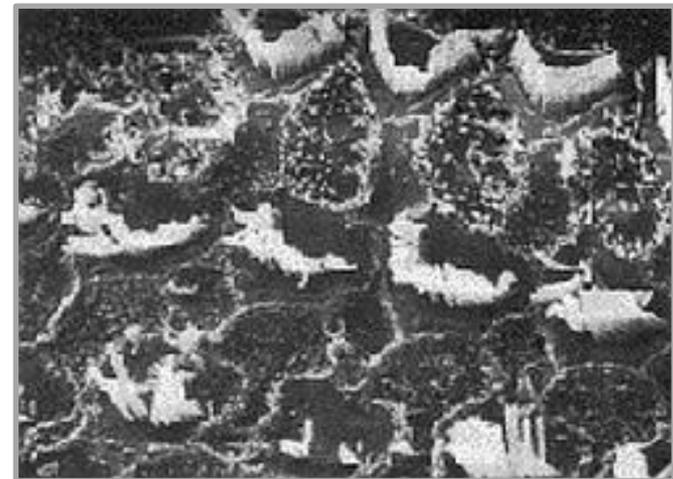
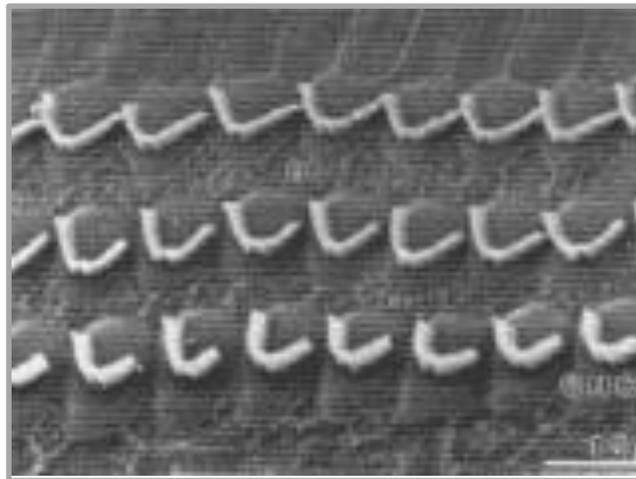


# Hören und Hörschädigung aus der Sicht eines Ingenieurs



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

## WELCHE HINWEISE geben NORMEN/REGELWERKE?

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

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

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

## WELCHE HINWEISE geben NORMEN/REGELWERKE?

Die mit den Anforderungen nach dieser Norm verfolgten  
Schutzziele  
können auch auf andere Weise erfüllt werden  
als in der Norm festgelegt.

ANMERKUNG: In der Regel nennen die einzelnen Abschnitte  
zunächst jeweils die zu erreichenden Schutzziele  
als Voraussetzung für die Barrierefreiheit.

Danach wird aufgezeigt, wie das Schutzziel erreicht werden kann.

Bei Bauvorhaben für spezielle Nutzergruppen  
können zusätzliche oder andere Anforderungen  
notwendig sein.

Was heißt eigentlich **not-wendig**?

# Entschuldigung...

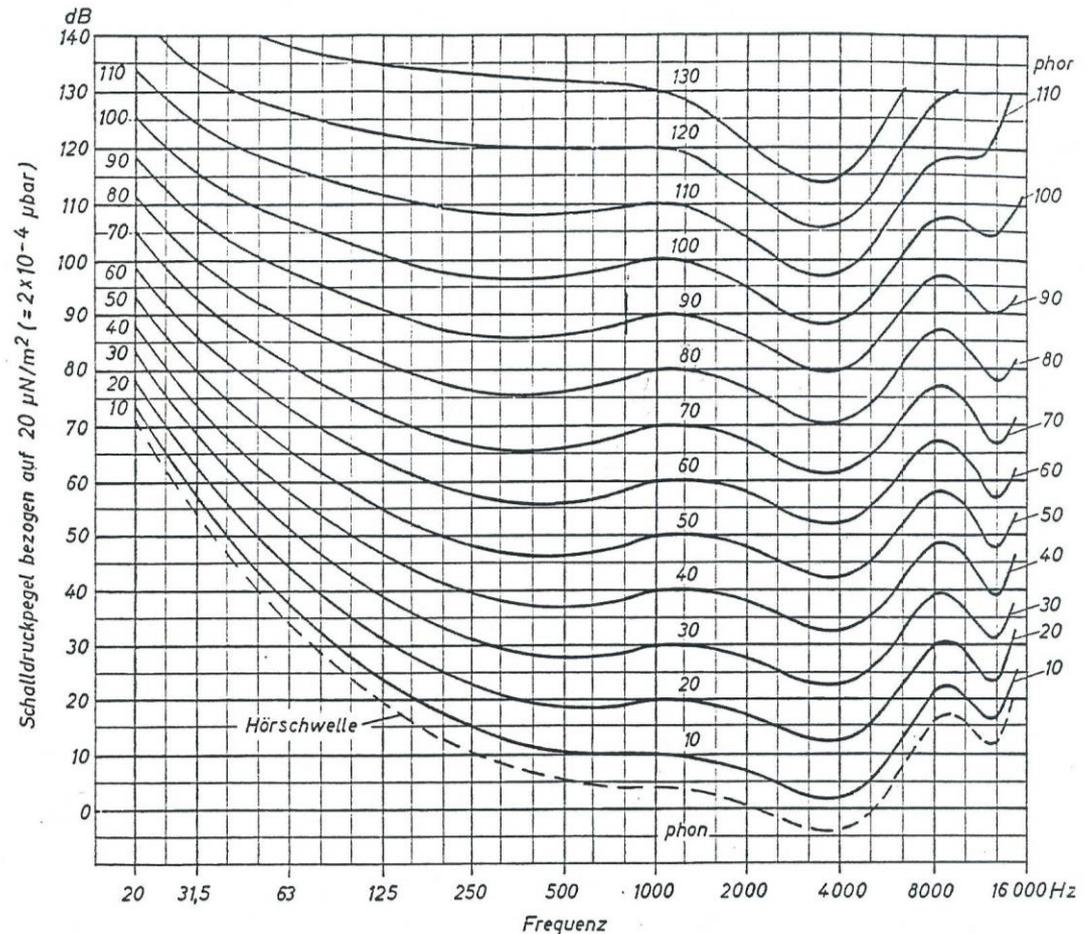
- ...ich bin schwerhörig. Können Sie bitte etwas langsamer und deutlicher sprechen?
- ...ich habe nicht LAUTER gesagt, Sie brauchen mich nicht anzuschreien!
- ...ich weiß genau, dass taub, thumb, dumm, stumm, deaf, taff und doof denselben Wortstamm haben; ich bin aber wirklich nur schwerhörig und nicht doof.

