

Klassenraumakustik praktisch

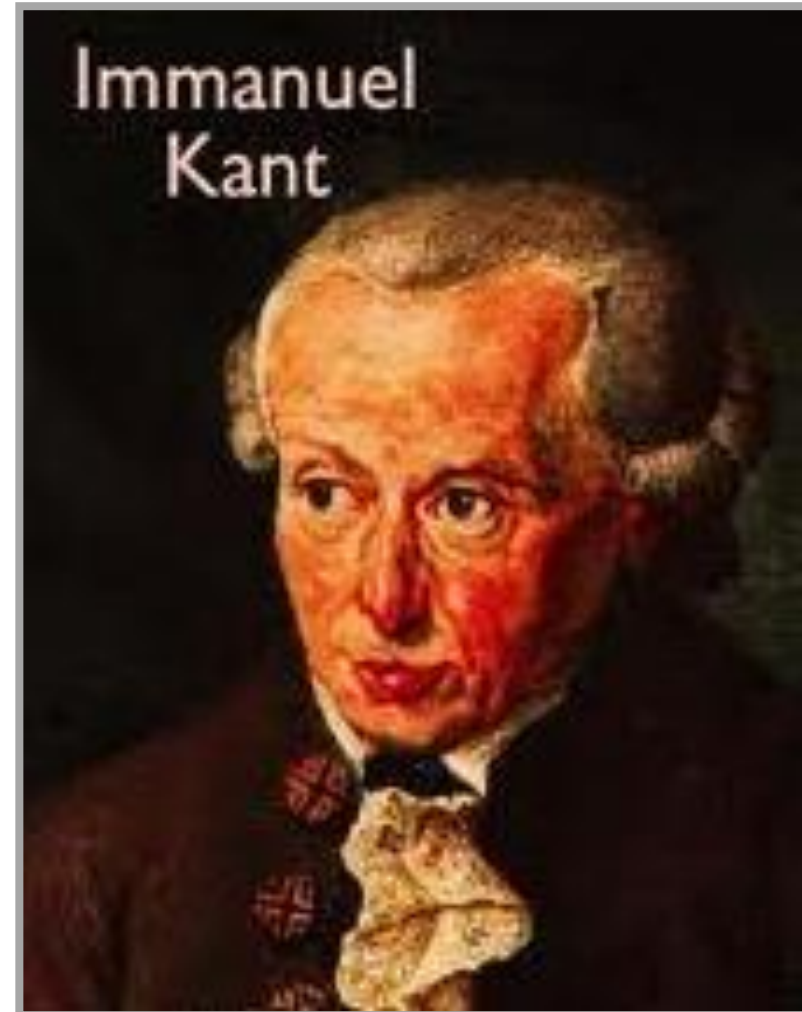
Hörgeschädigte Kinder in Regelschulen
Neue Raumakustik-Norm DIN 18041

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

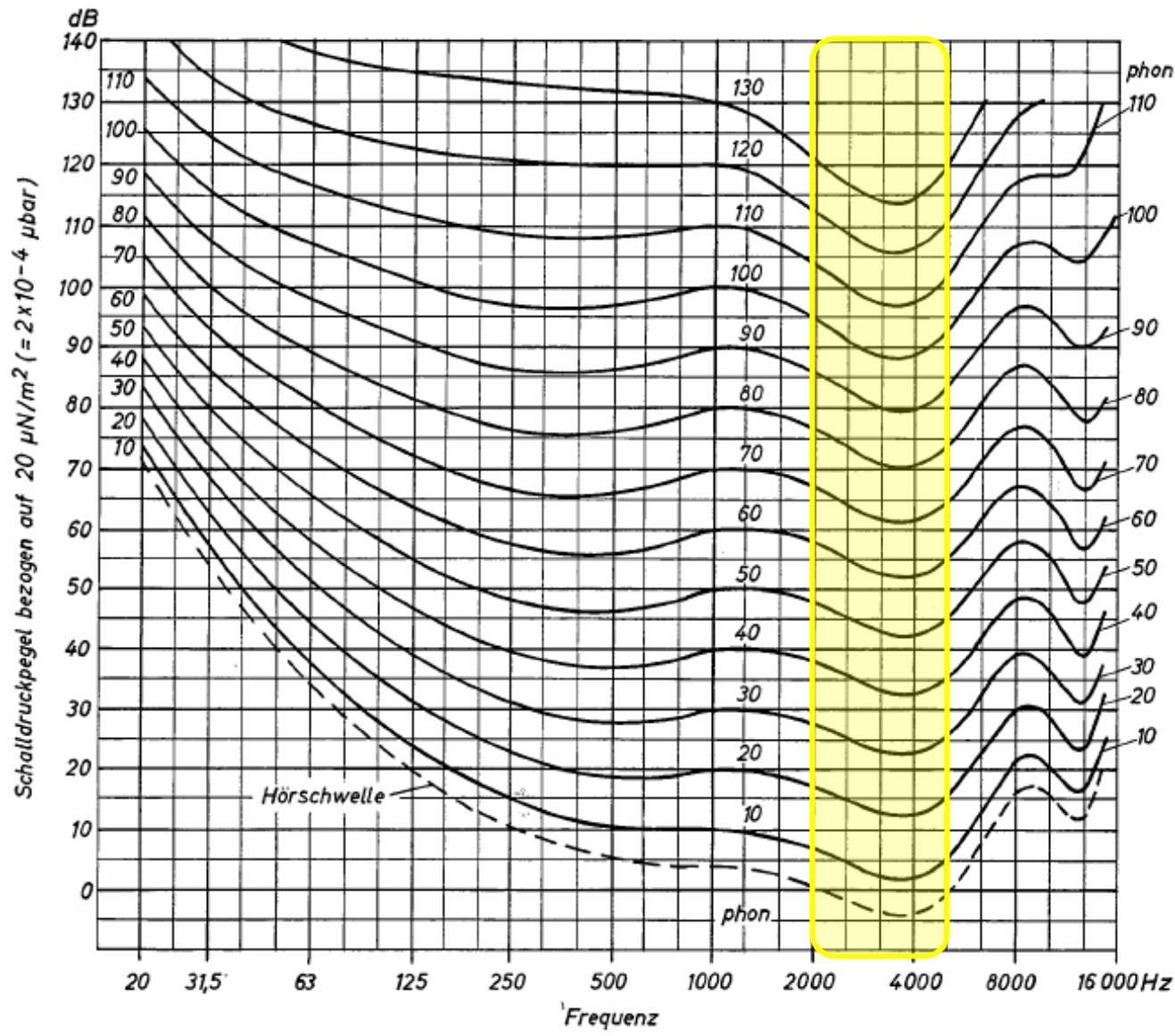
**Es gibt nichts Praktischeres
als eine gute Theorie.**

Gute Theorie ist
verdichtete Praxis.

Die allermeisten
praktischen Probleme
wurden theoretisch
bereits gelöst.



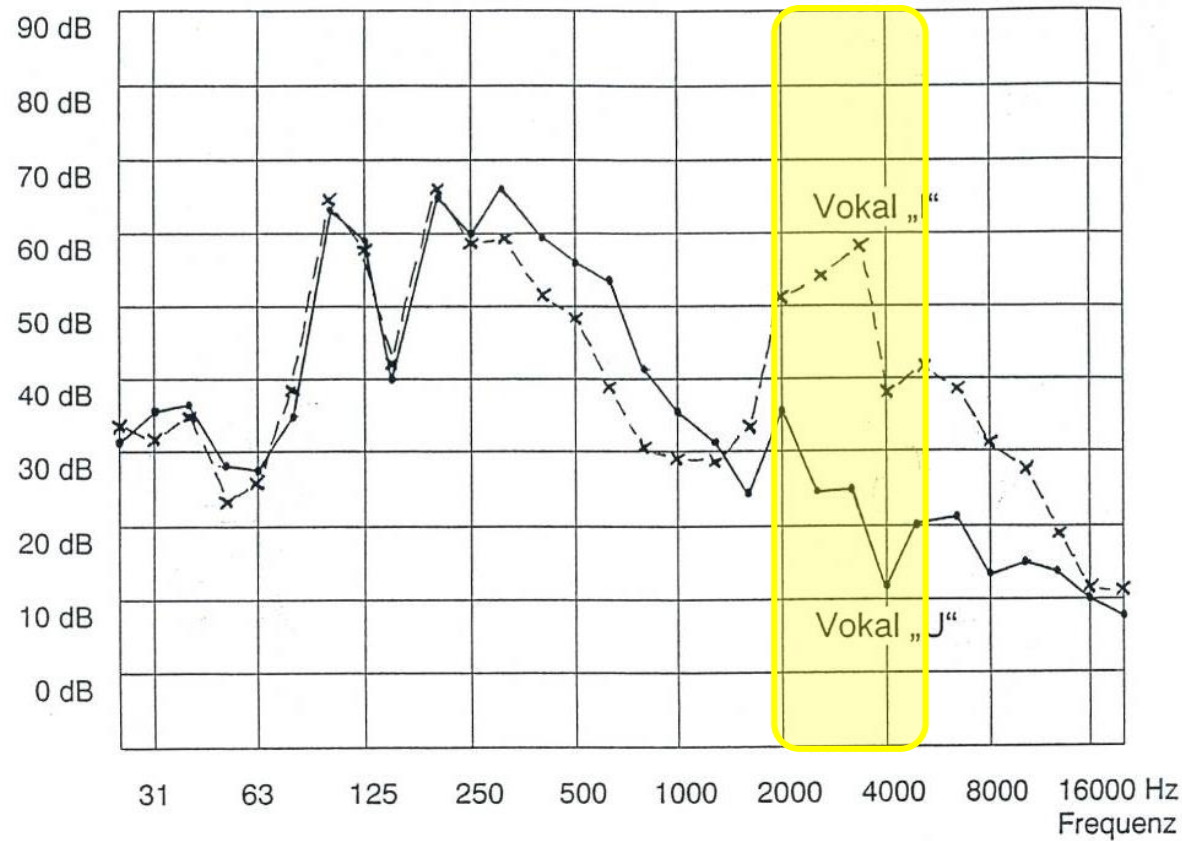
Wie hören Guthörende?



Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

Die Vokale I und U unterscheiden sich im tieffrequenten Bereich kaum, sondern vorrangig oberhalb von 2000 Hz.

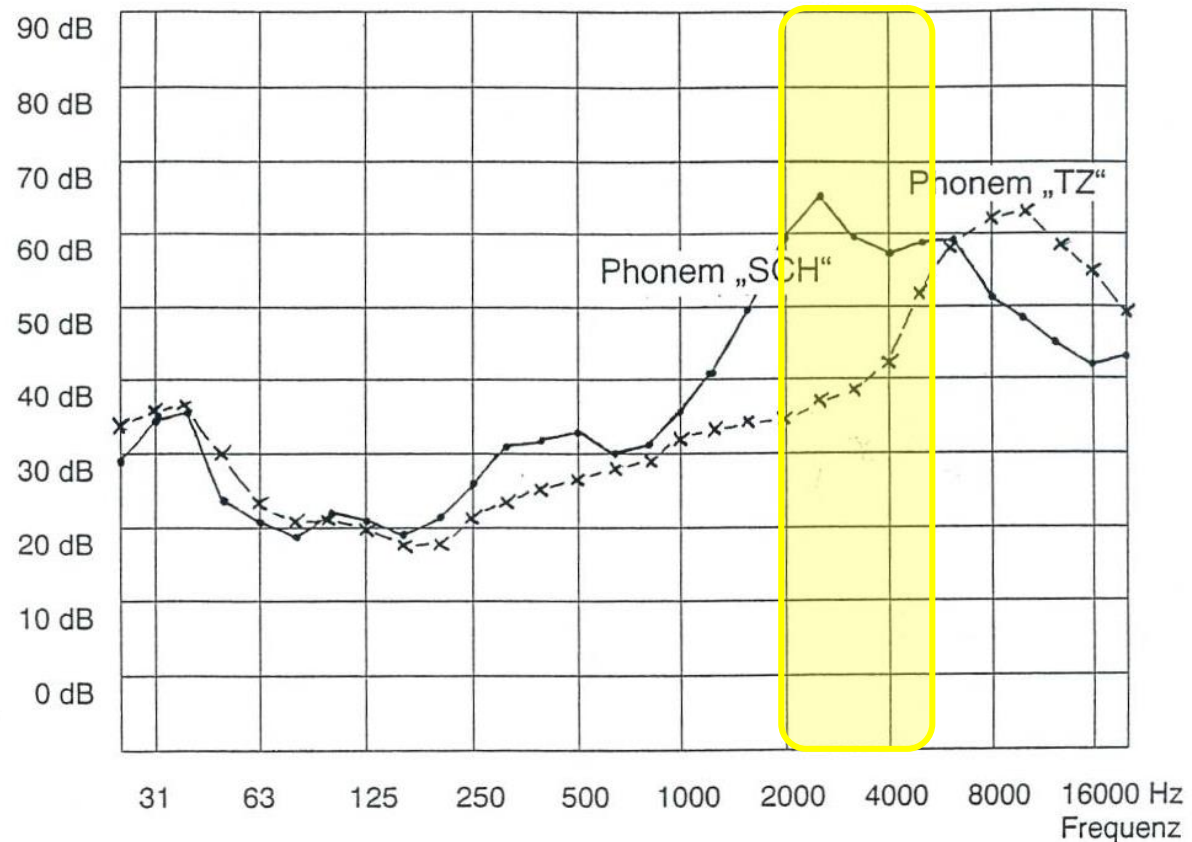


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

Die Konsonanten
SCH und TZ
unterscheiden sich
im tieffrequenten
Bereich kaum,
sondern vorrangig
oberhalb von
2000 Hz. TZ reicht
bis 16.000 Hz.



© TuR Schmidt/Ruhe 2002

Was können Schwerhörende anders?

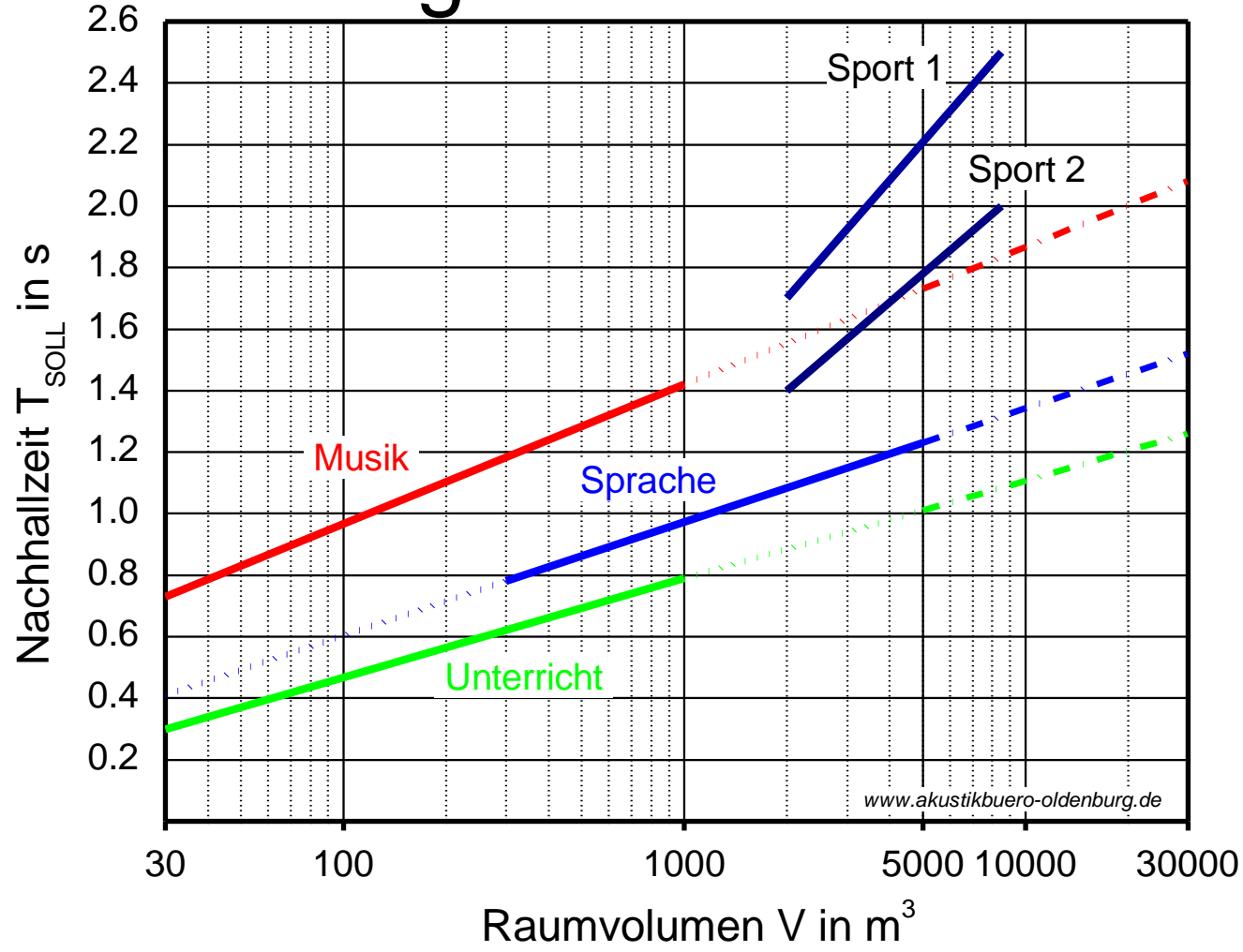
Die hochfrequenten Anteile der Zisch- und Explosiv-Laute übertragen den Inhalt der Sprache.

