

# Medizinische Biophysik

2013.  
05. 13.

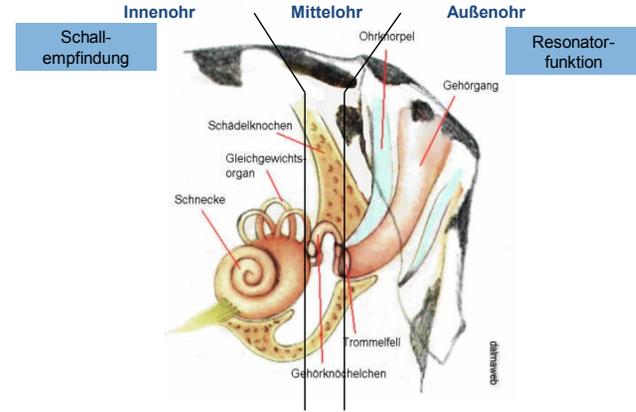
## Das Ohr und das Gehör



1

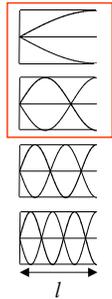
# Aufbau des Ohres

## Impedanzanpassung



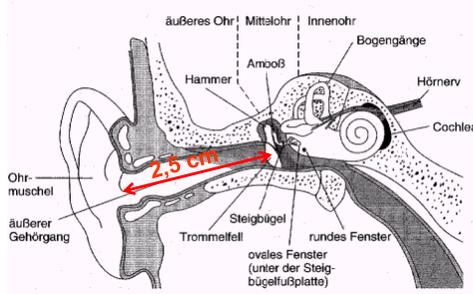
2

## Resonatorfunktion des Außenohres



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

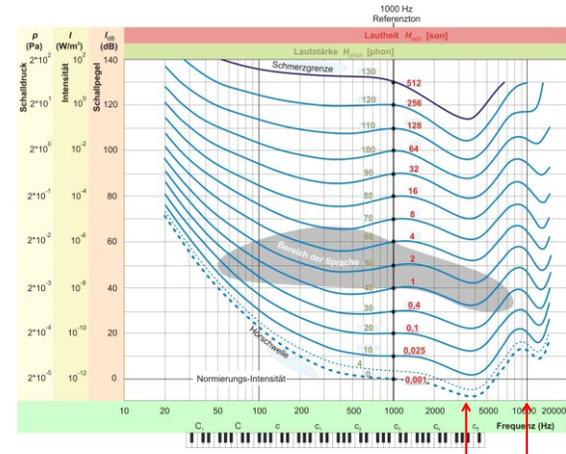
$$f_1 = 3f_0$$



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

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

3

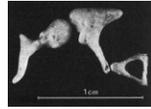
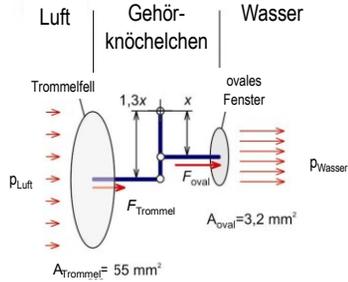


4

## Mittelohr als Impedanzanpasser

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

### Funktion von Gehörknöchelchen

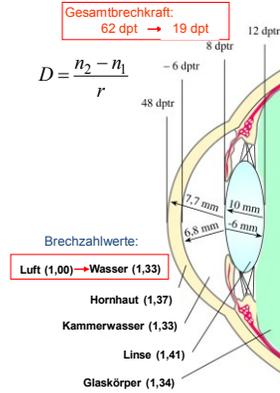


Druckerhöhung:  
(Hebel + Flächenverkleinerung)

