

Hörgerechte Raumakustik für Alle

Etwas Biophysik

Rechtliche Möglichkeiten

Pädagogische Notwendigkeiten

Akustische Anforderungen

Bautechnische Umsetzungen

Entschuldigung...

...ich bin schwerhörend. Können Sie bitte etwas langsamer und deutlicher sprechen?

...ich habe nicht LAUTER gesagt,
Sie brauchen mich nicht anzuschreien!

...ich weiß genau, dass taub, thumb, dumm, stumm, deaf, taff, dov und doof denselben Wortstamm haben; ich bin aber wirklich nur schwerhörend, nicht doof.

Warum muss ich solche Sätze immer mit „Entschuldigung“ (ENT-SCHULDIGUNG) beginnen?

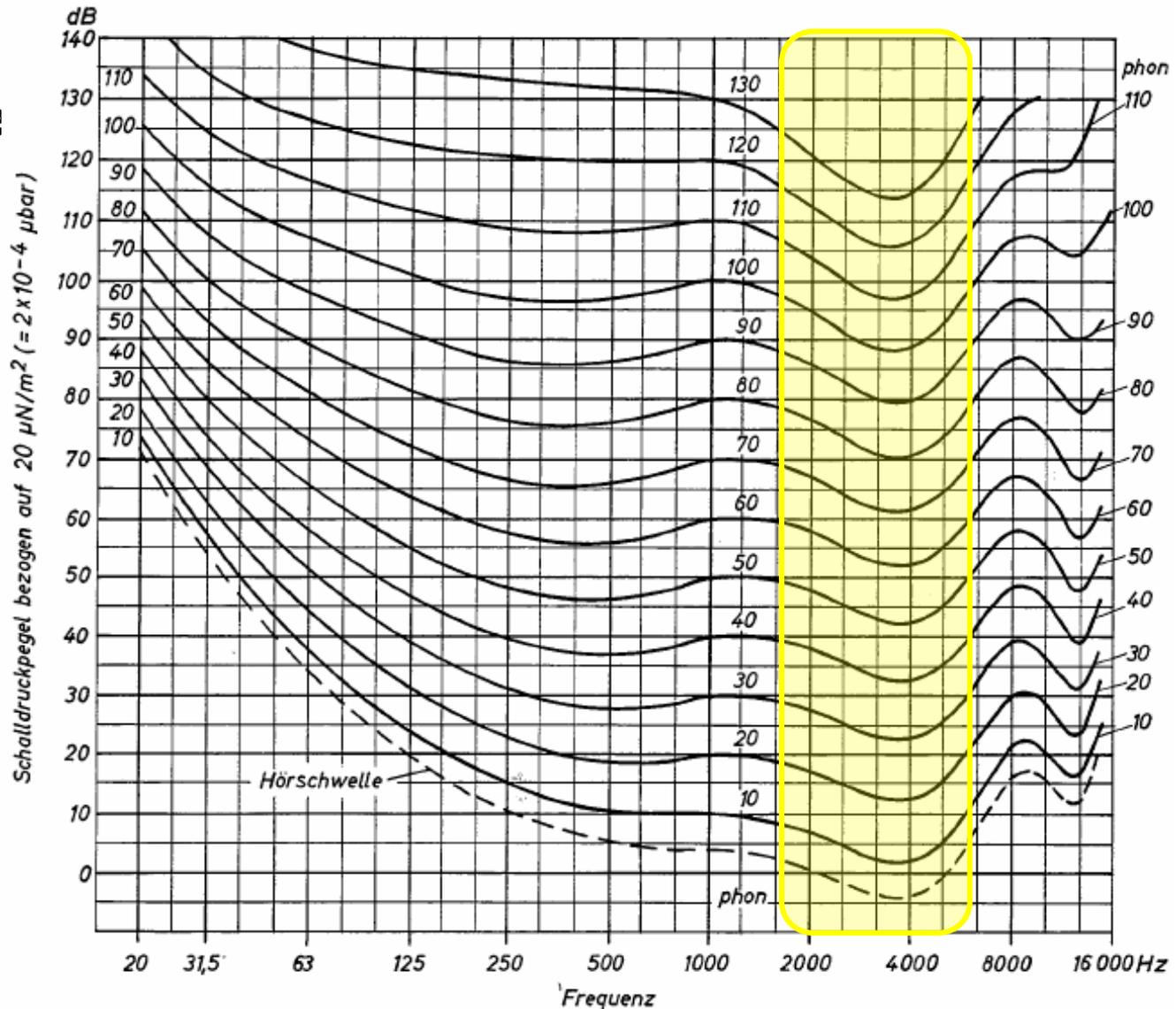
Welche SCHULD habe ich denn daran?

Wusstet Ihr, dass „dov“ das plattdeutsche Wort für „taub“ ist?

Wie hören Guthörende?

Normalkurven
gleicher Lautstärke
nach DIN 45680

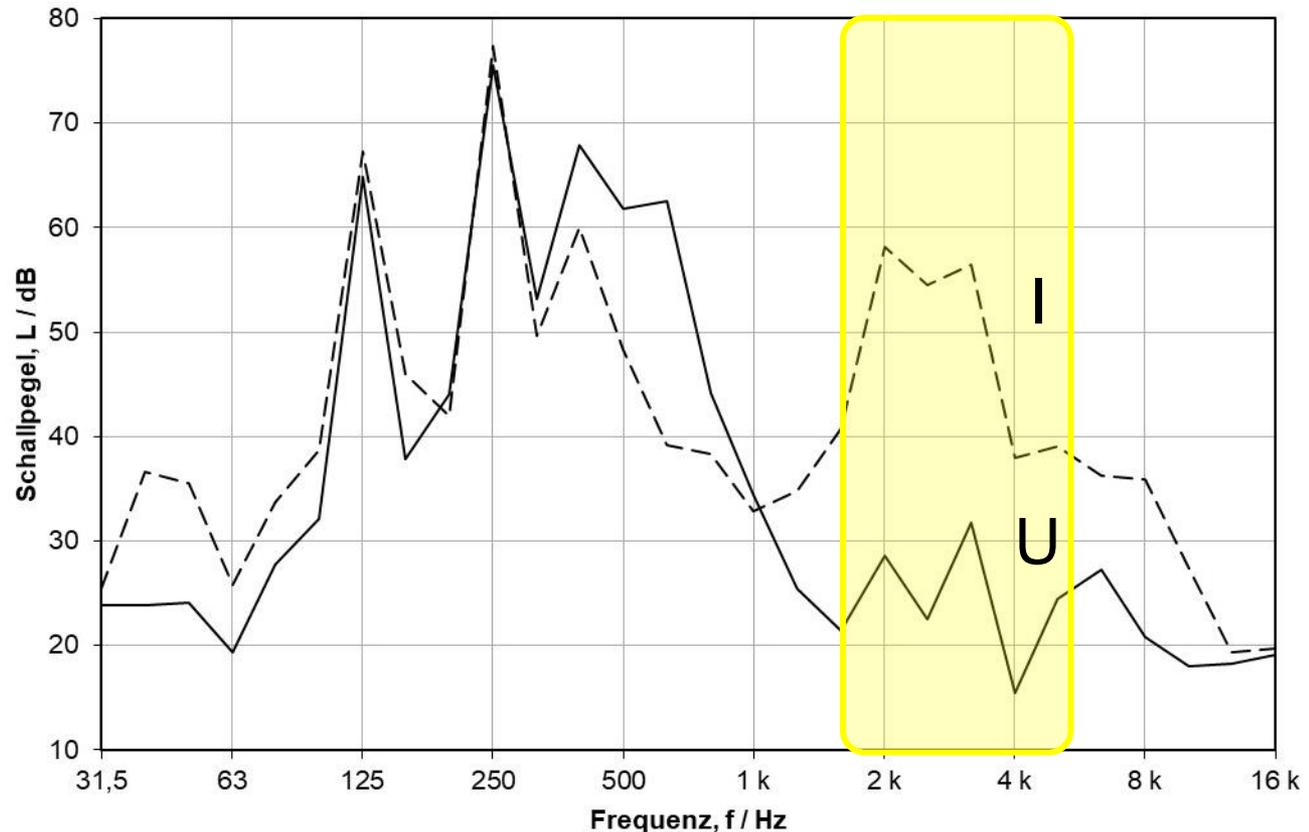
Im Bereich
von 2.000 Hz
bis 5.000 Hz
ist das Gehör
besonders
empfindsam.



Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

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

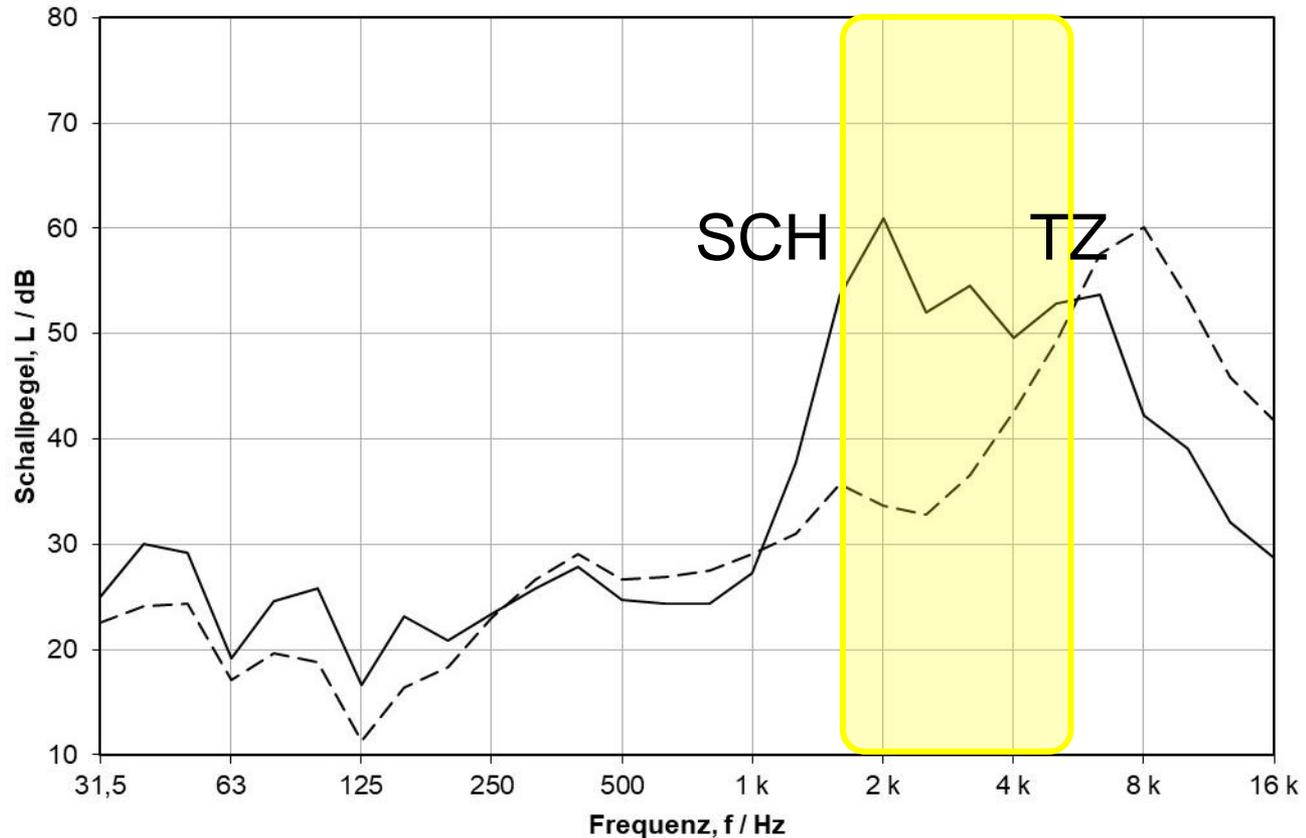


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

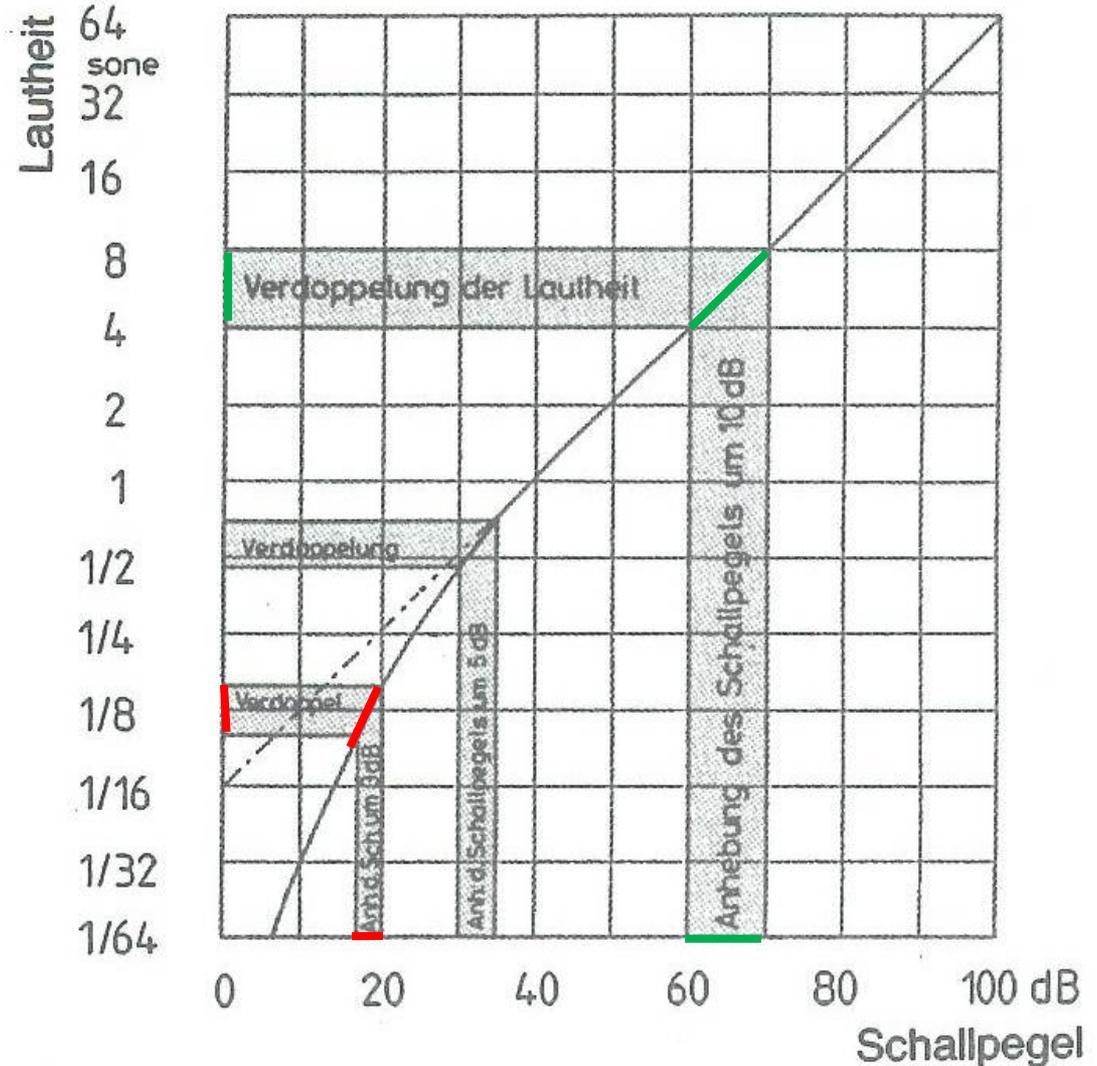
Die Konsonanten SCH und TZ unterscheiden sich im tieffrequenten Bereich kaum, sondern vorrangig oberhalb von 2000 Hz. TZ reicht bis 10.000 Hz.



© 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:

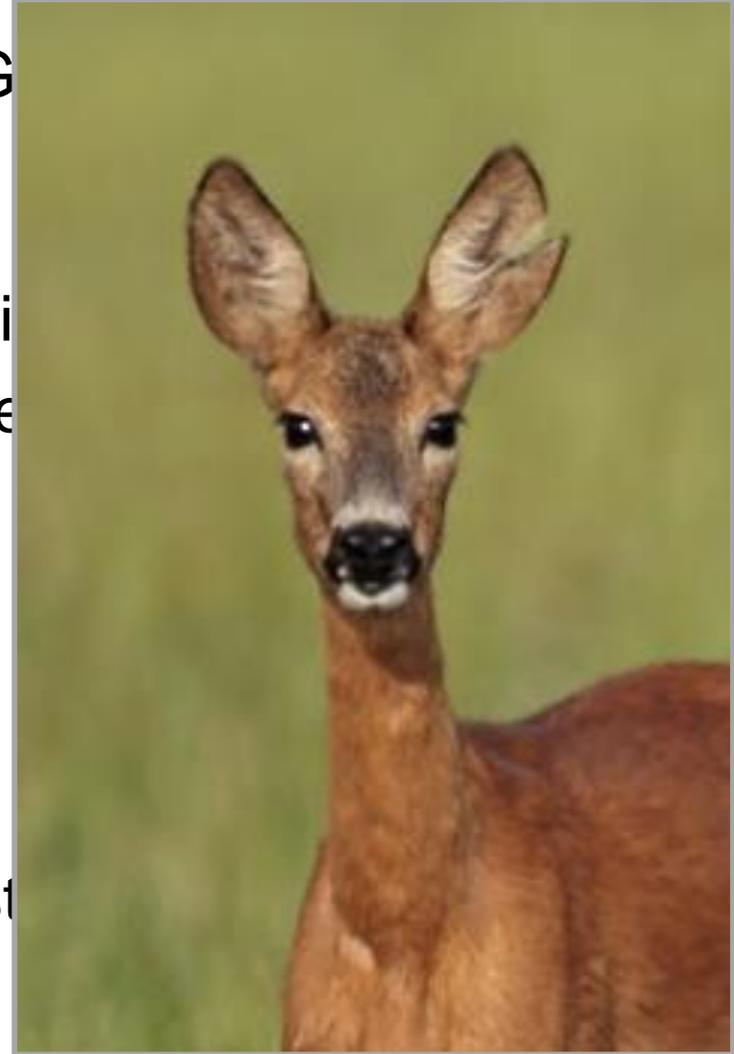
Hinweis auf **Beute** (lebenswichtig)
oder Warnung vor **Gefahren** (über-lebenswichtig)
z. B. durch Blätterrascheln oder Ästeknacken.

Was kann das menschliche Gehör?

