

Das Ohr und das Gehör

- Aufbau des Ohres
- Resonatorfunktion des Außenohres
- Das Mittelohr als Impedanzanpasser (Hebel)
- Aufbau des Innenohres
- Wanderwellen-Theorie von Békésy
- Frequenz- und Intensitätsanalyse
- Umwandlung in elektrische Signale - Haarzellen
- Hörkurven
- Audiometrie, Audiogramm
- Lautstärke – Phon-Skala
- Richtungshören

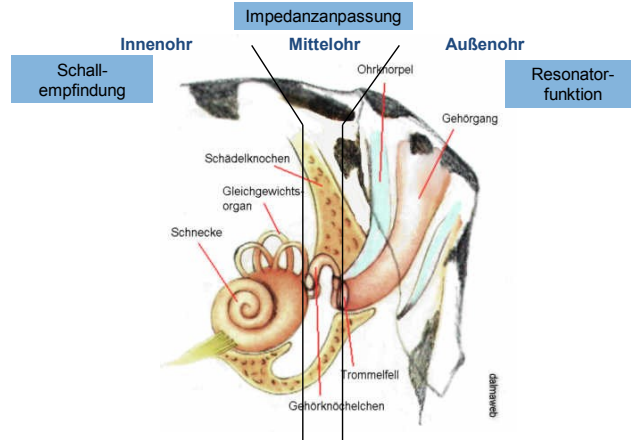
Informationsübertragung Körper ↔ Umwelt



1

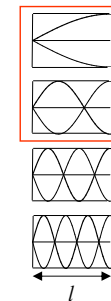
2

Aufbau des Ohres



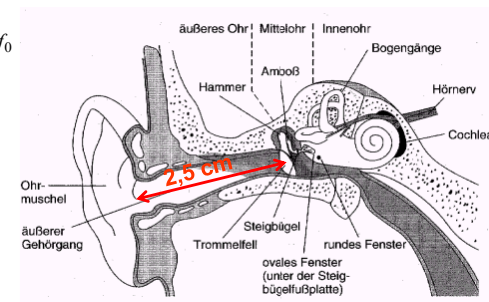
3

Resonatorfunktion des Außenohres



$$f_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4 \cdot l}$$

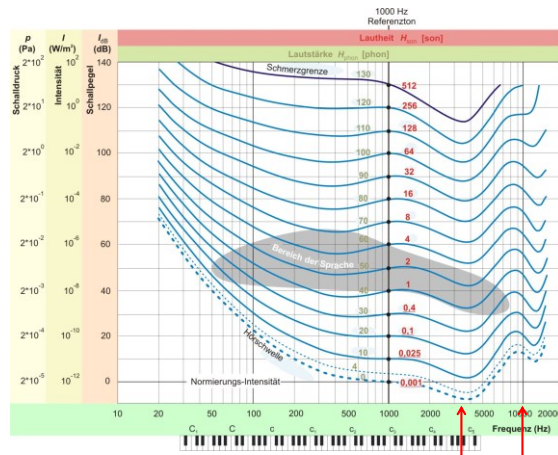
$$f_1 = 3f_0$$



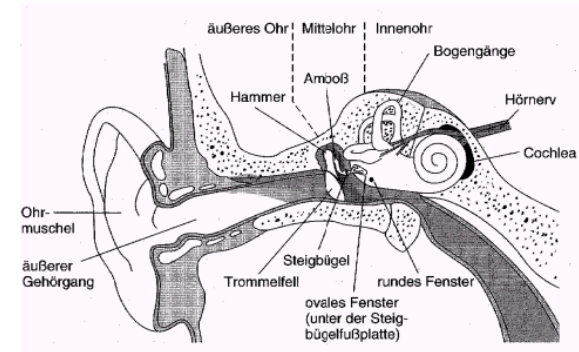
$$f_0 = 3300 \text{ Hz}$$

$$f_1 = 9900 \text{ Hz}$$

4



5



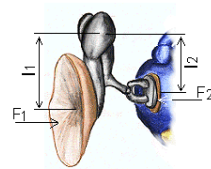
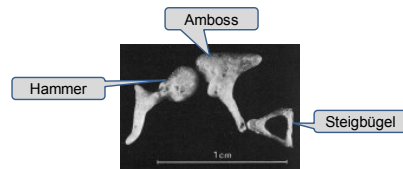
6

