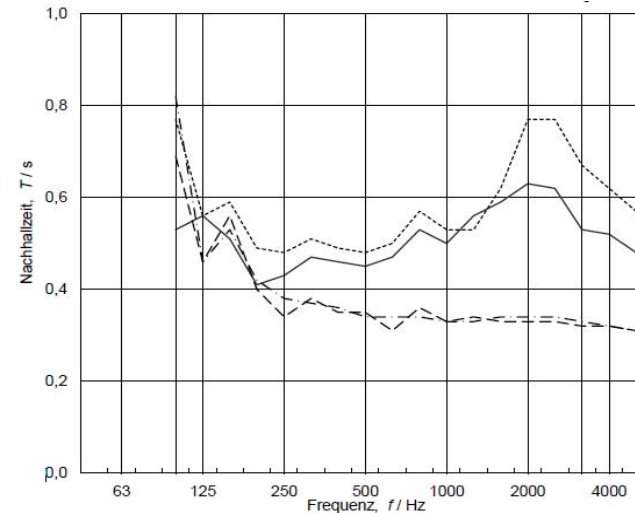
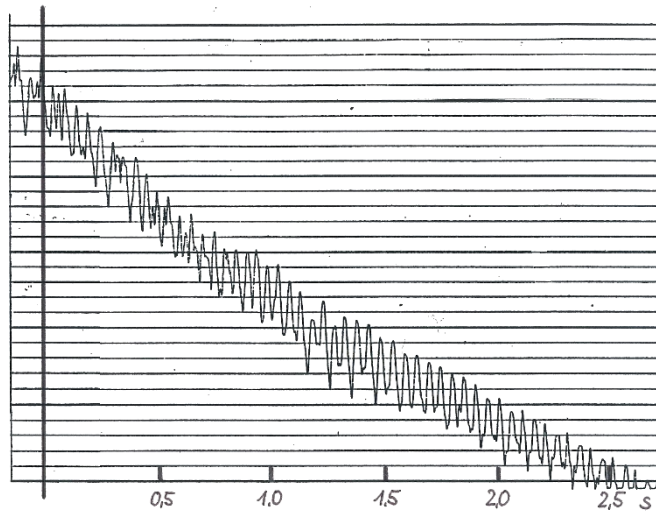


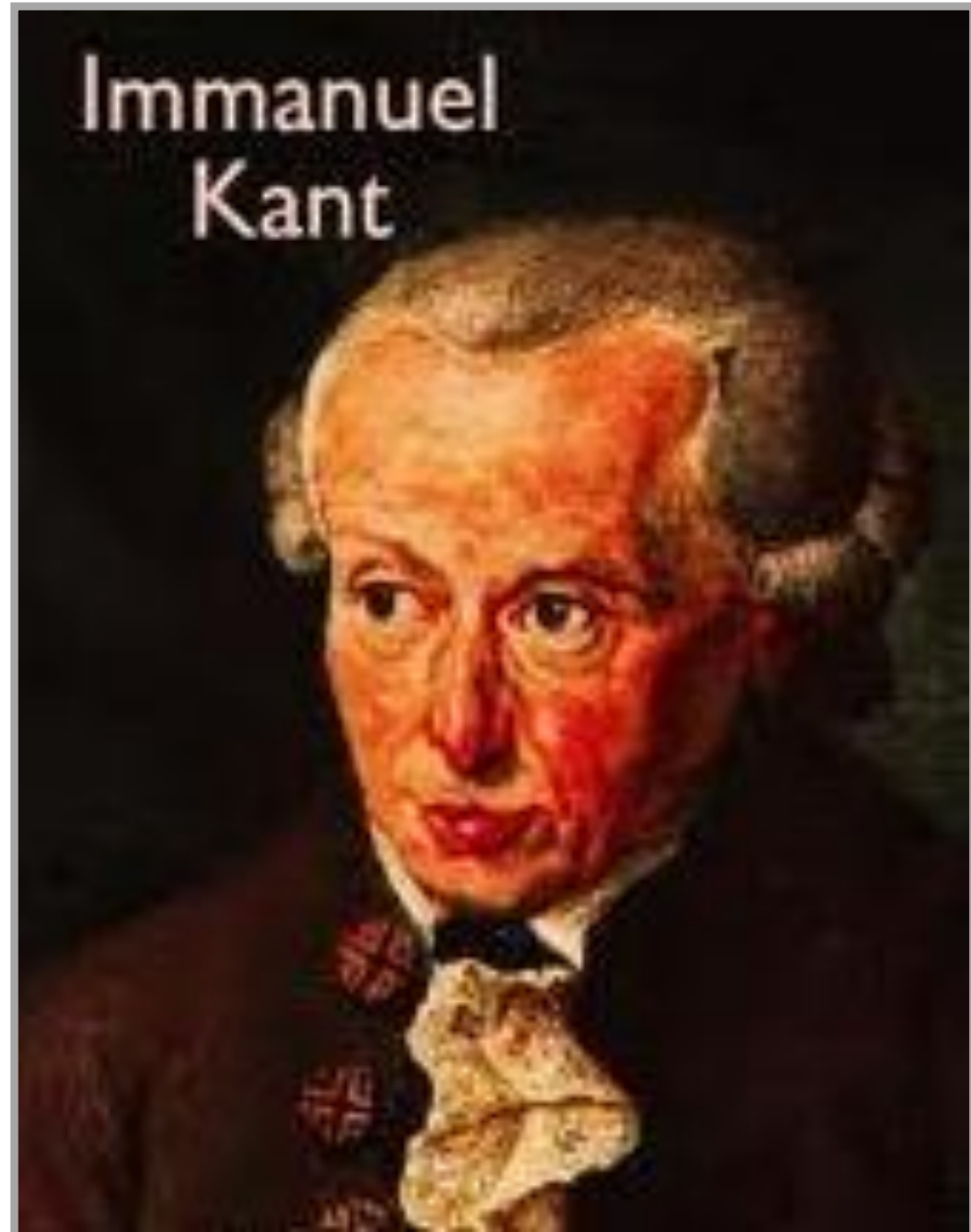
Hörgerechte Raumakustik nach DIN 18041:2016-03



Dipl.-Ing. CARSTEN RUHE
Beratungsbüro für Akustik
hörgerecht planen und bauen
carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de
www.carsten-ruhe.de

**Nicht sehen können
trennt den Menschen
von den Dingen.**

**Nicht hören können
trennt den Menschen
von den Menschen.**



Brief eines Projektsteuerers:

Hallo Herr Ruhe,

ist das nicht wieder exemplarisch! Wieder stehen die Kosten als erstes Hindernis im Weg. In den Köpfen ist einfach nicht deutlich, wenn ich es warm haben will, brauche ich eine Heizung, wenn ich eine Nasszelle haben will, brauche ich einen Wasser- und Abwasseranschluss. Wenn ich einen Raum für Sitzungen, Versammlungen, Besprechungen oder für Kindererziehung usw. haben will, dann brauche ich eine entsprechende Akustik!

Keiner käme auf die Idee, Aufenthaltsräume ohne Fenster zu bauen, weil das billiger ist. Fenster sind eben nun mal nötig für Belichtung und Belüftung. Ohne geht es einfach nicht.

Brief eines Projektsteuerers (2):

Ohne gute Akustik ist ein Raum nicht richtig nutzbar. Keiner würde in einem Hallenbad oder in einer Kirche eine Besprechung mit mehreren Personen halten wollen und solche Raumqualitäten sind schnell erzeugt. Wir haben in einem großen Nebenraum eines Klosters eine Fortbildungsveranstaltung gehalten. Das war ein Erlebnis der besonderen Art! Die Referenten waren gestresst, weil Sie sich extrem anstrengen mussten, um einigermaßen verständlich 'rüber zu kommen. Und die Teilnehmer haben einfach abgeschaltet. Das Geld für die Fortbildung war somit rausgeworfen. Alle diese Kostenvernichtungen werden nie betrachtet, wenn es um Akustik geht!

So gesehen muss man wohl eher fragen was ich spare, wenn ich mir eine gute Akustik erlaube!

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

Bei der Planung von Räumen für sprachliche Kommunikation sind auch Personen mit einem erhöhten Bedarf nach guter Hörsamkeit zu berücksichtigen.

Hier gelten das Benachteiligungsverbot aus Art. 3, Abs. 3

Grundgesetz, die Vorgaben des

Bundesgleichstellungsgesetzes § 4 und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ...

In der Normfassung von 2004 waren diese Belange noch nicht umfassend für alle Nutzer berücksichtigt (zukünftig Inklusion anstelle von Integration).

DIN 18040-1 und DIN 18040-3 verweisen hinsichtlich der akustischen Anforderungen auf DIN 18041.

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

Welche Norm-Teile betreffen die Inklusion?

Die „verschärften“ Anforderungen an die Nachhallzeit gelten zukünftig nicht nur in besonderen Fällen.

Sie sind vielmehr bei Neubauten immer anzuwenden und sollten bei Umbauten auch berücksichtigt werden.

In Räumen mit elektroakustischer Unterstützung ist nach DIN 18040-1, Abschnitt 5.2.2, auch ein spezielles Beschallungs-System für Hörgeschädigte vorzusehen.

DIN 18041 benennt dazu Auswahlkriterien.

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

Im Sinne des inklusiven Bauens sind von Beginn der Planung an die Bedarfe von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen zu berücksichtigen.

Nicht nur die typischen „Veranstaltungsräume“ dienen der Kommunikation,

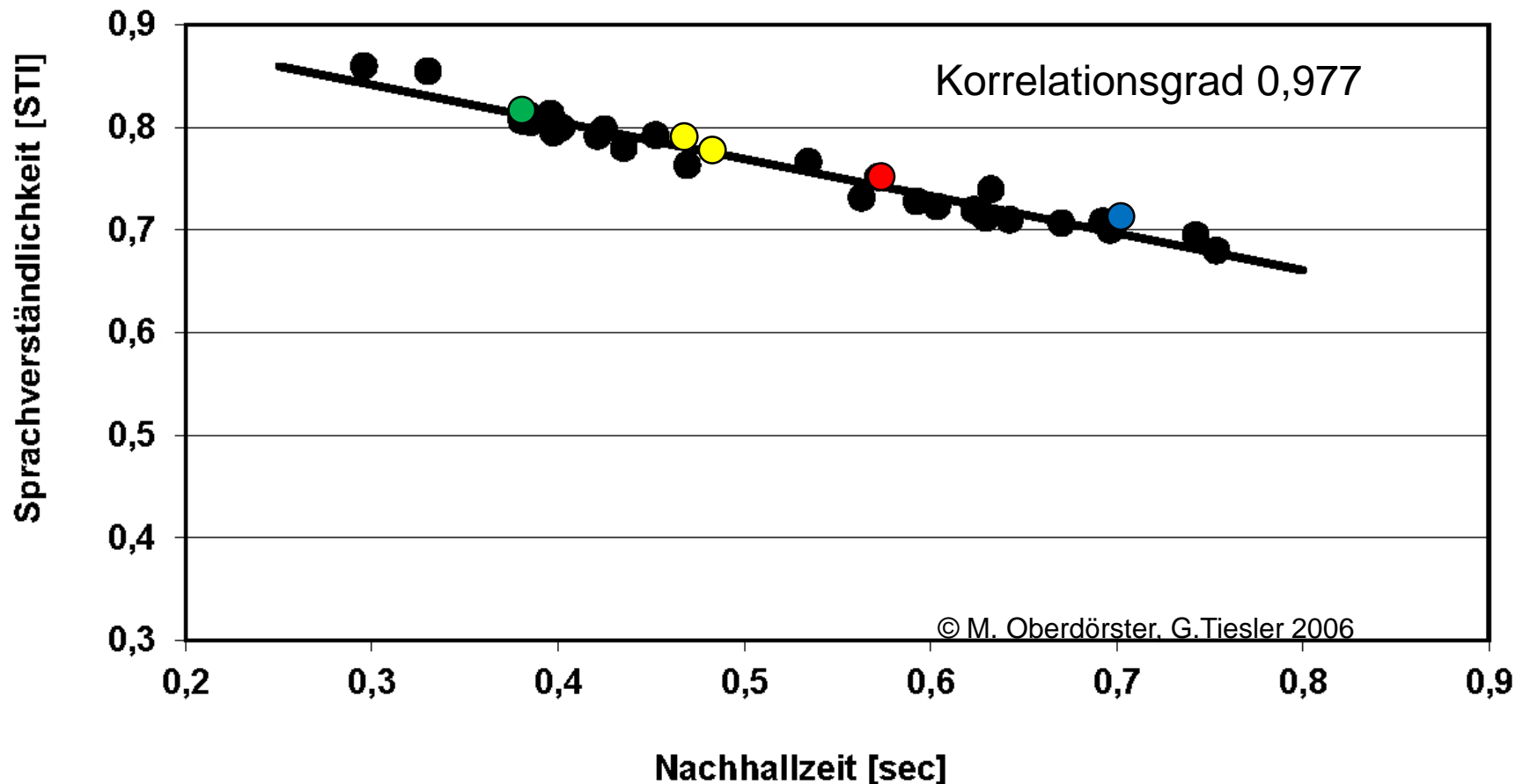
sondern Kommunikation findet überall dort statt, wo sich Menschen begegnen,

z. B. auch in Fluren, Foyers, Pausenhallen, Mensen u. Ä.

Die Norm berücksichtigt den aktuellen Kenntnisstand bezüglich Hörsamkeit und Inklusion.

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.*



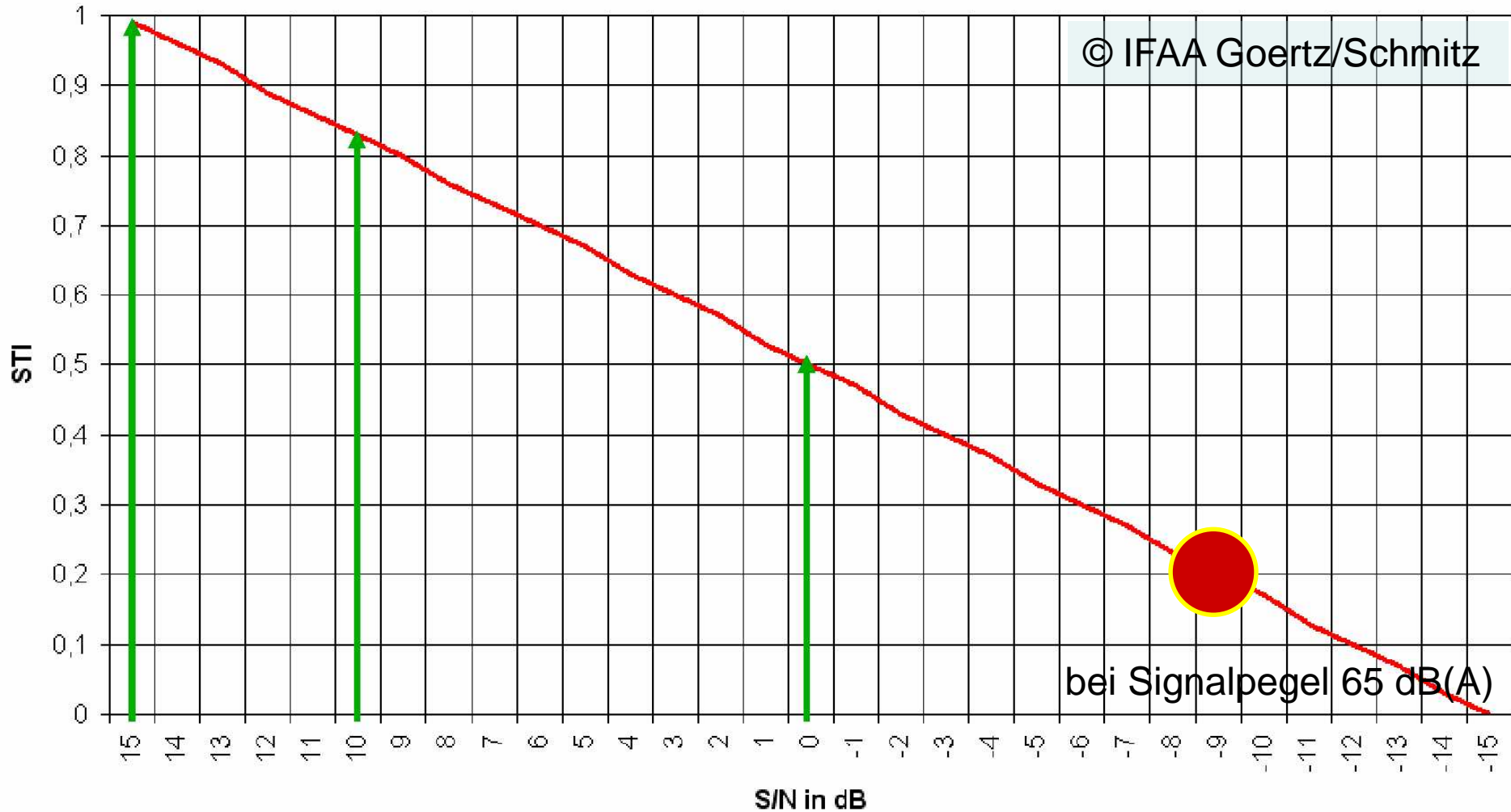
DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

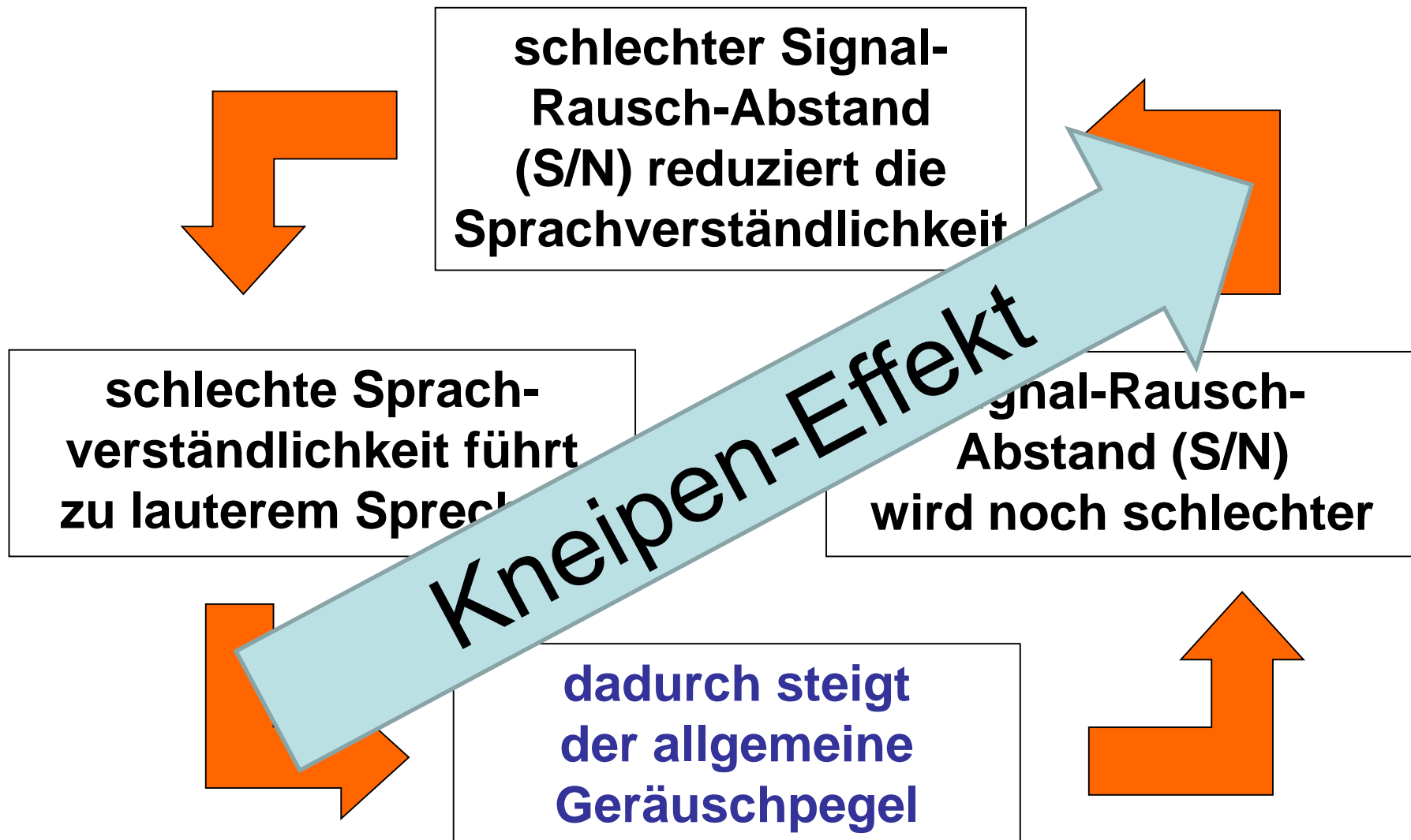
Und weiter heißt es:

*Vergleichbare Anforderungen gelten auch für die Kommunikation in einer Sprache, die **nicht als Muttersprache** gelernt wurde, bei der Kommunikation mit Personen, die **Deutsch als Fremdsprache (DaZ)** sprechen, und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise einen **Bedarf nach erhöhter Sprachverständlichkeit** haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsschwäche.*

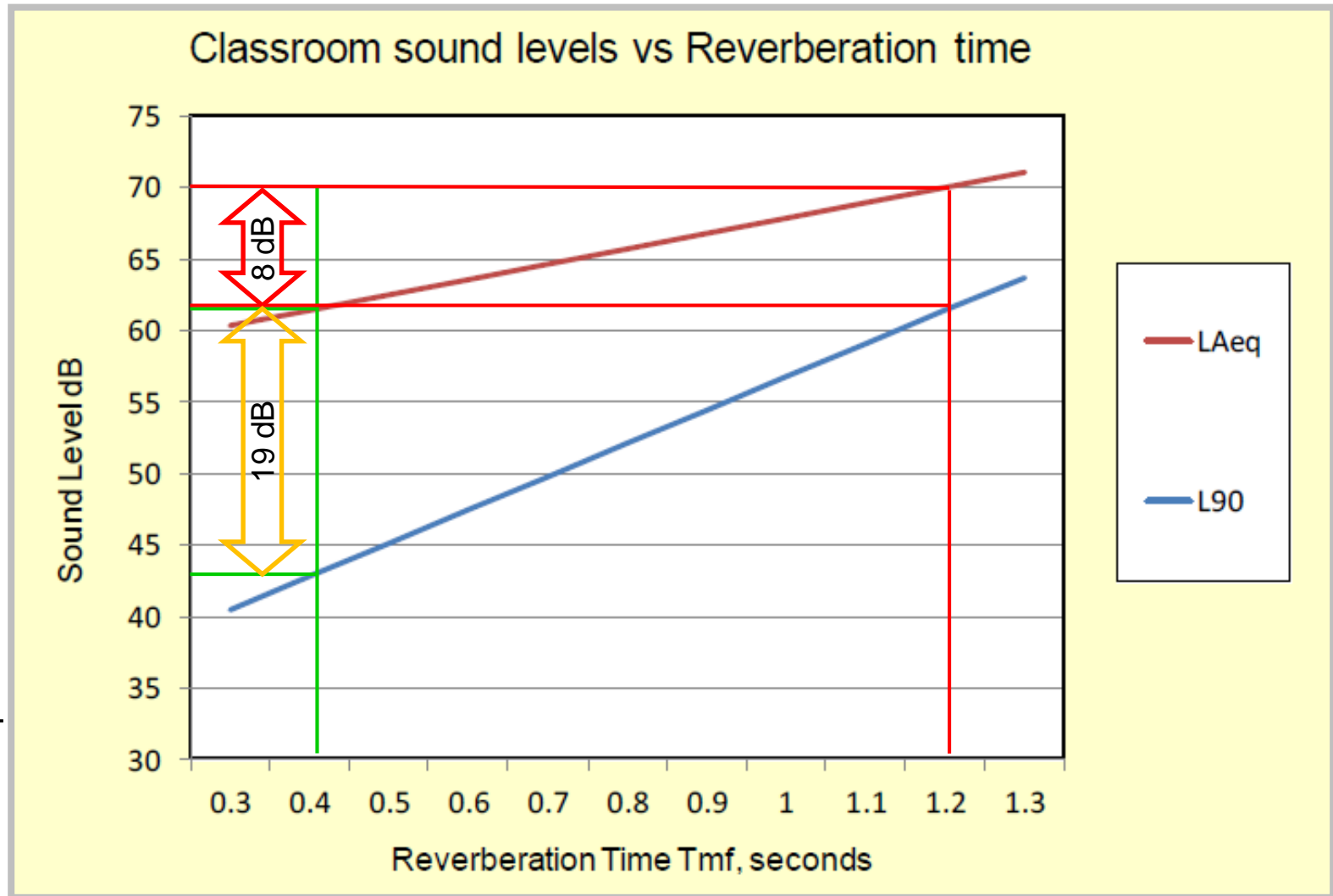
Akustische Inklusion ist
mehr als nur „schwerhörigengerecht“!

STI ist abhängig vom Störgeräuschabstand S/N





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.
 - → Wenn er hier um 8 dB leiser ist, dann haben alle 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**.

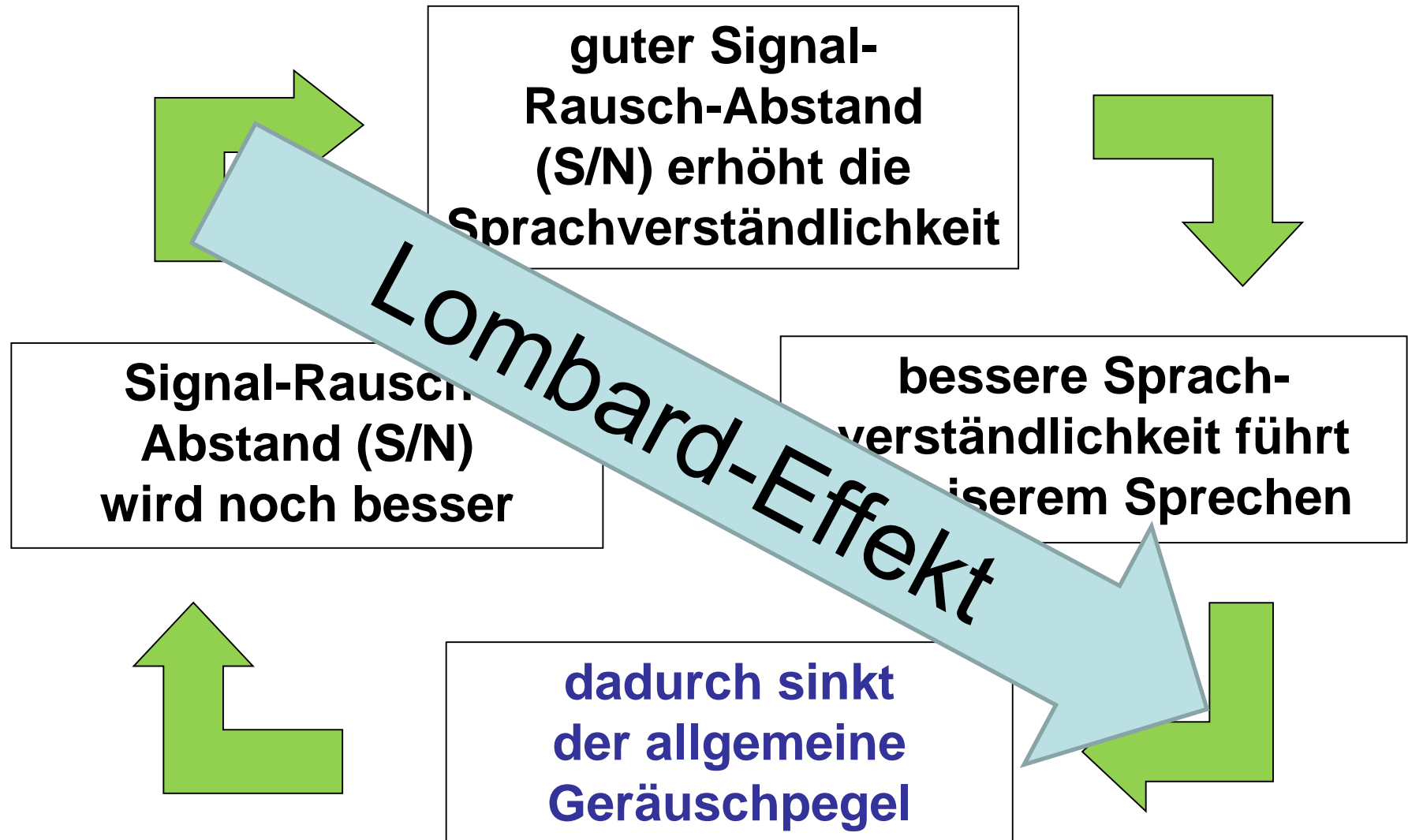
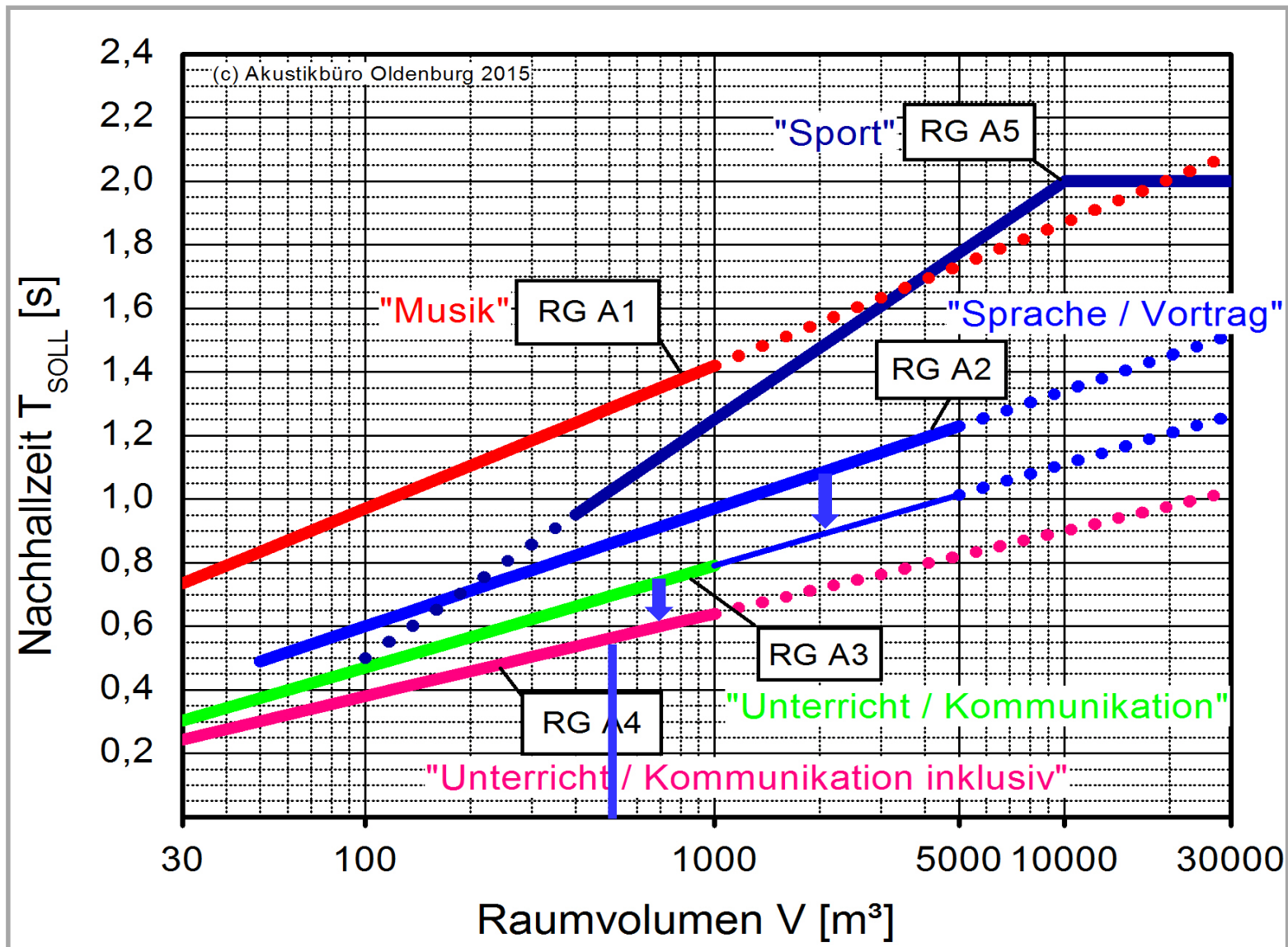


Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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

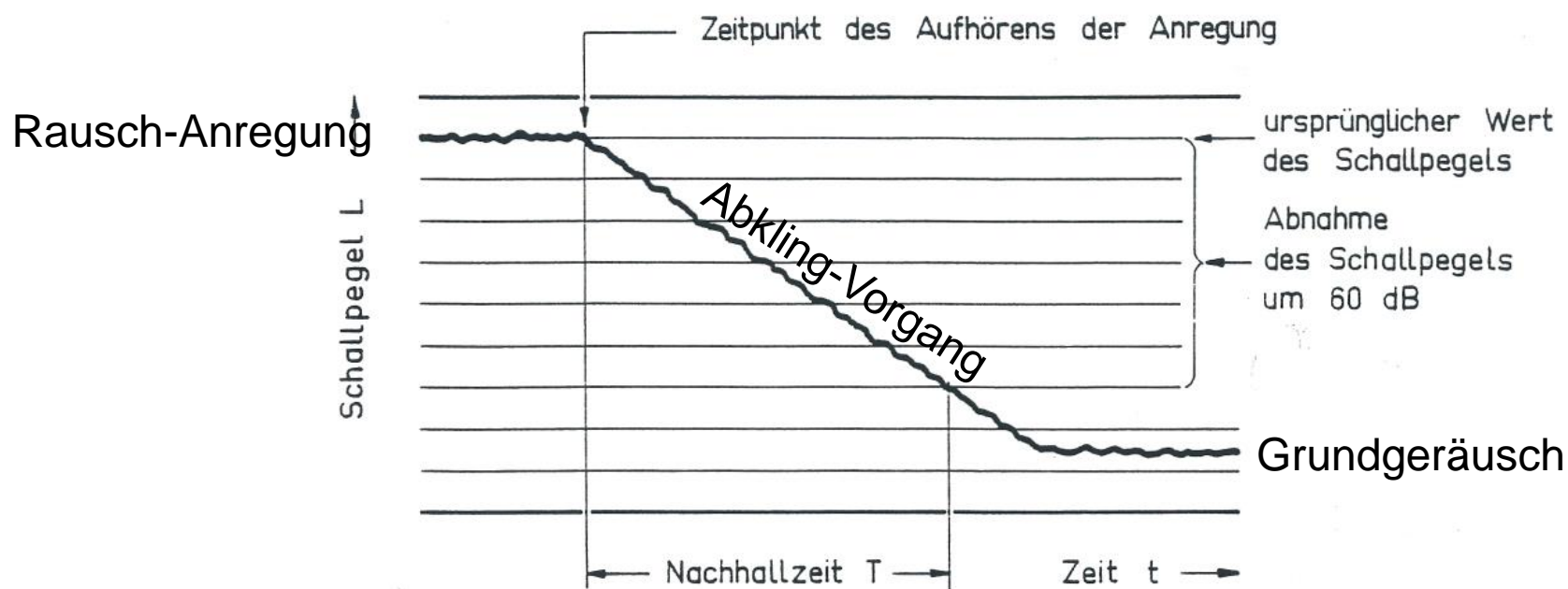
Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart



DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

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

Was kann man zur Verbesserung tun?

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

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

T = Nachhallzeit

V = Raumvolumen

α = Schallabsorptionsgrad

S = Auskleidungsfläche

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

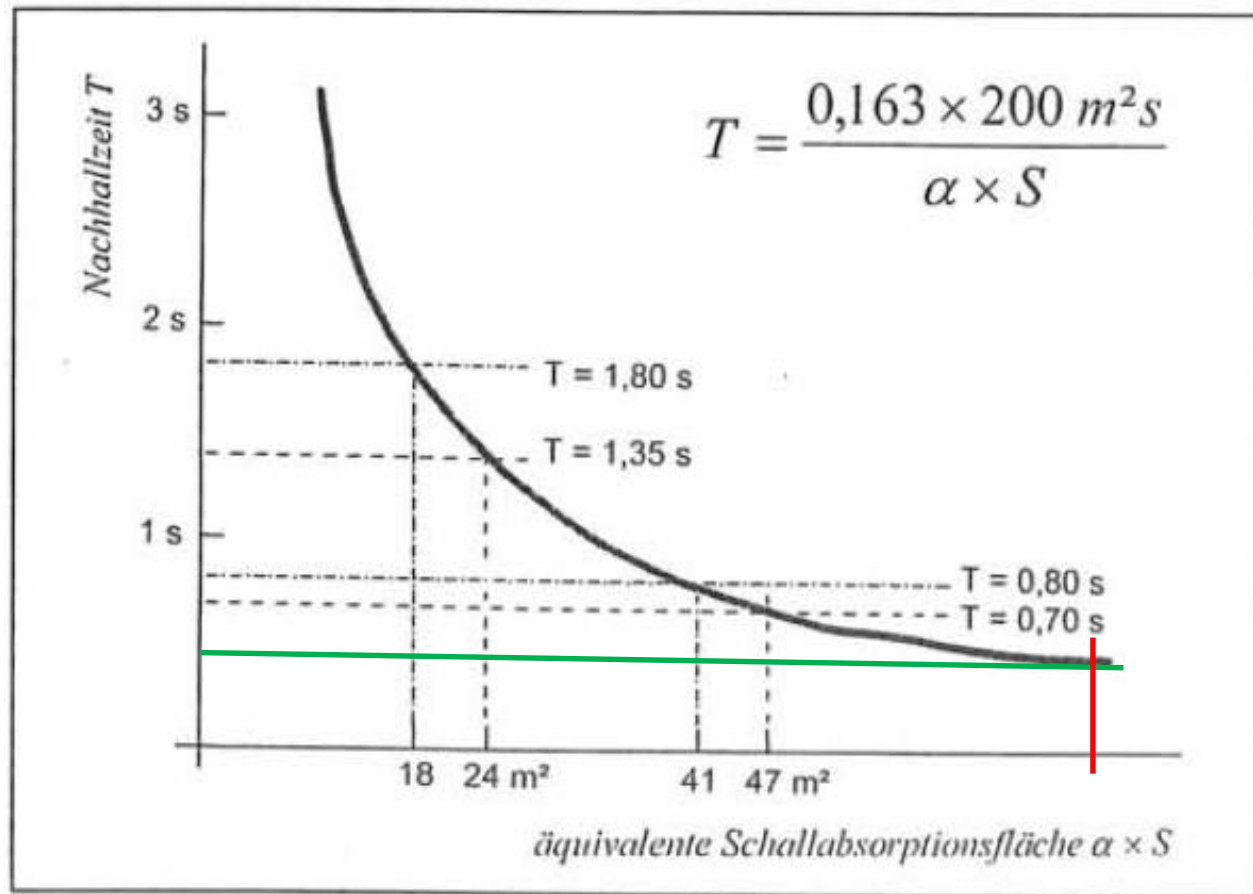
Was kann man zur Verbesserung tun?

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

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

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

Der Graph der Funktion ist eine Hyperbel:



Schallabsorption (Schalldämpfung)

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

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

Pegelminderung bedeutet also immer, dem Schallfeld durch Reibung die Bewegungs-Energie der Luft zu entziehen und in Wärme-Energie umzuwandeln (Energie-Erhaltungssatz).

