

Hörgerechte Raumakustik für Alle

Rechenverfahren

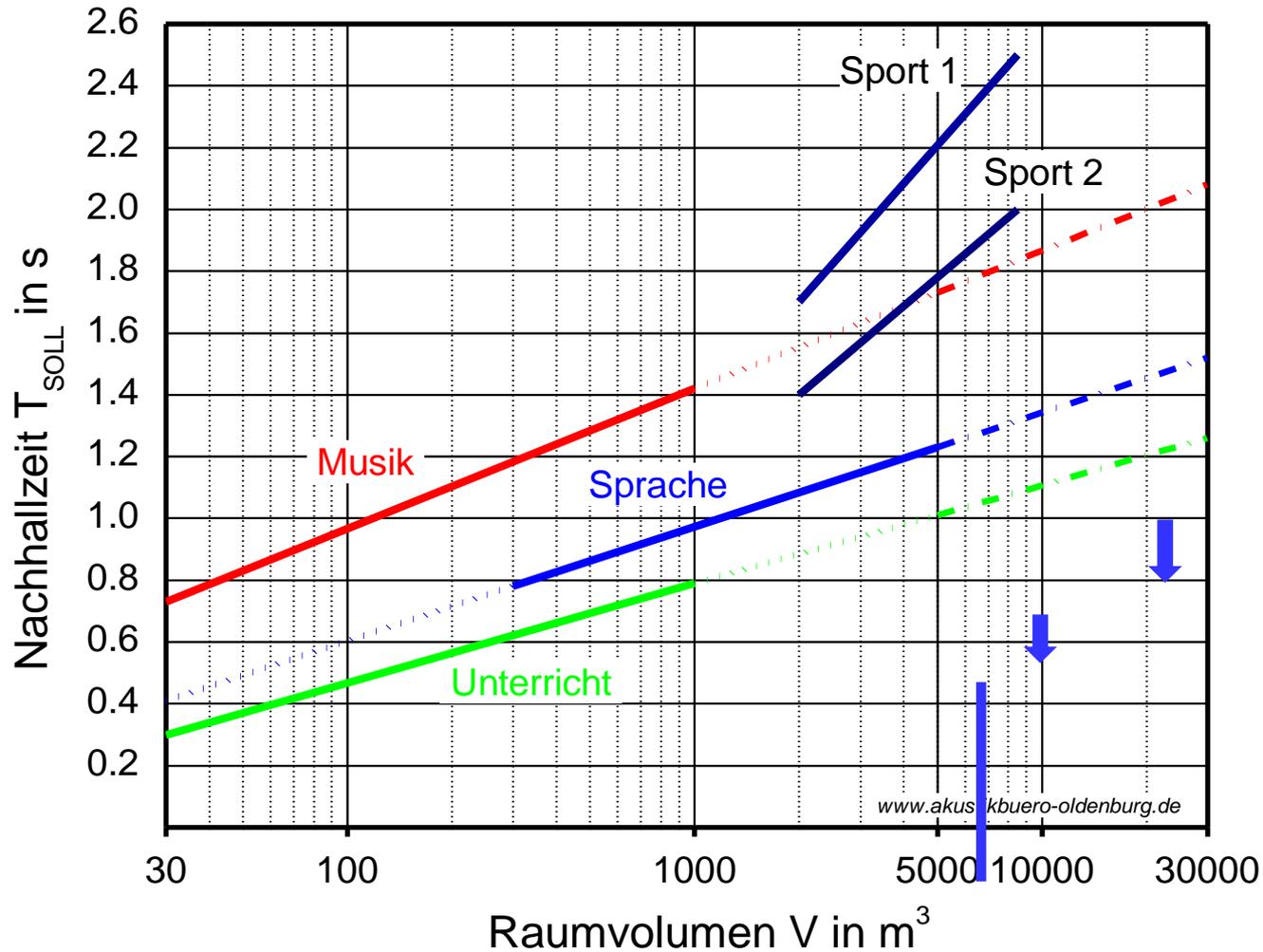
Material-Kennwerte

Bautechnische Umsetzungen

Preis-Fallen

Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart

2016



Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart

2016

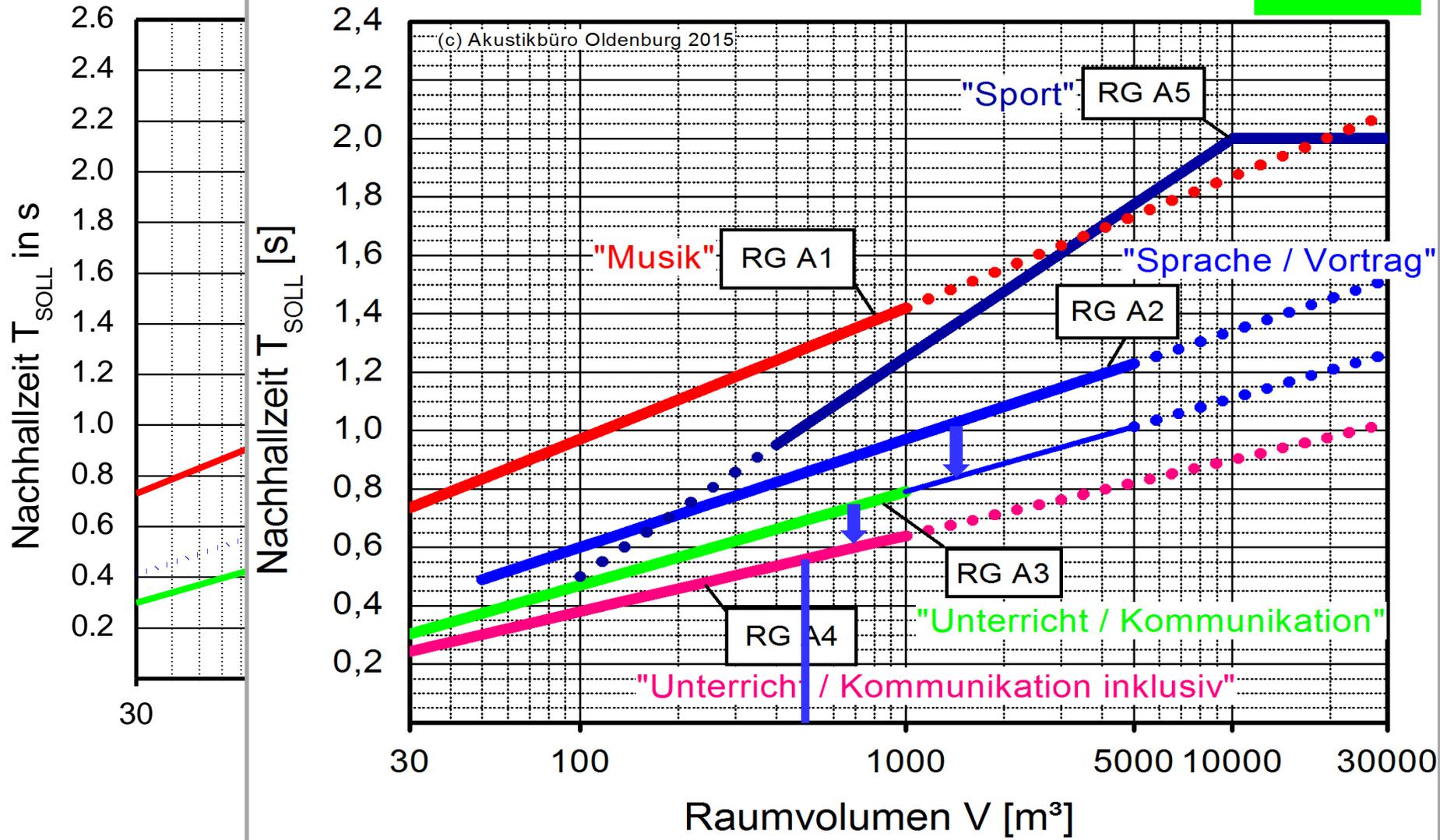
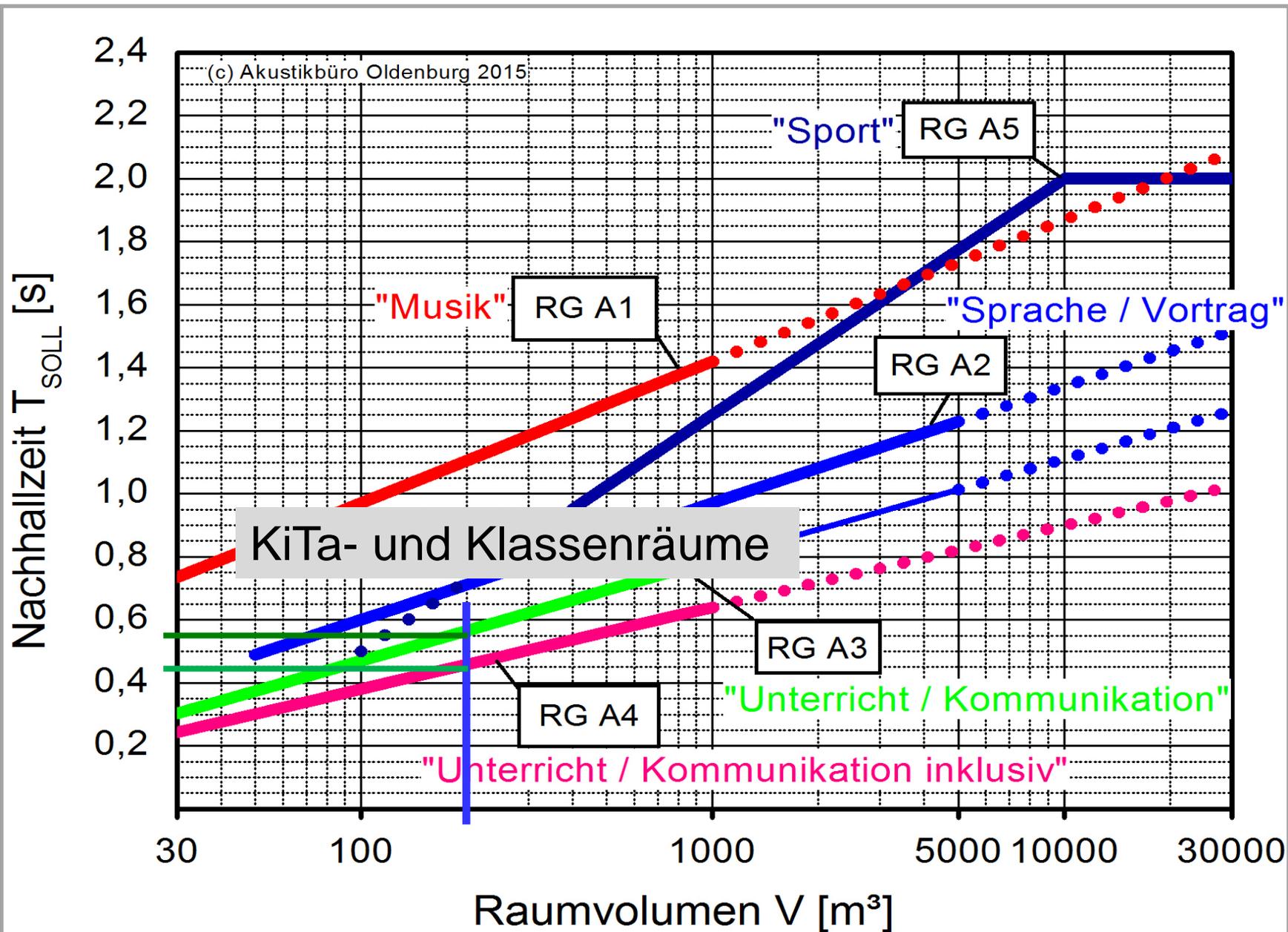


Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

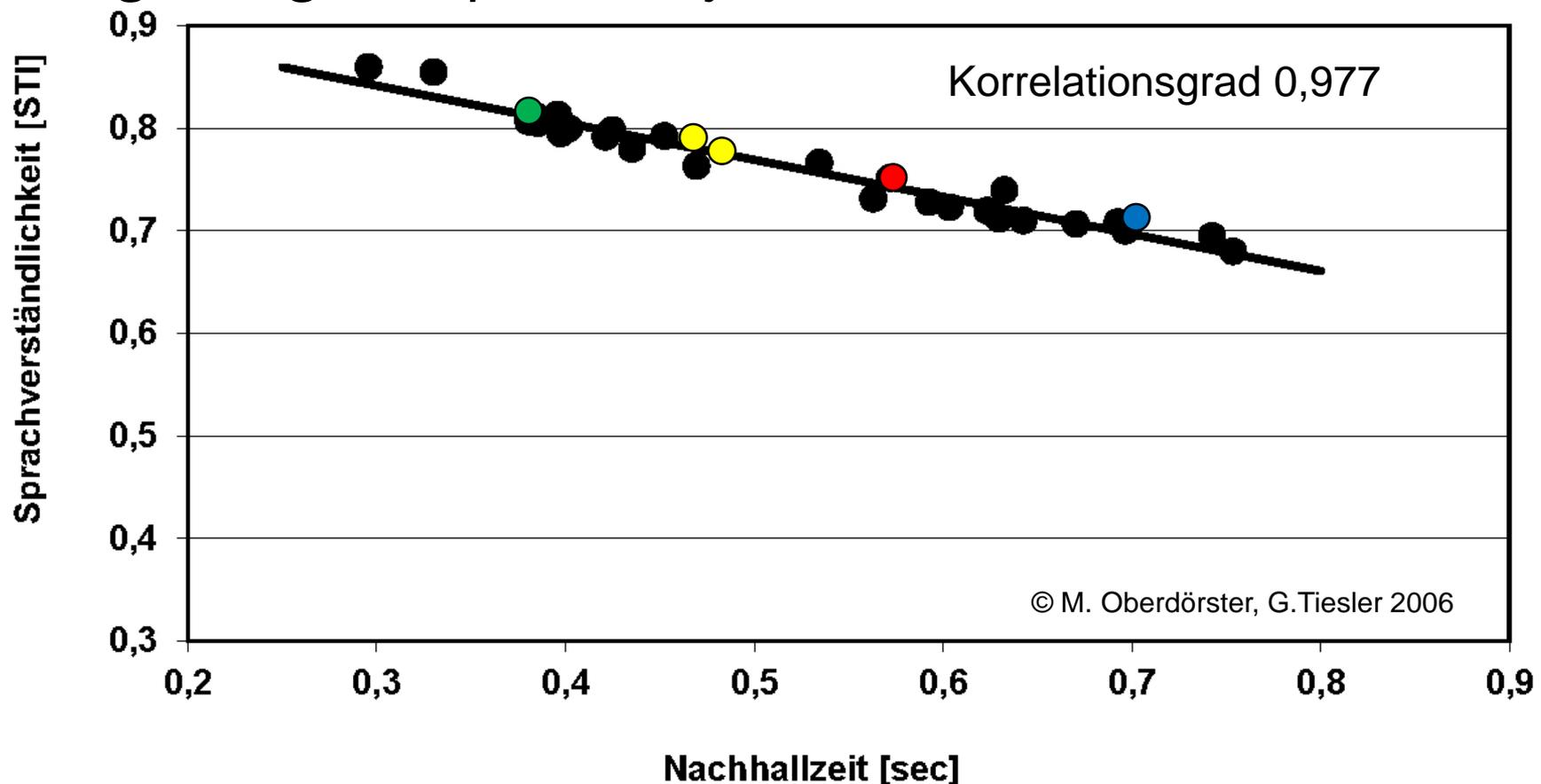
Raum-Gruppe	Kurzbezeichnung und Beschreibung der Nutzungsart	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
	<p>Kurzbezeichnung: „Unterricht / Kommunikation“</p> <p>Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum</p>	<p>Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich.</p>	<p>Unterrichtsraum, Hörsaal, Tagungsraum, Seminarraum, Gruppenraum in Kindergärten und Kindertagesstätten, Seniorenheimen</p> <p>Nicht geeignet für inklusive Nutzung</p>
RG A4	<p>Kurzbezeichnung: „Unterricht / Kommunikation inklusiv“</p> <p>Kommunikationsintensive Nutzungen mit mehreren gleichzeitigen Sprechern verteilt im Raum entsprechend RG A3, jedoch für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind</p> <p>Für Räume größer als 500 m³ und für musikalische Nutzungen ist diese Nutzungsart nicht geeignet.</p>	<p>Sprachliche Kommunikation ist mit mehreren (teilweise gleichzeitigen) Sprechern möglich, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei (z.B.) fremdsprachlicher Nutzung.</p>	<p>Unterrichtsraum, Differenzierungsraum, Seminarraum, Tagungsraum, Gruppenraum in Kindergärten, Kindertagesstätten, Seniorenheimen, Video-Konferenzraum, Bürgerbüro</p> <p>Erforderlich für inklusive Nutzung^a</p>
RG A5	<p>Kurzbezeichnung: „Sport“</p> <p>In Sport- und Schwimmhallen für ein breites Publikum kommunizieren mehrere Gruppen (auch gleichzeitig) mit unterschiedlichen Inhalten</p>	<p>Sprachliche Kommunikation über Kommunikationstechnologien ist im Allgemeinen gut möglich.</p>	<p>Sport- und Schwimmhallen für ausschließliche Sportnutzung</p>

^a Gemäß Bundesgleichstellungsgesetz und vergleichbarer Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen sind Neubauten inklusiv zu errichten.

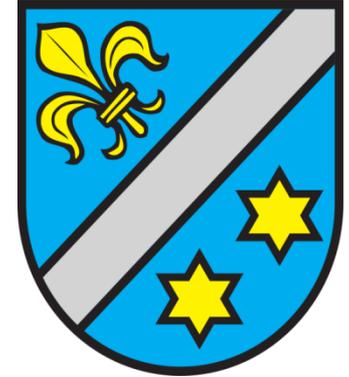
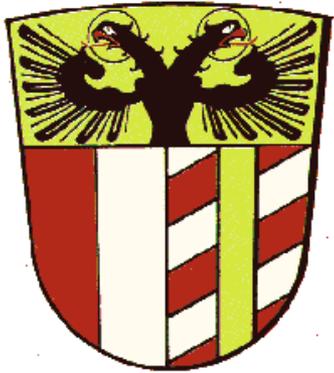


DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

*Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für **Sprachkommunikation** umso **günstiger** empfunden, je **kürzer** die **Nachhallzeit** ist.*



Förderzentrum Augsburg – Schwerpunkt Hören



Michael Pasemann, Sonderschulrektor

Schüler mit AVWS fahren täglich bis zu 200 km, um in unserer akustisch gut ausgestatteten Schule unterrichtet zu werden, weil es wohnortnah keine vergleichbar ausgestattete Schule gibt.

Jährlicher Aufwand/Schüler: etwa **30.000,00 €**

Davon könnte man pro Jahr 5 bis 6 Klassenräume sanieren.

Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



Ausstattung eines Klassenraumes für eine beidseitig
CI-Implantierte Lehrerin von 45 Jahren

Austausch der Deckenplatten im T-Schienen-Raster durch
hochgradig schallabsorbierendes Material.

Einbau eines schallabsorbierenden Rückwand-Paneels.

Aufwand: keine 3.000,- €

Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



Ernst-Ludwig-Schule
Bad Nauheim

g



Ist eine beidseitig CI-Implantierte Lehrerin

etwas Besonderes?

Nein!

1. Sie ist ein Mensch wie Du und ich.
2. Lehrer*innen werden wegen Burnout, Lärmstress und Tinnitus häufig zwischen 57 und 58 Jahren frühpensioniert, das sind ca. 100 Monate Frührente.

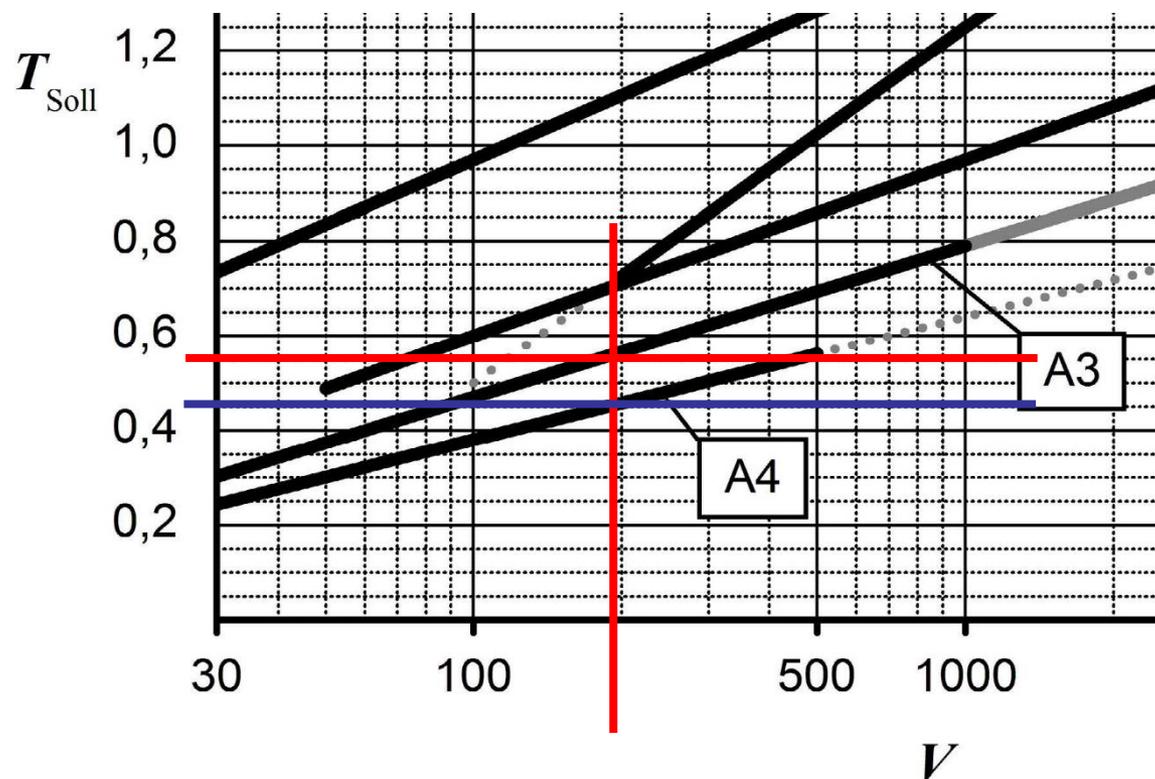
Eine akustische Klassenraumsanierung kostet etwa die Frührente von 3 Monaten.

Baut endlich leise Klassen!

Was kann man zur Verbesserung tun?

Welche Anforderungen bestehen für Klassenräume?

Typische Klassenräume sind etwa 8 m x 8 m x 3 m groß, entsprechend knapp 200 m³.



bisher:

$$T_m = 0,55 \text{ s}$$

jetzt inklusiv:

$$T_m = 0,44 \text{ s}$$

Was kann man zur Verbesserung tun?

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine (1915):

$$T(f) = \frac{0,163 \cdot V}{\sum \alpha_i(f) \cdot S_i + A_{\text{diss}}(f)}$$

T = Nachhallzeit

V = Raumvolumen

α = Schallabsorptionsgrad

S = Auskleidungsfläche

Σ = Summation über alle Oberflächen

A_{diss} = Absorption in Luft (Dissipation) nahe bei 0

Was kann man zur Verbesserung tun?

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine (1915):

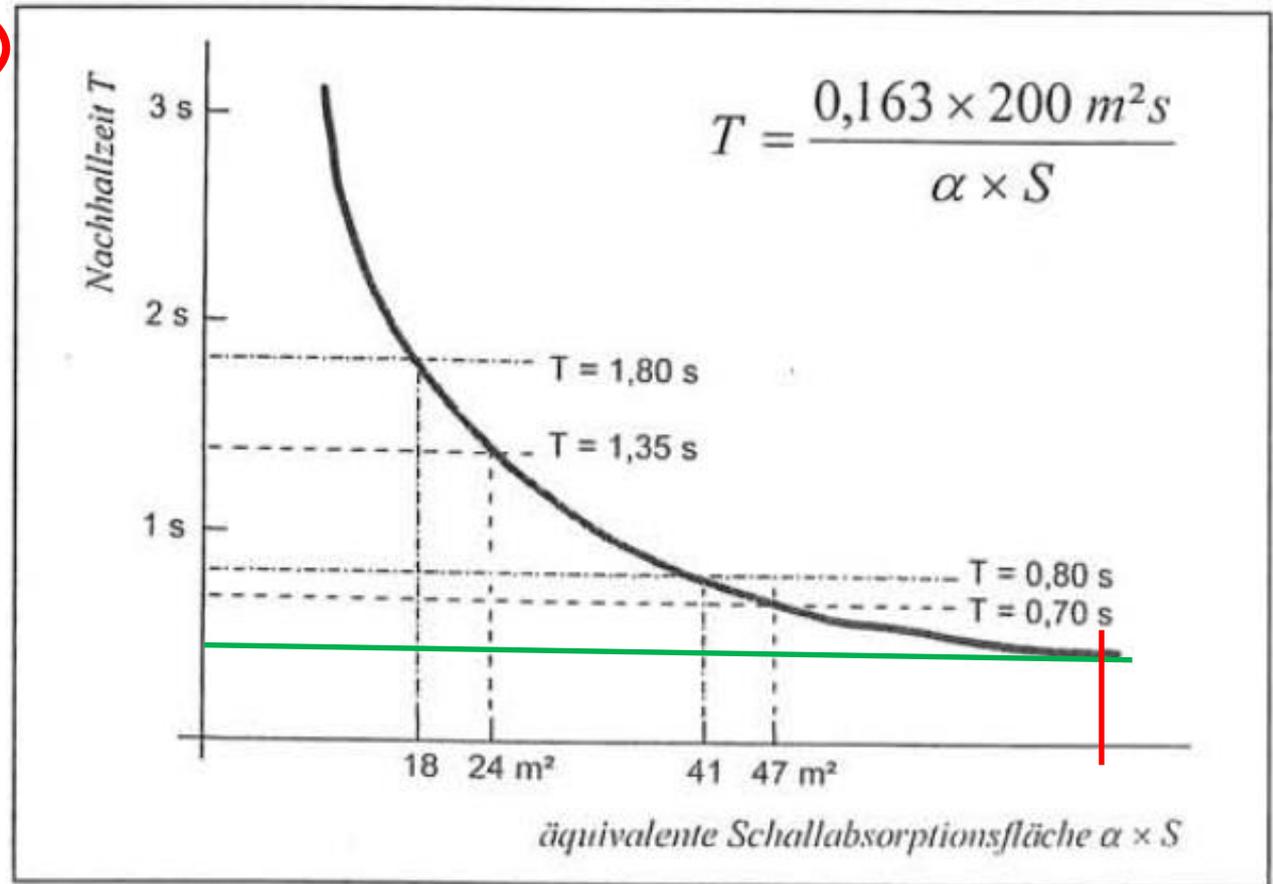
$$T \approx \frac{0,163 \cdot V}{\sum \alpha \cdot S + 0}$$

$$= c \cdot \frac{1}{A_{\text{ges}}}$$

(Note: In the original image, '0,163' is circled in red and 'Σ α · S + 0' is circled in green. Arrows point from the green circle to 'c' and from the red circle to '1' in the second equation.)

$$y = 1 / x$$

Der Graph der Funktion ist eine Hyperbel:



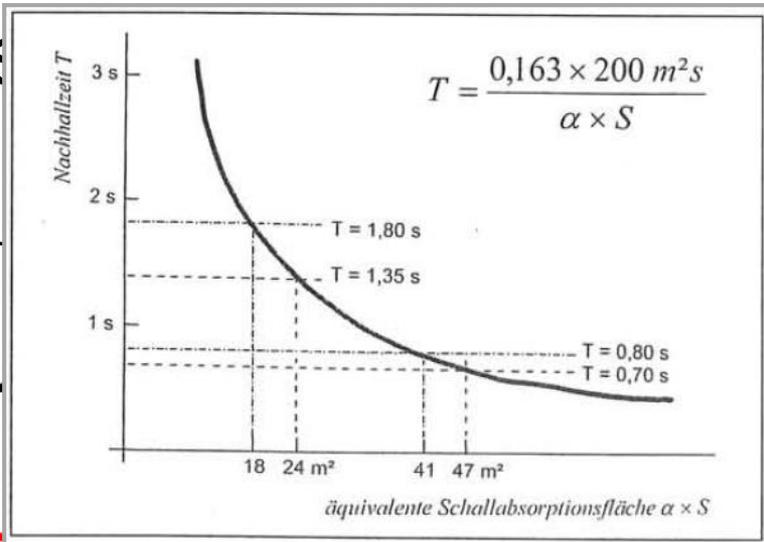
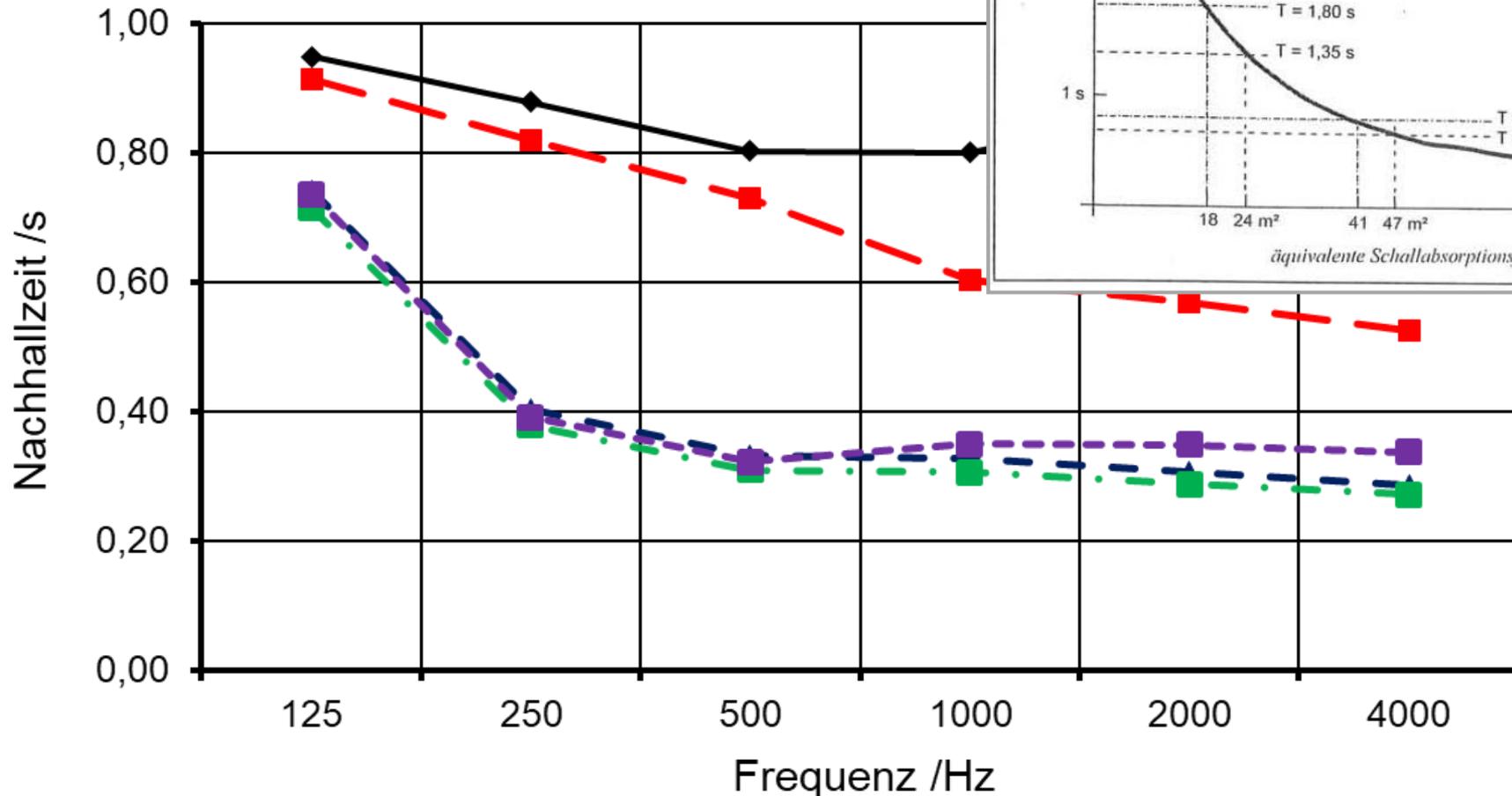
„Kochrezept“ für inklusive Raumakustik

Nur der Schall kann geschluckt werden,
der auch auf eine Schallschluckfläche trifft!

