

Barrierefreie Raumakustik

Rechenverfahren

Material-Kennwerte

Bautechnische Umsetzungen

Preis-Fallen

Klassenraum-Akustik vor 100 Jahren



Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart

2016

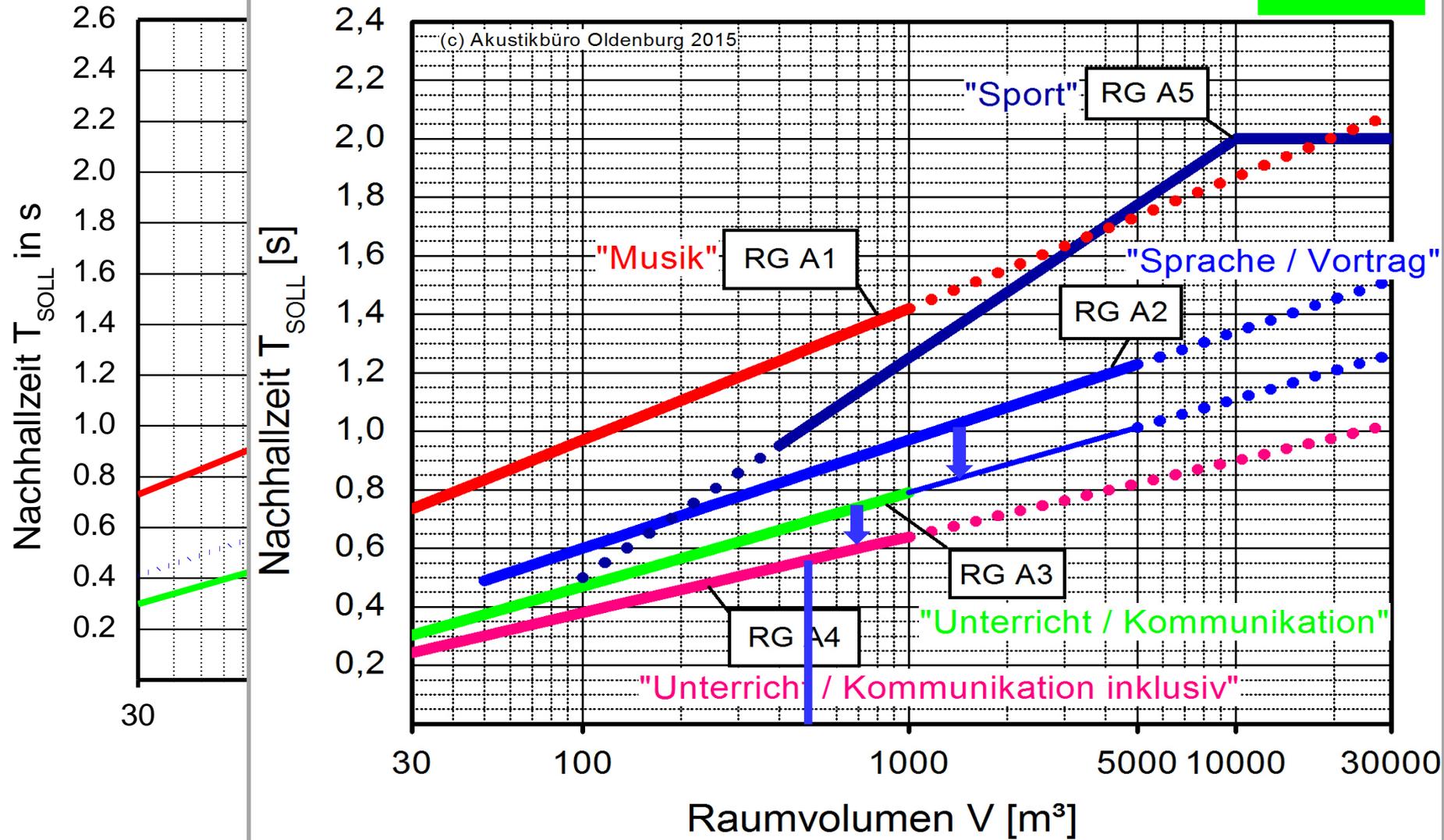
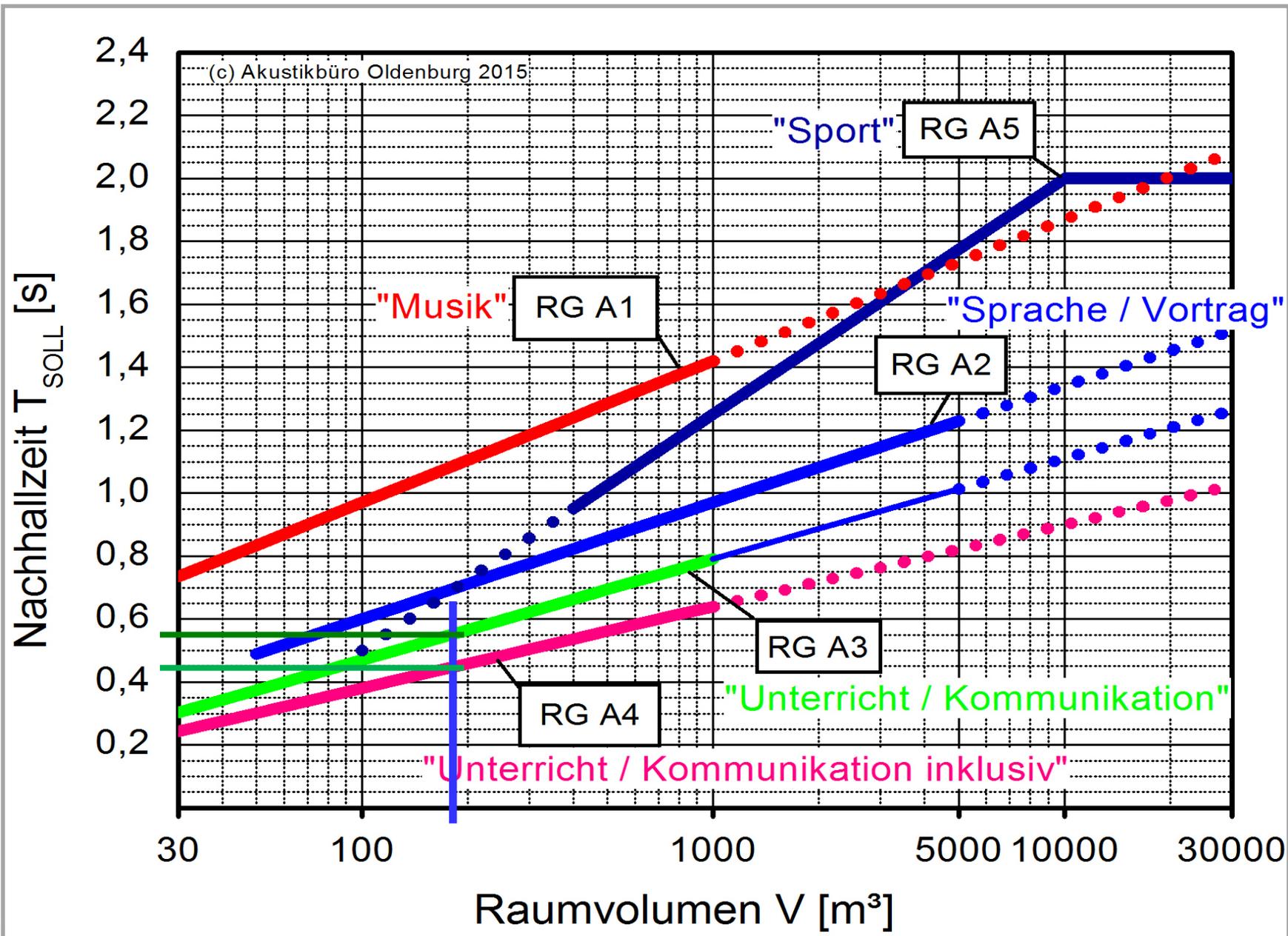


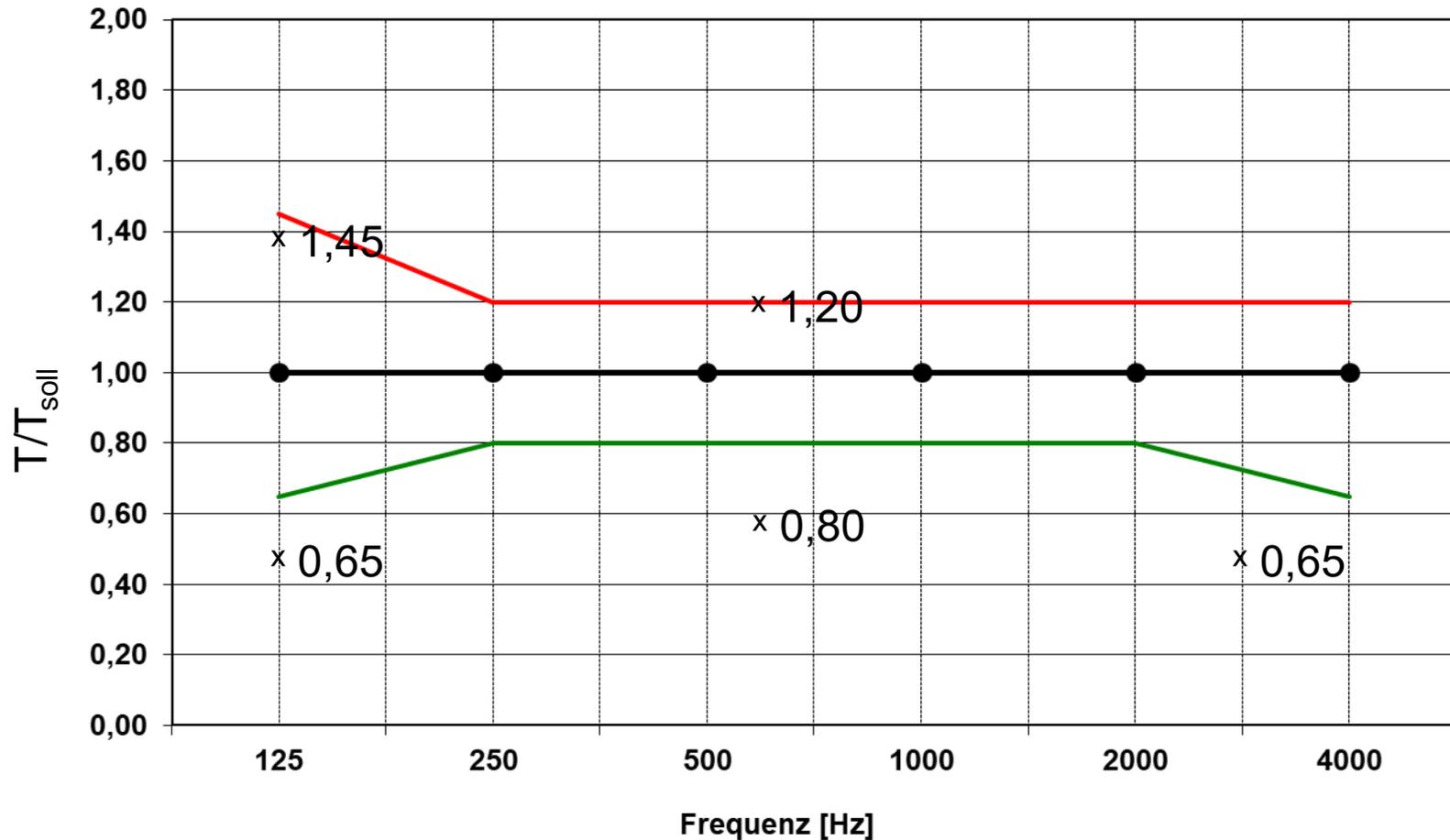
Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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.

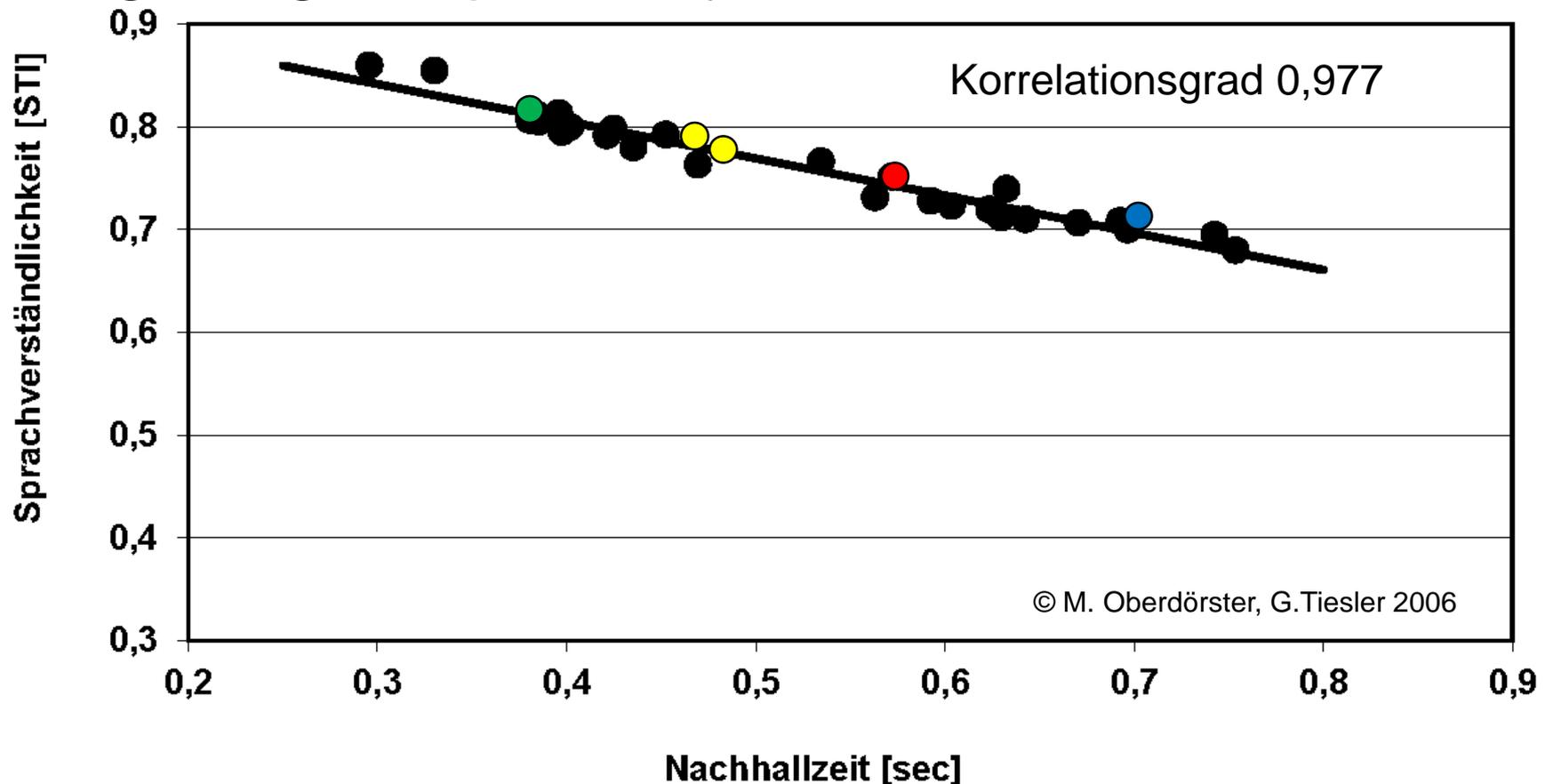


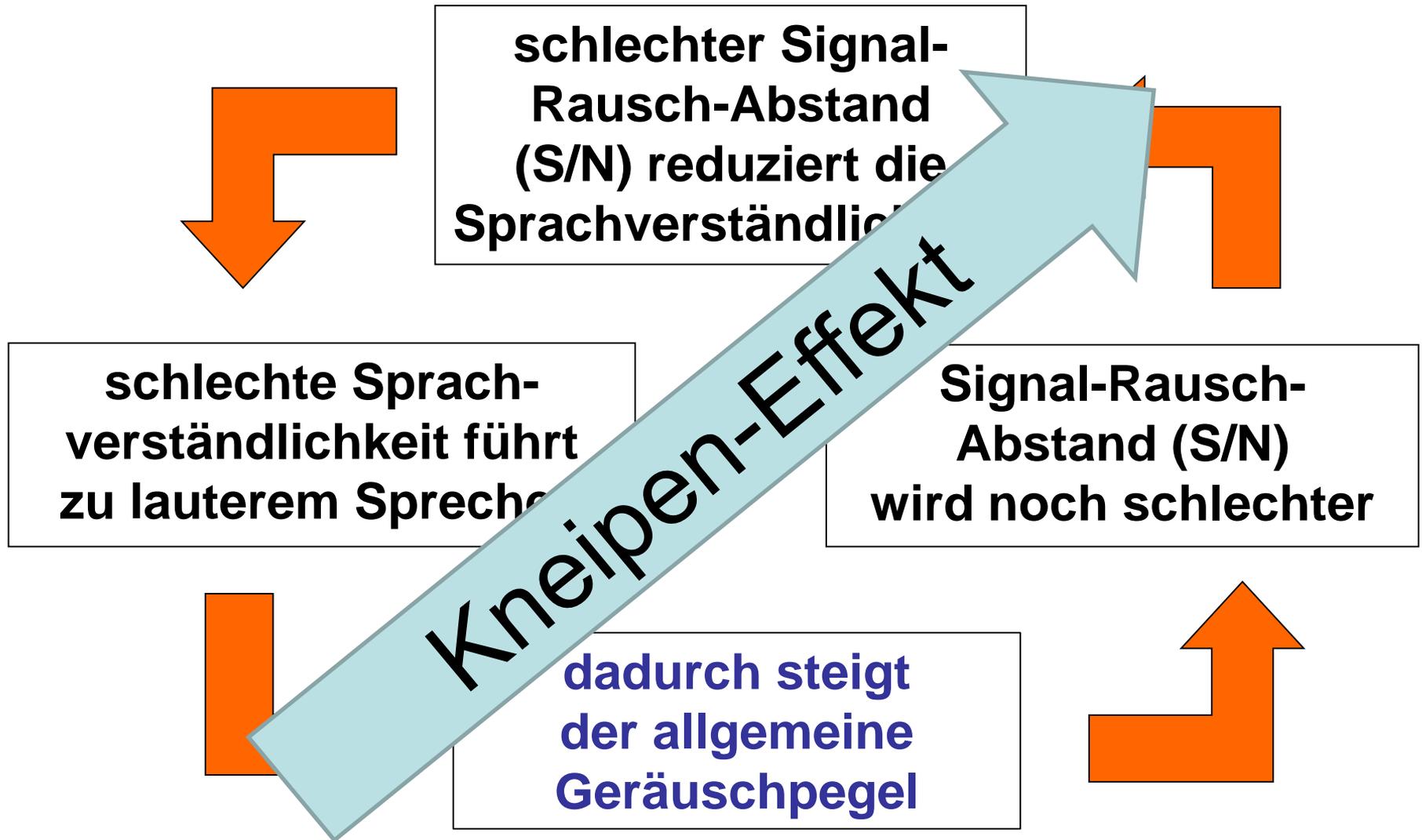
Toleranzbereich der Nachhallzeiten in Prozent



DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

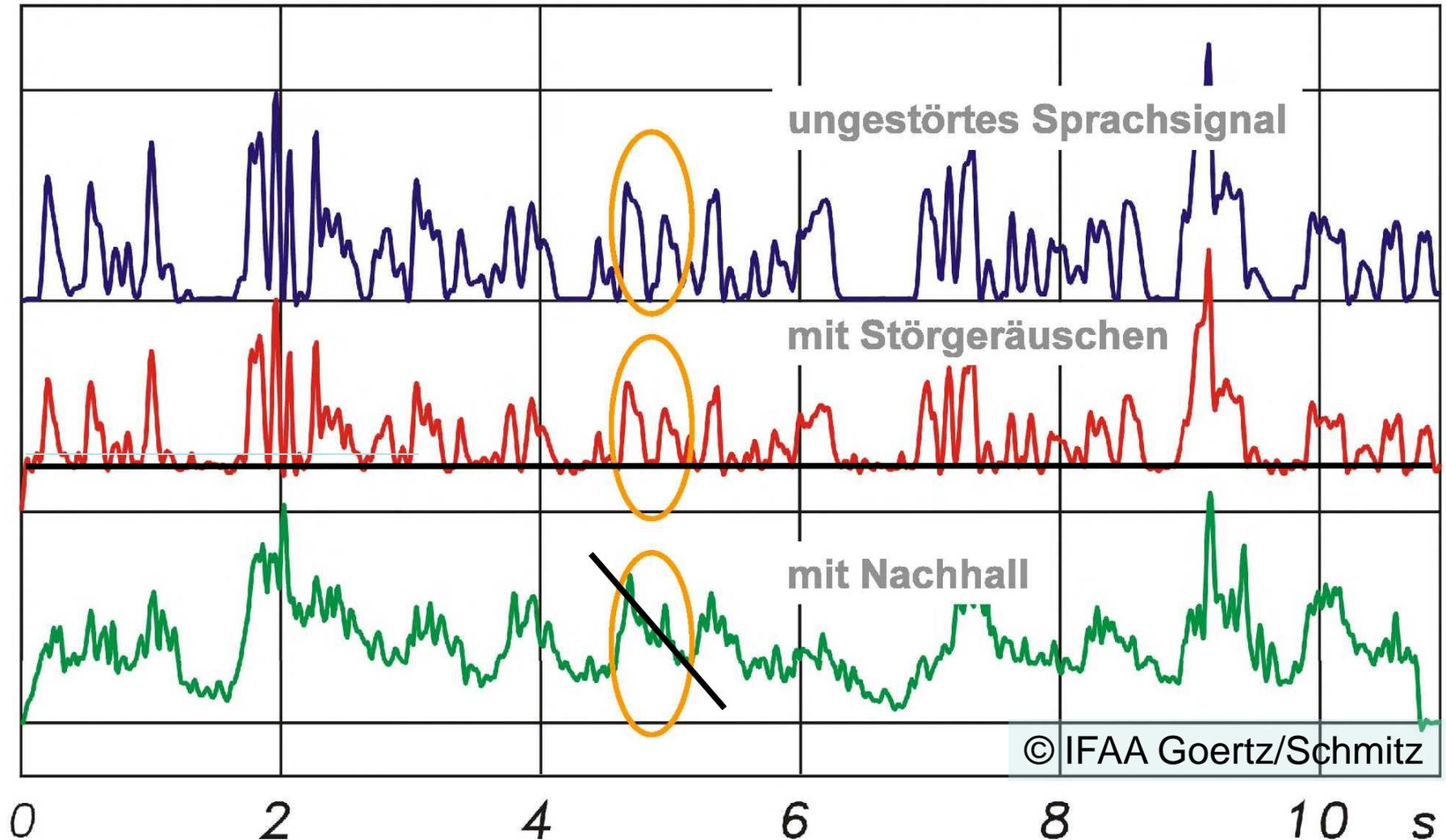
*Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für **Sprachkommunikation** umso **günstiger** empfunden, je **kürzer** die **Nachhallzeit** ist.*



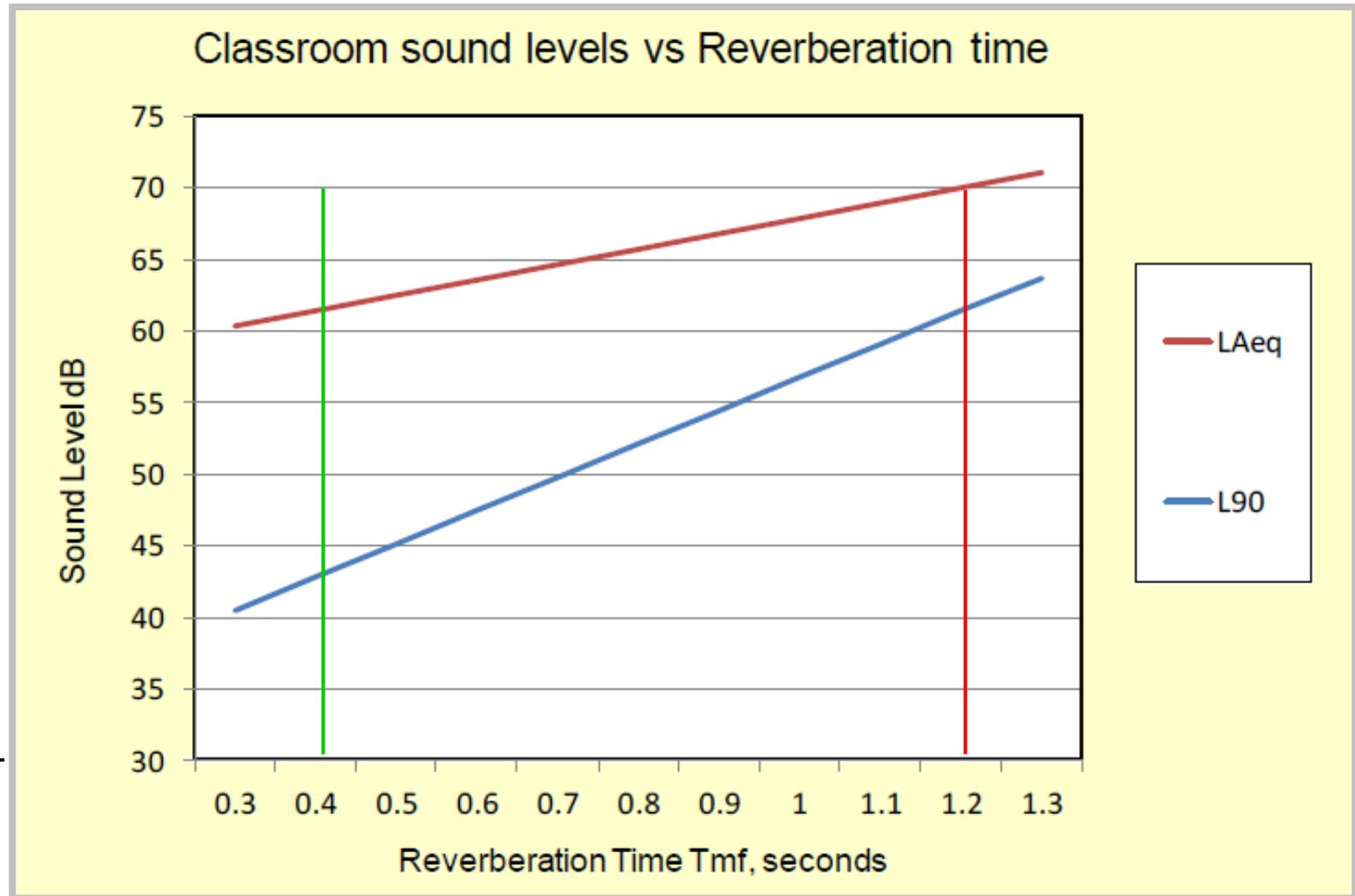


Einfluss von Störgeräusch und Nachhall

Sprache Hüllkurve: Original, mit Noise, mit Hall



Lärminderung durch Schallabsorption

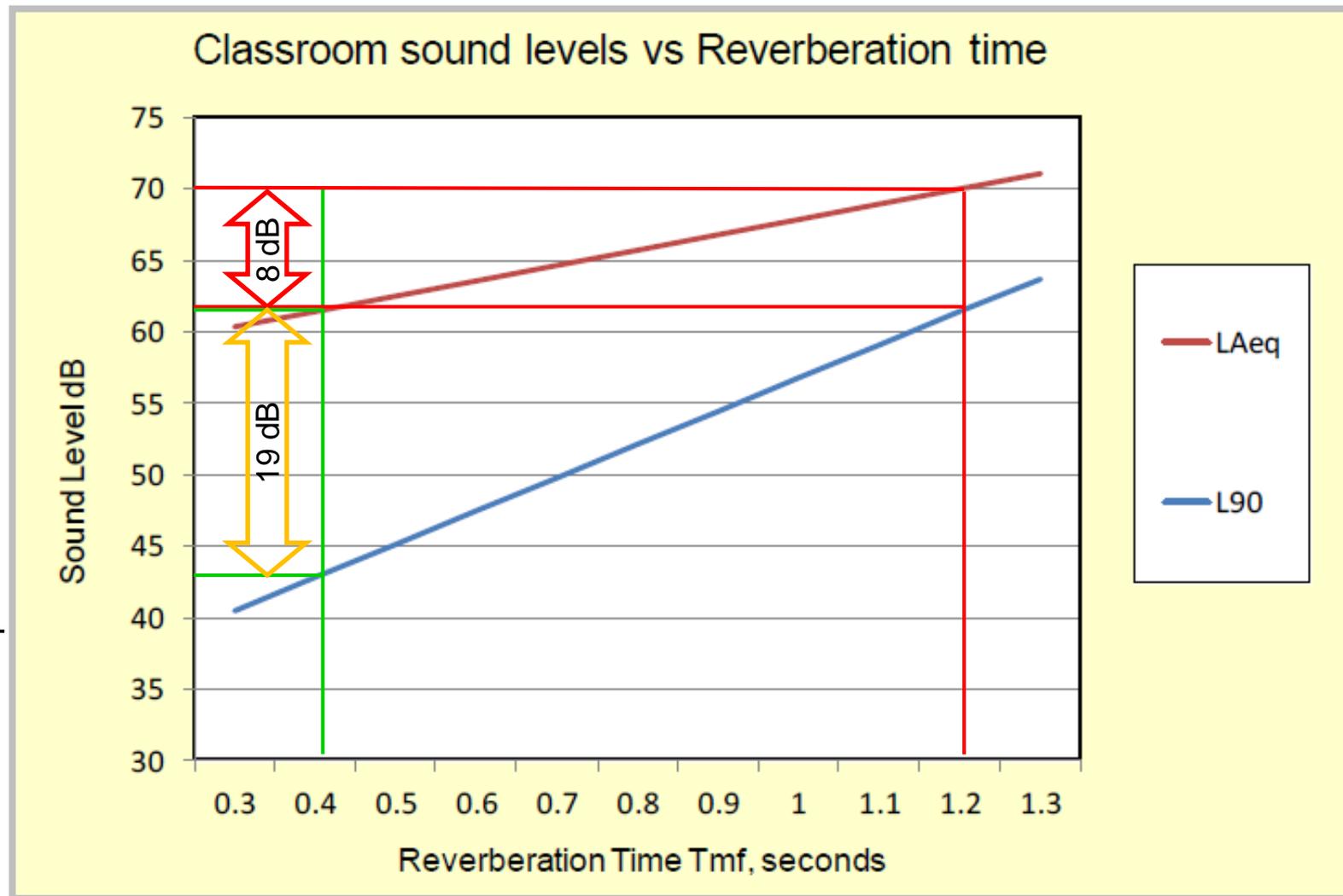


© Essex-Studie 2012

Lärminderung durch Schallabsorption



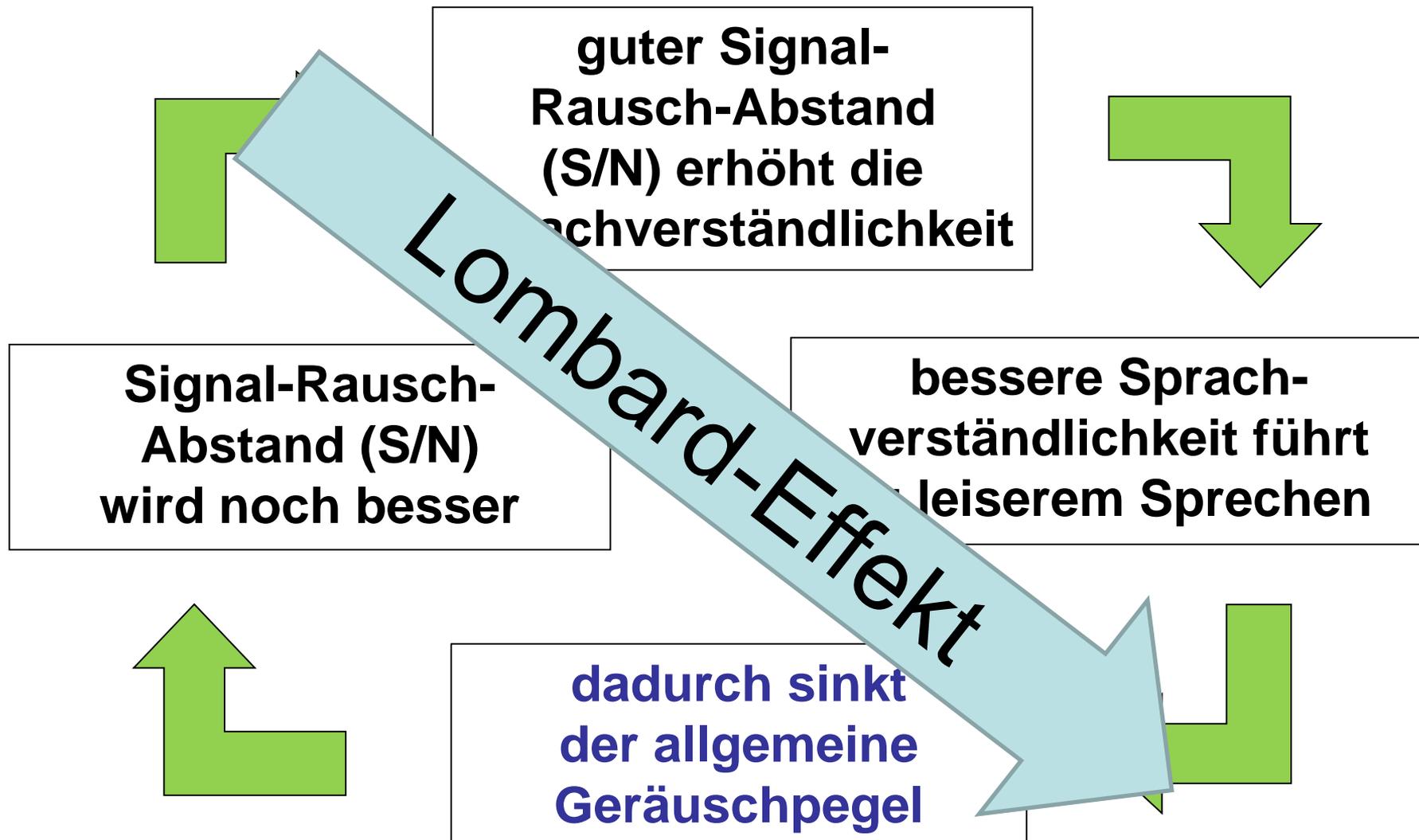
Welche Effekte treten bei Schallabsorption auf?



© Essex-
Studie
2012

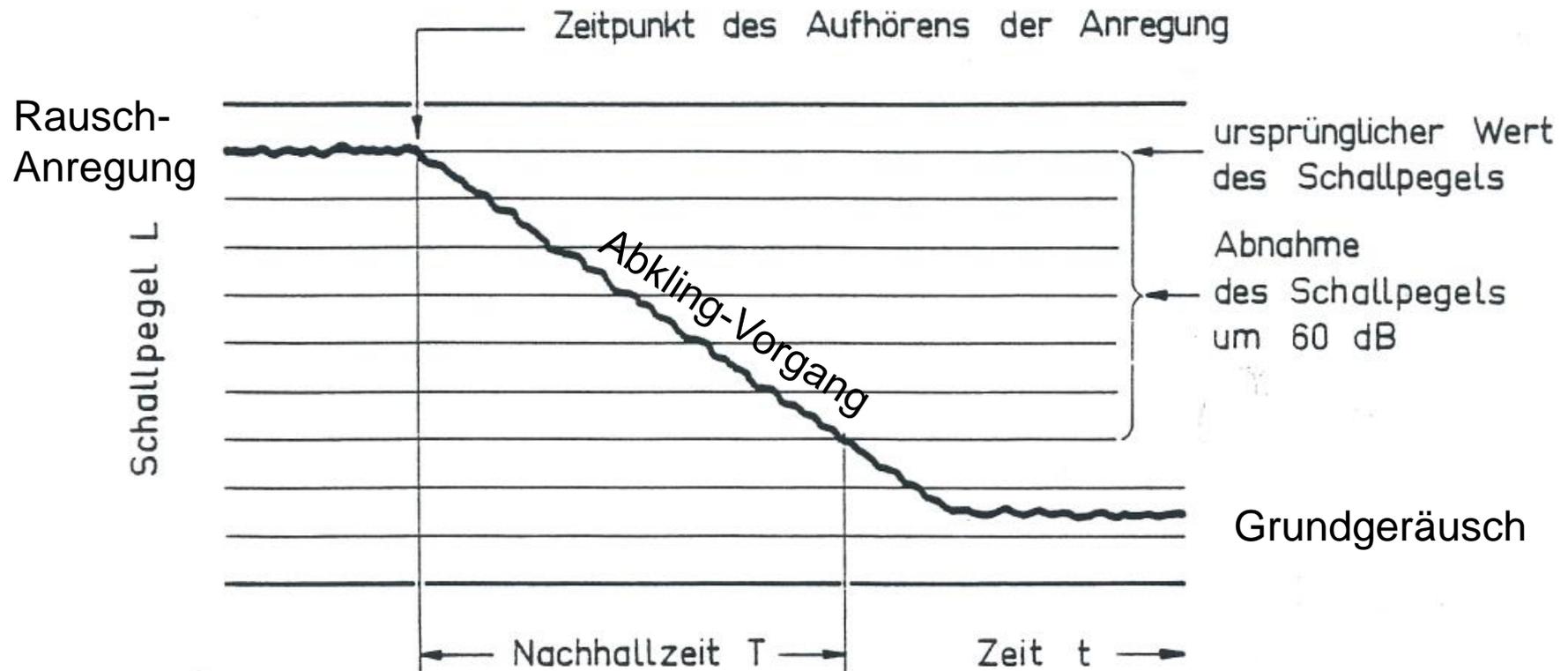
Welche Effekte treten bei Schallabsorption auf?