Diese hochfrequenten Sprach-Anteile müssen in den Hörgeräten besonders kräftig verstärkt werden.

Sehr viele Störgeräusche sind ebenfalls stark hochfrequent und werden (bei etlichen Geräten) mit verstärkt.

Daraus resultiert die bauliche Ingenieur-Aufgabe, insbesondere diese hochfrequenten Störgeräusche gar nicht erst entstehen zu lassen oder sie zu dämpfen.

Anforderungen Nachhallzeit / Nutzungsart



www.akustikbuero-oldenburg.de

Anforderungen Nachhallzeit / Nutzung 2016

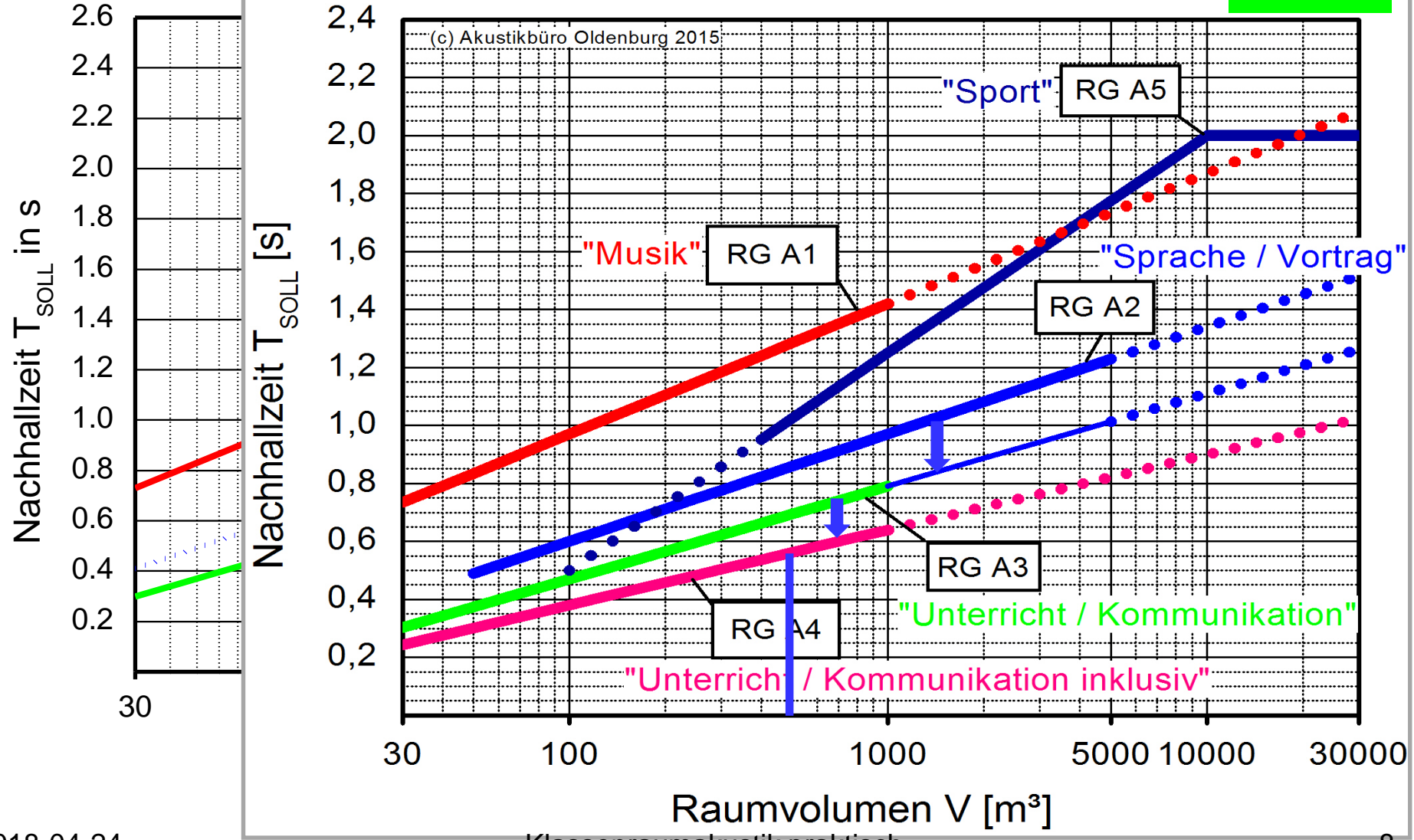


Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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

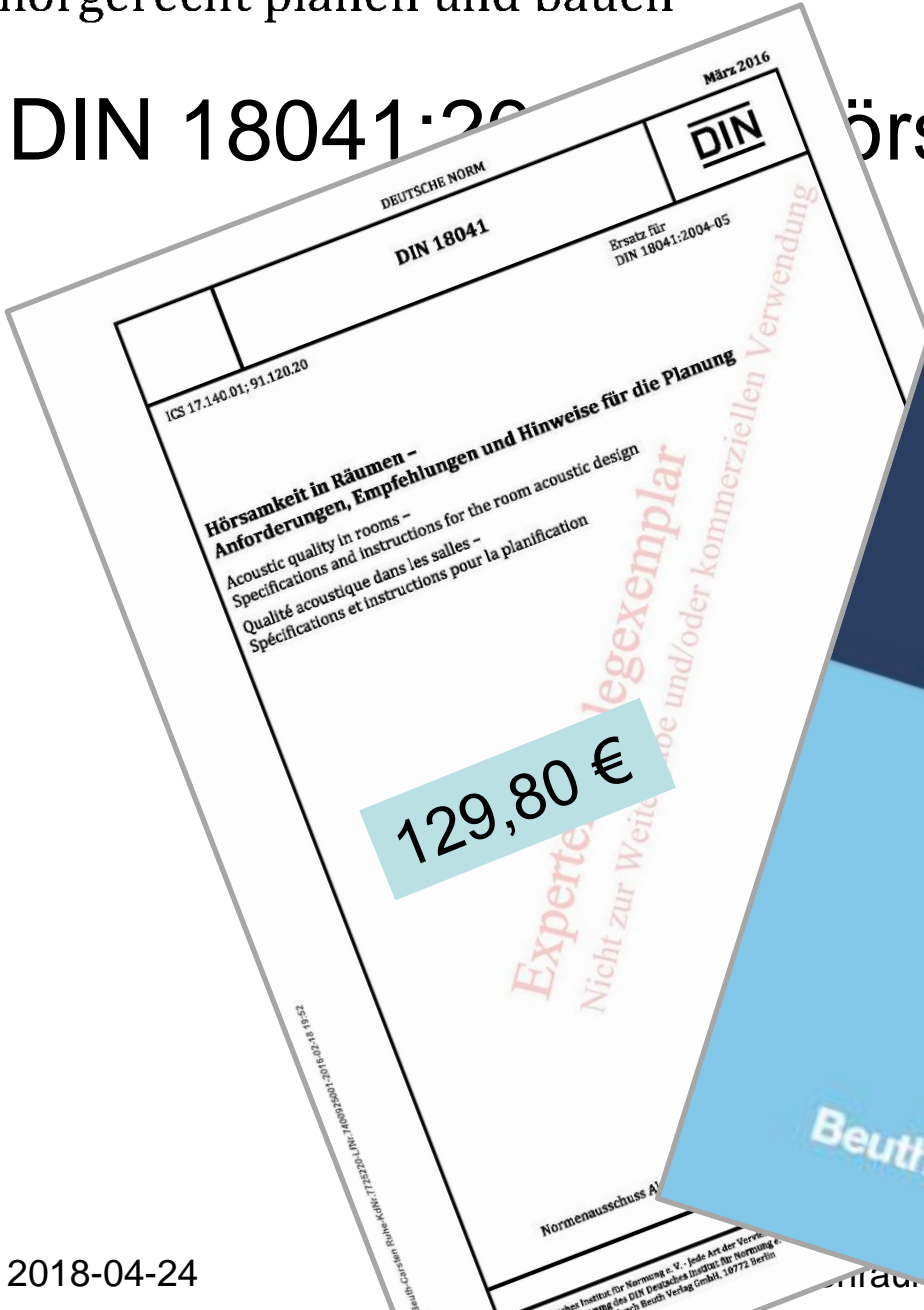
Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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

Hörsamkeit



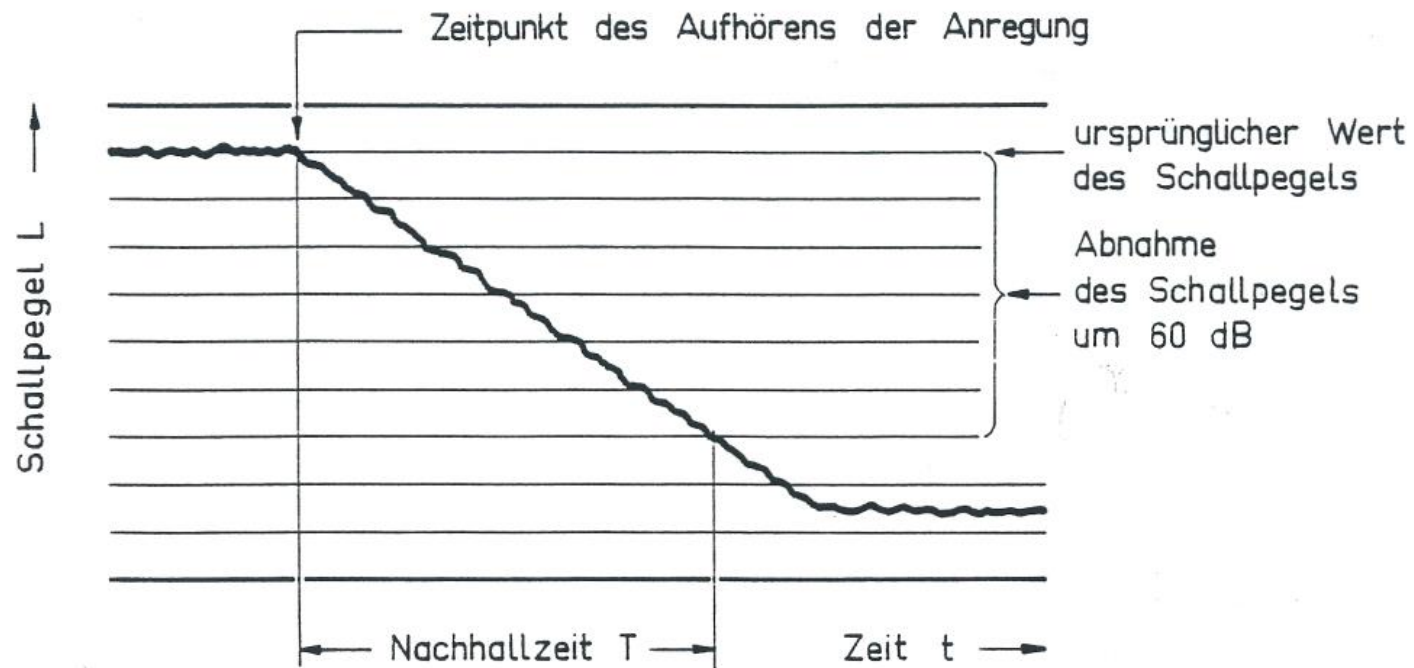
129,80 €



62,00 €

Definition der Nachhallzeit

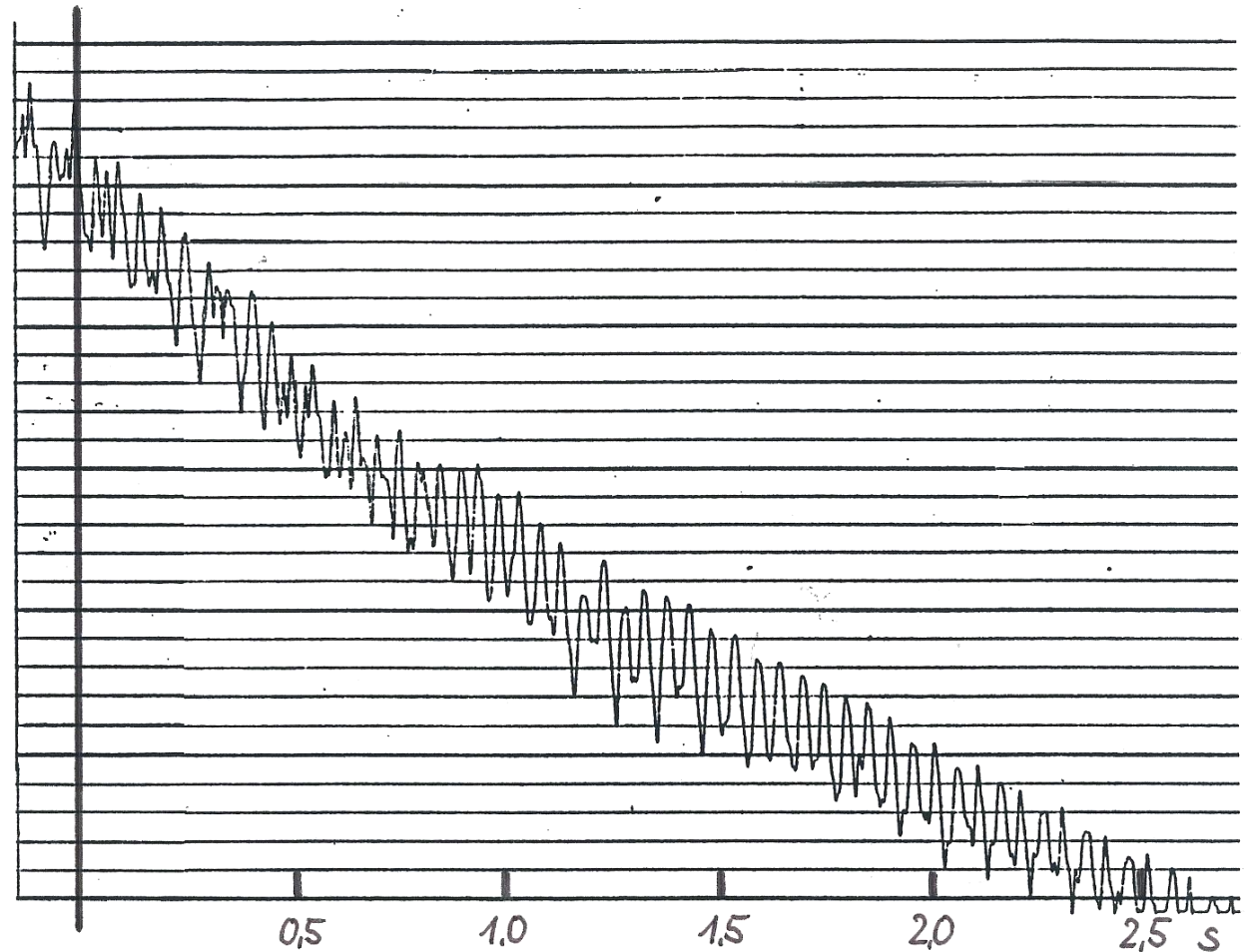
Die Nachhallzeit ist diejenige Zeitspanne, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB abnimmt.



