

Hören und Hörverlust aus der Sicht eines Ingenieurs

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

Entschuldigung...

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

...ich habe nicht LAUTER gesagt, Sie brauchen mich nicht anzuschreien! Das macht mir nur Angst.

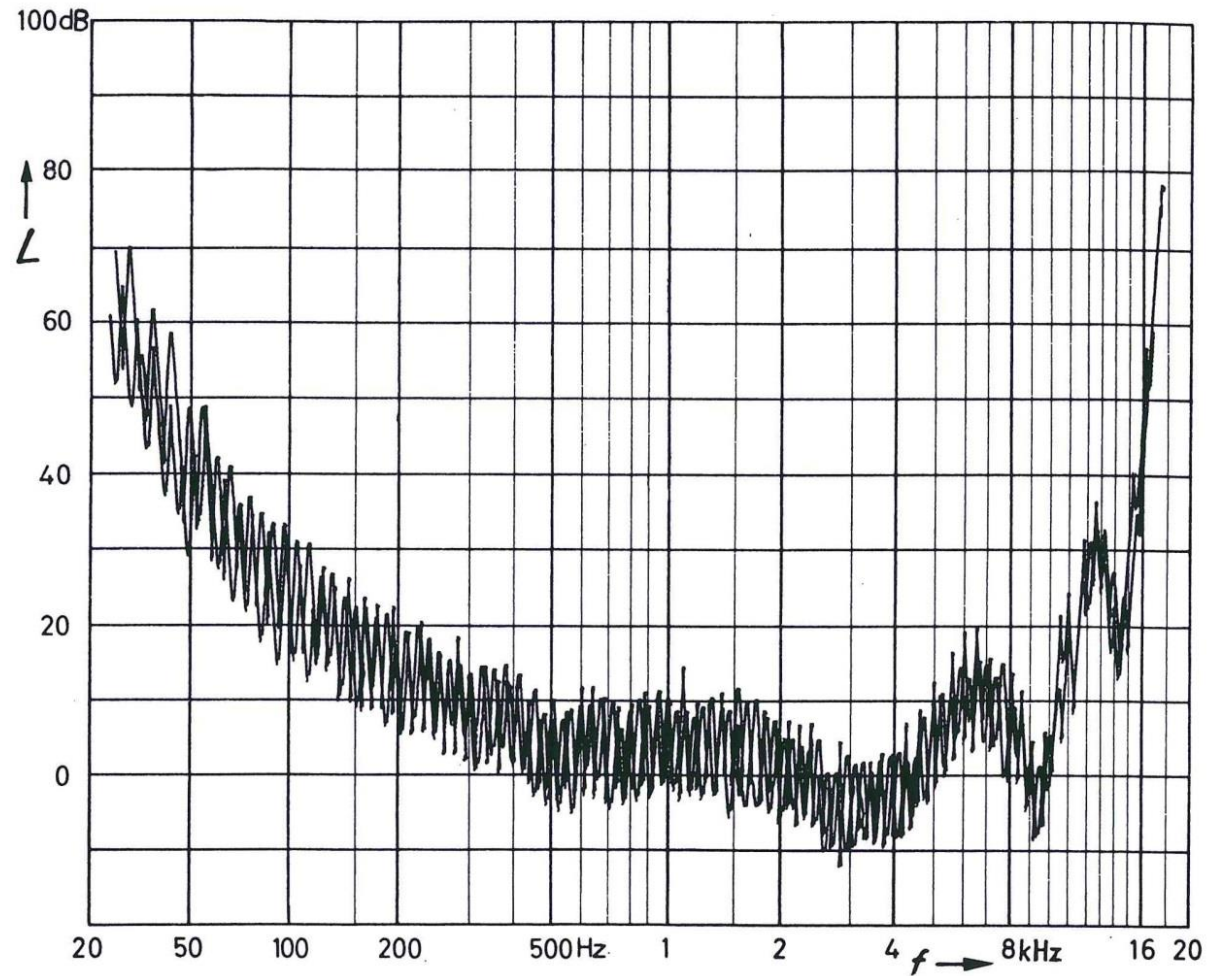
...ich weiß genau, dass taub, thumb, dumm, stumm, deaf, taff und doof denselben Wortstamm haben; ich bin aber wirklich nur schwerhörig und nicht doof.

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

Welche SCHULD habe ich denn daran?

Wie hören Guthörende?

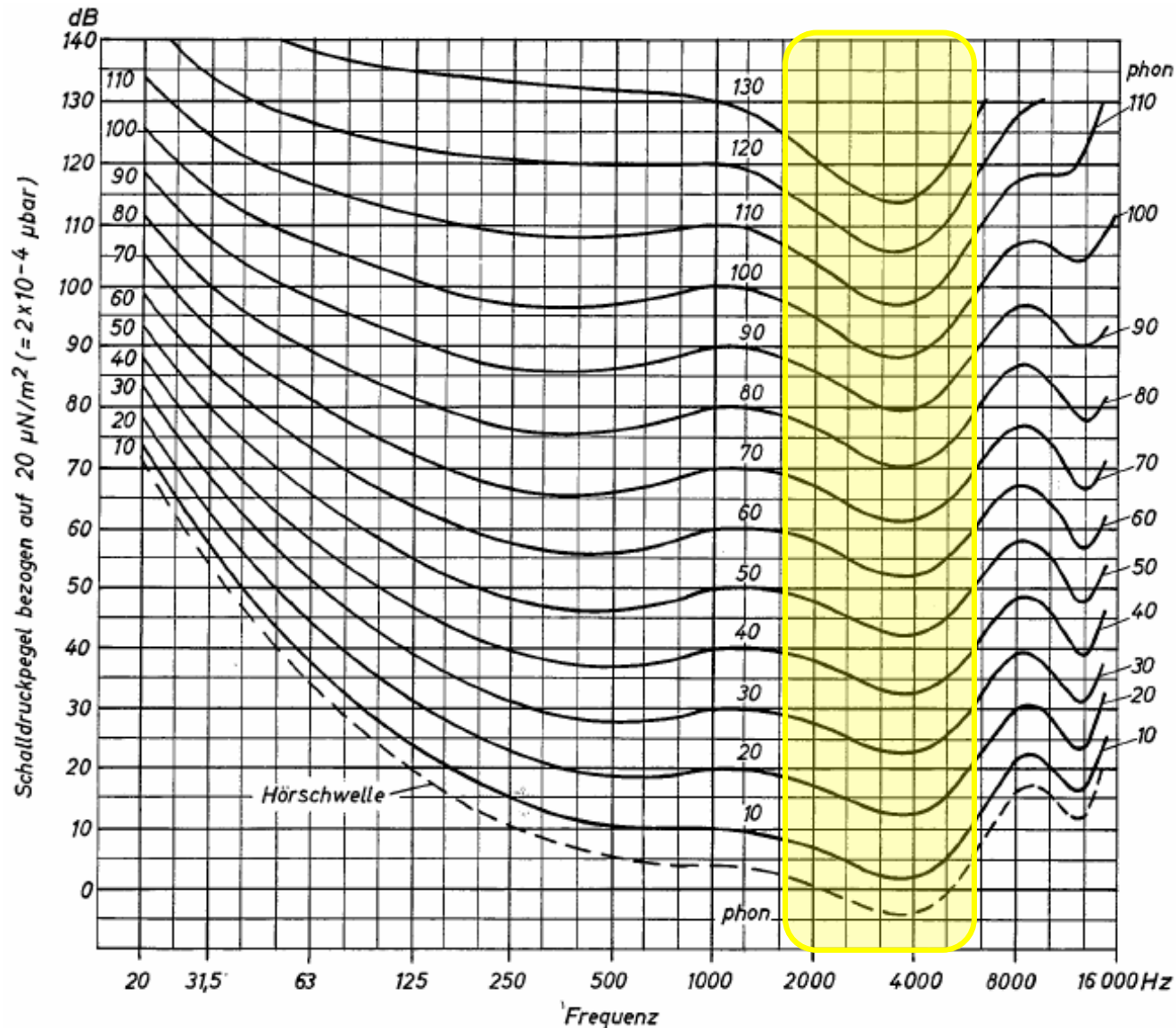
Beispiel zweier Hörschwellenkurven, ermittelt mit einem Békésy-Audiometer



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

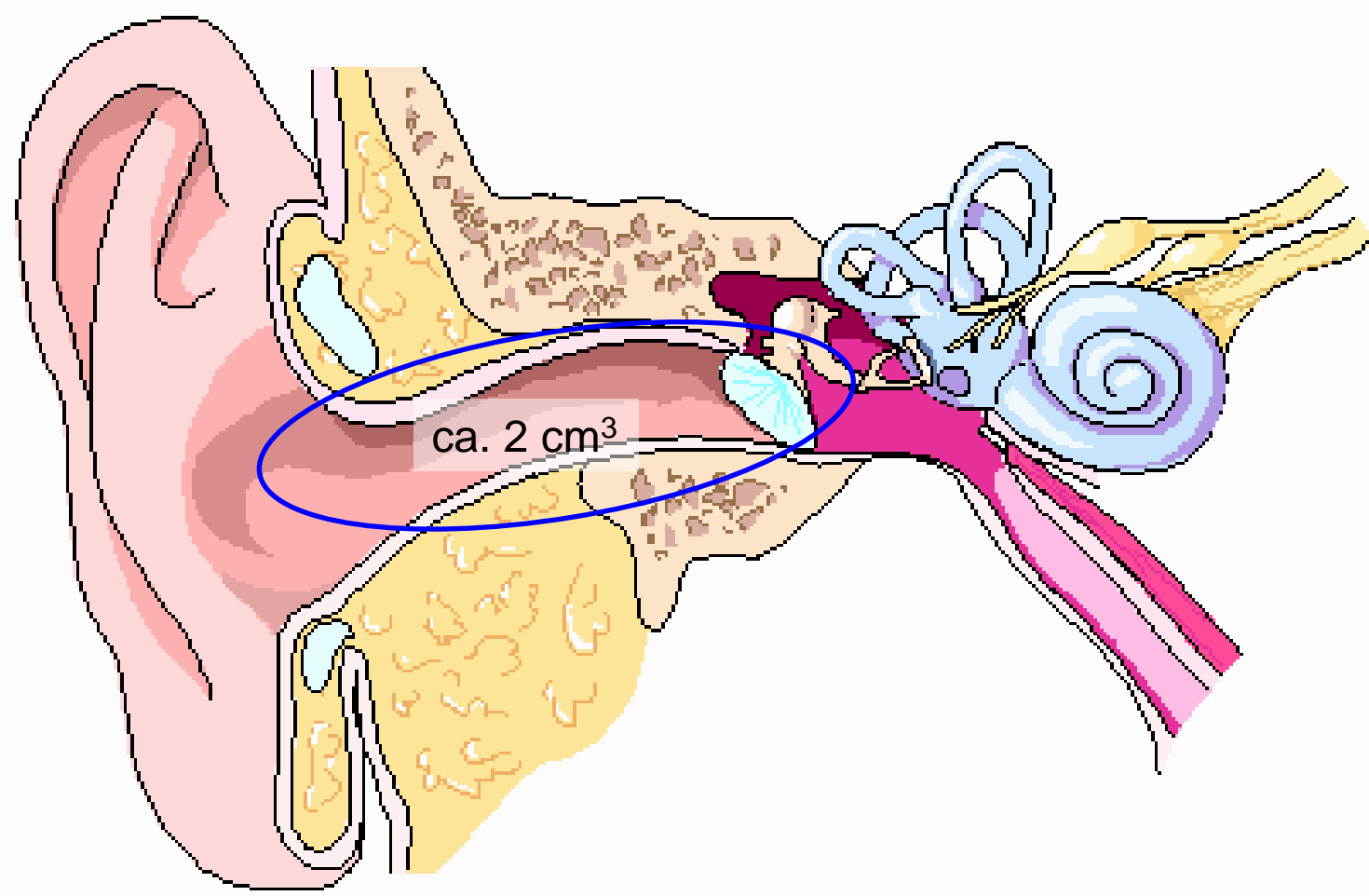
Wie hören Guthörende?