- Durch die Schallabsorption verringert sich der **Nutzsignalpegel**. Bei einer Drittelung der Nachhallzeit müsste der Pegel (physikalisch) um 5 dB abnehmen.
 - → Alle haben in dem gedämpften Raum im Mittel um 3 dB leiser gesprochen.
- Durch die Schallabsorption verringert sich der **Störgeräuschpegel**. Bei einer Drittelung der Nachhallzeit müsste er (physikalisch) ebenfalls um 5 dB abnehmen.
 - → Der „**Lombardeffekt**“ bewirkt, dass die „Störer“ sich im gedämpften Raum selbst auch leiser verhalten und dass der Störgeräuschpegel dadurch überproportional abnimmt. Damit steigen der Signal-Rausch-Abstand SNR von 8 dB auf 19 dB und der Sprachübertragungsindex STI.



Definition der Nachhallzeit

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

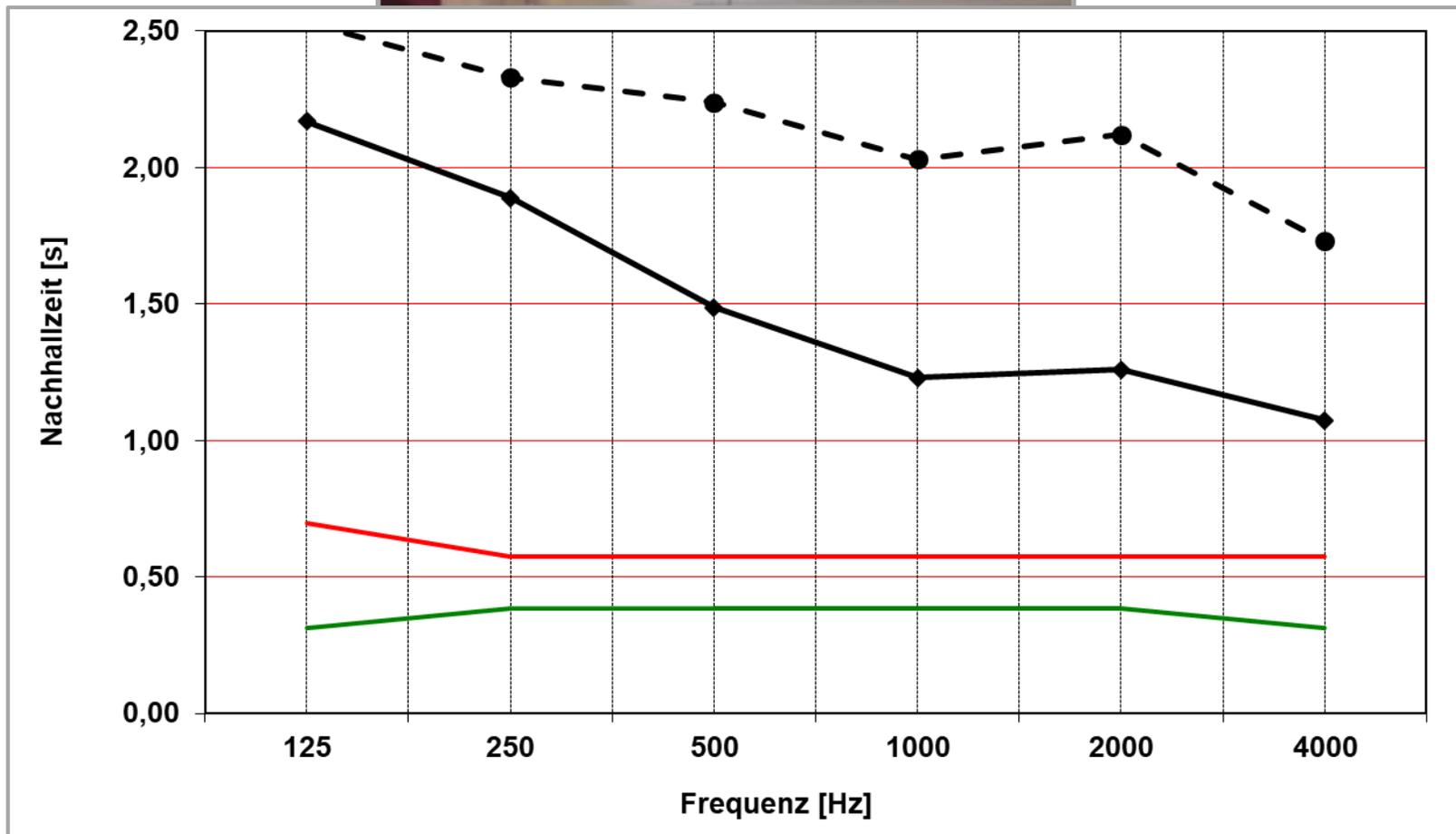


Definition und Messung der Nachhallzeit T



Nachhall im Klassenraum eines Gymnasiums

(20.2.2021)



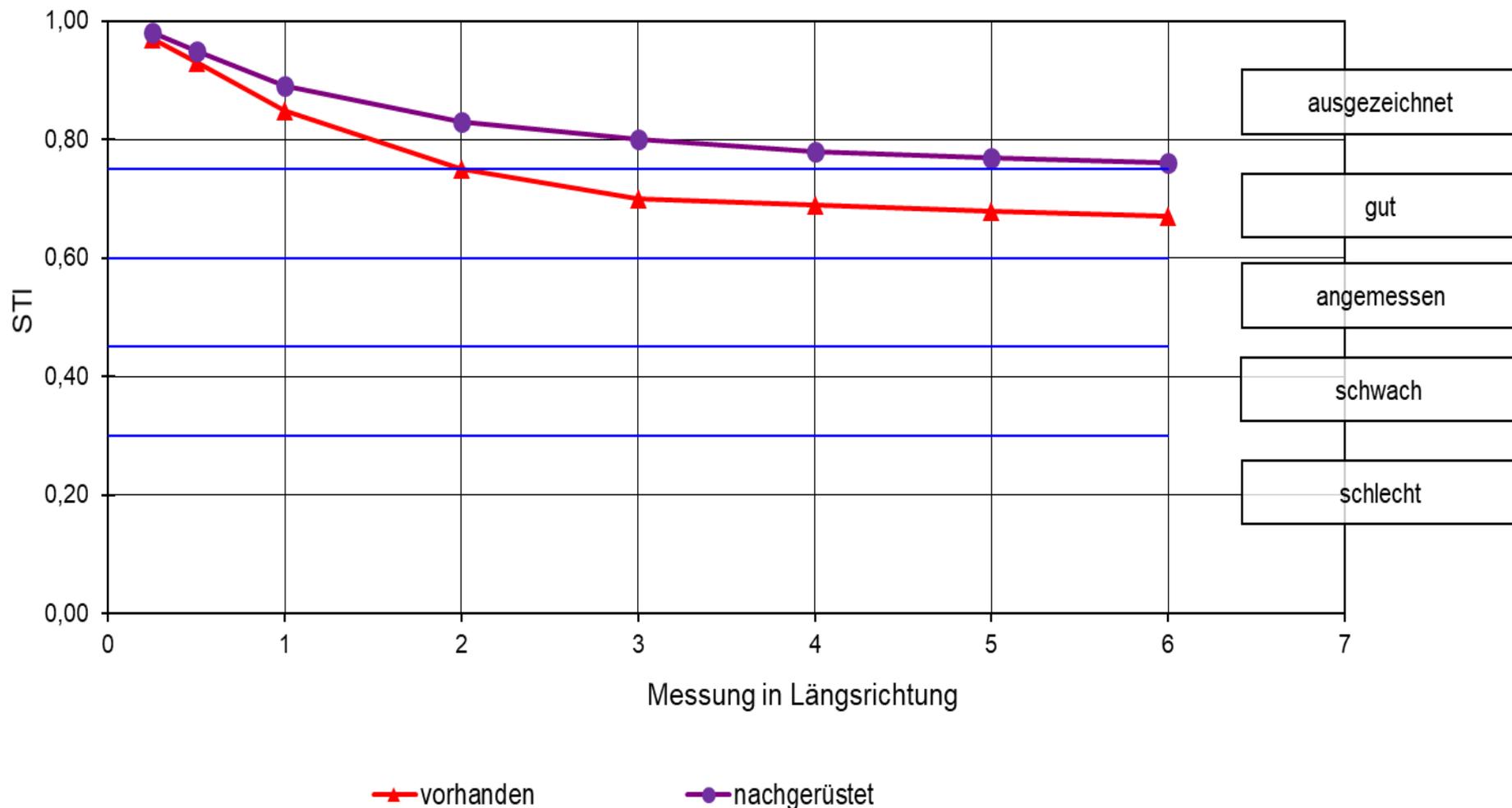
Messung des STI und der Pegelabnahme

Lautsprecher bildet den Mund nach und strahlt STI-Rauschen ab.

Messgerät zeigt Werte zwischen 0 und 1 an.

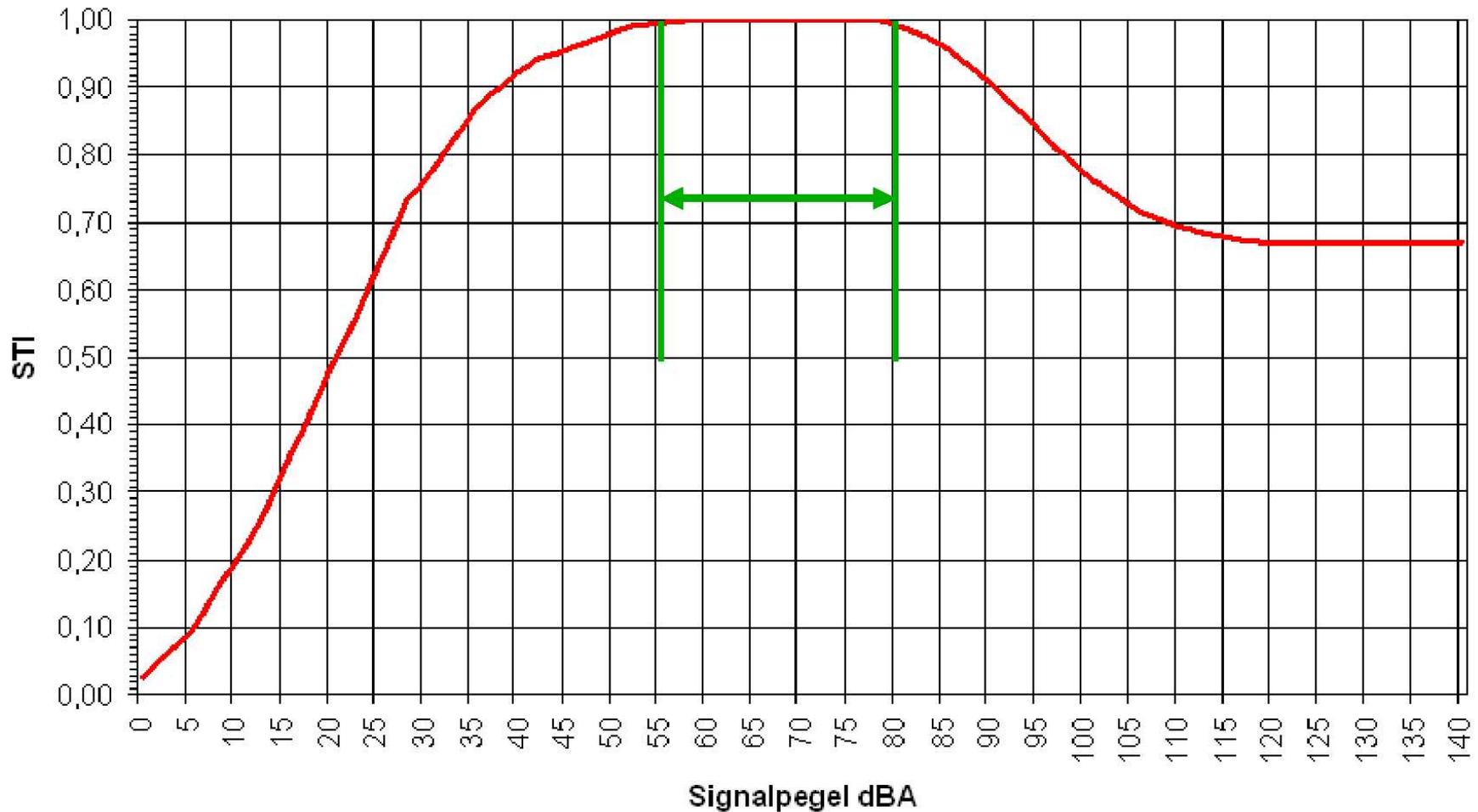


Mess-Ergebnisse STI



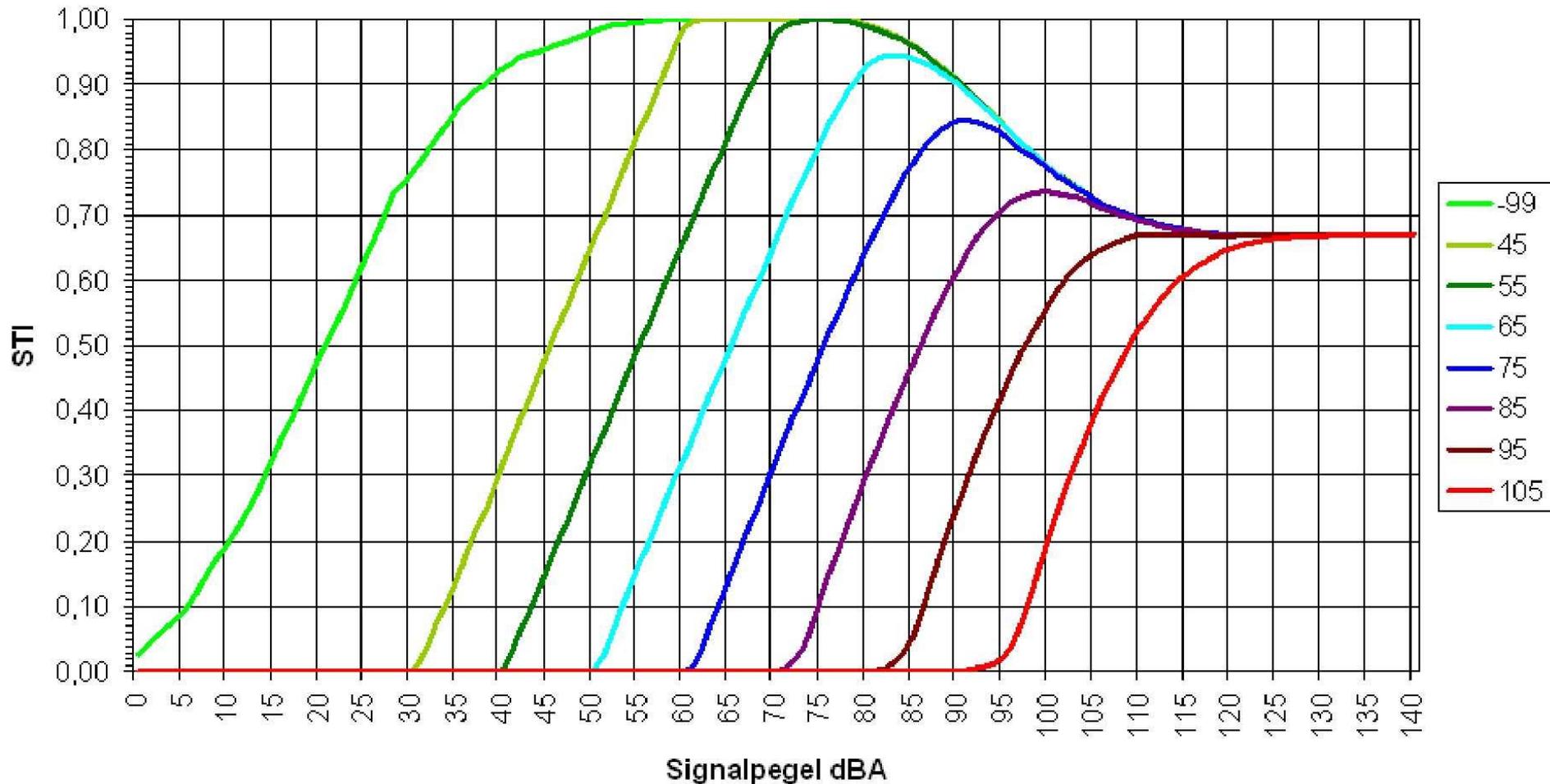
Sprachübertragungsindex bis hinten $STI \geq 0,75$ „ausgezeichnet“

STI und Signalpegel



Das Optimum erreicht man mit Schallpegeln von 55 bis 80 dB(A).

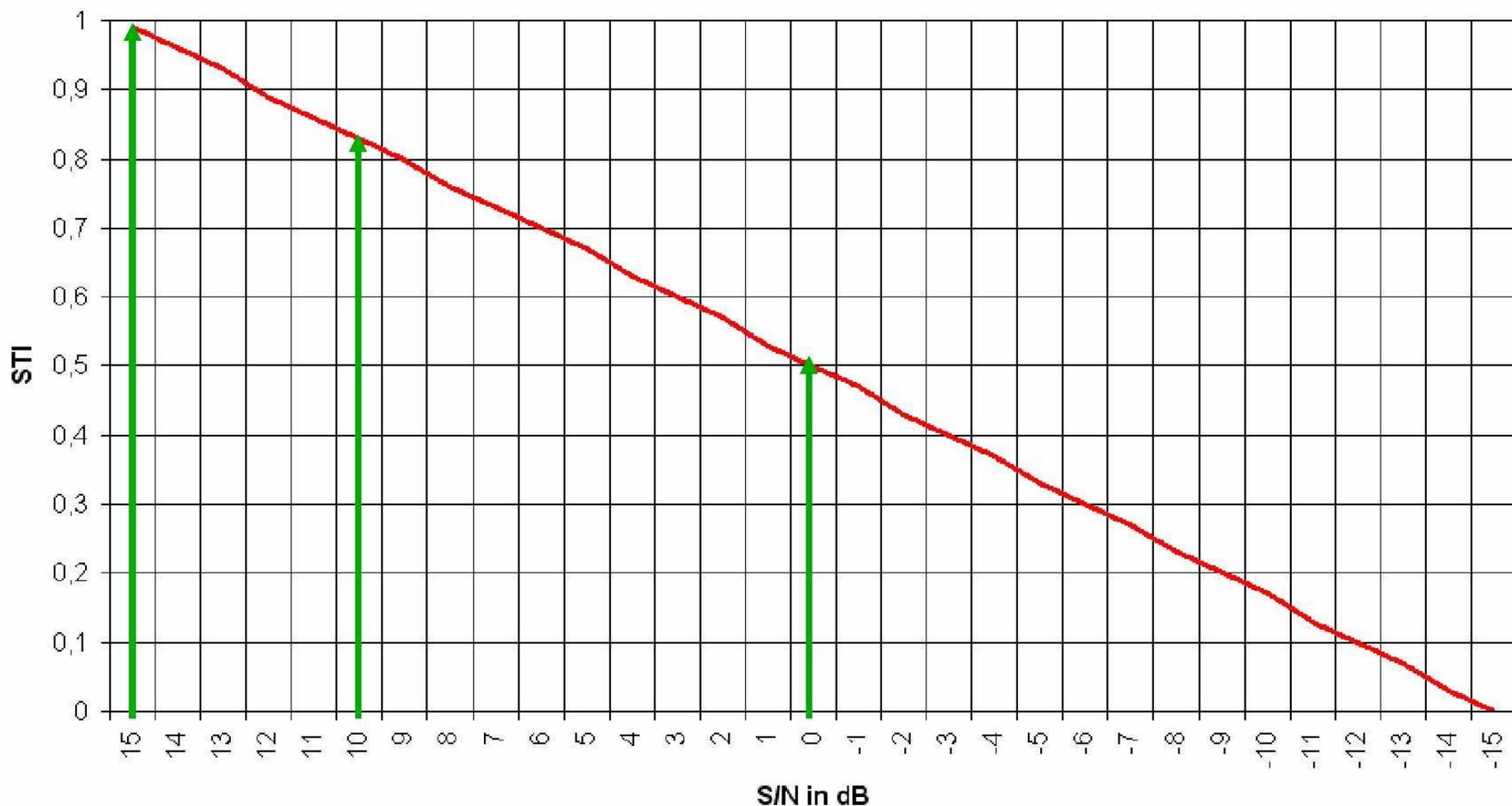
STI und Signalpegel und Störgeräusch



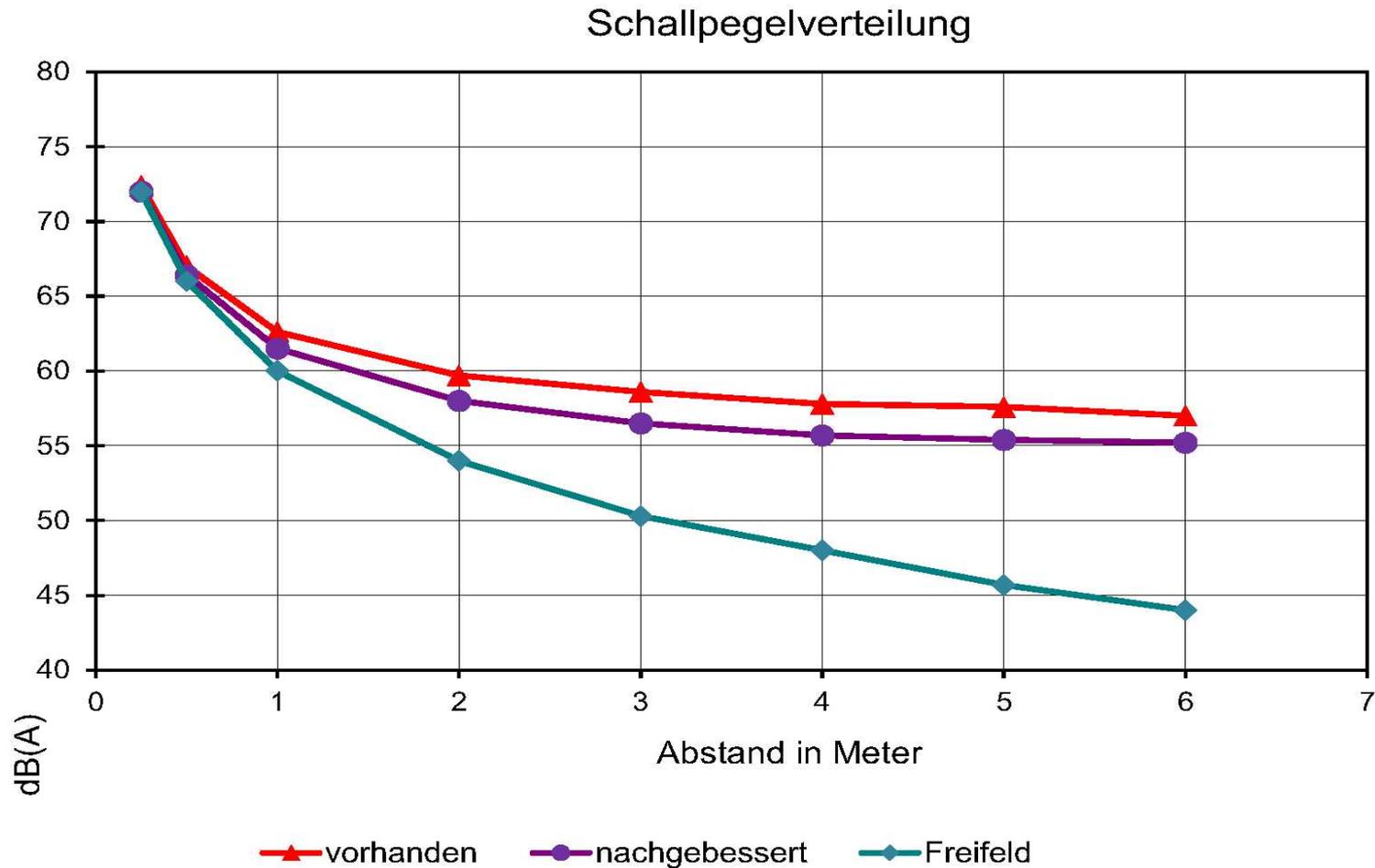
Störgeräusche verringern die Sprachverständlichkeit.

STI und Signal-Rausch-Abstand S/N

STI in ausschließlicher Abhängigkeit vom S/N bei 65 dBA Signalpegel



Mess-Ergebnisse Schallpegelverteilung

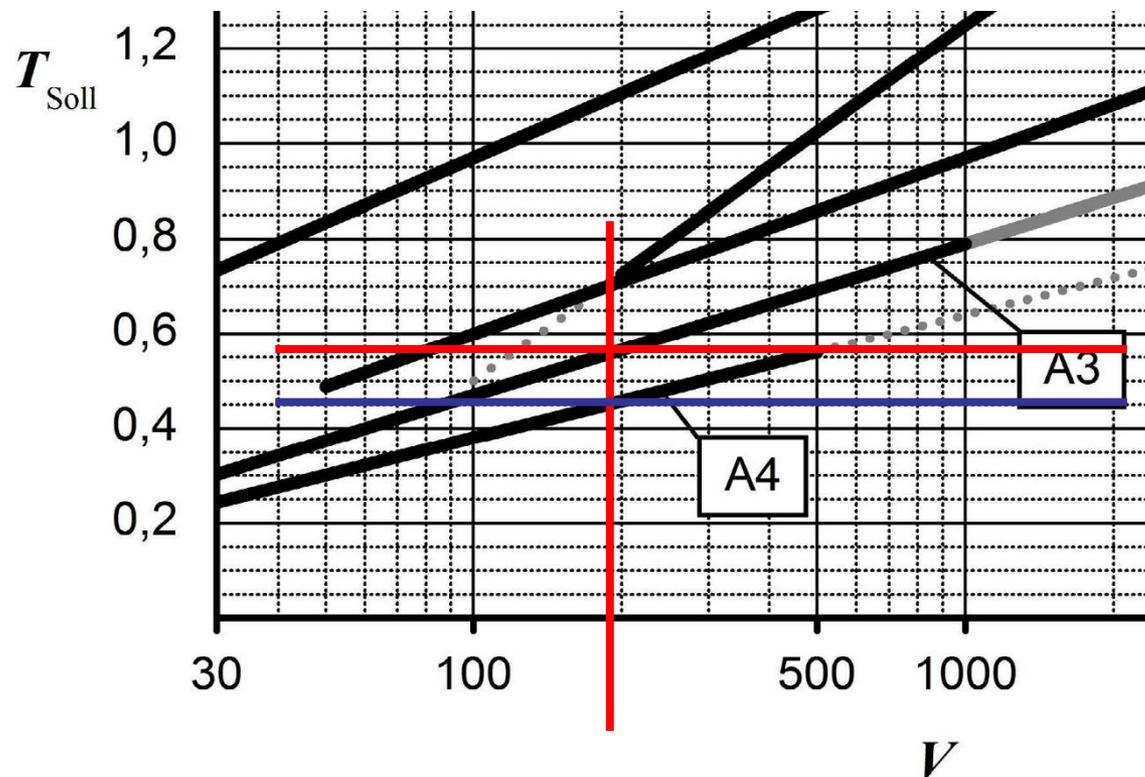


Pegelabnahme von 1 m bis 6 m ist maximal 6 dB.
Mit Absorption ist der Pegel hinten um nur 2 dB geringer.

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:

$$T_m = 0,57 \text{ s}$$

jetzt inklusiv:

$$T_m = 0,45 \text{ s}$$

Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Grundlegende „Formel“ ist die „Sabinesche Nachhall-Gleichung“:

$$T = 0,163 \times V / A$$

T: Nachhallzeit

V: Raum-Volumen

A: Äquivalente Schall-Absorptionsfläche

Für den jeweiligen Raum ist nicht nur der Zahlenwert 0,163 konstant, sondern auch das vorhandene Raum-Volumen V.

Man kann also auch schreiben:

$T \sim 1 / A$ oder T ist umgekehrt proportional zu A 

Der zugehörige Graph ist die Hyperbel.

Je größer die Absorptionsfläche, desto kürzer die Nachhallzeit.

Je kleiner die Absorptionsfläche, desto länger die Nachhallzeit.

Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Grundlegende „F

T: Nachhallzeit

V: Raum-Volumen

A: Äquivalente S

Für den jeweilige
konstant, sonderi

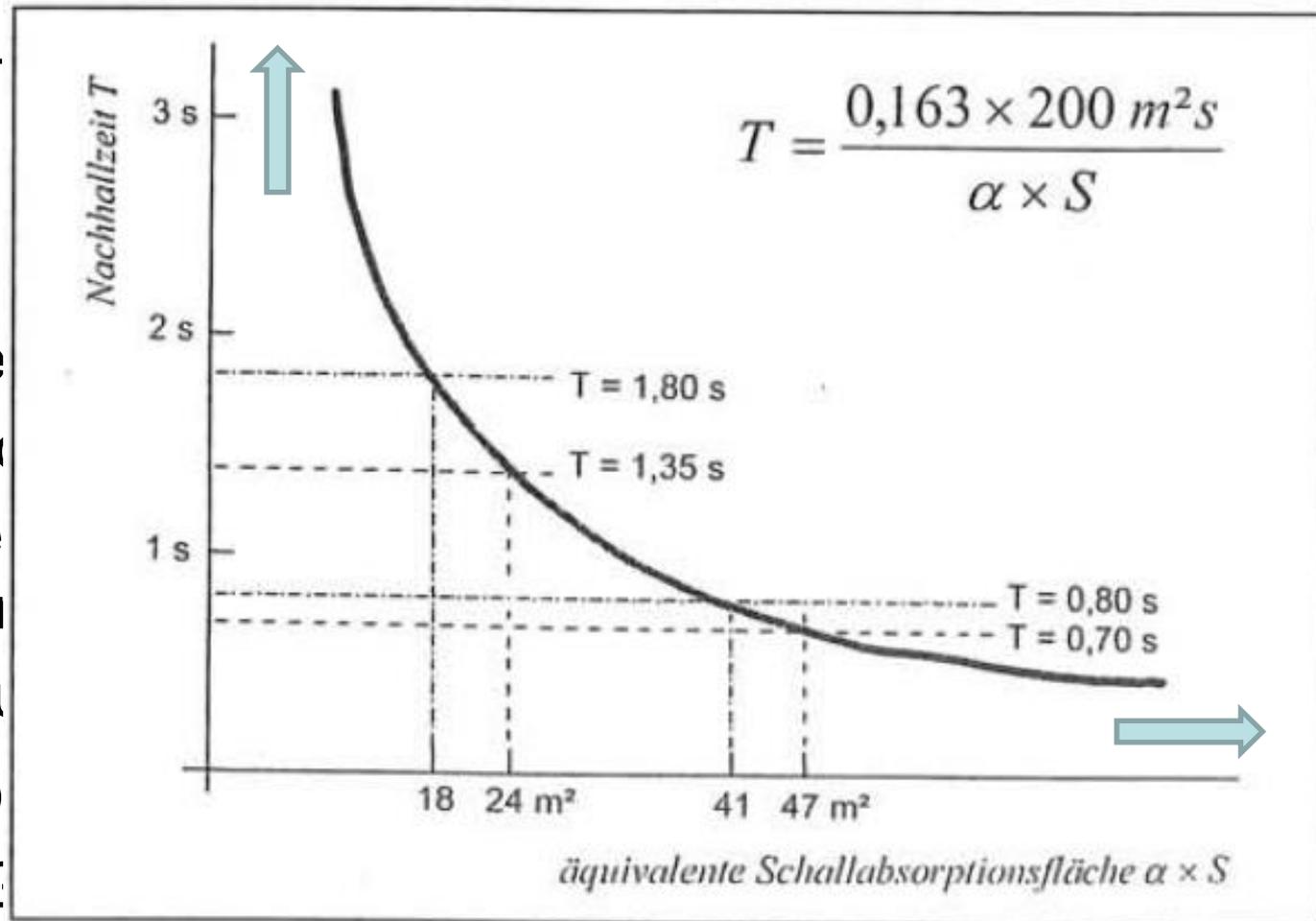
Man kann also au

$$T \sim 1 / A$$

Der zugehörige C

Je größer die Absorptionsfläche, desto kürzer die Nachhallzeit.

Je kleiner die Absorptionsfläche, desto länger die Nachhallzeit.



Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen.

Nur derjenige Schall kann absorbiert werden, der auch auf eine Schallabsorptionsfläche trifft!

Das ist die wesentliche Überlegung bei der Planung von Verbesserungsmaßnahmen!

Der Nachhall im Raum ist nichts anderes, als die Überlagerung der Echos in den drei Raumdimensionen Länge / Breite / Höhe.

Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen.

Nur derjenige Schall kann absorbiert werden, der auch auf eine Schallabsorptionsfläche trifft!

Das ist die wesentliche Überlegung bei der Planung von Verbesserungsmaßnahmen!

Der Nachhall im Raum ist nichts anderes, als die Überlagerung der Echos in den drei Raumdimensionen Länge / Breite / Höhe.

Die größte freie Fläche im Raum ist meistens die Decke. Sie befindet sich außerhalb der Handreichweite und ist dadurch gut gegen Beschädigungen geschützt.

Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Die größte freie Fläche im Raum ist meistens die Decke.



Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen.

Nur derjenige Schall kann absorbiert werden, der auch auf eine Schallabsorptionsfläche trifft!

Der Nachhall im Raum ist nichts anderes, als die Überlagerung der Echos in den drei Raumdimensionen Länge / Breite / Höhe.

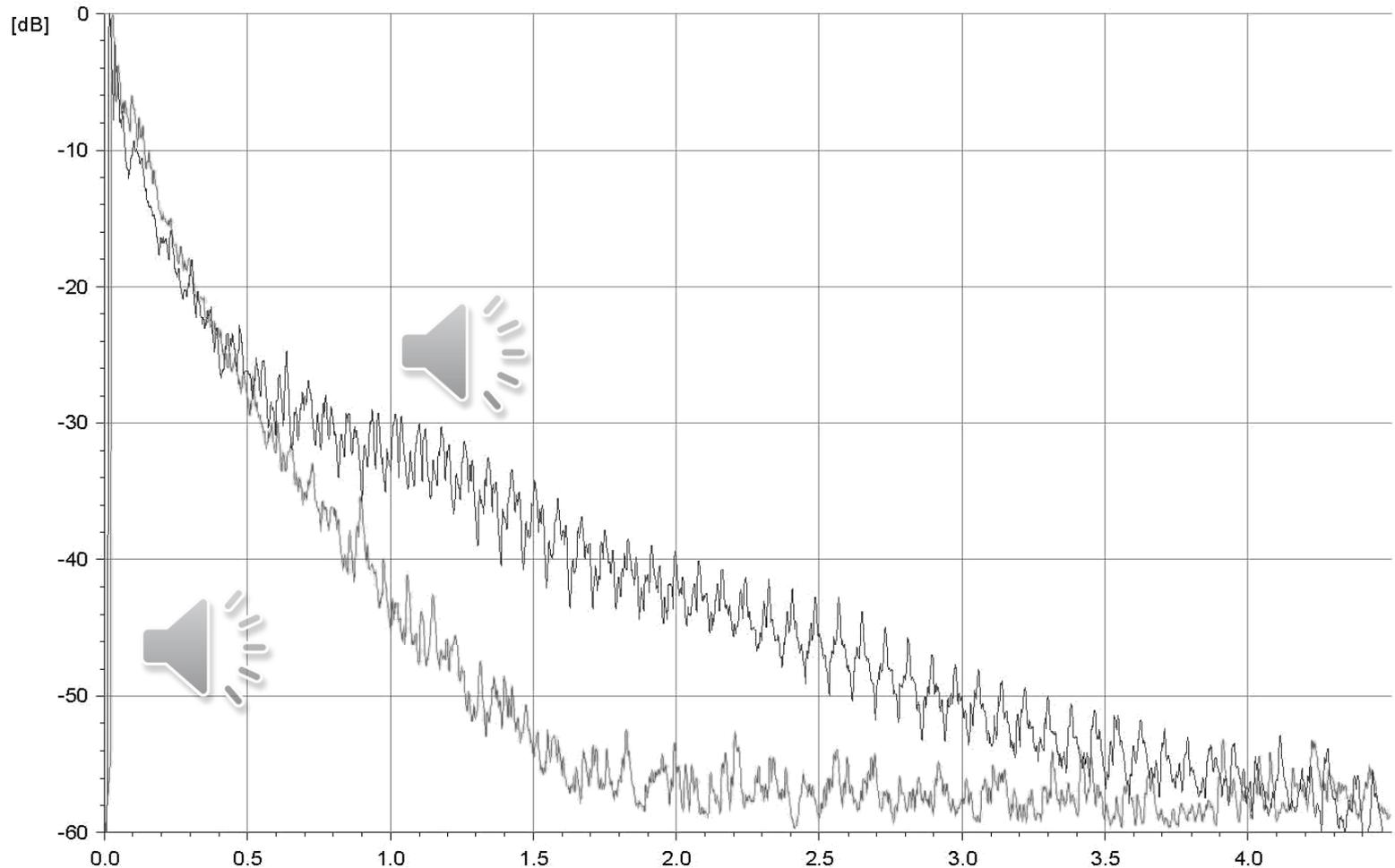
Die größte freie Fläche im Raum ist meistens die Decke. Sie befindet sich außerhalb der Handreichweite und ist dadurch gut gegen Beschädigungen geschützt.