Warum
so stark
Warum
empfindlich
Warum
Schlaf



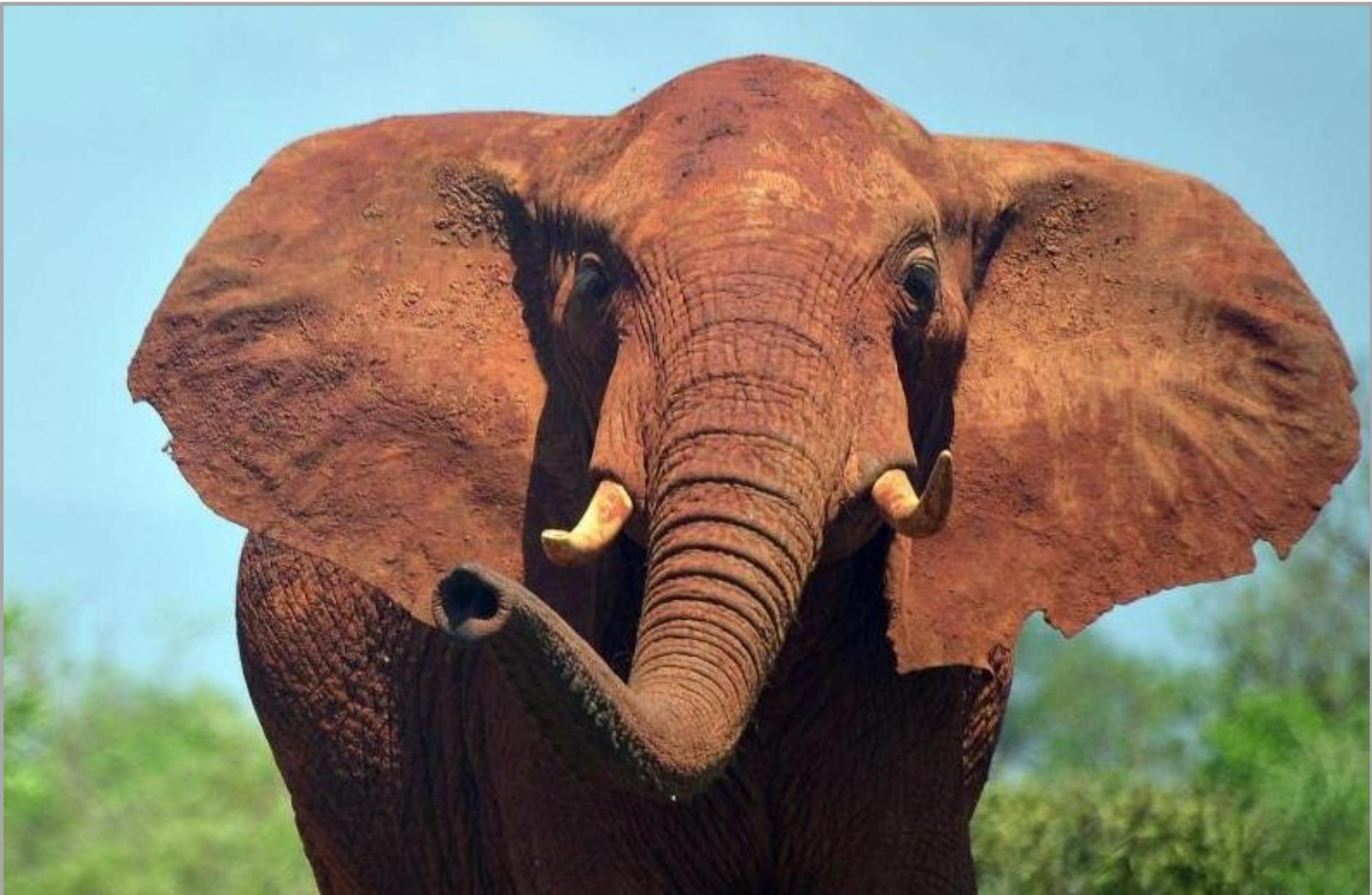
he G
en?
ehör
empfi
Gege
t“?



Evolu
Hinwe
oder
z. B.

er Äst

n
y
m
g)
g)



2023-11-22

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!**

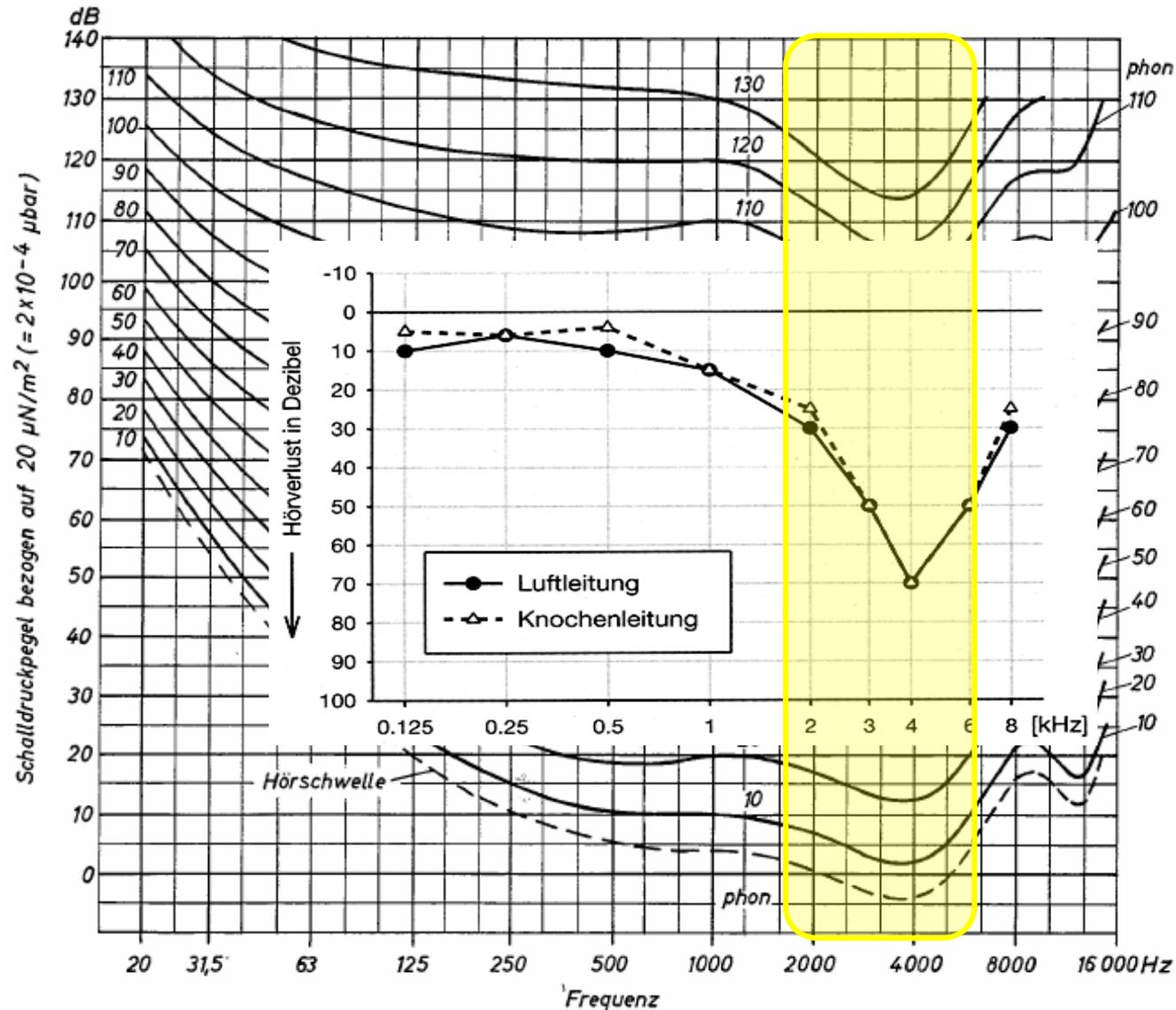
Noch heute wird Adrenalin ausgeschüttet und kampfbereit gemacht; Marschmusik mit schwerem Blech und Schlagwerk haben ähnliche Wirkung.

Leben und Arbeiten unter **Lärm** bedeutet

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

Lärm-Schwerhörigkeit

Starker Hörverlust
bei 4.000 Hz,
sog. c⁵-Senke
Dort, wo das Ohr
besonders
empfindsam ist,
da ist es auch
besonders
empfindlich.



Was können Guthörende?

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.

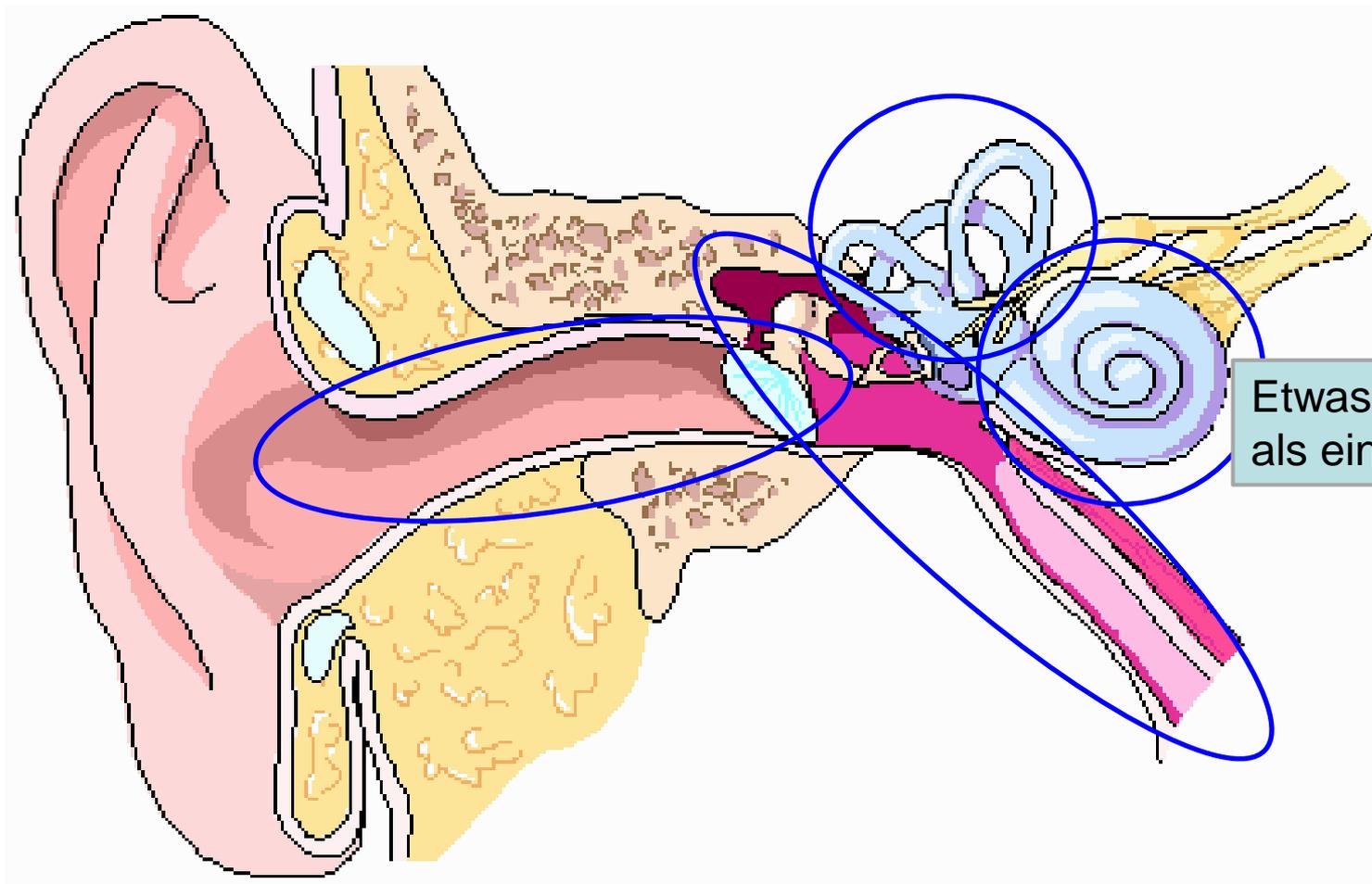
Sprache am Nebentisch wird nicht als Störgeräusch erkannt.

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

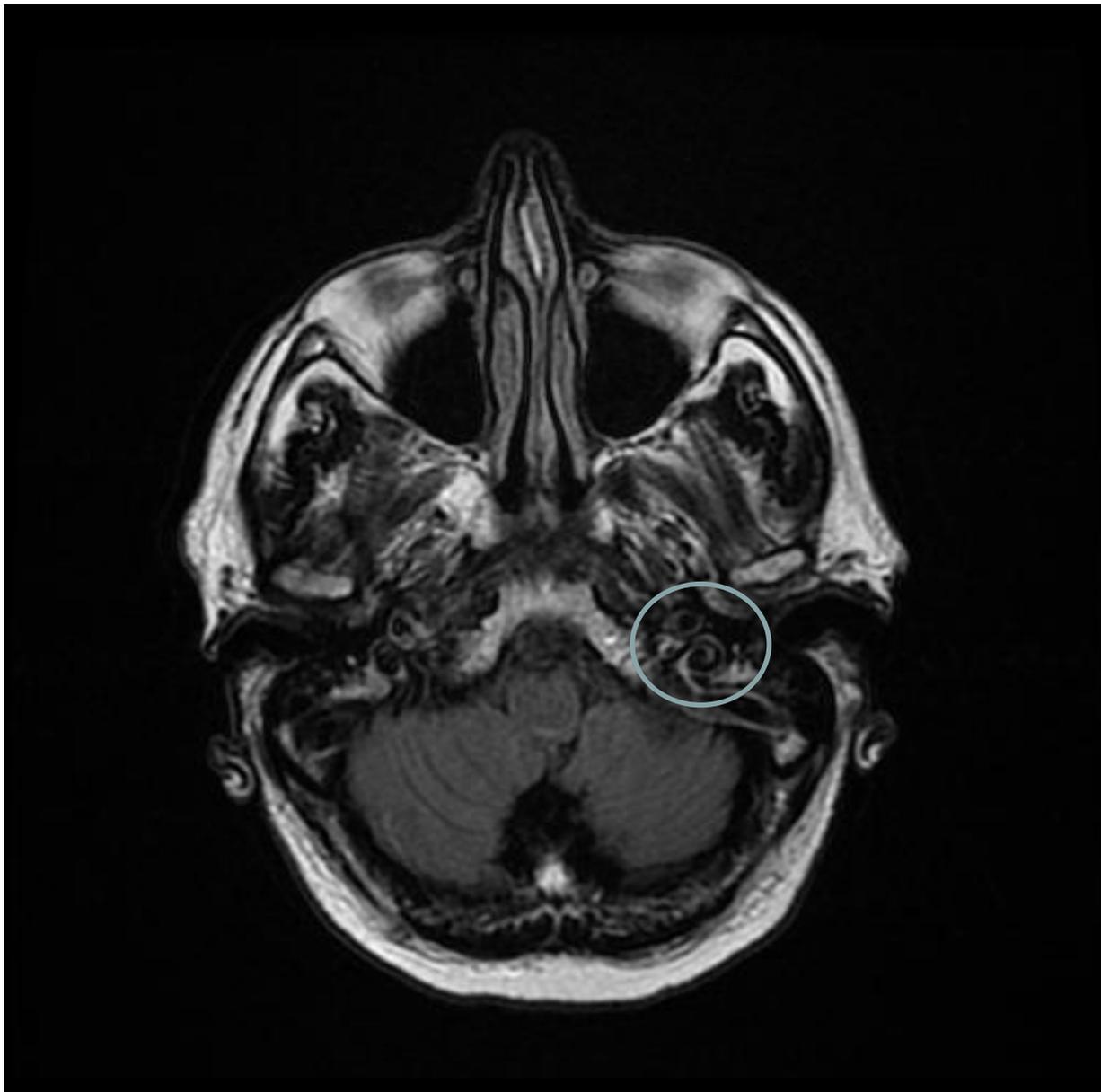
SCHALLSCHUTZ

RAUMAKUSIK

Was kann das menschliche Gehör?



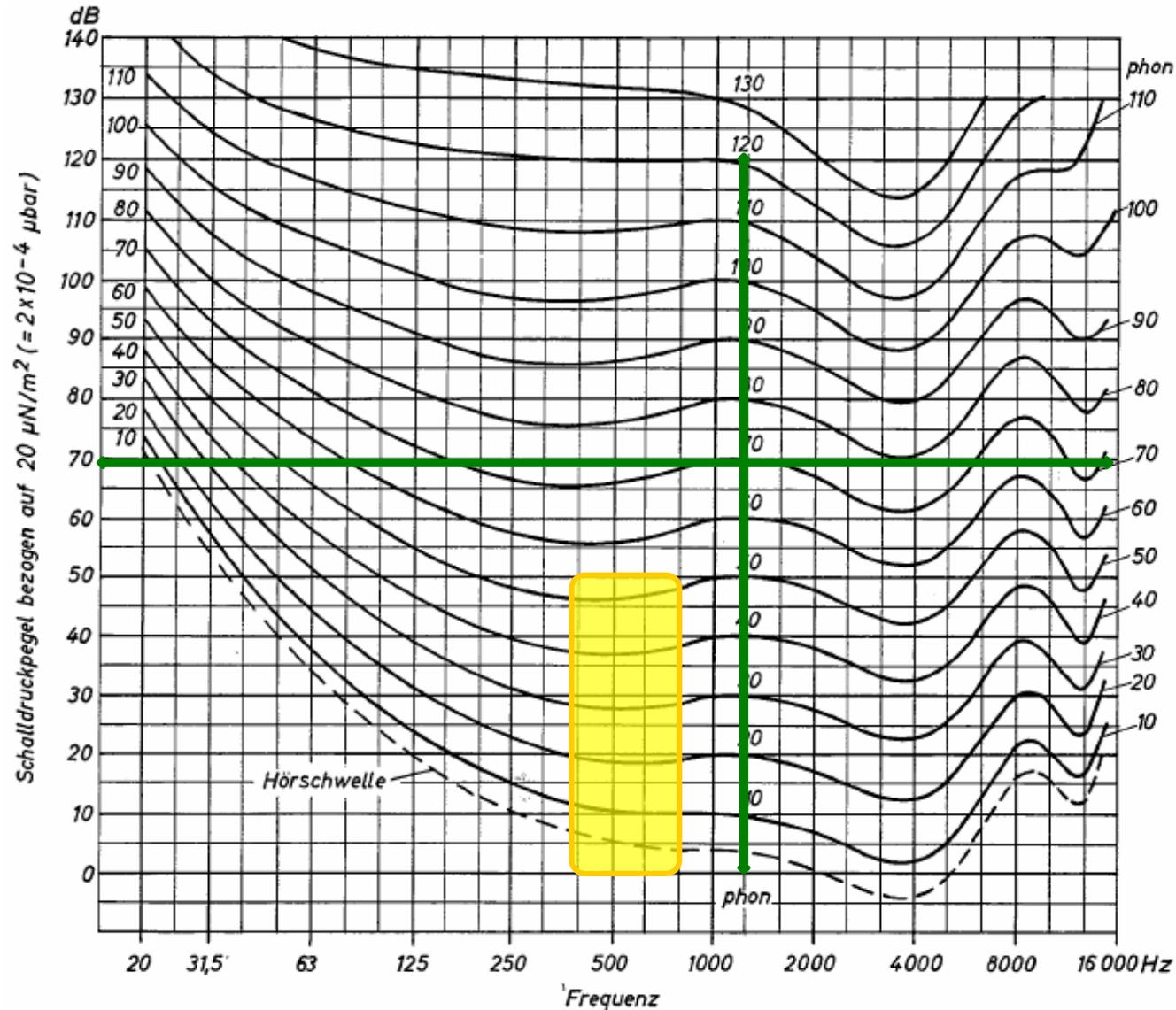
Etwas größer als eine Erbse.