$$p_{\text{Wasser}}/p_{\text{Luft}} = 22,3$$

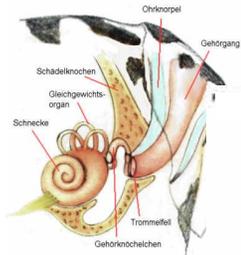
5

## Hören (und Sehen) unter Wasser?

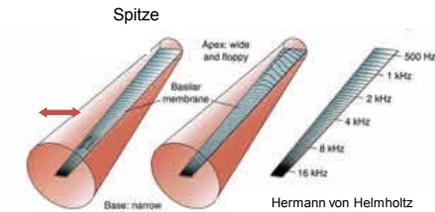


6

## Aufbau des Innenohres



### Basilarmembran



Hermann von Helmholtz  
(1821-1894):  
„Saitentheorie“



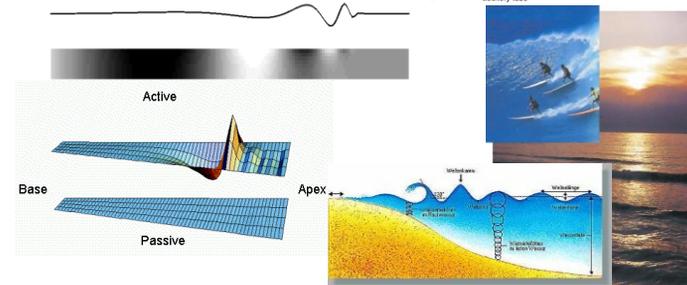
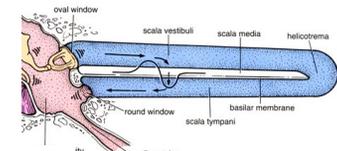
Basis  
(ovales  
Fenster)

7

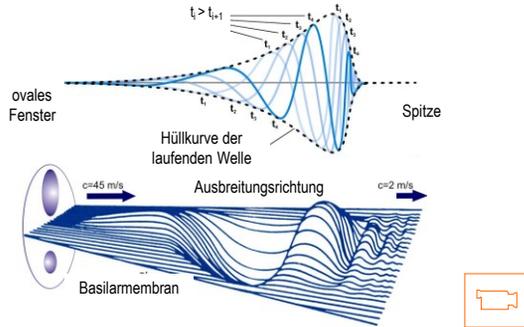
## Wanderwellen-Theorie von Békésy



Békésy György  
(1899-1972)  
Nobel-Preis 1961

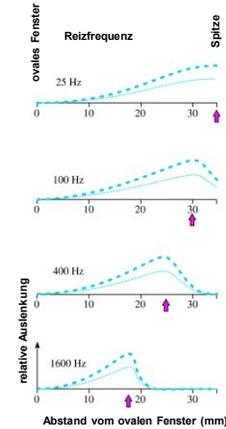


## Bewegung der Wanderwellen



9

## Frequenz- und Intensitätsanalyse



Schallreiz → Wanderwellen

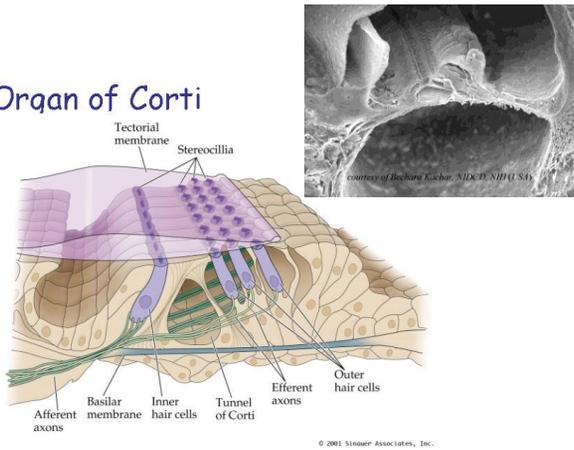
Frequenz ← Lokalisation der Hüllkurve

Intensität ← Amplitude der Hüllkurve

10

## Umwandlung in elektrische Signale

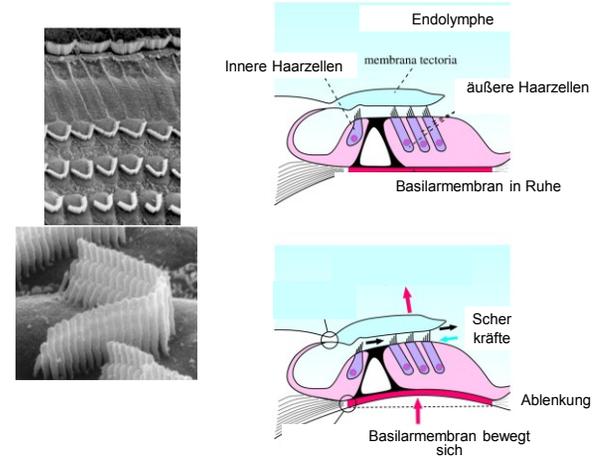
### Organ of Corti



© 2001 Sinauer Associates, Inc.