Aber: Nur die (große) Decke zu bekleiden, reicht nicht!

Wenn nur die Decke absorbiert, dann verbleiben noch die horizontalen Schallreflexionen.

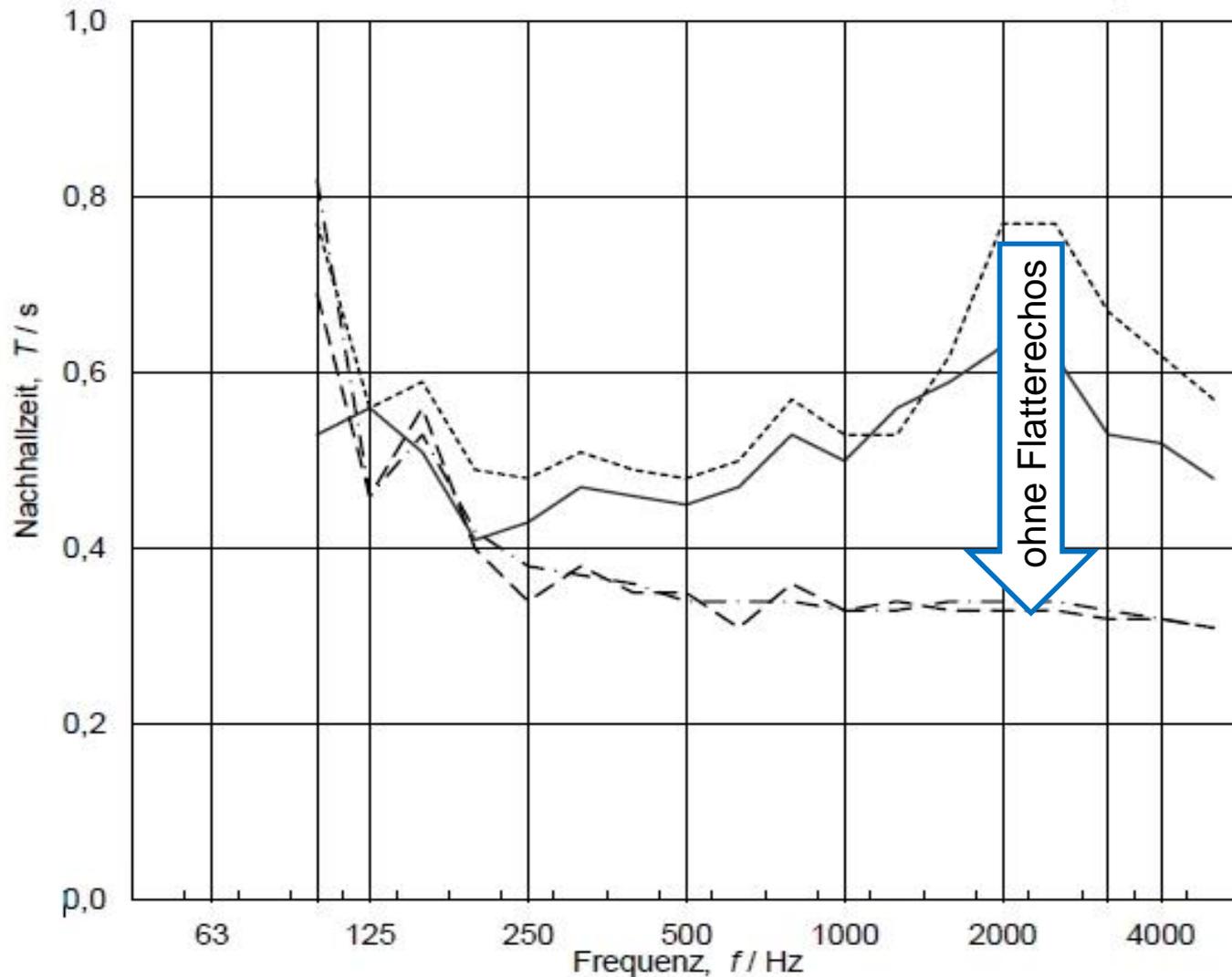
Raumbereiche mit und ohne Flatterechos

zwei
verschie-
dene
Kurven-
Steigun-
gen:
gekop-
pelte
Räume



© TuR
König/Ruhe
2007

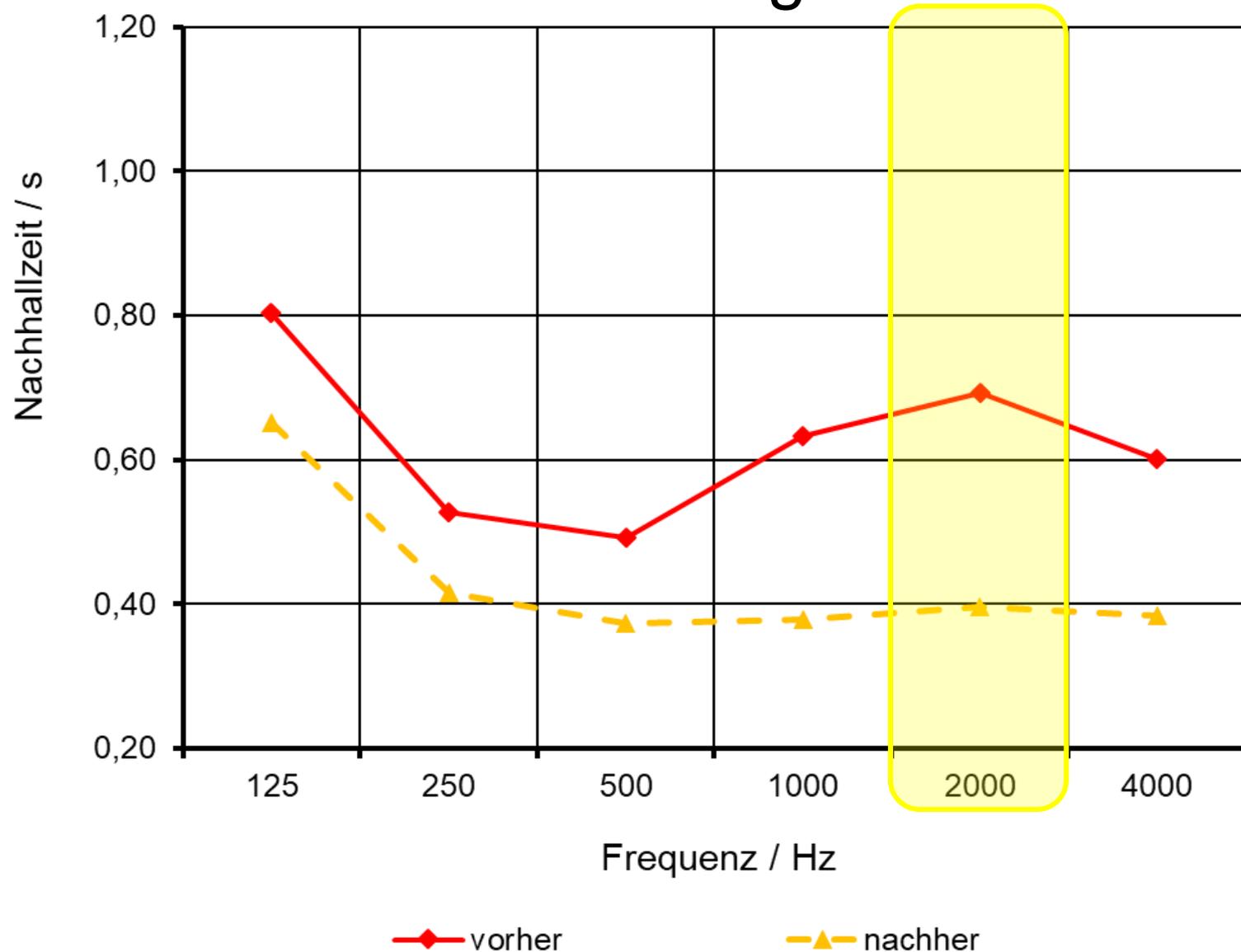
Bautechnische Umsetzungen: Flutterechos





iro

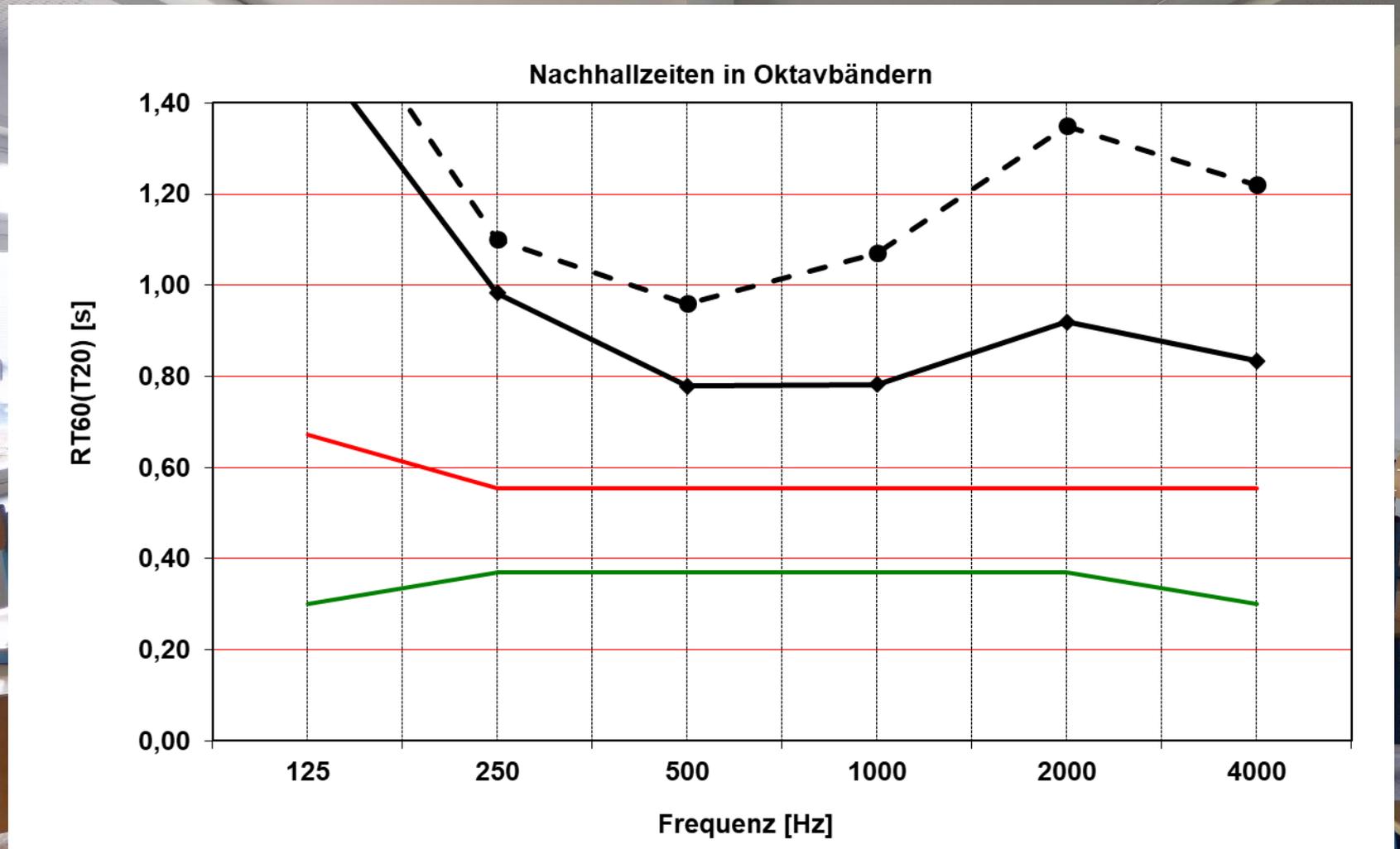
Flatterechos in einem Kindergarten vorher/nachher



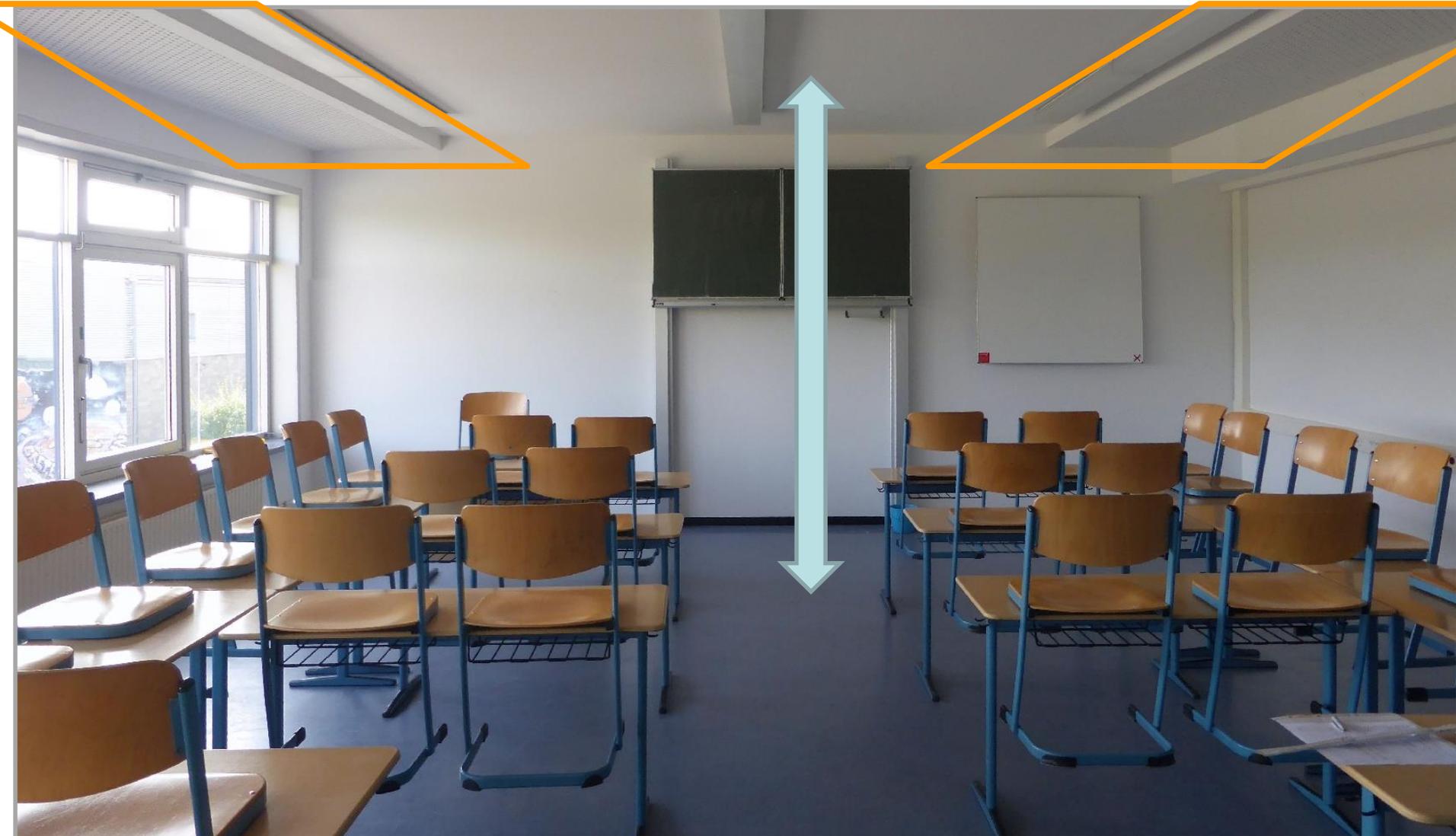
Klassenraum wurde in den Ferien renoviert



Klassenraum wurde in den Ferien renoviert



Klassenraum wurde in den Ferien renoviert



Berechnung der Schallabsorptionsfläche

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen in allen drei Dimensionen.

Letzte Gleichung für heute:

$$A = S \times \alpha$$

A: äquivalente Schall-Absorptionsfläche

S: mit dem Absorber belegte Fläche

α : Schallabsorptionsgrad

Material	Schallabsorptionsgrad
Beton, Glas, Keramik, Parkett	0,03 bis 0,07
Teppiche	0,10 bis 0,15
dicke Vorhänge	bis 0,35
schallabsorbierende Decken	0,55 bis 0,95

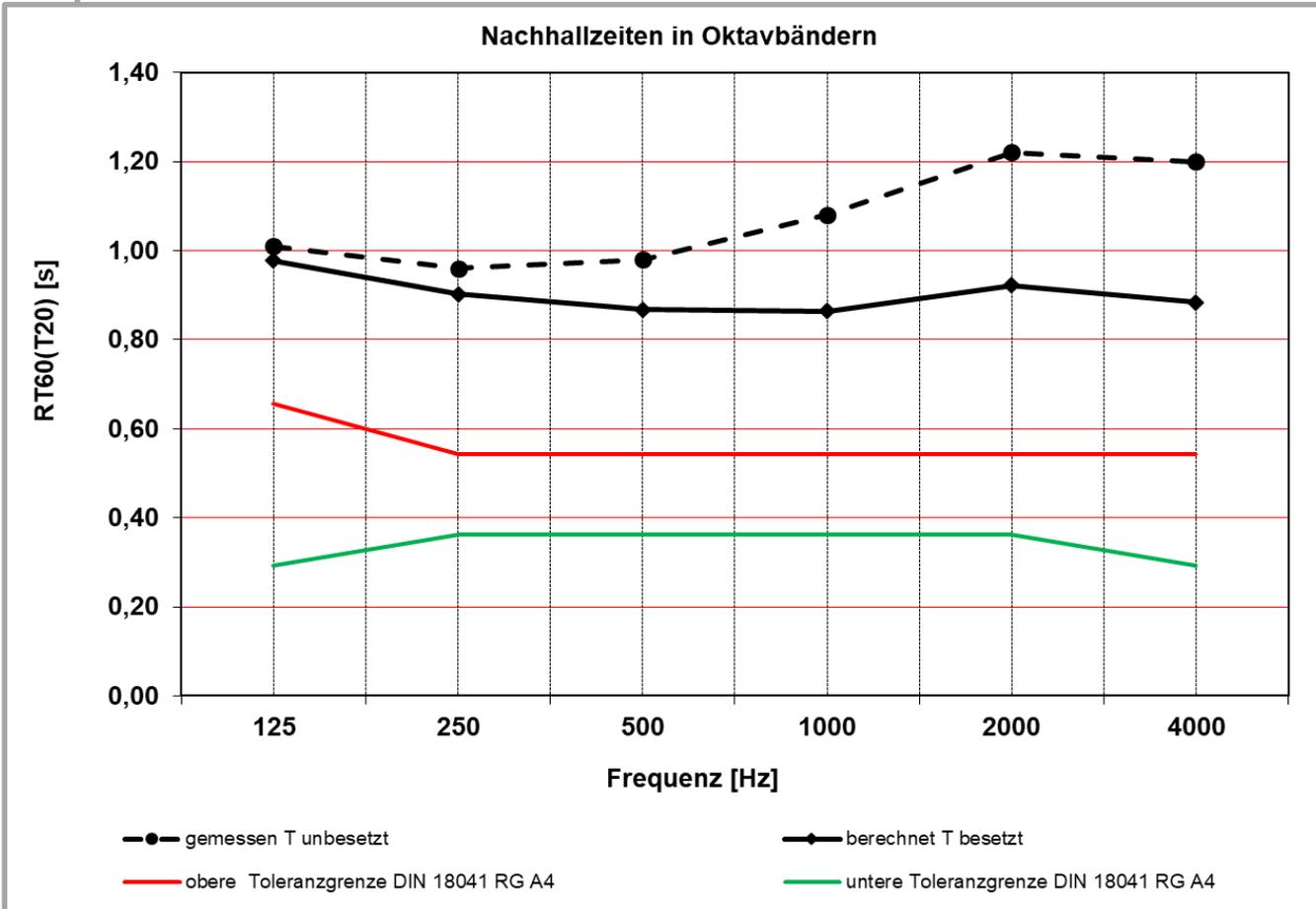
„Kochrezept“ für inklusive Raumakustik

Aller guten Dinge sind Drei:

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.

Ort:	Musterstadt	Gebäude:	ABC-Schule	Raum-Nr.:	123						
Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4											
Grundfläche	63 m ²	mittl. Höhe	3,00 m								
Volumen V	189 m ³	Frequenz		125	250	500	1000	2000	4000	Hz	
Nachhallzeiten	gemessen	T _{unbesetzt}		1,01	0,96	0,98	1,08	1,22	1,20	T _{mittel}	s
Absorptionsfläche	vorhanden	A _{unbesetzt}		29,9	31,5	30,9	28,0	24,8	25,2		m ²
Schall-Absorptionsfläche	A = 0,16 * V / T										
	aus Tabelle A1.2)	Erwachsene		0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55		m ² /Pers.
	aus Tabelle A1.5)	Kind VORSCH		0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25		m ² /Pers.
	aus Tabelle A1.6)	Schüler PRIM		0,05	0,10	0,20	0,35	0,40	0,45		m ² /Pers.
	aus Tabelle A1.7)	Schüler SEKU		0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55		m ² /Pers.
Personen-Anzahl N			zusätzliche Schall-Absorptionsfläche								
	1 Erwachsene	A _{zus.}		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6		m ²
	0 Kinder VORSC	A _{zus.}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		m ²
	20 Schüler PRIM	A _{zus.}		1,0	2,0	4,0	7,0	8,0	9,0		m ²
	0 Schüler SEKU	A _{zus.}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		m ²
Absorptionsfläche besetzt	A _{zus.} + A			31,1	33,8	35,3	35,5	33,3	34,8		m ²
Nachhallzeiten	berechnet	T _{besetzt}		0,97	0,89	0,86	0,85	0,91	0,87	0,89	s
	Toleranz	oben		0,66	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54		s
Soll-Nachhallzeit RG A4		T _{soll (A4)}		0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	s
	Toleranz	unten		0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,29		s

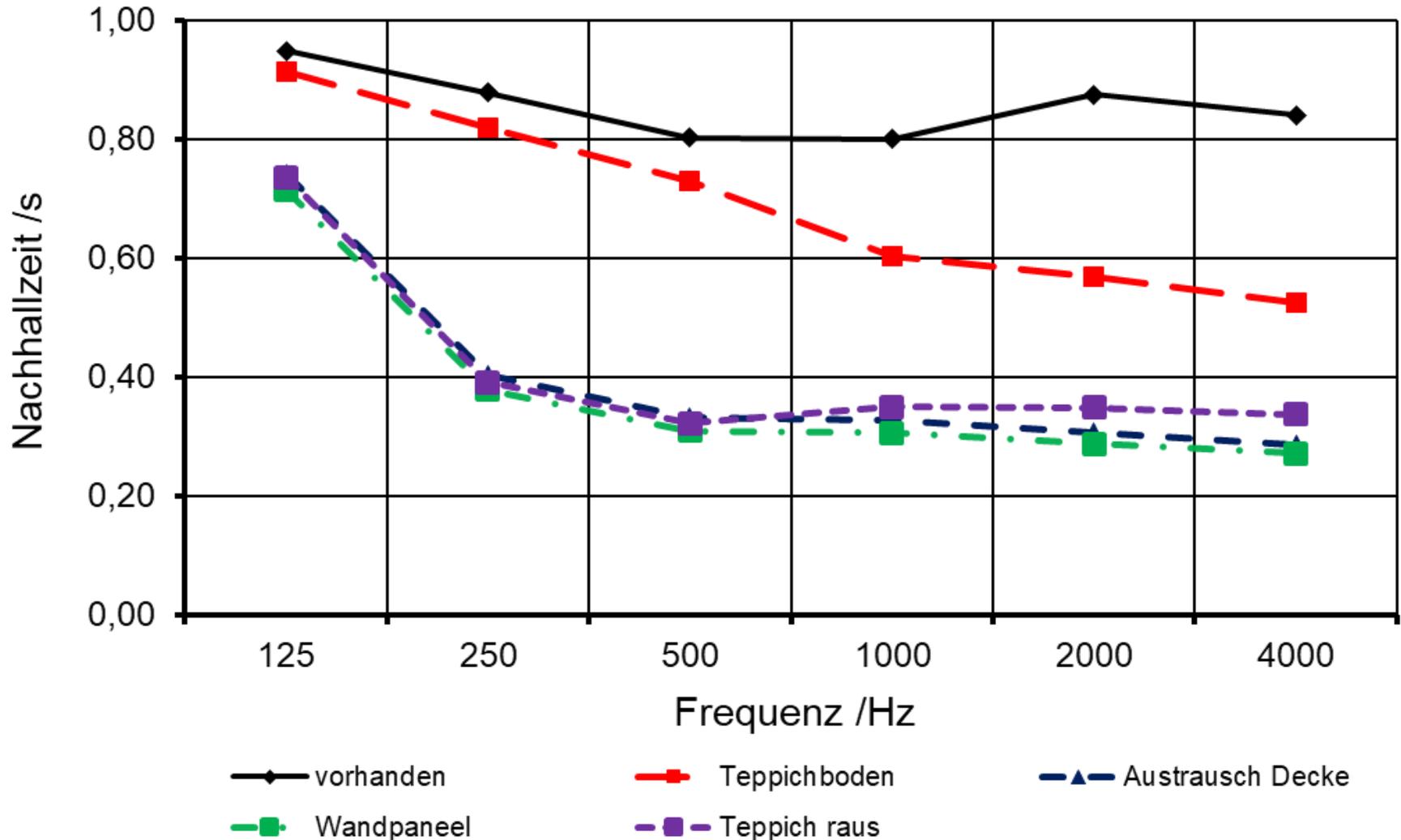
Ort: **Musterstadt** Gebäude: **ABC-Schule** Raum-Nr.: **123**
 Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4



2000	4000	T_{mittel}	Hz
1,22	1,20	1,08	s
24,8	25,2		m ²
0,55	0,55		m ² /Pers.
0,30	0,25		m ² /Pers.
0,40	0,45		m ² /Pers.
0,50	0,55		m ² /Pers.
0,6	0,6		m ²
0,0	0,0		m ²
8,0	9,0		m ²
0,0	0,0		m ²
33,3	34,8		m ²
0,91	0,87	0,89	s

Toleranz	oben	0,66	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	s
Soll-Nachhallzeit RG A4	$T_{\text{Soll}}(A4)$	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	s
Toleranz	unten	0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,29		s

Vergleich verschiedener Ausstattungen



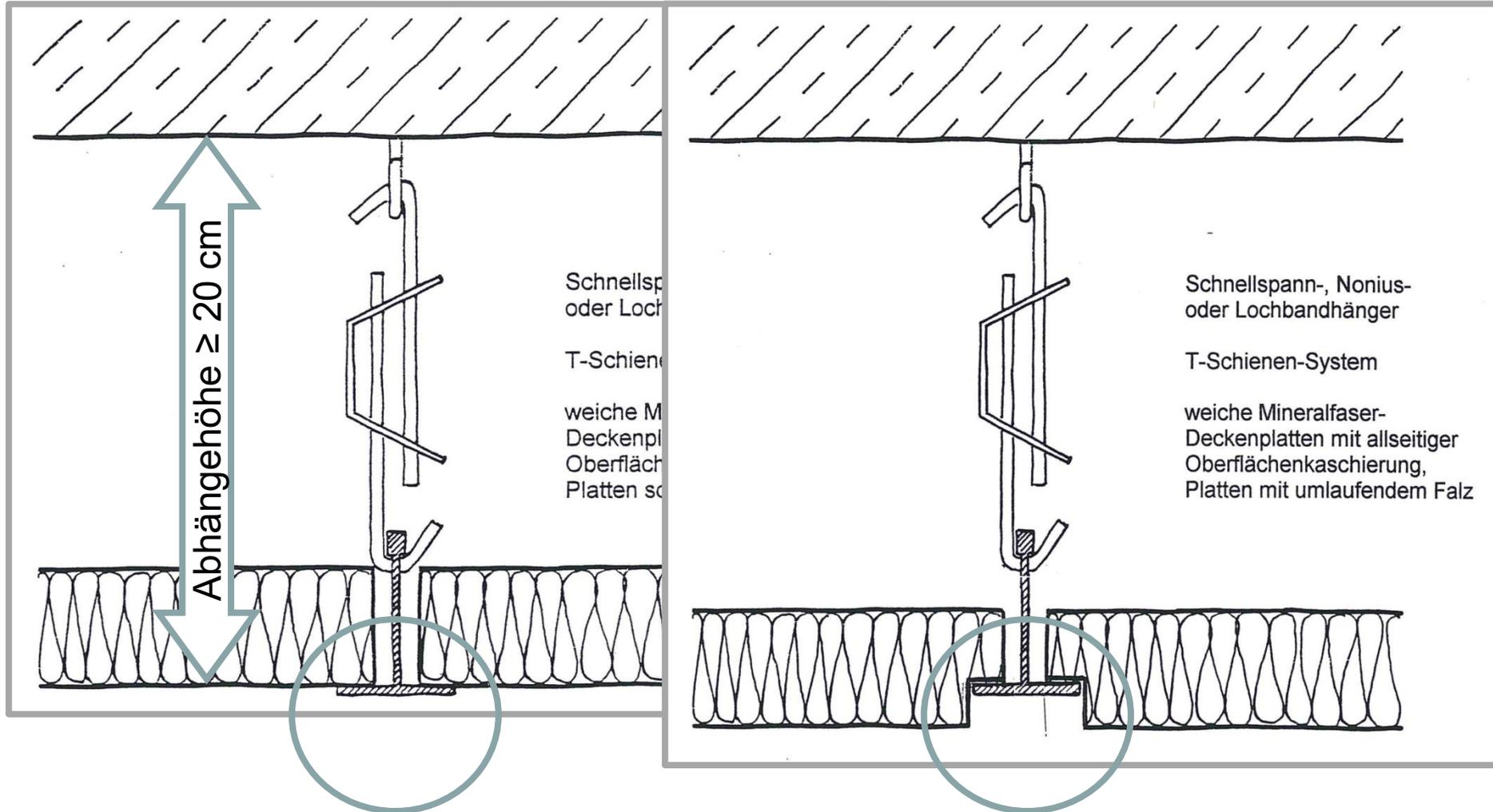
Anforderungen an das Bekleidungs-Material:



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:

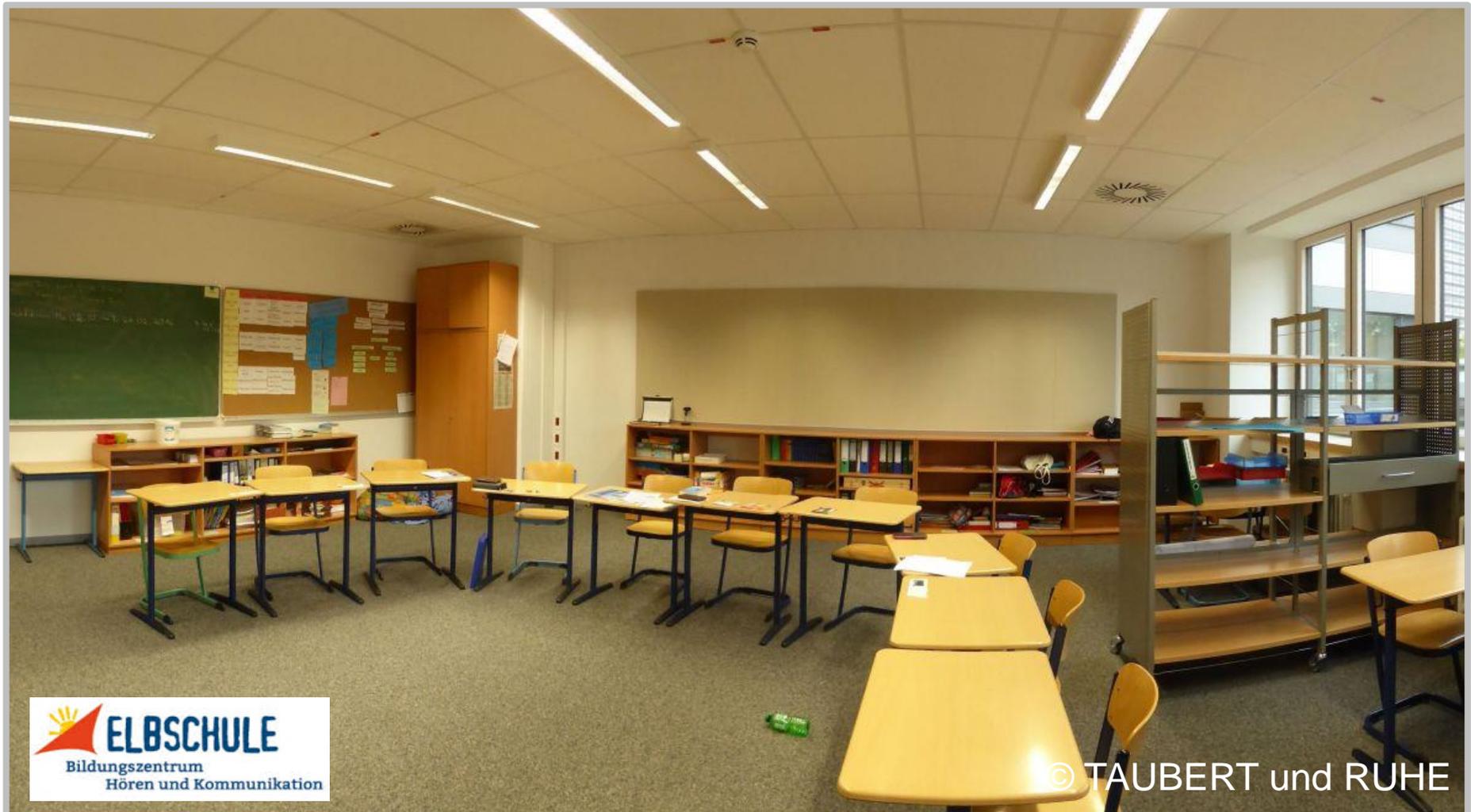


Oldenburg-Wechloy

© Rockfon



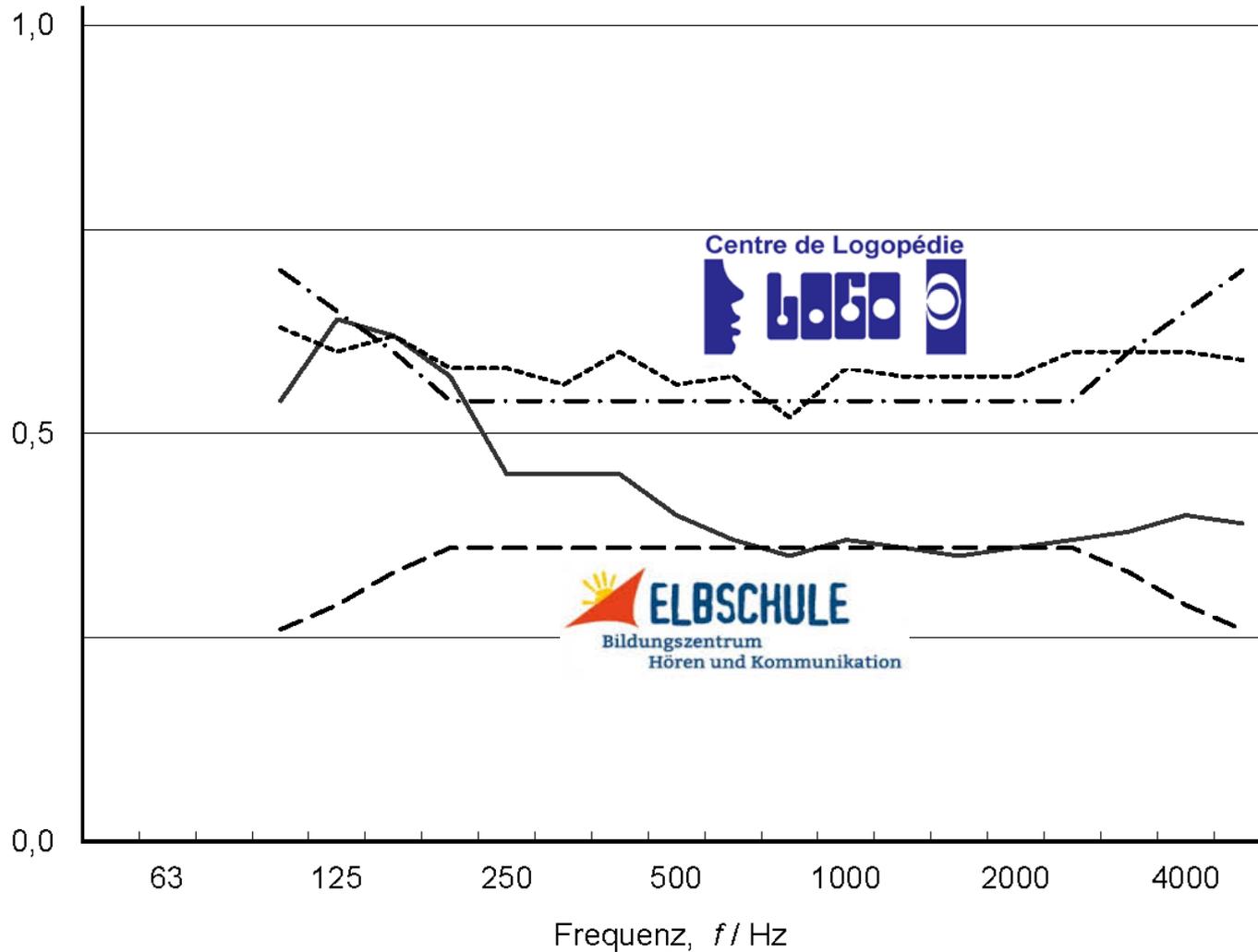
Hamburg, Elbschule, Klassenraum



Luxemburg, Centre de Logopédie, Klassenraum

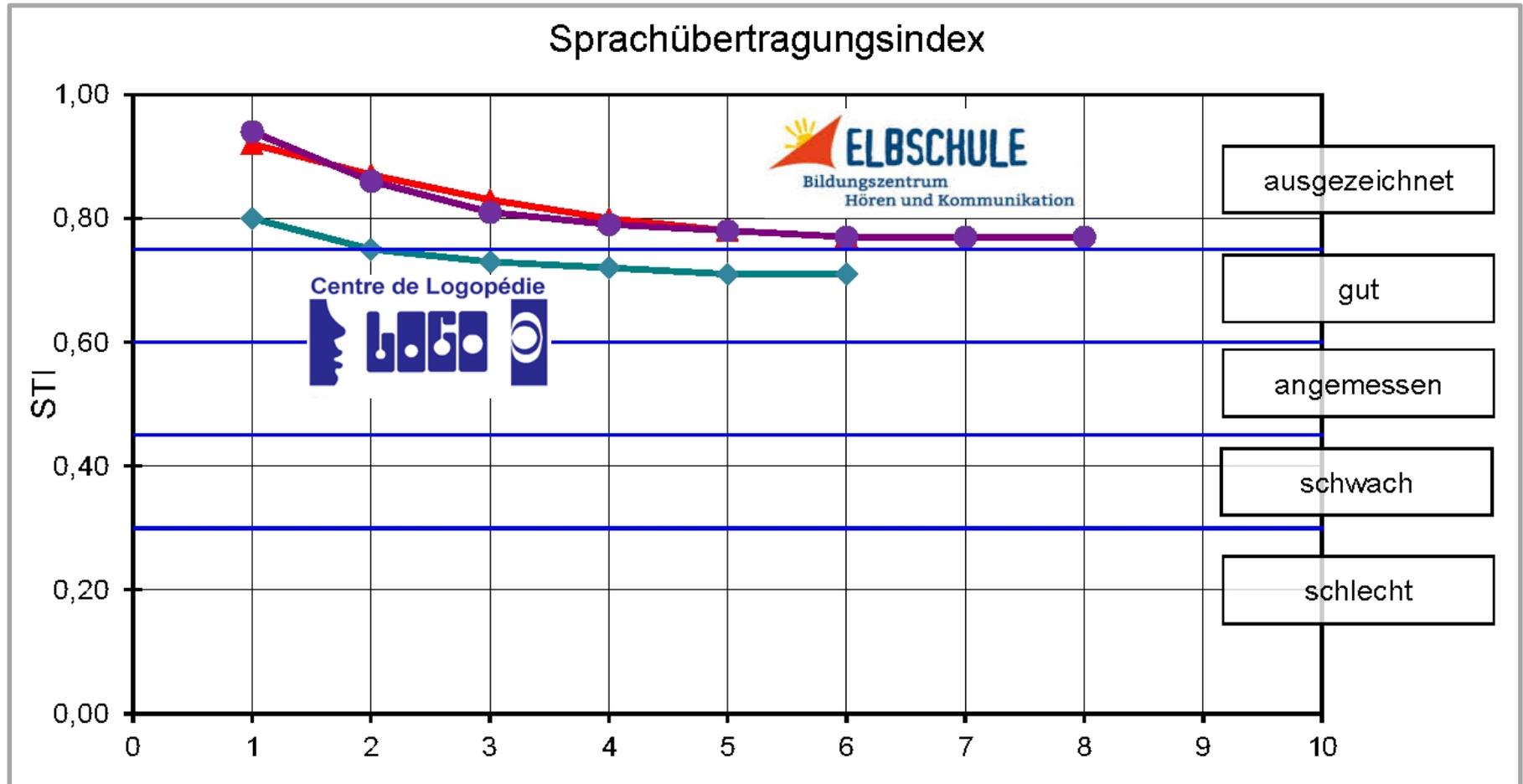


Nachhallzeit-Vergleich Luxemburg - Hamburg

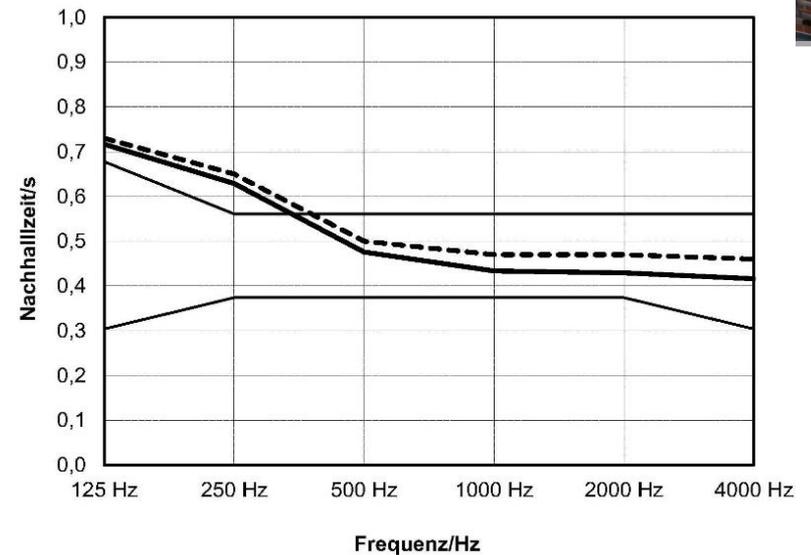
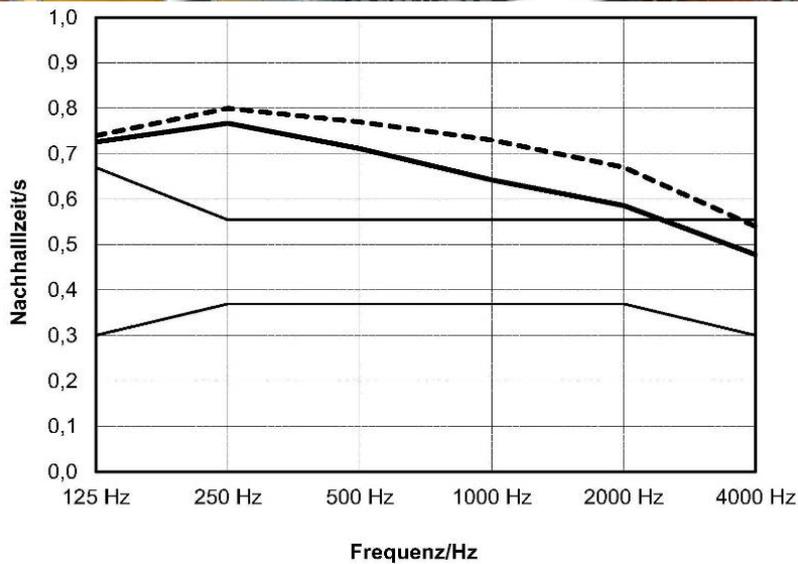
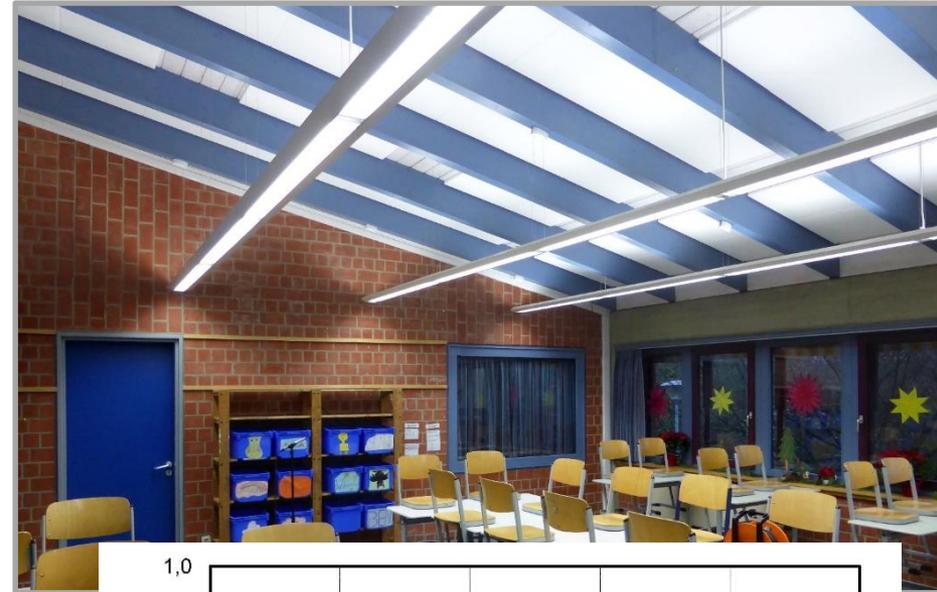
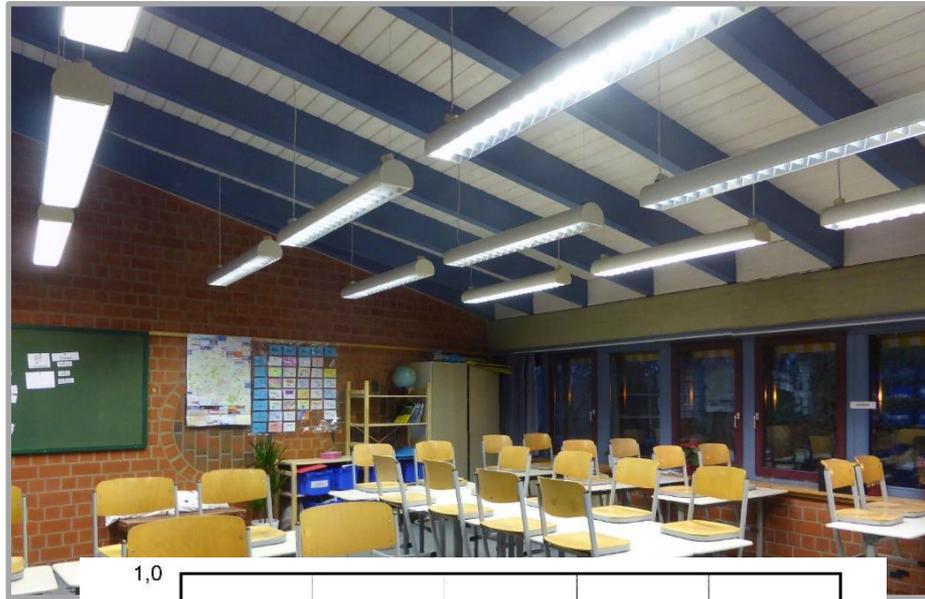


STI-Vergleich

Luxemburg - Hamburg



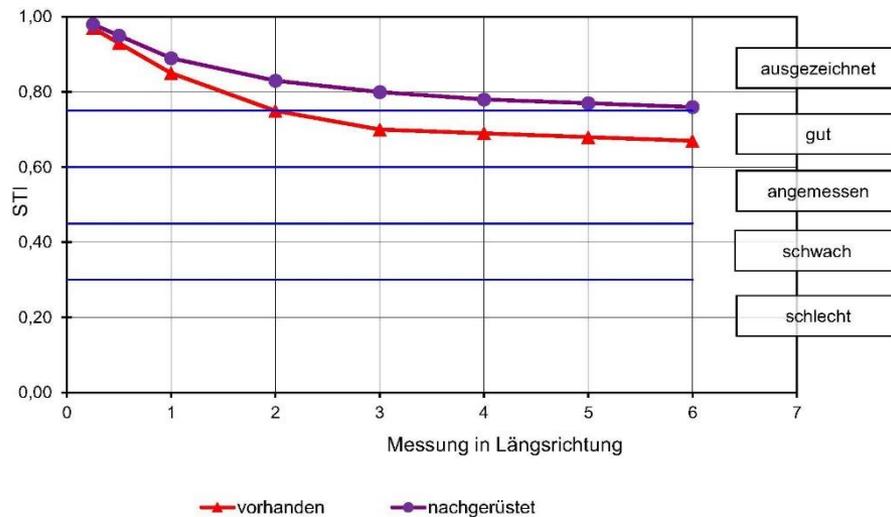
vorhanden Klassenraum nachgebessert



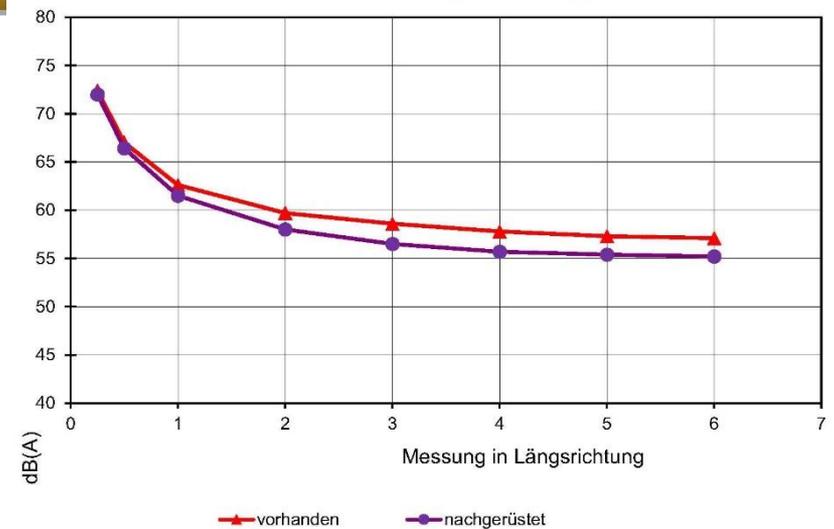
vorhanden Klassenraum nachgebessert



Sprachübertragungsindex

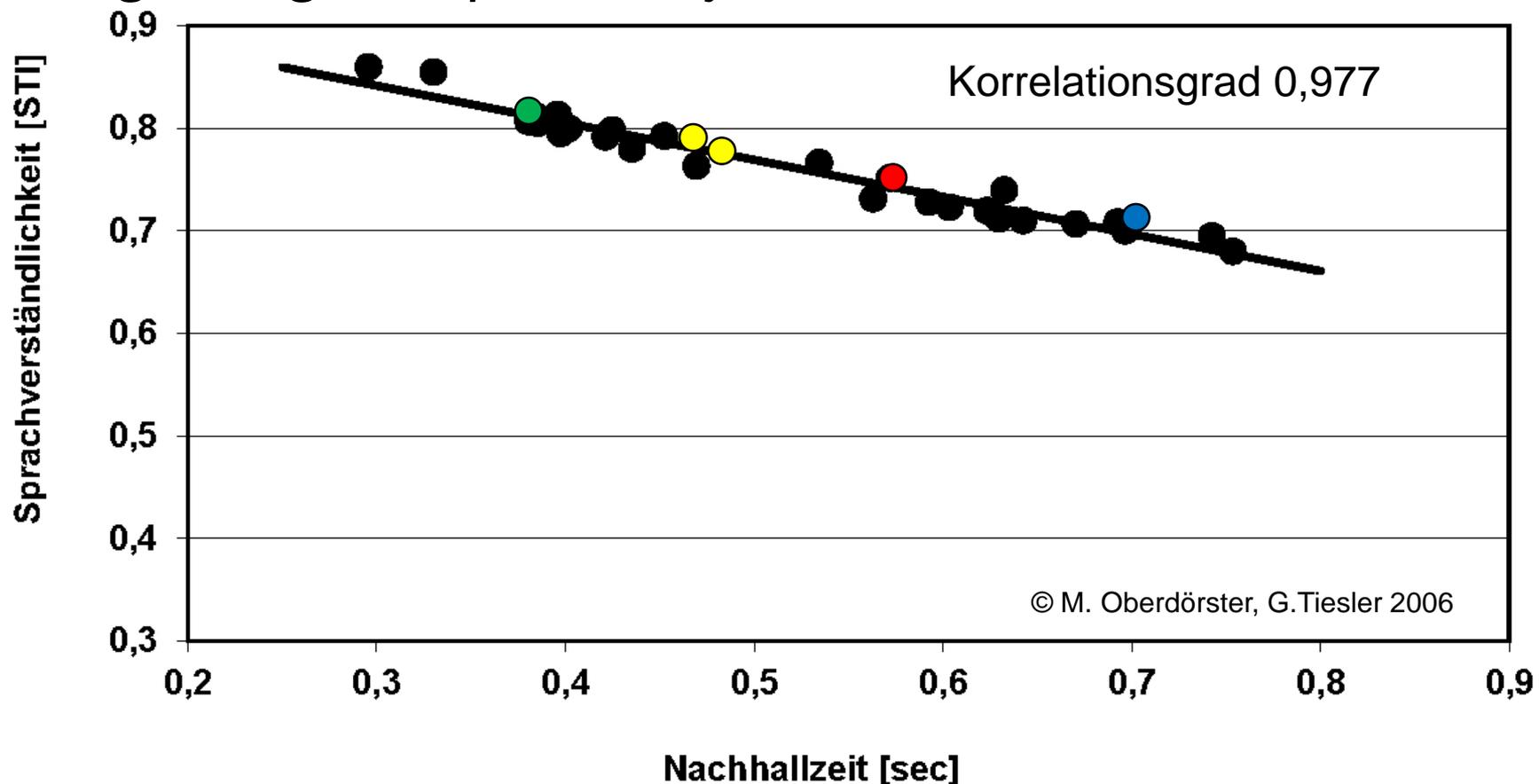


Schallpegelverteilung



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.*



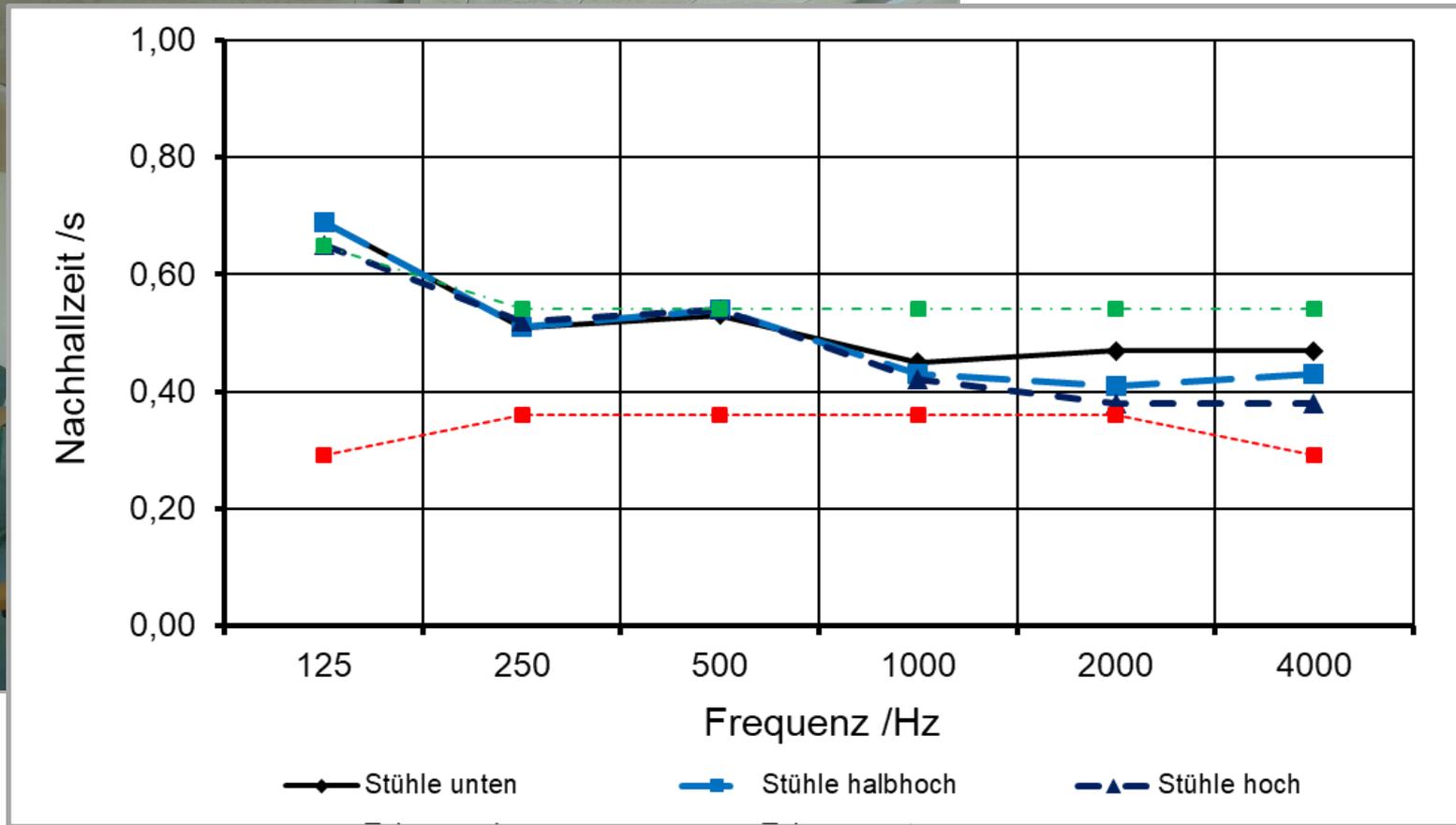
Messungen im Muster-Klassenraum

Zur Verbesserung der Diffusität wurden die Stühle „hochgestellt“.



Messungen im Muster-Klassenraum

Zur Verbesserung der Diffusität wurden die Stühle „hochgestellt“.



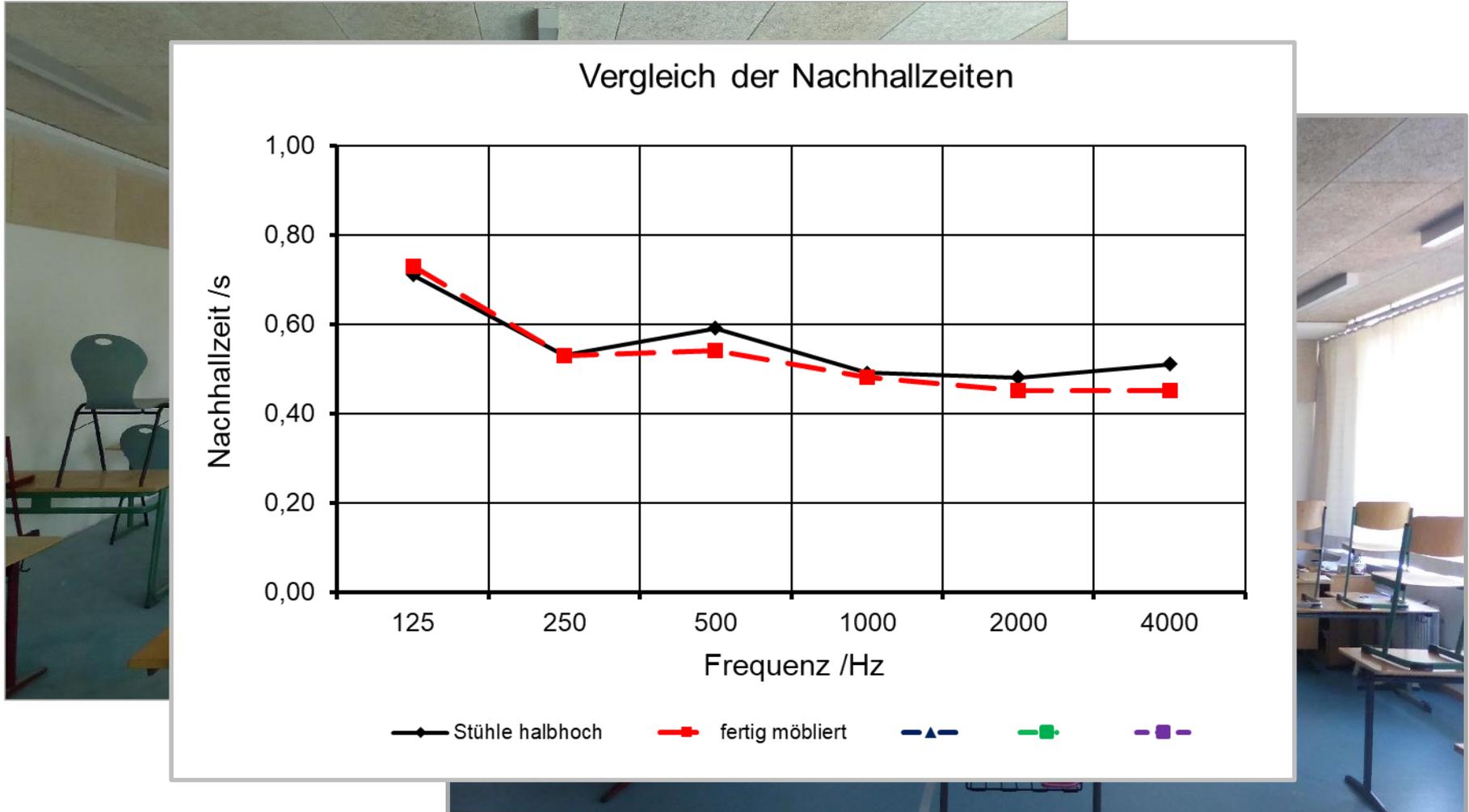
Fertiggestellter Muster-Klassenraum

Zur Verbesserung der Diffusität wurden die Stühle „hochgestellt“.



Fertiggestellter Muster-Klassenraum

Zur Verbesserung der Diffusität wurden die Stühle „hochgestellt“.

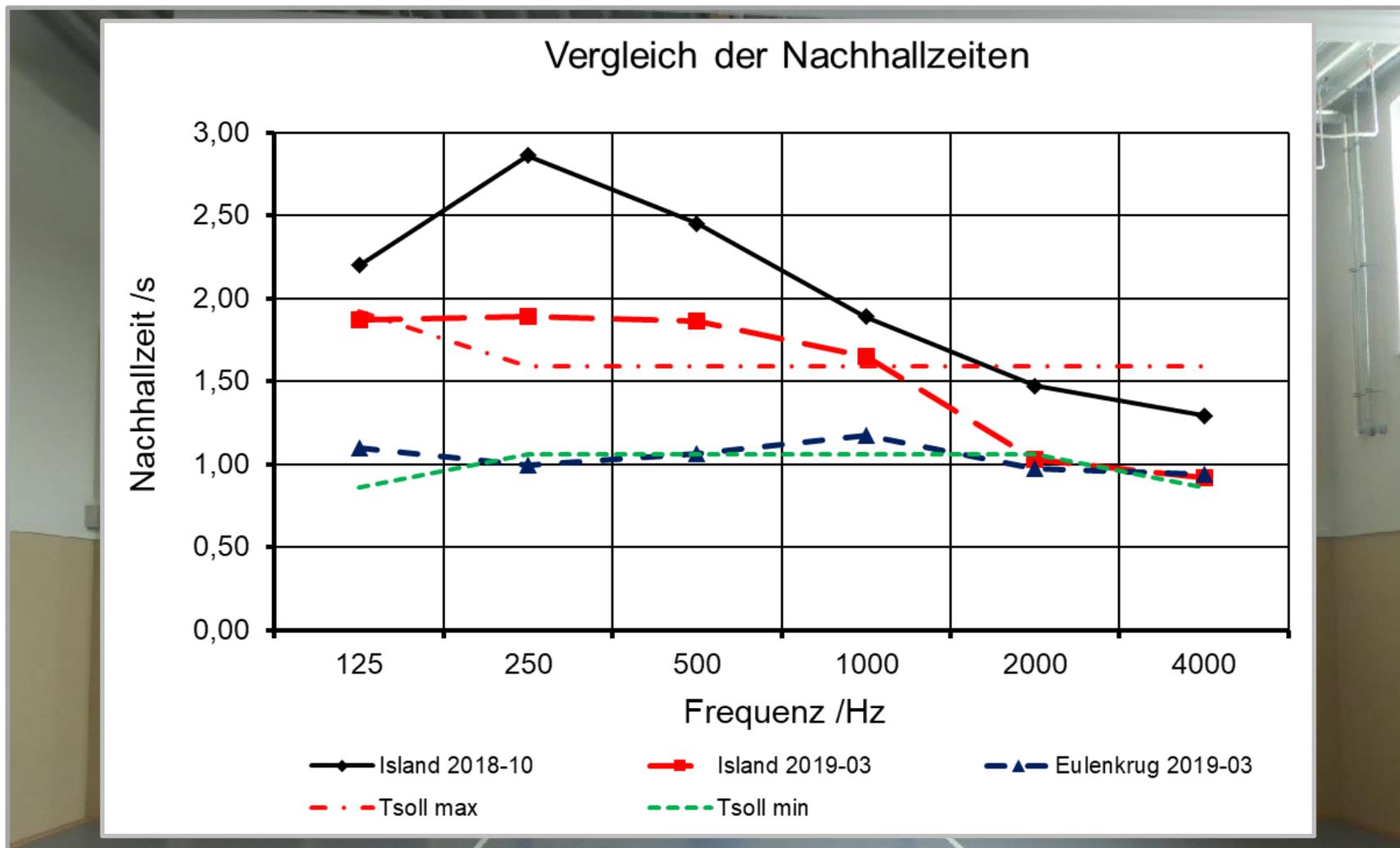


Sporthalle mit Flutterechos

Bauleiter lässt Luftballon platzen:



Sporthalle (fast) ohne Flutterechos



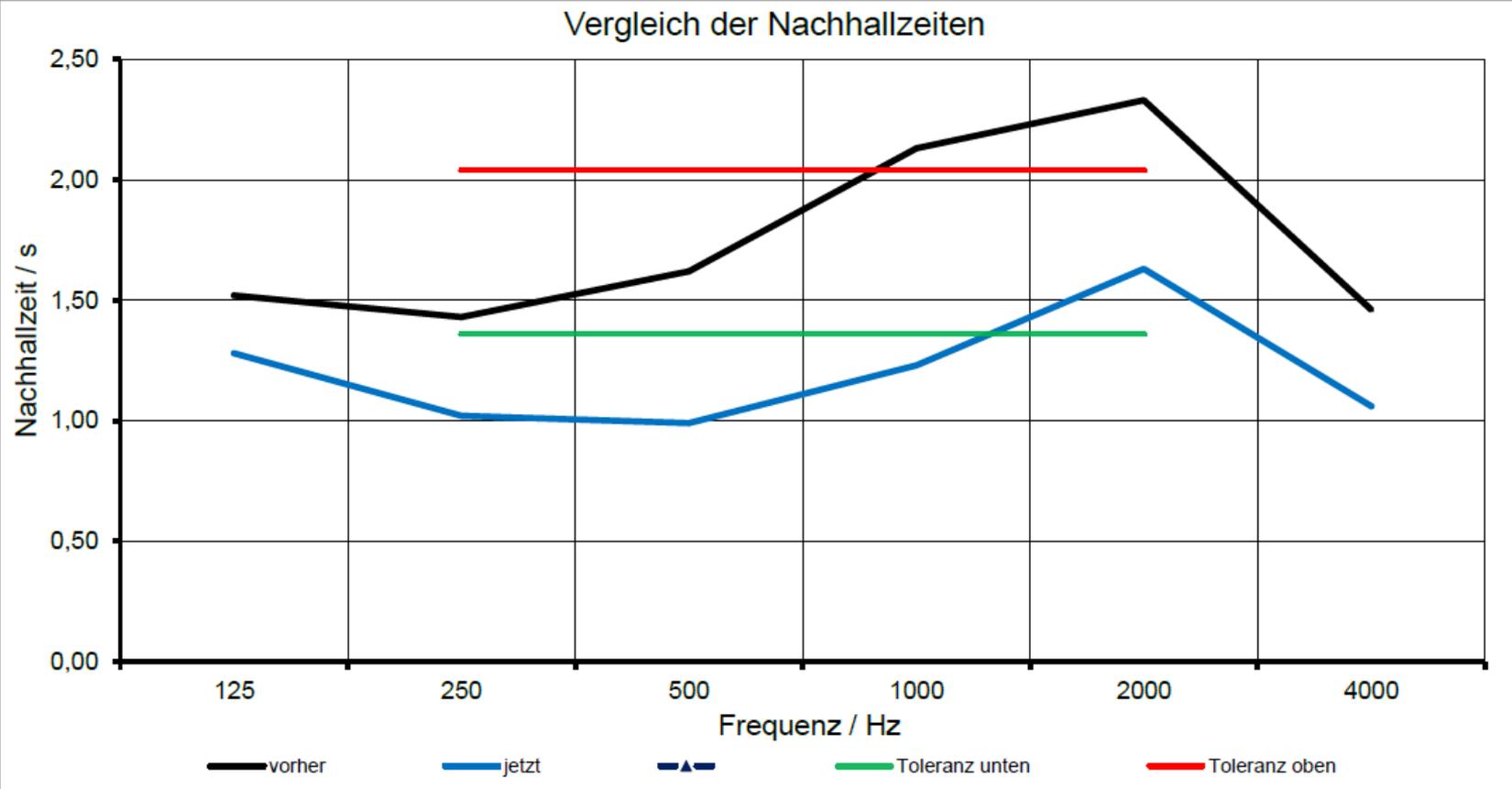
Wände in Sporthallen LFZHK Schleswig



Wände in Sporthallen LFZHK Schleswig



Wände in Sporthallen LFZHK Schleswig



Definition von Barrierefreiheit nach BGG §4:

Barrierefrei sind **bauliche** und sonstige **Anlagen**, Verkehrsmittel, technische Gebrauchsgegenstände, Systeme der Informationsverarbeitung, **akustische** und visuelle **Informationsquellen** und **Kommunikationseinrichtungen** sowie andere gestaltete Lebensbereiche, wenn sie für behinderte Menschen

1. in der allgemein üblichen Weise,
2. ohne besondere Erschwernis und
3. grundsätzlich ohne fremde Hilfe

auffindbar, zugänglich, ~~verständlich~~ und nutzbar sind.

Nicht **Da-Sein**, sondern **Dabei-Sein** ist wichtig!

Merke:

**Gute Raum-Akustik ist
inklusiv barrierefrei !**

Sie hilft ALLEN Menschen

1. in der allgemein üblichen Weise
2. ohne besondere Erschwernis und
3. ~~nicht nur grundsätzlich, sondern~~
vollständig ohne fremde Hilfe.

Was kann man zur Verbesserung tun?

Drei Absorbertypen

1. Helmholtz-Resonator

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

→ Einzelfrequenz,
sehr selektiv,
selten anwendbar



Was kann man zur Verbesserung tun?

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

→ Leichtbauwände dämpfen tiefe Töne (günstig)



Was kann man zur Verbesserung tun?