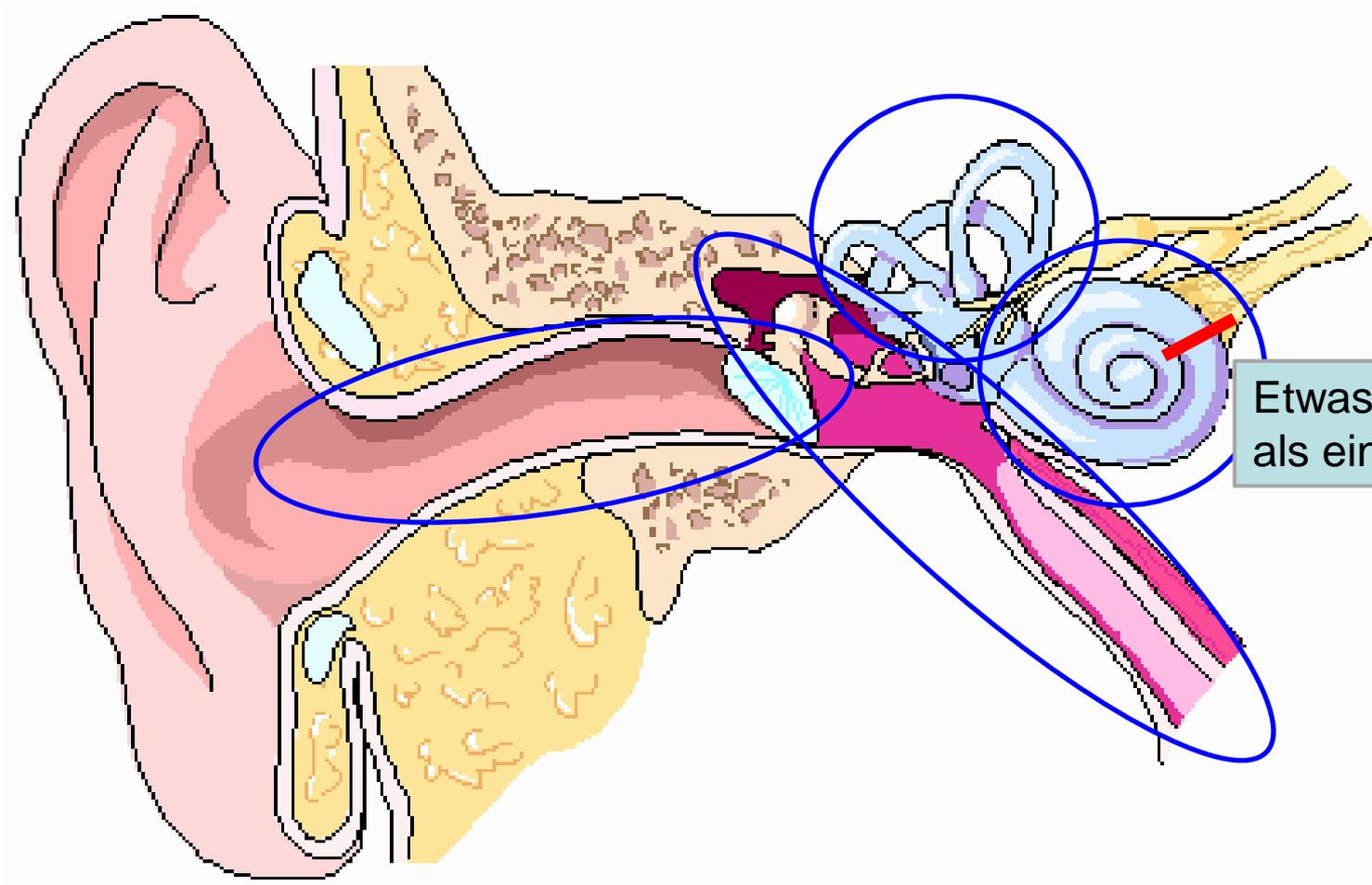
Vergleich
von Frequenz-
und Dynamik-
bereichen

Hören:
10 Oktaven
bis 120 dB

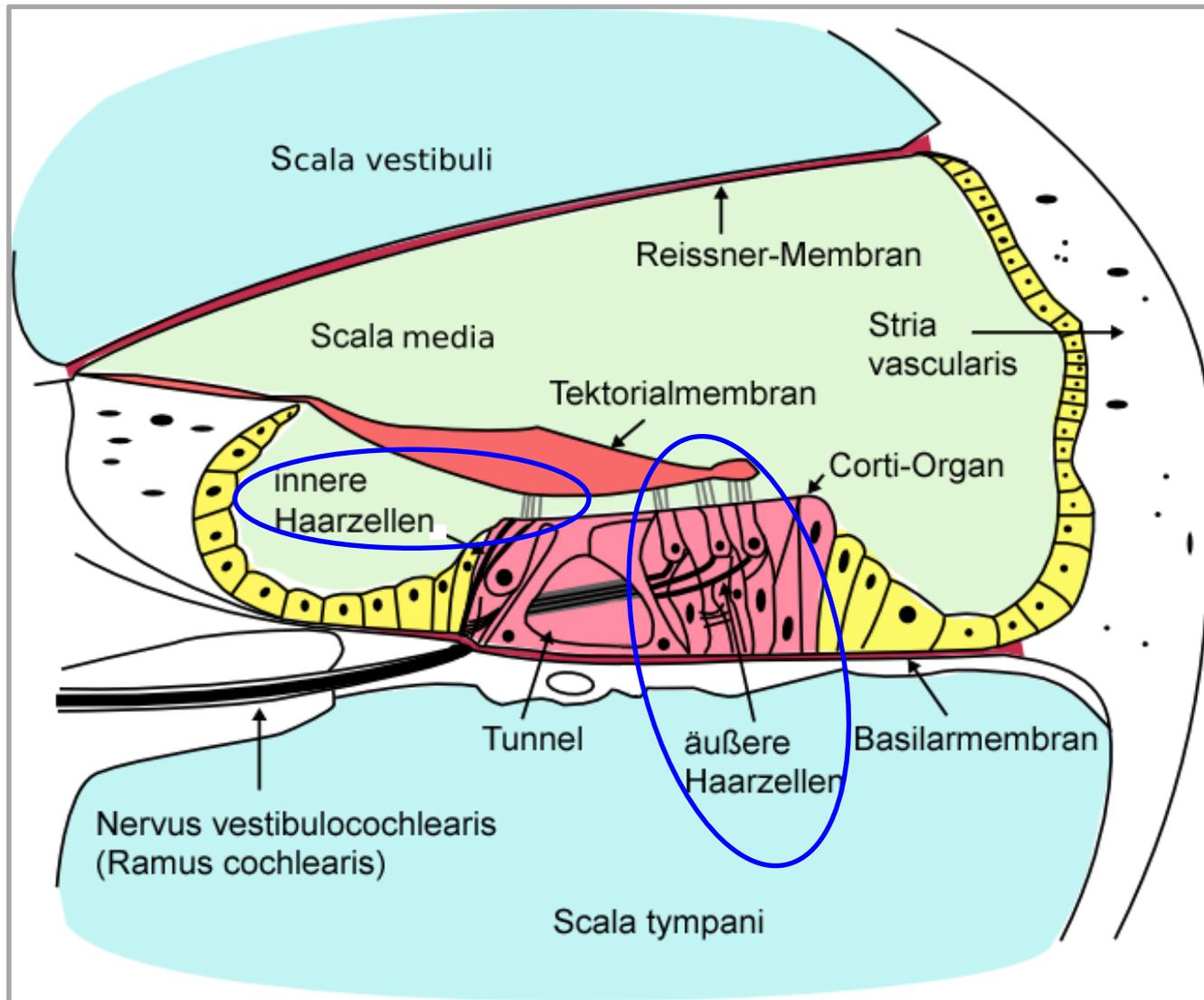
Sehen:
nur 1 Oktave
nur ca. 50 dB



Was kann das menschliche Gehör?



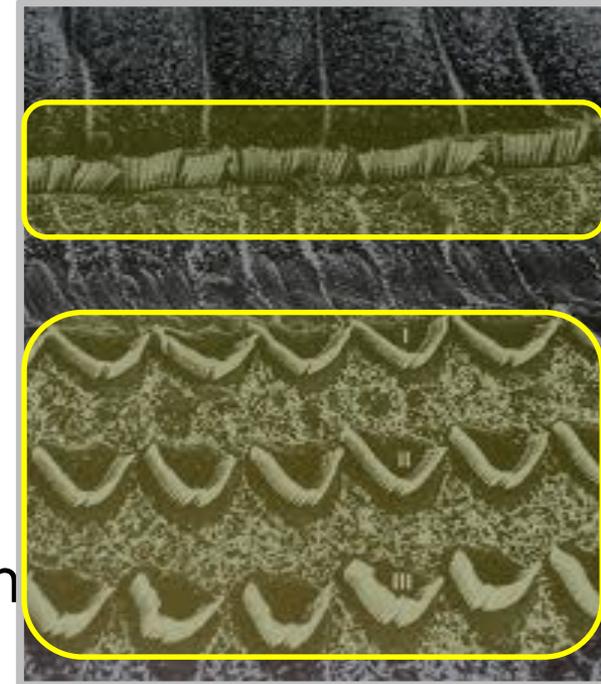
Was kann das menschliche Gehör?

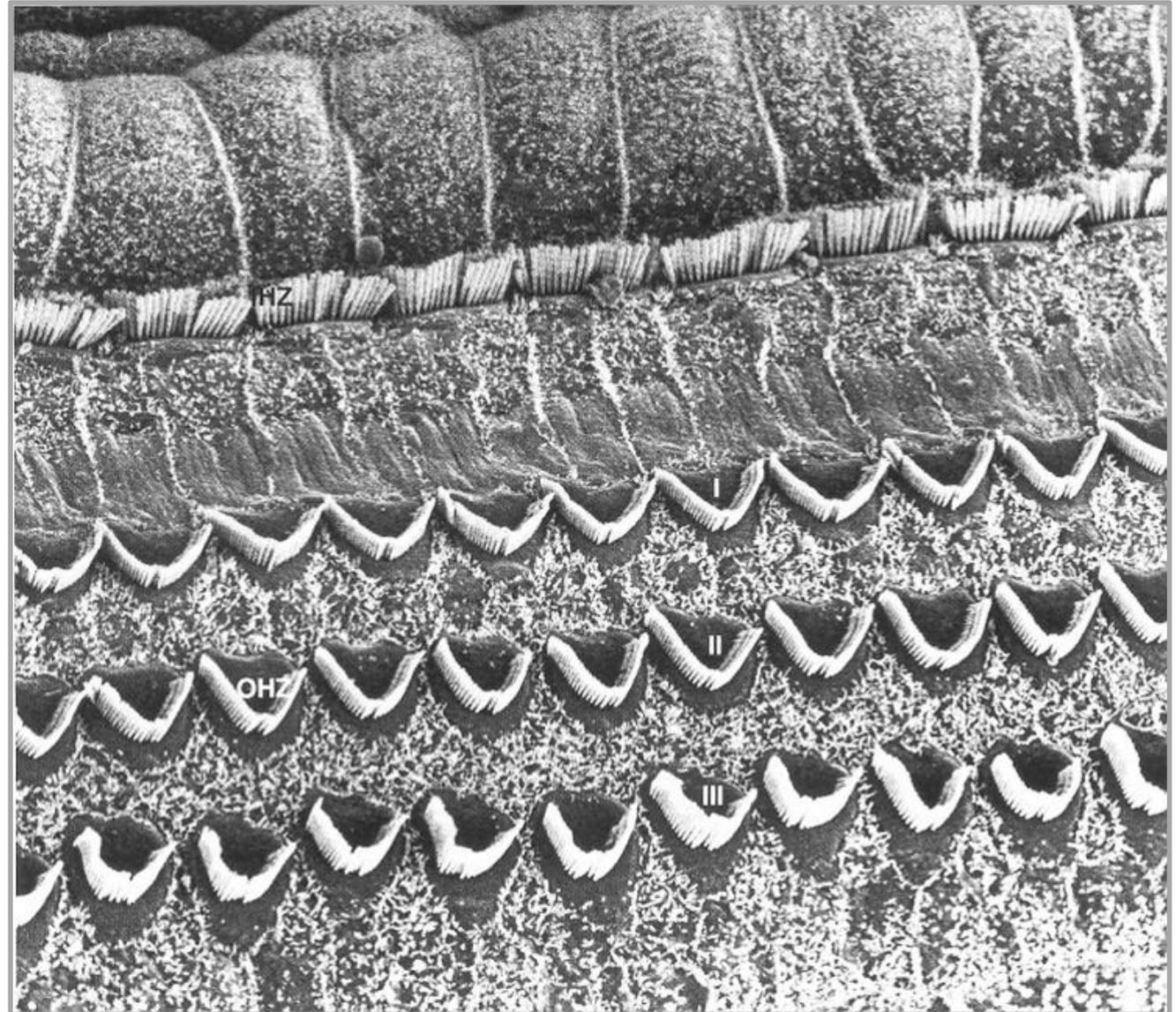


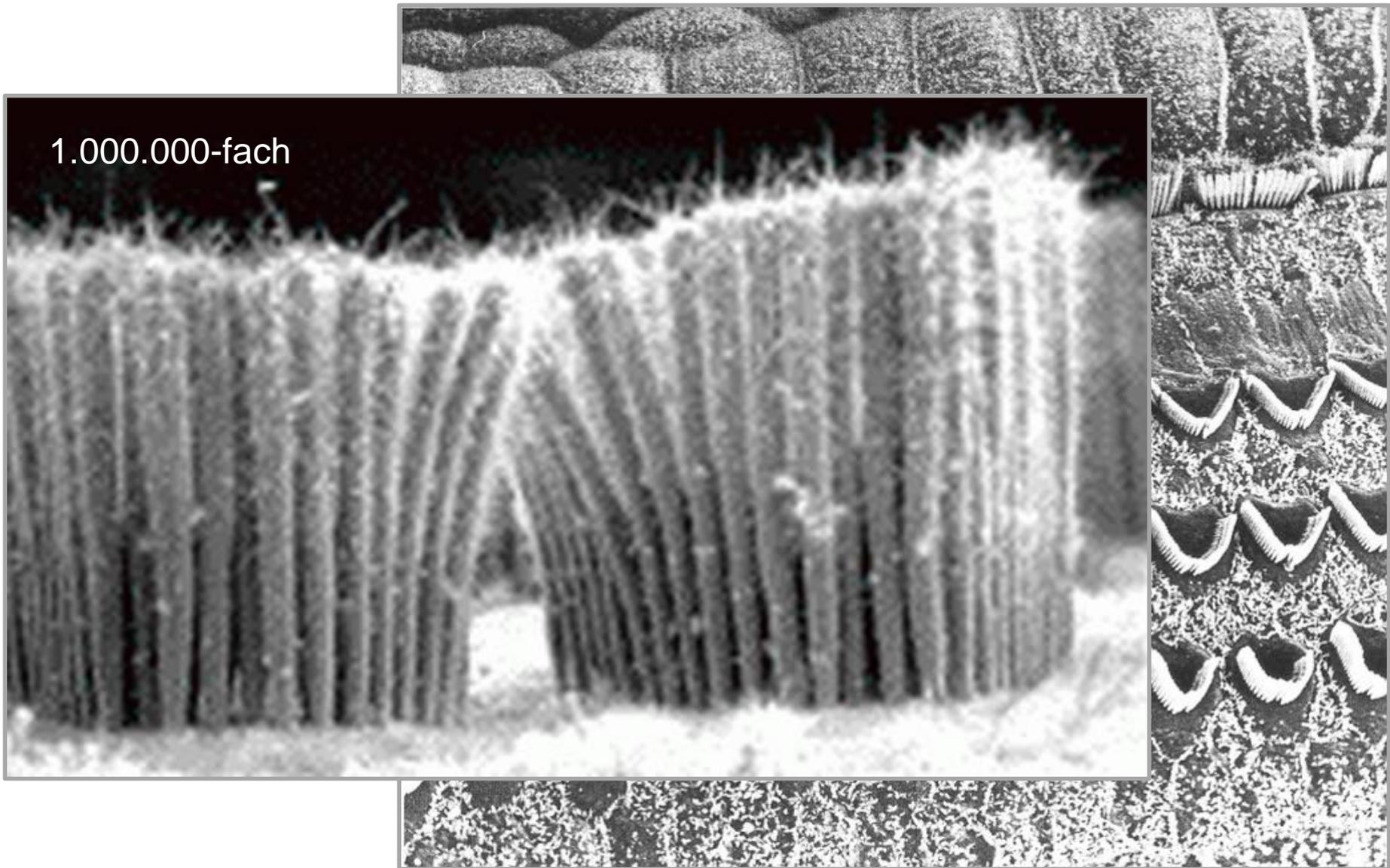
Was kann das menschliche Gehör?

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 Equalizer (EQ) und Aussteuerungsautomatik (AGC) gleichzeitig.







Was kann das menschliche Gehör?

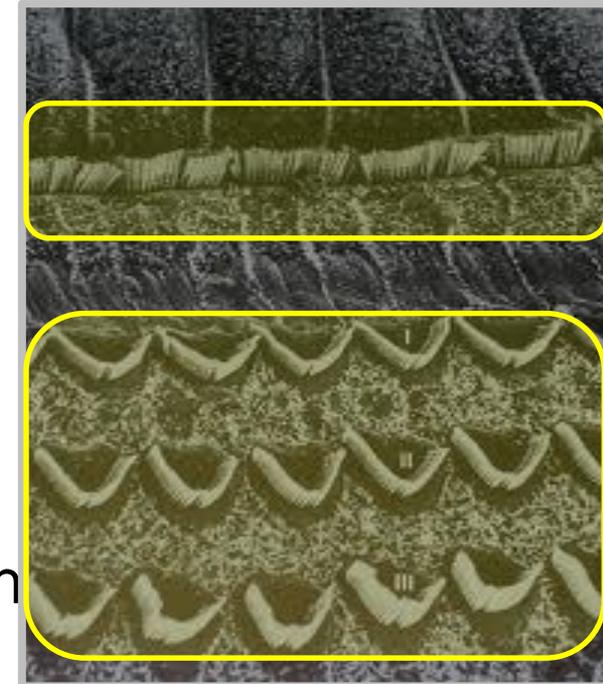
Die *inneren Haarzellen* (eine Reihe) sind die eigentlichen **Rezeptoren**, sie wandeln die mechanischen Schwingungen in



Gehirn

eihen) sind
die Motilität
nd verstärken
rwellen

nd sie EQ und AGC gleichzeitig.