Normalkurven
 gleicher Lautstärke
 nach DIN 45680
 Mittelwerte von 70
 „ohr-gesunden“
 Personen bis 25 J.
 Im Bereich
 von 2.000 Hz
 bis 5.000 Hz
 ist das Gehör
 besonders
 empfindsam.



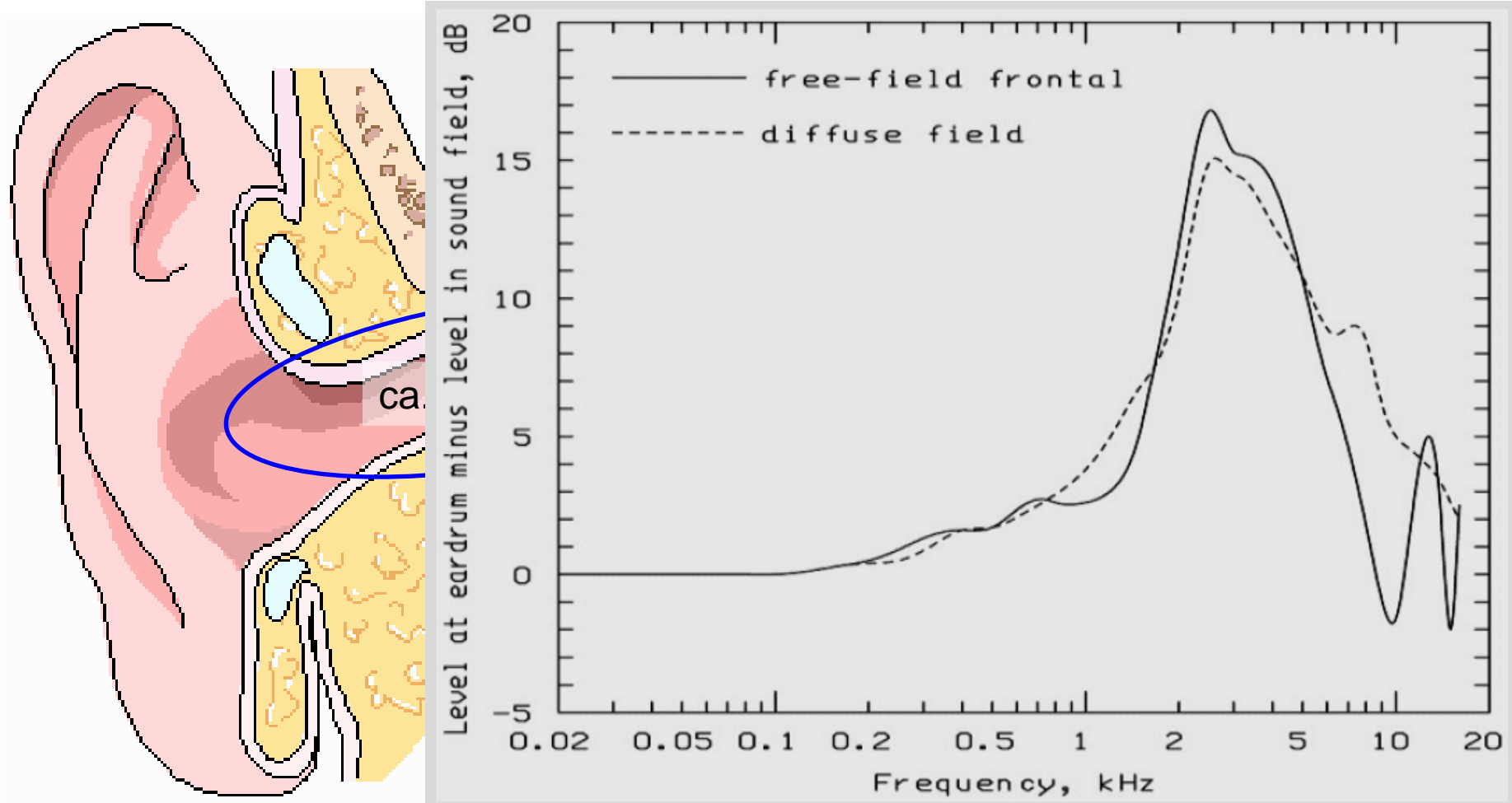
Woher kommt diese große Empfindsamkeit?

Sie ist eine Resonanz des äußeren Gehörgangs.



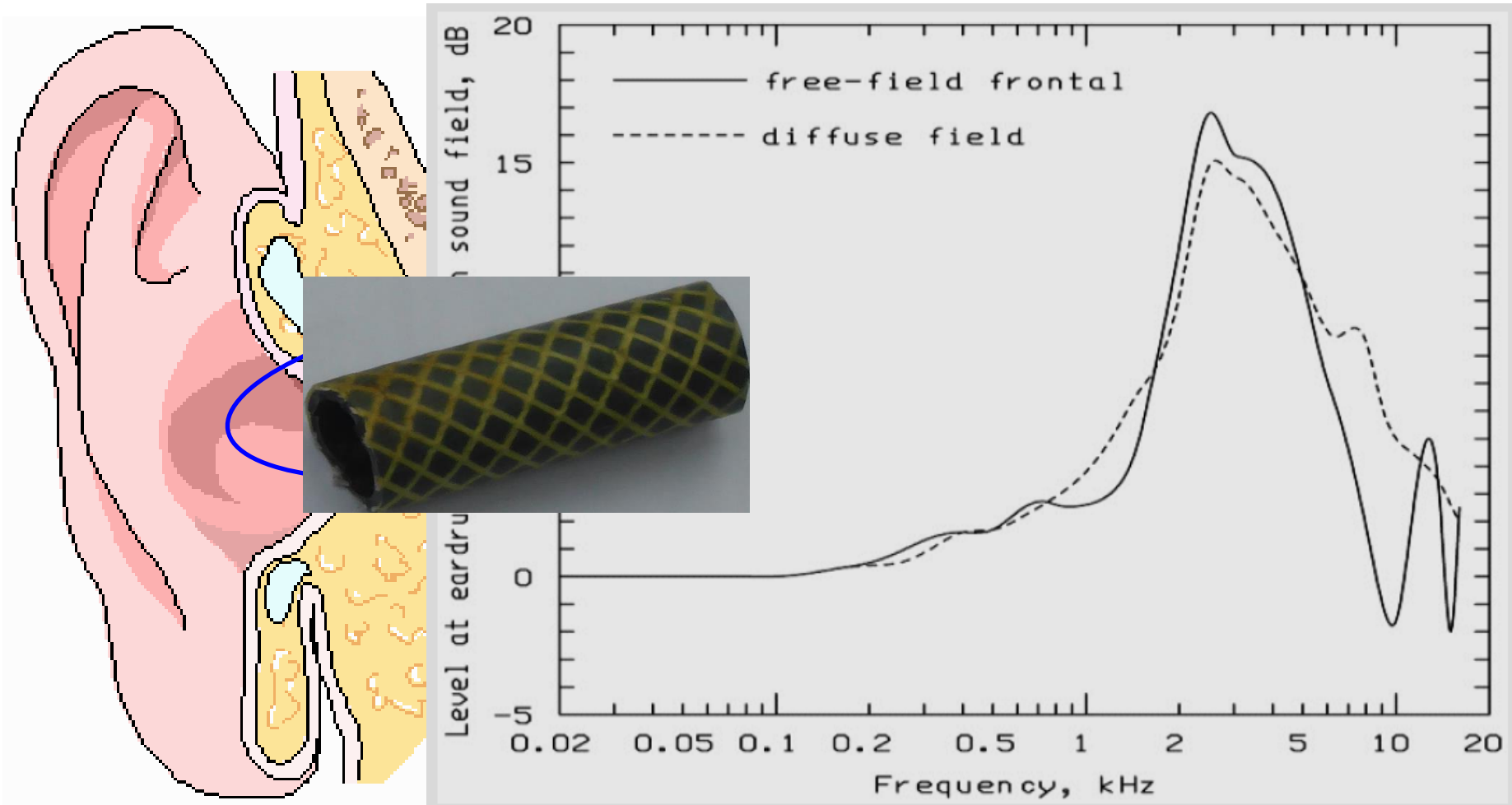
Woher kommt diese große Empfindsamkeit?

Sie ist eine Resonanz des äußeren Gehörgangs.