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

Welche SCHULD habe ich denn daran?

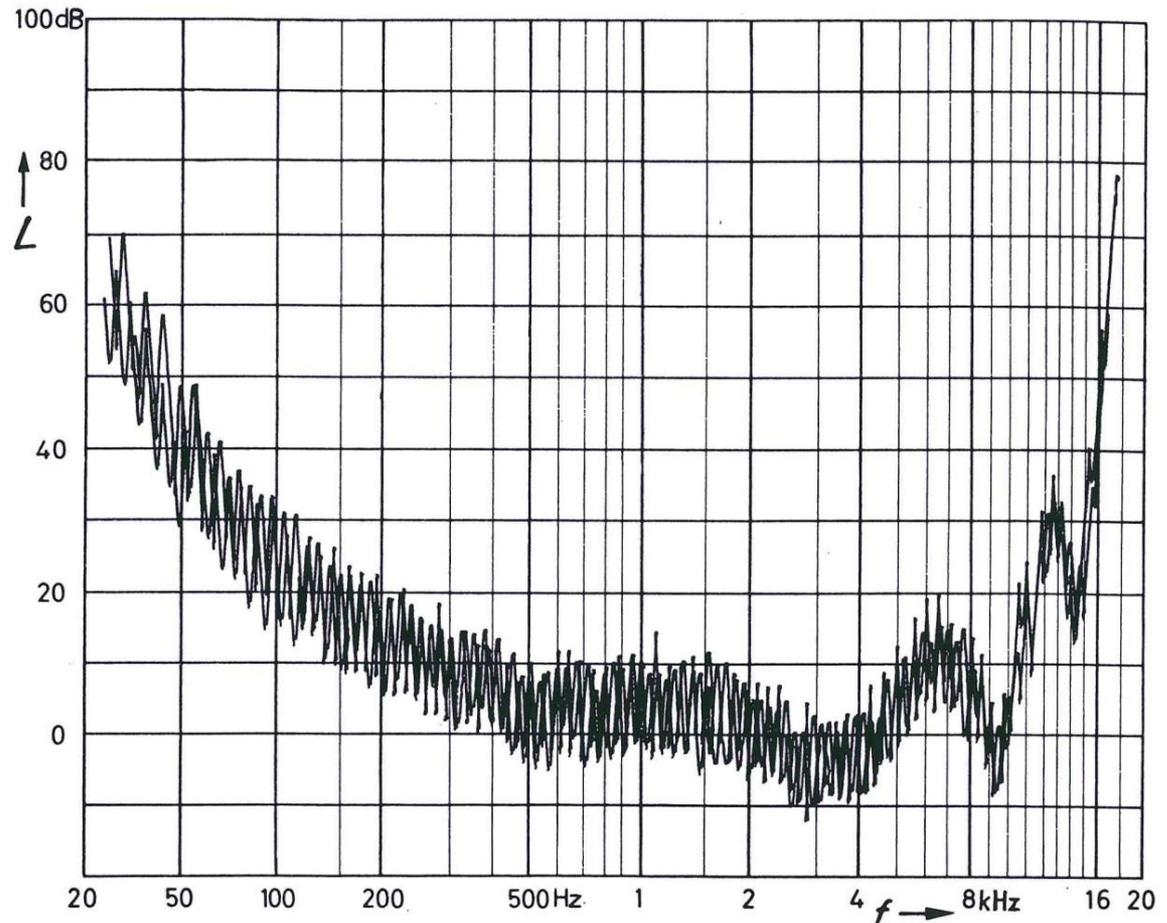
# Was kann das menschliche Gehör?