Definition und Messung der Nachhallzeit T

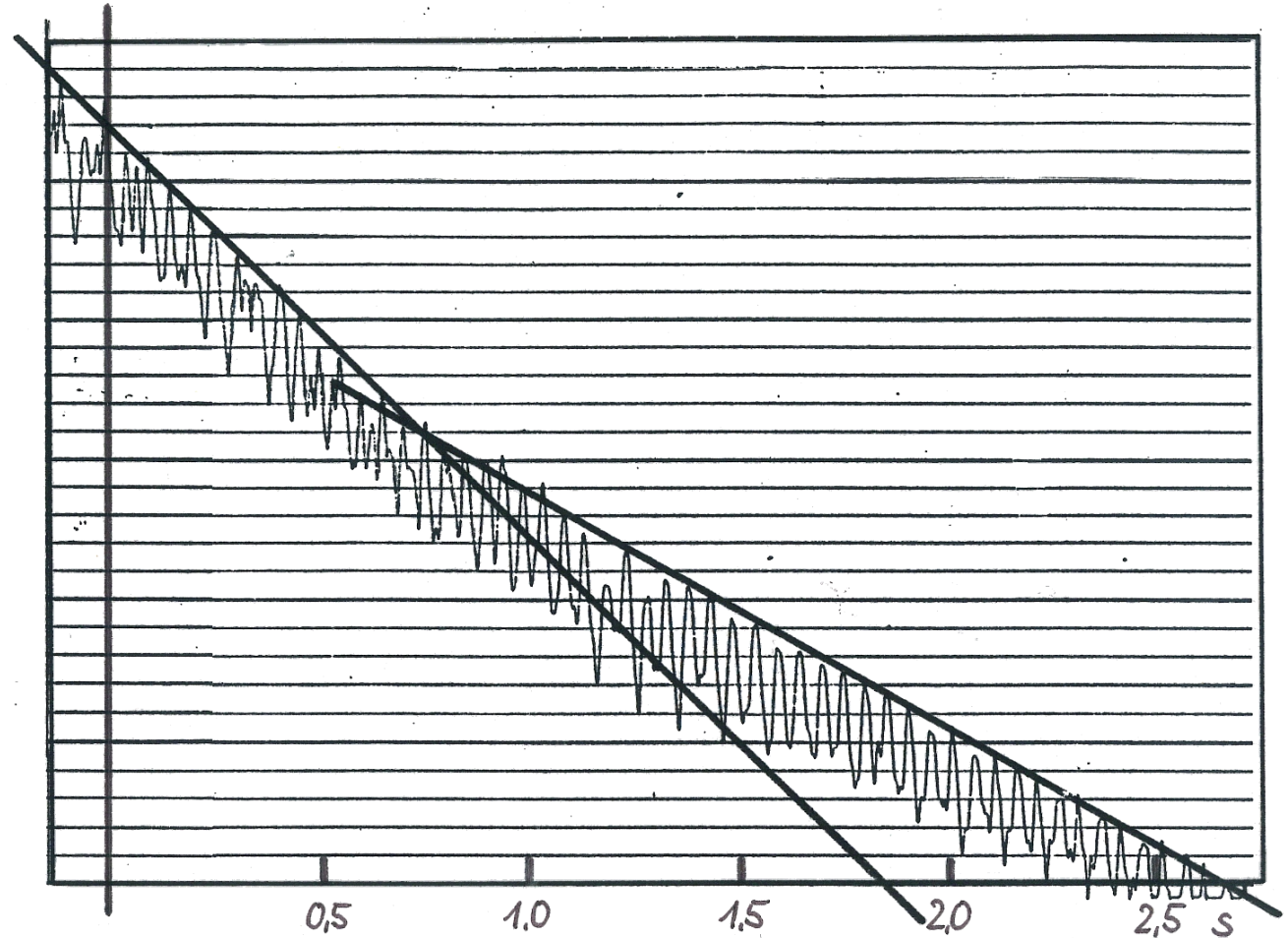
Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

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



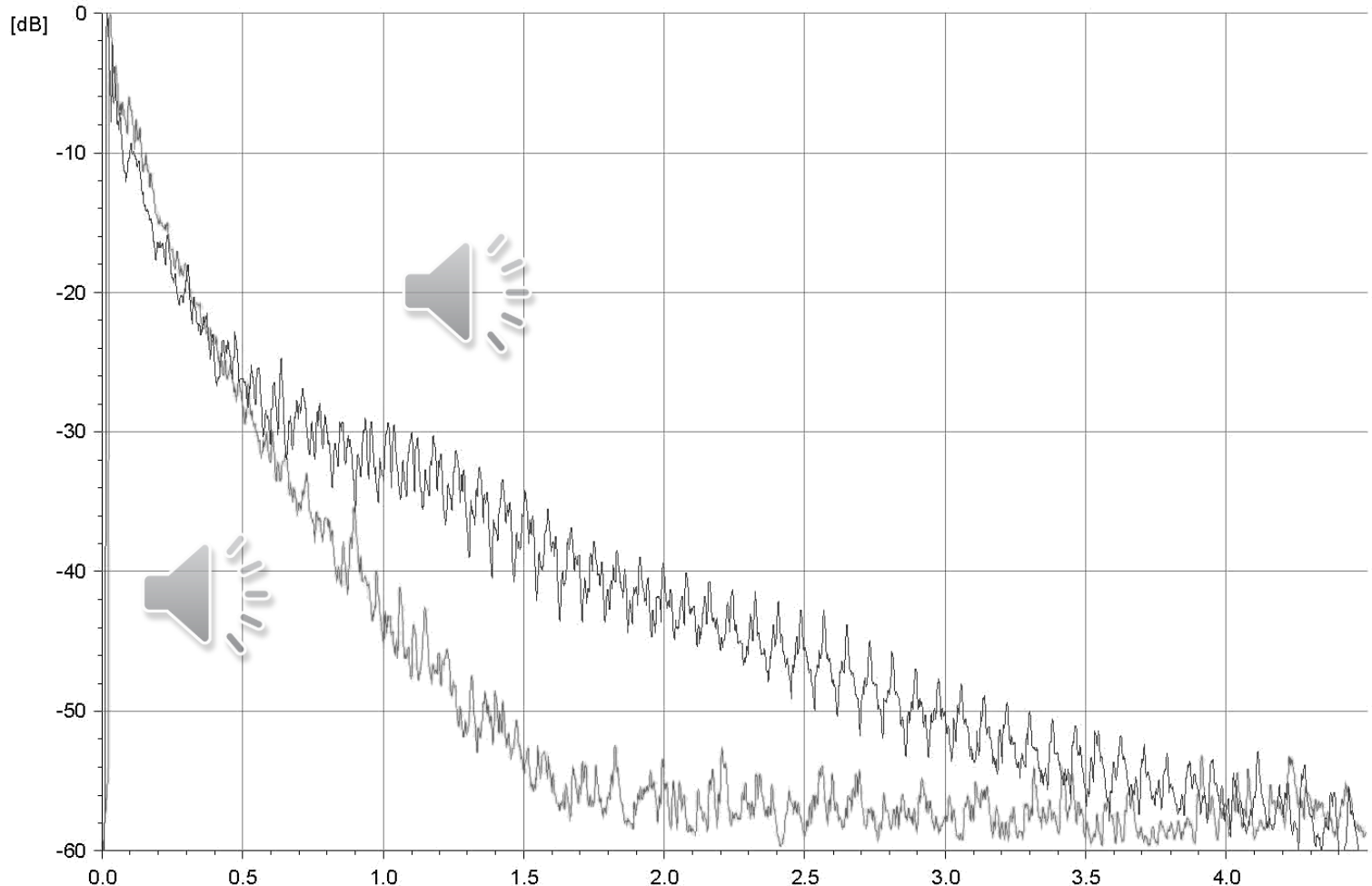
Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

zwei
verschiedene
Kurven-
Steigungen:
gekoppelte
Räume



Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

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



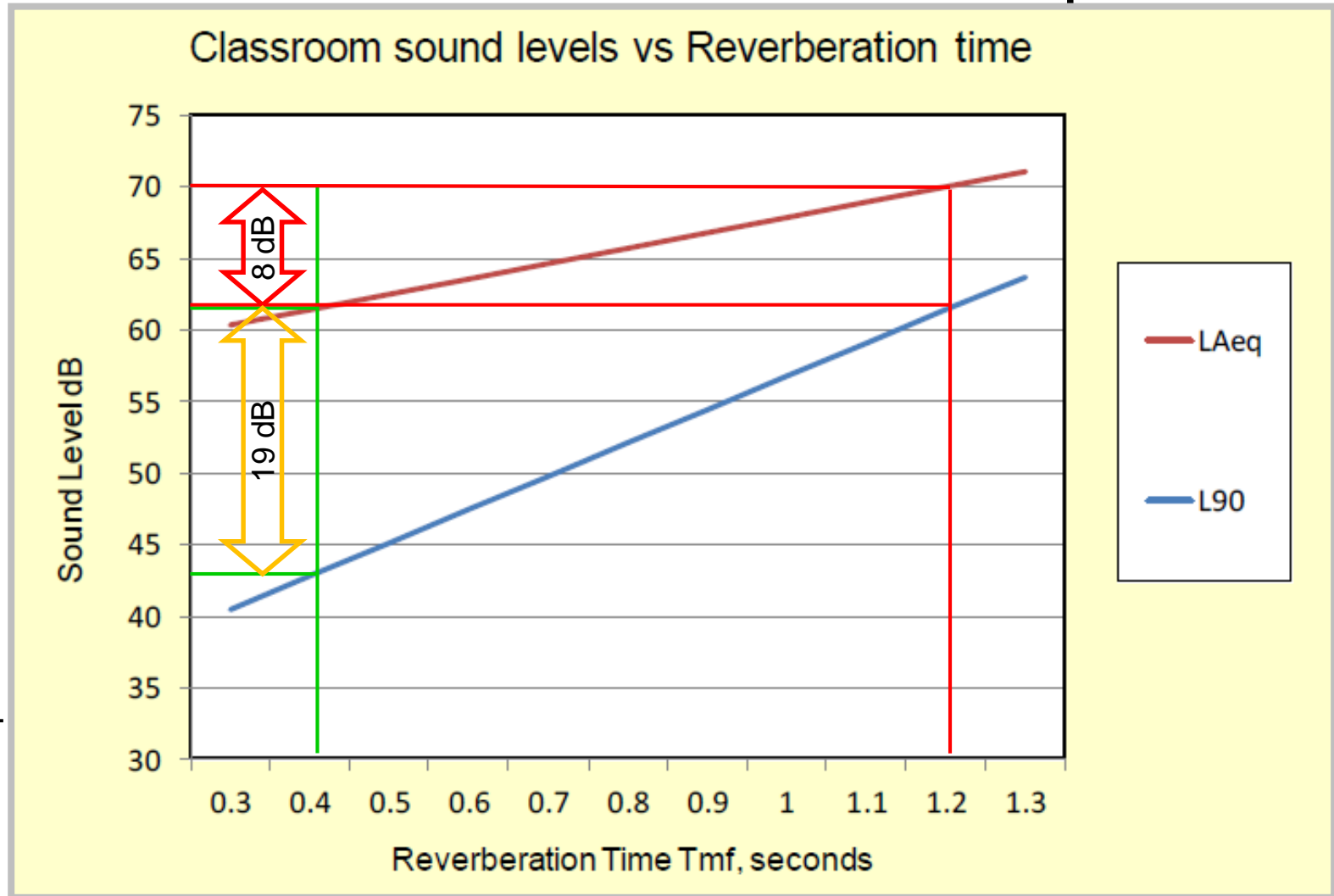
© TuR
König/Ruhe
2007

Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

Optisches Flatterecho:



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



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



Ernst-Ludwig-Schule
Bad Nauheim

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

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

Einbau eines schallabsorbierenden Rückwand-Paneels.

Aufwand: keine 3.000,- €

Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



Ist eine beidseitig CI-Implantierte Lehrerin etwas Besonderes?

Nein!

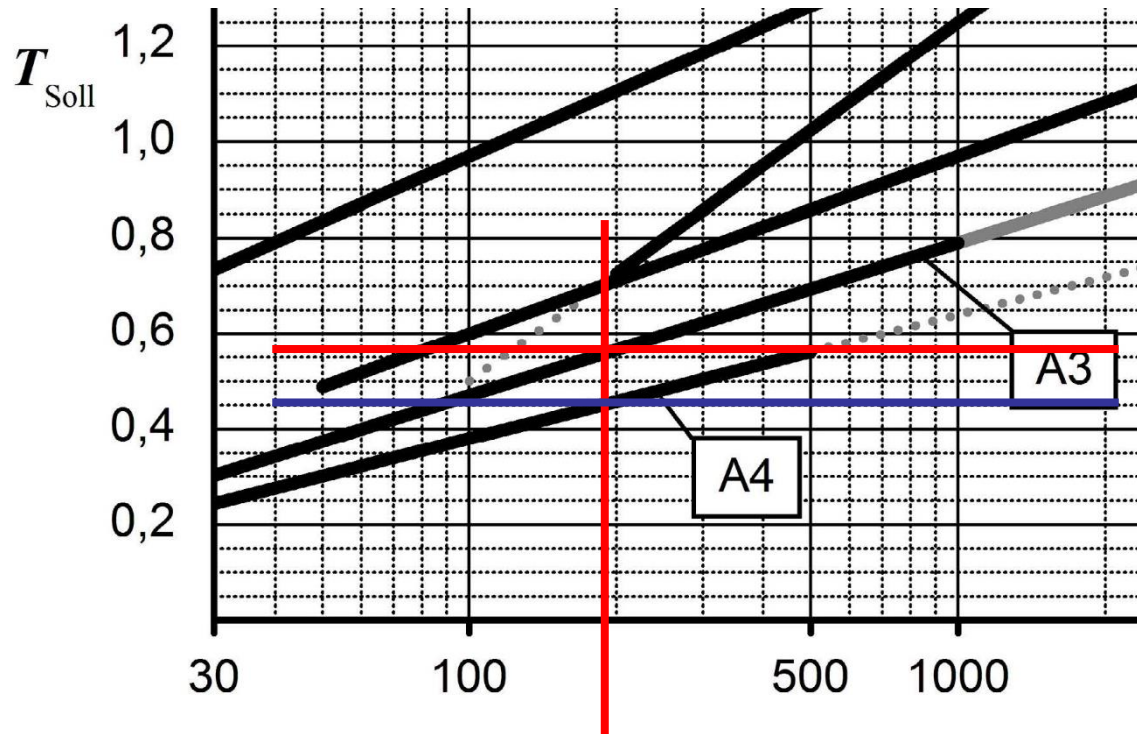
1. Sie ist ein Mensch wie Du und ich.
2. Lehrer_innen werden wegen Burnout, Lärmstress und Tinnitus häufig zwischen 57 und 58 Jahren frühpensioniert, das sind ca. 100 Monate Frührente. Eine akustische Klassenraumsanierung kostet etwa die Frührente von 3 Monaten.

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:

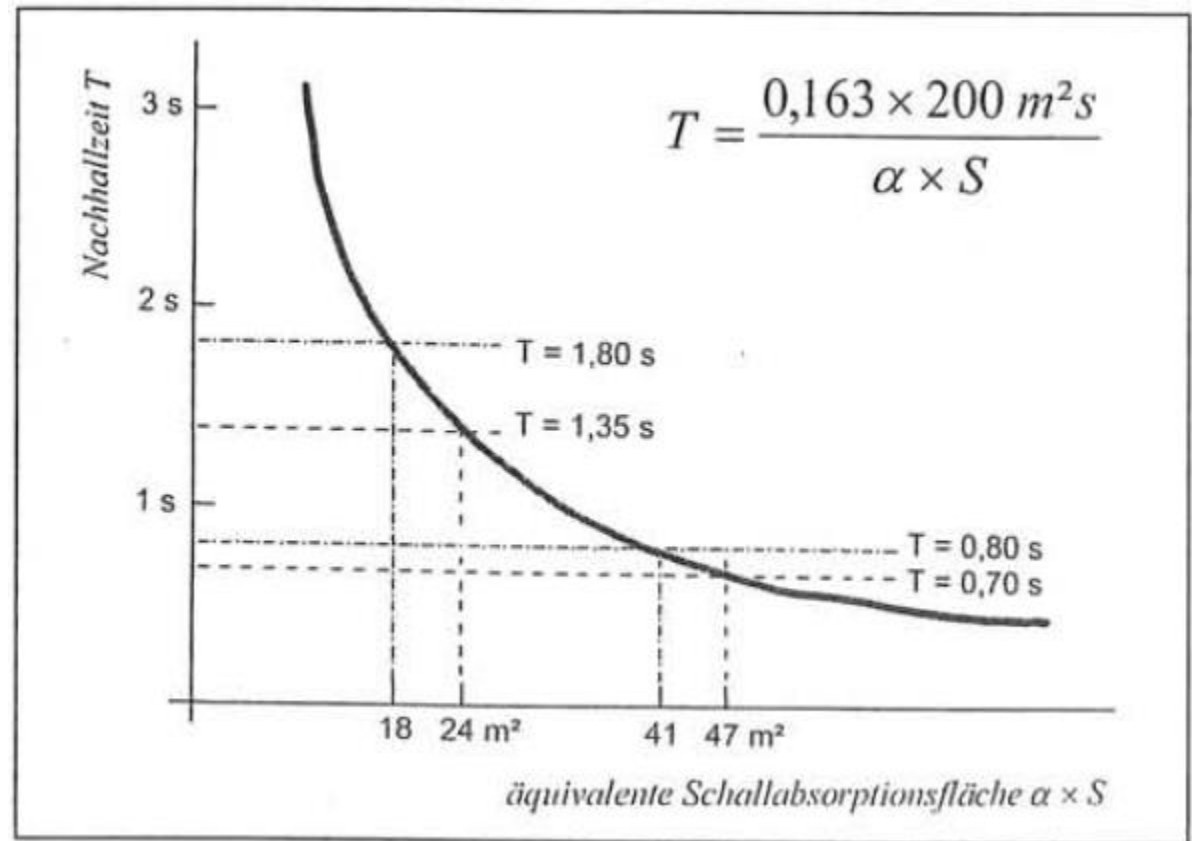
$$T_m = 0,45 \text{ s}$$

Was kann man zur Verbesserung tun?