Beim Abbremsen eines Autos wird die Scheibenbremse heiß.

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.
Pusten Sie kräftig hindurch → es wird warm.

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

Hören Sehen Planen Bauen
Fachreferat Barrierefrei am DSB



reFeRATgeber 6

HÖRGESCHÄDIGTE KINDER IN REGELSCHULEN



Klassenraum-Akustik
Klassenraum-Gestaltung
Klassenraum-Organisation

Diese Broschüre wurde gedruckt
mit finanzieller Unterstützung der Firmen:



LAHNAU
AKUSTIK GMBH

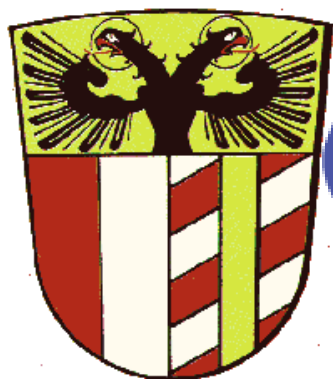


2. Auflage 2016-08
1. Auflage 2016-02

Weitergabe / Nachdruck gern gestattet

6. bis 10. Tausend
1. bis 5. Tausend
Belegexemplar an Verfasser erbeten

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.

Was heißt AVWS?

Auditives Verarbeitungs- und Wahrnehmungs-Syndrom

Meine Frage: Müsste es nicht eigentlich AWVS heißen, erst wahrnehmen und dann verarbeiten?

Pasemann: Nein, denn der Vorgang verläuft anders:

- erst hören,
- dann verarbeiten,
- dann wahr-nehmen.

Deshalb benötigen Diktate schwerhörender Kinder etwa die dreifache Zeit:

- hören und dabei absehen,
- verarbeiten (verstehen),
- dann erst aufschreiben.

Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



Ernst-Ludwig-Schule
Bad Nauheim



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!

Wie geht man zur Verbesserung vor?

1. möglichst zuerst die **Decke** bekleiden,
sie ist die größte Fläche im Raum und
liegt außerhalb der Handreichweite
man kann also ein weiches,
gut absorbierendes Material verwenden
 2. zweite Raumdimension auch behandeln:
schallabsorbierende **Wandpaneele**
 3. ein **Teppich** schluckt viel weniger,
vermeidet aber viele Störgeräusche
- „Raumakustischer Dreiklang“

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?

Oldenburg-Wechloy

© Rockfon



Hamburg, Elbschule, Klassenraum

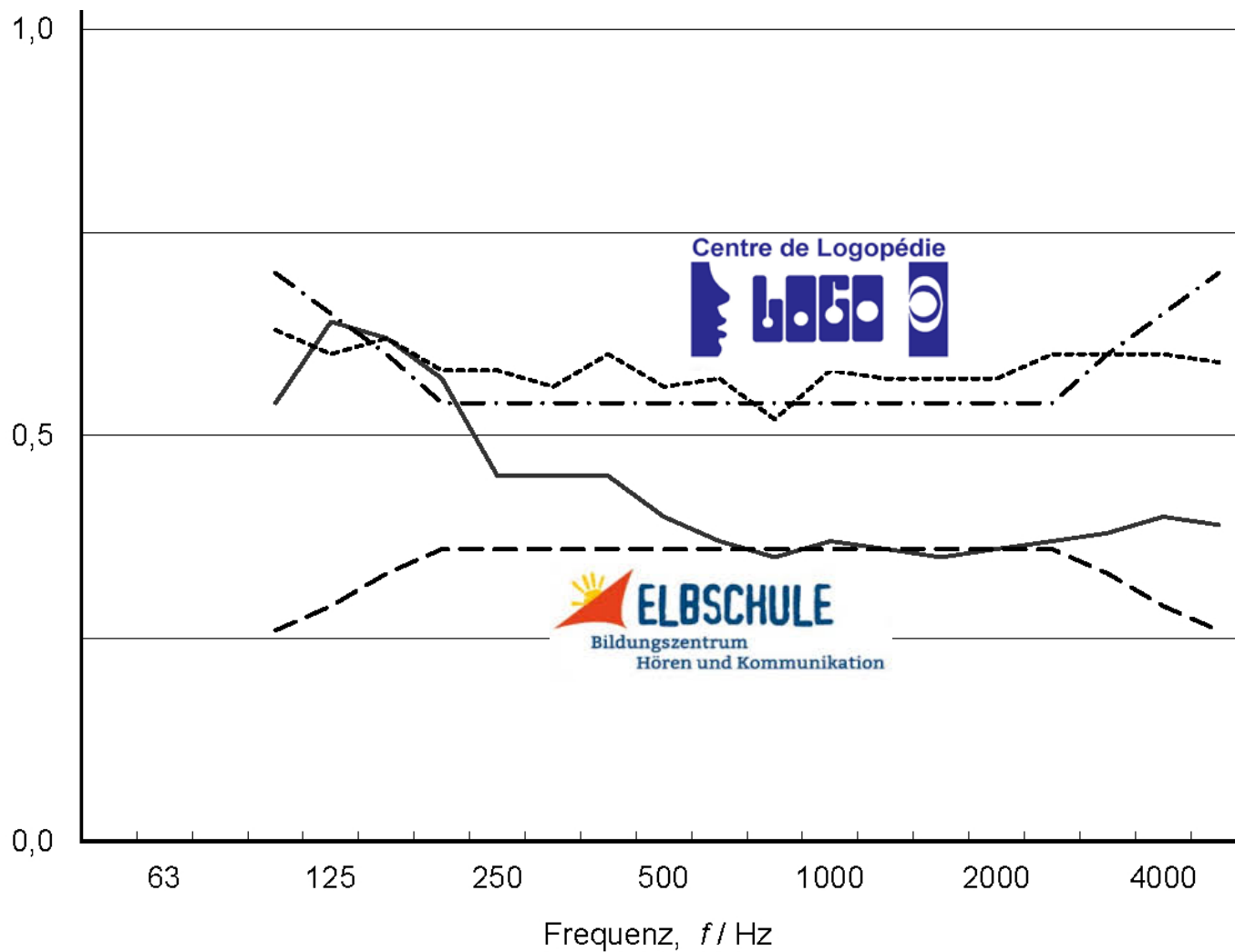


© TAUBERT und RUHE

Luxemburg, Centre de Logopédie, Klassenraum

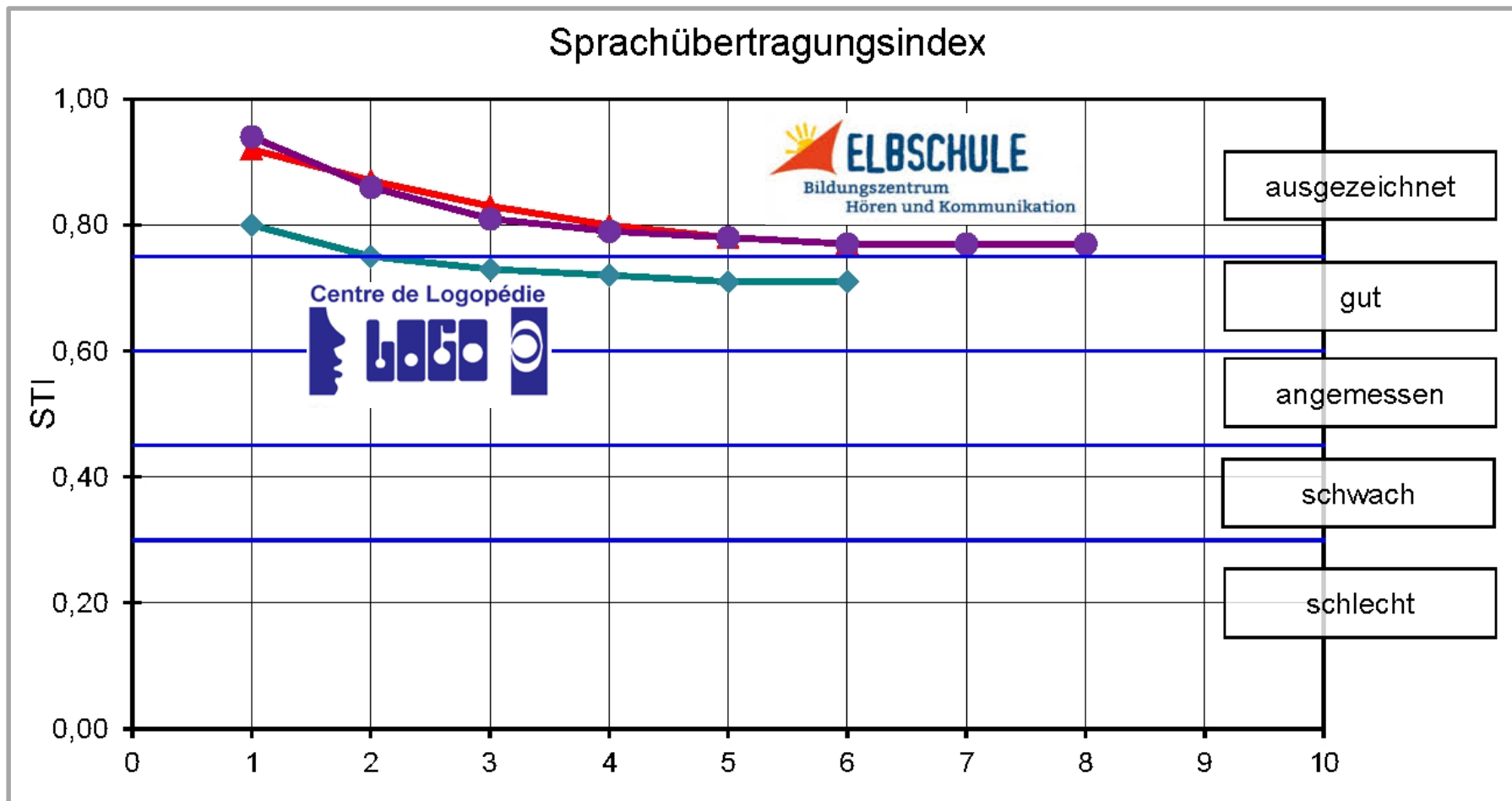


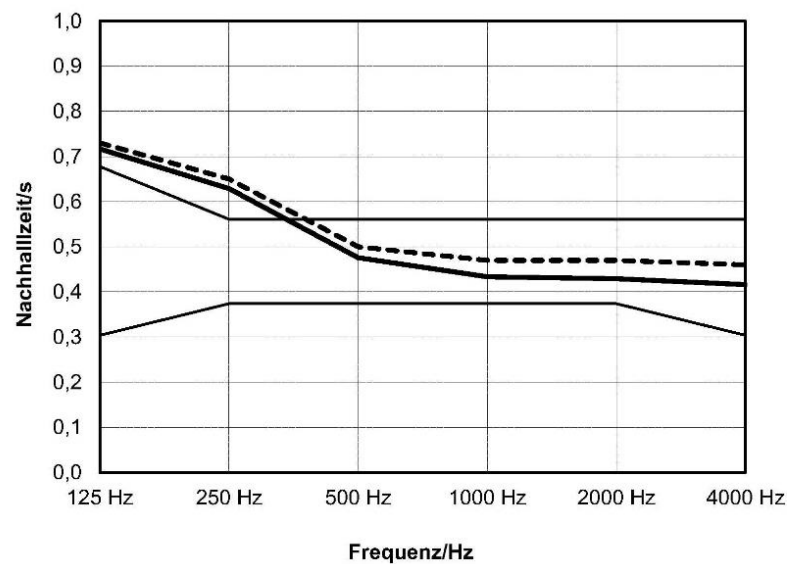
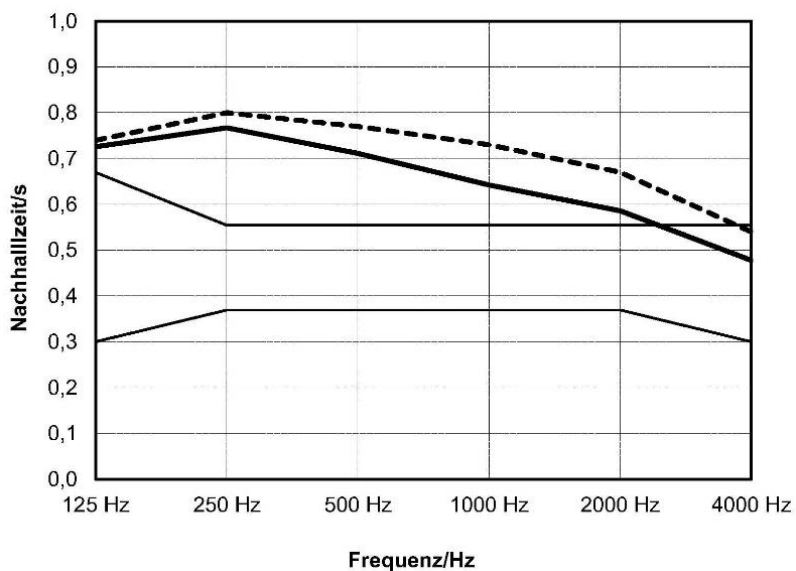
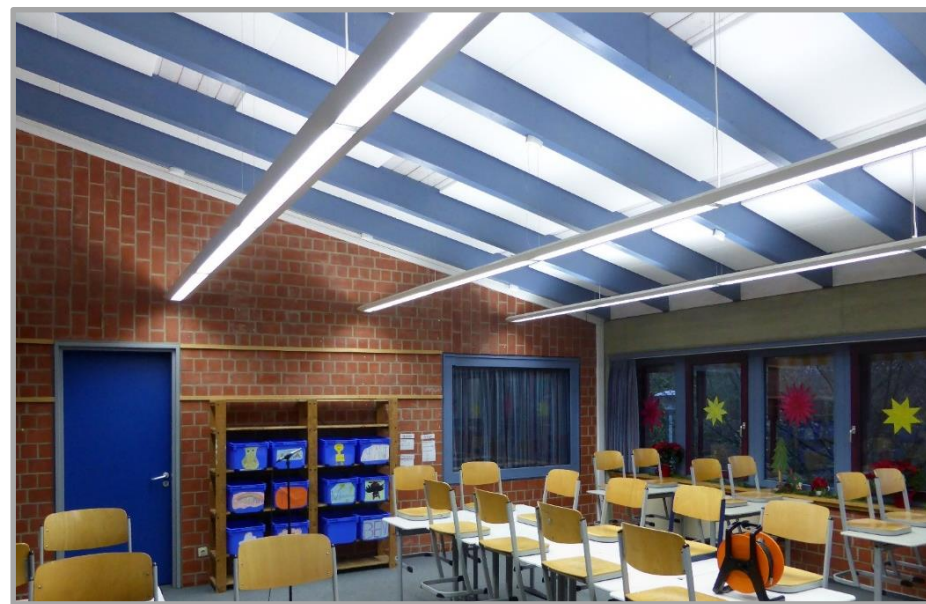
Nachhallzeit-Vergleich Luxemburg - Hamburg



STI-Vergleich

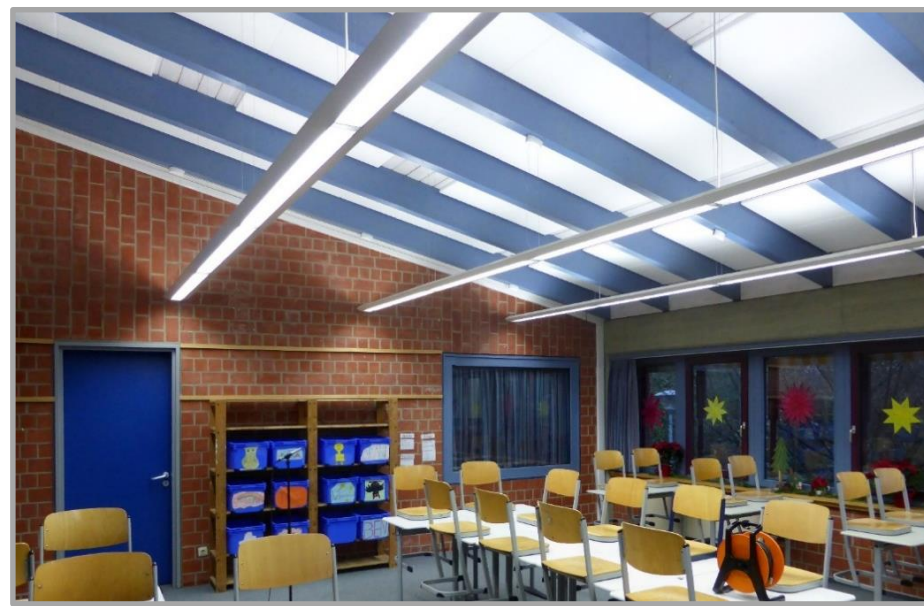
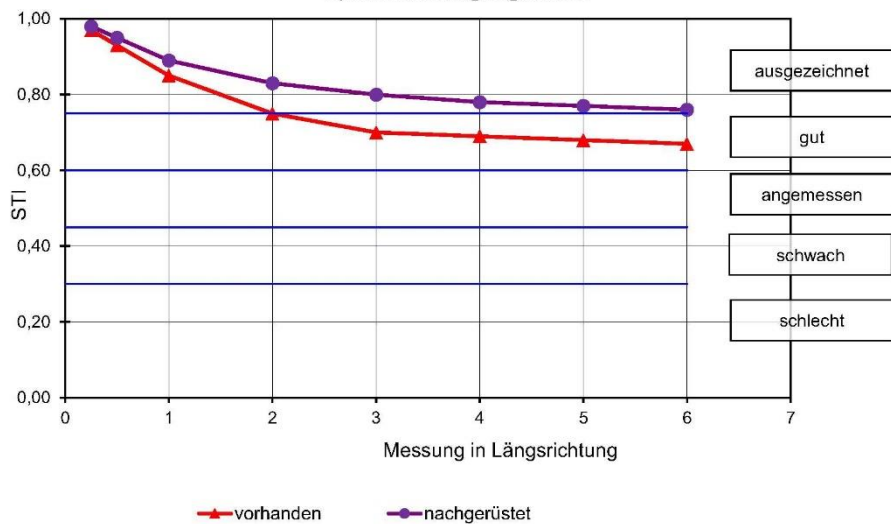
Luxemburg - Hamburg



