

Das Ohr und das Gehör

- Aufbau des Ohres
- Resonatorfunktion des Außenohres
- Das Mittelohr als Impedanzanpasser
Umweg: Drehmoment, Hebel und Hebelgesetz
- Aufbau des Innenohres
- Wanderwellen-Theorie von Békésy
- Frequenz- und Intensitätsanalyse
- Umwandlung in elektrische Signale - Haarzellen
- Richtungshören

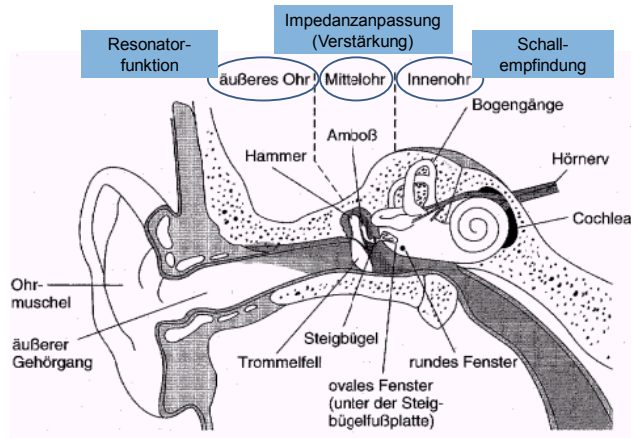
Informationsübertragung Körper ↔ Umwelt



1

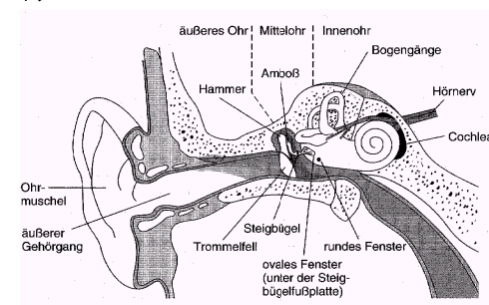
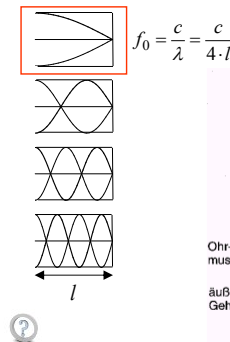
2

Das Ohr - Aufbau und Funktion



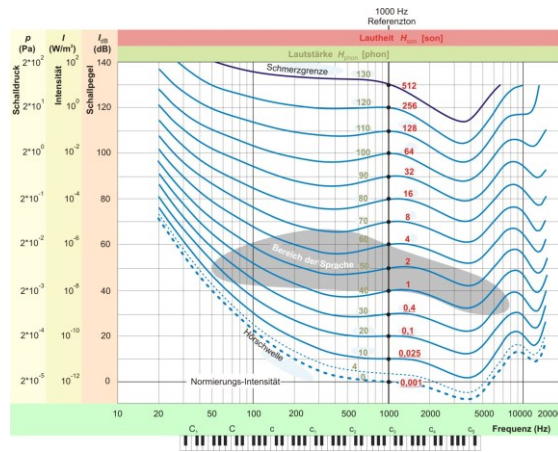
3

Resonatorfunktion des Außenohres



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

4



Das Mittelohr als Impedanzanpasser

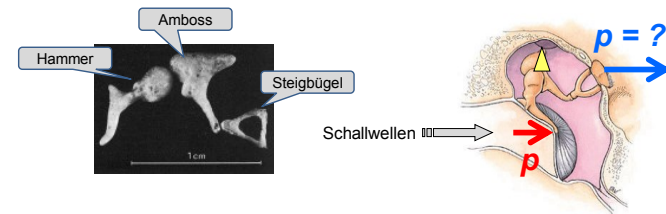
Problem: Reflexion der Schallwellen durch die Grenzfläche Luft/Gewebe

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

Luft/Gewebe

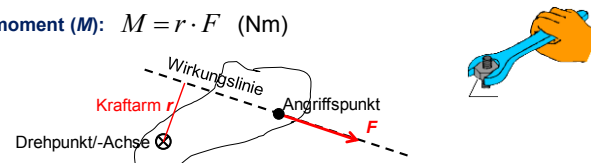
Die Funktion von Gehörknöchelchen

= Verstärkung durch ein Hebelsystem



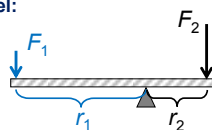
Umweg: Drehmoment, Hebel und Hebelgesetz