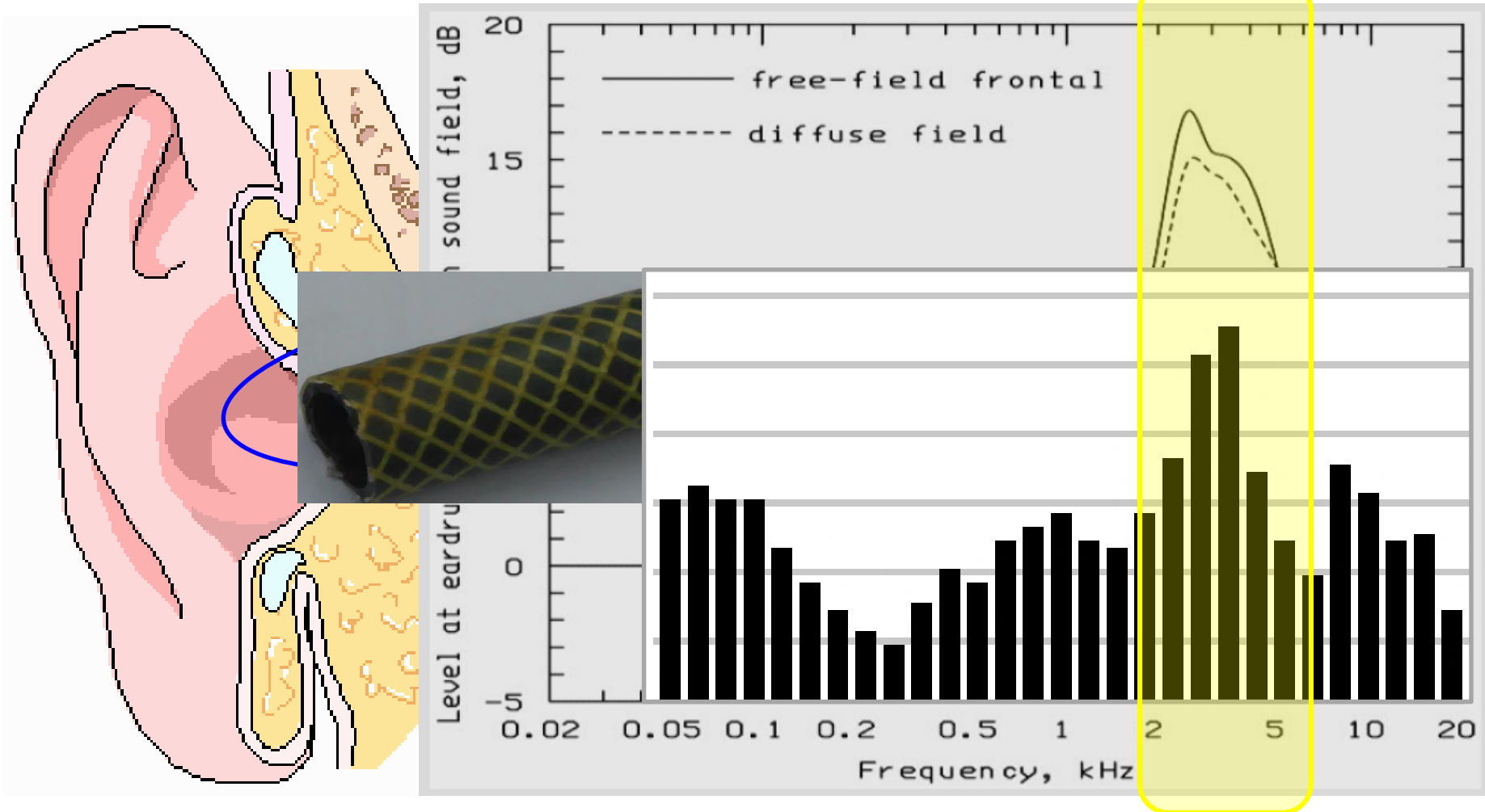
Woher kommt diese große Empfindsamkeit?

Sie ist eine Resonanz des äußeren Gehörgangs.



Woher kommt diese große Empfindsamkeit?

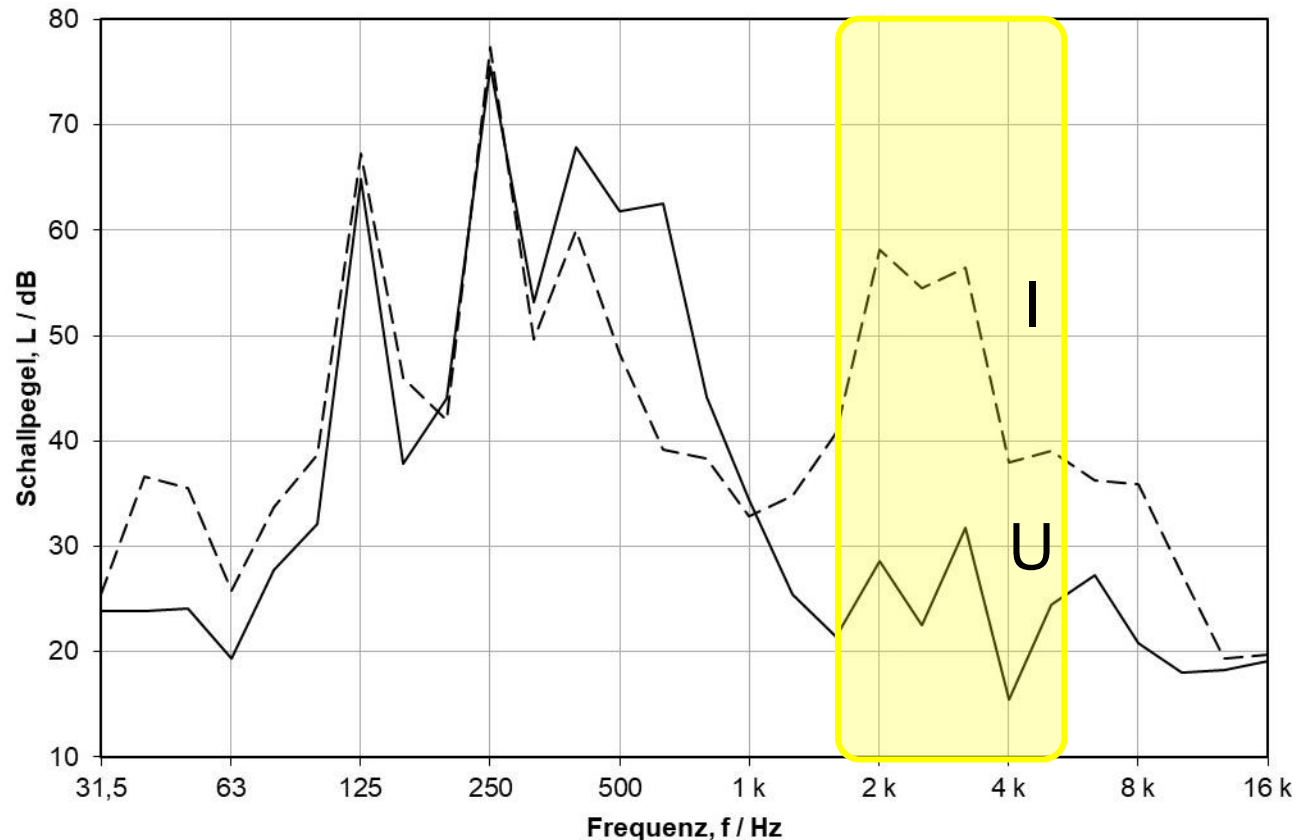
Sie ist eine Resonanz des äußeren Gehörgangs.



Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

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

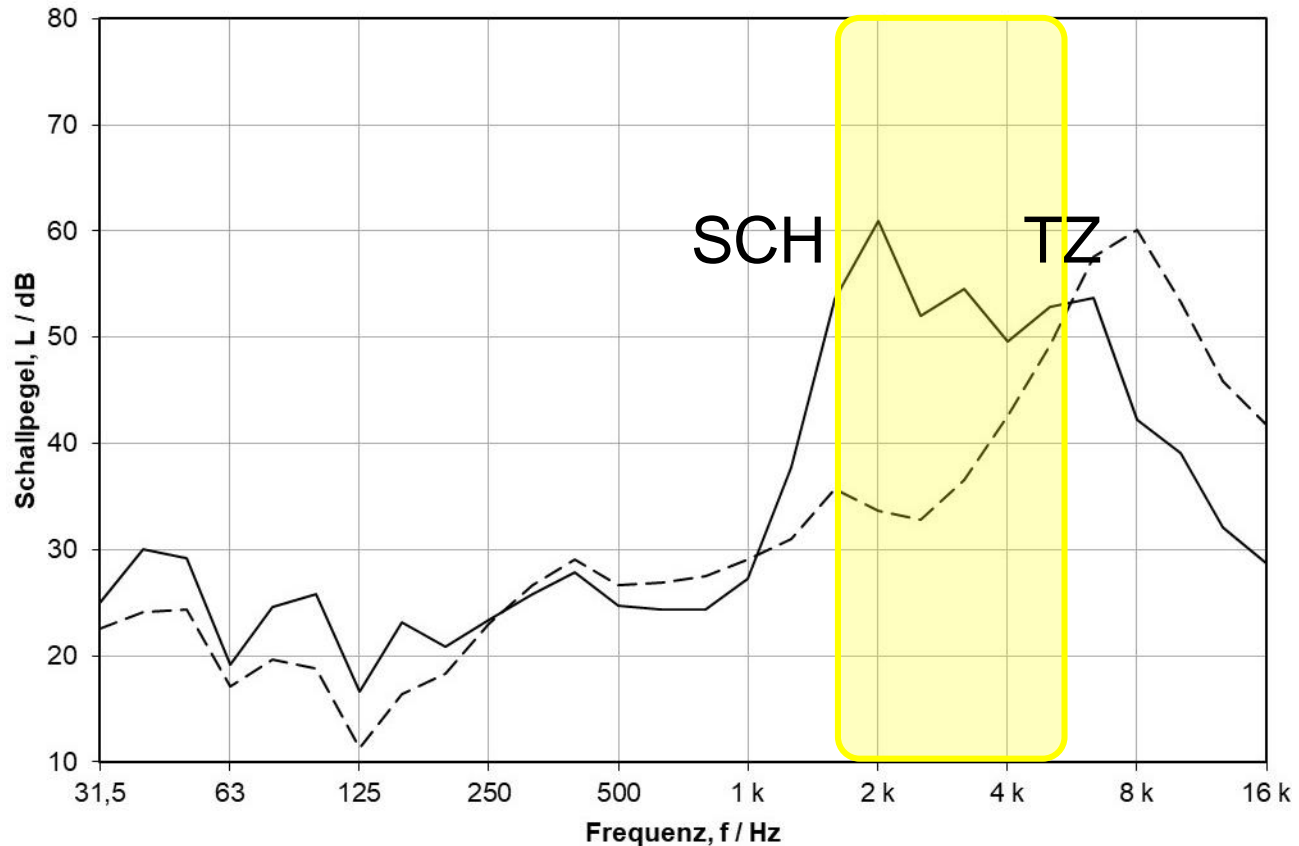


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

Was kann das menschliche Gehör?

