



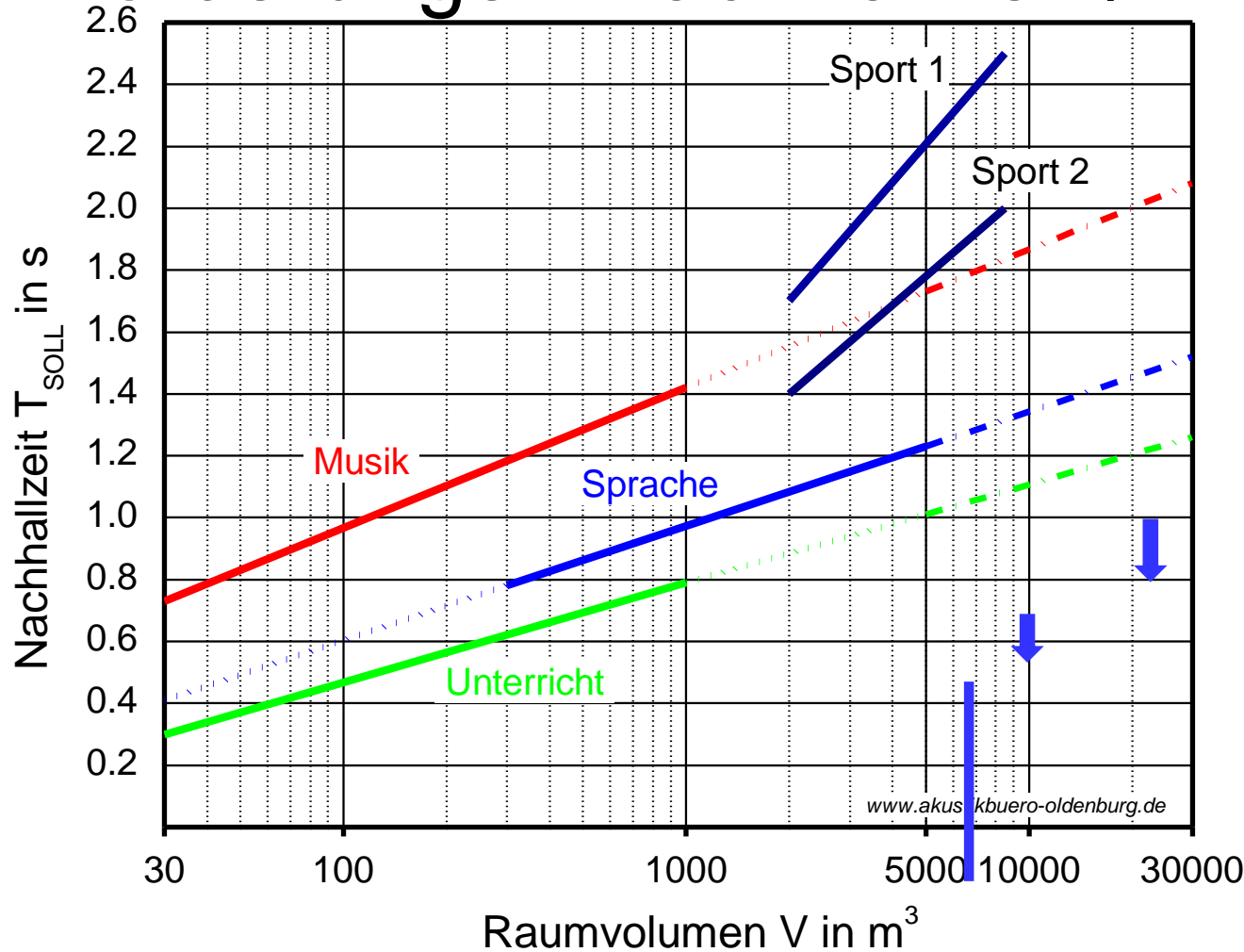
Barrierefreie Raumakustik in der Schule

Hörgeschädigte Kinder in Regelschulen
Neue Raumakustik-Norm DIN 18041

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



Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart



www.akusikbuero-oldenburg.de



Anforderungen Nachhallzeit / Nutzung 2016

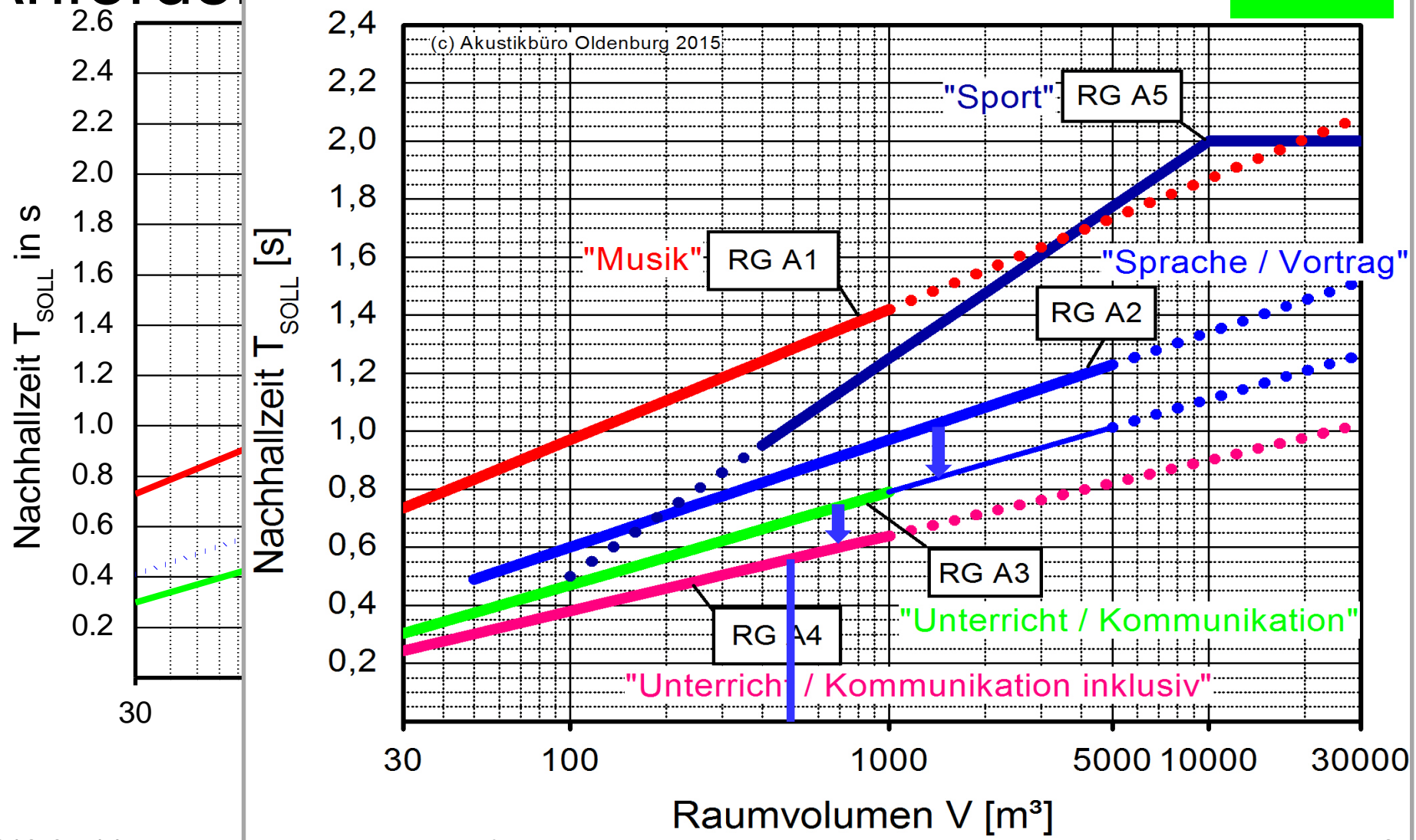


Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

Raum-Gruppe	Kurzbezeichnung und Beschreibung der Nutzungsart	Subjektive Wahrnehmung	Beispiele
RG A1	<p>Kurzbezeichnung: „Musik“</p> <p>Vorwiegend musikalische Darbietungen</p>	<p>Gute Hörsamkeit für unverstärkte Musik.</p> <p>Sprachliche Darbietungen sind nur mit gewissen Einschränkungen der Sprachverständlichkeit möglich.</p>	<p>Musikraum mit aktivem Musizieren und Gesang</p> <p>Aufführungsraum für klassische Musik</p>
RG A2	<p>Kurzbezeichnung: „Sprache / Vortrag“</p> <p>Sprachliche Darbietungen stehen im Vordergrund, in der Regel von einer (frontalen) Position.</p> <p>Gleichzeitige Kommunikation zwischen mehreren Personen an verschiedenen Stellen im Raum wird selten durchgeführt.</p>	<p>Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit.</p> <p>Musikalische Darbietungen werden in der Regel als zu transparent und klar empfunden, jedoch günstig für musikalische Probenarbeit.</p>	<p>Gerichts- und Ratssaal, Gemeindesaal, Versammlungsraum, Sport- und Schwimmhallen mit Publikum oder zeitweiser Nutzung als Versammlungsstätte</p> <p>Nicht geeignet für inklusive Nutzung</p>
RG A3	<p>Kurzbezeichnung: „Sprache / Vortrag inklusiv“</p> <p>Räume der RG A2 für Personen, die in besonderer Weise auf gutes Sprachverstehen angewiesen sind</p>	<p>Sprachliche Darbietungen einzelner Sprecher erzielen eine hohe Sprachverständlichkeit, auch für Personen mit Höreinschränkungen oder bei (z.B.) fremdsprachlicher Nutzung.</p>	<p>Gerichts- und Ratssaal, Gemeindesaal, Hörsaal, Versammlungsraum, Sport- und Schwimmhallen mit Publikum oder zeitweiser Nutzung als Versammlungsstätte</p> <p>Erforderlich für inklusive Nutzung^a</p>
	<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>

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 18041-20 Hörsäle

DEUTSCHE NORM
DIN 18041
März 2016
Ersatz für
DIN 18041:2004-05

ICS 17.140.01; 91.120.20

**Hörsamkeit in Räumen –
Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung**
Acoustic quality in rooms –
Specifications and instructions for the room acoustic design
Qualité acoustique dans les salles –
Spécifications et instructions pour la planification

129,80 €

Expertenlegexemplar
Nicht zur Weiterverbreitung und/oder kommerziellen Verwendung

Normenausschuss A...

Christian Nocke (Hrsg.)
Hörsamkeit in Räumen
Kommentar zu DIN 18041

62,00 €

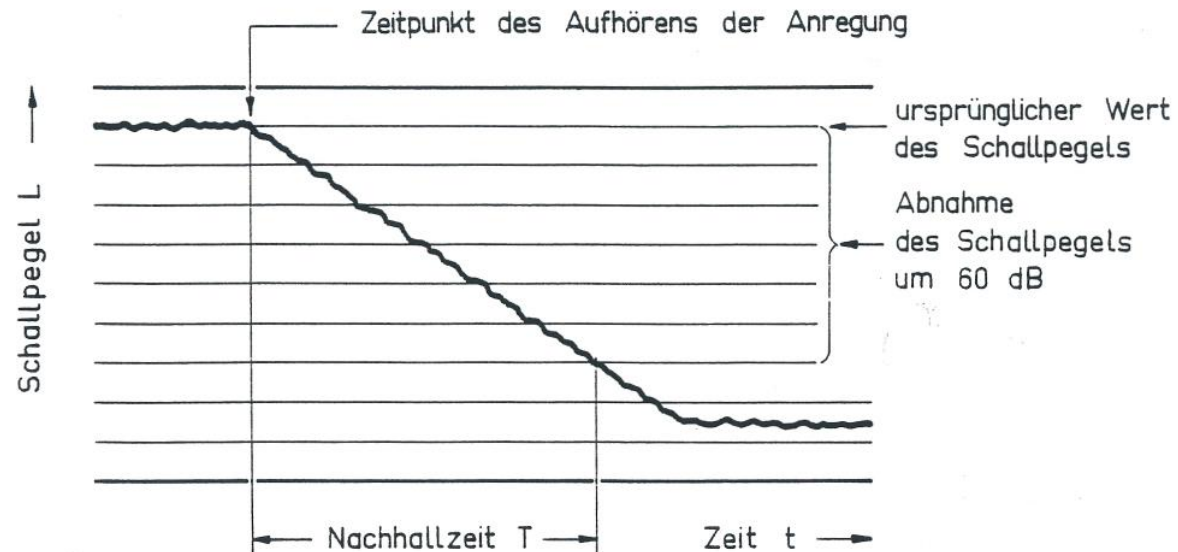
Beuth



DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

Definition der Nachhallzeit:

Die Nachhallzeit ist diejenige Zeitspanne, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB abnimmt.

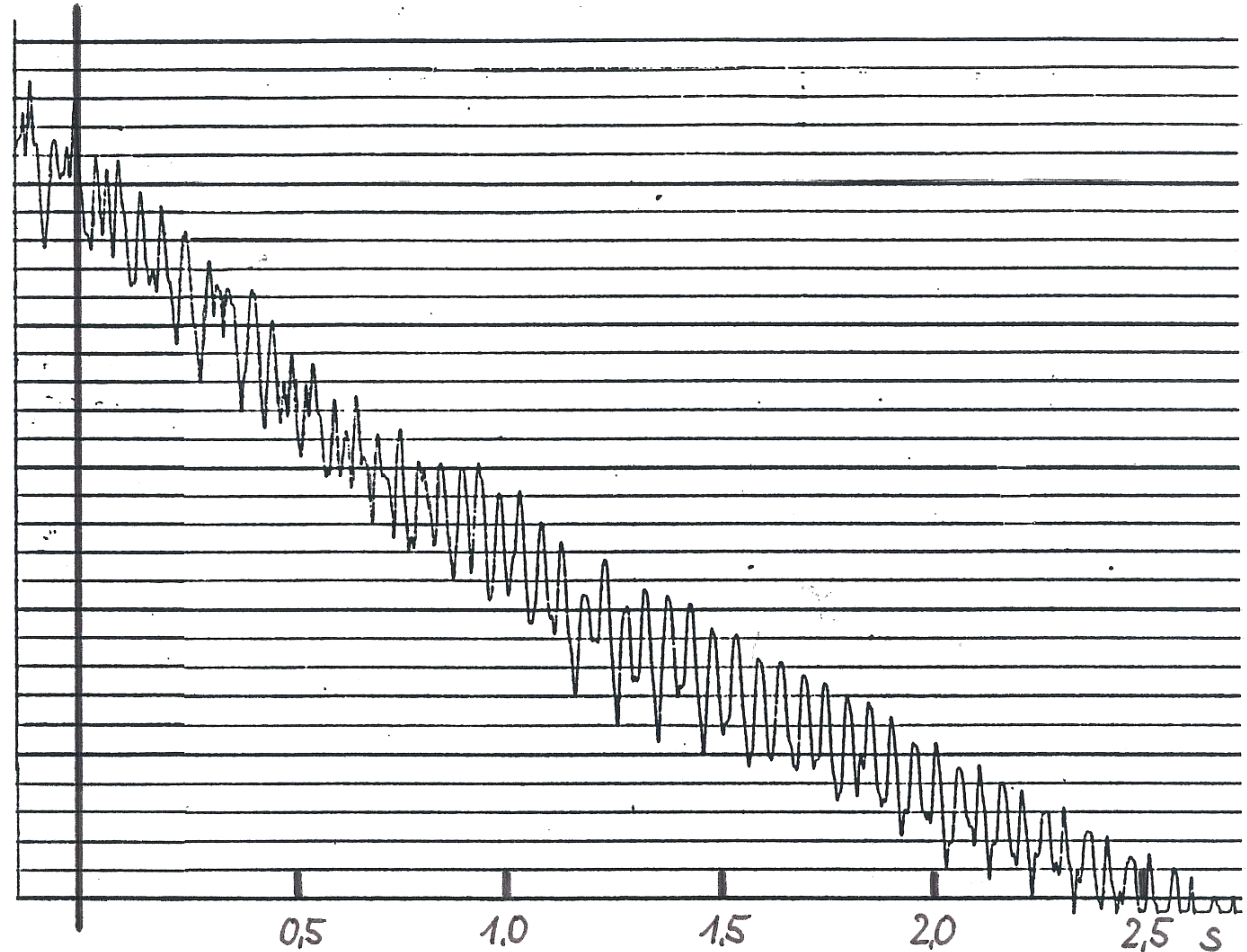


Definition und Messung der Nachhallzeit T



Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

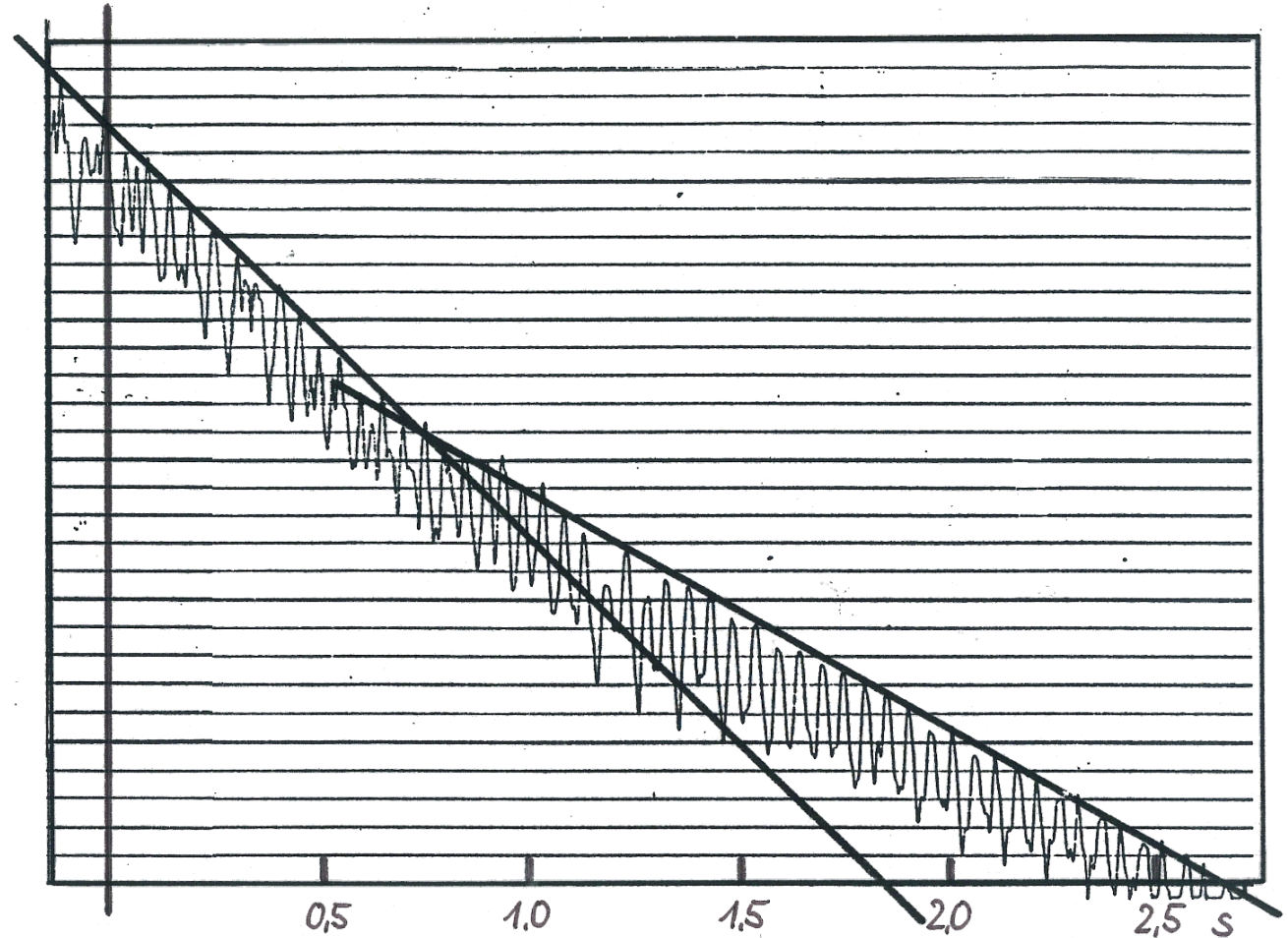
2,5 s
50 Echos
0,05 s/Echo
340 m/s
17 m Abstand