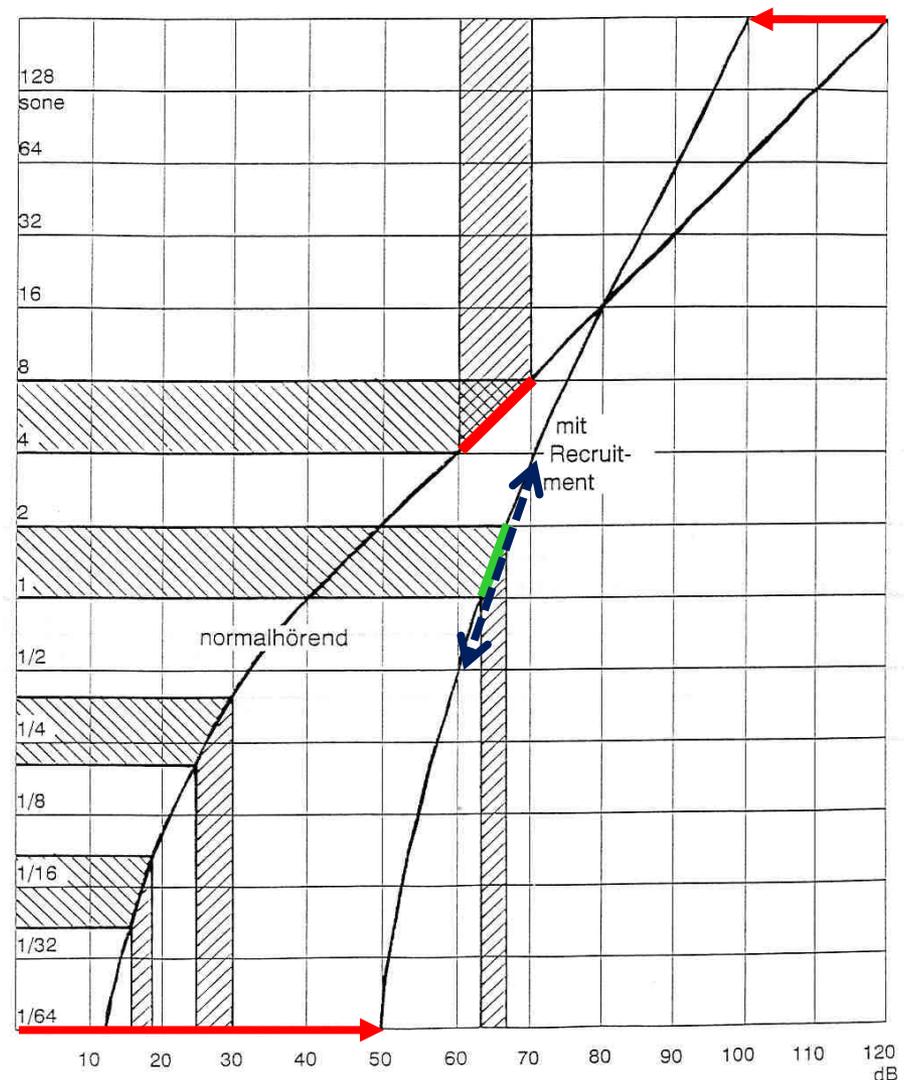
Bei Ausfall der *äußeren Haarzellen* fehlt diese Regelung.

Was können Schwerhörende anders?

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

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

Du musst doch nicht gleich schreien!



Was können Schwerhörende anders?

Einstellungen am Fernseher

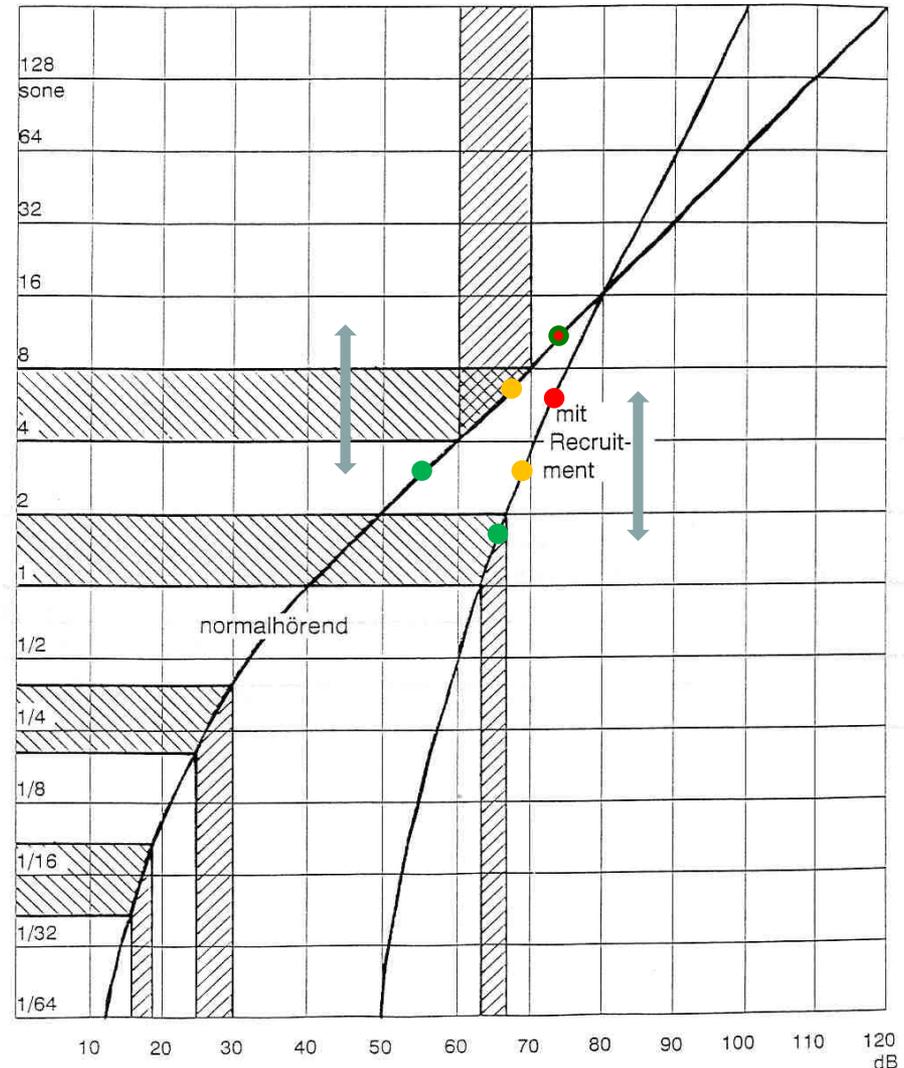
laut ●

angenehm ●

leise ●

Die eingestellten Schallpegel sind unterschiedlich, aber die empfundenen Lautheitsunterschiede sind gleich.

(J. Rennie, 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**, die **Störgeräusche** und den **Nachhall** zu dämpfen:

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

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!



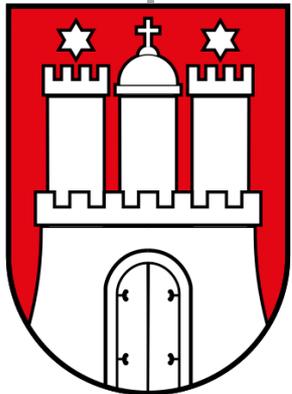
Deshalb gibt es bei Schwerhörenden / Tauben
nicht nur viele Missverständnisse,
sondern auch viel Argwohn / Zweifel!

Rechtliche Möglichkeiten: Sozial-Recht



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

Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz (BGG)
vom 27. April 2002



Hamburgisches Gesetz zur Gleichstellung
behinderter Menschen (HmbGGbM)
vom 19. Dezember 2019



UN-Konvention über die Rechte
von Menschen mit Behinderungen
für die BRD in Kraft getreten am 26.03.2009

Inklusion ist Menschenrecht, kein Almosen!

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

Hamburgische Bauordnung, HBauO, § 52

*(2) Bauliche Anlagen, die öffentlich zugänglich sind, müssen in den dem allgemeinen Besucherverkehr dienenden Teilen von Menschen mit Behinderungen, alten Menschen und Personen mit Kleinkindern barrierefrei erreicht und **zweckentsprechend genutzt** werden. **Hilfe***

Diese Anforderungen sind insbesondere für:

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

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

WELCHE HINWEISE geben NORMEN/REGELWERKE?

Die Barrierefrei-Normenreihe DIN 18040 gilt für Neubauten. Sie sollte sinngemäß für die Planung von Umbauten und Modernisierungen angewendet werden.

Die Norm stellt dar, unter welchen Voraussetzungen bauliche Anlagen barrierefrei zu realisieren sind.

Sie berücksichtigt insbesondere die Bedarfe von Menschen mit Sehbehinderung, Blindheit, Hörbehinderung (Gehörlose, Ertaubte, Schwerhörige) oder motorischen Einschränkungen und von Personen, die Mobilitätshilfen und Rollstühle benutzen.

https://www.stmi.bayern.de/assets/stmi/buw/baurechtundtechnik/planungsgrundlagen_barrierefreies_bauen.pdf

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

Nach BGB § 633 übernehmen der Planer und nach VOB/B § 13 der Auftragnehmer 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 nach dem Vertrag vorgesehenen Gebrauch mindern oder die Sicherheit gefährden.
- (Gewährleistung / Garantie)

www.carsten-ruhe.de → Downloads → [2010-10 VDI](#)

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

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

DIN 18040-1:2010-10 Barrierefreies Bauen

DIN 18041:2016-03 Hörsamkeit in Räumen

Öffentlich-rechtlich (für die Baugenehmigung) müssen nur bauaufsichtlich eingeführte Normen beachtet werden.

Zivilrechtlich kann es aber durchaus sinnvoll sein, auch andere Regelwerke zu beachten (Mängelfreiheit).

**Zivilrechtlich ist es jedenfalls
NICHT VERBOTEN,
etwas Gutes, Richtiges und
Sinnvolles zu planen!**

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

**Wer will,
der findet Lösungen.**

**Wer nicht will,
der findet Gründe,
Probleme, Paragraphen.**

Rechtliche Möglichkeiten: Papst Franziskus

„Politik ist eine der wertvollsten Formen der Nächstenliebe“

Franziskus ermutigt damit die Aktivisten und Selbsthilfegruppen (also uns), sich auch in die „große Politik“ einzumischen, nach der Legitimation des Ganzen zu fragen. Auch wenn sie dann mit Gegenwind rechnen müssen:

„Wenn Ihr von Eurer Gemeinschaftsarbeit aus es wagt, die 'Gesamtverhältnisse' in Frage zu stellen, dann will man das nicht dulden, weil Ihr Euch auf das Gebiet der wichtigen Entscheidungen vorwagt, die einige gesellschaftliche Kasten sich selbst vorbehalten möchten.

Lasst Euch nicht zu bloßen Verwaltern des herrschenden Elends machen. Lasst Euch nicht einwickeln.“

Normen und Technische Baubestimmungen:

**Anwenden
von DIN-Normen
nicht
Mitdenken.**

Normen und Technische Baubestimmungen:

**Auch das Anwenden
von DIN-Normen
ersetzt nicht
das Mitdenken.**

**Denn Normen beschreiben nur
das richtige Verhalten im Regelfall
(im Norm-al-Fall).**

Rechtliche Möglichkeiten: Bau-Recht

DIN 18041:2016 Hörsamkeit in Räumen

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

*Hier gelten das Benachteiligungsverbot aus Art. 3, Abs. 3 **Grundgesetz**, die Vorgaben des **Bundesgleichstellungsgesetzes** § 4 und der **UN-Konvention** über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ...*

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

Die „Barrierefrei-Norm“ DIN 18040 verweist bei den akustischen Anforderungen auf die „Raumakustik-Norm“ DIN 18041.

Definition von Barrierefreiheit, HmbGGbM, §5:

*Barrierefrei sind **bauliche** und sonstige **Anlagen**, ..., **akustische** und visuelle **Informationsquellen** und **Kommunikationseinrichtungen** ..., wenn sie für behinderte Menschen*

- 1. in der allgemein üblichen Weise,*
- 2. ohne besondere Erschwernis und*
- 3. grundsätzlich ohne besondere Hilfe*

*auffindbar, zugänglich, **verständlich** und nutzbar sind. Hierbei ist die Nutzung persönlicher Hilfsmittel zulässig.*

Nicht Da-Sein, sondern Dabei-Sein ist wichtig!

Definition der Drei Prioritäten:

- **Priorität 1:** Alarm- und Warnsignale bei Gefahr für Leib und Leben haben die oberste Priorität: Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist lebensgefährlich!
- **Priorität 2:** Informationen, die Entscheidungen vorbereiten oder ohne Rückfragemöglichkeit dargeboten werden, haben mittlere Priorität: Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist ärgerlich.
- **Priorität 3:** Informationen, die unterstützend dargeboten werden oder bei denen Rückfragen möglich sind (Kommunikation), haben die niedrigste Priorität. Ein Ausgleich ist i. A. „mit Bordmitteln“ möglich.

Die drei Prioritäten und das Zwei-Sinne-Prinzip:

In der **Priorität 1** ist das Zwei-Sinne-Prinzip **IMMER UND UNMISSVERSTÄNDLICH** notwendig.

In der **Priorität 2** ist das Zwei-Sinne-Prinzip **GRUNDSÄTZLICH** und **SO GUT WIE MÖGLICH** anzubieten und der erste Sinn zu unterstützen.

In der **Priorität 3** sind der erste Sinn und das Zwei-Sinne-Prinzip **ETWA GLEICHRANGIG**.

3 Prioritäten + 2 Sinne = 1-fach für Alle



$$3 + 2 = 1$$

Erläuterungen zu den Prioritäten

- **Priorität 1:** Alarm- und Warnsignale bei Gefahr für Leib und Leben haben die oberste Priorität: Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist lebensgefährlich!
Unfallgefahren: LKW, Motorrad werden nicht gehört
Steckenbleiben im Aufzug: Stress, Kollaps, Infarkt
Räumung von Bahnhöfen/Flughäfen wg. Bombenalarm
Räumung von Bahnhöfen/Flughäfen wg. Feuer (Dssd.)
objektive Sicherheit
subjektives Sicherheitsgefühl (z. B. „dunkle Ecken“)

Erläuterungen zu den Prioritäten

- **Priorität 2:** Informationen, die Entscheidungen vorbereiten oder ohne Rückfragemöglichkeit dargeboten werden, haben mittlere Priorität: Das Nicht-Erkennen dieser Informationen ist ärgerlich.

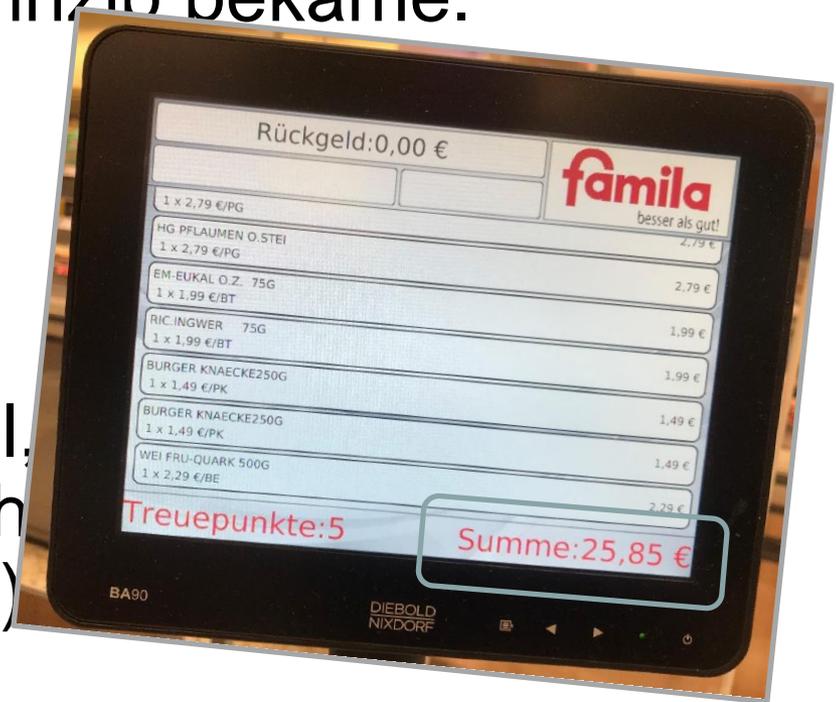
Lautsprecherdurchsagen nicht verstanden?
Der Zug ist jetzt vom anderen Gleis gerade weg.
Aber der nächste fährt doch schon in zwei Stunden!
Der Anschluss-Flug wird auch nicht erreicht?
Tja! So'n Schiet!



Erläuterungen zu den Prioritäten

• **Priorität 3:** Informationen, die unterstützend dargeboten werden oder bei denen Rückfragen möglich sind (Kommunikation), haben die niedrigste Priorität. Es ist aber komfortabel, wenn man auch solche Informationen auch nach dem Zwei-Sinne-Prinzip bekäme.

- Reise-Auskünfte
 - im ServicePoint,
 - im ReiseCenter,
 - beim Busfahrer
- Fahrscheinkauf (Reiseziel, 1./2. Klasse, mit/ohne Bahn, Bezahlart bar / EC / VISA)



Schallschutz

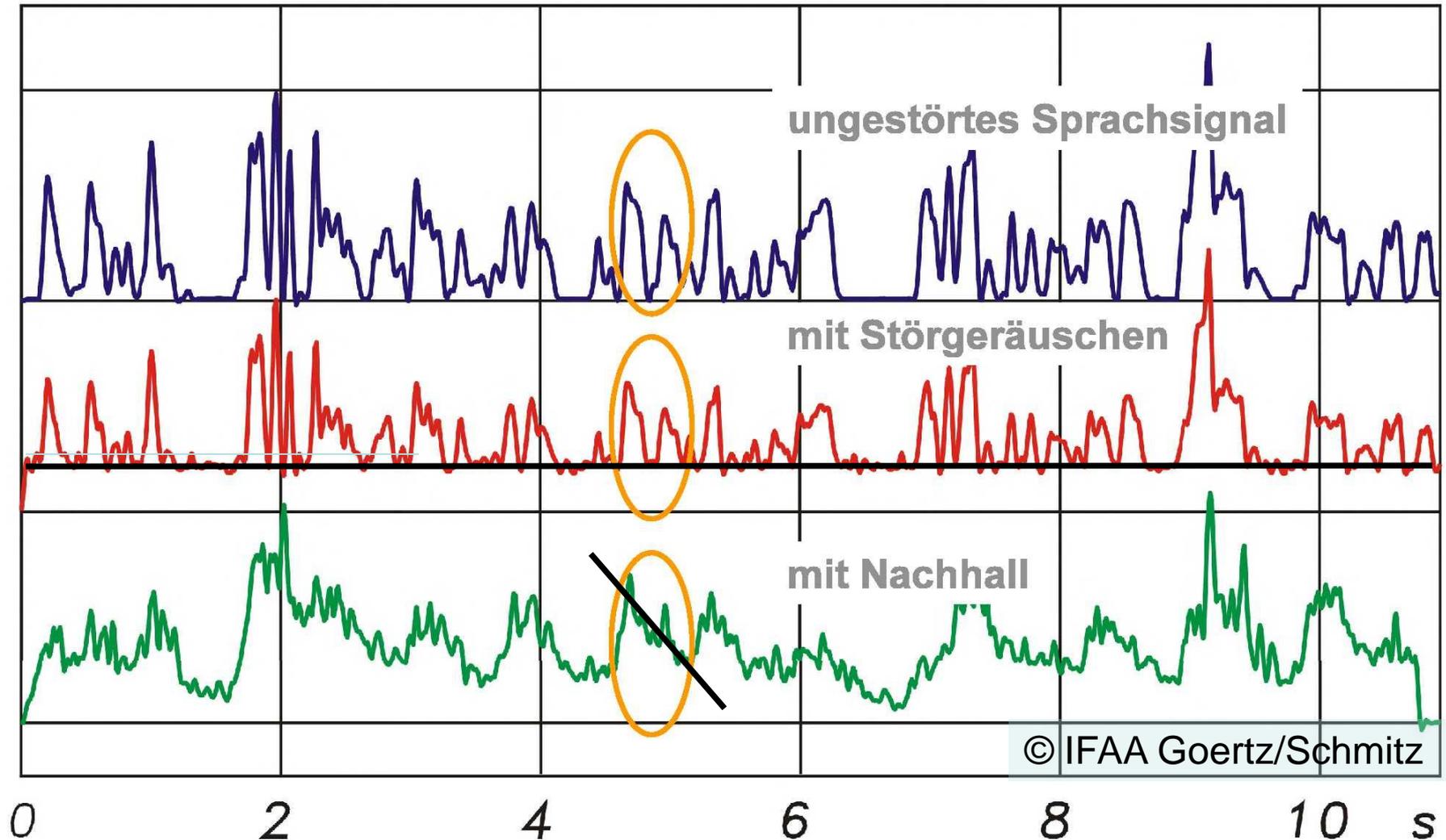
Die Anforderungen ergeben sich aus
DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“:

1. gegen Außenlärm
2. gegen Geräusche aus Nachbarräumen
3. gegen Geräusche technischer Anlagen

**Schallschutzmängel verschaffen sich
in der Regel von allein Gehör!**

Pädagogische Notwendigkeiten

Sprache Hüllkurve: Original, mit Noise, mit Hall



Pädagogische Notwendigkeiten

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 (**Schwerhörnde**).*

*Vergleichbare Anforderungen gelten auch für die Kommunikation in einer Sprache, die **nicht** als **Muttersprache** gelernt wurde, bzw. bei der Kommunikation mit Personen, die **Deutsch als Fremdsprache (DaZ)** sprechen (**Fremdhörnde**),*

*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 (**darunter sind auch Guthörnde**). Menschen mit **Sehschädigung** habe **ich** damals zu erwähnen vergessen.*

Akustische Anforderungen nach DIN 18041

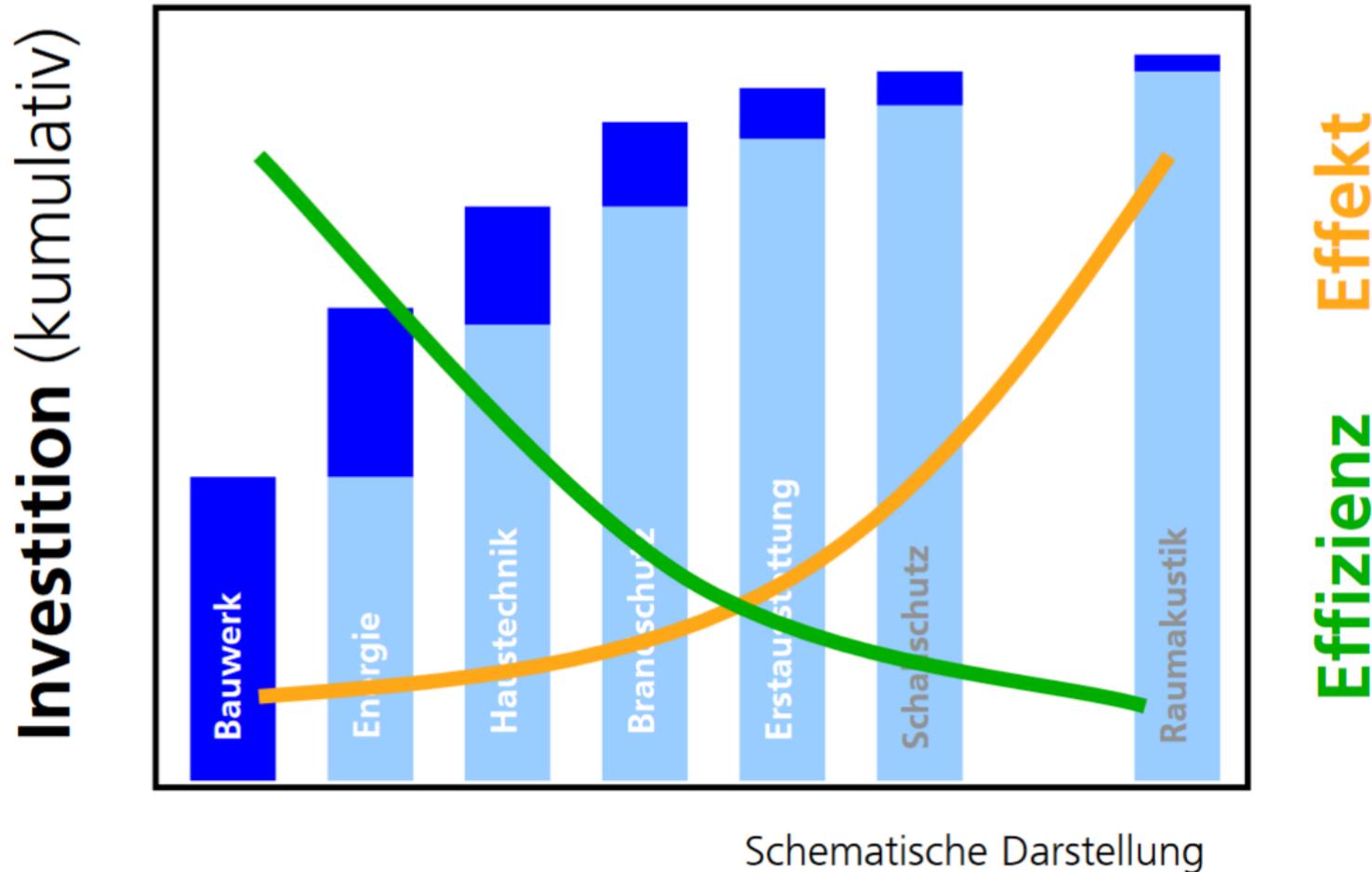
*Von Personen mit Hörschäden wird die raumakustische Situation für Sprachkommunikation **umso günstiger** empfunden, **je kürzer die Nachhallzeit** ist.*

Dasselbe gilt auch für die Kommunikation mit Personen in einer Sprache, die nicht als Muttersprache gelernt wurde 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, Leistungsbeeinträchtigungen.

Im Zweifelsfall sollten in Räumen zur Sprach-Information und -Kommunikation eher kürzere als längere Nachhallzeiten realisiert werden.

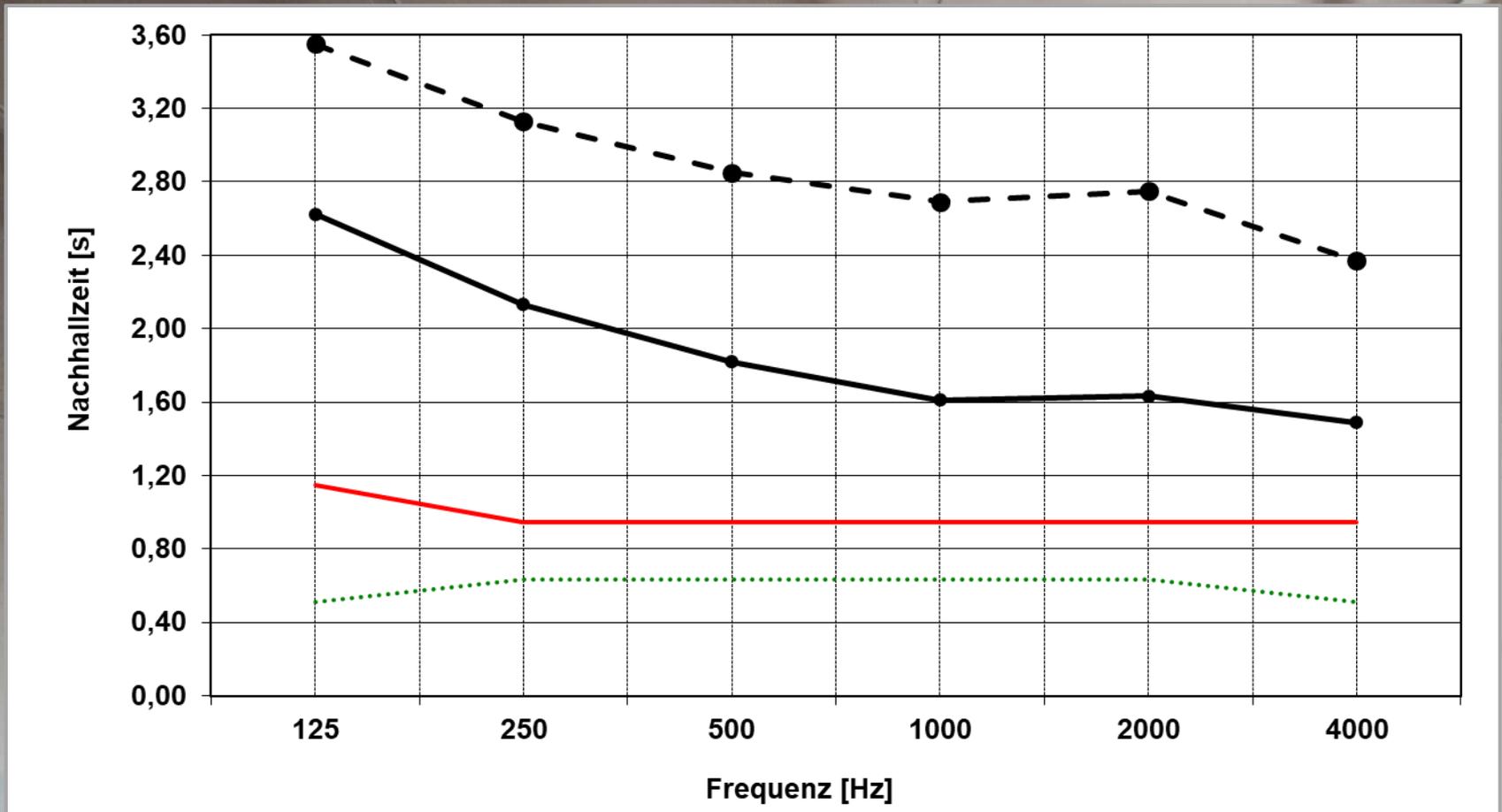
Gebäude und Räume – Effizienz und Effekt

Vernachlässigte Balance



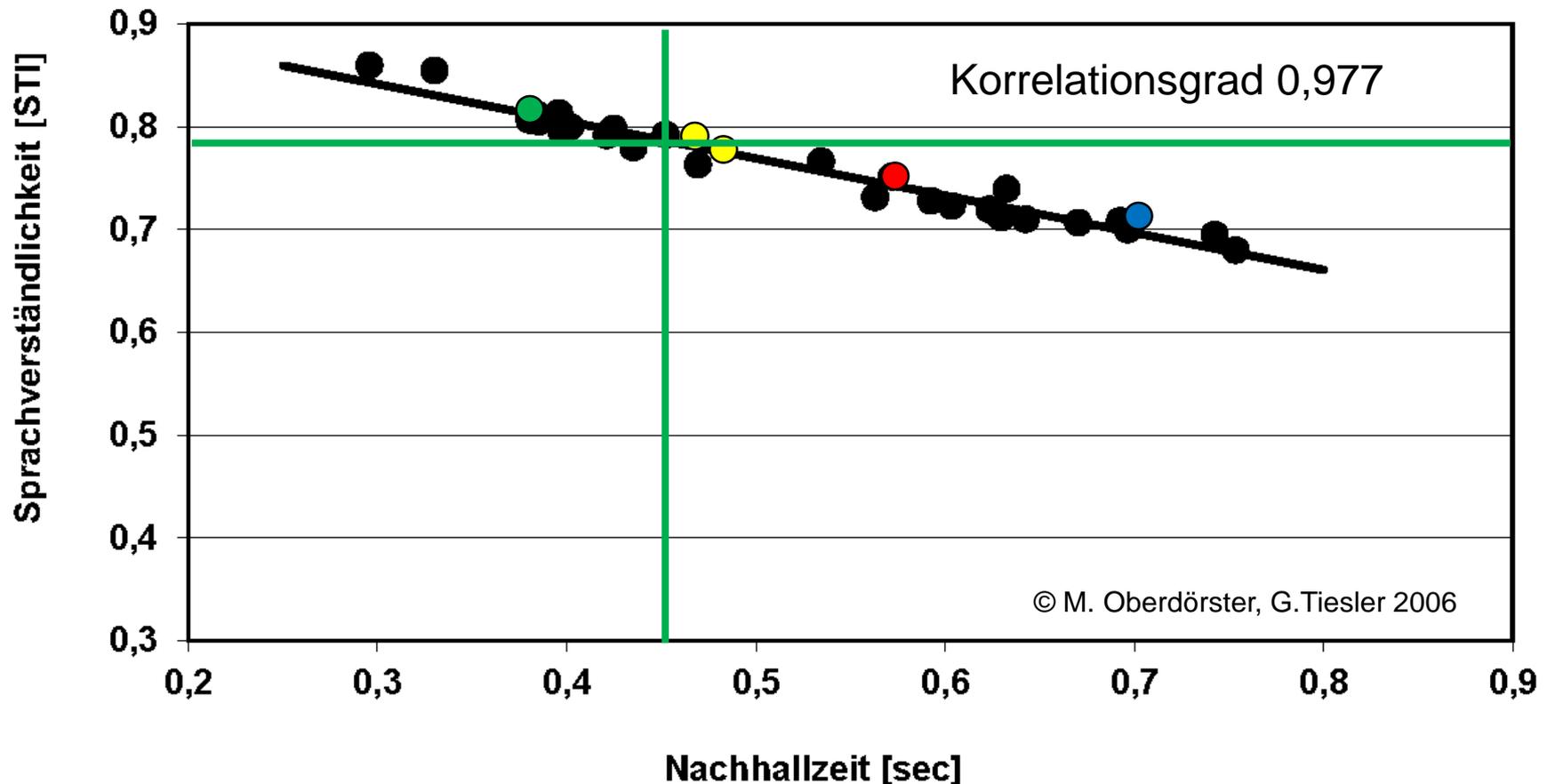
© Philipp Leistner, Fraunhofer IBP, Stuttgart 2013

Nachhall in einem Universitäts-Hörsaal

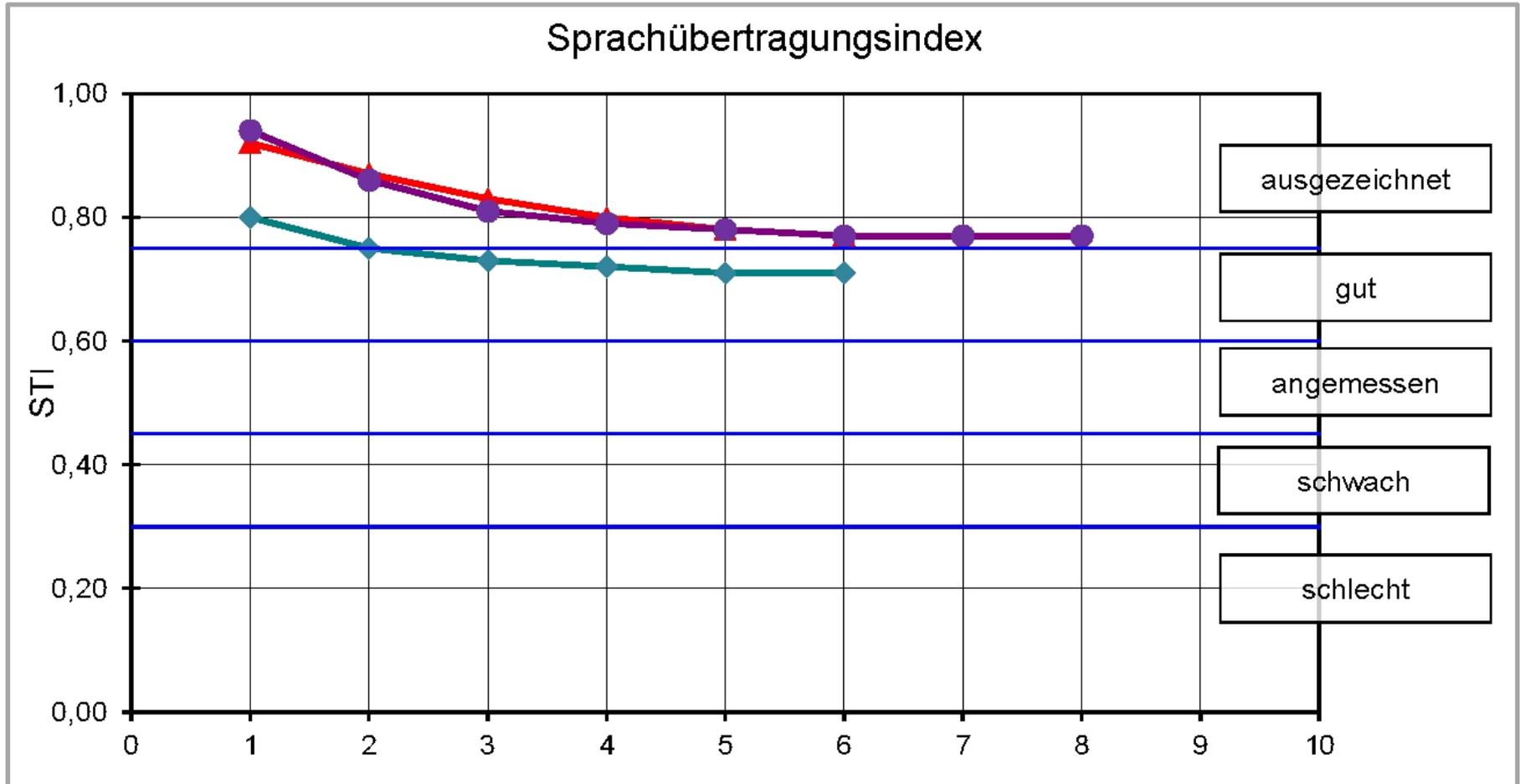


Sprachverständlichkeit und Nachhallzeit

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



Sprachverständlichkeit und Nachhallzeit



Akustische Anforderungen aus DIN 18041 **2004**

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, ... bis 20 % unter den in Bild 1 angegebenen Kurven liegen...

Damals gab es also eine spezielle (exklusive) Anforderung für die „ganz besonderen“ Menschen.

Aber: eine „exklusive Lösung“ ist keine „Inklusion“!