Kurven  
gleicher  
Lautstärke  
Ermittelt an  
70 guthörenden  
Personen unter  
25 Jahren



# Was kann das menschliche Gehör?

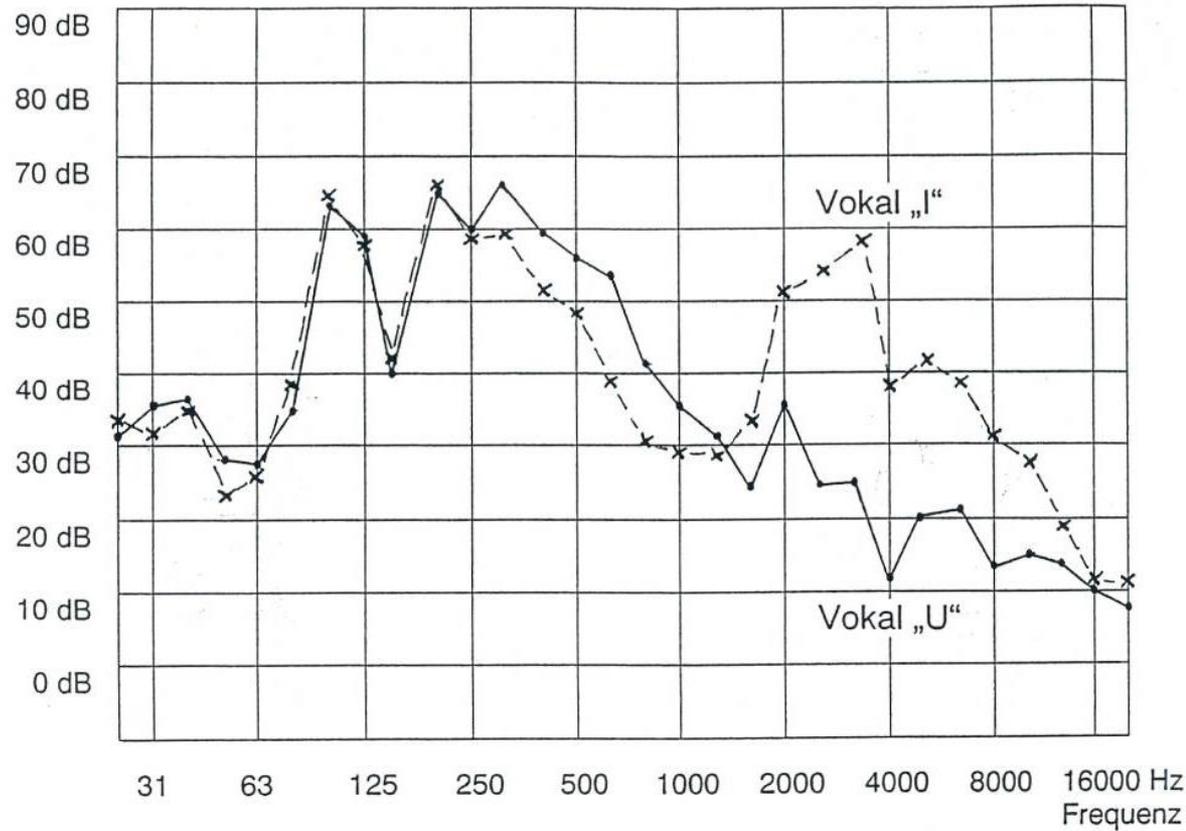
Beispiel zweier  
Hörschwellen-  
Kurven  
ermittelt  
mit einem  
Békésy-  
Audiometer