1. Möglichst zuerst die ganze **Decke** bekleiden.
Sie ist die größte Fläche im Raum
und liegt außerhalb der Handreichweite.
Man kann also kostengünstig ein weiches,
gut absorbierendes Material verwenden.
2. Die zweite Raumdimension auch behandeln: schall-
absorbierende Wandpaneele an der „**Rückwand**“.
3. Ein **Teppich** absorbiert viel weniger,
lässt aber Störgeräusche gar nicht erst entstehen.

Raumakustischer Dreiklang

Vergleich verschiedener Aus

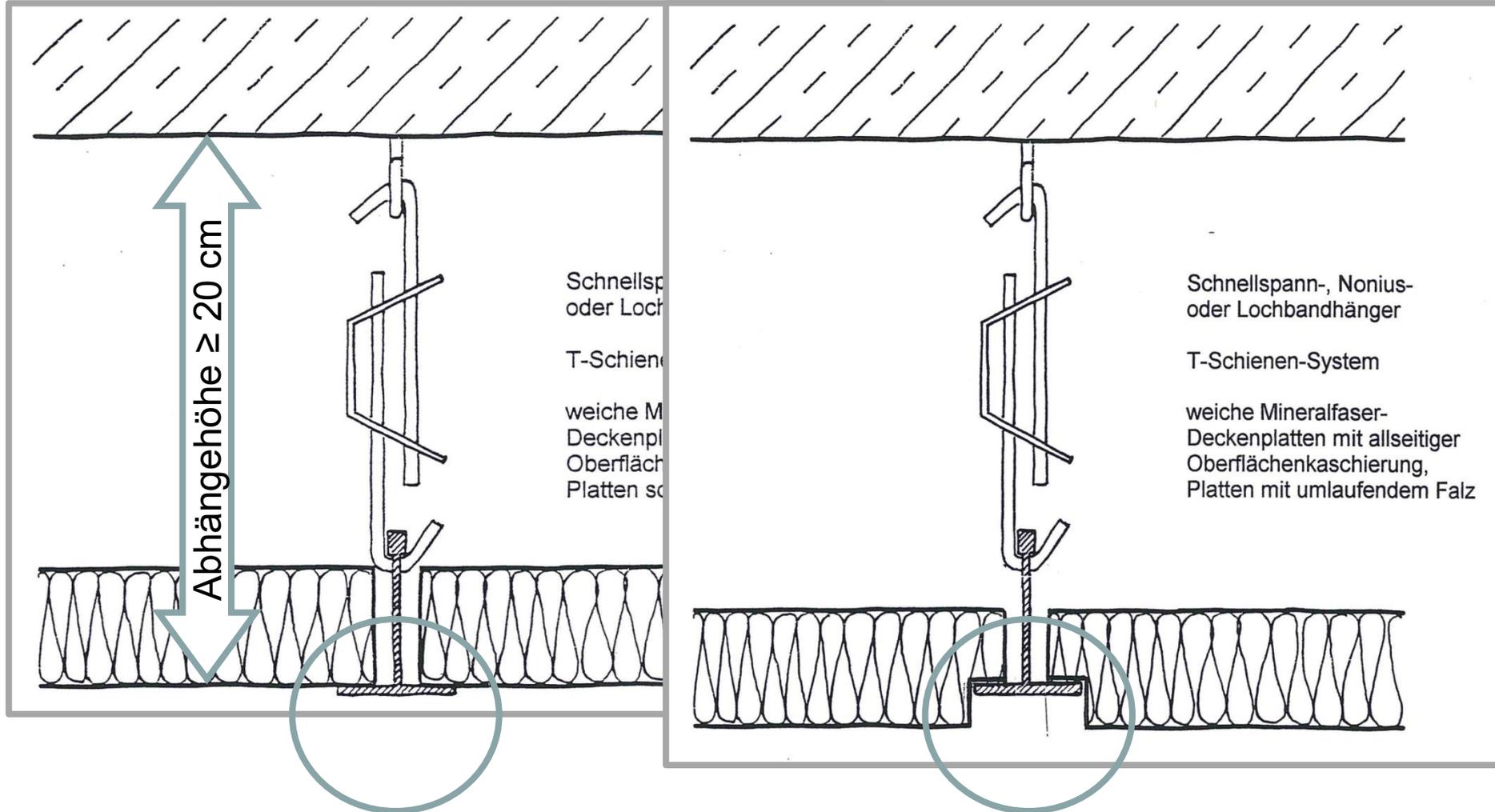


- ◆— vorhanden
- Teppichboden
- ▲- Austrausch Decke
- Wandpaneel
- Teppich raus

Anforderungen an das Bekleidungs-Material:

- hoher Schallabsorptionsgrad bei den mittleren und hohen Sprachfrequenzen
- gute Lichtreflexion
- mechanische Robustheit (Vandalismus)
- Brandschutz B1 oder A2
- angemessener Preis (nicht unbedingt „billig“)
- ggf. schnelle Verfügbarkeit
- ggf. Verarbeitung auch in Selbsthilfe möglich?

Abgehängte schallabsorbierende Decken:



Oldenburg-Wechloy

© Rockfon



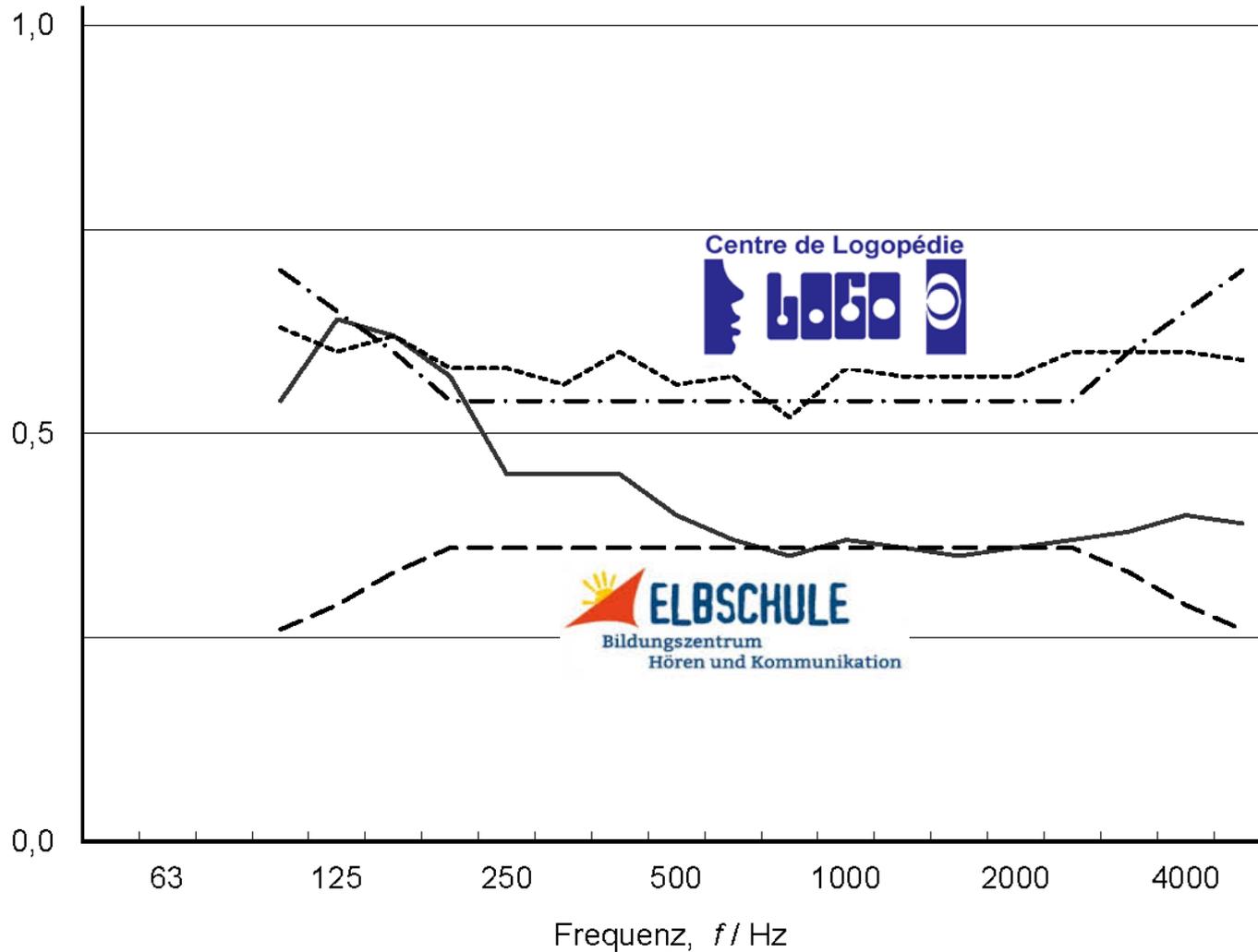
Hamburg, Elbschule, Klassenraum



Luxemburg, Centre de Logopédie, Klassenraum

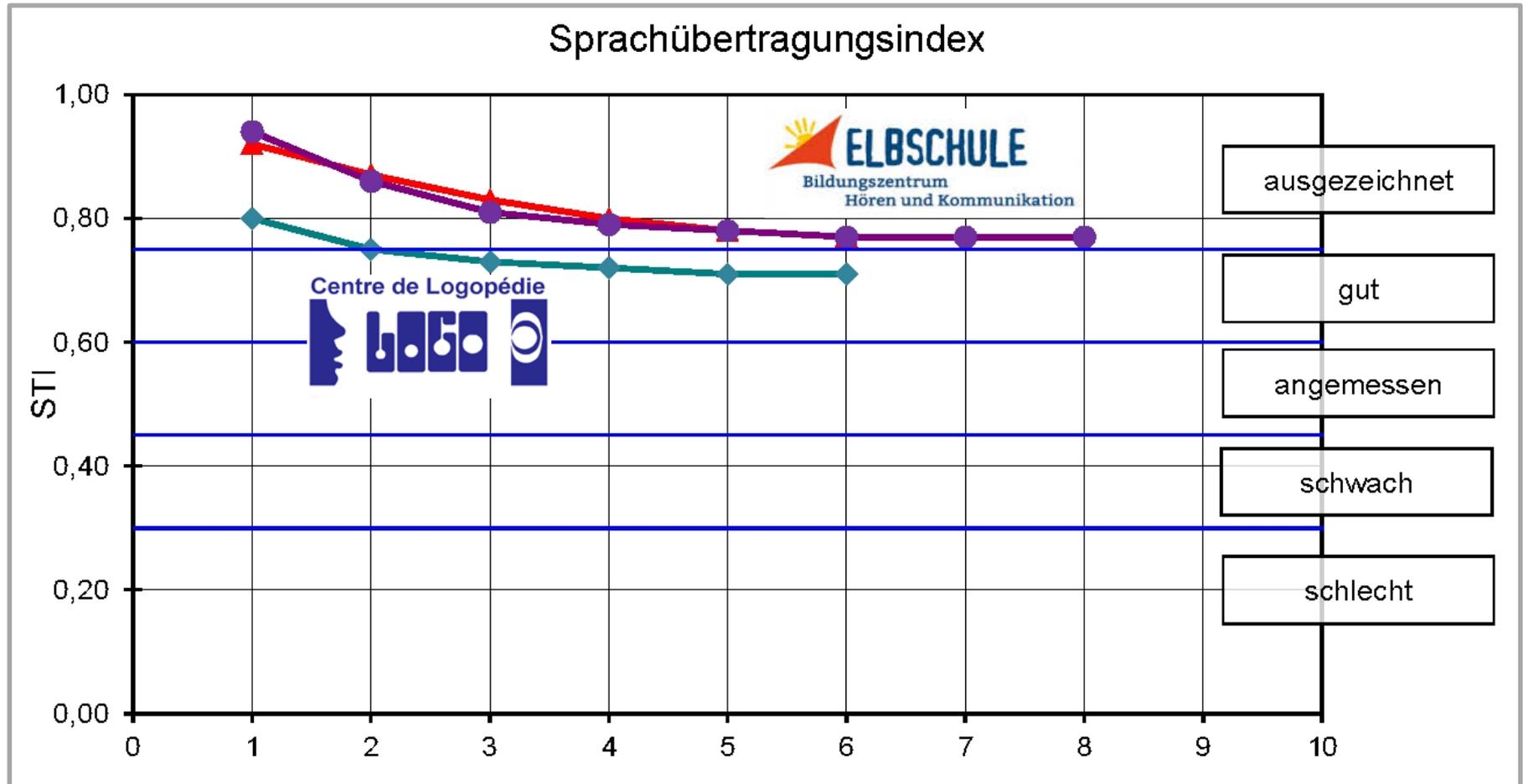


Nachhallzeit-Vergleich Luxemburg - Hamburg

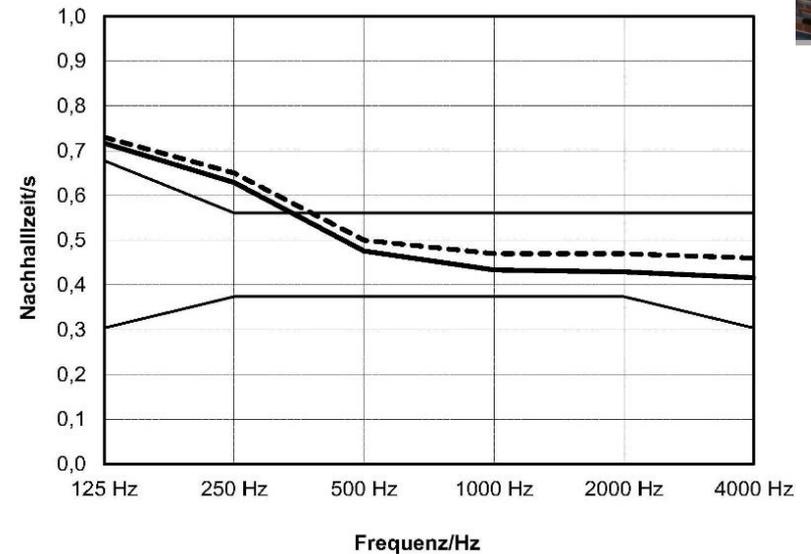
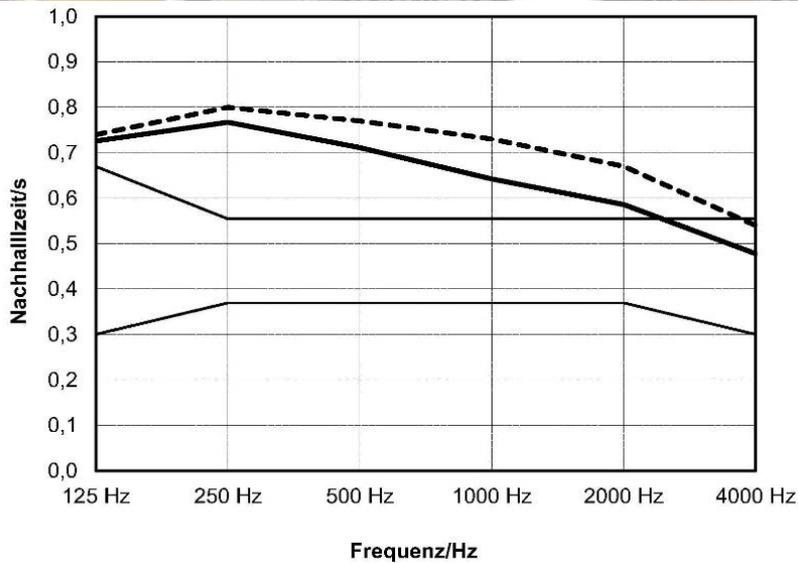
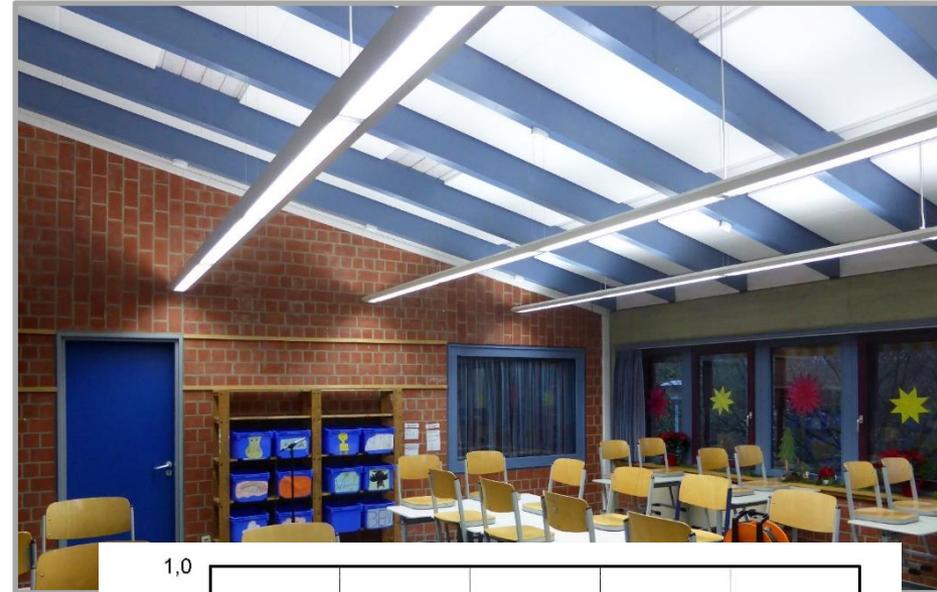
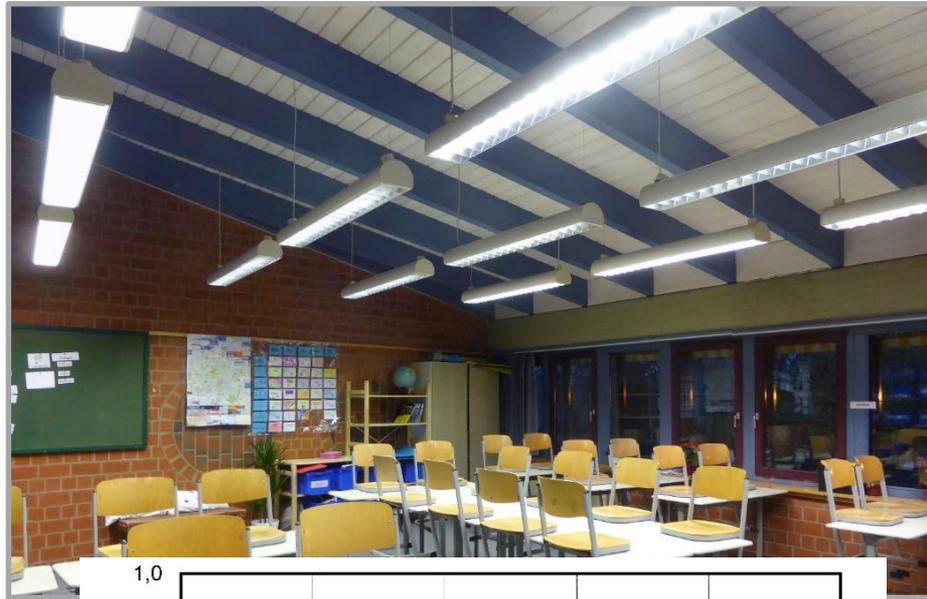


STI-Vergleich

Luxemburg - Hamburg



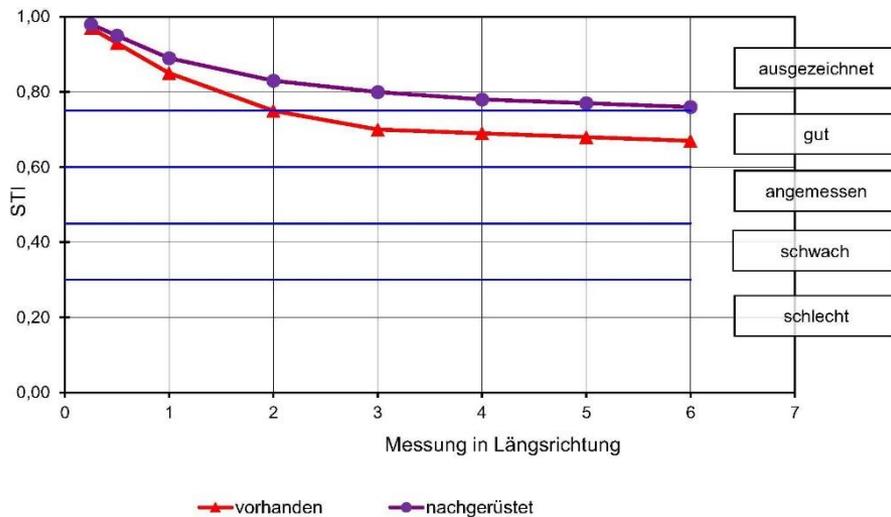
vorhanden Klassenraum nachgebessert



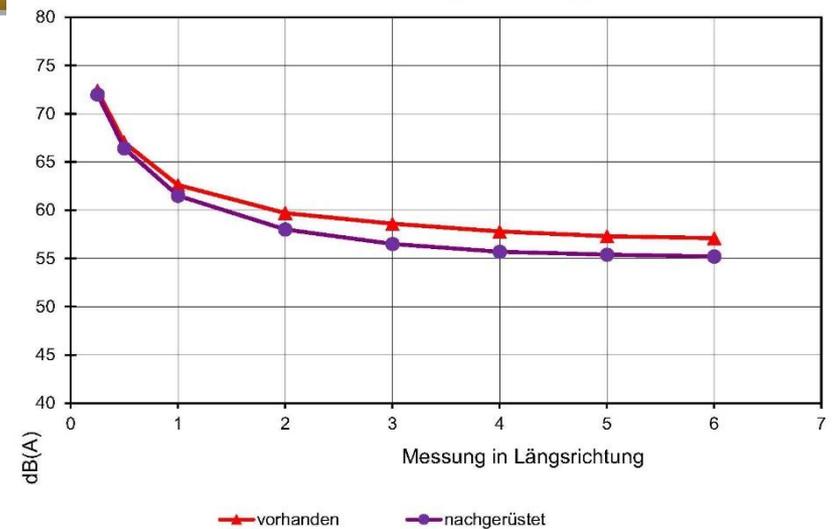
vorhanden Klassenraum nachgebessert



Sprachübertragungsindex

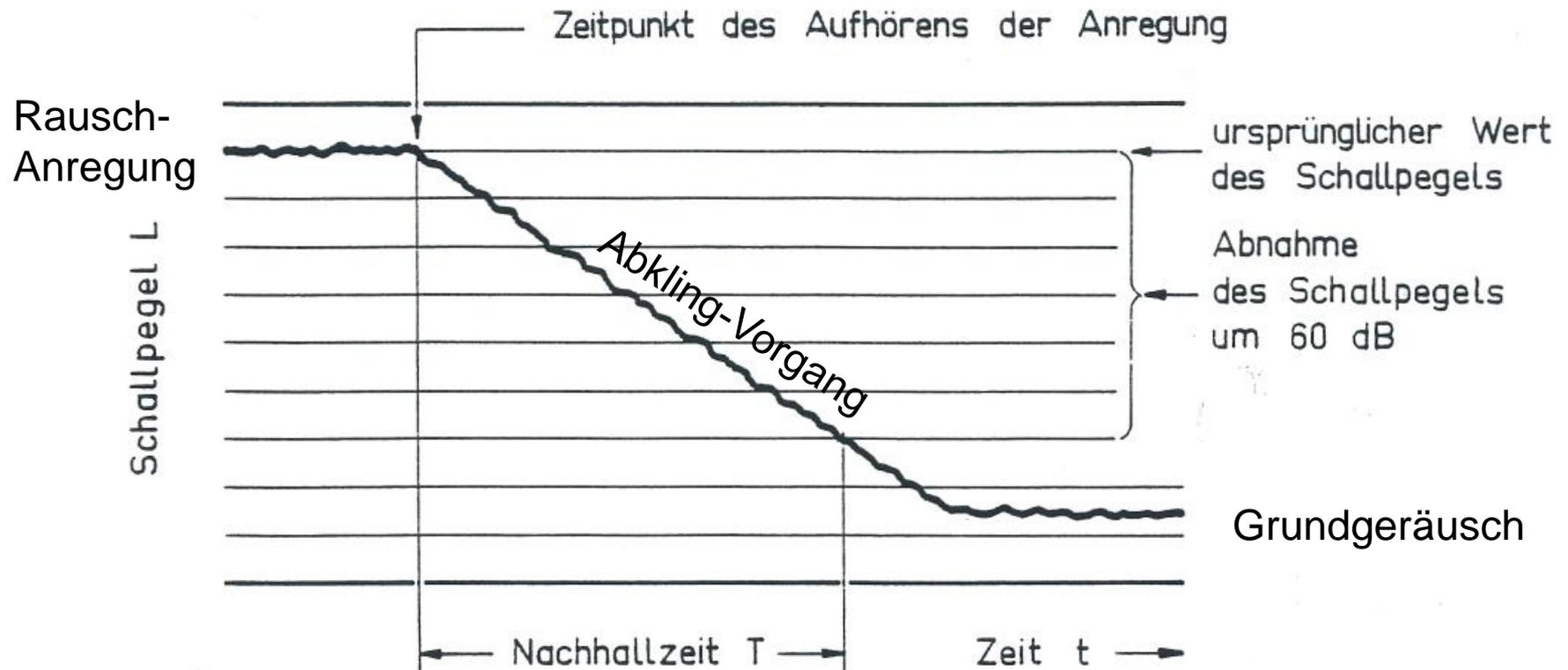


Schallpegelverteilung



Definition der Nachhallzeit

Zeitspanne, während der der Schalldruckpegel in einem Raum nach dem Beenden der Schallfeldanregung um 60 dB abfällt.