Akustische Anforderungen, Übergang → 2016

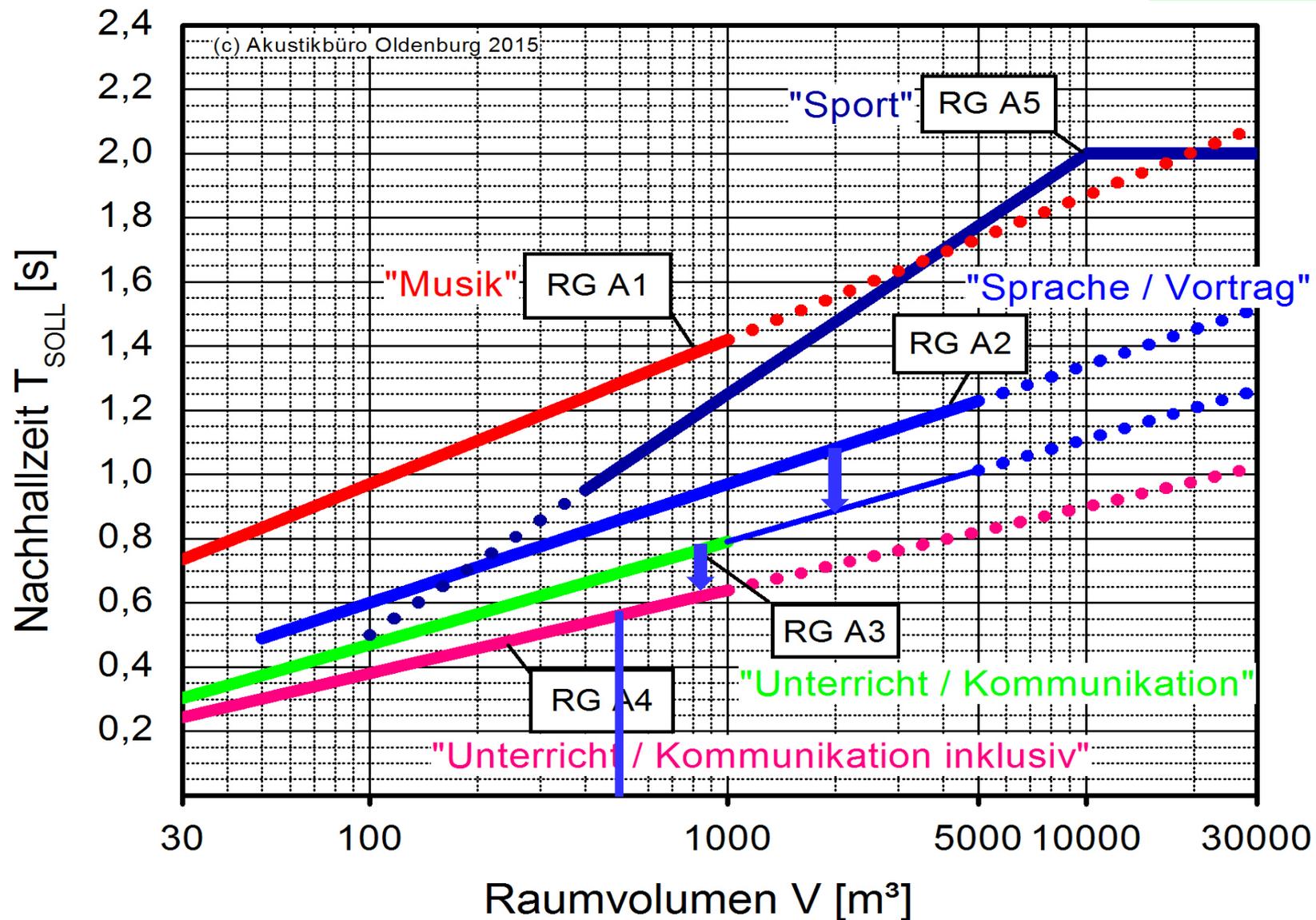


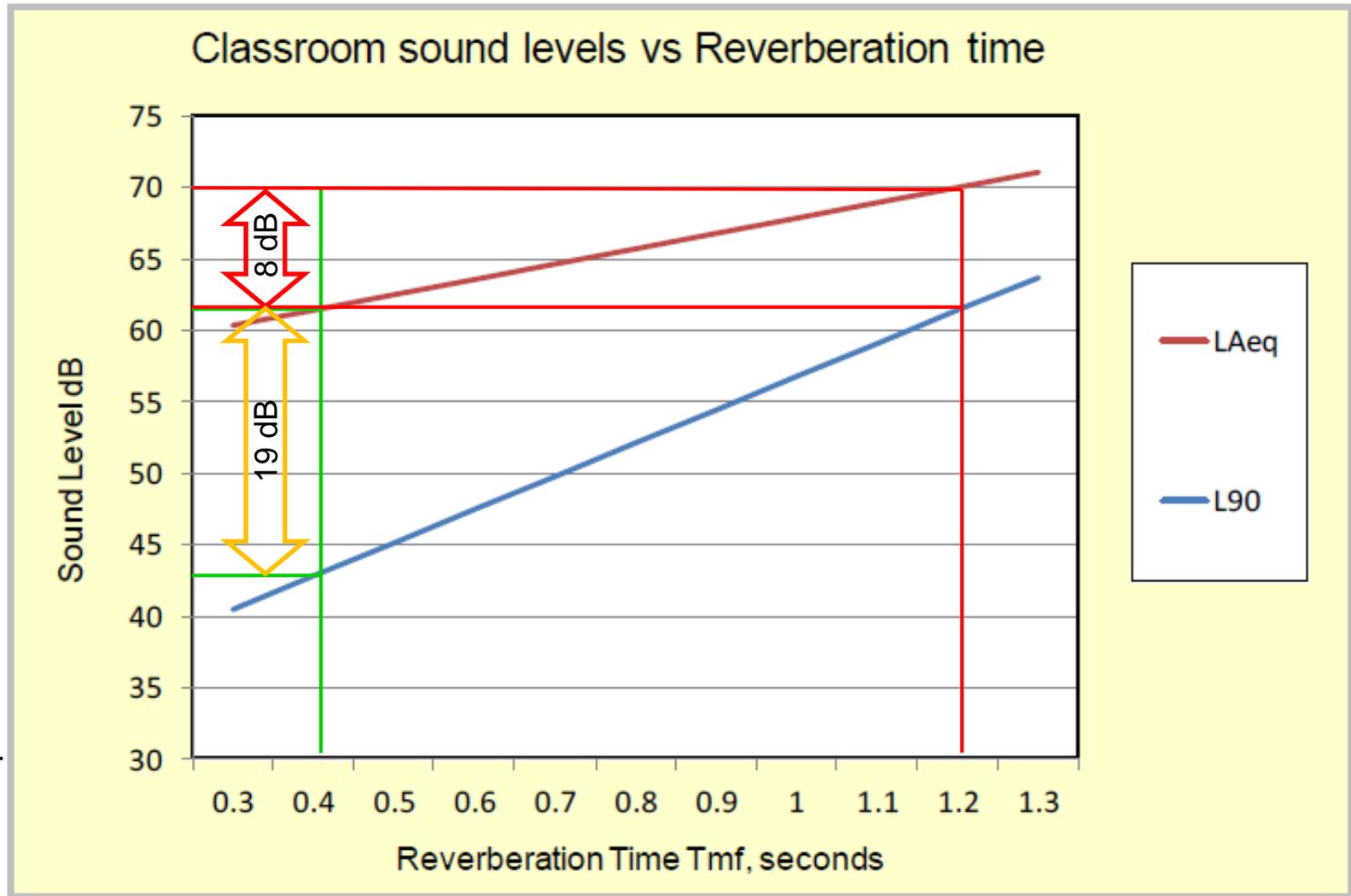
Tabelle 1 — Beschreibung der Nutzungsarten der Räume der Gruppe A

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 ist das Publikum kommuniziert über Lautsprechergruppen (auch über mobile Anlagen), mit unterschiedlichen Inhalten</p>	<p>Sprachliche Kommunikation über kurzzeitige Nutzungen ist im allgemeinen gut möglich.</p>	<p>Sport- und Schwimmhallen für ausschließliche Sportnutzung</p>
<p>^a Gemäß Bundesgleichstellungsgesetz und vergleichbarer Landesregelungen und der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen sind Neubauten inklusiv zu errichten.</p>			

Lärminderung durch Schallabsorption



Lärminderung durch Schallabsorption



© Essex-Studie 2012

Lärminderung durch Schallabsorption

- Durch die Schallabsorption verringert sich der **Nutzsignalpegel**. Bei einer Drittelung der Nachhallzeit müsste der Pegel (physikalisch) um 5 dB abnehmen.
 - → Wenn er hier um 8 dB leiser ist, dann haben alle in dem gedämpften Raum im Mittel um 3 dB leiser gesprochen.
- Durch die Schallabsorption verringert sich auch 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 dadurch auch der Sprachübertragungsindex STI.

Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Grundlegende „Formel“ ist die „Sabinesche Nachhall-Gleichung“:

$$T = 0,163 \times V / A$$

T: Nachhallzeit

V: Raum-Volumen

A: Äquivalente Schall-Absorptionsfläche

Für den jeweiligen Raum ist nicht nur der Zahlenwert 0,163 konstant, sondern auch das vorhandene Raum-Volumen V.

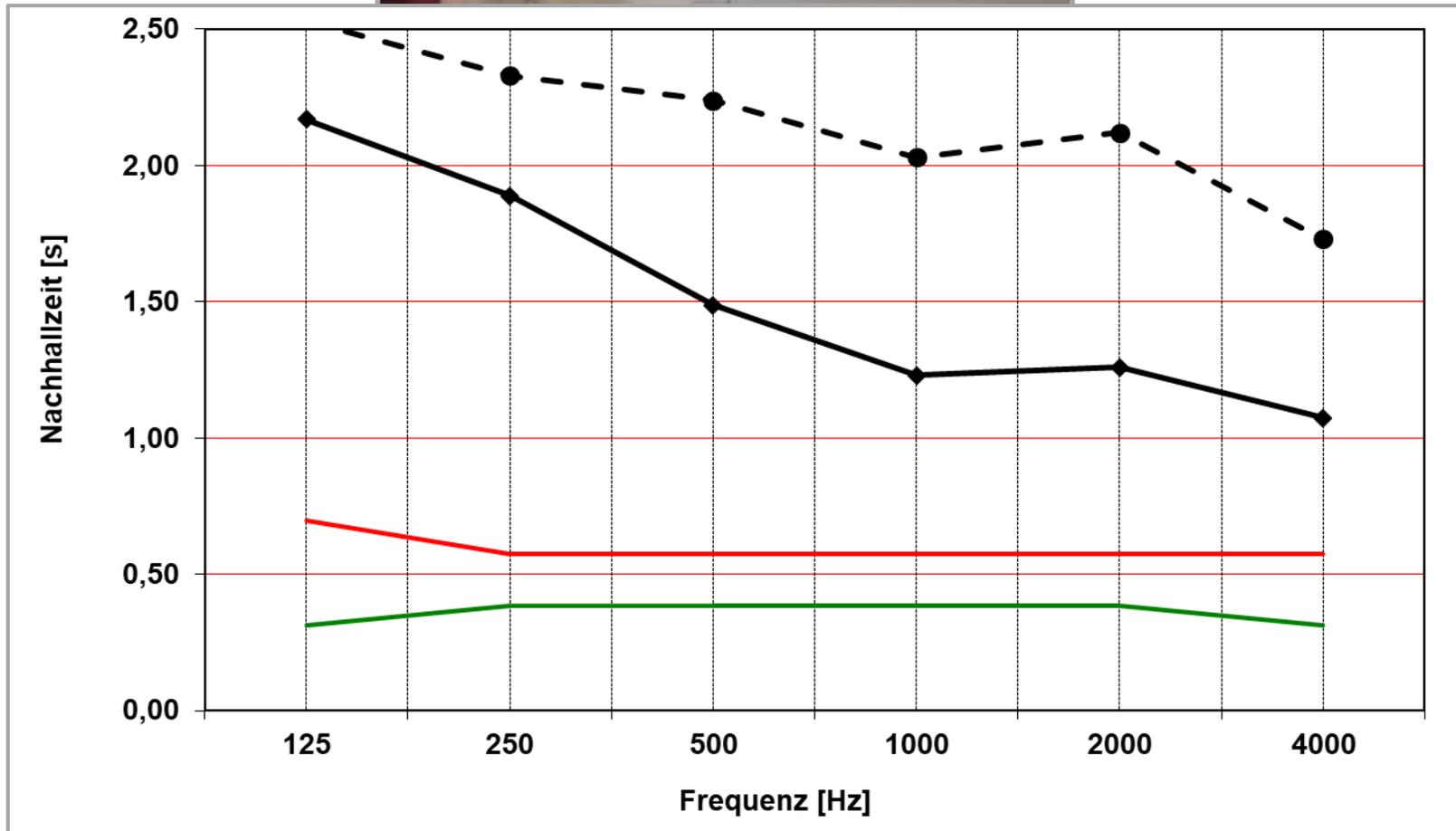
Man kann also auch schreiben:

$T \sim 1 / A$ oder T ist umgekehrt proportional zu A

Je größer die Absorptionsfläche, desto kürzer die Nachhallzeit.

Je kleiner die Absorptionsfläche, desto länger die Nachhallzeit.

Nachhall im Klassenraum eines Gymnasiums



Bautechnische Umsetzungen: Schallabsorption

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen.

Nur derjenige Schall kann absorbiert werden,
der auch auf eine Schallabsorptionsfläche trifft!

Die größte freie Fläche im Raum ist meistens die Decke.

Sie ist außerhalb der Handreichweite und dadurch gut gegen Beschädigungen geschützt.

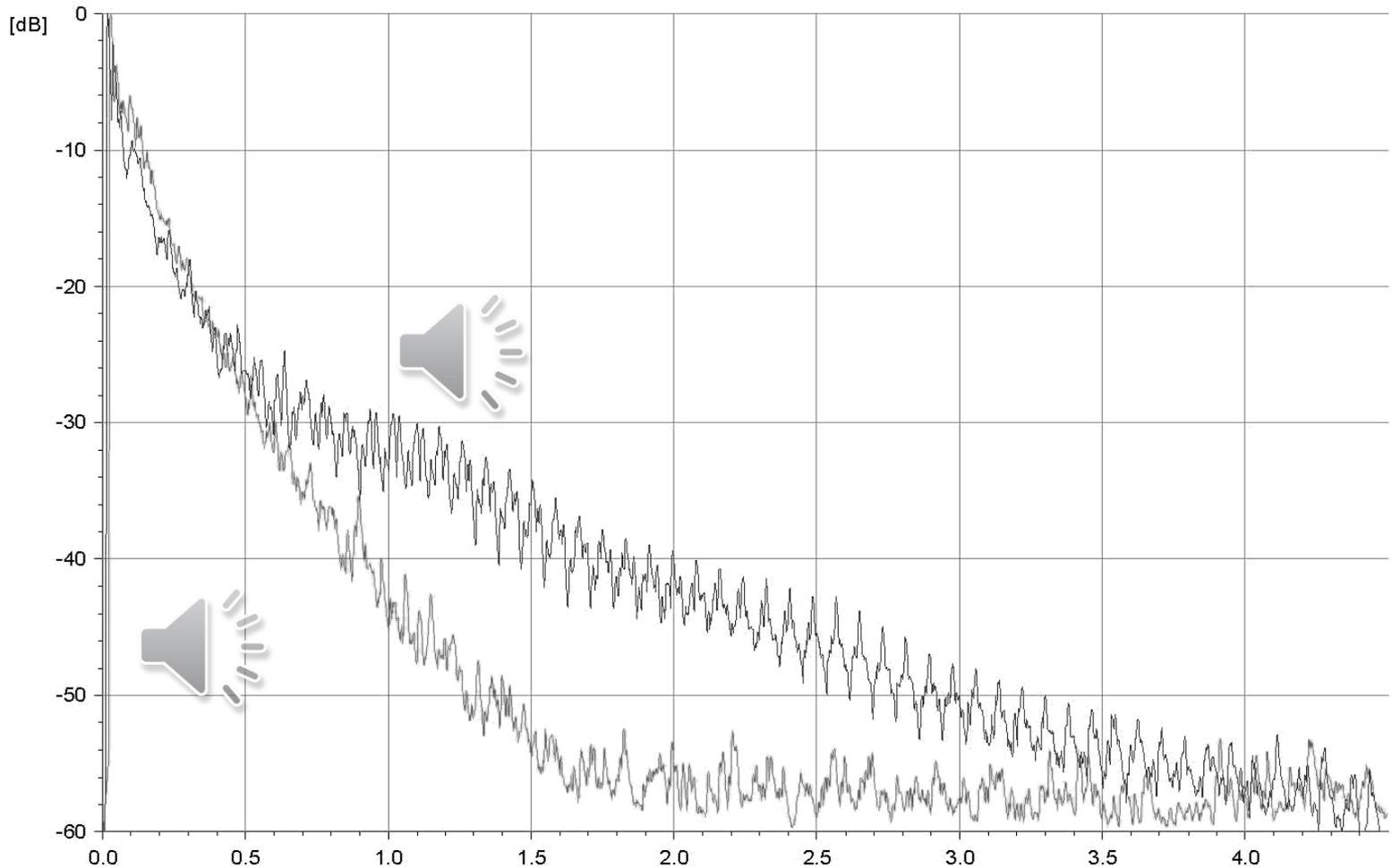
Aber: Nur die (große) Decke zu bekleiden, reicht nicht!

Der Nachhall im Raum ist nichts anderes, als die Überlagerung der Echos in den drei Raumdimensionen Länge / Breite / Höhe.

Wenn nur die Decke absorbiert,
dann verbleiben noch die horizontalen Schallreflexionen.

Raumbereiche mit und ohne Flutterechos

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

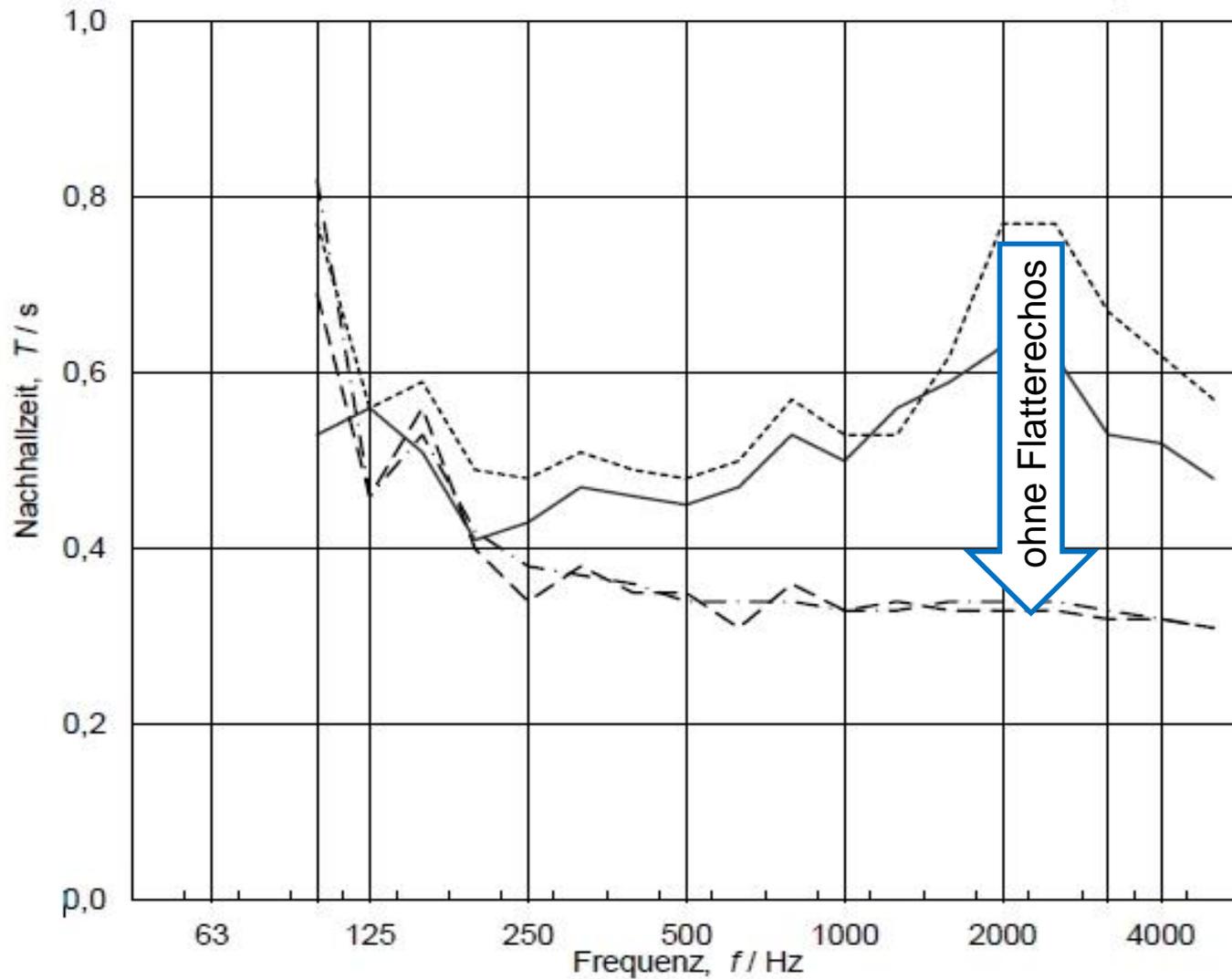


© TuR
König/Ruhe
2007

Optisches Flatterecho



Beseitigung von Flutterechos





iro

Schallabsorption

Die Bewegungsenergie der schwingenden Luft-Partikel wird durch Reibung in Wärme umgewandelt:

medizinisch-physikalisch- biologischer Selbstversuch!

