

Raumakustik in Schule und Beruf



Dipl.-Ing. Carsten Ruhe,
Beratender Ingenieur für Akustik VBI
www.TAUBERTundRUHE.de

DSB-Referat Barrierefreies Planen und Bauen
www.schwerhoerigen-netz.de



Übersicht:

Was können Guthörende?

Was können Schwerhörende anders?

Was fordern Gesetze?

Welche Hinweise geben Normen
und Regelwerke?

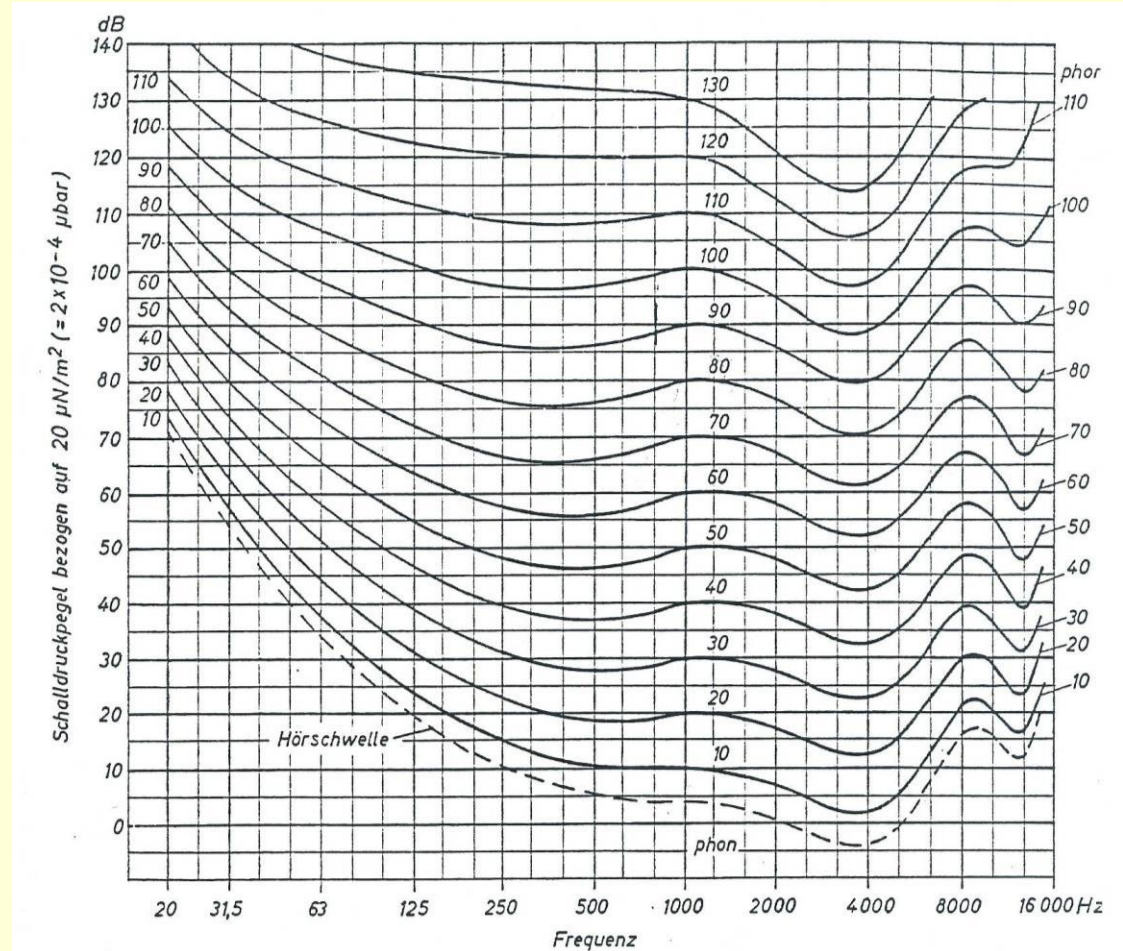
Was muss man beachten?

Beispiele

Was können Guthörende?

Kurven
gleicher
Lautstärke

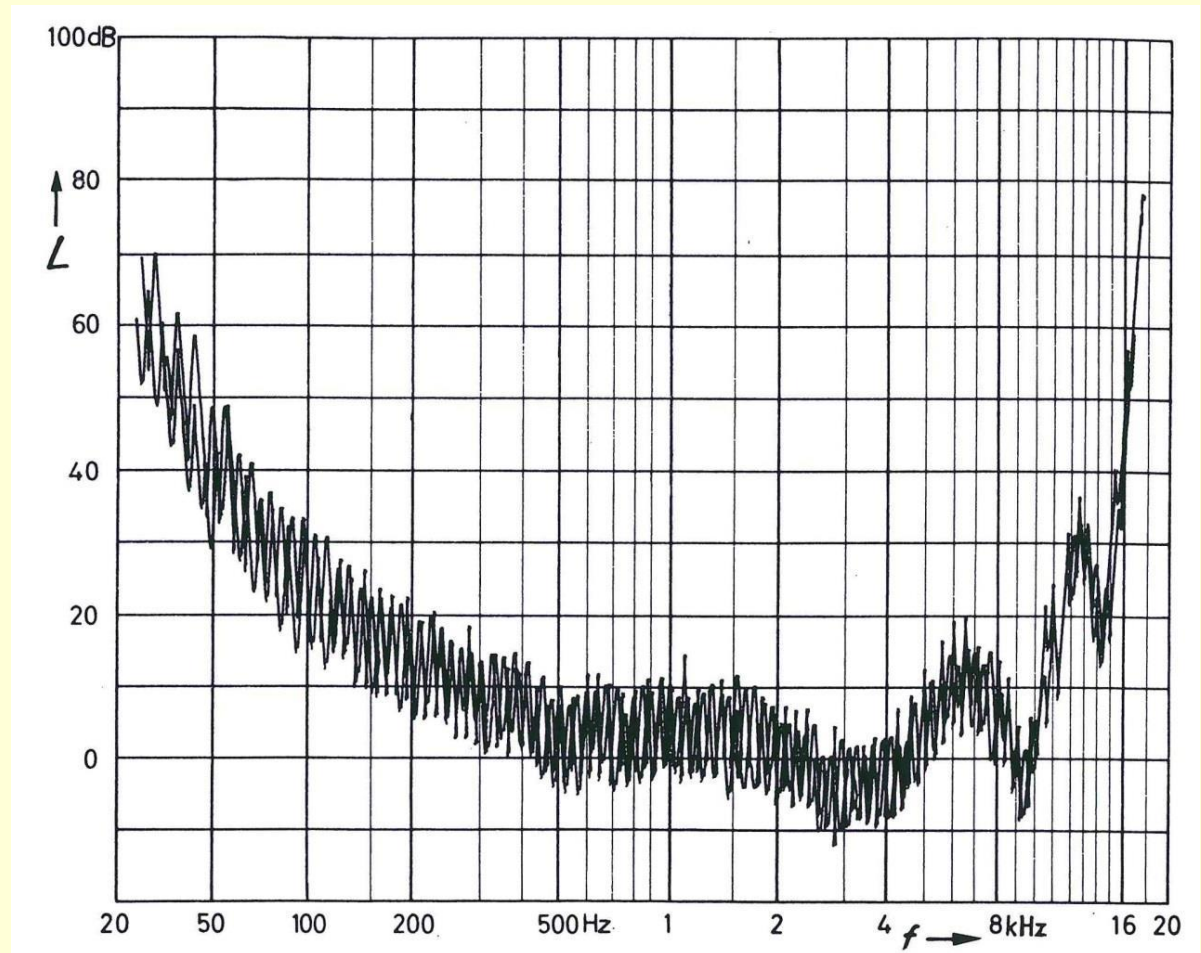
Ermittelt an
70 guthörenden
Personen unter
25 Jahren



Was kann das menschliche Gehör?

Beispiel zweier
Hörschwellen-
Kurven

ermittelt
mit einem
Békésy-
Audiometer

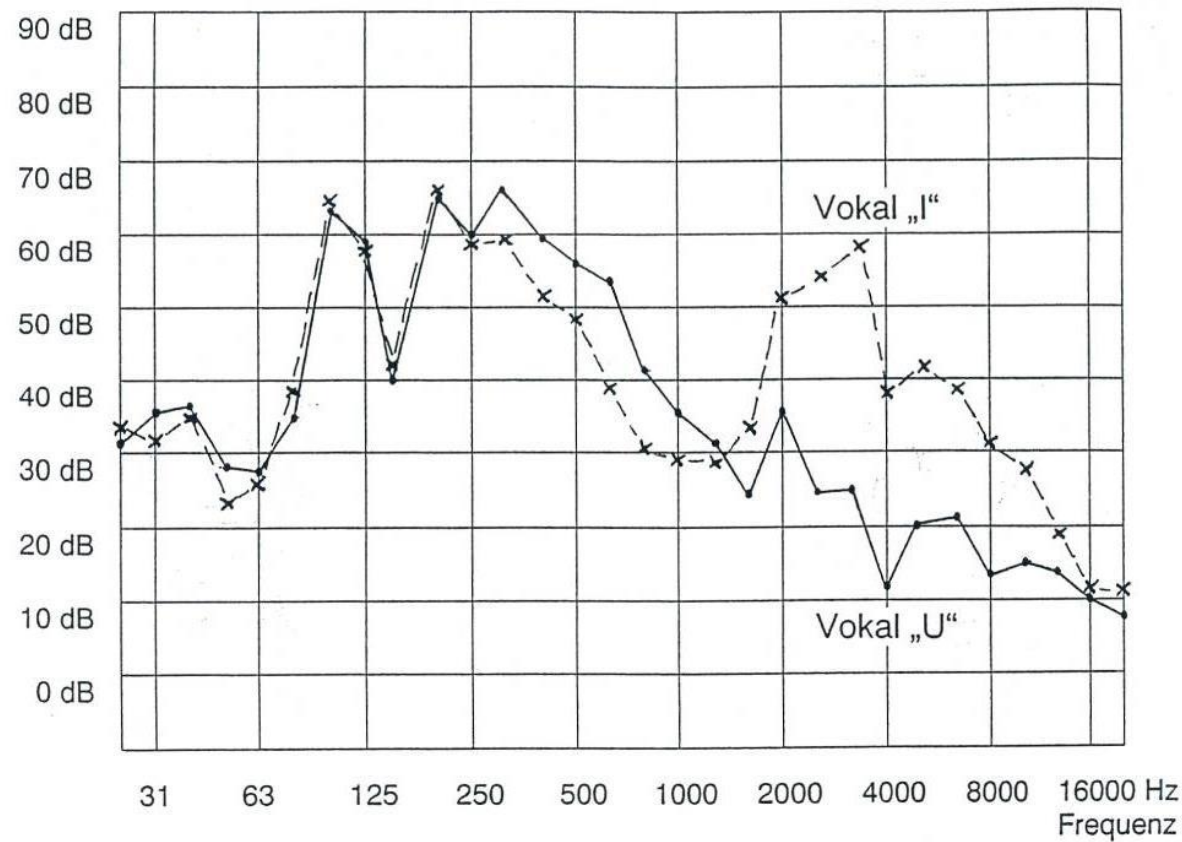


© Zwicker-Feldtkeller:
Das Ohr als Nachrichten-
Empfänger, Hirzel, 1967

Was können Guthörende?

Formanterkennung:

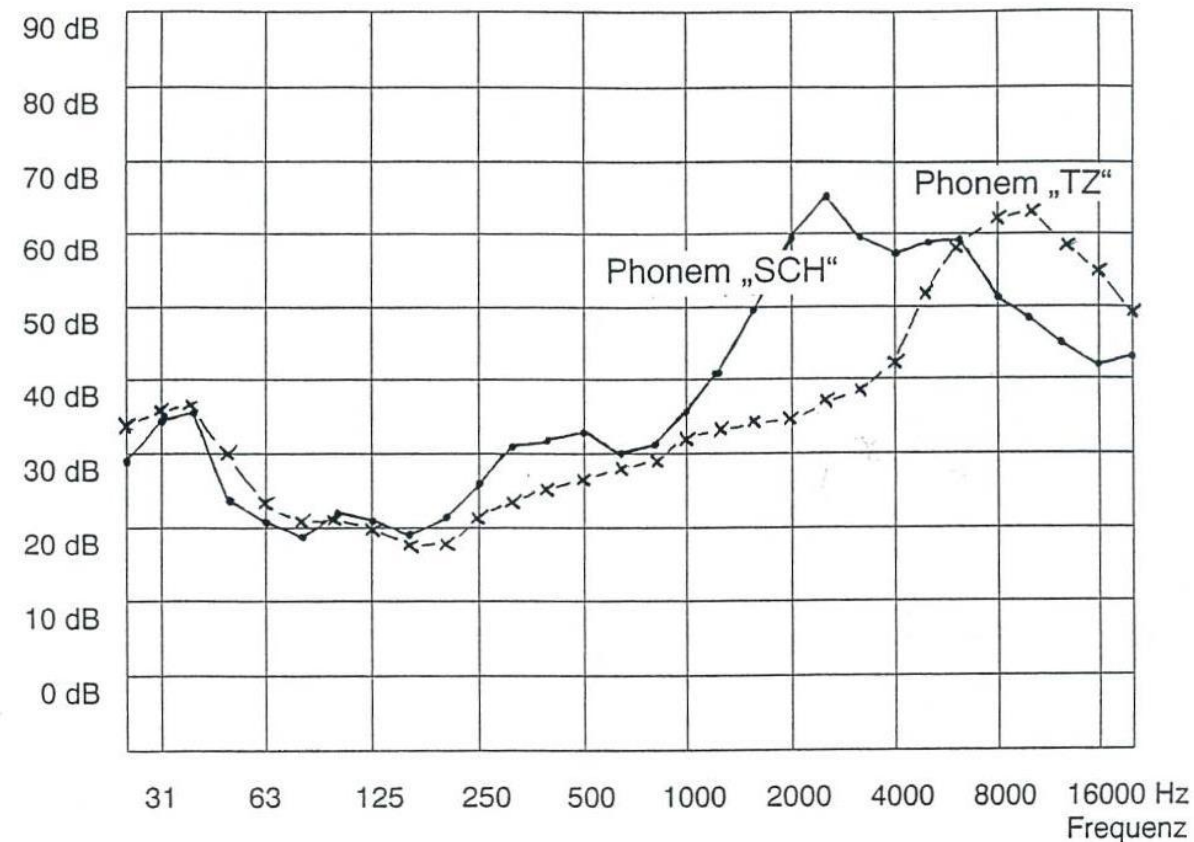
Die Vokale I und U unterscheiden sich im tieffrequenten Bereich kaum, sondern vorrangig oberhalb von 2000 Hz.



Was können Guthörende?