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

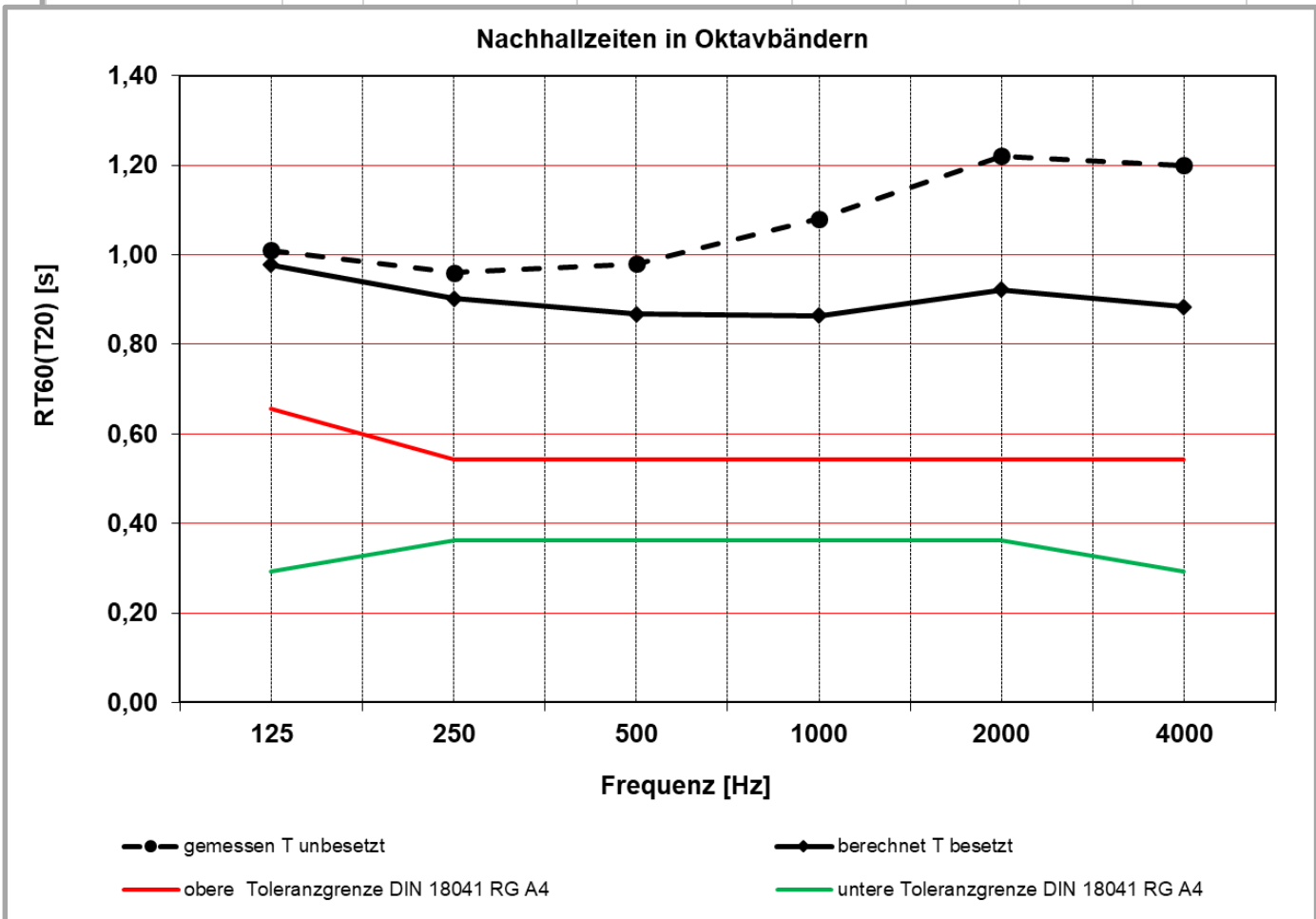
$$T \approx \frac{0,163 \cdot V}{\Sigma \alpha \cdot S}$$
$$= c \cdot \frac{1}{A_{\text{ges}}}$$

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



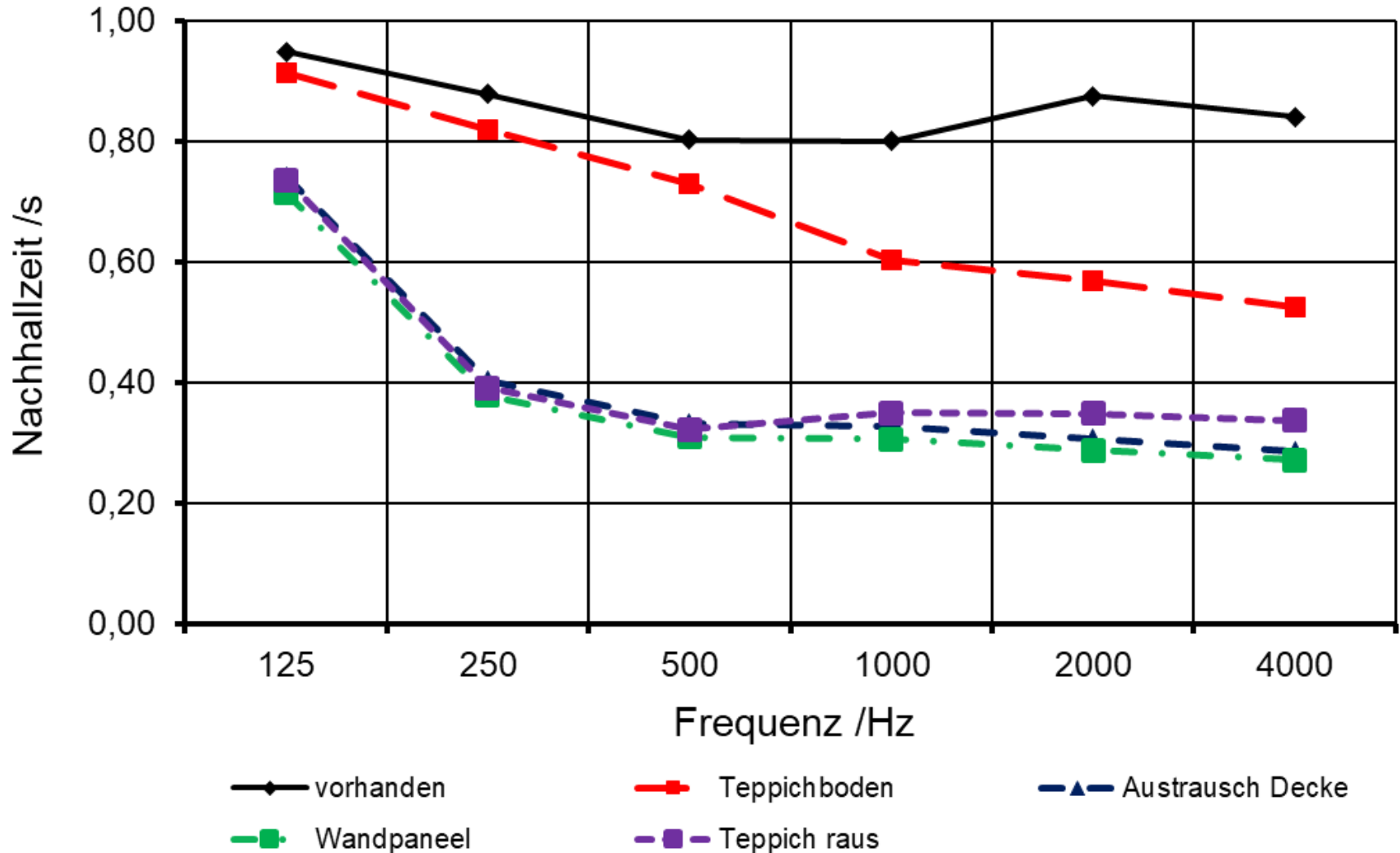
00	4000	Hz
T_{mittel}		
22	1,20	1,08 s
7,8	25,2	m ²
55	0,55	m ² /Pers.
30	0,25	m ² /Pers.
40	0,45	m ² /Pers.
50	0,55	m ² /Pers.
6	0,6	m ²
0	0,0	m ²
0	9,0	m ²
0	0,0	m ²
7,8	34,2	m ²
92	0,88	0,90 s

	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

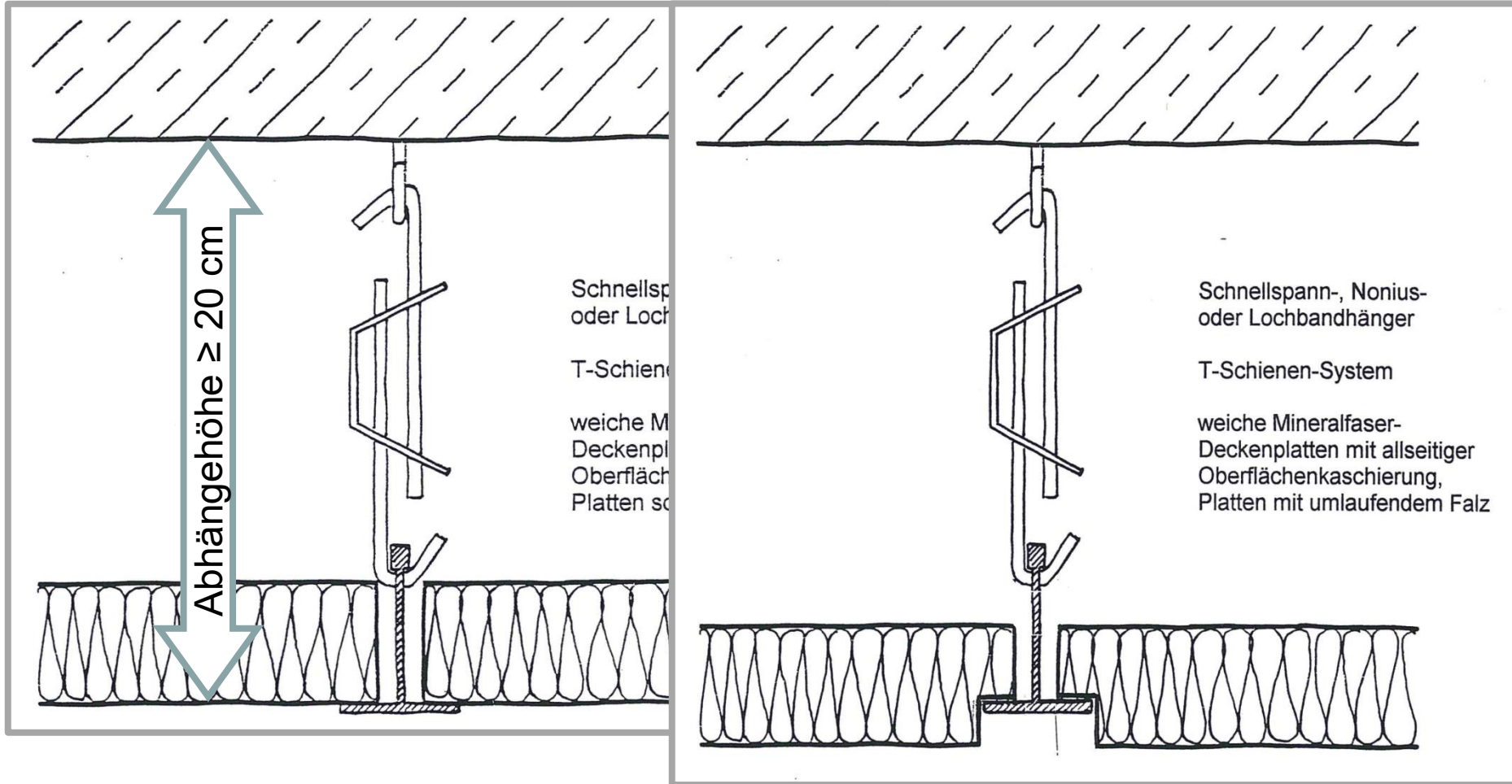
Wie geht man zur Verbesserung vor?

- 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

Vergleich der Rechenergebnisse



Abgehängte schallabsorbierende Decken:



Oldenburg-Wechloy

© Rockfon



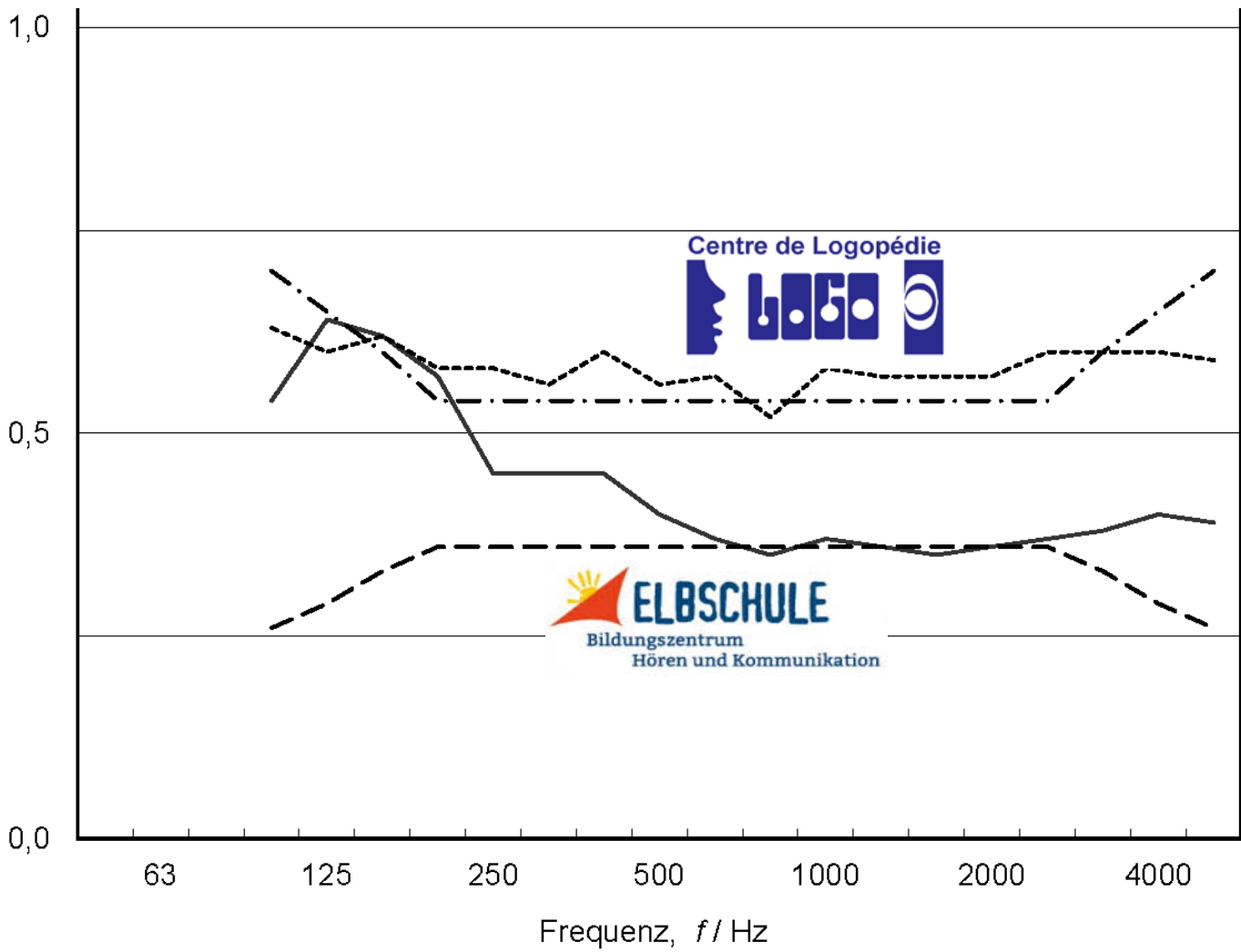
Hamburg, Elbschule, Klassenraum



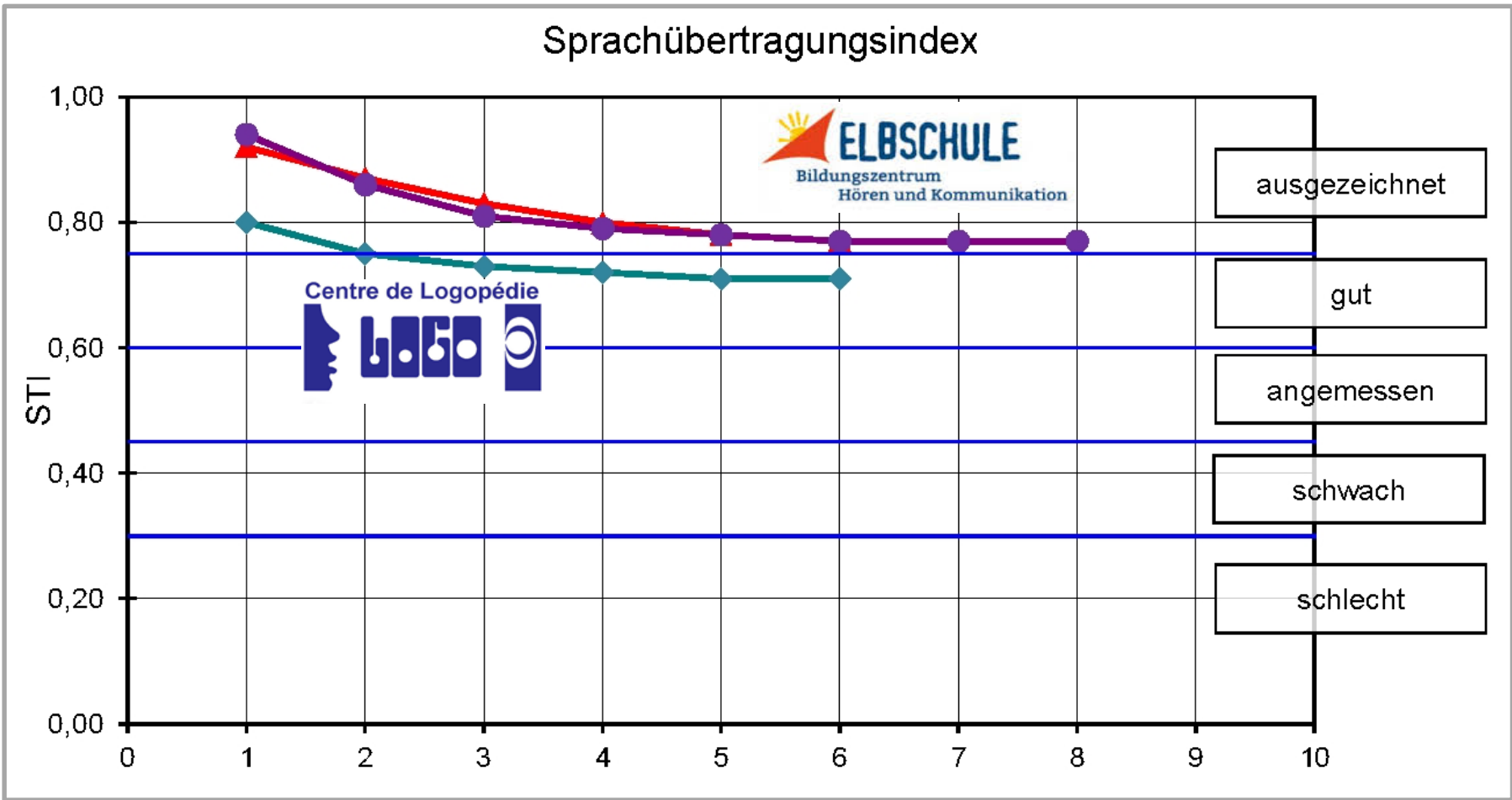
Luxemburg, Centre de Logopédie, Klassenraum

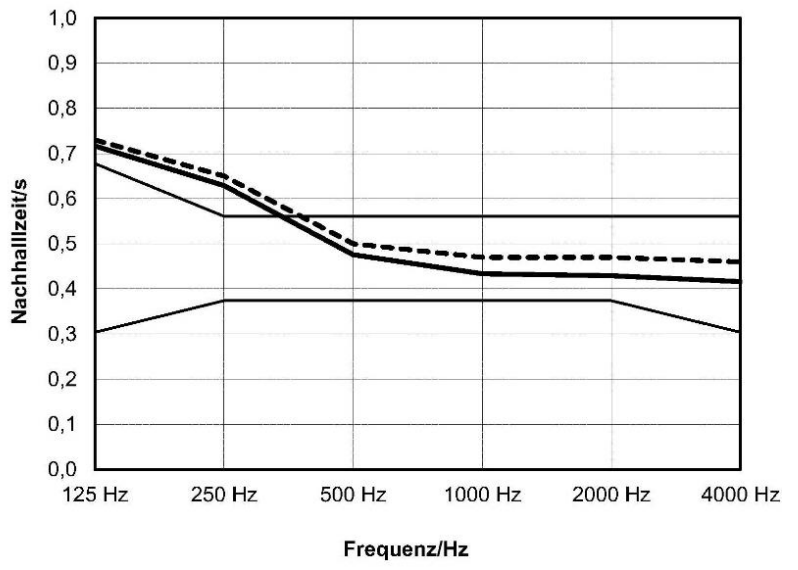
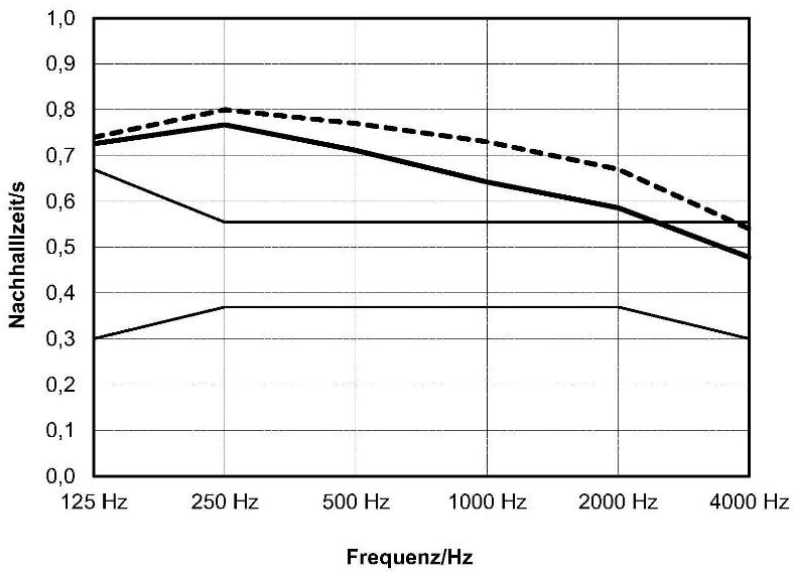


Nachhallzeit-Vergleich Luxemburg - Hamburg



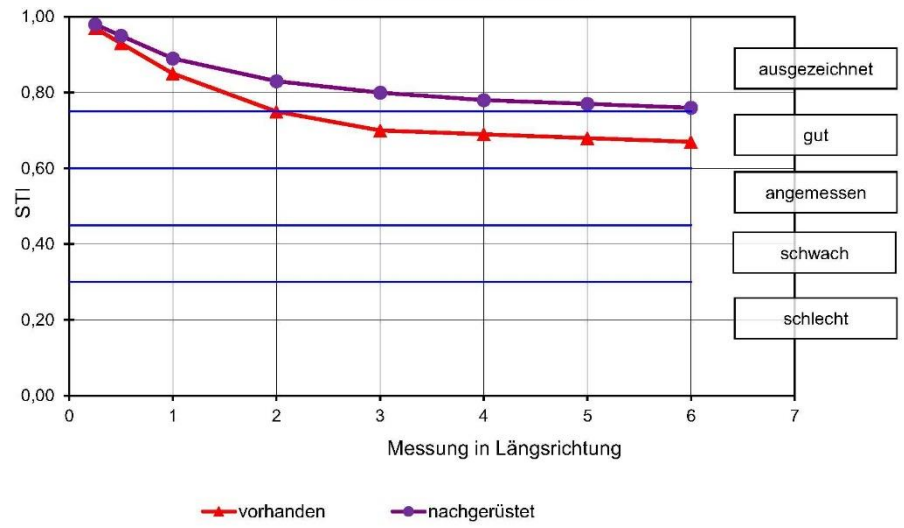
STI-Vergleich Luxemburg - Hamburg



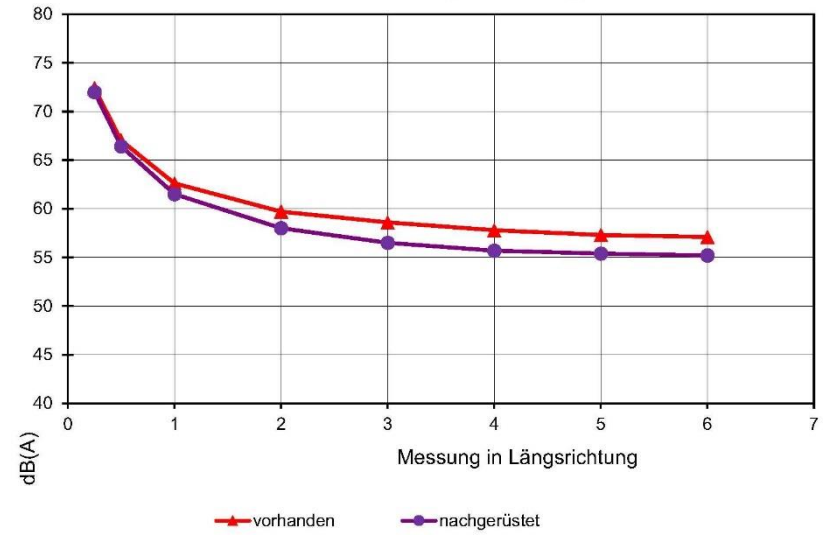




Sprachübertragungsindex

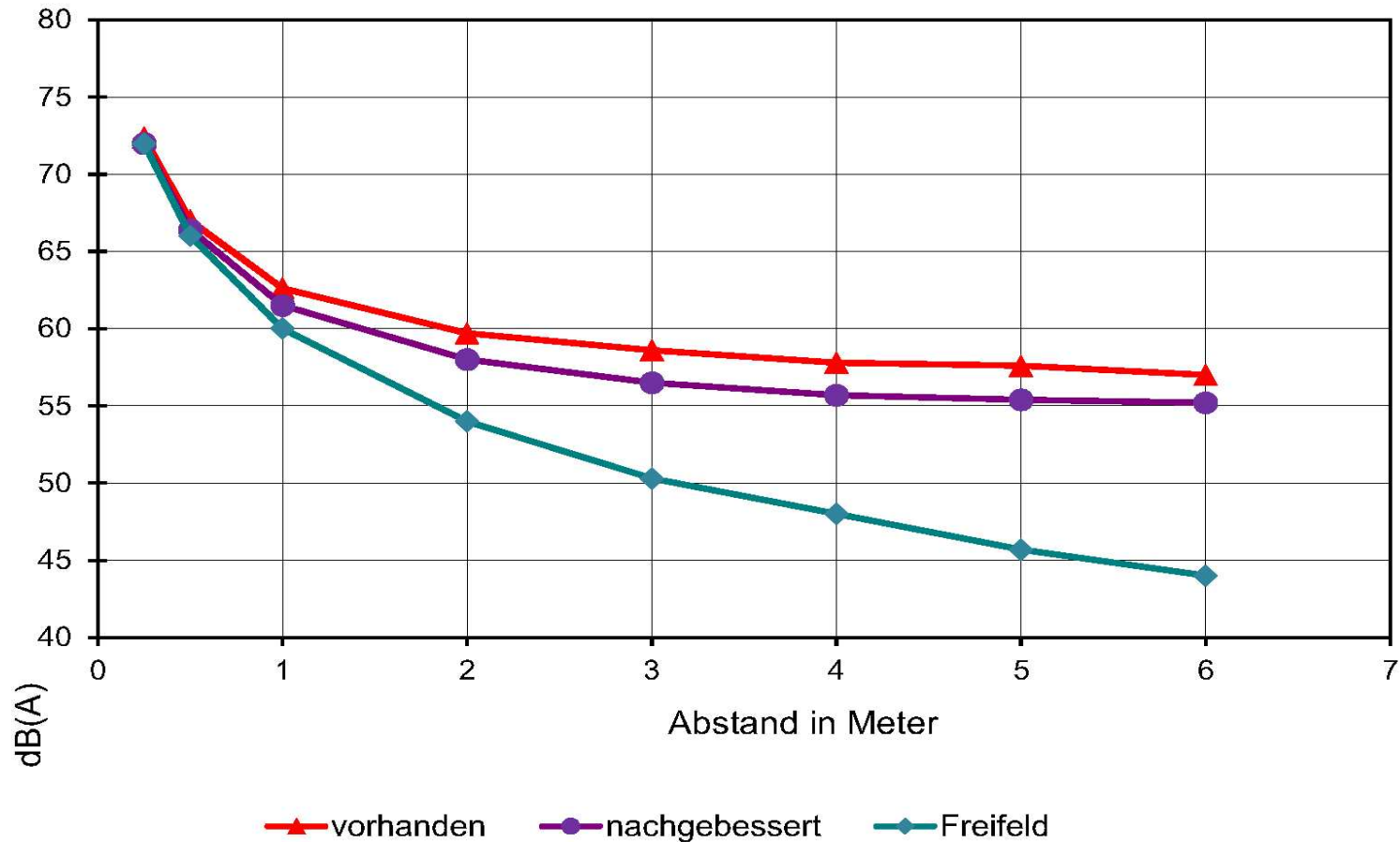


Schallpegelverteilung



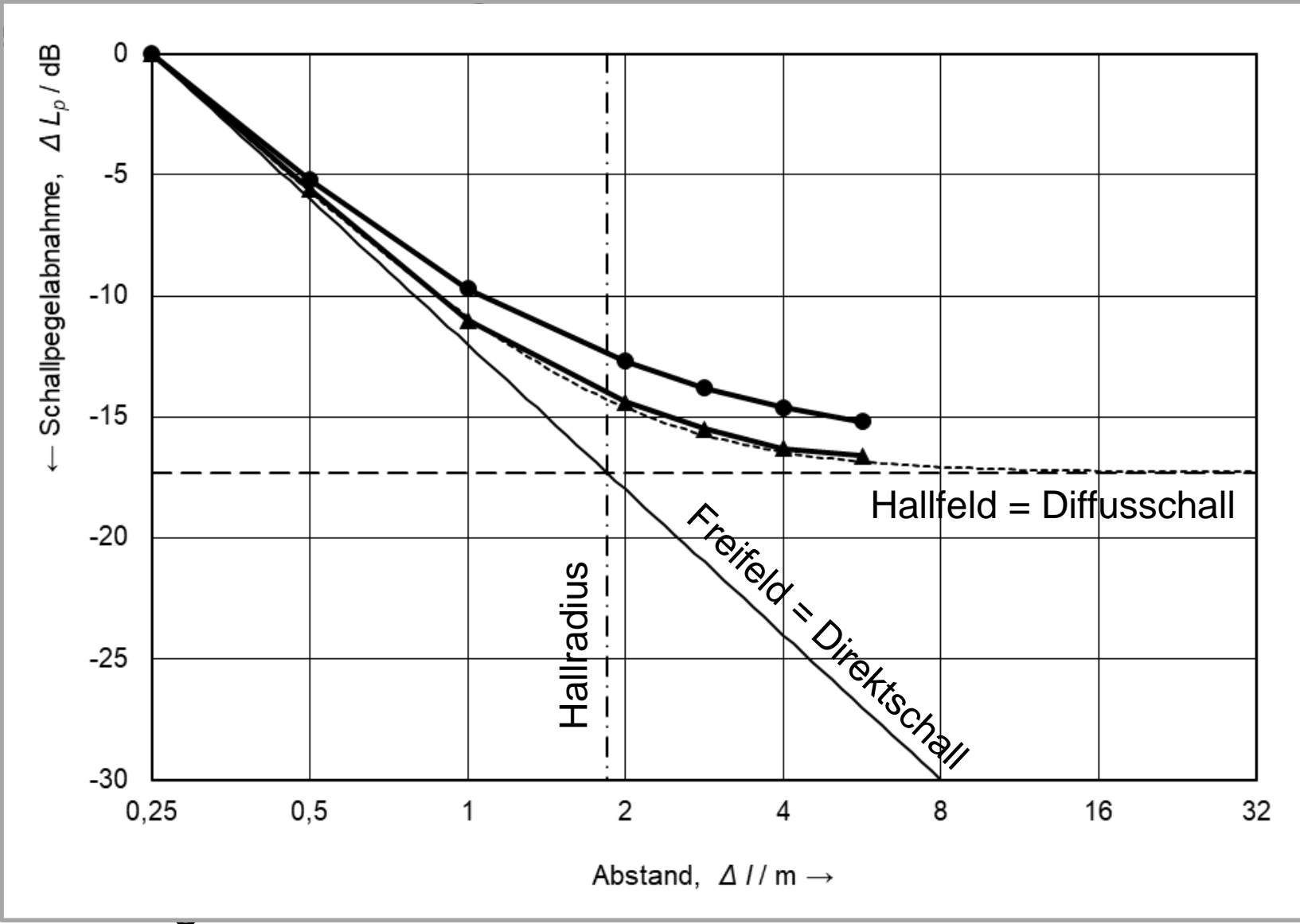
Mess-Ergebnisse Schallpegelverteilung

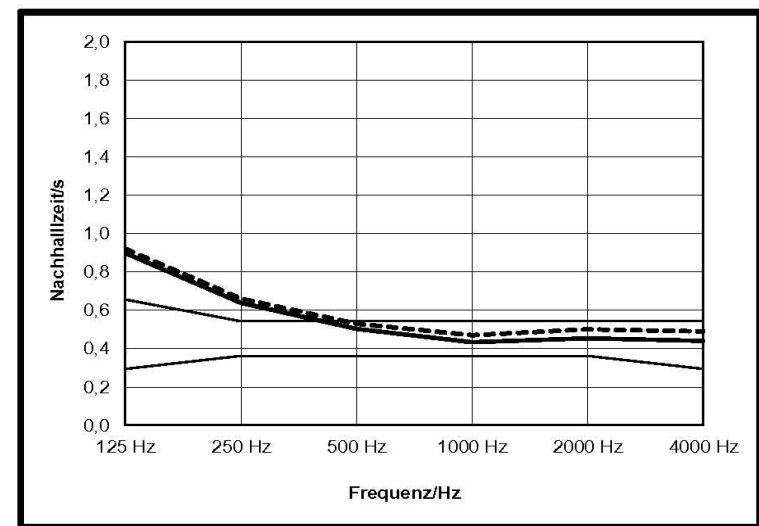
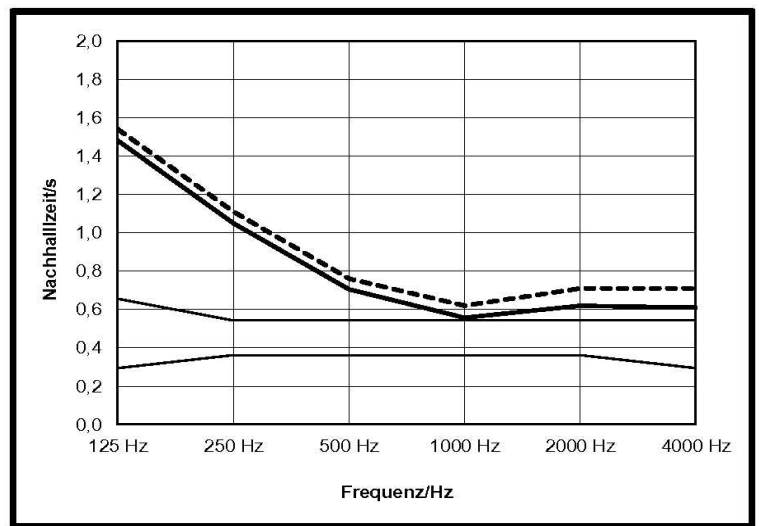
Schallpegelverteilung