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

# Was kann das menschliche Gehör?

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

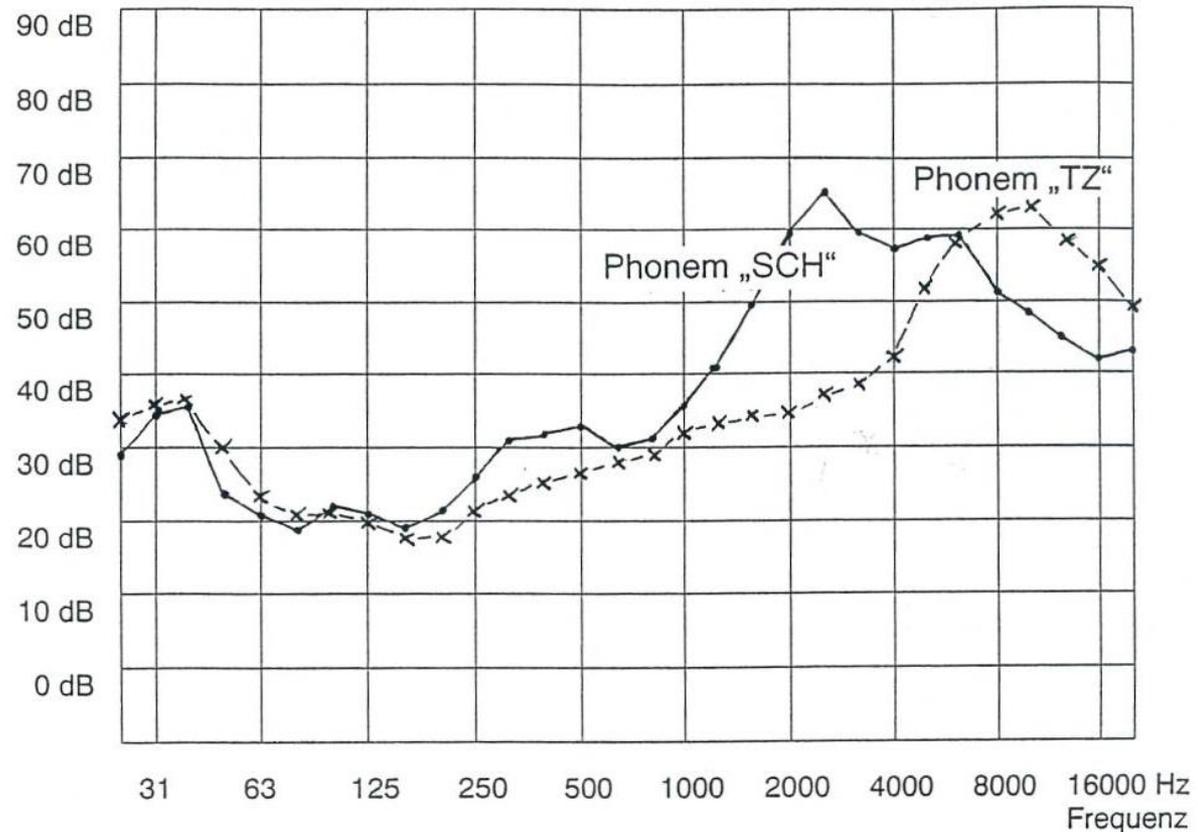


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

# 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.

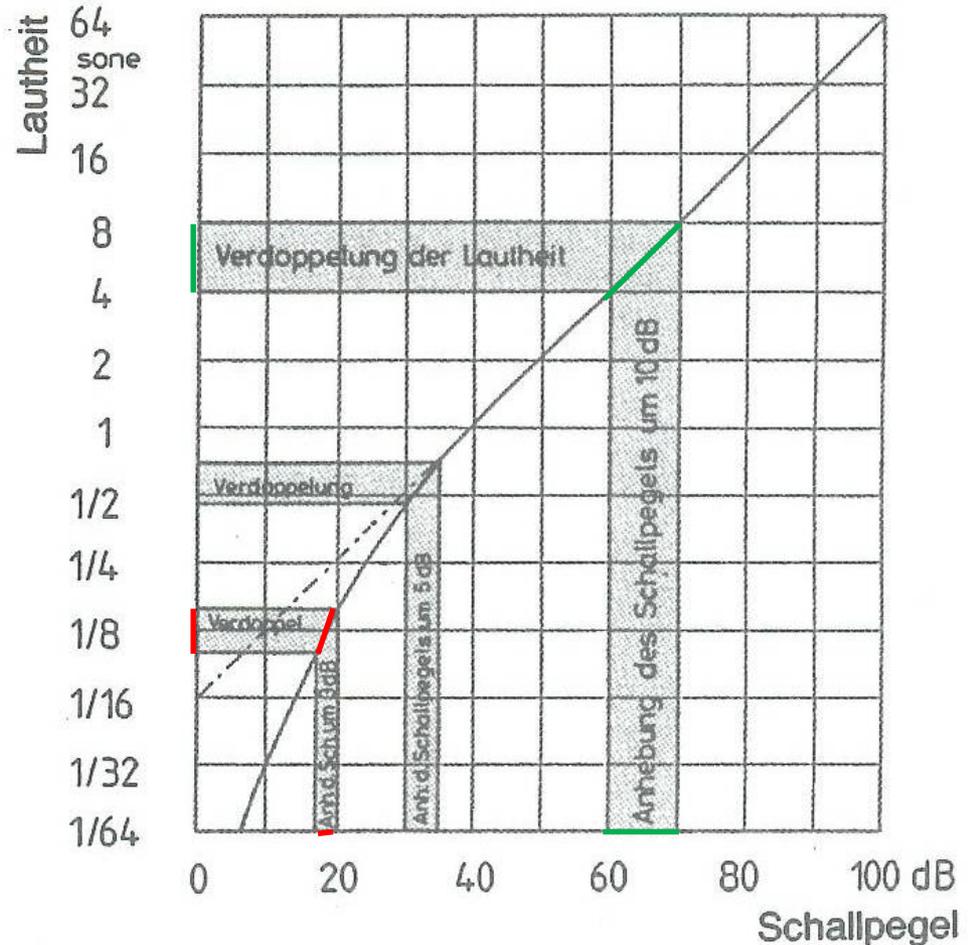


© TuR Schmidt/Ruhe 2002

# 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 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 Infarkttrisiko.