Formanterkennung:

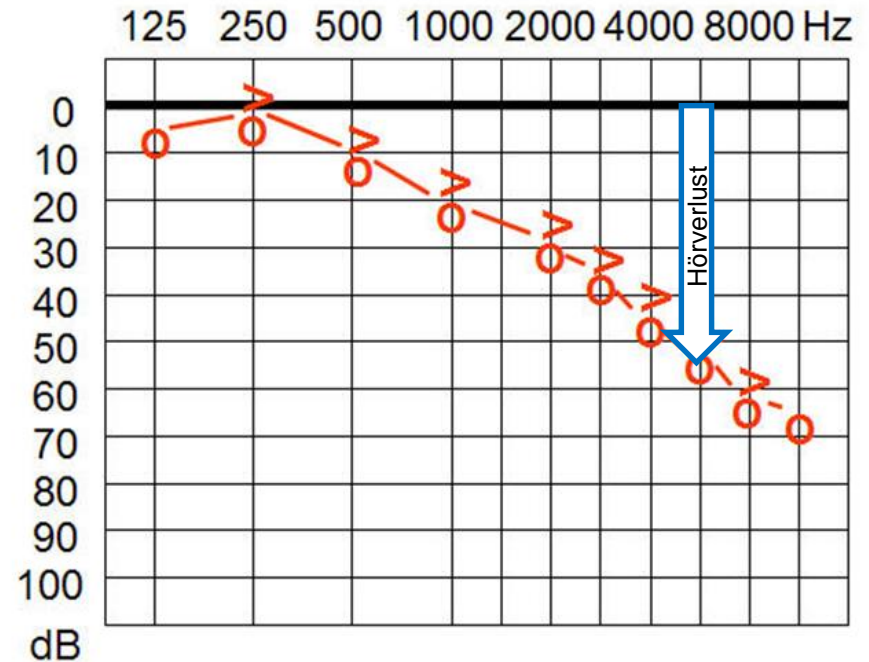
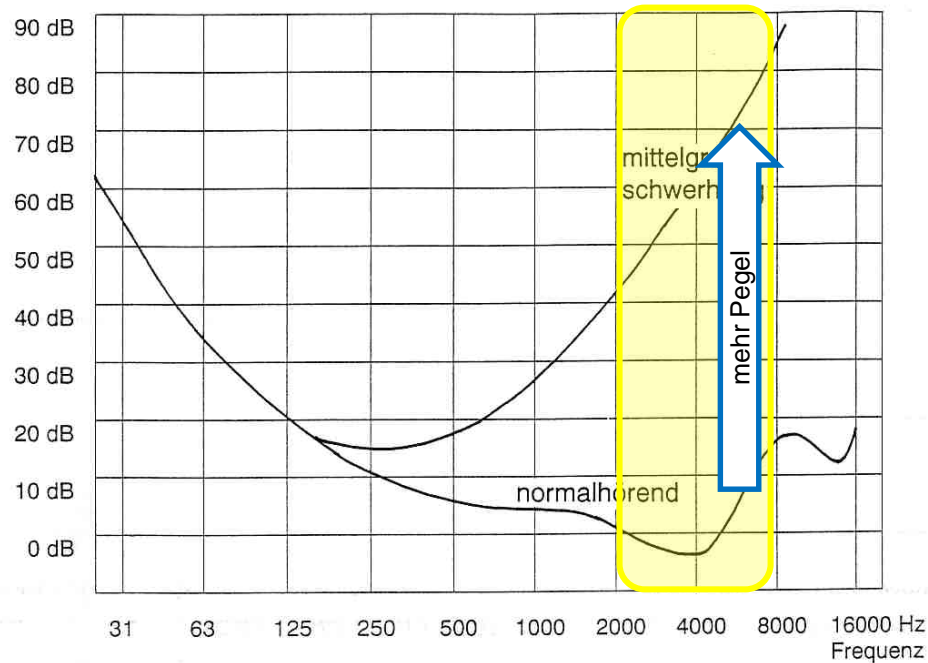
Die Konsonanten SCH und TZ unterscheiden sich im tieffrequenten Bereich kaum, sondern vorrangig oberhalb von 2000 Hz. TZ reicht bis 16.000 Hz.



© TuR Schmidt/Ruhe 2002

Was können Schwerhörende anders?

typische Schallempfindungs-Schwerhörigkeit:



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

Evolu
Hinwei
oder
z. B.



he G
en?
ehör
empfi
Gege
t“?

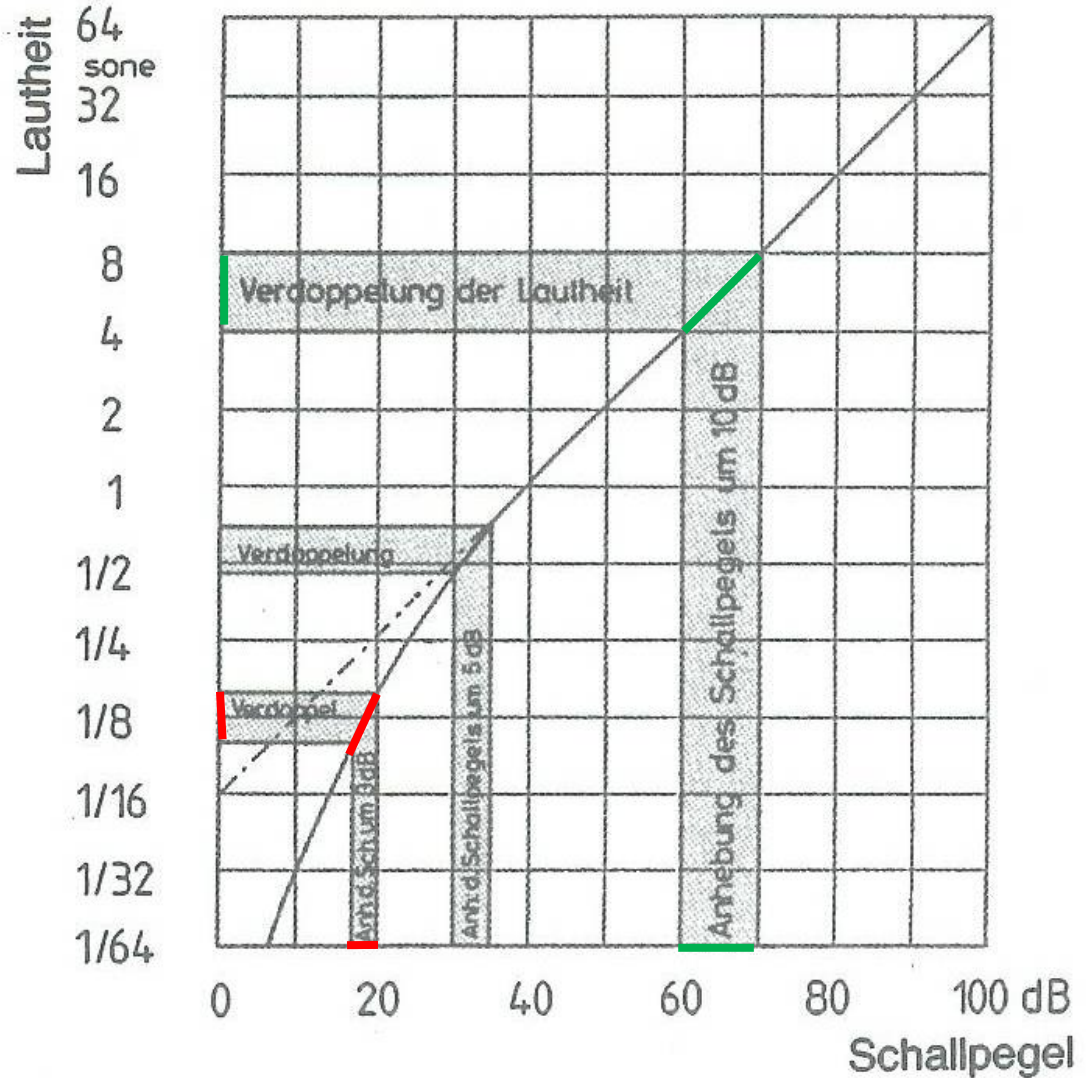
er Äst



n
y
m
g)
g)

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?

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.

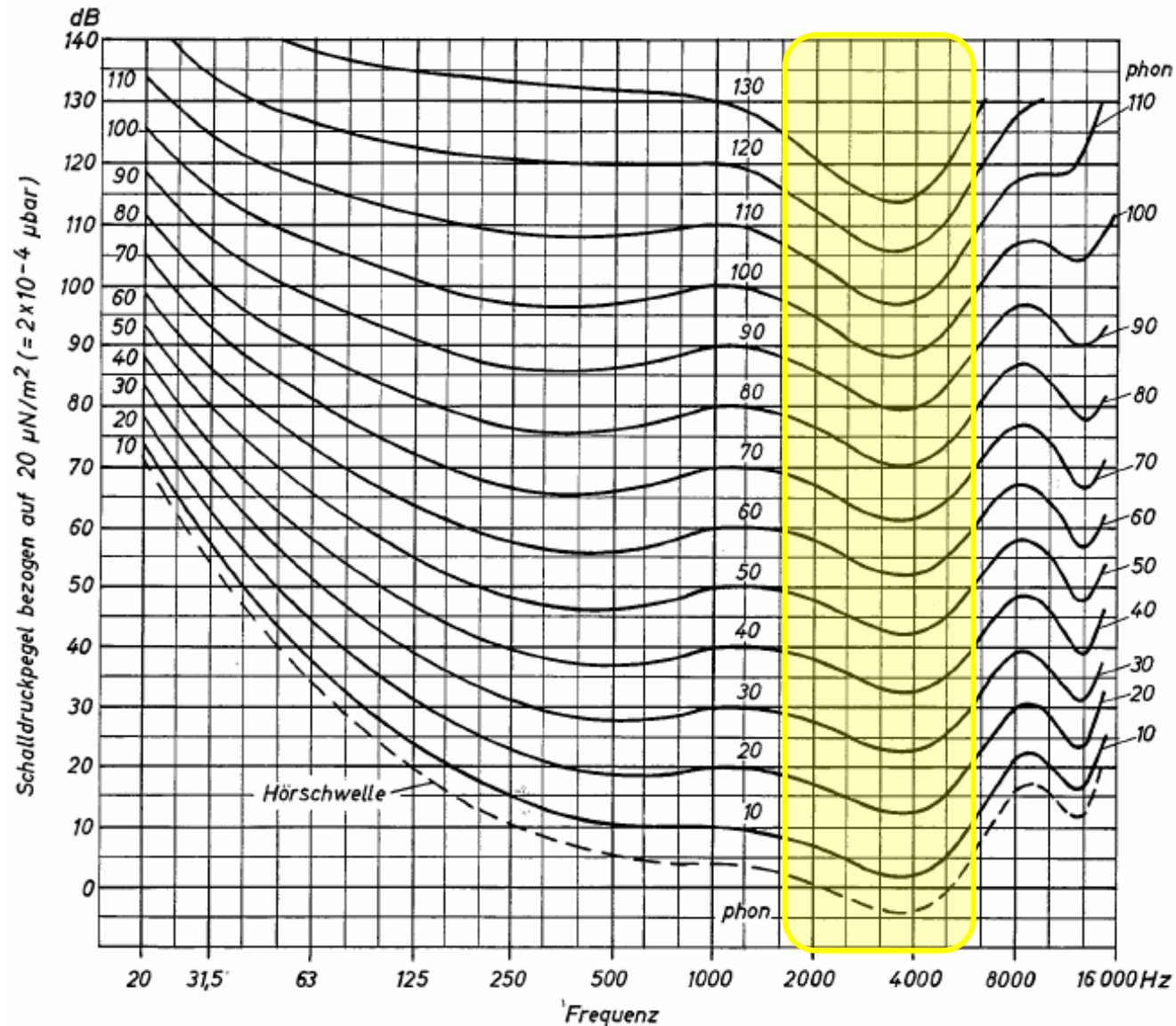
Leben und Arbeiten unter **Lärm** bedeutet