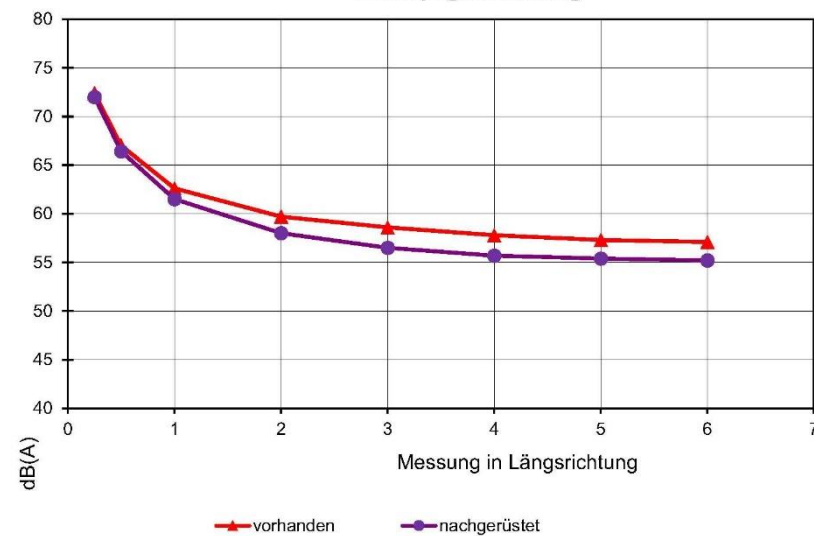


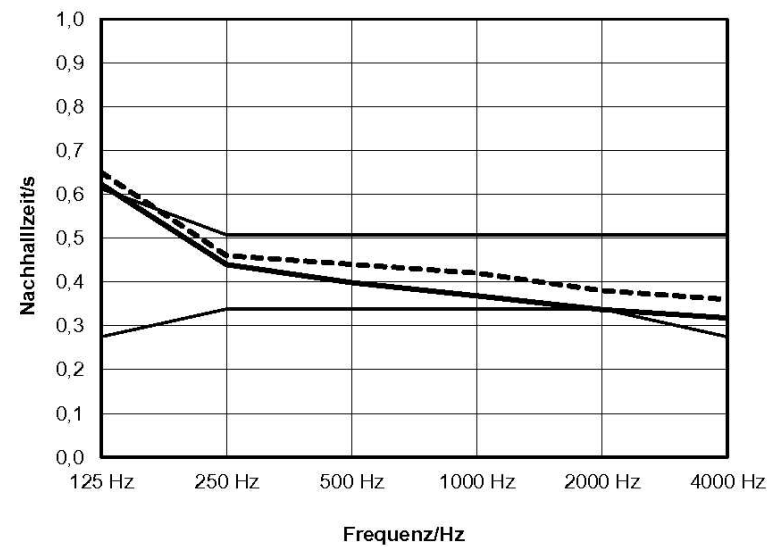
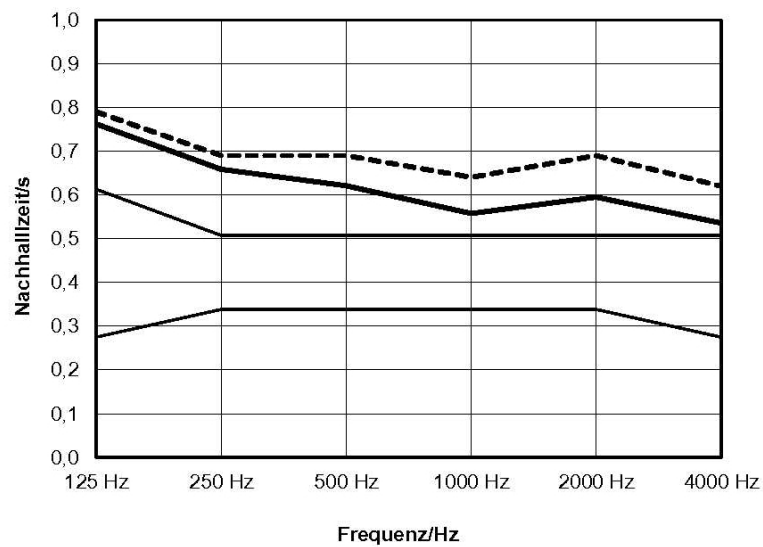


Sprachübertragungsindex



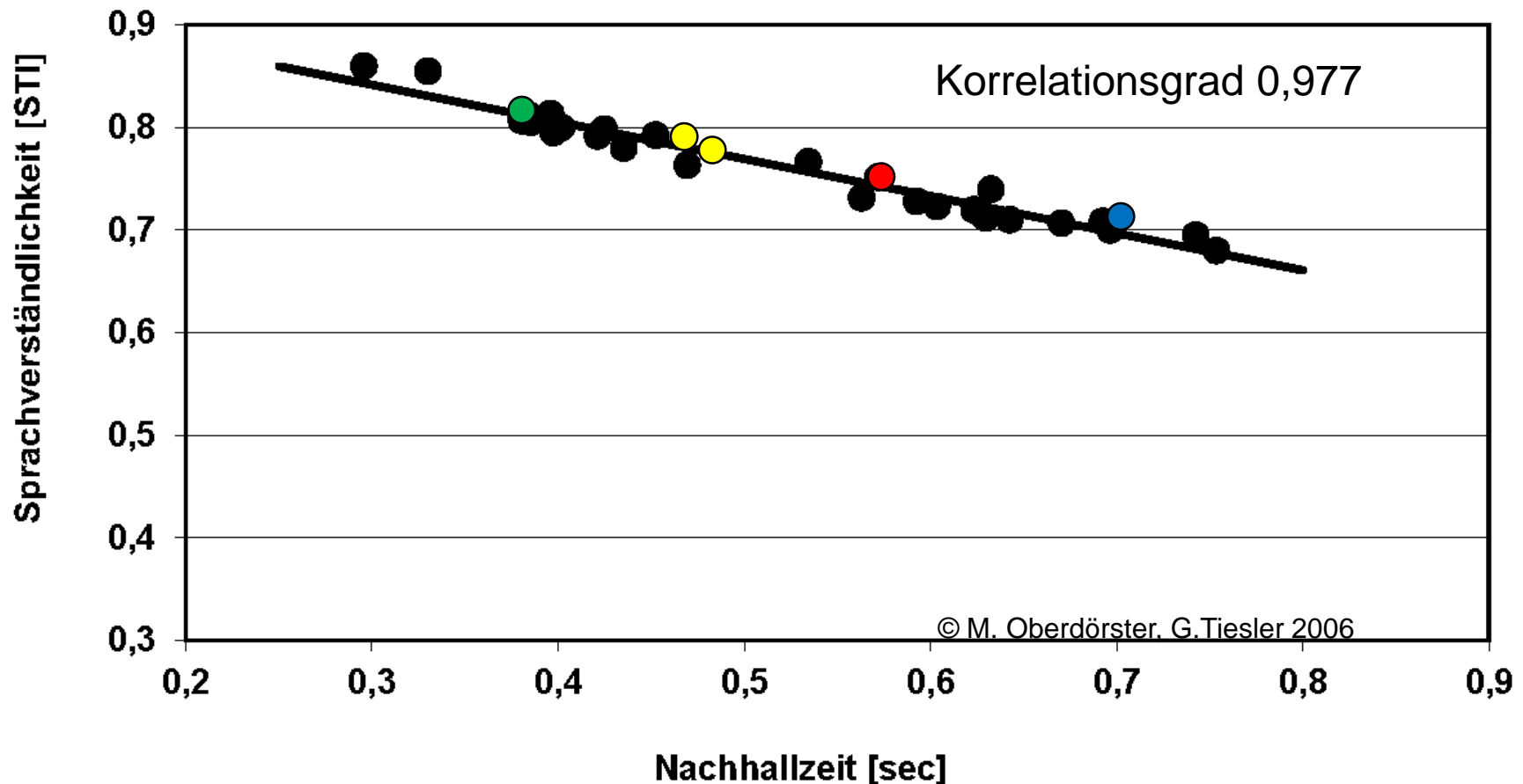
Schallpegelverteilung

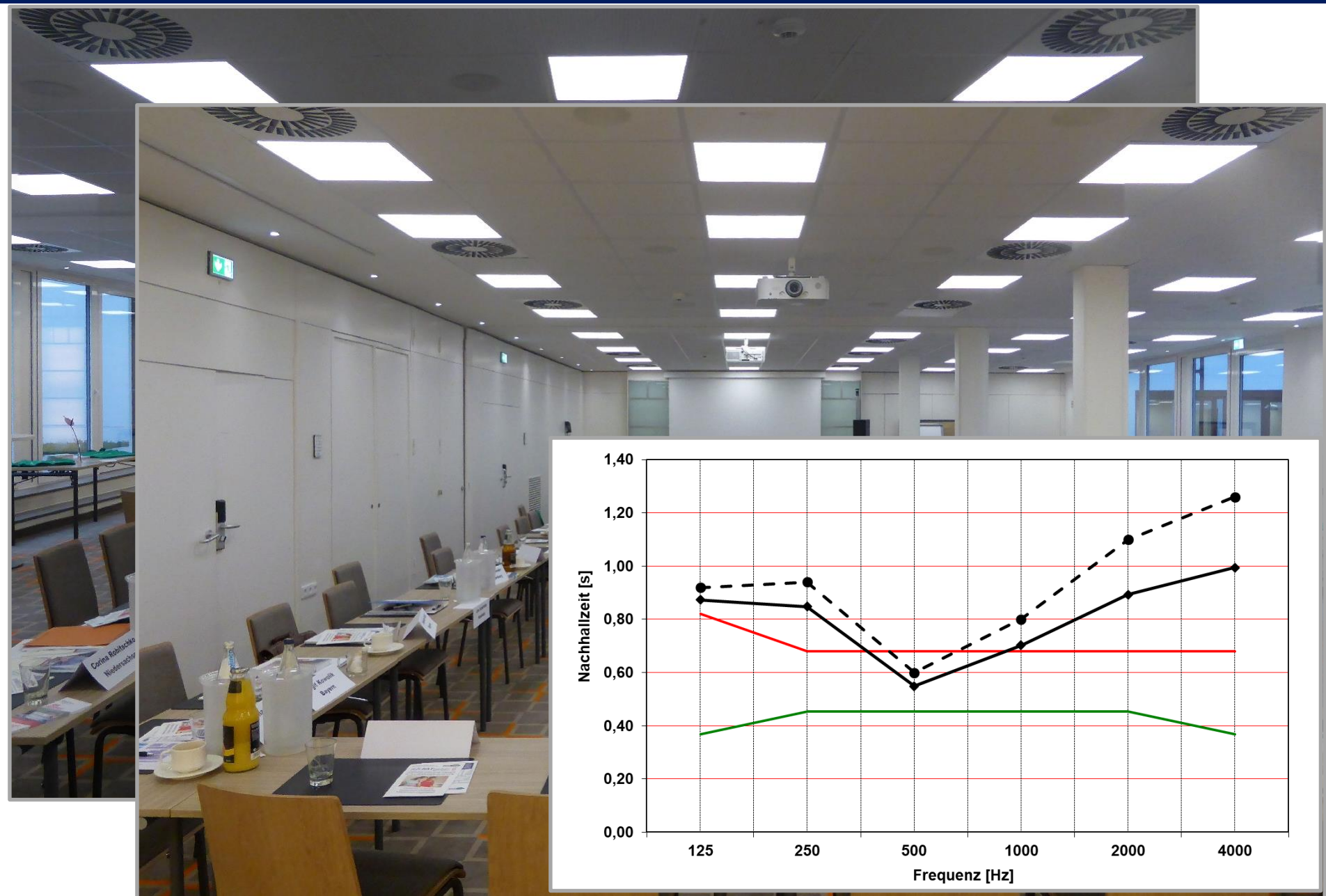


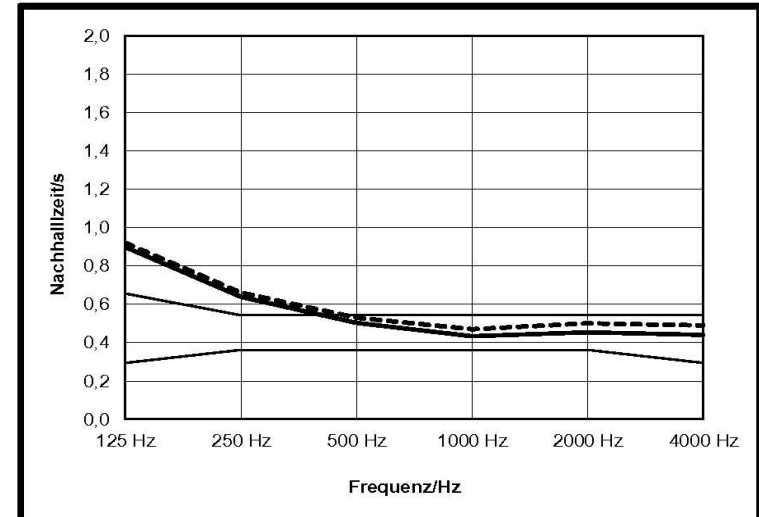
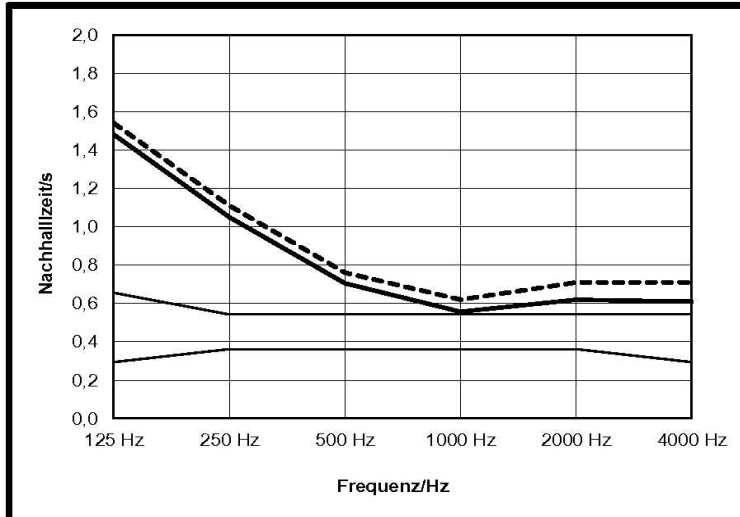


DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

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

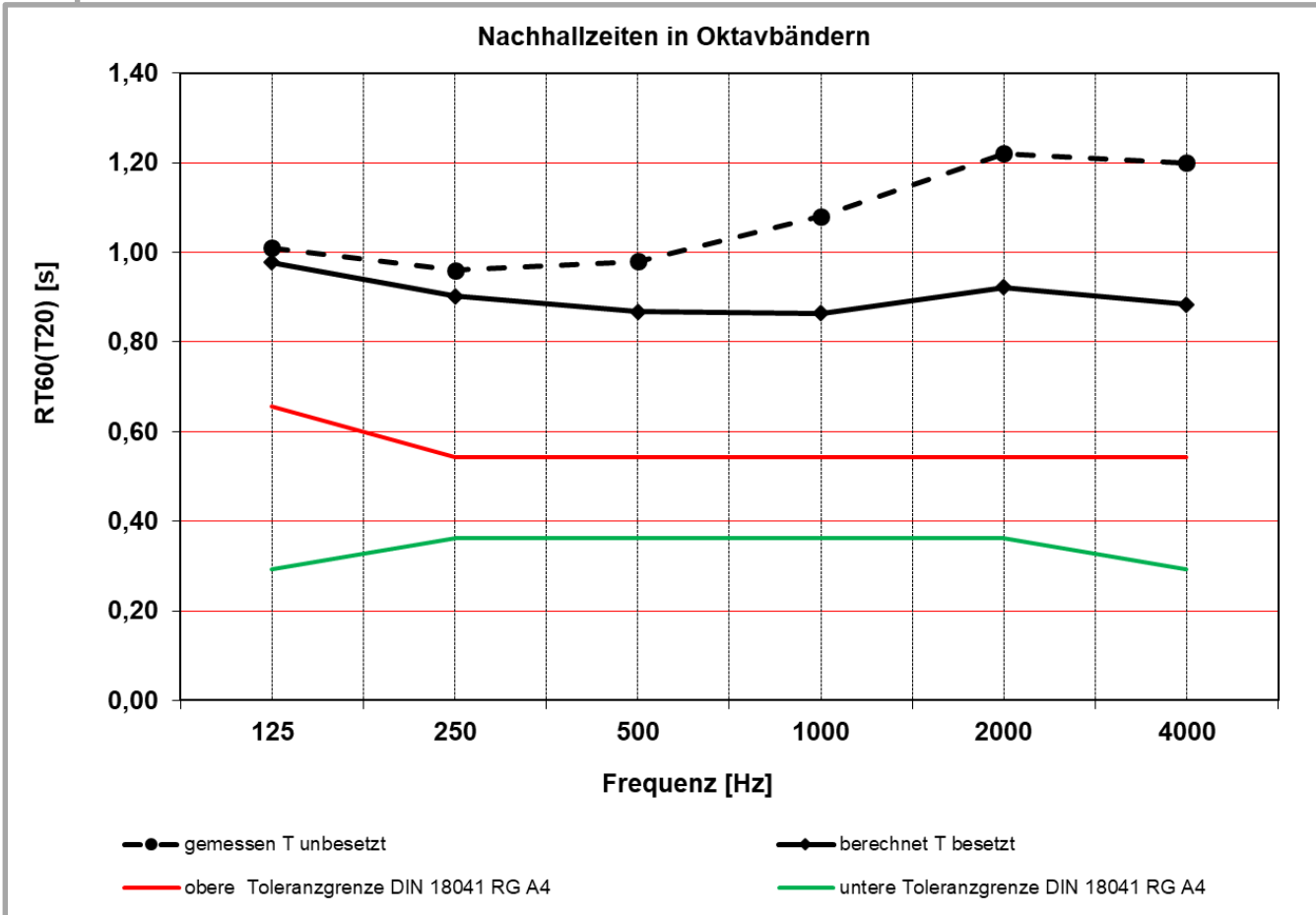






Ort:	Musterstadt	Gebäude:	ABC-Schule	Raum-Nr.:	123					
Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4										
Grundfläche	63 m ²	mittl. Höhe	3,00 m							
Volumen V	189 m ³	Frequenz	125	250	500	1000	2000	4000	Hz	
Nachhallzeiten	gemessen	$T_{unbesetzt}$	1,01	0,96	0,98	1,08	1,22	1,20	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	$A_{unbesetzt} + A_{zus.}$		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
	$T = 0,16 * V / A$									
Soll-Nachhallzeit RG A4	Toleranz	oben	0,66	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54		s
		$T_{soll(A4)}$	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

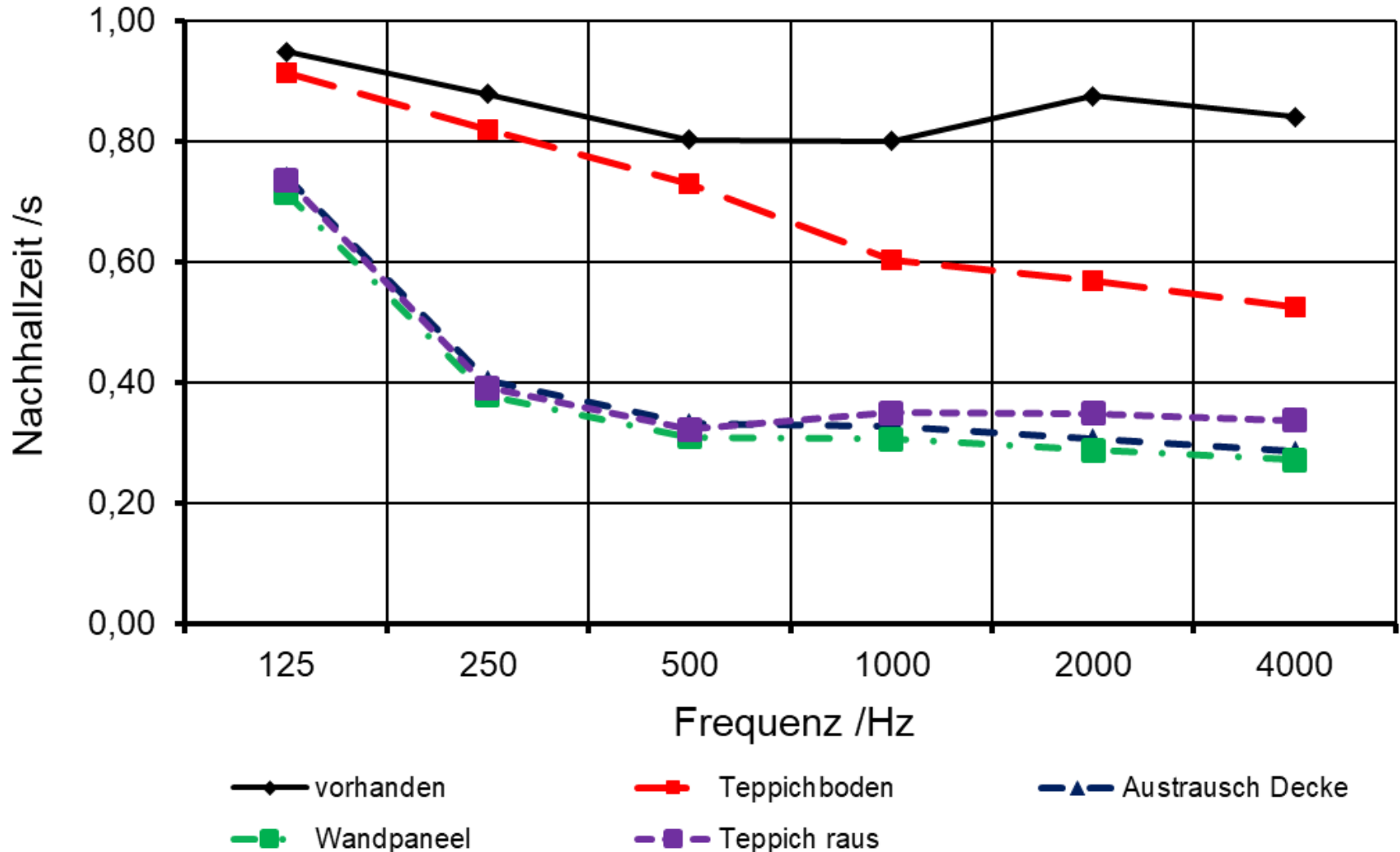
Ort: **Musterstadt** Gebäude: **ABC-Schule** Raum-Nr.: **123**
 Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4



2000	4000	Hz
1,22	1,20	T_{mittel}
24,8	25,2	m^2
0,55	0,55	$m^2/\text{Pers.}$
0,30	0,25	$m^2/\text{Pers.}$
0,40	0,45	$m^2/\text{Pers.}$
0,50	0,55	$m^2/\text{Pers.}$
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	$0,89$

Toleranz	oben	0,66	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



Was können Schwerhörende anders?