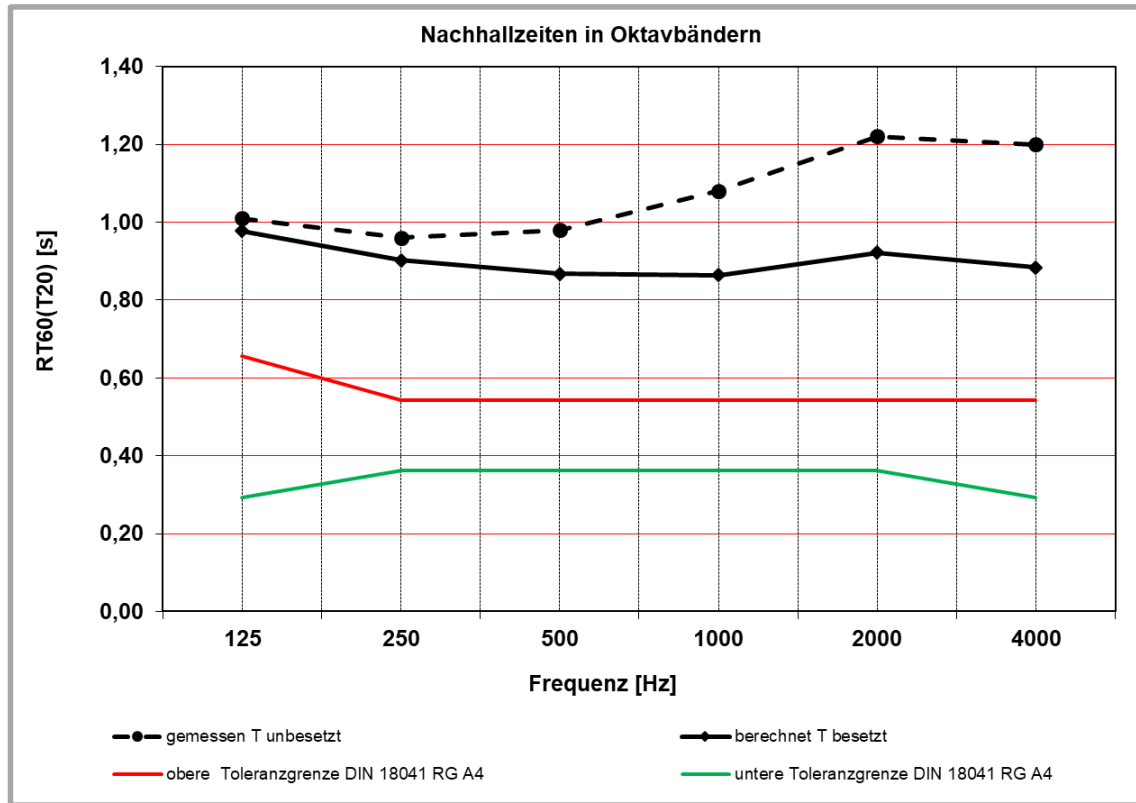
Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

zwei
verschiedene
Kurven-
Steigungen:
gekoppelte
Räume





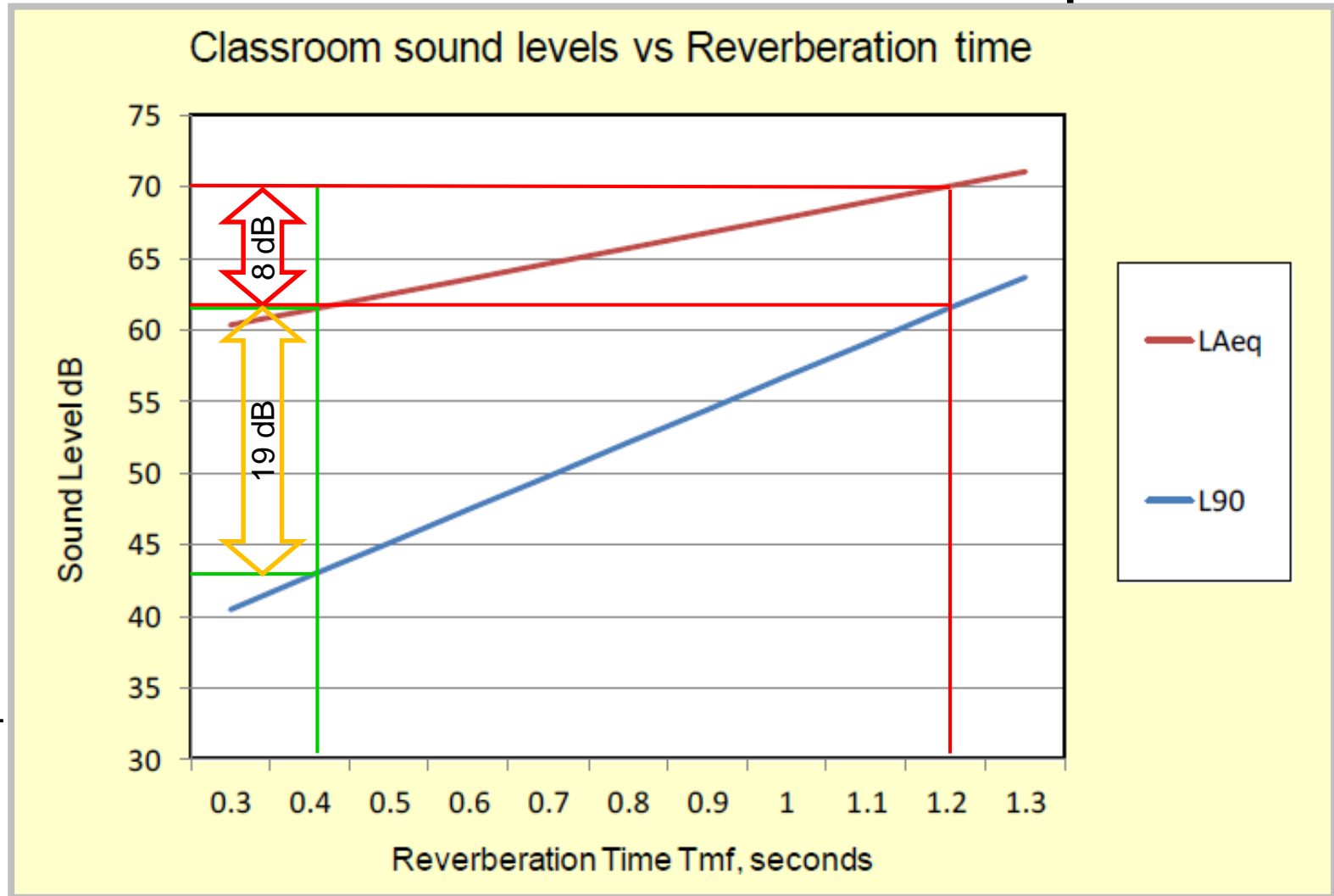
Umrechnung auf den besetzten Zustand



Demonstration des Excel-Berechnungsprogramms
mit den eigenen Messdaten



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.

reFeRATgeber 6

HÖRGESCHÄDIGTE KINDER IN REGELSCHULEN



Klassenraum-Akustik
Klassenraum-Gestaltung
Klassenraum-Organisation



Diese Broschüre wurde gedruckt
mit finanzieller Unterstützung der Firmen:



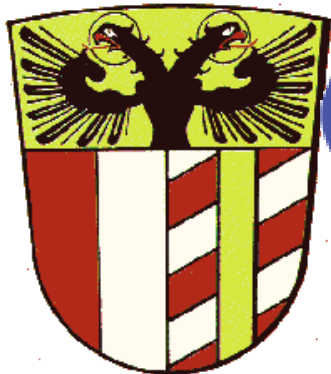
2. Auflage 2016-08
1. Auflage 2016-02

Weitergabe / Nachdruck gern gestattet

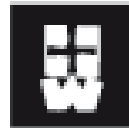
6. bis 10. Tausend
1. bis 5. Tausend
Belegexemplar an Verfasser erbeten



Förderzentrum Augsburg – Schwerpunkt Hören



hören
sprechen
gebärden



Regens Wagner



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 €**



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.

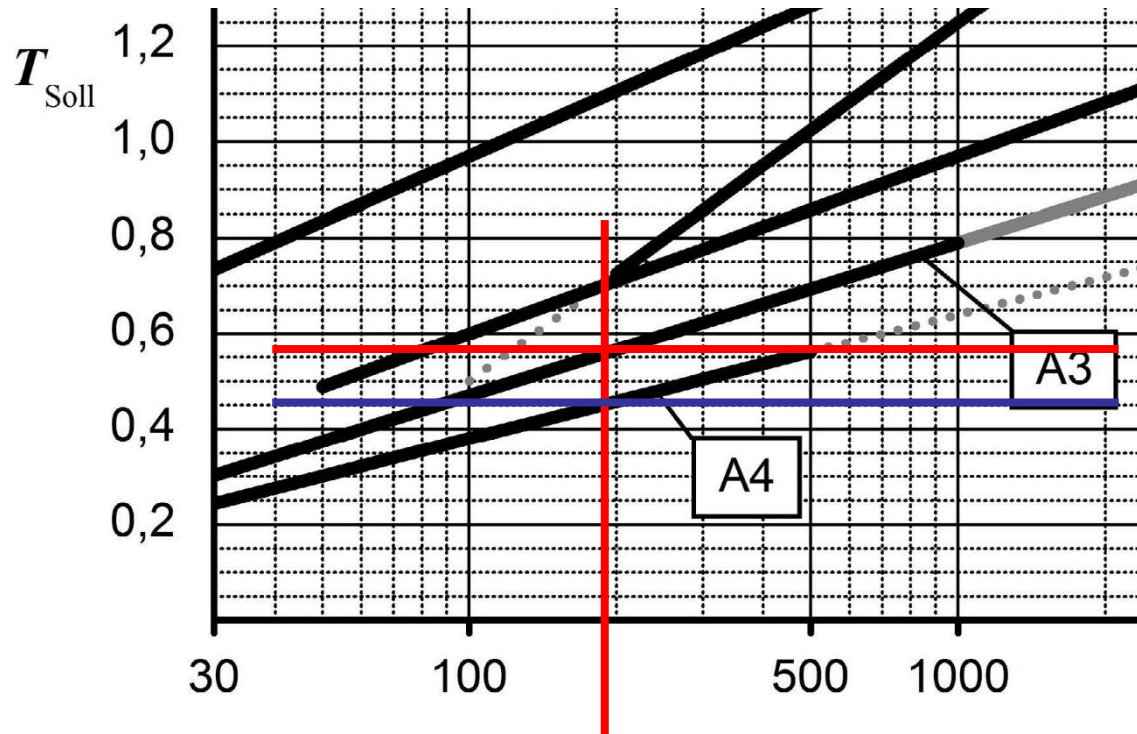
Baut endlich leise Klassen!



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:

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



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

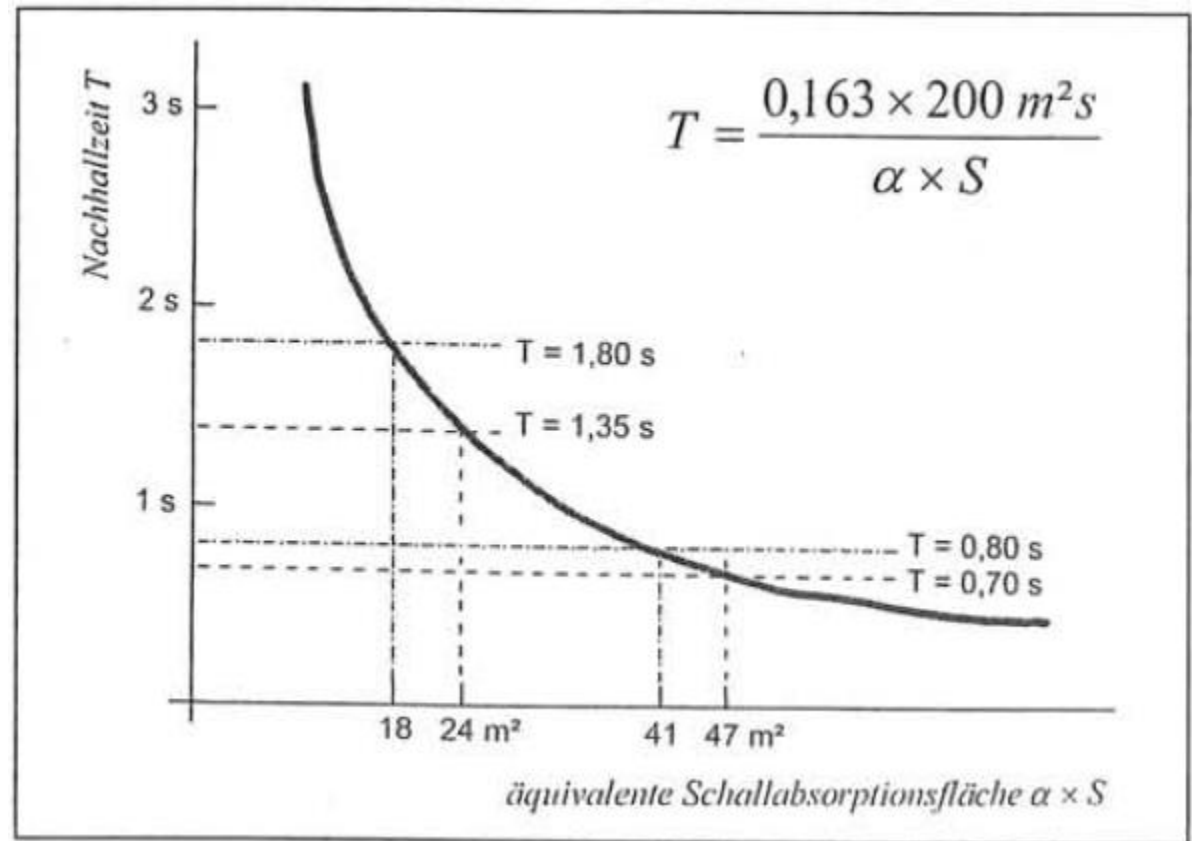


Was kann man zur Verbesserung tun?

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:



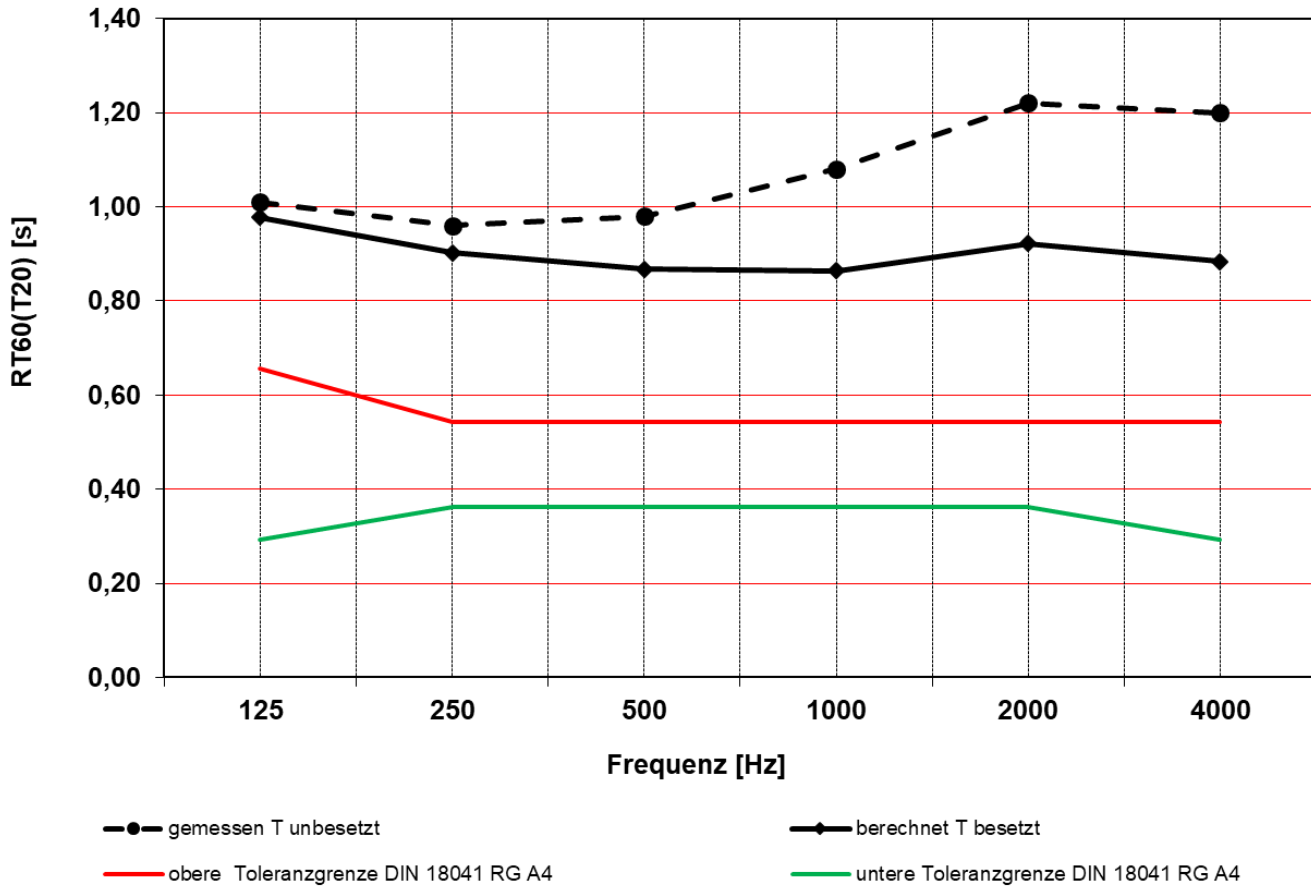


Ort:	Musterstadt	Gebäude:	ABC-Schule						Raum-Nr.:	123			
Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4													
Grundfläche	63 m²	mittl. Höhe	3,00 m										
Volumen V	189 m³	Frequenz	125	250	500	1000	2000	4000					
										Hz			
Nachhallzeiten	gemessen	$T_{unbesetzt}$	1,01	0,96	0,98	1,08	1,22	1,20	T_{mittel}	1,08	s		
Absorptionsfläche	vorhanden	$A_{unbesetzt}$	29,9	31,5	30,9	28,0	24,8	25,2			m ²		
Schall-Absorptionsfläche je Person $\Delta A_{1Pers.}$													
	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	$A_{7US.}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6			m ²		
	0 Kinder VORSC	$A_{7US.}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			m ²		
	20 Schüler PRIM	$A_{7US.}$	1,0	2,0	4,0	7,0	8,0	9,0			m ²		
	0 Schüler SEKU	$A_{7US.}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			m ²		
Absorptionsfläche besetzt			$A_{unbes.} + A_{7US.}$	30,9	33,5	34,9	35,0	32,8	34,2			m ²	
Nachhallzeiten	berechnet	$T_{besetzt}$	0,98	0,90	0,87	0,86	0,92	0,88	0,90			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