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

Lärm-Schwerhörigkeit

Dort, wo das Ohr besonders empfindsam ist, da ist es auch besonders empfindlich.

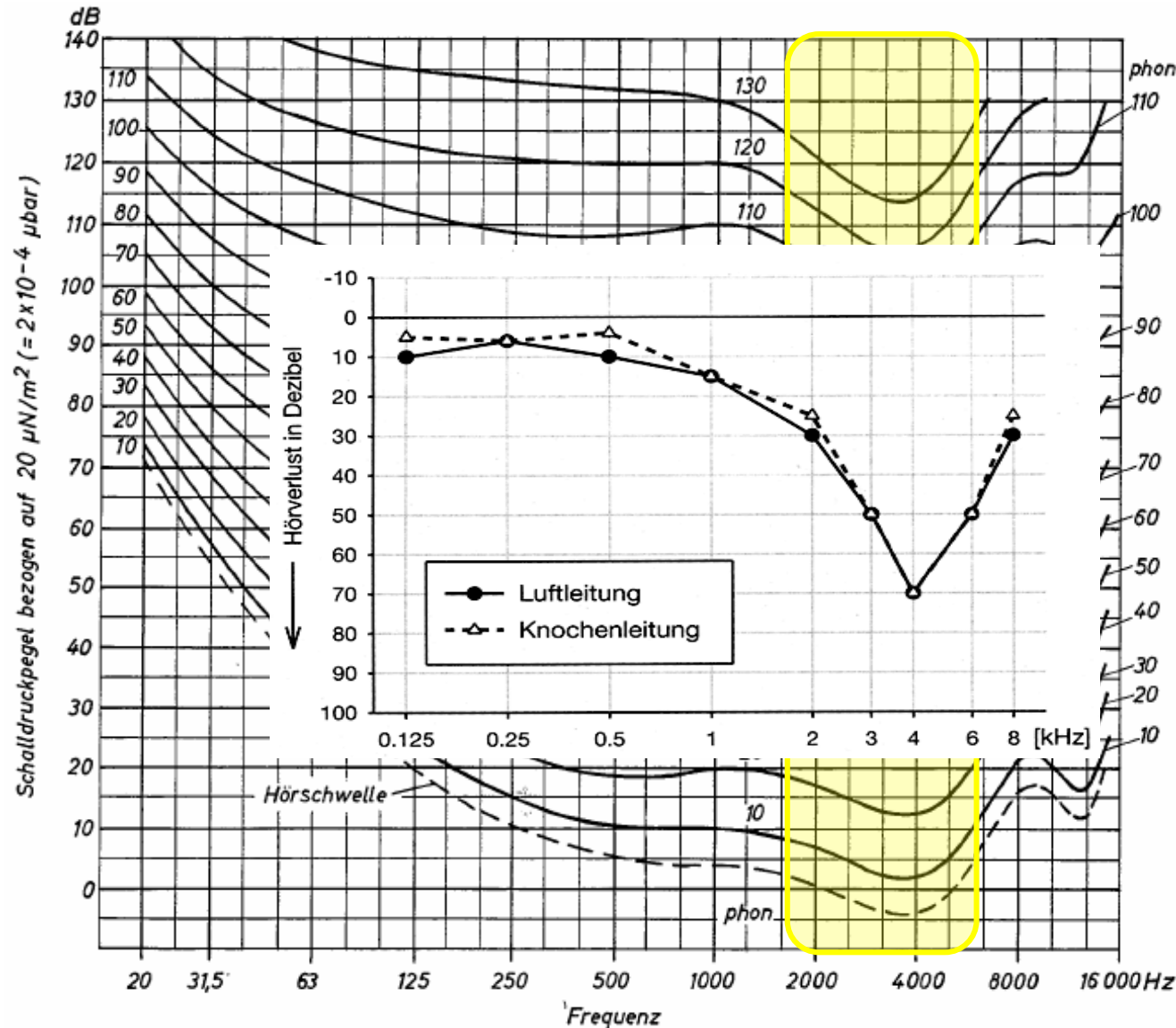
Lärm-Schwerhörigkeit
 Starker Hörverlust bei 4.000 Hz, sog. c⁵-Senke



Lärm-Schwerhörigkeit

Dort, wo das Ohr besonders empfindsam ist, da ist es auch besonders empfindlich.

Lärm-Schwerhörigkeit
 Starker Hörverlust bei 4.000 Hz, sog. c⁵-Senke



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 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!

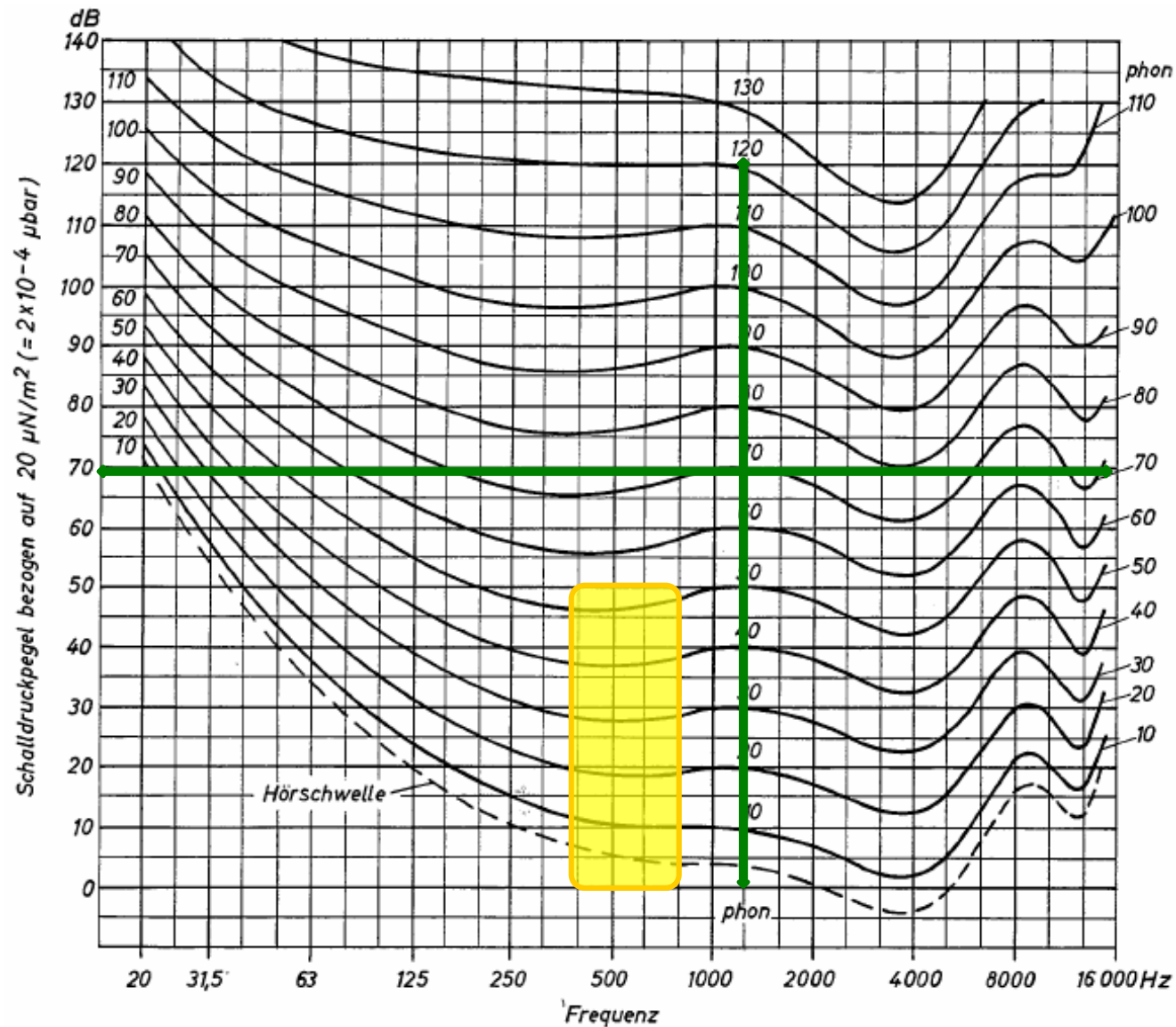


Deshalb gibt es bei Schwerhörenden
nicht nur viele Missverständnisse,
sondern auch viel Argwohn / Zweifel!

