

# Hörgerechte Akustik in der Schule

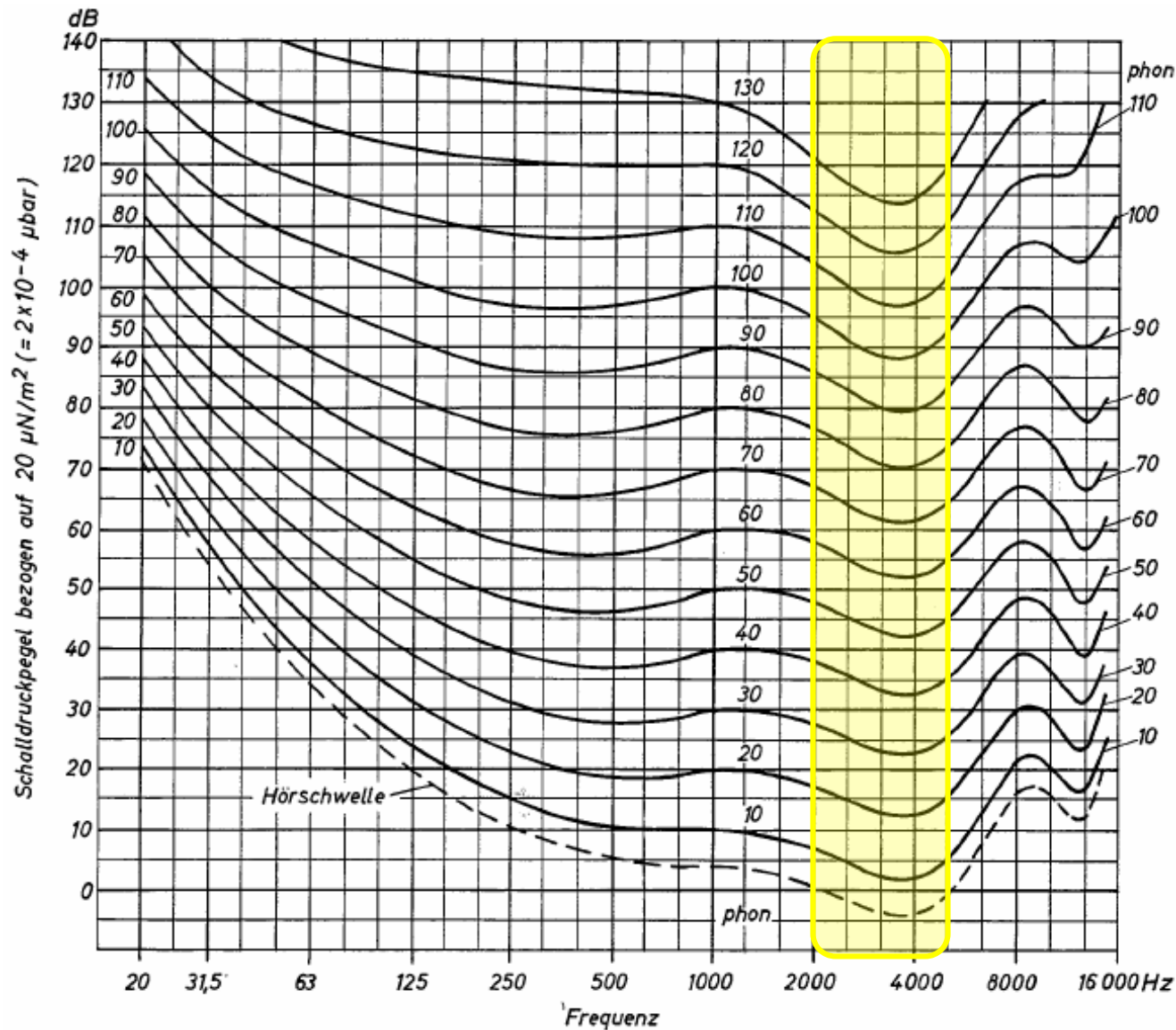
Hörgeschädigte Kinder in Regelschulen  
Neue Raumakustik-Norm DIN 18041

Dipl.-Ing. CARSTEN RUHE  
Beratungsbüro für Akustik  
hörgerecht planen und bauen  
[carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de](mailto:carsten.ruhe@ hoeren-und-bauen.de)  
[www.carsten-ruhe.de](http://www.carsten-ruhe.de)



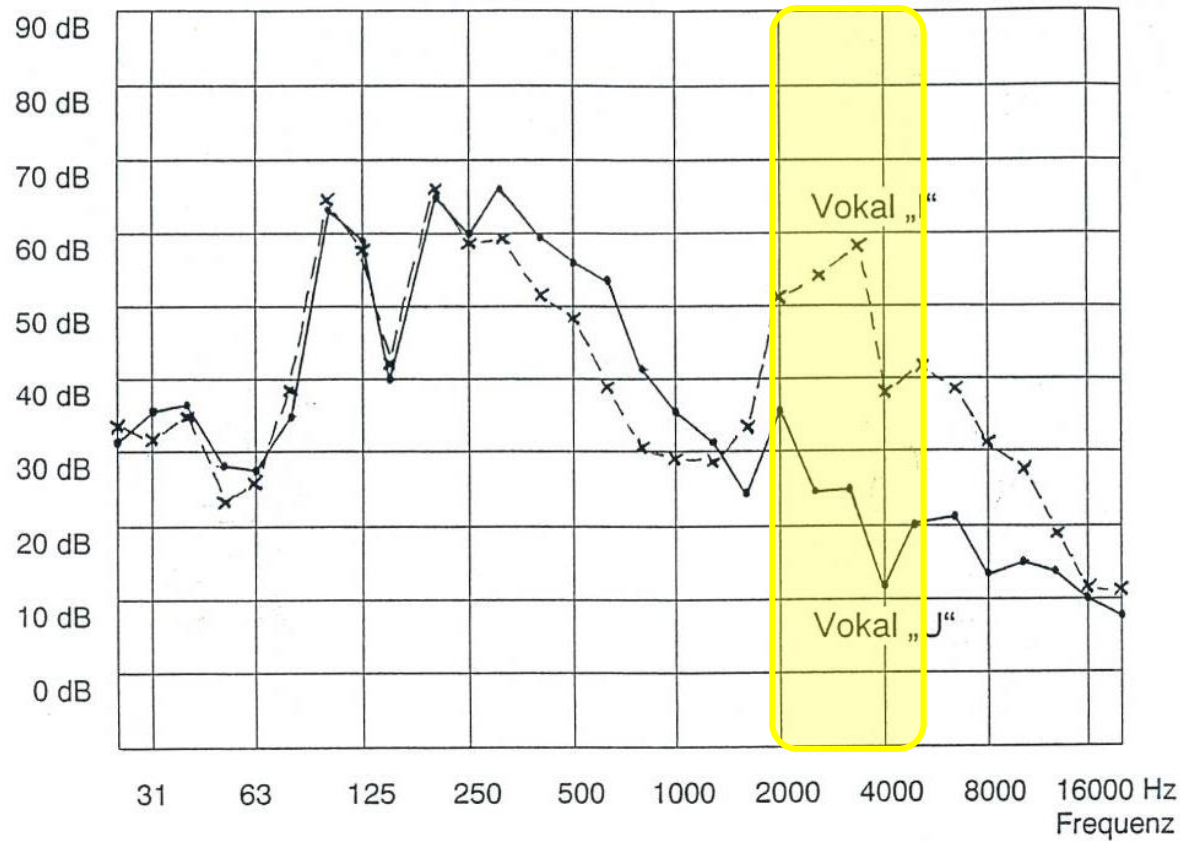
Grade sitzen,  
Ohren spitzen,  
Hände falten,  
Schnabel halten!

# 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.

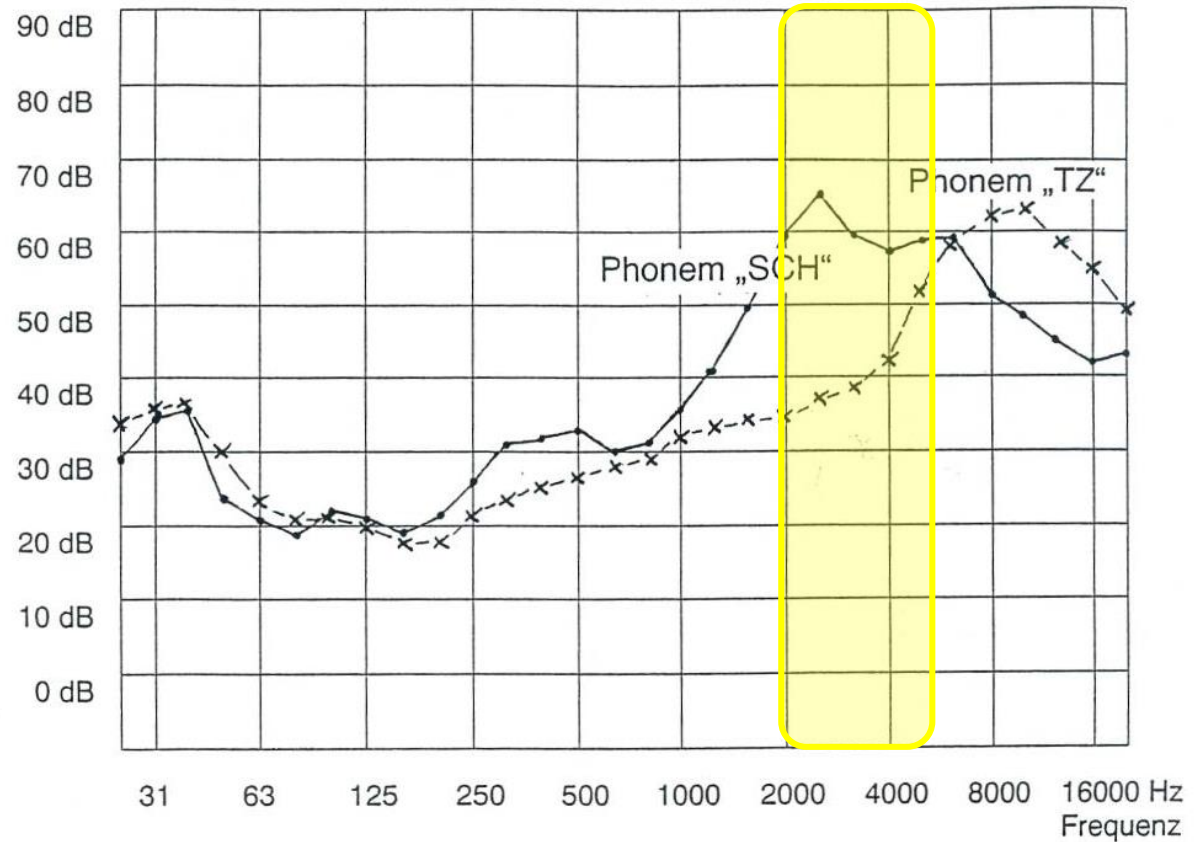


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

# 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.

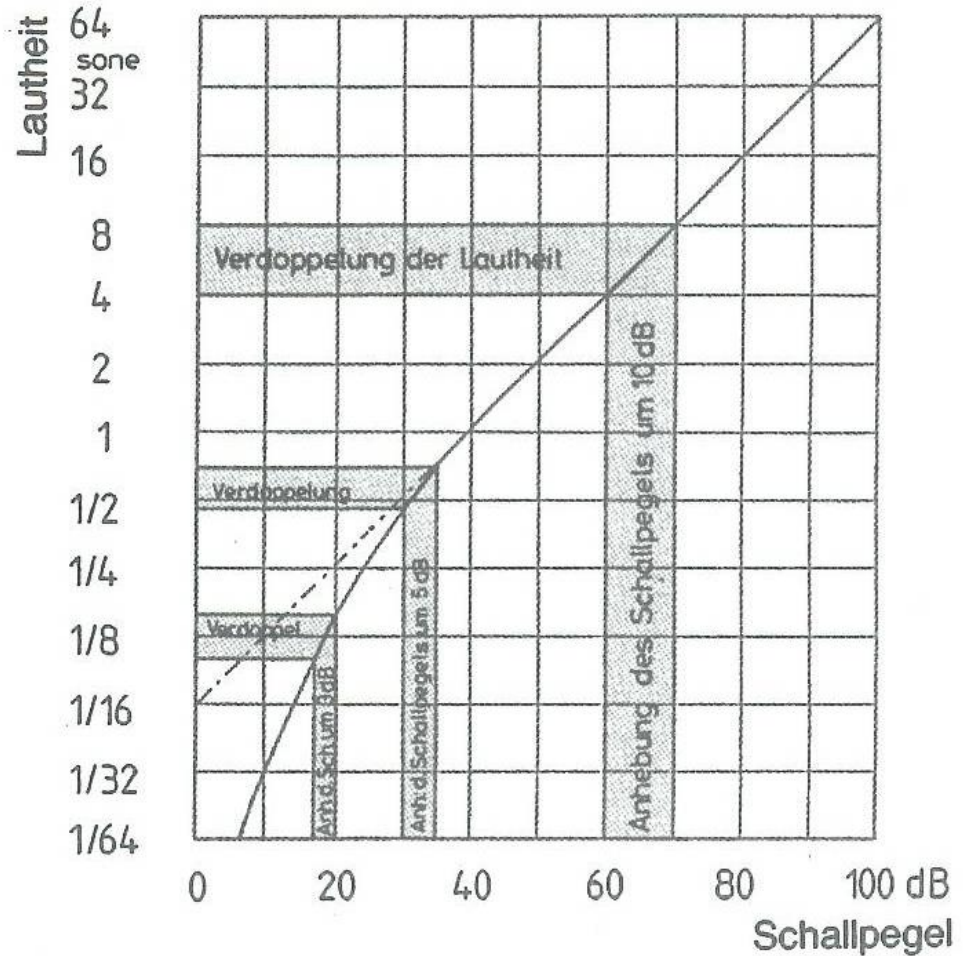


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

# Was kann das menschliche Gehör?

Zusammenhang  
zwischen  
Schallpegel und  
empfundener  
Lautstärke  
(Lautheit)

nach Zwicker-Feldtkeller:  
Das Ohr als Nachrichten-  
Empfänger, Hirzel, 1967



# Was kann das menschliche Gehör?

Warum reagiert das menschliche Gehör bei niedrigen Pegeln so stark auf kleinste Änderungen?

Warum ist das menschliche Gehör bei hohen Frequenzen so empfindsam (und damit auch empfindlich)?

Warum macht das Gehör - im Gegensatz zum Auge - auch im Schlaf nicht „die Schotten dicht“?

Evolution:

Hinweis auf **Beute** (lebenswichtig)  
oder Warnung vor **Gefahren** (über-lebenswichtig)  
z. B. durch Blätterrascheln oder Ästeknacken.

Was

Warum  
so sta

Warum  
empfi

Warum  
Schla

Evolu

Hinwe

oder

z. B.



liche

he G  
en?

ehör  
empfi

Gege  
t“?

er Äst



n

)

m

g)

g)





# Was kann das menschliche Gehör?

Es besteht ein etymologischer Sprachzusammenhang  
zwischen einerseits  
**LÄRM**  
und andererseits

**ALARM !!!**

## Was kann das menschliche Gehör?

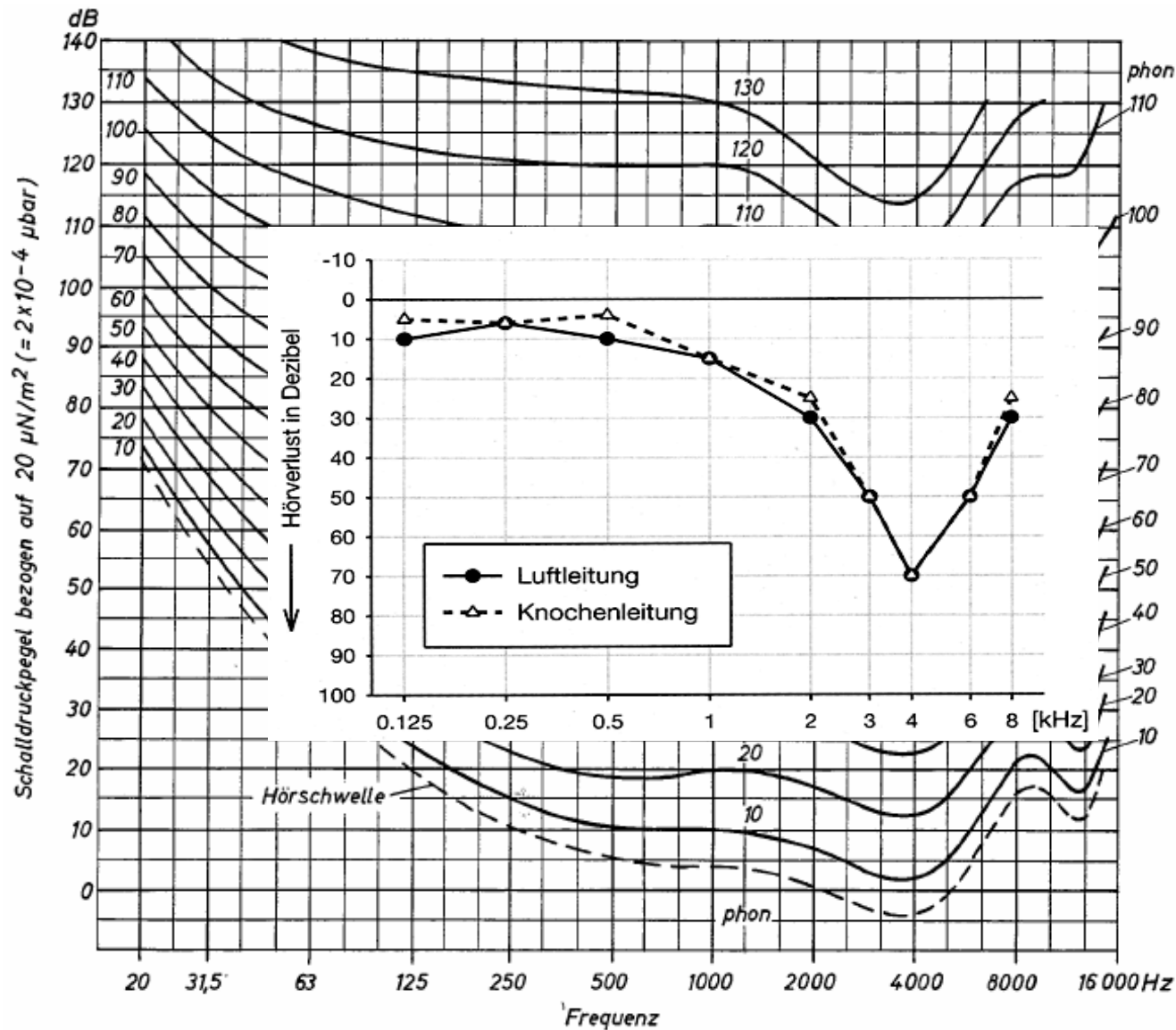
Bei **Alarm** würde früher **Lärm** geschlagen  
und so „zu den Waffen“ gerufen: ad armas, **al arme!**

Noch heute wird Adrenalin ausgeschüttet und  
kampfbereit gemacht; Marschmusik mit schwerem  
Blech und Schlagwerk haben ähnliche Wirkung.

Leben und Arbeiten unter **Lärm** (auch mit **Tinnitus**)  
bedeutet

Leben und Arbeiten unter **Stress**  
mit erhöhtem **Infarktrisiko**.

# Lärm- Schwerhörig- keit



## Was können Schwerhörende anders?

Die tieffrequenten Vokale bewirken die Lautstärke.  
Die hochfrequenten Anteile der Konsonanten (Zisch-  
und Explosivlaute) übertragen den Sprach-Inhalt.

Das lässt sich auch optisch belegen:

..ie ..o....o..a....e.. e.....a....e.. ..ie l....o....a..io...

## Was können Schwerhörende anders?

Die tieffrequenten Vokale bewirken die Lautstärke.  
Die hochfrequenten Anteile der Konsonanten (Zisch-  
und Explosivlaute) übertragen den Sprach-Inhalt.

Das lässt sich auch optisch belegen:

D.... K..ns..n..nt..n ..nth..lt..n d.... ..nf..rm..t....n.

