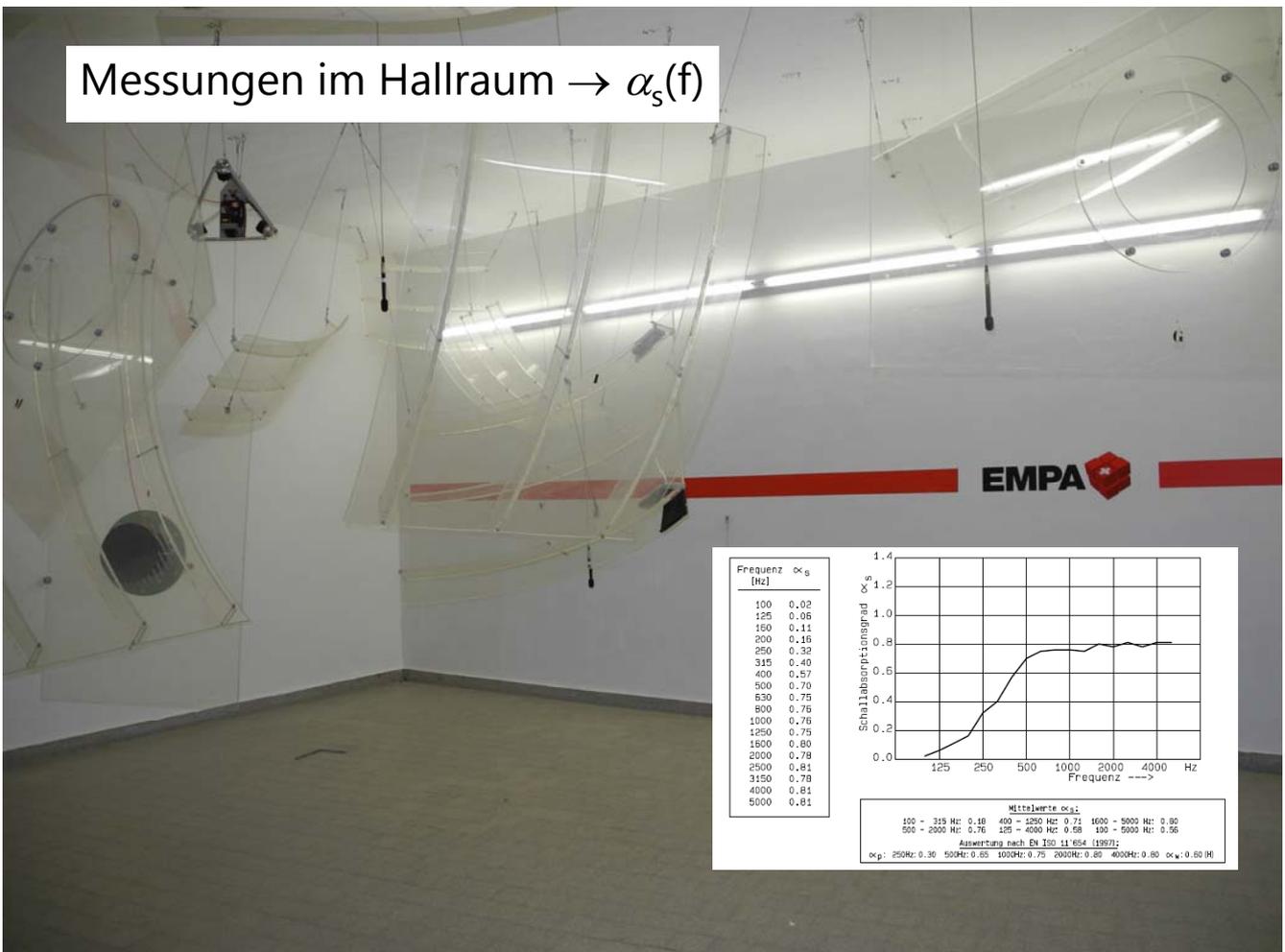
Messung des Schallabsorptionsgrads

- **In-situ**
 - Schallabsorptionsgrad $\alpha(\varphi, f)$
 - Schallabsorptionsgrad $\alpha(0^\circ, f)$
- **Impedanzrohr**
 - Schallabsorptionsgrad $\alpha(0^\circ, f)$
- **Hallraum**
 - **Schallabsorptionsgrad α_s in Terzbändern 100 Hz – 5 kHz**
 - Schallabsorptionsgrad α_p in Oktavbändern 125 Hz – 4 kHz
 - Bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w (Einzahlwert aus α_p von 250 Hz – 4 kHz)
 α_w wird in DIN 18041:2016 nicht mehr verwendet!

Messungen im Impedanzrohr $\rightarrow \alpha_0(f)$



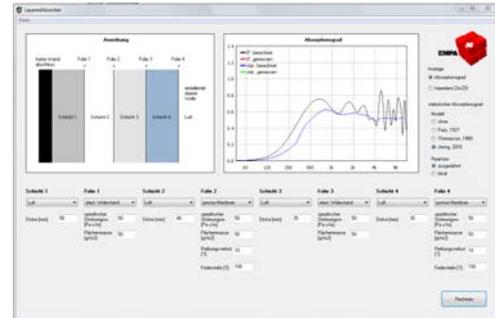
Messungen im Hallraum $\rightarrow \alpha_s(f)$



- AFMG SoundFlow <http://soundflow.afmg.eu/>
- WinFlag: <http://www.nvo.com/winmls/winflag24/>
- Zorba (www.zorba.co.nz/)
- Excel Tabellen und on-line-Rechner
 - <http://whealy.com/acoustics/Porous.html>
 - <http://www.acousticmodelling.com/>

■ Empa-eigene Tools

- Berechnung Vorhänge
 - Poröse & mikroperforierte Absorber
 - Flach und gefaltet vor Wand hängend
 - Flach und gefaltet frei im Raum hängend
 - Mehrere Schichten
 - 0° und Hallraum
- Tolle Tools, Nachweis mit Hallraummessungen aber nach wie vor notwendig



Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

- Einleitung
- **Akustische Grundlagen**
 - Messung / Prognose
 - **Poröse Schallabsorber**
 - Dünne poröse Schallabsorber (inkl. Schalldämmung)
- Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- Beispiele



Textilien = Poröser Schallabsorber

- Strömungswiderstand
 - Reibung der bewegten Luftteilchen
 - Schallenergie → Wärmeenergie → Schallabsorption
- Strömungswiderstand an gewünschte Absorption anpassen
- Optimaler Bereich:

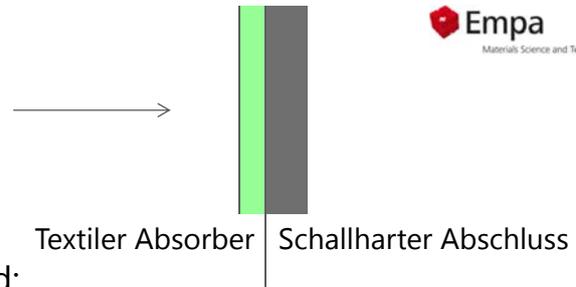
$$800 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m} < r\cdot d < 2400 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}$$

- Dicke des flächigen Absorbers d
- **Längenbezogener Strömungswiderstand r** in $\text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ (Materialkenngösse)
- **Spezifischer Strömungswiderstand $R_s = r\cdot d$** in $\text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}$

$$R_s = \Delta p / u$$

- Zudem
 - Verhalten als Folie
 - Mikroperforation

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

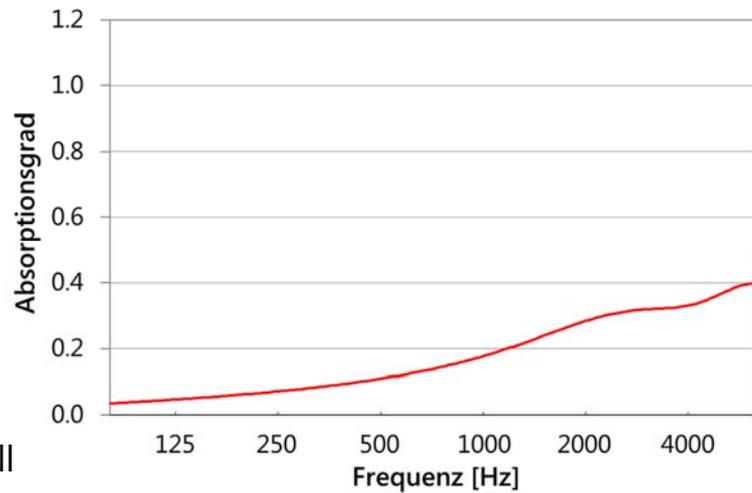


Längenbezogener Strömungswiderstand:

200 Pa·s/m²

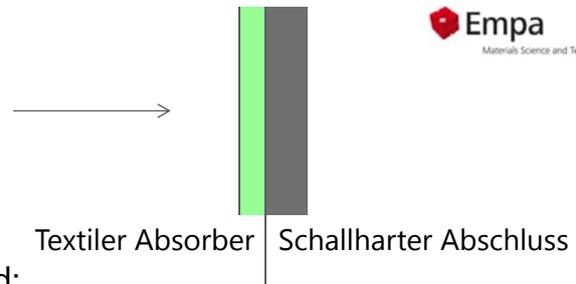
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

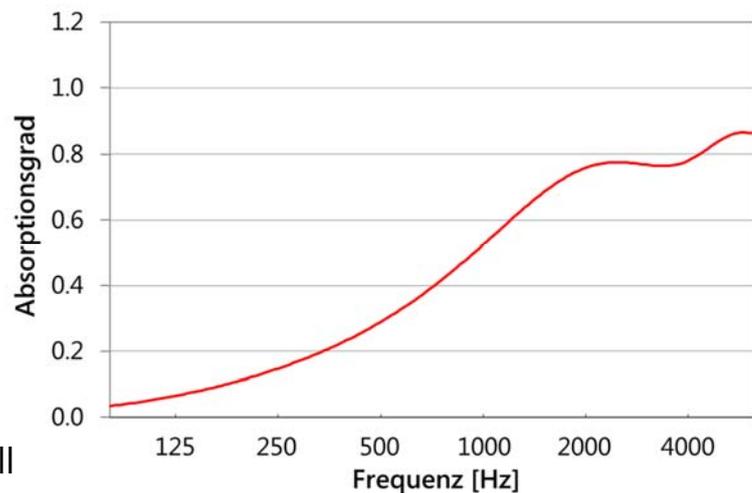


Längenbezogener Strömungswiderstand:

2'000 Pa·s/m²

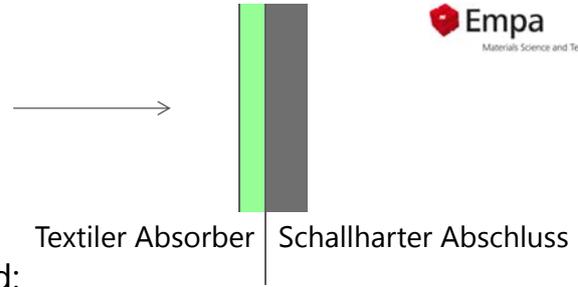
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

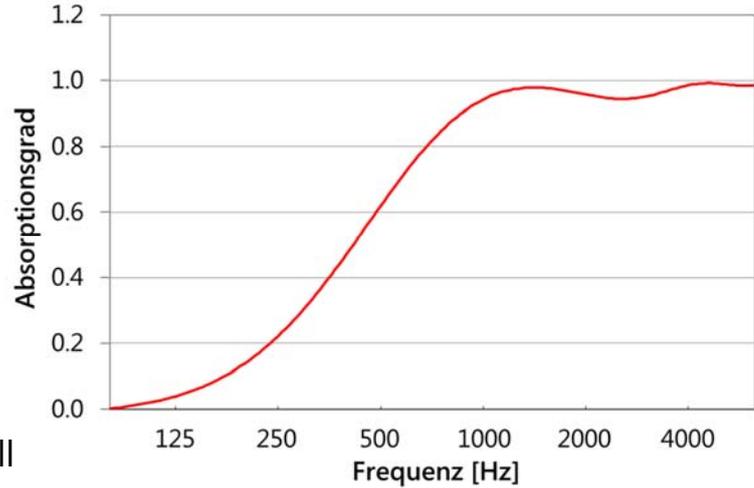


Längenbezogener Strömungswiderstand:

20'000 Pa·s/m²

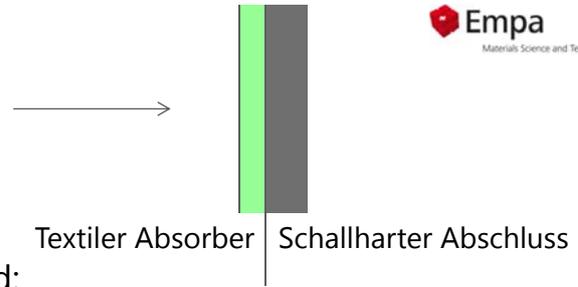
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

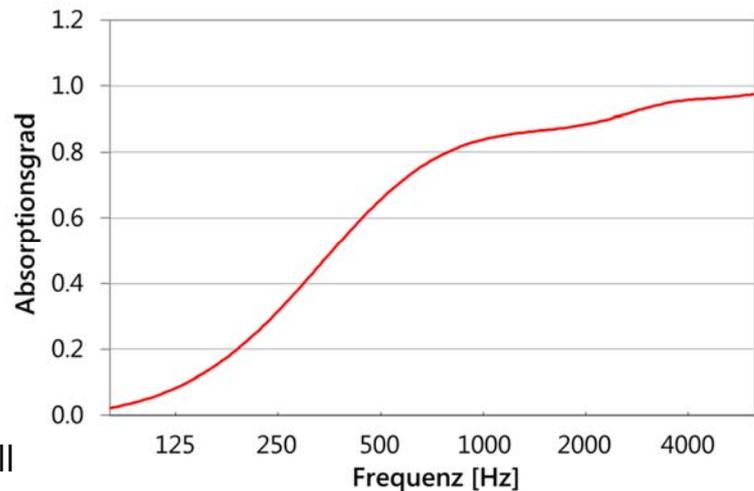


Längenbezogener Strömungswiderstand:

40'000 Pa·s/m²

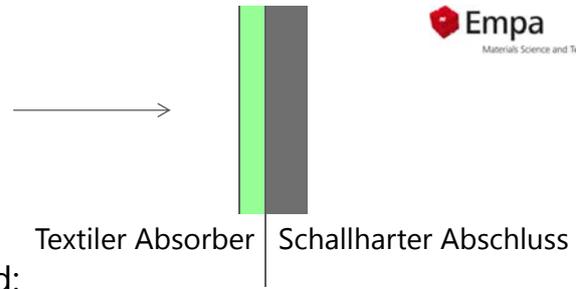
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

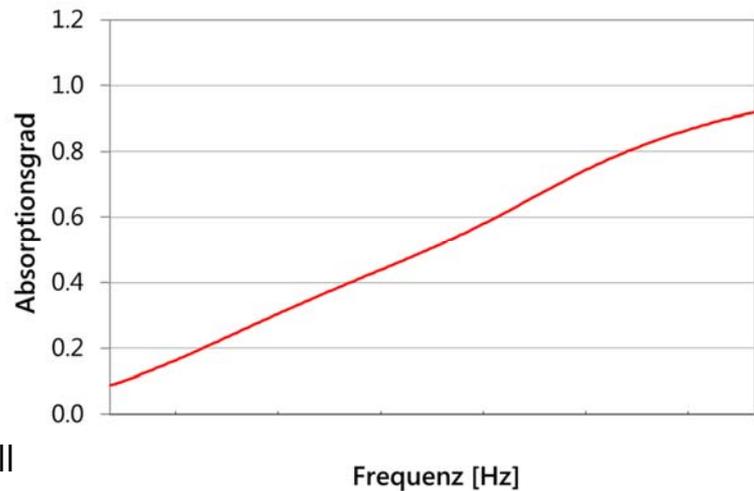


Längenbezogener Strömungswiderstand:

100'000 Pa·s/m²

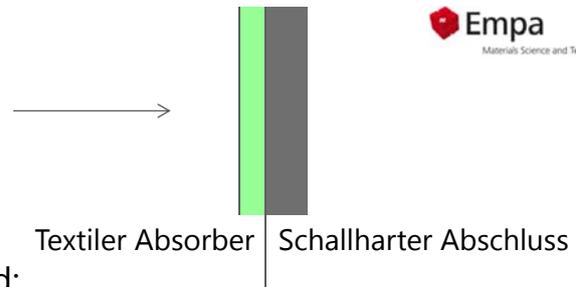
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

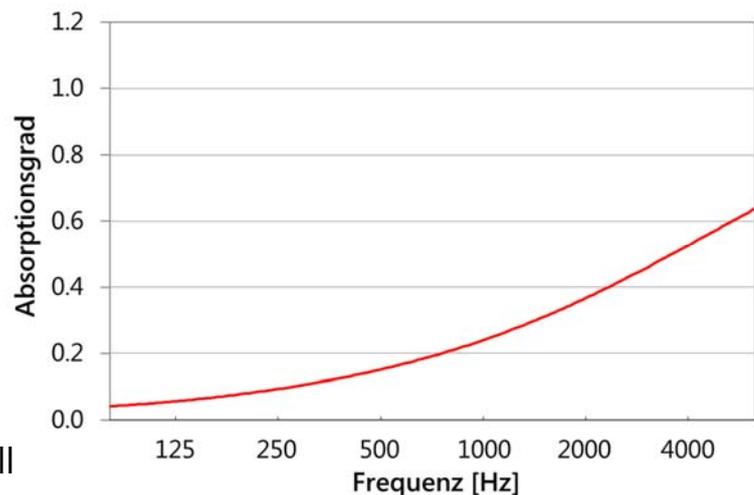


Längenbezogener Strömungswiderstand:

500'000 Pa·s/m²

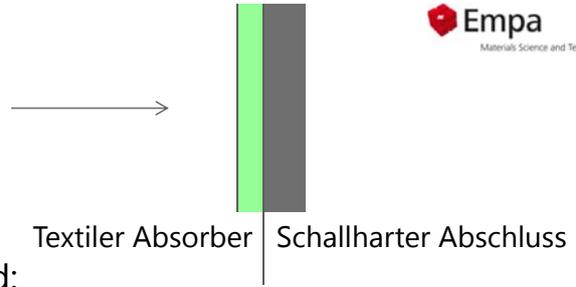
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Strömungswiderstand

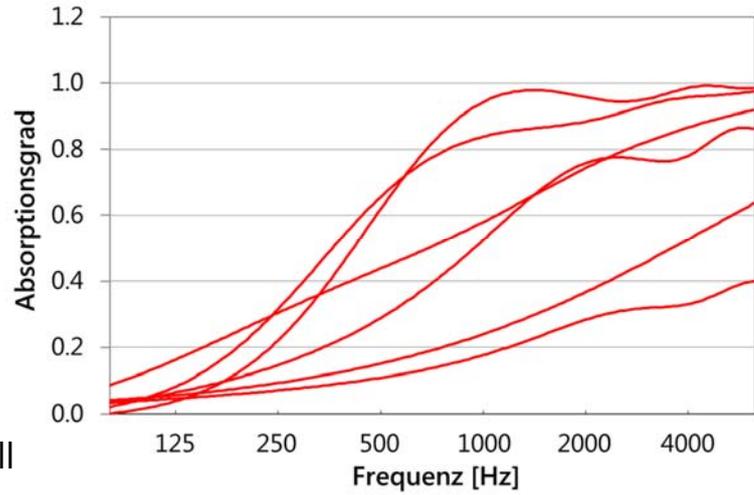


Längenbezogener Strömungswiderstand:

200 - 500'000 Pa·s/m²

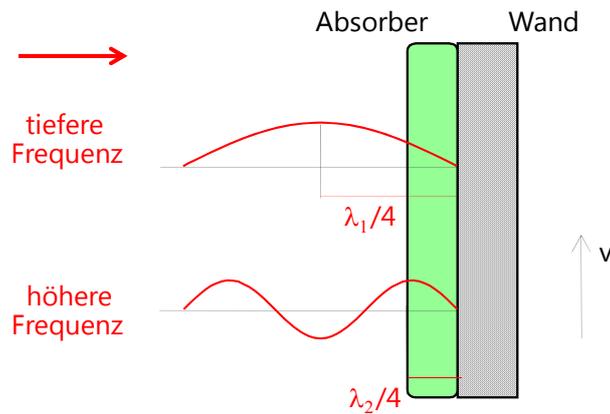
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



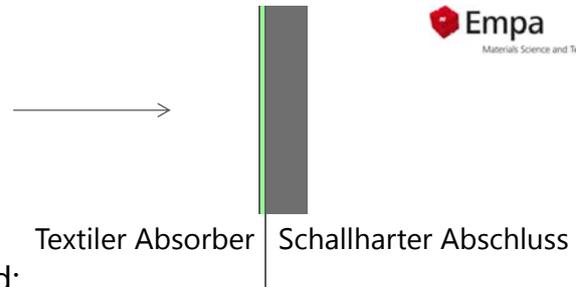
— Senkrechter Schalleinfall

Poröse Absorber ohne Wandabstand



Frequenz [Hz]	$\lambda/4$ [m]
100	0.86
500	0.17
1000	0.09
5000	0.02

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

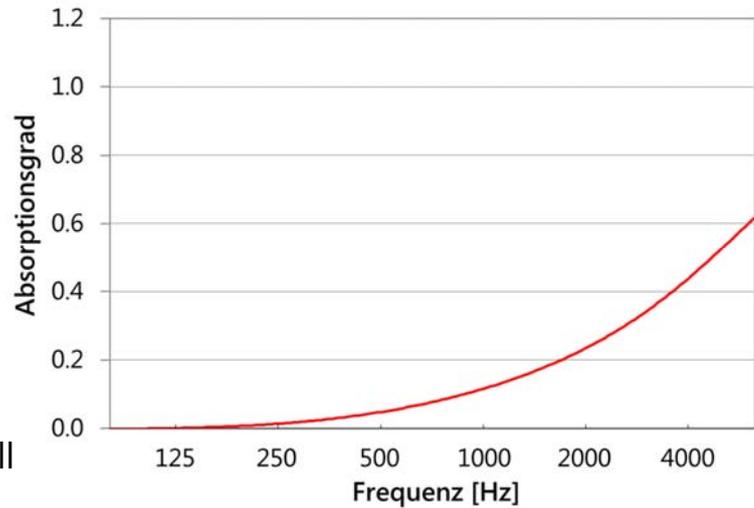


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

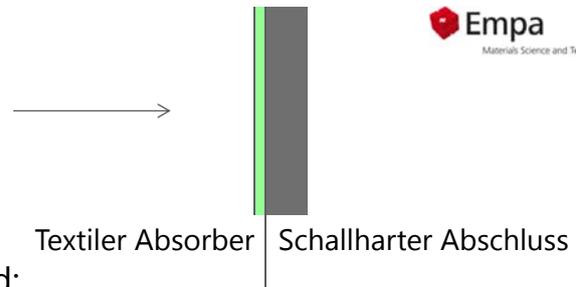
Dicke: **10 mm**

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

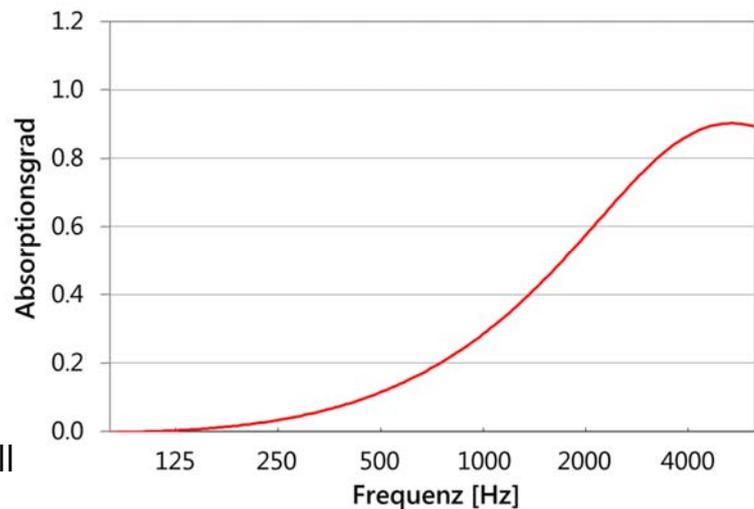


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

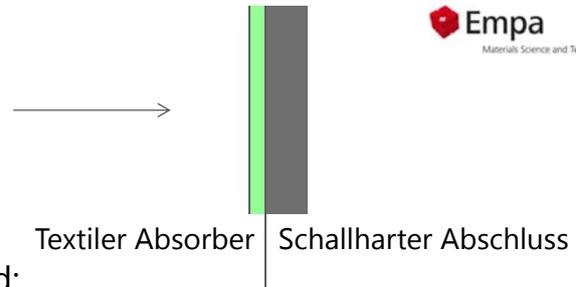
Dicke: **20 mm**

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

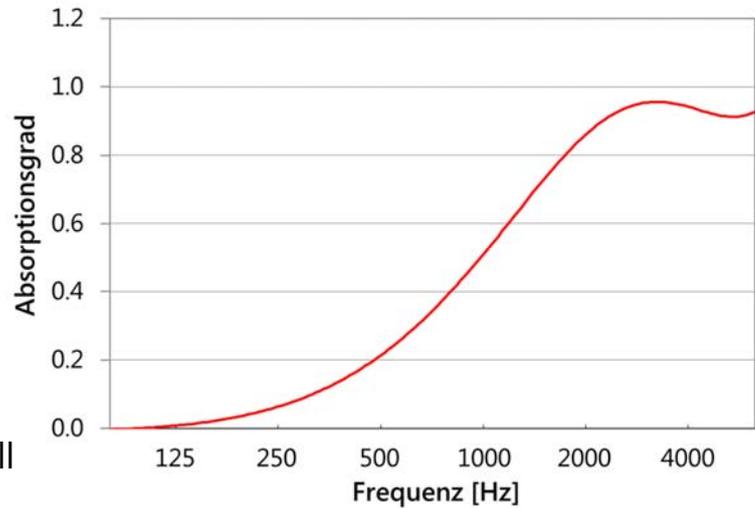


Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

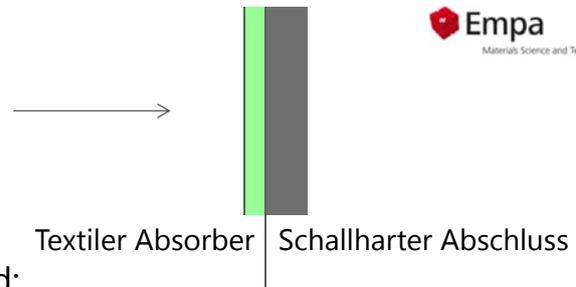
Dicke: 30 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

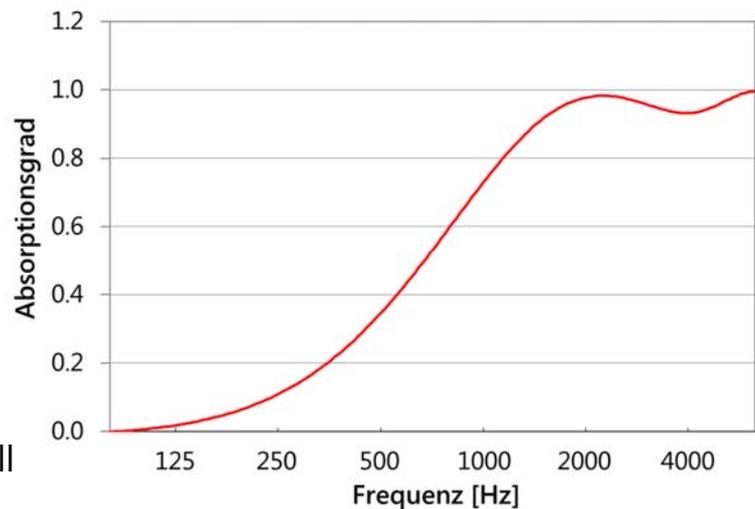


Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

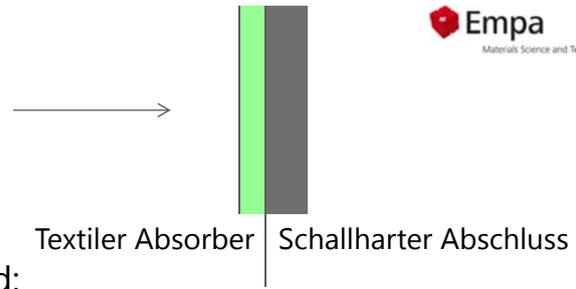
Dicke: 40 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

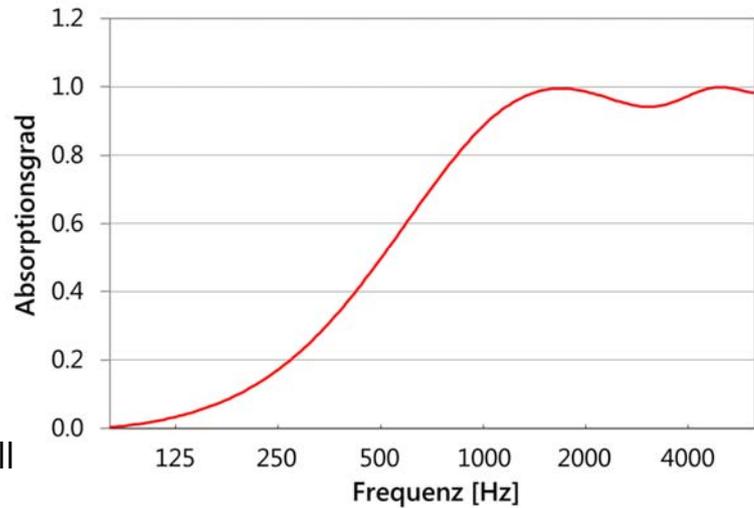


Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

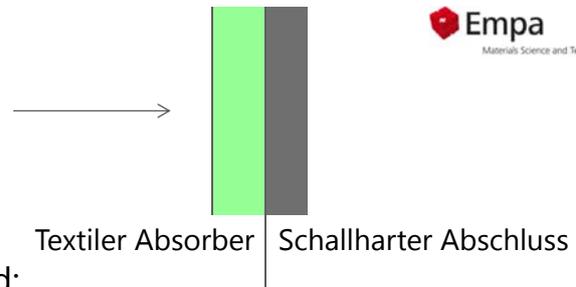
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

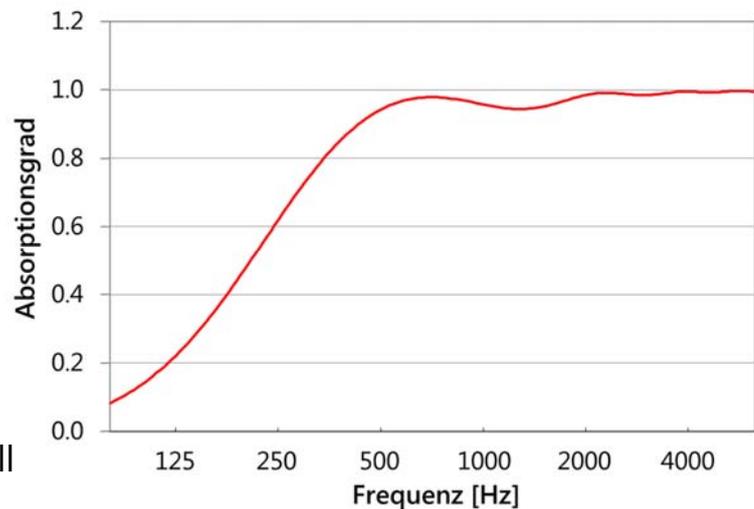


Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

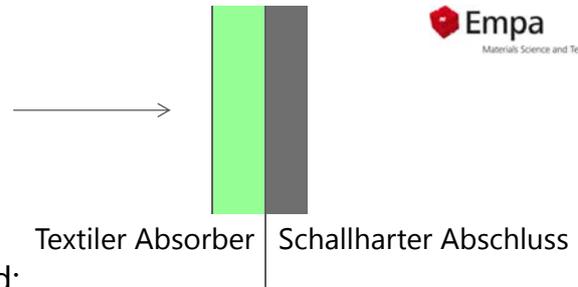
Dicke: 100 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit von Dicke

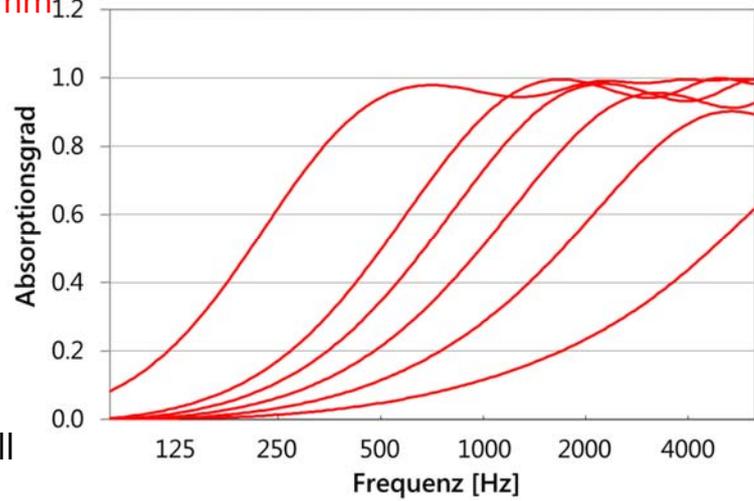


Längenbezogener Strömungswiderstand:

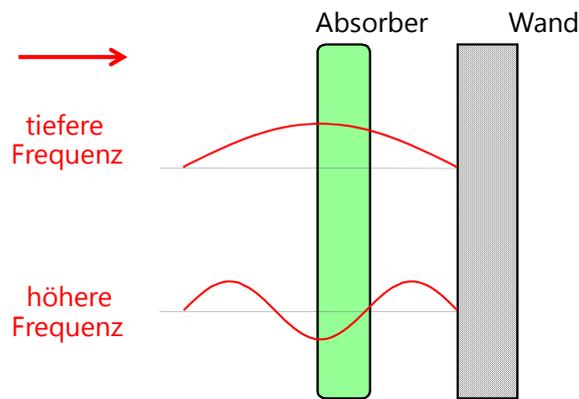
10'000 Pa·s/m²

Dicke: 10 - 100 mm^{1,2}

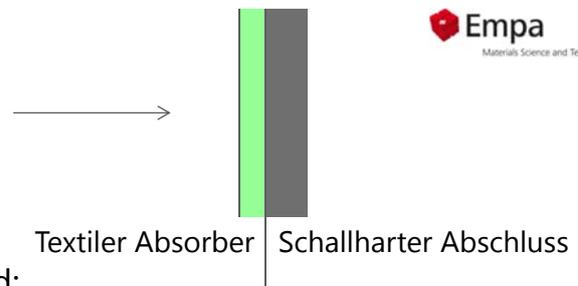
Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall



Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

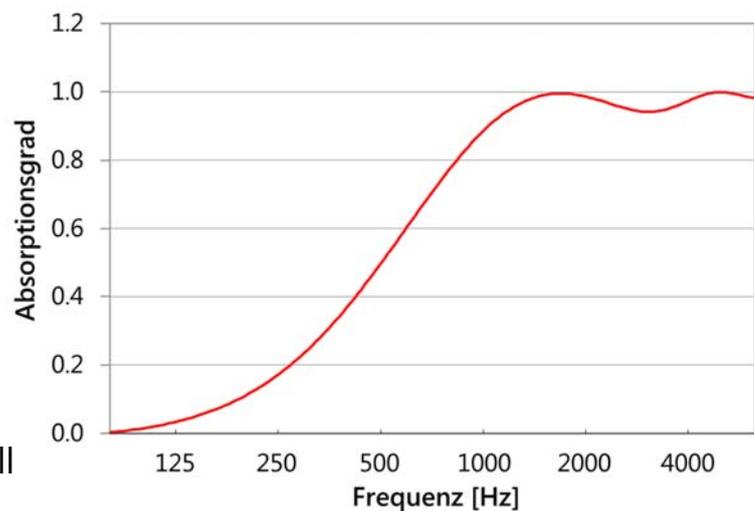


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

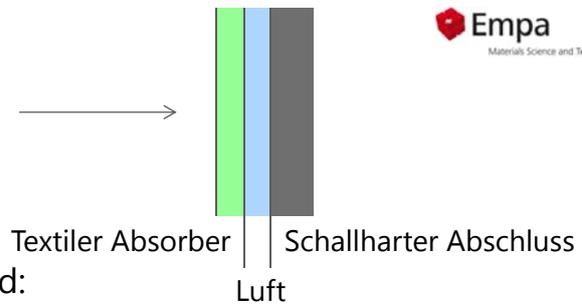
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 0 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

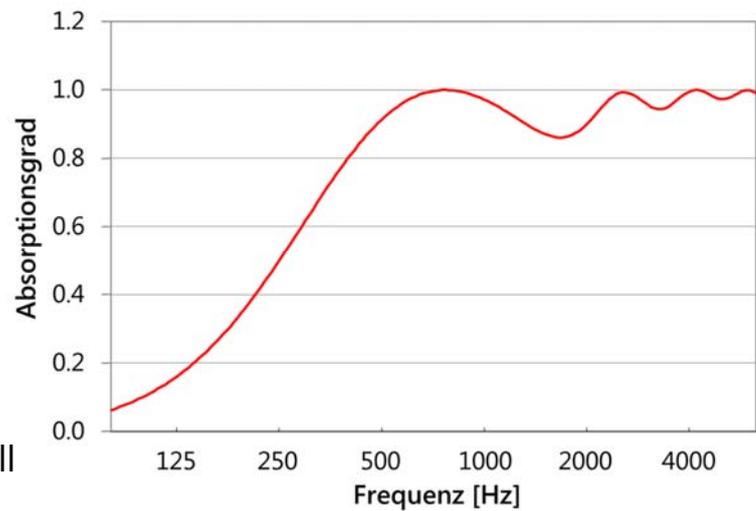


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

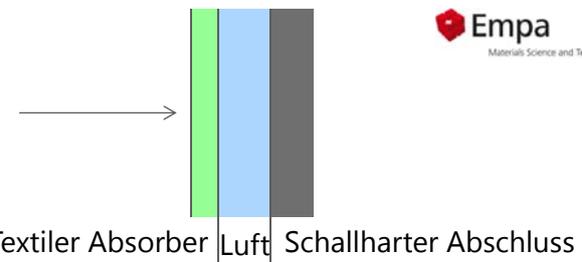
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 50 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

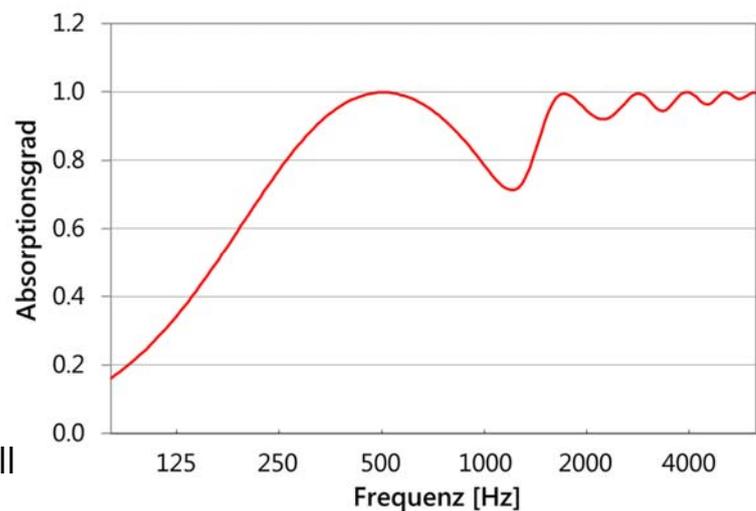


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

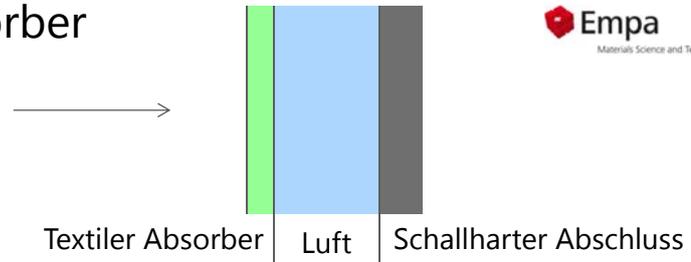
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 100 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

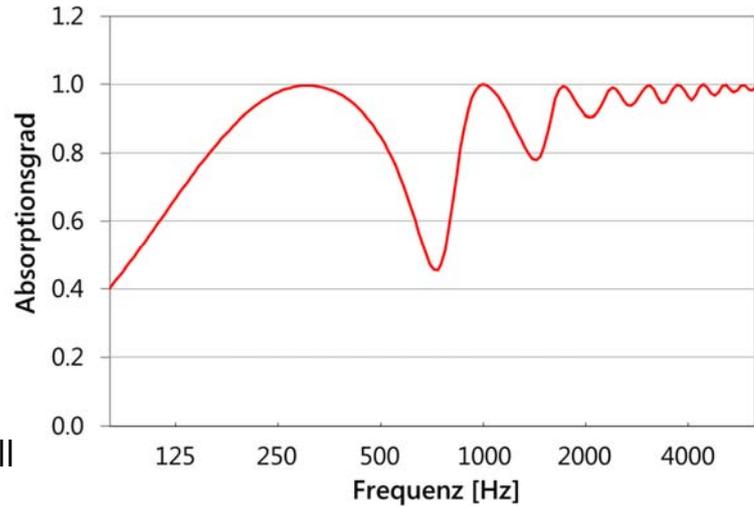


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

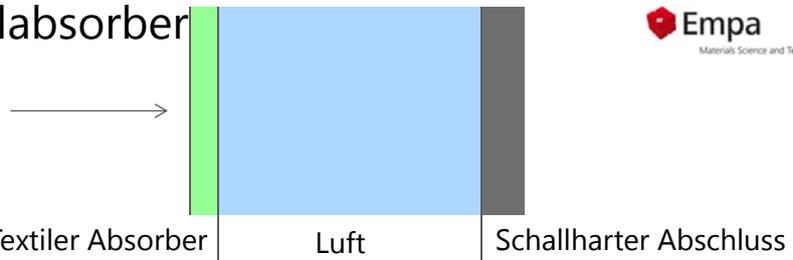
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 200 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

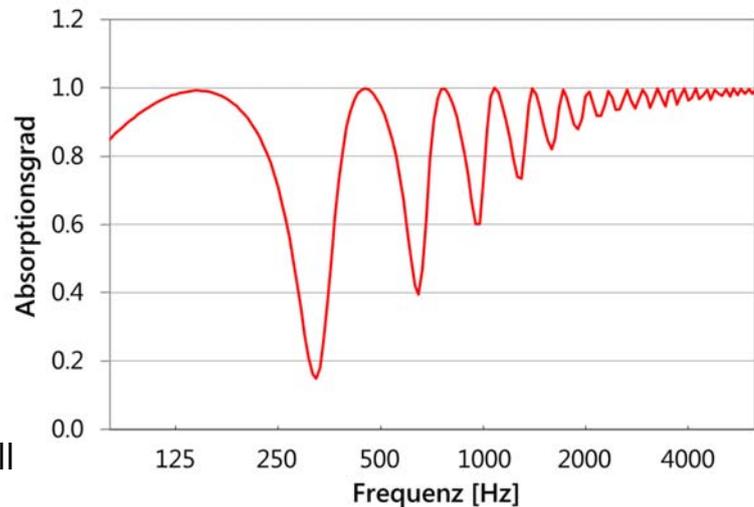


Längenbezogener Strömungswiderstand:

$10'000 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

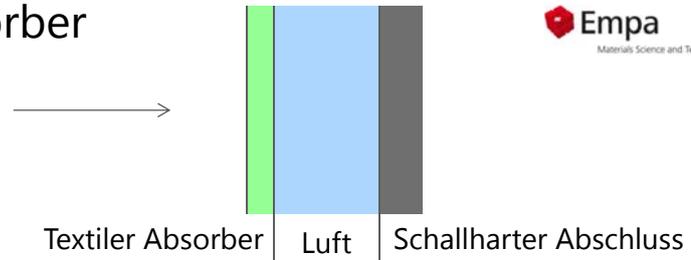
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 500 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Poröse textile Schallabsorber Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



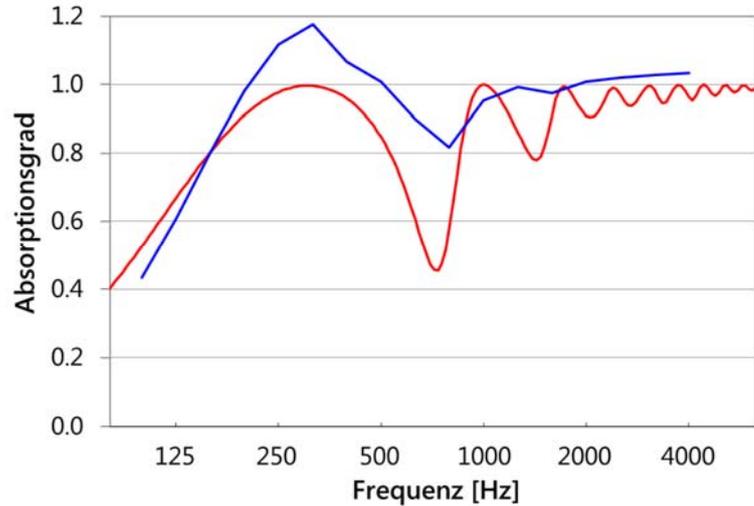
Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

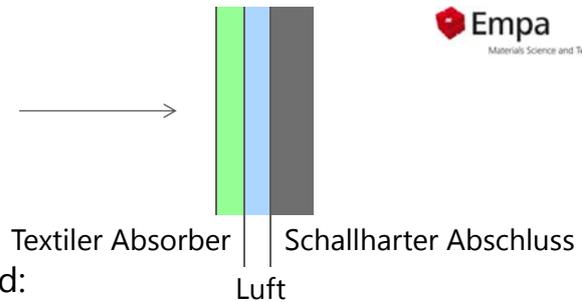
Dicke: 50 mm

Abstand zur Wand: 200 mm

- Senkrechter Schalleinfall
- Hallraum (Jeong)



Senkrechter Einfall VS Hallraum



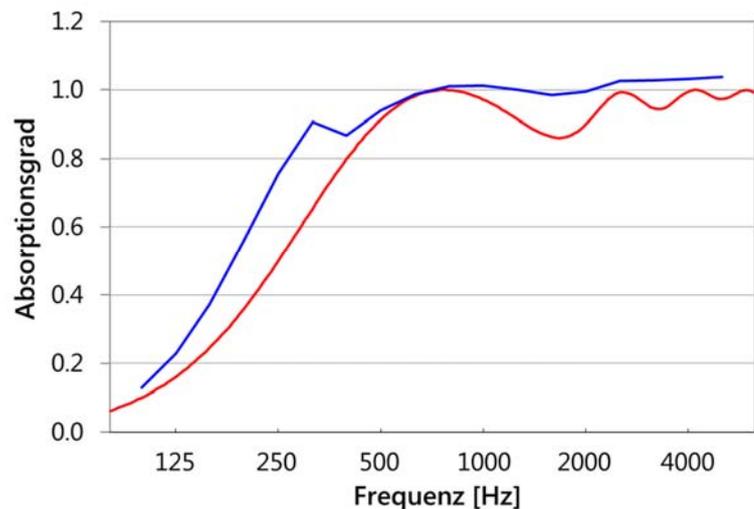
Längenbezogener Strömungswiderstand:

10'000 Pa·s/m²

Dicke: 50 mm

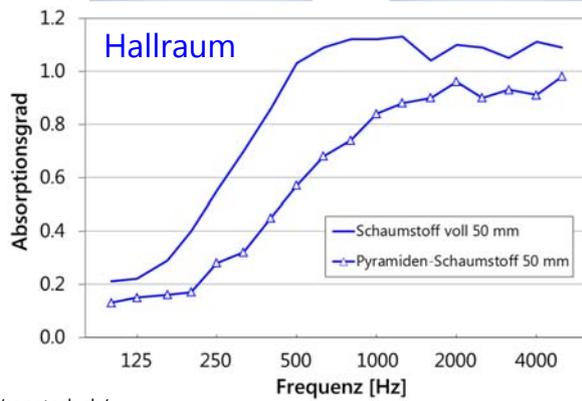
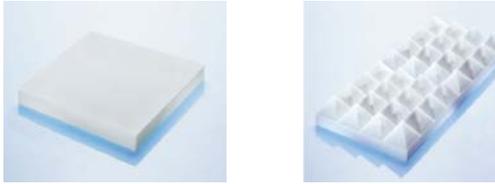
Abstand zur Wand: 50 mm

- Senkrechter Schalleinfall
- Hallraum (Jeong)



Wirkung nicht flächiger Schallabsorber Pyramiden besser? 3D besser?