Durch Entfall der hohen Frequenzen ist das Sprachverstehen eingeschränkt. ✓

Durch den eingeschränkten Dynamikbereich verläuft die Lautheitskurve viel steiler (Recruitment). ✓

Durch Störgeräusch ist das Sprachverstehen eingeschränkt: erf. SNR > 15 dB. ✓

Durch veränderte Zeitauflösung des Gehörs werden Echos viel eher störend empfunden: auch kurzfristig verzögerte Reflexionen stören. !

Deshalb sind schallabsorbierende Wandpaneele (zusätzlich zur Decke) so hilfreich. !

Hamburg, Elbschule, Klassenraum



Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

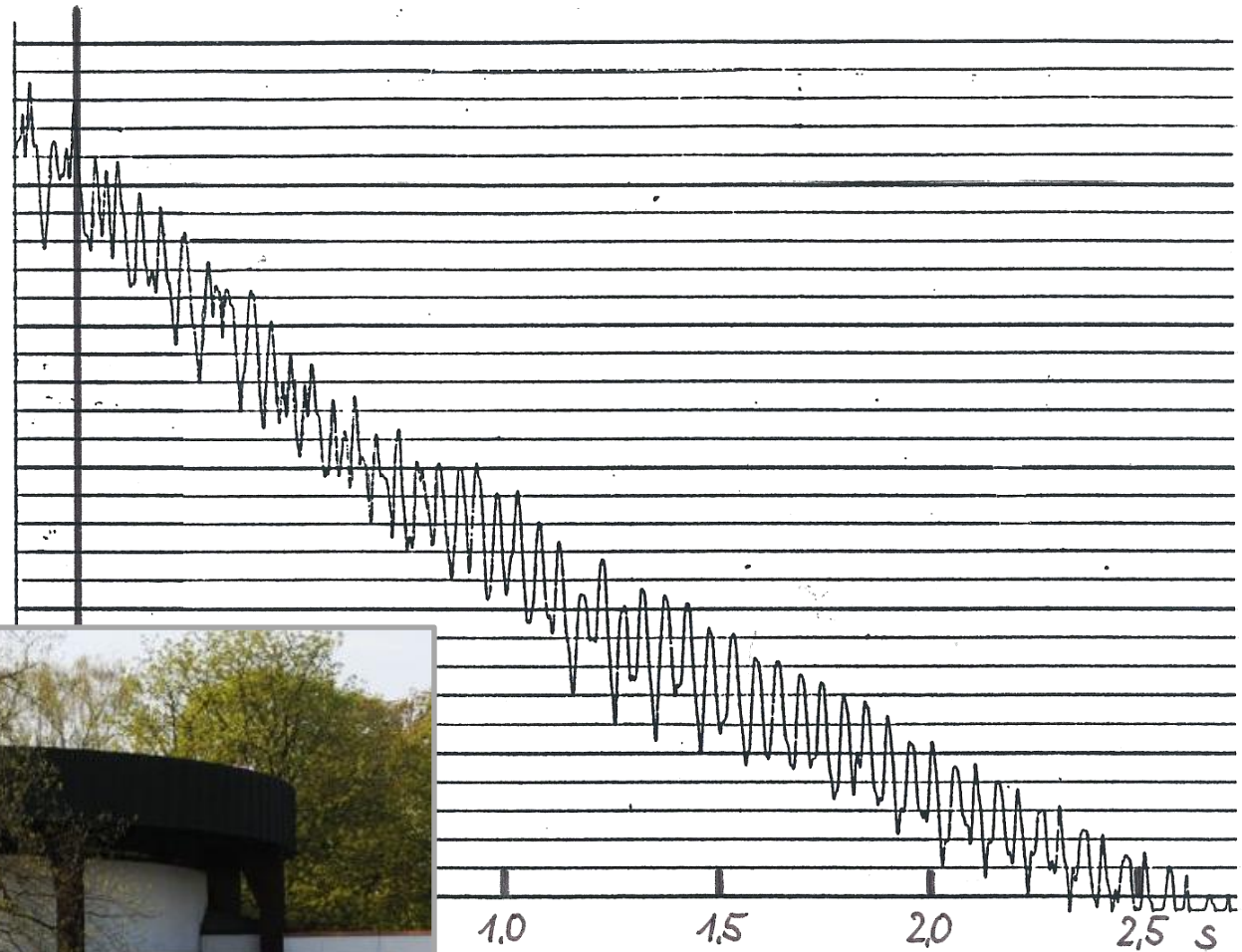
2,5 s

50 Echos

0,05 s/Echo

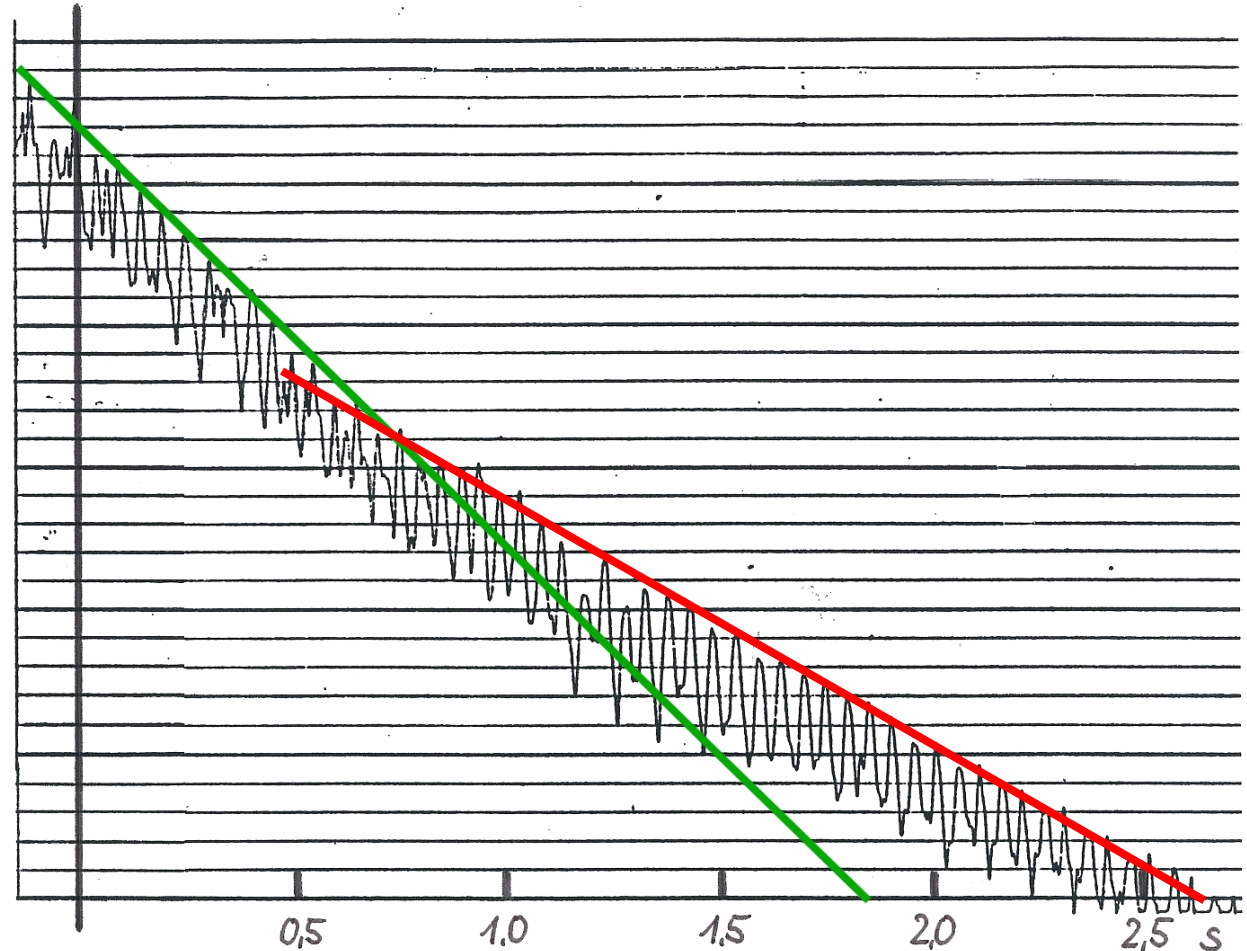
340 m/s

17 m Abstand



Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

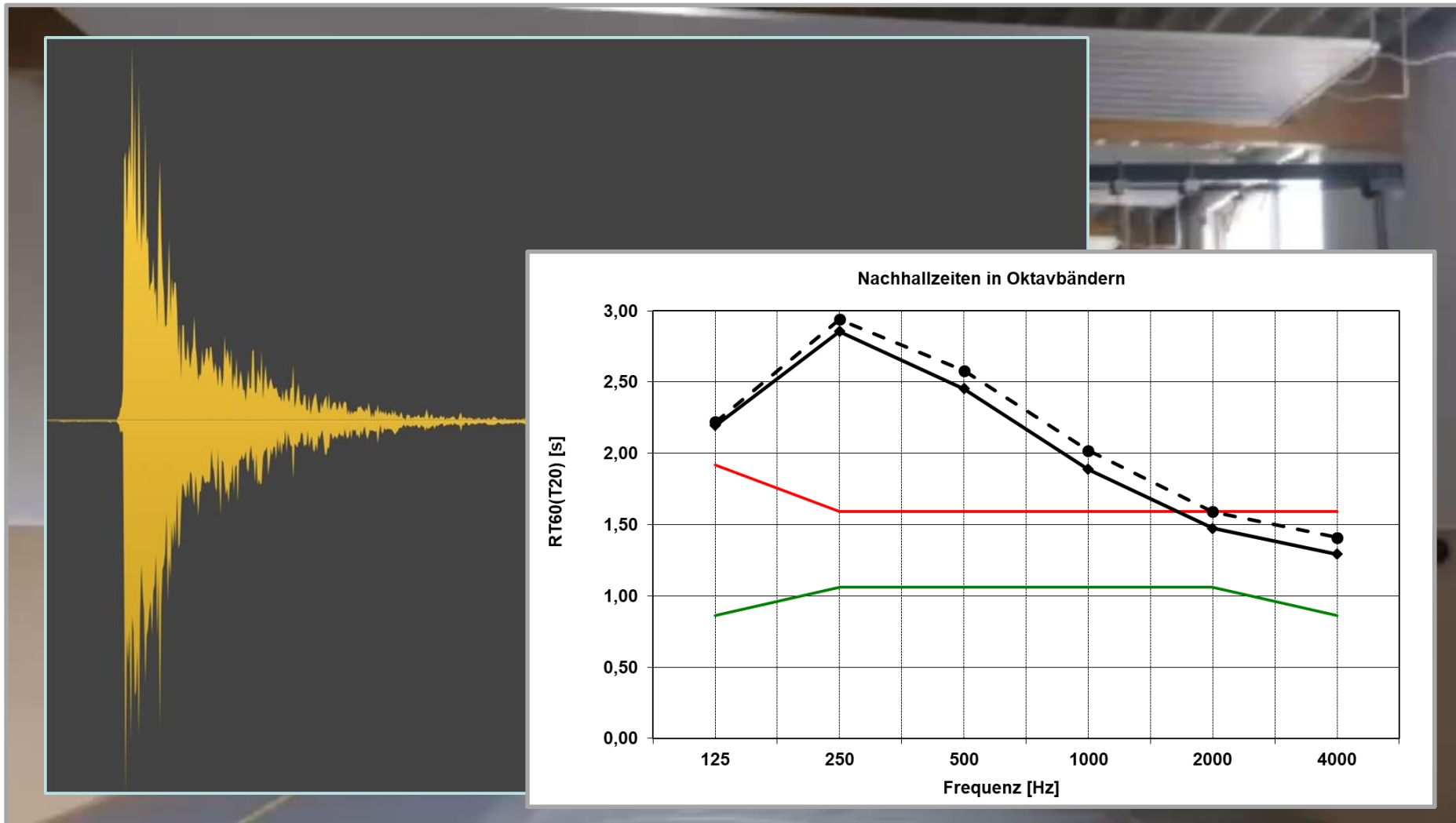
zwei
verschiedene
Kurven-
Steigungen:
gekoppelte
Räume



Sporthalle mit Flutterechos



Sporthalle mit Flutterechos



Sporthalle ohne Flatterechos

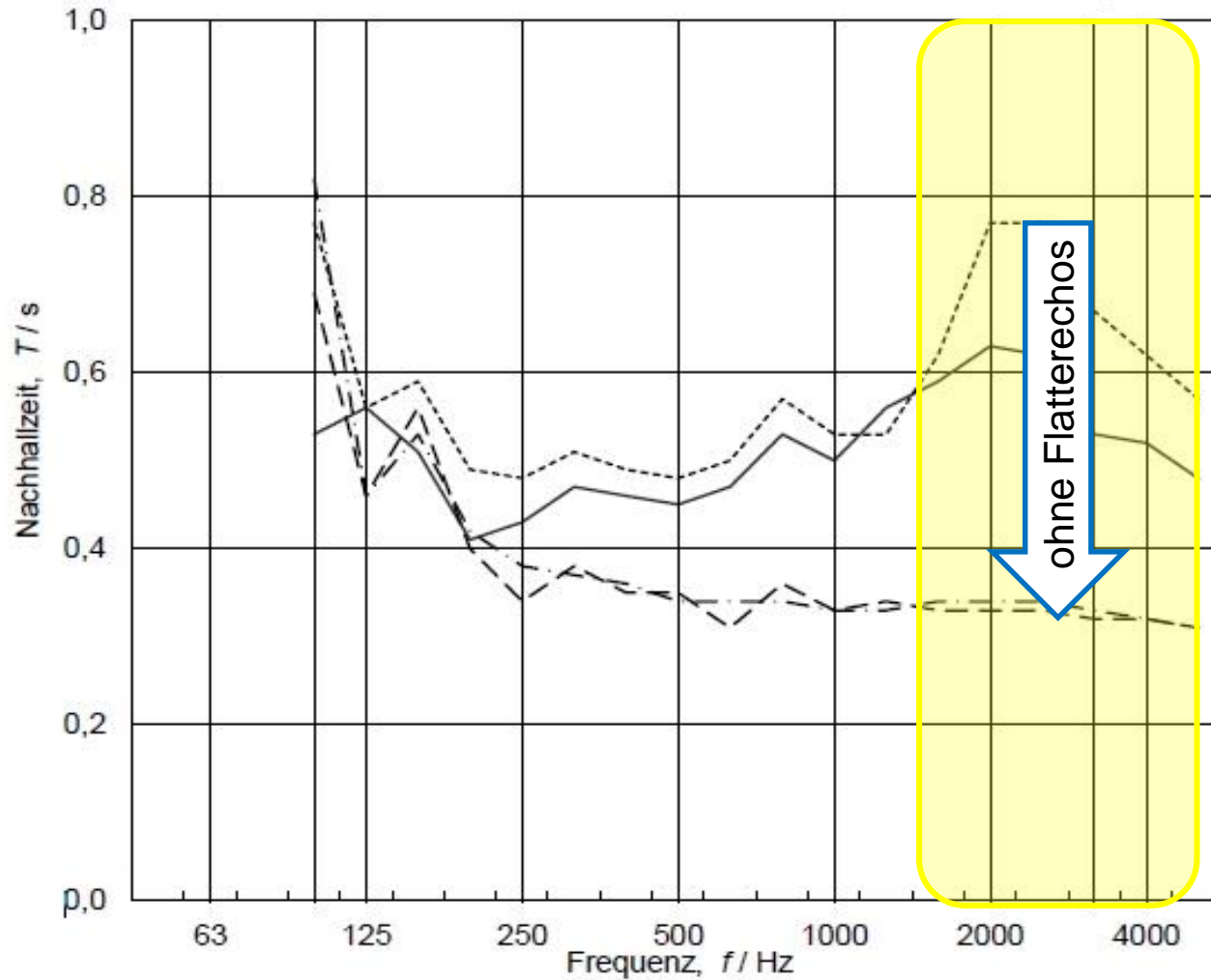


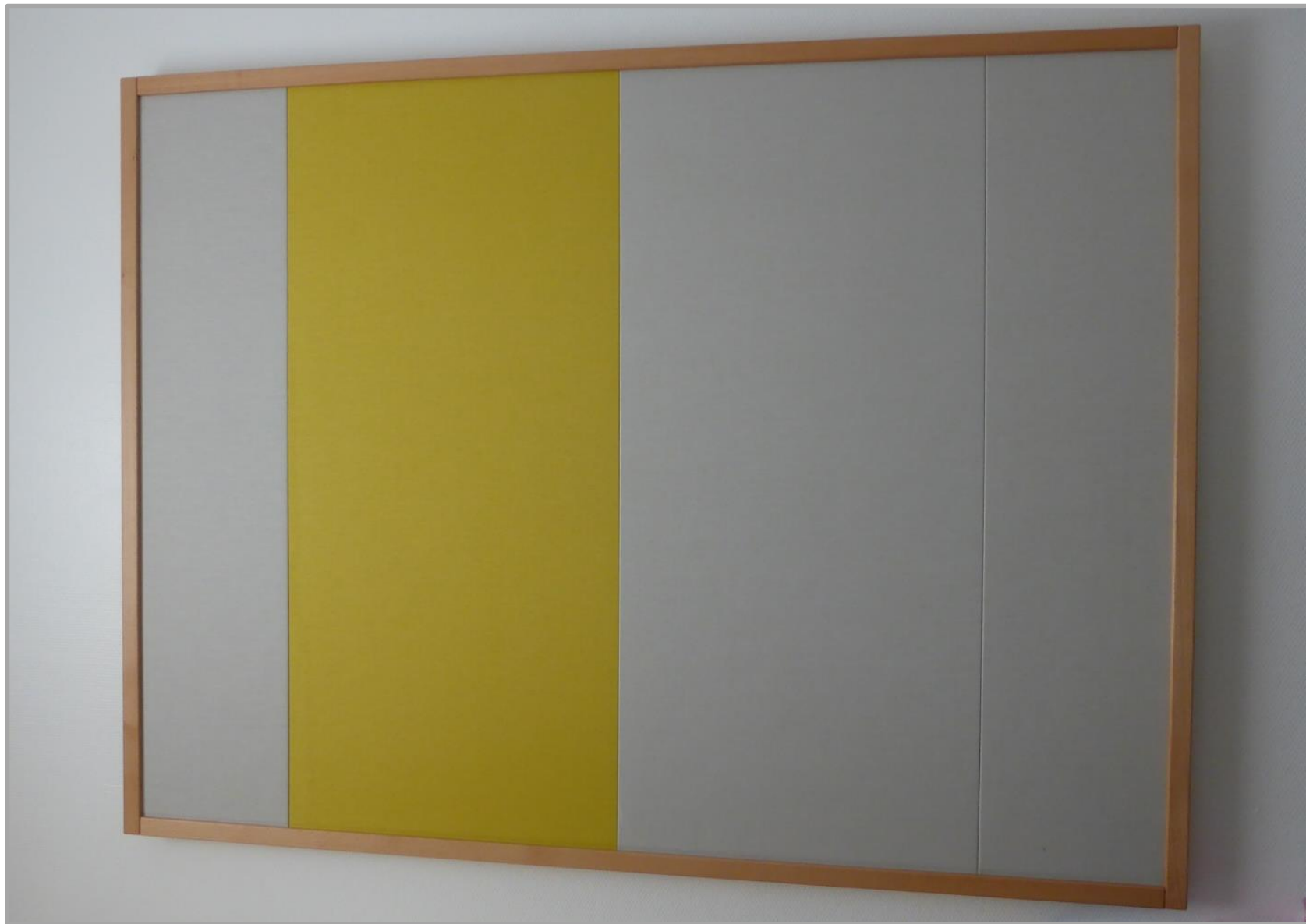
Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