## Was können Schwerhörende anders?

Die tieffrequenten Vokale bewirken die Lautstärke.  
Die hochfrequenten Anteile der Konsonanten (Zisch- und Explosivlaute) übertragen den Sprach-Inhalt.

Das lässt sich auch optisch belegen:

..ie ..o....o..a....e.. e.....a....e.. ..ie l....o....a..io...

D.... K..ns..n..nt..n ..nth..lt..n d.... ..nf..rm..t....n.

Die Konsonanten enthalten die Information.

## 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.

Sprache am Nebentisch wird nicht als Störgeräusch erkannt.

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

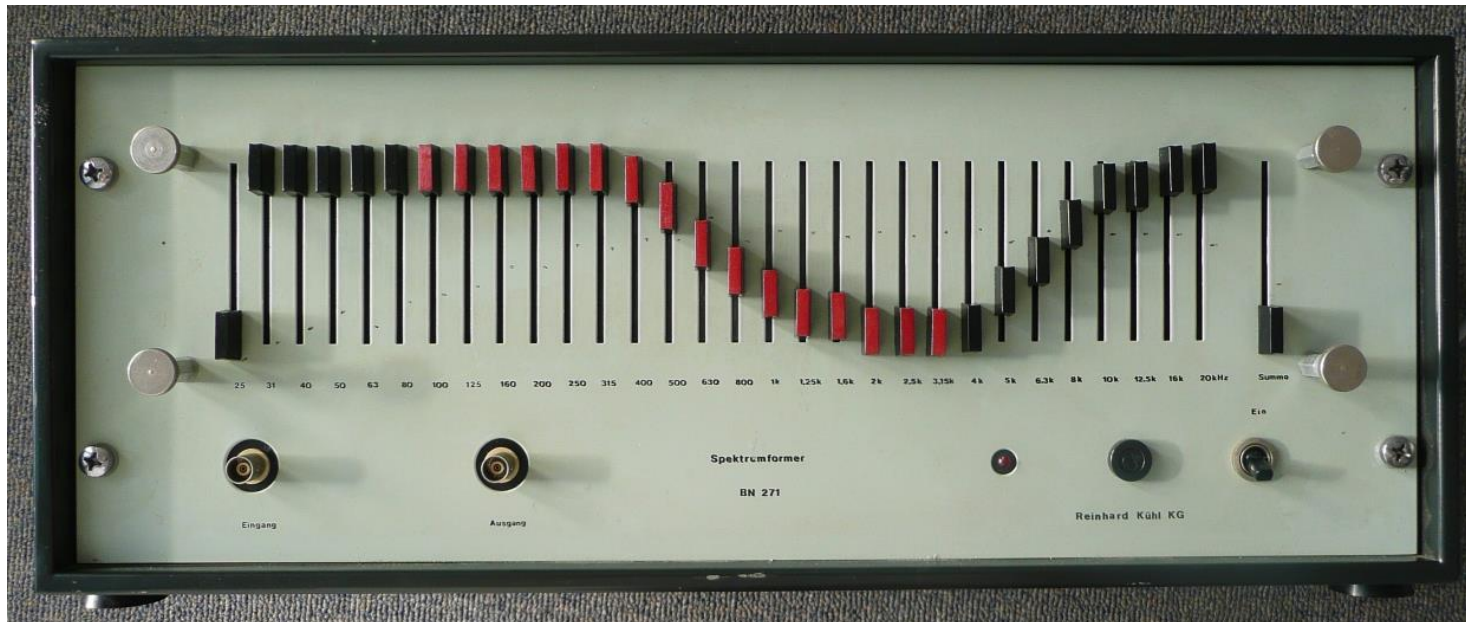
**SCHALLSCHUTZ**

**RAUMAKUSIK**



# Was können Schwerhörende anders?

Hör-Demonstration: Veränderung der Sprachverständlichkeit bei Entfall der hohen Frequenzen



Daraus resultiert die **elektroakustische Aufgabe**, insbesondere die hohen Frequenzen zu verstärken.

# Was können Schwerhörende anders?

Der Ton macht die Musik.

Beim Lesen von Text hört man ihn nicht,  
weil er nicht geschrieben werden kann.

Beispiel:

DAS GÖNN' ICH DIR!



DAS GÖNN' ICH **DIR**!



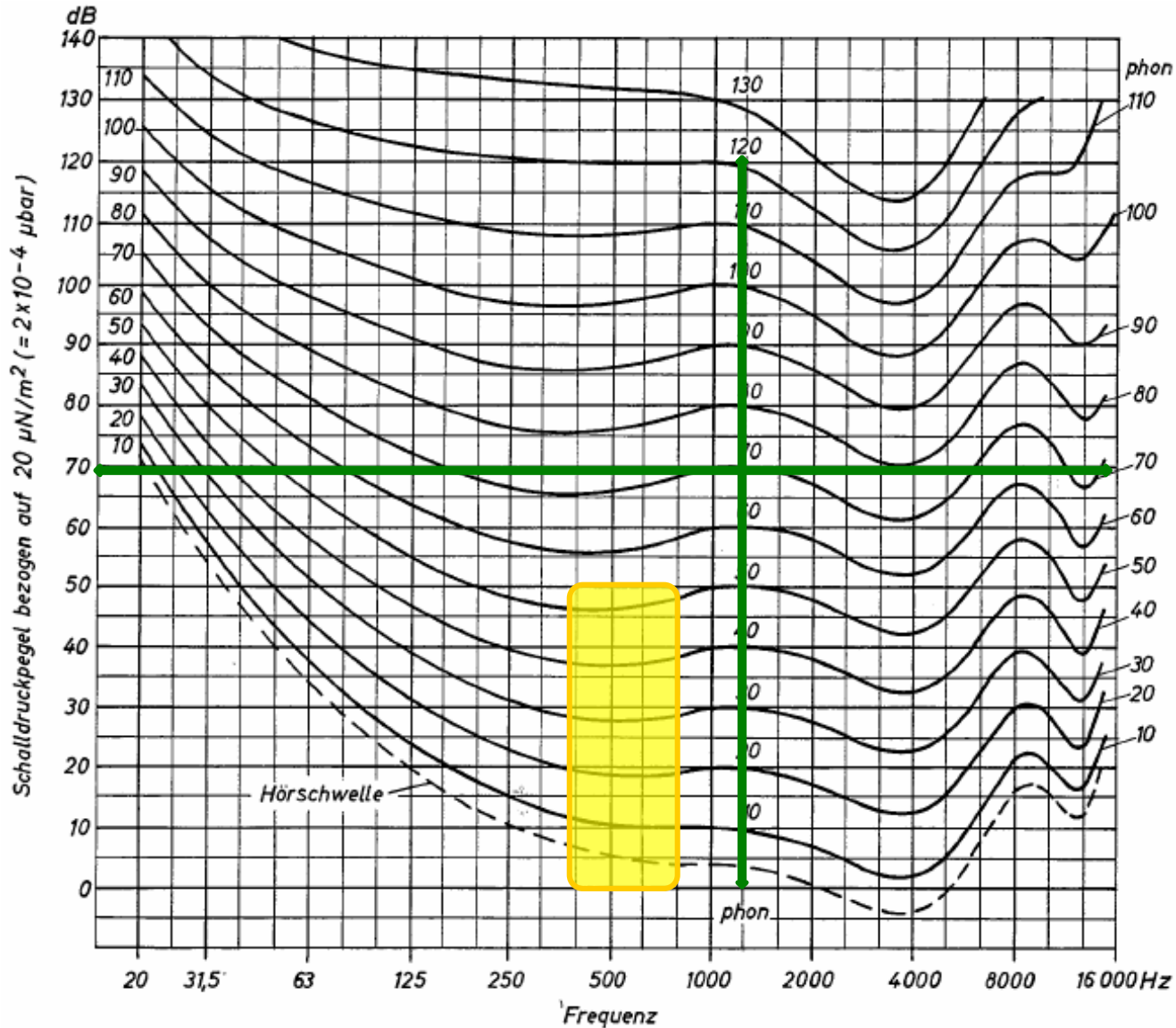
**DAS** GÖNN' ICH DIR!

Deshalb gibt es bei Schwerhörenden  
so viele Missverständnisse!

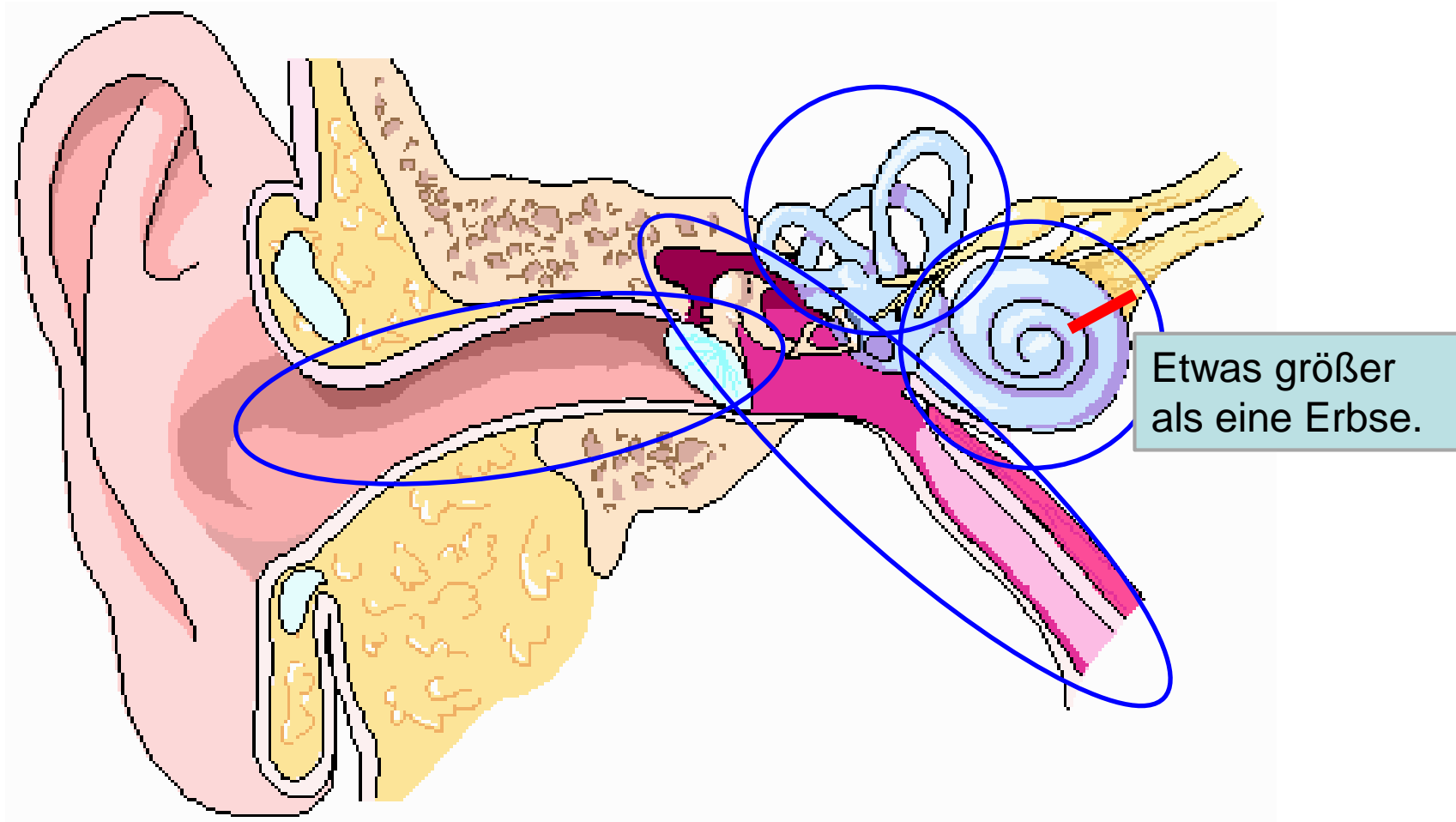
# Vergleich von Frequenz- und Dynamik- bereichen

Hören:  
10 Oktaven  
bis 120 dB

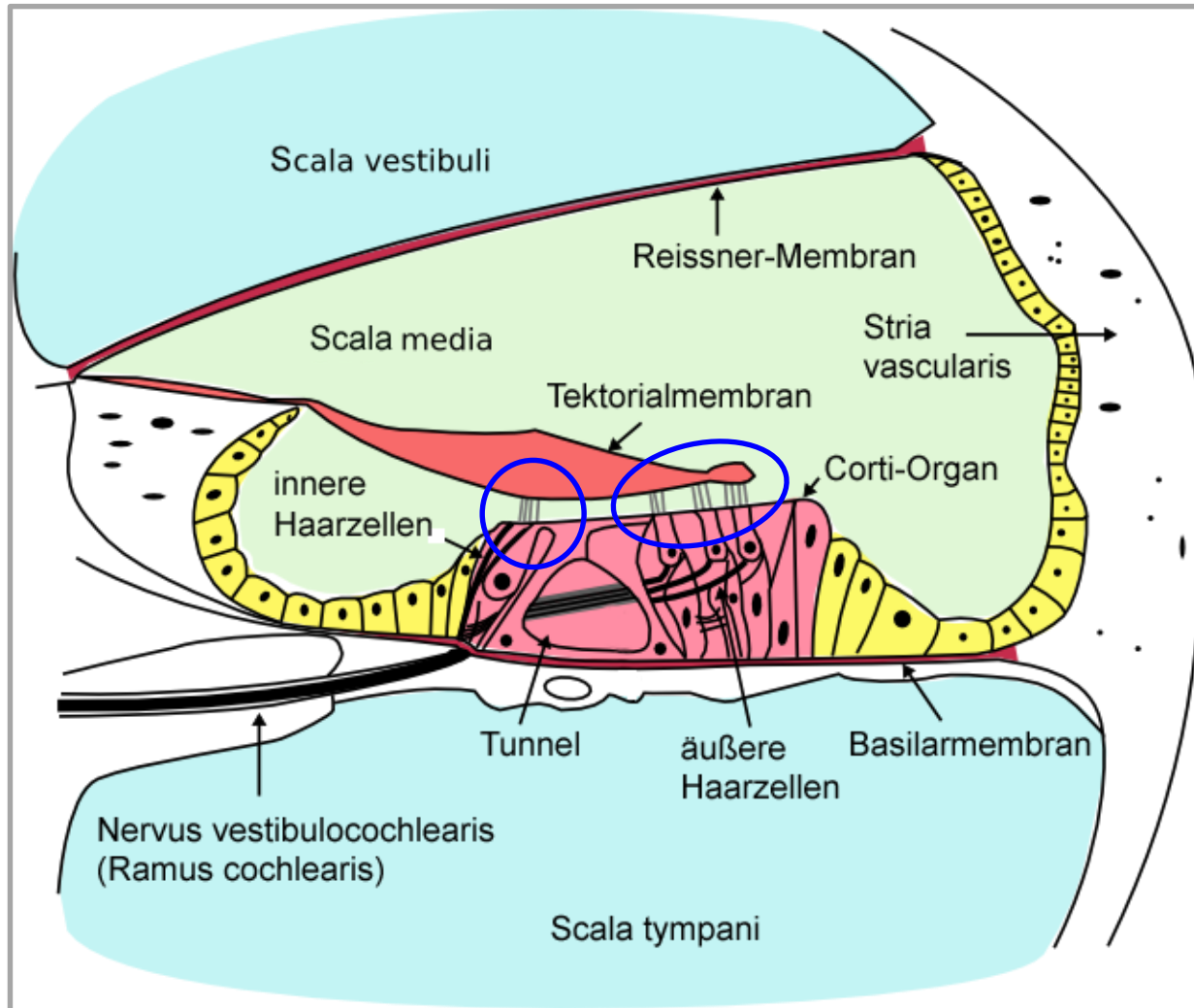
Sehen:  
nur 1 Oktave  
nur ca. 50 dB



# Was kann das menschliche Gehör?



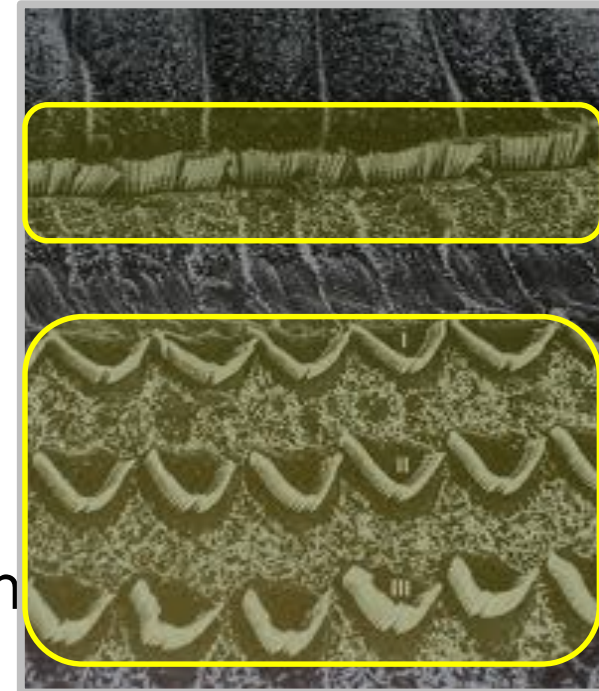
# Was kann das menschliche Gehör?



## Was kann das menschliche Gehör?

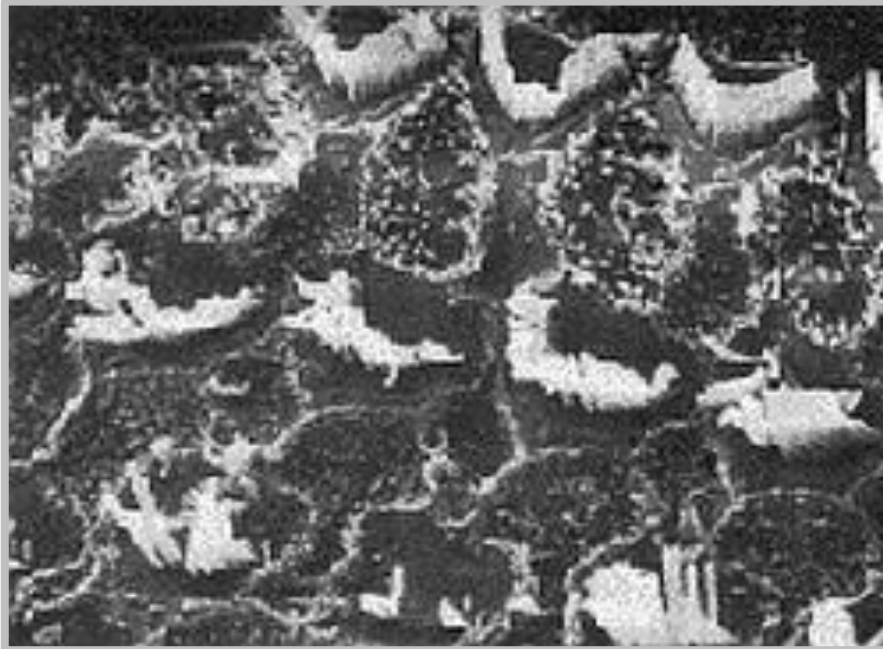
Die *inneren Haarzellen* (eine Reihe) sind die eigentlichen **Rezeptoren**, sie wandeln die mechanischen Schwingungen in Nervenimpulse um, die an das Gehirn weitergeleitet werden.

Die *äußeren Haarzellen* (drei Reihen) sind **Aktoren** (Muskeln). Sie sind für die Motilität der Haarzellen verantwortlich und verstärken oder dämpfen die Schallwandlerwellen innerhalb der Cochlea. Damit sind sie EQ und AGC gleichzeitig.