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



Gleichgewicht: $\sum M_i = 0$

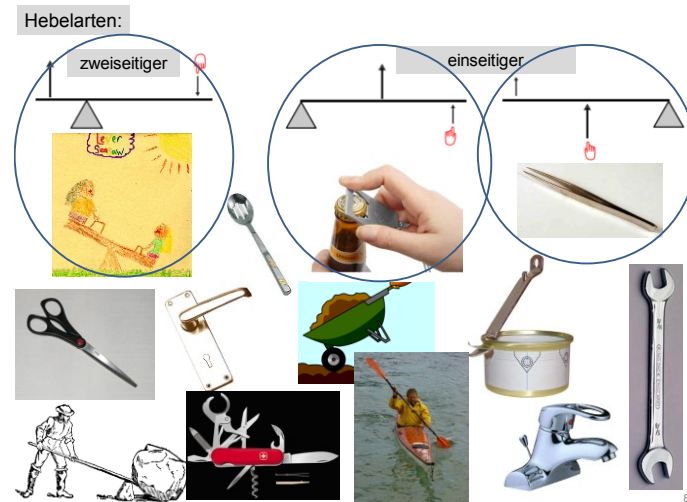
Hebel:

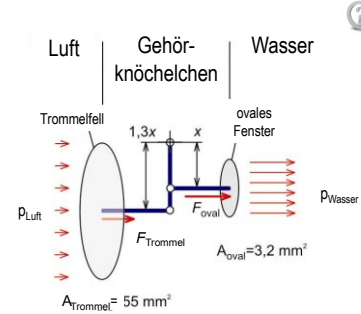
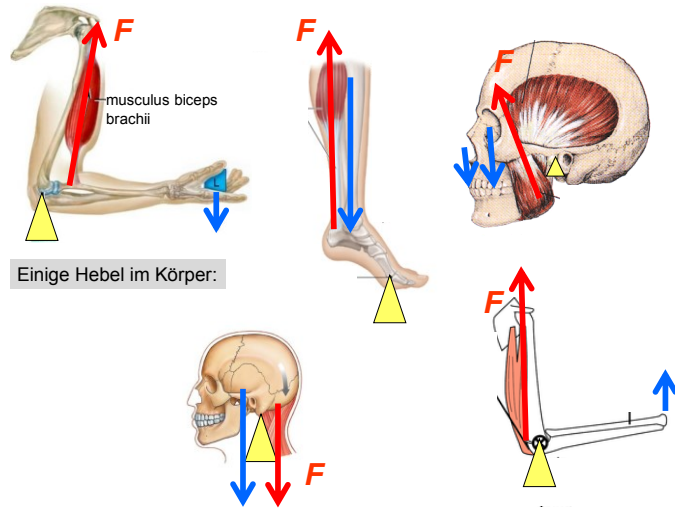


Hebelgesetz:

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

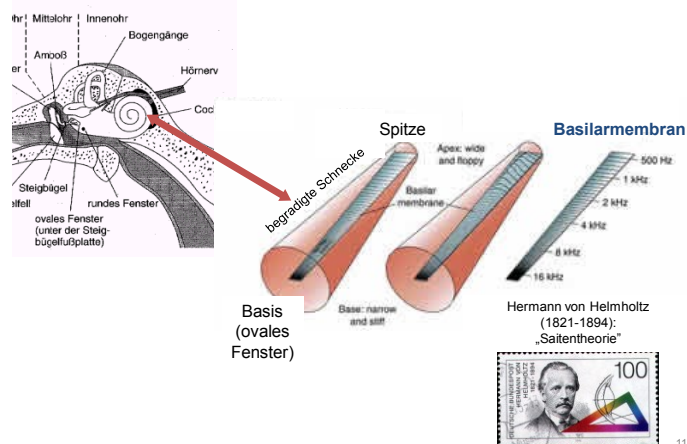
⇒ Kraftvervielfachung



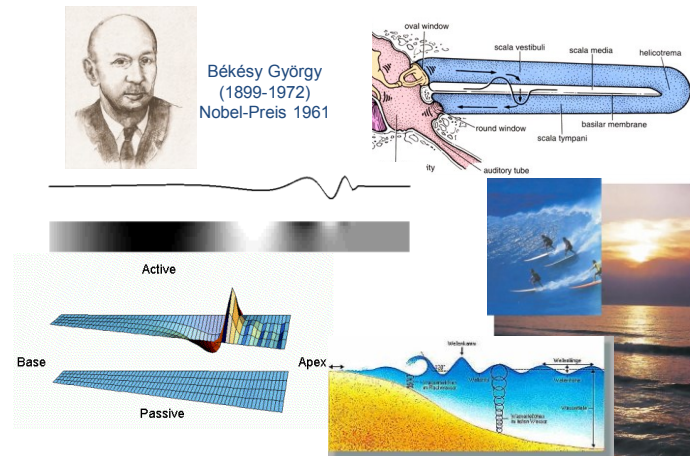


⇒ Druckverstärkung (Hebel + Flächenverkleinerung): $p_{Wasser}/p_{Luft} = 22,3$
 ⇒ Intensitätsverstärkung: etwa 125-fach

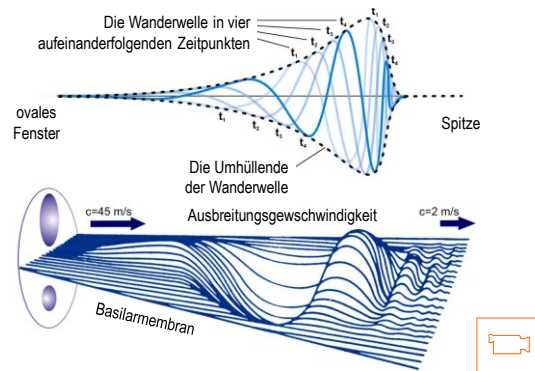
Aufbau des Innenohres



Wanderwellen-Theorie von Békésy

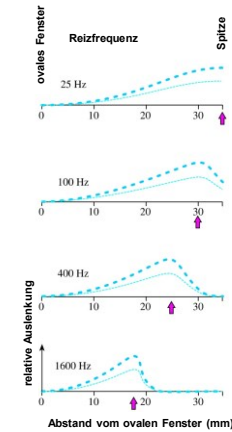


Bewegung der Wanderwellen



13

Frequenz- und Intensitätsanalyse



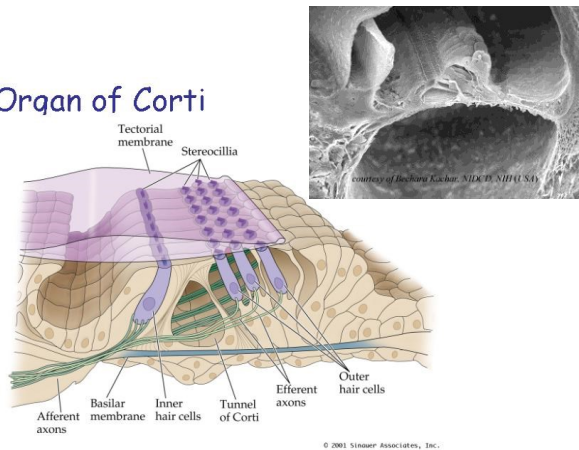
Die **Frequenz** des Schalles wird kodiert in der Maximumstelle der Umhüllende der Wanderwelle.

Die **Intensität** des Schalles wird kodiert in der maximalen Auslenkung der Wanderwelle.