Das Mittelohr als Impedanzanpasser

Problem: Reflexion der Schallwellen durch die Grenzfläche Luft/Gewebe

$$R = \frac{J_{\text{refl}}}{J_{\text{cin}}} \approx \left(\frac{Z_{\text{Wasser}} - Z_{\text{Luft}}}{Z_{\text{Wasser}} + Z_{\text{Luft}}} \right)^2 = 0,9989 \quad !$$

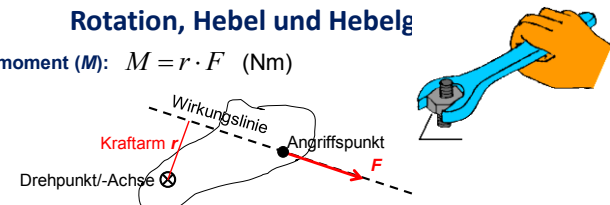
Die Funktion von Gehörknöchelchen
= Verstärkung durch ein Hebelsystem



7

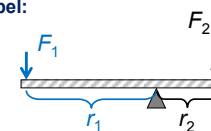
Rotation, Hebel und Hebelg

Drehmoment (M): $M = r \cdot F$ (Nm)



Gleichgewicht: $\sum M_i = 0$

Hebel:



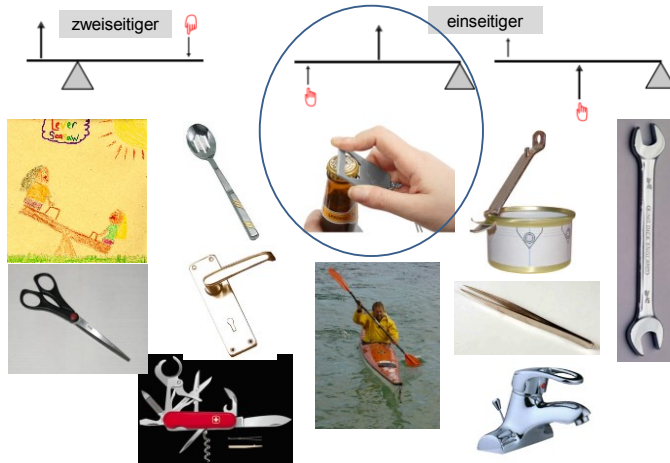
Hebelgesetz:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

⇒ Kraftvervielfachung

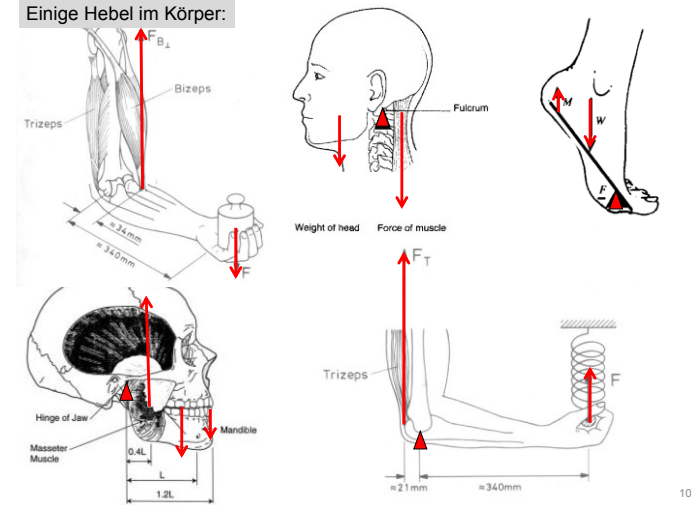
8

Hebelarten:

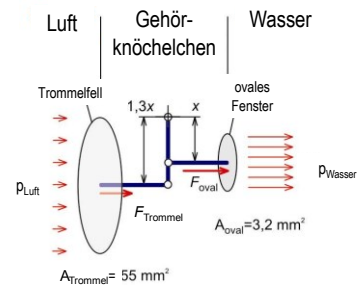


9

Einige Hebel im Körper:



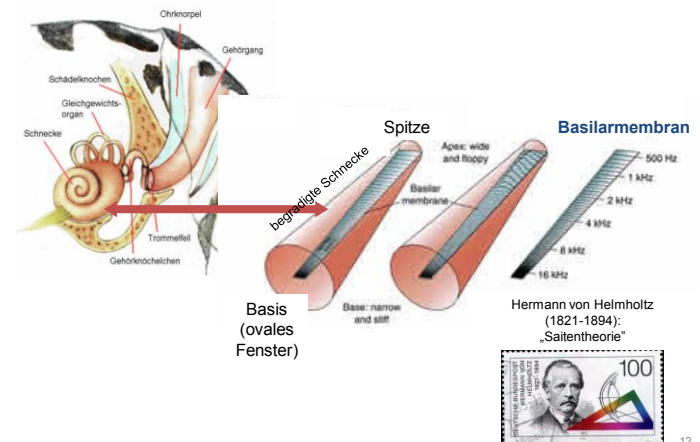
10



Druckerhöhung (Hebel + Flächenverkleinerung): $p_{\text{Wasser}}/p_{\text{Luft}} = 22,3$

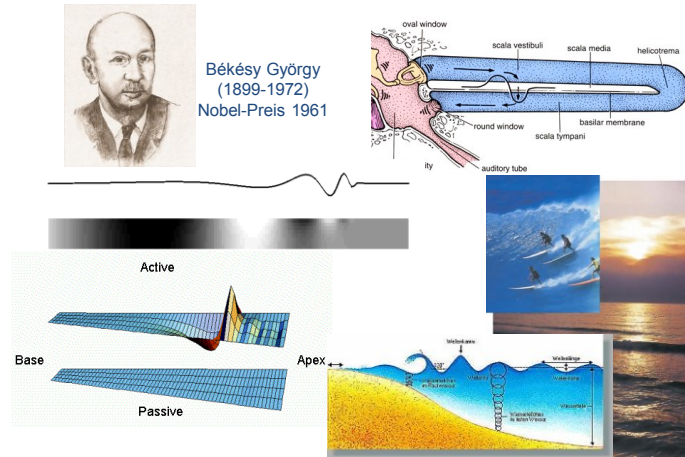
11

Aufbau des Innenohres

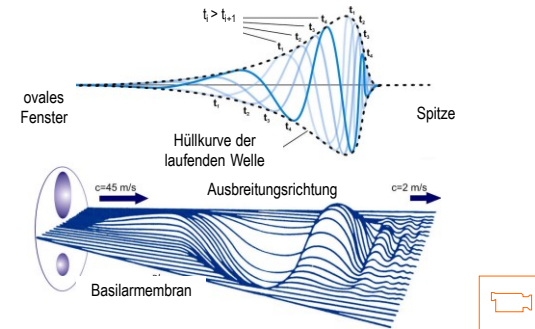


12

Wanderwellen-Theorie von Békésy

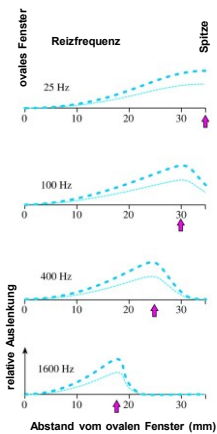


Bewegung der Wanderwellen



14

Frequenz- und Intensitätsanalyse



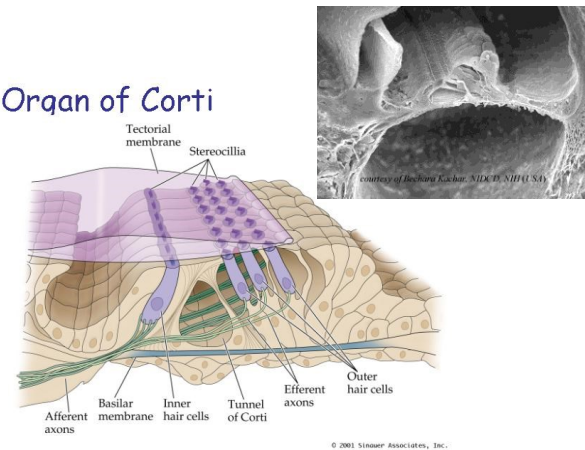