Pegelabnahme von 1 m bis 6 m ist maximal 6 dB

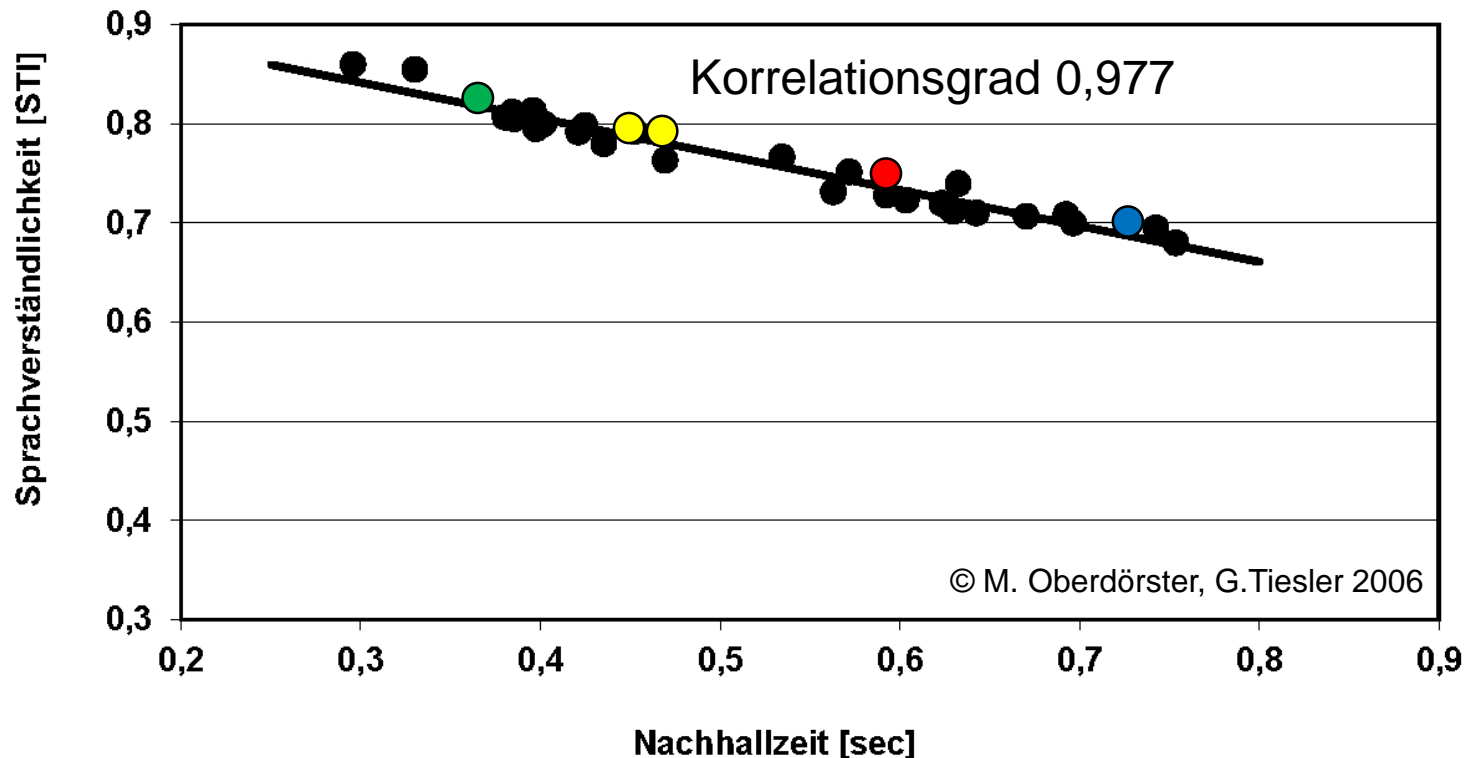
Me



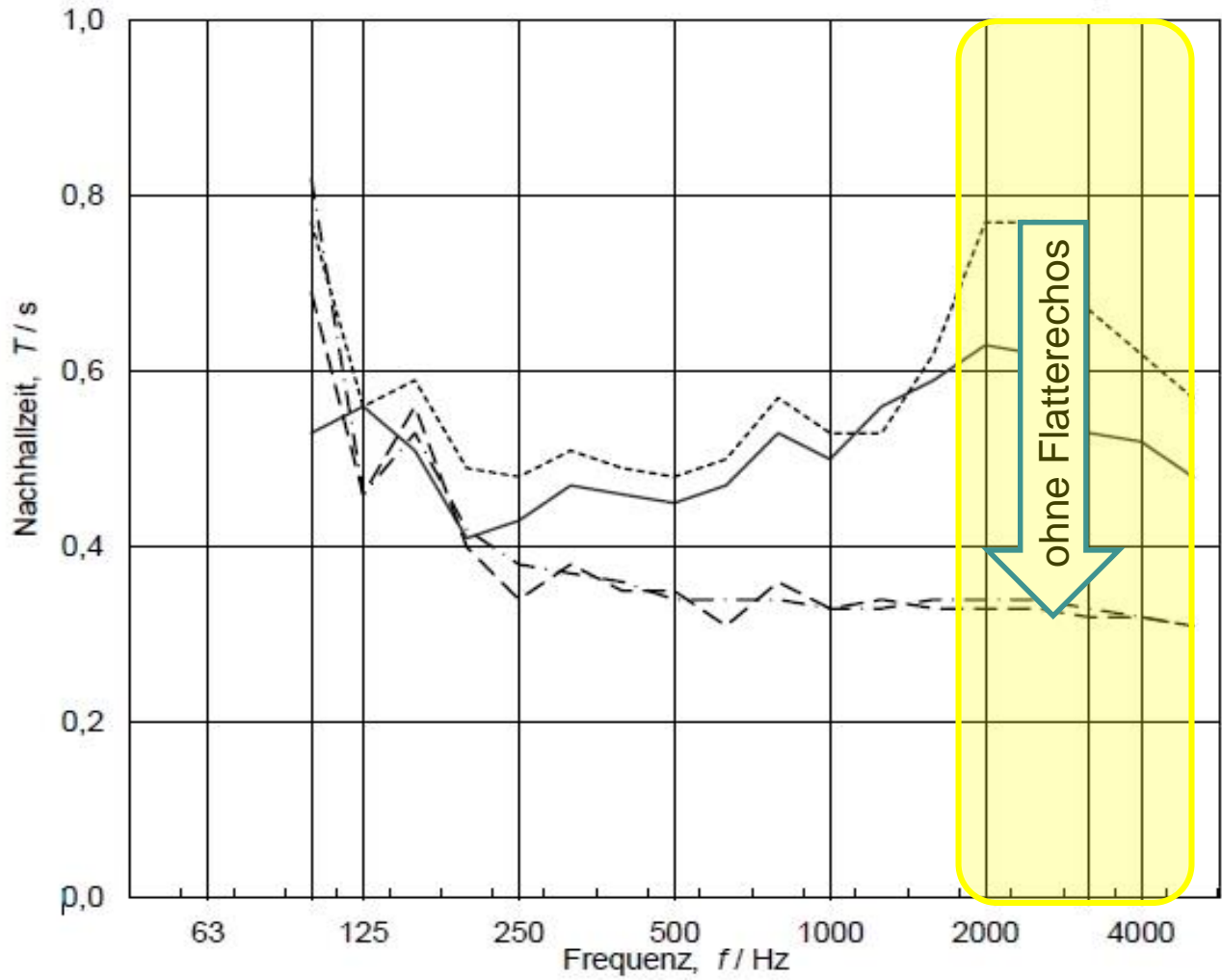


DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

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

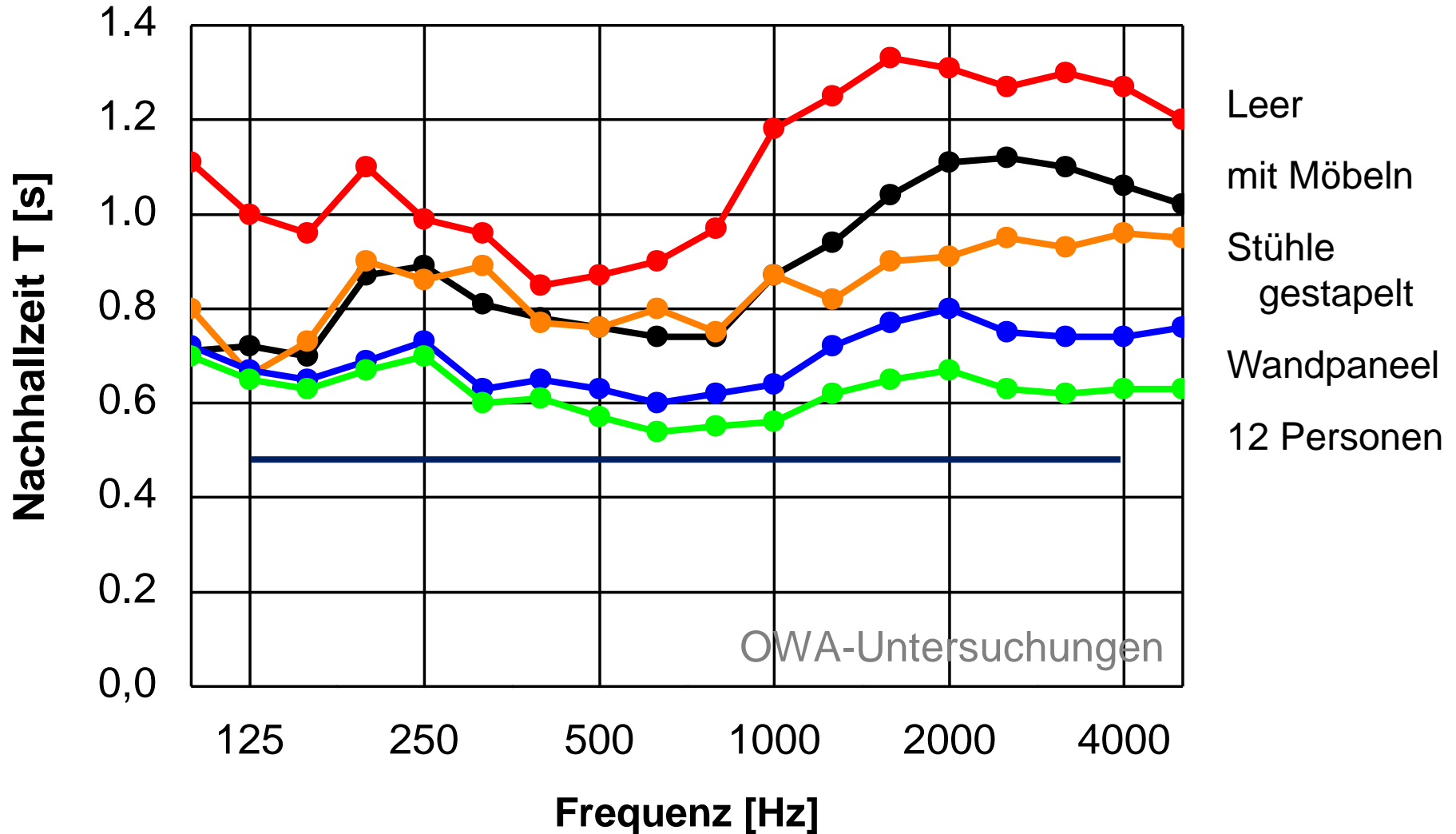


Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel





Helmut-von-Bracken-Schule in Gießen



Verbesserung der Diffusität



Verbesserun



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.), Spielflure 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

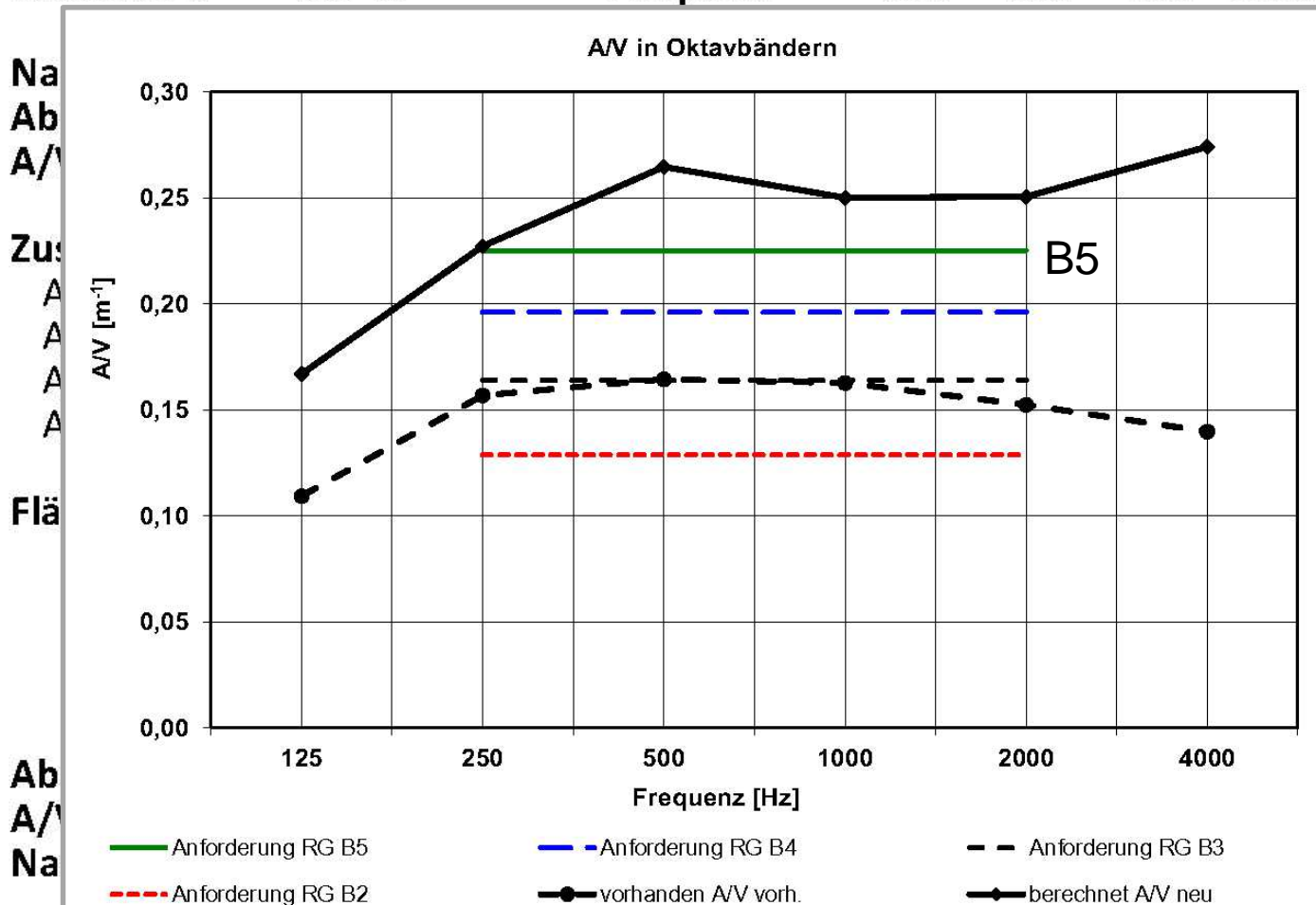
Auswertung für Raumgruppe B

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	0,80	0,90		
Zu	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