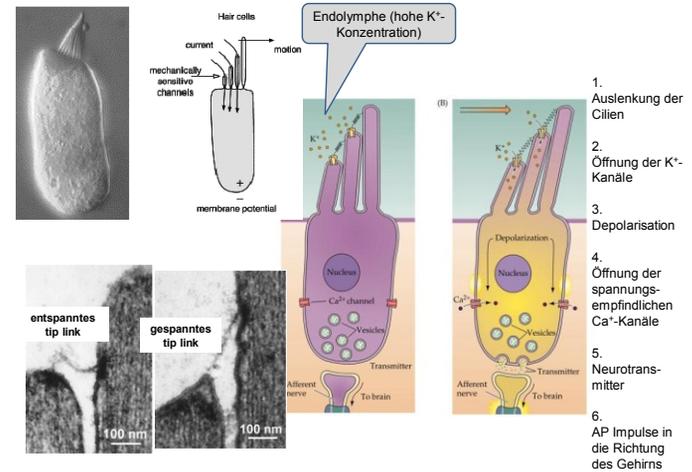
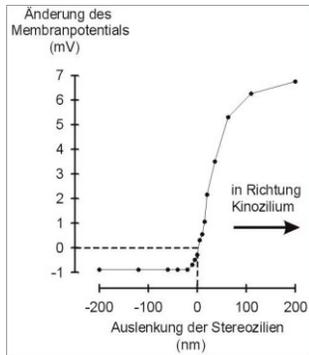
11