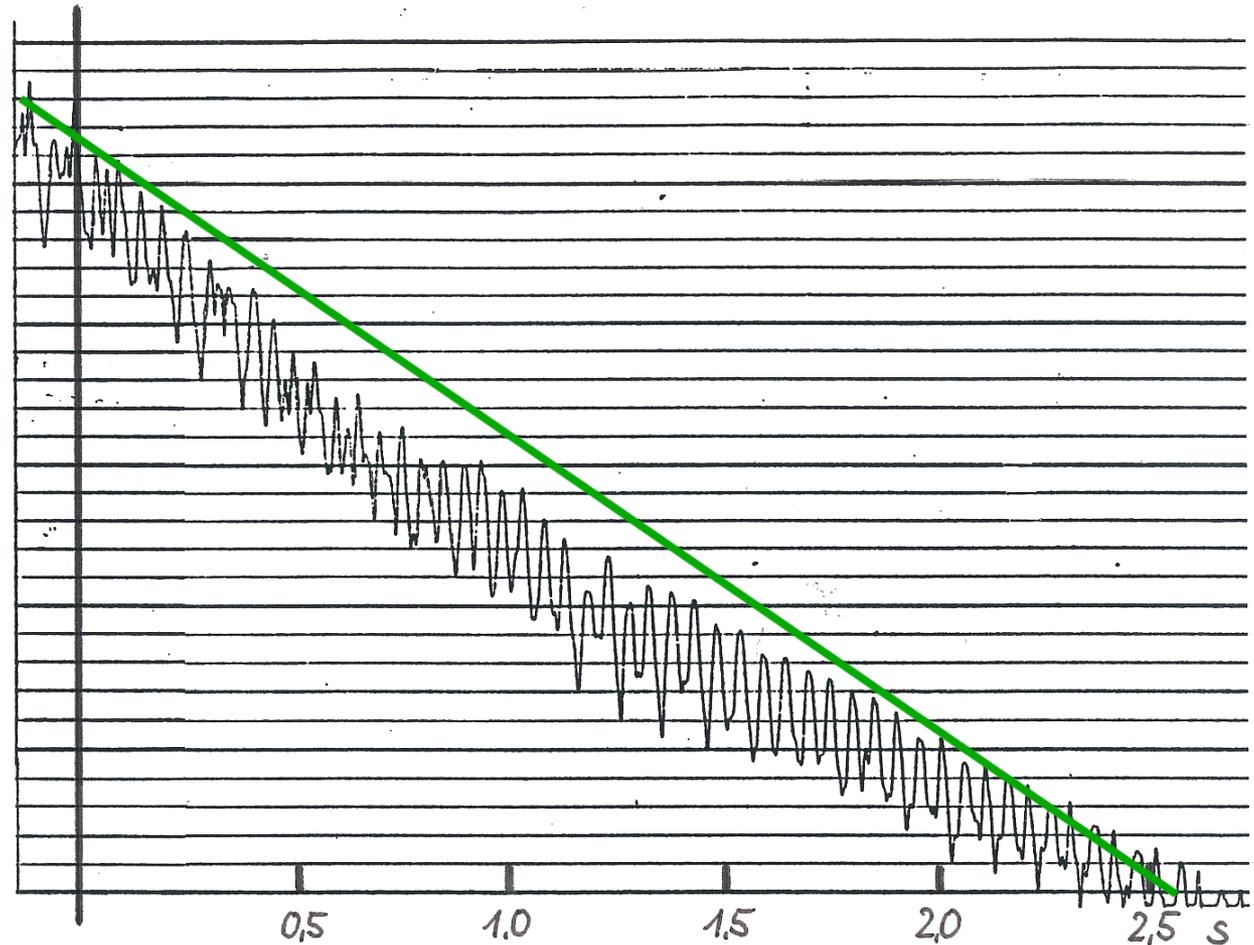


Definition und Messung der Nachhallzeit T

Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

Ausgleichs-
Gerade über
60 dB Abfall

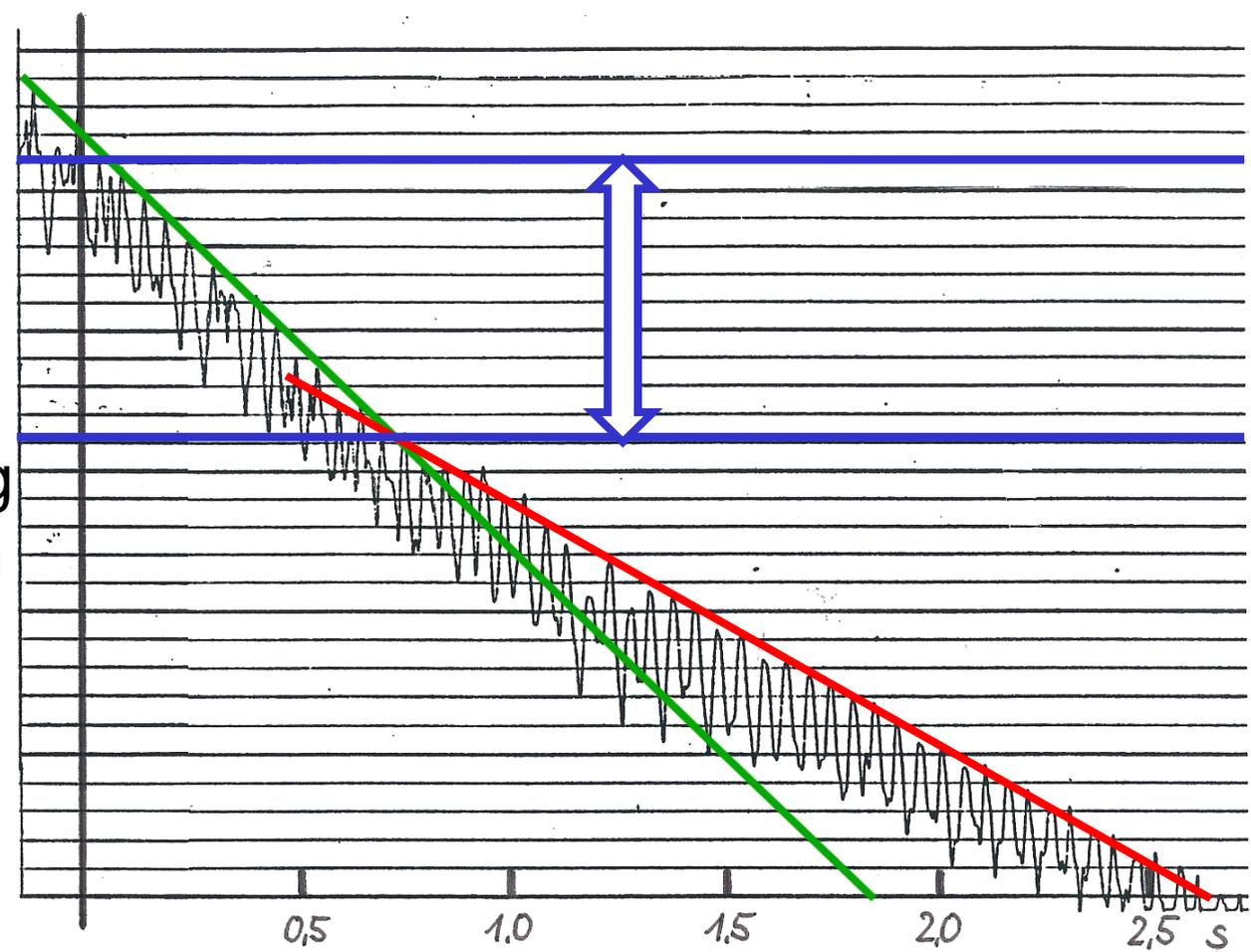
Das passt
irgendwie nicht.



Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

Zwei verschiedene Kurvensteigungen:
gekoppelte Räume

Heute: Auswertung nur im Bereich von -5 dB bis -25 dB



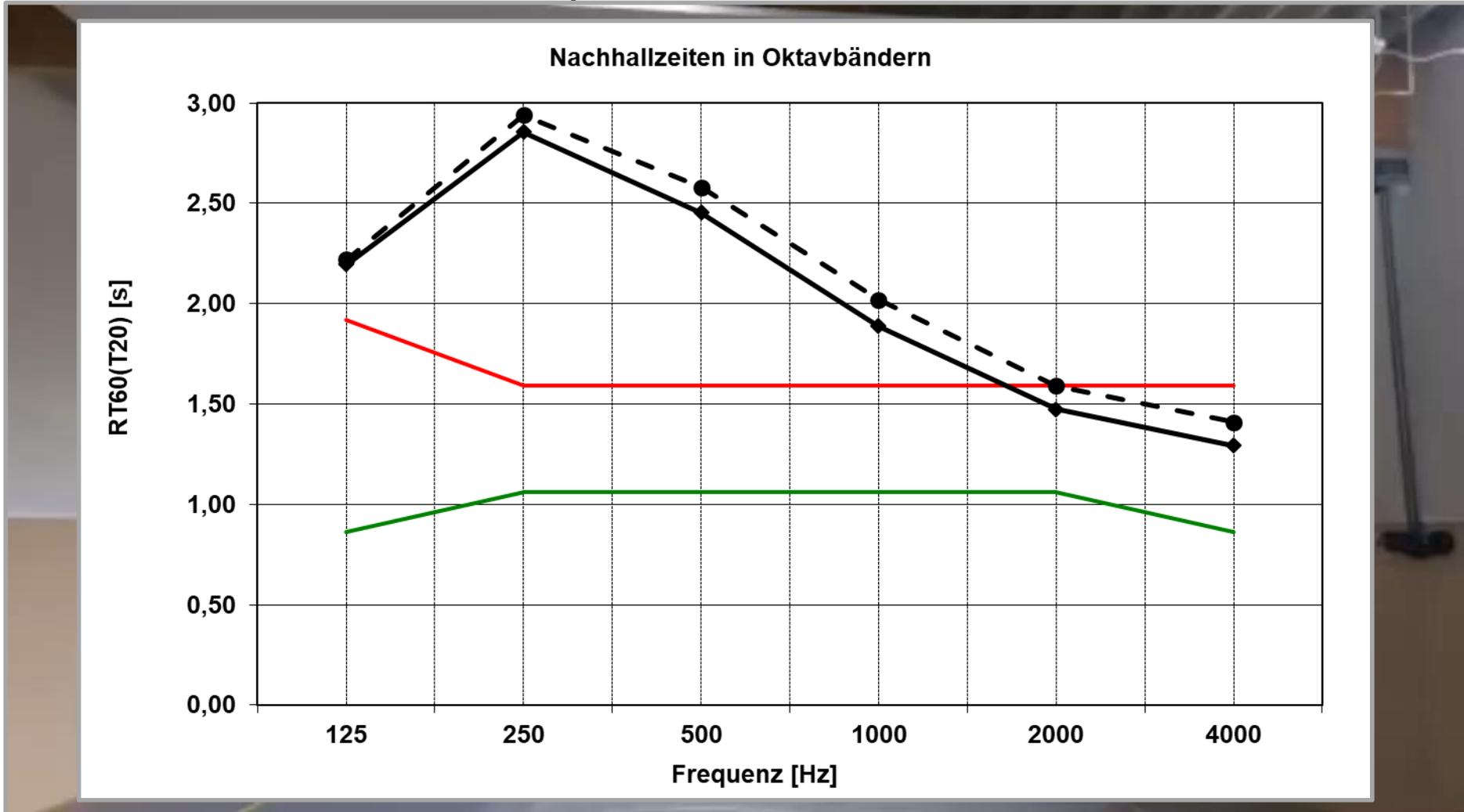
Schallabsorption nur an der Decke: Flatterechos

Bauleiter lässt Luftballon platzen:

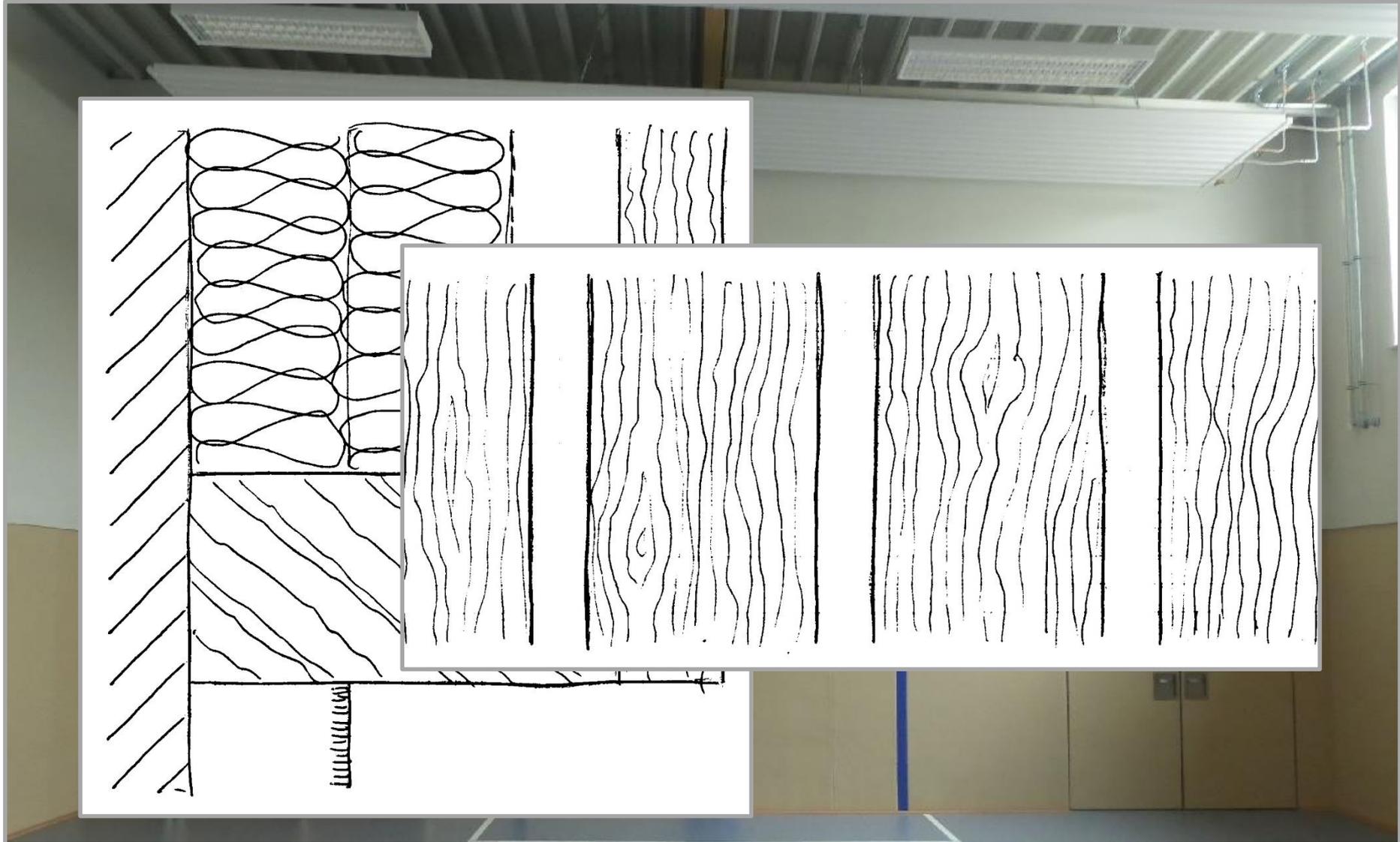


Schallabsorption nur an der Decke: Flatterechos

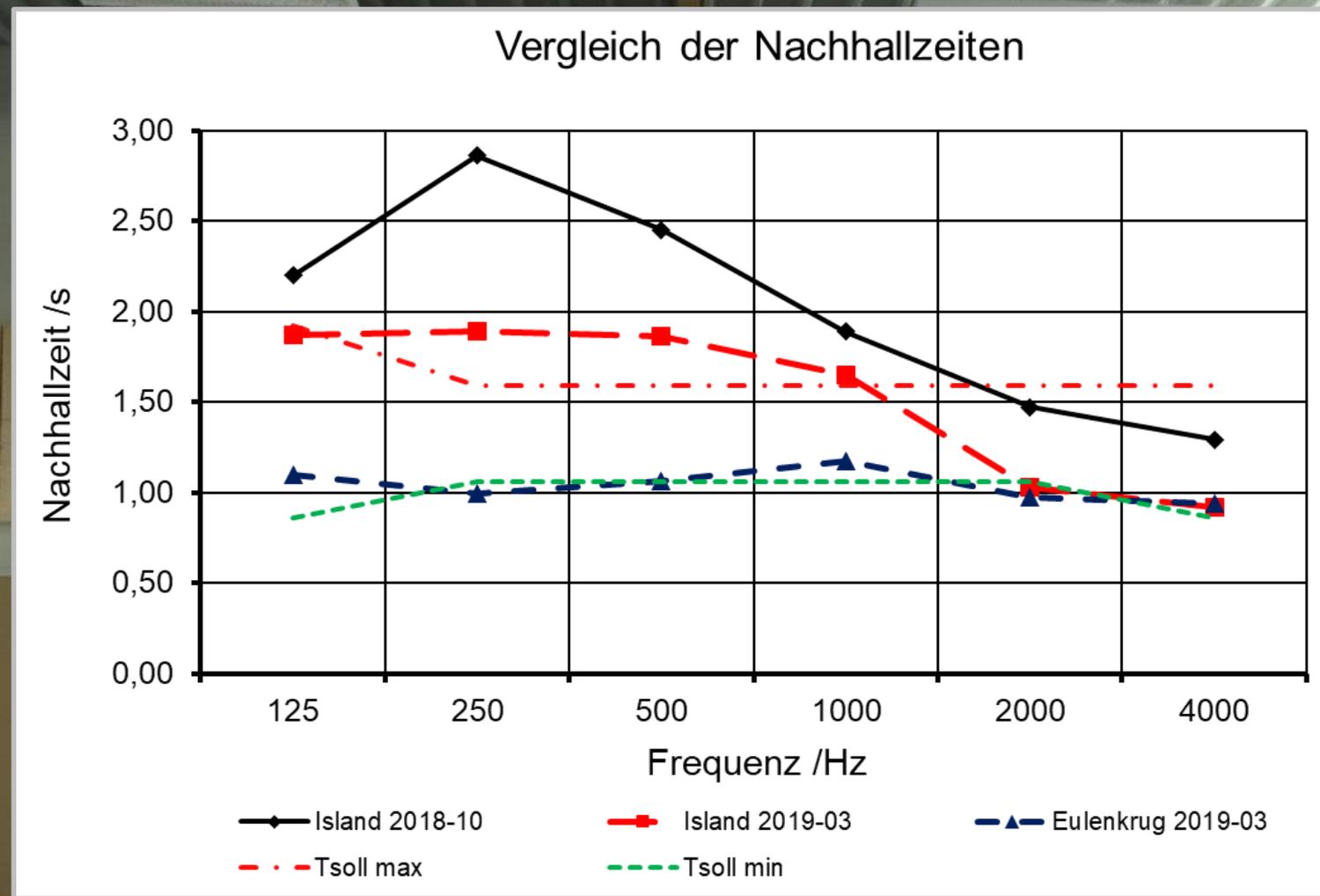
Bauleiter lässt Luftballon platzen:



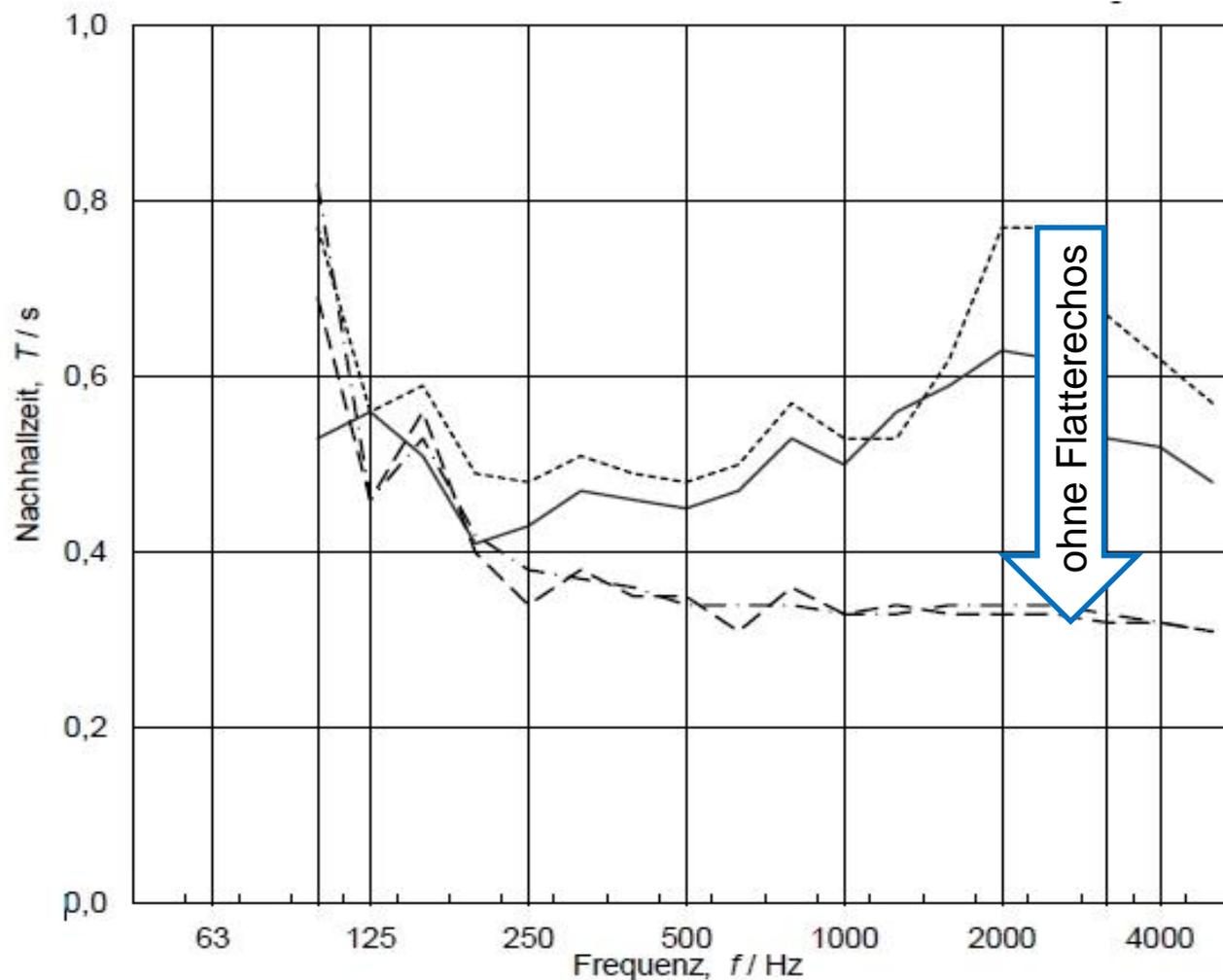
Sporthalle (fast) ohne Flatterechos



Sporthalle (fast) ohne Flatterechos



Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel





Wandpaneel mit $\alpha = 2,0$

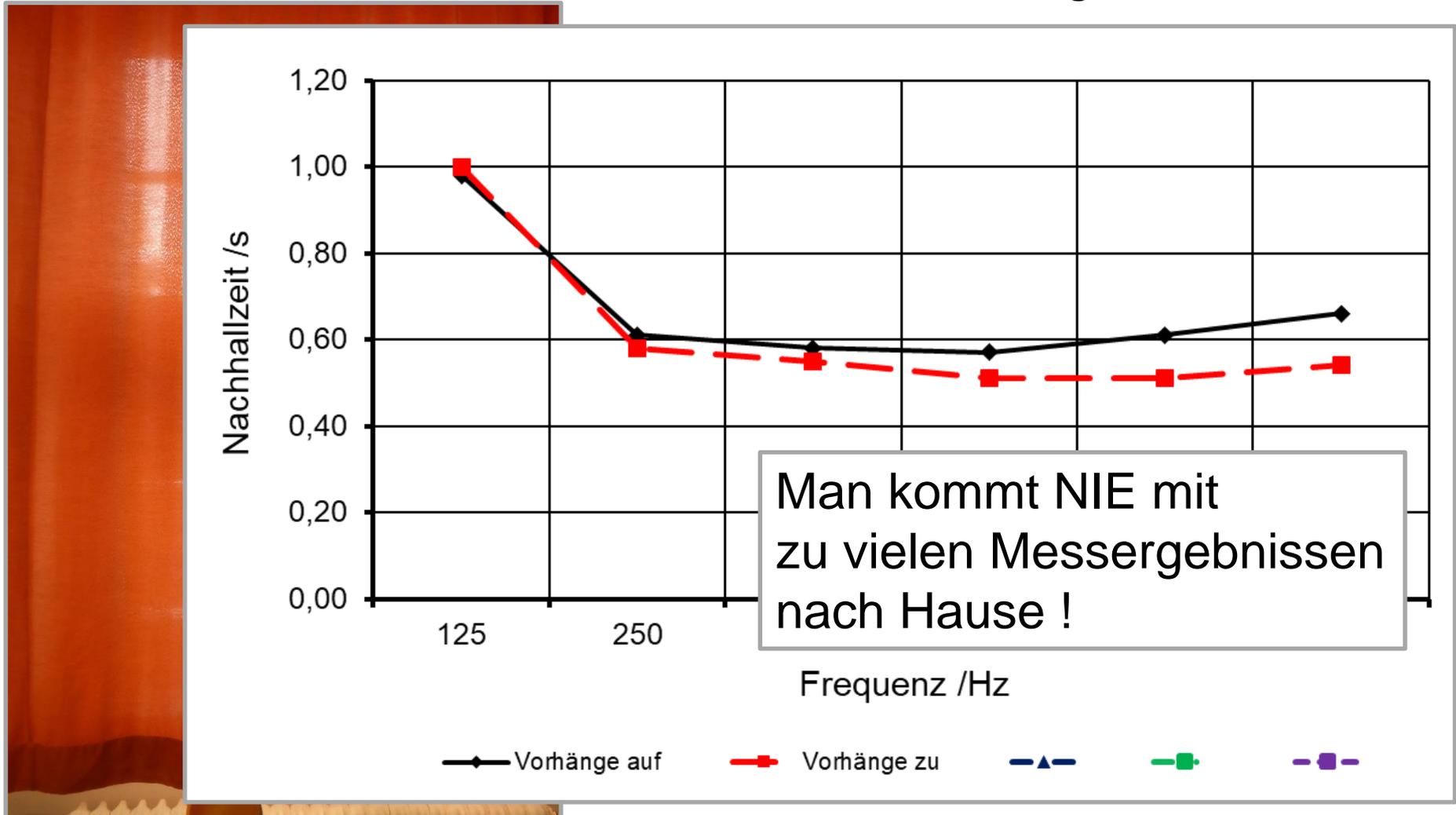
Optisches Flatterecho

Mit dem ersten Echo verschwinden auch die folgenden.



Nachhallzeit-Vergleich Vorhänge auf / zu

Mit dem ersten Echo verschwinden auch die folgenden.



Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa

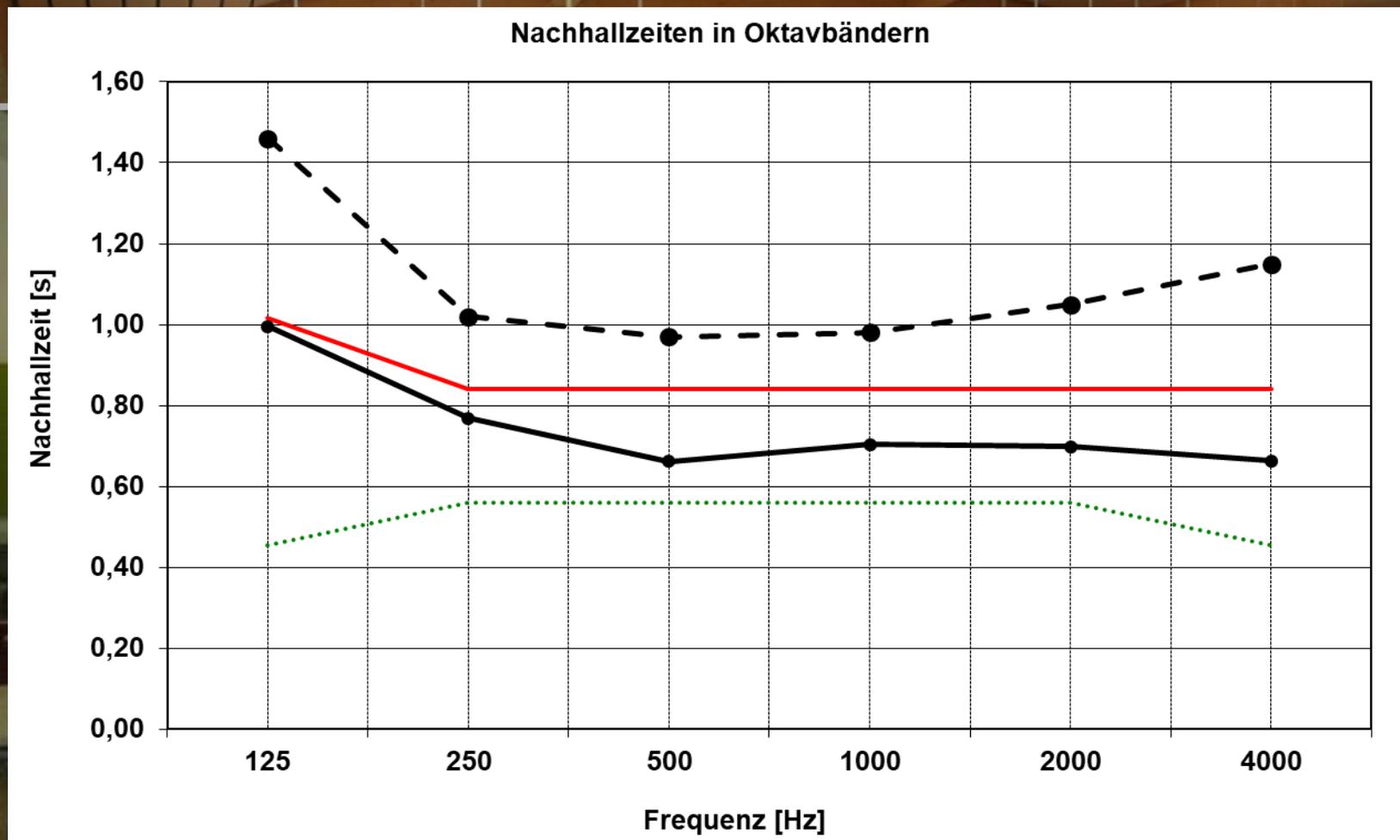


Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa



Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa

© TAUBERT und RUHE



Homburg/Efze, Hermann-Schafft-Schule, Mensa



LERNEN & JOB

Ein Erlebnis besonderer Art!

Wieso verstehe ich plötzlich alles? – Diese Frage kann manchmal ganz einfach beantwortet werden: Es kann das Ergebnis eines gelungenen, akustische Aspekte beachtenden Umbaus sein. Am Beispiel der Mensa der Hermann-Schafft-Schule, Schule für den Förderschwerpunkt Hören und Sehen, in Homburg (Efze) schildert Projektsteuerer Ralph S., worauf es ankommt.

www.carsten-ruhe.de → Downloads
→ Raumakustik → 2014

Aus dem Brief eines Architekten:

Im kürzlich fertig gestellten Kinderhaus ist eine Mensa mit einer schlechten Akustik entstanden.

Planer und Bauherr hatten sich die Raumakustik besser erhofft, sind nun aber von der Realität eingeholt worden.

Betondecke, große Glasflächen, Linoleum als Bodenbelag, klappernde Teller und Besteckkästen...

Kurz: Kinder und Betreuer fühlen sich nicht wohl.

Was fehlt dieser Mensa?