Nachhallzeiten in Oktavbändern



125	250	500	1000	2000	4000	Hz
1,00	0,95	0,98	1,08	1,22	1,20	T_{mittel}
0,98	0,90	0,86	0,86	0,92	0,88	s
0,65	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	m^2
0,28	0,36	0,36	0,36	0,36	0,28	$m^2/\text{Pers.}$
0,55	0,25	0,45	0,55	0,55	0,55	$m^2/\text{Pers.}$
0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	m^2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m^2
0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m^2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m^2
0,8	34,2	0,88	0,90	0,90	0,90	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	0,45	s
Toleranz	unten	0,29	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,29	s	

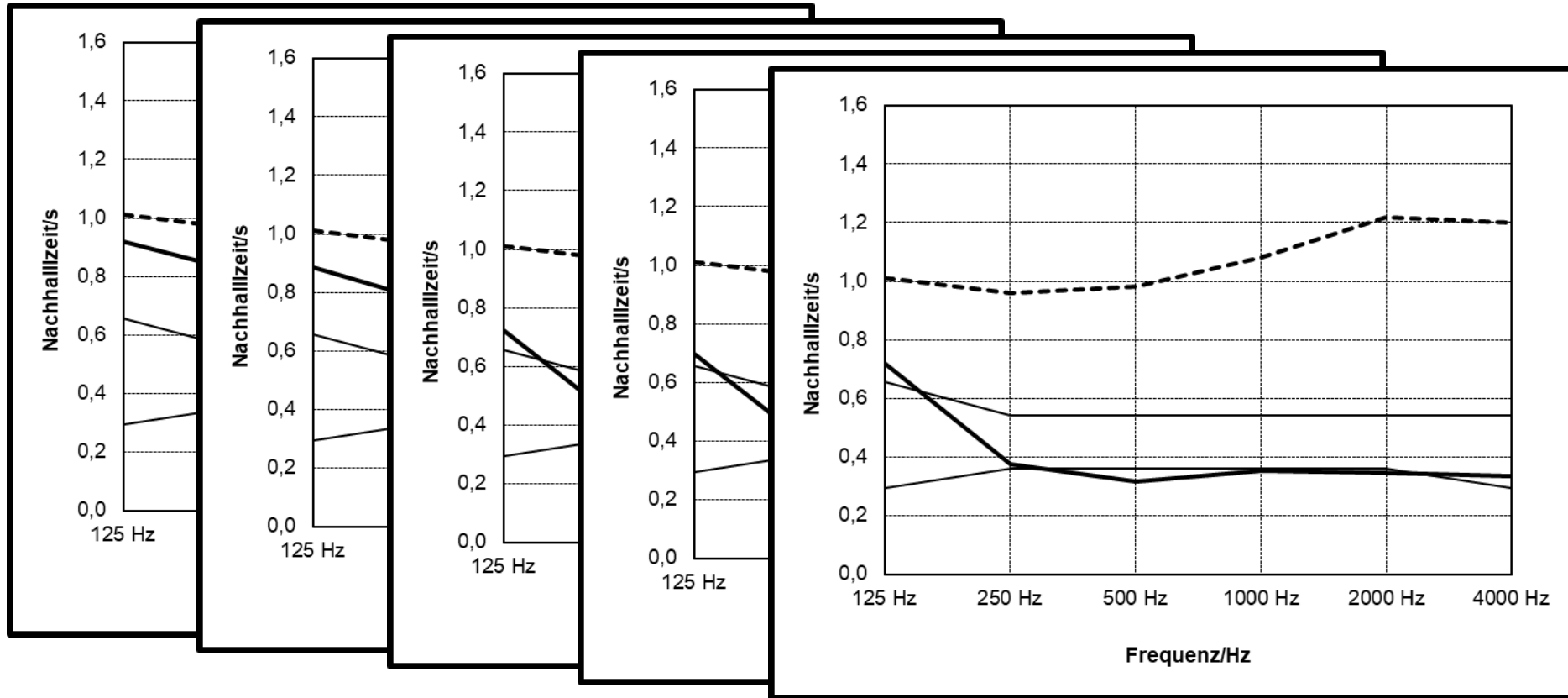


Wie geht man zur Verbesserung vor?

- 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
- zweite Raumdimension auch behandeln: schallabsorbierende **Wand**paneele
- ein **Teppich** schluckt viel weniger, vermeidet aber viele Störgeräusche



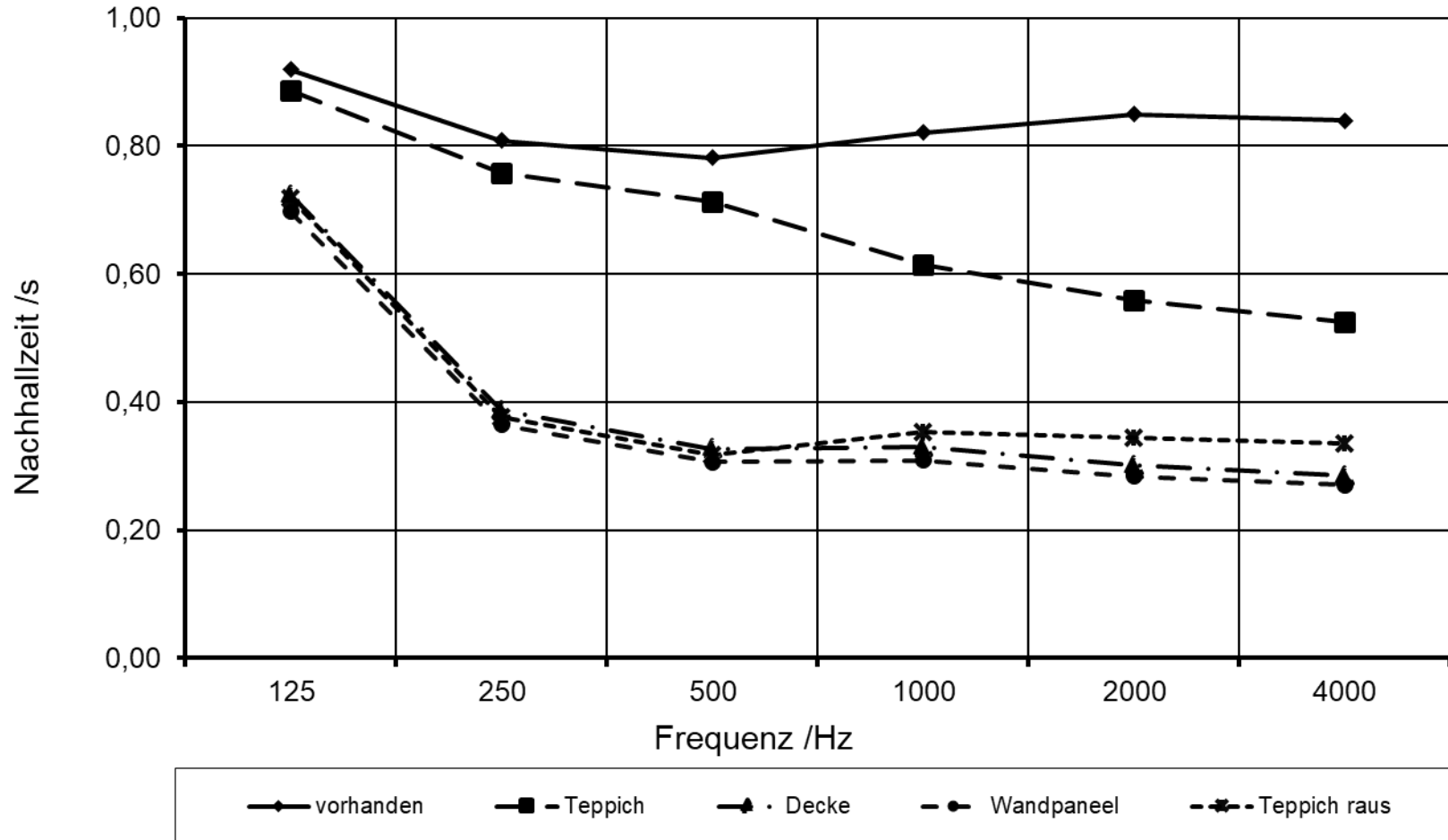
Nachhallzeit-Berechnungen



Demonstration des Excel-Berechnungsprogramms

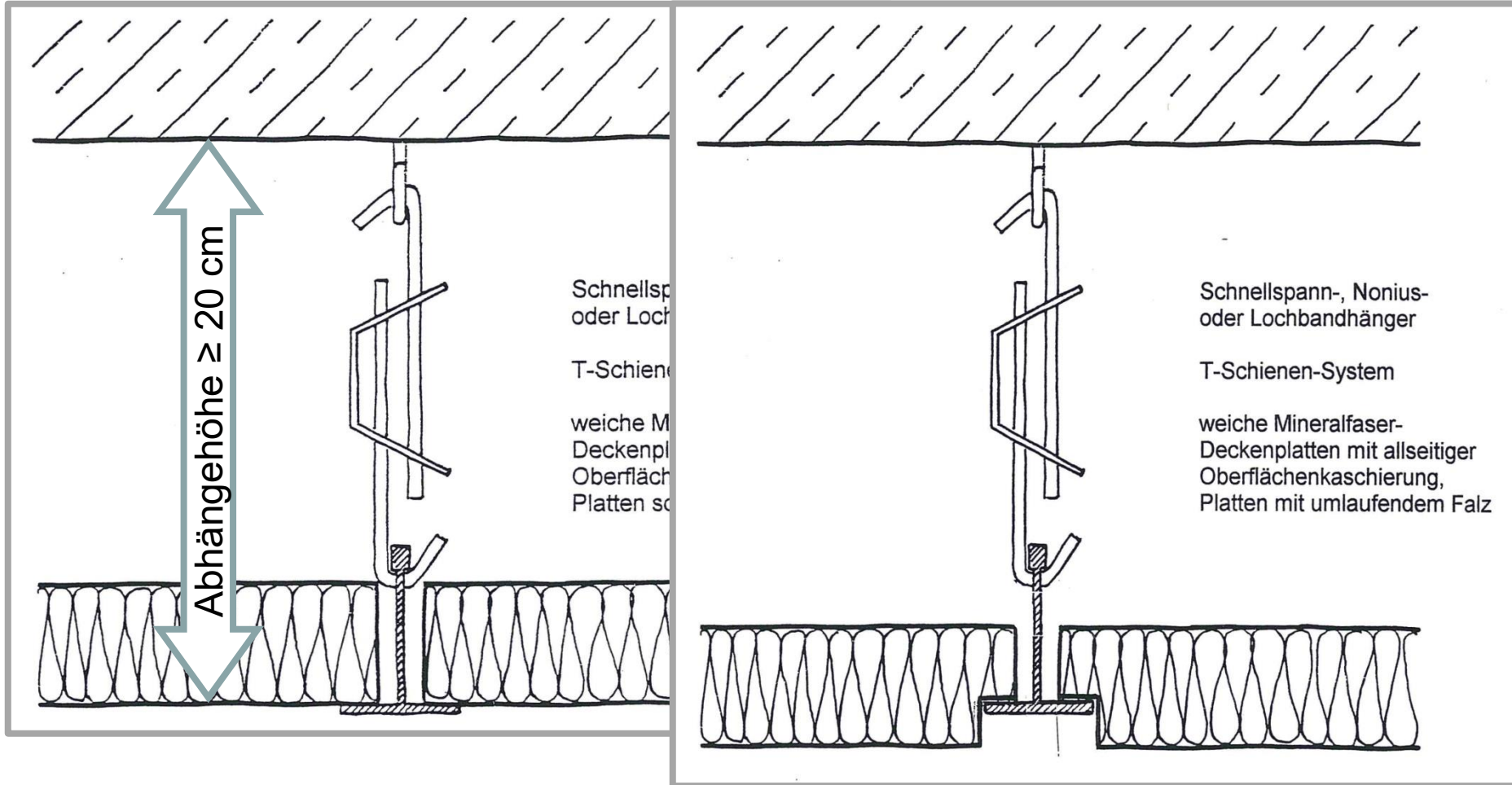


Vergleich der Rechenergebnisse





Abgehängte schallabsorbierende Decken:





Oldenburg-Wechloy

© Rockfon





Hamburg, Elbschule, Klassenraum





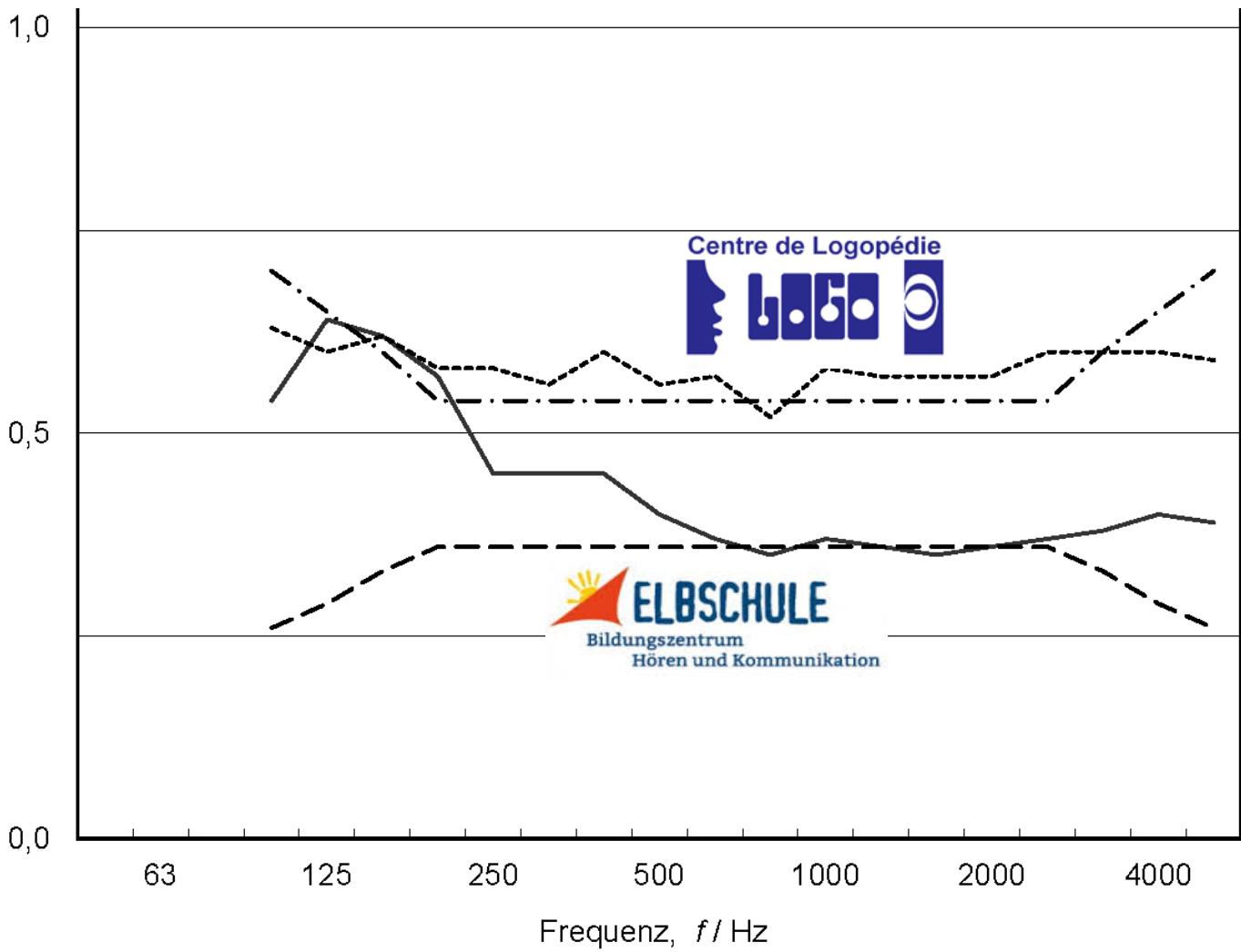
Luxemburg, Centre de Logopédie, Klassenraum