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







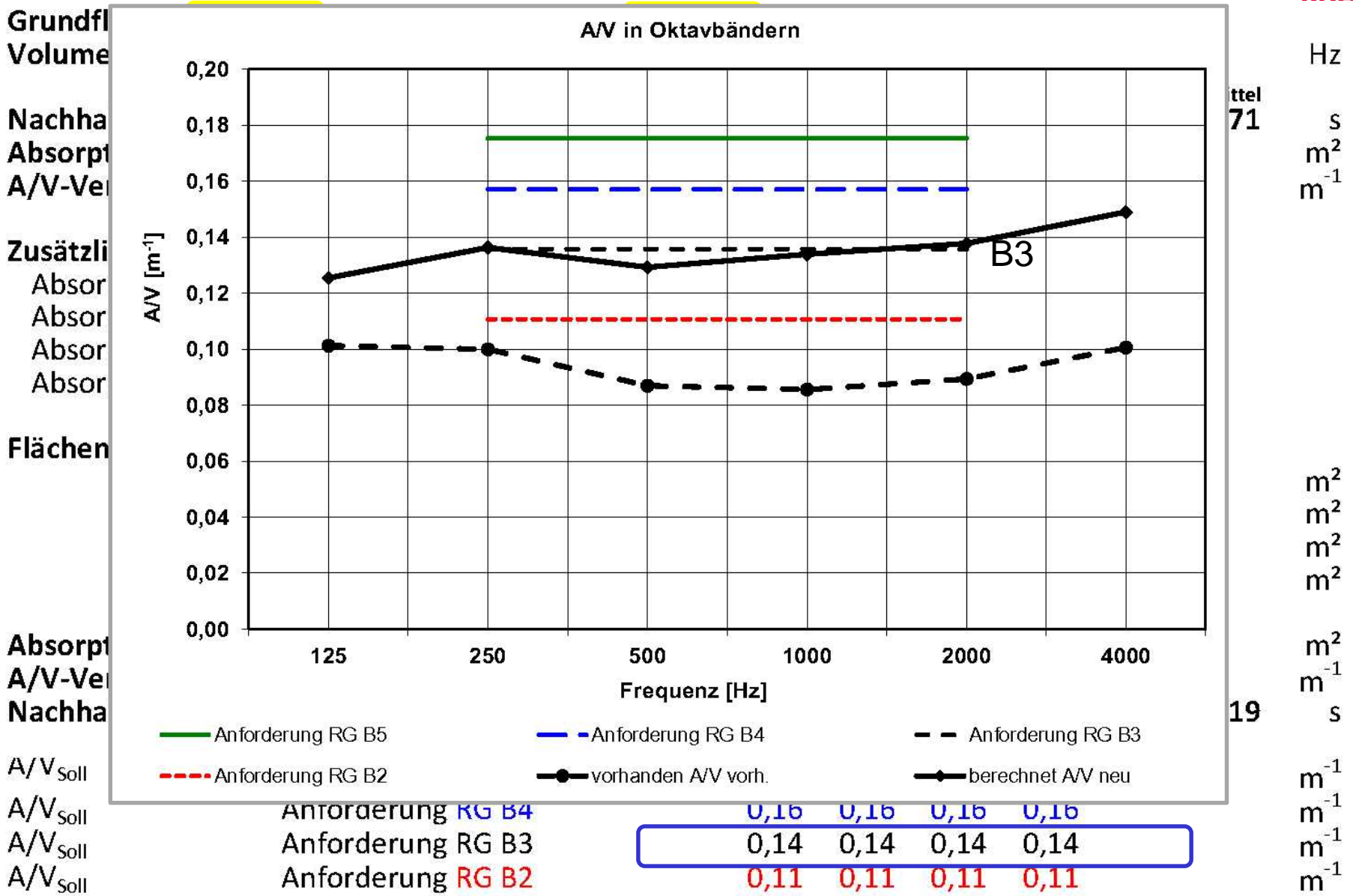
Grundfläche	310 m ²	mittl. Höhe	8,00 m						
Volumen V	2480 m ³	Frequenz	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
Nachhallzeiten	gemessen	$T_{\text{unbesetzt}}$	1,58	1,60	1,84	1,87	1,79	1,59	T_{mittel} 1,71 s
Absorptionsfläche	vorhanden	$A_{\text{unbesetzt}}$	251,1	248,0	215,7	212,2	221,7	249,6	m ²
A/V-Verhältnis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

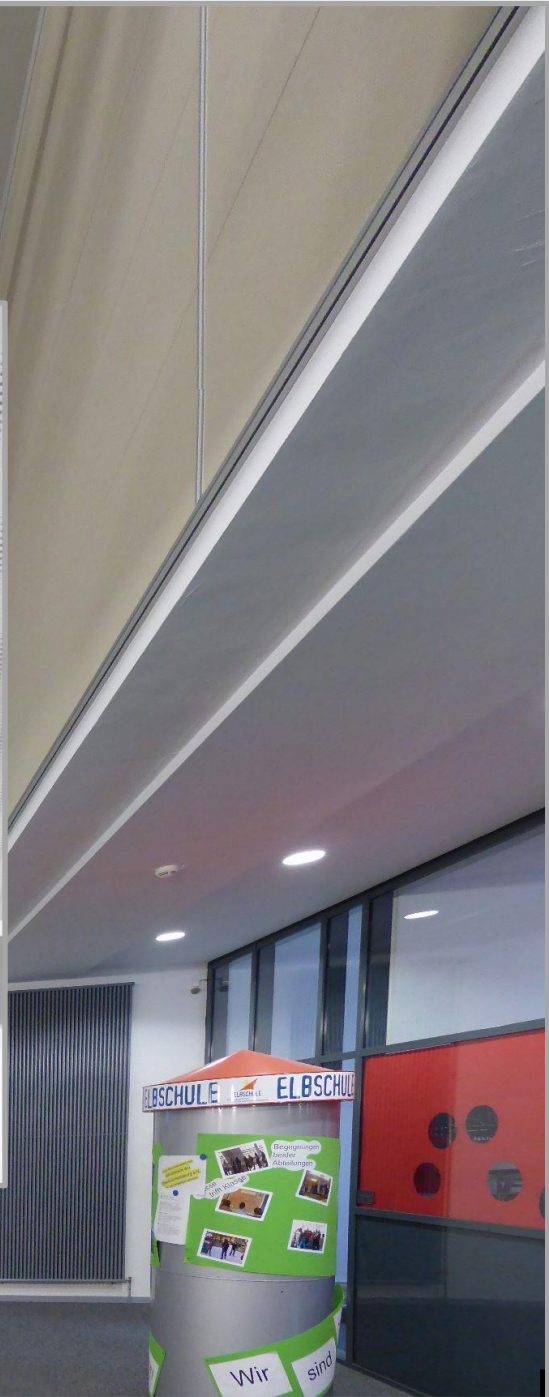
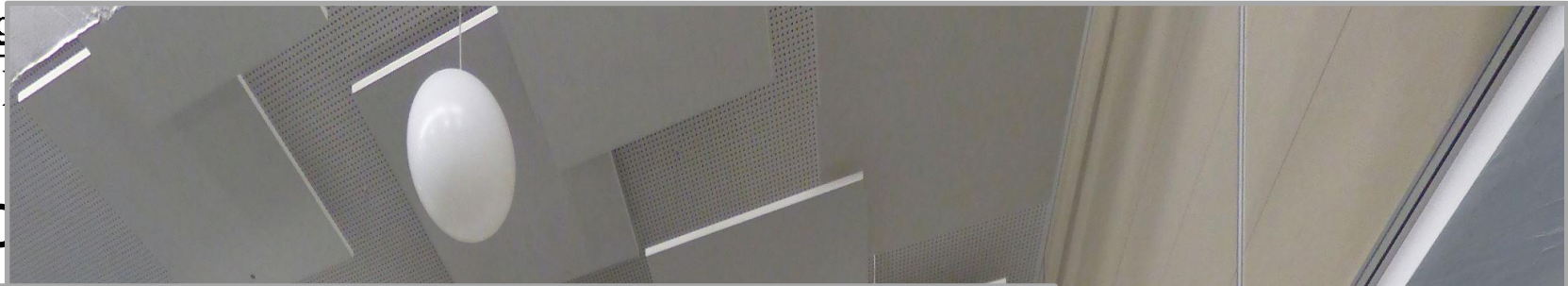
Hamb



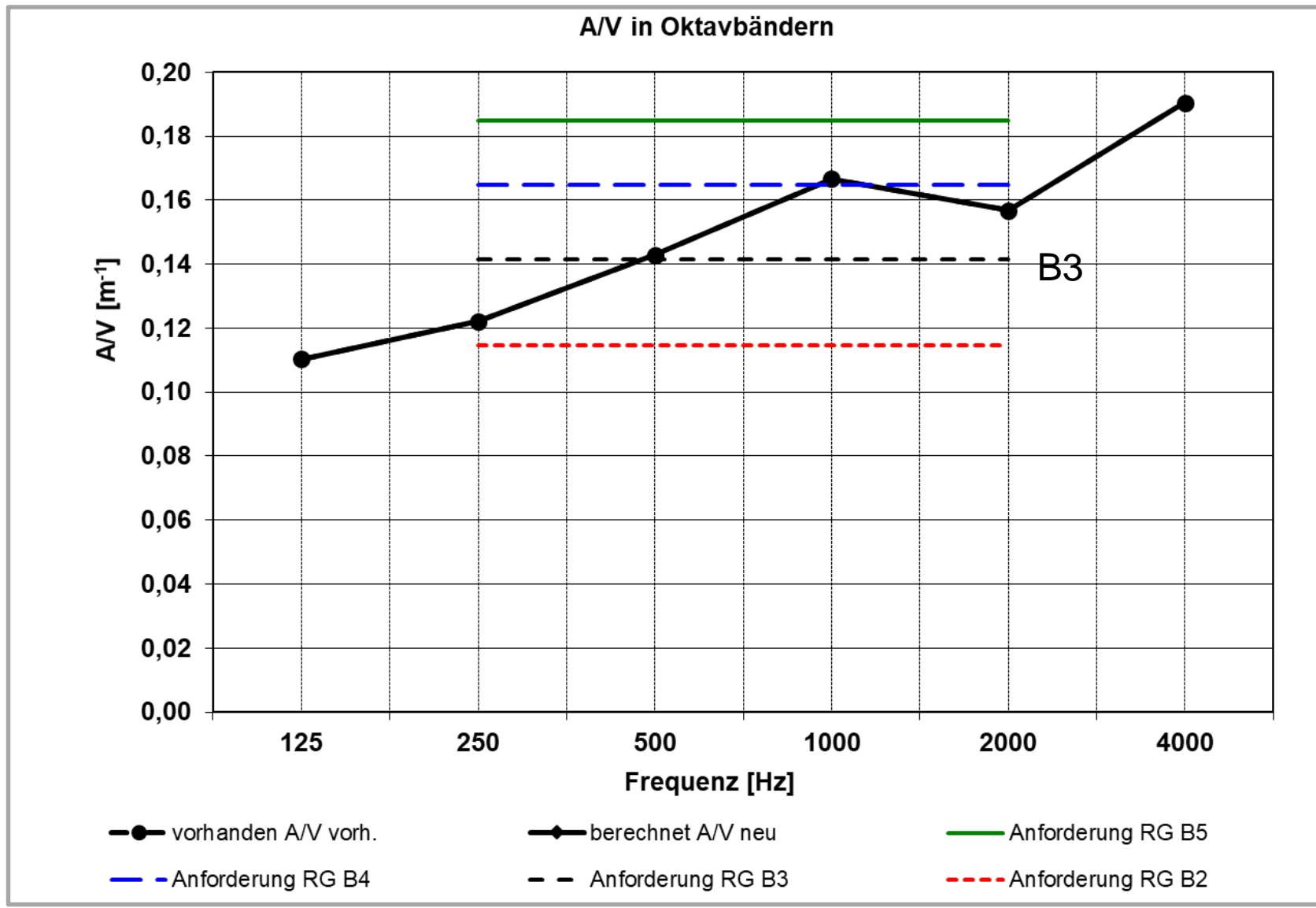
2018-04-24

Dipl.-Ing
hörgerede

Hamb



2018-04-24



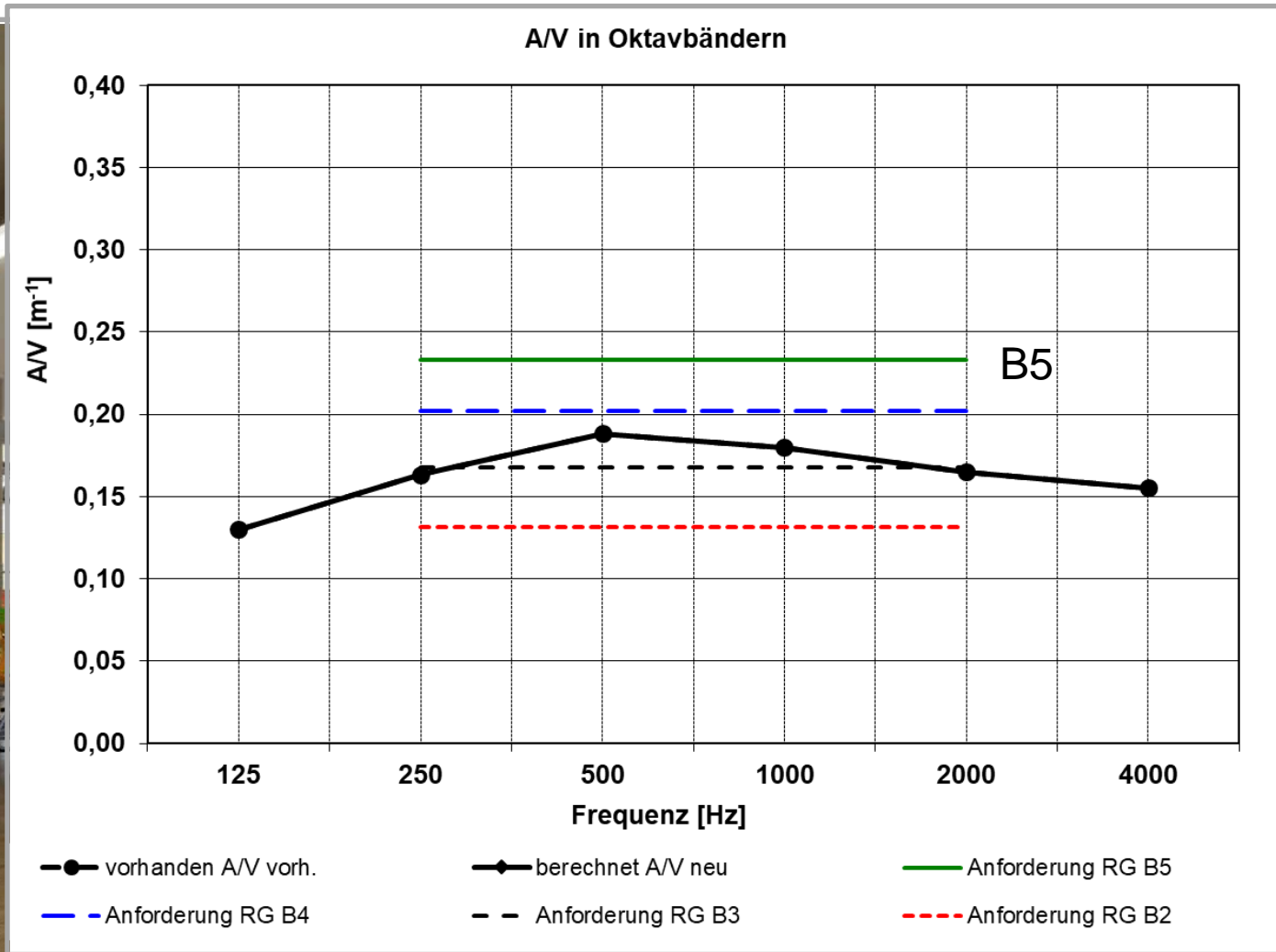
Ein Foyer ist das „Entrée“ der Schule.

