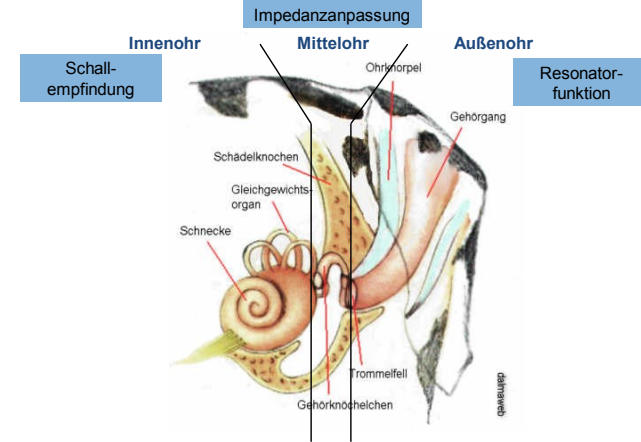


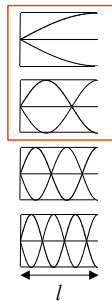
Das Ohr und das Gehör

- 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

Aufbau des Ohres

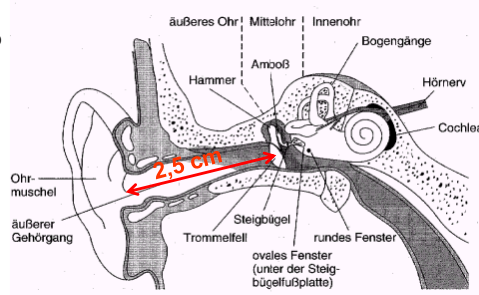


Resonatorfunktion des Außenohres



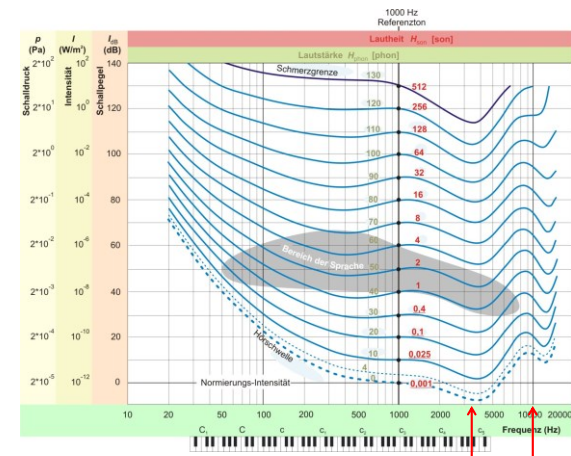
$$f_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4 \cdot l}$$

$$f_1 = 3f_0$$



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

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

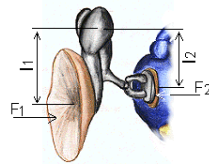
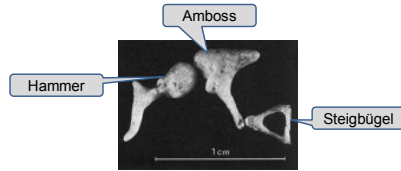


Das Mittelohr als Impedanzanpasser

Problem: Reflexion der Schallwellen durch die Grenzfläche Luft/Gewebe

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

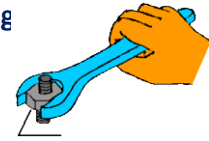
Die Funktion von Gehörknöchelchen
= Verstärkung durch ein Hebelsystem



5

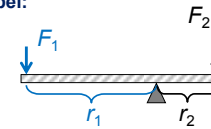
Rotation, Hebel und Hebelg

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



Gleichgewicht: $\sum M_i = 0$

Hebel:



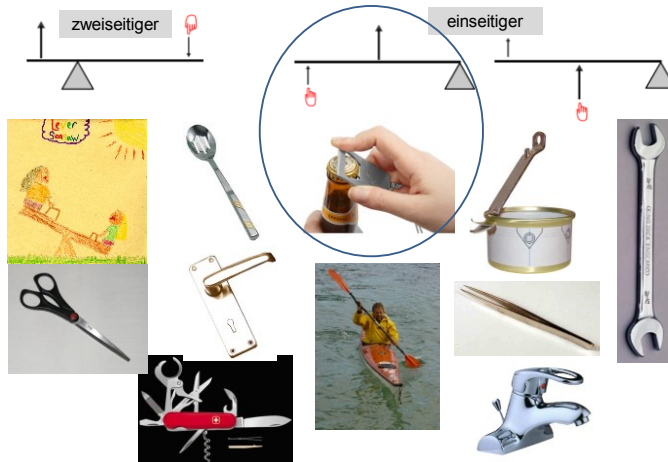
Hebelgesetz:

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

⇒ Kraftvervielfachung

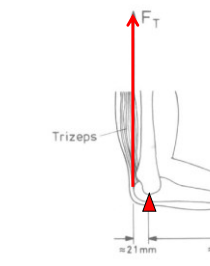
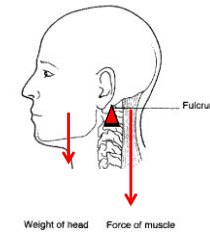
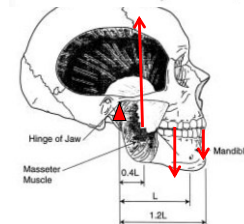
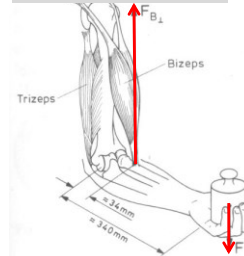
6

Hebelarten:

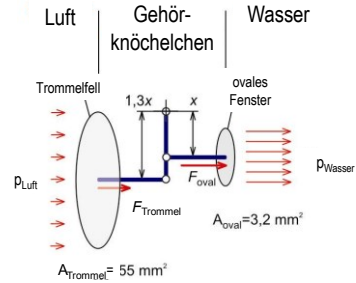


7

Einige Hebel im Körper:



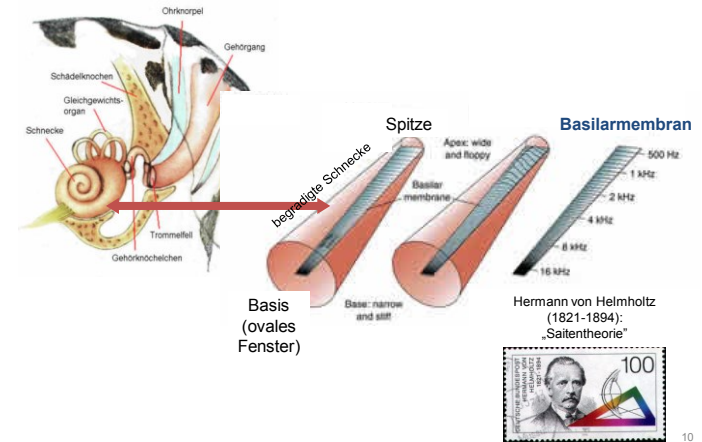
8



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

9

Aufbau des Innenohres

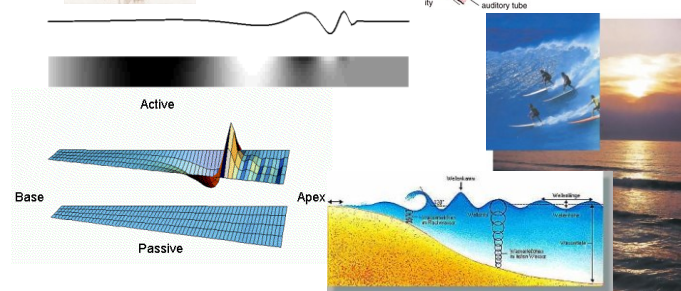
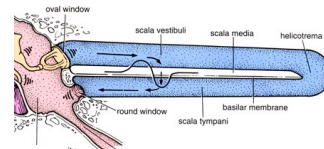