Schallreiz → Wanderwellen

Frequenz ↔ Lokalisation der Hüllkurve
Intensität ↔ Amplitude der Hüllkurve

15

Umwandlung in elektrische Signale

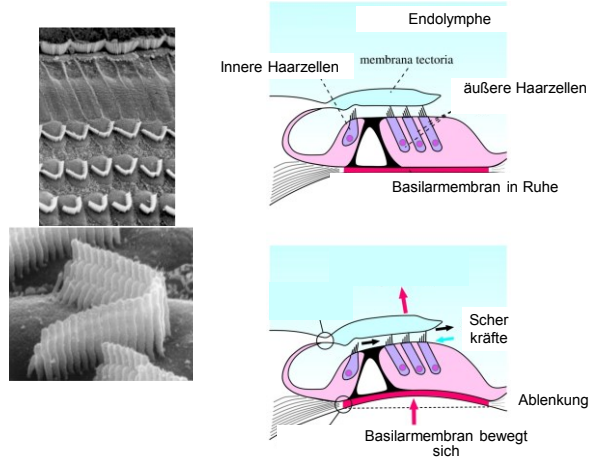
Organ of Corti



© 2001 Sinauer Associates, Inc.

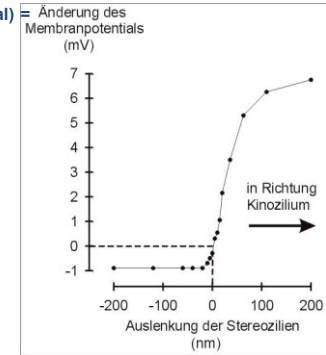
16

Haarzellen als mechano-elektrische Transducer

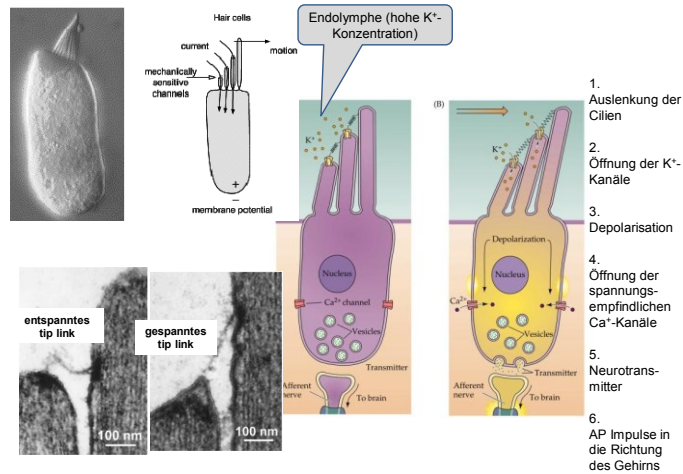


17

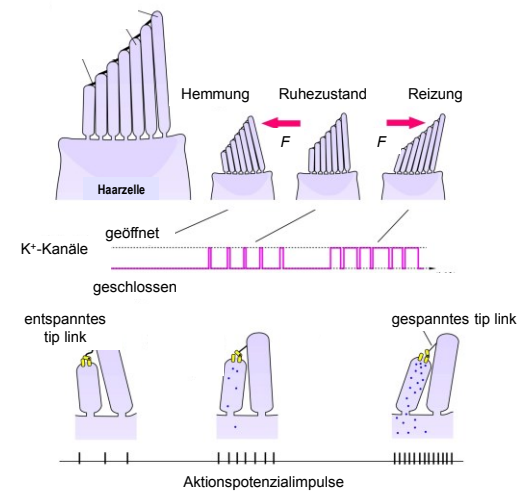
Rezeptorpotenzial (Mikrophonpotenzial)