Formanterkennung:

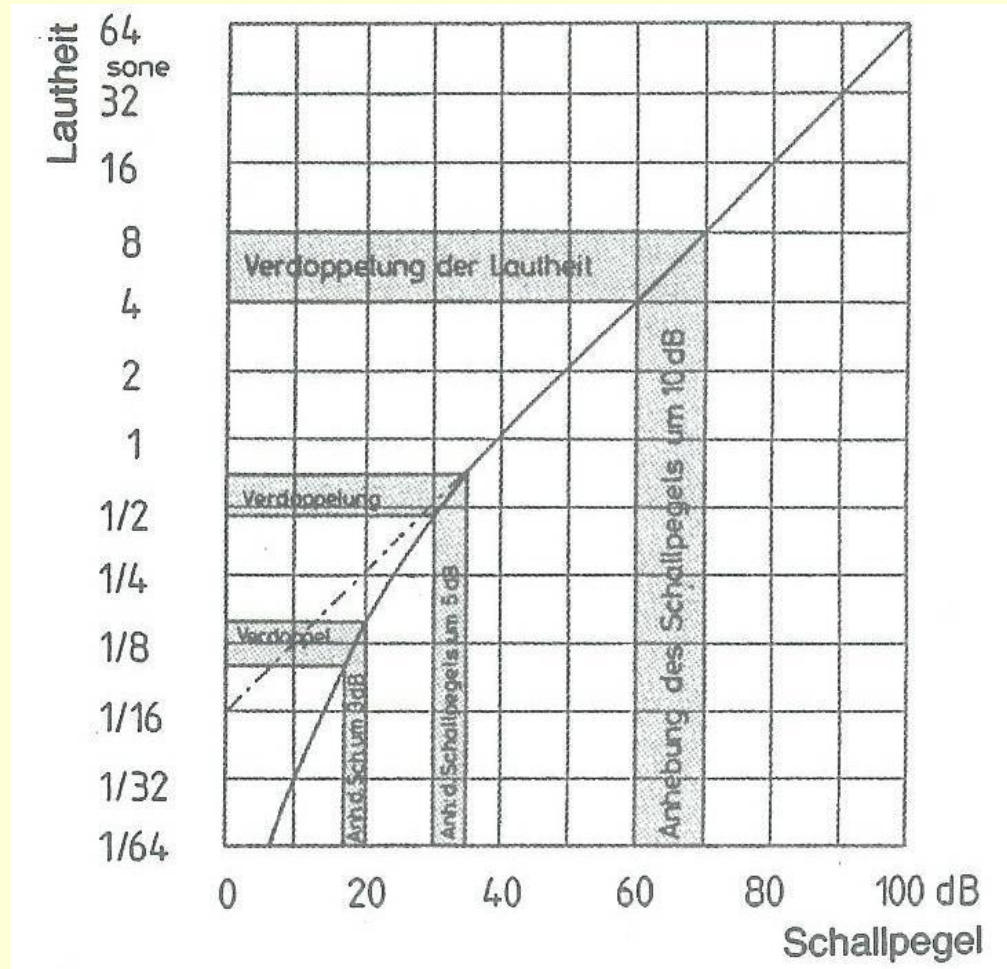
Die Konsonanten SCH und TZ unterscheiden sich im tieffrequenten Bereich kaum, sondern vorrangig oberhalb von 2000 Hz. TZ reicht bis 10.000 Hz.





Was können Guthörende?

Zusammenhang
zwischen
Schallpegel und
empfundener
Lautstärke
(Lautheit)





Was können Guthörende?

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 können Guthörende?

Es besteht ein etymologischer Sprachzusammenhang
zwischen einerseits
LÄRM
und andererseits

ALARM !!!



Was können Guthörende?

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

Noch heute wird Adrenalin ausgeschüttet und
kampfbereit gemacht.

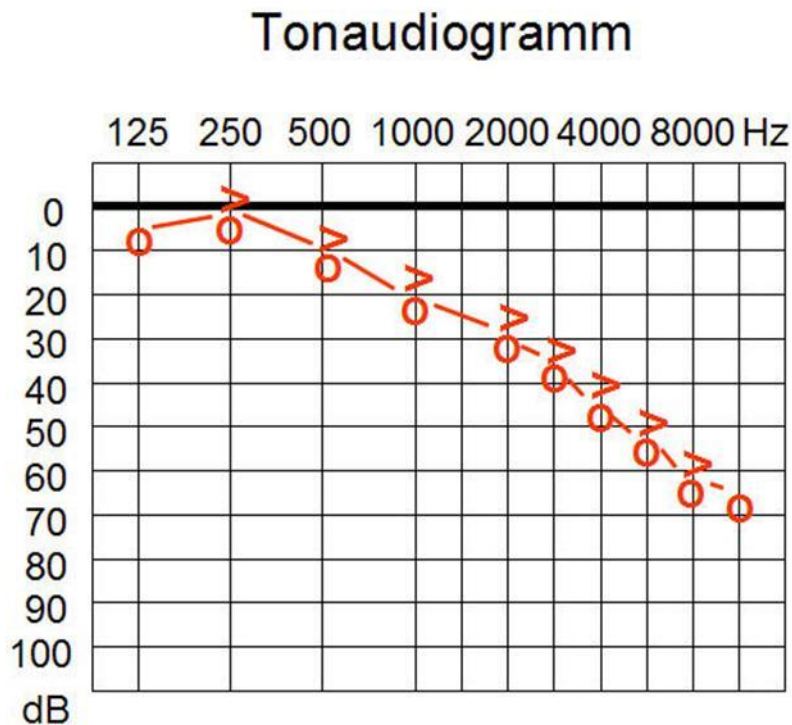
Marschmusik mit schwerem Blech und Schlagwerk
haben ähnliche Wirkung.

Leben und Arbeiten unter Lärm
bedeutet Leben und Arbeiten unter Stress
mit erhöhtem Infarktisiko.

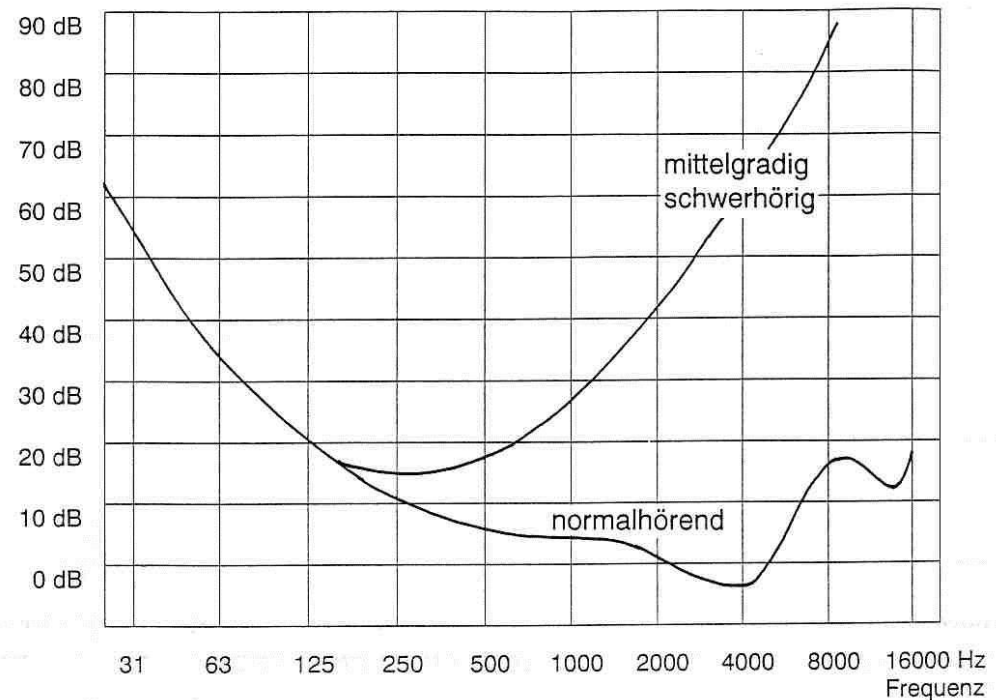


Was können Schwerhörende anders?

typische Schallempfindungs-Schwerhörigkeit:



Tonaudiogramm



Lautstärkekurven



Was muss man deshalb tun?

Die hochfrequenten Anteile der Zisch- und Explosivlaute übertragen deren Inhalt.

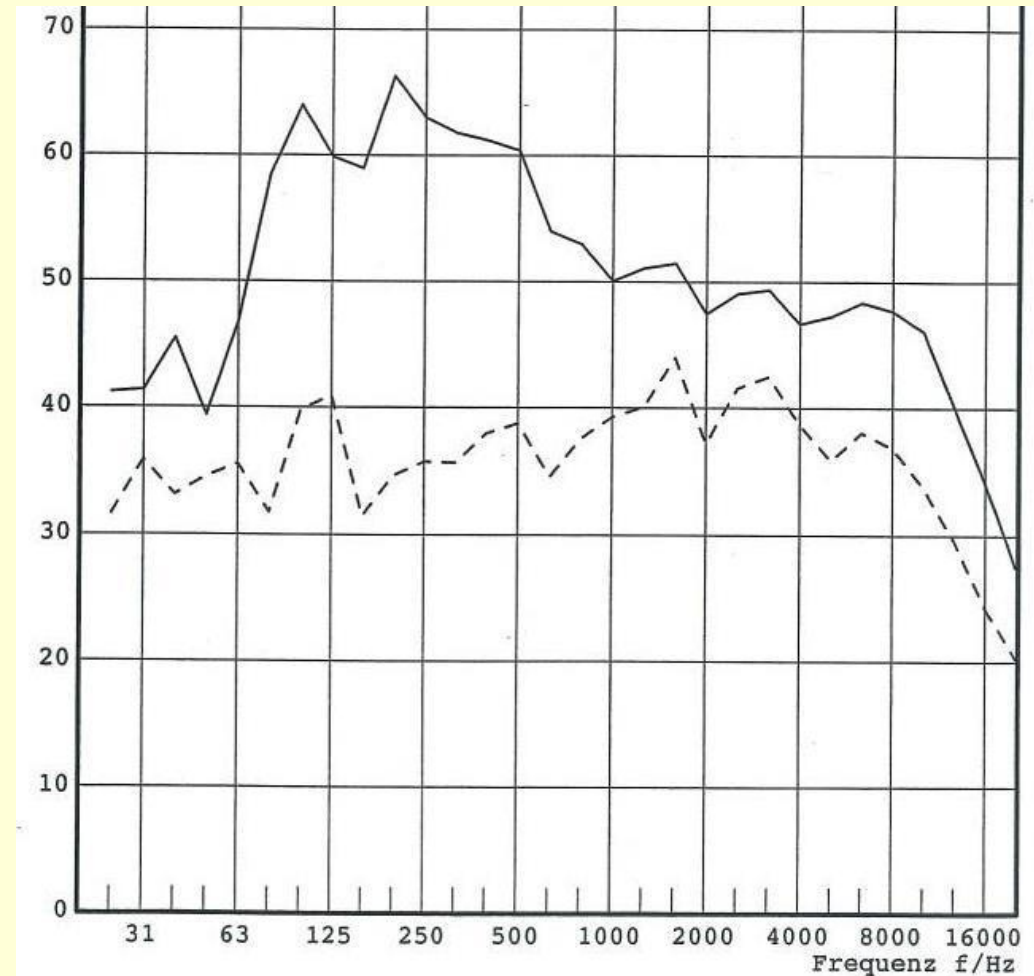
Diese hochfrequenten Sprach-Anteile müssen in den Hörgeräten besonders kräftig verstärkt werden.

Sehr viele Störgeräusche sind ebenfalls stark hochfrequent und werden (bei den einfachen Kassengeräten) mit verstärkt.

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

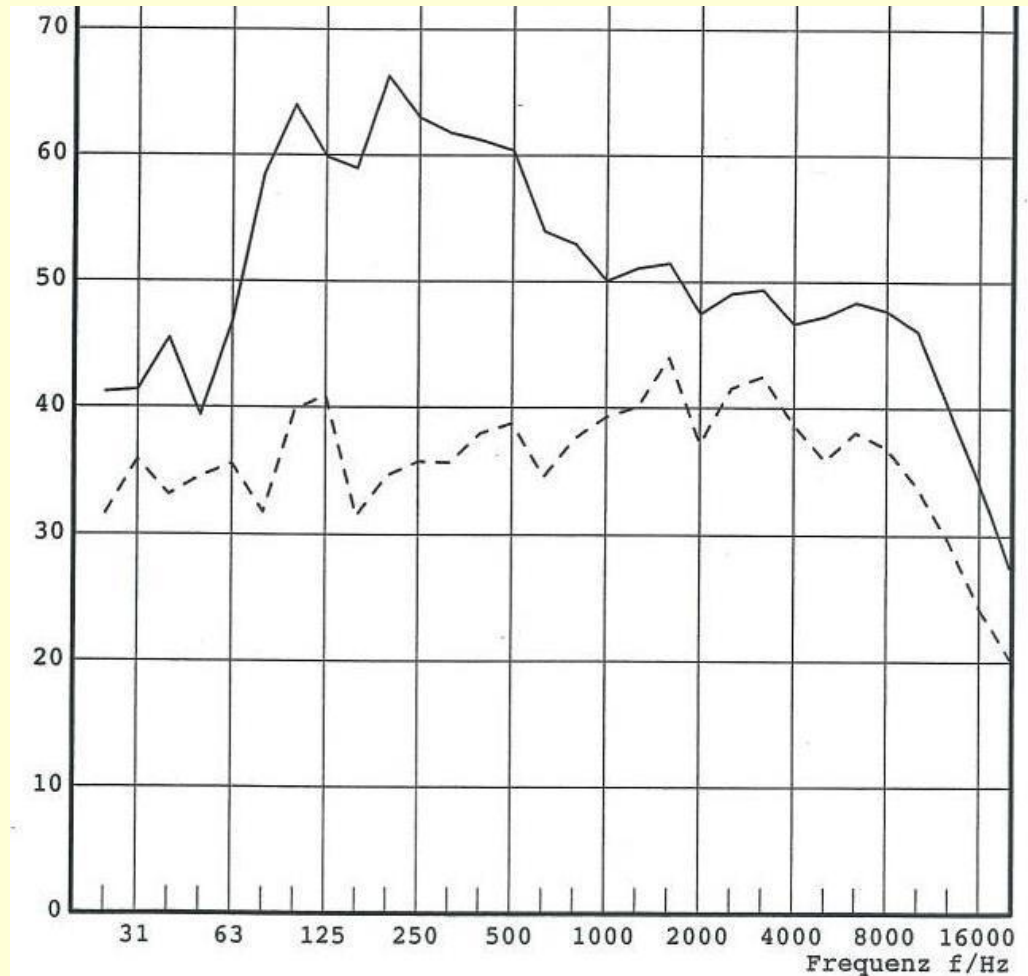
Was können Guthörende?

Beim Flüstern
werden die
hochfrequenten
Sprachanteile
gut übertragen
(wenn das
Störgeräusch
leise genug ist).



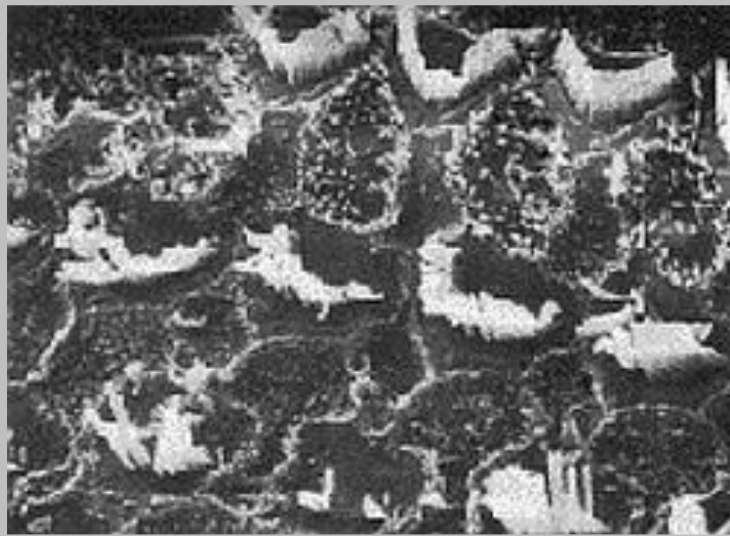
Was können Schwer- hörende anders?