10

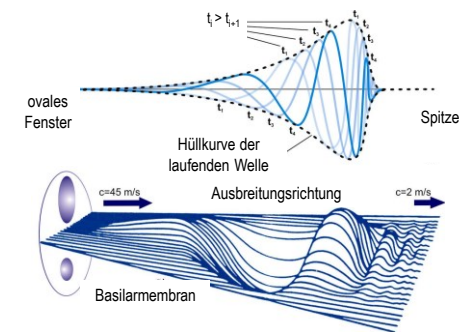
Wanderwellen-Theorie von Békésy



Békésy György
(1899-1972)
Nobel-Preis 1961

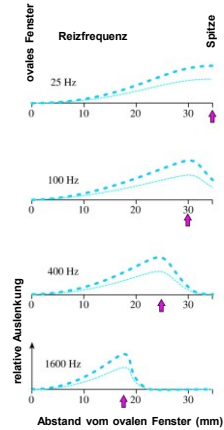


Bewegung der Wanderwellen



12

Frequenz- und Intensitätsanalyse



Schallreiz → Wanderwellen

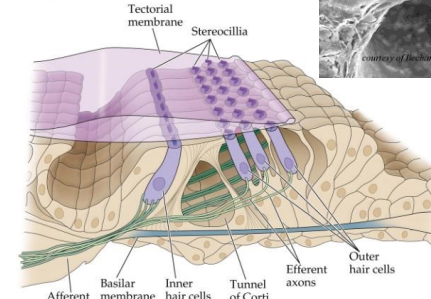
Frequenz ↔ Lokalisation der Hüllkurve

Intensität ↔ Amplitude der Hüllkurve

13

Umwandlung in elektrische Signale

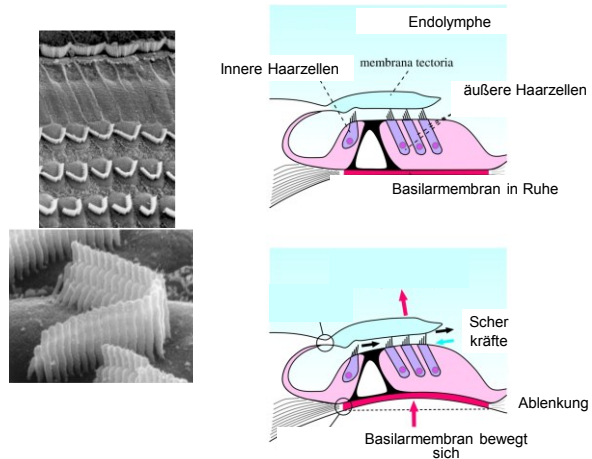
Organ of Corti



© 2001 Sinauer Associates, Inc.

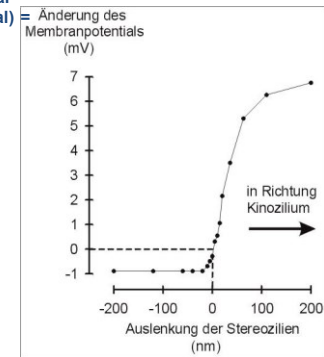
14

Haarzellen als mechano-elektrische Transducer

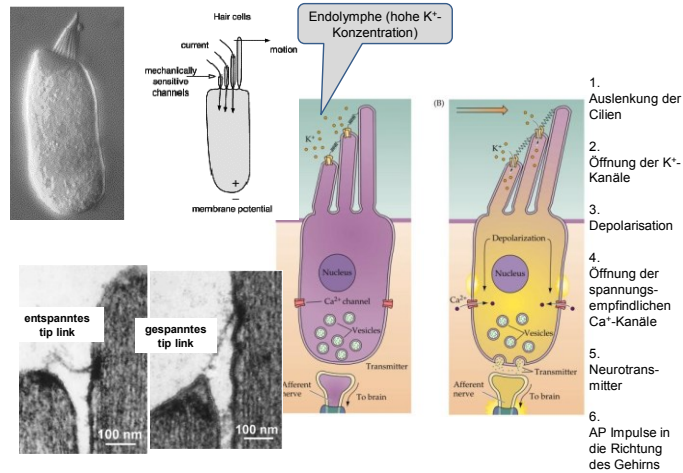


15

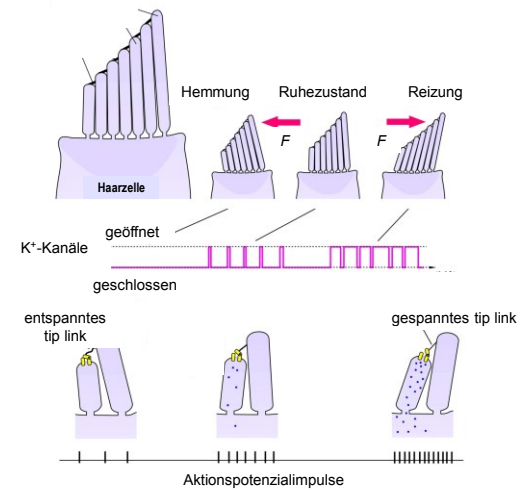
Rezeptorpotenzial (Mikrophonpotenzial)