# Was kann das menschliche Gehör?

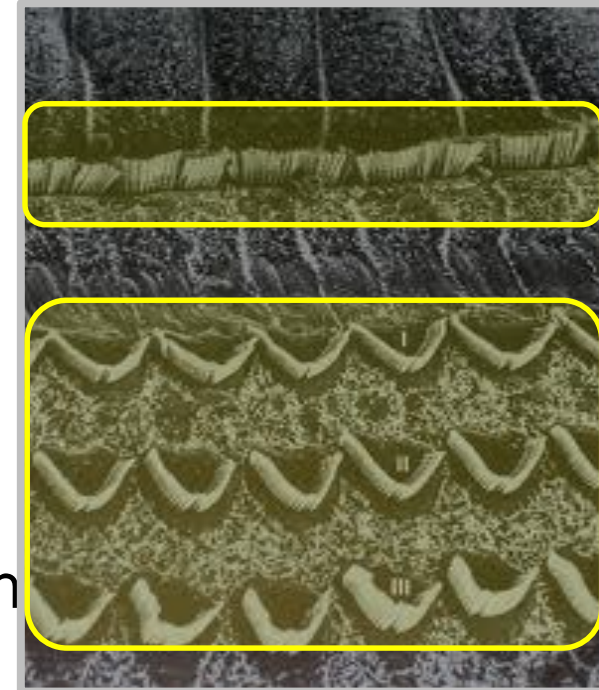
Die *inneren Haarzellen* (eine Reihe) sind die eigentlichen **Rezeptoren**, sie wandeln die mechanischen Schwingungen in



Gehirn

eihen) sind  
die Motilität  
und verstärken  
wellen

nd sie EQ und AGC gleichzeitig.



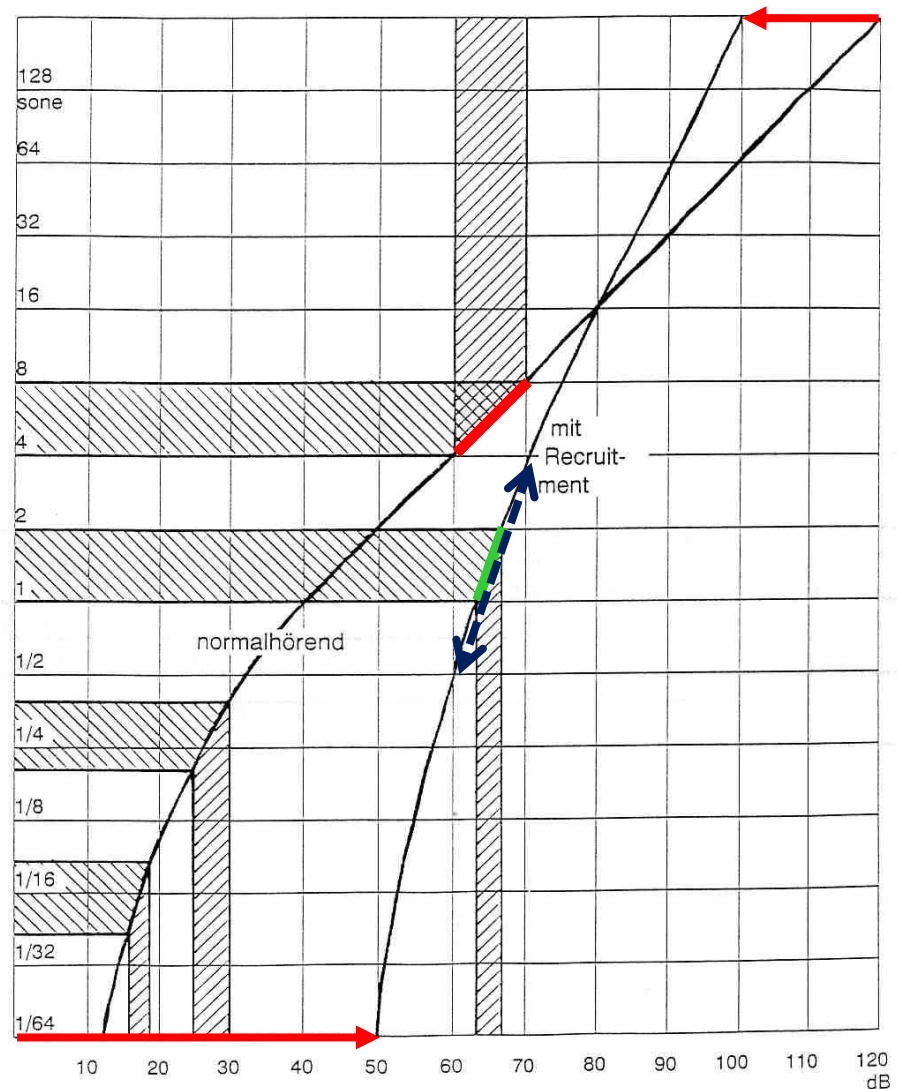
Bei Ausfall der äußeren Haarzellen fehlt diese Regelung.

# Was können Schwer- hörende anders?

Durch den Ausfall der  
Aussteuerungs-Automatik  
verändert sich der Zusammen-  
hang zwischen Schallpegel  
und empfundener Lautheit.

Der Dynamikbereich  
wird eingeschränkt,  
deshalb verläuft  
die Lautheitskurve  
viel steiler (Recruitment).

Du musst doch  
nicht gleich schreien!





# Was können Schwer- hörende anders?

Einstellungen am Fernseher

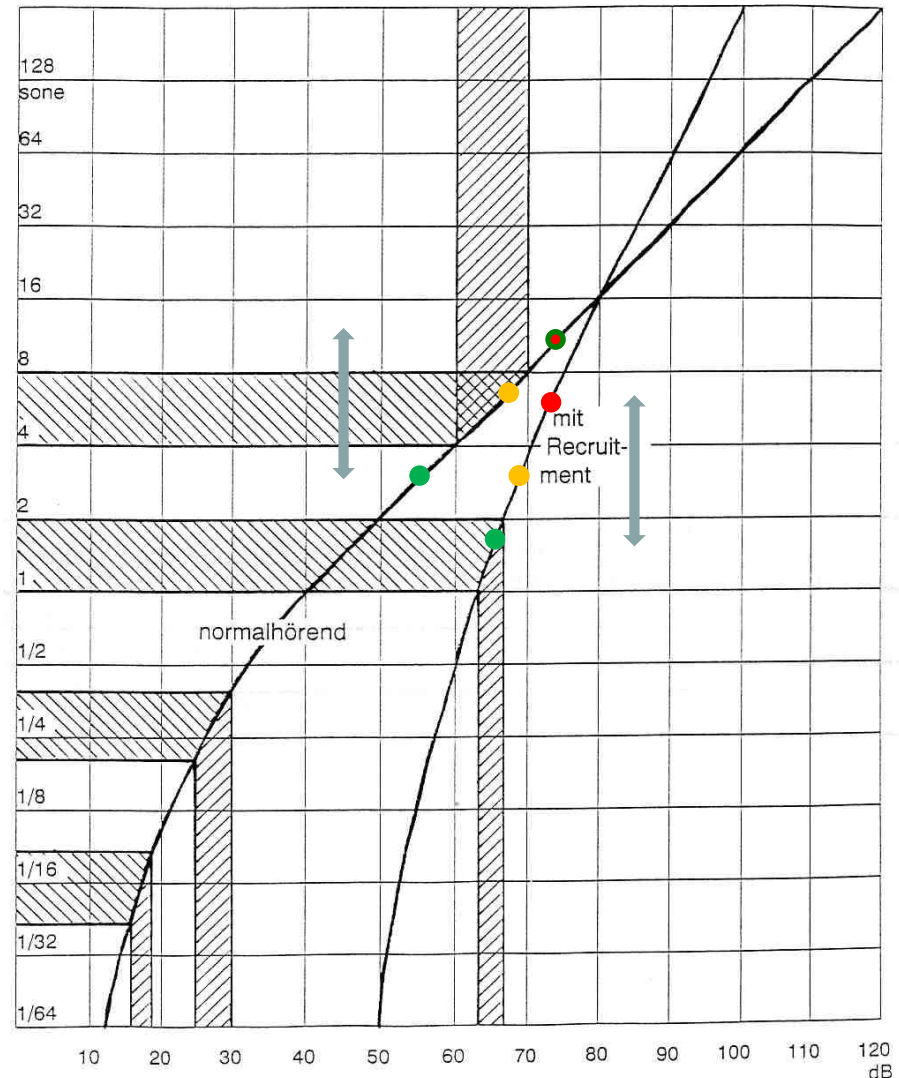
laut ●

angenehm ●

leise ●

Die eingestellten Schallpegel  
sind unterschiedlich,  
aber die empfundenen Laut-  
heitsunterschiede sind gleich.

(J. Rennies, Fraunhofer IDMT, Oldbg. 2017)



## Was muss man deshalb tun?

Durch den Lautheitsausgleich steht nur ein deutlich eingeschränkter Pegelbereich zwischen „nicht hören“ und „zu laut“ zur Verfügung.

In einem **Dynamikbereich** von **etwa 30 dB** müssen die akustischen Informationen angeboten werden.

Daraus resultiert **die elektroakustische Aufgabe**, nur **die wichtigen Informationen zu verstärken**, und **die bauliche Aufgabe**, **Störgeräusche vermeiden / Nachhall dämpfen:**

**SCHALLSCHUTZ**

**RAUMAKUSIK**

**Signal-to-Noise-Ratio  $SNR > 15$  dB**

# Anteile der Hörgeschädigten in Deutschland

Gehörlose		ca.	80.000
Schwerhörige	<b>17%</b>	ca.	13.700.000
davon mit Hörgeräten		ca.	2.500.000
mit Innenohr-Implantaten		ca.	33.000

Altersverteilung:	14-19 Jahre	1%	
	20-29 Jahre	2%	
	30-39 Jahre	5%	
	40-49 Jahre	6%	
	50-59 Jahre	25%	-> jeder vierte
	60-69 Jahre	37%	-> jeder dritte
	> 70 Jahre	54%	-> <b>jeder zweite</b>

geschätzt 15%

„Die besten Jahre“

# Anteile der Hörgeschädigten in Deutschland

Für den Lebensaltersbereich unter 14 Jahren gibt es keine statistische Untersuchung.

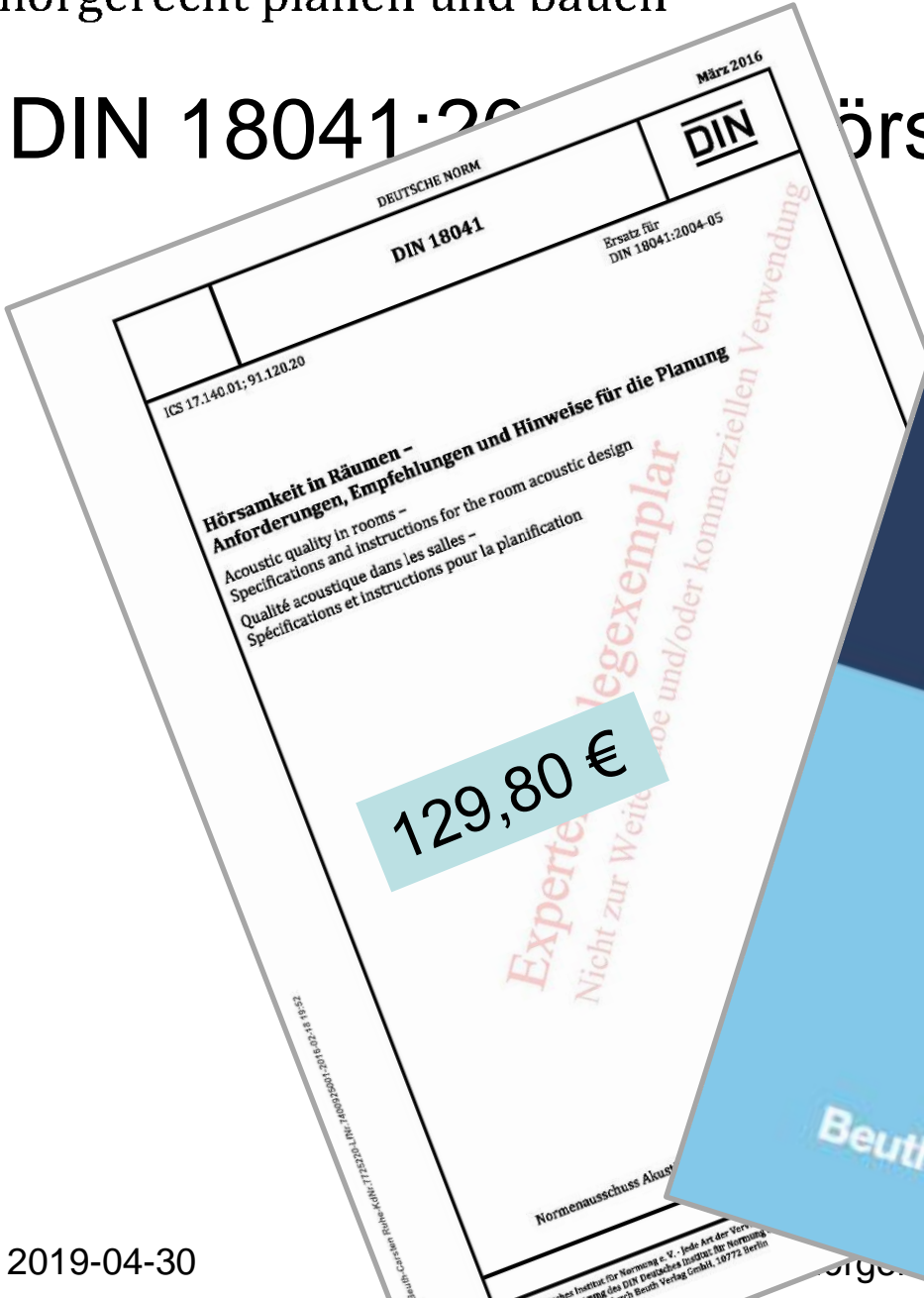
Man geht aber davon aus, dass im Grundschulalter in jeder Klasse - wechselnd – etwa 3 Kinder (das sind mehr als 10%) aufgrund von Infektionskrankheiten eine „temporäre Hörschwellenverschiebung“ haben.

„Ständig erkältete“ Kinder haben deshalb einen schlechteren Lernerfolg!

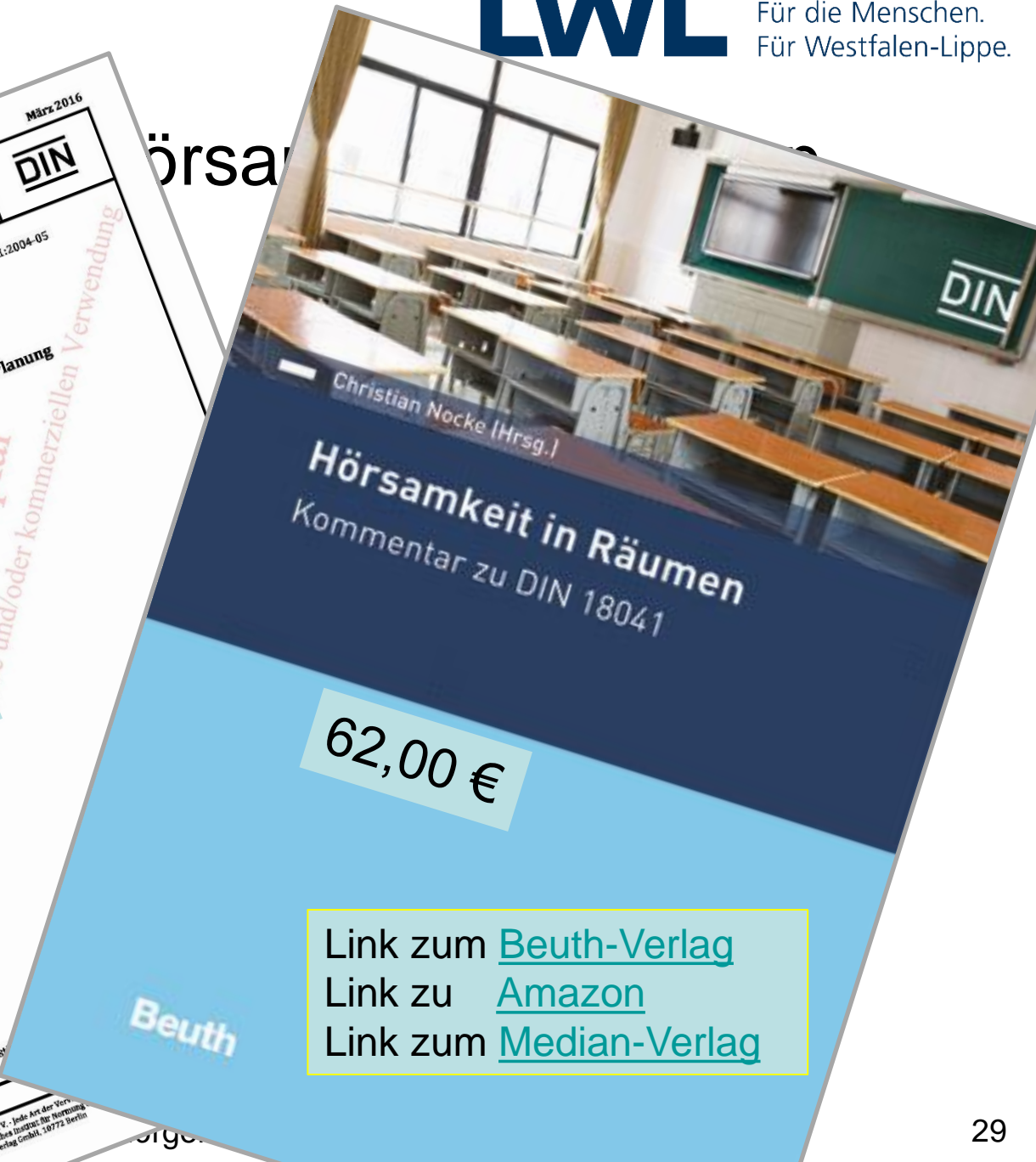
Nach der Altersstruktur unserer Lehrerschaft unterrichtet in jeder 4. bis 5. Klasse eine schwerhörende Lehrkraft, oft ohne es selbst zu wissen.