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



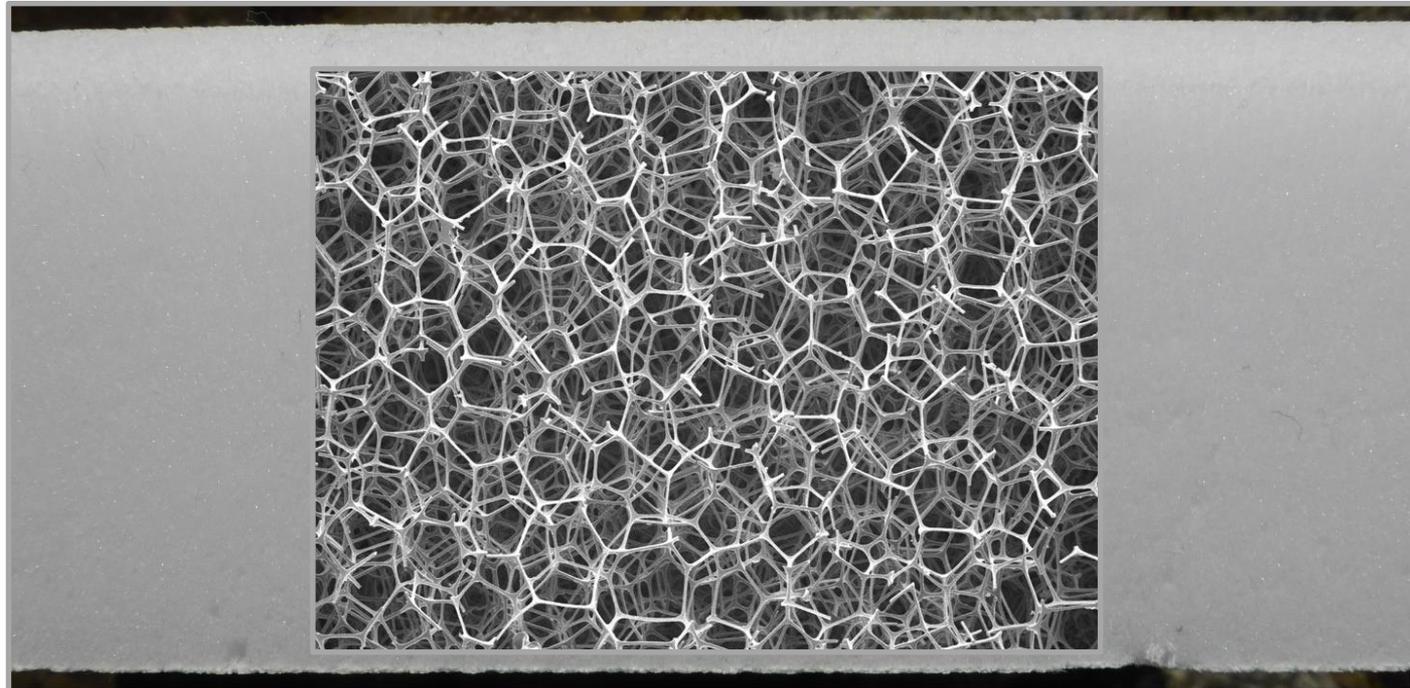
Was kann man zur Verbesserung tun?

Drei Absorbertypen

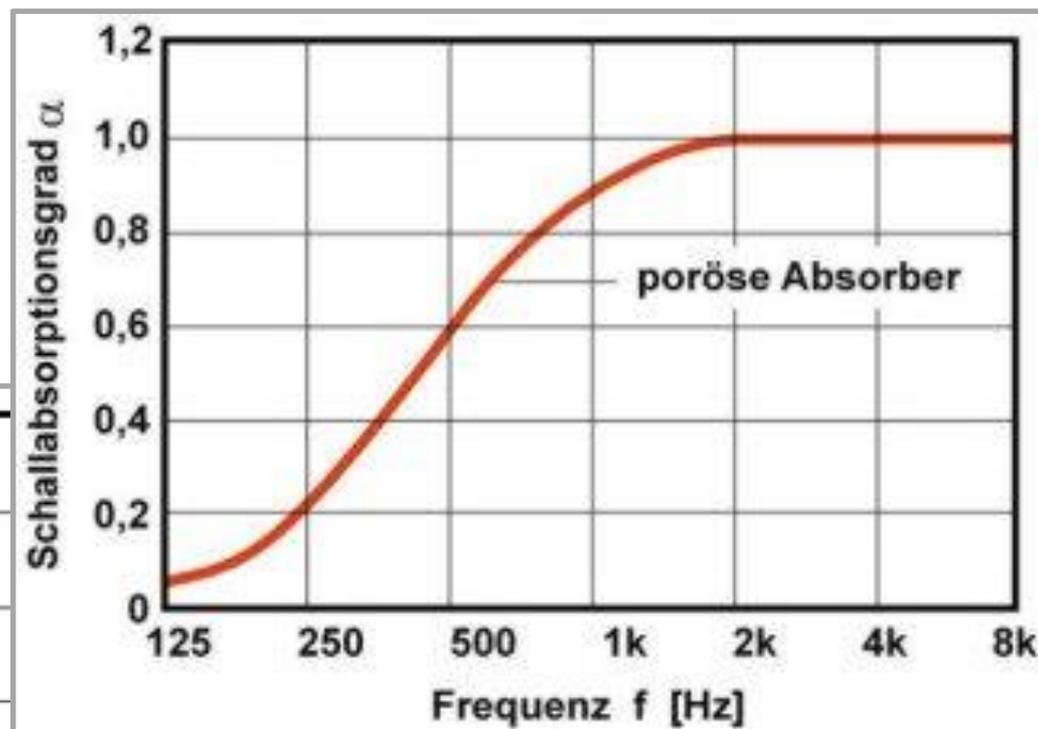
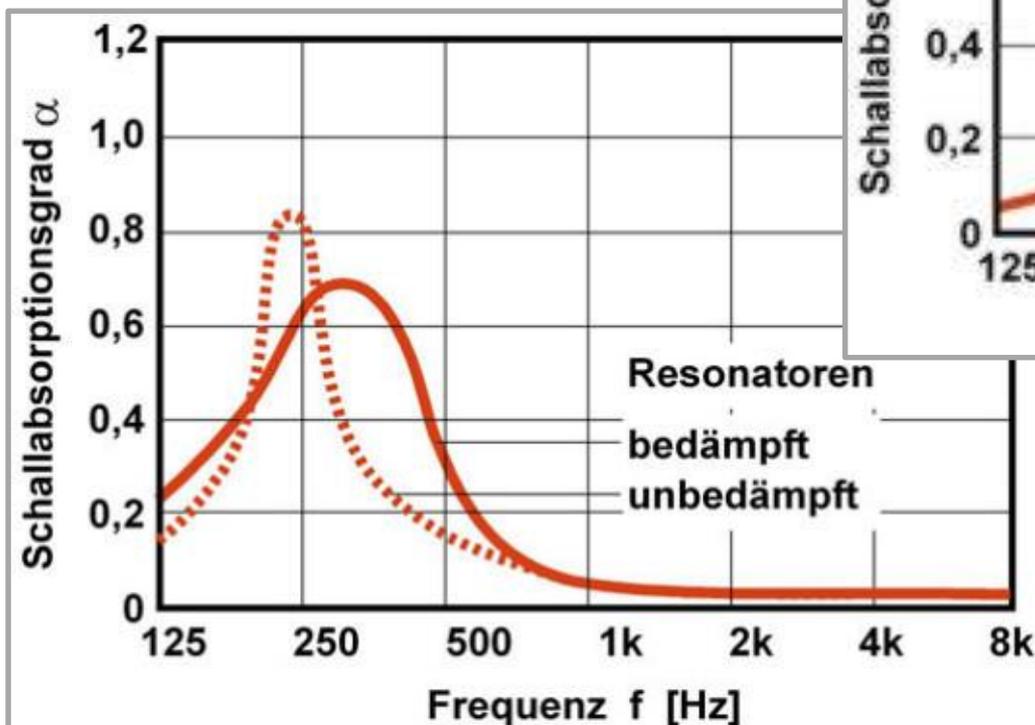
3. **Strömungs-Absorber**

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

→ breitbandig
wirksam,
vorrangig
mittlere und
hohe Töne



Resonanzabsorber \leftrightarrow Strömungsabsorber



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, desto „lauter“ ist der Raum.

Pegelminderung bedeutet also immer im gesamten Schallfeld die Schallenergie zu reduzieren (durch Umwandlung in Wärmeenergie).

**Beim Abbremsen
wird die Scheibenbremse**



Schallabsorption (Schalldämpfung)

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

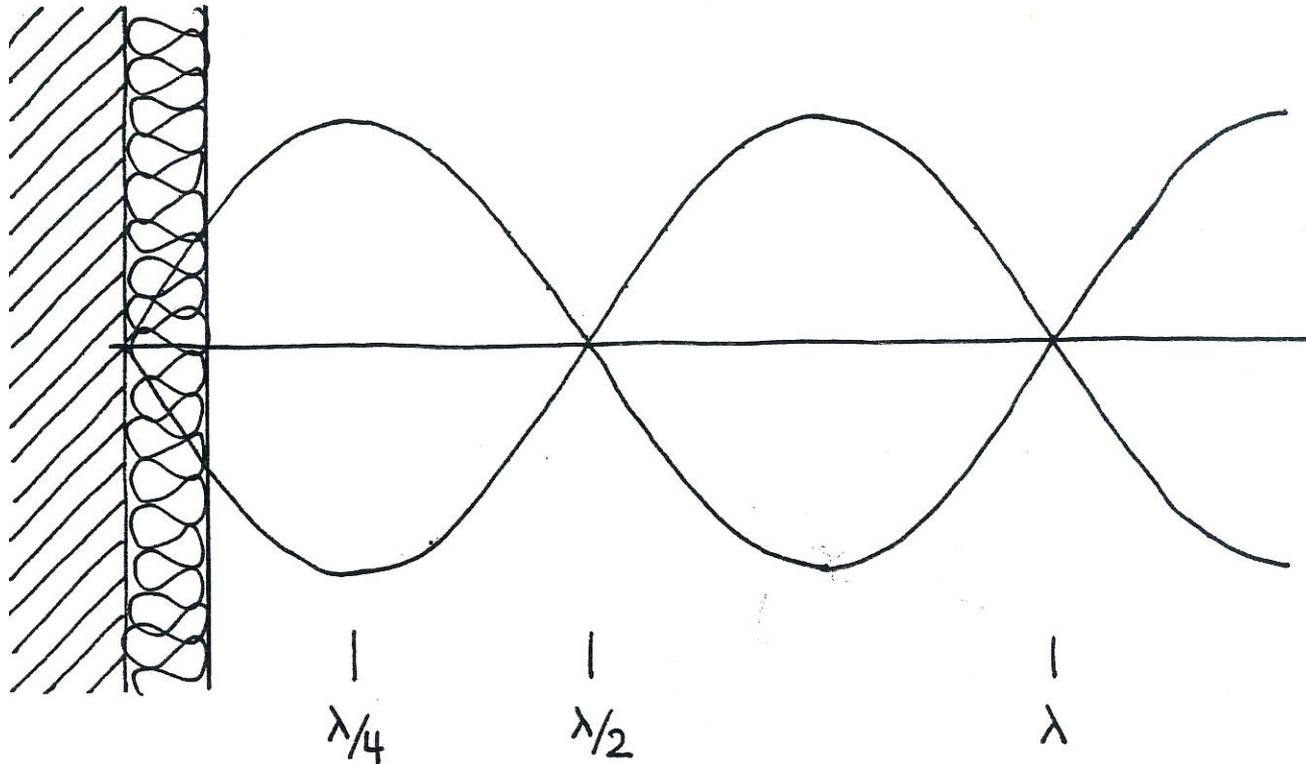
medizinisch-physikalisch- biologischer Selbstversuch!

Pressen Sie den Mund fest auf einen Ärmel
und pusten kräftig → es wird warm.

Pusten Sie kräftig auf den Handrücken.
→ es bleibt kalt.

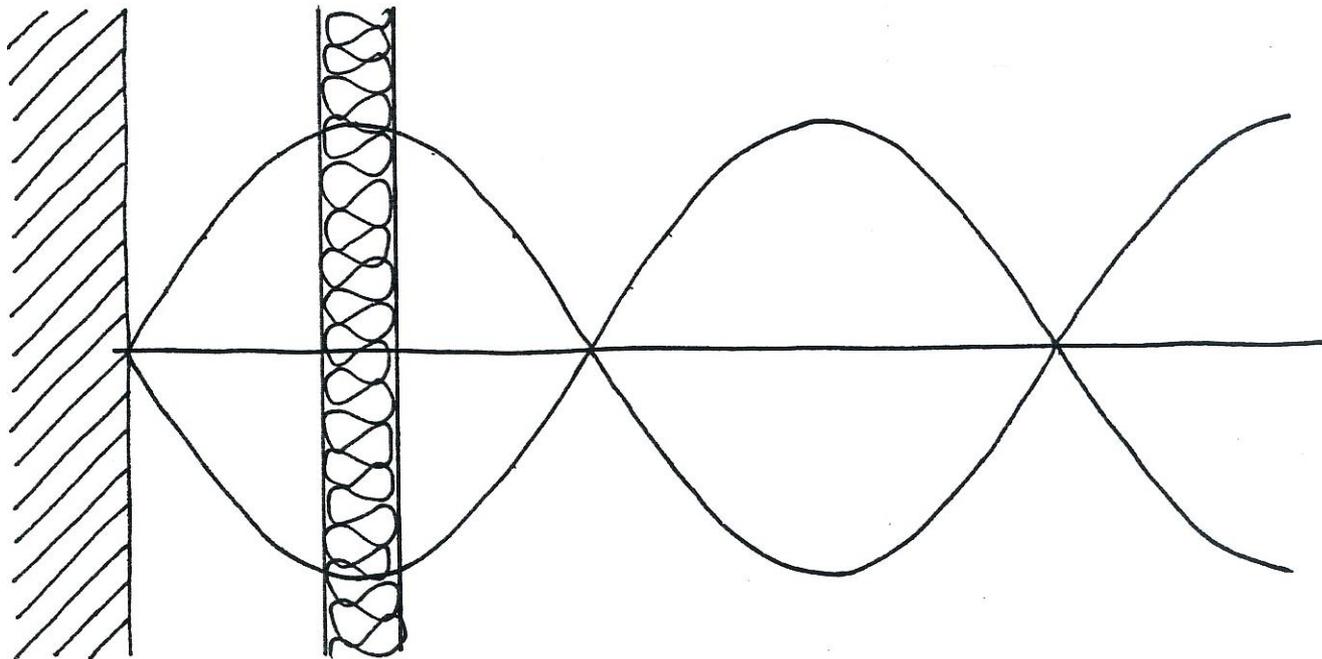
Wie kann man Schall absorbieren?

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



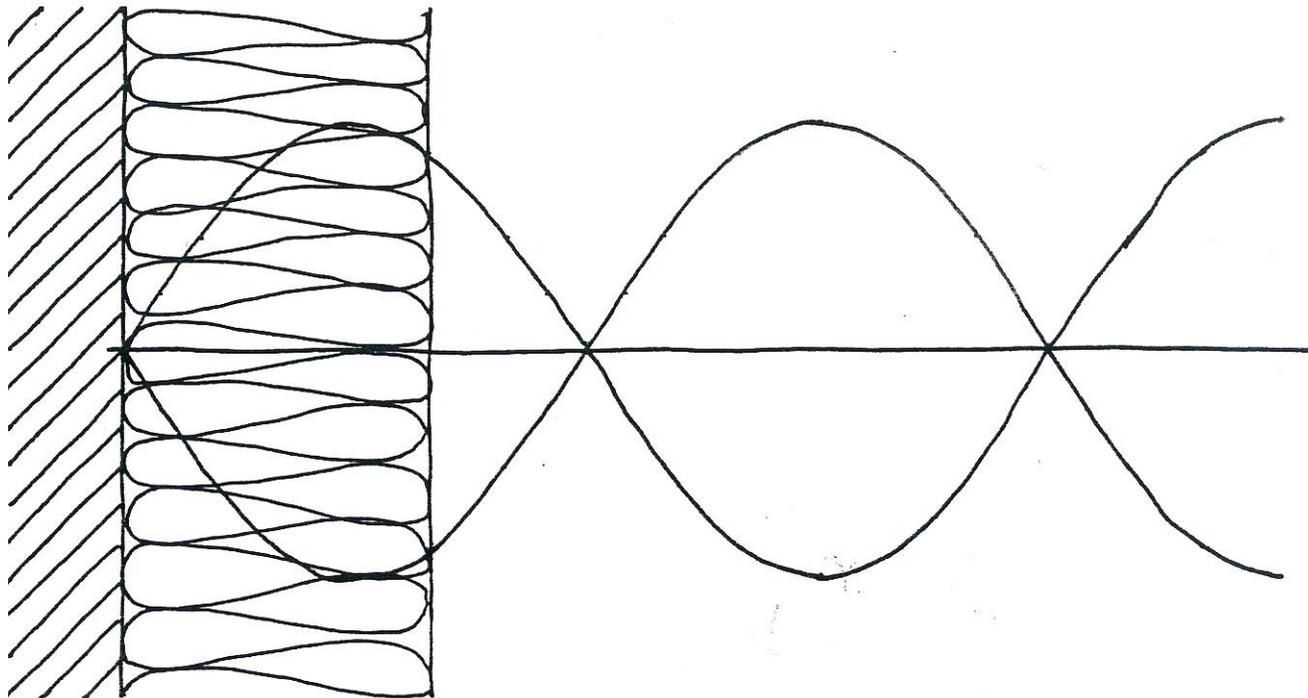
Wie kann man Schall absorbieren?

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



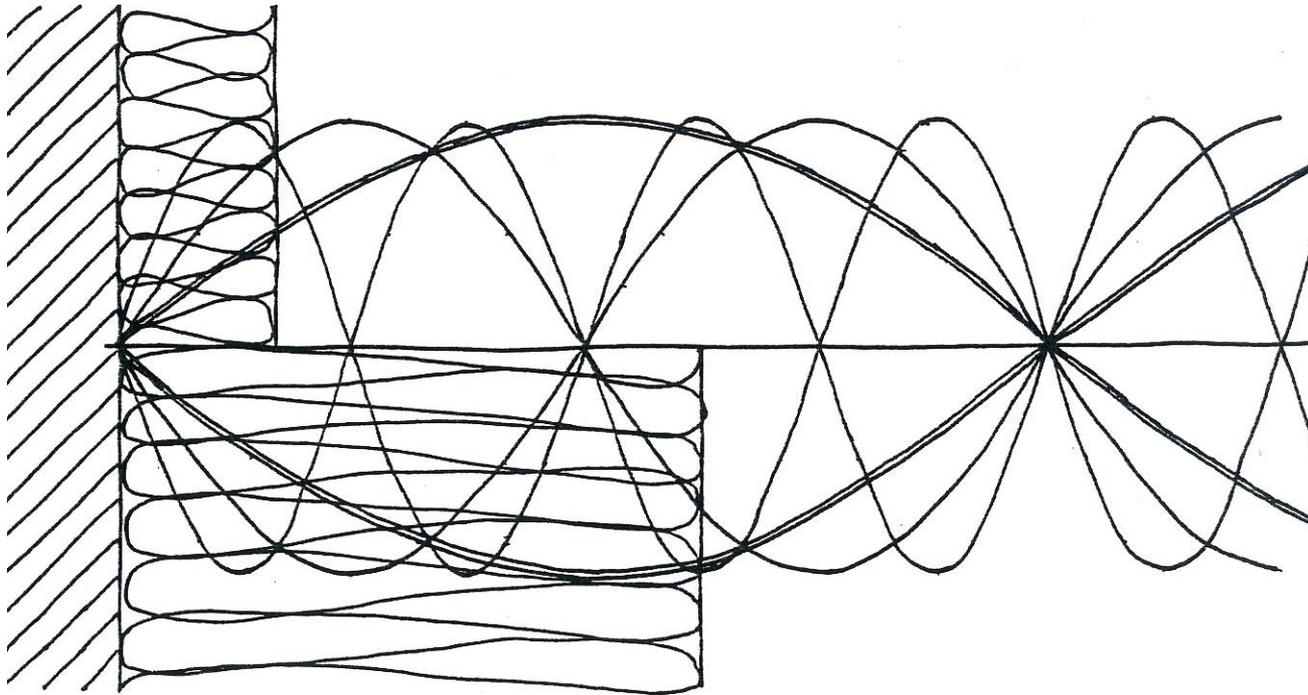
Wie kann man Schall absorbieren?

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):

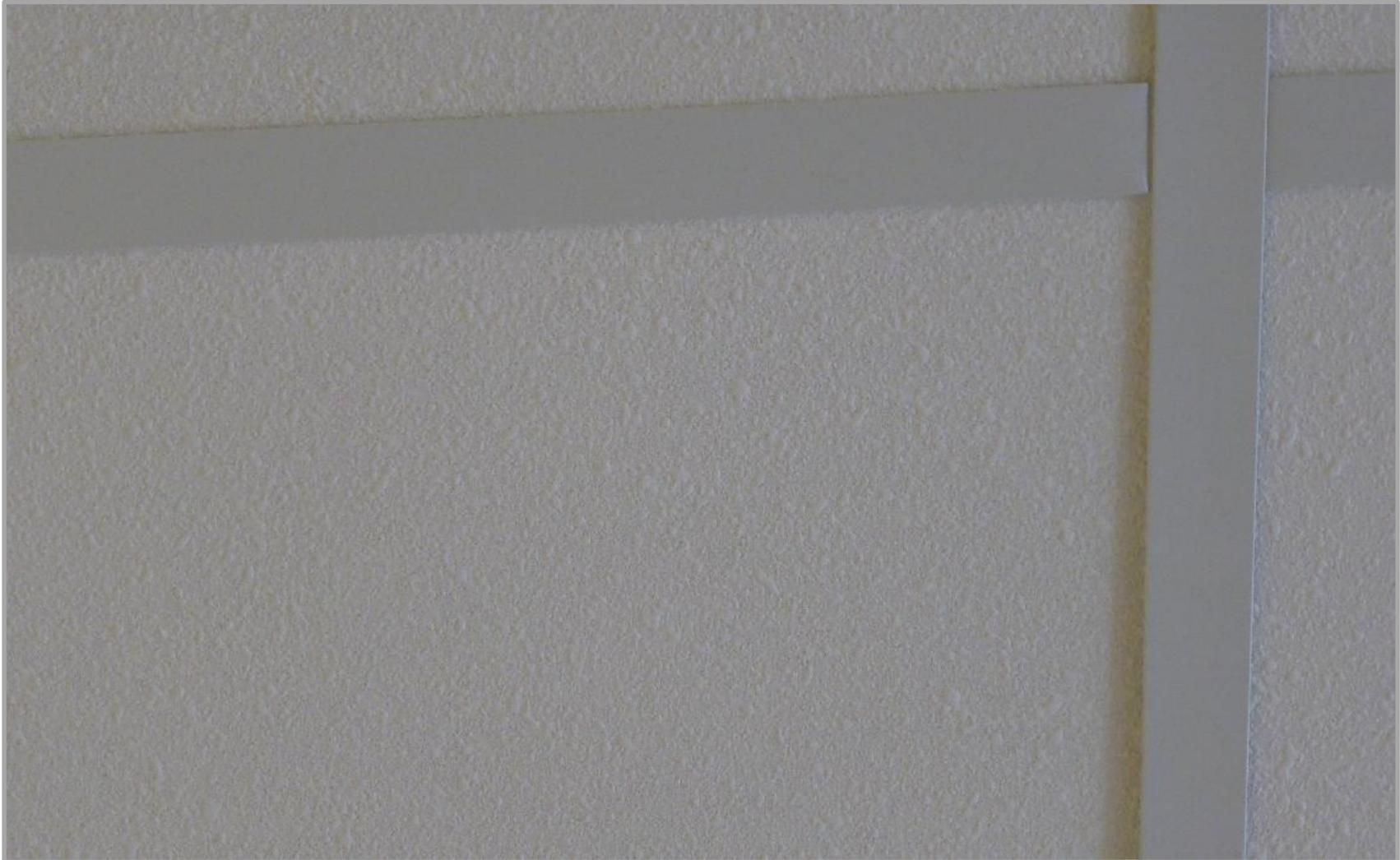


Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Absorbieren die überhaupt? „Passt“ der Strömungswiderstand?



Mineralfaserplatte, offene / geschlossene Fläche

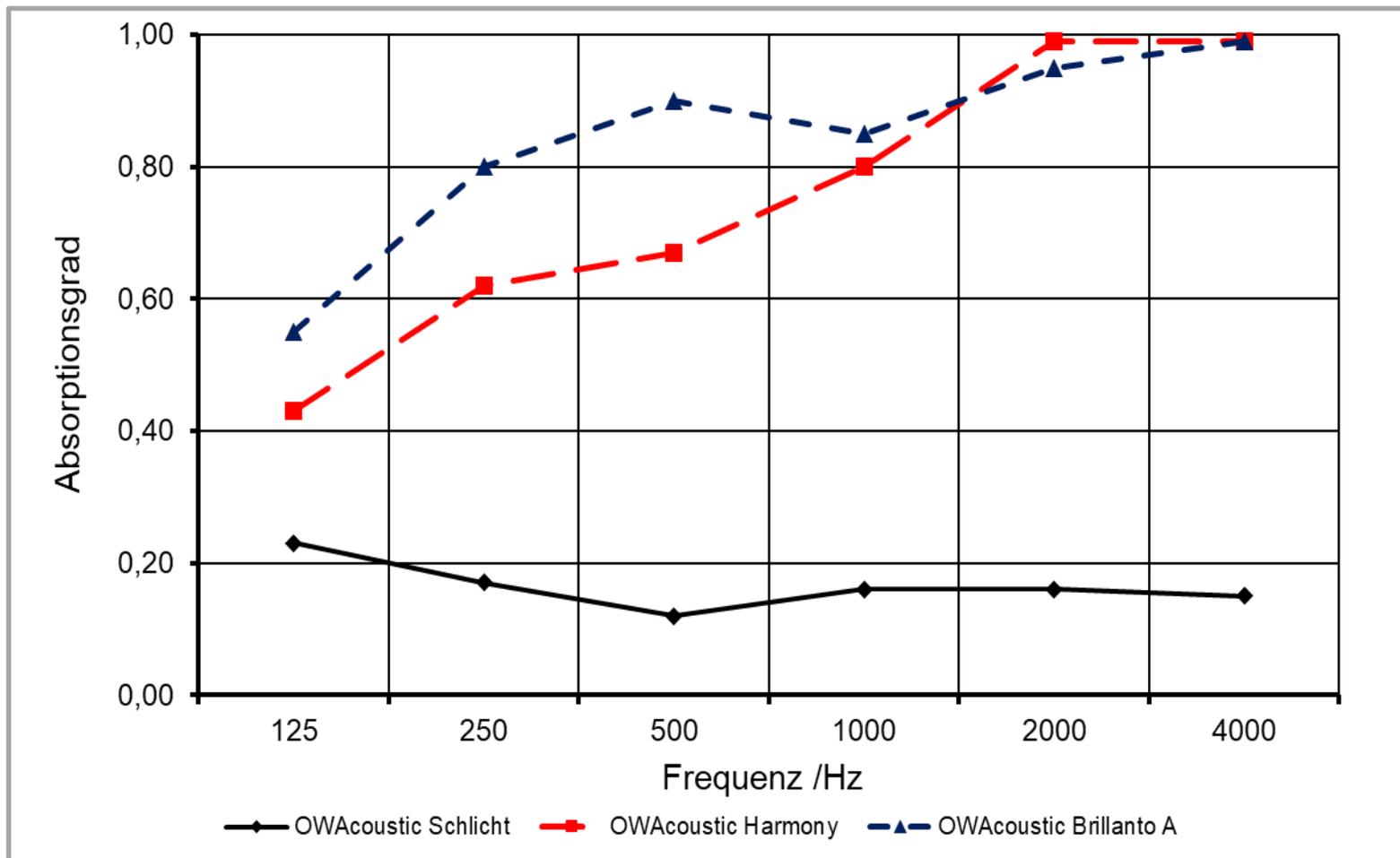


Mineralfaserplatte, offene / geschlossene Fläche



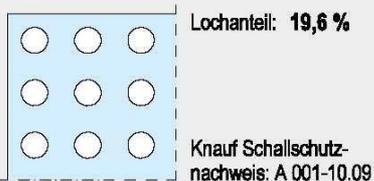
Wie unterscheidet man „gute“ und „schlechte“ Schall-Absorber?

Gibt der Hersteller Messwerte zur Schallabsorption an?

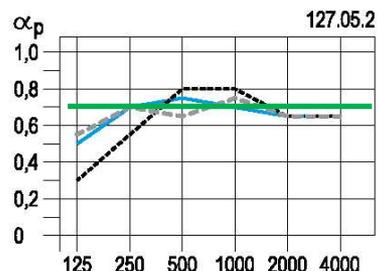


Gipskarton-Lochplatten mit MiWo

Gerade Rundlochung 15/30 R



■ mit Akustikvlies + Mineralwolle

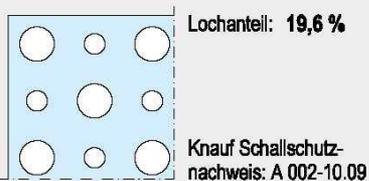


Konstruktionstiefe 65 mm -----
 α_p 0,3 0,55 0,8 0,8 0,65 0,65
 $\alpha_w = 0,75$ Klasse: C (hoch absorbierend)

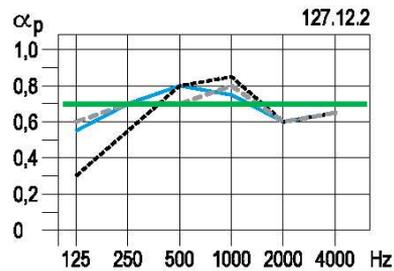
Konstruktionstiefe 200 mm -----
 α_p 0,5 0,7 0,75 0,7 0,65 0,65
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: C (hoch absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p 0,55 0,7 0,65 0,75 0,65 0,65
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: C (hoch absorbierend)

Versetzte Rundlochung 12/20/66 R



■ mit Akustikvlies + Mineralwolle



Konstruktionstiefe 65 mm -----
 α_p 0,3 0,55 0,8 0,85 0,6 0,65
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: C (hoch absorbierend)

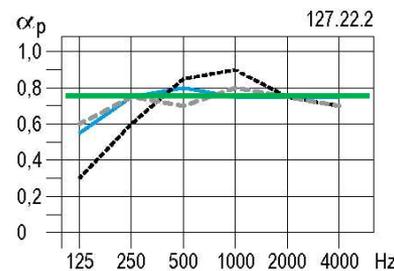
Konstruktionstiefe 200 mm -----
 α_p 0,55 0,7 0,8 0,75 0,6 0,65
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: C (hoch absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p 0,6 0,7 0,7 0,8 0,6 0,65
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: C (hoch absorbierend)

Gerade Quadratlochung 12/25 Q



■ mit Akustikvlies + Mineralwolle

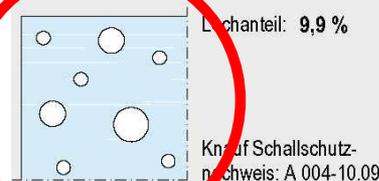


Konstruktionstiefe 65 mm -----
 α_p 0,3 0,6 0,85 0,9 0,75 0,7
 $\alpha_w = 0,80$ Klasse: B (höchst absorbierend)

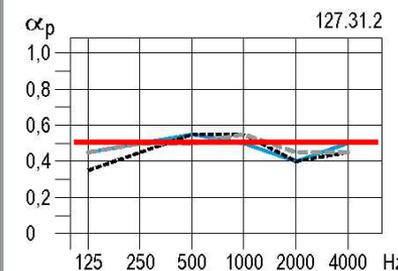
Konstruktionstiefe 200 mm -----
 α_p 0,55 0,75 0,8 0,75 0,75 0,75
 $\alpha_w = 0,80$ Klasse: B (höchst absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p 0,6 0,75 0,7 0,8 0,75 0,7
 $\alpha_w = 0,75$ Klasse: C (hoch absorbierend)

Streulochung PLUS 8/15/20 R



■ mit Akustikvlies + Mineralwolle

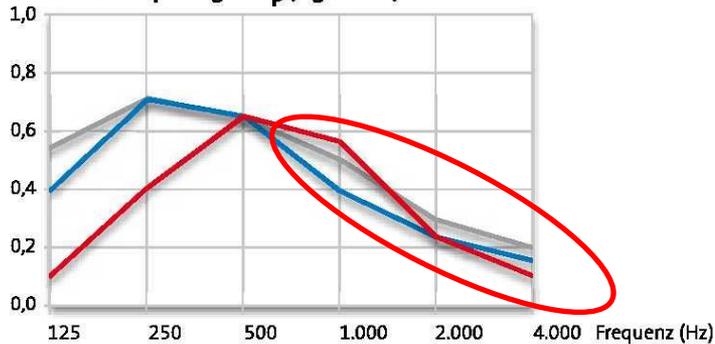


Konstruktionstiefe 65 mm -----
 α_p 0,35 0,45 0,55 0,55 0,4 0,45
 $\alpha_w = 0,50$ Klasse: D (absorbierend)

Konstruktionstiefe 200 mm -----
 α_p 0,45 0,5 0,55 0,5 0,4 0,5
 $\alpha_w = 0,50$ Klasse: D (absorbierend)

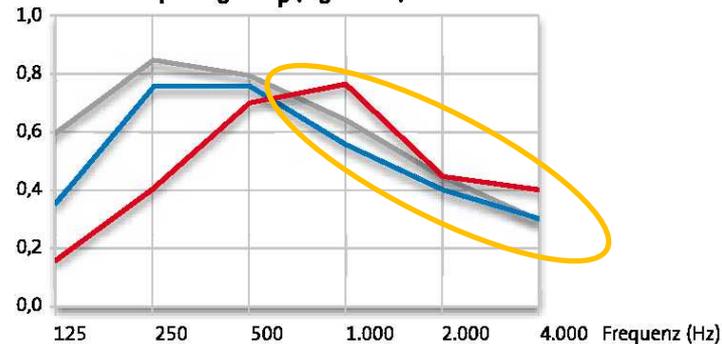
Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p 0,45 0,5 0,5 0,55 0,45 0,45
 $\alpha_w = 0,50$ Klasse: D (absorbierend)

Schallabsorptionsgrad α_p (Rigton Air)



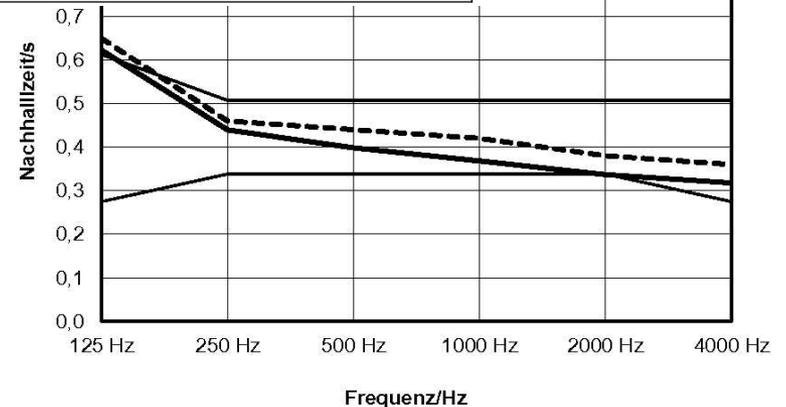
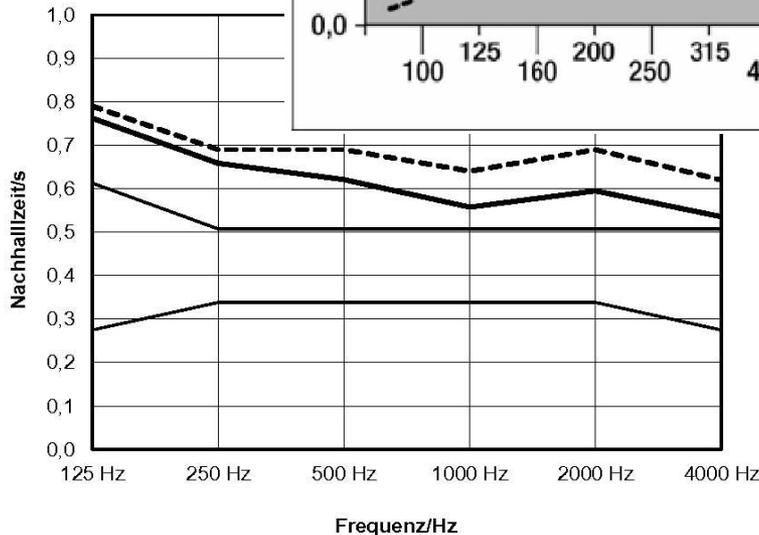
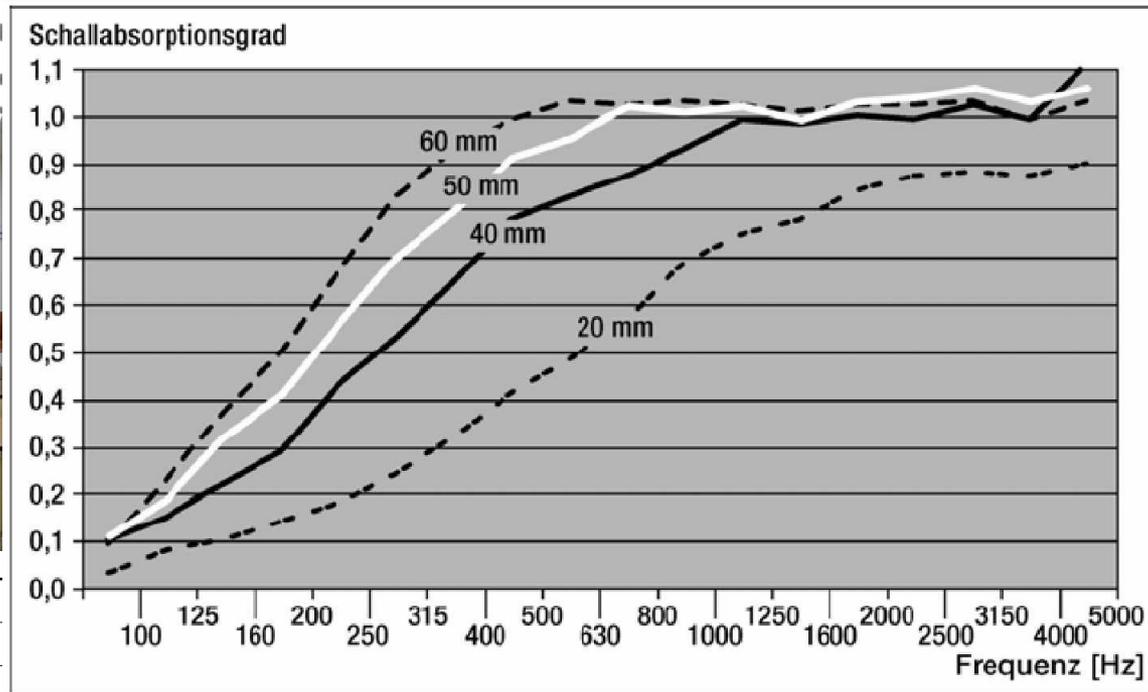
							α_w	Klasse
—	Abhängenhöhe 50 mm							
	0,10	0,40	0,65	0,55	0,25	0,10	0,25 (LM)	E
—	Abhängenhöhe 200 mm							
	0,40	0,70	0,65	0,40	0,25	0,15	0,30 (LM)	D
—	Abhängenhöhe 200 mm, Mineralwollauflage 50 mm							
	0,55	0,70	0,65	0,50	0,30	0,20	0,35 (LM)	D