- Berechnung von 3D-Strukturen sehr komplex
- → Messungen



<http://sonatech.ch/>

3D-Strukturen:

- weniger Absorption bezogen auf Platzbedarf
- Eher mehr Absorption bezogen auf Materialaufwand



Anne Kyyro Quinn

Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

- Einleitung
- **Akustische Grundlagen**
 - Messung / Prognose
 - Poröse Schallabsorber
 - **Dünne poröse Schallabsorber**
(inkl. Schalldämmung)
- Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- Beispiele



Dünnere poröse Absorber mit Wandabstand

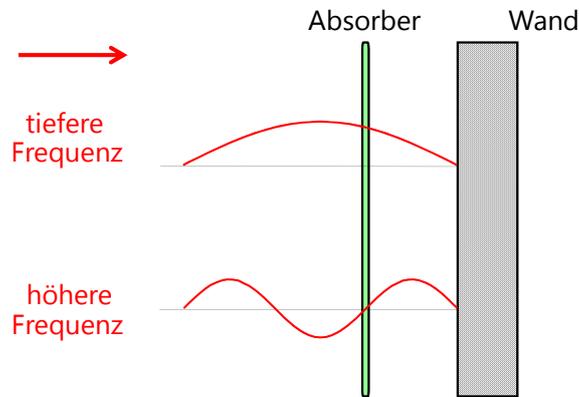
Wunsch **Annette Douglas** für die Entwicklung eines Vorhangs

- leicht
- lichtdurchlässig
- **schallabsorbierend**
- **KTI-Projekt 2010-2011 Annette Douglas / Weisbrod Zürrer / Empa**
Realisation: **Reto Pieren, Empa**

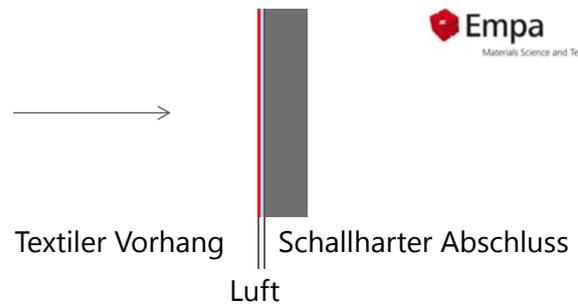
- Optimum des Längen-bezogenen Strömungswiderstand r ist nicht gleich wie beim «dicken» porösen Absorber



Dünnere poröse Absorber mit Wandabstand (Flächenvorhang)



Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



Spez. Strömungswiderstand:

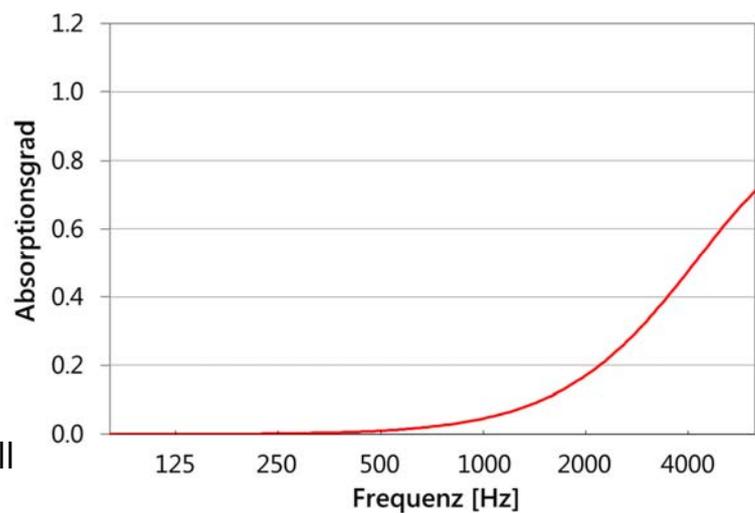
150 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

10 mm

Flächengewicht:

100 g/m²



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

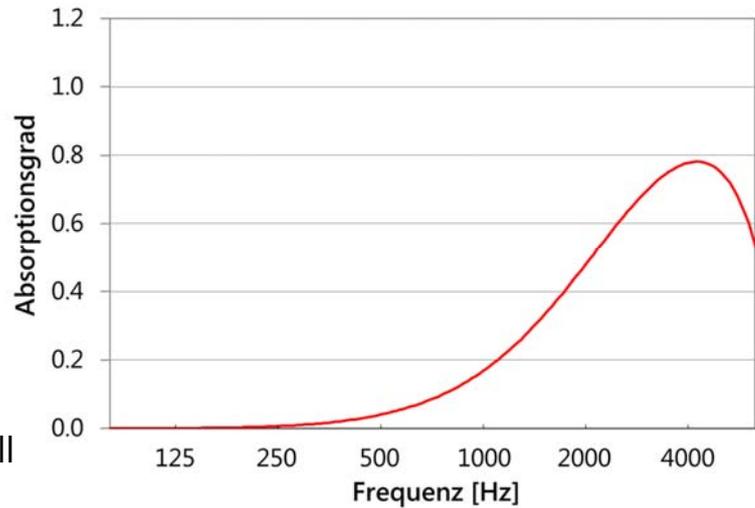
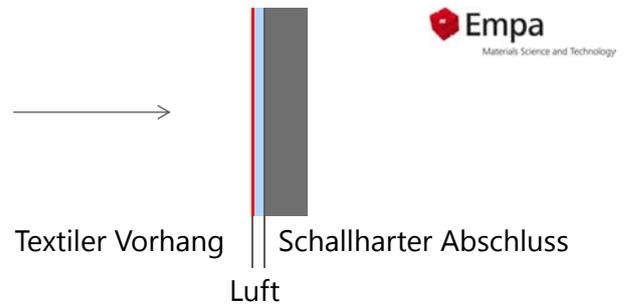
Abstand zur Wand:

20 mm

Flächengewicht:

100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall



Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand

Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

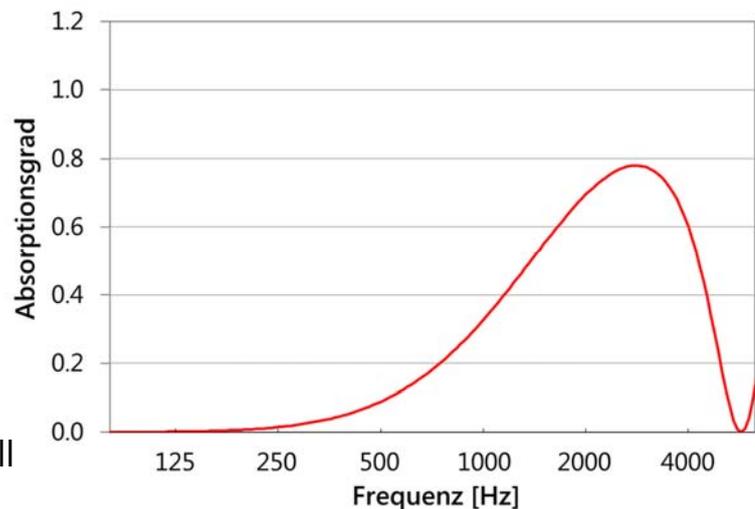
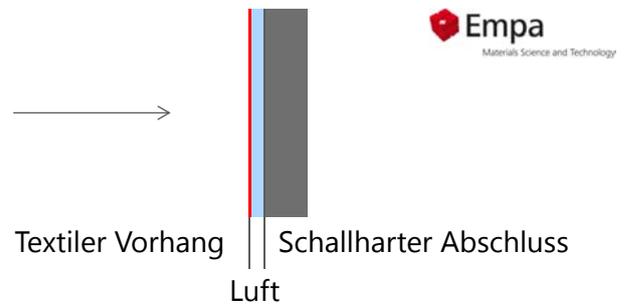
Abstand zur Wand:

30 mm

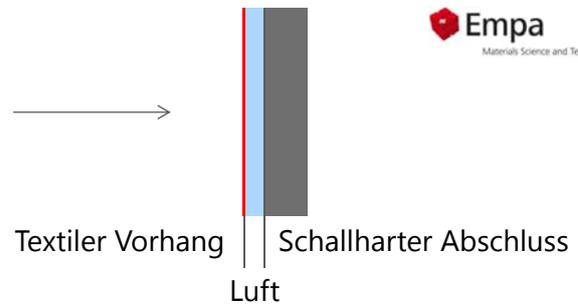
Flächengewicht:

100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall



Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



Spez. Strömungswiderstand:

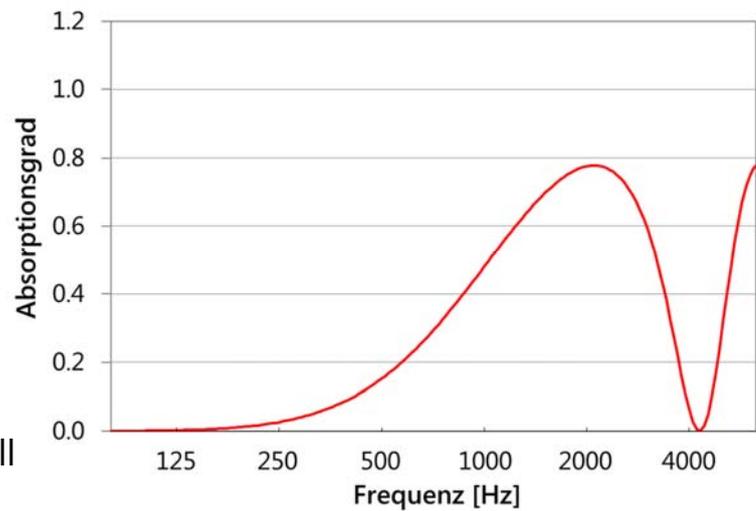
150 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

40 mm

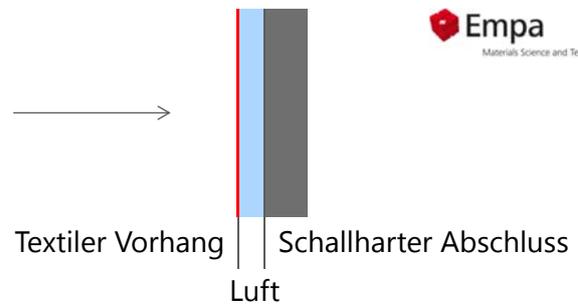
Flächengewicht:

100 g/m²



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



Spez. Strömungswiderstand:

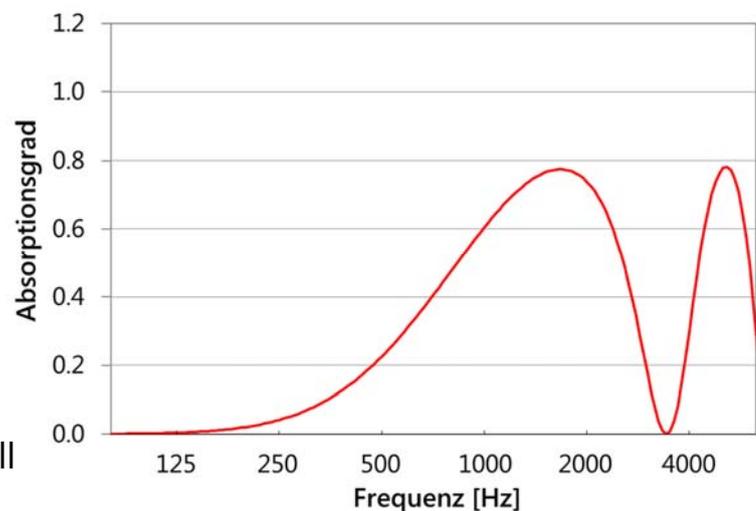
150 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

50 mm

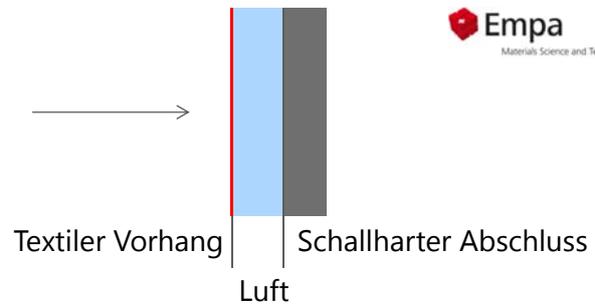
Flächengewicht:

100 g/m²



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

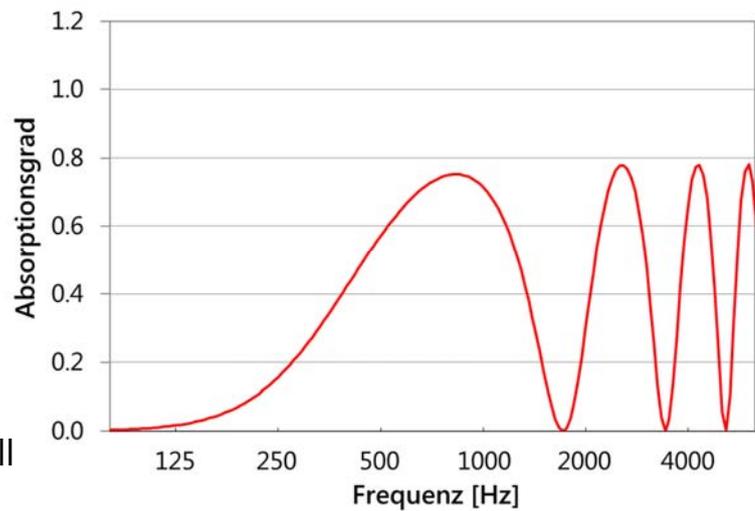
Abstand zur Wand:

100 mm

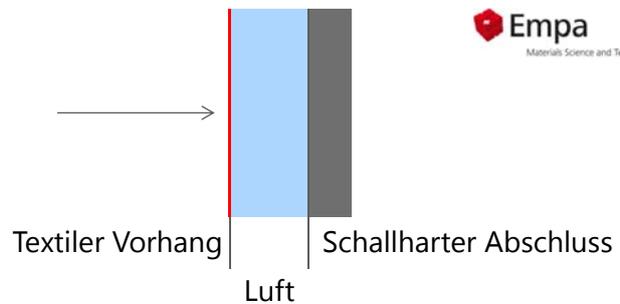
Flächengewicht:

100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall



Flächenvorhang Abhängigkeit vom Abstand zur Wand



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

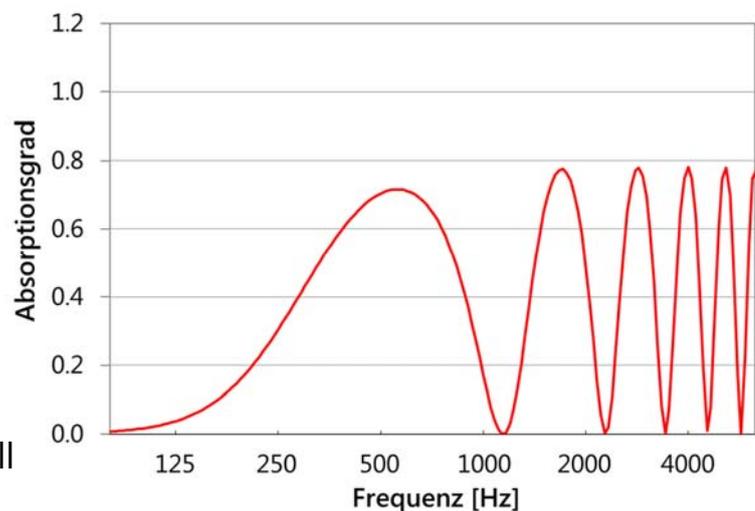
Abstand zur Wand:

150 mm

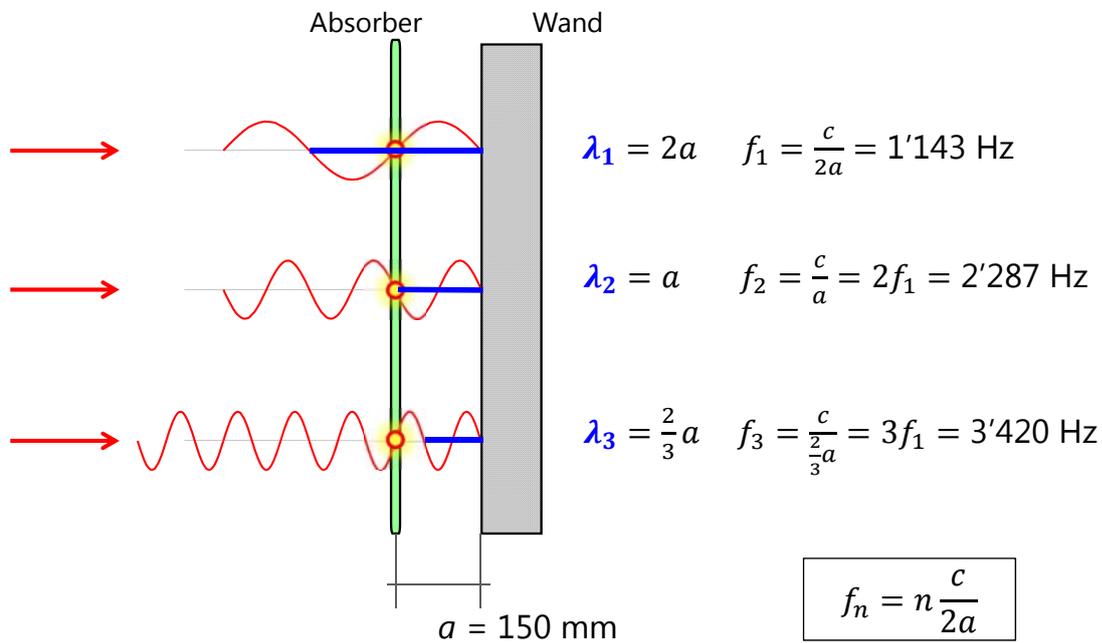
Flächengewicht:

100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall

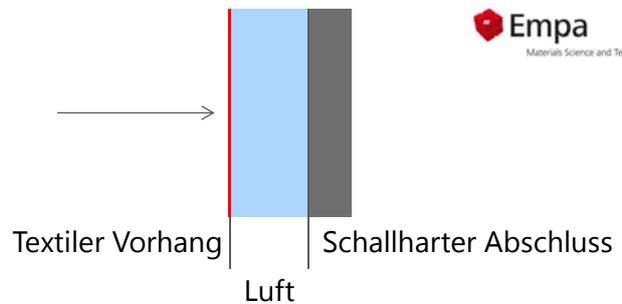


$$f = \frac{c}{\lambda}$$



$$f_n = n \frac{c}{2a}$$

Flächenvorhang



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

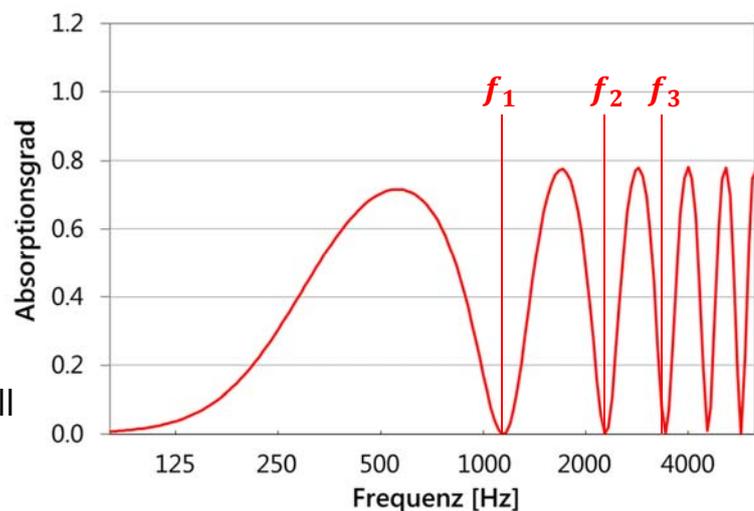
Abstand zur Wand:

150 mm

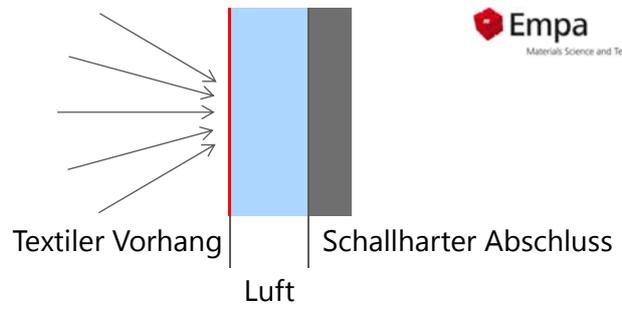
Flächengewicht:

100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall
(Pieren)



Flächenvorhang Senkrechter Schalleinfall und **Hallraum**



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

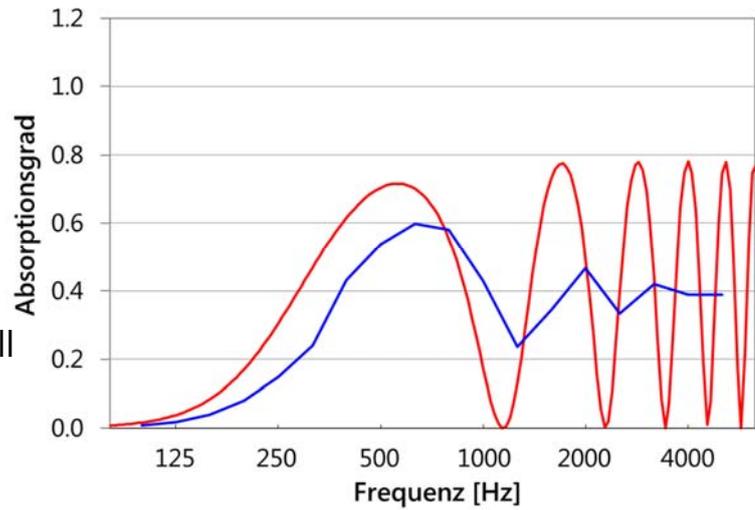
150 mm

Flächengewicht:

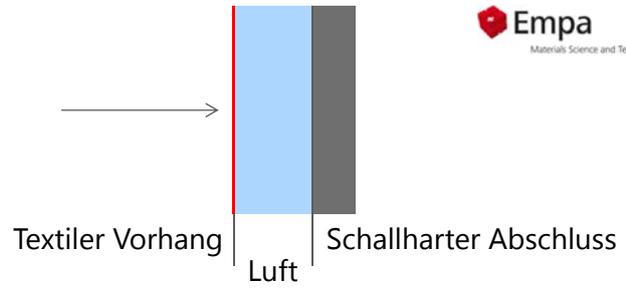
100 g/m²

— Senkrechter Schalleinfall

— Hallraum



Flächenvorhang mehrere Vorhänge



Spez. Strömungswiderstand:

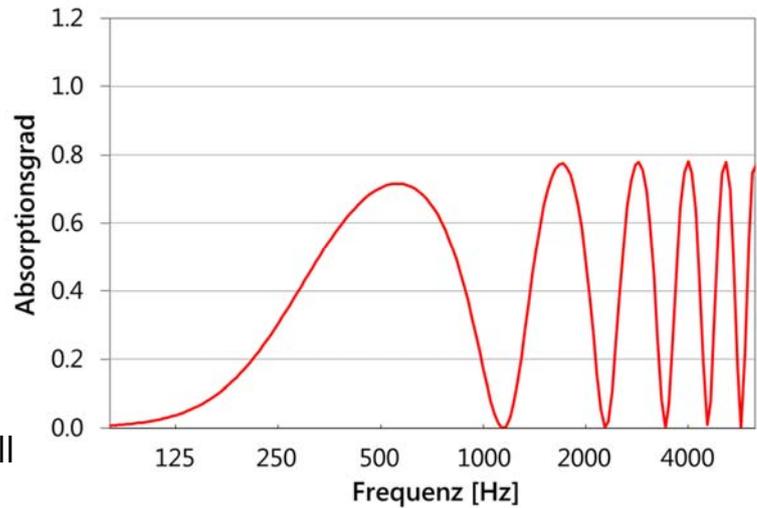
150 Pa·s/m

Flächengewicht:

100 g/m²

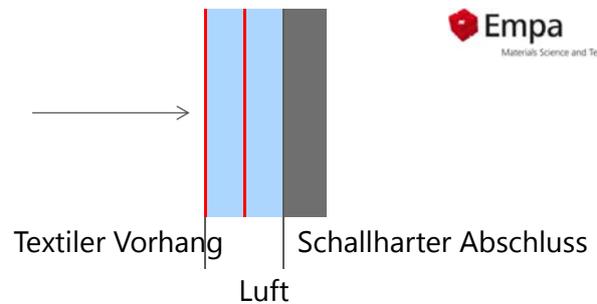
Luftschicht 1:

150 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang mehrere Vorhänge



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

Flächengewicht:

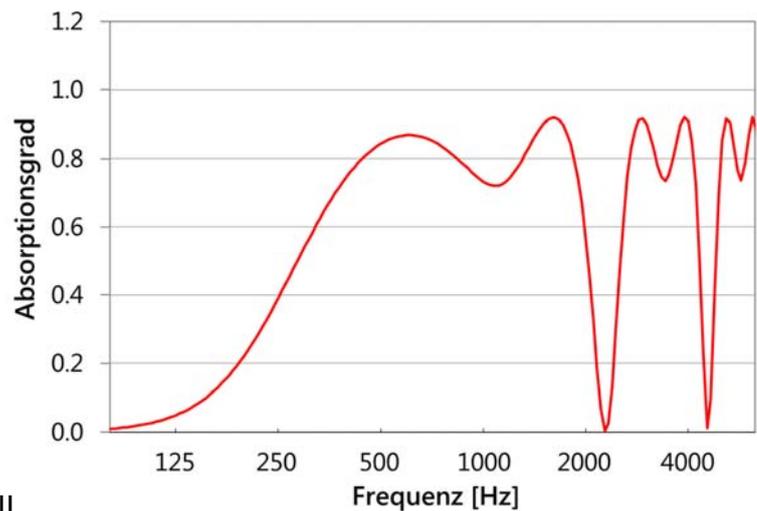
100 g/m²

Luftschicht 1:

75 mm

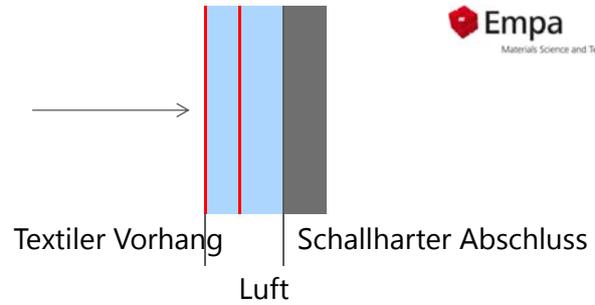
Luftschicht 2:

75 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang mehrere Vorhänge



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

Flächengewicht:

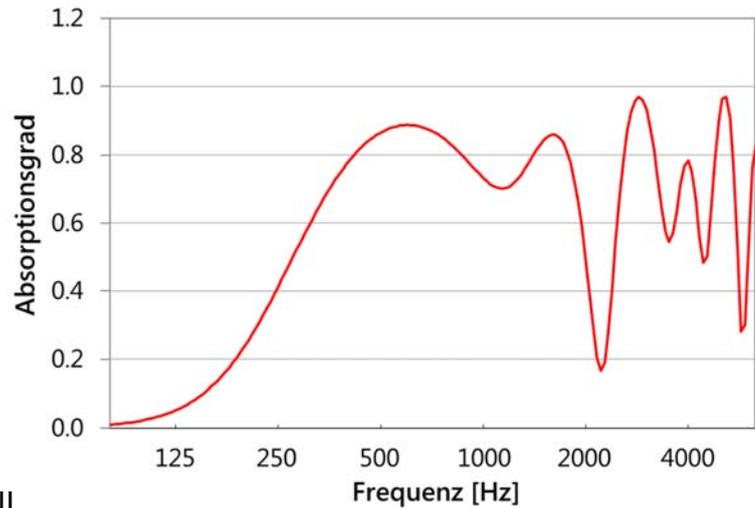
100 g/m²

Luftschicht 1:

85 mm

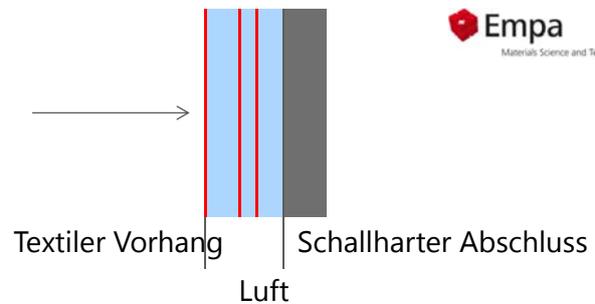
Luftschicht 2:

65 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang mehrere Vorhänge



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

Flächengewicht:

100 g/m²

Luftschicht 1:

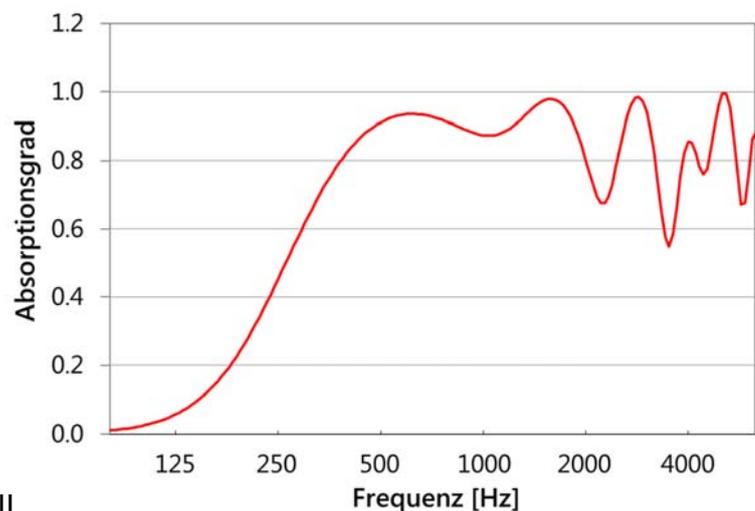
50 mm

Luftschicht 2:

35 mm

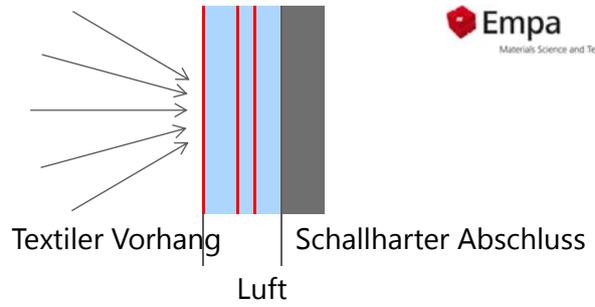
Luftschicht 3:

65 mm



— Senkrechter Schalleinfall

Flächenvorhang mehrere Vorhänge Hallraum



Spez. Strömungswiderstand:

150 Pa·s/m

Flächengewicht:

100 g/m²

Luftschicht 1:

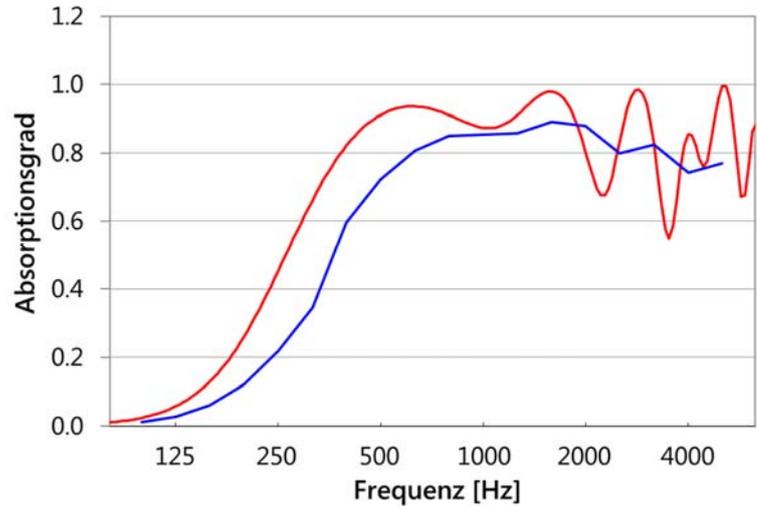
50 mm

Luftschicht 2:

35 mm

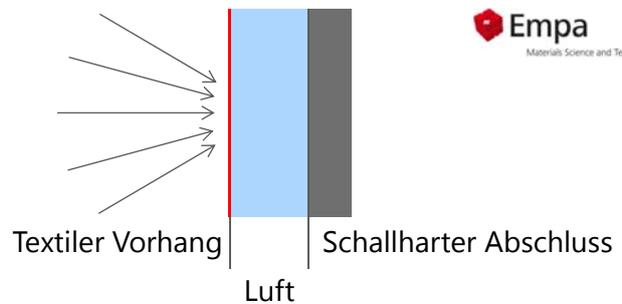
Luftschicht 3:

65 mm



— Senkrechter Schalleinfall — Hallraum

Flächenvorhang Hallraum-Messung



Spez. Strömungswiderstand:

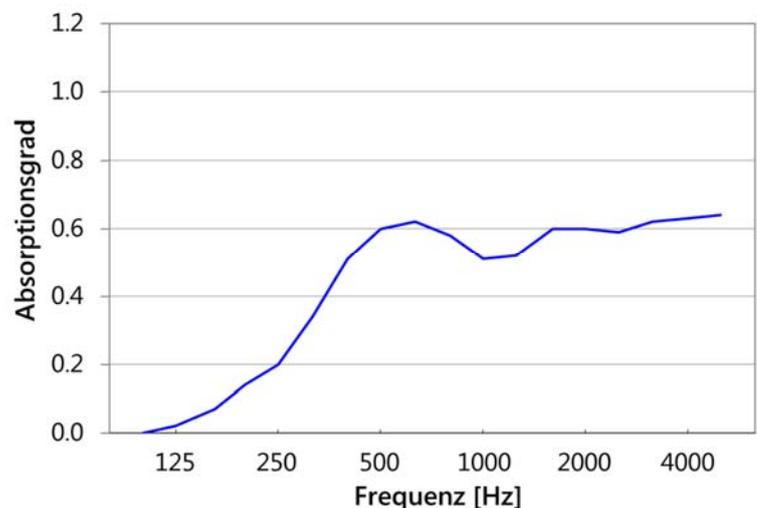
323 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

150 mm

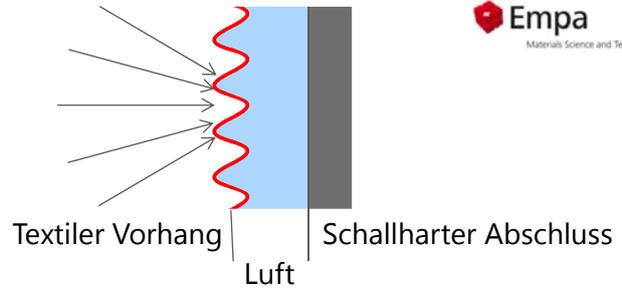
Flächengewicht:

129 g/m²



— Anette Douglas
STREAMER classic

Vorhang 100% Faltung Hallraum



Spez. Strömungswiderstand:

323 Pa·s/m

Abstand zur Wand:

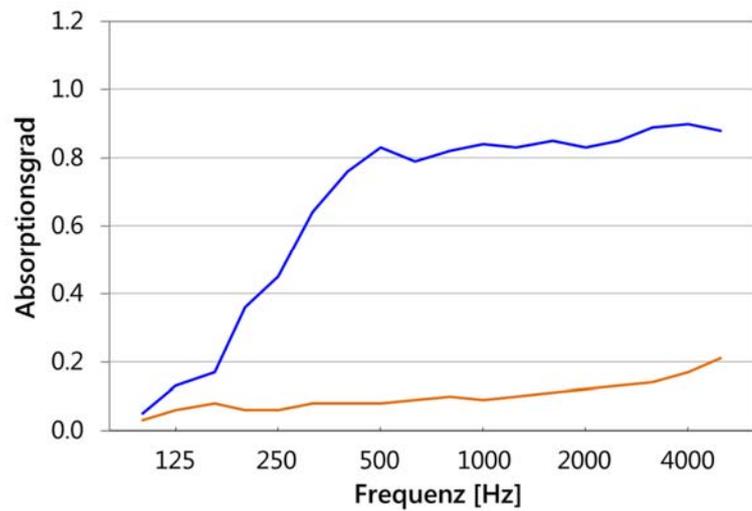
150 mm

Flächengewicht:

129 g/m²

— Anette Douglas
STREAMER classic

— Gewöhnlicher Vorhang



Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

- Einleitung
- **Akustische Grundlagen**
 - Messung / Prognose
 - Poröse Schallabsorber
 - Dünne poröse Schallabsorber
- Exkurs (inkl. Schalldämmung)**
 - Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
 - Beispiele



Schall**dämmung** mit Textilien?