# DIN 18041-20

# Hörsamkeit



129,80 €



62,00 €

- Link zum [Beuth-Verlag](#)
- Link zu [Amazon](#)
- Link zum [Median-Verlag](#)

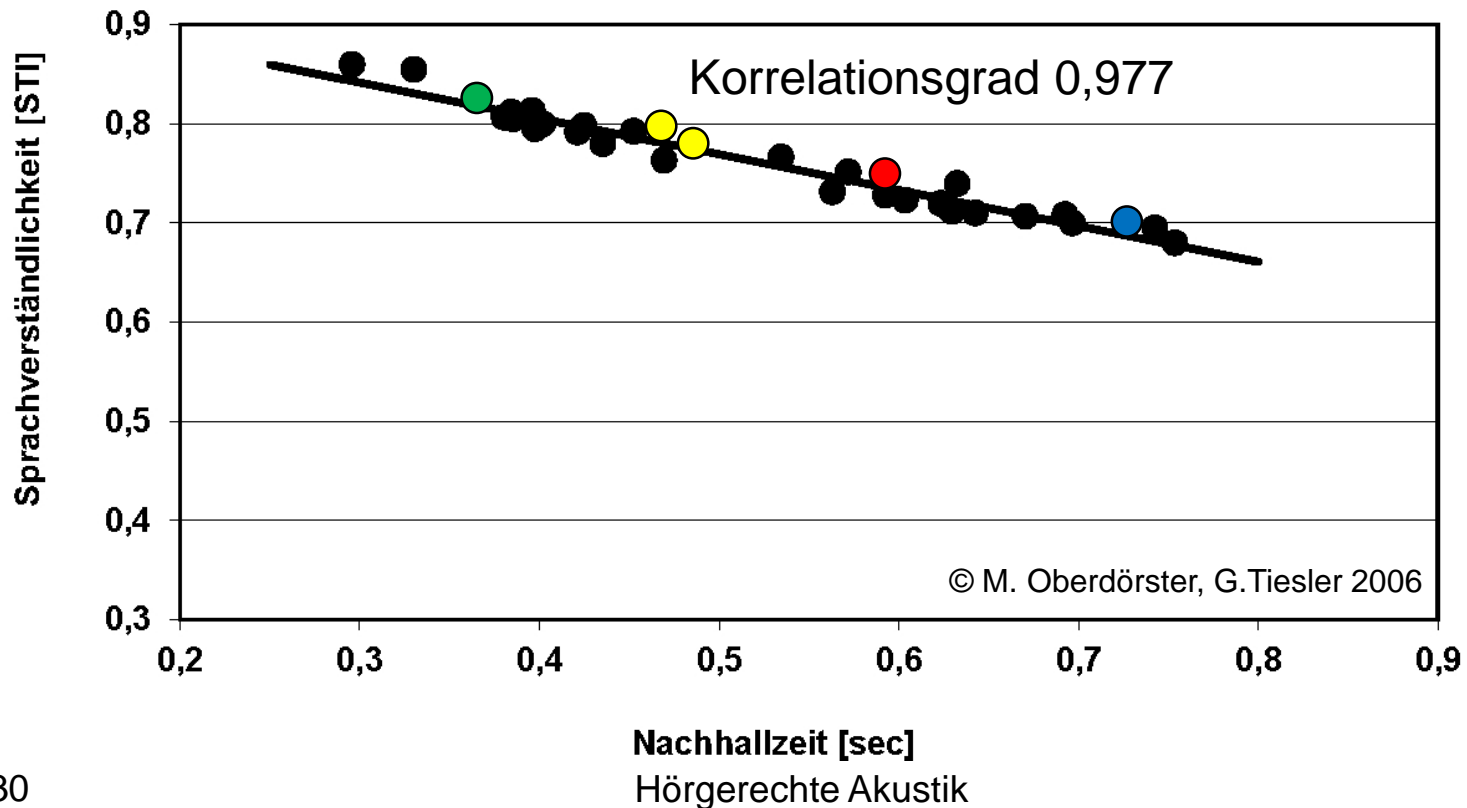
## DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

*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.*

# 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.*

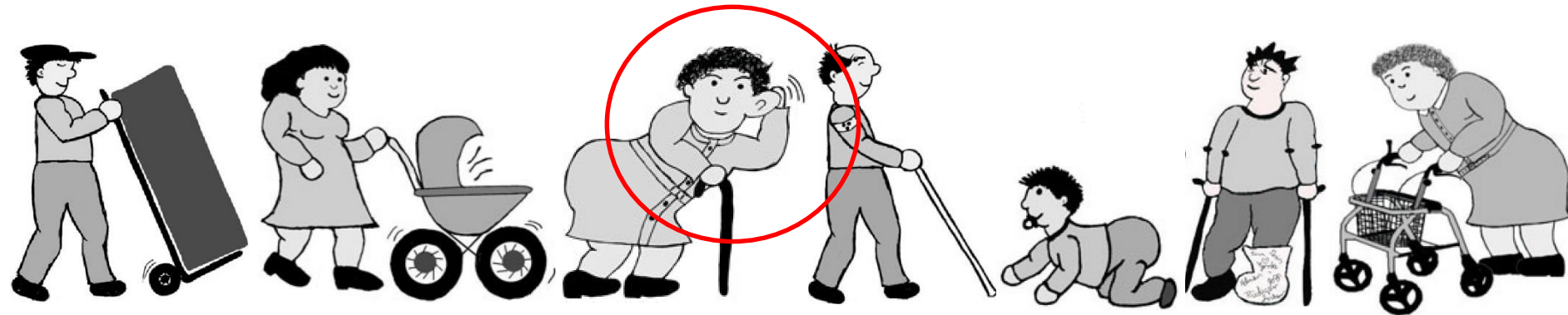
Sehbehinderte und Blinde würde ich  
in die nächste Norm-Fassung auch mit aufnehmen!



# Gibt es den „IDEAL-TYPUS NORMAL-MENSCH“?

Wir sind Alle nur darin gleich,  
dass wir Alle verschieden behindert sind.

Also: **Barrierefreies Bauen  
ist Bauen für Alle.**



Ein Spruch zum Mit-/Nach-Denken:

**Behindert ist man nicht,  
behindert wird man.**

**Aber:**

**Behindern ist heilbar!**

## G. Batliner: Hörgeschädigte Kinder im Kindergarten

**In der Inklusion brauchen wir  
nicht ein Mehr vom Speziellen,**

**sondern**

**ein Mehr vom Normalen!**

**Dazu muss das Spezielle  
nur noch normal werden.**

# reFeRATgeber 6

## HÖRGESCHÄDIGTE KINDER IN REGELSCHULEN



Klassenraum-Akustik  
Klassenraum-Gestaltung  
Klassenraum-Organisation

Diese Broschüre wurde gedruckt  
mit finanzieller Unterstützung der Firmen:



A SOUND EFFECT ON PEOPLE

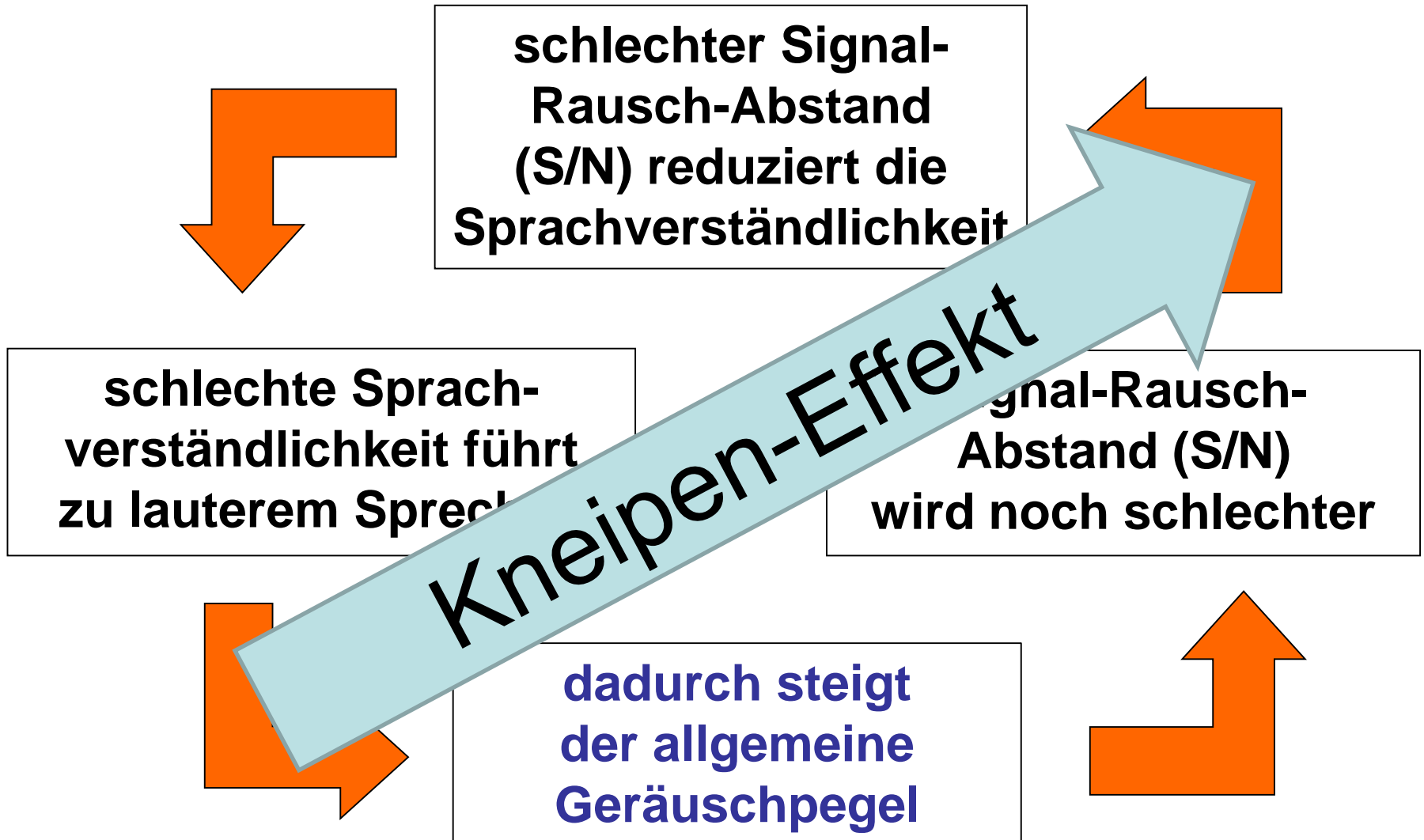


Natural acoustic solutions

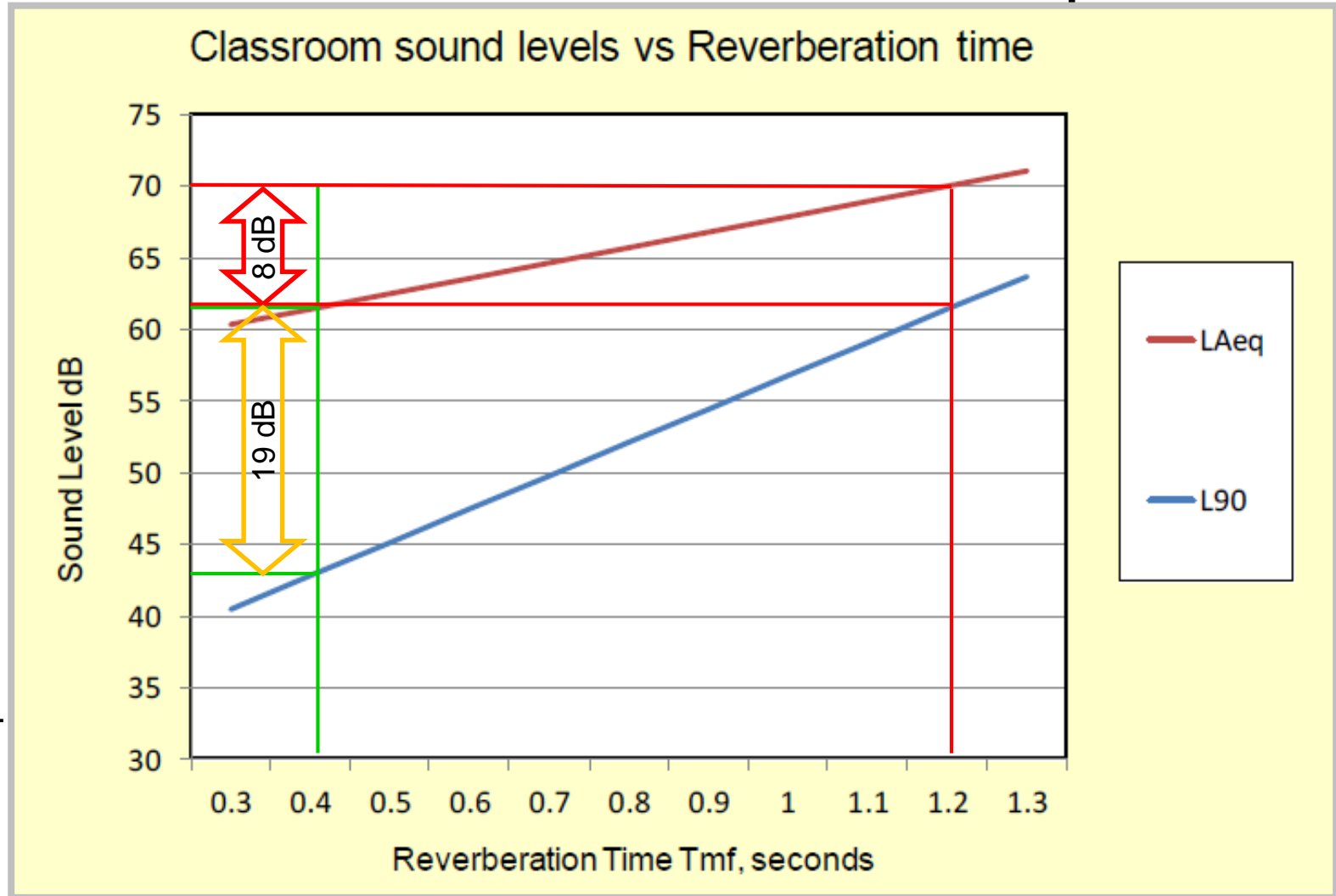
2. Auflage 2016-08  
1. Auflage 2016-02

Weitergabe / Nachdruck gern gestattet

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



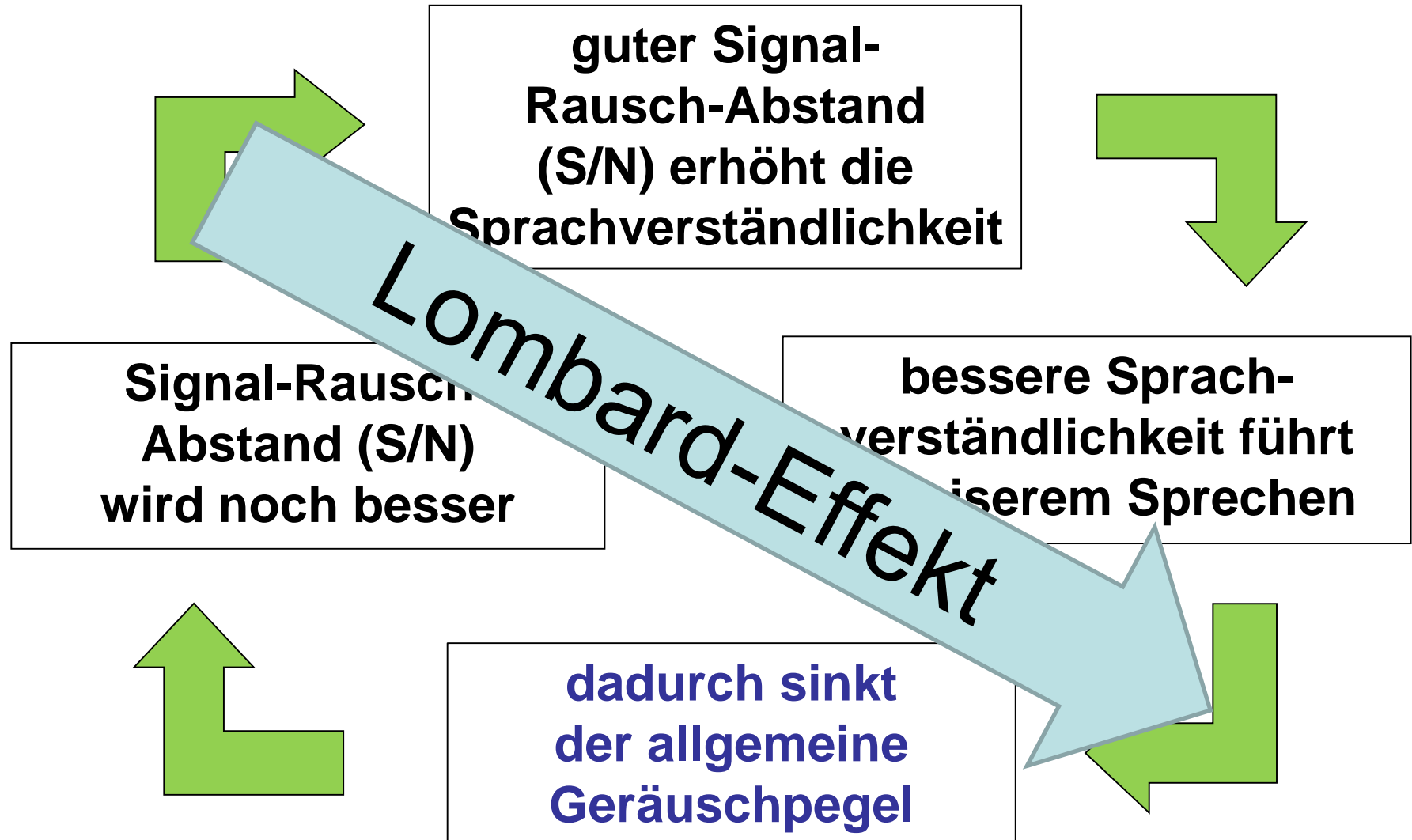
# Welche Effekte treten bei Schallabsorption auf?



© 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.





# Anforderungen Nachhaltigkeit / Nutzungsart

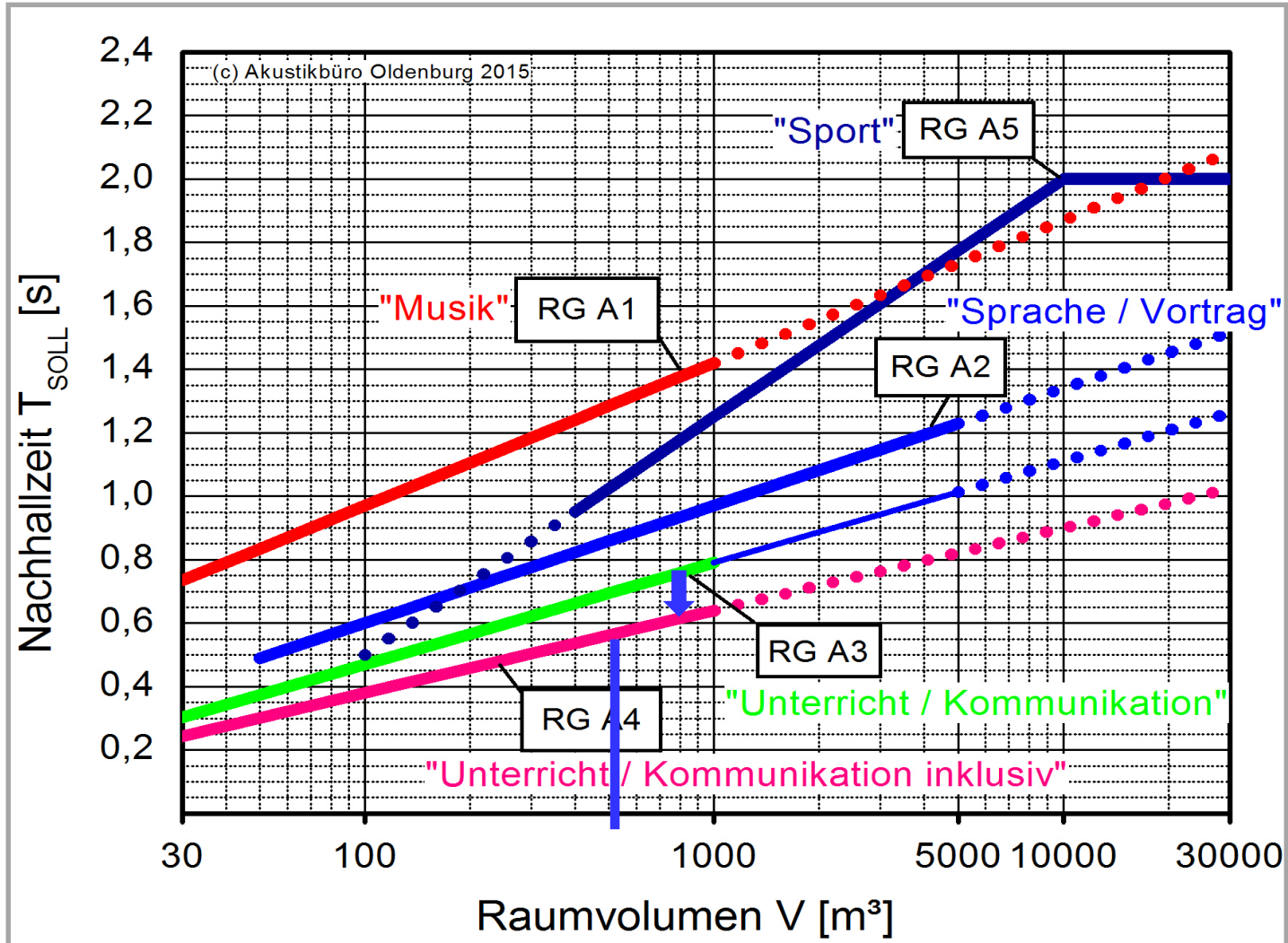


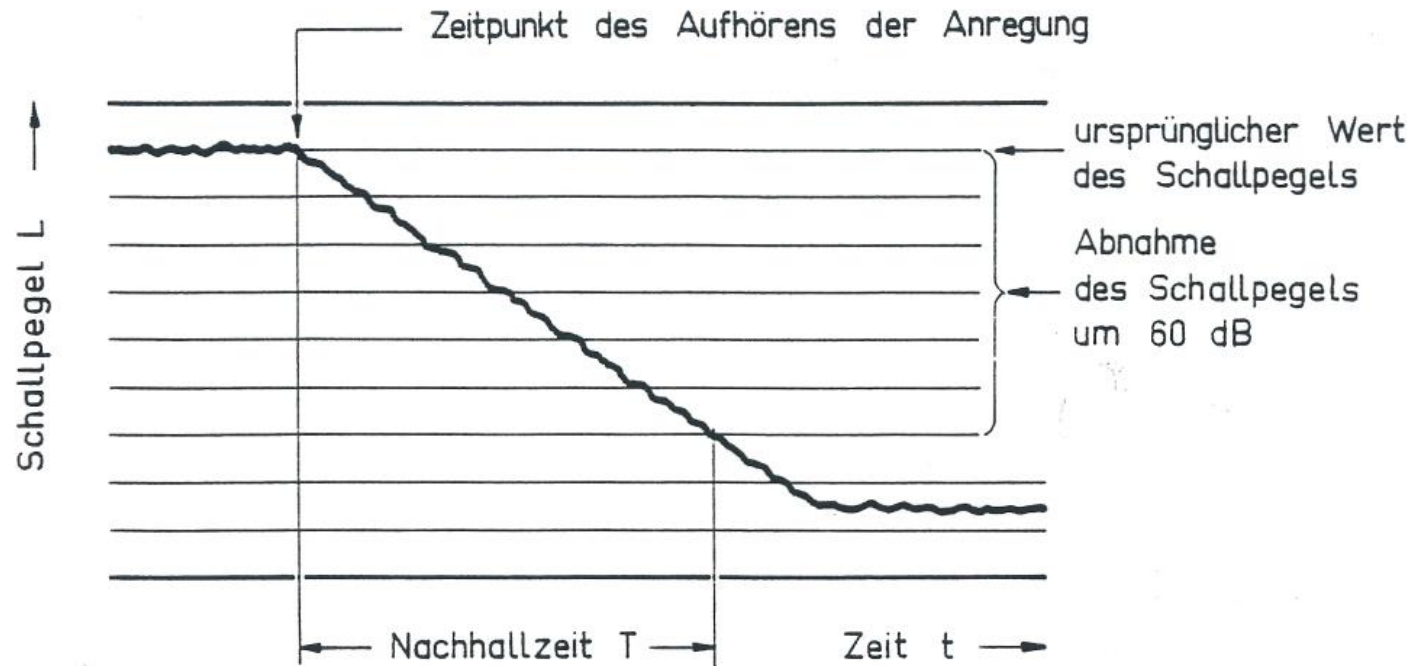
Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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 m<sup>3</sup> 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<sup>a</sup></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>