Beim Flüstern
werden die
hochfrequenten
Sprachanteile
zwar übertragen,
aber ein
Hörgeschädigter
nimmt sie nicht wahr!



Was können Schwerhörende anders?

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



AGC (drei Reihen)
adaptives
e Schallwan-
r Cochlea,
rgleichbar.

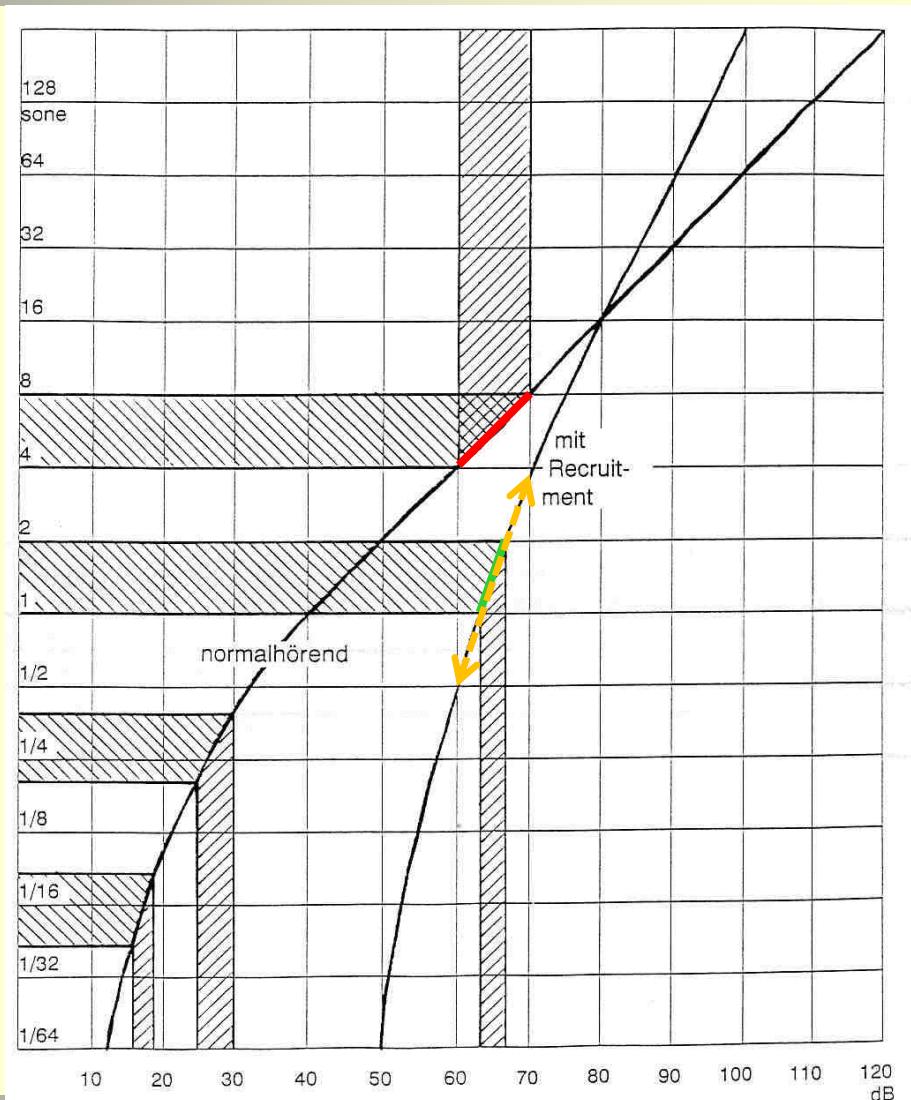


Bei Ausfall der AGC fehlt diese adaptive Regelung.

Was können Schwer- hörende anders?

Zusammenhang
zwischen Schallpegel und
empfundener Lautheit

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





Was muss man deshalb tun?

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

Die akustischen Informationen sind in einem **Dynamikbereich** von **etwa 30 dB** anzubieten.

Daraus resultiert die bauliche/elektroakustische Aufgabe, nur die wichtigen Informationen zu verstärken, aber die Störgeräusche und den Nachhall so gut wie möglich zu dämpfen:

Signal-to-Noise-Ratio $SNR > 15 \text{ dB}$



Was können Schwerhörende anders?

Zusammenfassung der Anforderungen:

1. Störgeräusche nicht entstehen lassen/vermeiden, wenig Diffusschall.
2. Raumakustische Dämpfung, wenig Nachhall, insbesondere bei mittleren und hohen Tönen.
3. Für gute Sprachbeschallung insbesondere die mittleren und hohen Töne der Zisch- und Explosivlaute verstärkt abstrahlen.
4. Möglichst gleichmäßigen Sprachschallpegel anbieten, nur ca. 30 dB Dynamik.

Was können Schwerhörende anders?

- Schwerhörende hören schlecht, nicht nur leiser sondern anders,
- sie haben damit ein Informations- und Kommunikationsproblem.
- die Reihenfolge:
hören, absehen, kombinieren, verstehen, speichern dauert etwa 2 bis 3-mal länger als bei Guthörenden.
- die Wortfolge:
taub, tumb, stumm, dumm, doof **IST FALSCH !**
- Schwerhörigkeit behindert,
aber: **NUR BEIM HÖREN, NICHT BEIM DENKEN !**





Anteile der Hörgeschädigten in Deutschland

Gehörlose		ca.	80.000
Schwerhörige	17%	ca.	13.700.000
davon mit Hörgeräten		ca.	2.500.000
mit Innenohr-Implantaten		ca.	23.000
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%	->	jeder zweite



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!



UN-Konvention

über die Rechte von Menschen mit
Behinderungen

Für die BRD

in Kraft getreten am 26.03.2009

Art. 24: Bildung

(1) Die Vertragsstaaten anerkennen das Recht von Menschen mit Behinderungen auf Bildung. Um dieses Recht ohne Diskriminierung und auf der Grundlage der Chancengleichheit zu verwirklichen, gewährleisten die Vertragsstaaten ein integratives Bildungssystem auf allen Ebenen und lebenslanges Lernen mit dem Ziel,...



Grundgesetz für die
Bundesrepublik Deutschland
in Kraft getreten am 23.05.1949,
geändert am 11.07.2012, Art. 3 (3):

Niemand darf wegen seines Geschlechtes, seiner Abstammung, seiner Rasse, seiner Sprache, seiner Heimat und Herkunft, seines Glaubens, seiner religiösen oder politischen Anschauungen benachteiligt oder bevorzugt werden. **Niemand darf wegen seiner Behinderung benachteiligt werden.**



Gesetz zur Gleichstellung
behinderter Menschen
(Behindertengleichstellungsgesetz –
BGG) vom 27.04.2002,
in Kraft getreten am 01.05.2002,
geändert am 19.12.2007.



Gesetz zur Gleichstellung von
Menschen mit Behinderung in
Schleswig-Holstein
(Landesbehindertengleich-
stellungsgesetz - LBGG)
vom 16. Dezember 2002



Behindertengleichstellungsgesetz BGG §4:

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

- in der allgemein üblichen Weise,
- ohne besondere Erschwernis
- und grundsätzlich ohne fremde Hilfe

zugänglich und **nutzbar** sind.



Landesbauordnung SH (LBO) Art. 52

Barrierefreies Bauen

(2) Bauliche Anlagen, die öffentlich zugänglich sind, müssen ... von Menschen mit Behinderungen, ... barrierefrei erreicht und ohne fremde Hilfe zweckentsprechend genutzt werden können. Diese Anforderungen gelten insbesondere für:

1. Einrichtungen der Kultur und des Bildungswesens,,
2. Sport- und Freizeitstätten,
3. Einrichtungen des Gesundheitswesens,
4. Büro-, Verwaltungs- und Gerichtsgebäude,
5. Verkaufs- und Gaststätten



Welche Hinweise geben Normen / Regelwerke?

Eine Norm ist kein „Baugesetz“, auch dann nicht, wenn sie bauaufsichtlich eingeführt ist.

Eine Norm beschreibt nur das richtige Verhalten im Regelfall.

Eine Norm **kann** auch eine „allgemein anerkannte Regel der Technik“ sein.



DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen

Grundsätzlich sind von Beginn der Planung an die Probleme von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen zu berücksichtigen. Dabei sollte bedacht werden, dass nicht nur die typischen „Veranstaltungsräume“ der Kommunikation dienen, sondern dass Kommunikation überall dort stattfindet, wo Menschen sich begegnen.

An der Sprachkommunikation müssen auch Personen mit eingeschränktem Hörvermögen teilnehmen. Dafür müssen höhere bau- und raumakustische Anforderungen gestellt werden (als bisher üblich).

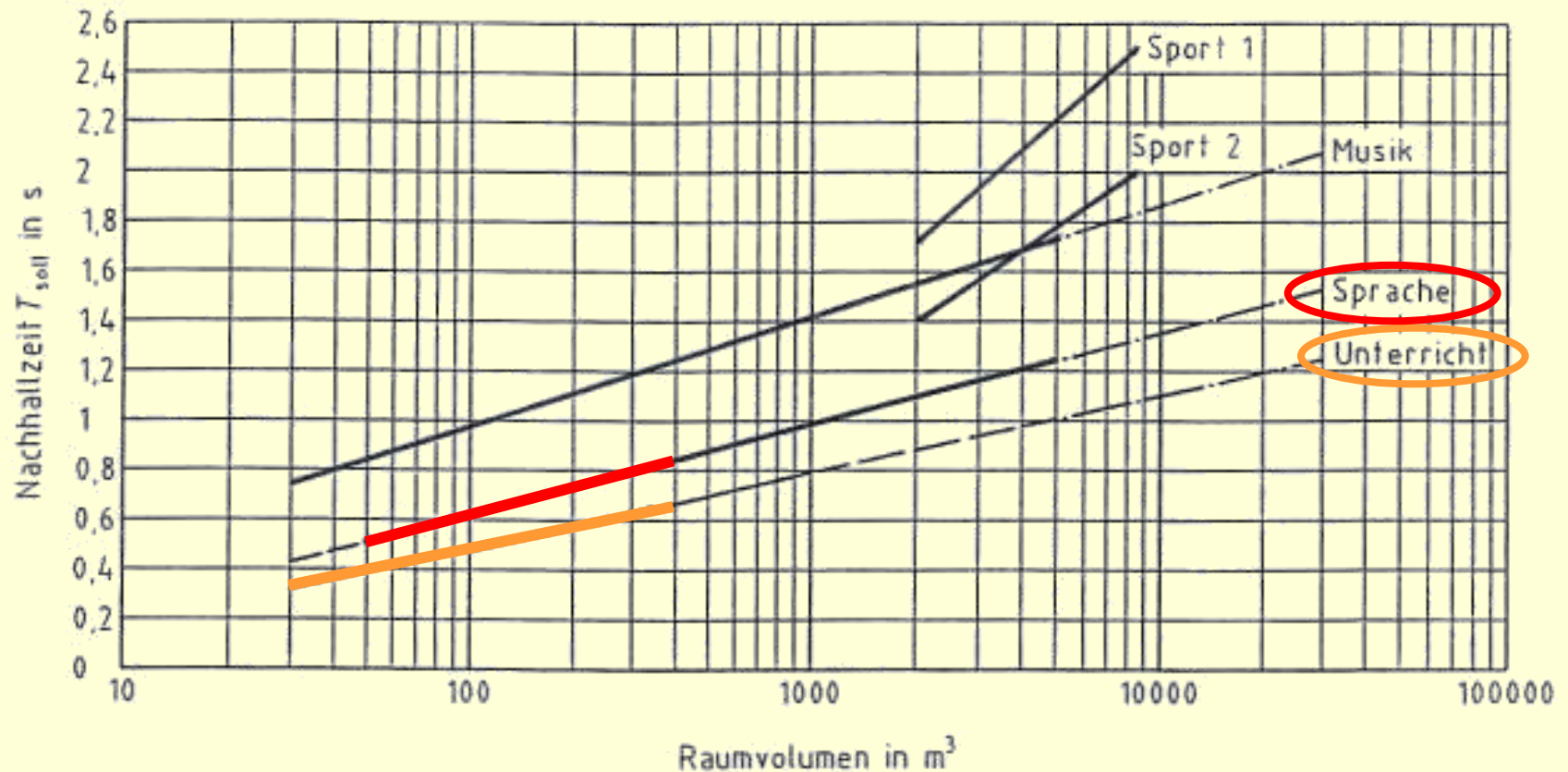


DIN 18041 Hörsamkeit in Räumen

Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation umso günstiger empfunden, je kürzer die Nachhallzeit ist. Nach heutigem Kenntnisstand im Bereich des barrierefreien Planens und Bauens sollte für Personen mit eingeschränktem Hörvermögen die anzustrebende Nachhallzeit, vorrangig für Räume mit einem Volumen bis zu 250 m³ und der Nutzung **Sprache/Unterricht**, in den Oktavbändern 250 Hz bis 2000 Hz bis 20 % unter den in Bild 1 angegebenen Kurven liegen.

DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

4.3.2 Sollwerte der Nachhallzeit / Nutzungsart





DIN 18041:2004-05 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 sprechen, und bei der Kommunikation mit Personen, die auf andere Weise ein Bedürfnis nach erhöhter Sprachverständlichkeit haben, z. B. Personen mit Sprach- oder Sprachverarbeitungsstörungen, Konzentrations- bzw. Aufmerksamkeitsstörungen, Leistungsschwäche.



DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen
... enthält zusätzlich auch Angaben zur Beschallung.

Wichtigste Erkenntnis ist daraus:
Raumakustik und Beschallung wirken gemeinsam

**Eine schlechte Raumakustik
kann man nicht gut beschallen.**

**Eine gute Sprachbeschallung muss
insbesondere die mittleren und hohen Töne
der Zisch- und Explosivlaute
verstärkt abstrahlen.**



DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen

Mitarbeit im Normen-Ausschuss von 1998 bis 2010

Die Norm berücksichtigt insbesondere die Bedürfnisse von Menschen mit Sehbehinderung, Blindheit, **Hörbehinderung (Gehörlose, Ertaubte, Schwerhörige)** oder motorischen Einschränkungen sowie von Personen, die Mobilitätshilfen und Rollstühle benutzen.

Dieser Teil der Norm **ersetzt** DIN 18024-2.



DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen

Die Norm gilt für Neubauten. Sie sollte sinn-
gemäß für die Planung von Umbauten und
Modernisierungen angewendet werden.

In den Ländern, in denen die Norm derzeit noch nicht
als „Technische Baubestimmung“ eingeführt ist, ist sie
öffentlich-rechtlich noch nicht gültig. Man erhält die
Baugenehmigung auch trotz Nichtbeachtung.

Zivilrechtlich begeht man aber bei Nichtbeachtung
einen Planungsfehler, weil diese Norm die derzeit
geltende „allgemein anerkannte Regel der Technik“
darstellt. Folge: Haftungsrisiko und Gewährleistung.



DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen

4.4.3 Auditiv

Akustische Informationen müssen auch für Menschen mit eingeschränktem Hörvermögen hörbar und verstehbar sein. Die wichtigsten Einflussfaktoren auf das Hören/Verstehen sind:

- das Verhältnis zwischen Nutzsignal S (Signal) und Störgeräusch N (Noise).
- die Nachhallzeit und
- die Lenkung der Schallenergie zum Hörer.