Optisches Flatterecho:



Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel



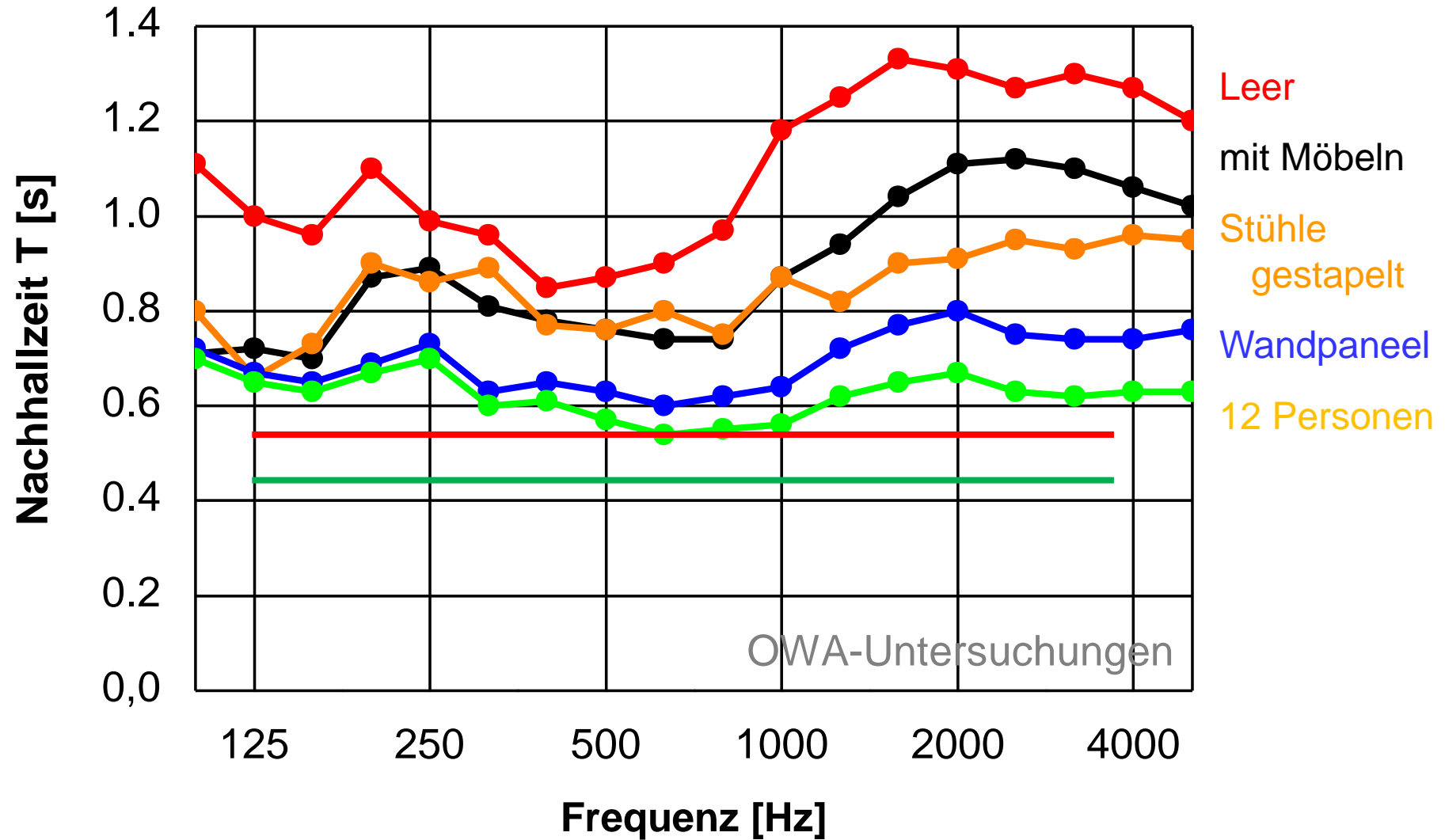


Optisches Flatterecho

Mit dem ersten Echo verschwinden auch die folgenden.



Helmut-von-Bracken-Schule in Gießen



Verbesserung der Diffusität



Verbesserung



Verbesserung der Diffusität

Leichtathletik-Trainingshalle Hamburg-Alsterdorf



131 m lang, 49 m breit, i. M. 7 m hoch, $V \approx 45.000 \text{ m}^3$

Verbesserung der Diffusität



Definition von Barrierefreiheit nach BGG §2 (3):

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 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

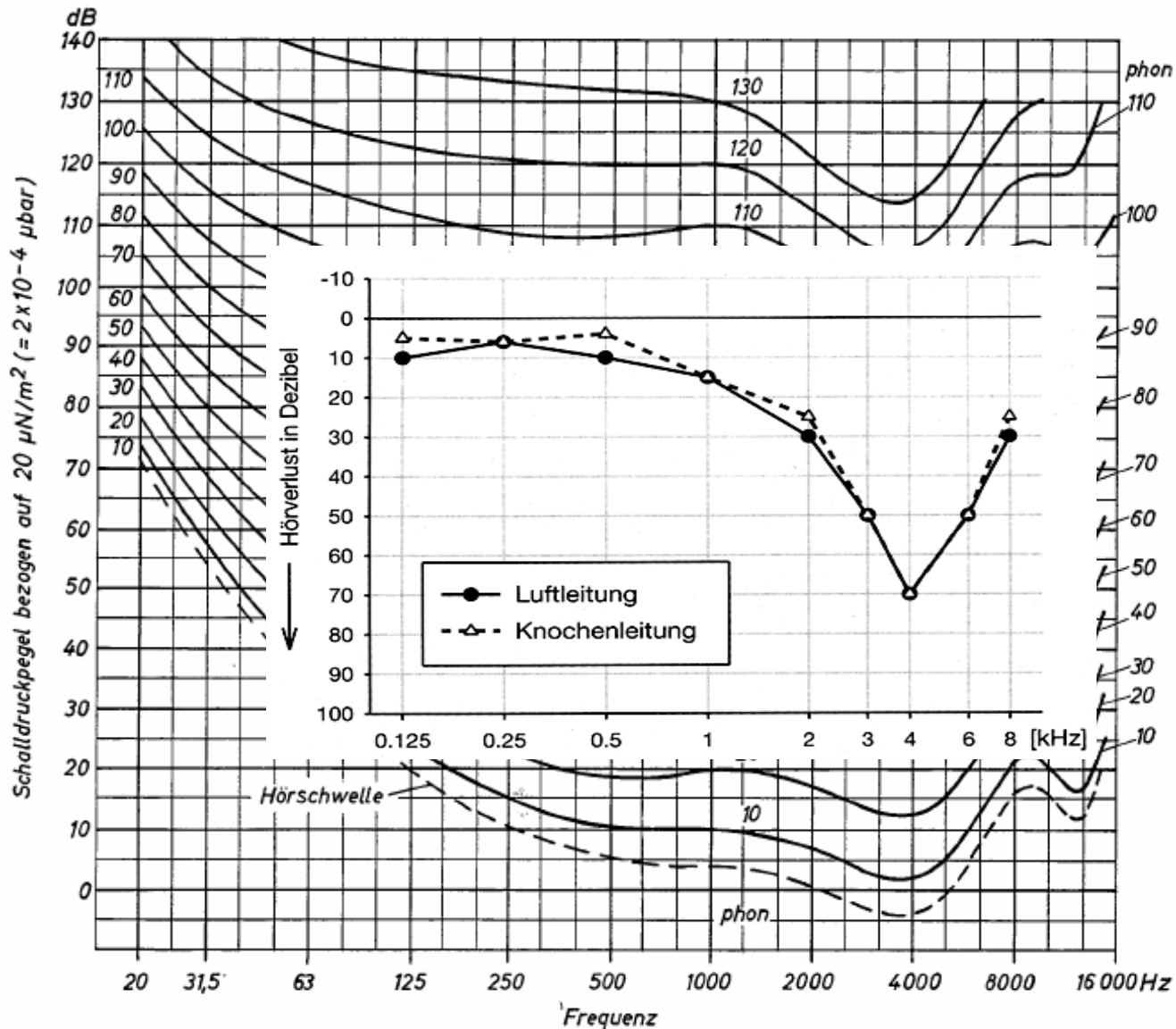
Die Luft in einem abgestimmten Hohlraum schwingt gegenphasig zu der einfallenden Schallwelle.

→ Einzelfrequenz,
sehr selektiv,
selten anwendbar



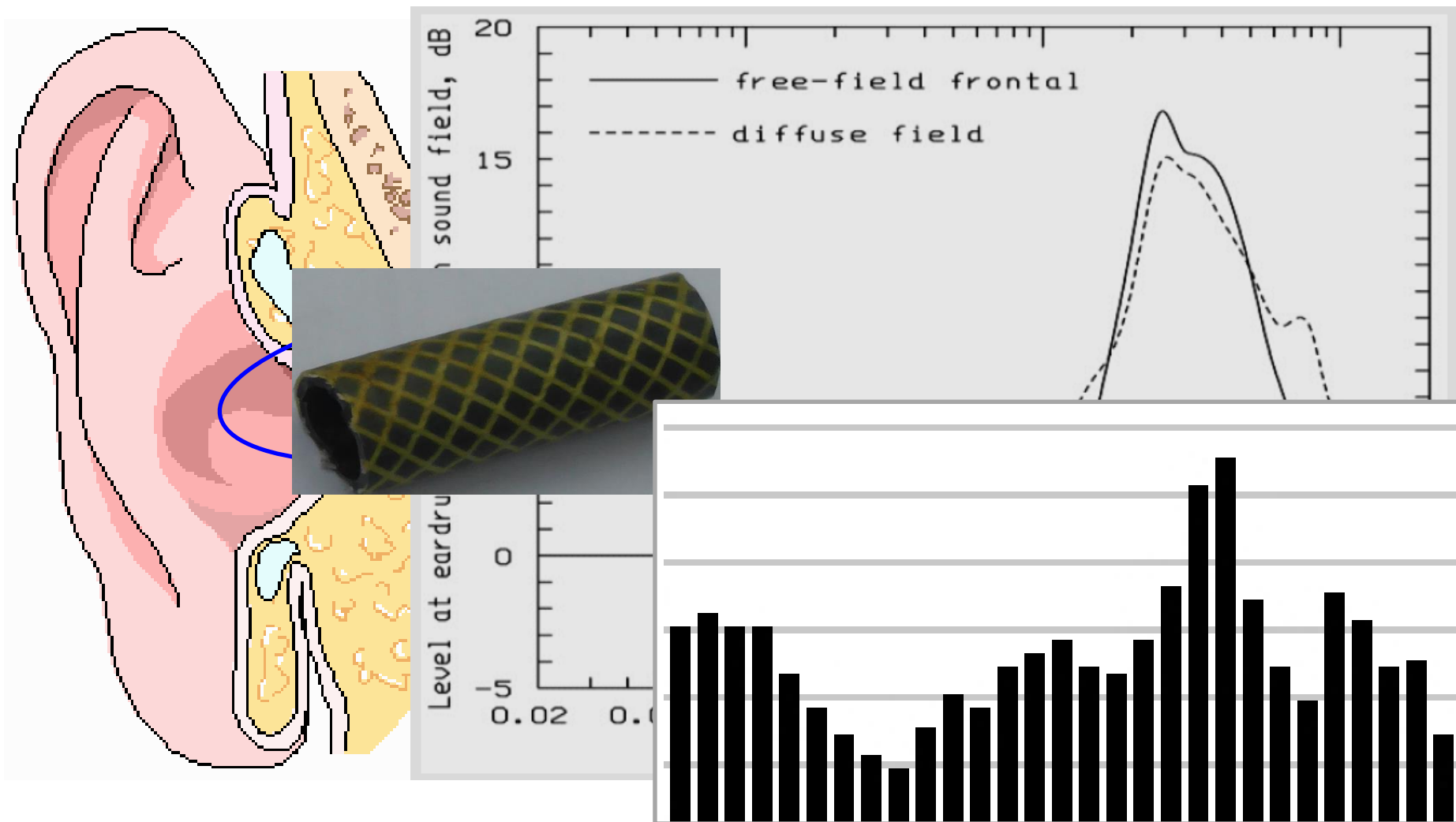
Lärm-Schwerhörigkeit

Starker Hörverlust
bei 4.000 Hz,
sog. c⁵-Senke



Woher kommt diese große Empfindsamkeit?

Sie ist eine Resonanz des äußeren Gehörgangs.



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

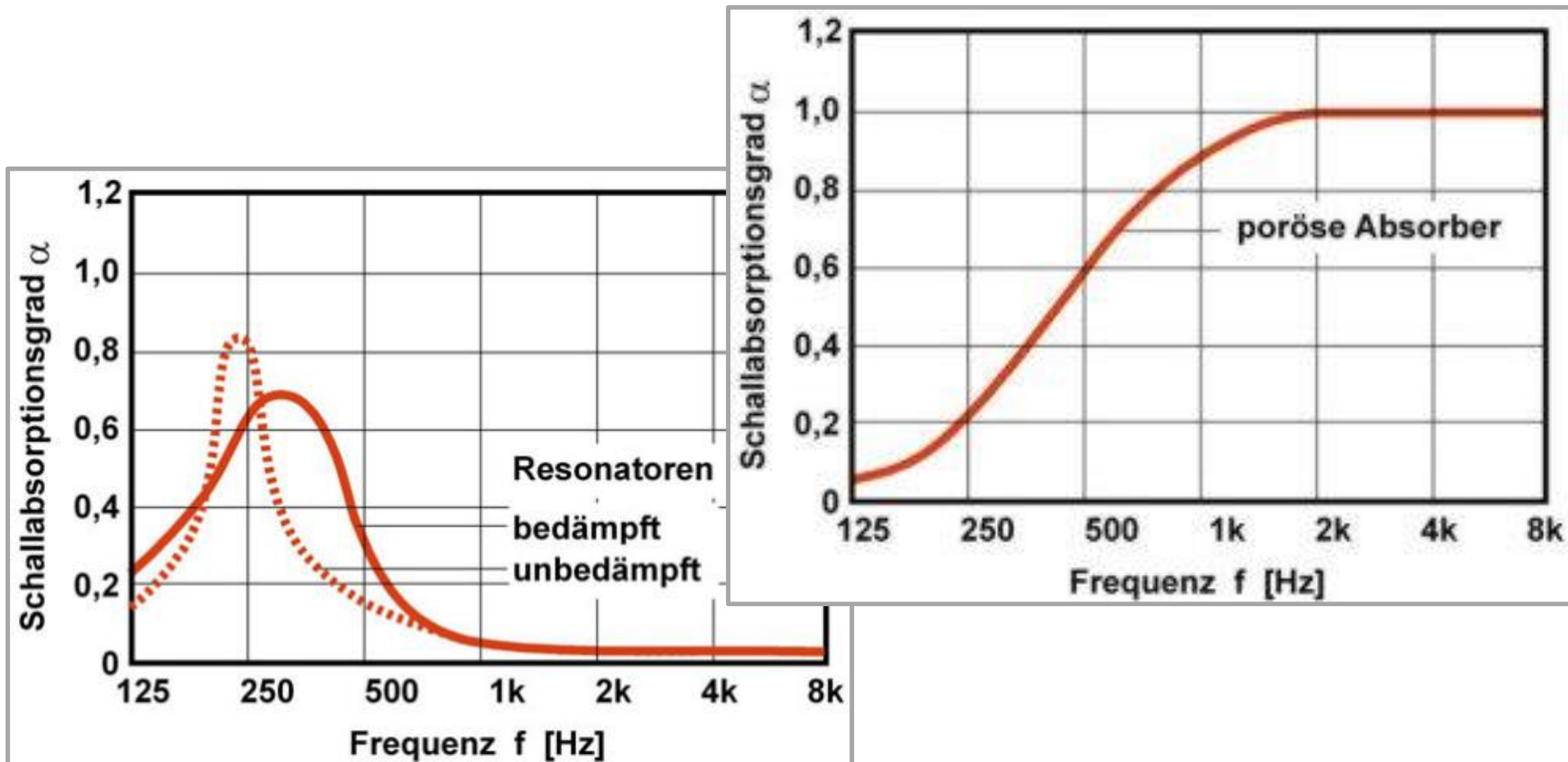
3. **Strömungs-Absorber**

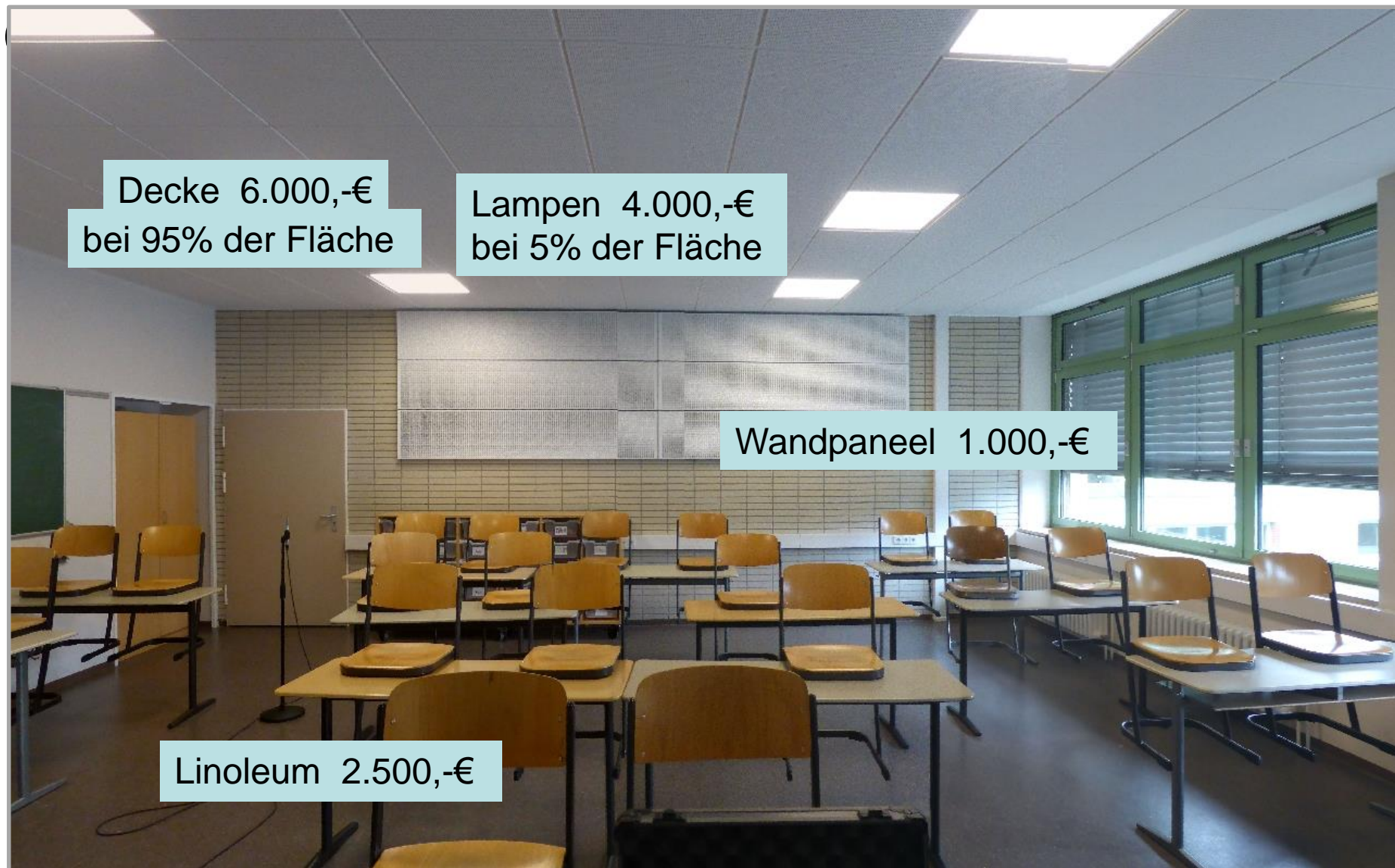
Die bewegte Luft reibt sich an dem „Gerüst“ einer offenporigen Struktur, z.B. offenporiger Schaumstoff.