Schallabsorptionsgrad α_p (Rigton Air)



							α_w	Klasse
—	Abhängenhöhe 50 mm							
	0,15	0,40	0,70	0,75	0,45	0,40	0,50 (M)	D
—	Abhängenhöhe 200 mm							
	0,35	0,75	0,75	0,55	0,40	0,30	0,45 (LM)	D
—	Abhängenhöhe 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 U

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:



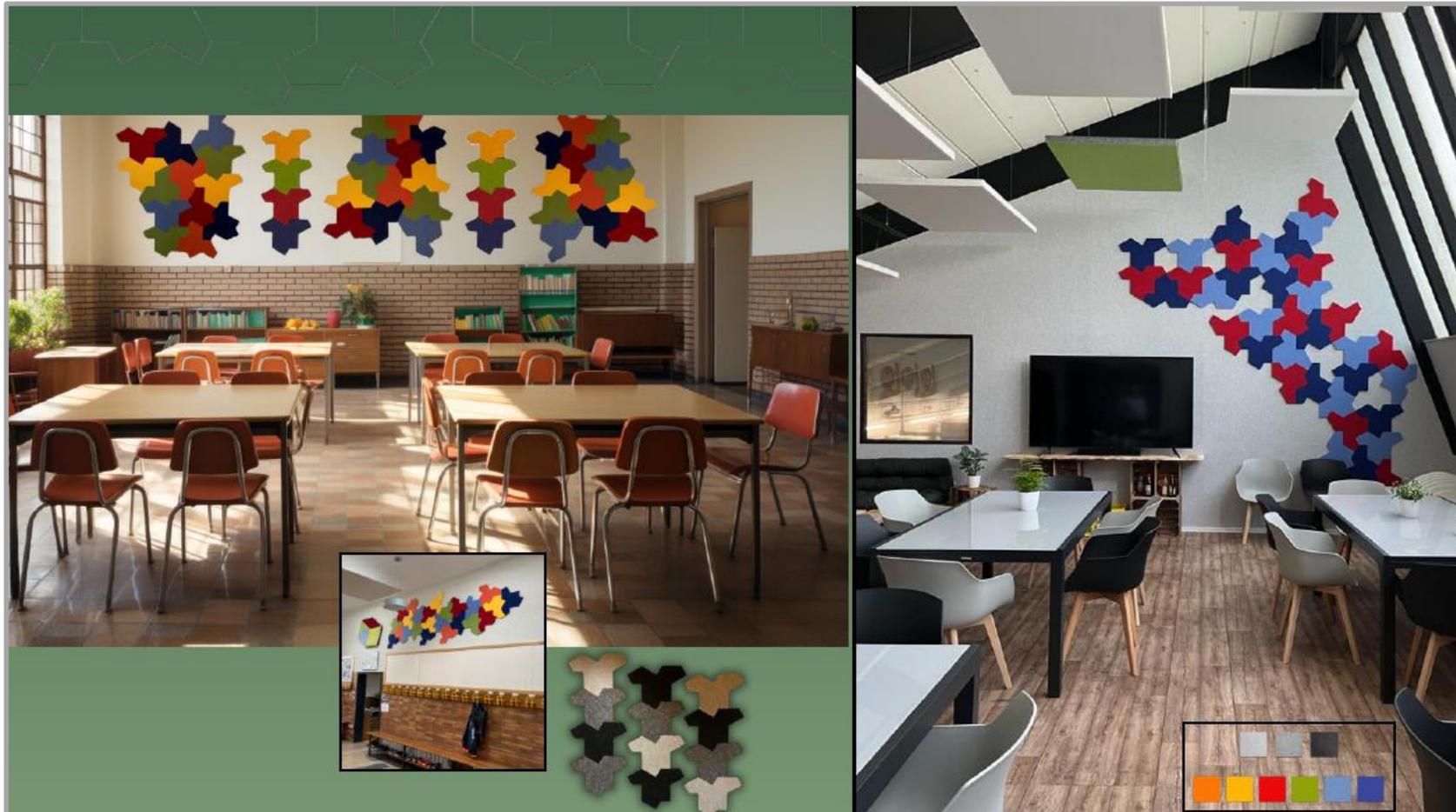
LAHNAU

AKUSTIK GMBH



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

Sind die Absorberflächen groß genug?



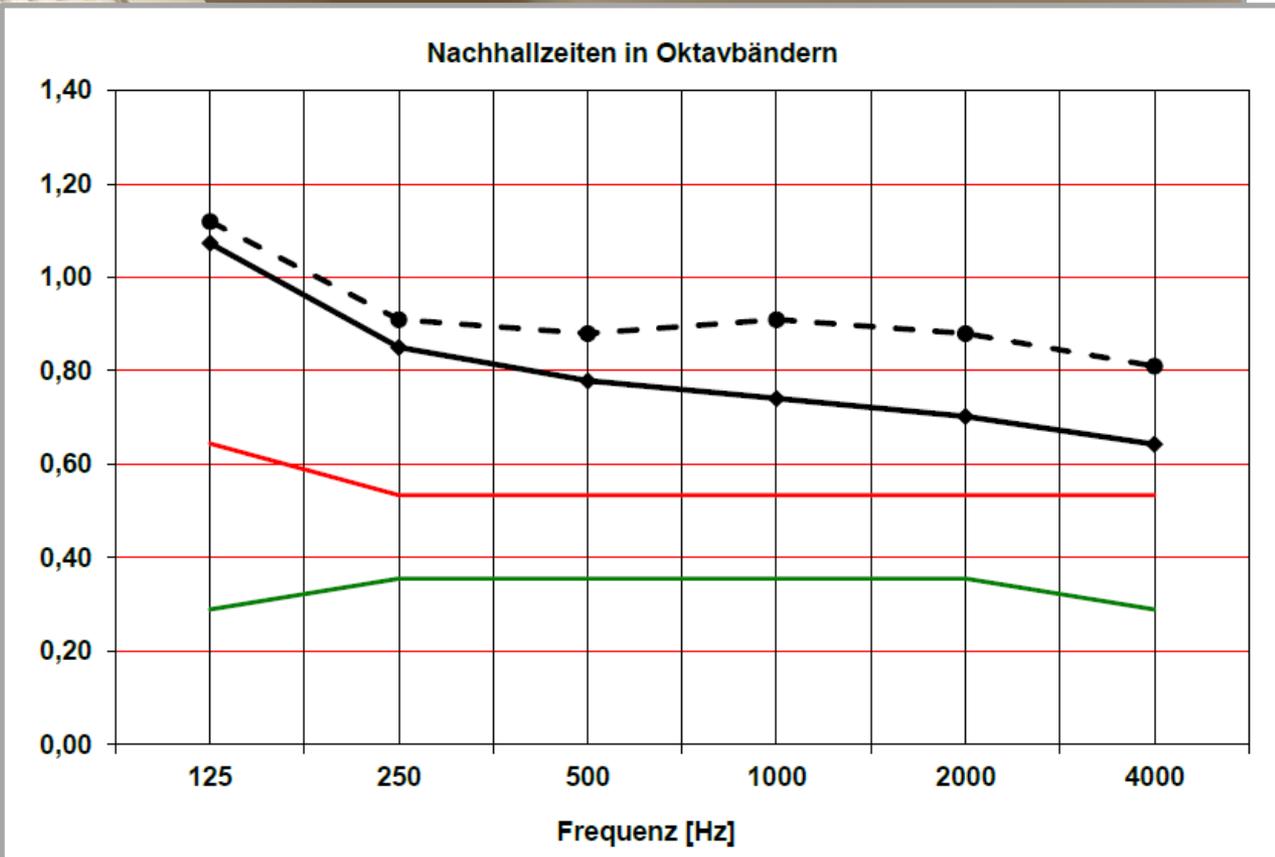
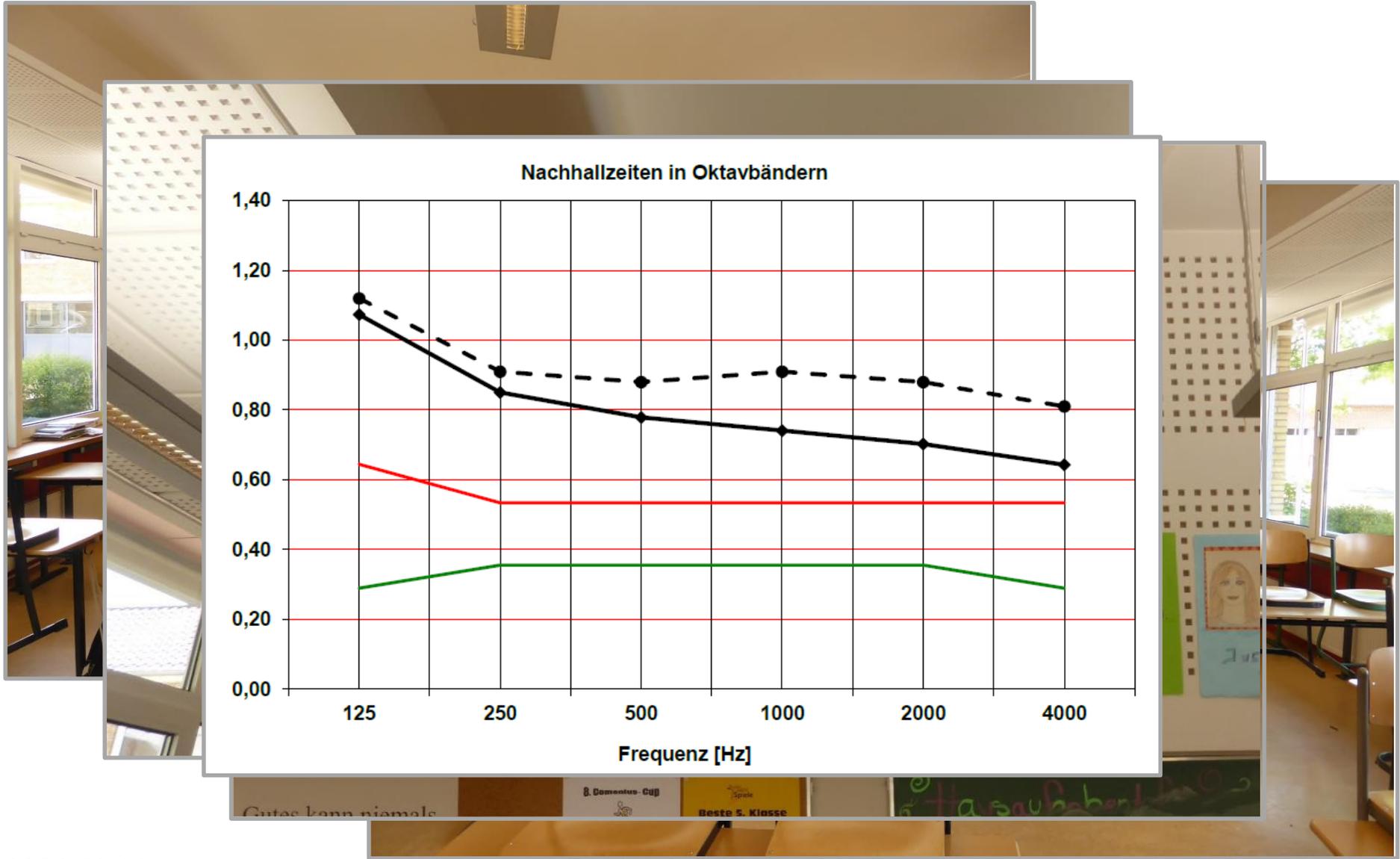
Zu kleine Absorberflächen



Zu kleine Absorberflächen



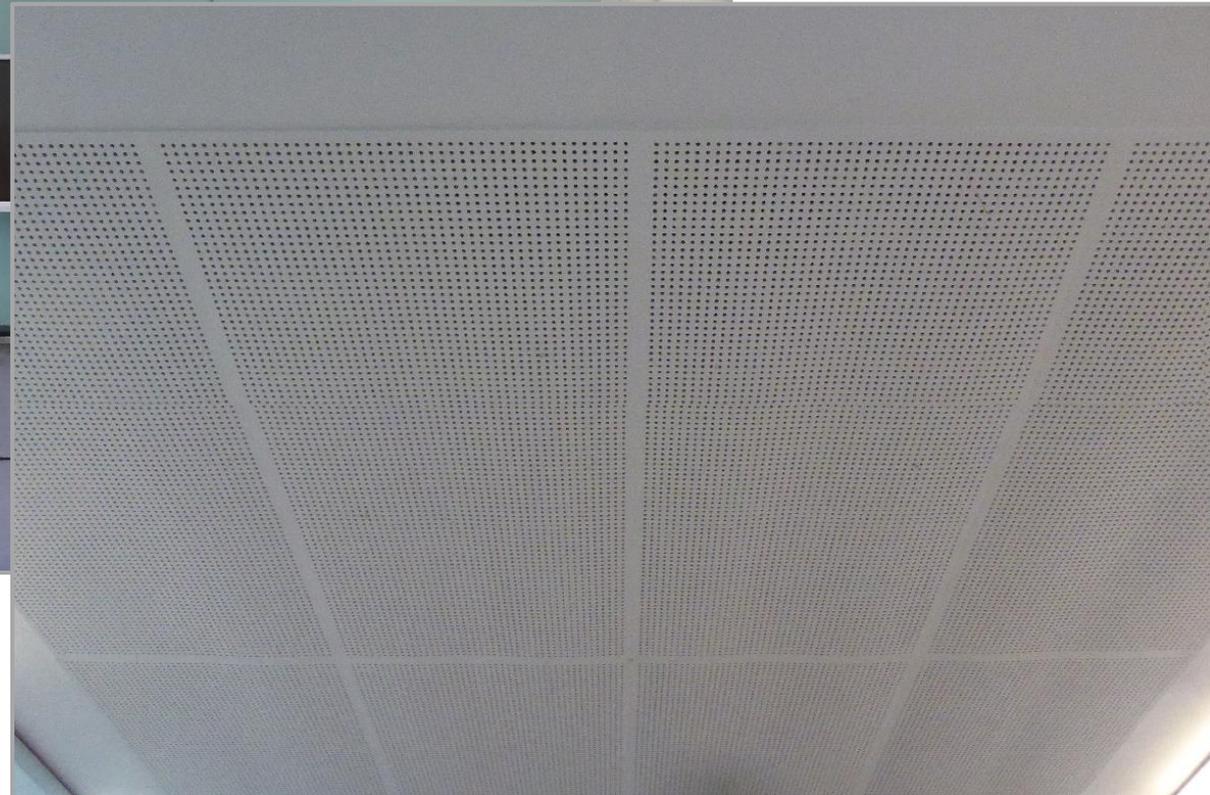
Zu kleine Absorberflächen



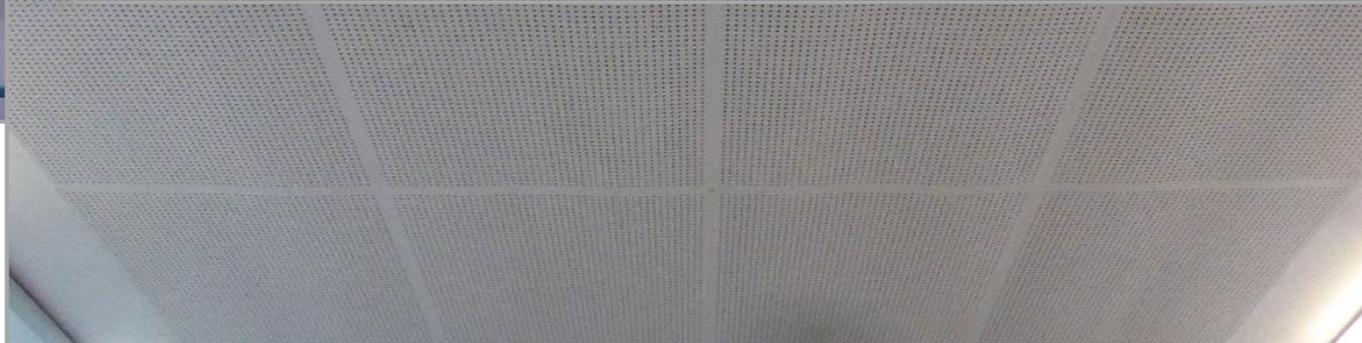
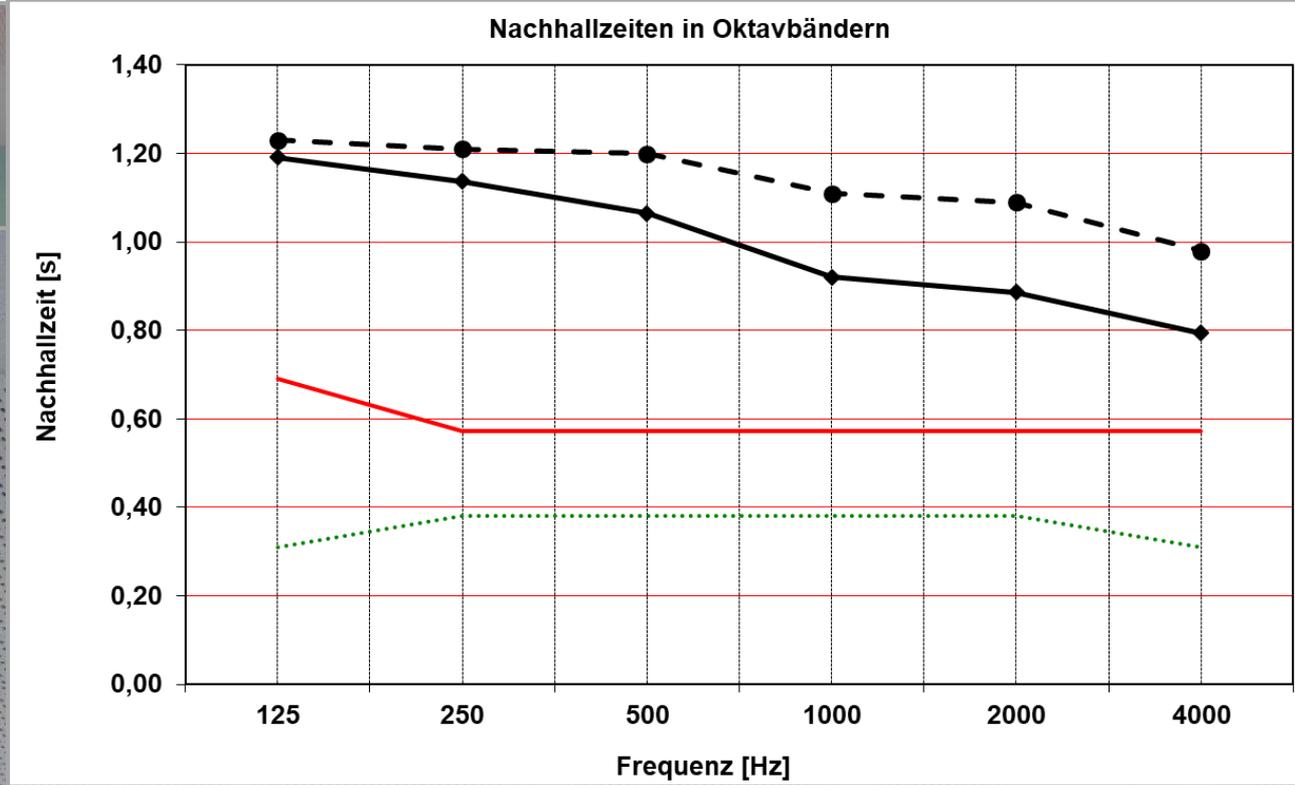
Zu kleine Absorberflächen



Holz-Weichfaserplatten 12mm, ohne Abstand



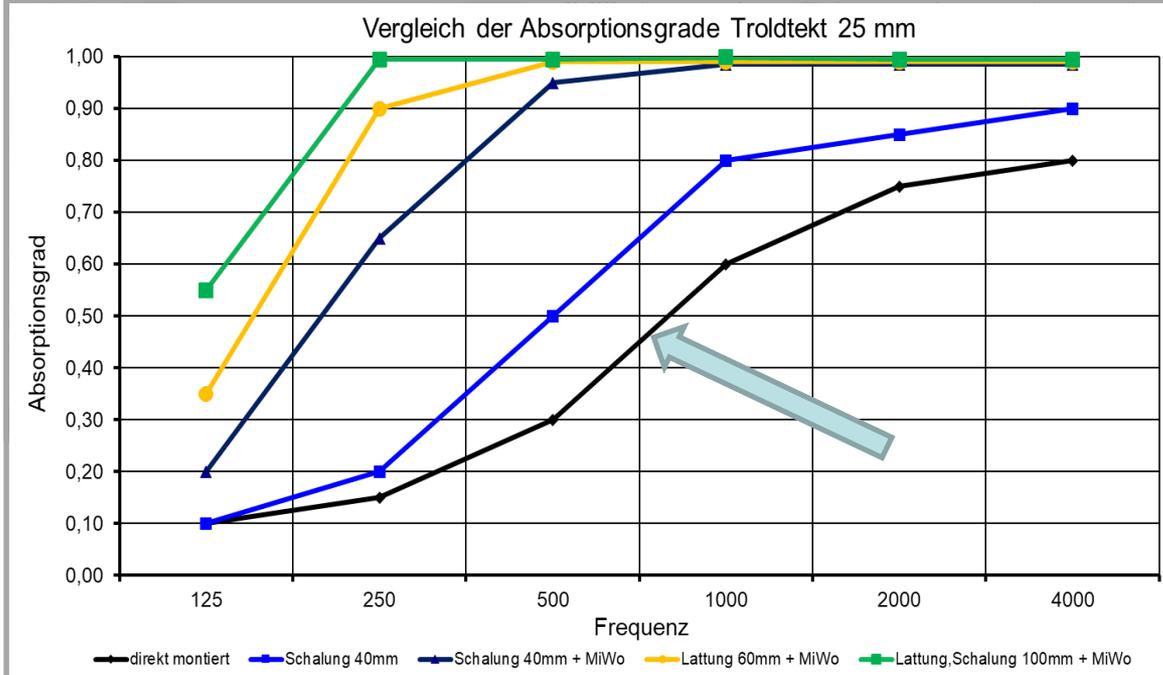
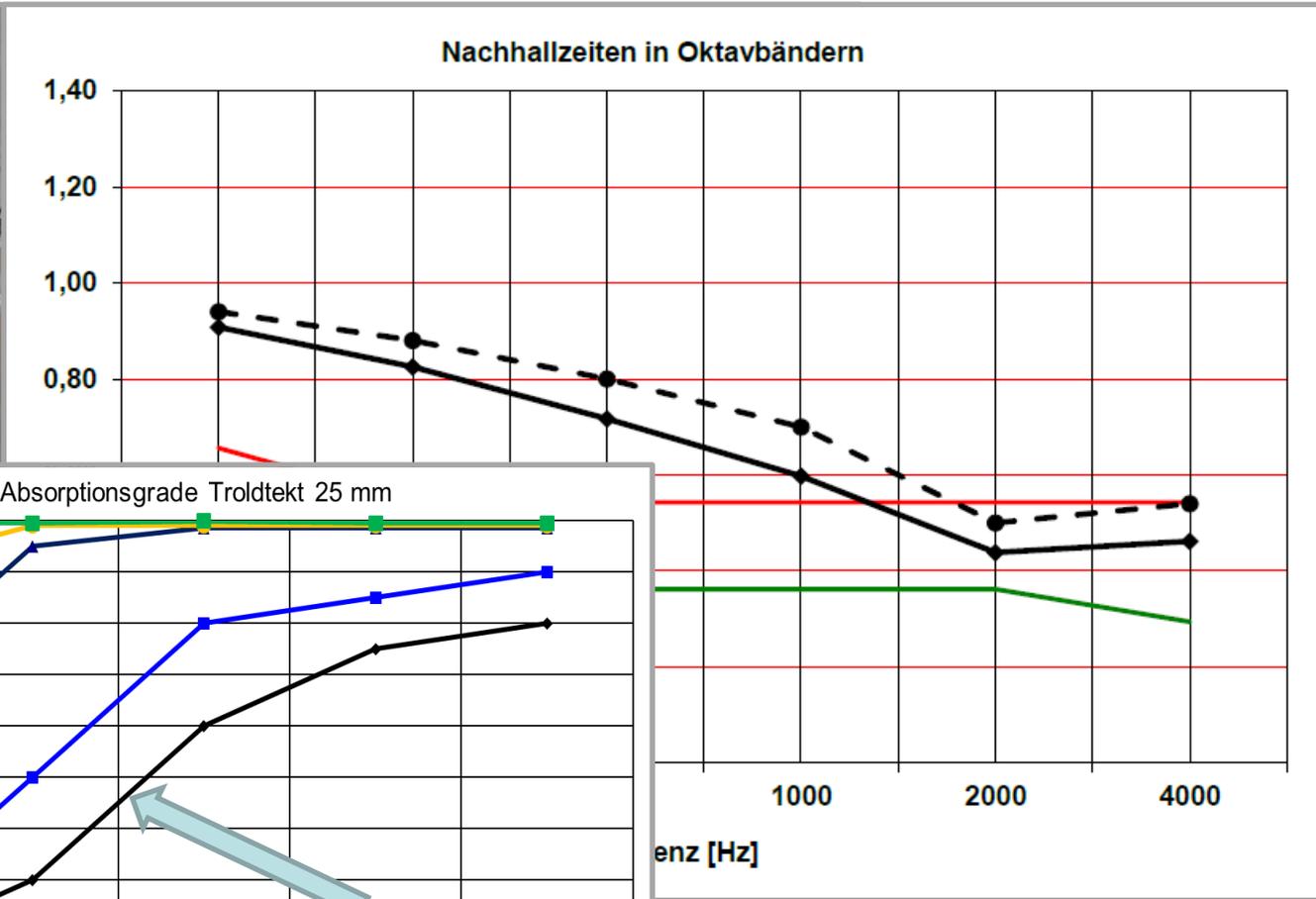
Holz-Weichfaserplatten 12mm, ohne Abstand



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, ohne Abstand



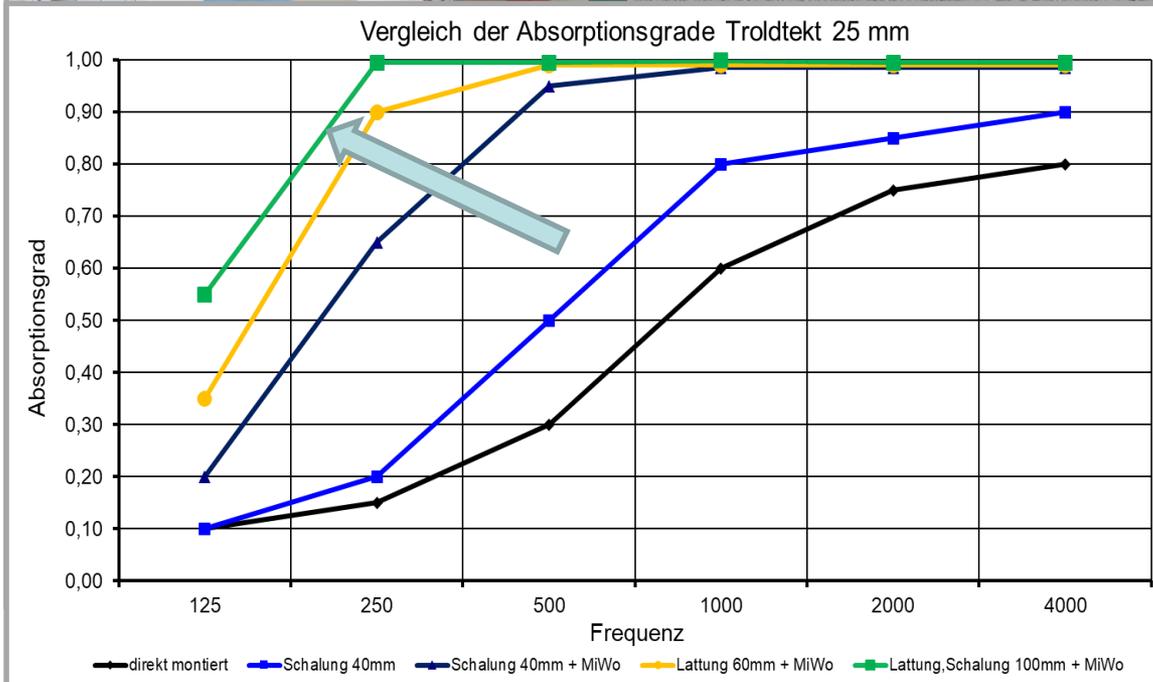
Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, ohne Abstand



Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, 200mm Abst.



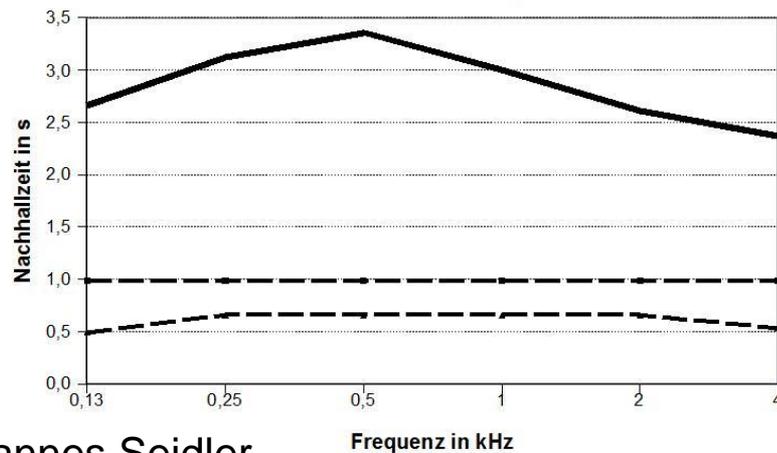
Holzwole-Leichtbauplatten 25mm, 200mm Abst.



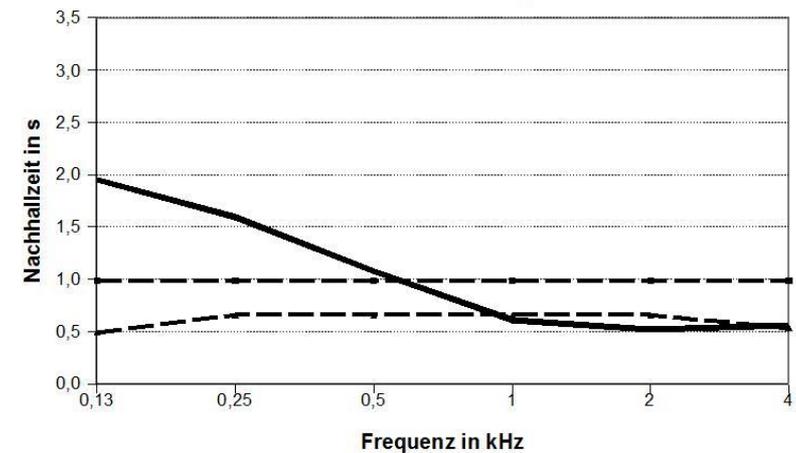
Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke



Nachhallzeit im Raum für Sprache



Nachhallzeit im Raum für Sprache



Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke

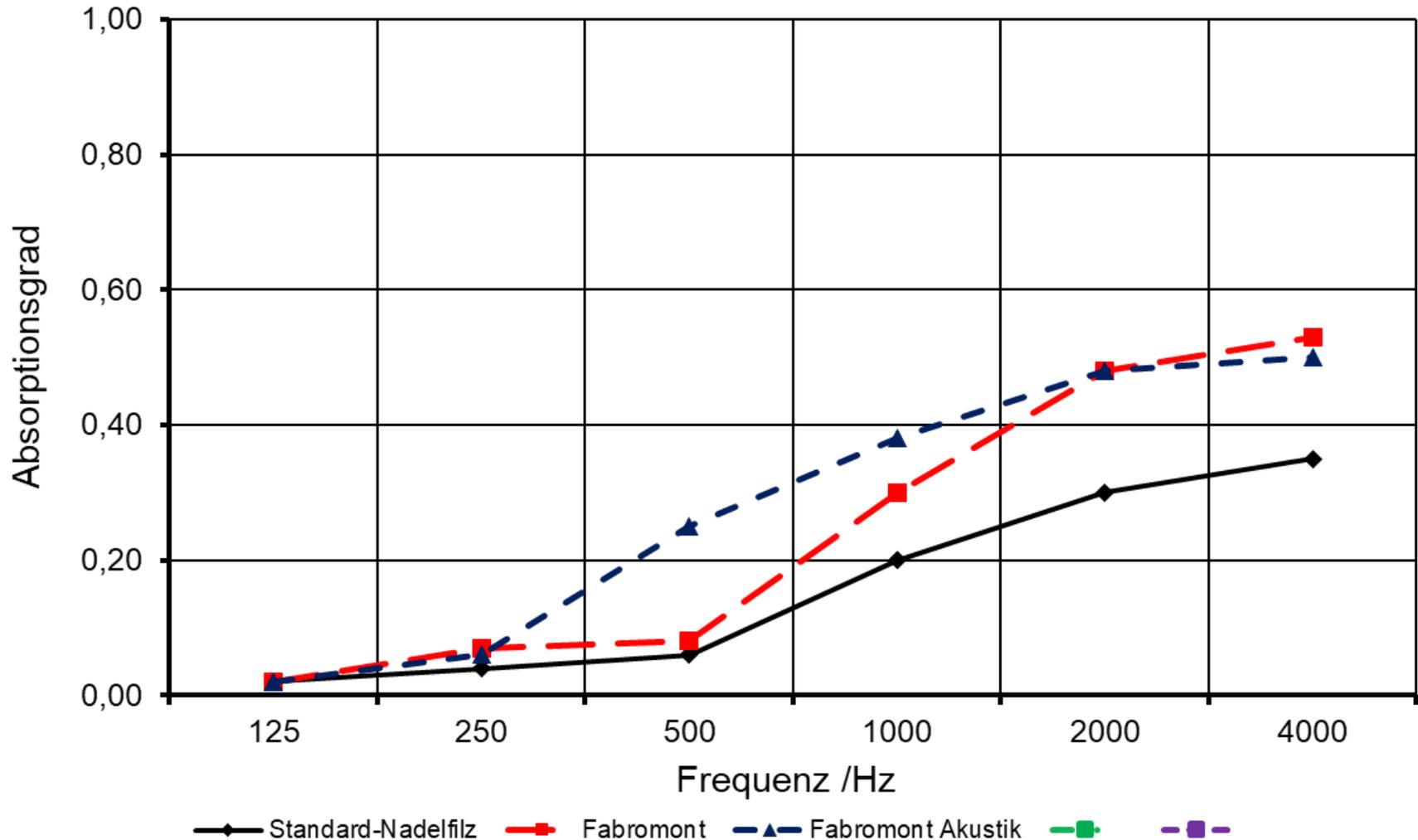


Sanierung einer KiTa, fugenlose Decke



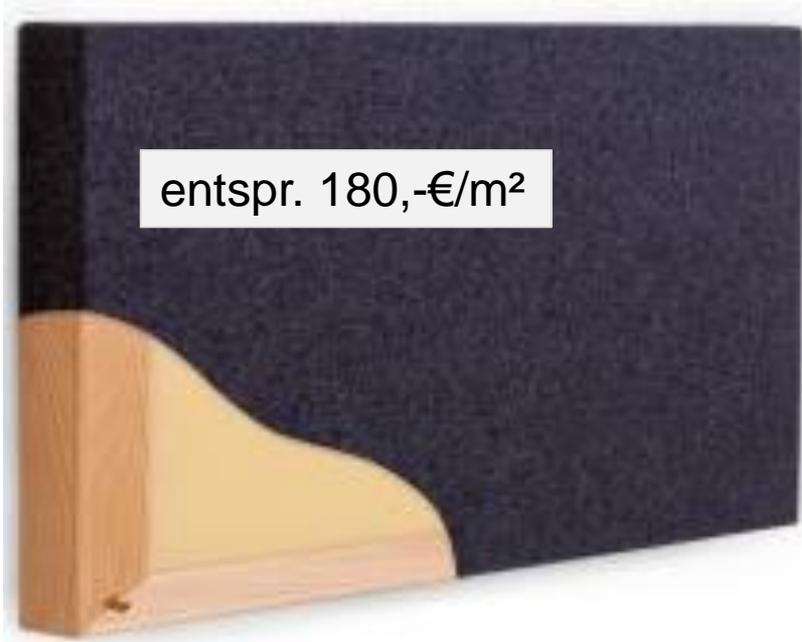
Schallabsorption von Teppichböden

Vergleich von Absorptionsgraden



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

Was kosten Absorber-Elemente?



entspr. 180,-€/m²

200 x 100 cm → 360,-€



entspr. >148,-€/m²

Akustik- 0,25 m²
Deckensegel 50x50
cm Basotect®
lichtgrau
37,00 € - 85,00 €*



entspr. >175,-€/m²

Akustik-
Deckenwürfel
Basotect® lichtgrau
mit Bezug
93,00 € - 209,00 €*

30 cm bis 45 cm
Kantenlänge entspricht
0,5 bis 1,2 m² Fläche

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

Was kosten Absorber-Elemente?