 **SCHALLDÄMMEND**
Genießen Sie den akustischen Komfort

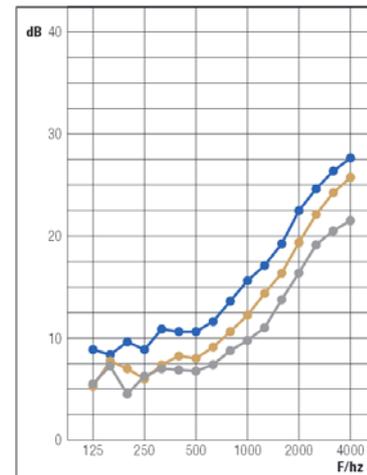
Schalldämmende Vorhänge
7 dB
Lärmschutz

Komfort?
Wem 7 dB genügen, o.k. ...

Schalldämmung mit Textilien?

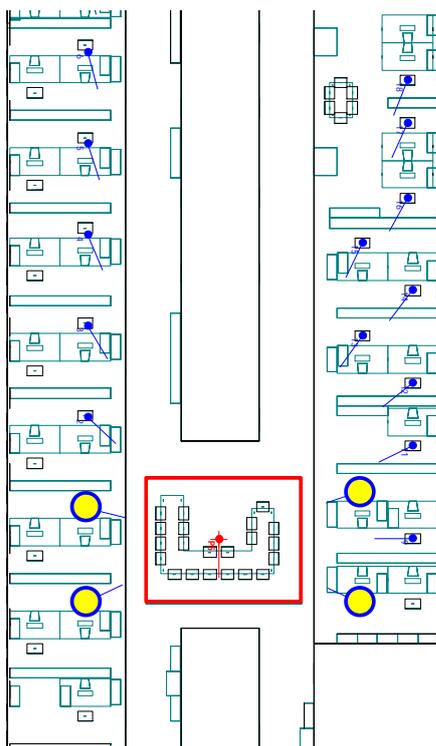


- «Gewöhnliche Vorhänge: schlechte Schalldämmung
- Spezialvorhänge notwendig, z.B.



http://www.schmelzle.de/projektdetail_de_327.html - <http://www.gerriets.com>

Schalldämmung mit schalldämmenden Textilien - Beispiel



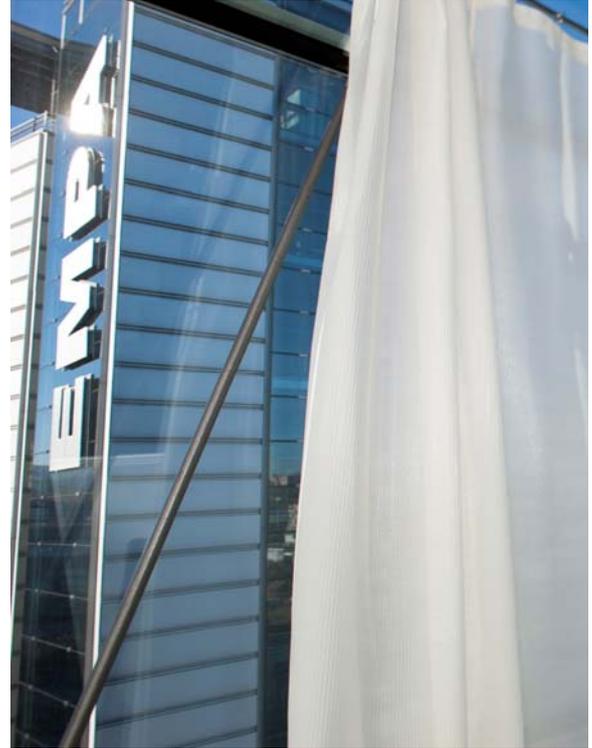
Schalldämmende Spezialvorhänge.
Hintergrundgeräusch 38 dB(A)

Höhe der Vorhänge in Meter	Max. STI in der Nähe
-	0.65
1.8 m	0.55
2.0 m	0.53
2.2 m	0.37 !
2.3 m (Raumhöhe)	0.19 !

Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

- Einleitung
- **Akustische Grundlagen**
 - Messung / Prognose
 - Poröse Schallabsorber
 - **Dünne poröse Schallabsorber**
(inkl. Schalldämmung)
- Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- Beispiele



Im Raum frei hängende Vorhänge Schalldämmung in der Regel gering! **Schallabsorption?**



Im Raum frei hängende Vorhänge¹ Messungen und Berechnungen² der Empa 2016



¹ siehe auch: A. Alonso and F. Martellotta, Room acoustic modelling of textile materials hung freely in space: from the reverberation chamber to ancient churches, *Journal of Building Performance Simulation*, 2015

² Berechnungsverfahren werden demnächst in einem Journal-Paper publiziert: Pieren, R., Schäffer, B., Schoenwald S., Eggenschwiler, K., Statistical sound absorption of textile curtains depending on fullness and backing conditions: Experimental data and modelling results.

Im Raum frei hängende Vorhänge Messungen der Empa 2016



- Vorhang «Streamer»
- Flach und gefaltet (100 %) im Hallraum
- gefaltet: $S_1 = 6.5 \text{ m}^2$
- flach: $S_2 = 13 \text{ m}^2$
- Messergebnisse:
 - Äquiv. Absorptionsfläche A_1
 - Äquiv. Absorptionsfläche A_2
- Berechnung des Schallabsorptionsgrad α_s
 - $\alpha_{s1} = A_1 / (S_1)$
 - $\alpha_{s2} = A_2 / (S_2)$

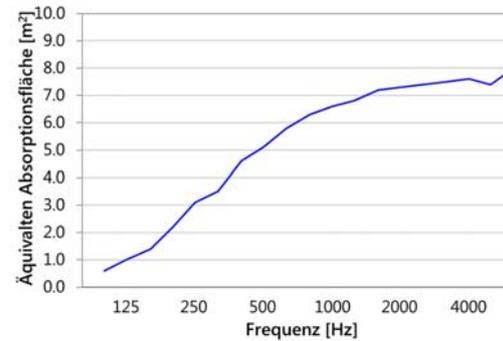
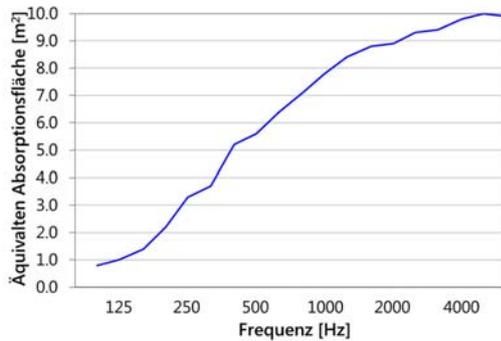
Im Raum frei hängende Vorhänge

Messungen der Empa 2016

Äquivalente Absorptionsfläche A

13 m² «Streamer» flach

6.5 m² «Streamer» gefaltet (100%)



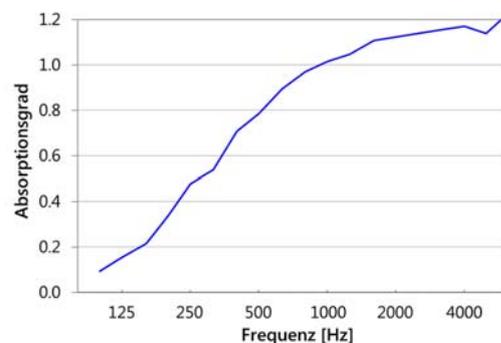
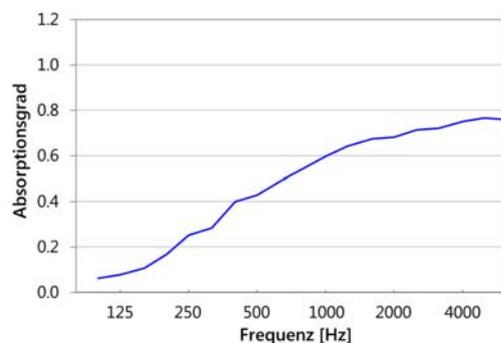
Im Raum frei hängende Vorhänge

Messungen der Empa 2016

Schallabsorptionsgrad α_s

«Streamer» flach

«Streamer» gefaltet (100%)



$$\alpha_s = \frac{A_{flach}}{13 \text{ m}^2}$$

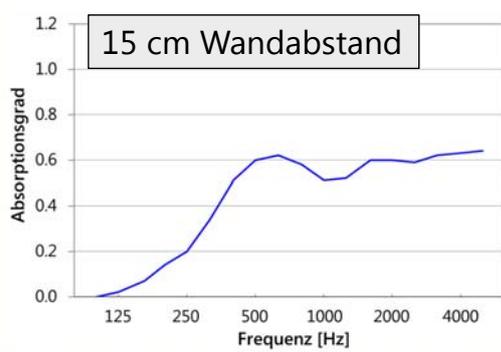
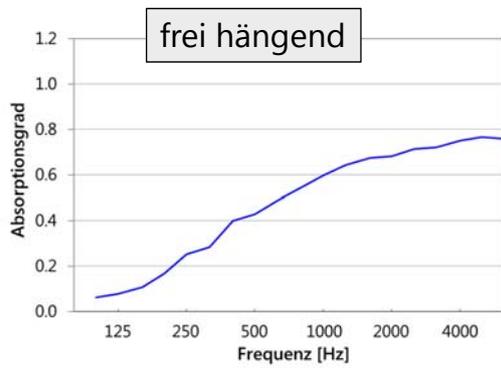
$$\alpha_s = \frac{A_{gefaltet}}{6.5 \text{ m}^2}$$

→ Berechnung des α_s , so dass ein Vergleich mit Vorhängen an den Wänden möglich.

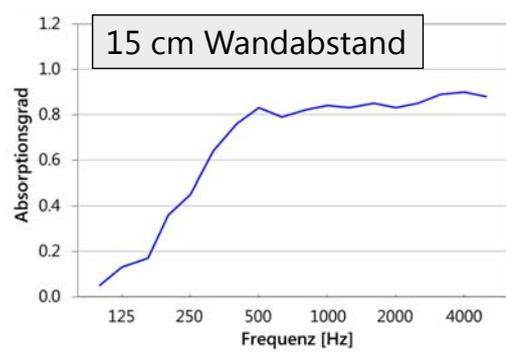
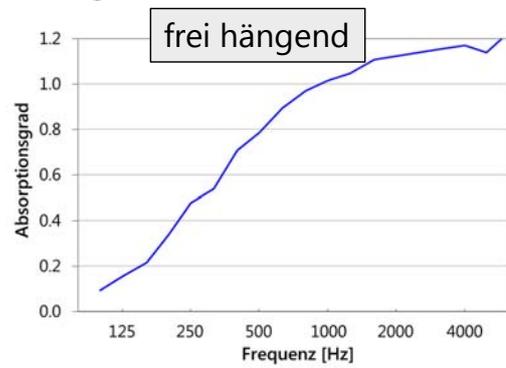
Im Raum frei hängende Vorhänge Vergleich mit Vorhang an Wand

Schallabsorptionsgrad α_s

Streamer flach



Streamer gefaltet 100%



Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

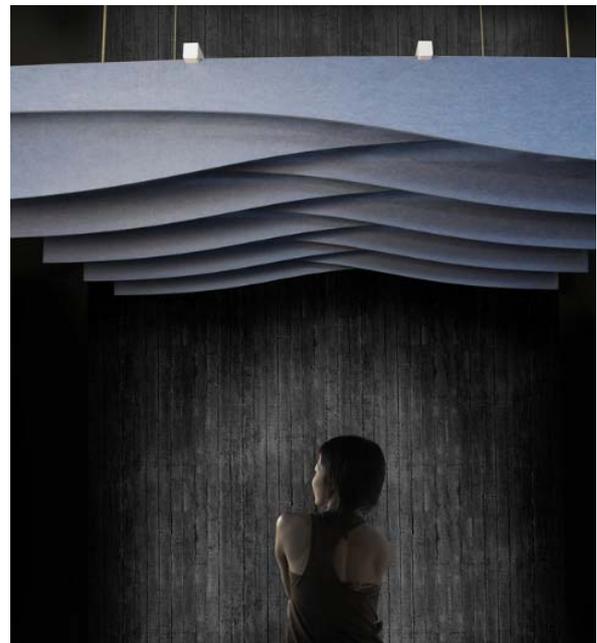
Inhalt

- Einleitung
- Akustische Grundlagen
 - Messung / Prognose
 - Poröse Schallabsorber
 - Dünne poröse Schallabsorber (inkl. Schalldämmung)
- **Anwendung von Textilien in der Raumakustik**
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- Beispiele



Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

- **Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff**
 - Poröser Schallabsorber
 - Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
 - Wandabsorber
 - Stellwände
 - Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen
- ...



Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

- Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
- Wandabsorber
- Stellwände
- Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

■ ...

recycelte Wolle



<http://buzzi.space/>

Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

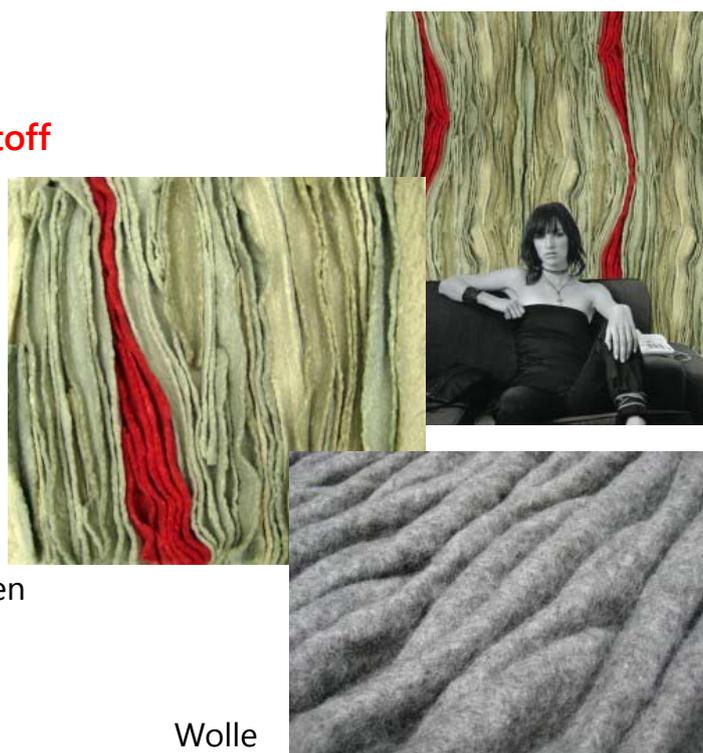
■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

- Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
- Wandabsorber
- Stellwände
- Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

■ ...

Wolle



<http://www.gruenebande.de/wandlung/>
Kurt Eggenschwiler, Empa

Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

- Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
- Wandabsorber
- Stellwände
- Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

■ ...



Wolle

<http://kvadrat.dk/>

Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

- Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
- Wandabsorber
- Stellwände
- Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

■ ...



Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

Deckenabsorber

- Auf der Decke
- Herabgehängte Decke
- Gespannte Textilien
- Segel
- Baffeln

Wandabsorber

Stellwände

Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

...