Für die raumakustische Planung siehe **DIN 18041.**



Baurecht nach BGB § 633 und VOB/B, § 13

Danach übernehmen der Planer (BGB, § 633) und der Auftragnehmer (VOB-B, § 13) die Gewähr dafür, dass das Werk zum Zeitpunkt der Abnahme

- (1.) die vertraglich zugesicherten Eigenschaften hat,
- (2.) den anerkannten Regeln der Technik entspricht,
- (3.) nicht mit Fehlern oder Mängeln behaftet ist, die den Wert oder die Tauglichkeit zu dem gewöhnlichen oder nach dem Vertrag vorausgesetzten Gebrauch aufheben oder mindern. (**Gewährleistung**)

Wer **nicht sachgerecht plant**, begeht eine **positive Vertragsverletzung** und **haftet dafür!**



DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen

DIN 18041 :2004-05 Hörsamkeit in kleinen
bis mittelgroßen Räumen

Öffentlich-rechtlich (Baugenehmigung) müssen
Normen, die nicht bauaufsichtlich eingeführt sind,
nicht beachtet werden.

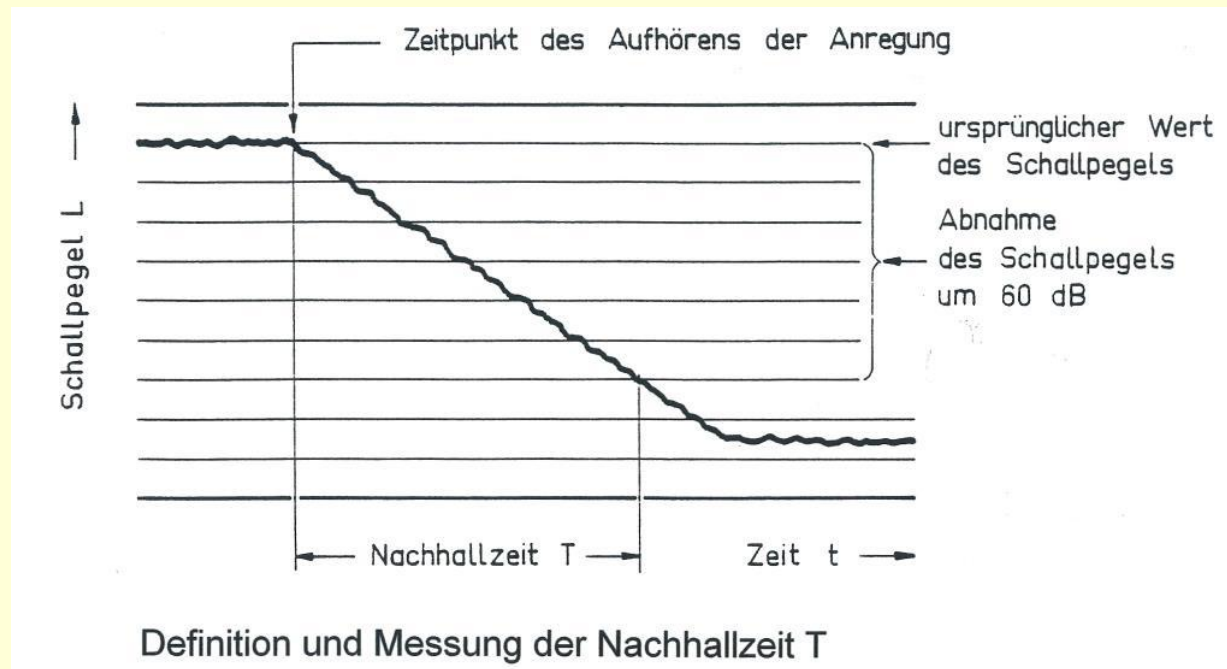
Zivilrechtlich kann es aber durchaus sinnvoll sein
(Mängelfreiheit).

**Zivilrechtlich ist es jedenfalls
nicht verboten,
etwas richtiges und sinnvolles zu planen!**

DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

Definition der Nachhallzeit:

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





DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

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

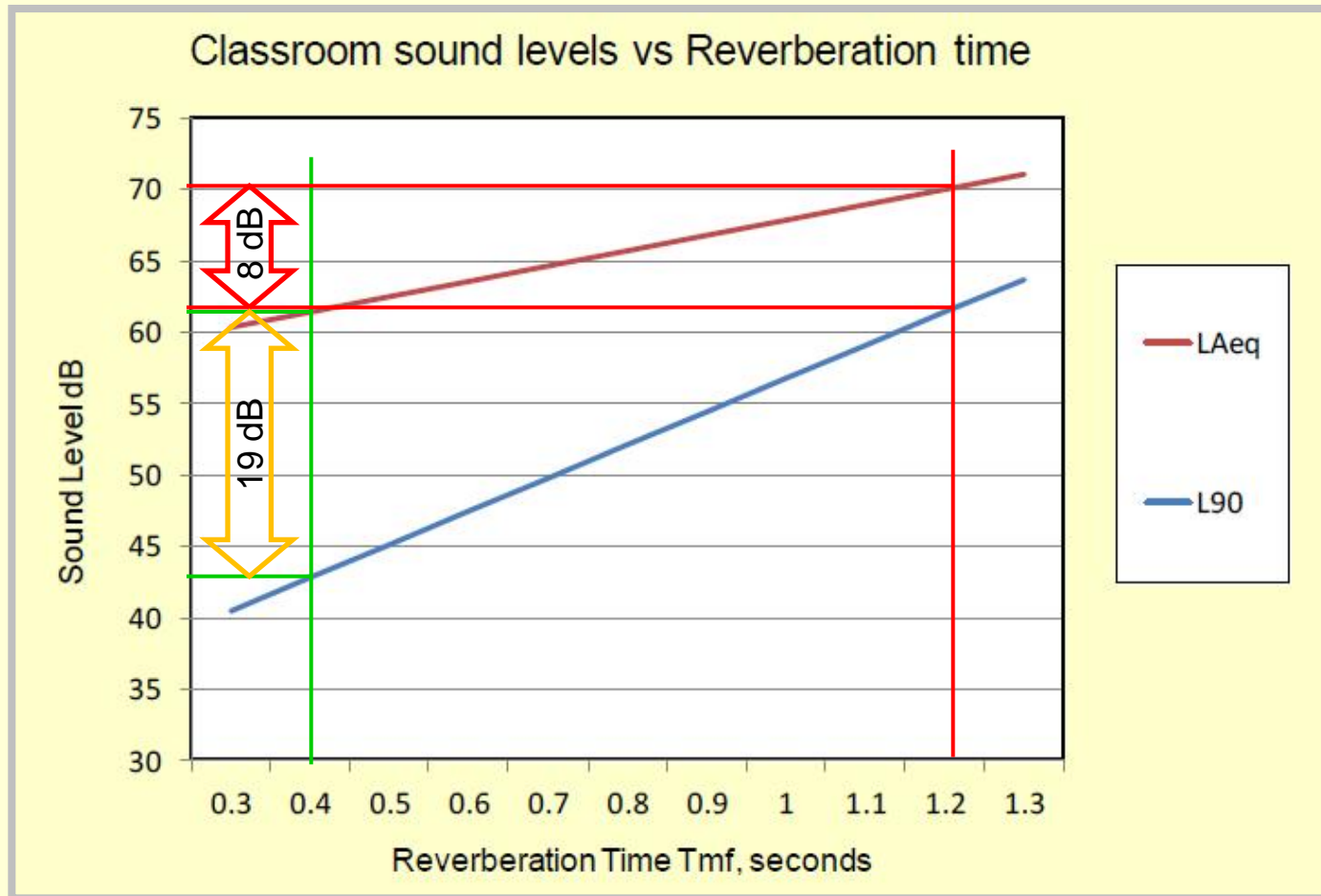
Je länger die Nachhallzeit ist, desto länger bleibt die Energie im Raum erhalten, desto „lauter“ ist der Raum.

Pegelminderung bedeutet also immer, dem Schallfeld die Schallenergie durch Umwandlung in Wärmeenergie zu entziehen (Energie-Erhaltungssatz).

Beim Abbremsen eines Autos wird die Scheibenbremse heiß.



Neue Erkenntnisse aus der Essex-Studie



Welche typischen Fehler treten auf?

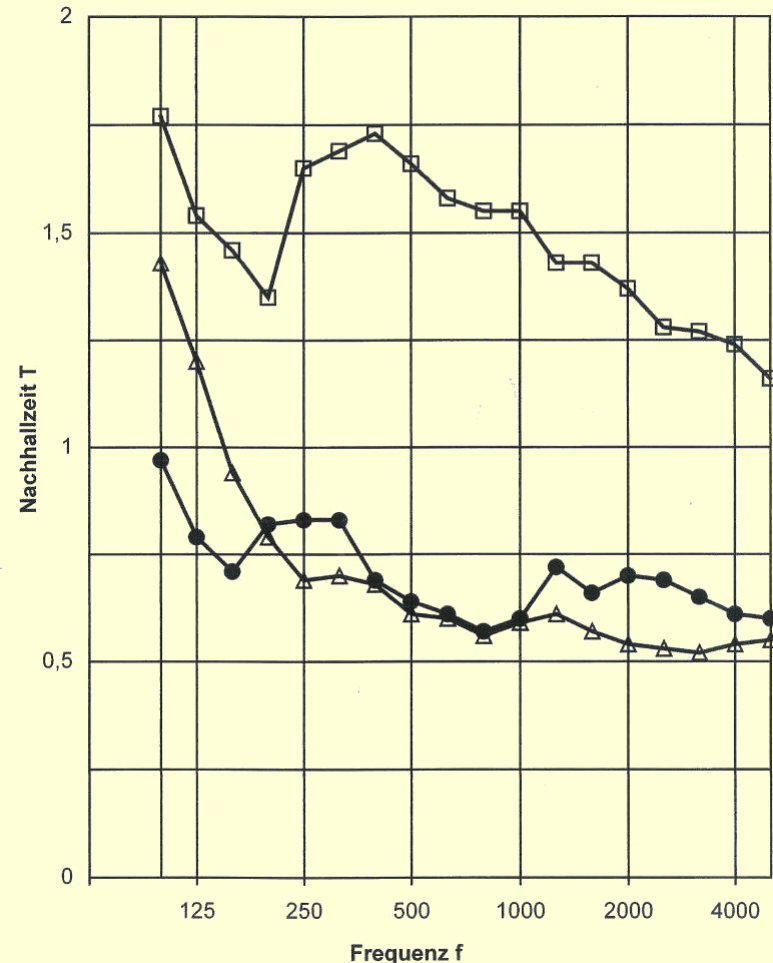
Klassenraum:

bei Renovierung
auch die Decke
angestrichen

oben: $T_m = 1,48$ s
beanstandeter Raum

Mitte: $T_m = 0,70$ s
nachgebesserter Raum

unten: $T_m = 0,70$ s
Vergleichsraum



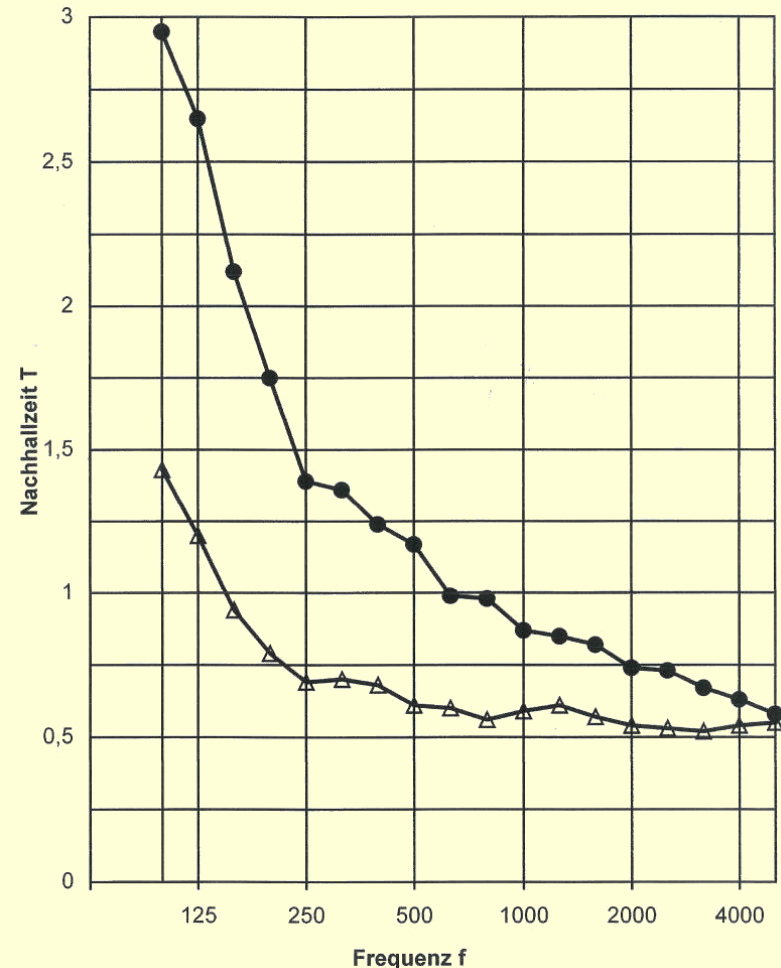


Welche Effekte treten auf?

Klassenraum:

viel zu wenig
Schallabsorption
bei den tiefen Tönen
„Bunker-Klang“

- massive Wände
- kleine Fenster
- wenig Mobiliar

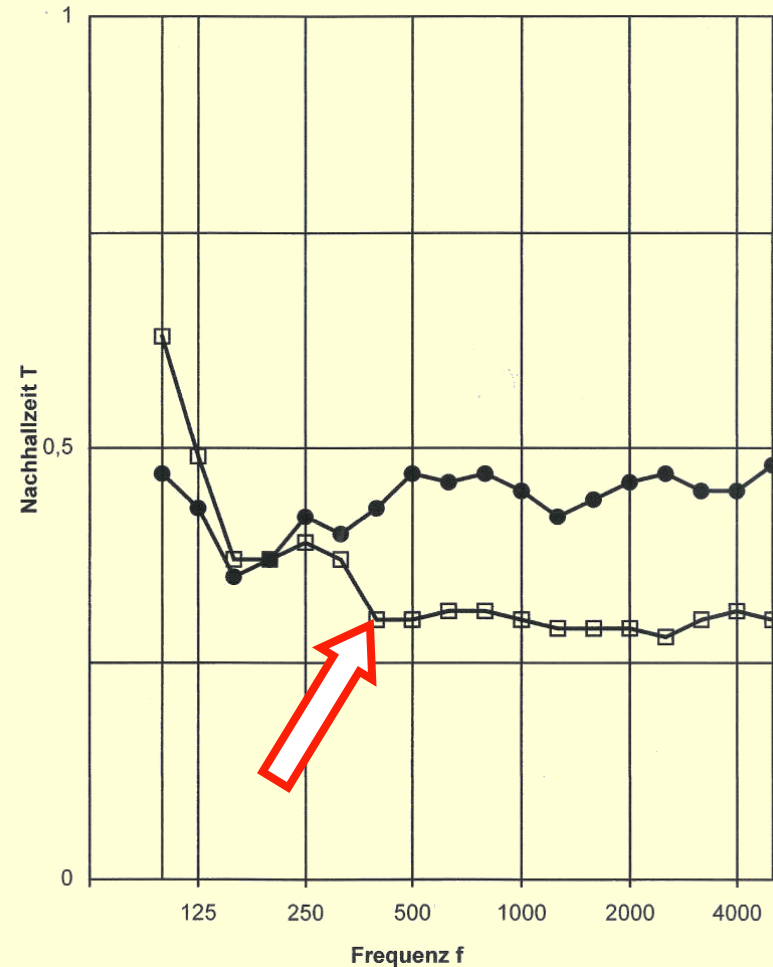


Welche Effekte treten auf?