Aus dem Brief eines Architekten:

Im kürzlich fertig gestellten Mensa mit einer schlechteren Raumakustik. Der Planer und Bauherr hatten die Raumakustik besser er



Was kann man zur Verbesserung tun?

Schallabsorption (Schalldämpfung)

Die Nachhallzeit ist die wesentliche Kenngröße für den Abbau der Schallenergie im Raum:

Je länger die Nachhallzeit ist, desto länger bleibt die Energie im Raum erhalten, desto „lauter“ ist der Raum.

Pegelminderung bedeutet also immer, dem Schallfeld die Schallenergie zu entziehen (durch Umwandlung in Wärmeenergie, Energie-Erhaltungssatz).

Beim Abbremsen eines Autos wird die Scheibenbremse heiß.

Was kann man zur Verbesserung tun?

Schallabsorption (Schalldämpfung)

Die Bewegungsenergie der schwingenden Luft-Partikel wird durch Reibung in Wärme umgewandelt:

medizinisch-physikalisch- biologischer Selbstversuch!

Presst den Mund fest auf einen Ärmel,
pustet kräftig → es wird warm.

Pustet kräftig auf den Handrücken.
→ es bleibt kalt.

Wie kann man Schall absorbieren?

Drei Absorbertypen

1. Helmholtz-Resonator

Die Luft in einem abgestimmten Hohlraum schwingt gegenphasig zu der einfallenden Schallwelle.

→ Einzelfrequenz,
sehr selektiv,
selten anwendbar



Wie kann man Schall absorbieren?

Drei Absorbertypen

2. Platten-Resonator

Eine Platte vor einem geschlossenen Hohlraum ist auf eine Masse-Feder-Resonanz abgestimmt.

→ begrenzter Frequenzbereich, vorrangig bei tiefen Tönen anwendbar

→ Wandverkleidungen aus Holz. Holzdecken in Kirchen und Leichtbauwände dämpfen tiefe Töne (günstig)



Wie kann man Schall absorbieren?

Drei Absorbertypen

3. **Strömungs-Absorber**

Die bewegte Luft reibt sich an dem „Gerüst“ einer offenporigen Struktur, z.B. Mineralwolle.

→ Breitbandig
wirksam,
vorrangig
mittlere und
hohe Töne



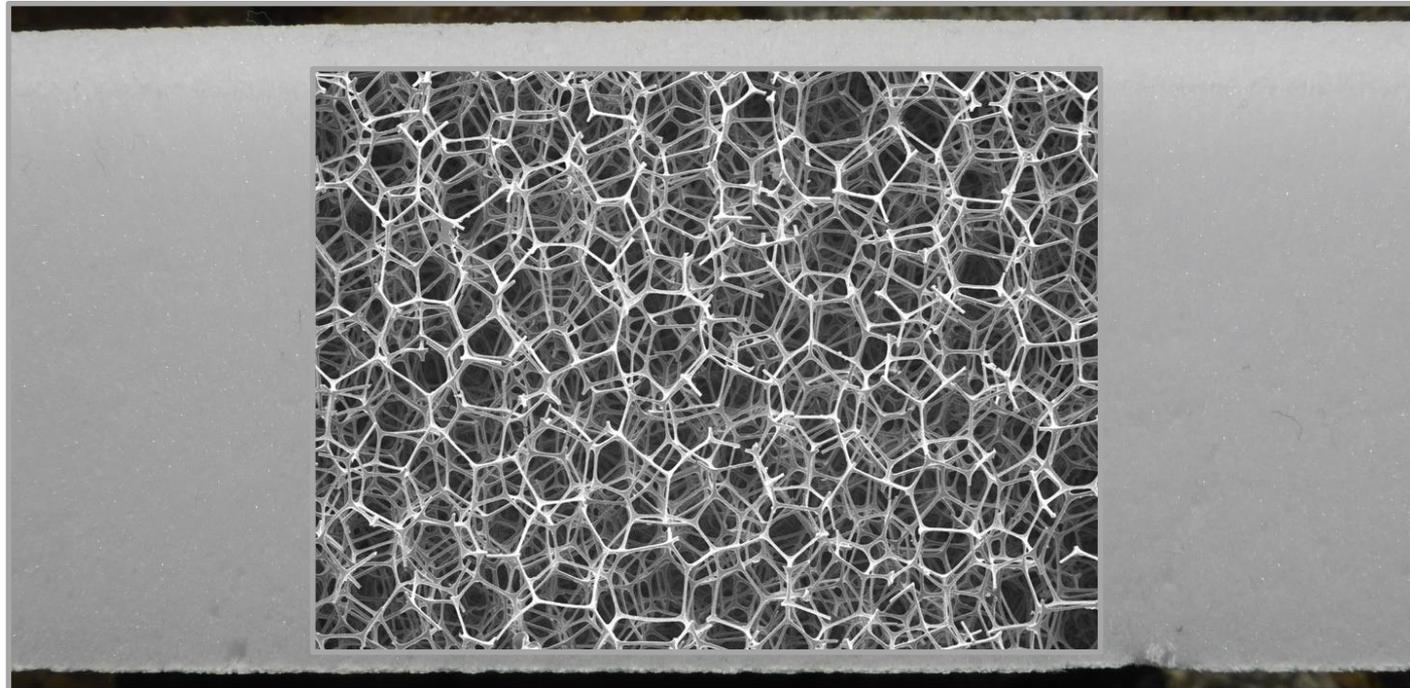
Wie kann man Schall absorbieren?

Drei Absorbertypen

3. **Strömungs-Absorber**

Die bewegte Luft reibt sich an dem „Gerüst“ einer offenporigen Struktur, z.B. Schaumstoff.

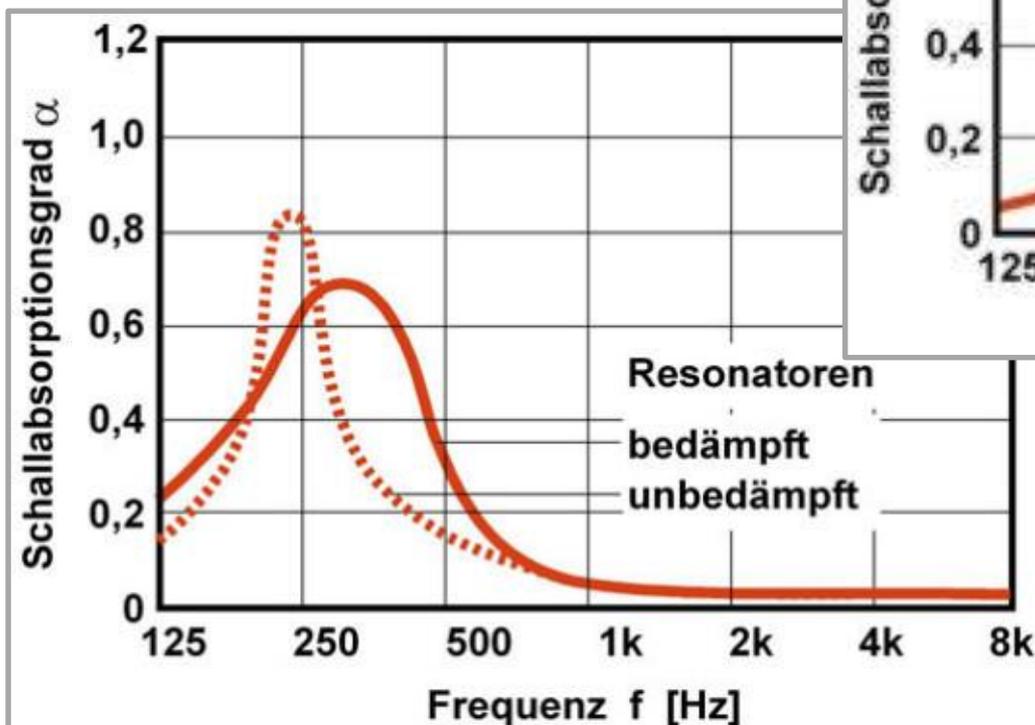
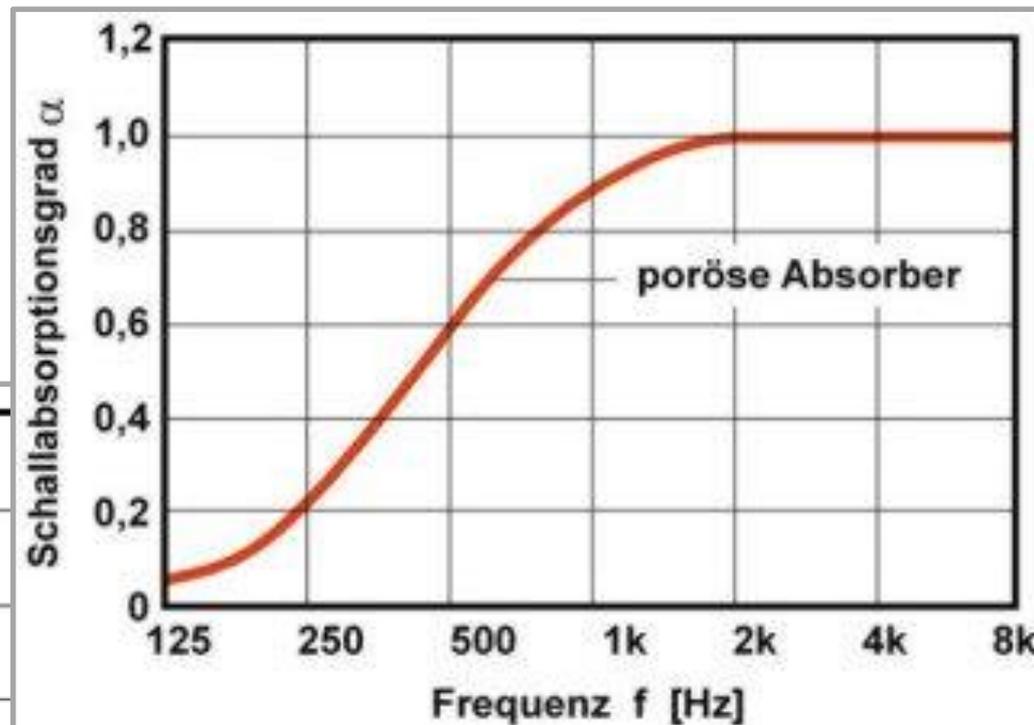
→ Breitbandig
wirksam,
vorrangig
mittlere und
hohe Töne



Wie kann man Schall absorbieren?

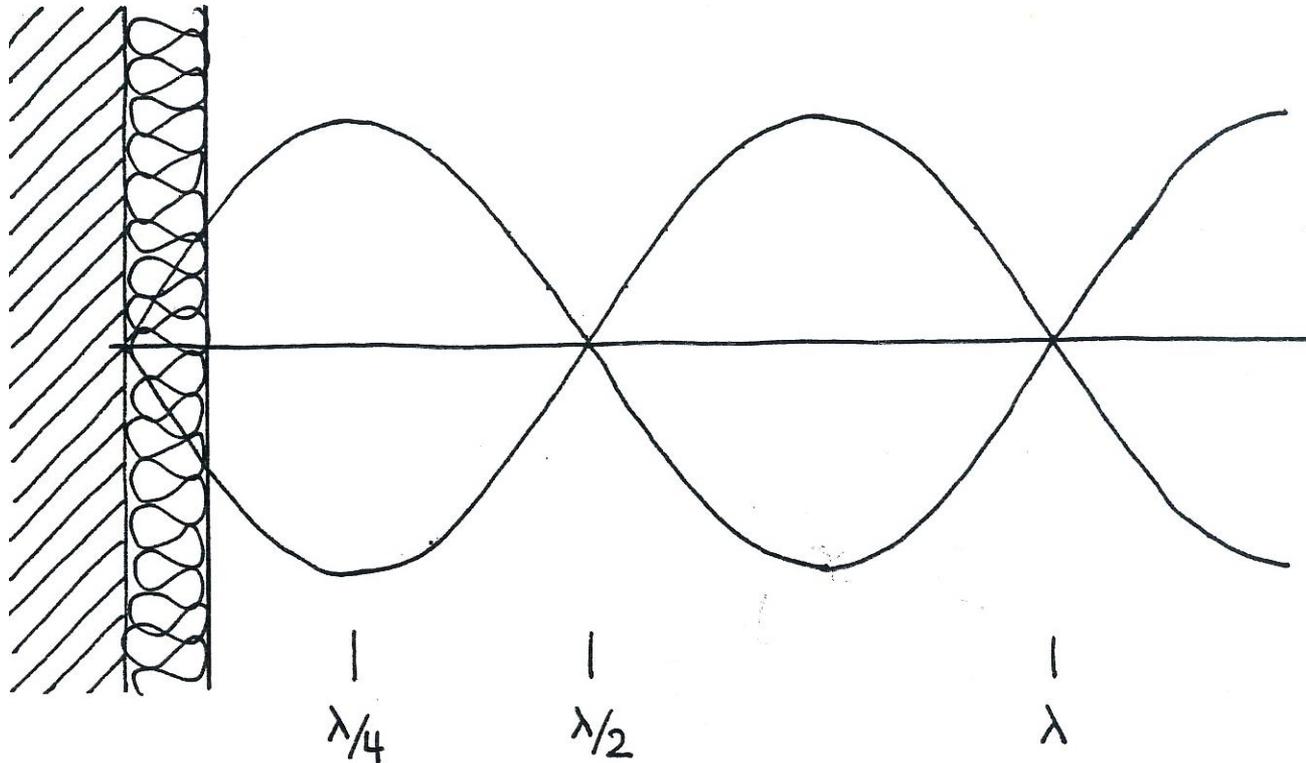
Strömungsabsorber

Resonanzabsorber



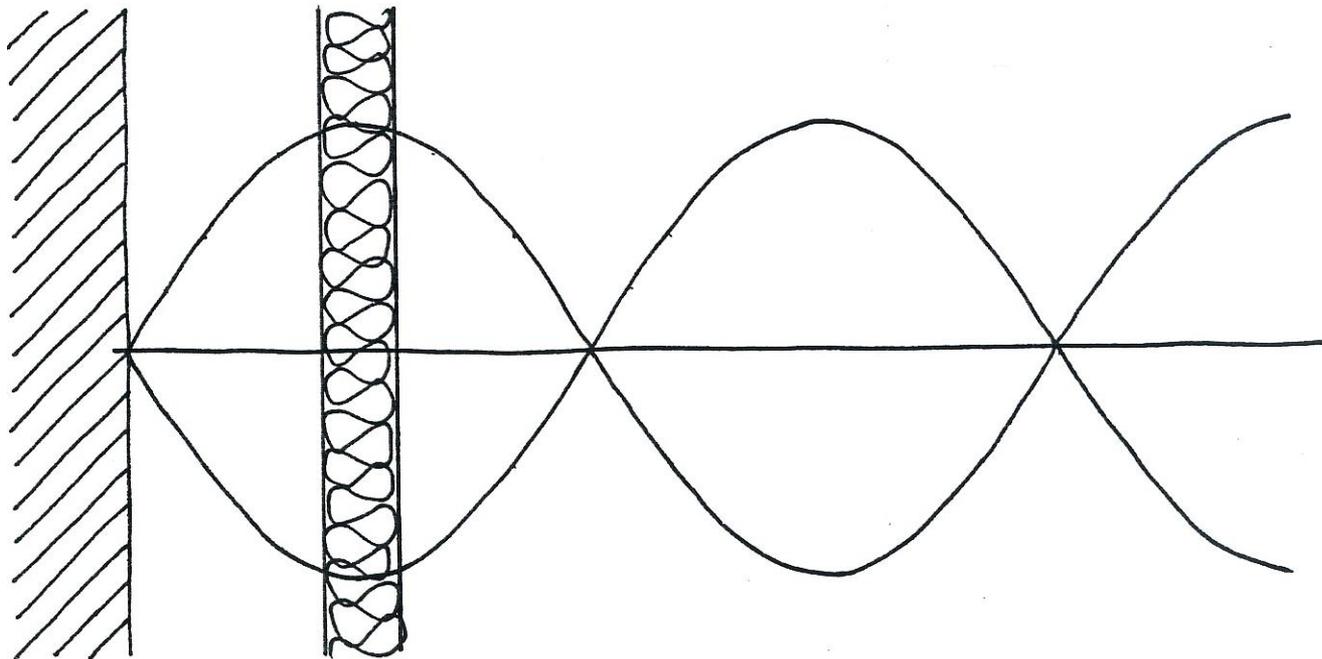
Wie kann man Schall absorbieren?

Die **Schichtdicke** des Strömungsabsorbers muss zu der Wellenlänge passen:



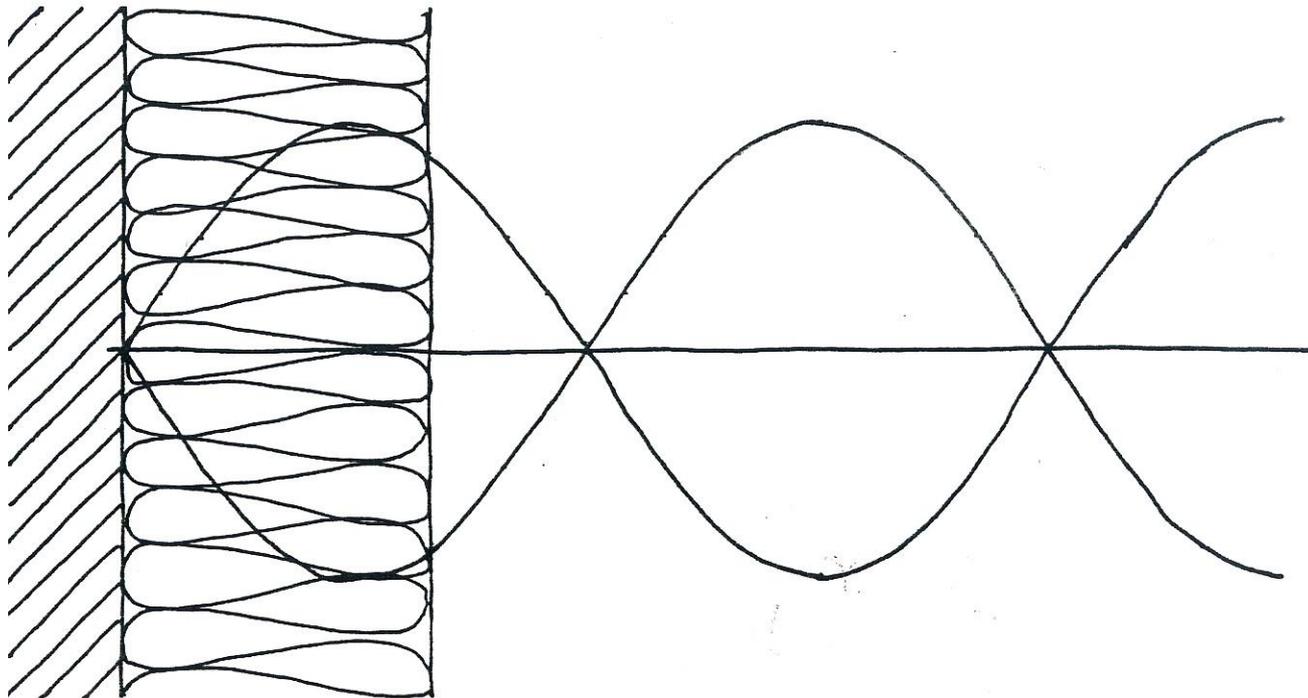
Wie kann man Schall absorbieren?

Die **Anbringung** des Strömungsabsorbers muss zu der Wellenlänge passen:



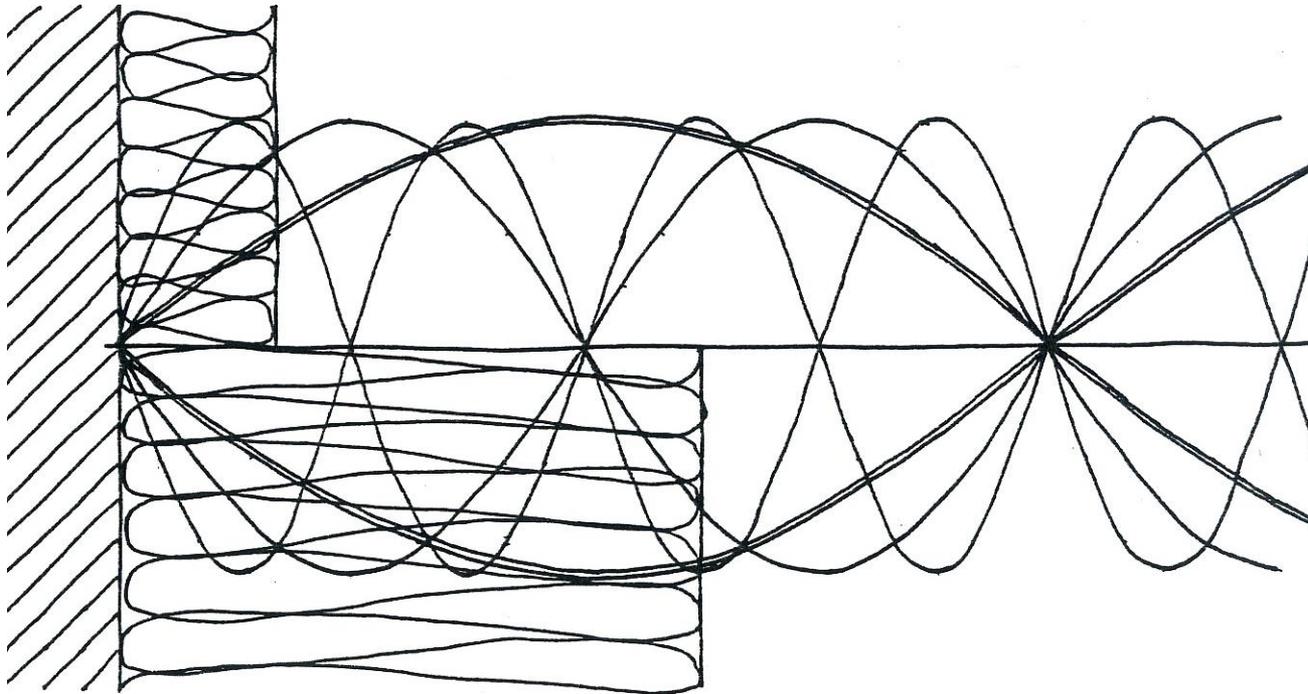
Wie kann man Schall absorbieren?

Die **Schichtdicke** und **Anbringung** des Strömungsabsorbers müssen zu der Wellenlänge passen:



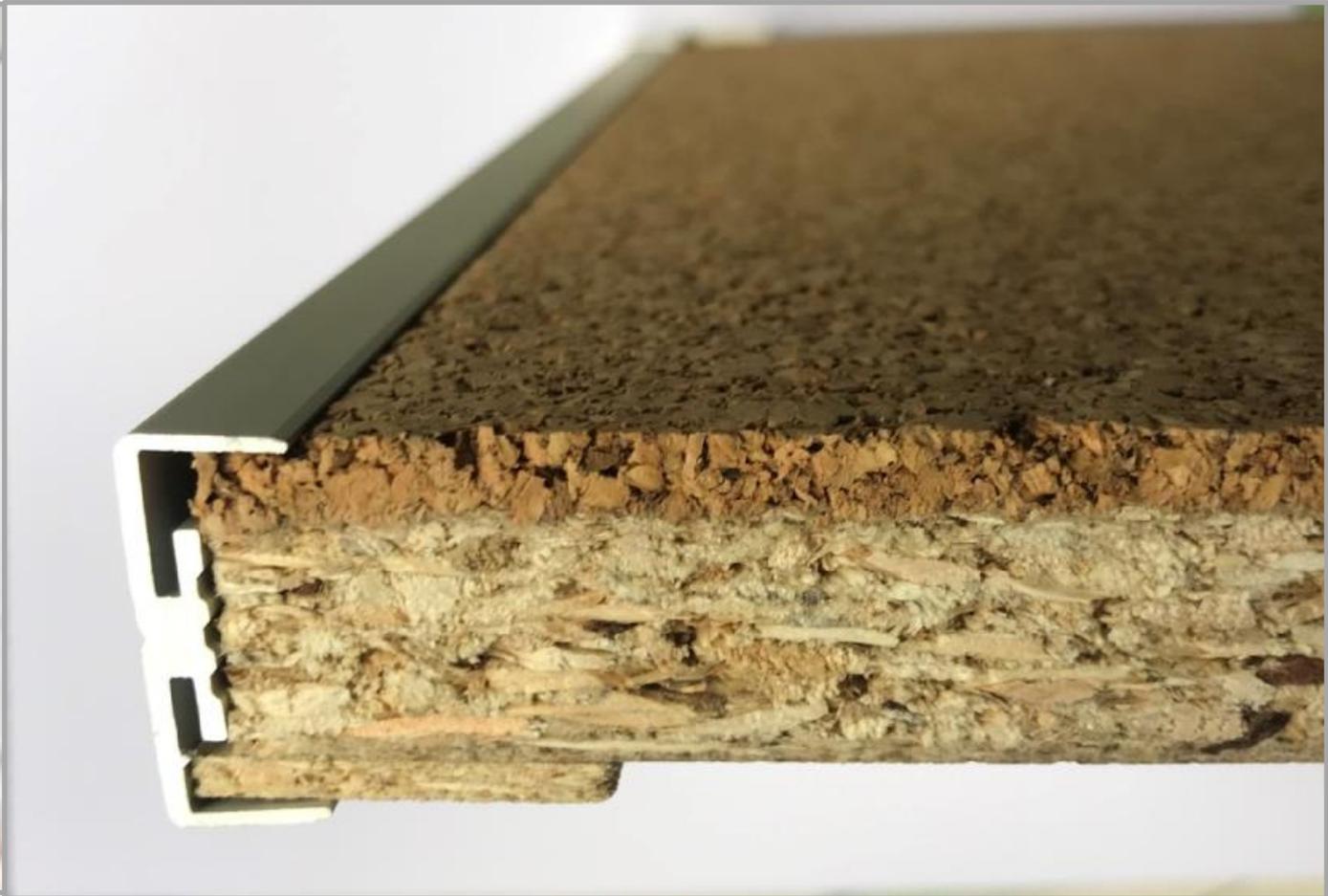
Wie kann man Schall absorbieren?

Dickere Strömungsabsorber decken einen großen Bereich der Wellenlängen ab (auch die tieferen Töne):

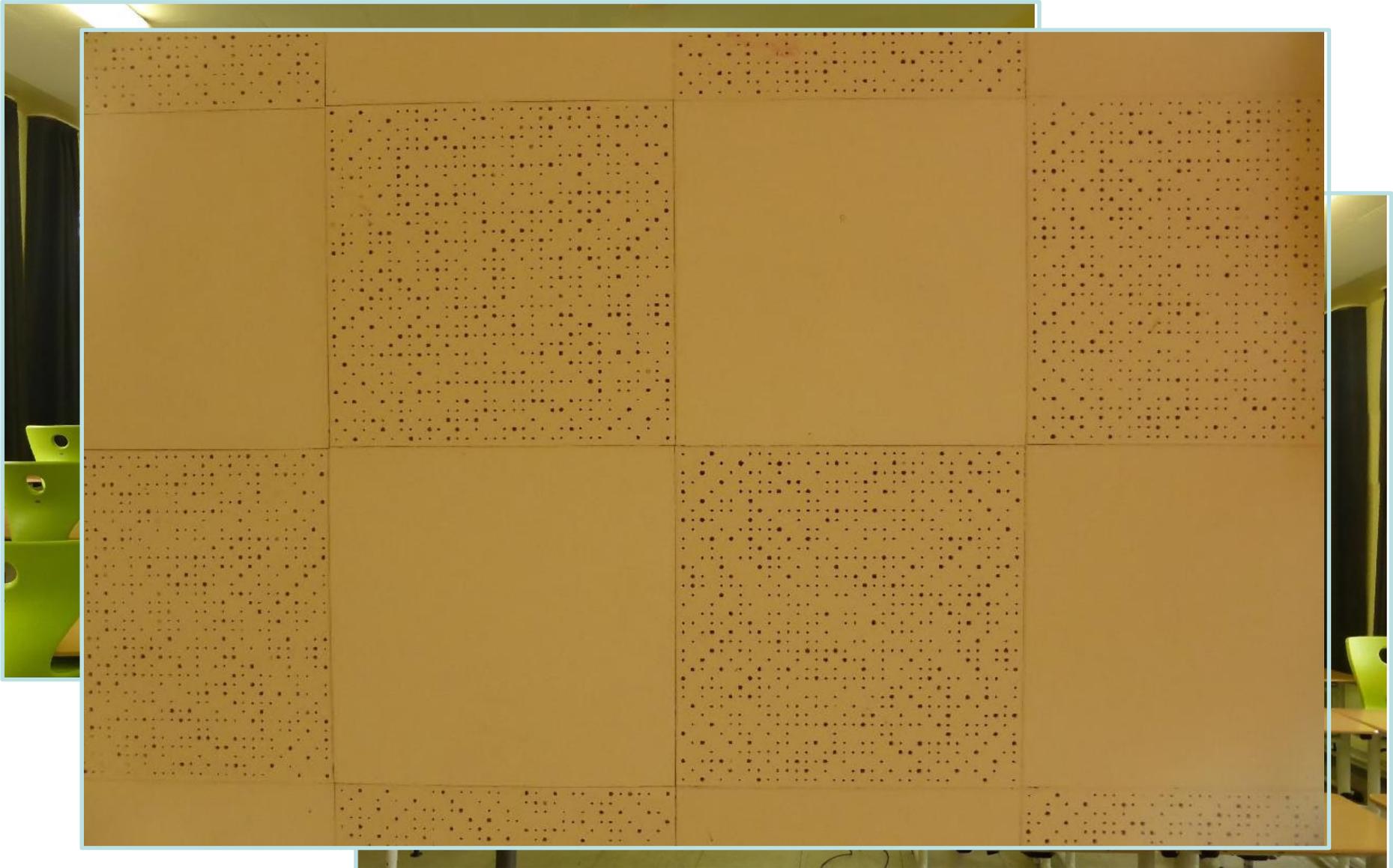


Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

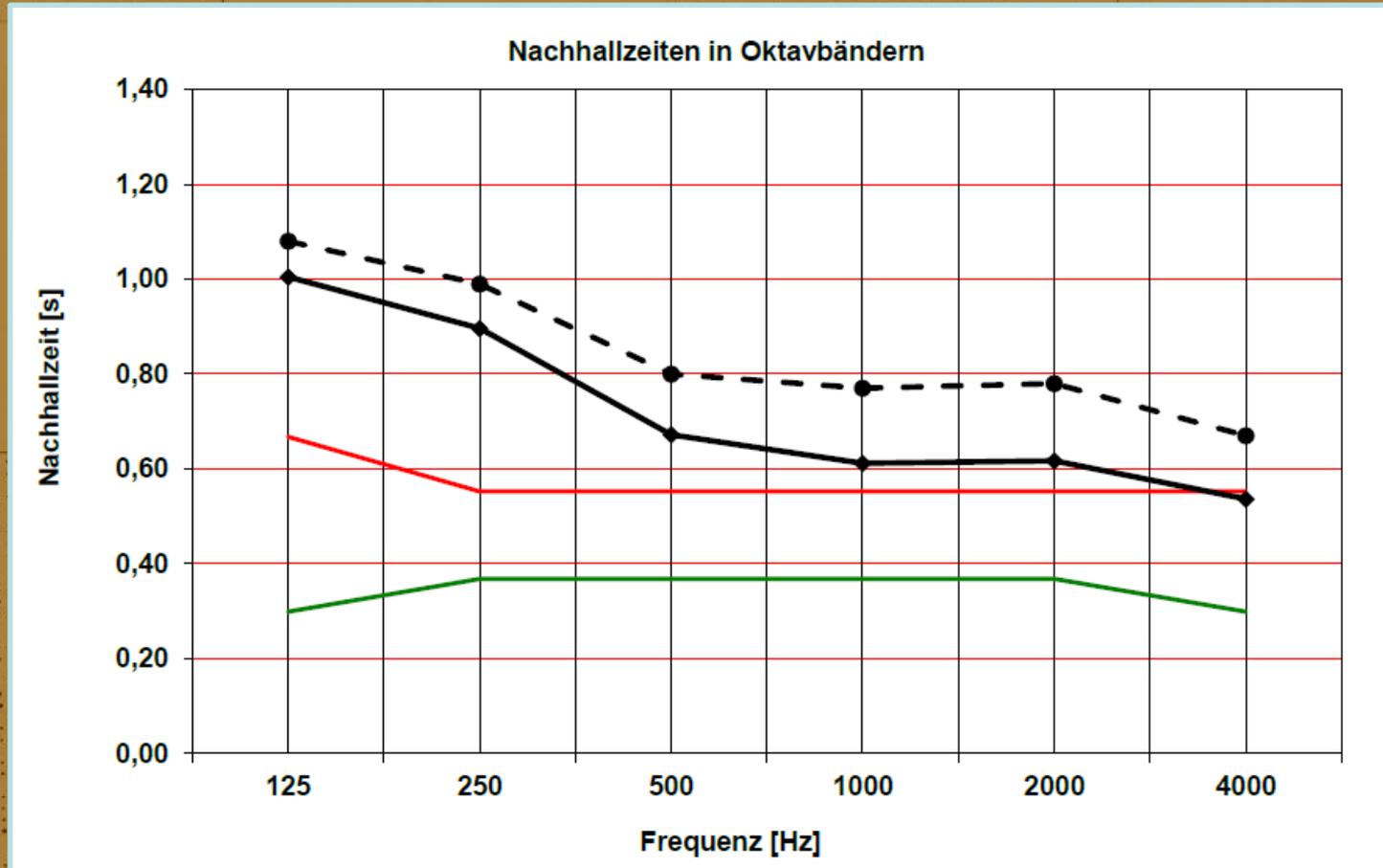
Absorbieren die überhaupt? „Passt“ der Strömungswiderstand?