■ Textile Verkleidungen von Absorbern (Mineralfaser, Schaumstoffe)

- Deckenabsorber, Segel, Baffeln, Wandabsorber, Stellwände, Möbel
- Sitzkissen

Anforderung am den

Spezifischer Strömungswiderstand R_s

$R_{s, \text{Stoffbespannung}} < R_{s, \text{Schallabsorber}}$

Schallabsorbierende Sitzkissen in Kirchen

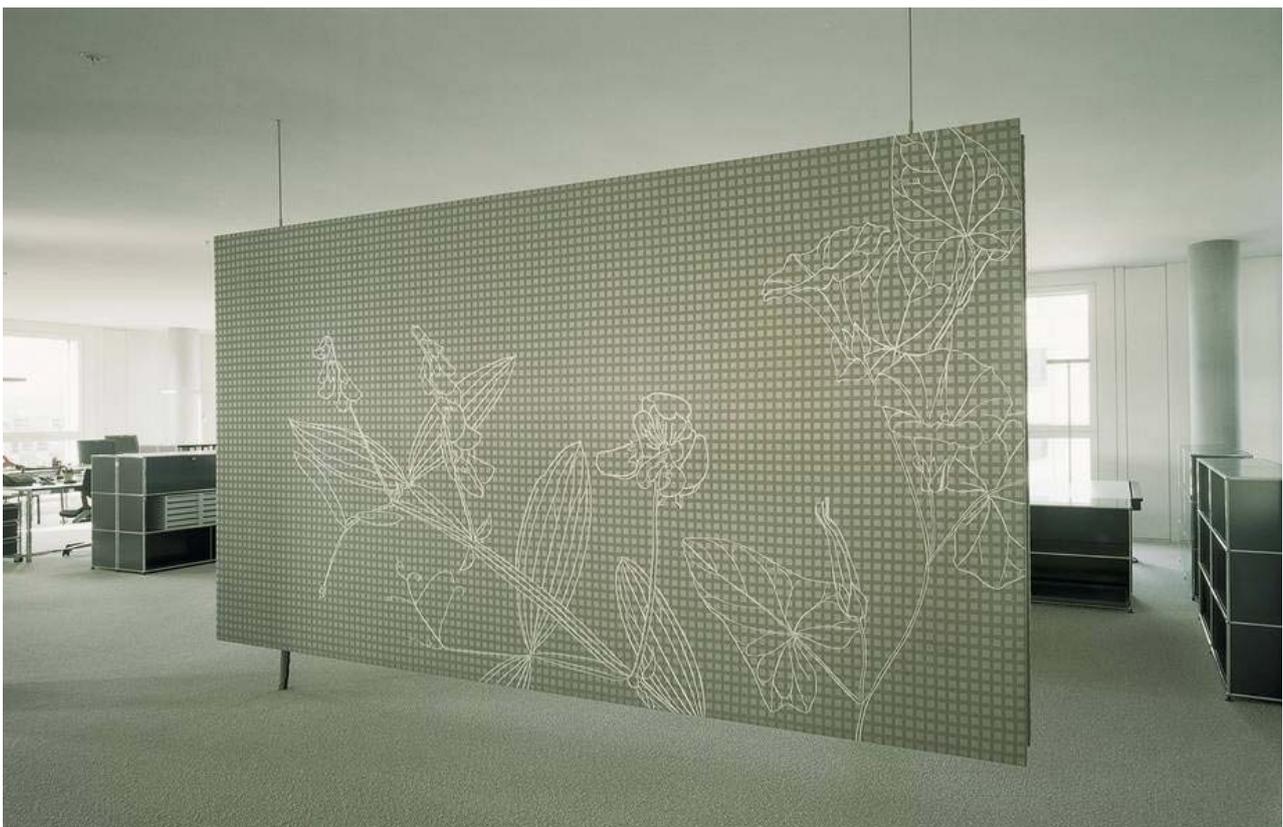


Textile Überzüge über Schallabsorber



<http://rosso-acoustic.com/produkte/rossoacoustic-tp30/tp30-knit>

Textile Überzüge über Schallabsorber



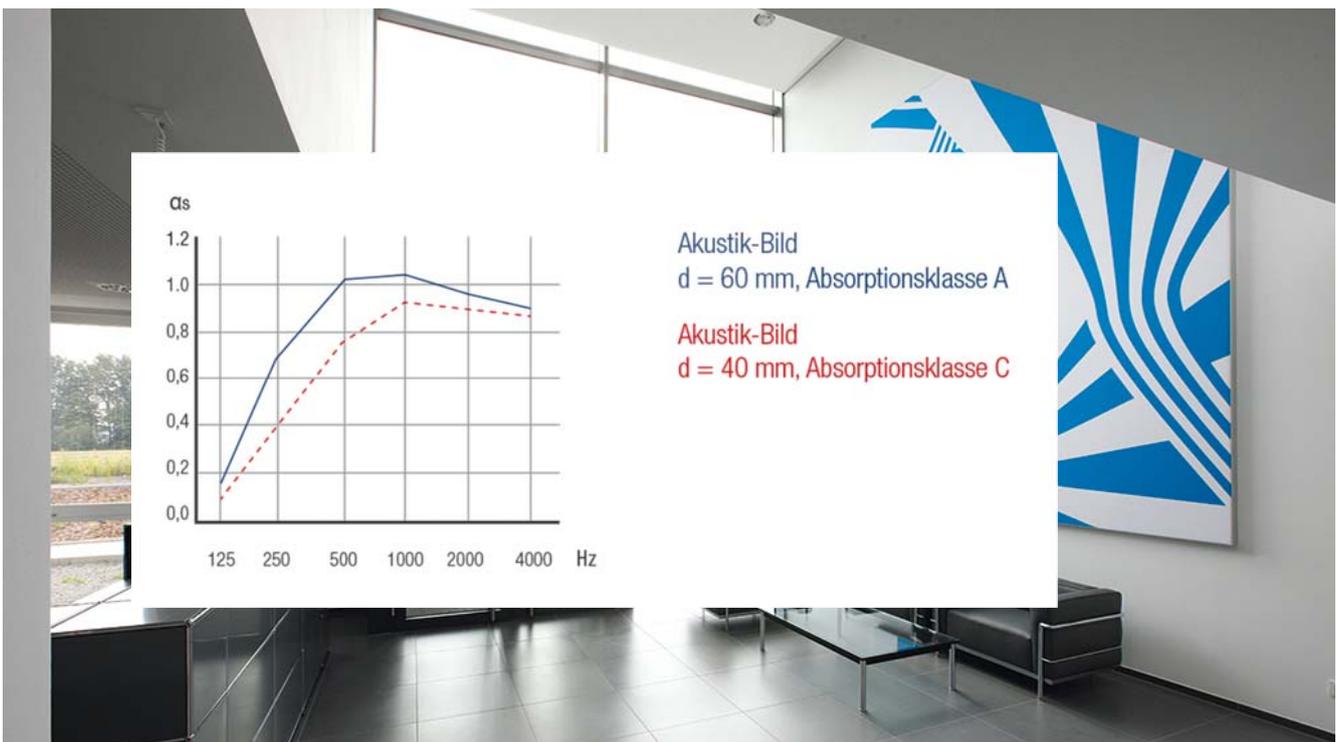
Annette Douglas
2016-08-26

Textile Überzüge über Schallabsorber Wände Pestalozzischulhaus (Aarau Schweiz)



<https://www.creationbaumann.com/de/Referenz-911,,819116.html> - Création Baumann

Akustikbilder



Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

Deckenabsorber

- Auf der Decke
- Herabgehängte Decke
- Gespannte Textilien
- Segel
- Baffeln

Wandabsorber

Stellwände

Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

...

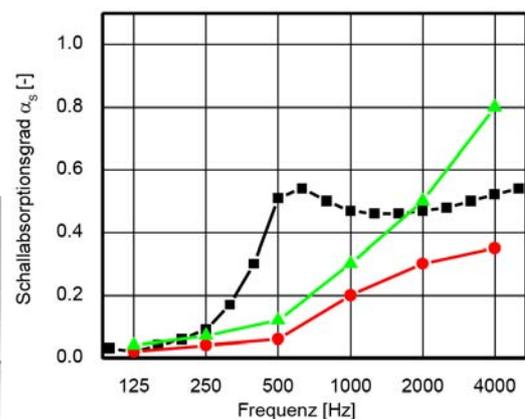
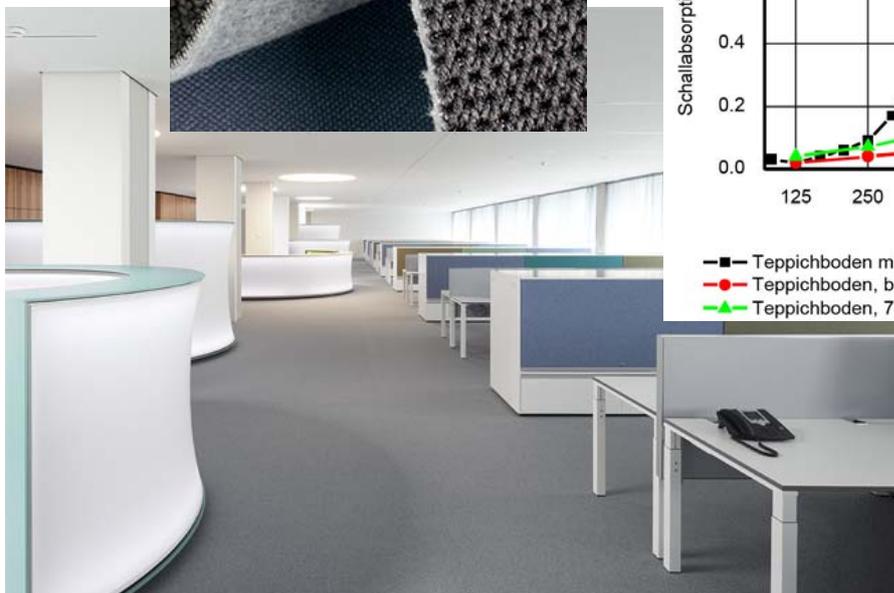
■ Textile Verkleidungen von Absorbern (Mineralfaser, Schaumstoffe)

- Deckenabsorber, Segel, Baffeln, Wandabsorber, Stellwände, Möbel
- Sitzkissen

■ Teppiche

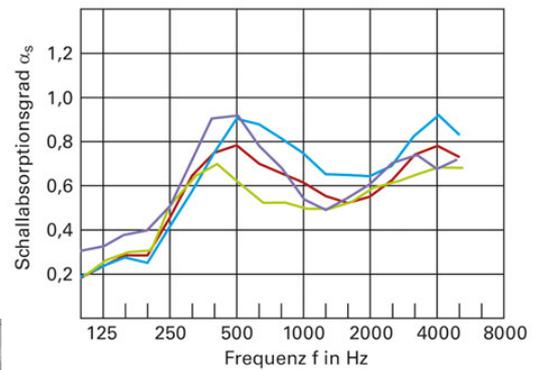
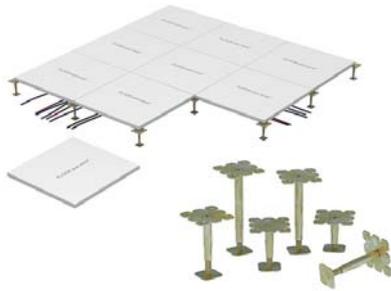
- Teppiche direkt ausgelegt
- Teppichsysteme

Teppiche



- Teppichboden mit Akustikrücken
- Teppichboden, bis 6 mm Florhöhe nach DIN 18041
- Teppichboden, 7-10 mm Florhöhe nach DIN 18041

Teppiche



http://www.lindner-group.com/de_DE/produkte/bodensysteme.html

C. Nocke, 4. HolzBauSpezial Akustik & Brandschutz 2013

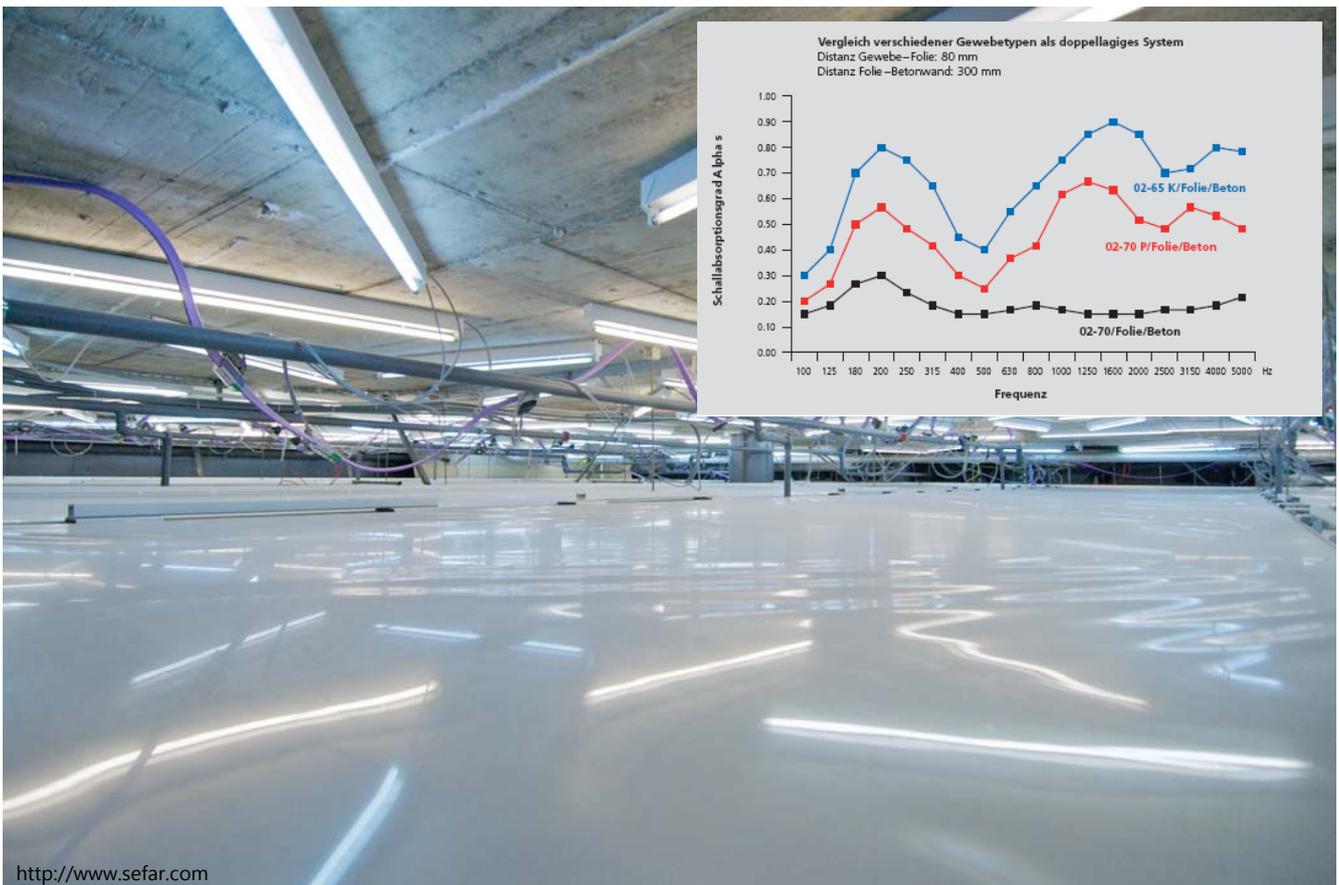
Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

- **Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff**
 - Poröser Schallabsorber
 - Deckenabsorber
 - Auf der Decke
 - Herabgehängte Decke
 - Gespannte Textilien
 - Segel
 - Baffeln
 - Wandabsorber
 - Stellwände
 - Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen
 - ...
- **Textile Verkleidungen von Absorbern (Mineralfaser, Schaumstoffe)**
 - Deckenabsorber, Segel, Baffeln, Wandabsorber, Stellwände, Möbel
 - Sitzkissen
- **Teppiche**
 - Teppiche direkt ausgelegt
 - Teppichsysteme
- **Gespannte Textilien**

Gespannte Textilien



Gespannte Textilien



Anwendungen von Textilien in der Raumakustik

■ Textiles Material statt Mineralfaser oder Schaumstoff

→ Poröser Schallabsorber

Deckenabsorber

- Auf der Decke
- Herabgehängte Decke
- Gespannte Textilien
- Segel
- Baffeln

Wandabsorber

Stellwände

Möbel, Bestuhlung, Sitzkissen

...

■ Textile Verkleidungen von Absorbern (Mineralfaser, Schaumstoffe

- Deckenabsorber , Segel, Baffeln, Wandabsorber, Stellwände, Möbel
- Sitzkissen

■ Teppiche

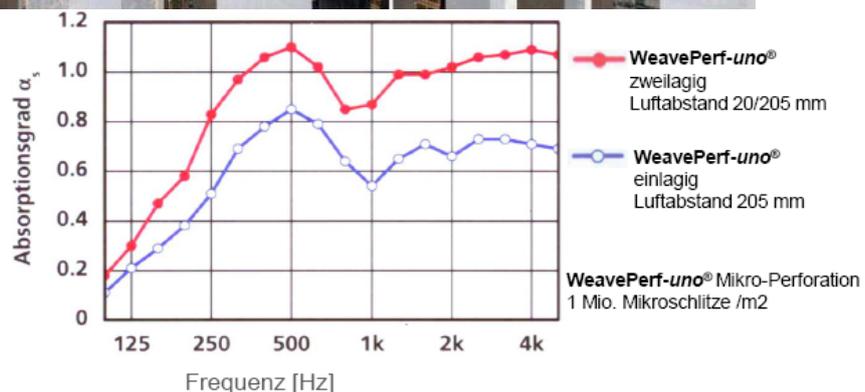
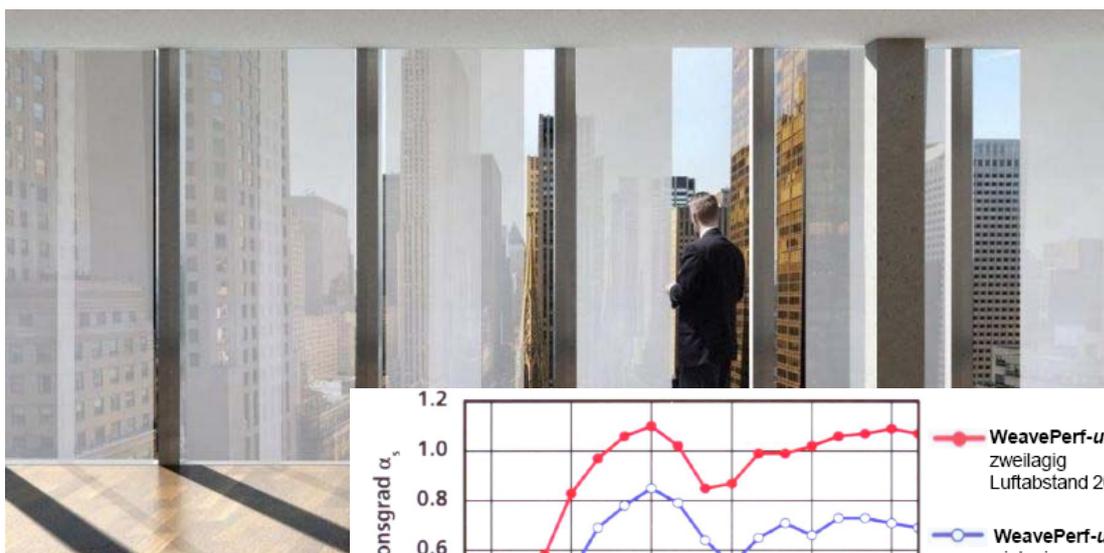
- Teppiche direkt ausgelegt
- Teppichsysteme

■ Gespannte Textilien

■ Vorhänge

- Flächenvorhänge
- Gefalteter Vorhänge
- Vorhänge frei im Raum
- ...