18

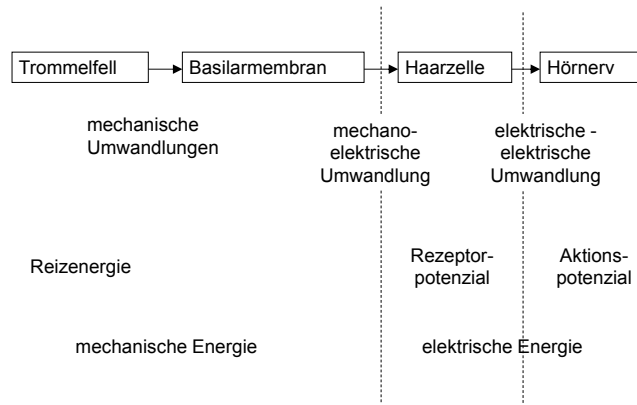


19



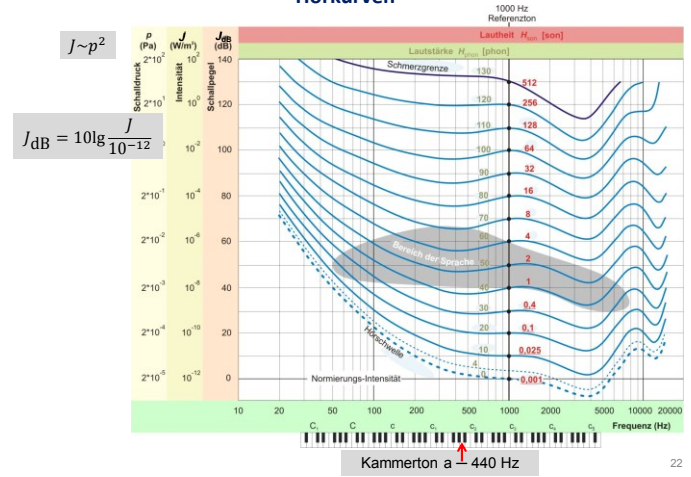
20

Signalumwandlungen beim Gehör



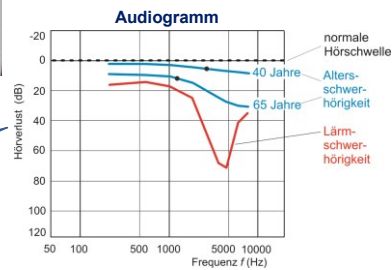
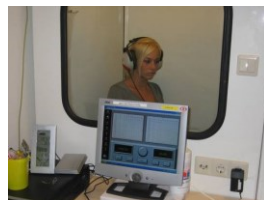
21

Hörkurven



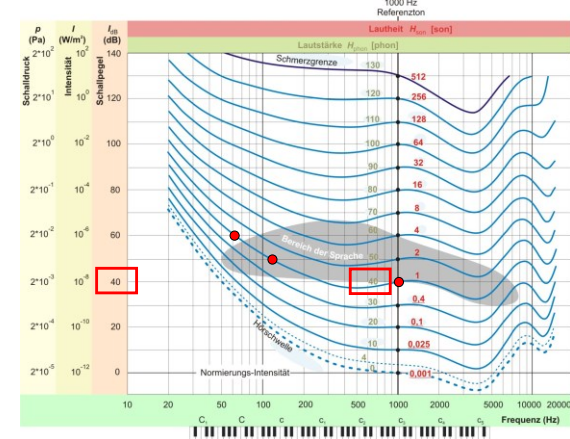
22

Audiometrie



23

Lautstärke – Phon-Skala

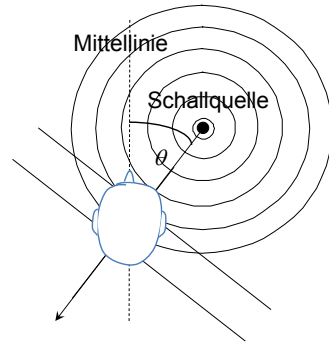


24

Richtungshören

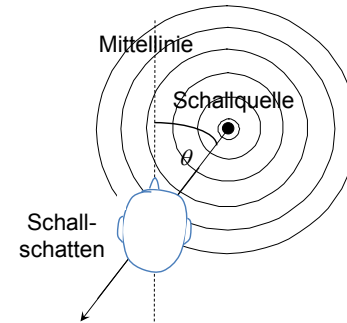
Richtungsbestimmung 1 - Zeitverzögerung (zweiohriges Richtungshören)

Zeitverzögerung (Δt):



25

Richtungsbestimmung 2 – Intensitätsunterschied (zweiohriges Richtungshören)



26