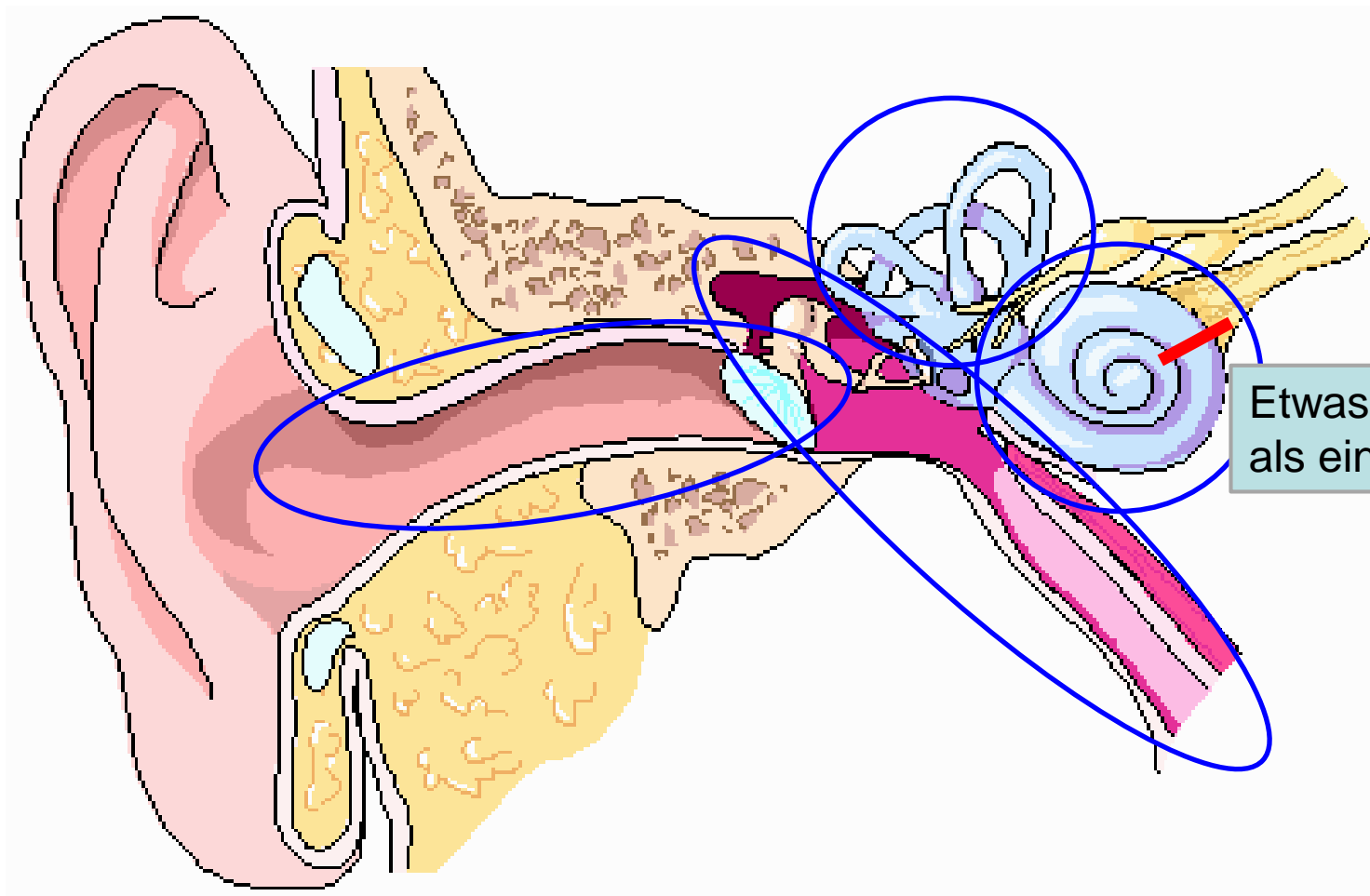
Vergleich
von Frequenz-
und Dynamik-
bereichen

Hören:
10 Oktaven
bis 120 dB

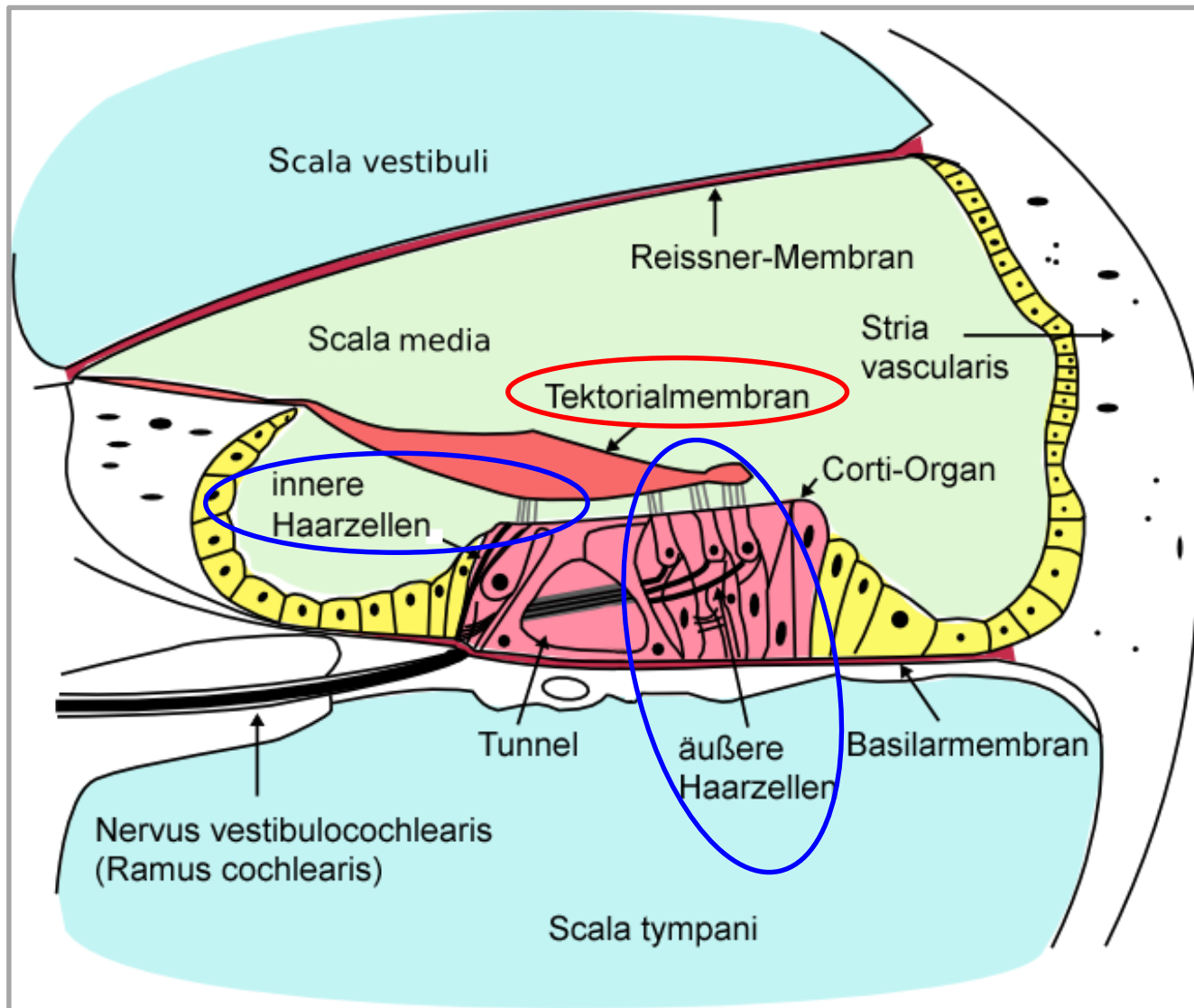
Sehen:
nur 1 Oktave
nur ca. 50 dB



Was kann das menschliche Gehör?



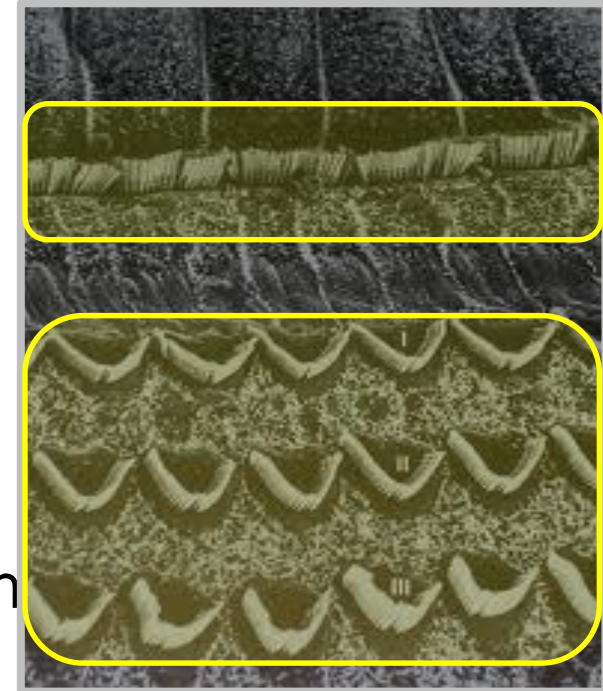
Was kann das menschliche Gehör?