Weichfaserplatten, gestrichen, geschl. Fläche



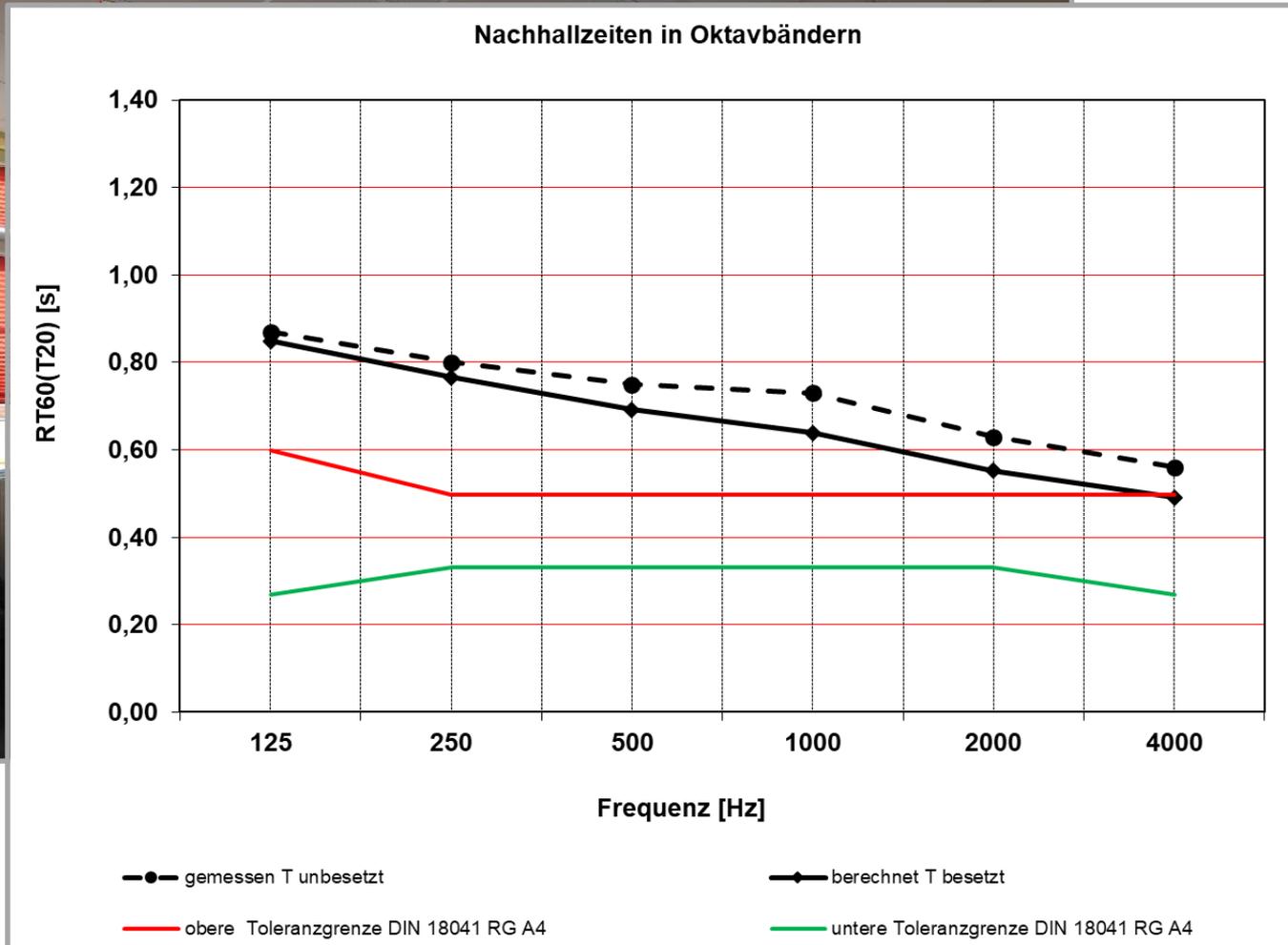
Weichfaserplatten, gestrichen, geschl. Fläche



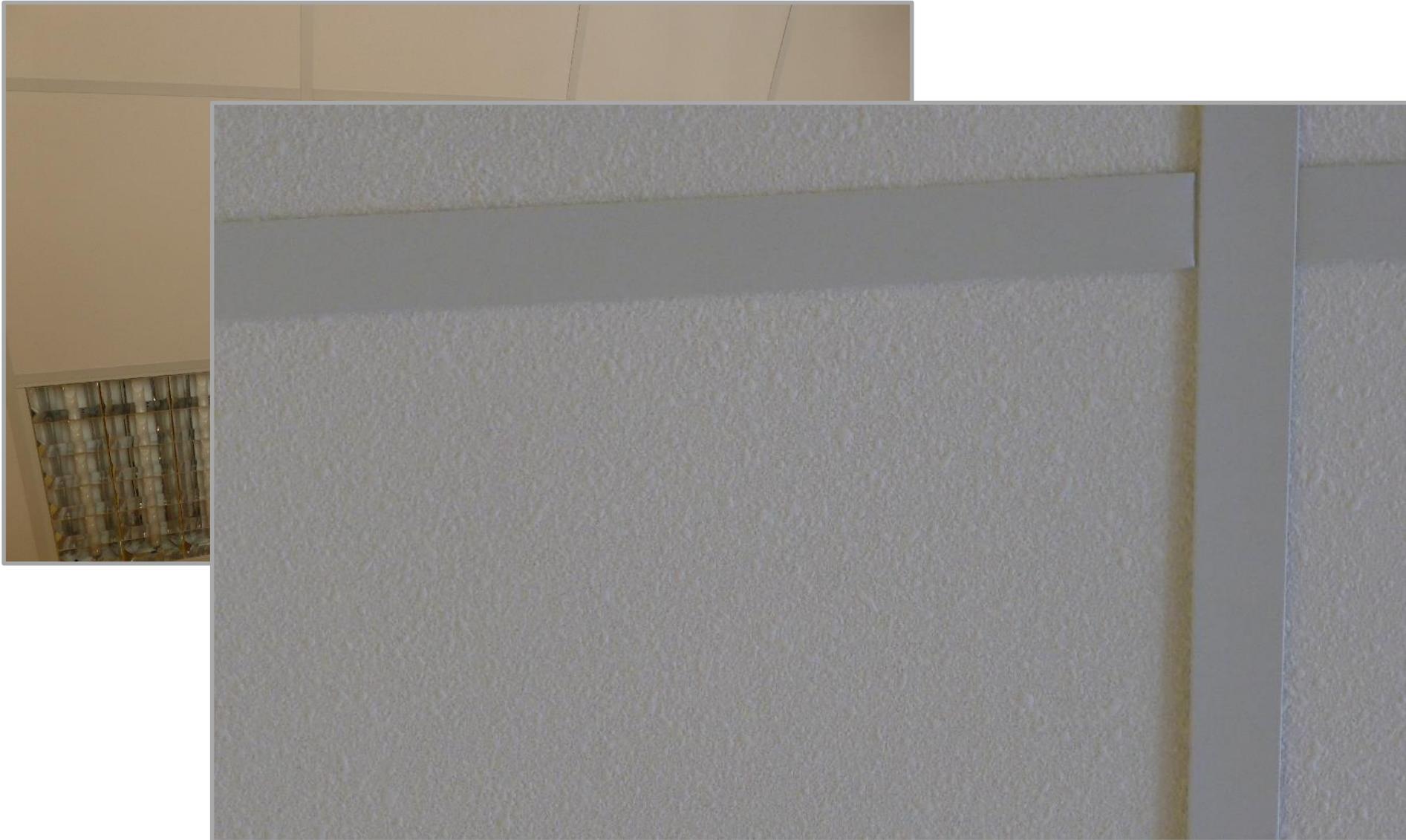
Mineralfaserplatte, offene / geschlossene Fläche



Mineralfaserplatte, offene / geschlossene Fläche

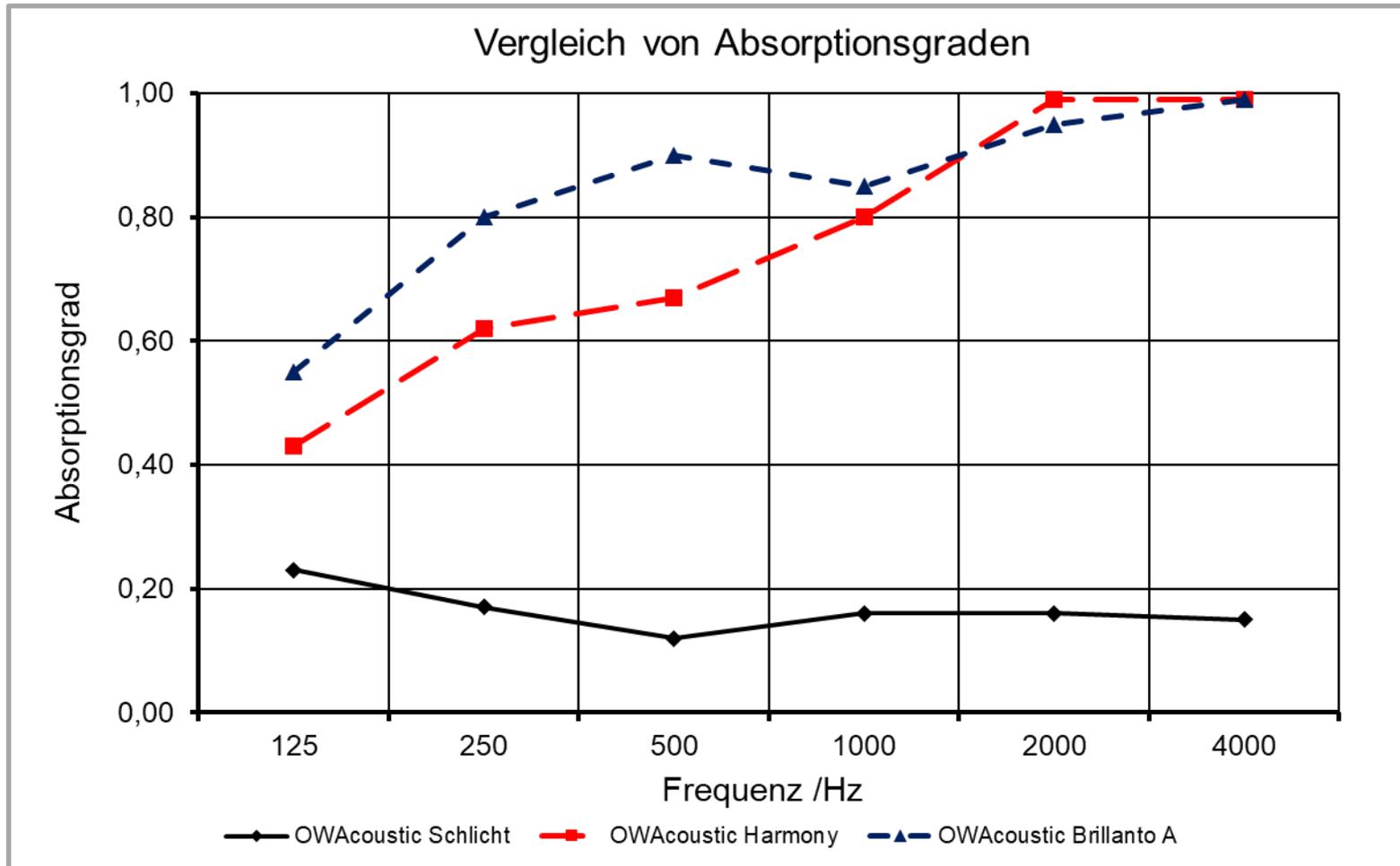


Mineralfaserplatte, offene / geschlossene Fläche



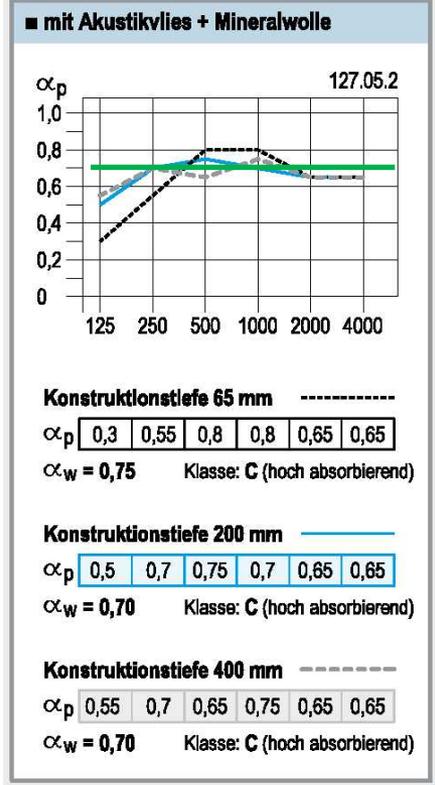
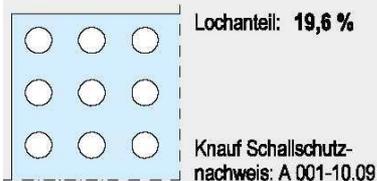
Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Gibt der Hersteller Messwerte zur Schallabsorption an?

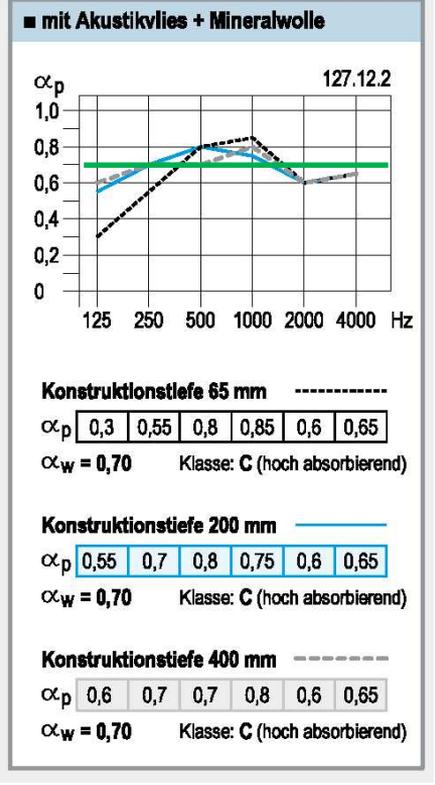
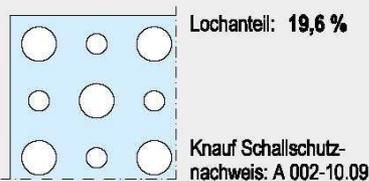


Gipskarton-Lochplatten mit MiWo

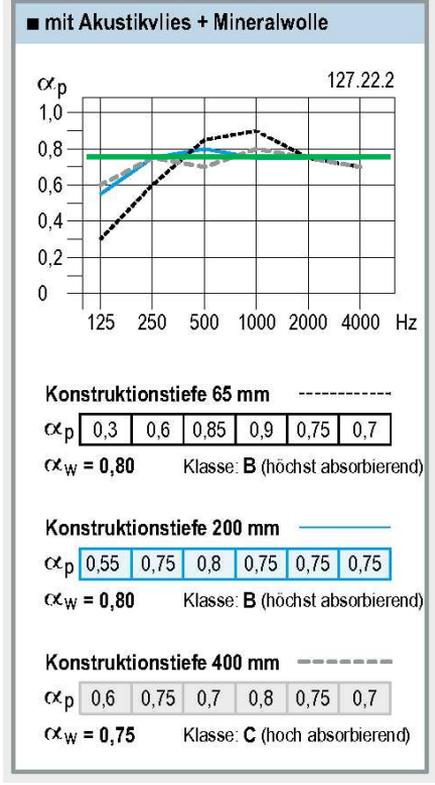
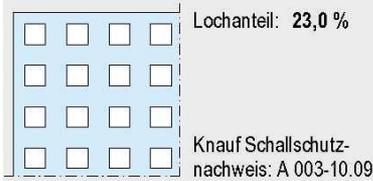
Gerade Rundlochung 15/30 R



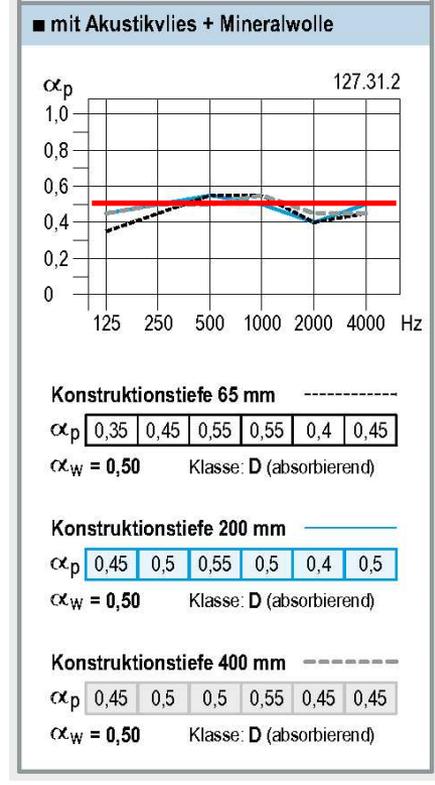
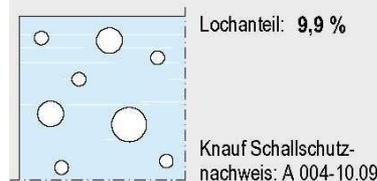
Versetzte Rundlochung 12/20/66 R



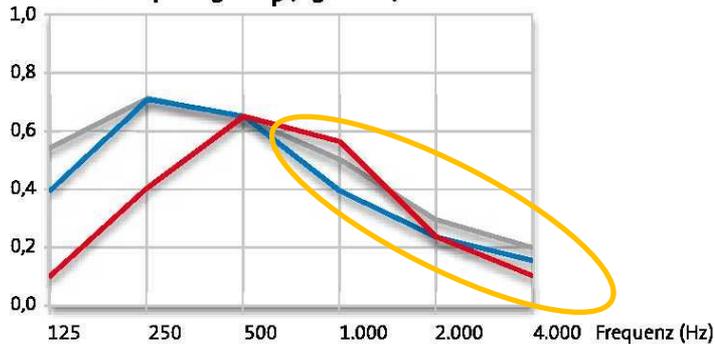
Gerade Quadratlochung 12/25 Q



Streulochung PLUS 8/15/20 R

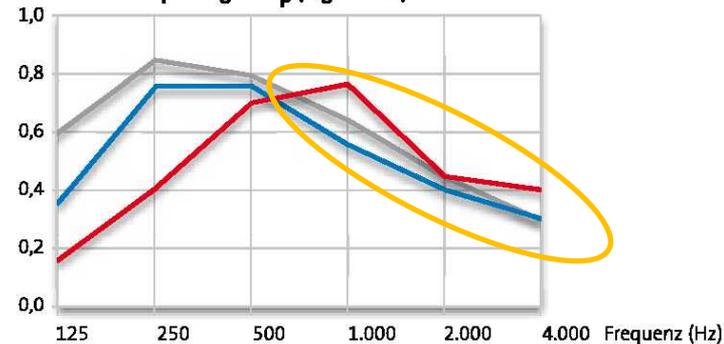


Schallabsorptionsgrad α_p (Rigton Air)



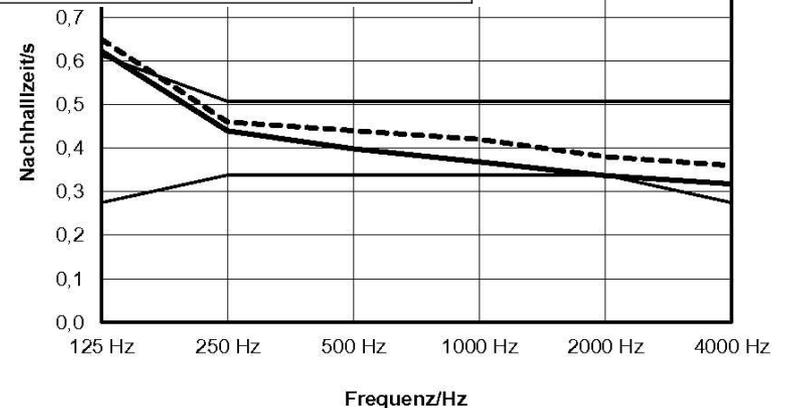
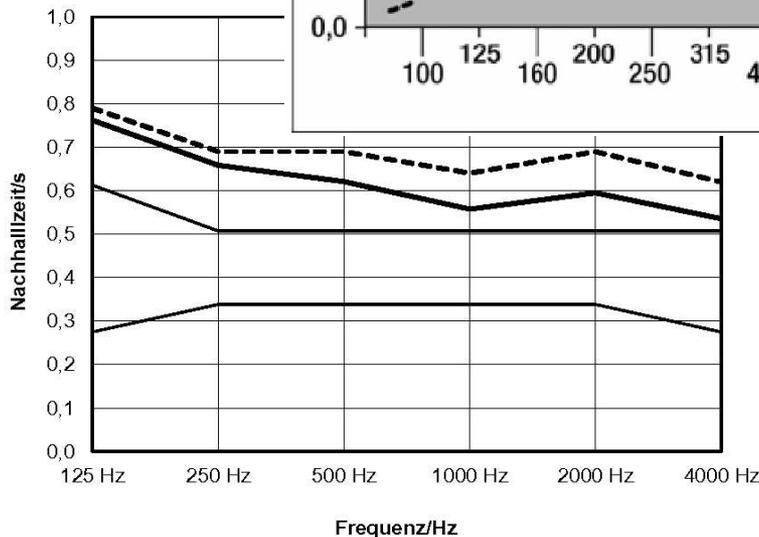
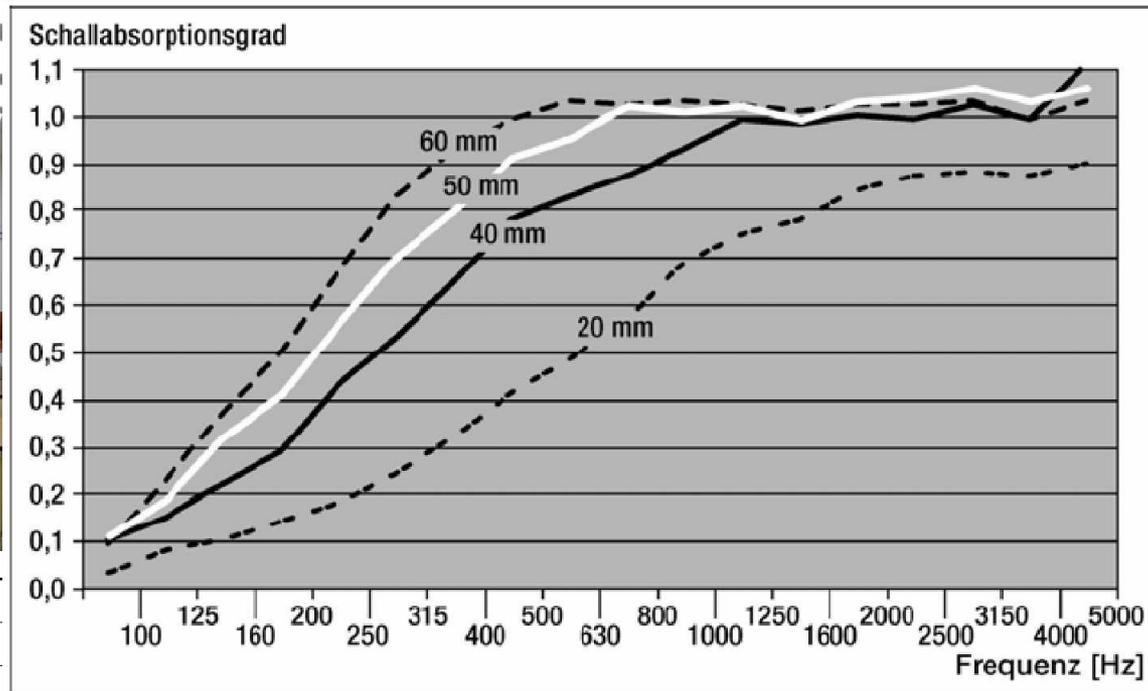
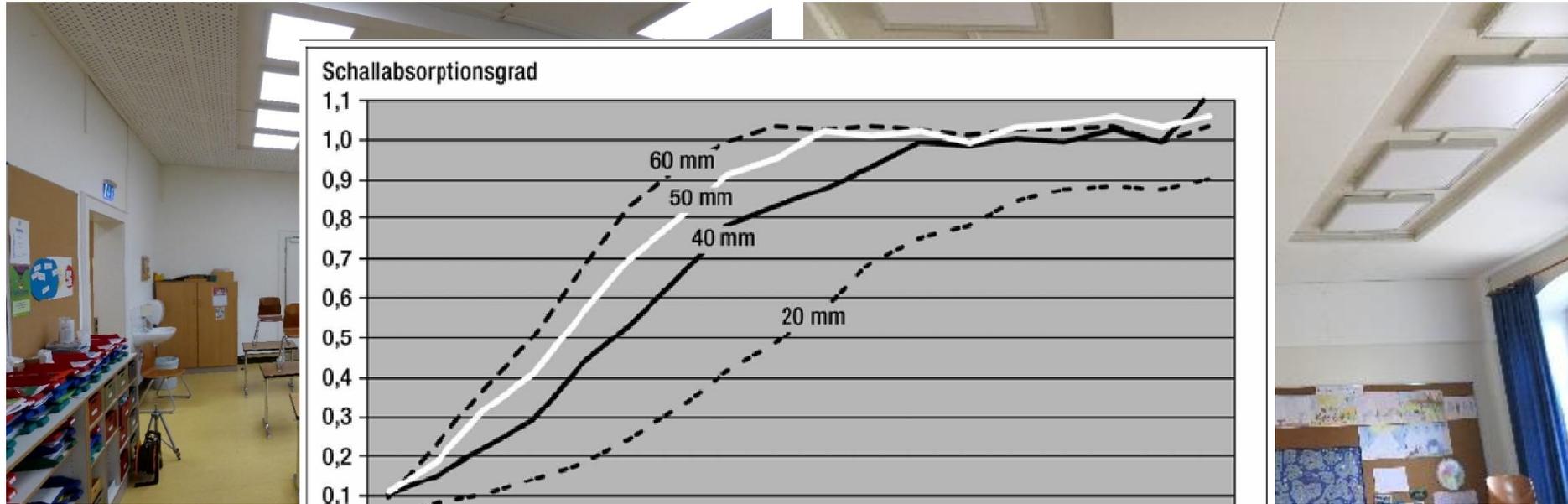
							α_w	Klasse
— Abhängehöhe 50 mm	0,10	0,40	0,65	0,55	0,25	0,10	0,25 (LM)	E
— Abhängehöhe 200 mm	0,40	0,70	0,65	0,40	0,25	0,15	0,30 (LM)	D
— Abhängehöhe 200 mm, Mineralwollauflage 50 mm	0,55	0,70	0,65	0,50	0,30	0,20	0,35 (LM)	D

Schallabsorptionsgrad α_p (Rigton Air)



							α_w	Klasse
— Abhängehöhe 50 mm	0,15	0,40	0,70	0,75	0,45	0,40	0,50 (M)	D
— Abhängehöhe 200 mm	0,35	0,75	0,75	0,55	0,40	0,30	0,45 (LM)	D
— Abhängehöhe 200 mm, Mineralwollauflage 50 mm	0,60	0,85	0,80	0,65	0,45	0,30	0,45 (LM)	D

Sanierung mit offenporigem Schaumstoff



Wie unterscheidet man sich?