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

Pustet kräftig auf den Handrücken.
→ es bleibt kalt.

Berechnung der Schallabsorptionsfläche

Für eine kurze Nachhallzeit benötigt man also große und frei zugängliche Schallabsorptionsflächen in allen drei Dimensionen.

Letzte Gleichung für heute:

$$A = S \times \alpha$$

A: äquivalente Schall-Absorptionsfläche

S: mit dem Absorber belegte Fläche

α : Schallabsorptionsgrad

Material	Schallabsorptionsgrad
Beton, Glas, Keramik, Parkett	0,03 bis 0,07
Teppiche	0,10 bis 0,15
dicke Vorhänge	bis 0,35
schallabsorbierende Decken	0,55 bis 0,95

„Kochrezept“ für inklusive Raumakustik

Aller guten Dinge sind Drei:

1. Möglichst zuerst die ganze **Decke** bekleiden.
Sie ist die größte Fläche im Raum
und liegt außerhalb der Handreichweite.
Man kann also kostengünstig ein weiches,
gut absorbierendes Material verwenden.
2. Die zweite Raumdimension auch behandeln: schall-
absorbierende Wandpaneele an der „**Rückwand**“.
3. Ein **Teppich** absorbiert viel weniger,
lässt aber Störgeräusche gar nicht erst entstehen.

Hören Sehen Planen Bauen
Fachreferat Barrierefrei am DSB



reFeRATgeber 6

HÖRGESCHÄDIGTE KINDER IN REGELSCHULEN



Klassenraum-Akustik
Klassenraum-Gestaltung
Klassenraum-Organisation

2. Auflage 2016-08
1. Auflage 2016-02
Weitergabe / Nachdruck gern gestattet

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

Diese Broschüre wurde gedruckt
mit finanzieller Unterstützung der Firmen:



Schulsanierung in Oldenburg-Wechloy



Hamburg, Elbschule, Klassenraum



Barrierefreiheit und „das liebe Geld“

Jeder fragt „Was **kostet** diese Barrierefreiheit?“

Neue Klasseraumdecke	ca. 4.000,- €
Rückwandpaneel	ca. 1.500,- €
Ggfs. Teppichboden	ca. 2.500,- €

Kaum einer fragt „Was **bringt/spart** diese Barrierefreiheit?“

Fahrtkosten je Fahrschüler und Jahr	bis 30.000,- €
Frührente lärmschwerhöriger Lehrer	80 bis 100 Monate
Besserer Lernerfolg / bessere Berufschancen, mehr Verdienst / mehr Steuereinnahmen	
Geringerer Lärm / weniger Schwerhörigkeit, Tinnitus, Burnout	
Geringere Ausfallzeiten / Krankenkosten	

Merke:

**Gute Raum-Akustik ist
inklusiv barrierefrei !**

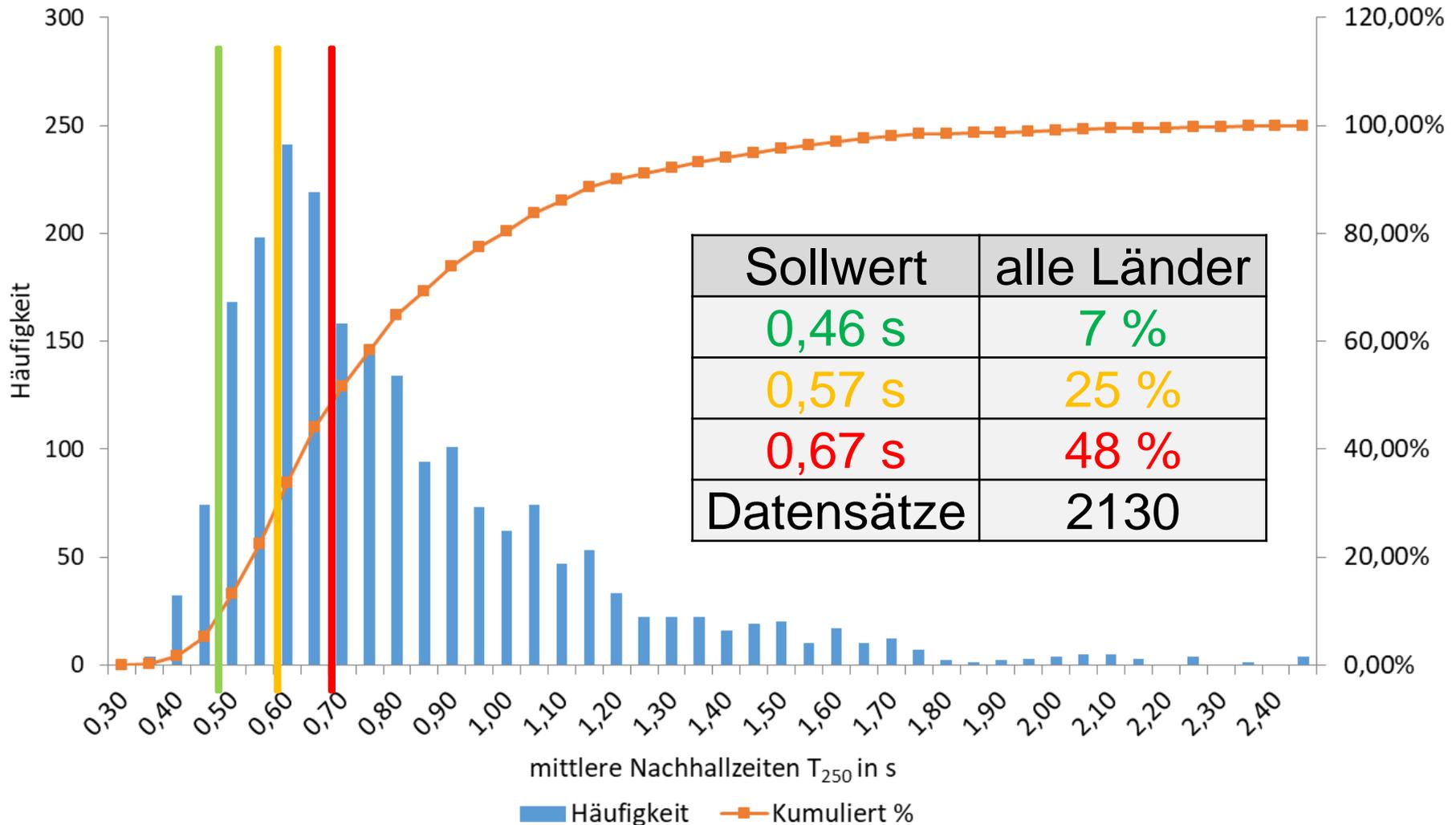
Sie hilft ALLEN Menschen

1. in der allgemein üblichen Weise
2. ohne jede Erschwernis und
3. **vollständig** ohne fremde Hilfe.

Merke:

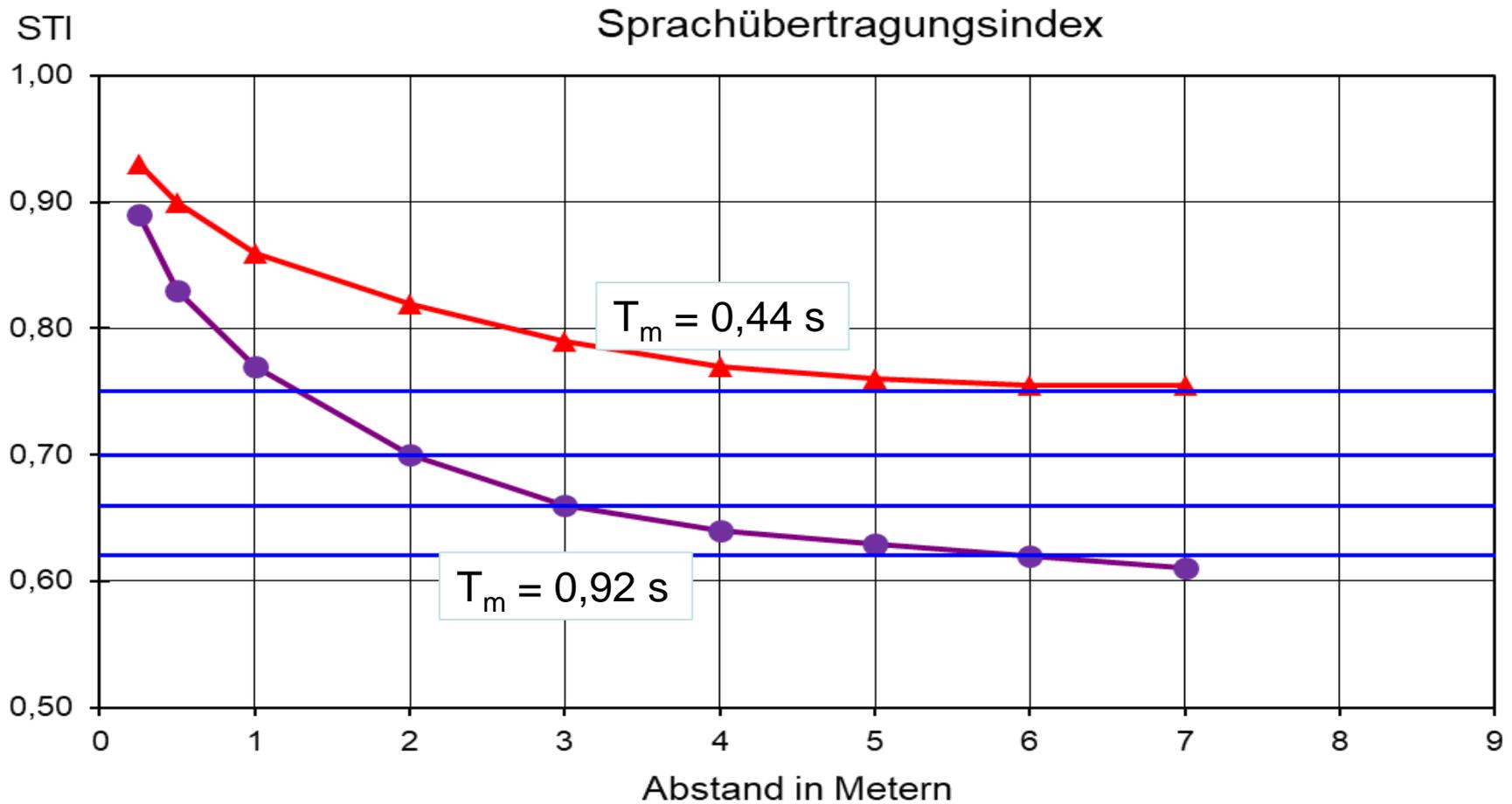
**Aller guten Dinge
sind drei:
Decke ganz
Wandpaneel
Teppichboden**

Statistik der Klassenraum-Nachhallzeiten im Bundesgebiet

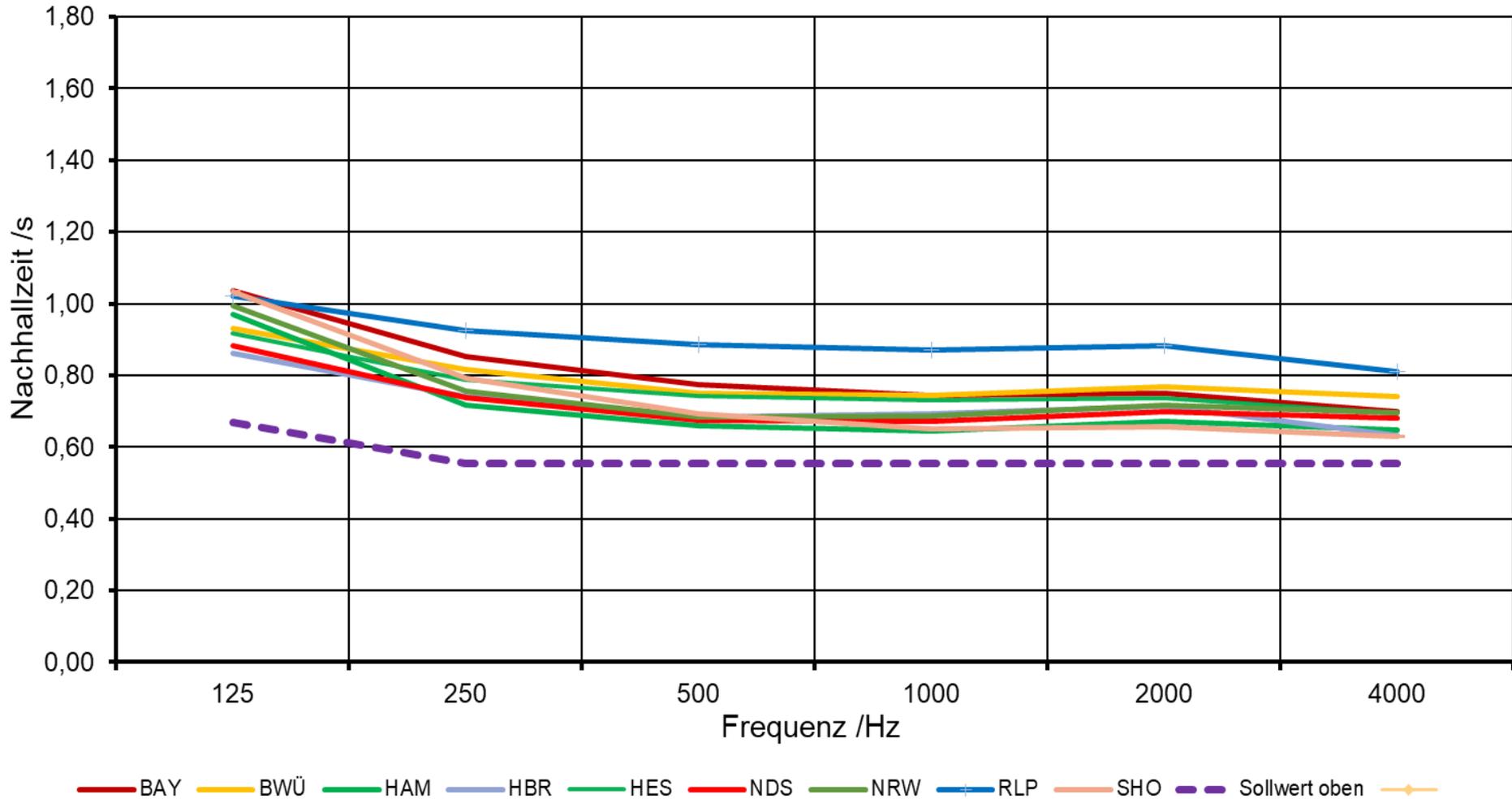


Sprachverständlichkeit wird mit Abstand geringer

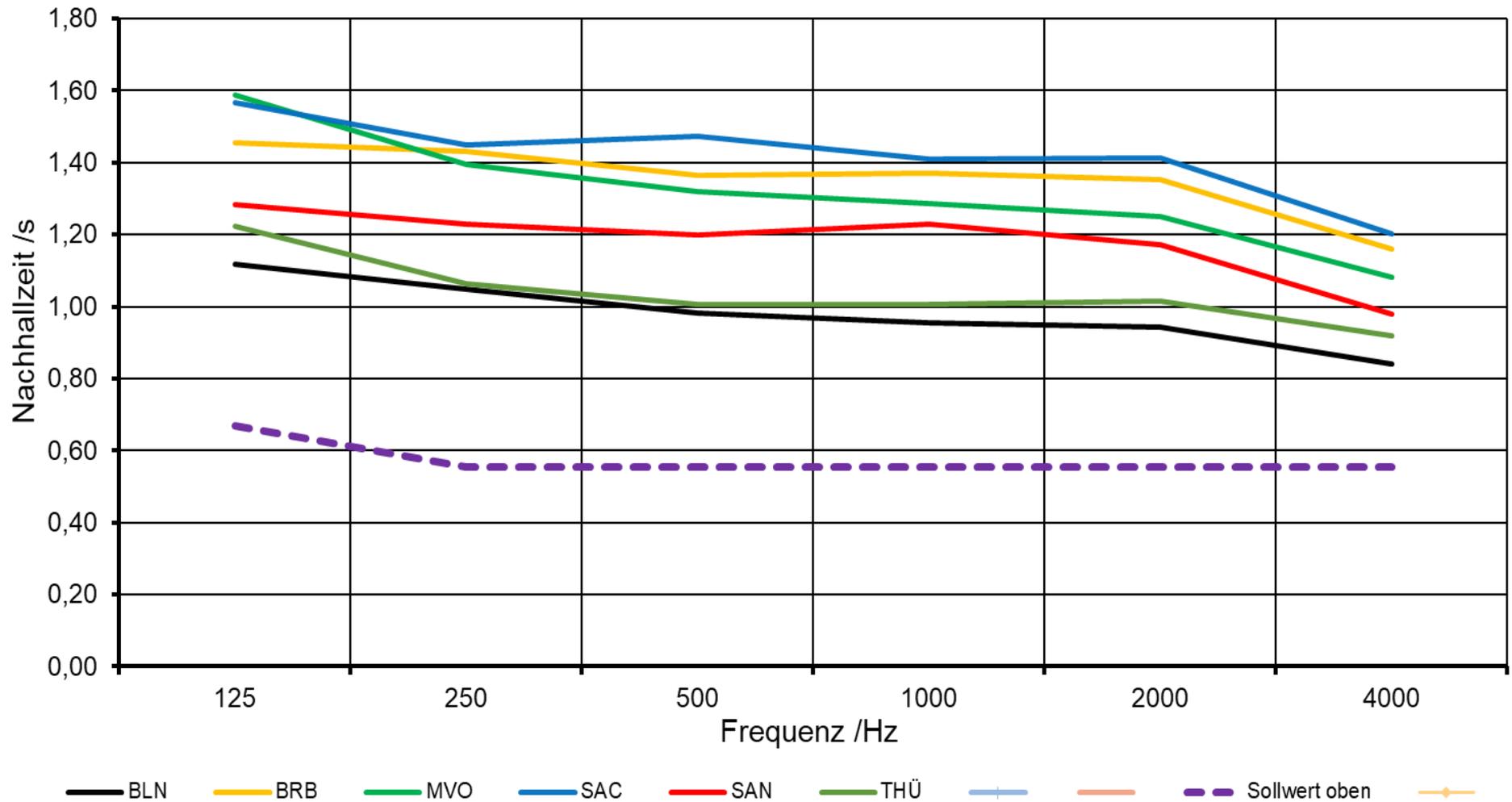
Der STI ist abhängig vom Verhältnis Direktschall / Diffusschall