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

# Definition der Nachhallzeit

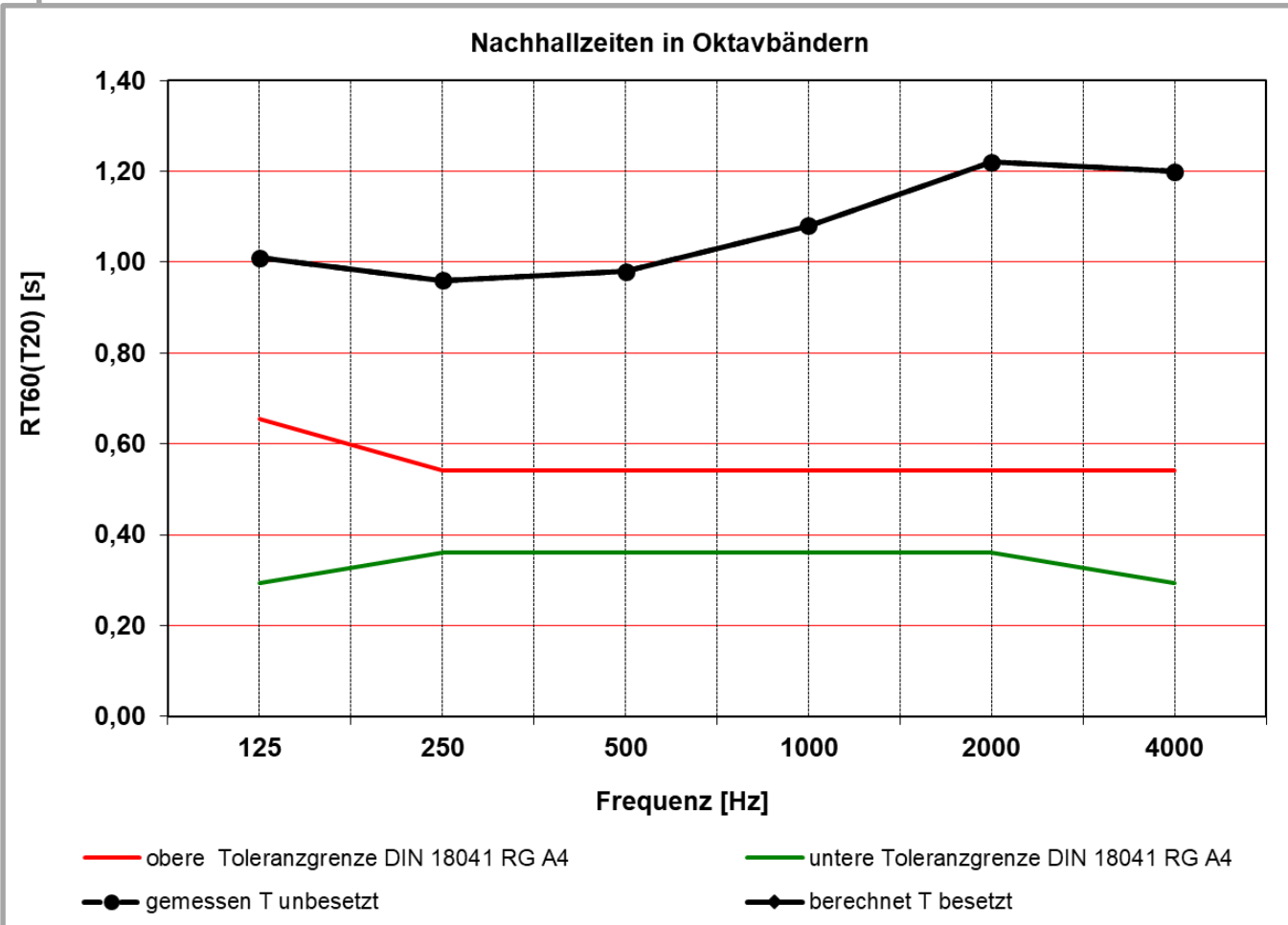
Die Nachhallzeit ist diejenige Zeitspanne, in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60dB abnimmt.



Definition und Messung der Nachhallzeit  $T$

<b>Ort:</b>	<b>Musterstadt</b>	<b>Gebäude:</b>	<b>ABC-Schule</b>					<b>Raum-Nr.:</b>	<b>123</b>	
<b>Auswertung für Unterricht / Kommunikation inklusiv, Raumgruppe A4</b>										
<b>Grundfläche</b>	<b>63 m<sup>2</sup></b>	<b>mittl. Höhe</b>	<b>3,00 m</b>							
<b>Volumen V</b>	<b>189 m<sup>3</sup></b>	<b>Frequenz</b>		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	Hz
<b>Nachhallzeiten</b>	gemessen	$T_{unbesetzt}$		1,01	0,96	0,98	1,08	1,22	1,20	$T_{mittel}$ s
<b>Absorptionsfläche</b>	vorhanden	$A_{unbesetzt}$		29,9	31,5	30,9	28,0	24,8	25,2	m <sup>2</sup>
<b>Schall-Absorptionsfläche je Person <math>\Delta A_{1Pers.}</math></b>										
	aus Tabelle A1.2)	Erwachsene		0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.
	aus Tabelle A1.5)	Kind VORSCH		0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	m <sup>2</sup> /Pers.
	aus Tabelle A1.6)	Schüler PRIM		0,05	0,10	0,20	0,35	0,40	0,45	m <sup>2</sup> /Pers.
	aus Tabelle A1.7)	Schüler SEKU		0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.
<b>Personen-Anzahl N</b>	<b>zusätzliche Schall-Absorptionsfläche</b>									
	0 Erwachsene	$A_{zus.}$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>
	0 Kinder VORSC	$A_{zus.}$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>
	0 Schüler PRIM	$A_{zus.}$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>
	0 Schüler SEKU	$A_{zus.}$		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>
<b>Absorptionsfläche besetzt</b>		$A_{unbes.} + A_{zus.}$		29,9	31,5	30,9	28,0	24,8	25,2	m <sup>2</sup>
<b>Nachhallzeiten</b>	berechnet	$T_{besetzt}$		1,01	0,96	0,98	1,08	1,22	1,20	<b>1,08</b> s
<b>Soll-Nachhallzeit RG A4</b>	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	<b>0,45</b> 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
<b>T<sub>mittel</sub></b>		
1,22	1,20	<b>1,08</b> s
24,8	25,2	m <sup>2</sup>
0,55	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.
0,30	0,25	m <sup>2</sup> /Pers.
0,40	0,45	m <sup>2</sup> /Pers.
0,50	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.
0,0	0,0	m <sup>2</sup>
0,0	0,0	m <sup>2</sup>
0,0	0,0	m <sup>2</sup>
0,0	0,0	m <sup>2</sup>
24,8	25,2	m <sup>2</sup>
1,22	1,20	<b>1,08</b> s

Toleranz	oben	0,66	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	s
<b>Soll-Nachhallzeit RG A4</b>	T <sub>soll</sub> (A4)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	<b>0,45</b> 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

Grundfläche **63 m<sup>2</sup>** mittl. Höhe **3,00 m**  
Volumen V **189 m<sup>3</sup>** 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<sup>2</sup>

Schall-Absorptionsfläche je Pers.  $A = 0,16 * V / T$

aus Tabelle A1.2) Erwachsene	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.
aus Tabelle A1.5) Kind VORSCH	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,25	m <sup>2</sup> /Pers.
aus Tabelle A1.6) Schüler PRIM	0,05	0,10	0,20	0,35	0,40	0,45	m <sup>2</sup> /Pers.
aus Tabelle A1.7) Schüler SEKU	0,10	0,15	0,35	0,50	0,50	0,55	m <sup>2</sup> /Pers.

Personen-Anzahl N zusätzliche Schall-Absorptionsfläche

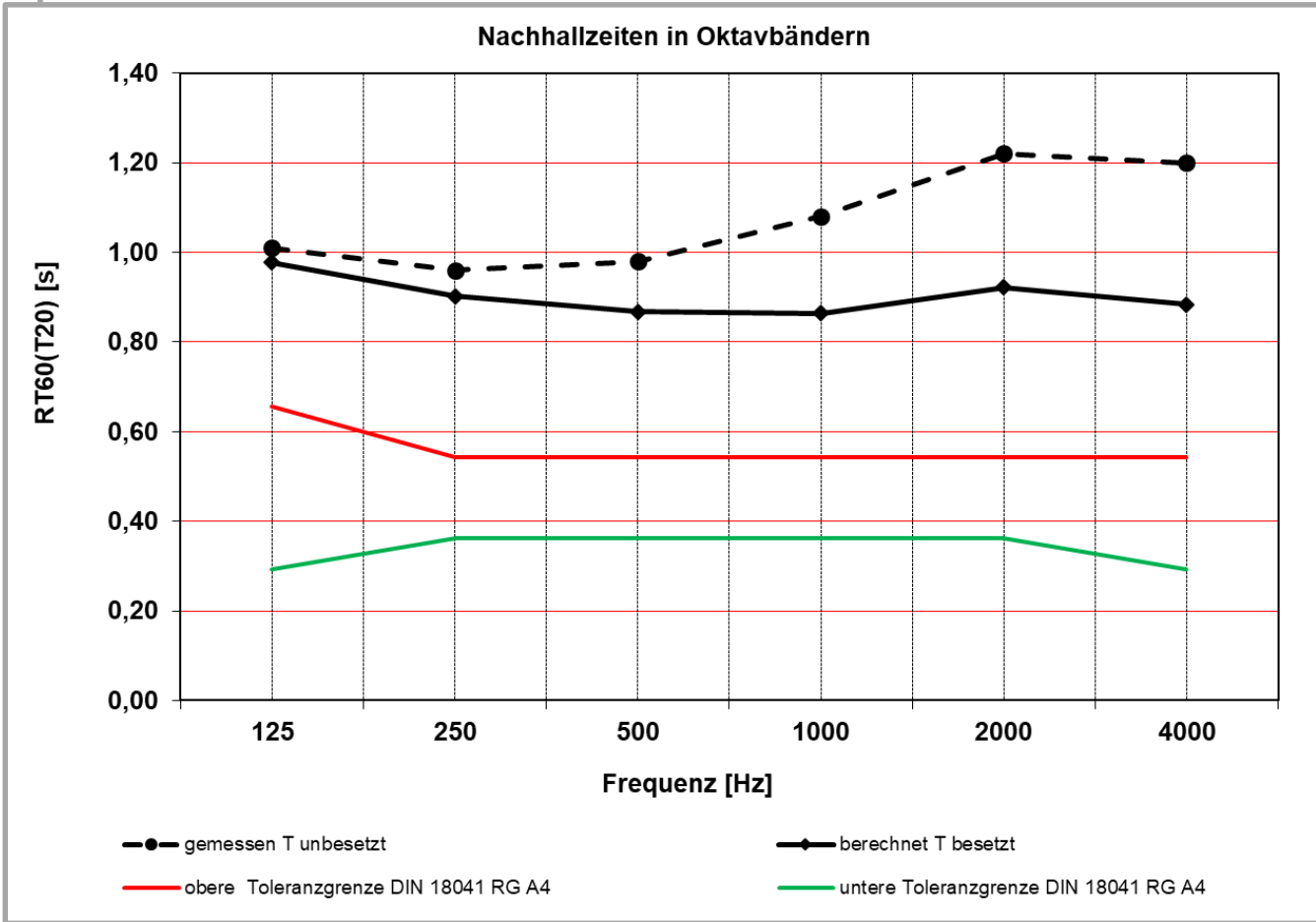
1 Erwachsene $A_{zus.}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	m <sup>2</sup>
0 Kinder VORSC $A_{zus.}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>
20 Schüler PRIM $A_{zus.}$	1,0	2,0	4,0	7,0	8,0	9,0	m <sup>2</sup>
0 Schüler SEKU $A_{zus.}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	m <sup>2</sup>

Absorptionsfläche besetzt  $T = 0,16 * V / A$  **31,1 33,8 35,3 35,5 33,3 34,8** m<sup>2</sup>

Nachhallzeiten berechnet  $T_{besetzt}$  **0,97 0,89 0,86 0,85 0,91 0,87 0,89** s

Soll-Nachhallzeit RG A4 Toleranz oben **0,66 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54** s  
Toleranz unten **0,45 0,45 0,45 0,45 0,45 0,45 0,45** s  
Toleranz **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

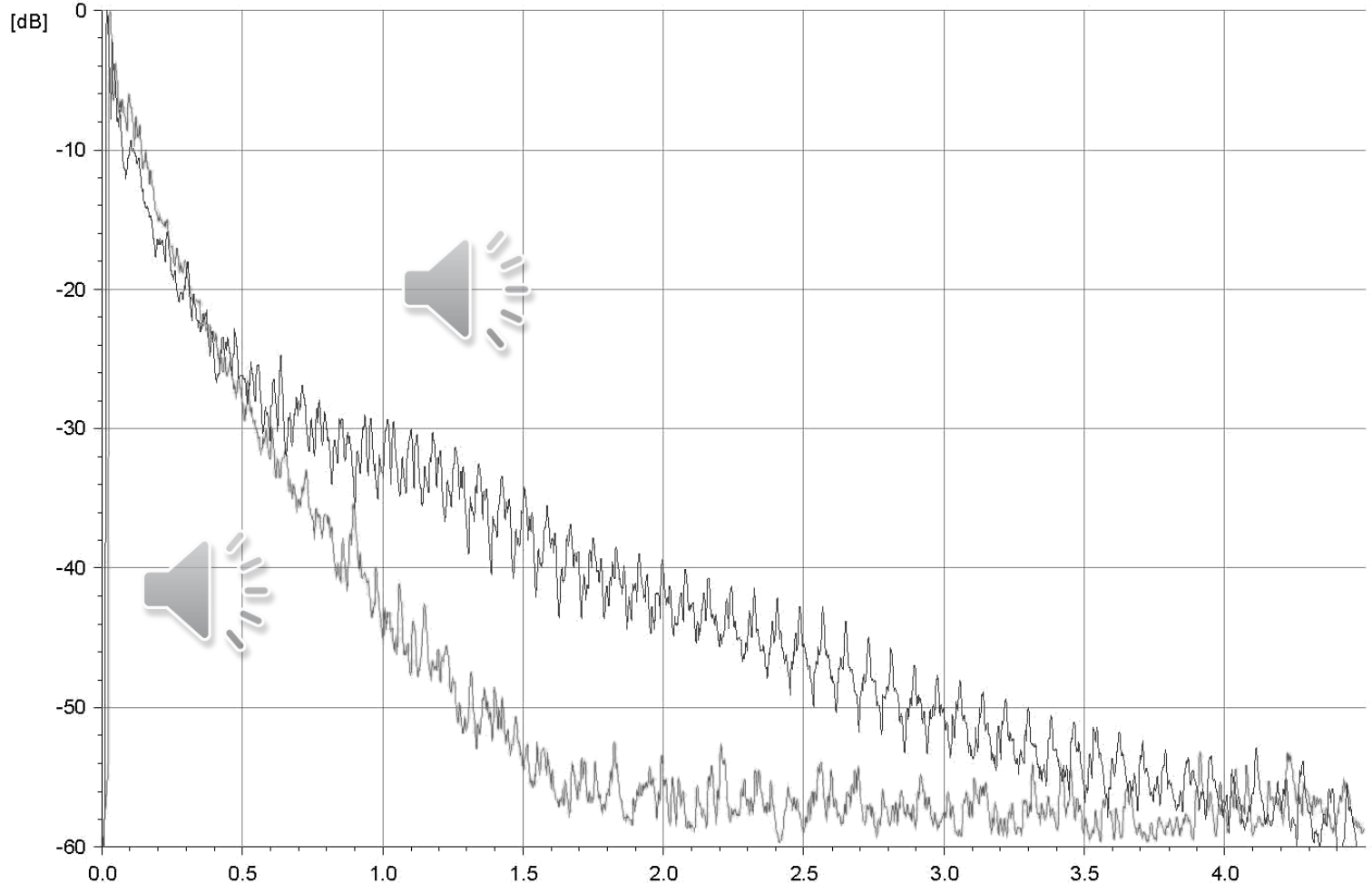


125	250	500	1000	2000	4000	$T_{\text{mittel}}$	Unit
1,22	1,20	<b>1,08</b>					s
24,8	25,2						m <sup>2</sup>
0,55	0,55						m <sup>2</sup> /Pers.
0,30	0,25						m <sup>2</sup> /Pers.
0,40	0,45						m <sup>2</sup> /Pers.
0,50	0,55						m <sup>2</sup> /Pers.
0,6	0,6						m <sup>2</sup>
0,0	0,0						m <sup>2</sup>
8,0	9,0						m <sup>2</sup>
0,0	0,0						m <sup>2</sup>
33,3	34,8						m <sup>2</sup>
0,91	0,87	<b>0,89</b>					s

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

# Beispiel einer Nachhallzeit-Auswertung

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



© TuR  
König/Ruhe  
2007



# Optisches Flatterecho



# 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



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

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

Einbau eines schallabsorbierenden Rückwand-Paneels.

Aufwand: keine 3.000,- €

# Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



Ernst-Ludwig-Schule  
Bad Nauheim

seitig

Raster durch

-Paneels.

# Ernst-Ludwig-Schule - Bad Nauheim



# Ist eine beidseitig CI-Implantierte Lehrerin etwas Besonderes?

Nein!