Schall

Gibt der H

wert

Hören Sehen Planen Bauen
Fachreferat Barrierefrei am DSB



refeRATgeber 6

HÖRGESCHÄDIGTE IN RECHT

Diese Hersteller haben umfangreiche Absorptionsgrad-Tabellen veröffentlicht.



Klassenraum-A
Klassenraum-C
Klassenraum-Organ



Diese Broschüre wurde gedruckt mit finanzieller Unterstützung der Firmen:



LAHNAU

AKUSTIK GMBH



Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Sind die Absorberflächen groß genug?

Aus Urheberrechtsgründen sind bei den
„nicht so guten“ Beispielen keine Fotos enthalten.

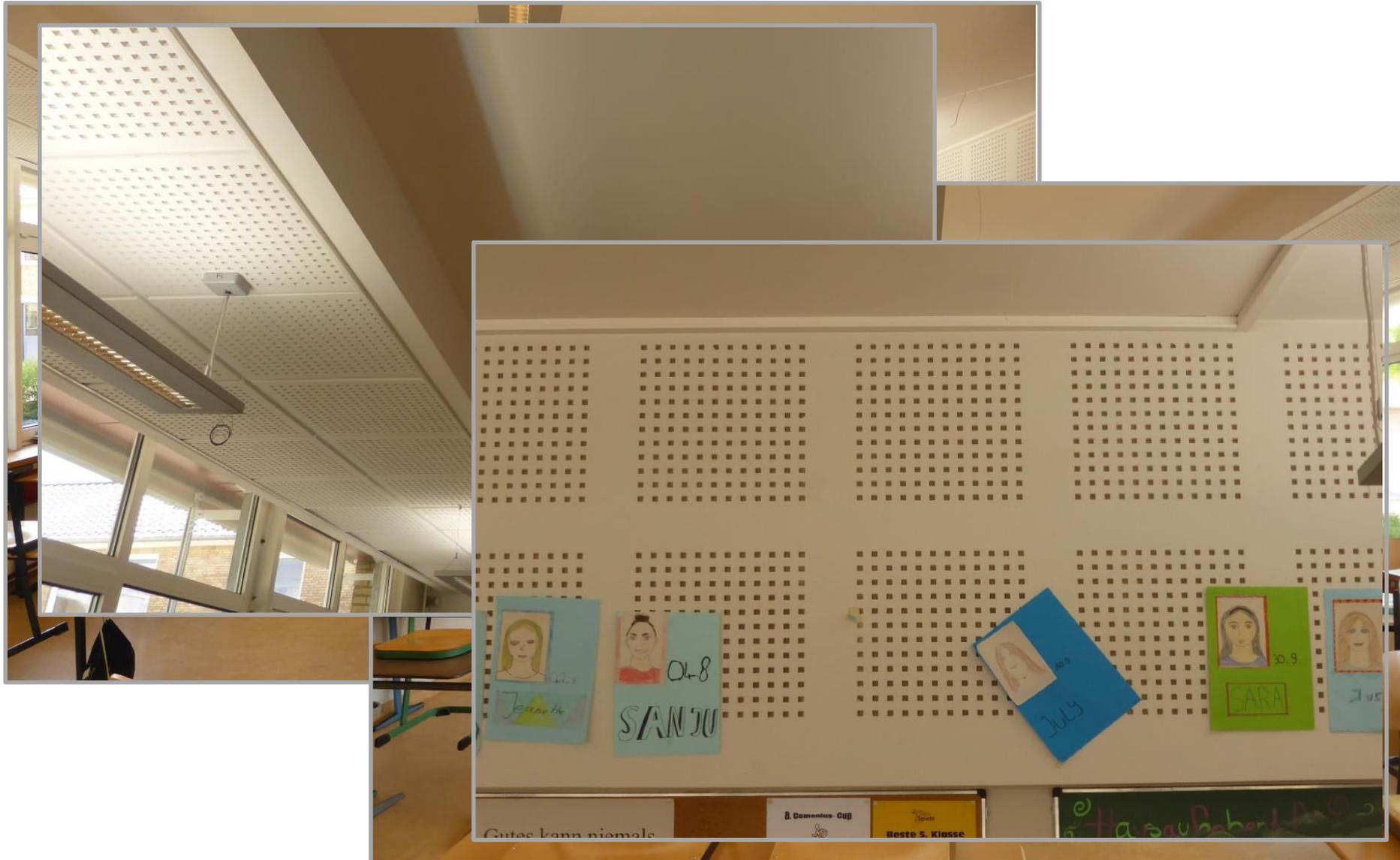
Bitte stöbert selbst unter:

<https://www.carsten-ruhe.de/links/schallabsorber-elemente/>

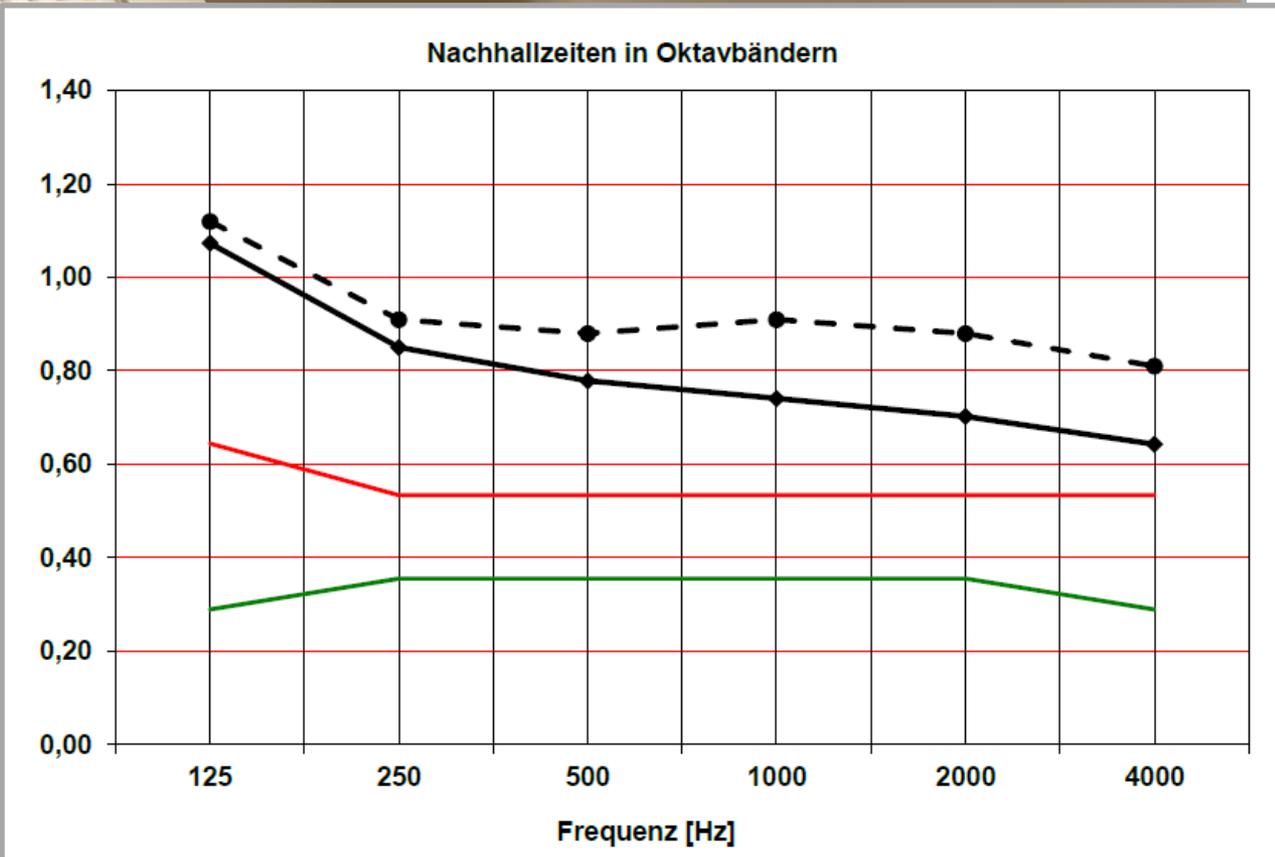
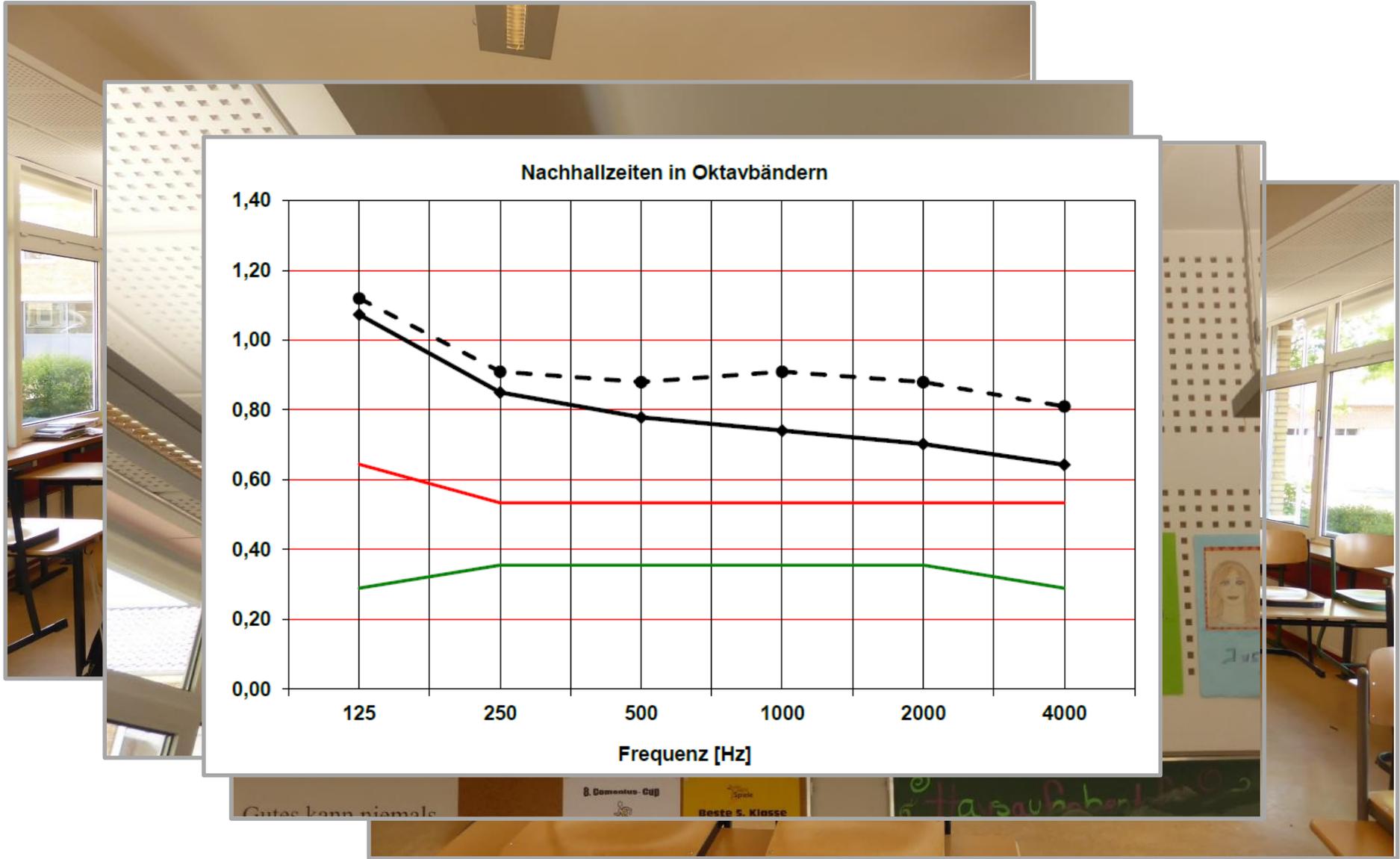
Zu kleine Absorberflächen



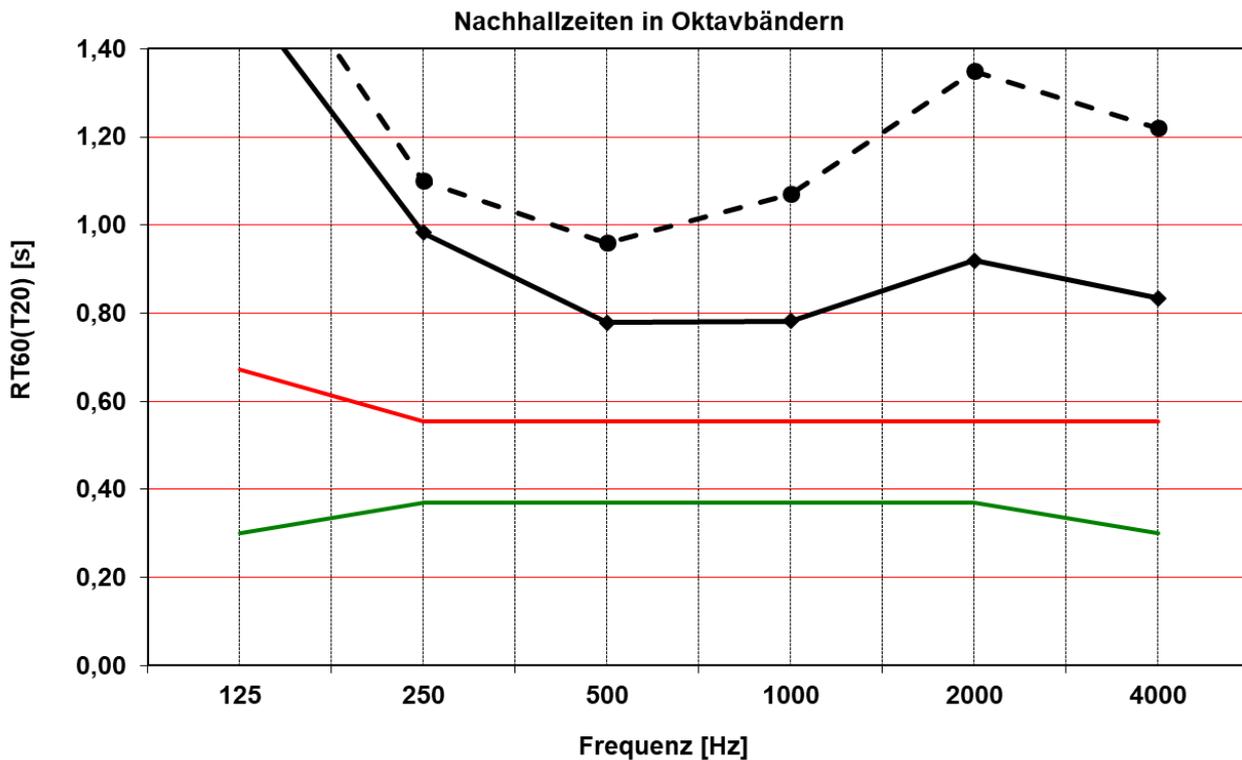
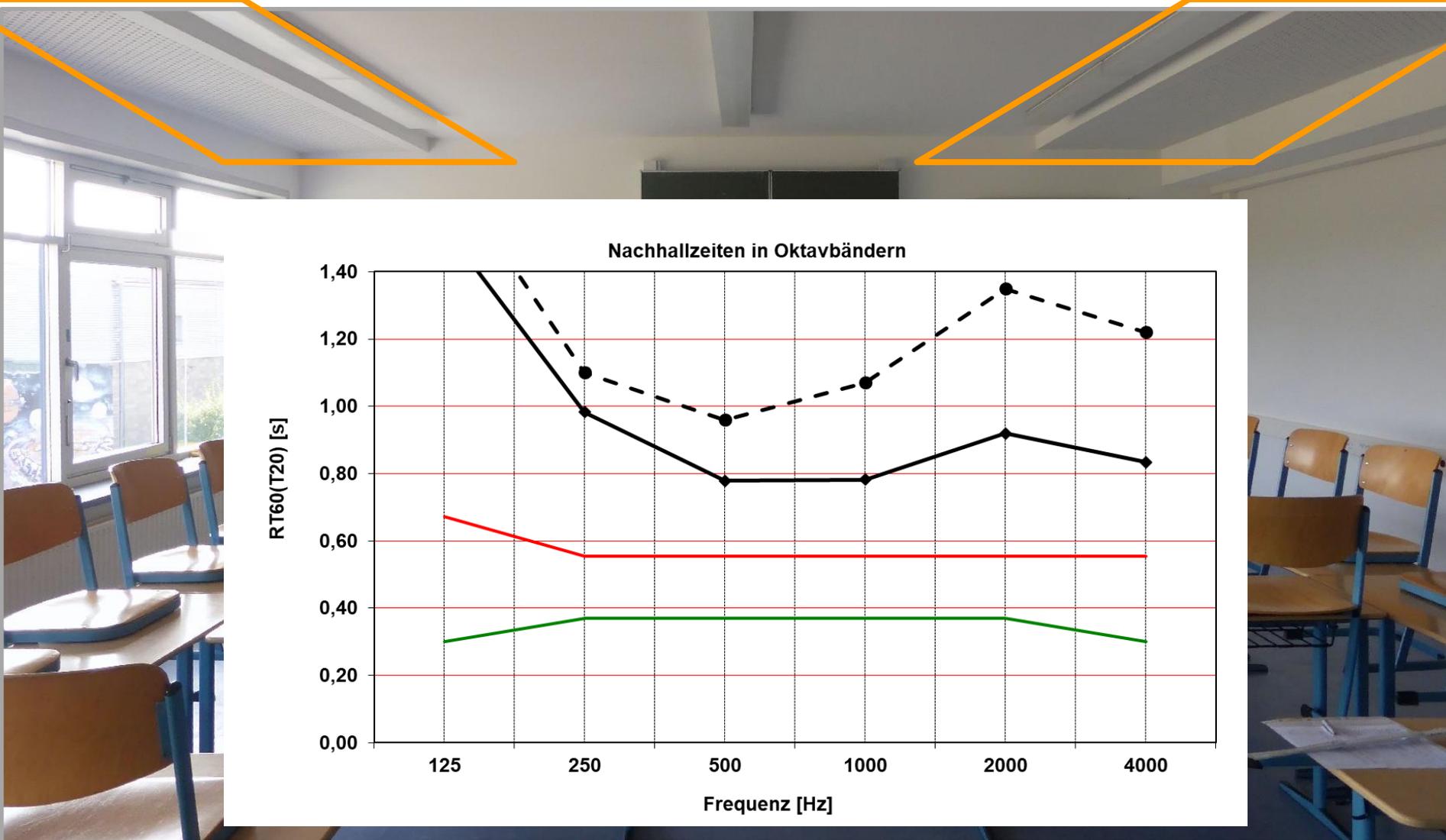
Zu kleine Absorberflächen



Zu kleine Absorberflächen



Zu kleine Absorberflächen



Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

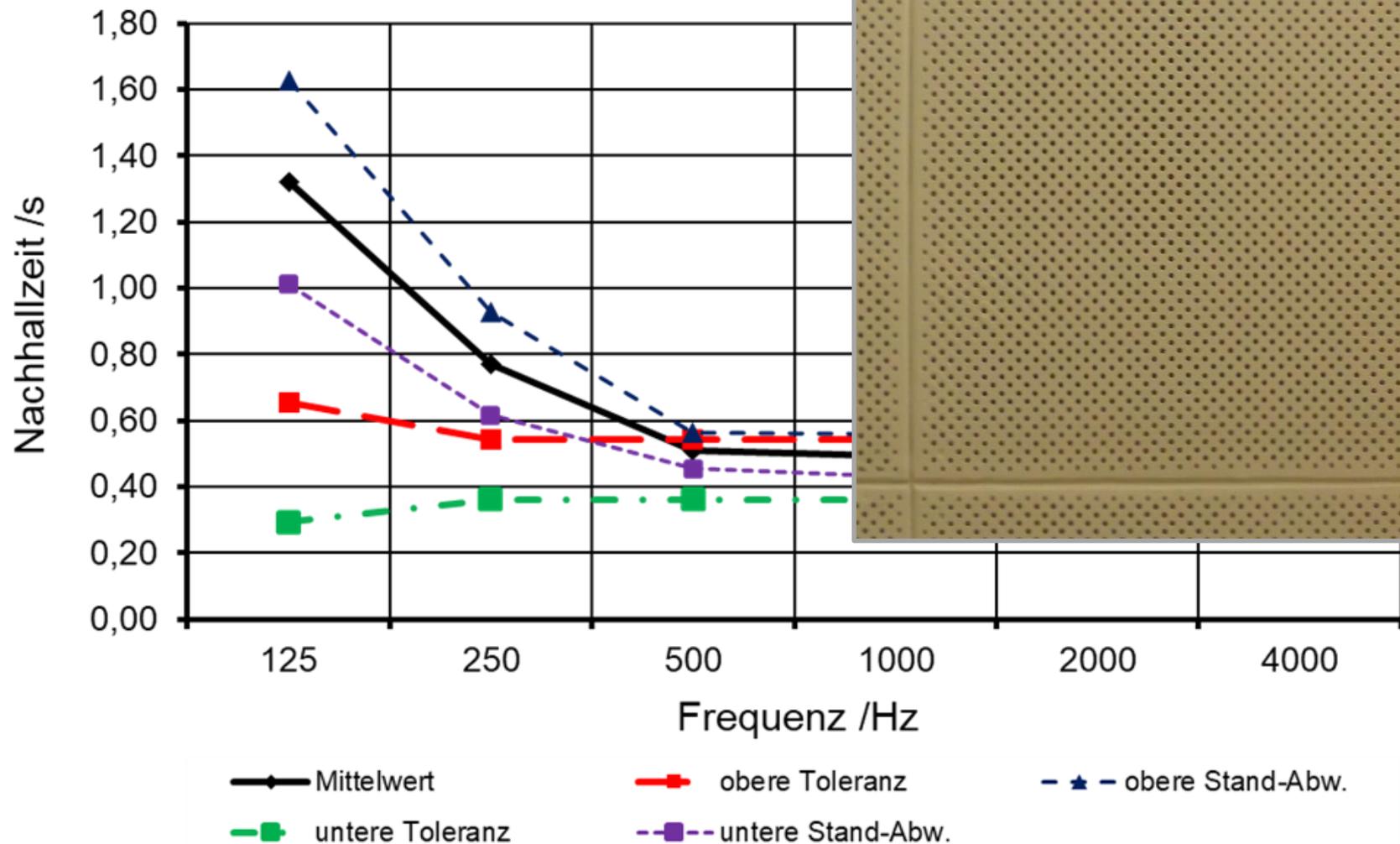
Sind die Absorberflächen dick genug?

Aus Urheberrechtsgründen sind bei den
„nicht so guten“ Beispielen keine Fotos enthalten.

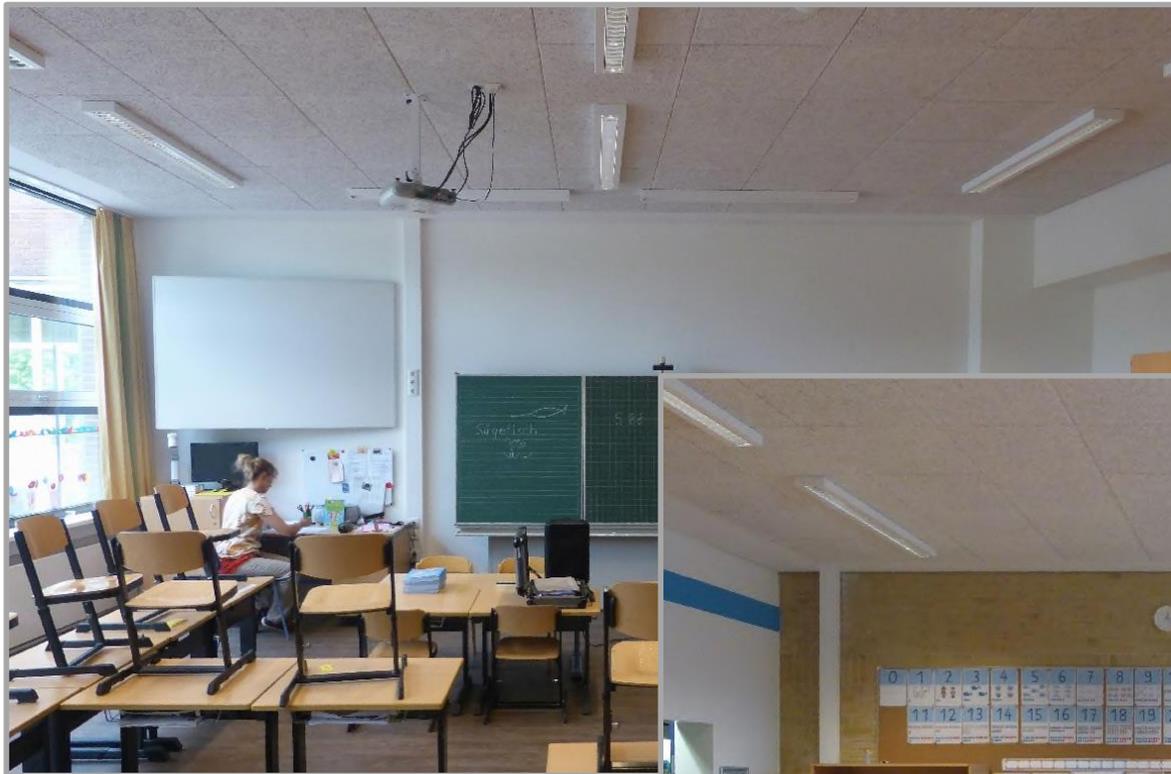
Bitte stöbert selbst unter:

<https://www.carsten-ruhe.de/links/schallabsorber-elemente/>

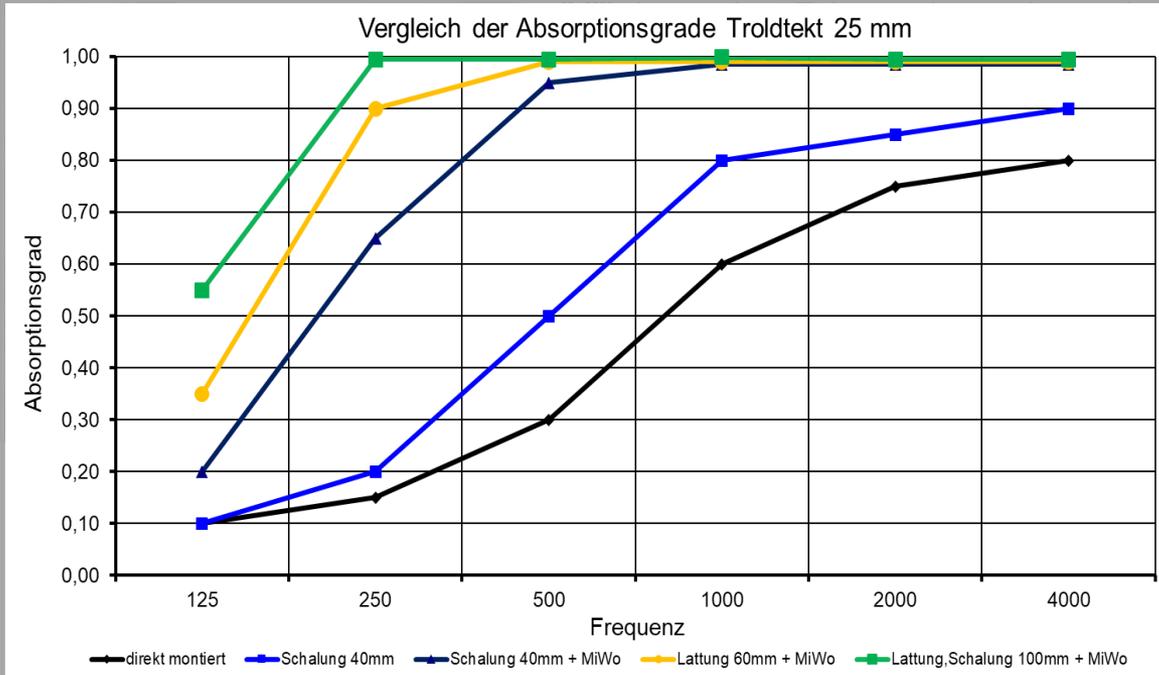
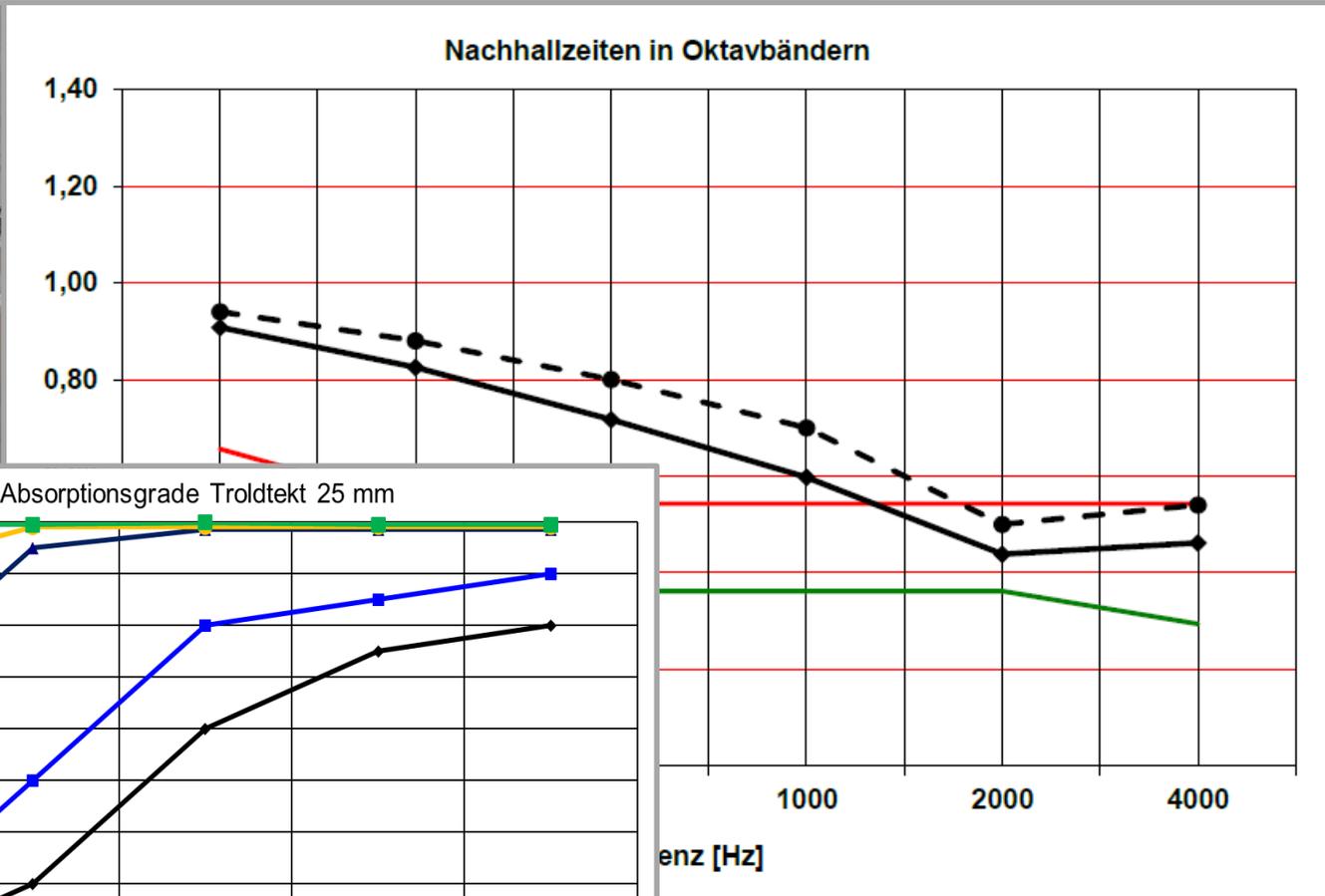
Lochplatten, 12mm dünn