# Was können Schwerhörrende 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 Schwerhörrende 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:

**Die Konsonanten enthalten die Information.**

# Was können Schwerhörende anders?

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

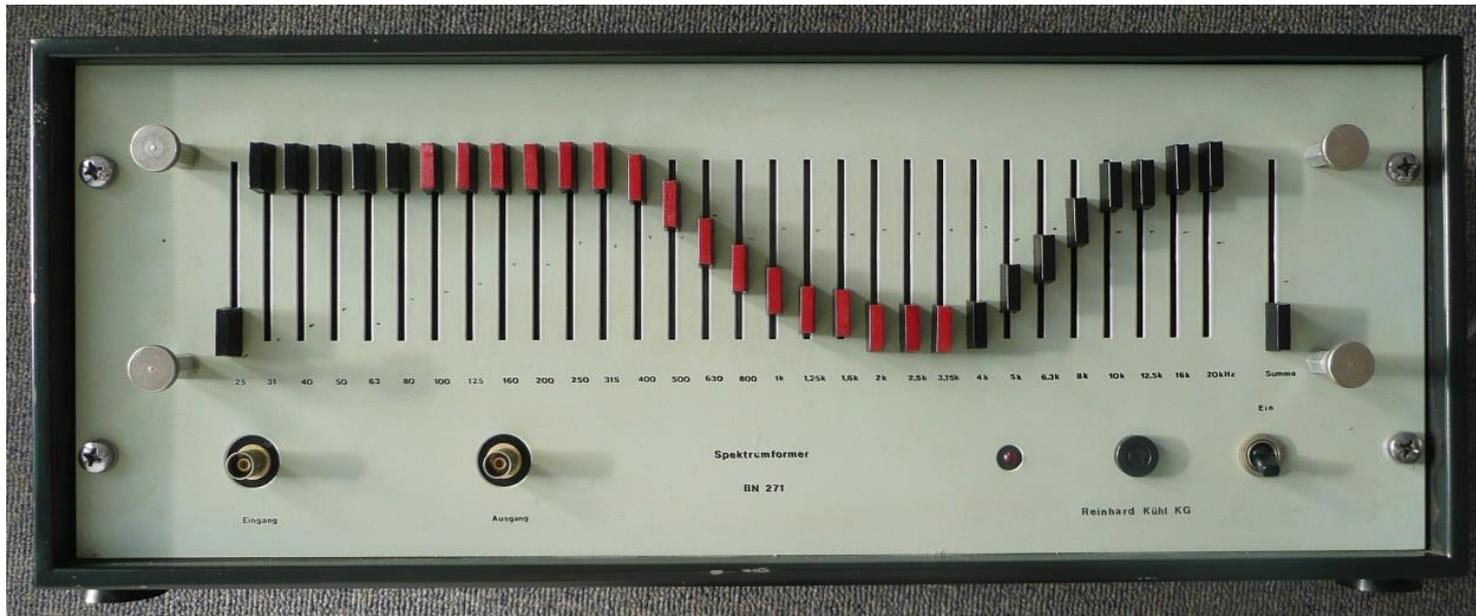
Diese hochfrequenten Sprach-Anteile müssen in den Hörgeräten besonders kräftig verstärkt werden.

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

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

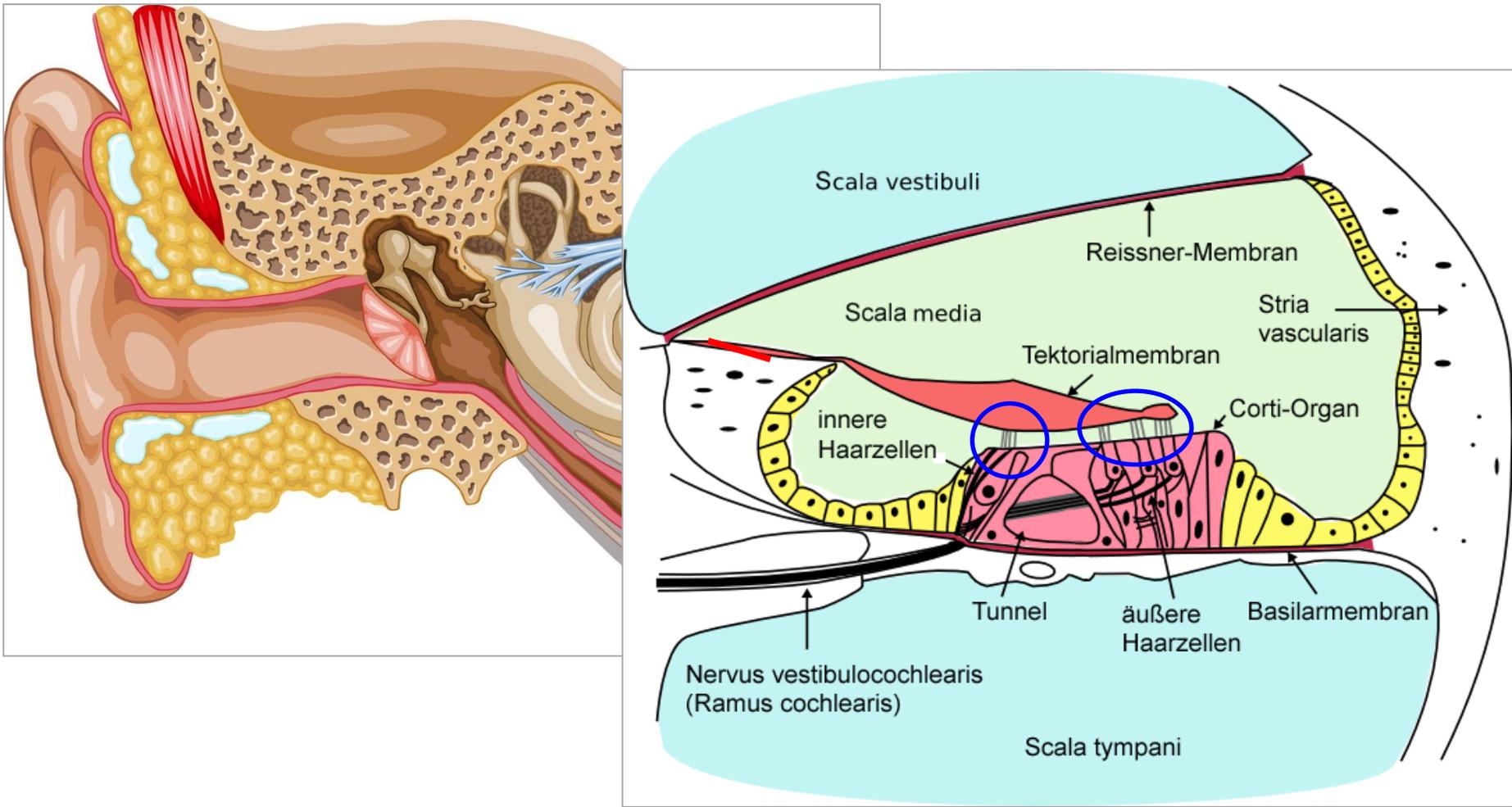
# Was können Schwerhörende anders?