© TAUBERT und RUHE

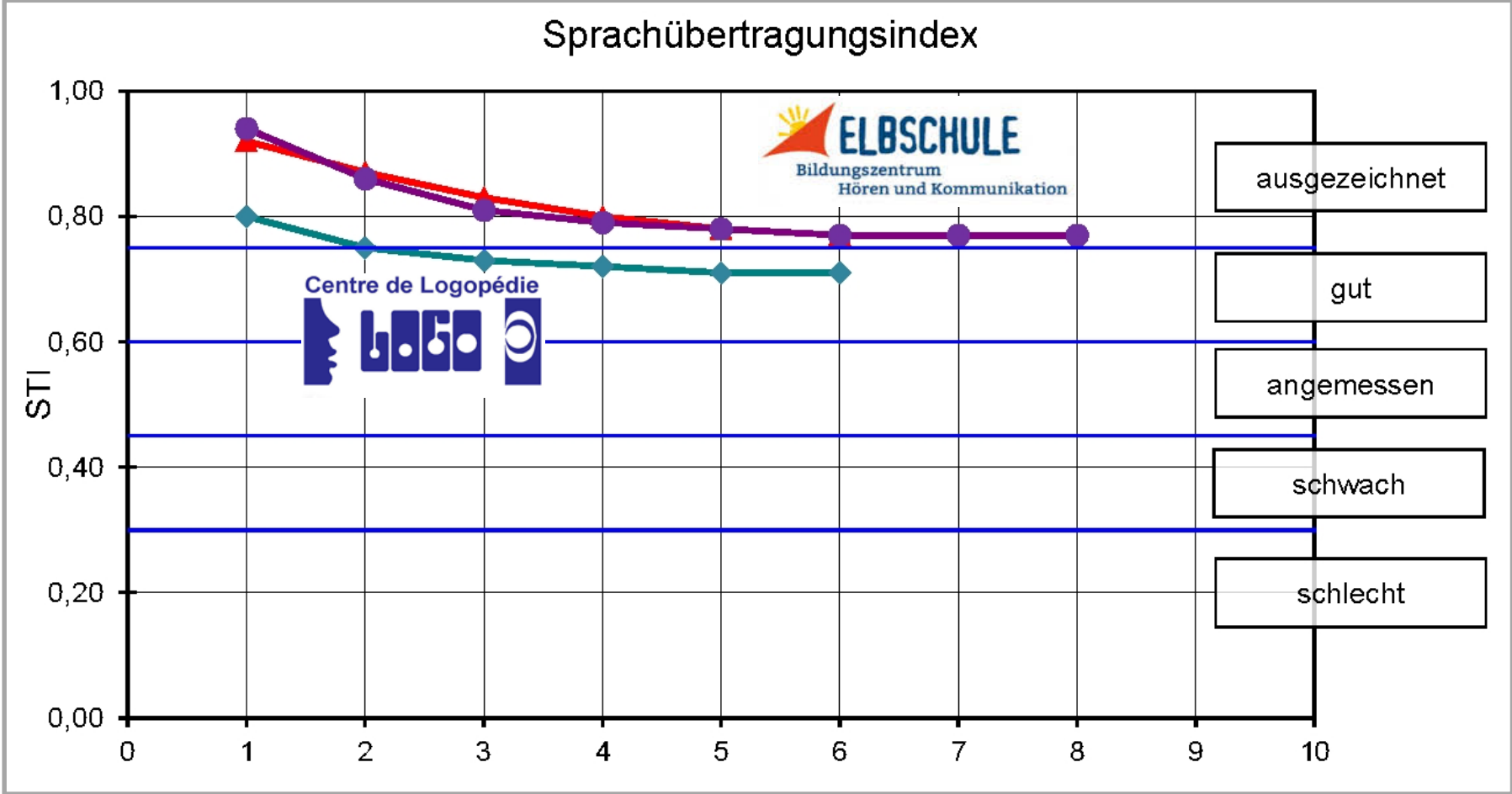


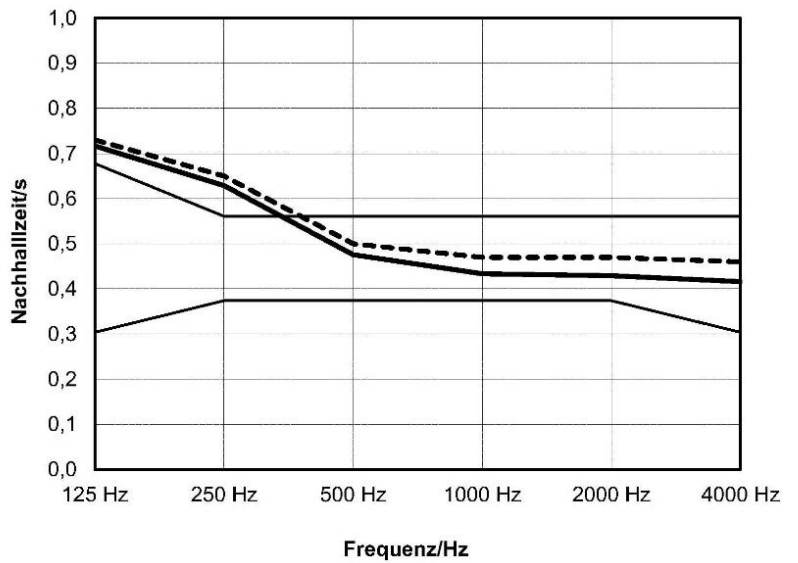
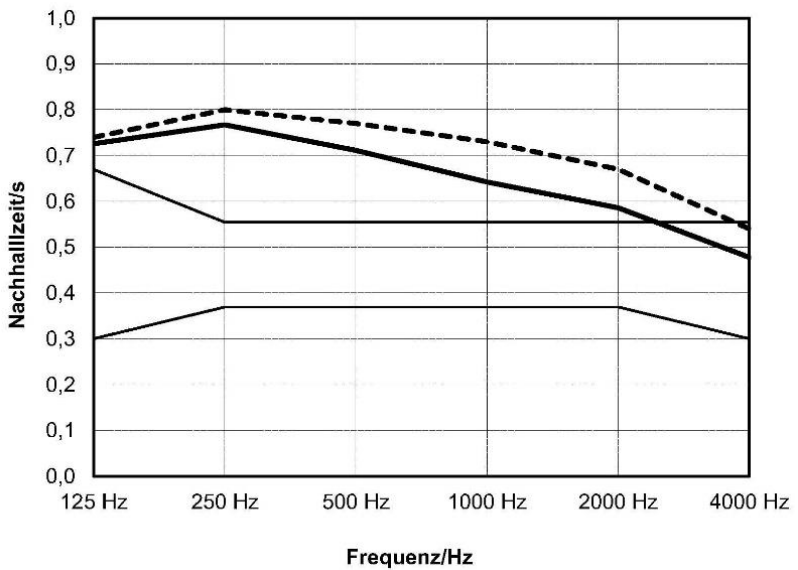
Nachhallzeit-Vergleich Luxemburg - Hamburg





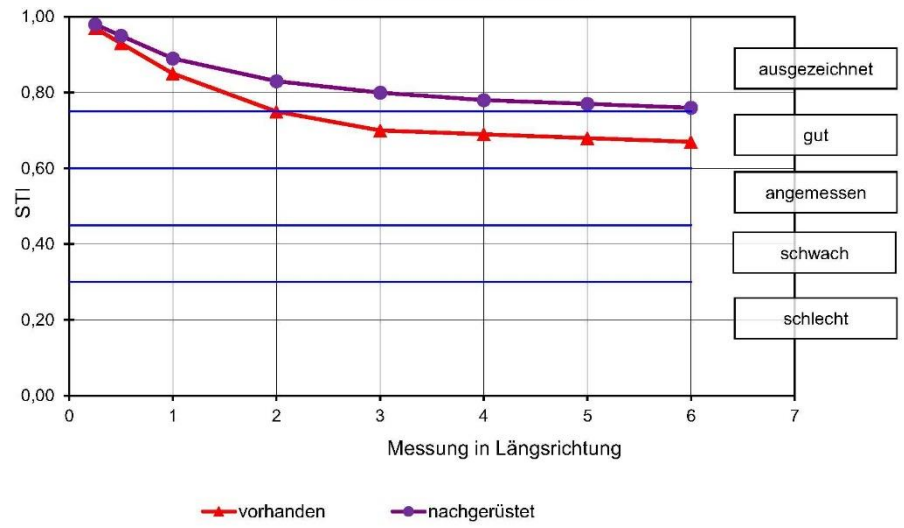
STI-Vergleich Luxemburg - Hamburg



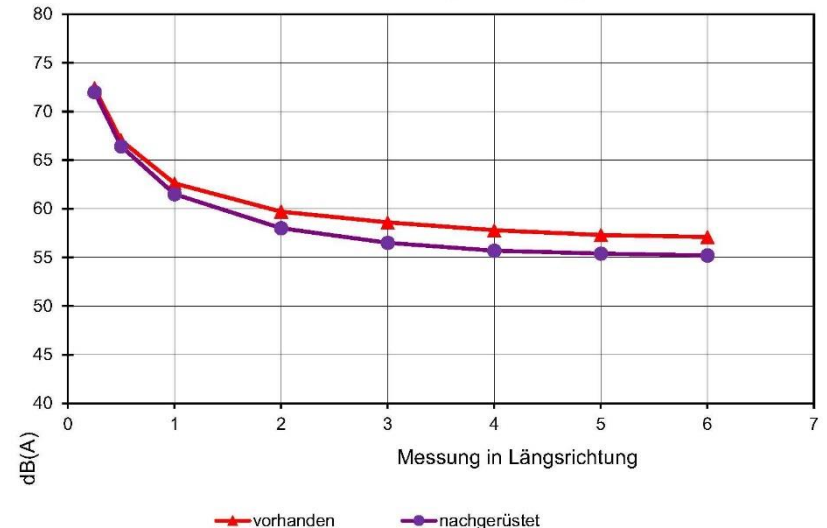




Sprachübertragungsindex

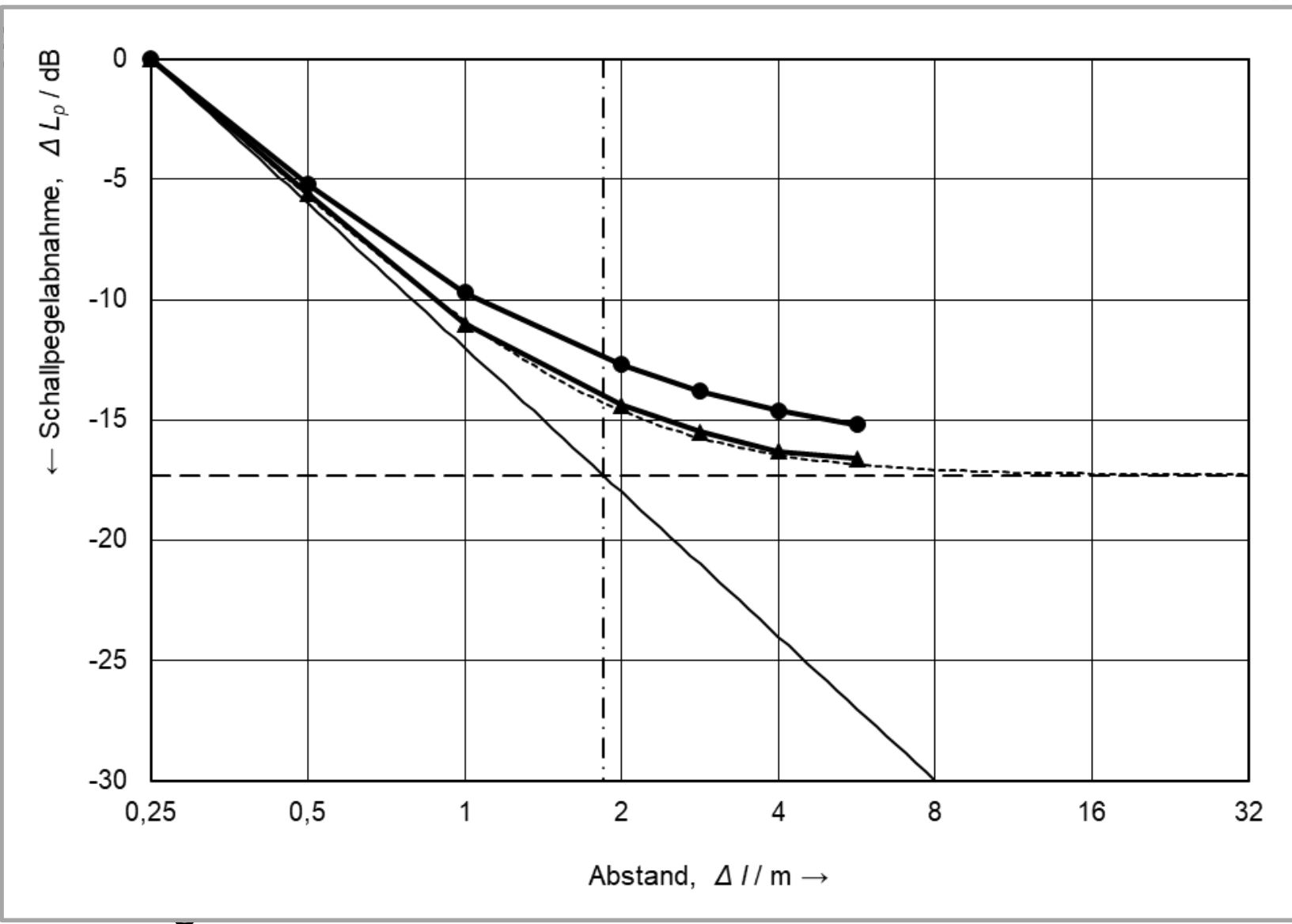


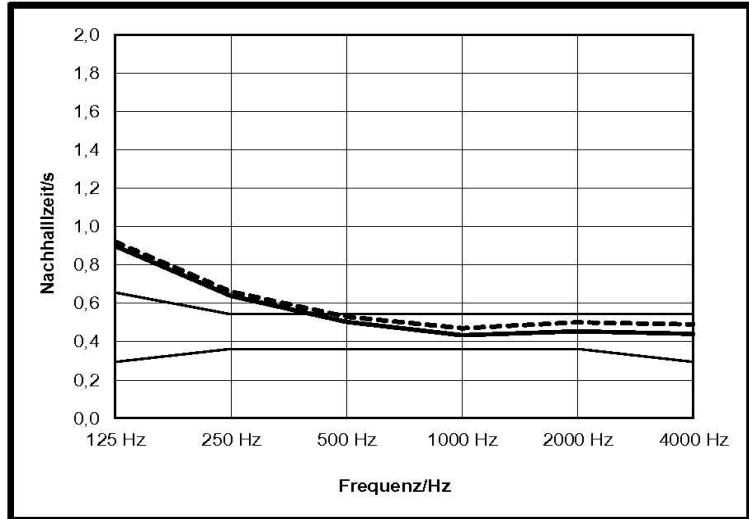
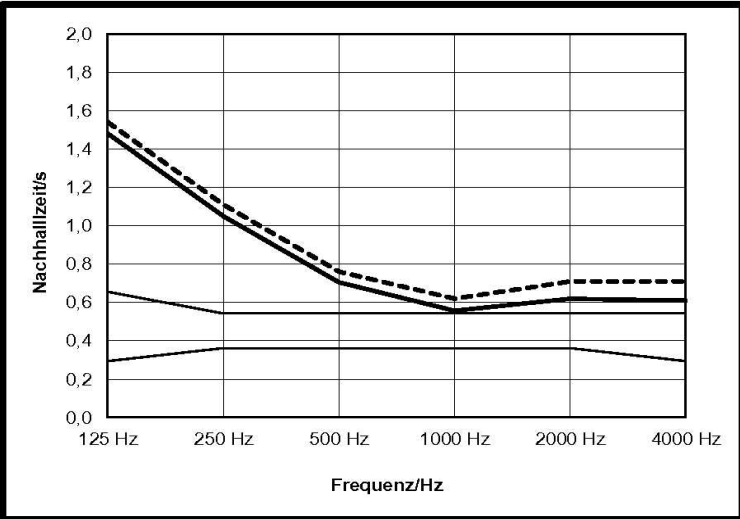
Schallpegelverteilung





Me

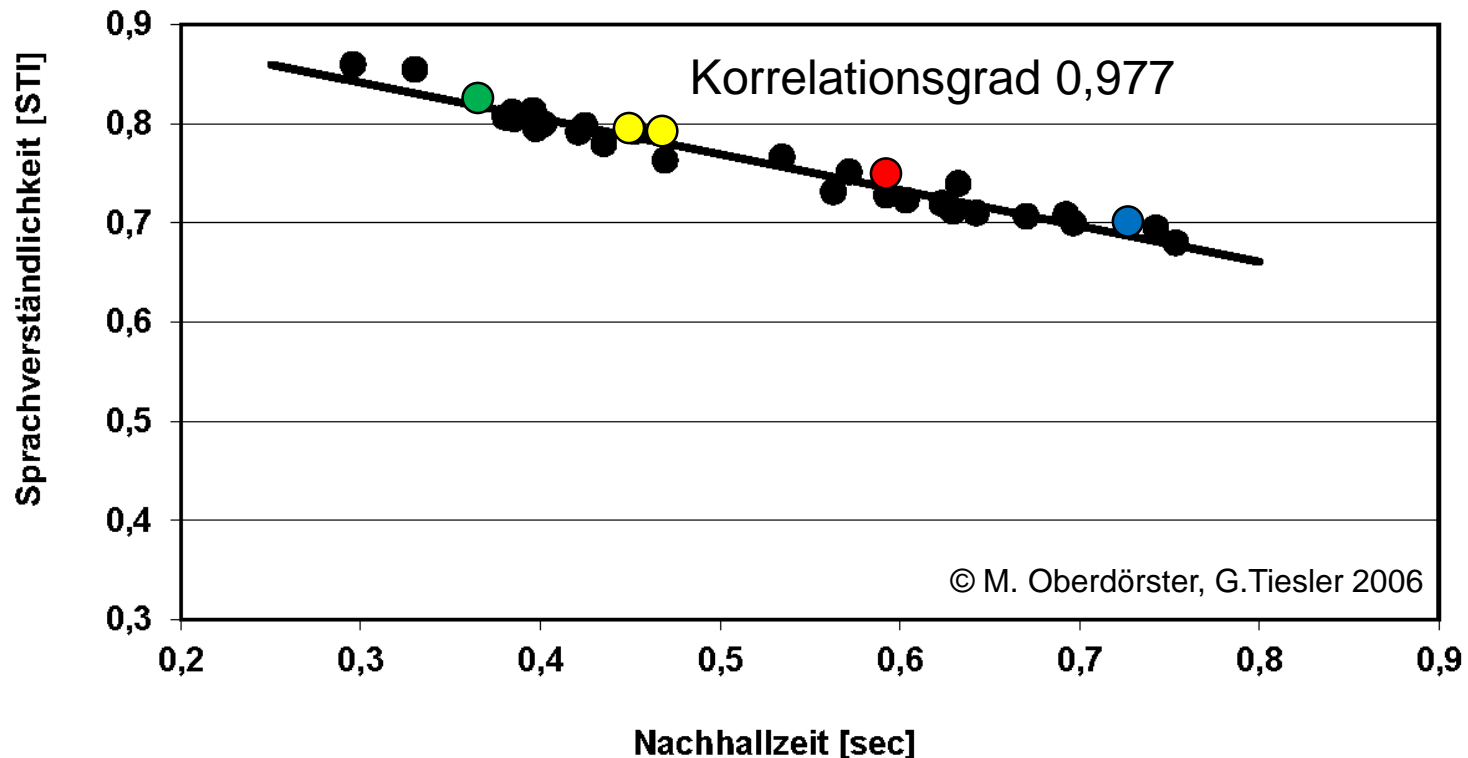






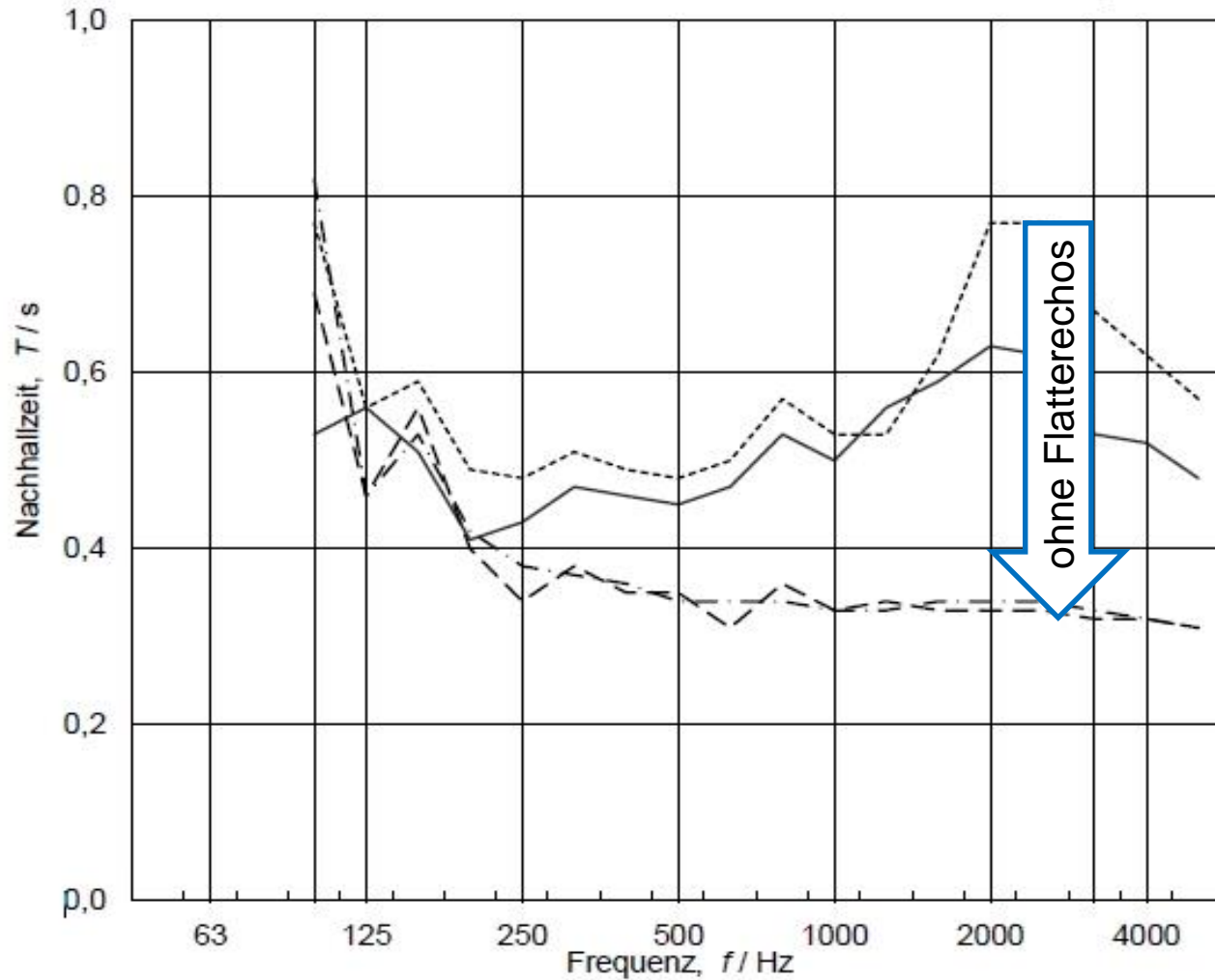
DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

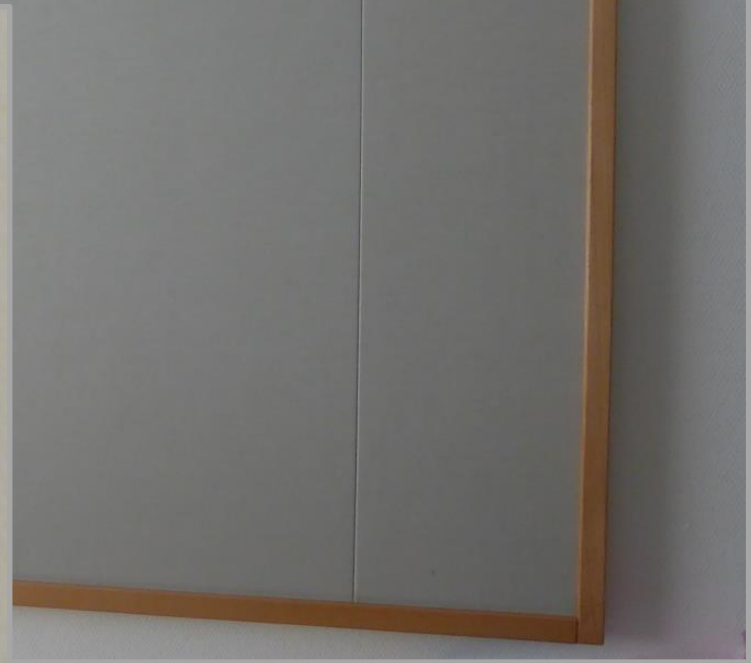
Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für **Sprachkommunikation** umso **günstiger** empfunden, je **kürzer** die **Nachhallzeit** ist.