Klassenraum:

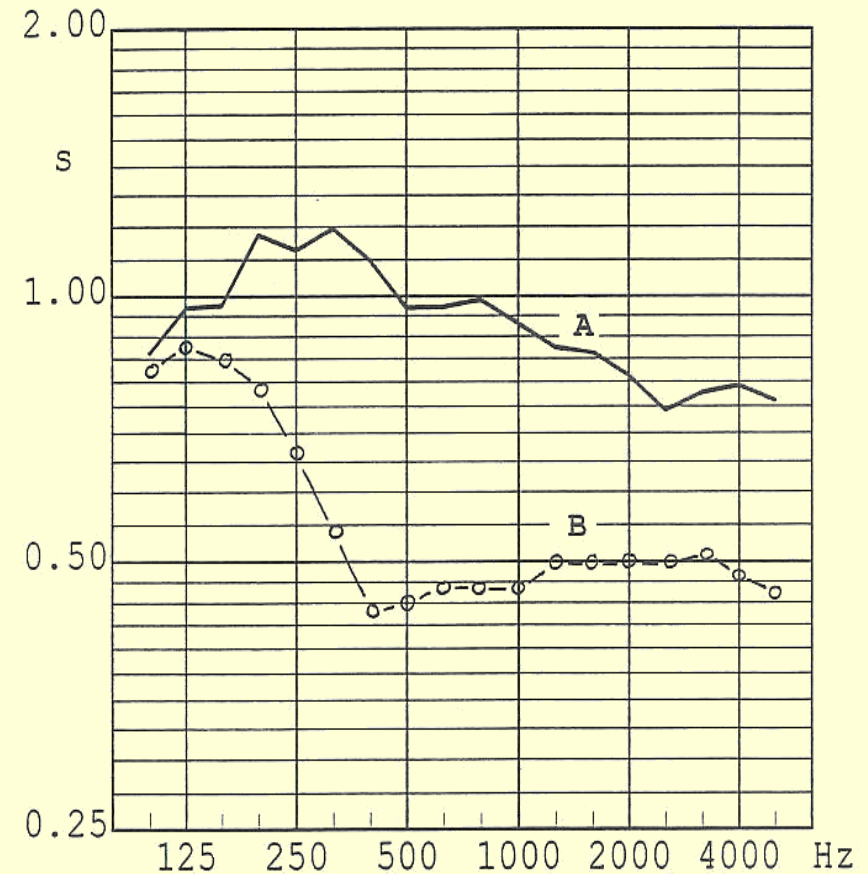
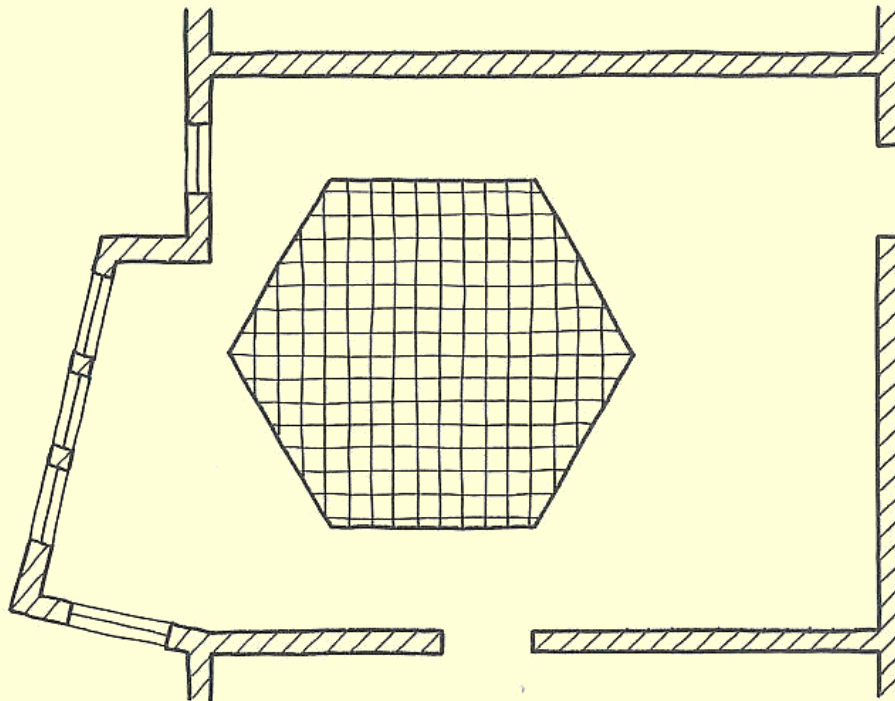
- ausgeglichener Nachhall, im Mittel etwas länger
- tiefenbetonter Nachhall, bei mittleren und hohen Tönen kürzer

Welcher Raum erhält die bessere subjektive Bewertung?



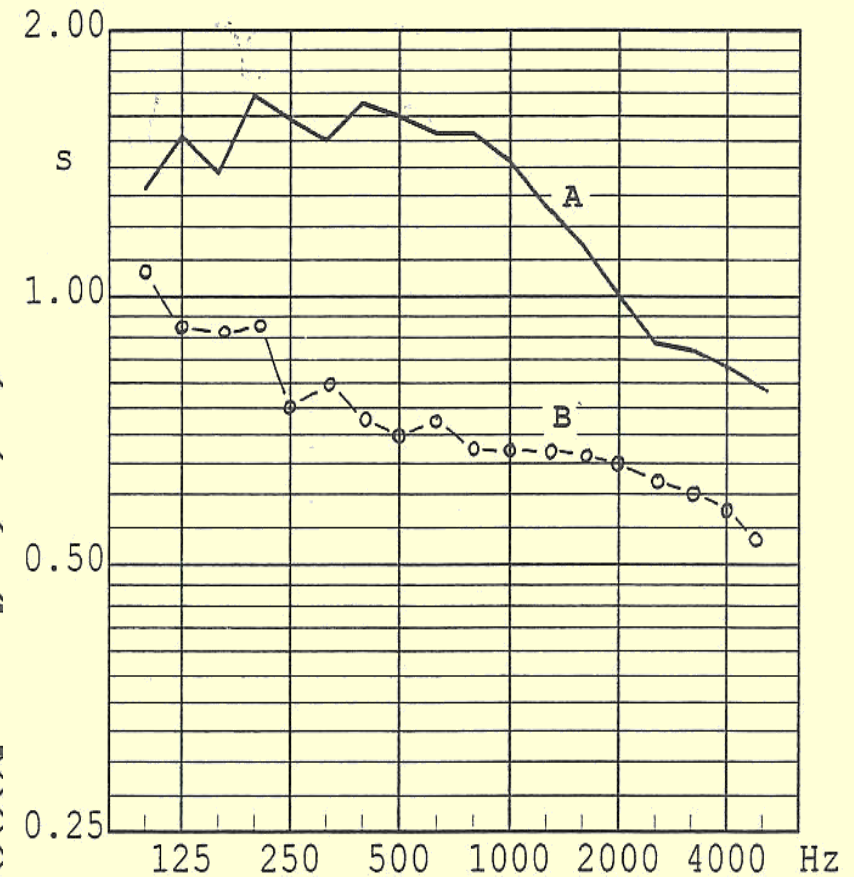
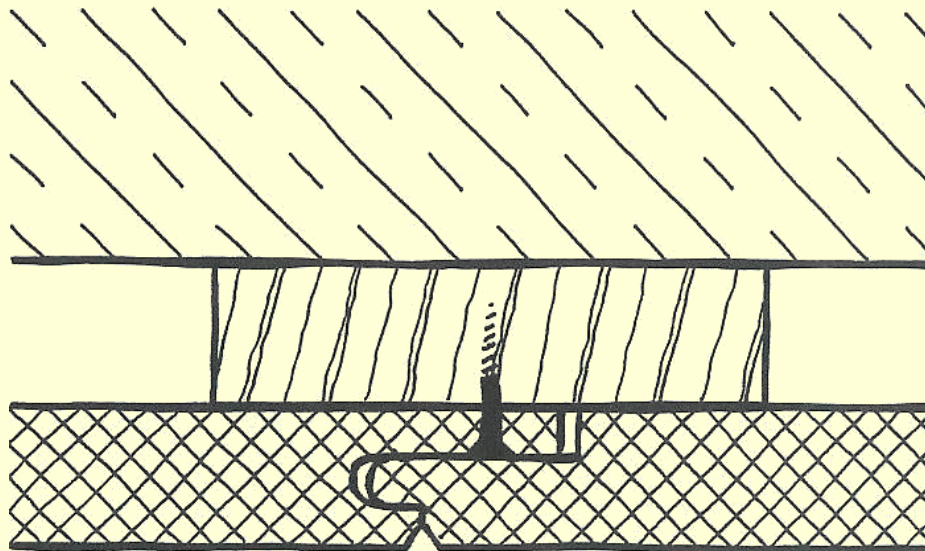
Welche typischen Fehler treten auf?

Kindertagesstätte
Gruppenraum



Welche typischen Fehler treten auf?

Kindertagesstätte
Halle (Speiseraum)



DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

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

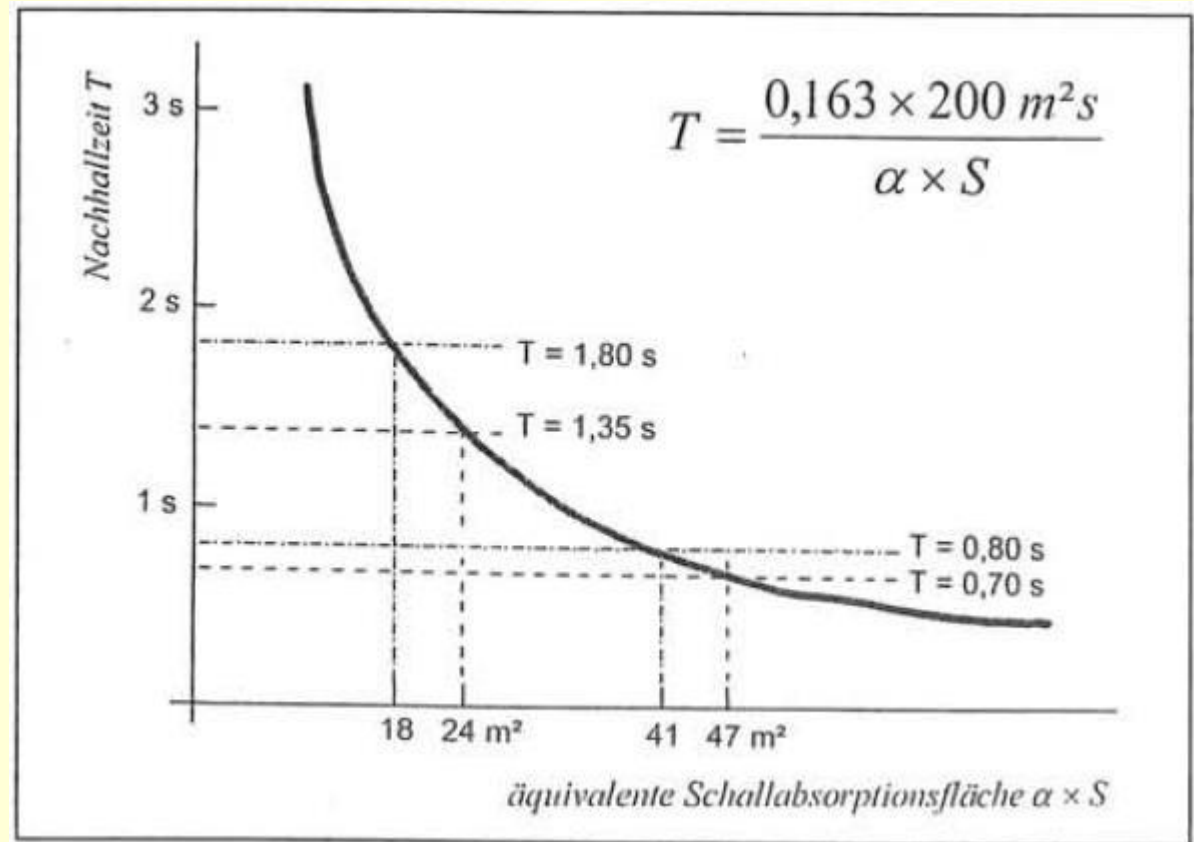
- T = Nachhallzeit
V = Raumvolumen
 α = Schallabsorptionsgrad
S = Auskleidungsfläche
 A_{diss} = Absorption in Luft (Dissipation)

DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

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

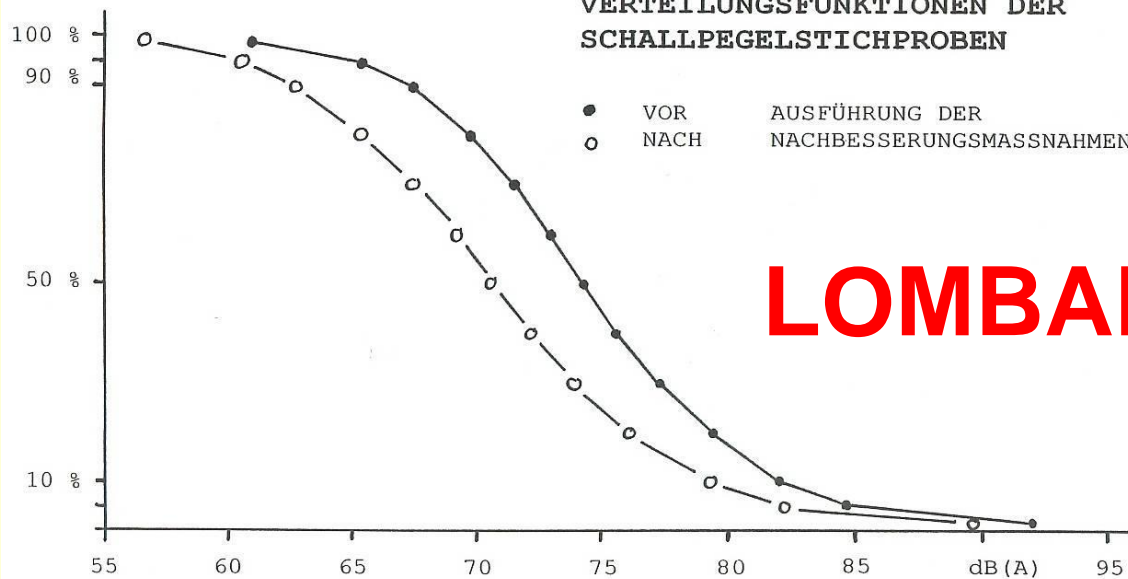
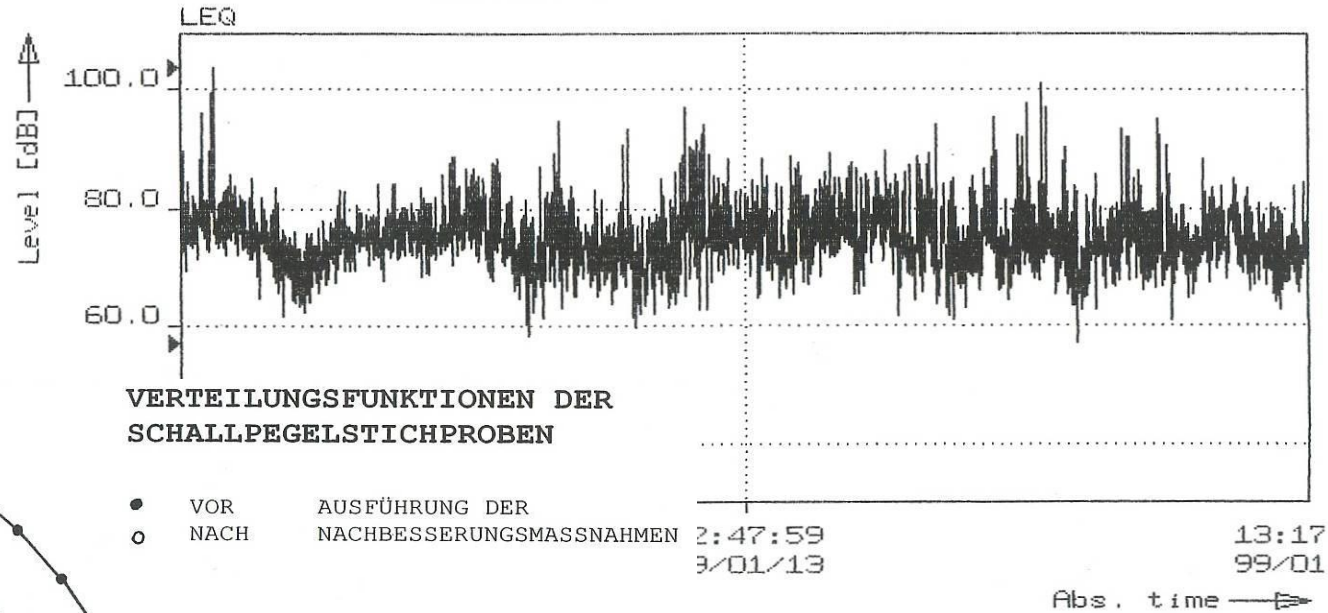
Der Graph
der Funktion
ist eine Hyperbel:





Welche Effekte treten auf?