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



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

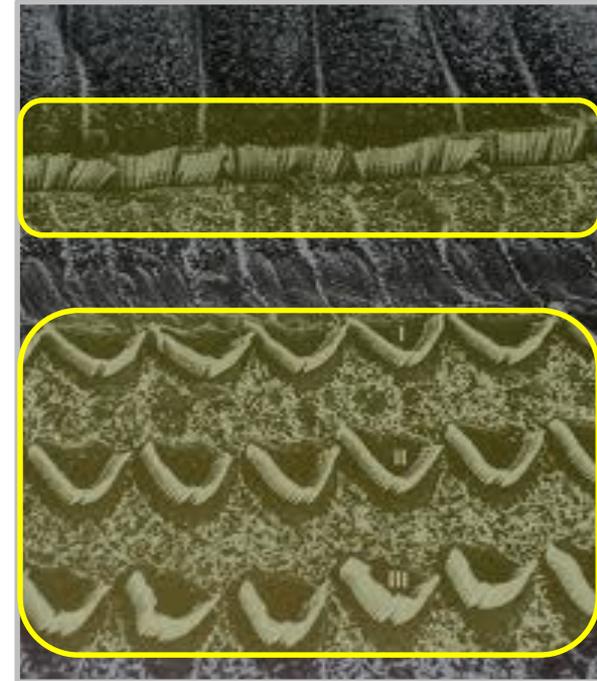
# Was können Schwerhörende anders?