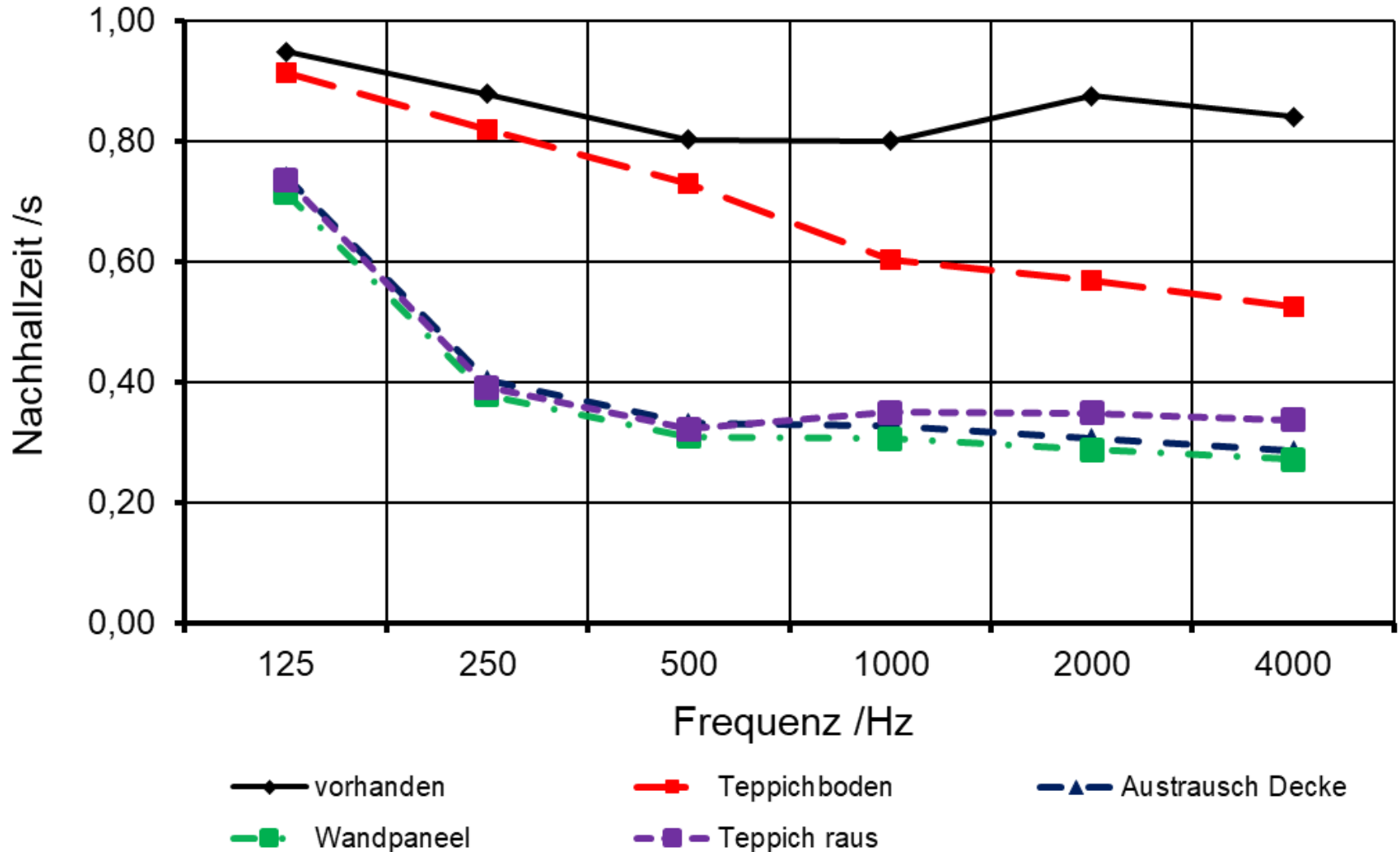
1. Sie ist ein Mensch wie Du und ich.
2. Lehrer\_innen werden wegen Burnout, Lärmstress und Tinnitus häufig zwischen 57 und 58 Jahren frühpensioniert, das sind ca. 100 Monate Frührente. Eine akustische Klassenraumsanierung kostet etwa die Frührente von 3 Monaten.

**Baut endlich leise Klassen!**

## Wie geht man zur Verbesserung vor?

- möglichst zuerst die **Decke** vollflächig 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 **Wandpaneele**
- ein **Teppich** schluckt viel weniger, vermeidet aber viele Störgeräusche

# Vergleich von Maßnahmen





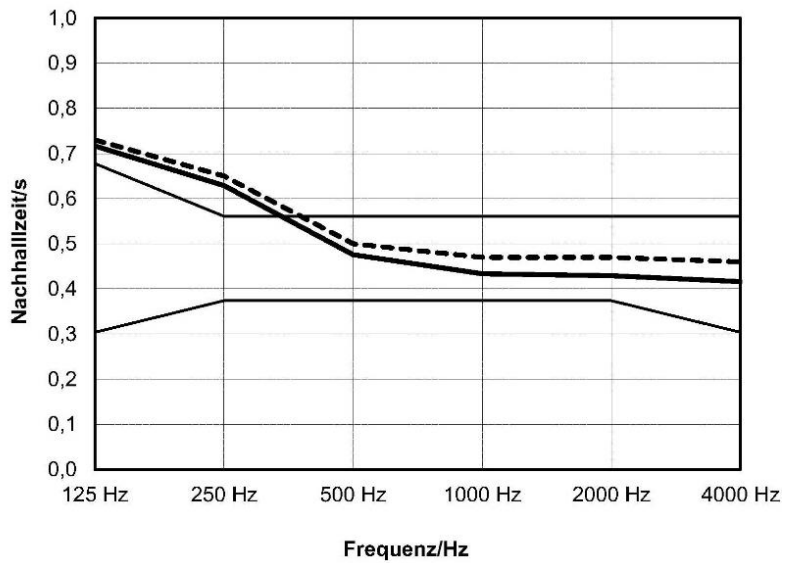
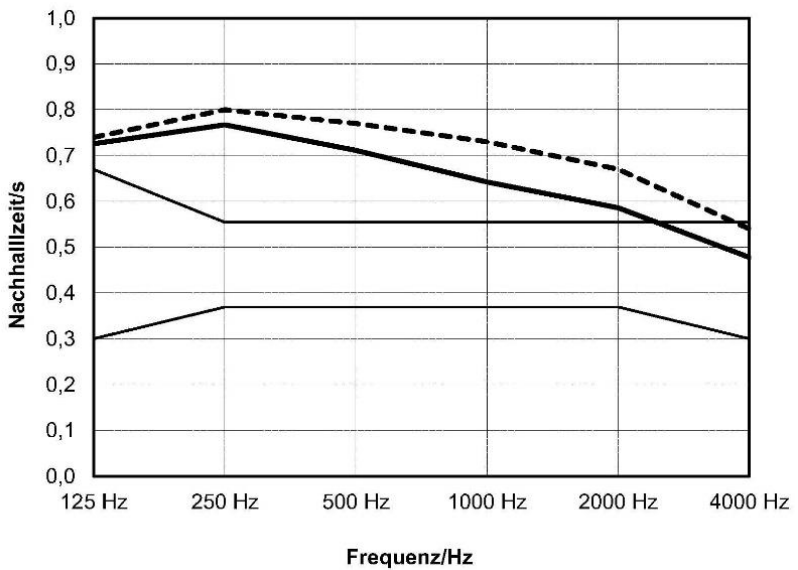
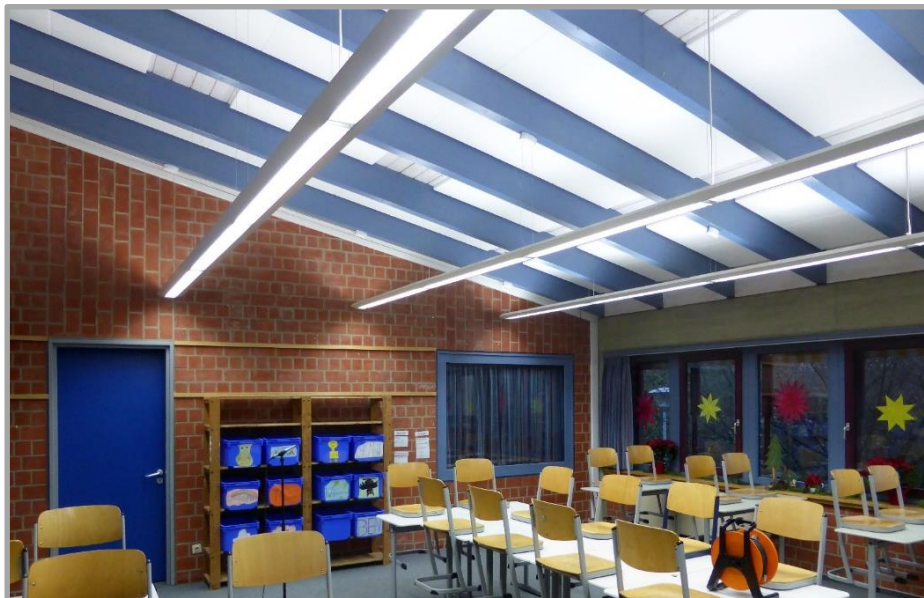
# Oldenburg-Wechloy

© Rockfon

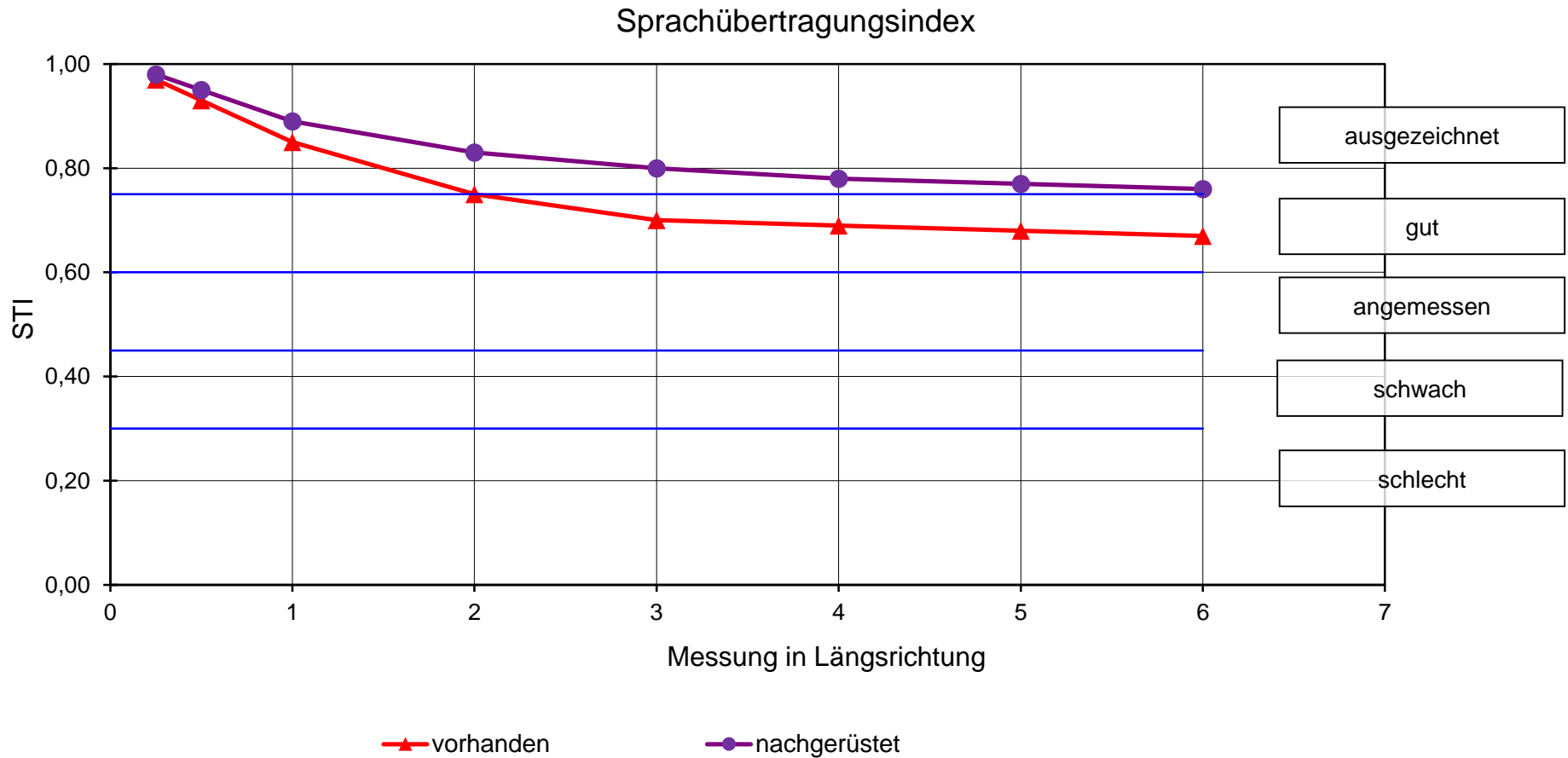


# Hamburg, Elbschule, Klassenraum



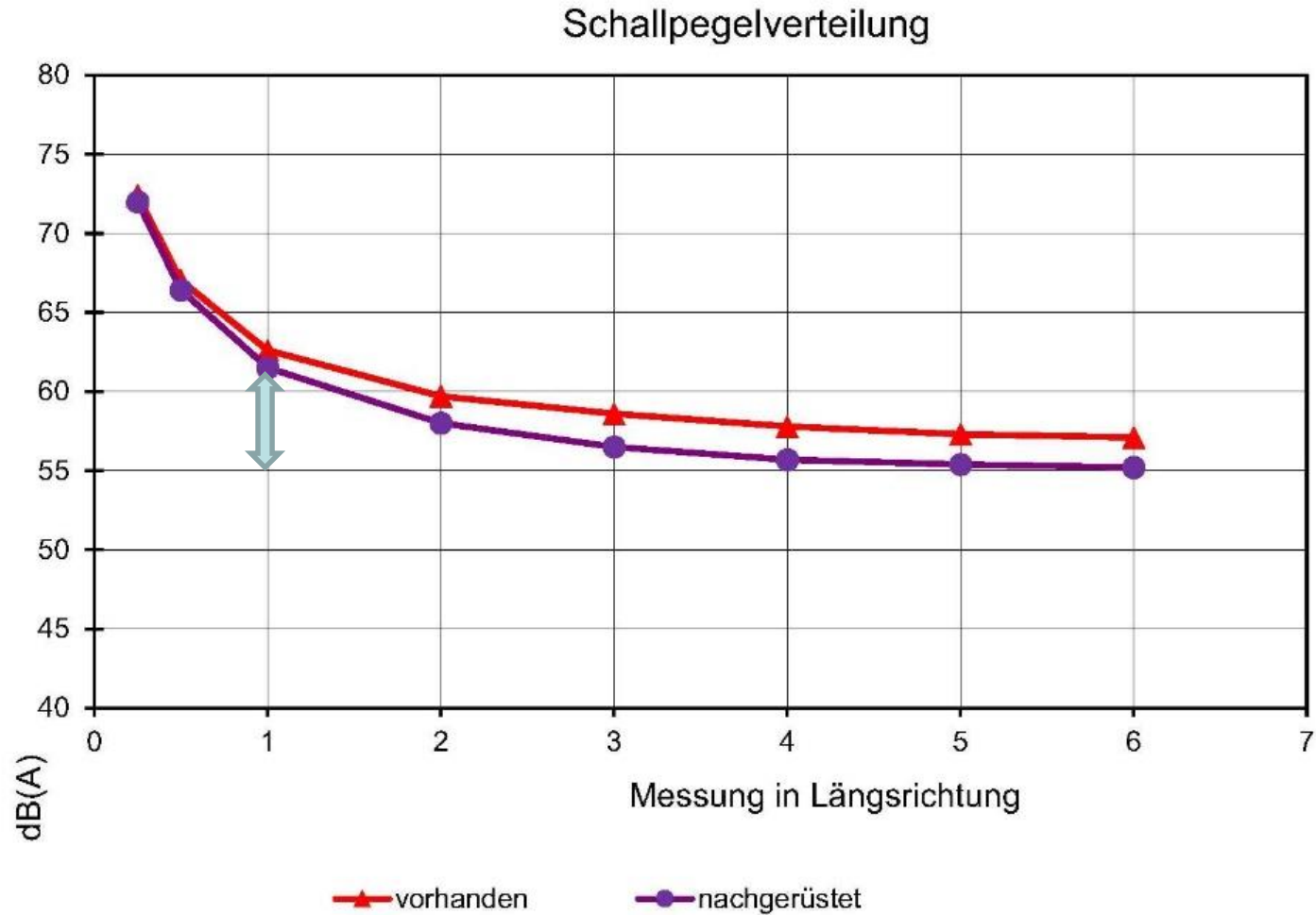


# Mess-Ergebnisse STI



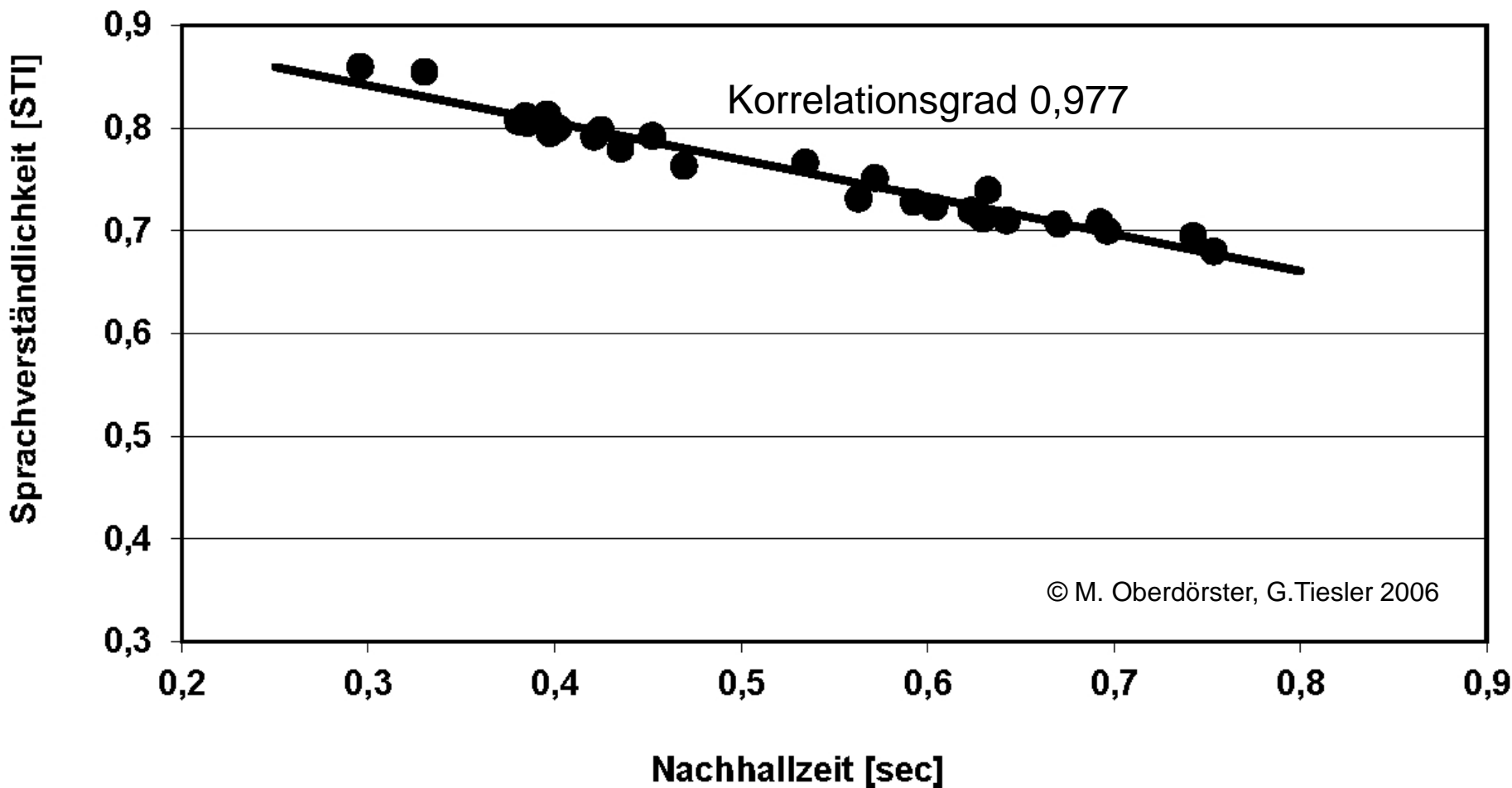
Sprachübertragungsindex bis hinten  $STI \geq 0,75$  „ausgezeichnet“