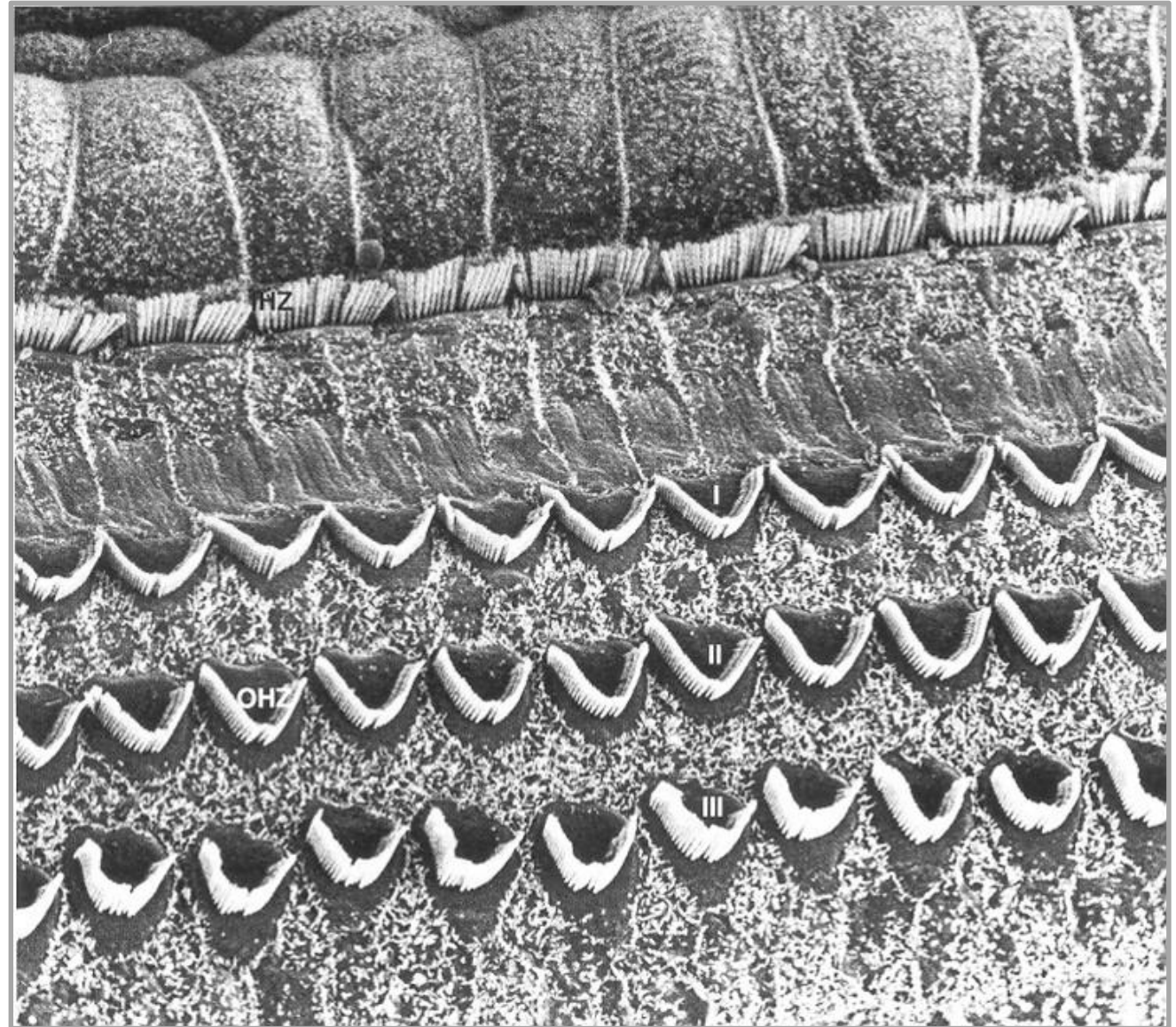


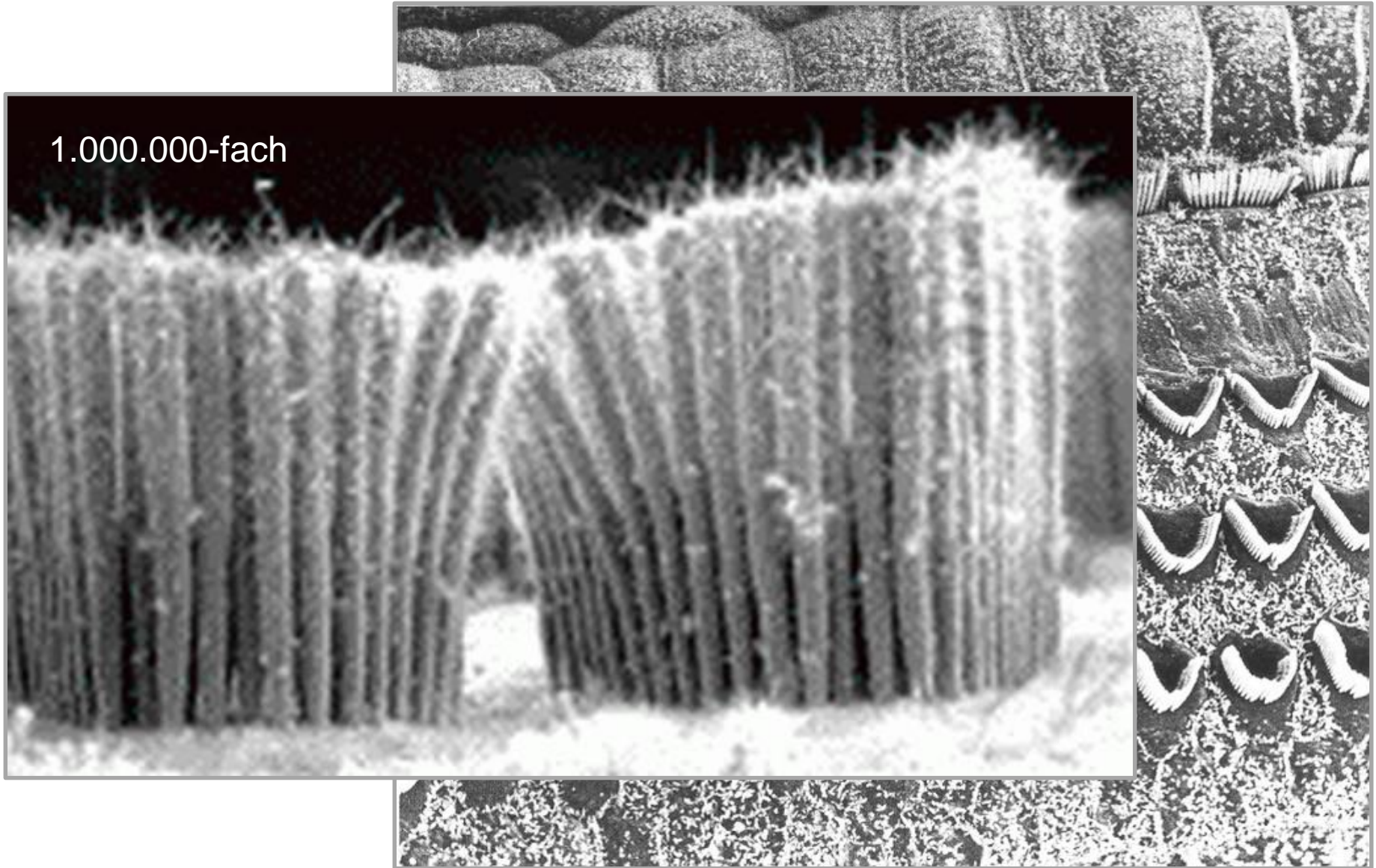
Was kann das menschliche Gehör?

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.

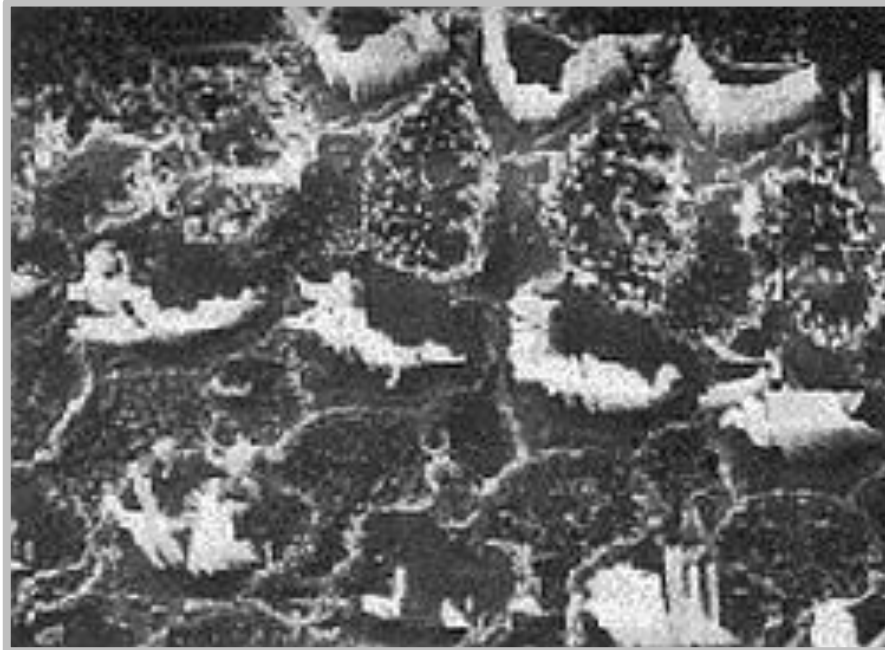






Was kann das menschliche Gehör?

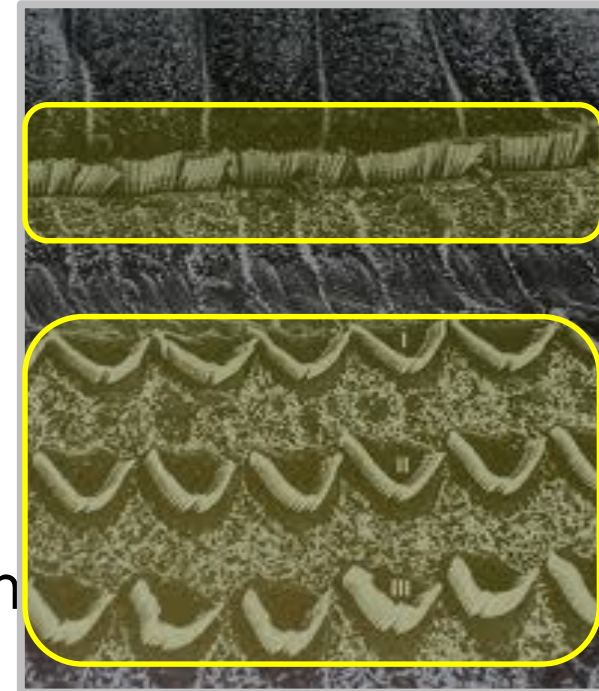
Die *inneren Haarzellen* (eine Reihe) sind die eigentlichen **Rezeptoren**, sie wandeln die mechanischen Schwingungen in



Gehirn

eihen) sind
die Motilität
nd verstärken
rwellen

nd sie EQ und AGC gleichzeitig.