# Was können Schwerhörrende anders?

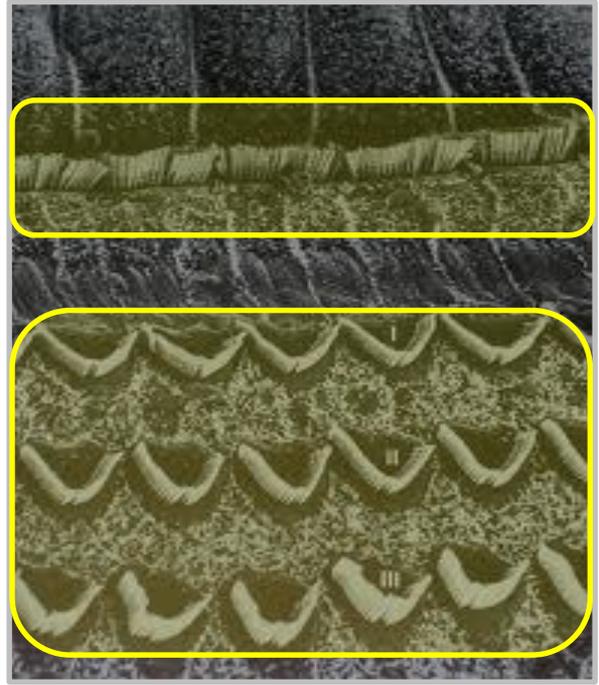
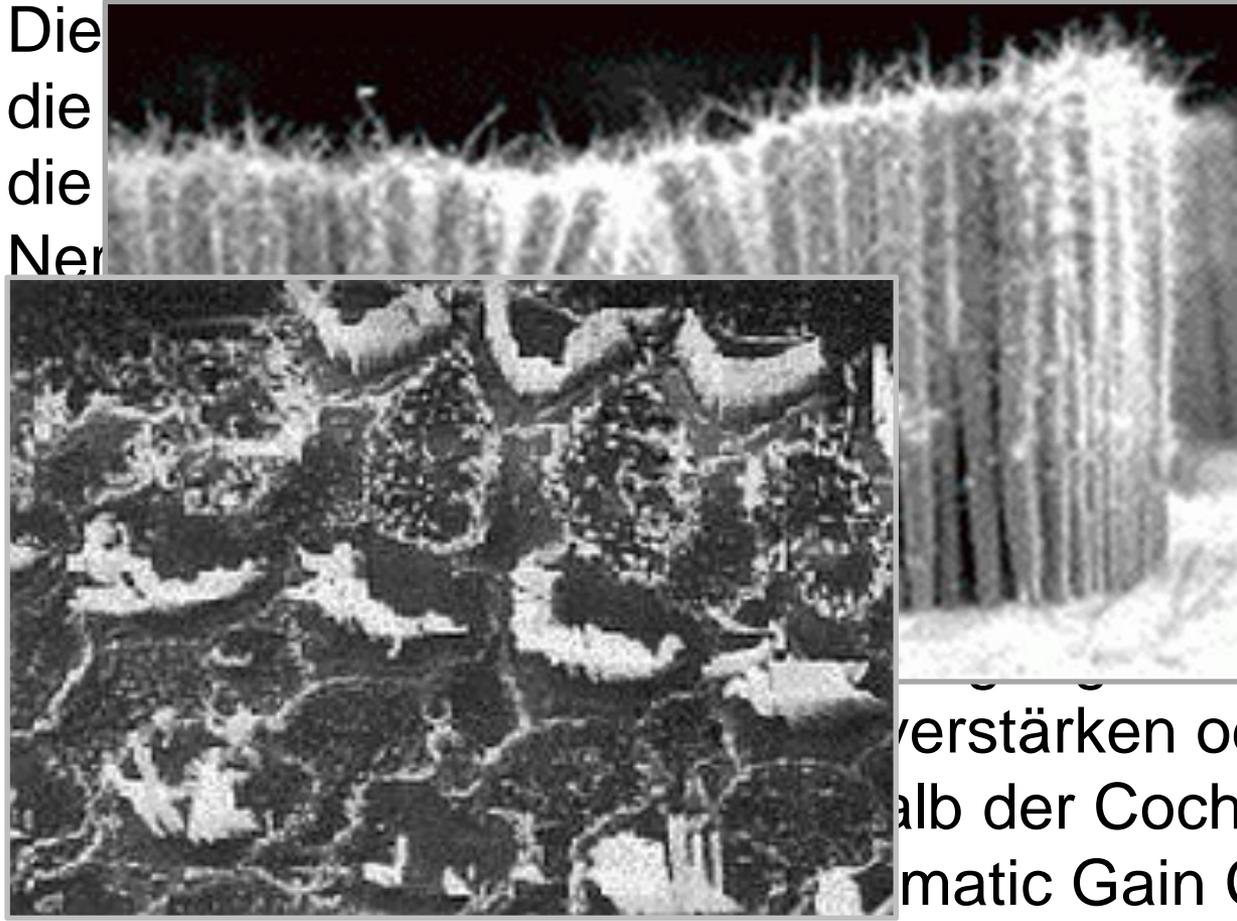
Die *inneren Haarzellen* (eine Reihe) sind die eigentlichen Rezeptoren, sie wandeln die mechanischen Schwingungen in Nervenimpulse um, die an das Gehirn weitergeleitet werden.

Die Härchen der *äußeren Haarzellen* (drei Reihen) sind aus Protein-Filamenten aufgebaut. Die Proteine Actin und Myosin sind (wie Muskeln) für die aktive Bewegung der Haarzellen verantwortlich. Sie verstärken oder dämpfen die Schallwanderwellen innerhalb der Cochlea (Hörschnecke) und sind so Equalizer und Automatic Gain Control gleichzeitig. Bei Ausfall der äußeren Haarzellen fehlt diese Regelung.



# Was können Schwerhörrende anders?

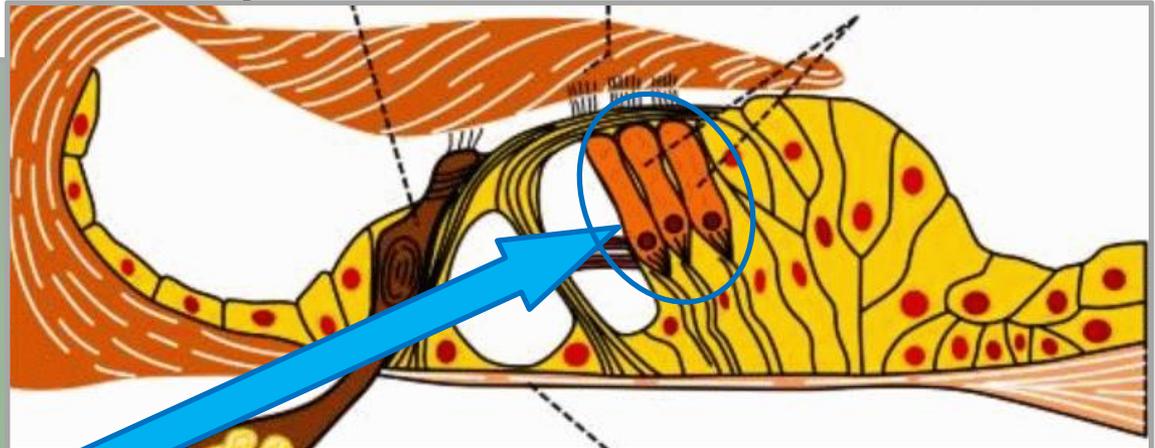
Die  
die  
die  
Ner



verstärken oder dämpfen  
halb der Cochlea (Hörschnecke)  
Automatic Gain Control gleichzeitig.