# Mess-Ergebnisse Schallpegel



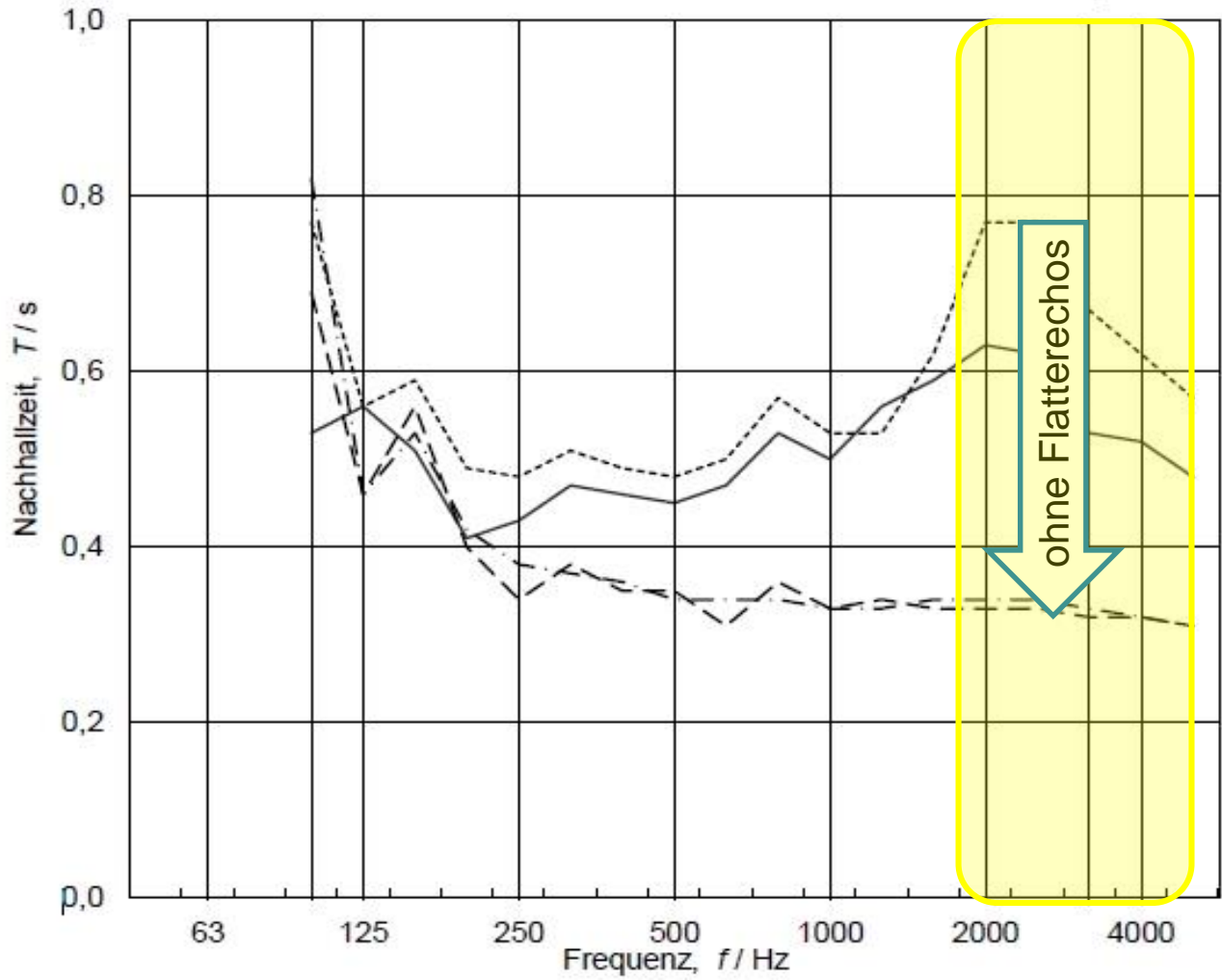
Pegelabnahme von 1 m bis 6 m ist maximal 6 dB

# Korrelation Nachhallzeit - Sprachverständlichkeit



© M. Oberdörster, G.Tiesler 2006

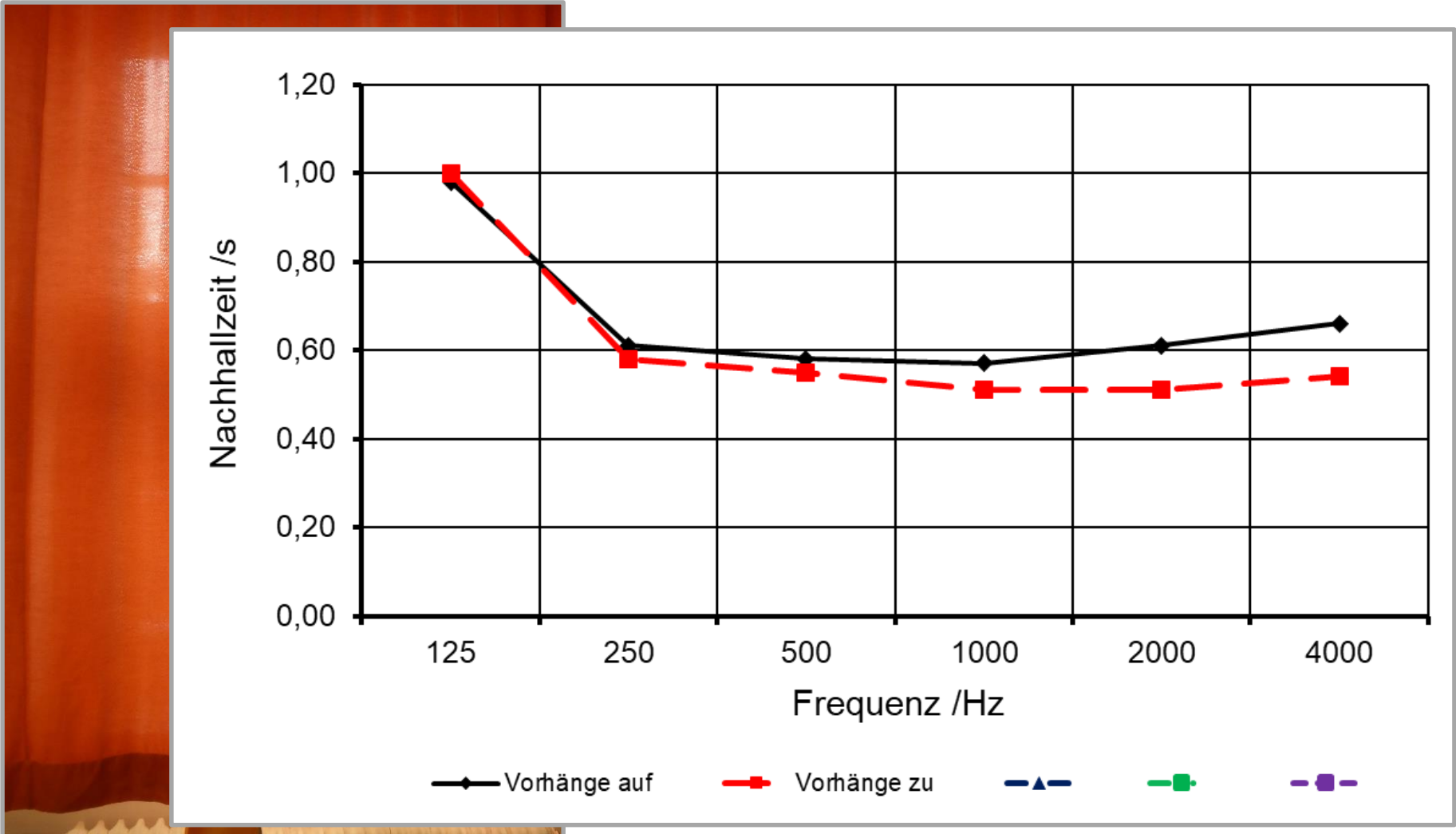
# Nachhallzeit-Vergleich ohne / mit Wandpaneel



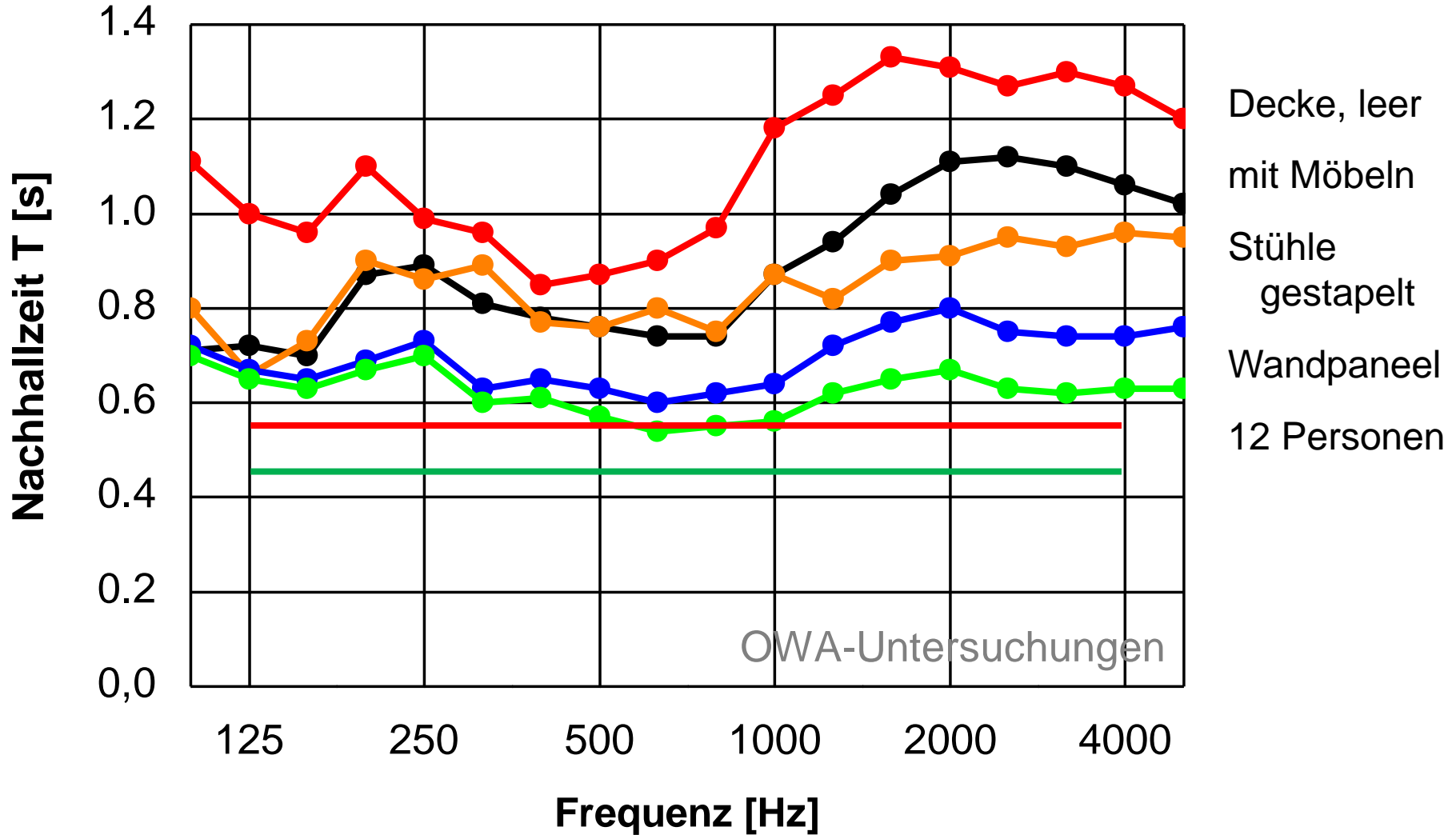




# Nachhallzeit-Vergleich Vorhänge auf / zu



# Helmut-von-Bracken-Schule in Gießen



# Verbesserung der Diffusität



# Verbesserun



# Verbesserung der Diffusität

## Leichtathletik-Trainingshalle Hamburg-Alsterdorf



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



# Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa



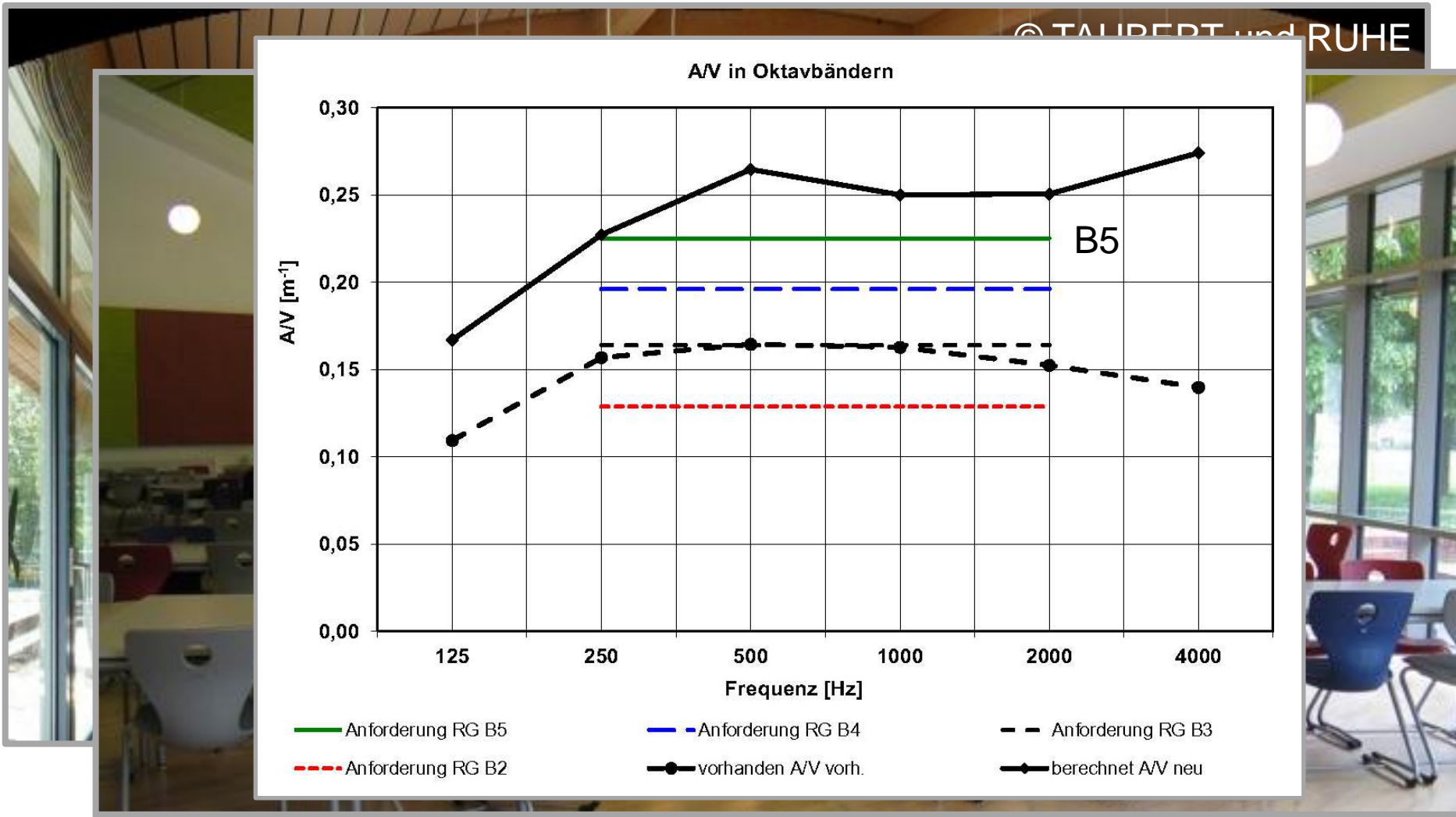
# Friedberg, Johannes-Vatter-Schule, Mensa

© TAUBERT und RUHE





# Friedberg, Johannes-Vatter-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...

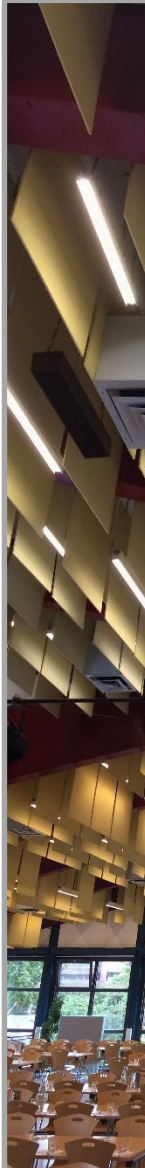
Kurz: Kinder und Betreuer fühlen sich nicht wohl.

Was fehlt dieser Mensa?

# Aus dem Brief e







**79 dB(A)**

# Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



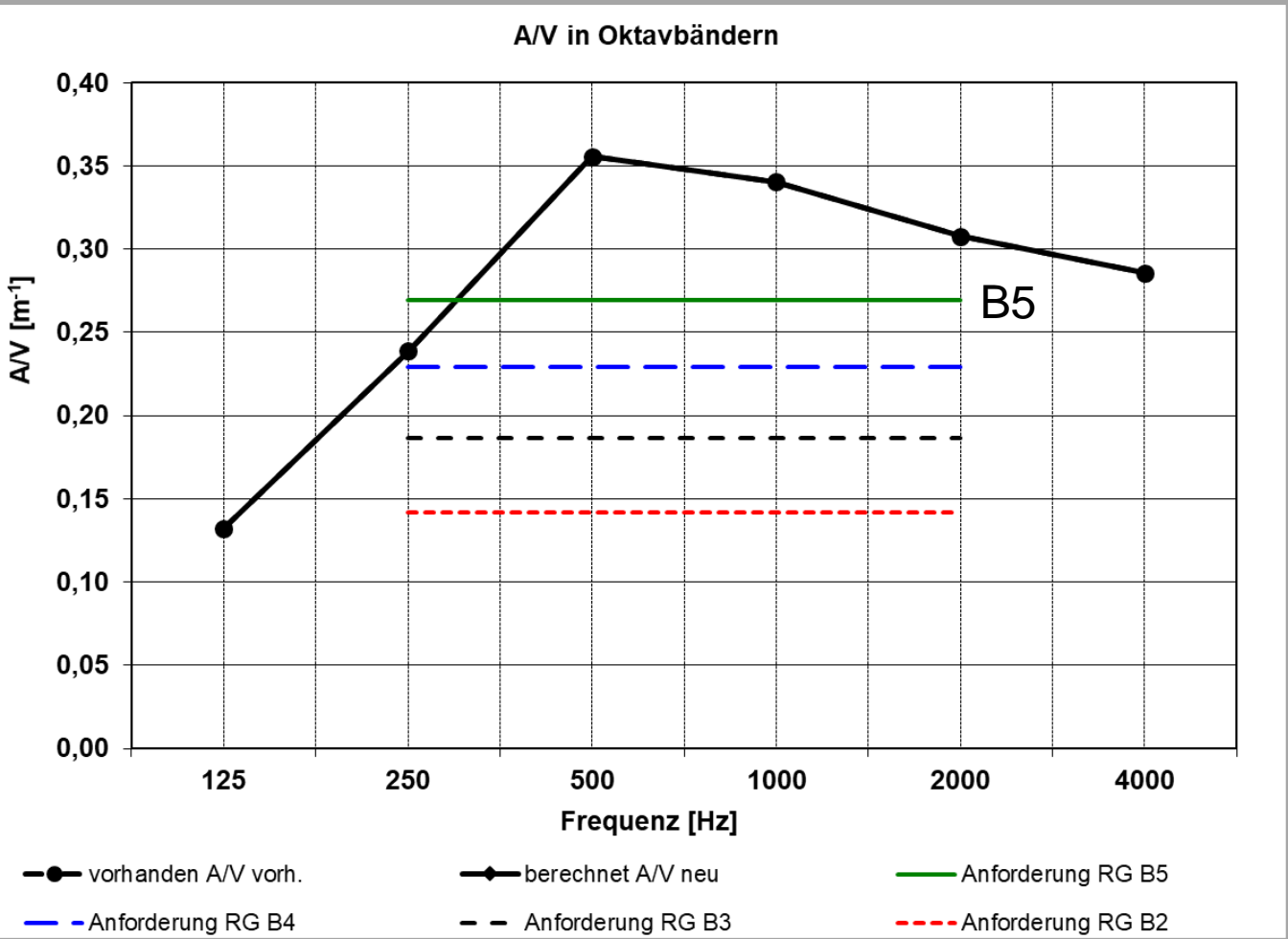
Fotografie Dorf Müller | Xlier

# Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



Fotografie Dorf Müller | Xlter

# Hamburg, BZHK Elbschule, Mensa



- vorhanden A/V vorh.
- ◆— berechnet A/V neu
- Anforderung RG B5
- - - Anforderung RG B4
- - - Anforderung RG B3
- - - Anforderung RG B2