→ breitbandig
wirksam,
vorrangig
mittlere und
hohe Töne



Resonanzabsorber \leftrightarrow Strömungsabsorber



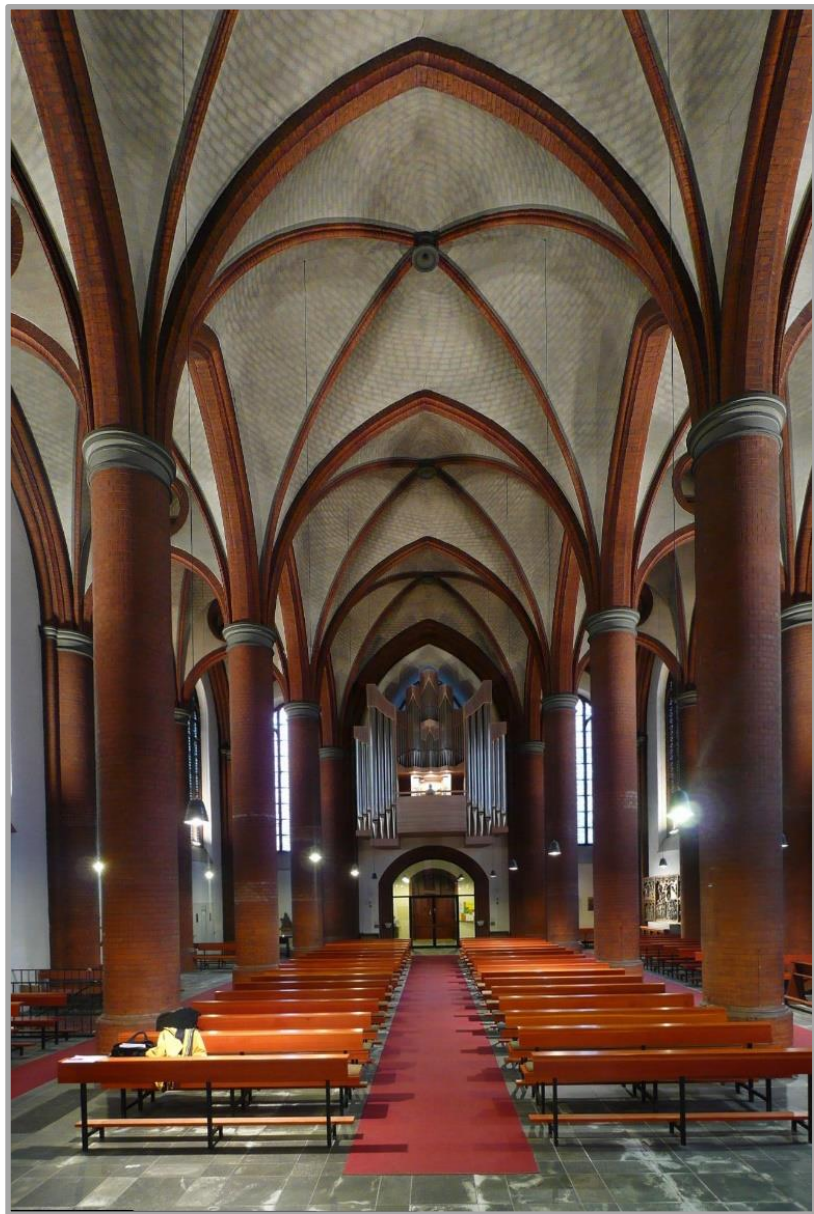


Decke 6.000,-€
bei 95% der Fläche

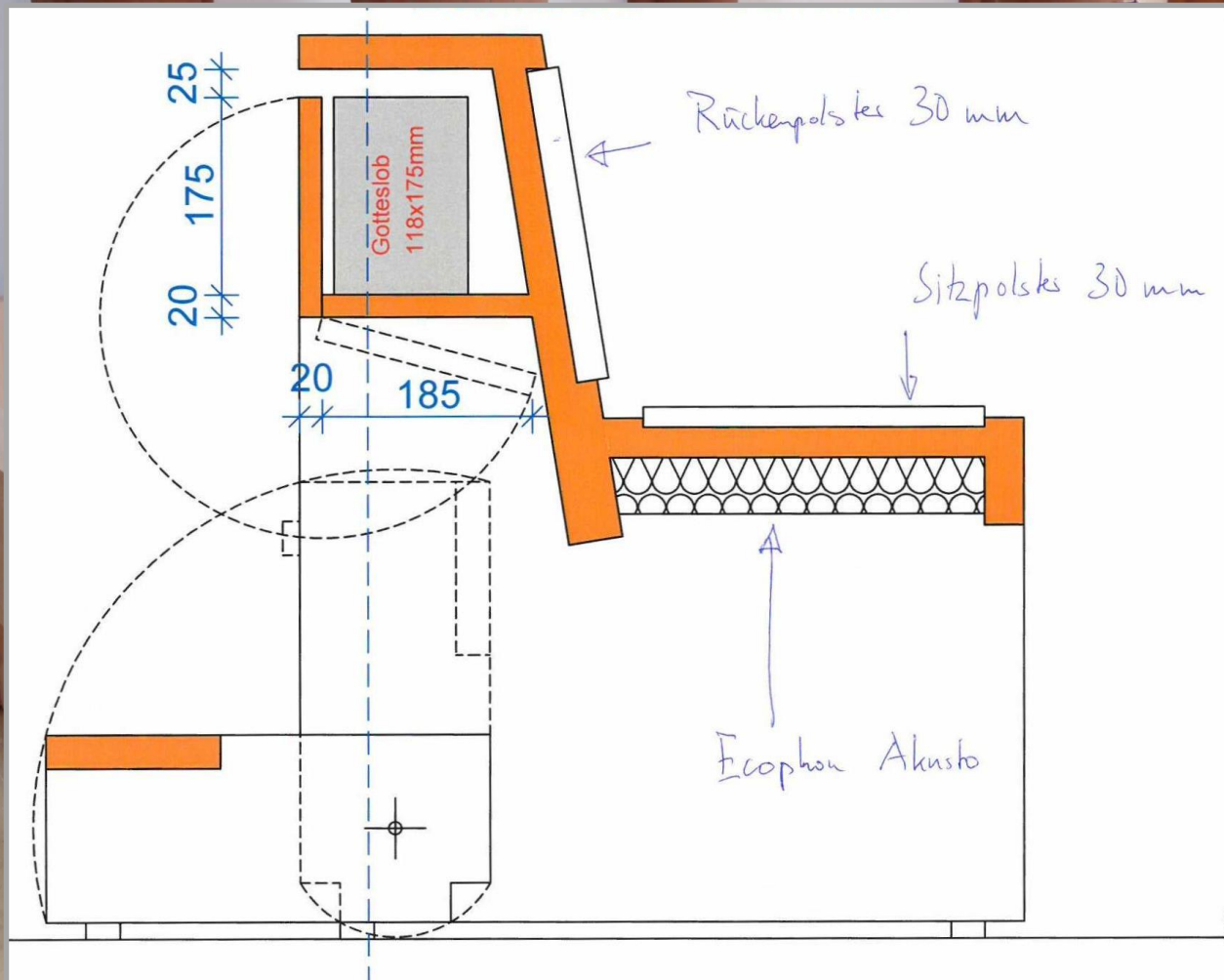
Lampen 4.000,-€
bei 5% der Fläche

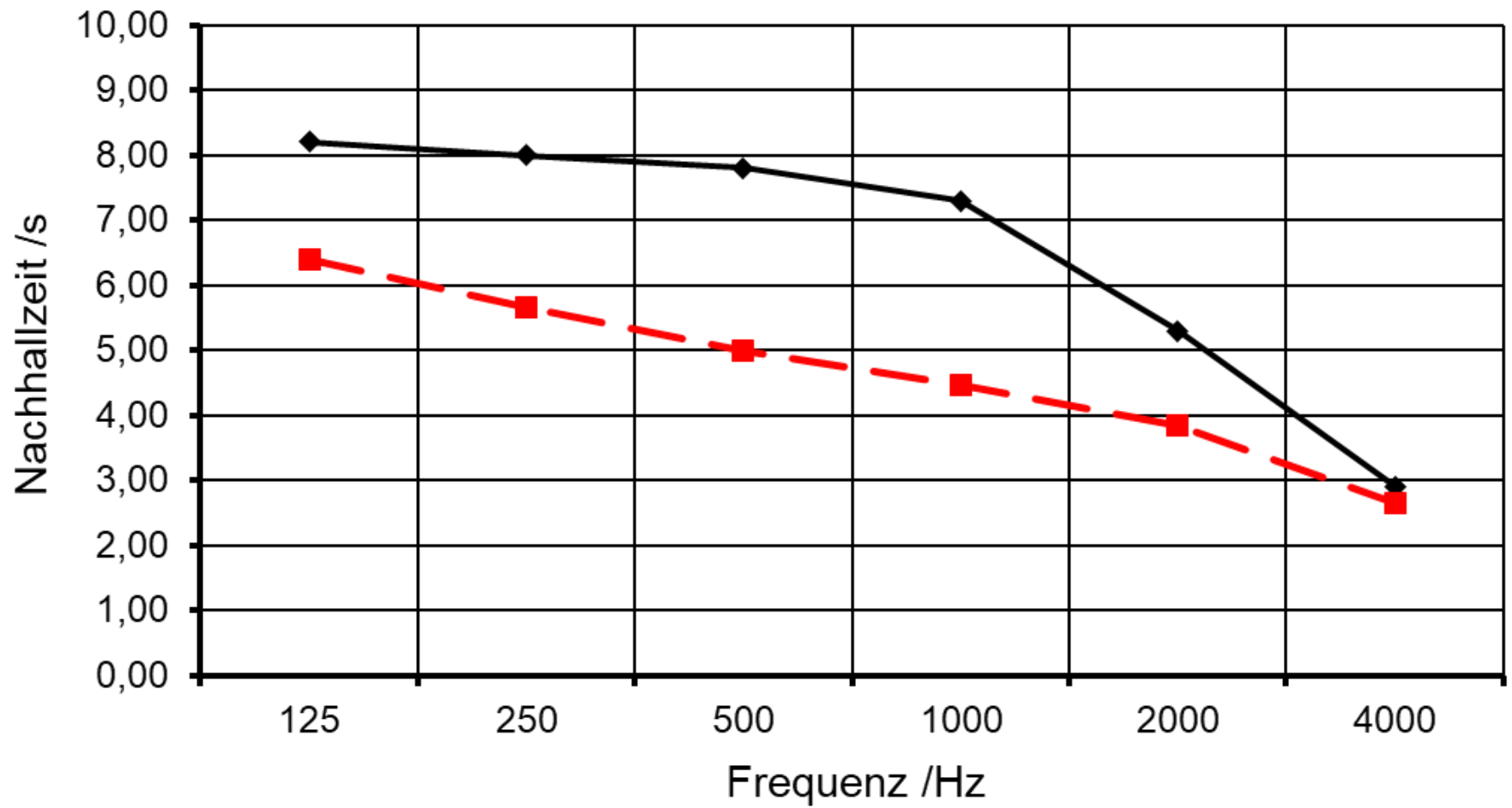
Wandpaneel 1.000,-€

Linoleum 2.500,-€



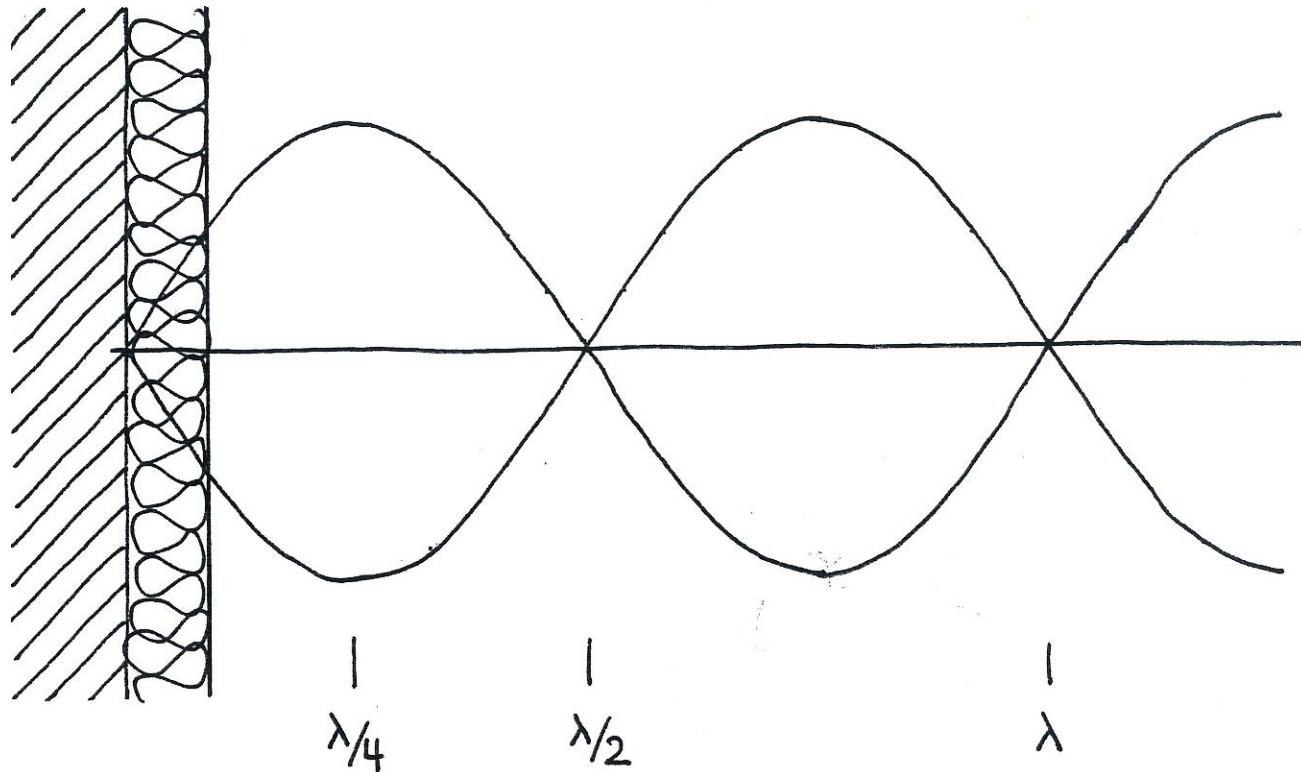






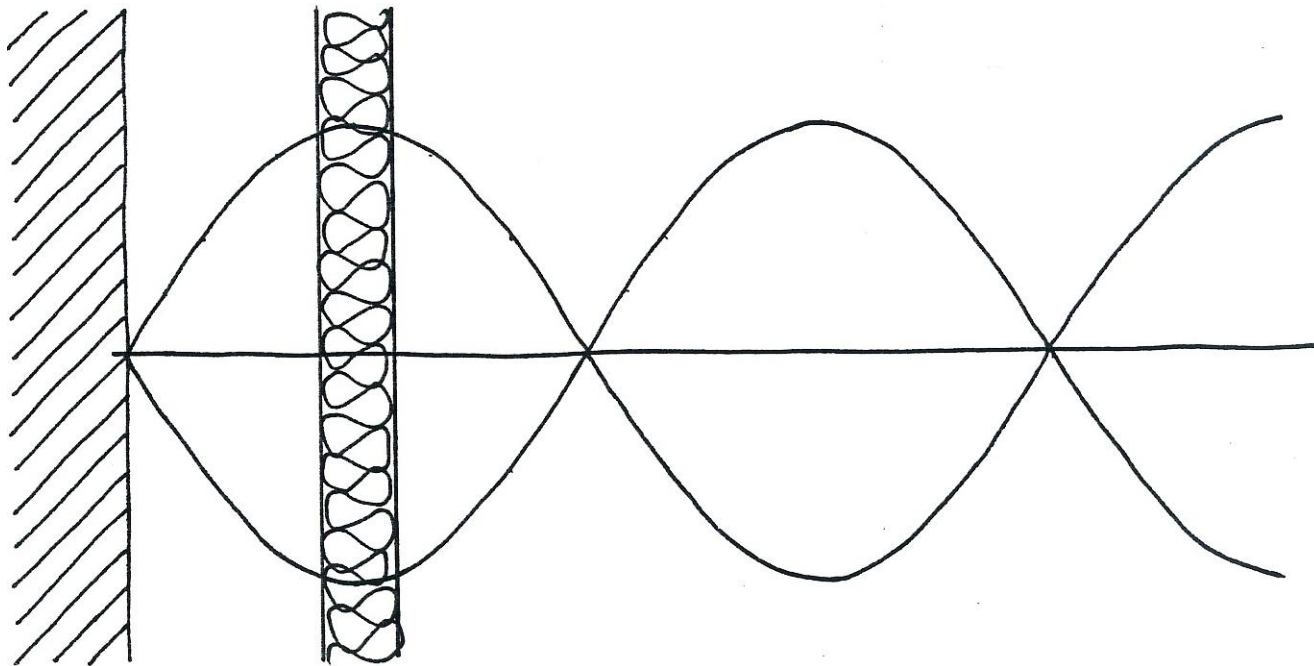
Was kann man zur Verbesserung tun?