Wir machen ein Gedanken-Experiment:

Wir nehmen einen Würfel
von 1m Kantenlänge;
der hat ein Volumen von 1m^3
und eine Oberfläche von **6m^2** .

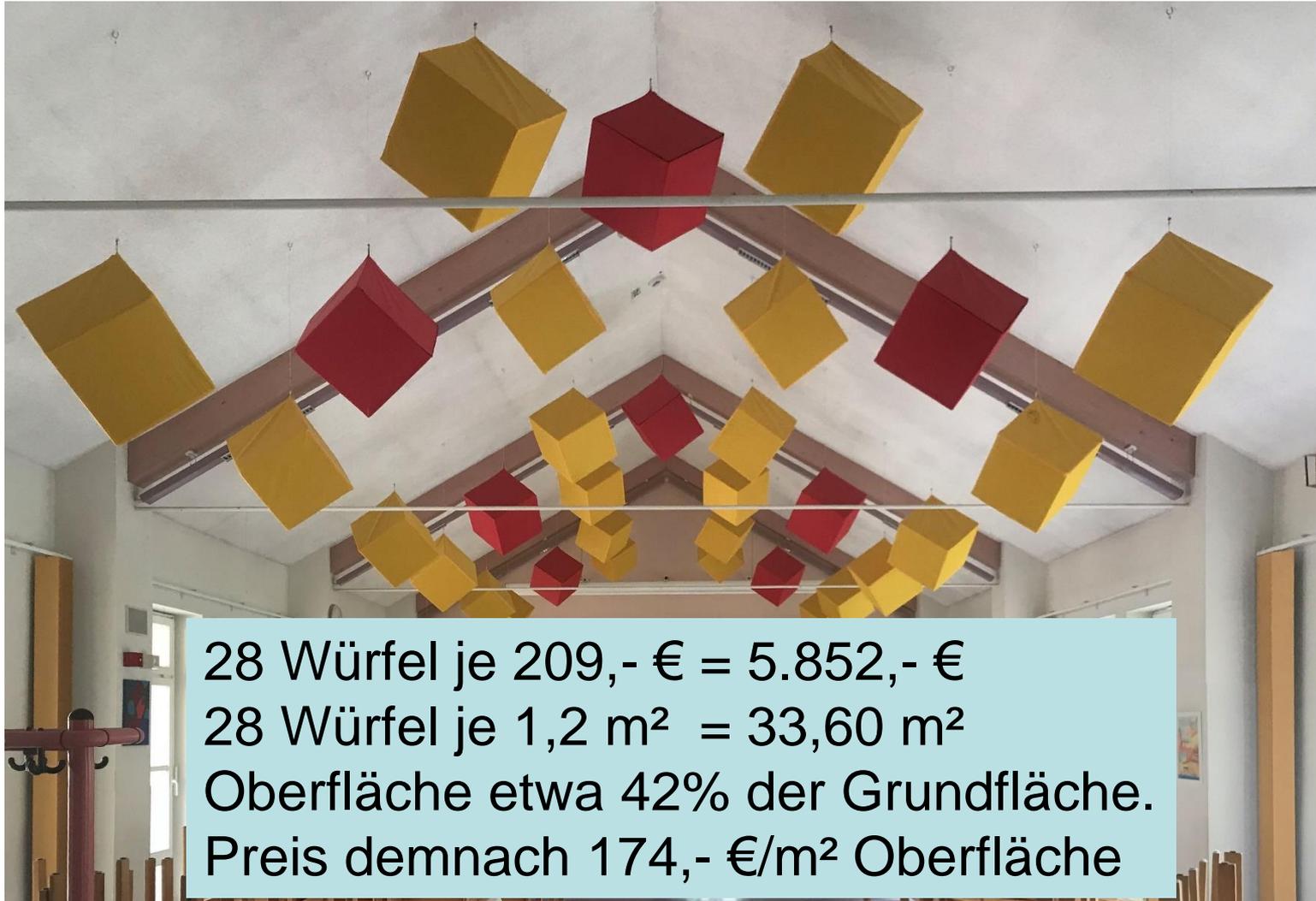
Jetzt nehmen wir ein scharfes Messer
und schneiden daraus:

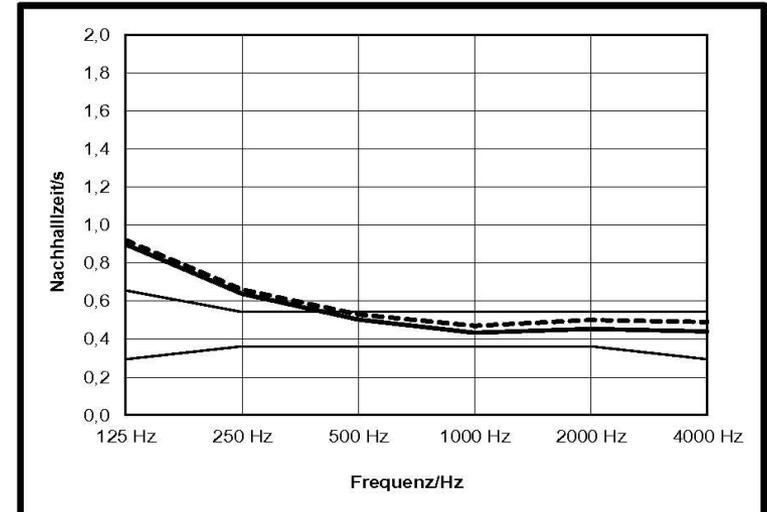
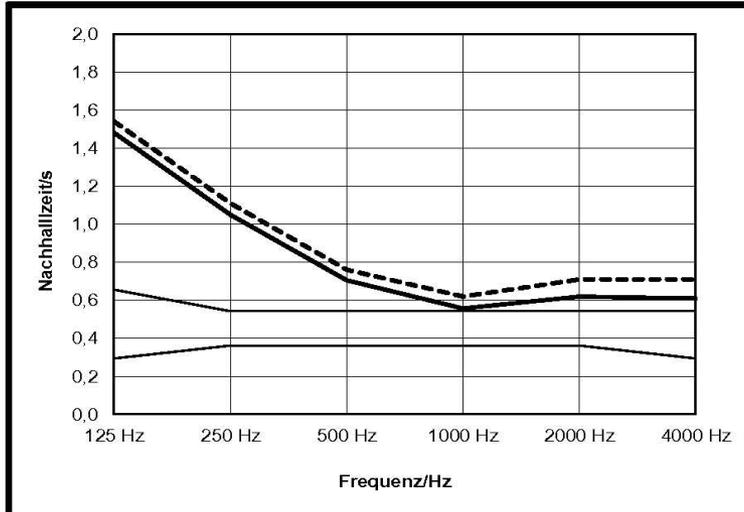
50 Scheiben je $2\text{cm} \times 1\text{m}^2$;
die haben auch ein Volumen von 1m^3
aber eine Oberfläche von **50m^2** !



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

Was kosten Absorber-Elemente?





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

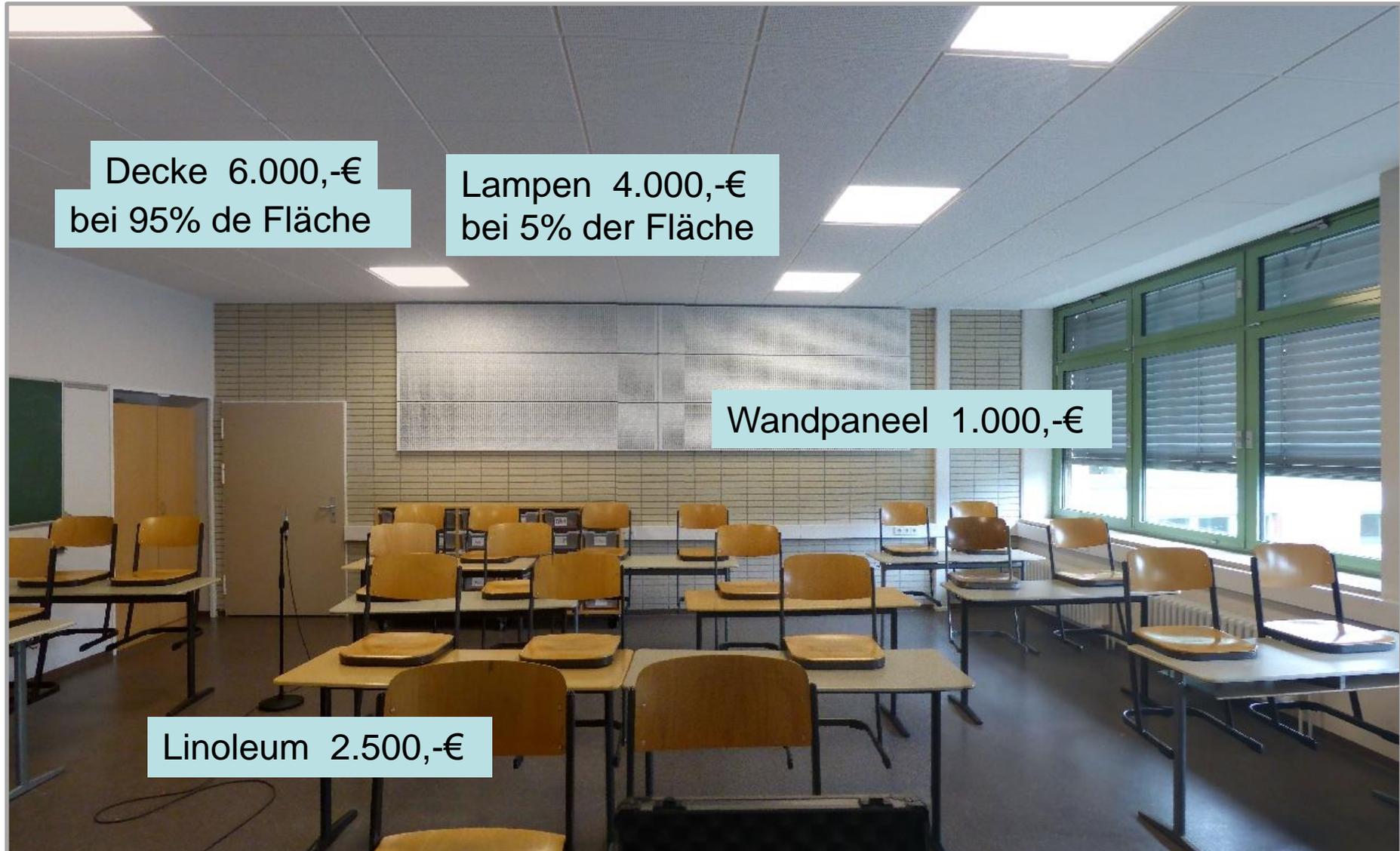
Was kosten konventionelle Absorber-Decken je m²?

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



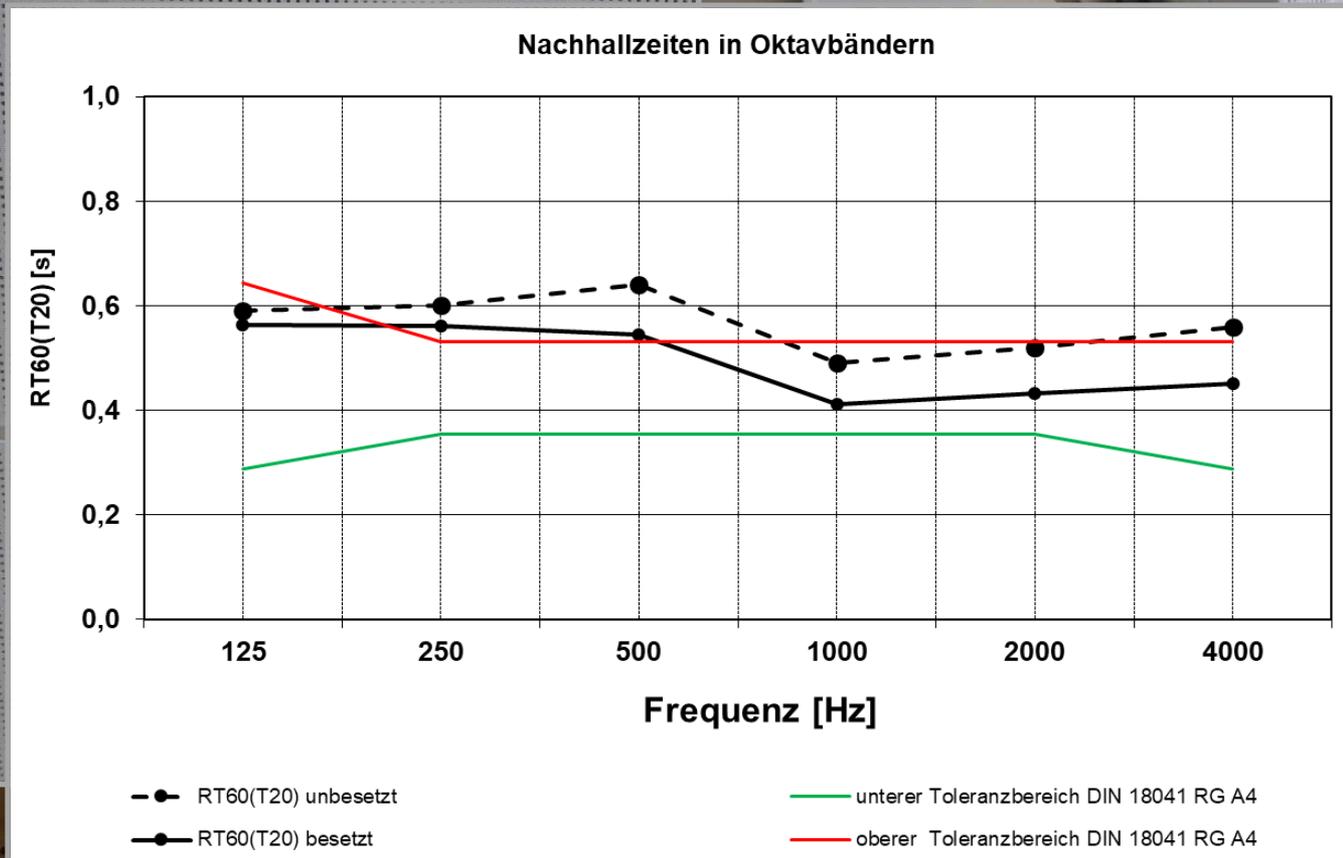
Decke 6.000,-€
bei 95% de Fläche

Lampen 4.000,-€
bei 5% der Fläche

Wandpaneel 1.000,-€

Linoleum 2.500,-€

Gipskarton-Loch-Kassetten



Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen



Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen

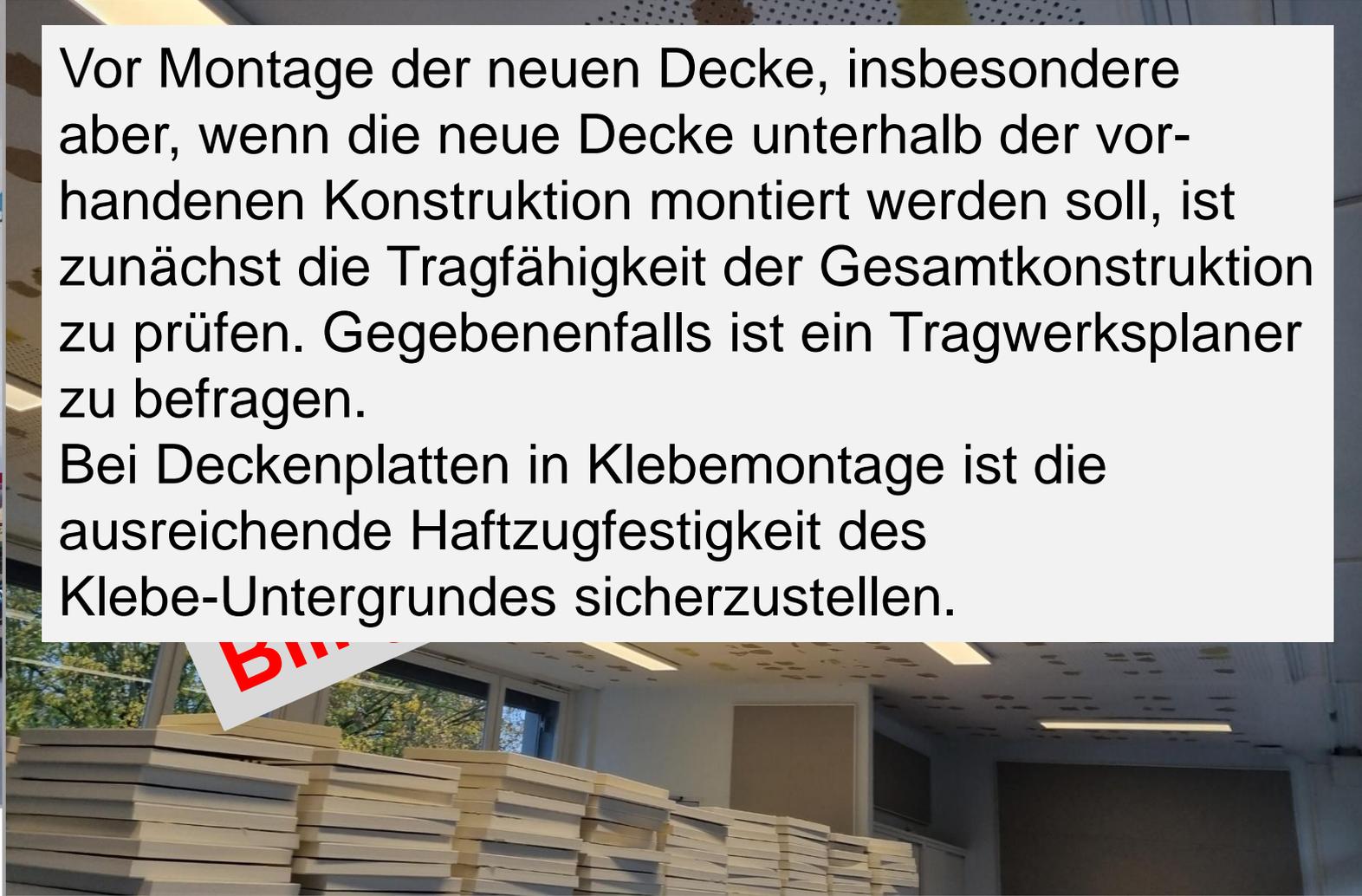


Mineralwolle geklebt, Sanierung fehlgeschlagen



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 Deckenplatten in Klebmontage ist die ausreichende Haftzugfestigkeit des Klebe-Untergrundes sicherzustellen.

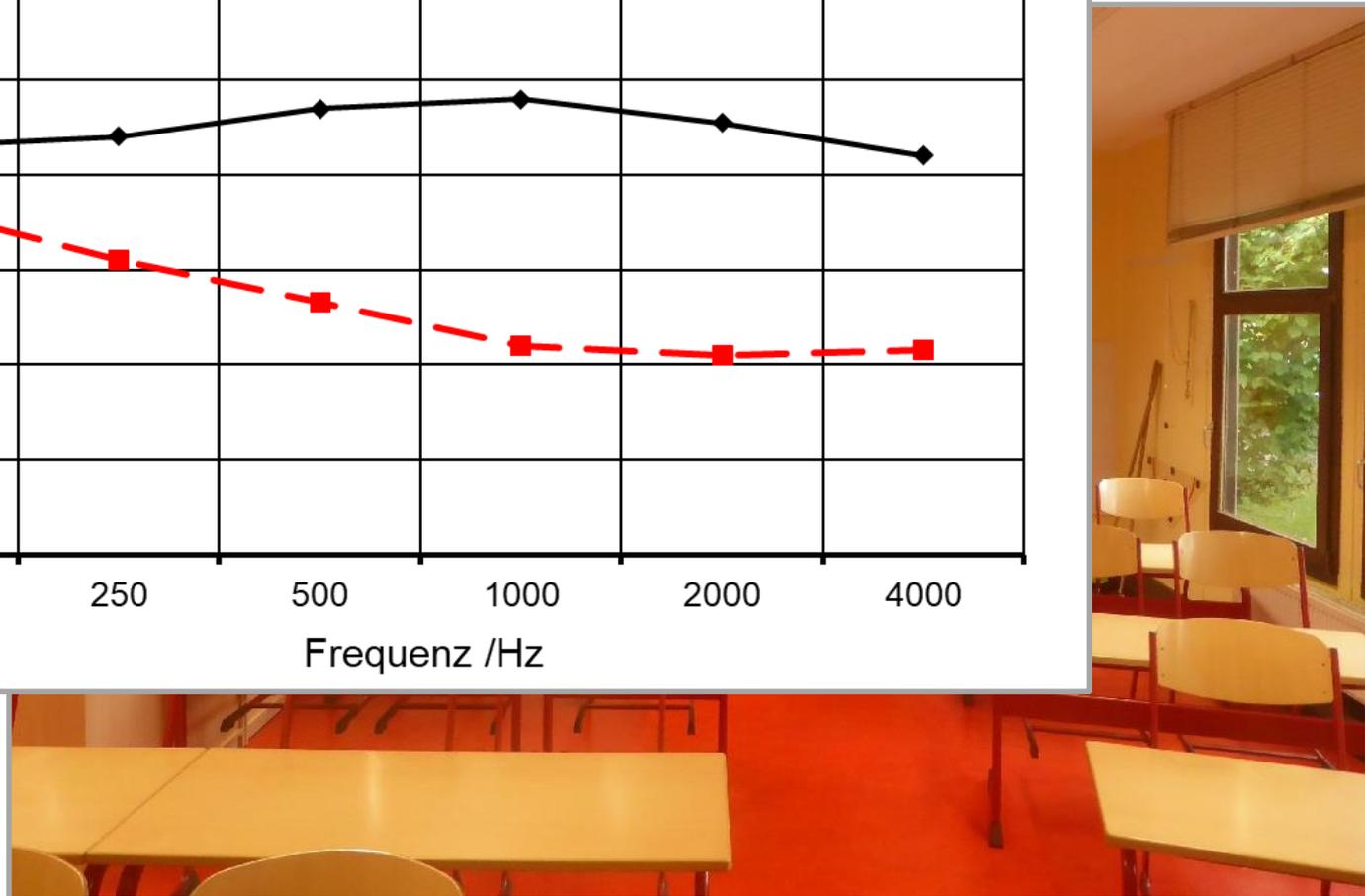
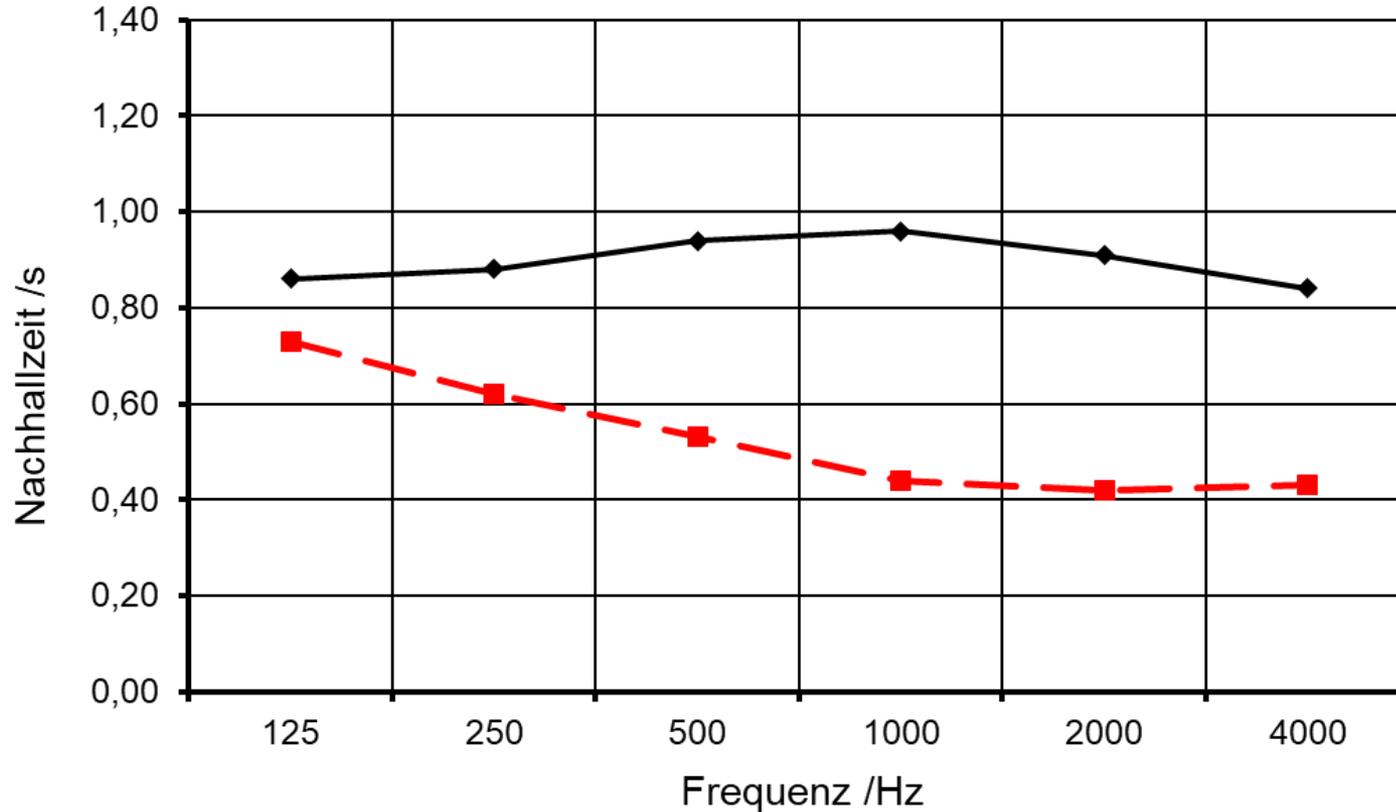


PI, GS Thesdorf, vorher / nachher



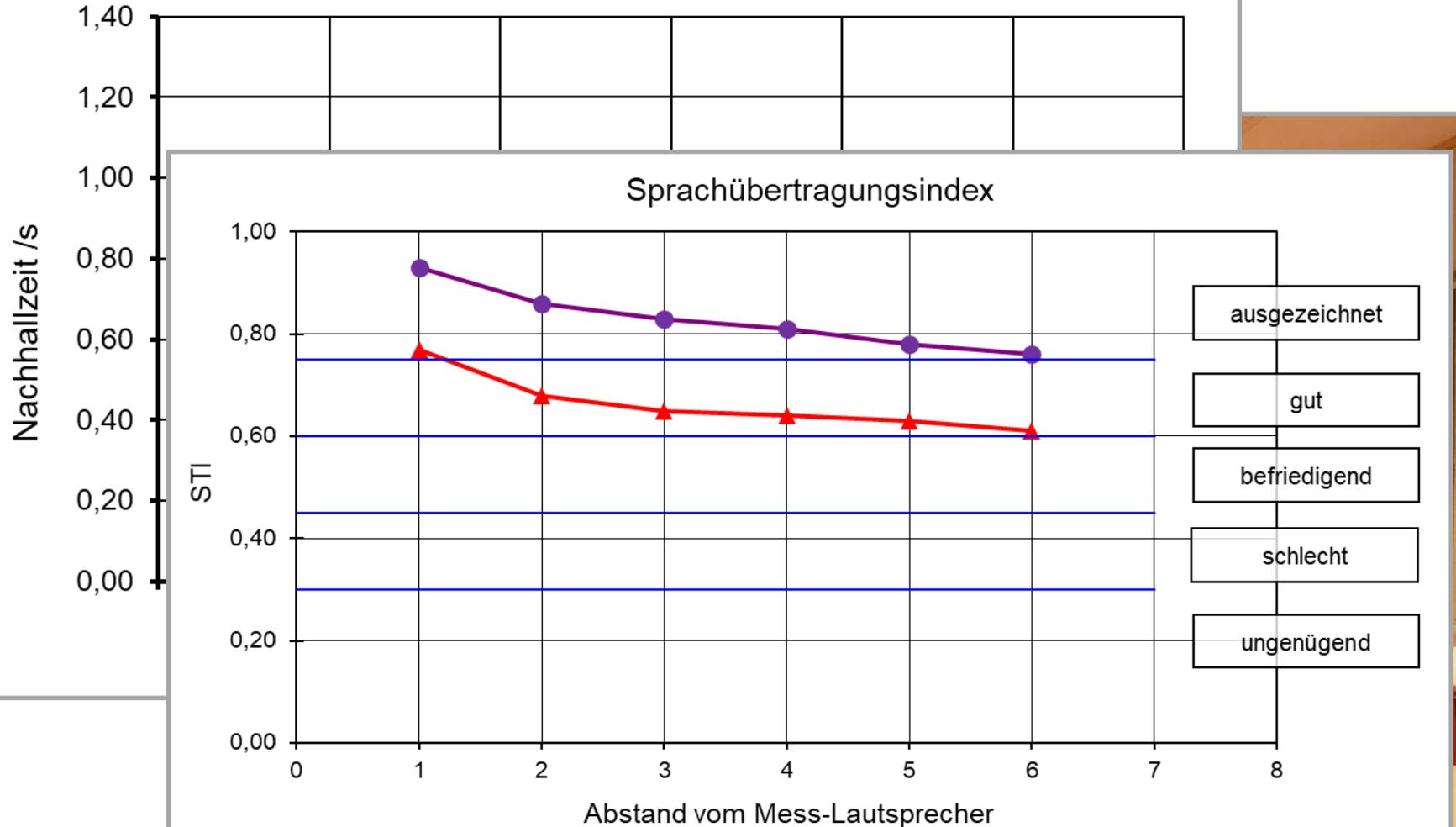
PI, GS Thesdorf, vorher / nachher

Vergleich der Nachhallzeiten



PI, GS Thesdorf, vorher / nachher

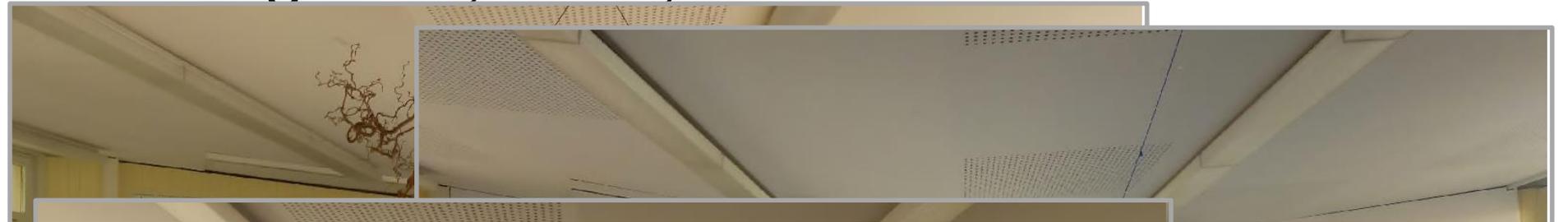
Vergleich der Nachhallzeiten



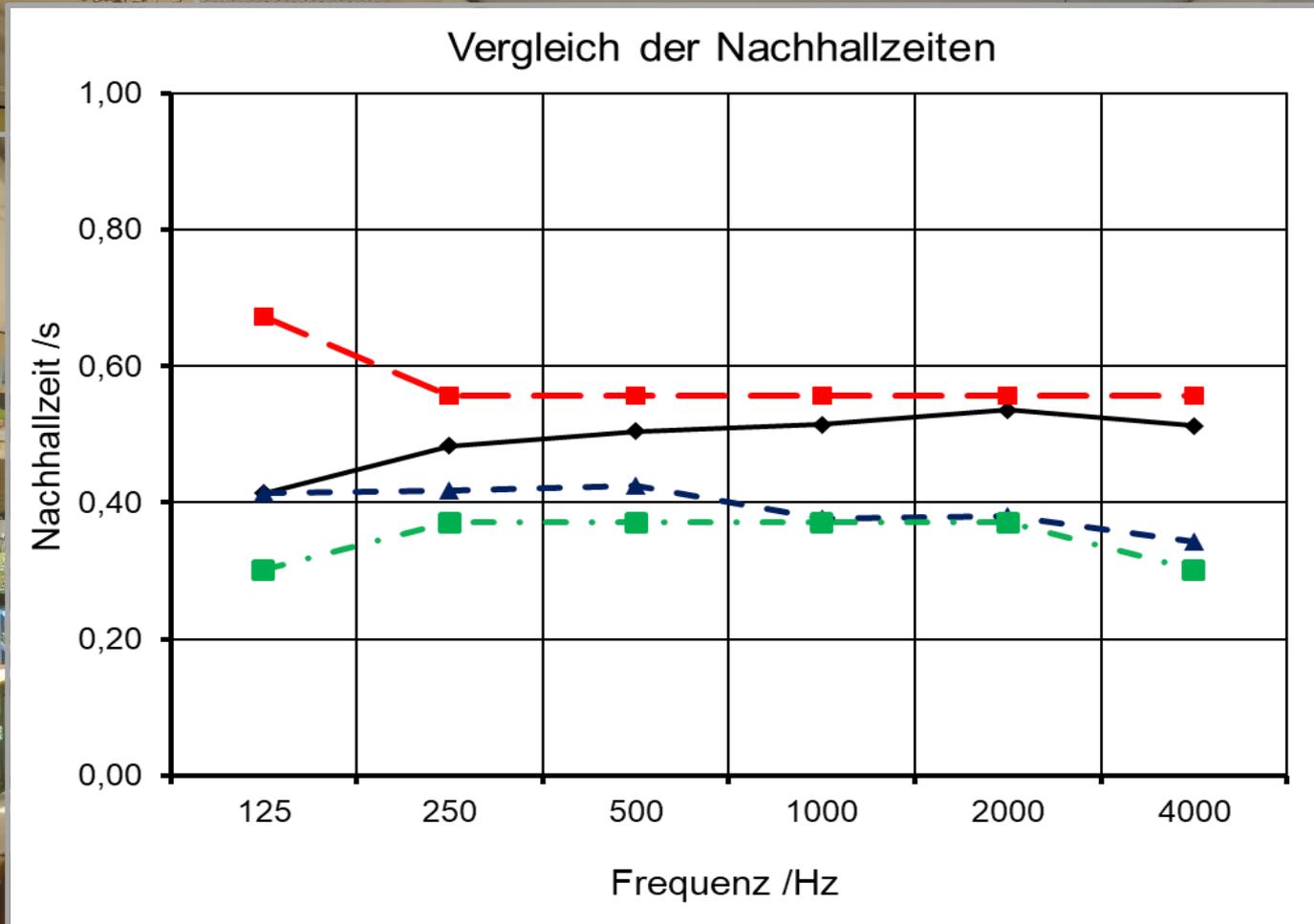
HH-Bergedorf, MER, vorher / nachher



HH-Bergedorf, MER, vorher / nachher



HH-Bergedorf, MER, 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?