16

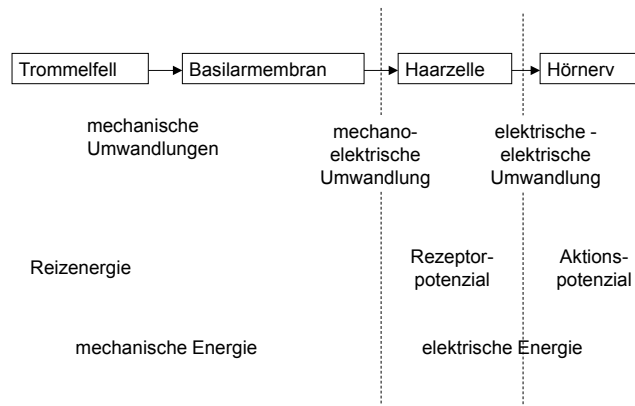


17



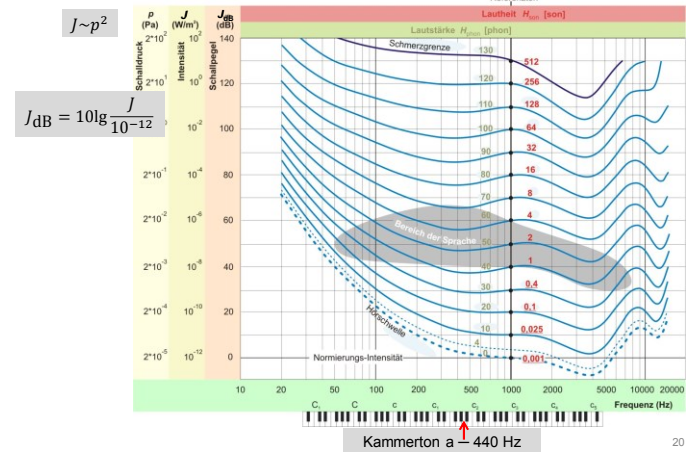
18

Signalumwandlungen beim Gehör



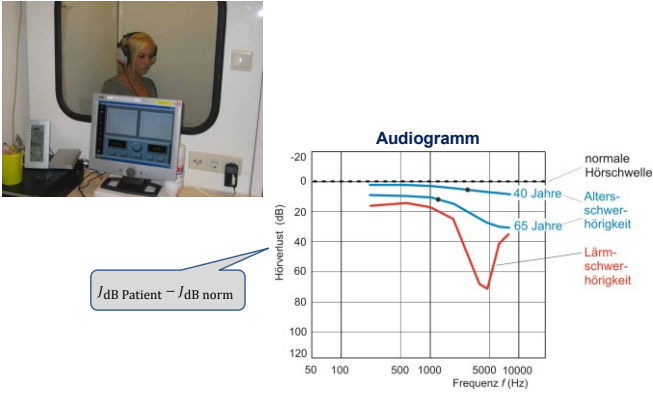
19

Hörkurven



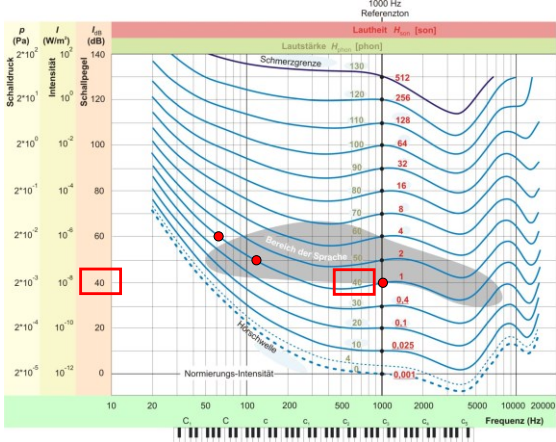
20

Audiometrie



21

Lautstärke – Phon-Skala

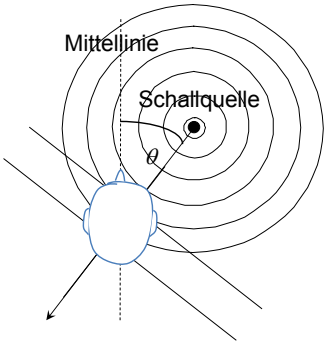


22

Richtungshören

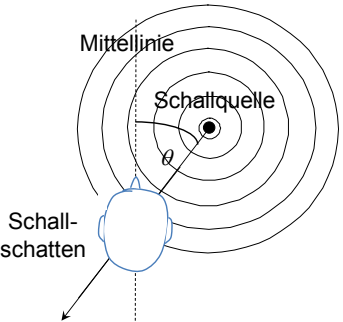
Richtungsbestimmung 1 - Zeitverzögerung
(zweiohriges Richtungshören)

Zeitverzögerung (Δt):



23

Richtungsbestimmung 2 – Intensitätsunterschied
(zweiohriges Richtungshören)



24