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



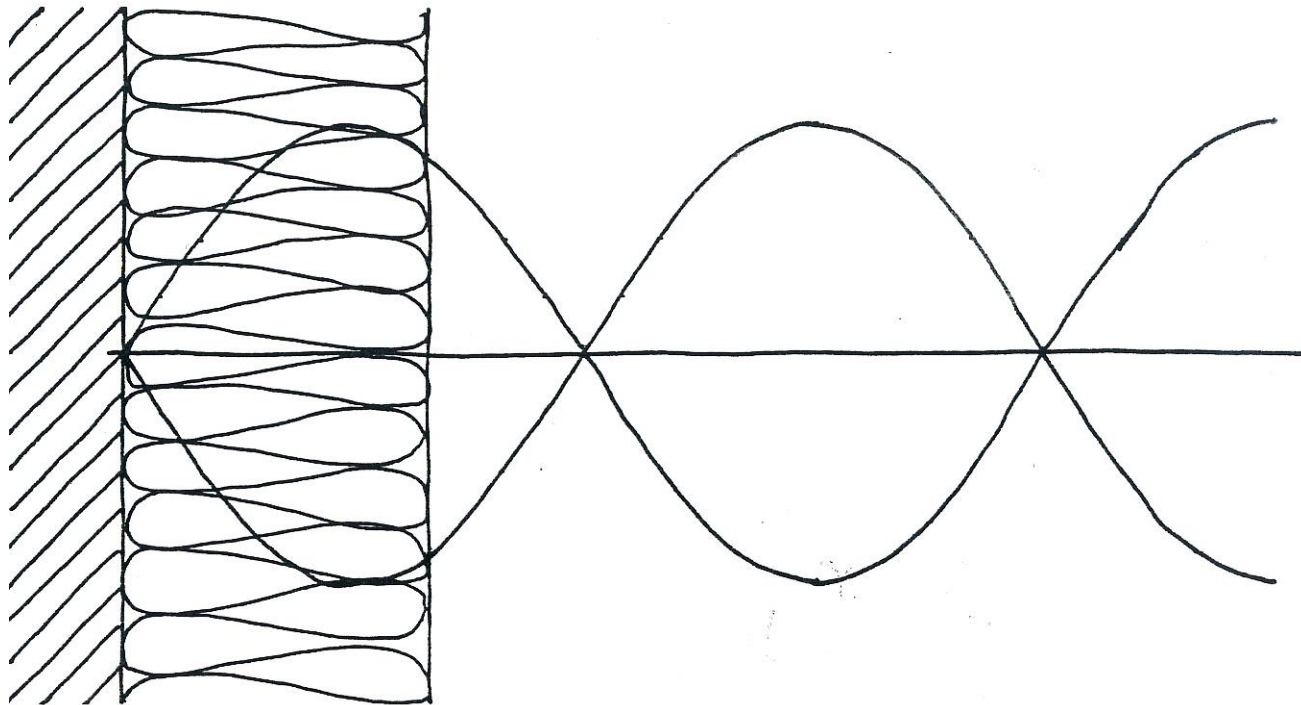
Was kann man zur Verbesserung tun?

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



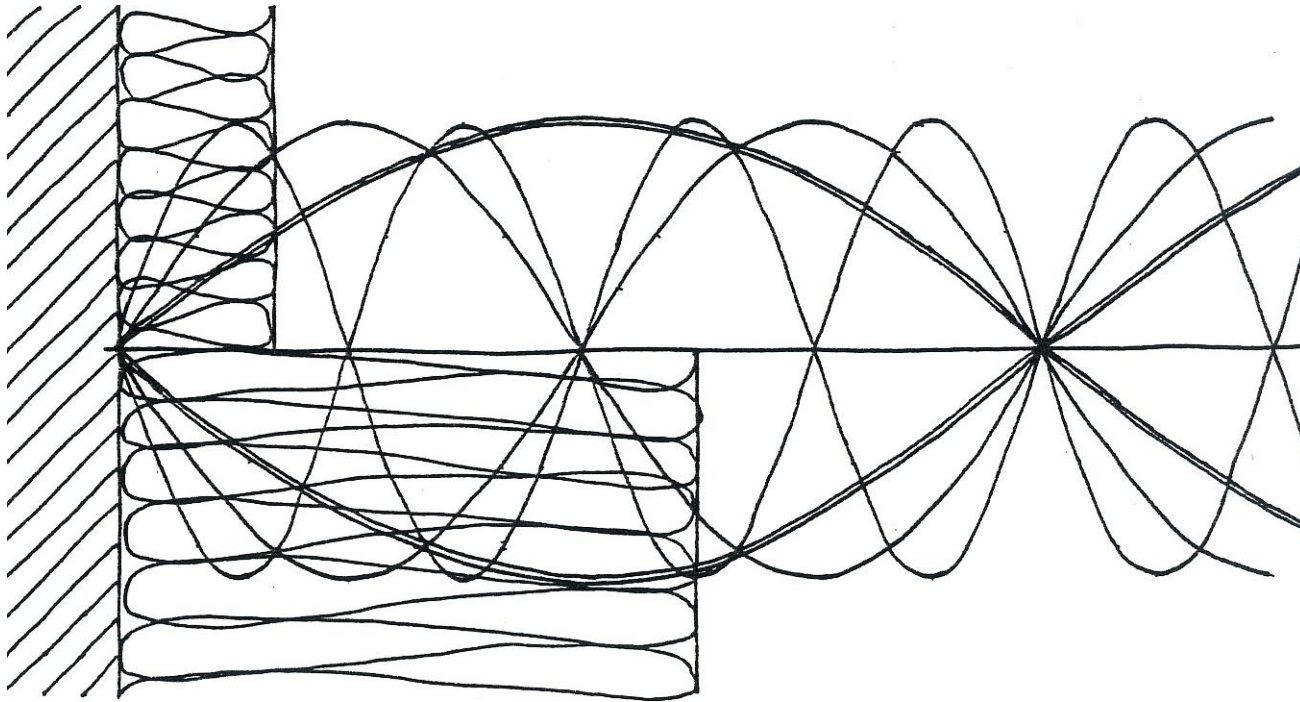
Was kann man zur Verbesserung tun?

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

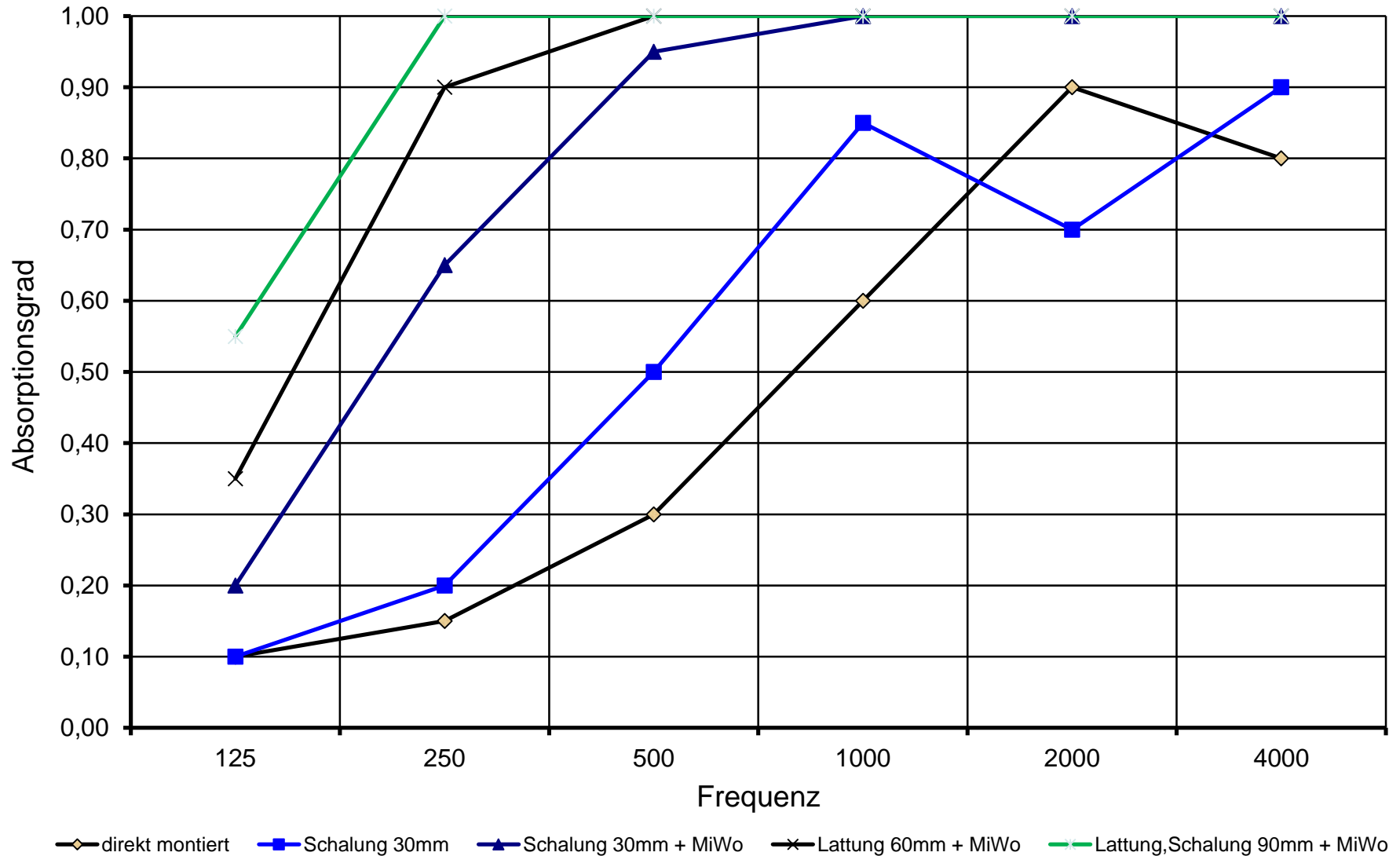


Was kann man zur Verbesserung tun?

Dickere Strömungsabsorber decken
einen großen Bereich der Wellenlängen ab:

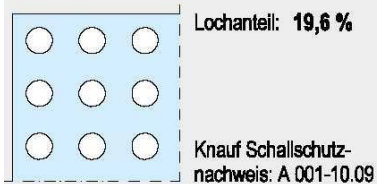


Holzwoleplatten, verschiedene Bauhöhen

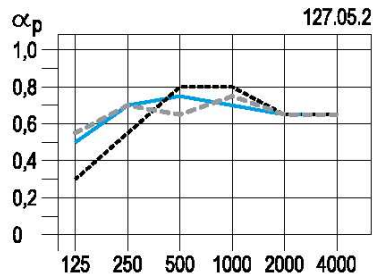


Gipskarton-Lochplatten mit Mineralwolle

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
-----	-----	------	-----	------	------

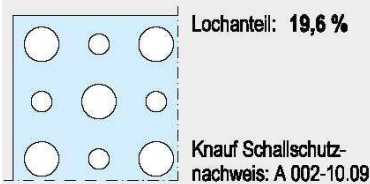
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: **C** (hoch absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p

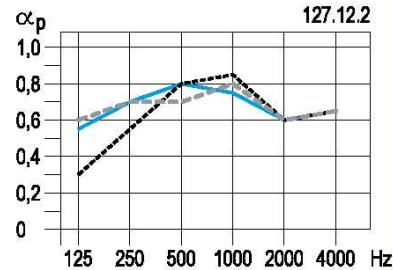
0,55	0,7	0,65	0,75	0,65	0,65
------	-----	------	------	------	------

 $\alpha_w = 0,70$ 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
------	-----	-----	------	-----	------

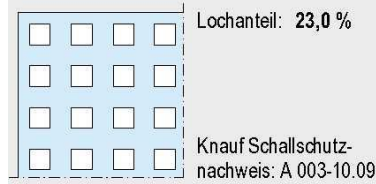
 $\alpha_w = 0,70$ Klasse: **C** (hoch absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p

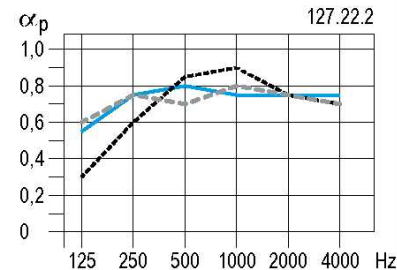
0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,65
-----	-----	-----	-----	-----	------

 $\alpha_w = 0,70$ 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
------	------	-----	------	------	------

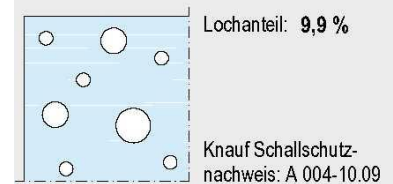
 $\alpha_w = 0,80$ Klasse: **B** (höchst absorbierend)

Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p

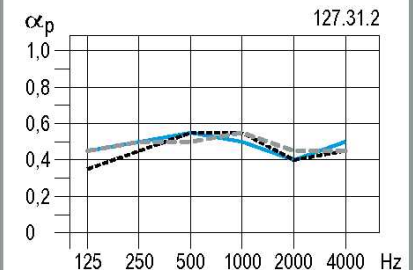
0,6	0,75	0,7	0,8	0,75	0,7
-----	------	-----	-----	------	-----

 $\alpha_w = 0,75$ 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

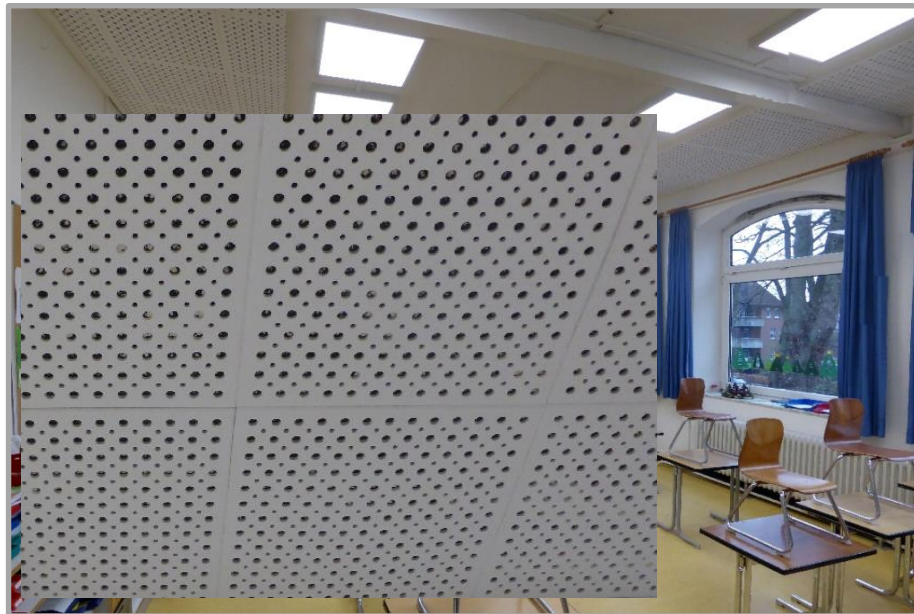
0,45	0,5	0,55	0,5	0,4	0,5
------	-----	------	-----	-----	-----

 $\alpha_w = 0,50$ Klasse: **D** (absorbierend)

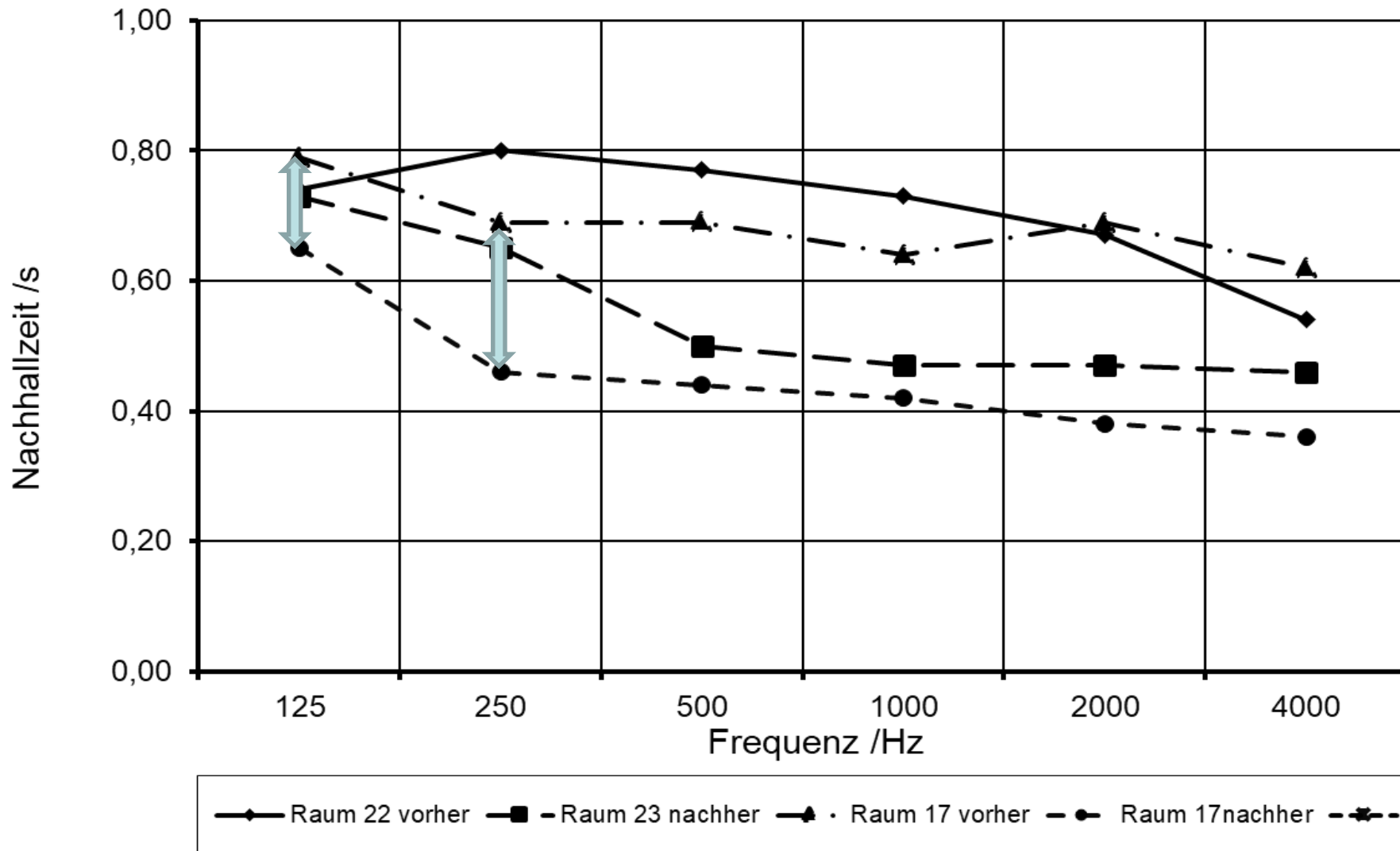
Konstruktionstiefe 400 mm -----
 α_p

0,45	0,5	0,5	0,55	0,45	0,45
------	-----	-----	------	------	------

 $\alpha_w = 0,50$ Klasse: **D** (absorbierend)



Vergleich der Nachhallzeiten vorher / nachher



Versuch einer Zusammenfassung



Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden

Aus dem Brief eines OHRthopäden:

In den neugebauten Praxisräumen profitieren alle – Patienten (vor Allem ältere), Angehörige, Mitarbeiter **und ich als Arzt** – von den guten Schall-Qualitäten.

Hierbei sind vor allem die Schallschluckdecken und Teppiche als Änderungen gegenüber den alten Räumen zu nennen.

Bisher hatten wir Betondecken und an den Wänden Raufaser-Tapeten.

Sehr häufig kam es **zu Nachfragen seitens der Patienten** oder deren Angehörigen, sicherlich aber **auch zu Missverständnissen meinerseits.**

„Ein Behandlungsraum ohne Akustikdecke
ist jetzt für mich
wie ein OP ohne OP-Leuchte.“

Räume ohne Hör-Barrieren (Reihenfolge beachten)

- Baulicher Schallschutz (Geräusche von außen)
- Lärminderung (Störgeräusche im Raum)
Lüftungsanlage, Beamer, Teppichboden
- Raumakustik (Verständlichkeit des Sprechers)
mit Decke und Wandpaneel
- Beleuchtung (Sichtbarkeit des Sprechermundes)
- Möblierung (Sichtbarkeit aller Sprecher)
- Elektroakustik (Hörunterstützungsanlagen)
- ggf. **Gebärdensprache** und **Schrift**dolmetschung
- **Notrufe und Alarmierungen (2-Sinne-Prinzip)**

Wissenschaft $\leftarrow \rightarrow$ Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

Erkenntnisproblem

sondern nur ein

Umsetzungsproblem.

Christian Nocke, Vorsitzender
des Normenausschusses DIN 18041