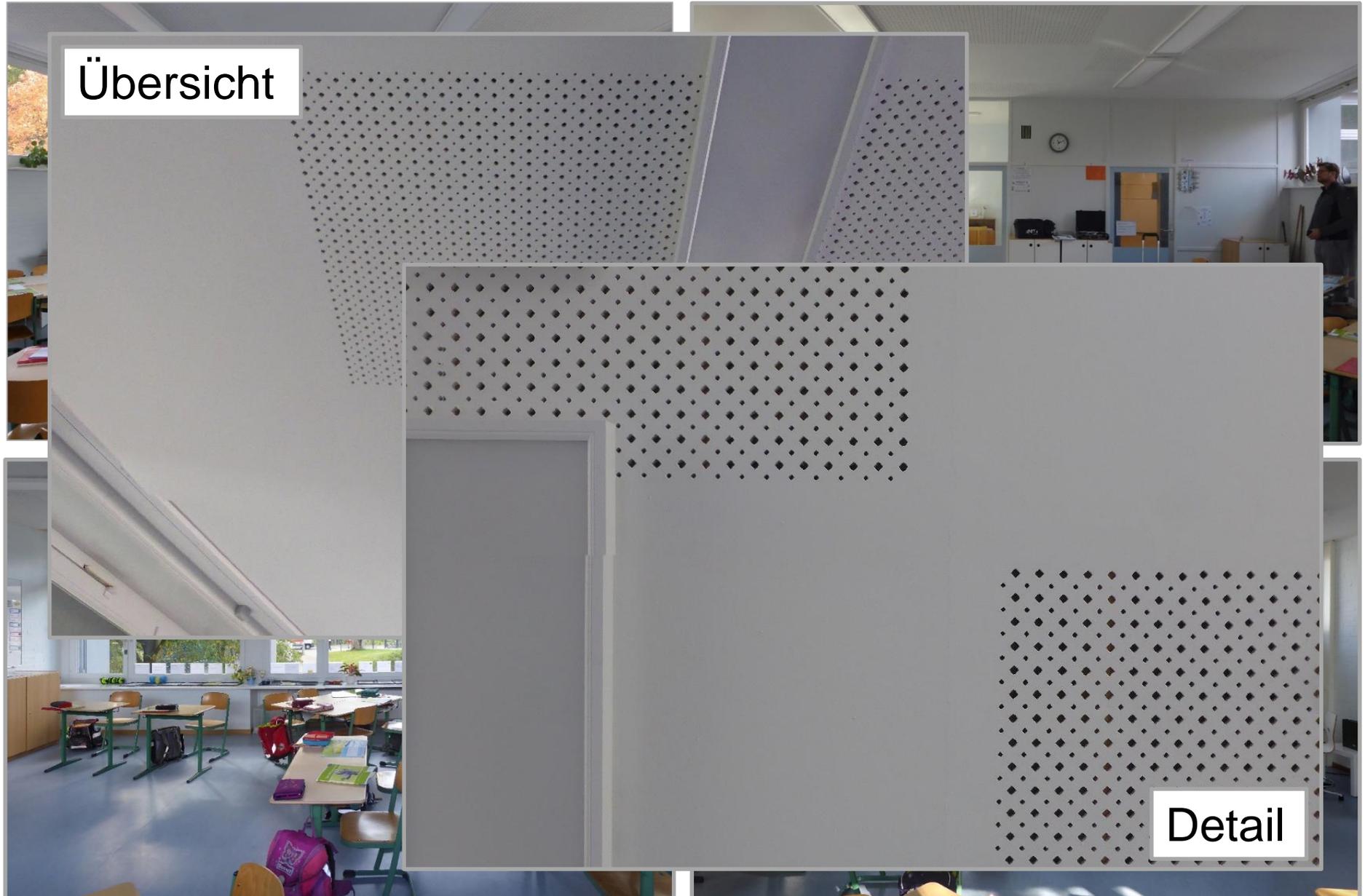
E-Mail an carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de

einschließlich sechs Fotos...

Alle vier Raumseiten, Deckenübersicht und Deckendetail. →



Übersicht



Detail

Raumakustischer Dreiklang

Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden

Wissenschaft $\leftarrow \rightarrow$ Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

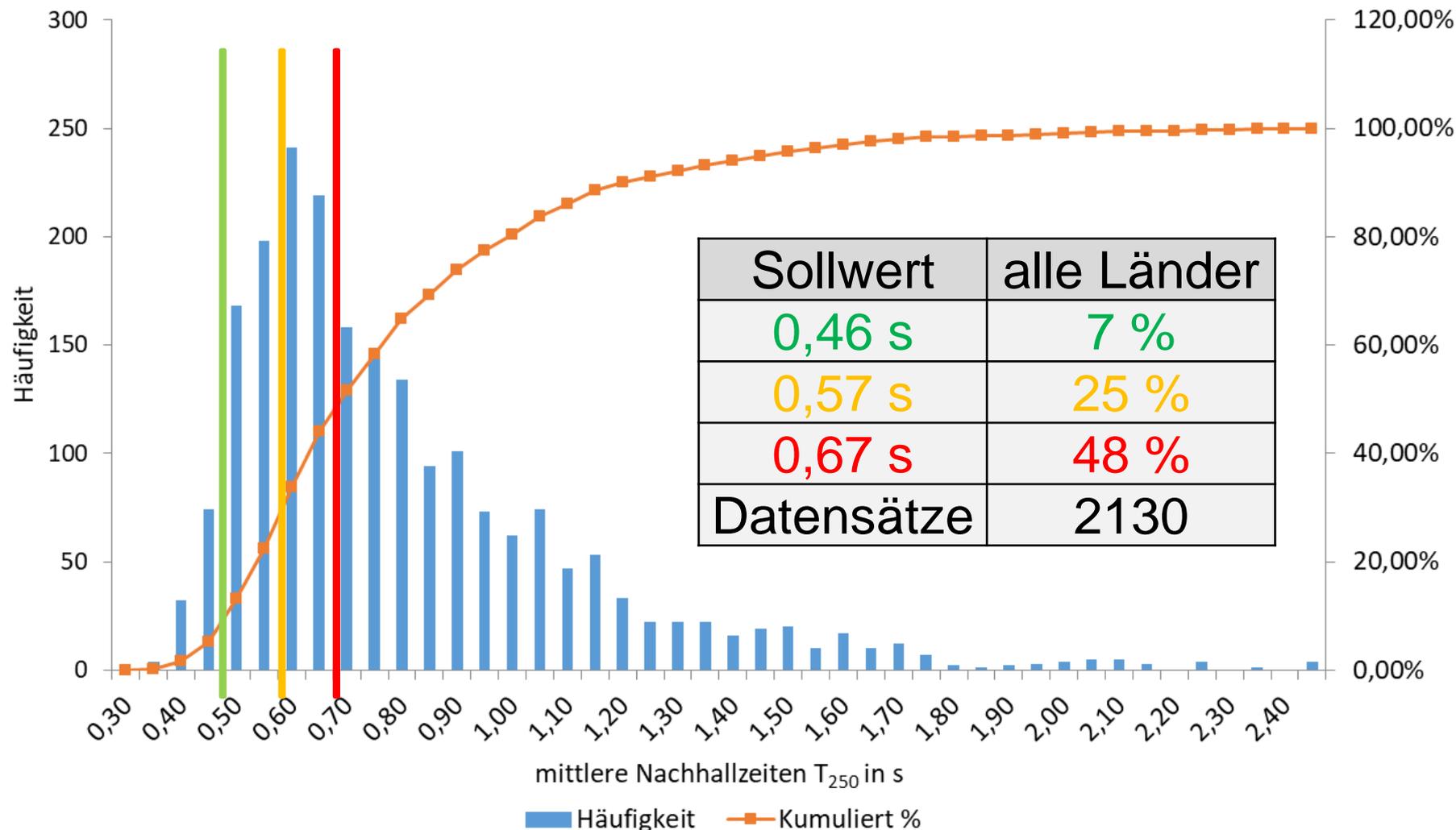
Erkenntnisproblem

sondern nur ein

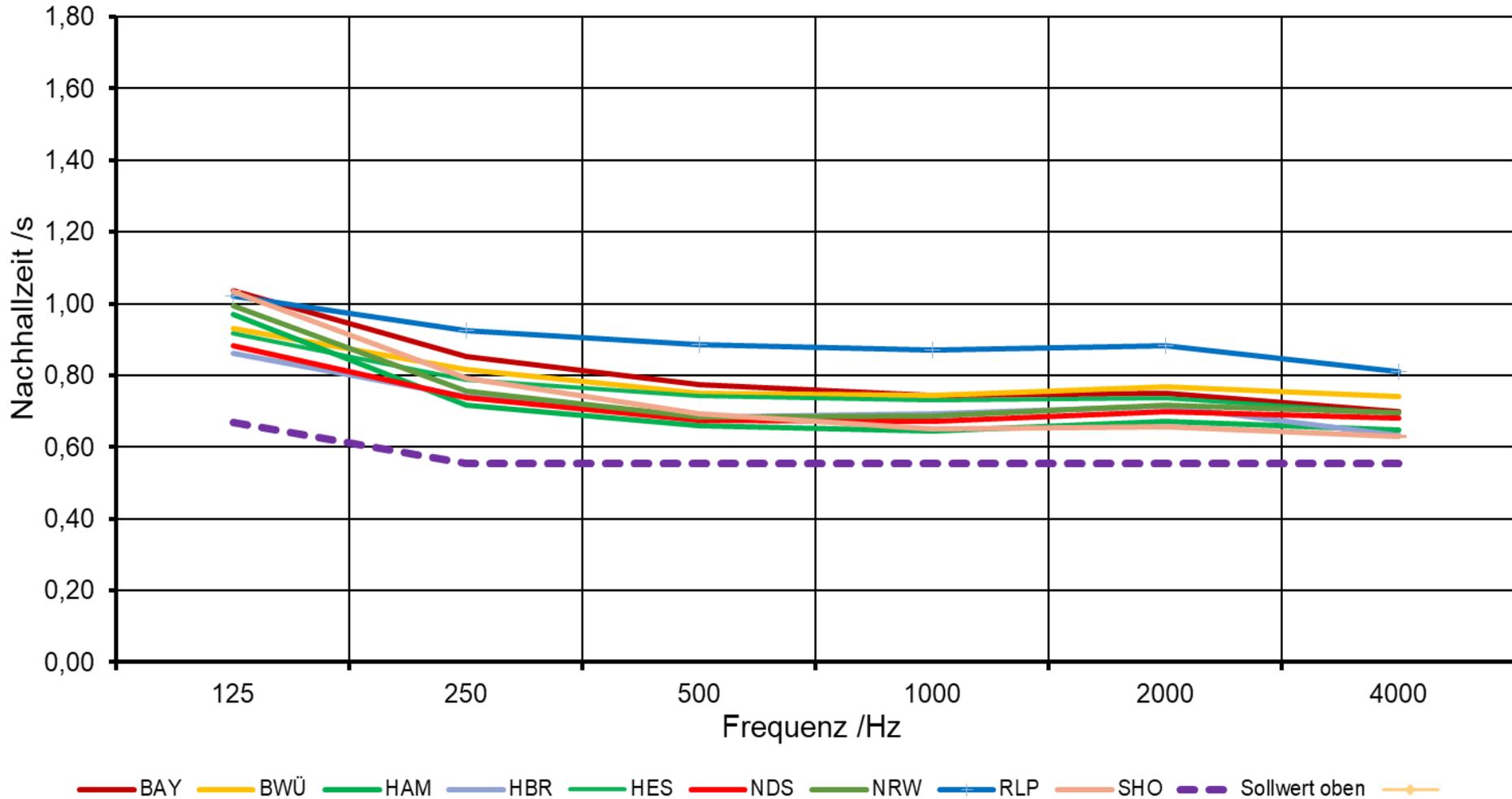
Umsetzungsproblem.

Christian Nocke, Vorsitzender
des Normenausschusses DIN 18041

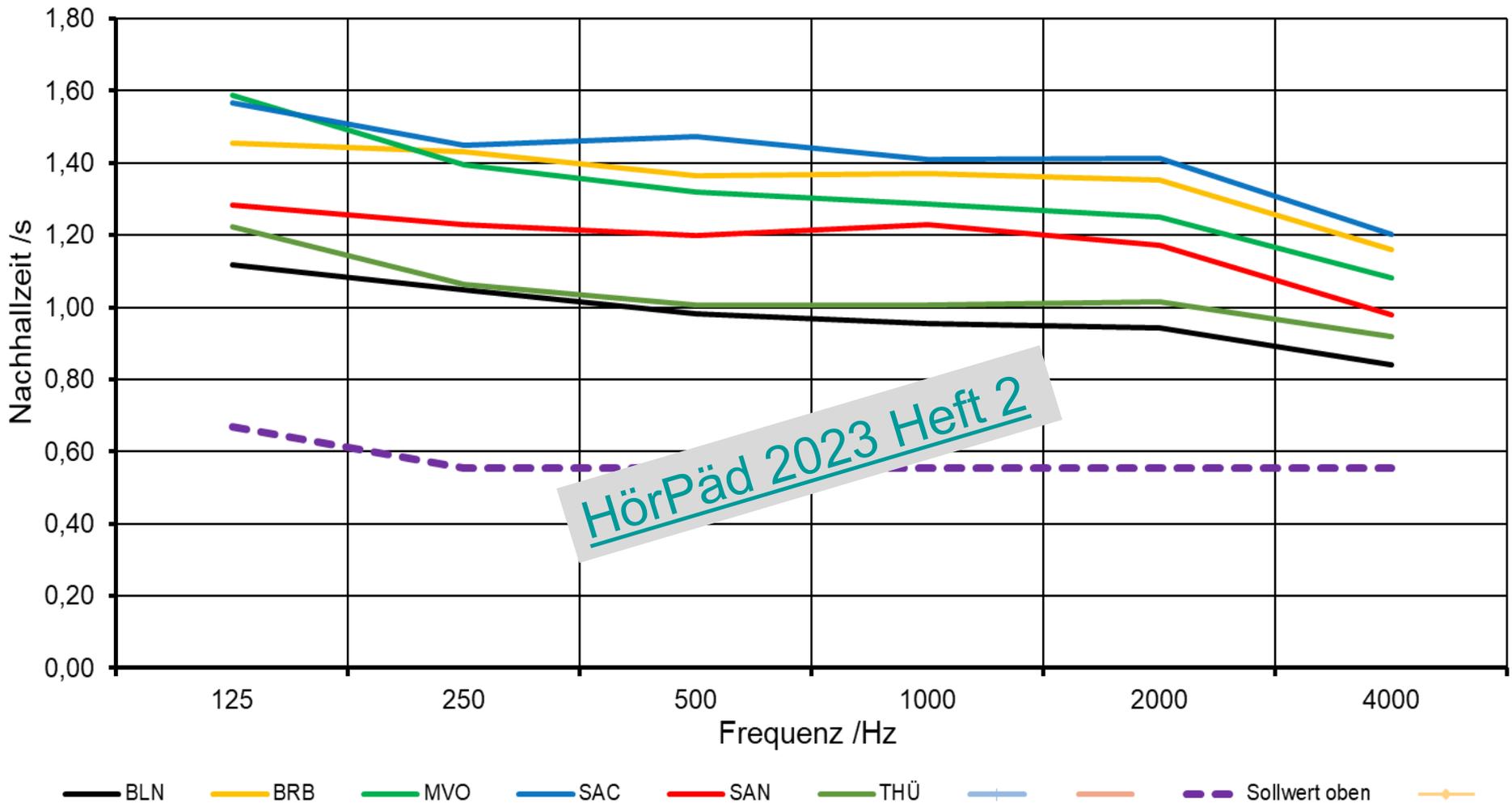
Statistik der Klassenraum-Nachhallzeiten im Bundesgebiet DAGA2023



Spektrale Mittelwerte alte Bundesländer



Spektrale Mittelwerte neue Bundesländer

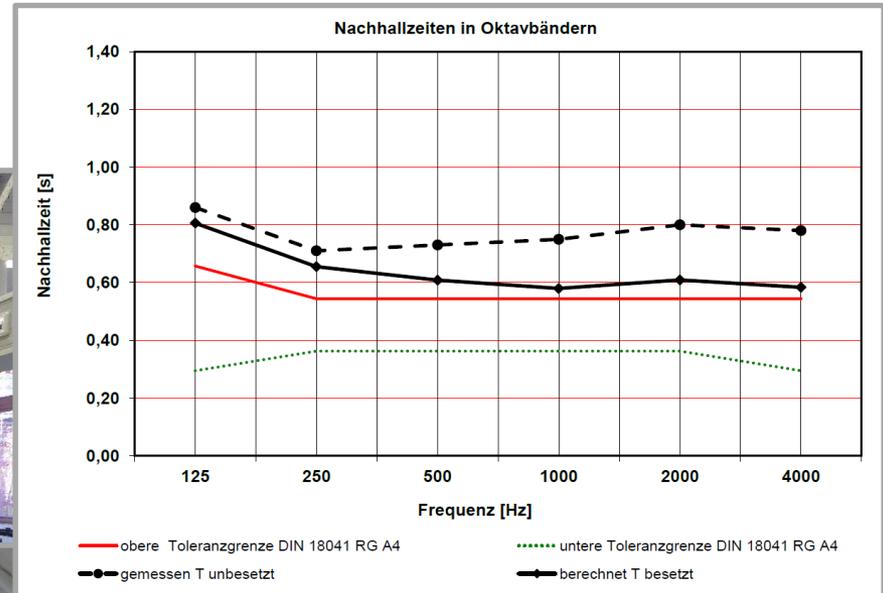


HörPäd 2023 Heft 2

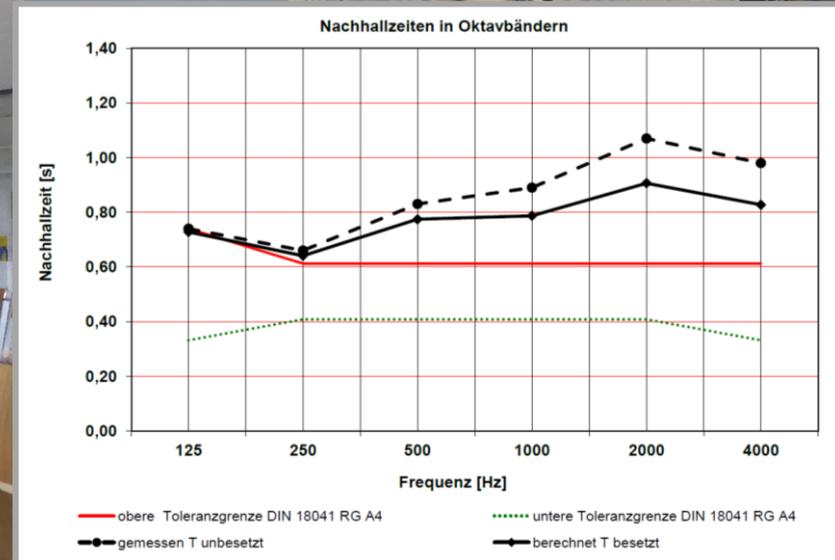
Gilt das denn nur für Klassen?



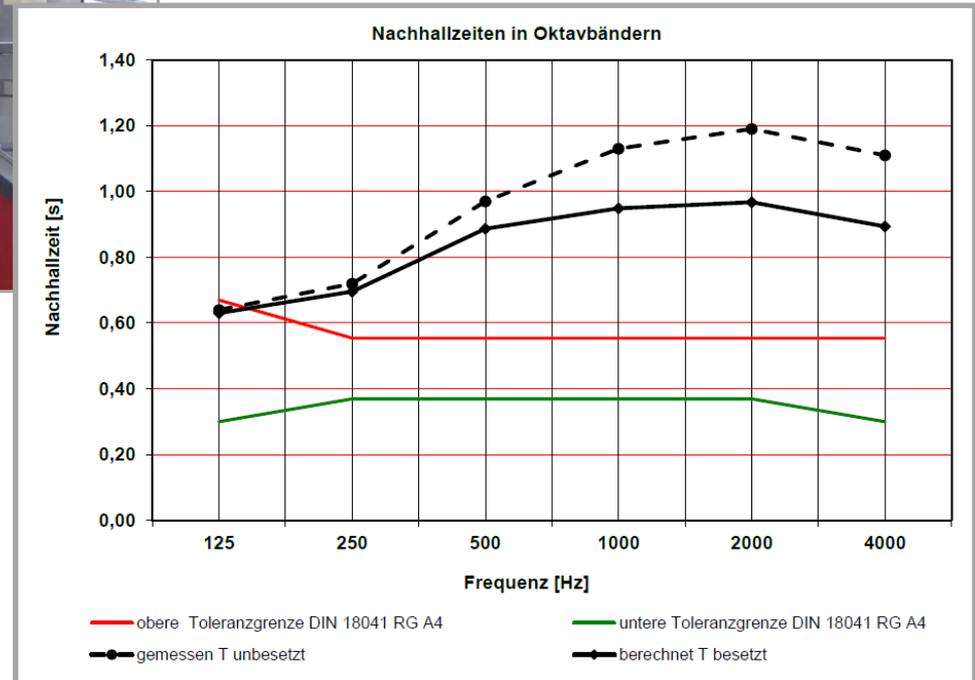
Heute nicht behandelt: Fach-Klassenräume



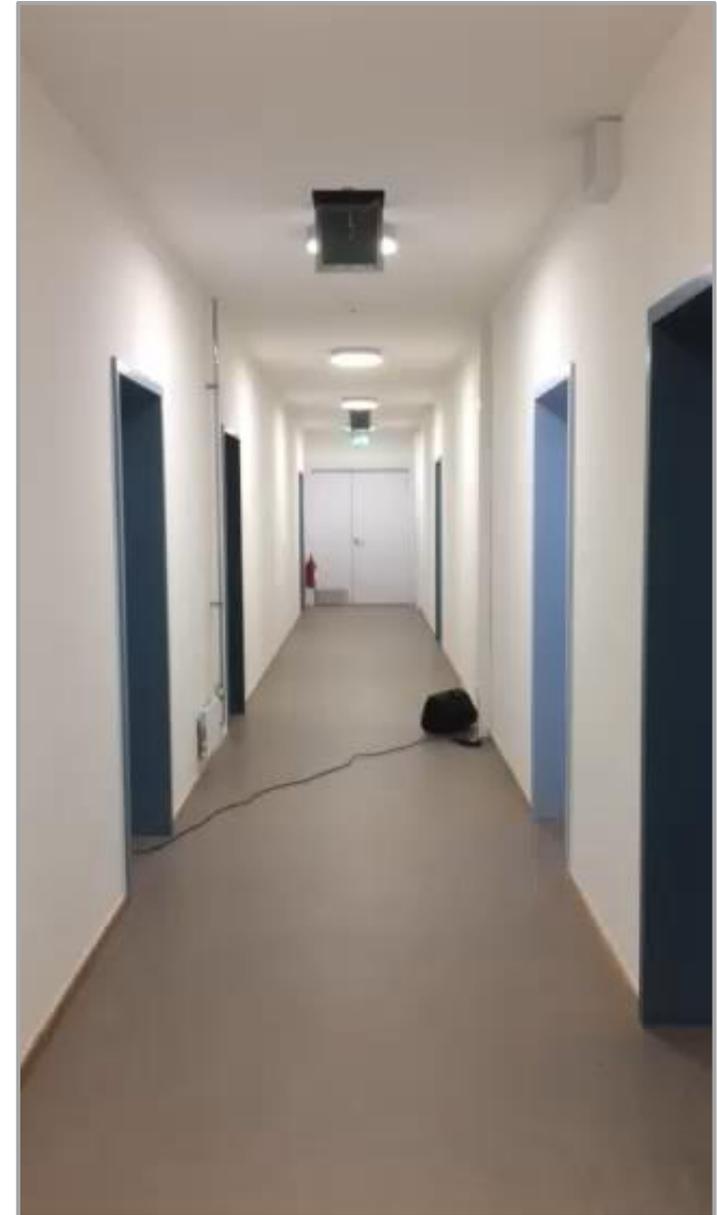
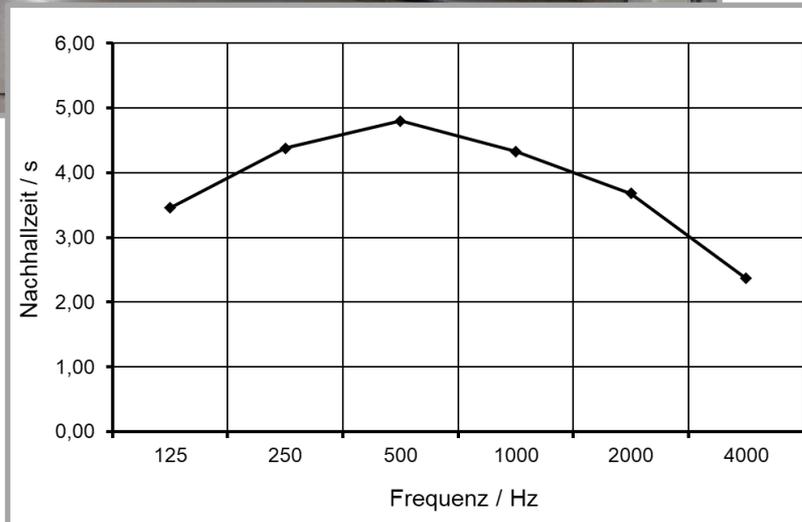
Heute nicht behandelt: Kunst- und Werkräume



Heute nicht behandelt: Lehrküchen (mit Hygiene-Anforderungen)



Heute nicht behandelt: Flure und Treppenhäuser

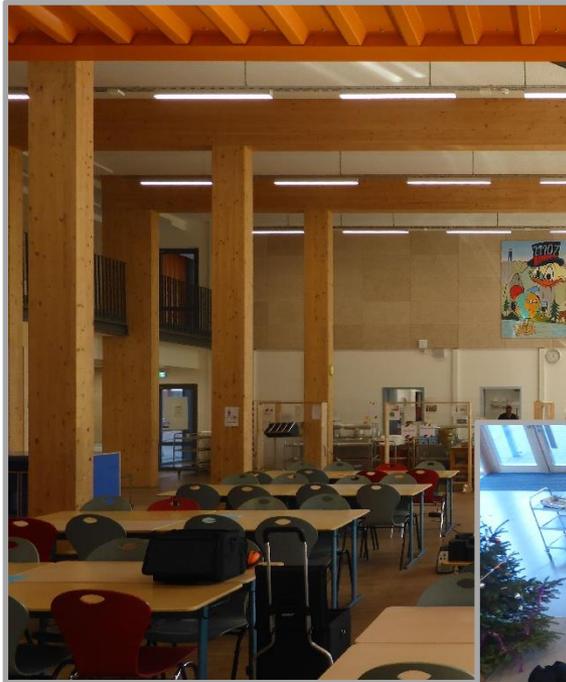


Heute (fast) nicht behandelt: Mensen



Heute (fast) nicht behandelt:

Mensen

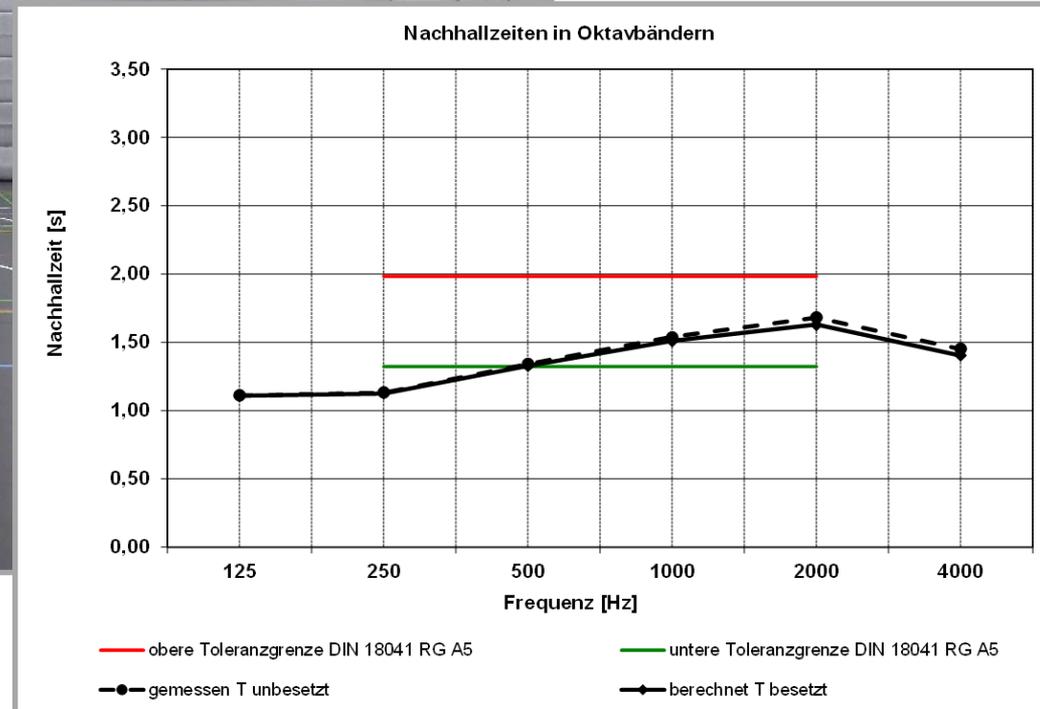
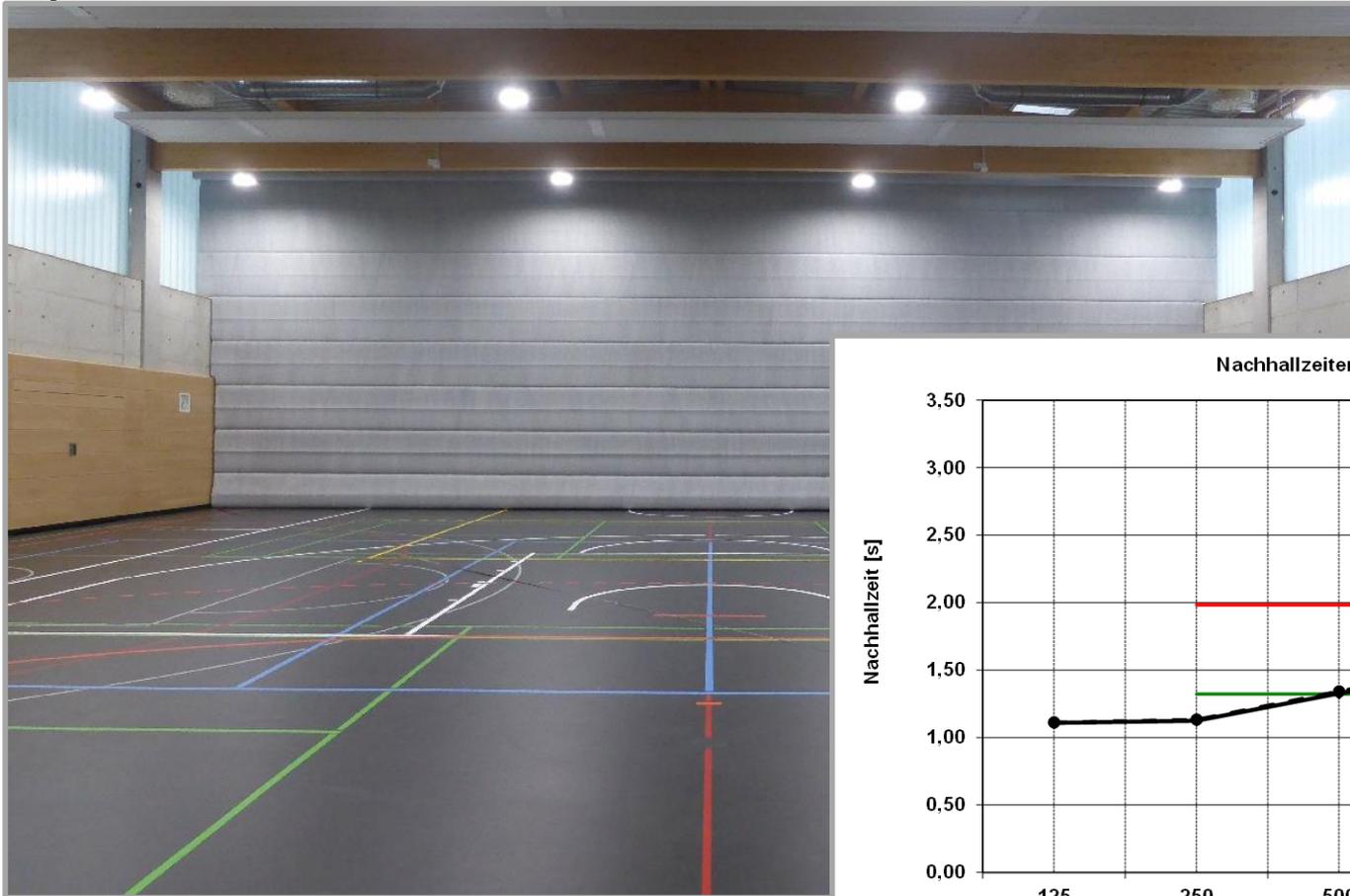


Heute nicht behandelt:

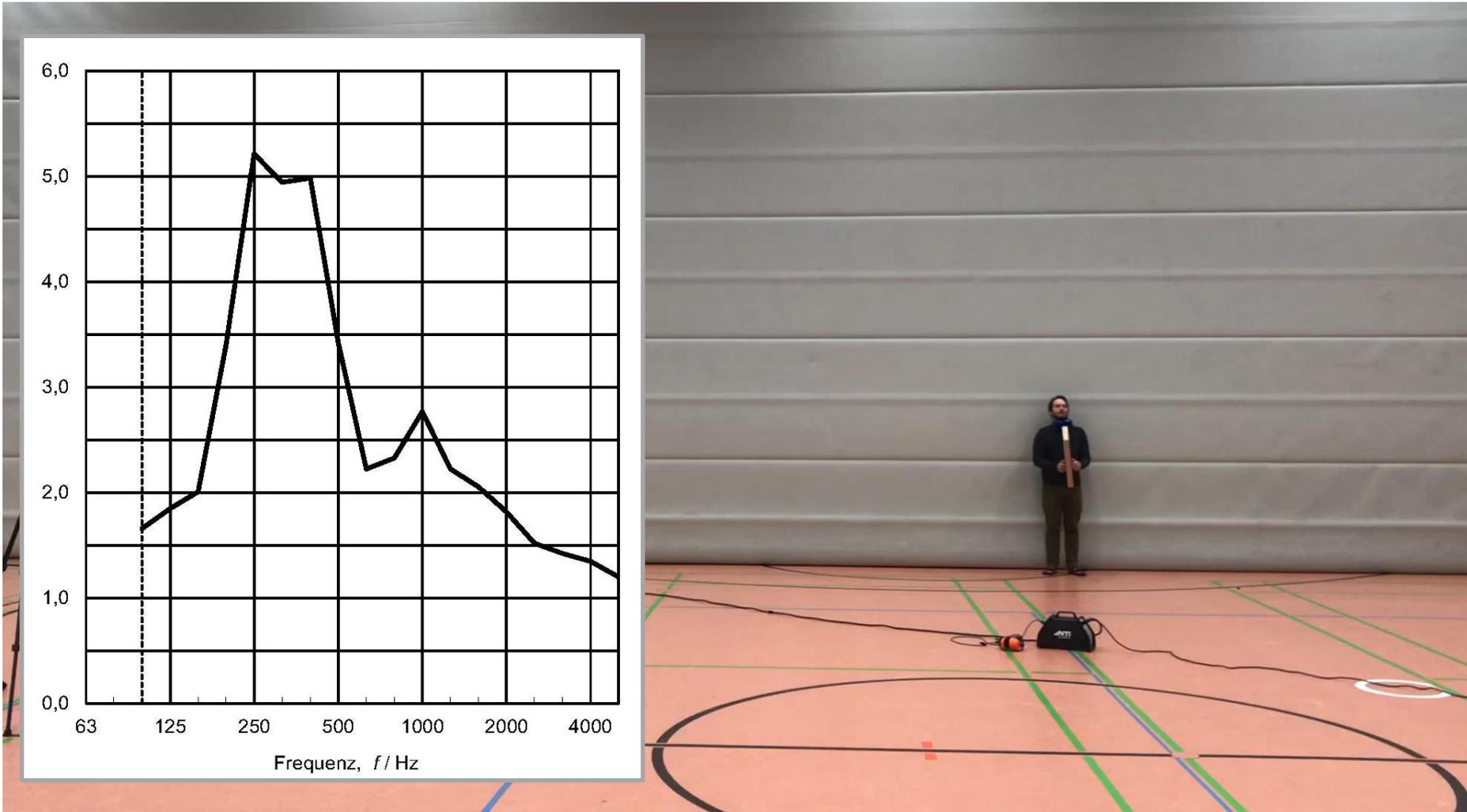
Aulen



Heute nicht behandelt: Sporthallen



Heute nicht behandelt: Sporthallen



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!

Meine Bürozeiten im HomeOffice:

In bannig veel vun de niegen „To-Hus-an’n-Kökendisch-Sitter-Büros“ warrd veel länger arbeedt as fröher. Meist warrd ierst anfangen, wenn de Görn in’e Puch sünd. Dorüm heff ok ick mien Büro-Tieden länger måkt. Se köönt mi nu **vun Mo. bit So. vun morgns klock acht bit obends klock tein** anropen.

In Anbetracht der in vielen Home-Offices veränderten Bürozeiten habe auch ich meine verlängert. Oft wird erst angefangen, wenn die Kinder im Bett sind. Sie erreichen mich derzeit nicht nur per E-Mail, sondern auch telefonisch, **zwischen 08:00 und 22:00 (Mo. bis So.)**.