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, ohne Abstand



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, ohne Abstand



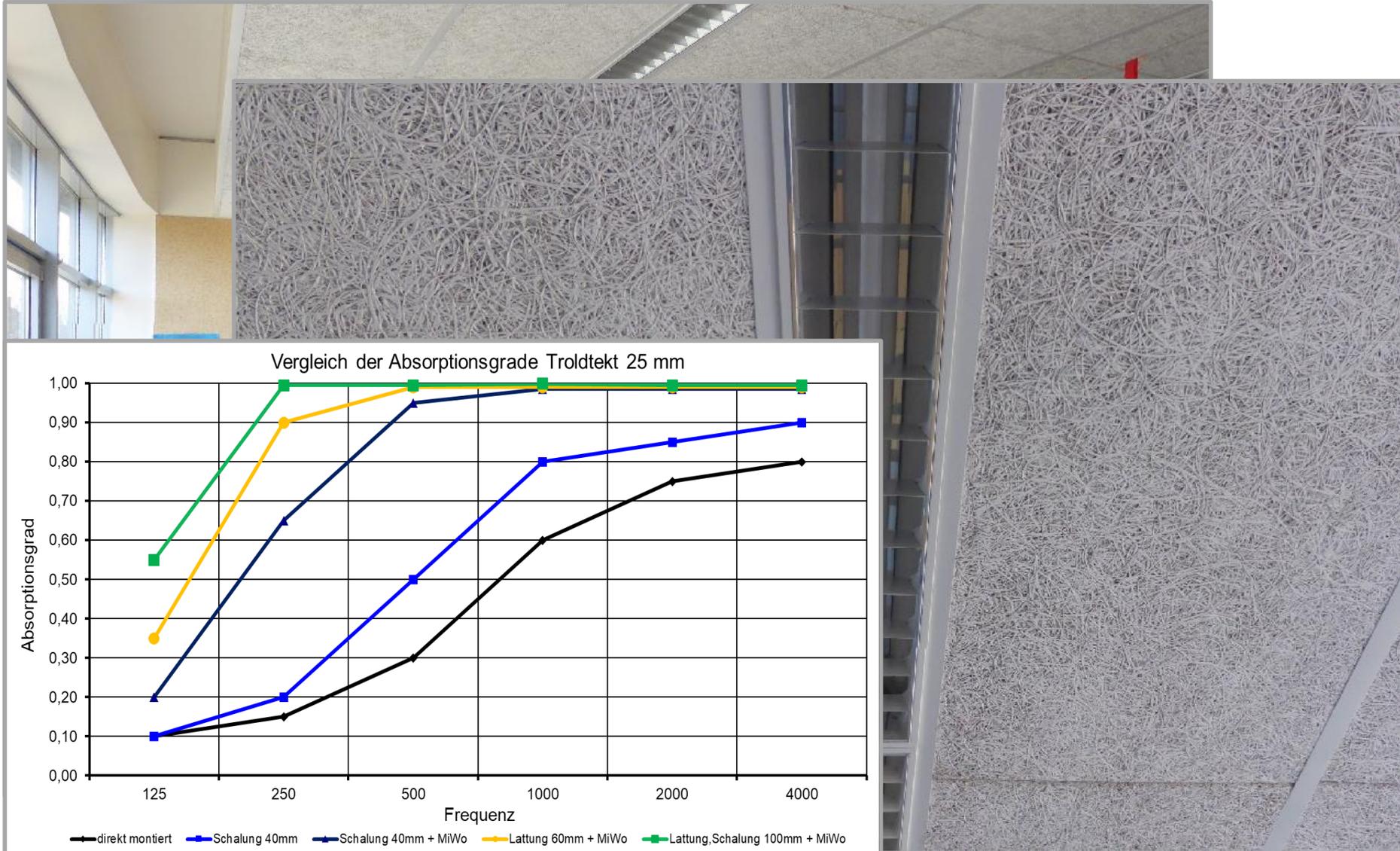
Holzwohle-Leichtbauplatten 25mm, 200mm Abst.



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, 200mm Abst.



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, 200mm Abst.



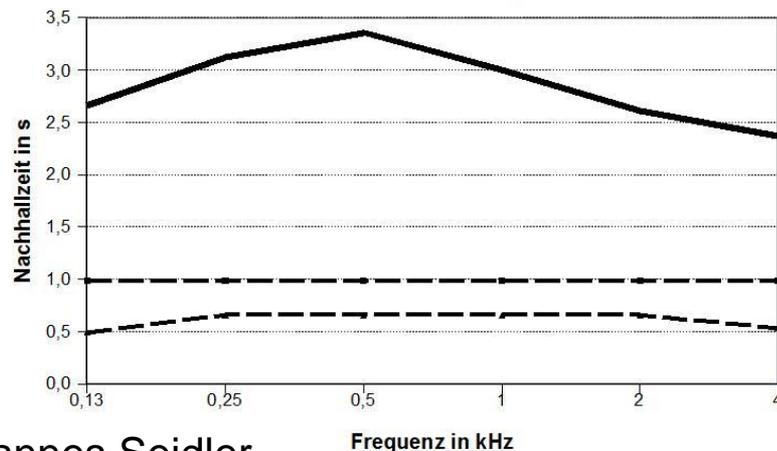
Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke



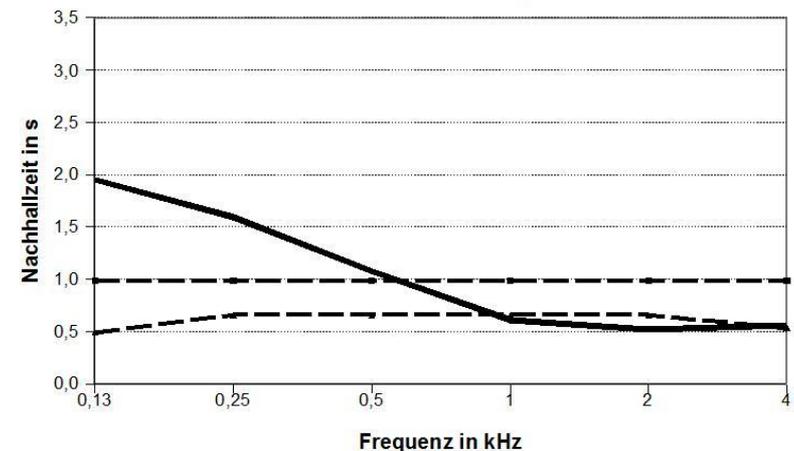
Lahnau Glasgranulat Design Alvaro



Nachhallzeit im Raum für Sprache



Nachhallzeit im Raum für Sprache



Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke



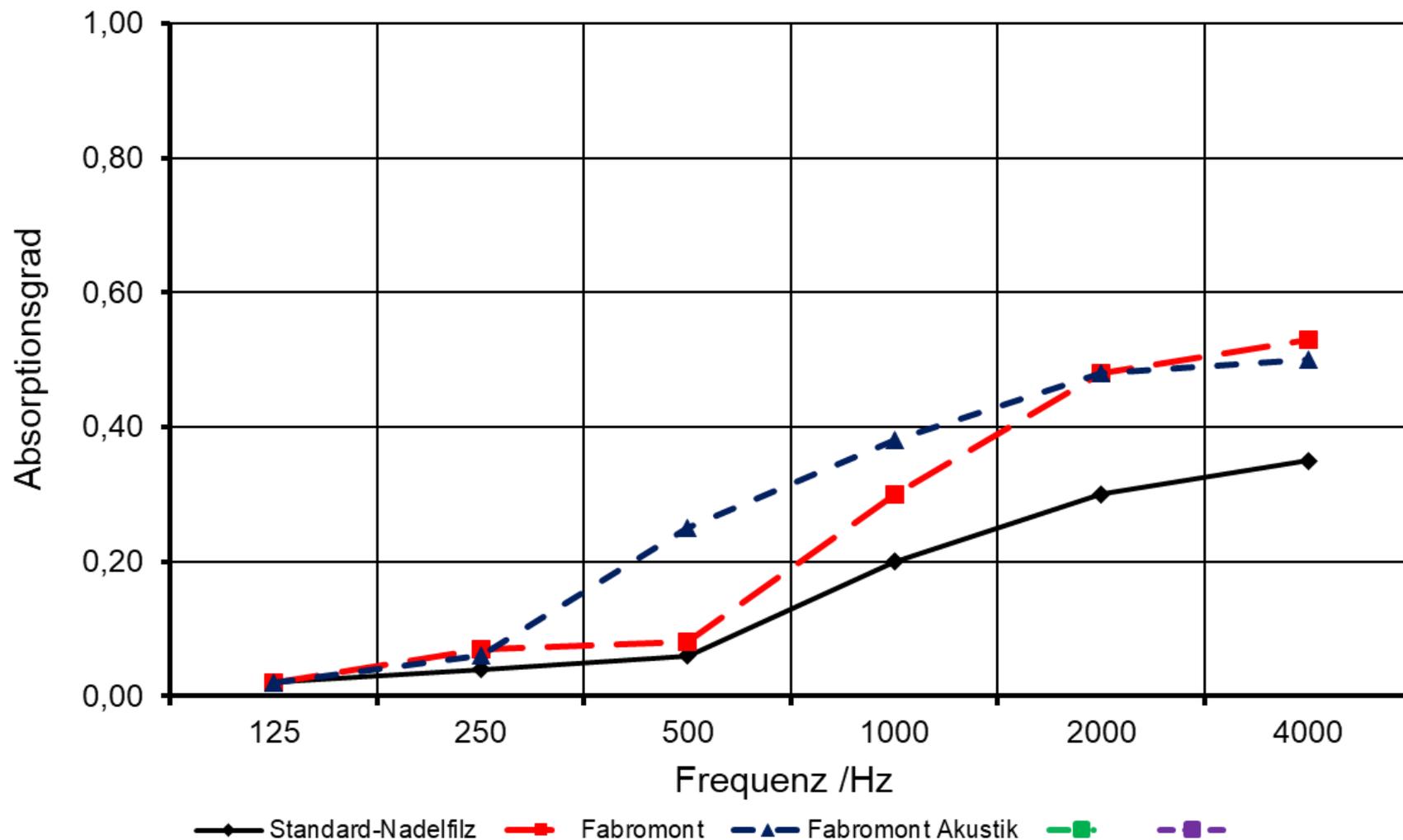
© Hannes Seidler

Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke



Schallabsorption von Teppichböden

Vergleich von Absorptionsgraden



Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Was kosten die Maßnahmen?

Beratungstermin
vereinbaren

GRATIS BERATUNG
UND
VISUALISIERUNG
IHRER RÄUME!

Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Was kosten die Maßnahmen?

Beratung
verein

Kostenlose Nachhallzeitmessung Ihres Objektes

Wie ein Raum von seinen Nutzern empfunden wird, hängt maßgeblich mit seiner Akustik zusammen. Abhängig von der Nutzung eines Raums verändern sich die Anforderungen an Nachhallzeit, Schallverteilung oder Sprachverständlichkeit.

Sie möchten für Ihr Objekt eine Nachhallzeitmessung vor Ort?
Unsere technischen Berater führen diese Messung in Ihrem Objekt gratis und unverbindlich durch und erstellen für Sie bei Bedarf die passenden Systemvorschläge.

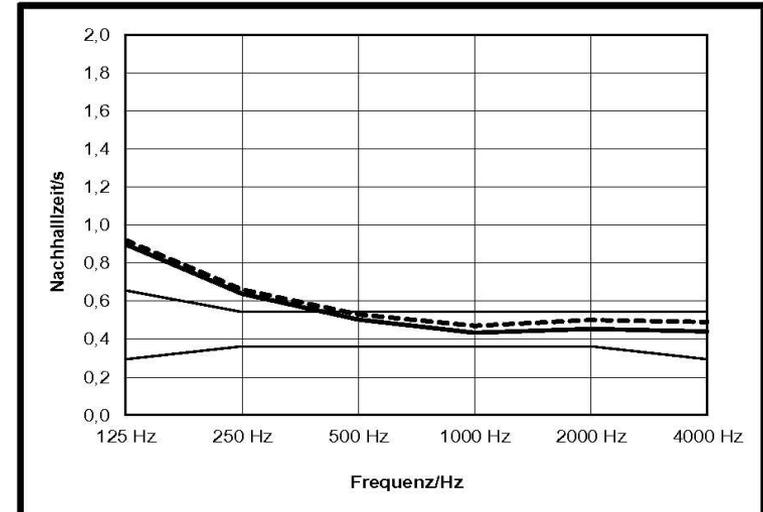
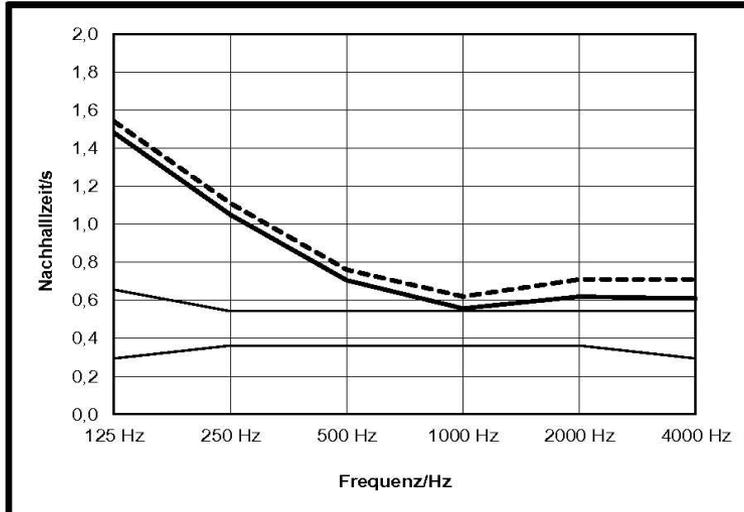
Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Was kosten Absorber-Elemente?

Aus Urheberrechtsgründen sind bei den „teuren“ Beispielen der Absorber-Elemente keine Fotos enthalten.

Bitte stöbert selbst unter:

<https://www.carsten-ruhe.de/links/schallabsorber-elemente/>



Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

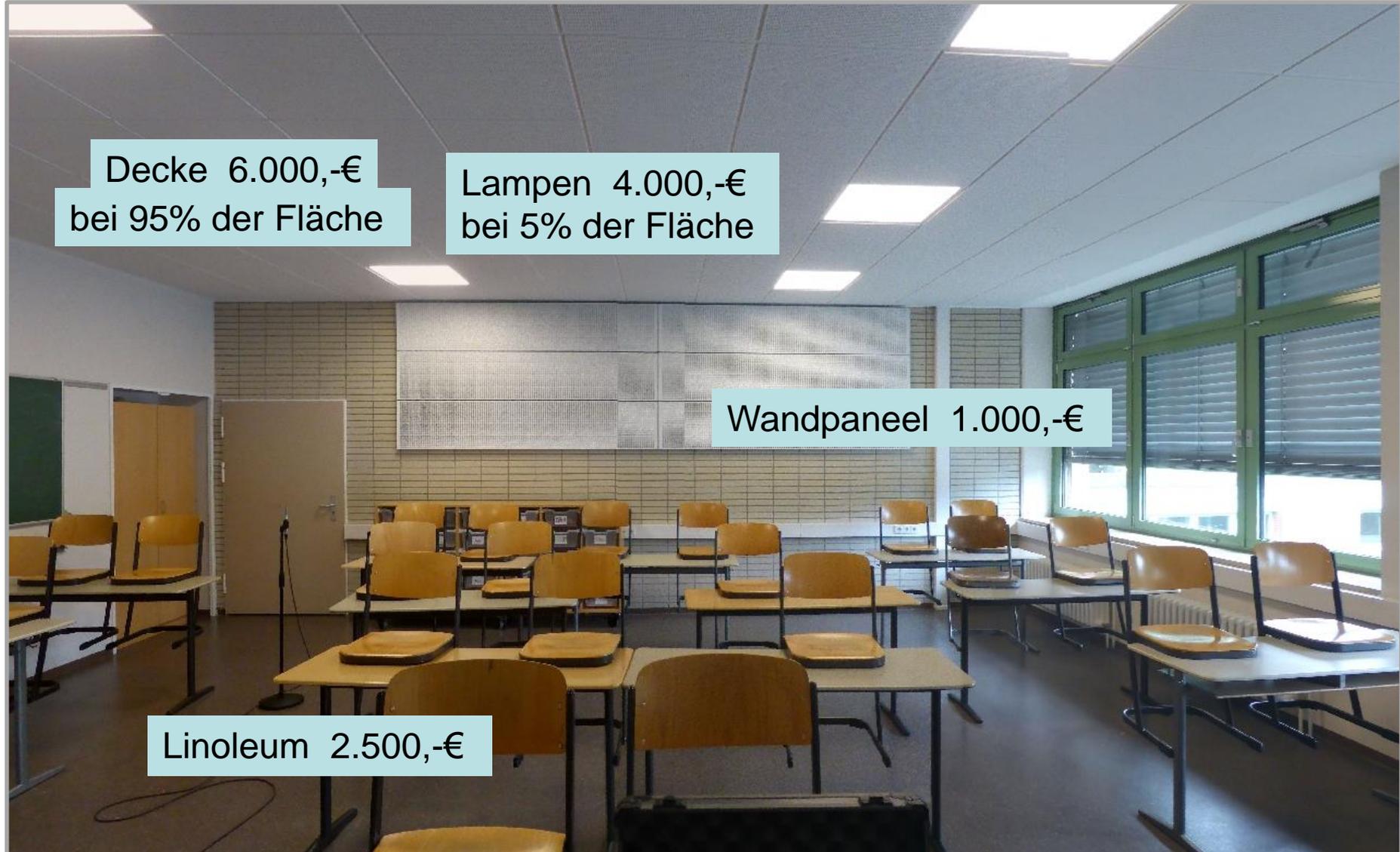
Was kosten Absorber-Decken je m²?

Mineralwolleplatten im Schienensystem	ca. 45,-€
Holzwoleplatten mit Mineralwolle-Auflage	ca. 60,-€
GK-Lochplatten mit Mineralwolle-Auflage	ca. 65,-€

Was kosten schallabsorbierende Wandpaneele je m²?

Stoßfeste Mineralwolle	ca. 200,-€
Holzwoleplatten mit Mineralwolle-Hinterlegung	ca. 100,-€
GK-Lochplatten mit Mineralwolle-Hinterlegung	ca. 125,-€

Gipskarton-Loch-Kassetten



Decke 6.000,-€
bei 95% der Fläche

Lampen 4.000,-€
bei 5% der Fläche

Wandpaneel 1.000,-€

Linoleum 2.500,-€

Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen



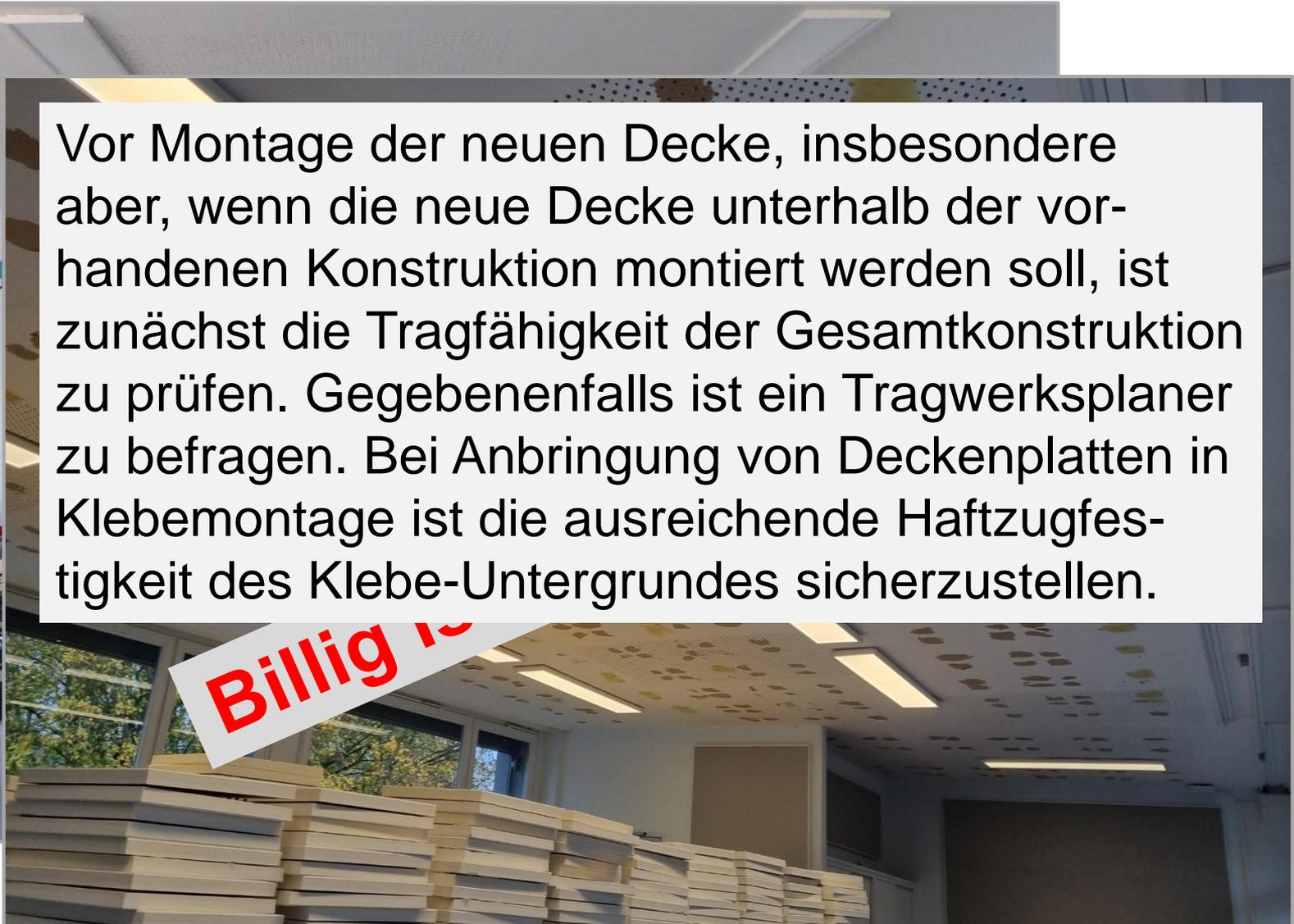
Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen



Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen

Vor Montage der neuen Decke, insbesondere aber, wenn die neue Decke unterhalb der vorhandenen Konstruktion montiert werden soll, ist zunächst die Tragfähigkeit der Gesamtkonstruktion zu prüfen. Gegebenenfalls ist ein Tragwerksplaner zu befragen. Bei Anbringung von Deckenplatten in Klebemontage ist die ausreichende Haftzugfestigkeit des Klebe-Untergrundes sicherzustellen.