Kinder-
tagesstätte
Halle
(Speiseraum)



LOMBARD-EFFEKT





Welche Effekte treten auf?

Hallradius:

Der Abstand von der Schallquelle, in dem der Direkt-schallanteil und der Diffusschallanteil gleich groß sind, heißt Hallradius r_H . Er wird um so größer, je größer die Schallabsorptionsfläche und je kleiner der Diffusschallanteil ist.

Pegelminderungen durch Schallabsorption sind nur im Hallfeld möglich, im Direktschallfeld (Freifeld) nur durch Abstandsvergrößerung:

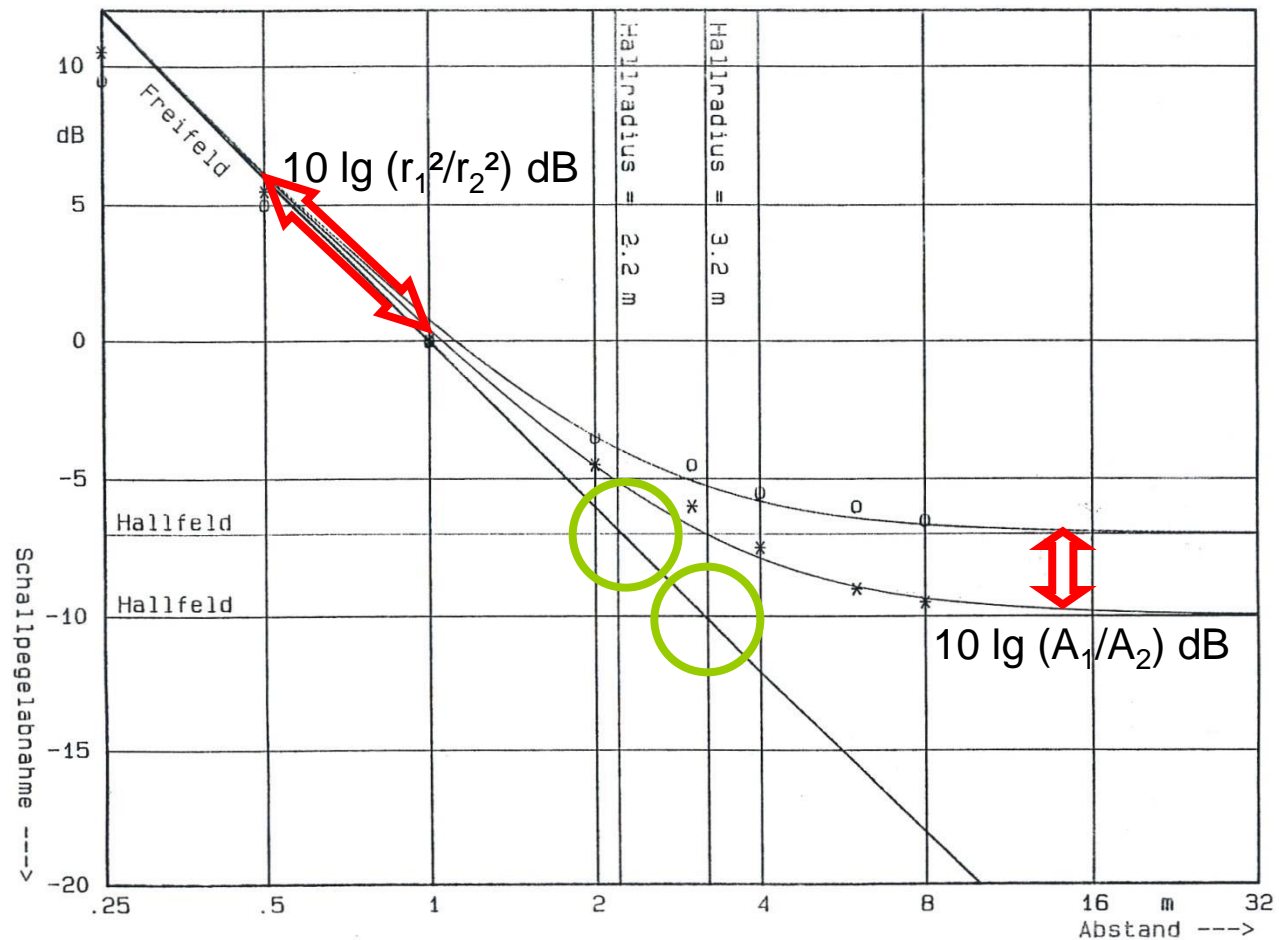
$$\Delta L = 10 \lg (A_1/A_2) \text{ dB} + 10 \lg (r_1^2/r_2^2) \text{ dB}$$

Hallfeld (Absorption) Freifeld (Abstand)



Welche Effekte treten auf?

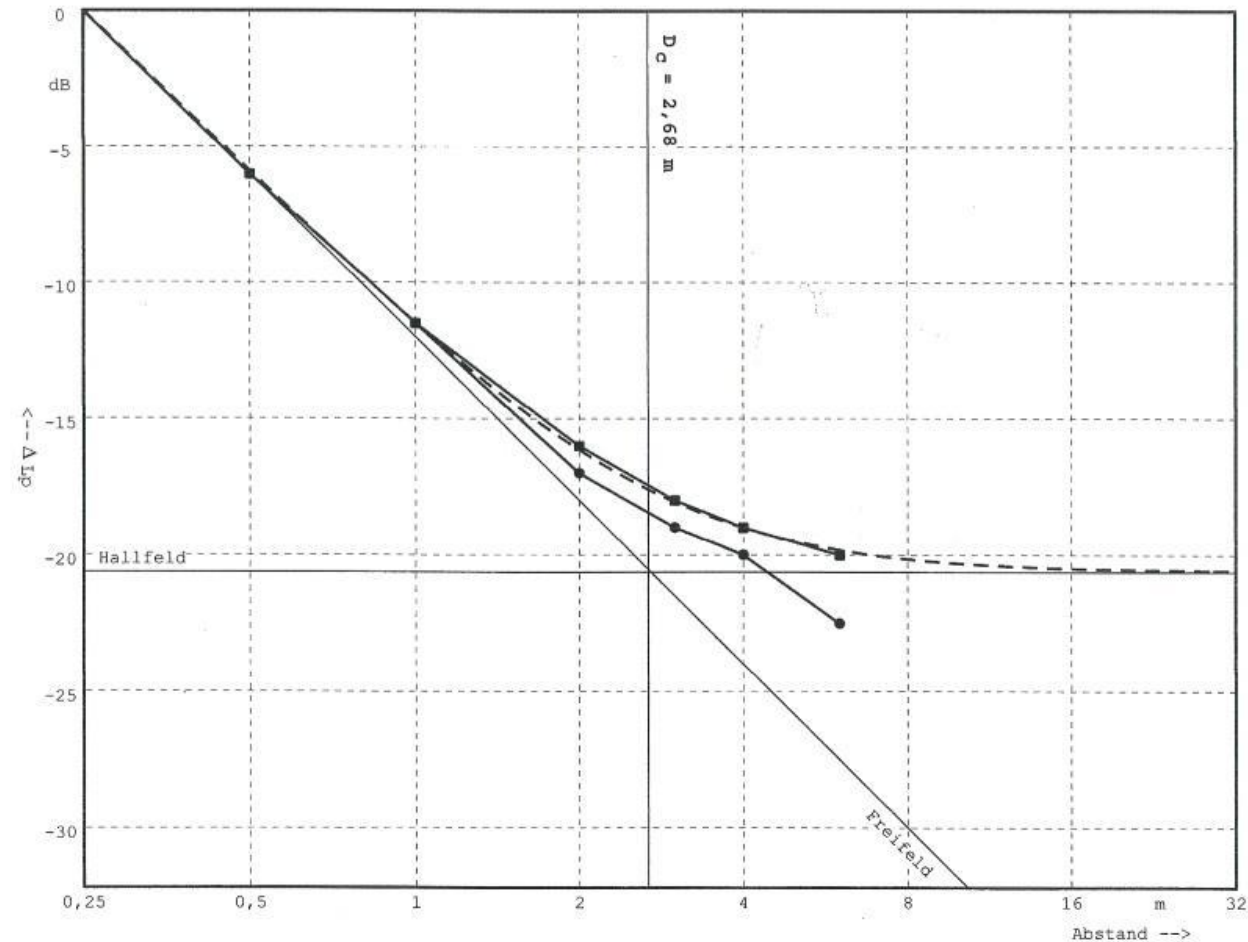
Wo wirkt
Schall-
absorption?
Freifeld und
Hallfeld in
renovierter
Klasse und in
Vergleichsraum
halber Nachhall:
- 3 dB



Welche Effekte treten auf?

Wo wirkt
Schallab-
sorption?

Klassenraum
ohne und mit
absorbierendem
Rückwandpaneel



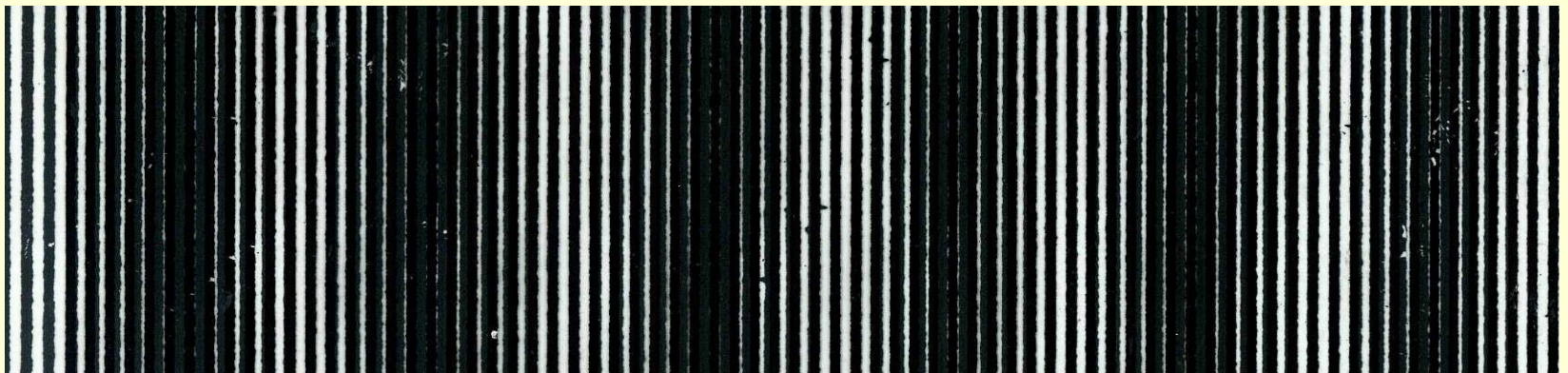


Was kann man zur Verbesserung tun?

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. Helmholtzresonator

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. Plattenresonator

Eine Platte vor einem geschlossenen Hohlraum ist auf eine Masse-Feder-Resonanz abgestimmt.

→ kleiner Frequenzbereich, vorrangig bei tiefen Tönen anwendbar



Was kann man zur Verbesserung tun?

Drei Absorbertypen

3. Strömungsabsorber

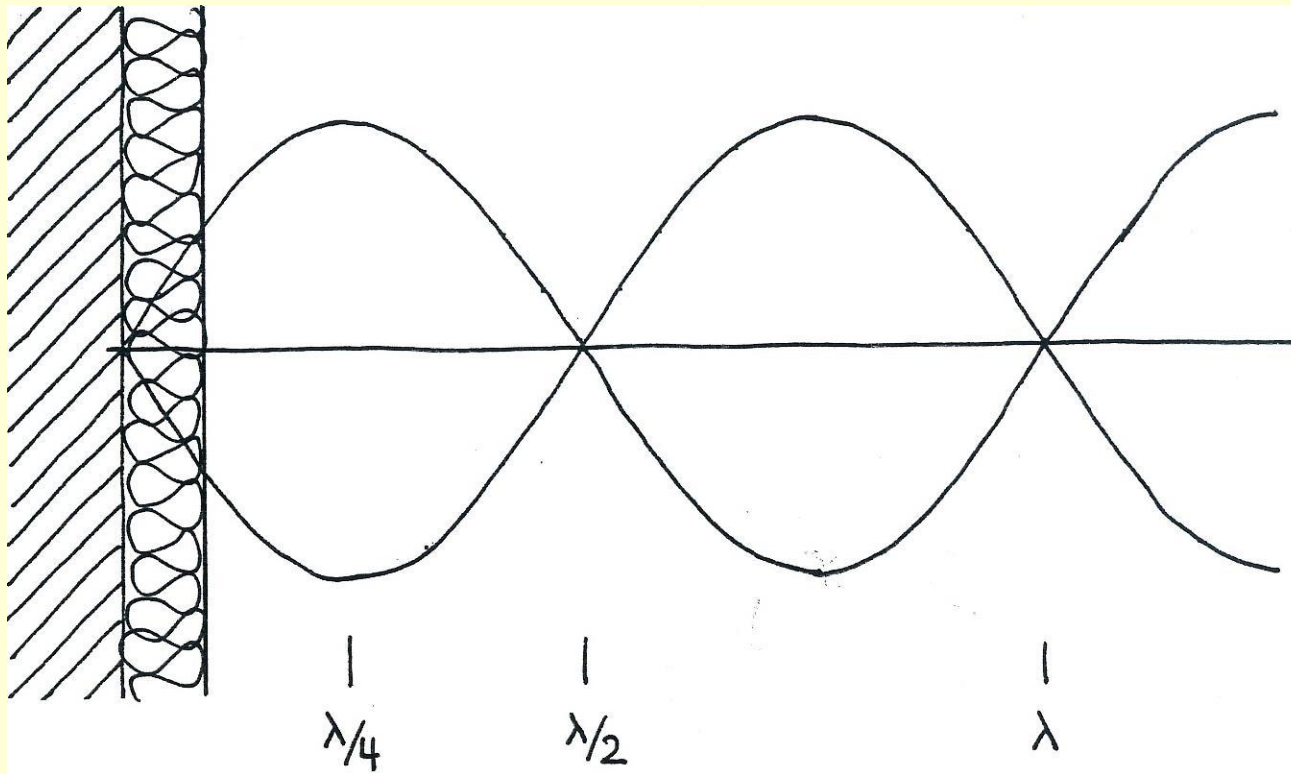
Die bewegte Luft reibt sich an dem „Gerüst“ einer offenporigen Struktur, z.B. Mineralwolle.