Bei Ausfall der äußeren Haarzellen fehlt diese Regelung.

# Die tanzende (äußere) Haarzelle

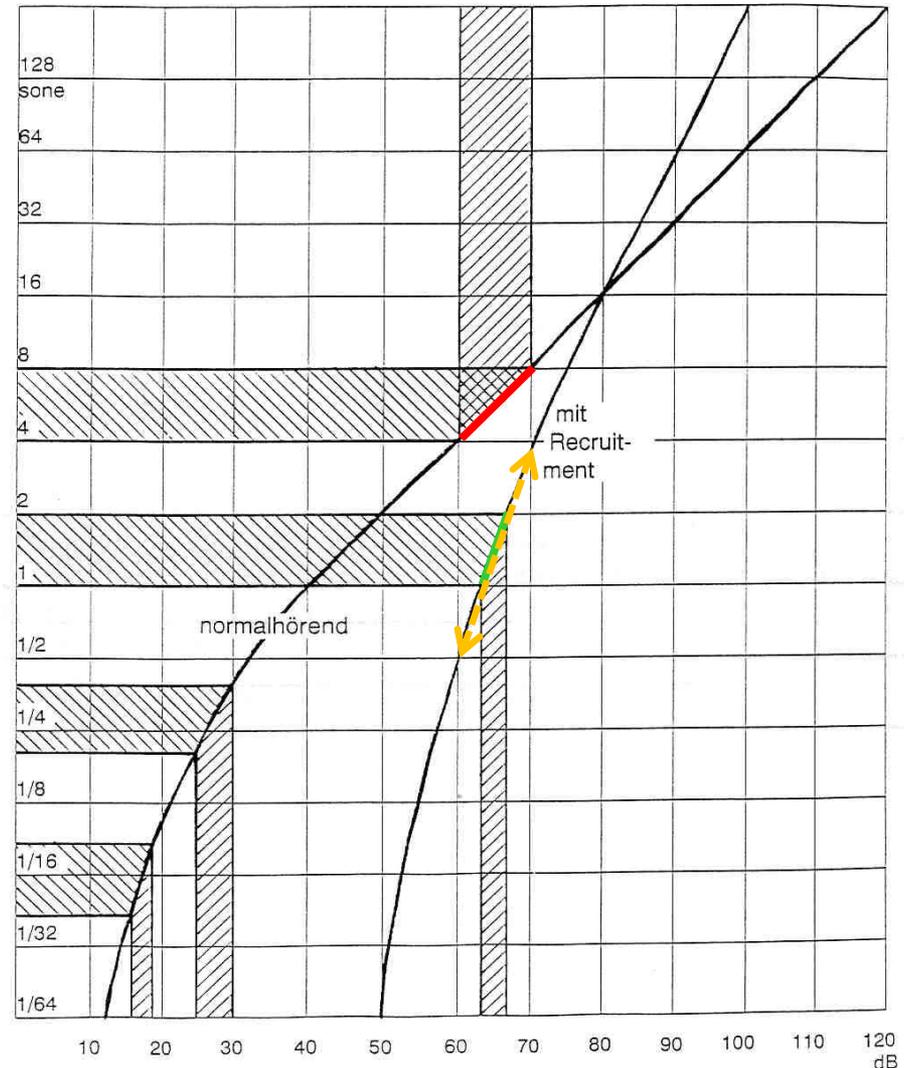


<https://www.youtube.com/watch?v=Xo9bwQuYrRo>

# Was können Schwer- hörende anders?

Durch den Ausfall dieser  
AGC verändert sich der  
Zusammenhang zwischen  
Schallpegel und  
empfundener Lautheit.

Der Dynamikbereich  
wird 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.

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

Daraus resultiert **die bauliche/elektroakustische Aufgabe**, nur **die wichtigen Informationen zu verstärken**, aber die **Störgeräusche** und den **Nachhall** zu dämpfen: **Signal-to-Noise-Ratio**

**SNR > 15 dB**

# Was können Schwerhörende anders?

**HÖREN**

HÖREN

HÖREN

ohne Störgeräusch

HÖREN

HÖREN

HÖREN

mit Störgeräusch

# Was können Schwerhörrende anders?

**HÖREN**

HÖREN

HÖREN

ohne Störgeräusch

HÖREN

HÖREN

**HÖREN**

mit Störgeräusch

# 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.	28.000

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>

# 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!

# 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



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

Weitergabe / Nachdruck gern gestattet

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