Billig

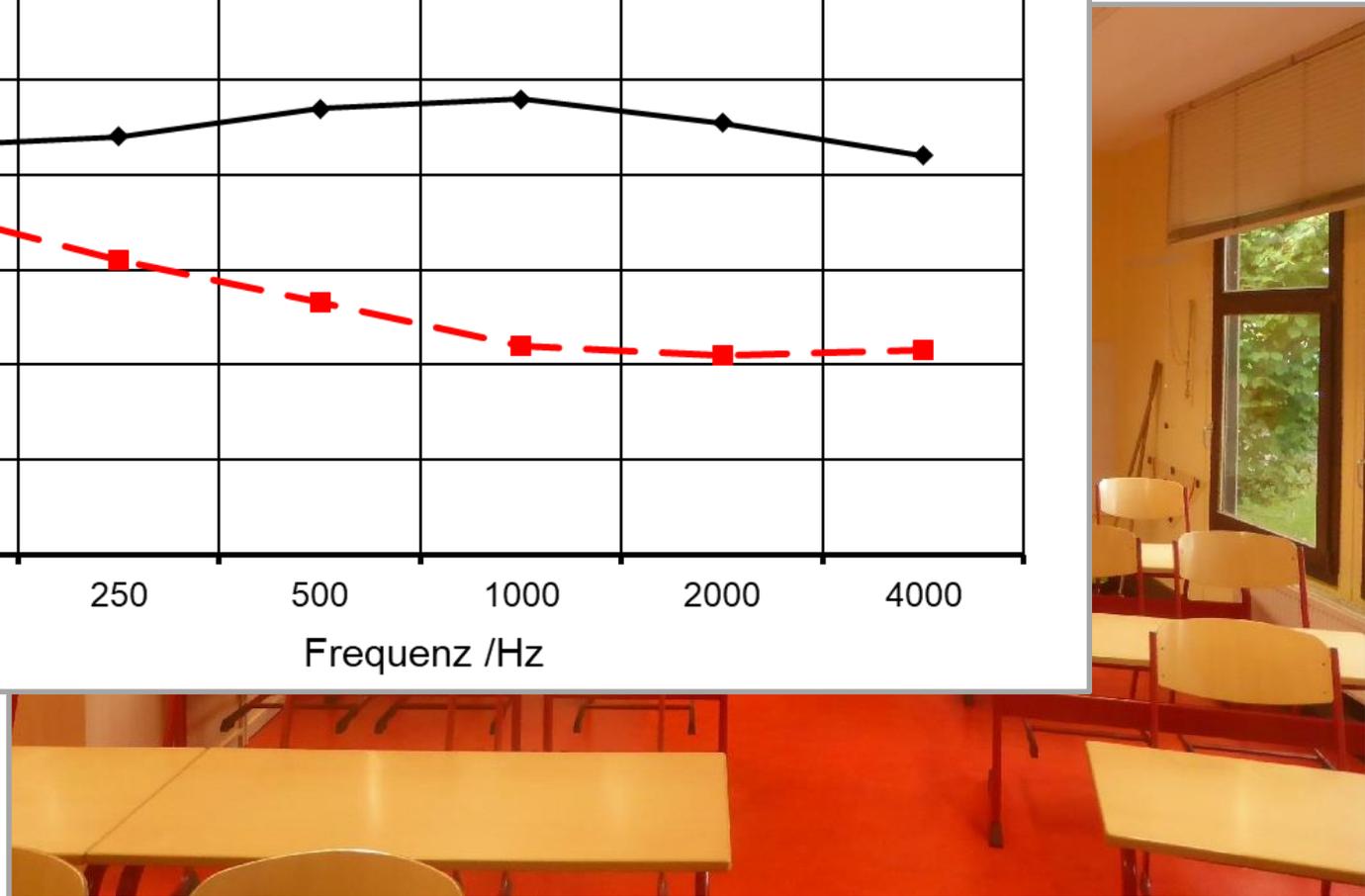
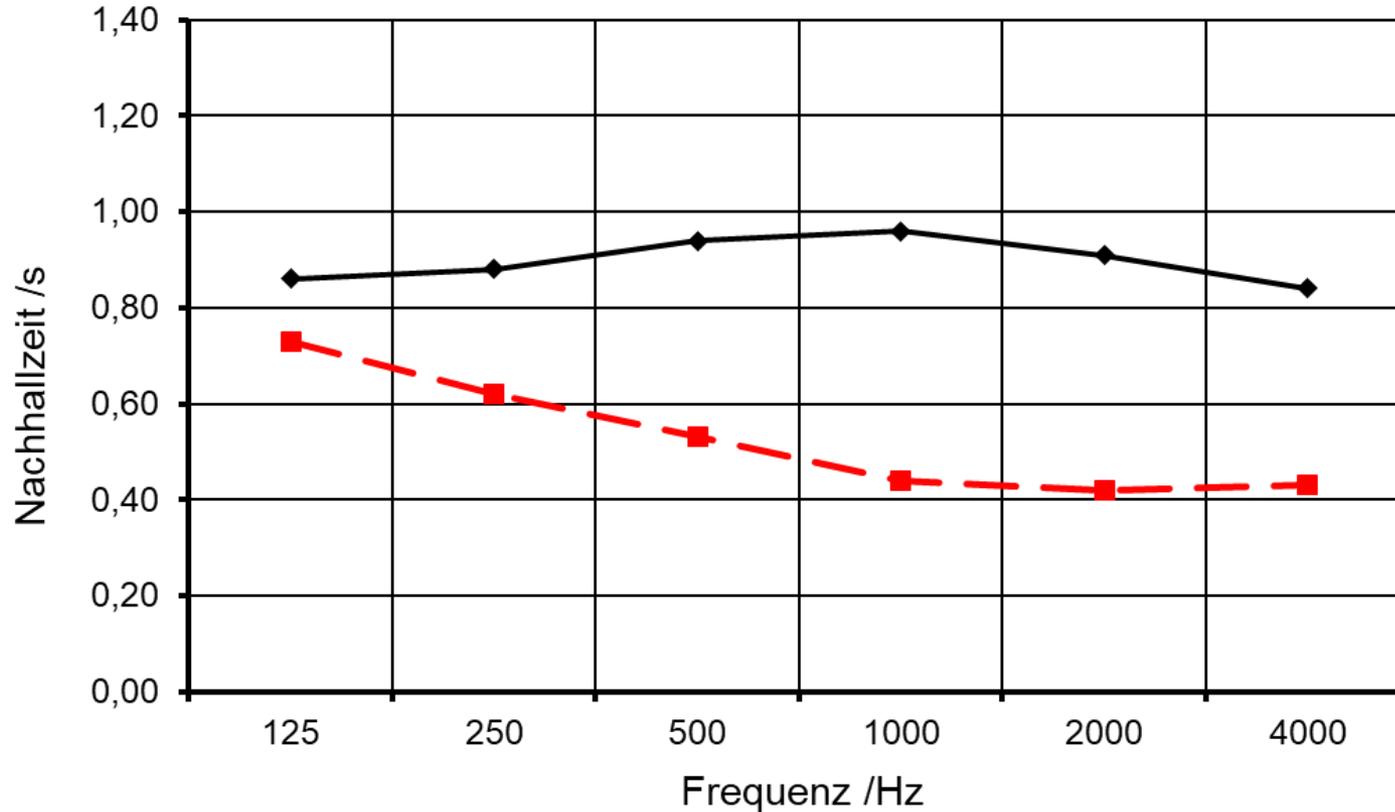


PI, GS Thesdorf, vorher / nachher



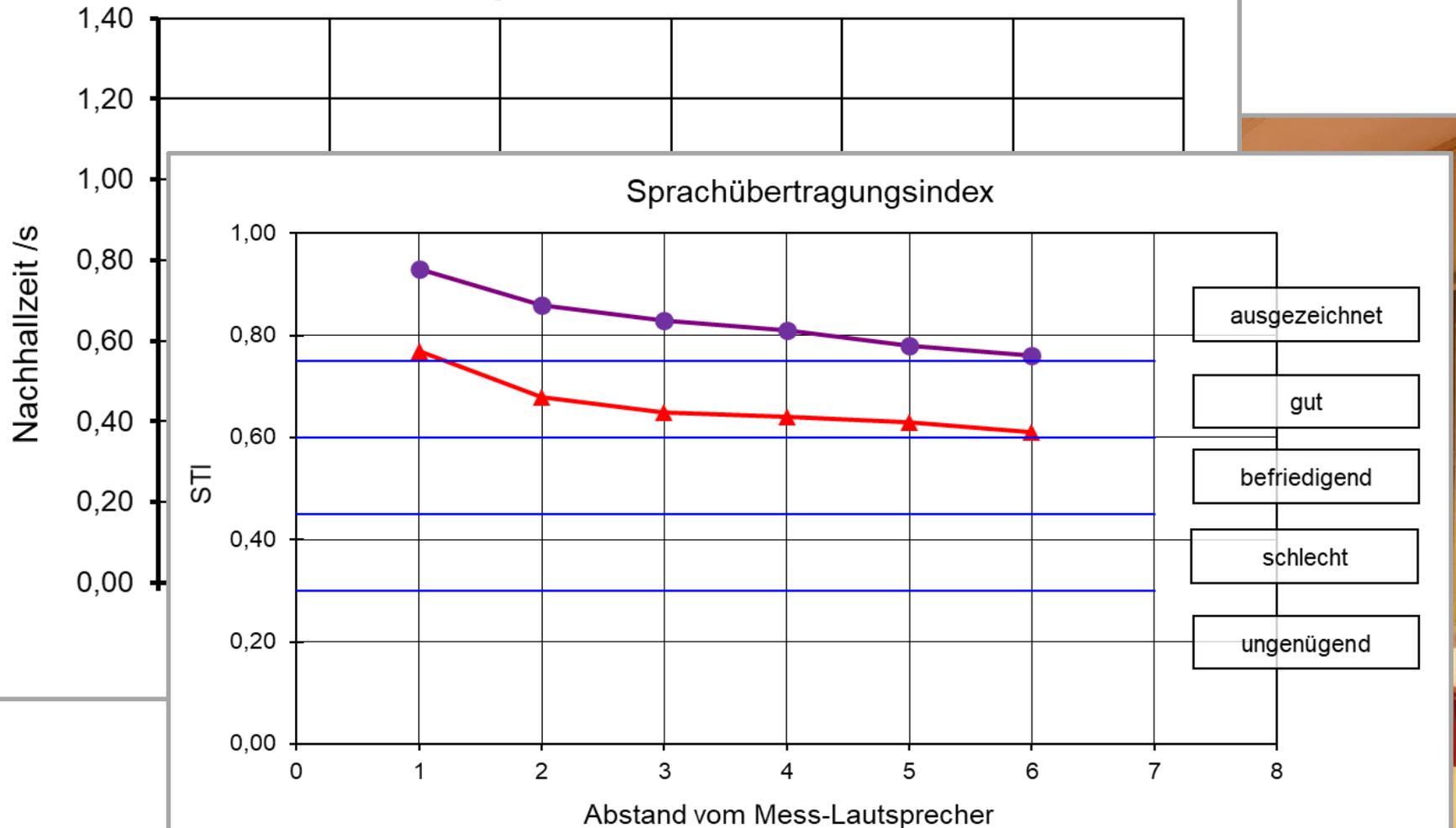
PI, GS Thesdorf, vorher / nachher

Vergleich der Nachhallzeiten

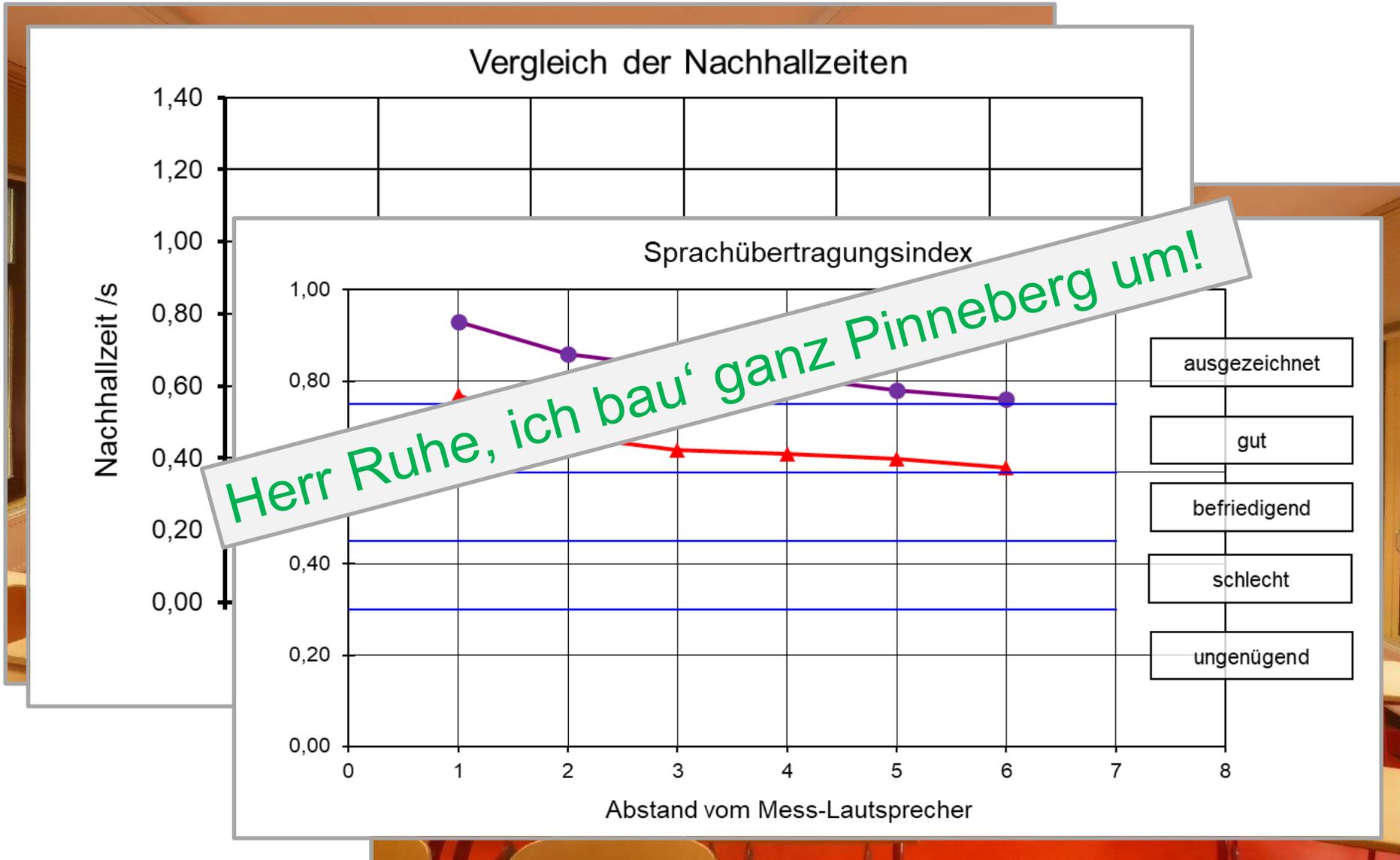


PI, GS Thesdorf, vorher / nachher

Vergleich der Nachhallzeiten



PI, GS Thesdorf, vorher / nachher



Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Absorbieren die denn überhaupt?

Kann der Schall in das Material eindringen?

Gibt der Hersteller Messwerte zur Schallabsorption an?

Sind die Absorberflächen groß genug?

Sind die Absorberflächen dick genug?

(Das betrifft sowohl die Materialdicke als auch die Bauhöhe)

Was kosten die Absorber?

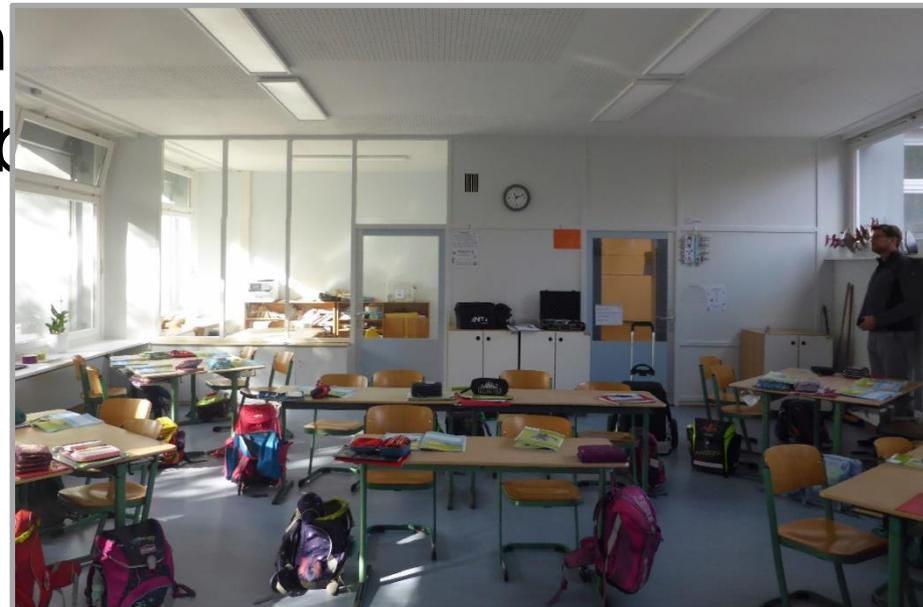
Wird etwa eine Messung und Beratung kostenlos angeboten?

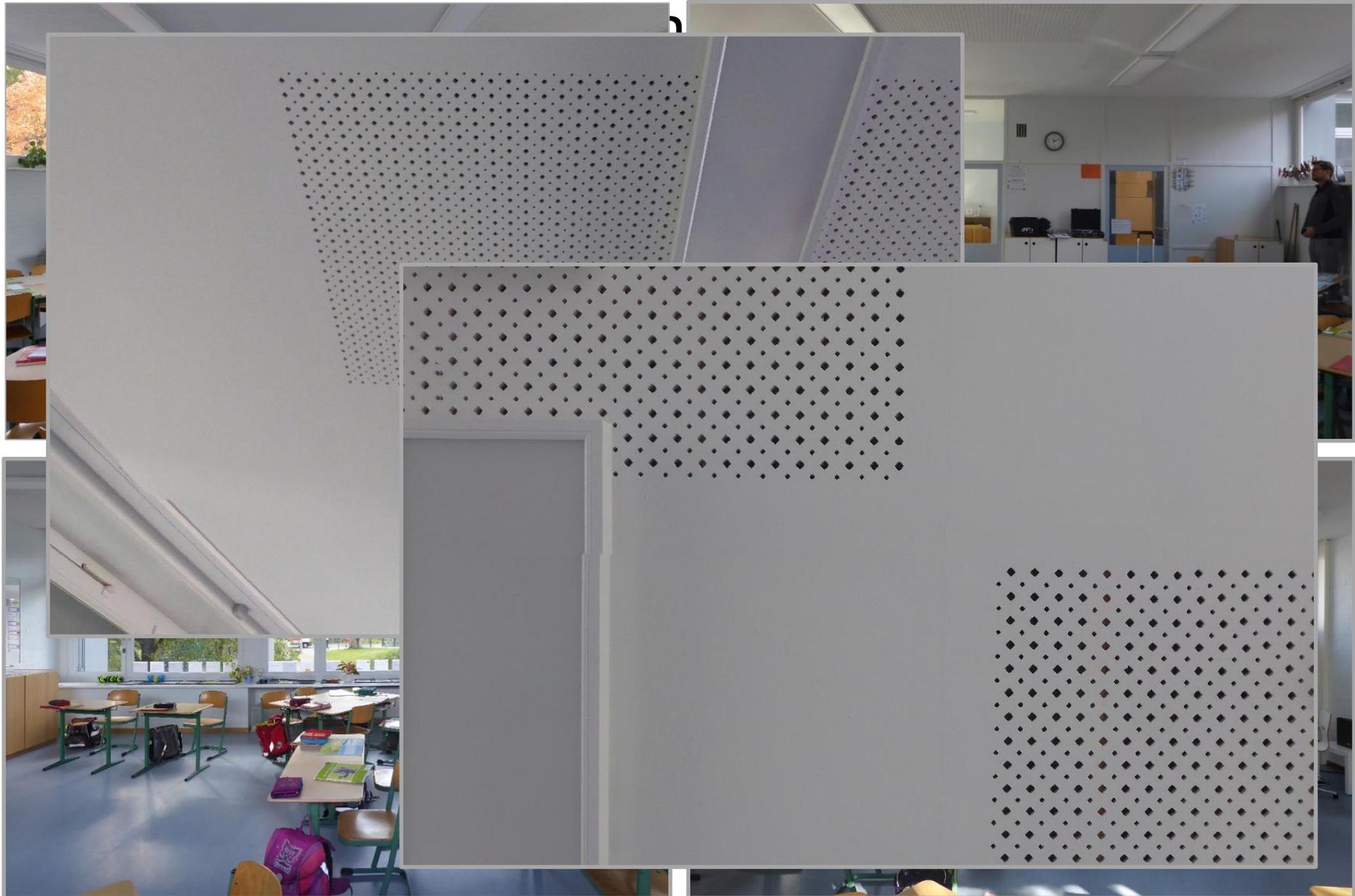
Wo bekomme ich Hilfe?

Mail an carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de

einschließlich sechs Fotos...

Alle vier Raumseiten, Deckenübersicht und Deckendetail. →





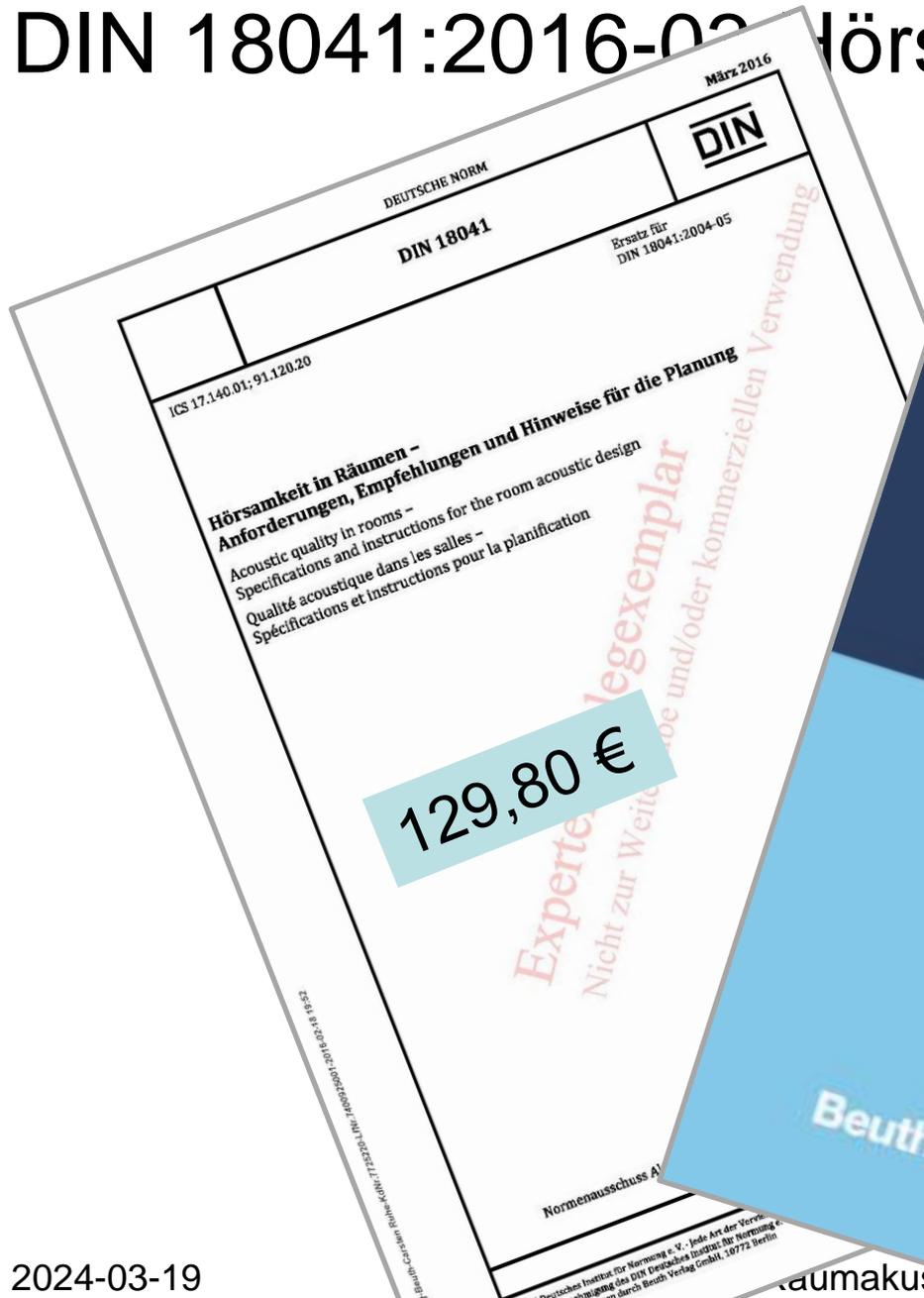
Raumakustischer Dreiklang

Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen



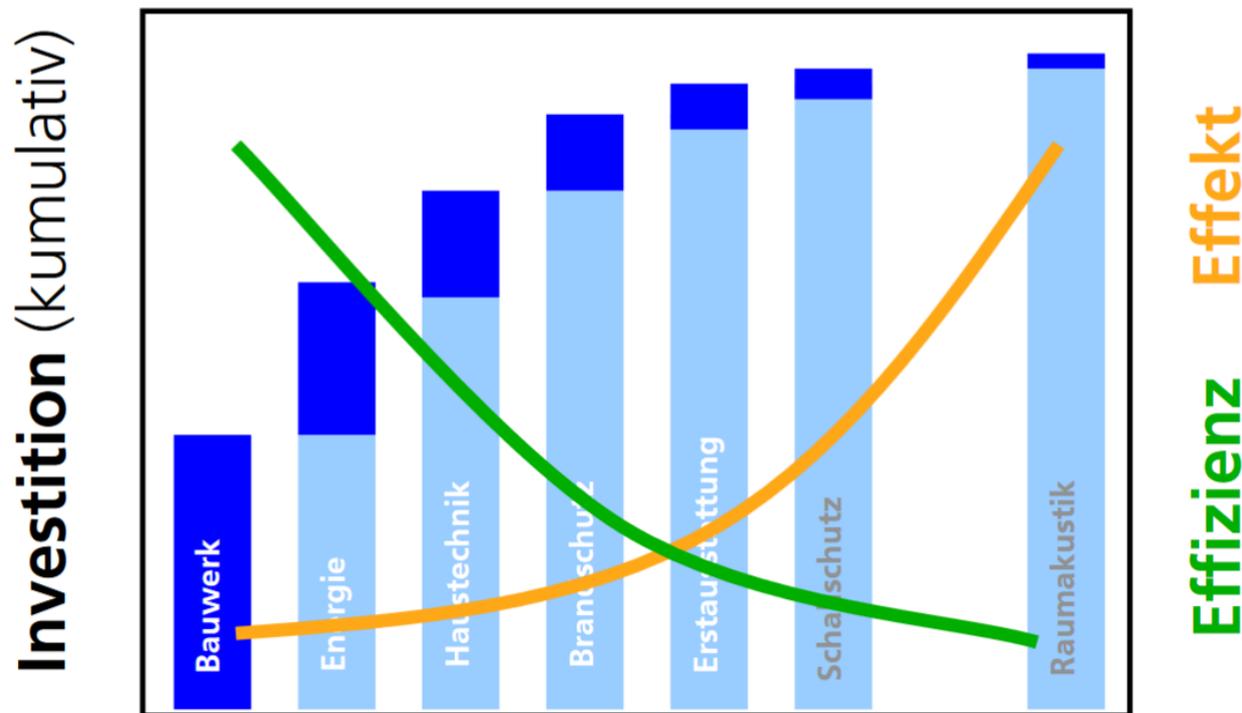
Die (lieben) Kosten von Maßnahmen:

Rechnet man für die akustische Sanierung eines Klassenraumes ca. 6.000,00 €, dann könnte man für die Baukosten unserer Hamburger Elbphilharmonie von ca. 780.000.000,00 €



etwa 130.000 Klassenräume sanieren!

Gebäude und Räume – Effizienz und Effekt



„Es gibt nur eins, was auf Dauer teurer ist als Bildung,
keine Bildung.“

John F. Kennedy

Heute nicht behandelt:

Fach-Klassenräume



Heute nicht behandelt:

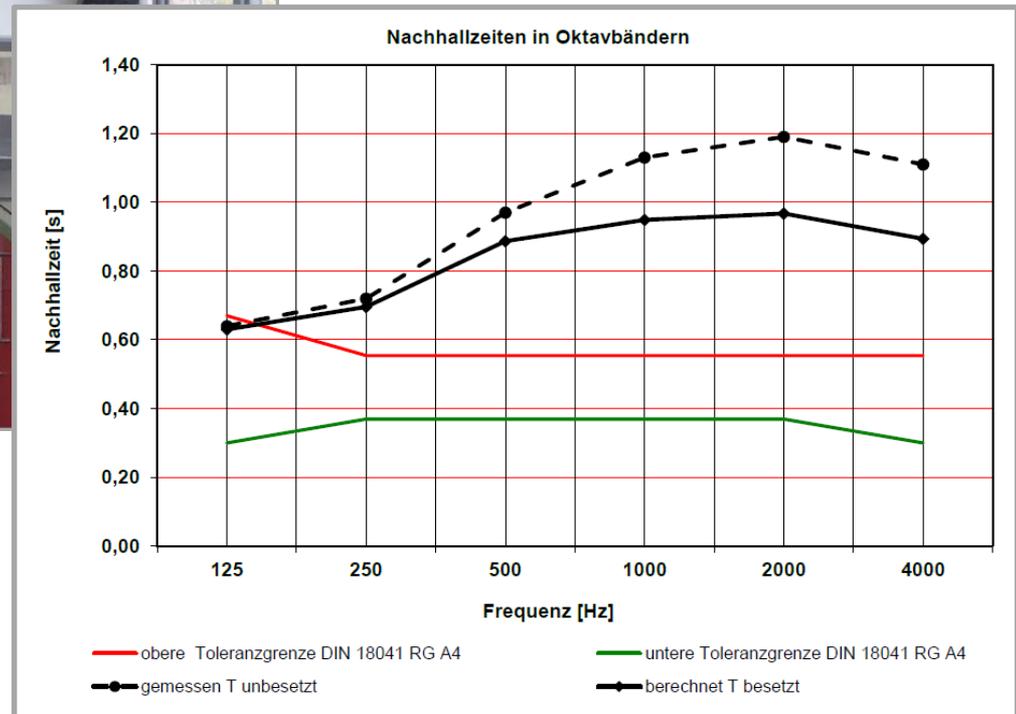
Kunst- und Werkräume



2023-12-19

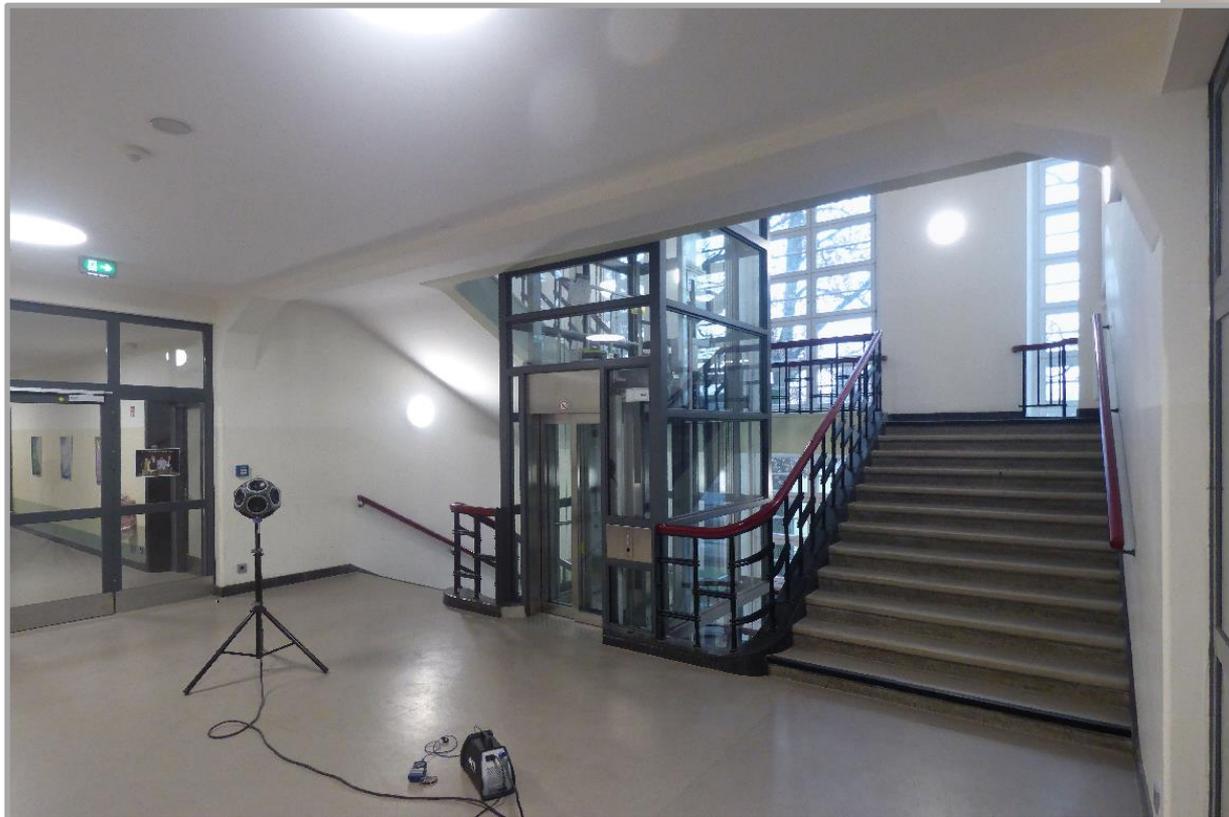
Heute nicht behandelt:

Lehrküchen (mit Hygiene-Anforderungen)



Heute nicht behandelt:

Flure und Treppenhäuser



Heute (fast) nicht behandelt:

Mensen



2023-12-19

Heute nicht behandelt:

Sporthallen