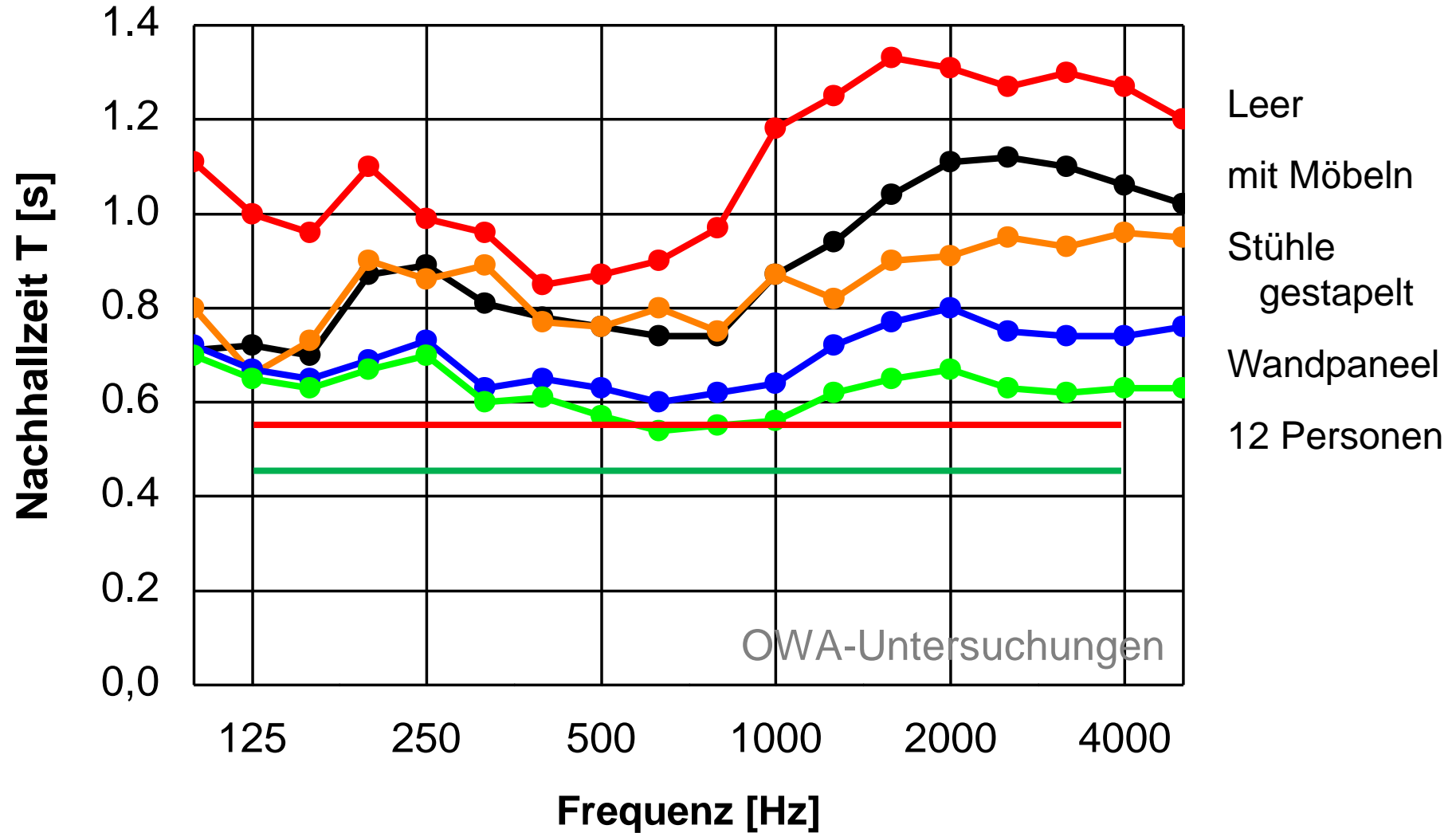
Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel







Helmut-von-Bracken-Schule in Gießen



Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa



Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa

© TAUBERT und RUHE





Räume der Gruppe B (RG B1 bis RG B5)

Für Raumgruppe B (RG B) sind Maßnahmen der Raumbedämpfung zu empfehlen. Damit werden eine Senkung des mittleren Grundgeräuschpegels im Raum und eine Begrenzung der Halligkeit erreicht.

Tabelle 2 — Nutzungsarten mit Beschreibung und Beispielen für Räume der Gruppe B

Nutzungsart	Beschreibung	Beispiele
B3	Räume zum längerfristigen Verweilen	Verkehrsflächen in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.), allgemeine Speiseräume und Kantinen,
B5	Räume mit besonderem Bedarf an Lärminderung und Raumkomfort	Speiseräume und Kantinen in Schulen und Kindertageseinrichtungen (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.), Spielfläure und Umkleiden in Schulen und Kindertageseinrichtungen Bewegungsräume in Kindertageseinrichtungen, (Kindergarten, Kinderkrippe, Hort etc.)

Ort: **Friedberg** Gebäude: **Johannes-Vatter-Schule** Raum-Nr.: Mens.

Auswertung für Raumgruppe B

Grundfläche	218 m ²	mittl. Höhe	4,30 m						
Volumen V	937 m ³	Frequenz	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
Nachhallzeiten	gemessen	T _{unbesetzt}	1,46	1,02	0,97	0,98	1,05	1,15	T _{mittel} 1,11 s
Absorptionsfläche	vorhanden	A _{unbesetzt}	102,5	147,0	154,1	152,5	142,9	131,0	m ²
A/V-Verhältnis	vorhanden	A/V _{vorh.}	0,11	0,16	0,16	0,16	0,15	0,14	m ⁻¹

Zusätzliche Schallabsorber		Schall-Absorptionsgrade						
Absorptionsgrad 1	HWL + MiWo	α	0,35	0,65	0,85	0,80	0,80	0,90
Absorptionsgrad 2	Holzpaneele	α	0,15	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45
Absorptionsgrad 3	harte MiWo	α	0,45	0,60	0,59	0,73	0,67	0,53
Absorptionsgrad 4	weiche MiWo	α	0,40	0,85	0,95	0,90	0,90	0,95

Flächen der Schallabsorber		zusätzliche Schall-Absorptionsfläche							
240	HWL + MiWo	A _{zus.}	84,0	156,0	204,0	192,0	192,0	216,0	m ²
-200	Holzpaneele	A _{zus.}	-30,0	-90,0	-110,0	-110,0	-100,0	-90,0	m ²
0	harte MiWo	A _{zus.}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m ²
0	weiche MiWo	A _{zus.}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m ²

Absorptionsfläche	neu	A _{unbes.} + A _{zus.}	156,5	213,0	248,1	234,5	234,9	257,0	m ²
A/V-Verhältnis	berechnet	A/V _{neu}	0,17	0,23	0,26	0,25	0,25	0,27	m ⁻¹
Nachhallzeiten	berechnet	T _{neu}	0,96	0,70	0,60	0,64	0,64	0,58	0,69 s

A/V _{Soll}	Anforderung	RG B5	0,23	0,23	0,23	0,23			m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung	RG B4	0,20	0,20	0,20	0,20			m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung	RG B3	0,16	0,16	0,16	0,16			m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung	RG B2	0,13	0,13	0,13	0,13			m ⁻¹

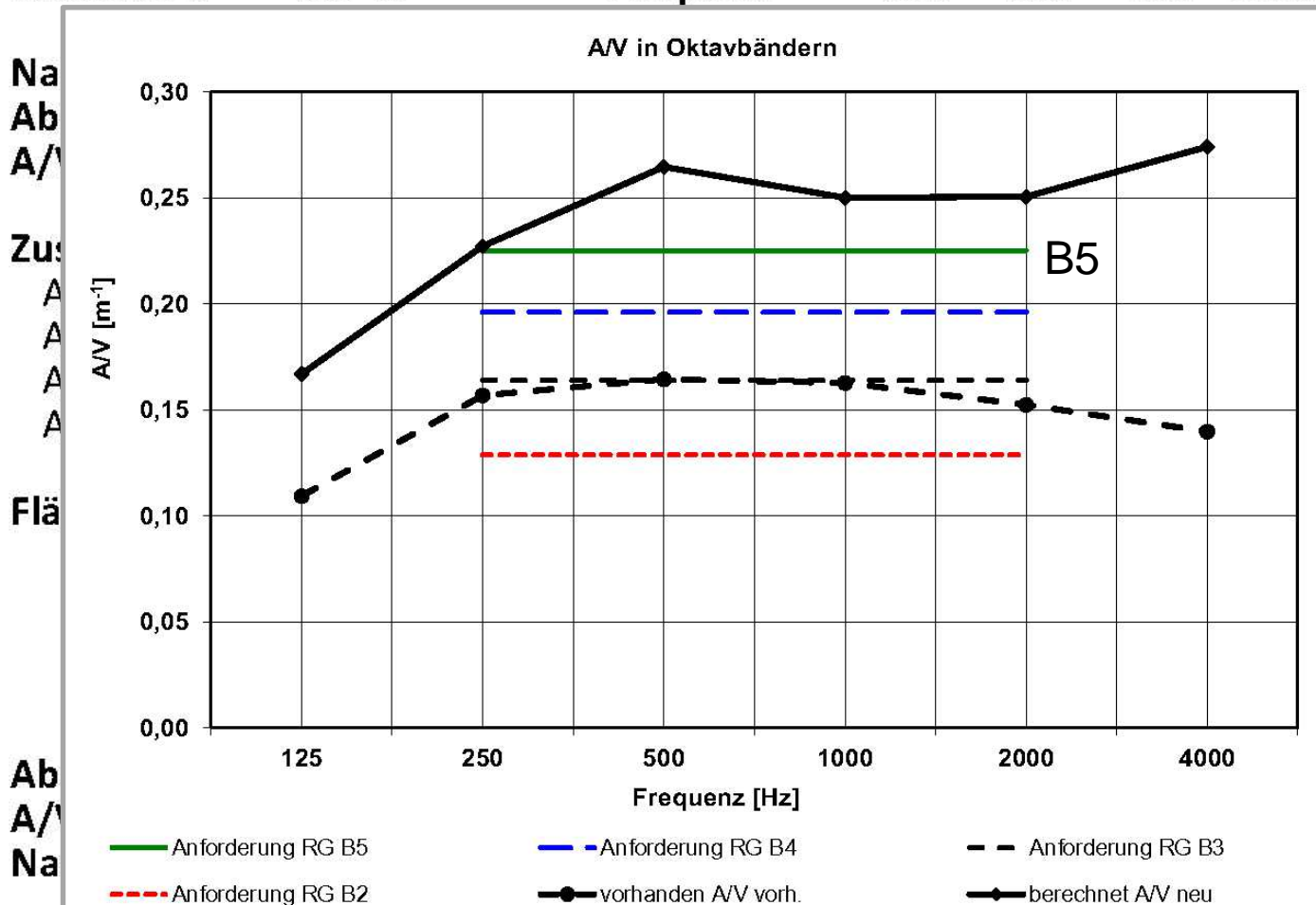
Auswertung für Raumgruppe B

Grundfläche **218 m²**

mittl. Höhe **4,30 m**

Volumen V **937 m³**

Frequenz **125 250 500 1000 2000 4000** Hz



	1,05	1,15	T_{mittel}	1,11	s
Na	142,9	131,0			m ²
Ab	0,15	0,14			m ⁻¹
A/V					
Zus					
A	0,80	0,90			
A	0,50	0,45			
A	0,67	0,53			
A	0,90	0,95			
Flä					
	192,0	216,0			m ²
	-100,0	-90,0			m ²
	0,0	0,0			m ²
	0,0	0,0			m ²
Ab	234,9	257,0			m ²
A/V	0,25	0,27			m ⁻¹
Na	0,64	0,58	0,69		s

A/V _{Soll}	Anforderung RG B5	0,23	0,23	0,23	0,23	m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung RG B4	0,20	0,20	0,20	0,20	m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung RG B3	0,16	0,16	0,16	0,16	m ⁻¹
A/V _{Soll}	Anforderung RG B2	0,13	0,13	0,13	0,13	m ⁻¹



Homberg/Efze, Hermann-Schafft-Schule, Mensa





Homburg/Efze, Hermann-Schafft-Schule, Mensa





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 e



Dipl.-Ing. CARSTEN
hörigerecht planen und

Luxemburg



2018-05-14







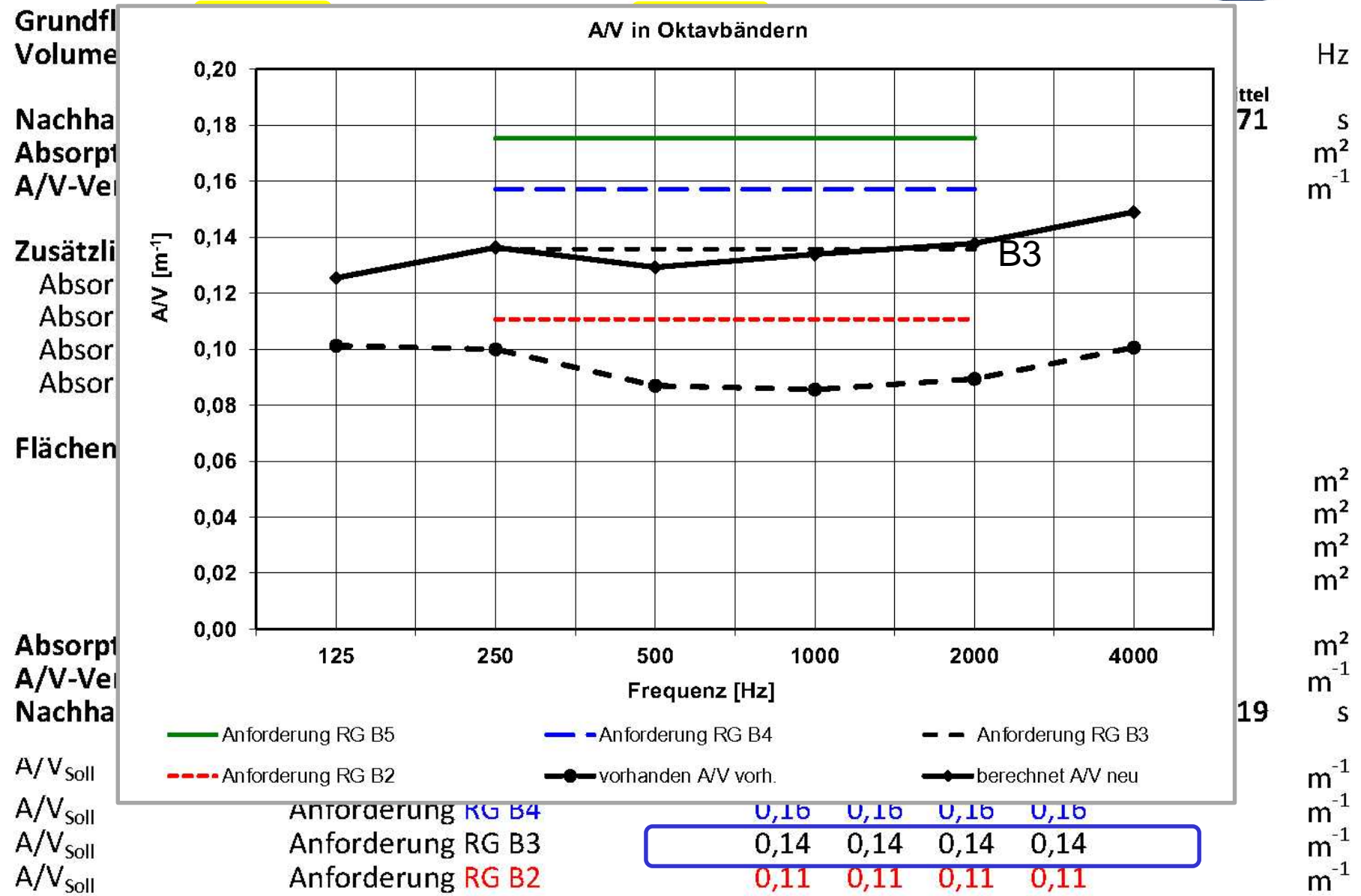
Grundfläche	310 m ²	mittl. Höhe	8,00 m							
Volumen V	2480 m ³	Frequenz		125	250	500	1000	2000	4000	Hz
Nachhallzeiten	gemessen	$T_{\text{unbesetzt}}$		1,58	1,60	1,84	1,87	1,79	1,59	T_{mittel} 1,71 s
Absorptionsfläche	vorhanden	$A_{\text{unbesetzt}}$		251,1	248,0	215,7	212,2	221,7	249,6	m ²
A/V-Verhältnis	vorhanden	$A/V_{\text{vorh.}}$		0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	m ⁻¹

Zusätzliche Schallabsorber		Schall-Absorptionsgrade						
Absorptionsgrad 1	HWL + MiWo	α	0,35	0,65	0,85	0,80	0,80	0,90
Absorptionsgrad 2	GK-Lochplatte	α	0,55	0,70	0,80	0,75	0,60	0,65
Absorptionsgrad 3	Baffeln	α	0,20	0,30	0,35	0,40	0,40	0,40
Absorptionsgrad 4	weiche MiWo	α	0,40	0,85	0,95	0,90	0,90	0,95

Flächen der Schallabsorber		zusätzliche Schall-Absorptionsfläche							
0	HWL + MiWo	$A_{\text{zus.}}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m ²
0	GK-Lochplatte	$A_{\text{zus.}}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m ²
300	Baffeln	$A_{\text{zus.}}$	60,0	90,0	105,0	120,0	120,0	120,0	m ²
0	weiche MiWo	$A_{\text{zus.}}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m ²