→ breitbandig
wirksam,
mittlere und
hohe Töne



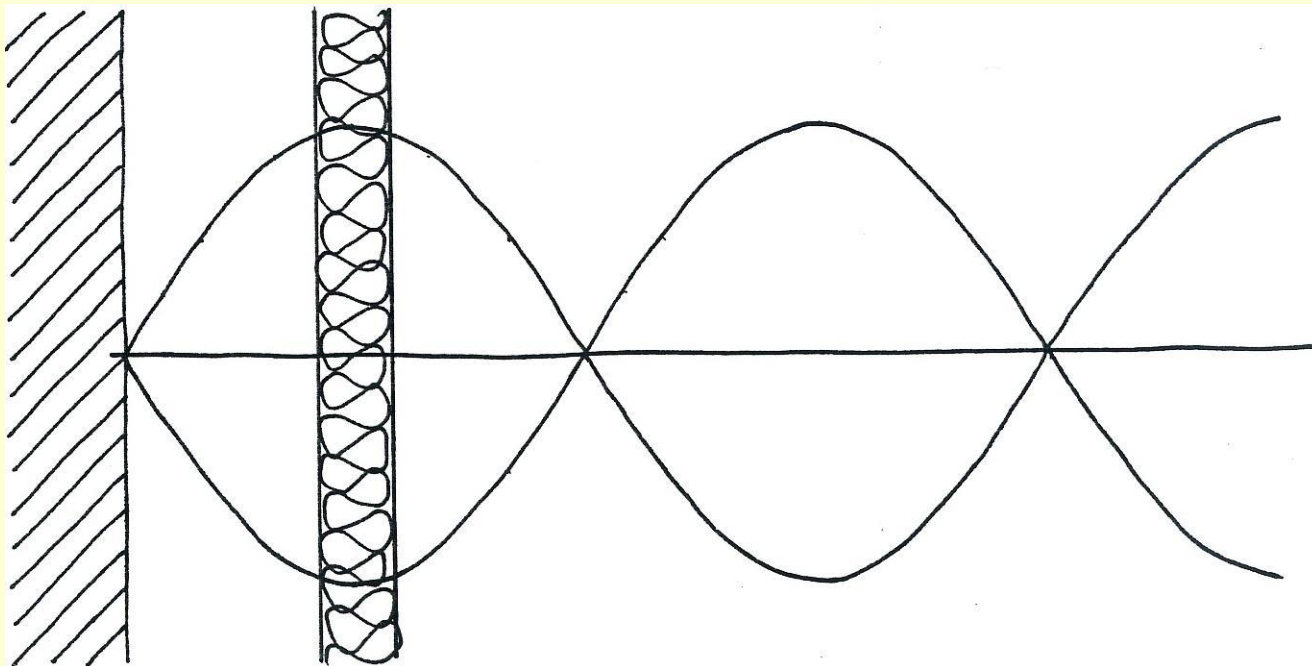
Was kann man zur Verbesserung tun?

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



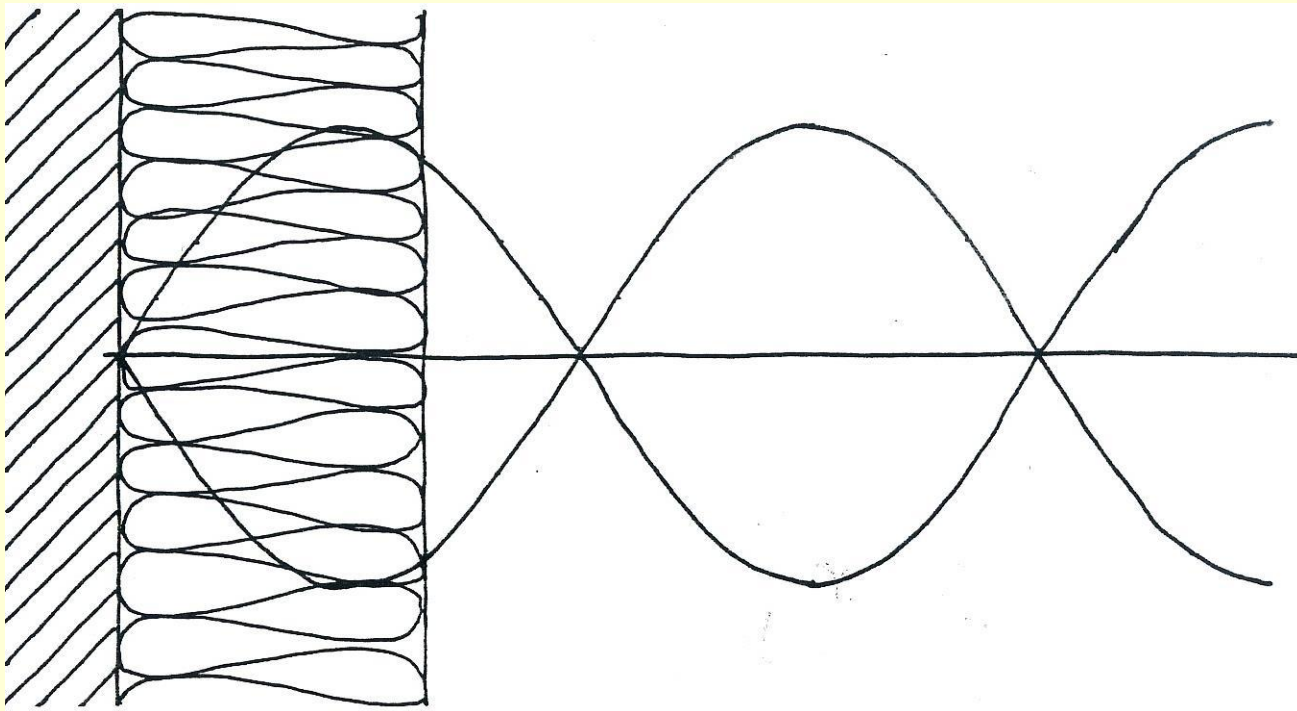
Was kann man zur Verbesserung tun?

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



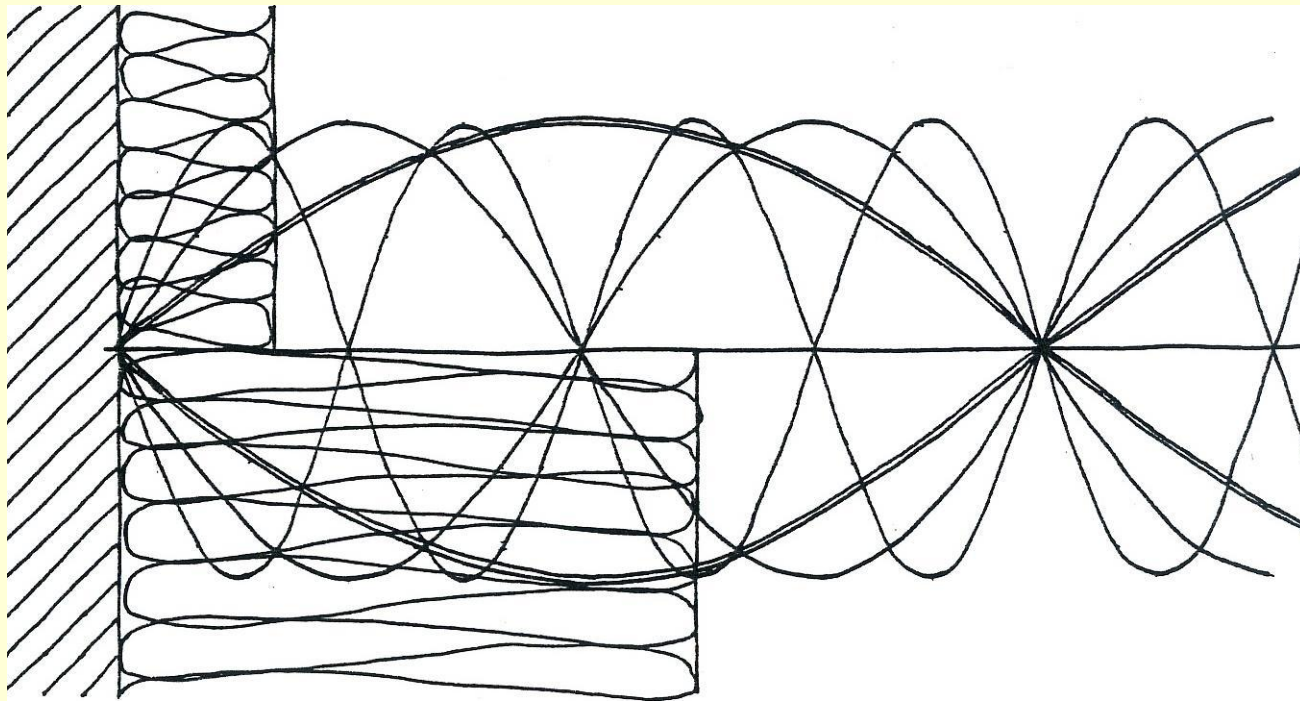
Was kann man zur Verbesserung tun?

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



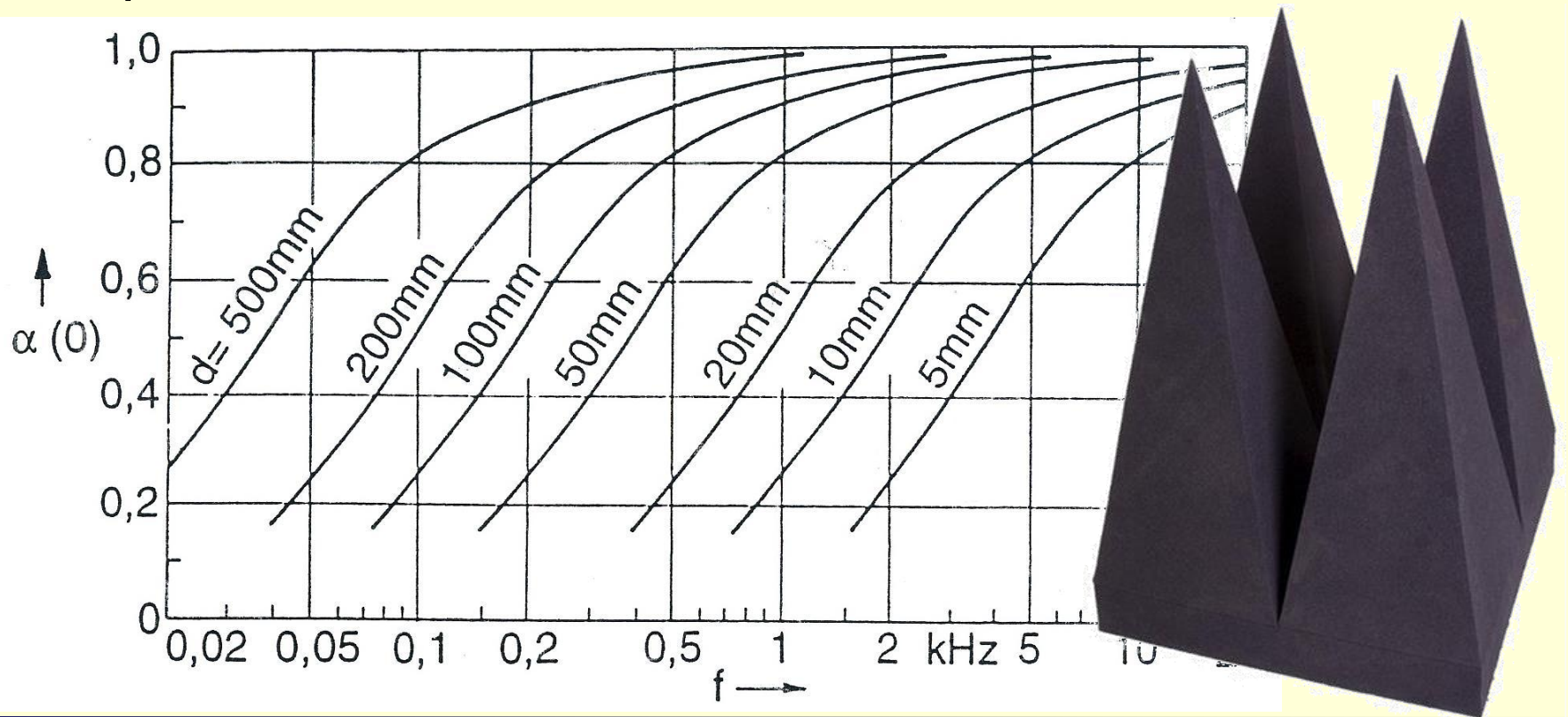
Was kann man zur Verbesserung tun?

Dickere Strömungsabsorber decken
einen großen Bereich der Wellenlängen ab:



Was kann man zur Verbesserung tun?

Veränderung des Schallabsorptionsgrades bei tiefen Frequenzen bei unterschiedlichen Schichtdicken

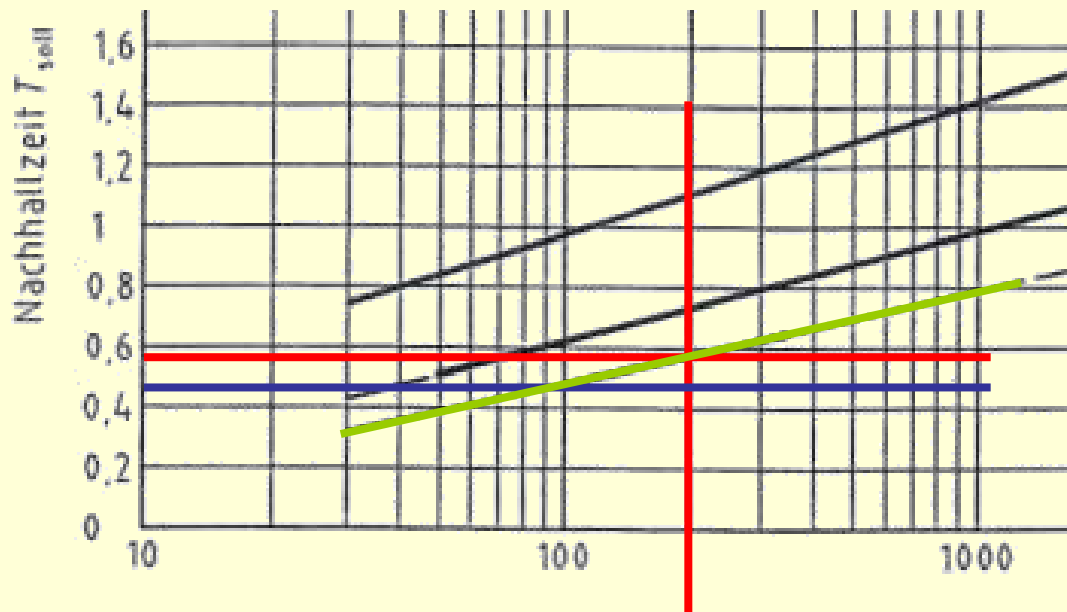




Was kann man zur Verbesserung tun?