Mikroperforierte Flachvorhänge Akustik & Innovation



Weltweit erste lichtdurchlässige, leichte und schallabsorbierende Vorhänge: Projekt Annette Douglas / Weisbrod-Zürcher-Empa



<http://www.douglas-textiles.ch/>

Weltweit erste lichtdurchlässige, leichte und schallabsorbierende Vorhänge



<http://www.douglas-textiles.ch/>
2016-08-26

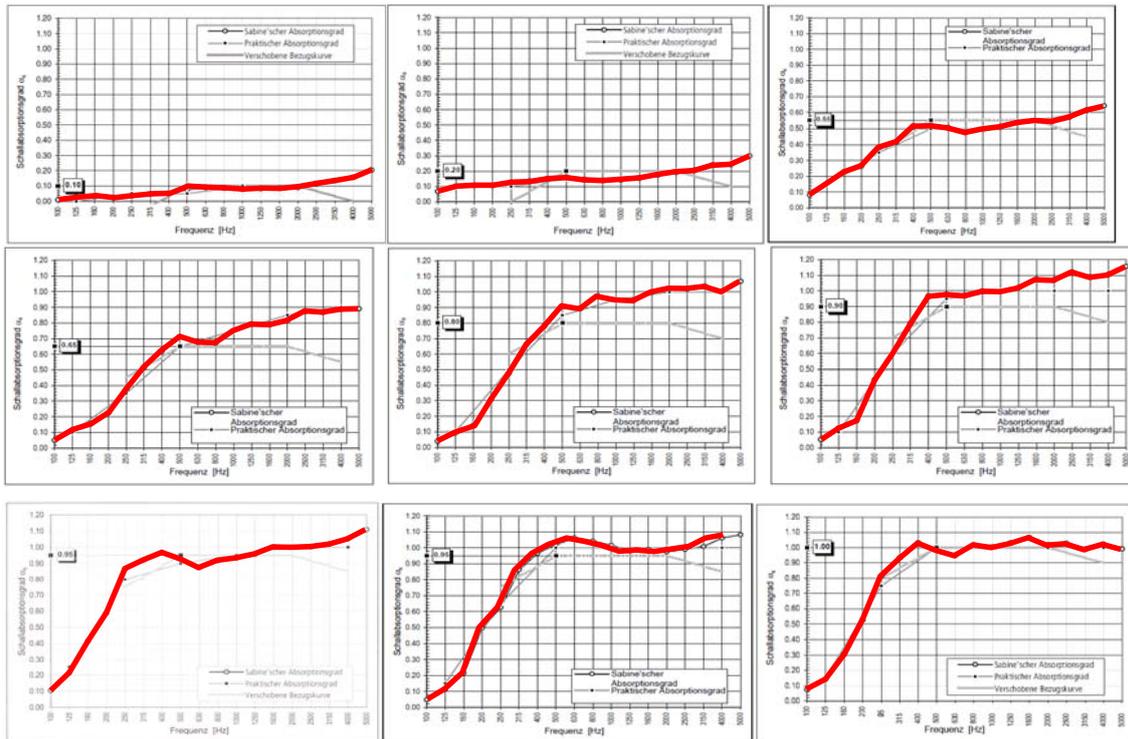
Awards



Blickdichte Vorhänge



Gefaltete Vorhänge grosse Spannweite von Absorption Messdaten wichtig für Planung:



<https://www.creationbaumann.com>

Textilien in der akustischen Raumgestaltung – mehr als grauer Filz

Inhalt

- Einleitung
- Akustische Grundlagen
 - Messung / Prognose
 - Poröse Schallabsorber
 - Dünne poröse Schallabsorber (inkl. Schalldämmung)
- Anwendung von Textilien in der Raumakustik
 - Textile Absorber auf Boden, Wand und an der Decke
 - Sitzkissen
 - Gespannte Textilien, Flachvorhänge
 - Gefaltete Vorhänge
- **Beispiele**





Bildquelle: <http://www.akzent-media.ch> (Internationales Europaforum)



Bildquelle: <http://www.akzent-media.ch> (Internationales Europaforum)



Musikinsel Rheinau

Architektur: Bembé Dellinger

Akustik: Eckhard Kahle

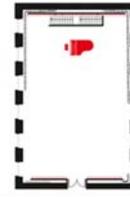
Siehe auch
Multibook of
Architectural
Acoustics



<http://arac-multibook.com/>

<https://player.vimeo.com/video/123706957?title=0&byline=0&portrait=0>

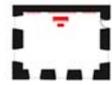
MUSIKSAAL
Fläche: 245 m²/Parkett
19,90 m x 12,30 m
Höhe: 7 m
Akustikelemente (170 m²)
Flügel



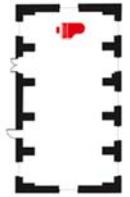
PROBERAUM 6
Fläche: 59 m²/Parkett
8,80 m x 6,70 m
Höhe: 3,50 m/Stuckdecke
Akustikelemente (7,4 m²)
Kluster



PROBERAUM 21
Fläche: 66 m²/Parkett
9,30 m x 7,10 m
Höhe: 3,10 m/Stuckdecke
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



ALTE BIBLIOTHEK
Fläche: 184 m²/Parkett
19,40 m x 9,50 m
Höhe: 6,10 m/Stuckdecke
Flügel



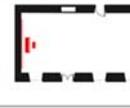
PROBERAUM 8
Fläche: 50 m²/Parkett
8,60 m x 5,80 m
Höhe: 4,10 m/Holzdecke
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



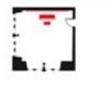
PROBERAUM 13
Fläche: 36 m²/Parkett
6,10 m x 5,90 m
Höhe: 3,30 m
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



PROBERAUM 4
Fläche: 102 m²/Parkett
14,40 m x 7,10 m
Höhe: 4,10 m/Gewölbe
Akustikelemente (19,8 m²)
Kluster



PROBERAUM 23
Fläche: 38 m²/Parkett
6,30 m x 6,10 m
Höhe: 3,30 m
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



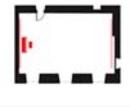
PROBERAUM 7
Fläche: 79 m²/Parkett
12,60 m x 6,30 m
Höhe: 4,10 m/Kassettendecke
Akustikelemente (9,9 m²)
Flügel



PROBERAUM 3
Fläche: 21 m²/Teppich
7,10 m x 3 m
Höhe: 3,70 m/Gewölbe
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



PROBERAUM 2
Fläche: 76 m²/Teppich
10,70 m x 7,10 m
Höhe: 3,70 m/Gewölbe
Akustikelemente (19,8 m²)
Kluster



PROBERAUM 9
Fläche: 15 m²/Teppich
8,70 m x 2,30 m
Höhe: 4 m/Gewölbe
Akustikelemente (9,9 m²)
Kluster



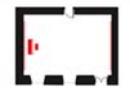
PROBERAUM 5
Fläche: 72 m²/Teppich
10,10 m x 7,10 m
Höhe: 4 m/Gewölbe
Akustikelemente (19,8 m²)
Kluster



PROBERAUM 12
Fläche: 13 m²/Teppich
3,60 m x 3,50 m
Höhe: 3,30 m
Akustikelemente (4,9 m²)
Kluster



PROBERAUM 1
Fläche: 75 m²/Parkett
10,20 m x 7 m
Höhe: 3,70 m/Gewölbe
Akustikelemente (19,8 m²)
Kluster



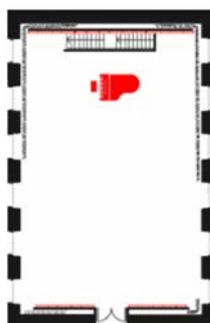
PROBERAUM 22
Fläche: 13 m²/Teppich
3,70 m x 3,50 m
Höhe: 3,30 m
Akustikelemente (4,9 m²)
Kluster



Bilder: www.musikinsel.ch



Empa
Materials Science and Technology



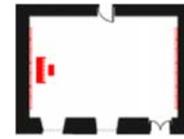
Fläche: 245 m² (19,9 x 12,3 m)
Boden: Eichenparkett
Höhe: 7 m

Akustik: Eckhard Kahle
Vorhänge: Annette Douglas
Wand: Beat Zoderer



Variable Akustik Rheinau





Fläche: 102 m² (14.4 x 7.1 m)
 Boden: Parkett, geölt
 Teppich: zwei à je 3.5 x 6 m
 Höhe: 4.1 m (Gewölbe)

Fläche: 72 m² (10.1 x 7.1 m)
 Boden: Spannteppich
 Höhe: 4.0 m (Gewölbe)

Bilder: www.musikinsel.ch



Fläche: 21 m² (7.1 x 3 m)
 Boden: Spannteppich
 Höhe: 3.7 m (Gewölbe)

Fläche: 36 m² (6.1 x 5.9 m)
 Boden: Parkett, geölt
 Teppich: 4 x 3.5 m
 Höhe: 3.3 m (flach)

Bilder: www.musikinsel.ch
 2016-08-26



Toni Areal ZhdK 2014

Architektur: EM2N Fachplaner Akustik: Wichser Akustik + Bauphysik,
Spezialisten Akustik: applied acoustics GmbH

Bilder: ZhdK



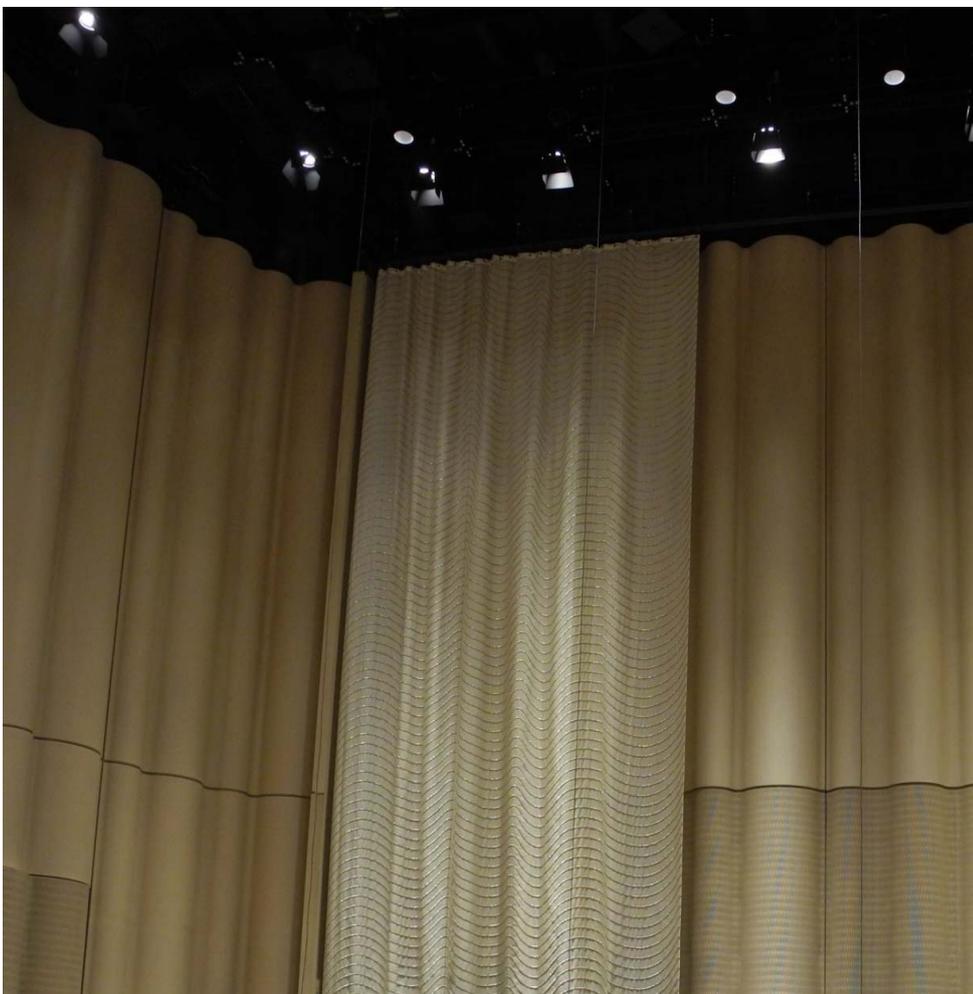
Orgelsaal

Bilder: ZhdK
2016-08-26

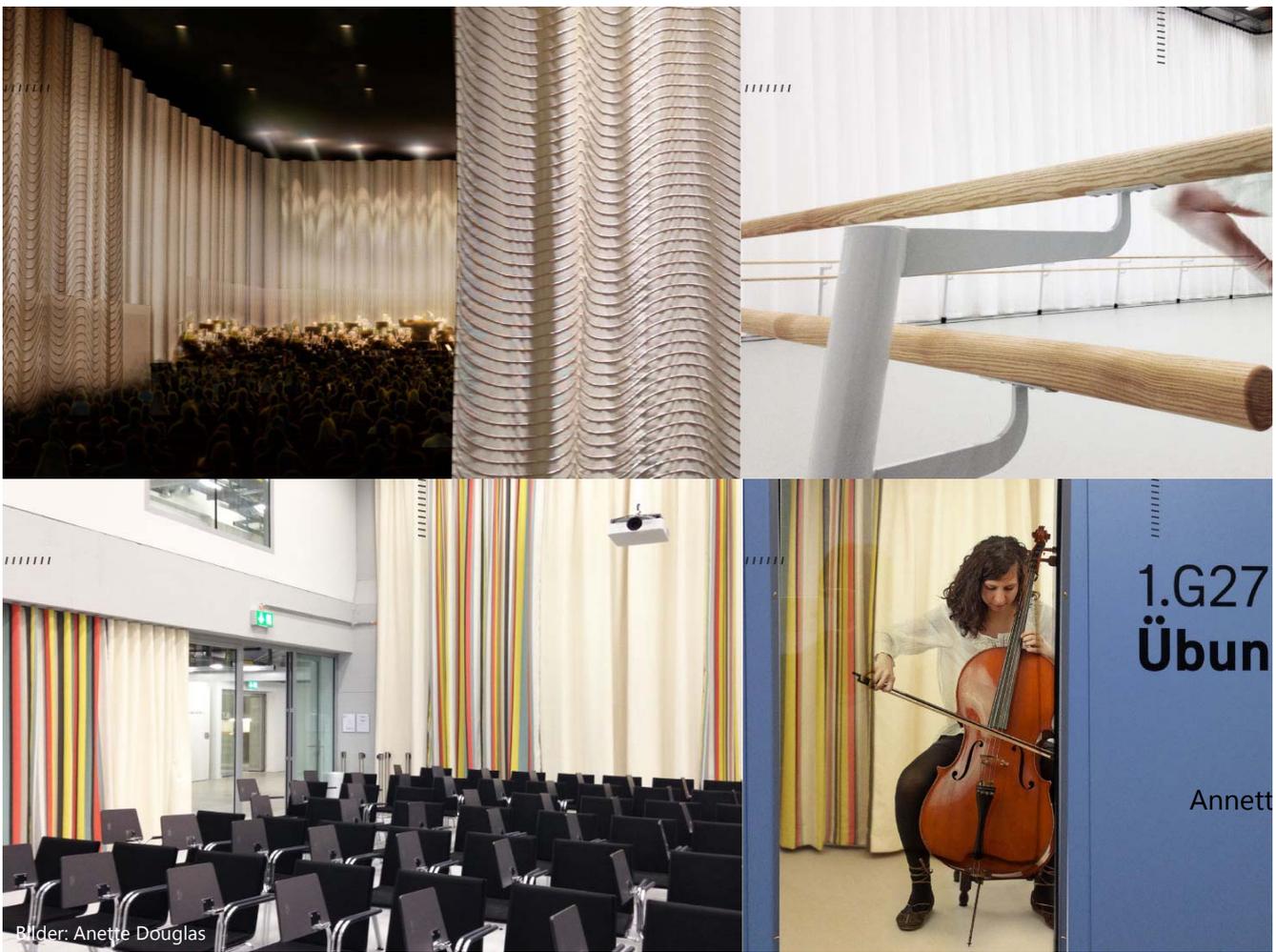


Grosser Konzertsaal

Bilder: ZhdK



Grosser Saal
Vorhänge



Textilien in der Raumakustik

- Heute grosse Auswahl von gut gestalteten Produkten zur Schallabsorption
- Für die Akustik zählt der bezüglich den Anforderungen optimale **Schallabsorptionsgrad $\alpha_s(f)$**