Absorptionsfläche	neu	$A_{\text{unbes.}} + A_{\text{zus.}}$	311,1	338,0	320,7	332,2	341,7	369,6	m ²
A/V-Verhältnis	berechnet	A/V_{neu}	0,13	0,14	0,13	0,13	0,14	0,15	m ⁻¹
Nachhallzeiten	berechnet	T_{neu}	1,28	1,17	1,24	1,19	1,16	1,07	1,19 s

A/V_{Soll}	Anforderung	RG B5	0,18	0,18	0,18	0,18			m ⁻¹
A/V_{Soll}	Anforderung	RG B4	0,16	0,16	0,16	0,16			m ⁻¹
A/V_{Soll}	Anforderung	RG B3	0,14	0,14	0,14	0,14			m ⁻¹
A/V_{Soll}	Anforderung	RG B2	0,11	0,11	0,11	0,11			m ⁻¹



Dipl.-Ing
hörgerede

Ham



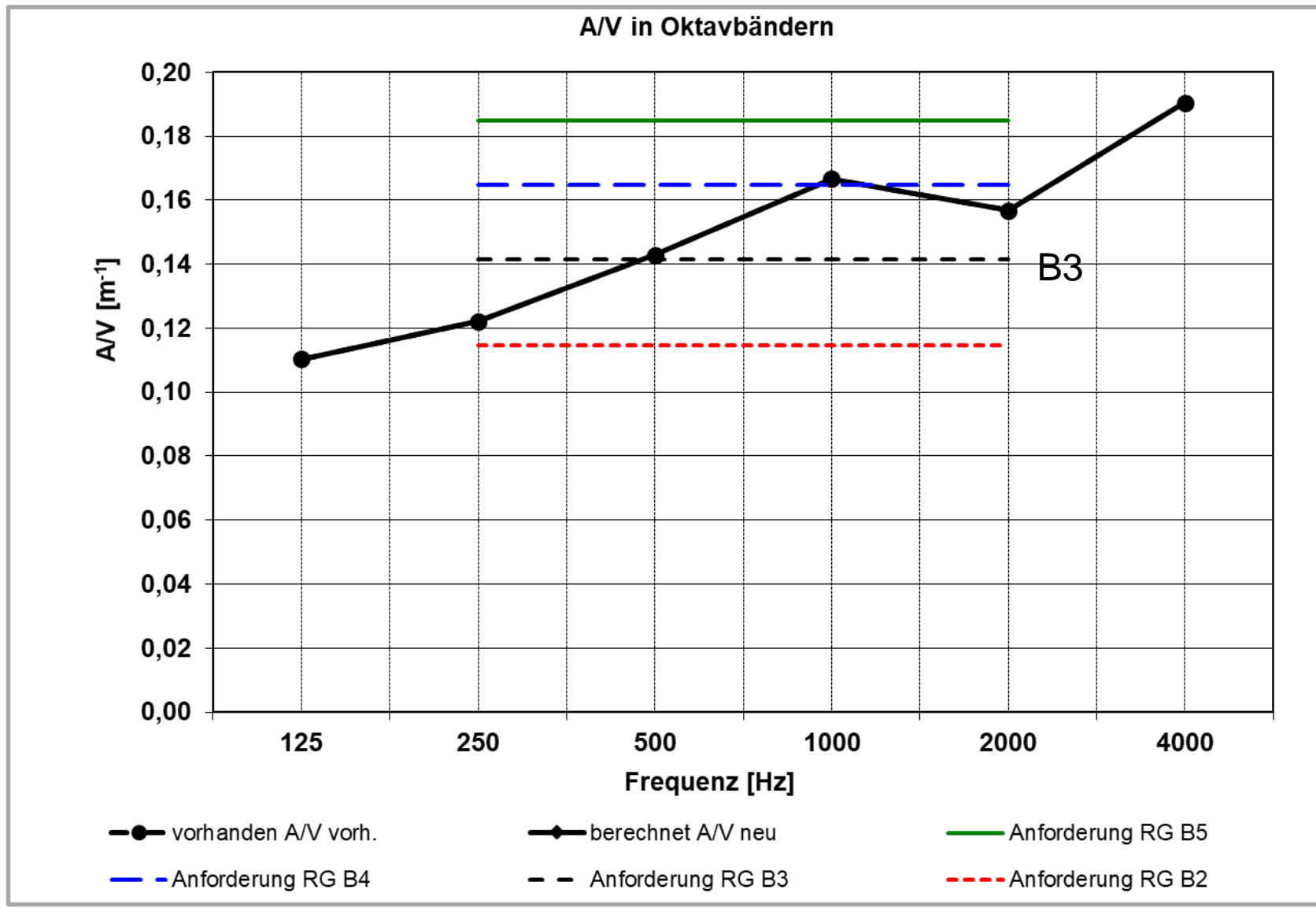
2018-05-14

Dipl.-Ing
hörgerede

Ham



2018-05-14





Ein Foyer ist das „Entrée“ der Schule.

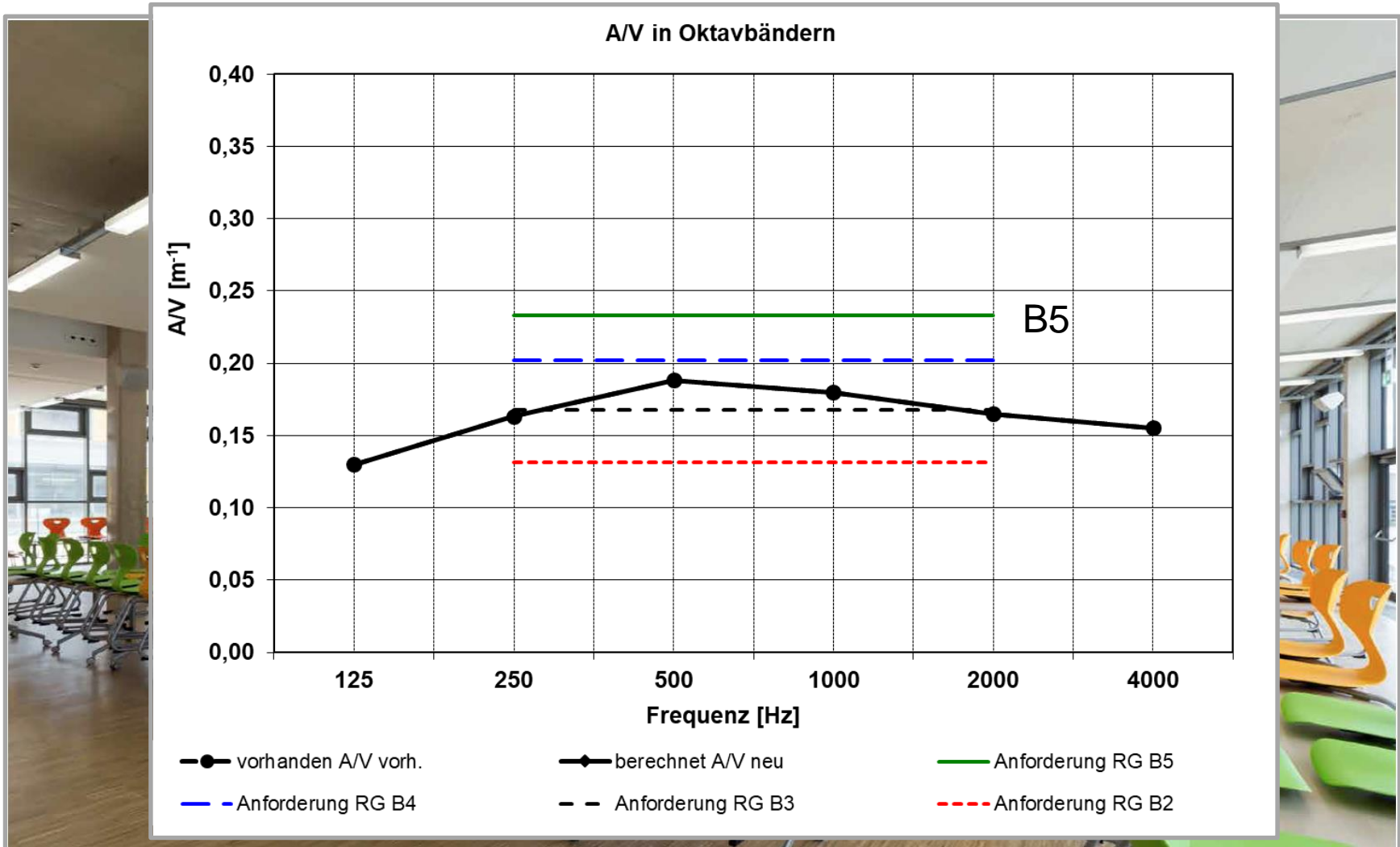
**Es gibt keine
zweite Gelegenheit,
einen ersten Eindruck
zu machen!**

Luxemburg, Centre de Logopédie, Mensa





Luxemburg, Centre de Logopédie, Mensa





Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Fotografie Dorf Müller | Xlier

Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Fotografie Dorf Müller | Xlter



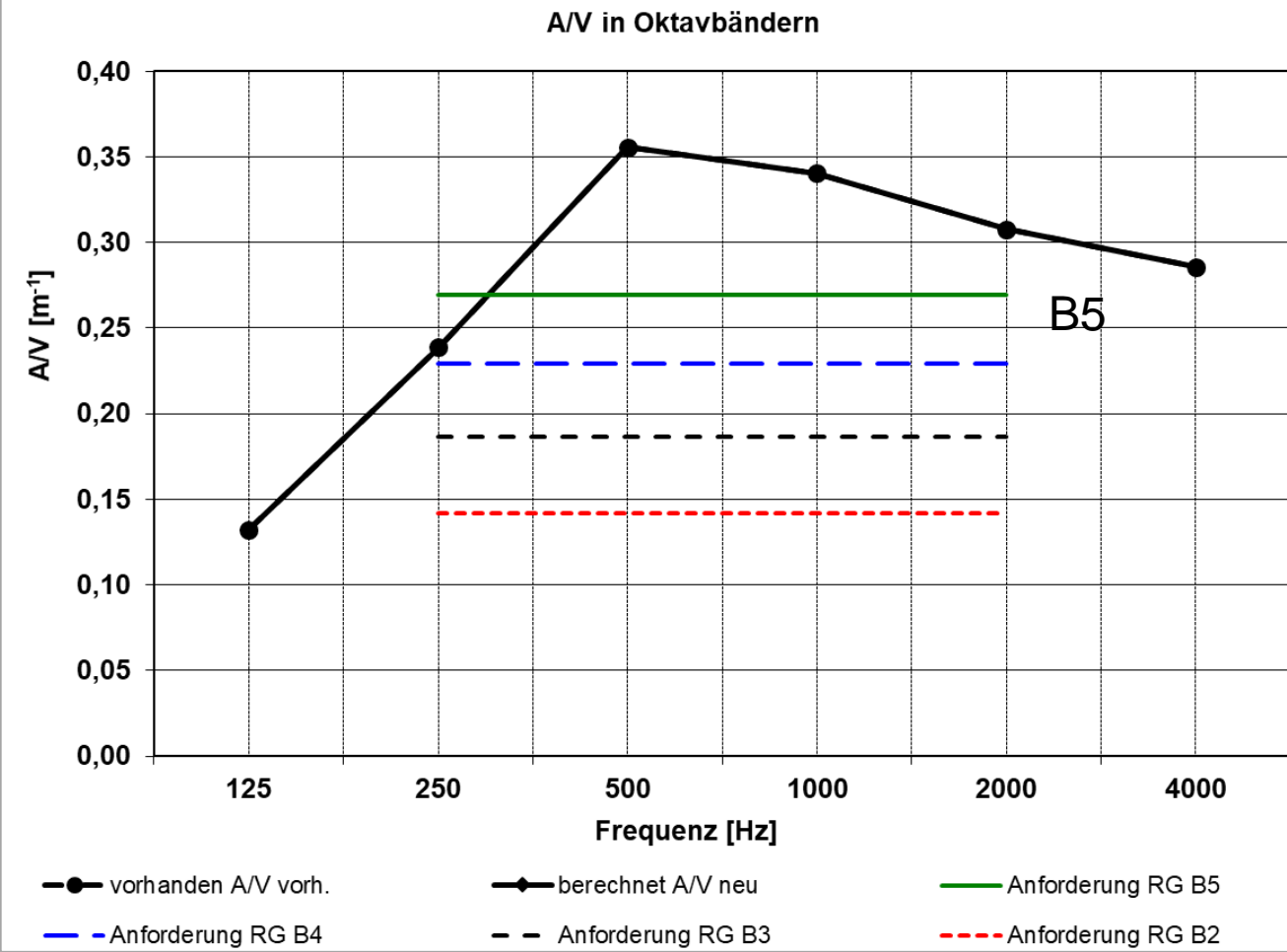
Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Fotografie Dorf Müller | Xlier



Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa





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 barrierefrei !**

Sie hilft Allen

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

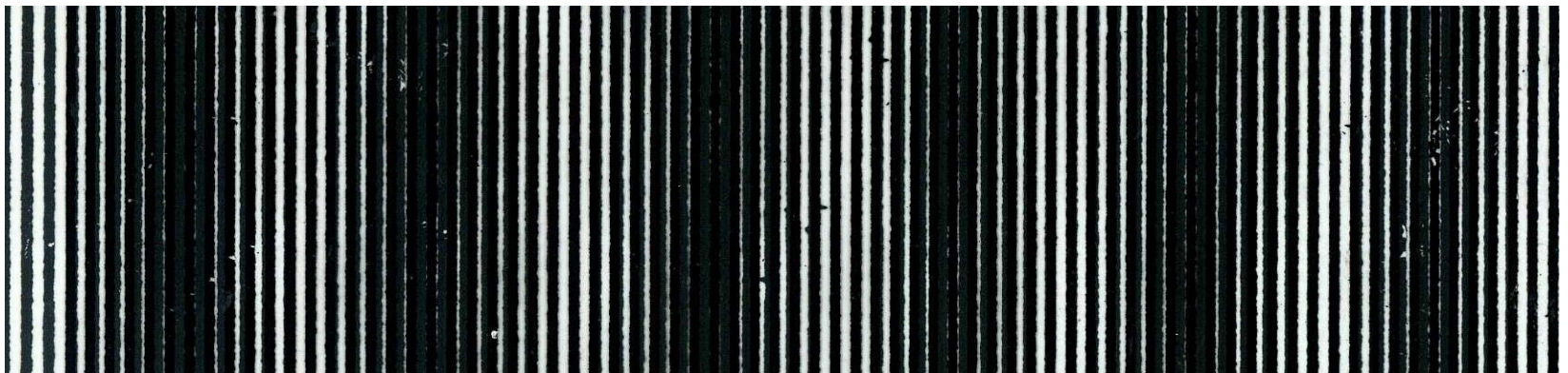


Was kann man zur Verbesserung tun?

Was ist eigentlich Schall?

Mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums. Wenn die Bewegungen zwischen 20 Hz und 20 kHz liegen, sind sie hörbar; zwischen 1 Hz und 100 Hz sind sie fühlbar.

Schall in Luft breitet sich nur longitudinal aus:





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. offenporiger Schaumstoff.

→ breitbandig
wirksam,
vorrangig
mittlere und
hohe Töne





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.



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 → es wird warm.

Pusten Sie kräftig auf den Handrücken.

→ es bleibt kalt.



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?

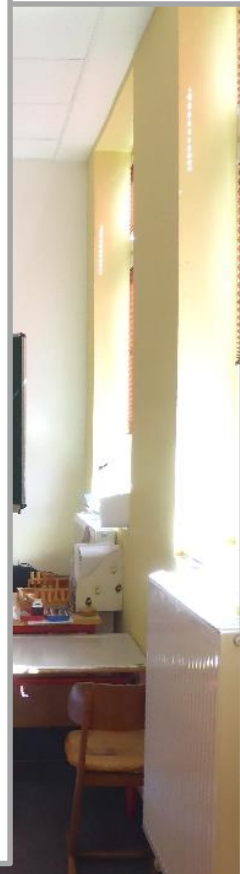
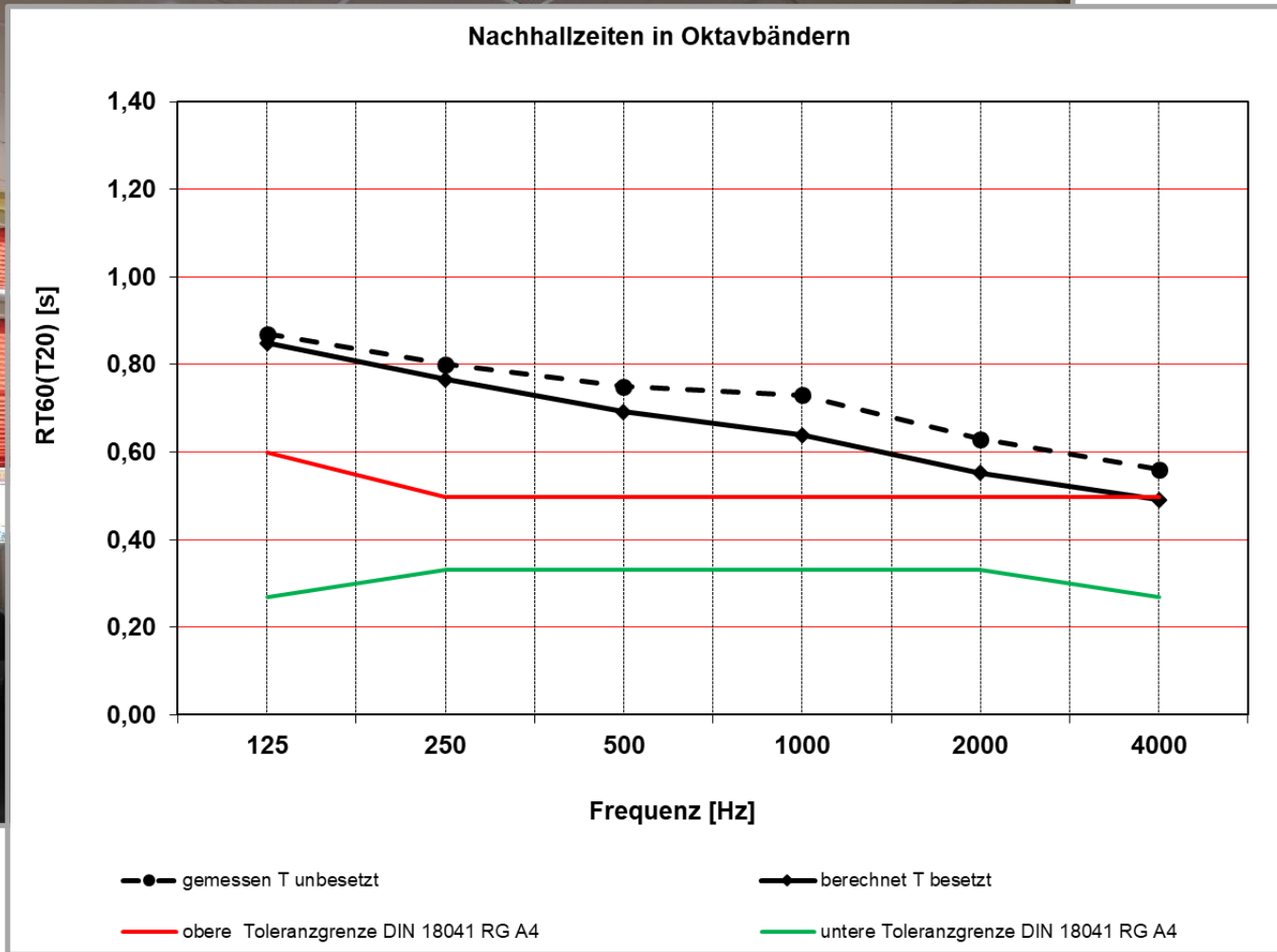