Welche Anforderungen bestehen für Klassenräume?

Typische Klassenräume sind etwa 8 m x 8 m x 3 m groß, entsprechend etwa 200 m³.



Guthörende:

$$T_m = 0,58 \text{ s}$$

Hörgeschädigte:

$$T_m = 0,47 \text{ s}$$



Was kann man zur Verbesserung tun?

Wie geht man bei einer Verbesserung vor?

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

Beachten Sie dazu das Motto: **VIEL BRINGT VIEL.**

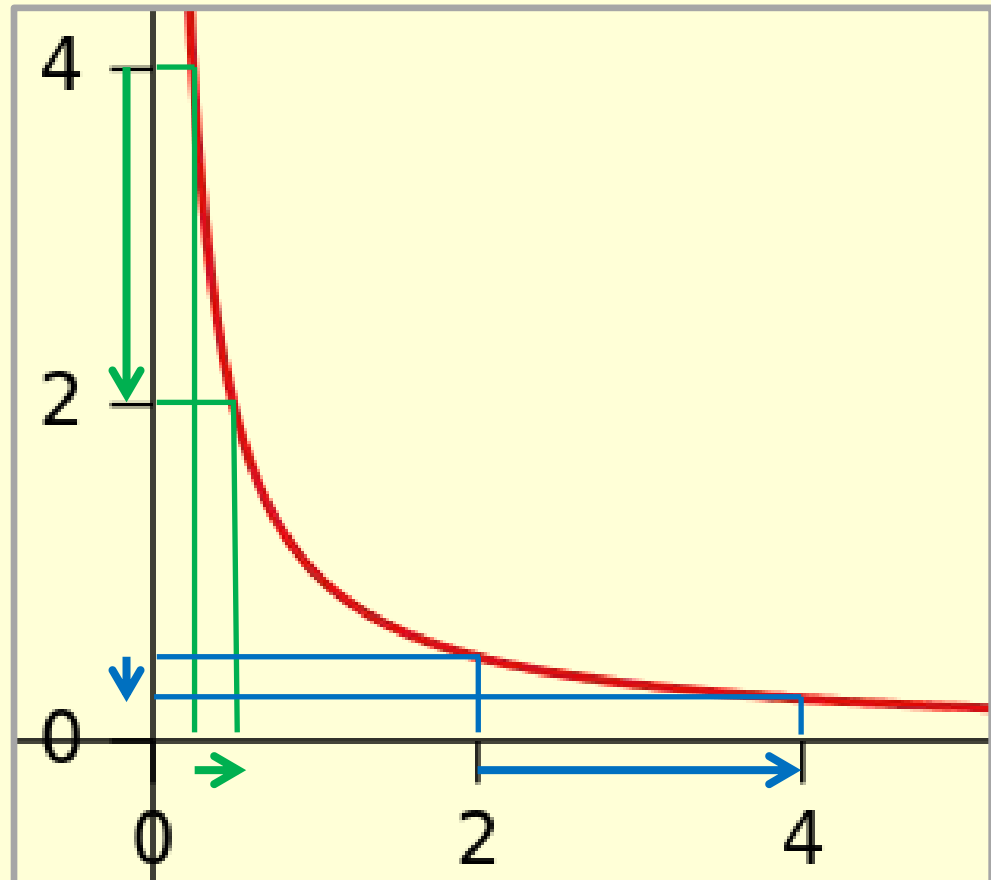
- Welche großen Flächen **S** stehen zur Verfügung?
- Welches Material hat bei den Sprachfrequenzen einen hohen Schallabsorptionsgrad **α** ?

DIN 18041:2004-05 Hörsamkeit in Räumen

Berechnung der Nachhallzeit T nach W. C. Sabine:

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

Der Graph
der Funktion
ist eine Hyperbel:





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





Was kann man zur Verbesserung tun?

Worauf muss man achten?

- 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
- ein Teppich hat viel weniger Wirkung
- bei gerichteter Schallausbreitung (Frontal-Unterricht) schallabsorb. Rückwandpaneel

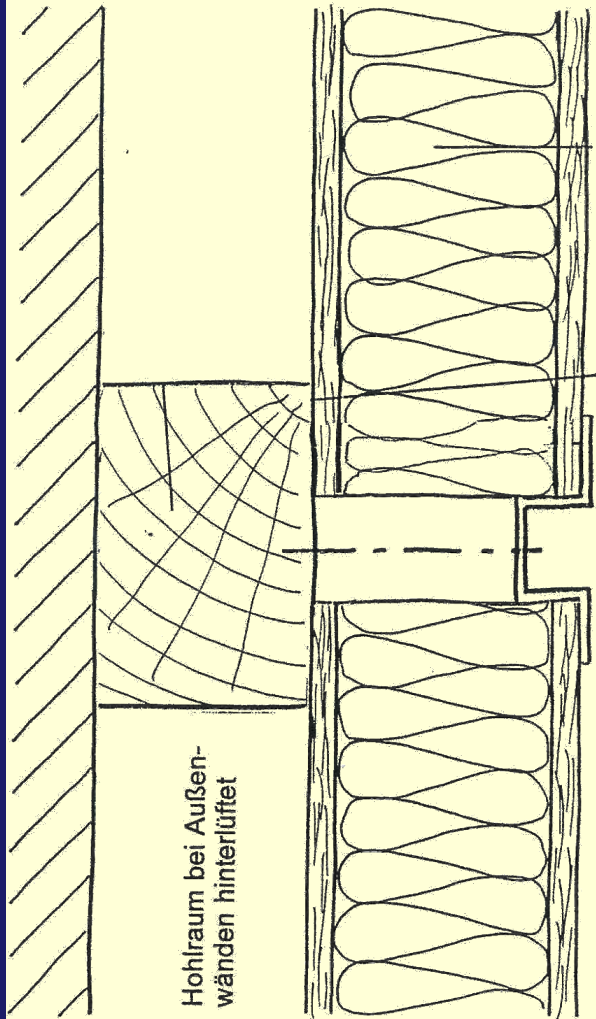



Was kann man zur Verbesserung tun?

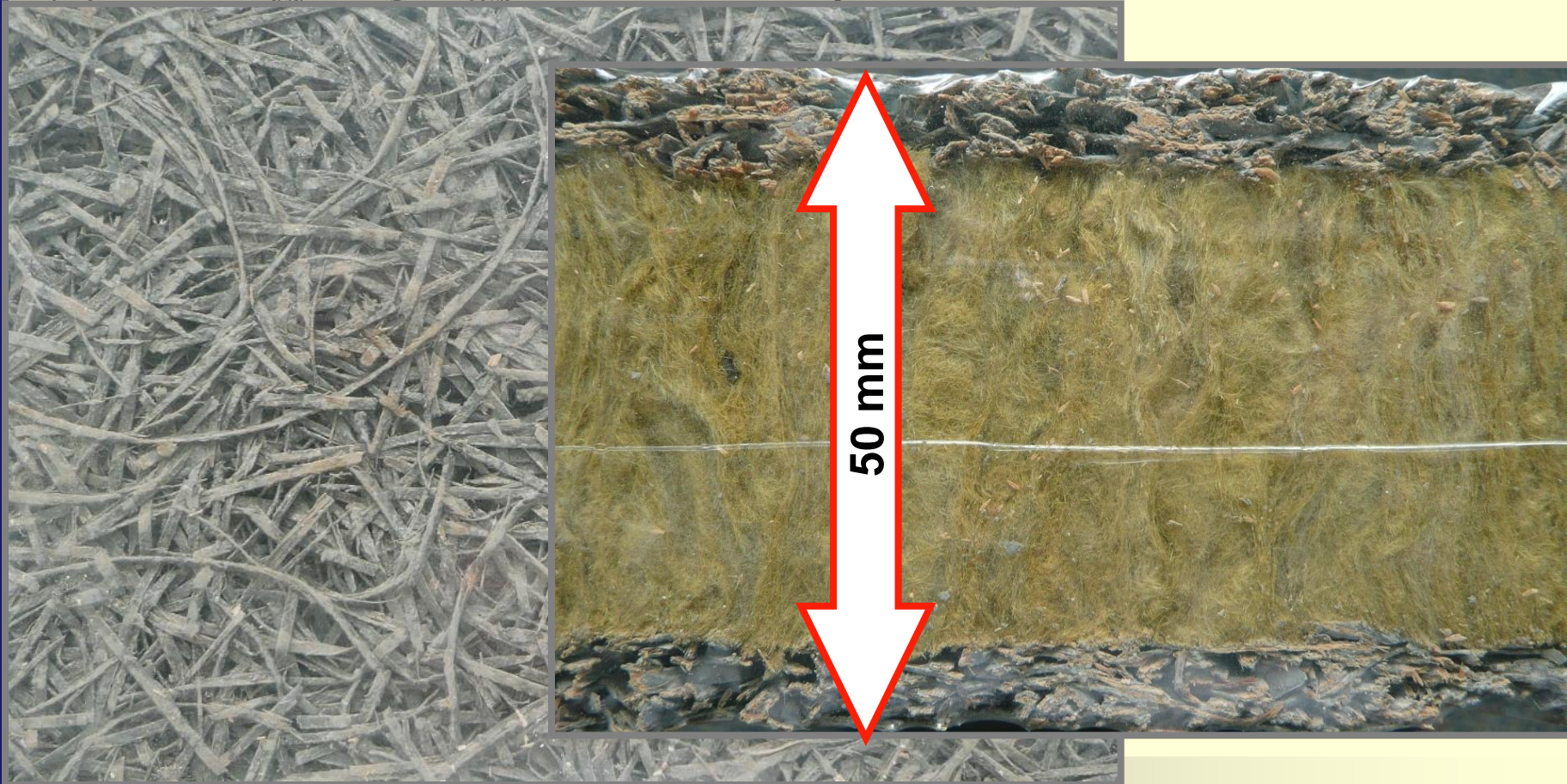
Worauf muss man achten?

- 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?

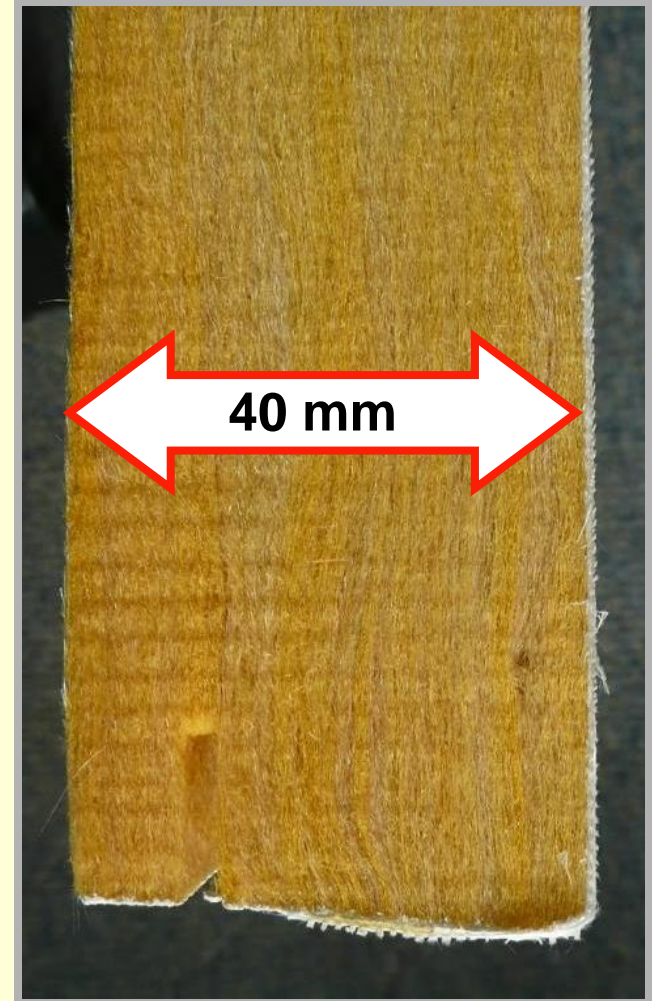
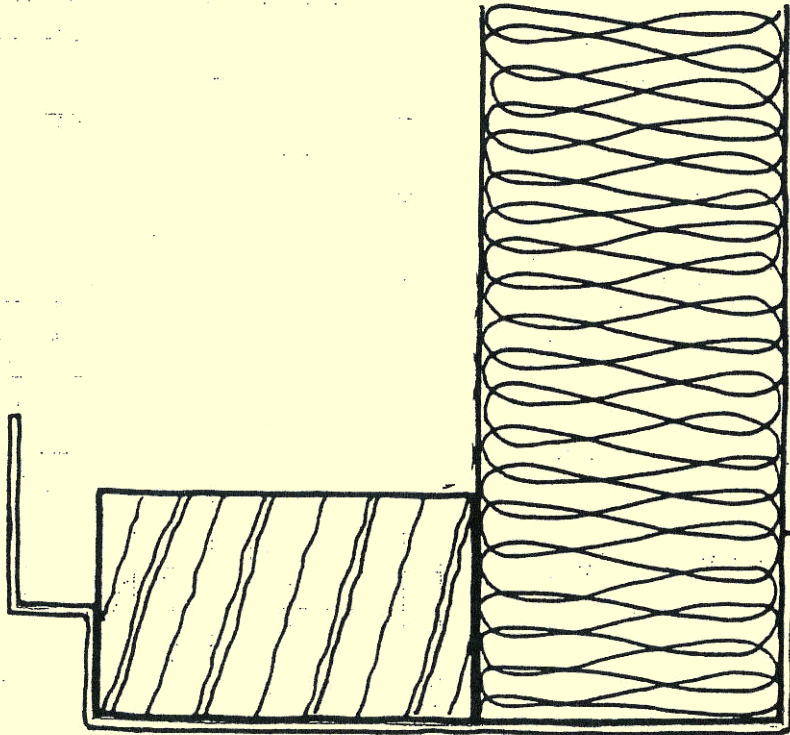
Rückwandpaneel aus Holzwole- Leichtbauplatten TEKTALAN™



 Rückwandpaneel aus Holzwole-
Leichtbauplatten TEKTALAN™



Wandpaneel ECOPHON AKUSTO™



Wiesbaden, Kerschensteiner-Sch., Physikraum



Hamburg, Elbschule, Klassenraum



Hamburg, Elbschule, Grundschulbereich





Räume ohne Hör-Barrieren

- Baulicher Schallschutz (Geräusche von außen)
- Lärminderung (Störgeräusche im Raum)
- Raumakustik (Verständlichkeit des Sprechers)
- Beleuchtung (Sichtbarkeit des Sprechers)
- Elektroakustik (Hörunterstützungsanlagen)
- Möblierung (Sichtbarkeit des Sprechers)
- ggf. Gebärden- und Schriftsprachendolmetscher



Was muss man für die „**gute Akustik**“ tun?

1. Baulicher Schallschutz gegen Geräusche von „nebenan“ und von außen
2. Vollflächig hochgradig schallabsorbierende Decke
3. Schallabsorbierendes Rückwand-Paneel
4. Wenn möglich: Teppichboden