14

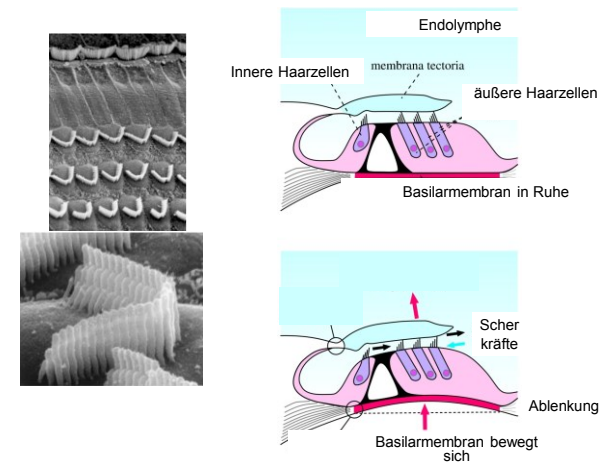
Umwandlung in elektrische Signale

Organ of Corti



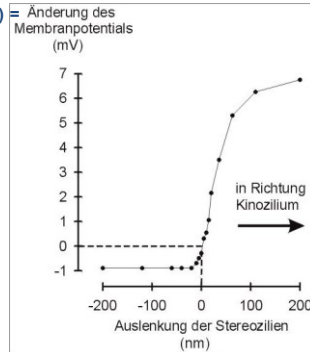
15

Haarzellen als mechano-elektrische Transducer

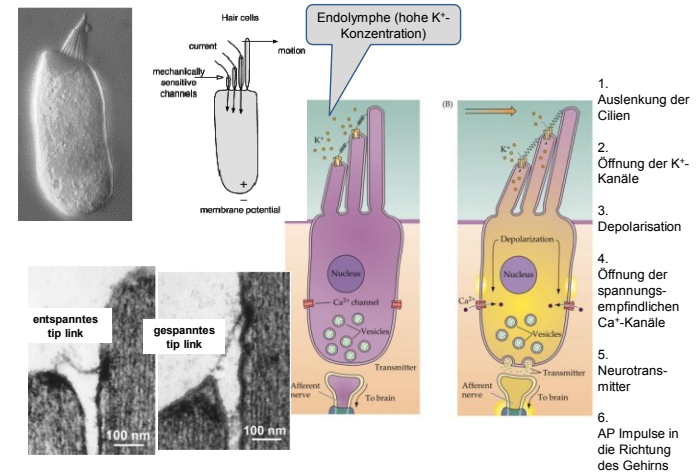


16

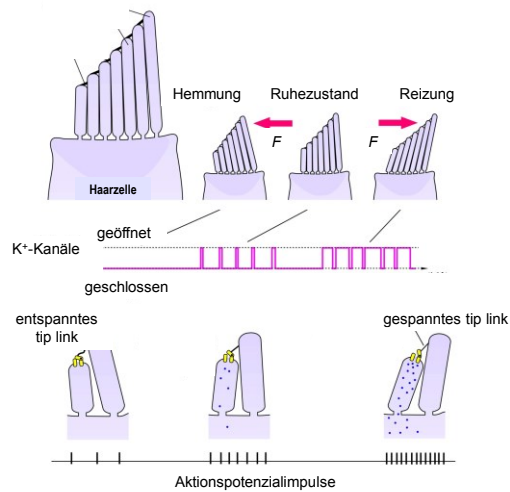
Rezeptorpotenzial (Mikrophonpotenzial)



17

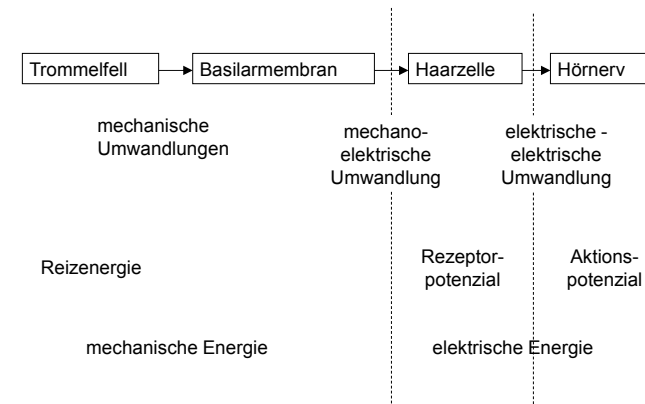


18



19

Signalumwandlungen beim Gehör



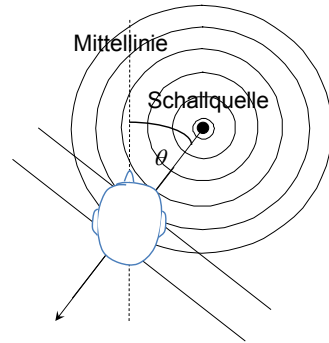
20

Richtungshören

Richtungsbestimmung 1 – aufgrund der Zeitverzögerung (zweiohriges Richtungshören)

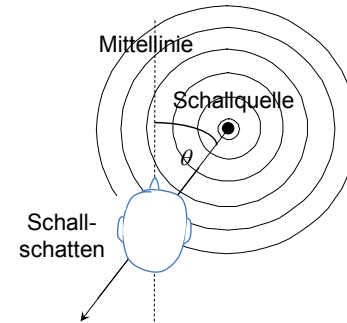


Zeitverzögerung (Δt):



21

Richtungsbestimmung 2 – aufgrund des Intensitätsunterschiedes (zweiohriges Richtungshören)



22