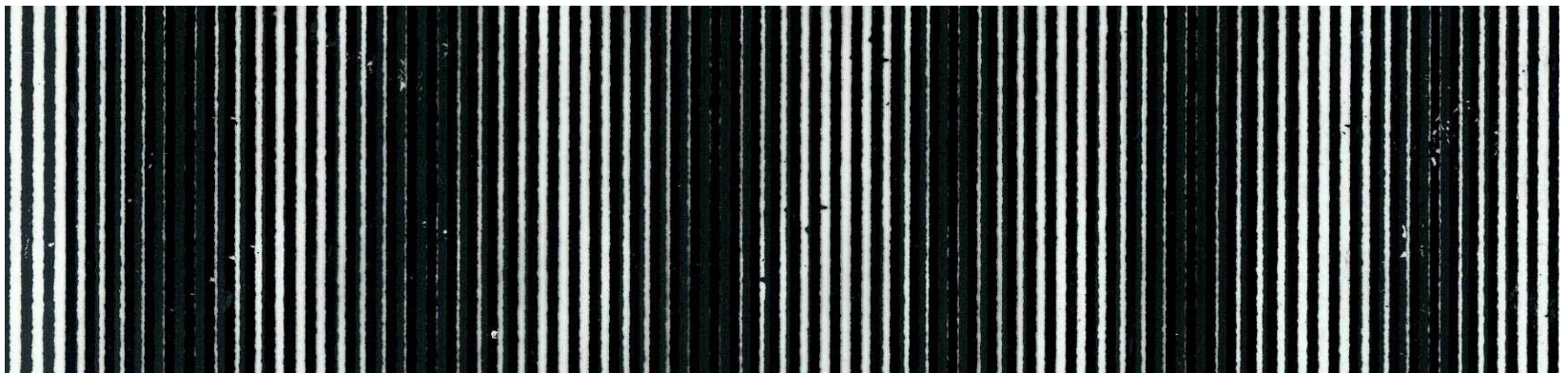


# Was kann man zur Verbesserung tun?

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?

## Strömungs-Absorber

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

→ 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:

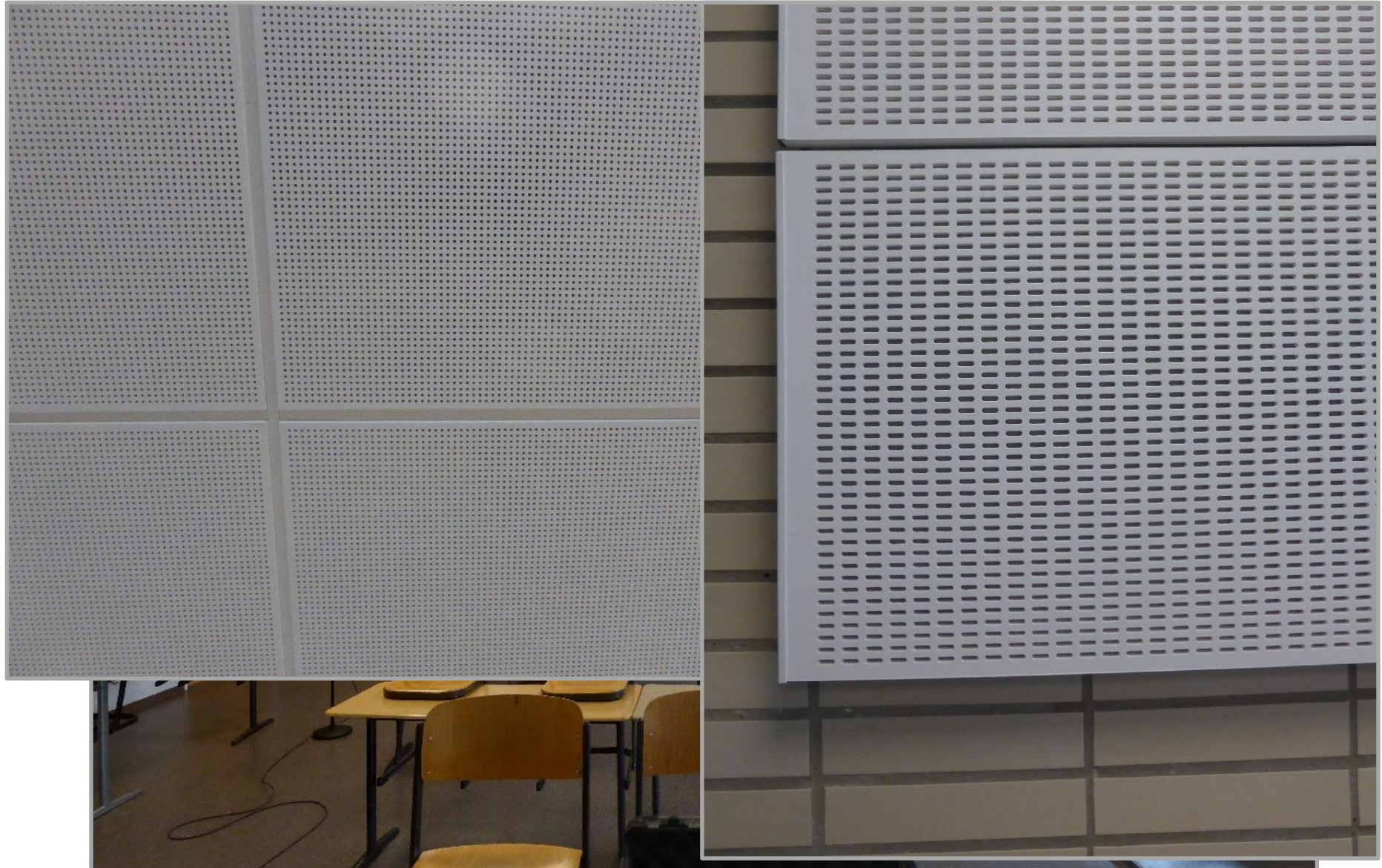
## **medizinisch-physikalisch- biologischer Selbstversuch!**

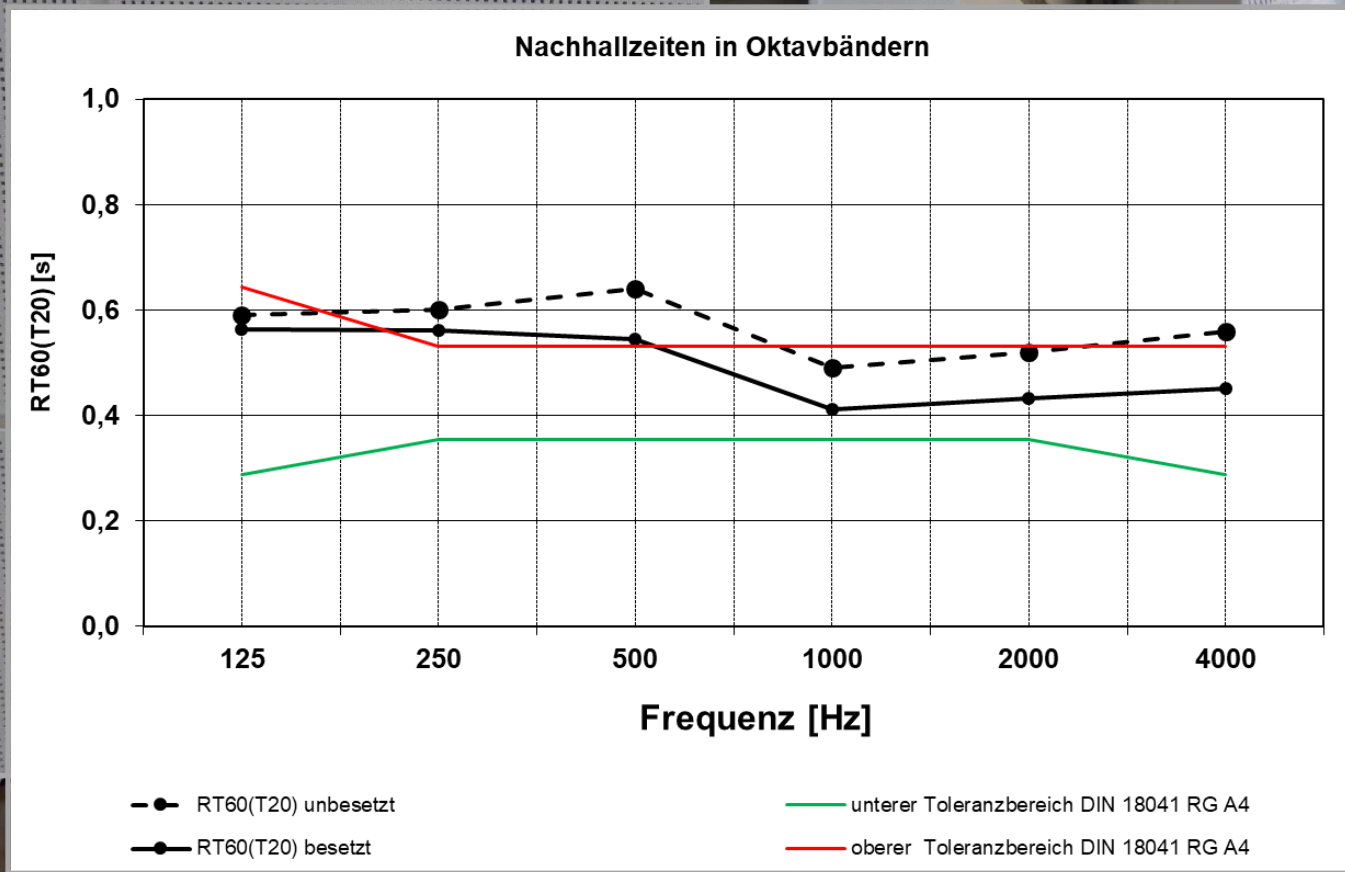
Presst den Mund fest auf einen Ärmel,  
pustet kräftig → es wird warm.

Pustet kräftig auf den Handrücken.  
→ es bleibt kalt.

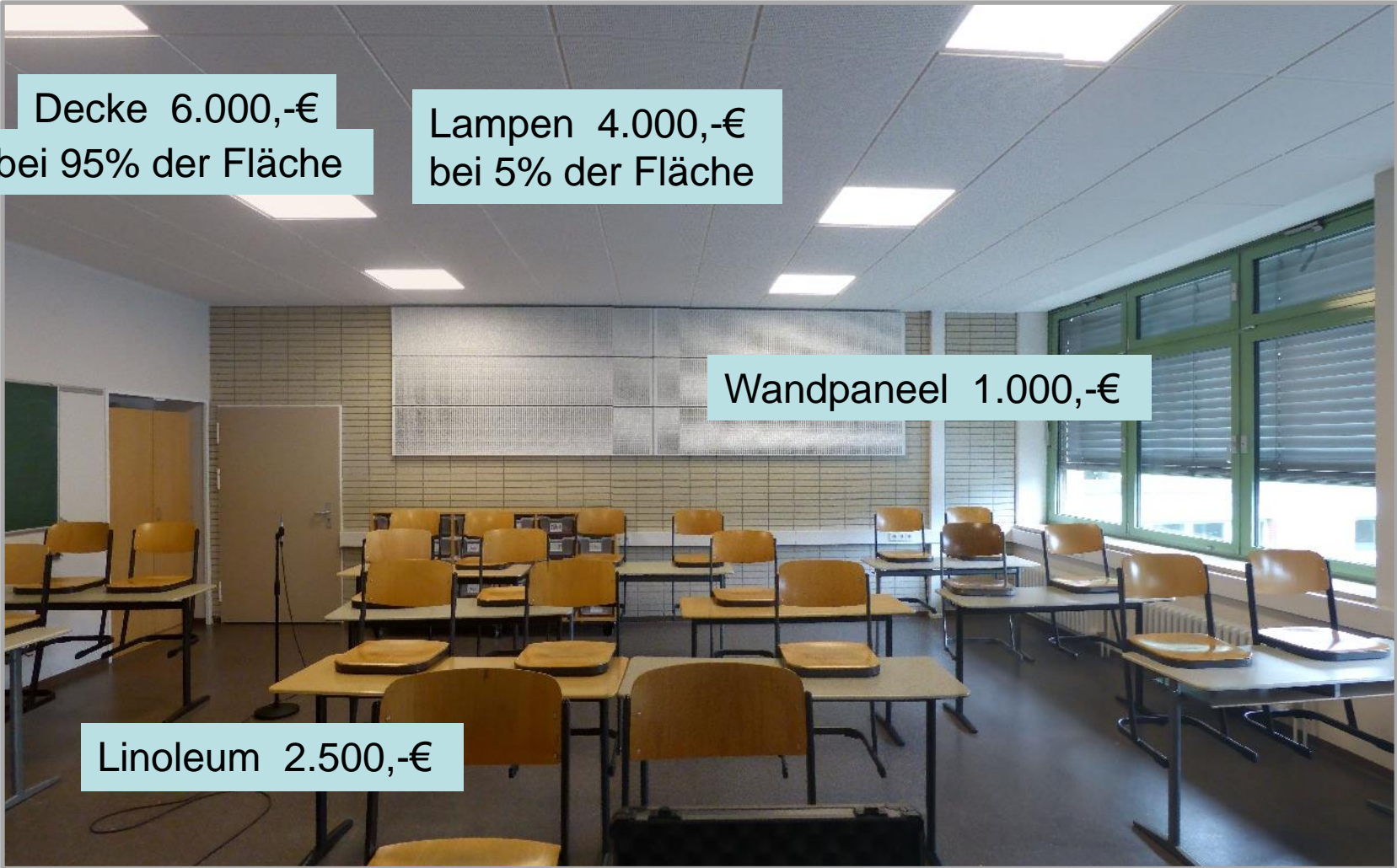
# Gipskarton-Loch-Kassetten (Danogips)







# Gipskarton-Loch-Kassetten (Danogips)



Decke 6.000,-€  
bei 95% der Fläche

Lampen 4.000,-€  
bei 5% der Fläche

Wandpaneel 1.000,-€

Linoleum 2.500,-€



# Versuch einer Zusammenfassung

Decke vollflächig hochgradig absorbierend

Rückwandpaneel

Teppichboden

# Aus dem Brief eines OHRthopäden:

In den neu ausgestatteten 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 – trotz sehr lauten Sprechens – **zu Nachfragen seitens der Patienten** oder deren Angehörigen, sicherlich aber **auch zu Missverständnissen meinerseits**.

## 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)**

## 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 jede Erschwernis und
3. **vollständig** ohne fremde Hilfe.

# 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!**

Wissenschaft  $\leftarrow \rightarrow$  Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

**Erkenntnisproblem**

sondern nur ein

**Umsetzungsproblem.**

# DIN 18040-1 Barrierefreies Bauen

## 5.2.2 Elektroakustik / Beschallung:

Sind elektroakustische Beschallungsanlagen vorgesehen, so ist auch ein gesondertes Übertragungssystem für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen einzubauen, **das den gesamten Zuhörerbereich umfasst.**

### ANMERKUNG 3

Im Allgemeinen ist eine indukTive Höranlage sowohl für die Nutzer in der Anwendung als auch hinsichtlich der Bau- und Unterhaltungskosten die günstigste Lösung.

Zu den verschiedenen Beschallungssystemen

(IndukTiv, Funk, Infrarot) siehe DIN 18041, Hörsamkeit.



Hören Sehen Planen Bauen  
Fachreferat Barrierefrei am DSB



# referATgeber 4

## WARUM INDUKTIVE HÖRANLAGEN ?



Muss man sie  
in öffentlichen Gebäuden  
wirklich einbauen?



Dipl.-Ing. CARSTEN  
hörgerecht planen un

DIN 18040-1

5.2.2 Elektroak

Sind elektroakt  
so ist auch ein  
für Menschen

das den ges

ANMERKUNG

Im  
so  
als  
die  
Zu  
(In

# DIN 18040-1

5.2  
Sir  
so  
für  
das  
ANM  
Im  
so  
als  
die  
Zu  
(In

Eigenschaft	IndukTive Höranlagen	FM-Anlagen <sup>1)</sup>	Infrarot-Anlagen (IR)
Kanalanzahl	einkanalig	mehrere Kanäle simultan möglich	mehrere Kanäle simultan möglich
Einsatzgebiet	Übersprechen in den Nebenraum möglich	in großem Umkreis zu empfangen	Empfang nur in einem Raum (Abhörsicherheit)
Empfänger für Träger von Hörgeräten mit T-Spule <sup>2)</sup> oder CI	Empfänger im HdO-Gerät vorhanden, teilweise auch im IdO-Gerät <sup>2)</sup>	Empfänger mit IndukTions- Halsringschleife <sup>3)</sup> oder Audiokabel an einige HdO-Geräte und an CI ansteckbar <sup>2)</sup>	Empfänger mit IndukTions- Halsringschleife <sup>3)</sup> oder Audiokabel an einige HdO-Geräte und an CI ansteckbar <sup>2)</sup>
Empfänger für Personen ohne Hörgerät / ohne T- Spule <sup>2)</sup>	IndukTiv-Empfänger mit Kopfhörer <sup>4)</sup>	FM-Empfänger mit Kopfhörer <sup>4)</sup>	IR-Empfänger mit Kopfhörer <sup>4)</sup>
Anpassung an individuellen Hörverlust	IndukTiv-Empfänger ist nicht an individuellen Hörverlust angepasst	FM-Empfänger ist nicht an individuellen Hörverlust angepasst	IR-Empfänger ist nicht an individuellen Hörverlust angepasst
Vor-/Nachteile bei Kopfhörerbetrieb	HdO-Gerät /CI ist bereits an individuellen Hörverlust angepasst	Betrieb „Kopfhörer über Hörgerät“ nicht möglich (ak. Rückkoppelung)	Betrieb „Kopfhörer über Hörgerät“ nicht möglich (ak. Rückkoppelung)



## IndukTive Höranlagen

Welche Vorteile bringt  
die direkte Übertragung?

Hören Sie selbst:

Natürliche Sprache



→ Klang-Brei



## IndukTive Höranlagen

Welche Vorteile bringt  
die direkte Übertragung?

Hören Sie selbst:

Natürliche Sprache



→ Klang-Brei


Aufnahme 1:

Die folgende Aufnahme entstand während der Einmessarbeiten an der Beschallungsanlage der St. Marien-Kirche in Bad Segeberg am 5. Mai 2006. Bei der ersten Aufnahme hören Sie zunächst die Sprachdarbietung vom Taufbecken bei ausgeschalteter Lautsprecheranlage und ohne IndukTive Höranlage in der Weise, wie sie ein schwerhörender Gottesdienstteilnehmer hören würde...

## IndukTive Höranlagen

Welche Vorteile bringt  
die direkte Übertragung?

Hören Sie selbst:

Über die Lautsprecher   
→ immer noch Klang-Brei



# IndukTive Höranlagen

Welche Vorteile bringt  
die direkte Übertragung  
Hören Sie selbst:

<https://hob-ev.de/index.php/gut-zu-wissen/barrierefreies-hoeren/klangbeispiel>

Über die indukTive  
Höranlage



→ Klang-Kontrast !!!