Mineralfaserplatte OWAcoustic Schlicht



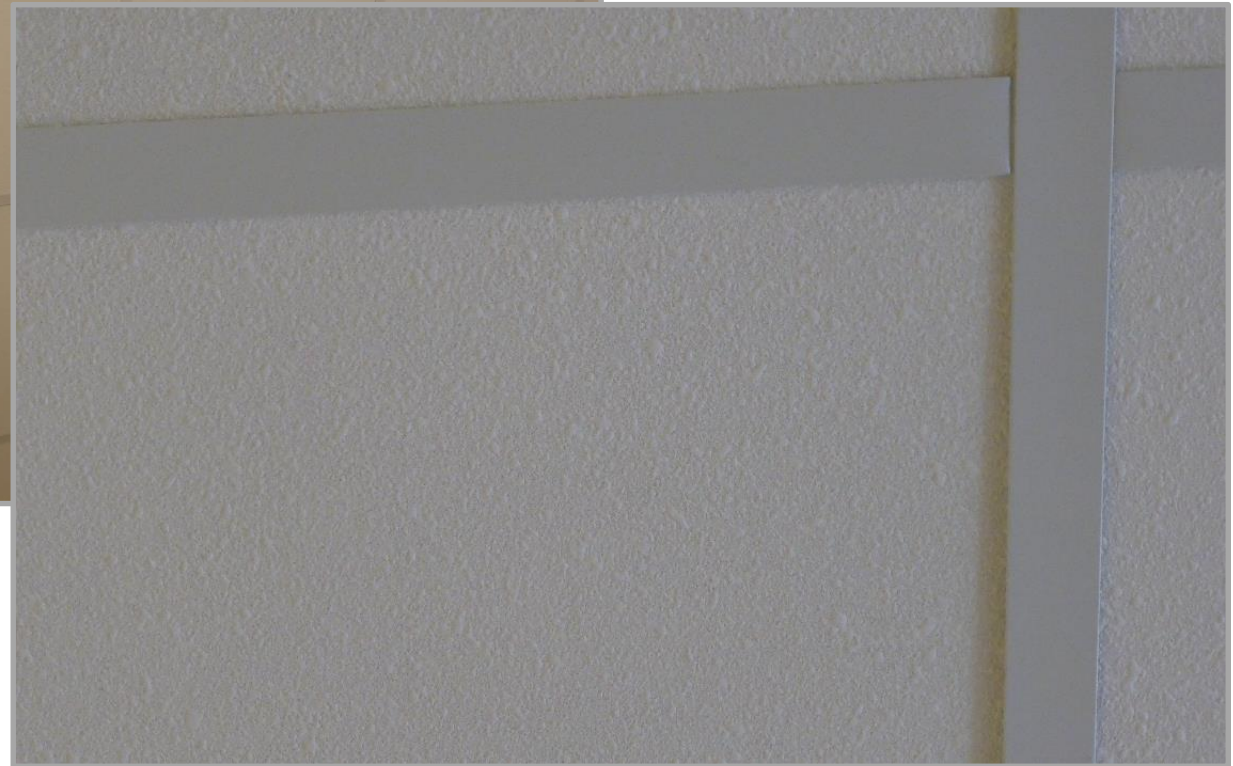


Mineralfaserplatte OWAcoustic Schlicht



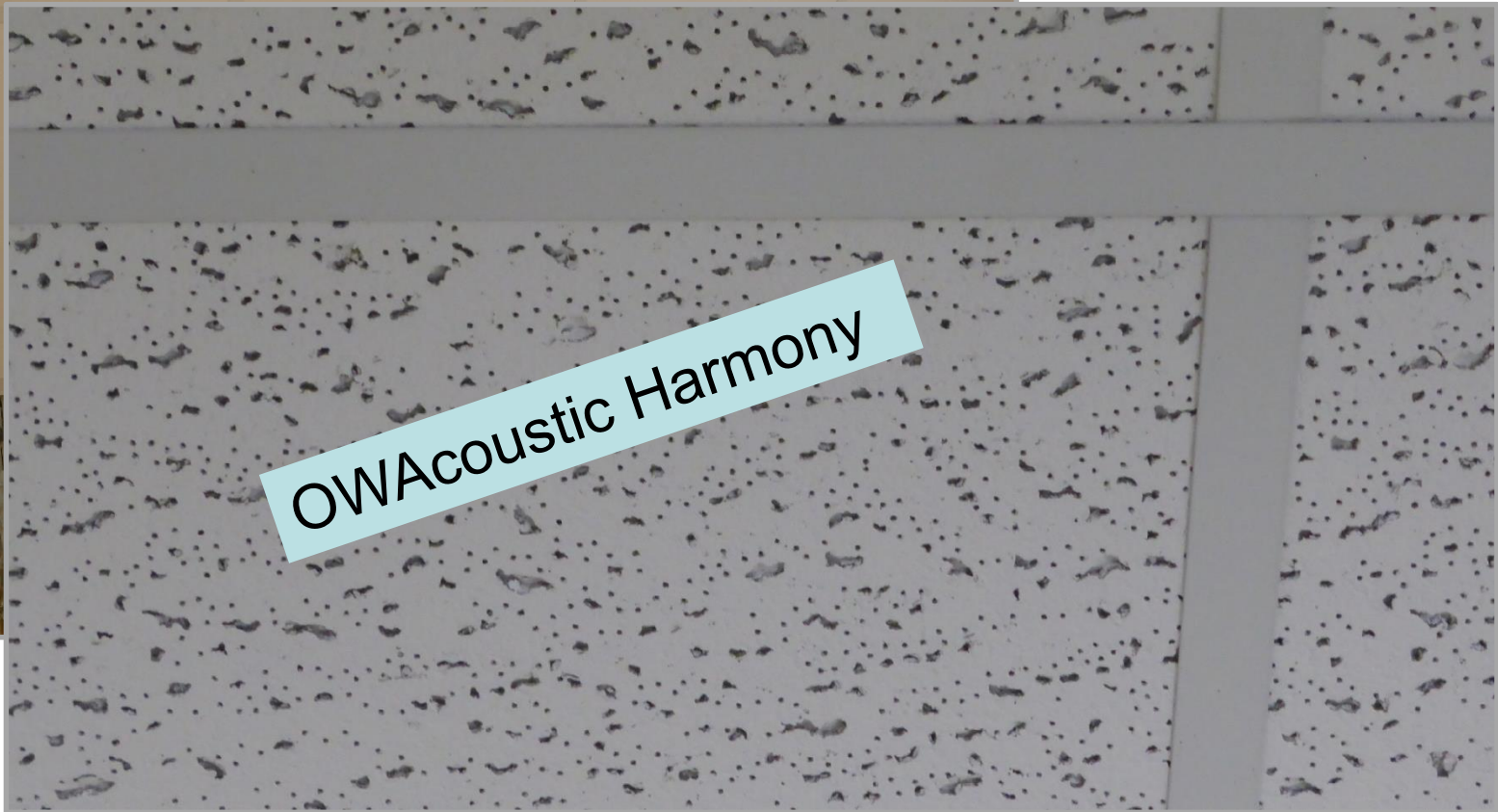


Mineralfaserplatte OWAcoustic Schlicht





Mineralfaserplatte OWAcoustic Schlicht



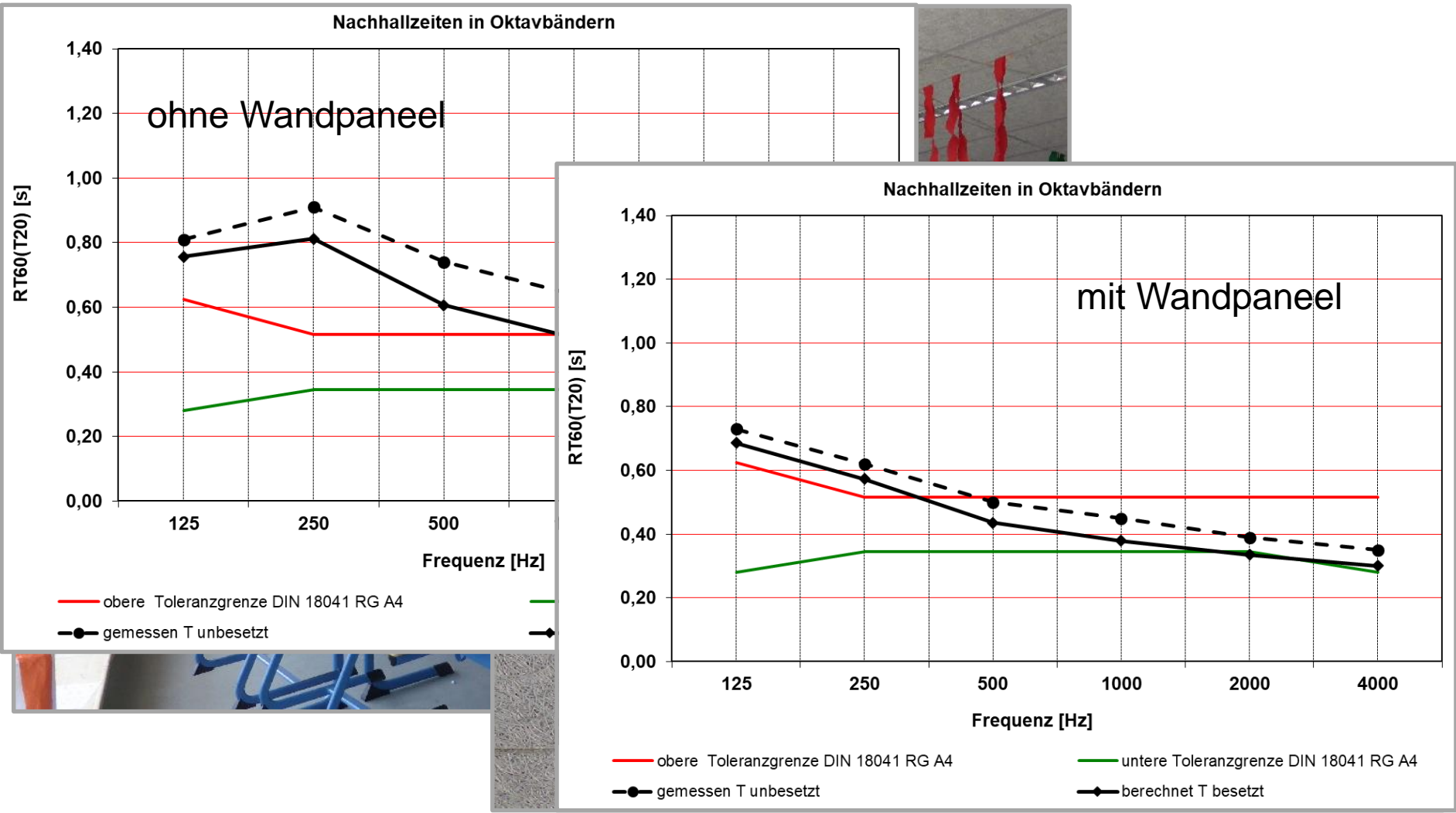


Holzwole-Leichtbauplatten 25 mm ohne MiWo



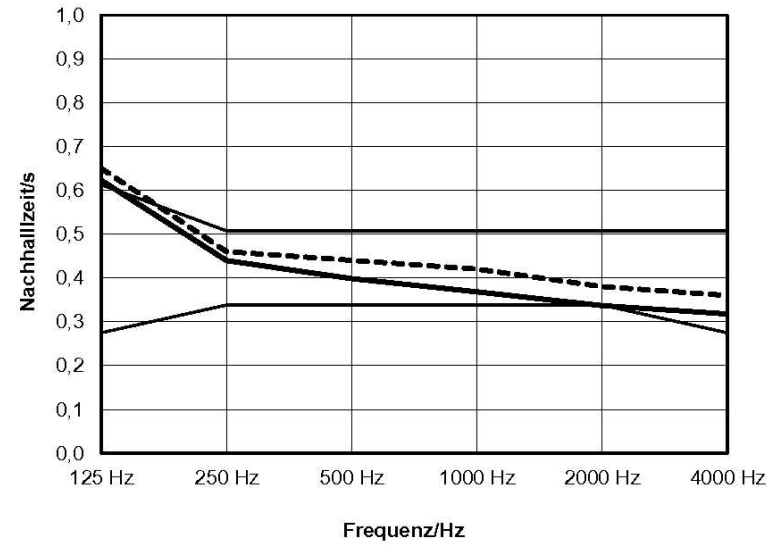
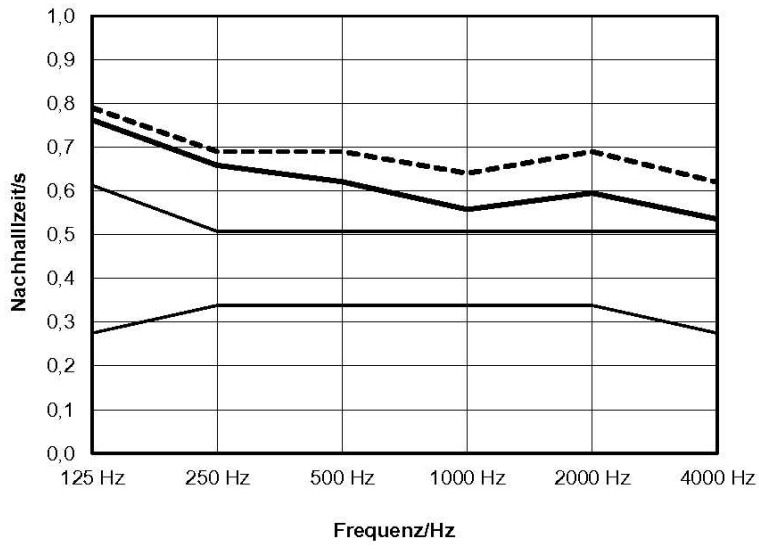


Holzwole-Leichtbauplatten 25 mm ohne MiWo



HWL-Platten auf Latten-Unterkonstruktion

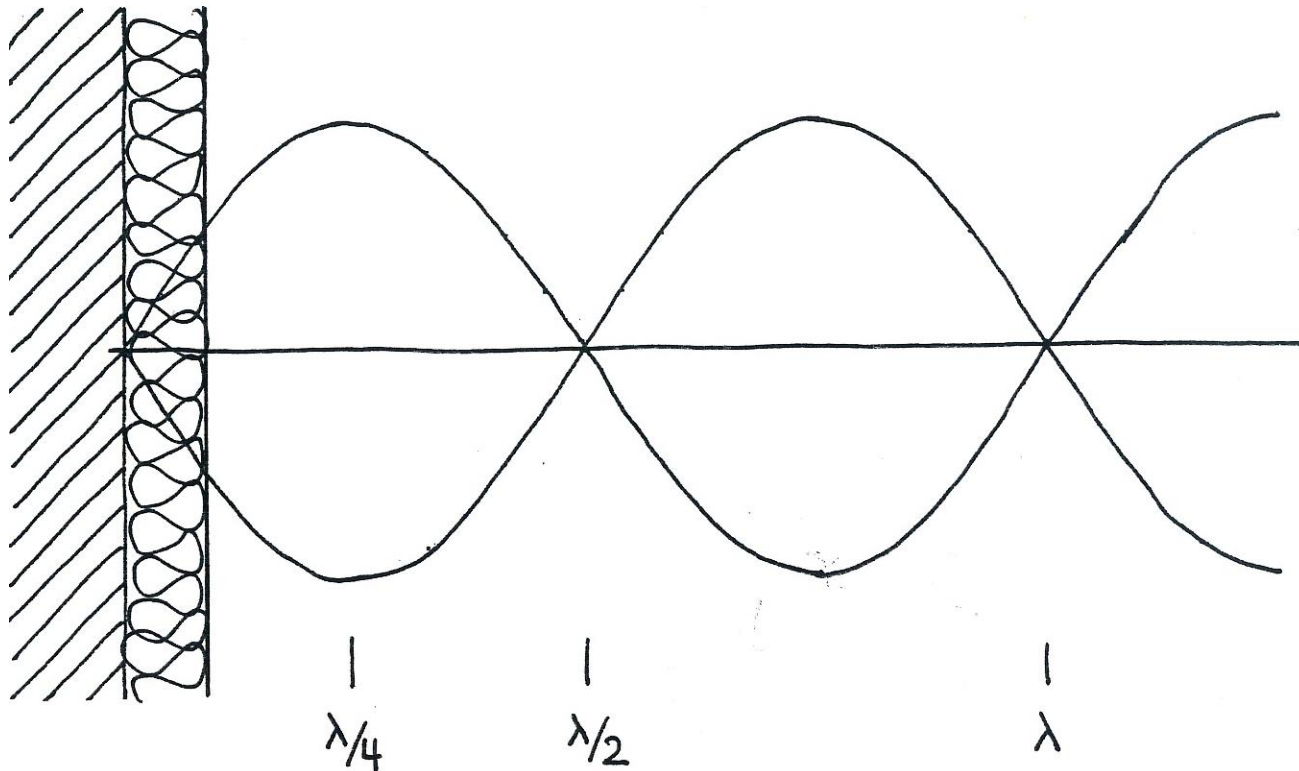






Was kann man zur Verbesserung tun?

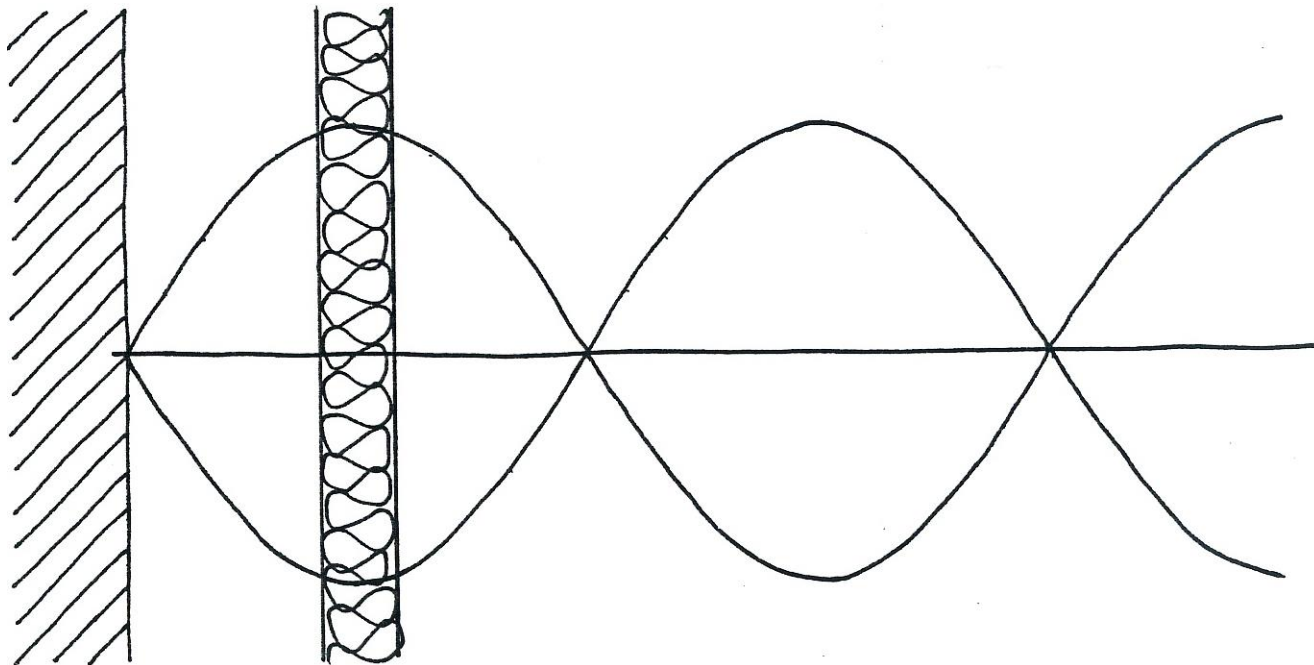
Die **Schichtdicke** des Strömungsabsorbers muss zu der Wellenlänge passen:





Was kann man zur Verbesserung tun?