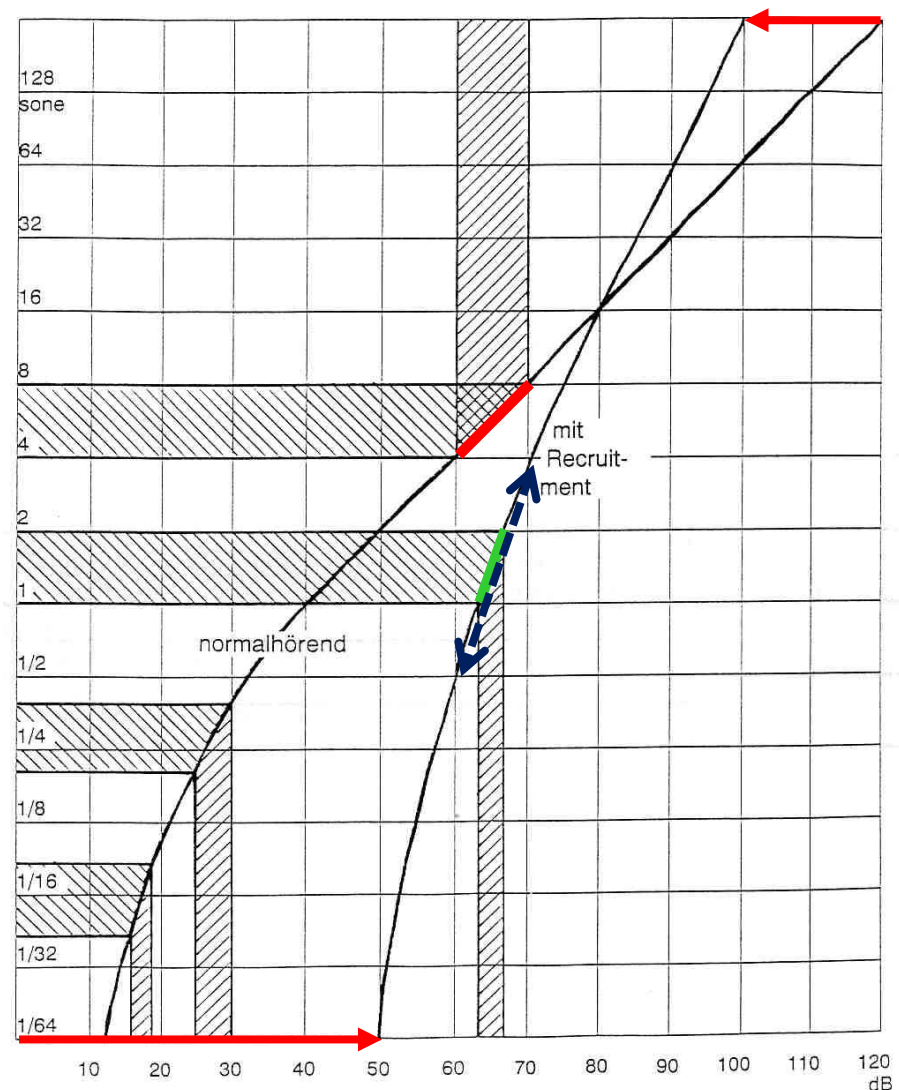
Bei Ausfall der *äußeren Haarzellen* fehlt diese Regelung.

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

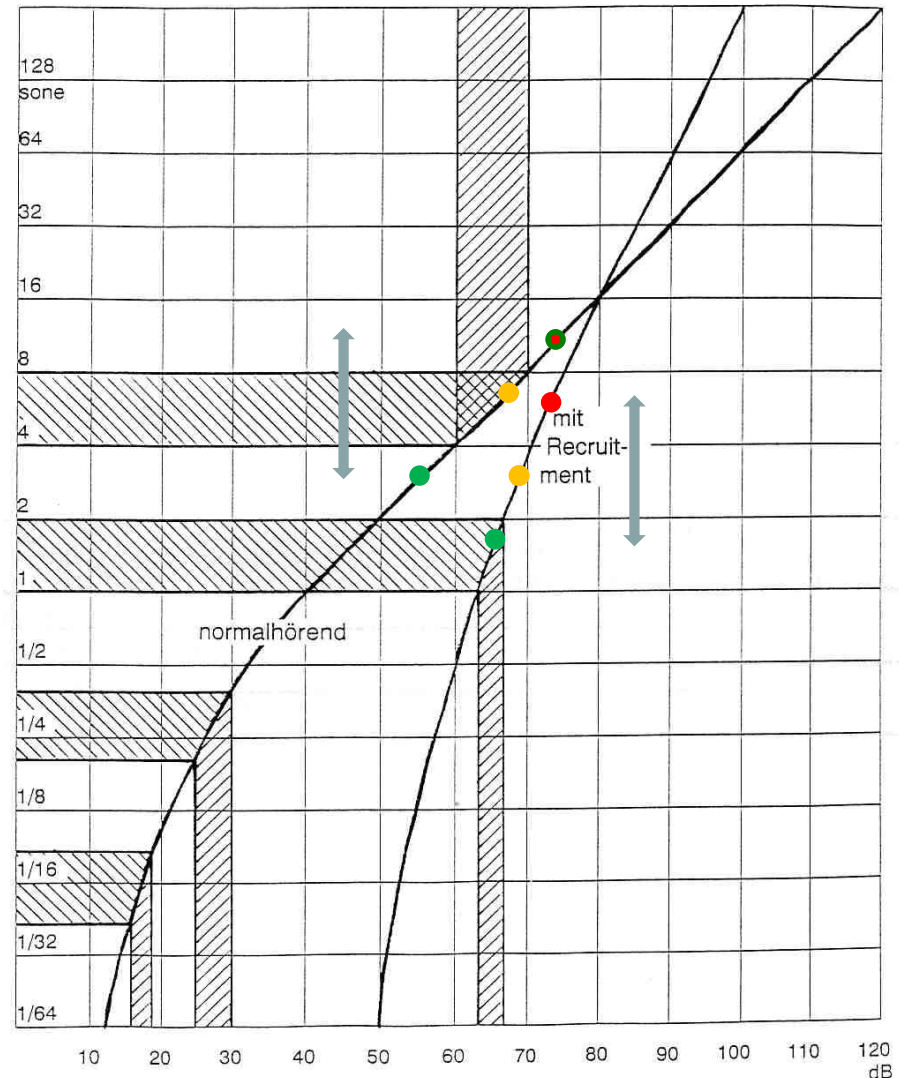
laut ●

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 $SNR > 15 \text{ dB}$

Was können Schwerhörende anders?

HÖREN

HÖREN

HÖREN

ohne Störgeräusch

HÖREN

HÖREN

HÖREN

mit Störgeräusch

Was können Schwerhörende anders?

HÖREN

HÖREN

HÖREN

ohne Störgeräusch

HÖREN

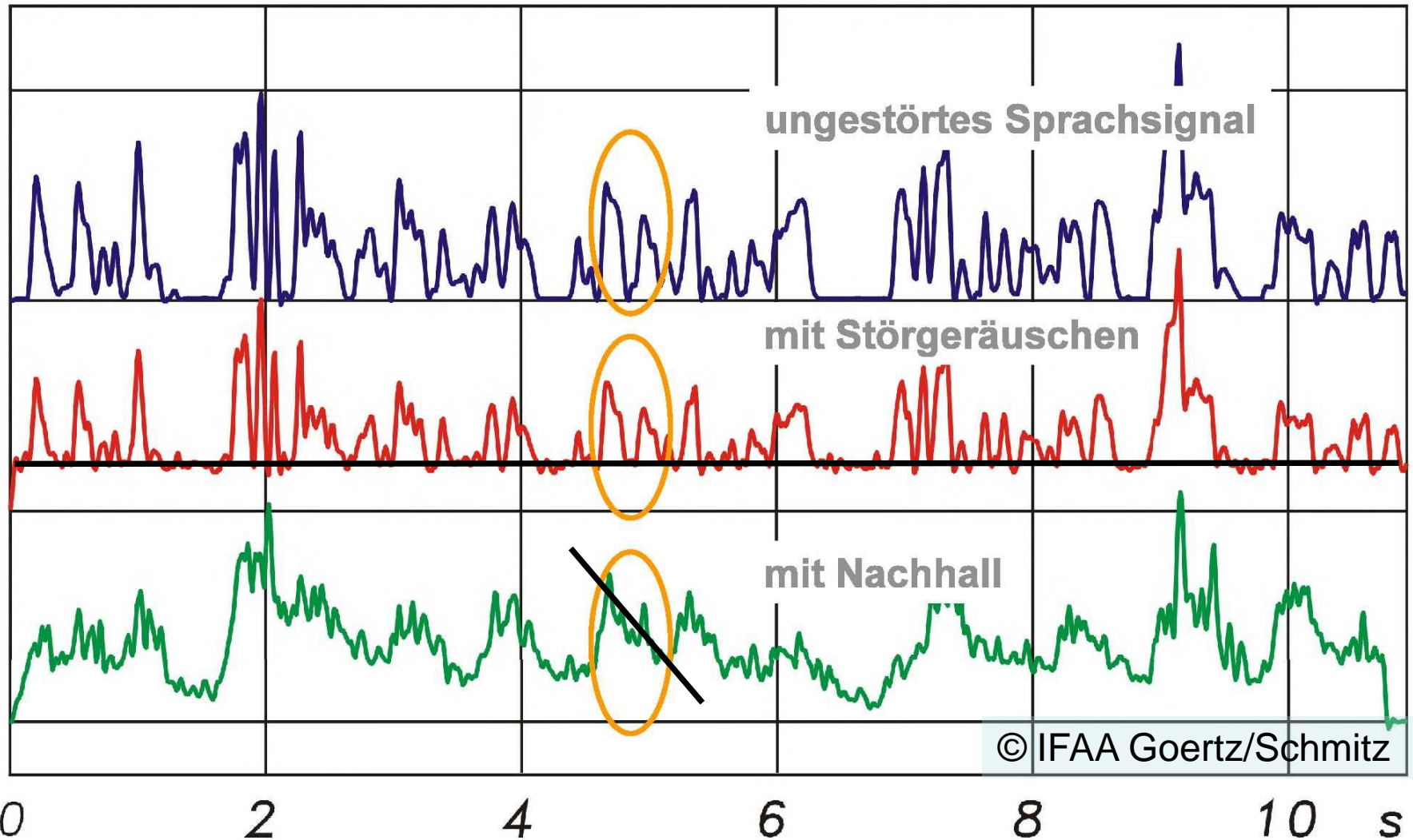
HÖREN

HÖREN

mit Störgeräusch

STI, Sprachsignalpegel und Störgeräusch

Sprache Hüllkurve: Original, mit Noise, mit Hall



Anteile der Hörgeschädigten in Deutschland

Gehörlose / Taube	ca.	80.000
Schwerhörrende	17% ca.	13.700.000
davon mit Hörgeräten	ca.	3.500.000
hochgradig schwerhörend	ca.	250.000
mit Ohr-Implantaten (2023)	ca.	50.000

Altersverteilung:

14-19 Jahre	1%
20-29 Jahre	2%
30-39 Jahre	5%
40-49 Jahre	6%
50-59 Jahre	25%
60-69 Jahre	37%
> 70 Jahre	54%

geschätzt 15%

„Die besten Jahre“

-> jeder vierte
 -> jeder dritte
 -> **jeder zweite**

© Sohn 1999

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.

Ein Spruch zum Mit-/Nach-Denken:

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

Aber:

Behindern ist heilbar!

IndukTive Höranlagen



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:

Über die Lautsprecher 

→ immer noch Klang-Brei



IndukTive Höranlagen

Welche Vorteile bringt
die direkte Übertragung

Hören Sie selbst:

Über die indukTive
Höranlage



→ Klang-Kontrast !!!