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

Luxemburg, Centre de Logopédie, Mensa



Luxemburg, Centre de Logopédie, Mensa



Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa

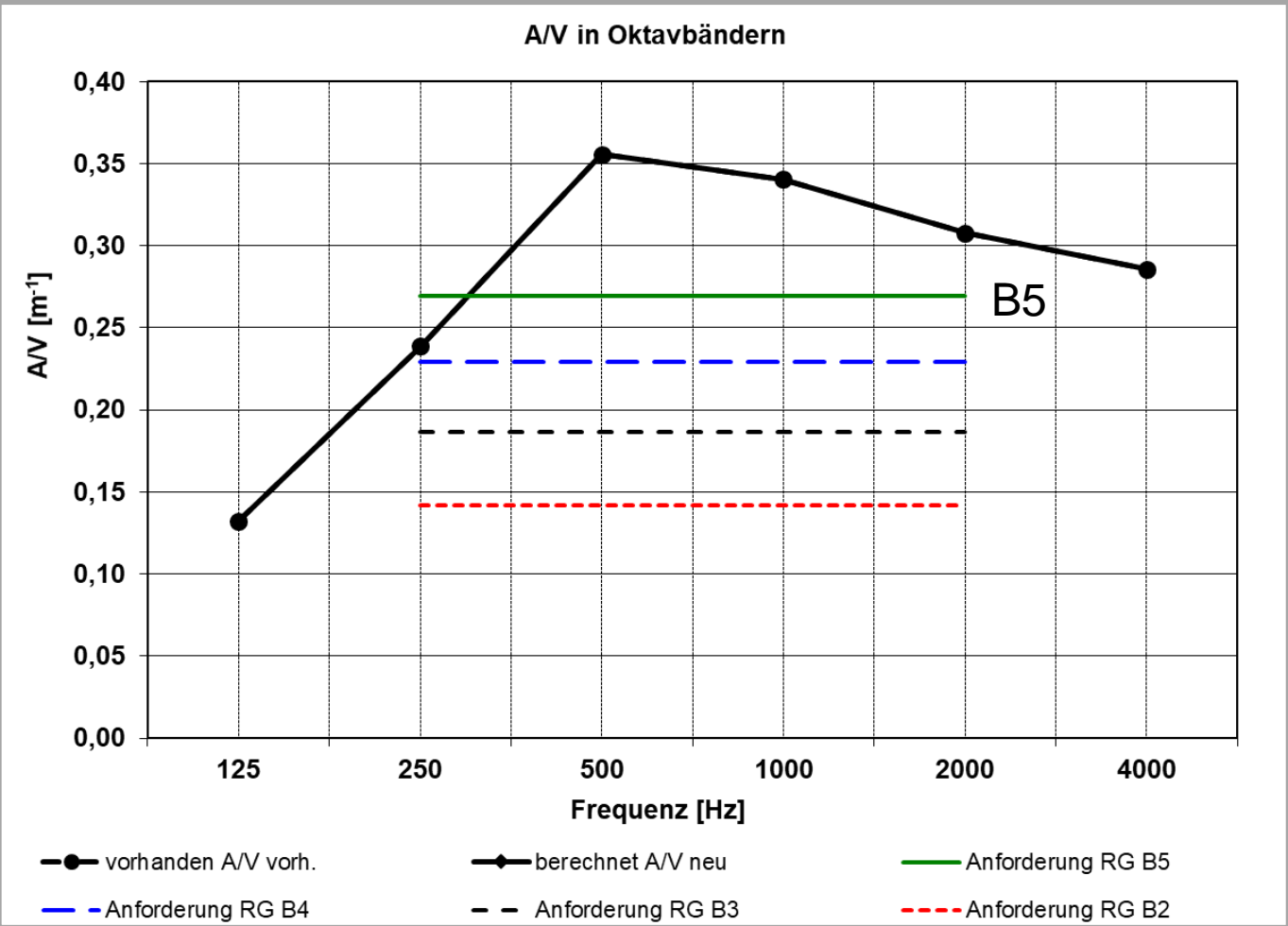


Fotografie Dorf Müller | Xlier

Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Fotografie Dorf Müller (2015)

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?

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.

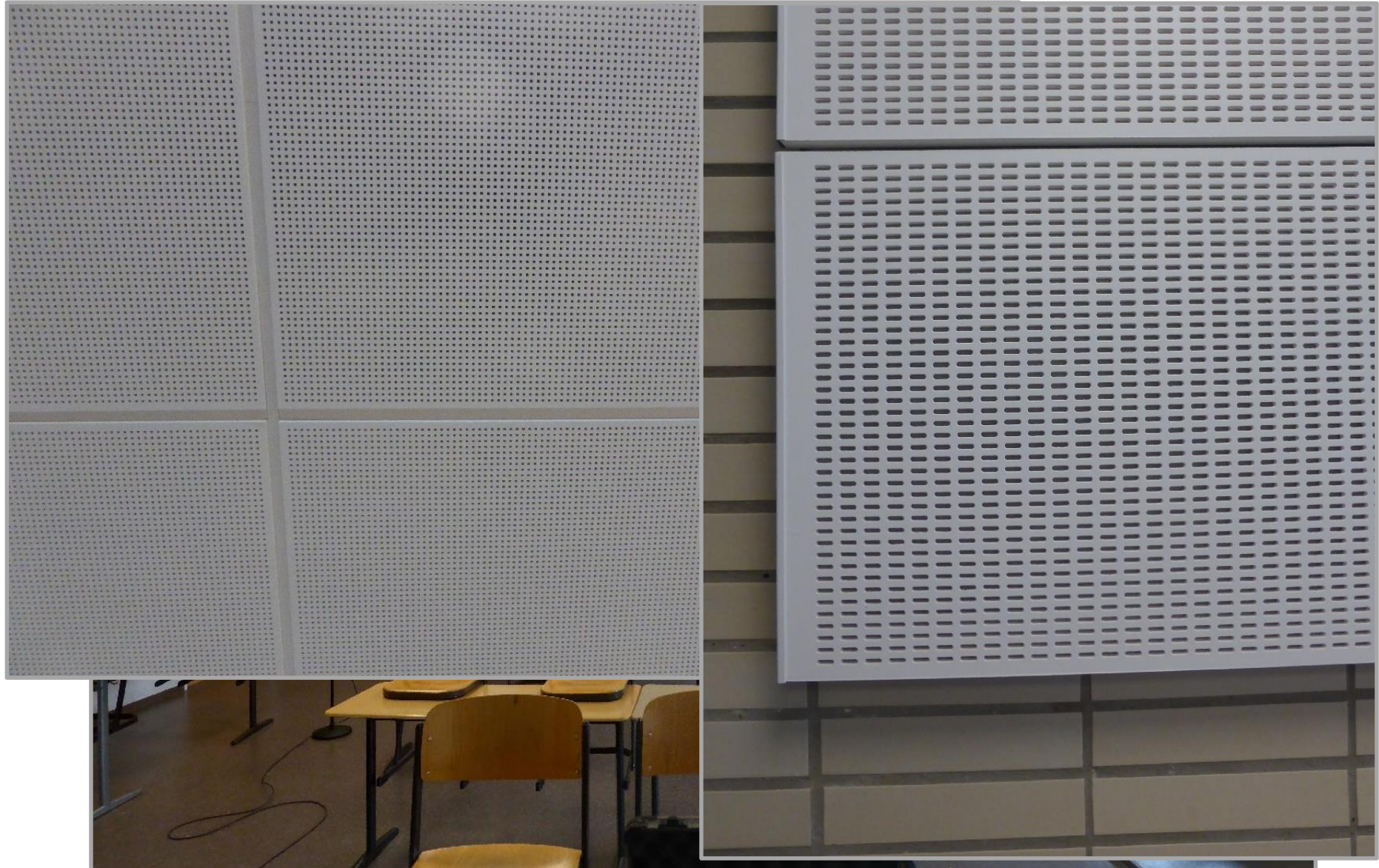
→ es bleibt kalt.

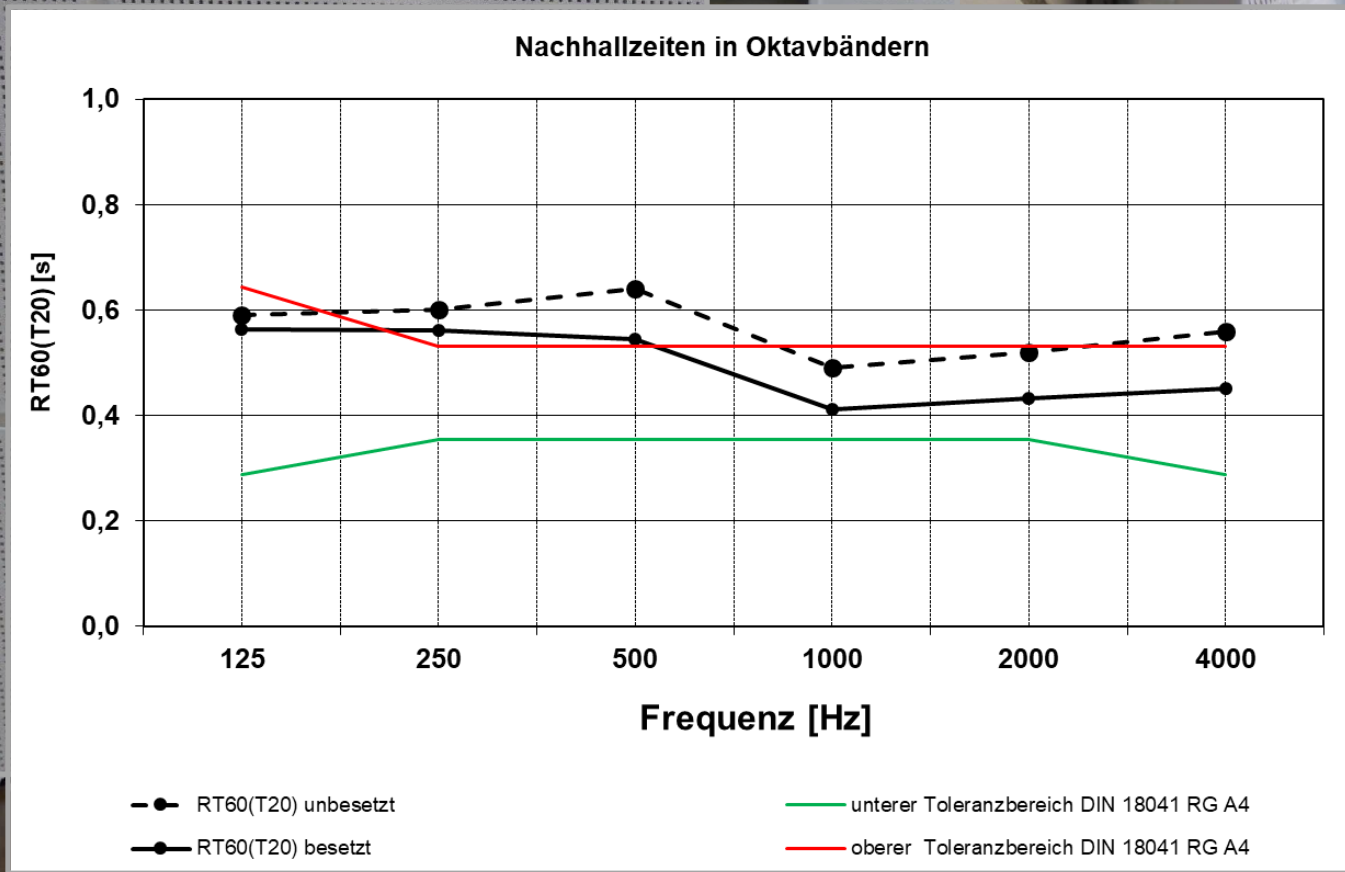
Anforderungen an das Bekleidungs-Material:

- 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?

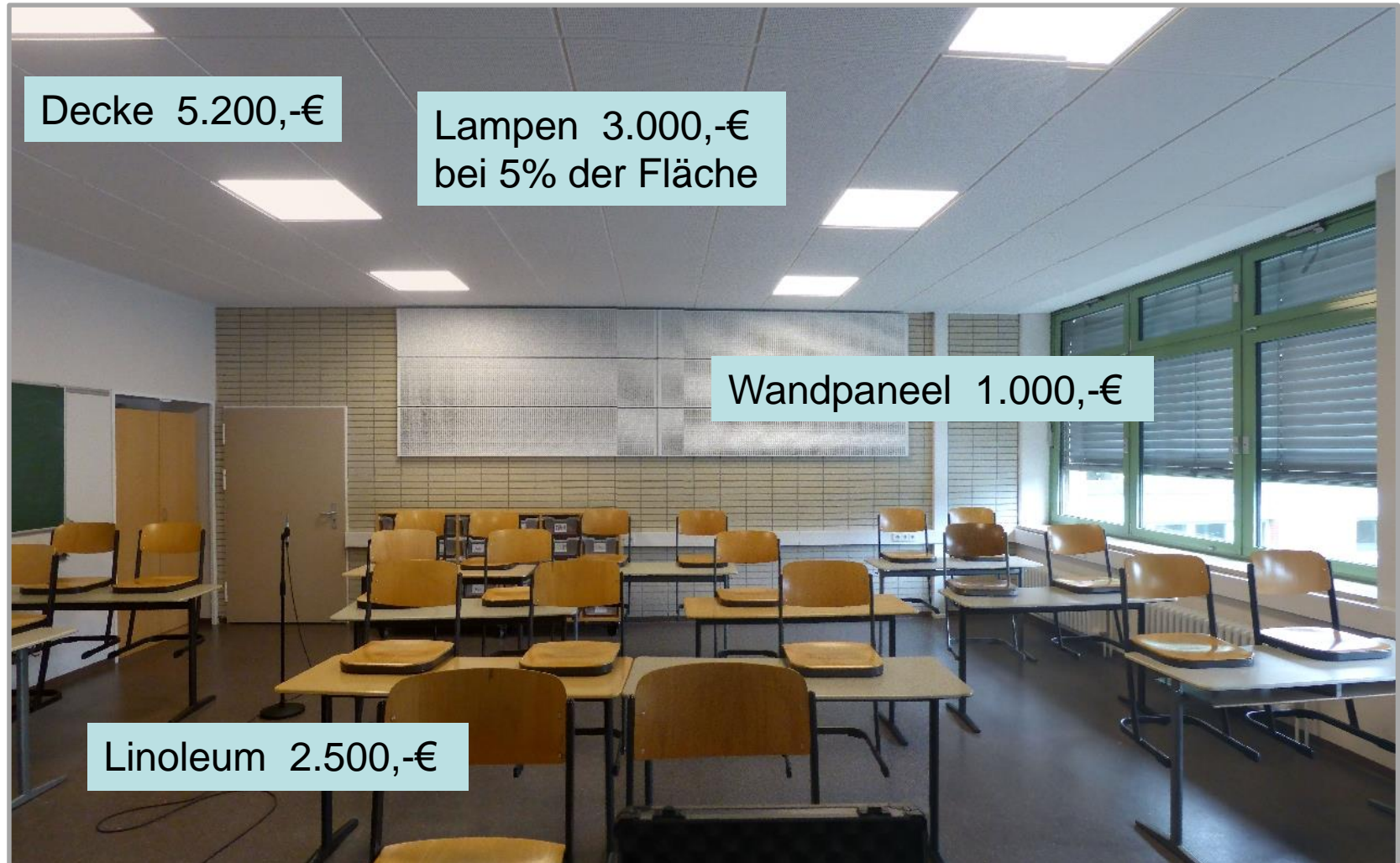
Gipskarton-Loch-Kassetten (Danogips)

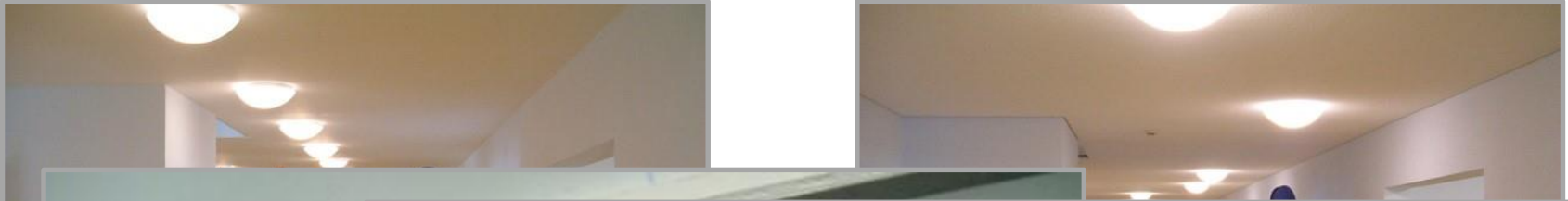






Gipskarton-Loch-Kassetten (Danogips)





Lahnau Glasgranulat Design Alvaro



Versuch einer Zusammenfassung

Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden

Wissenschaft $\leftarrow \rightarrow$ Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

Erkenntnisproblem

sondern nur ein

Umsetzungsproblem.

Die allermeisten praktischen Probleme
wurden theoretisch bereits gelöst.

Die (lieben) Kosten von Maßnahmen:

Rechnet man für die
akustische Sanierung
eines Klassenraumes
ca. 5.000,00 €,

dann könnte man
für die Baukosten
unserer Hamburger
Elbphilharmonie

von ca. 800.000.000,00 €



etwa 160.000 Klassenräume sanieren!



© www.derwesten.de, Peggy Mendel

DANKE FÜRS ZUHÖREN!

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

www.carsten-ruhe.de