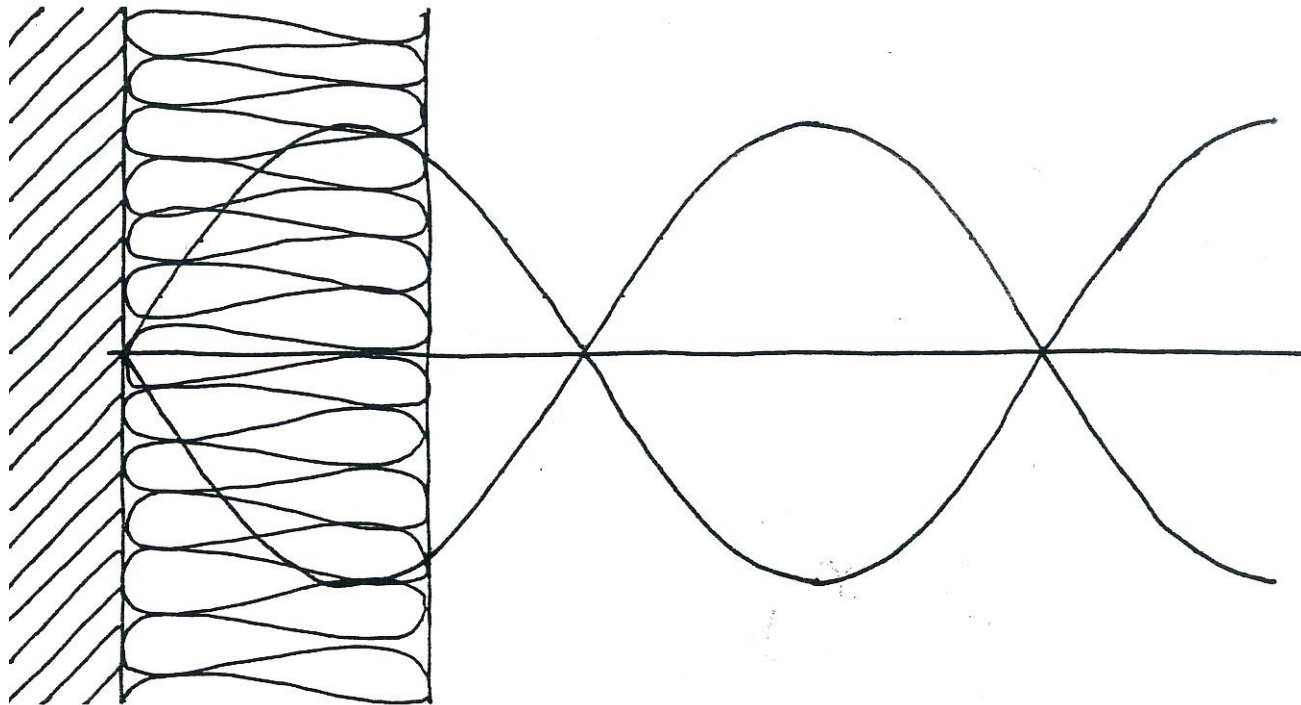
Die **Anbringung** des Strömungsabsorbers muss zu der Wellenlänge passen:





Was kann man zur Verbesserung tun?

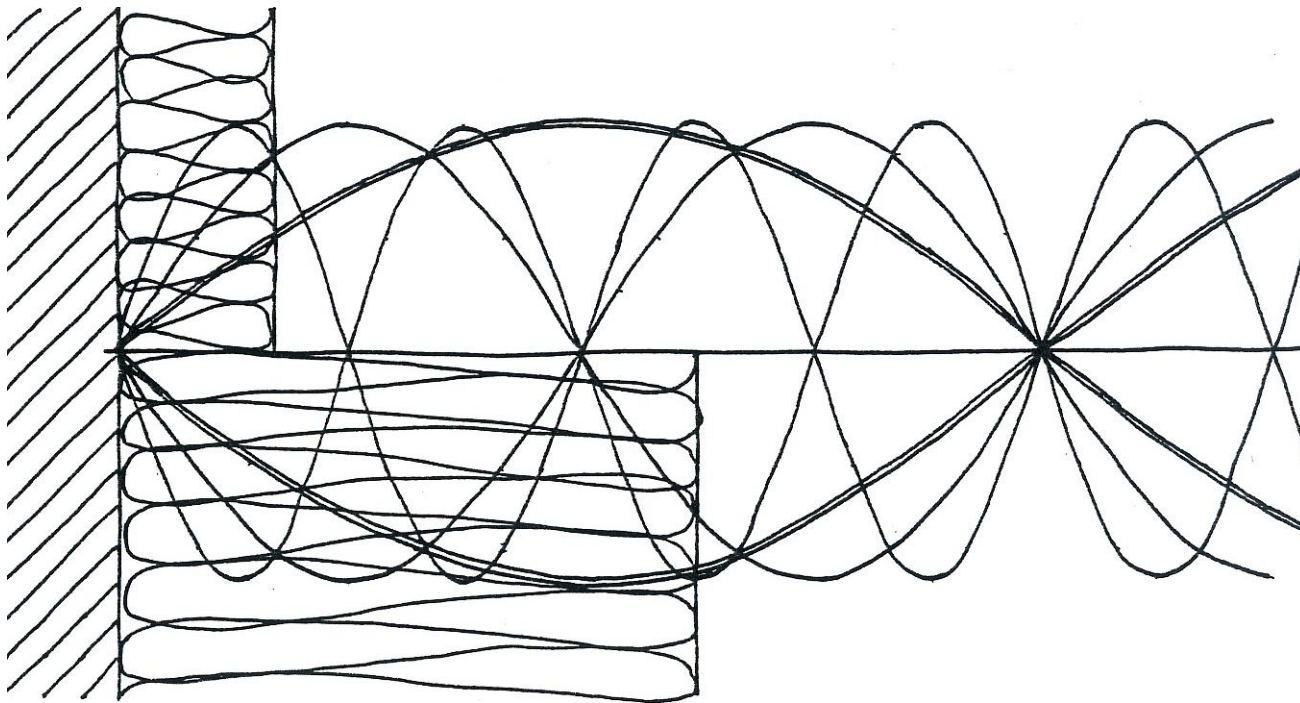
Die **Anbringung** des Strömungsabsorbers muss zu der Wellenlänge passen:





Was kann man zur Verbesserung tun?

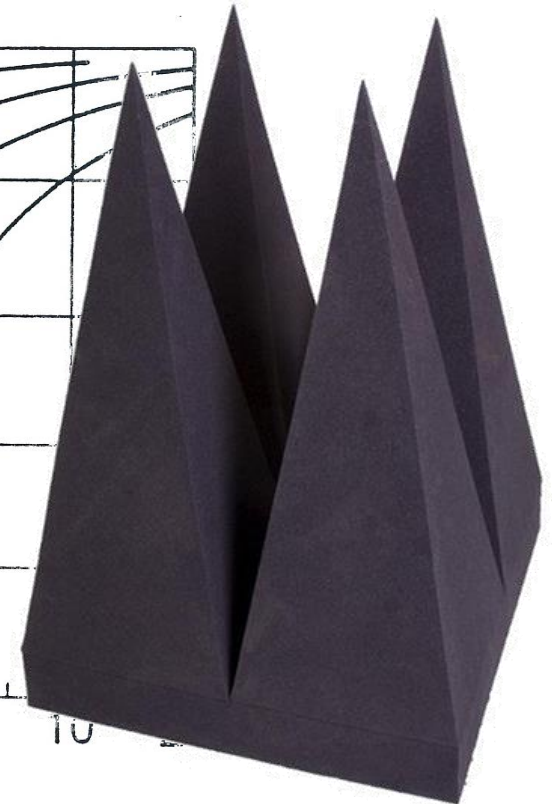
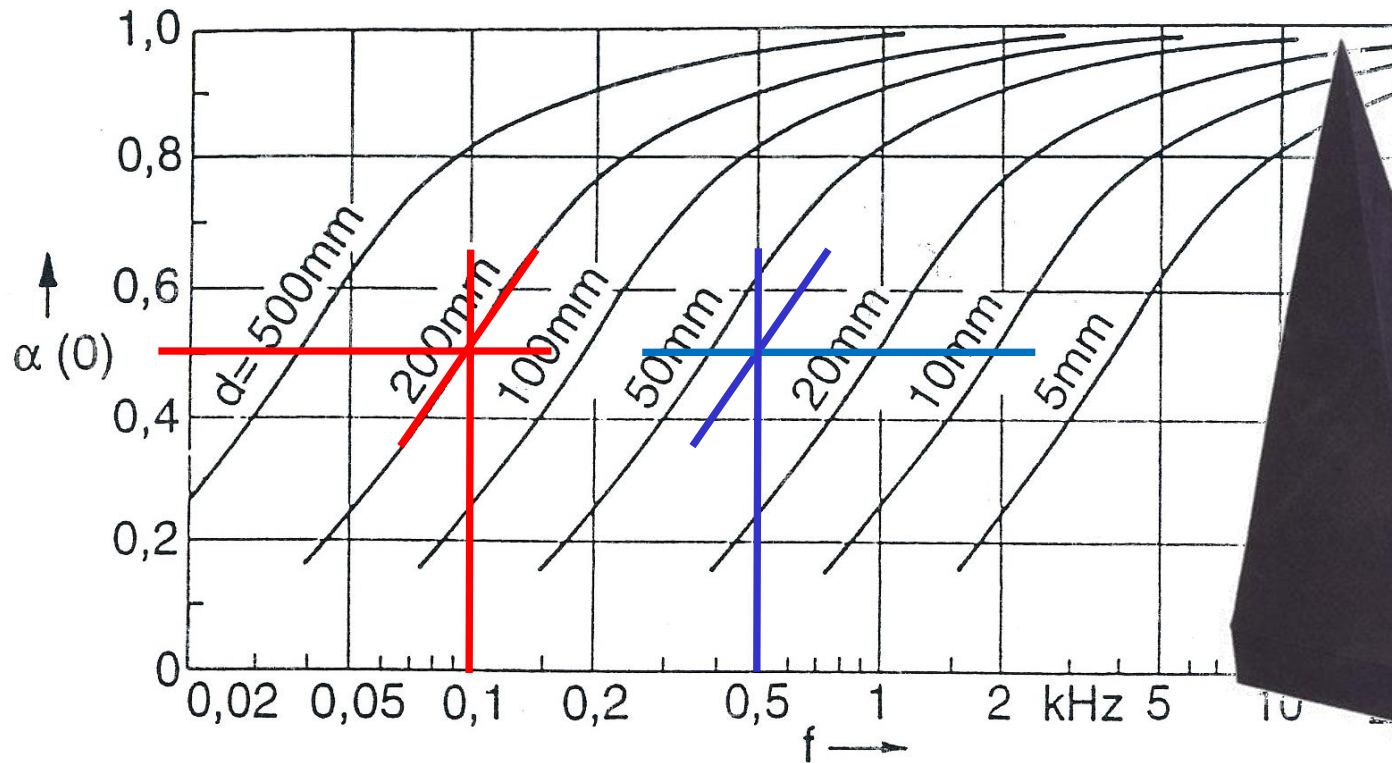
Dickere Strömungsabsorber decken
einen großen Bereich der Wellenlängen ab:

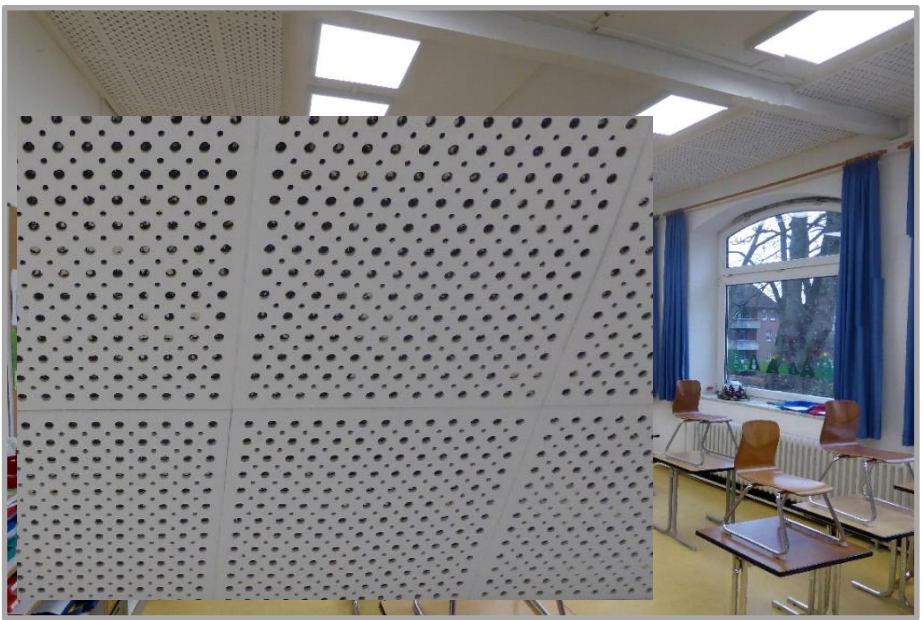
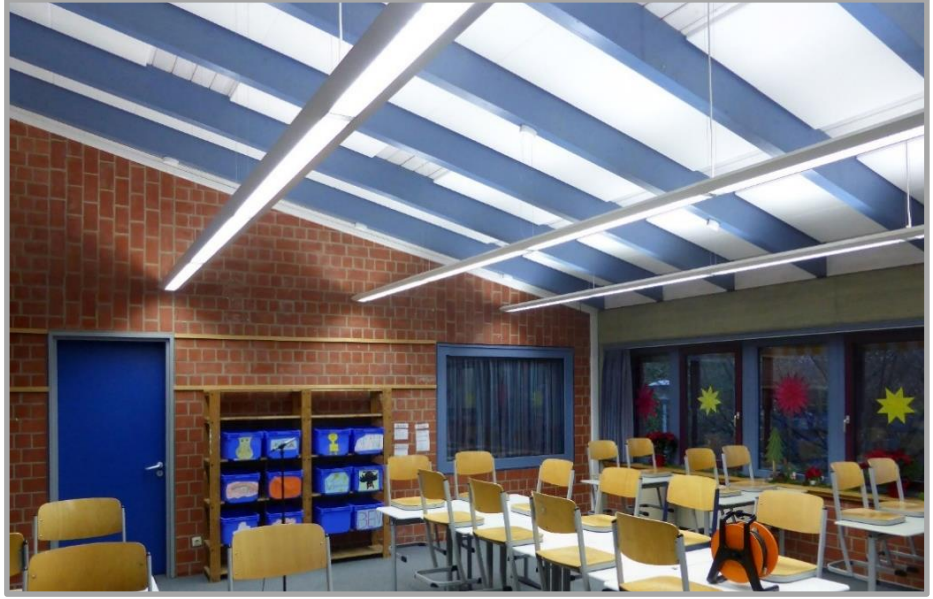




Was kann man zur Verbesserung tun?

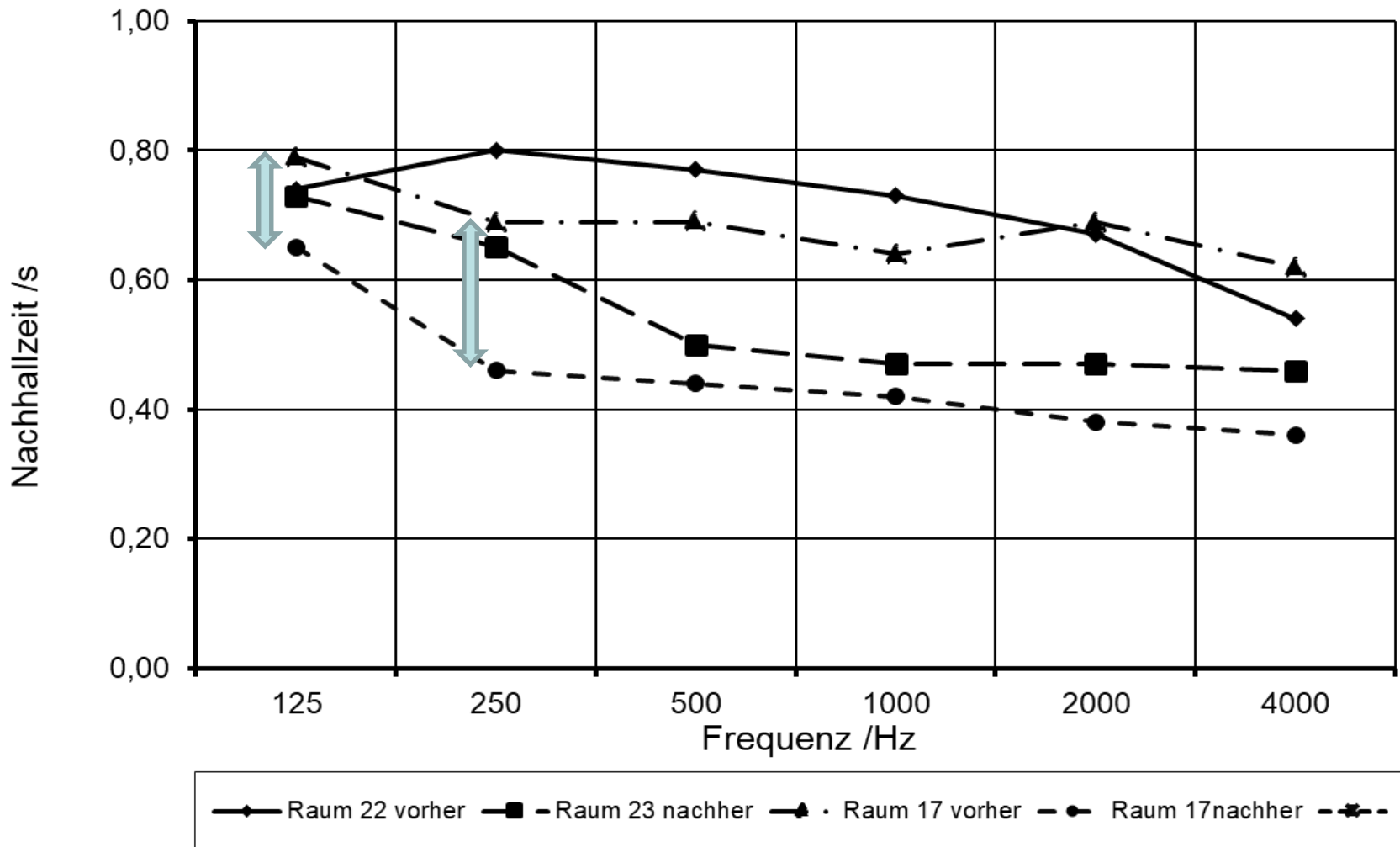
Veränderung des Schallabsorptionsgrades bei tiefen Frequenzen bei unterschiedlichen Schichtdicken







Vergleich der Nachhallzeiten vorher / nachher





Versuch einer Zusammenfassung

Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden



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 (pers. Hörunterstützungsanlagen)
- ggf. **Gebärdensprache** und **Schriftdolmetschung**
- **Notrufe und Alarmierungen (2-Sinne-Prinzip)**



Wissenschaft \leftarrow \rightarrow Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

Erkenntnisproblem

sondern nur ein

Umsetzungsproblem.