## Haarzellen als mechano-elektrische Transducer



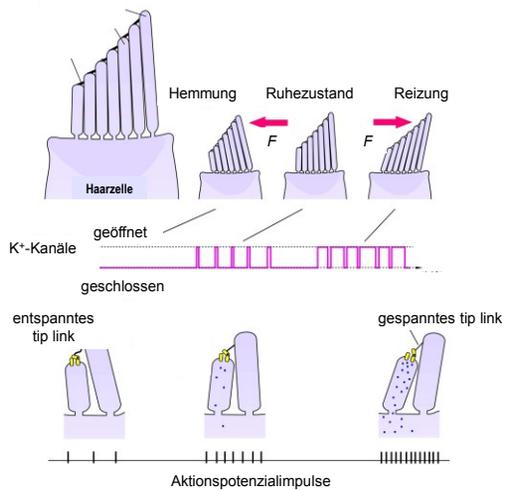
12

Rezeptorpotenzial  
(Mikrophonpotenzial) =



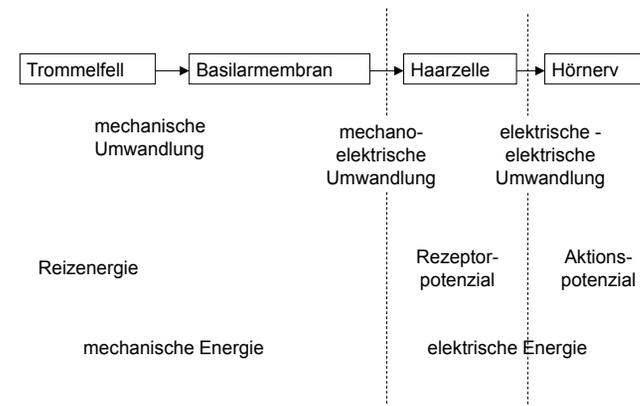
13

14



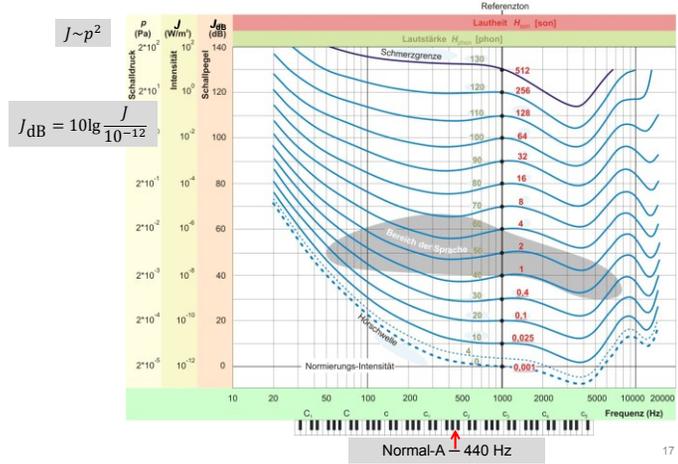
15

## Signalumwandlungen beim Gehör

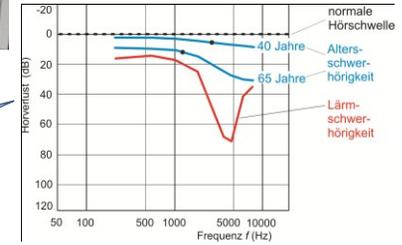


16

## Kurven gleicher Lautstärke des menschlichen Ohres



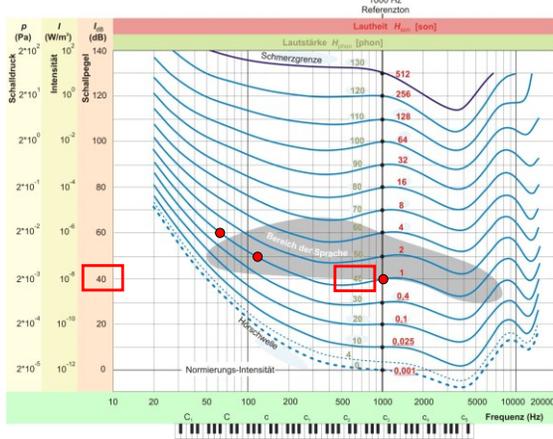
## Audiometrie



$J_{dB Patient} - J_{dB norm}$

18

## Lautstärke – Phon-Skala



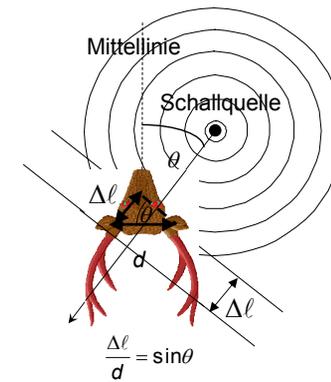
## Richtungshören

### Richtungsbestimmung 1 - Zeitverzögerung (zweiohriges Richtungshören)

Zeitverzögerung ( $\Delta t$ ):

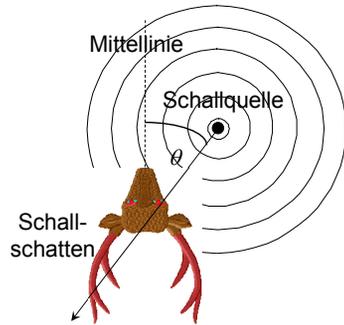
$$\Delta t = \frac{\Delta \ell}{c} = \frac{d \sin \theta}{c}$$

$d$ : Abstand der Ohren



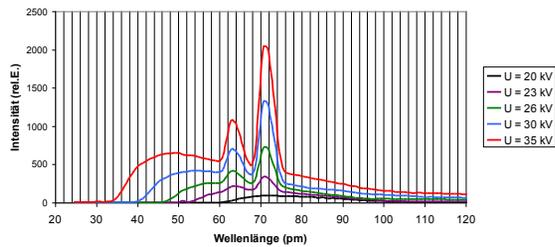
20

**Richtungsbestimmung 2 – Intensitätsunterschied**  
(zweiohriges Richtungshören)



21

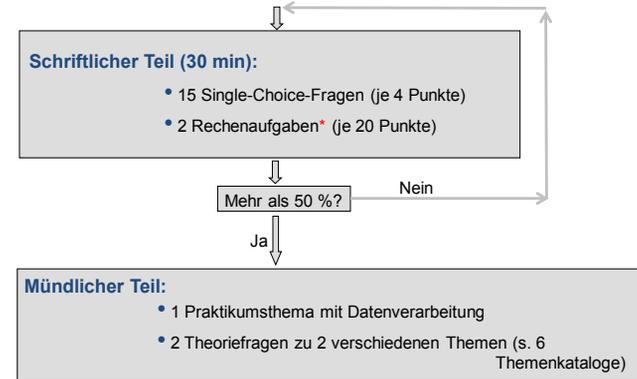
**Zum Beispiel**  
**6. Röntgen\_1**



Die Spektren einer Röntgenröhre sind bei verschiedenen Beschleunigungsspannungen zu sehen. Aufgrund der Abbildung konstruieren Sie eine weitere Abbildung, die das Duane–Hunt-Gesetz beweist.

23

**Rigorosum (aus dem ganzjährigen Stoff!)**



\* s. Aufgaben in den Themenkatalogen und in den Vorlesungsskripten + **ähnliche!**

22

**Zum Beispiel**

- |  |   |
|--|---|
| <p><u>40</u> Physikalische Grundlagen der Nuklearmedizin</p> | <p>Wechselwirkungen der Kernstrahlungen mit der Materie; Elementarprozesse der Schwächung; Photoeffekt, Compton-Streuung, Paarbildung, elastische Streuung; Massenschwächungskoeffizienten, Energieabhängigkeit</p> |
| <p><u>92</u> Transportprozesse</p>                           | <p>Diffusion: brownische Bewegung<br/>Stoffstromstärke (-dichte), 1. Ficksches Gesetz, Diffusionskoeffizient, Einstein–Stokes-Gleichung<br/>chemisches Potenzial</p>  |

24