Spektrale Mittelwerte alte Bundesländer



Spektrale Mittelwerte neue Bundesländer



Pädagogische Notwendigkeiten

Gute (nachhallarme) Raumakustik

- gewährleistet die Sprachverständlichkeit
- mindert Lärm und Störgeräusche (Kneipeneffekt)
- verringert Stress (gut untersucht für die Pädagogen)
- verringert Blutdruck-Anstieg
- verringert Anstieg der Pulsfrequenz
- verbessert den Umgang miteinander
- vermeidet laute Reaktionen (z. B. bei Autismus)
- verringert Gefahr der Lärm-Schwerhörigkeit (z. B. in Sporthallen)
- verringert Gefahr des lärmverursachten Tinnitus
- verringert den Krankenstand bei Lehrern und Schülern
- spart deshalb Geld

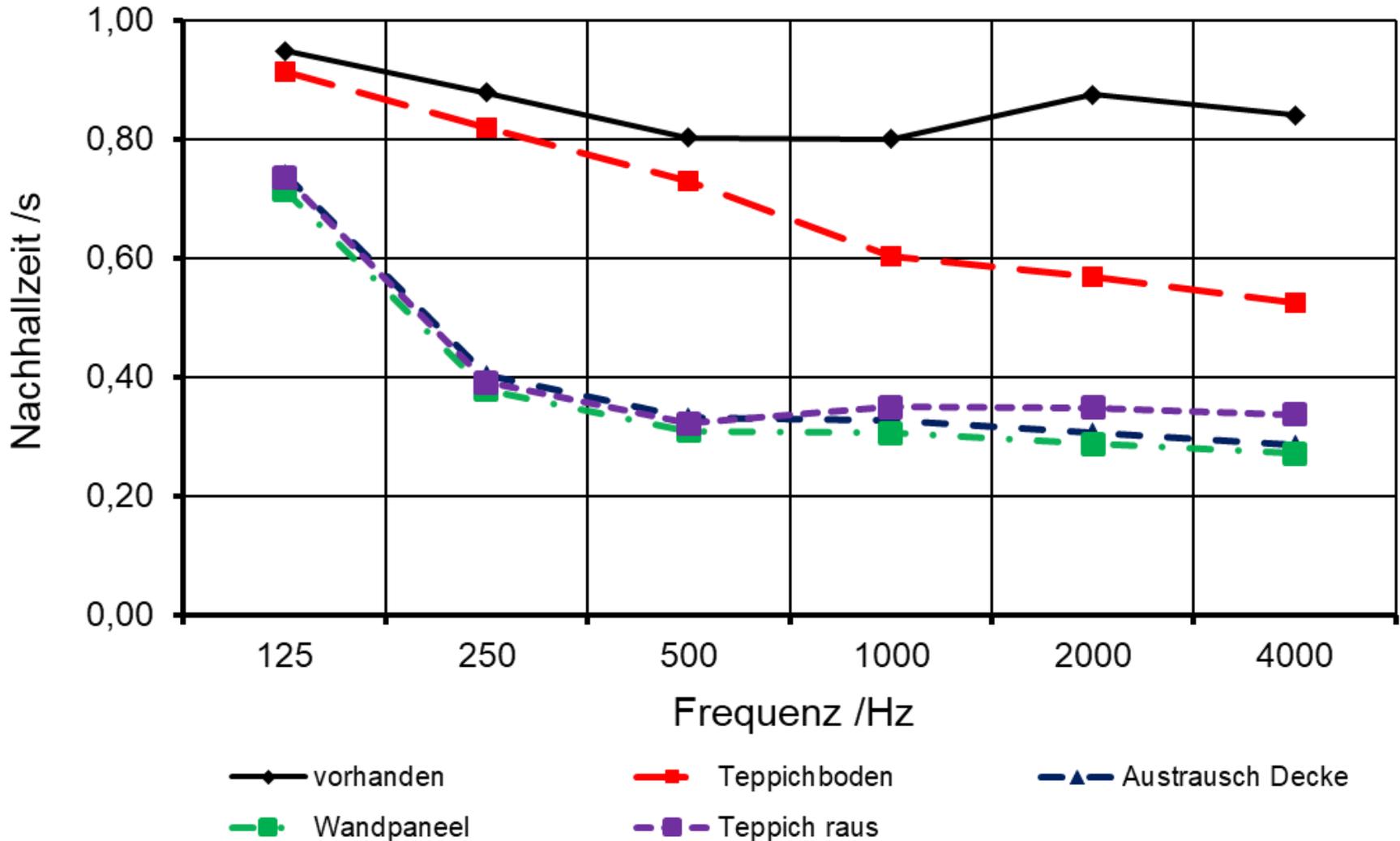
Und das gilt alles für Menschen mit und ohne Hörschädigung!

Wie geht man zur Verbesserung vor?

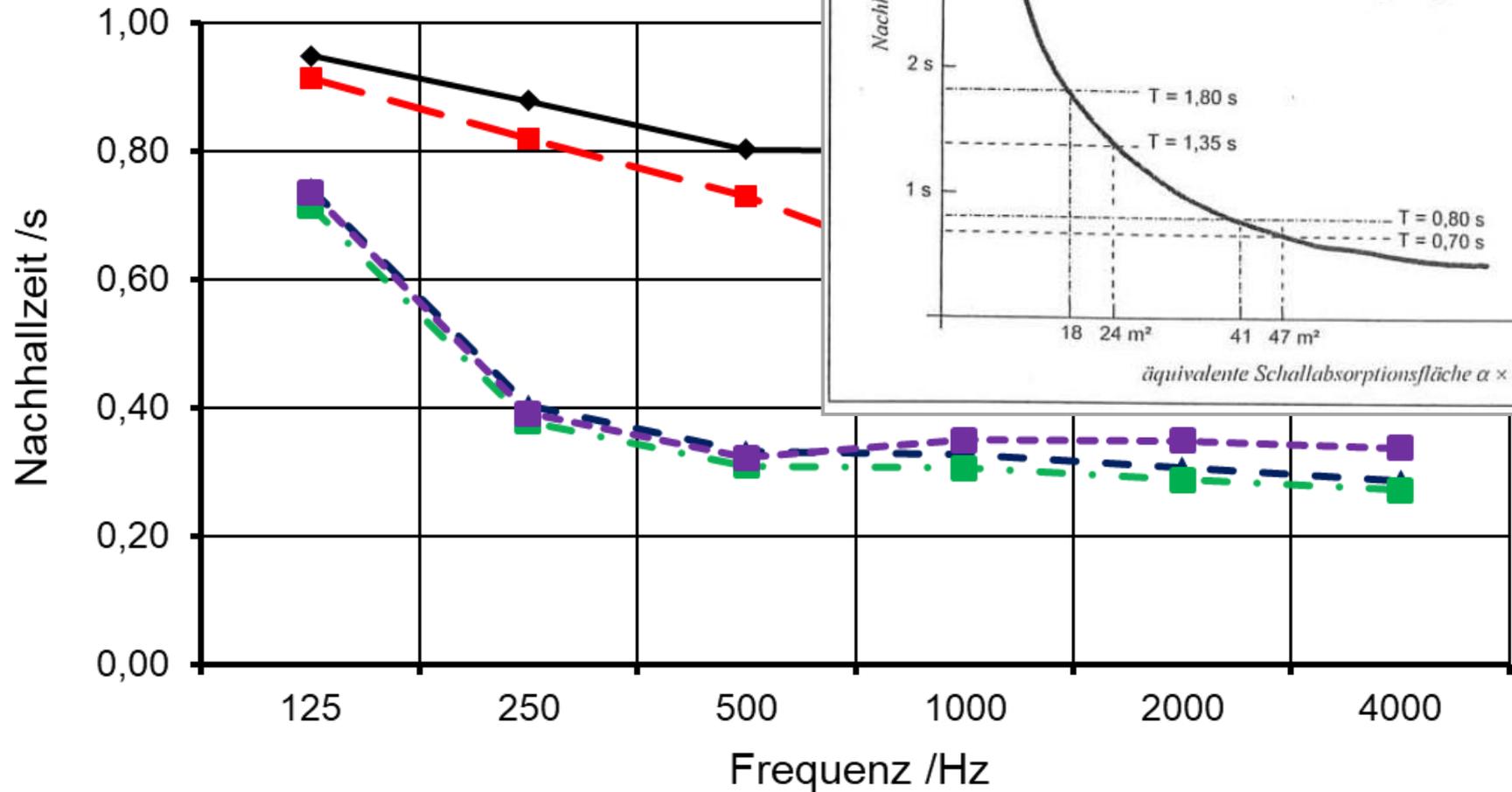
1. möglichst zuerst die **Decke** bekleiden, sie ist die größte Fläche im Raum und liegt außerhalb der Handreichweite man kann also ein weiches, gut absorbierendes Material verwenden
2. zweite Raumdimension auch behandeln: schallabsorbierende **Wand**paneele
3. ein **Teppich** schluckt viel weniger,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

→ „Raumakustischer Dreiklang“

Vergleich verschiedener Ausstattungen

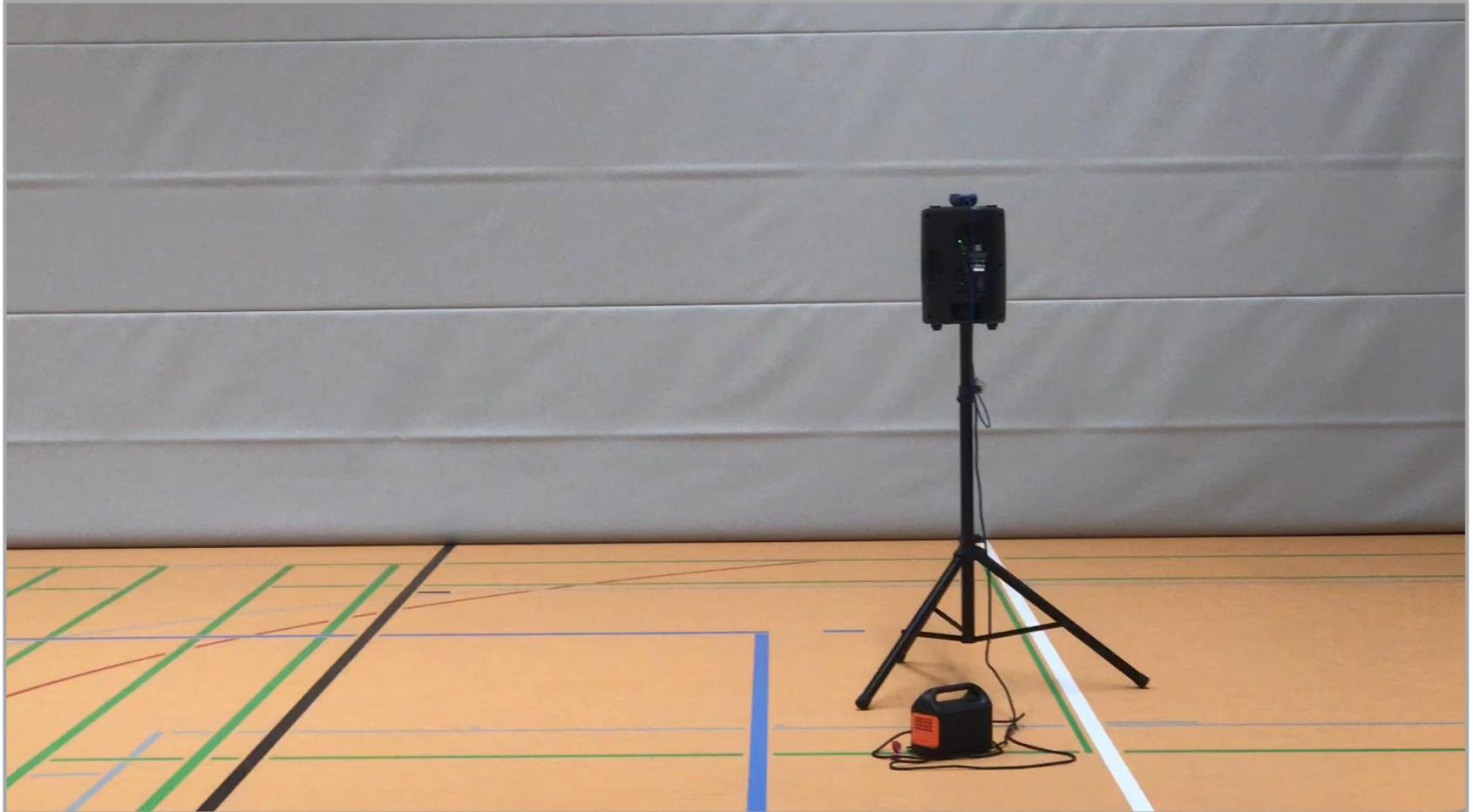


Vergleich verschiedener Auss



- ◆— vorhanden
- Teppichboden
- ▲— Austrausch Decke
- Wandpaneel
- Teppich raus

Heute nicht behandelt: Sporthallen



Heute nicht behandelt:
Sporthallen
Mensen

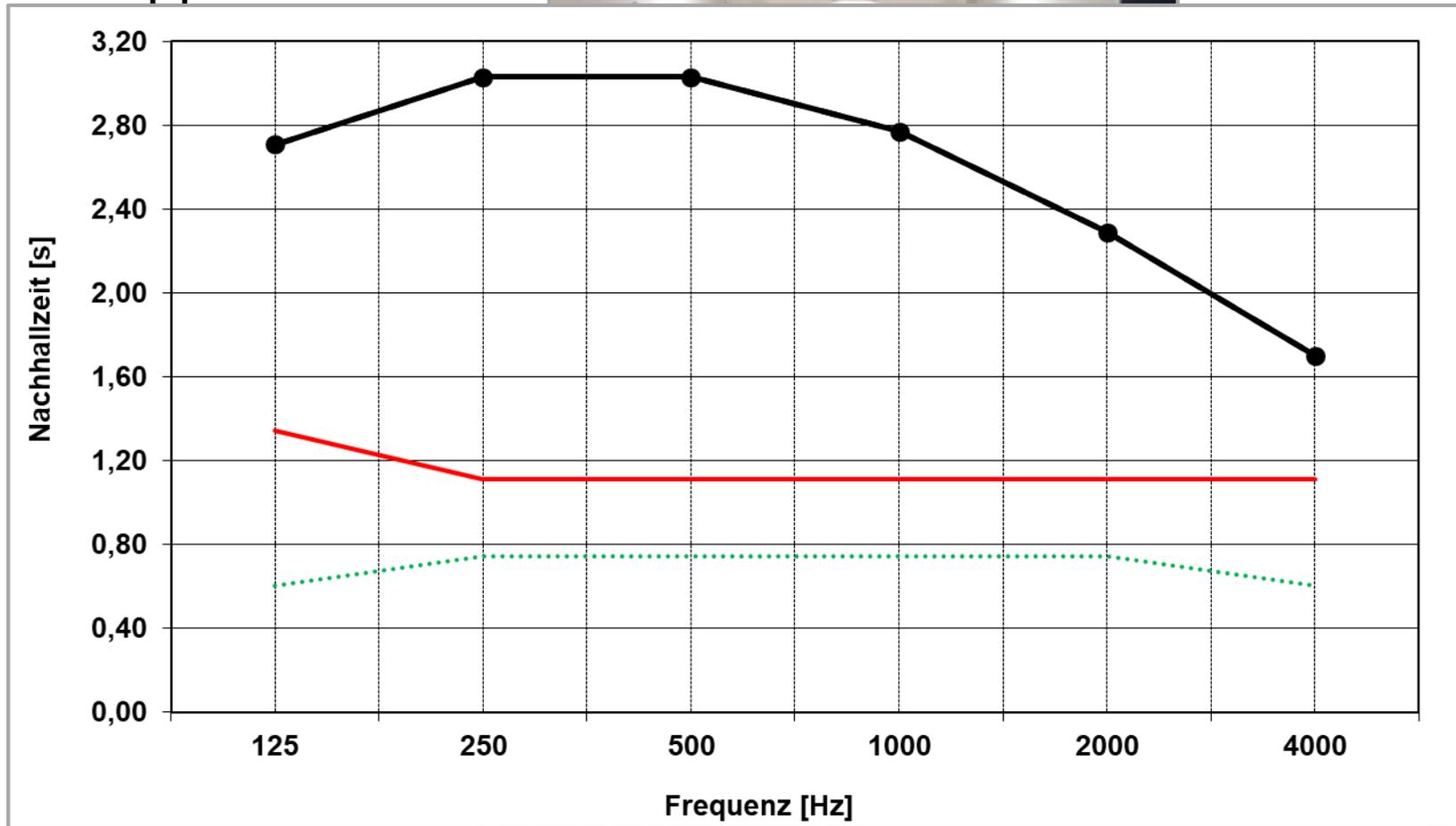


Heute nicht behandelt:

Sporthallen

Mensen

Flure und Treppenhäuser



Heute nicht behandelt:

Sporthallen

Mensen

Flure und Tre

Werkräume



Wissenschaft \leftarrow \rightarrow Wirtschaft

Bei der Klassenraum-Akustik

gibt es kein

Erkenntnisproblem

sondern nur ein

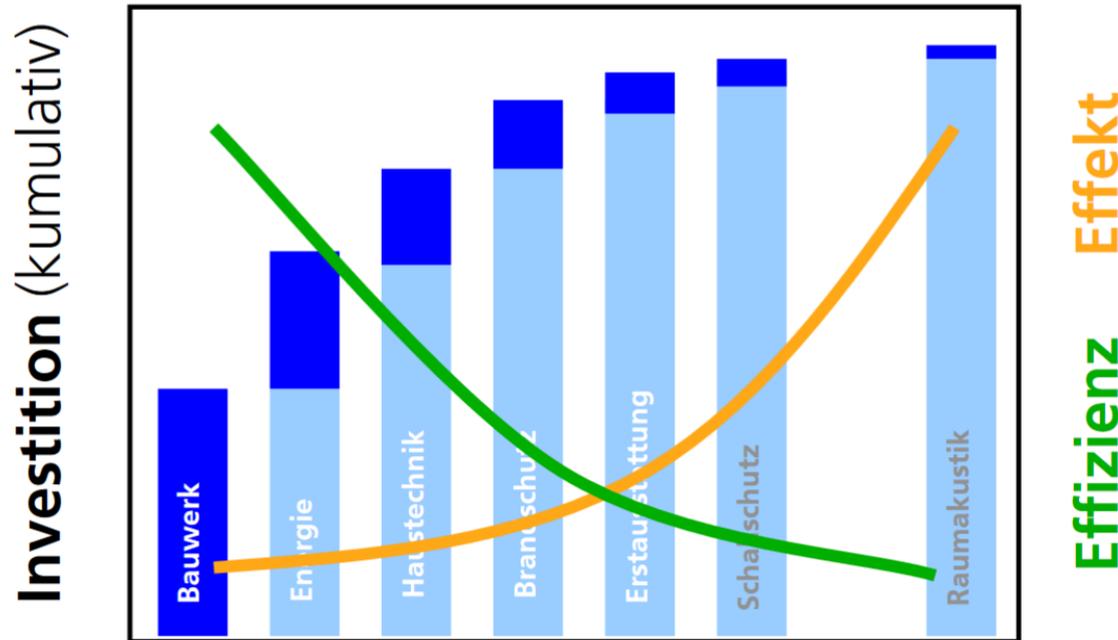
Umsetzungsproblem.

Christian Nocke, Vorsitzender
des Normenausschusses DIN 18041

Kein Problem dieser Welt
wird gelöst,
wenn wir träge darauf warten,
dass ein „Zuständiger“
sich darum kümmert.

Martin Luther King

Gebäude und Räume – Effizienz und Effekt



„Es gibt nur eins, was auf Dauer teurer ist als Bildung,
keine Bildung.“

John F. Kennedy