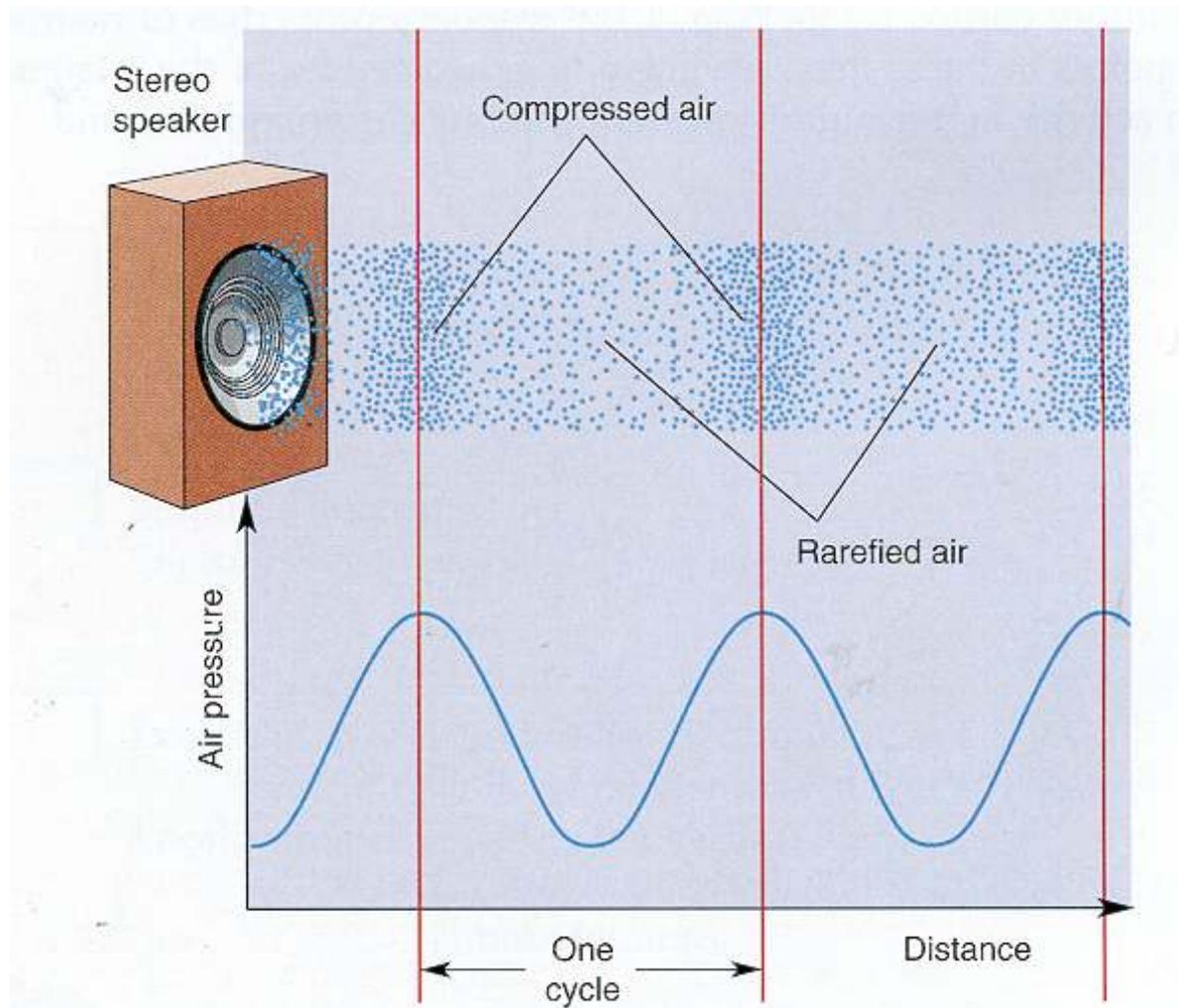
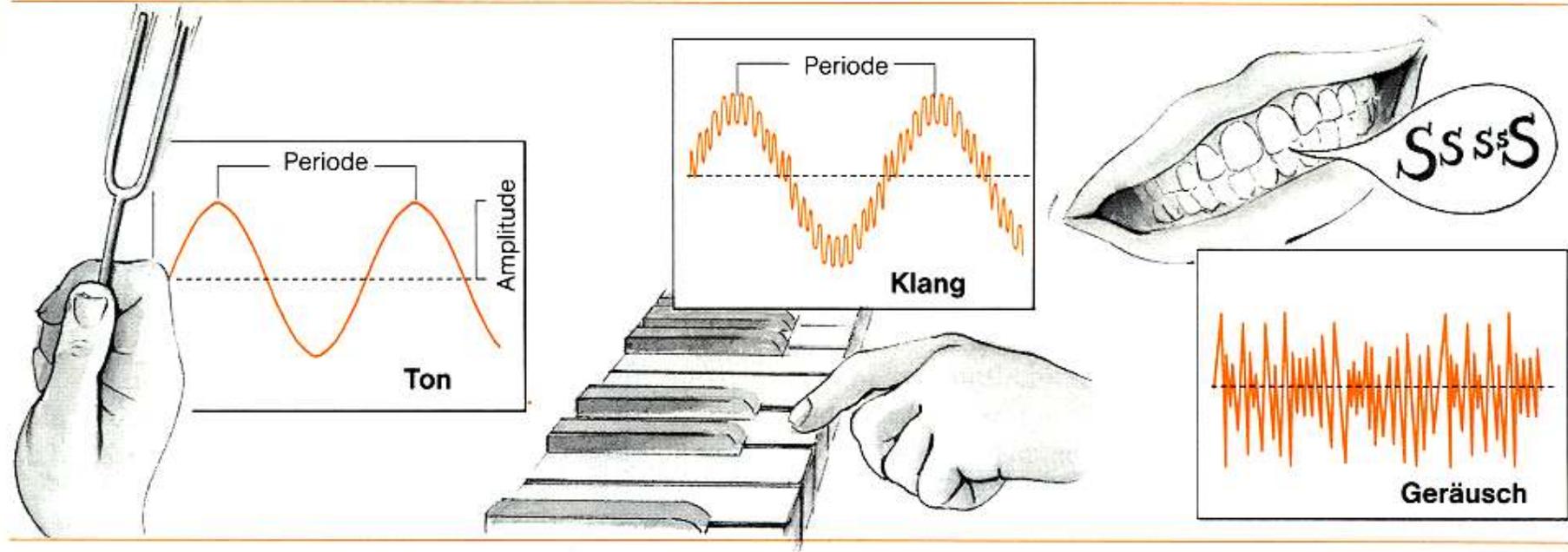


Gehör



Schall: Longitudinalwelle periodischer Verdichtungen und Verdünnungen des Mediums

Schall



Parameter von Schall

Frequenz

f Anzahl Schwingungen/sec [Hz]

Schalldruck

P (Pascal) Kraft /Fläche [N/m²]

Schalldruckpegel

dB SPL = $20 \log P/P_0$ ($P_0=20\mu\text{P}$)

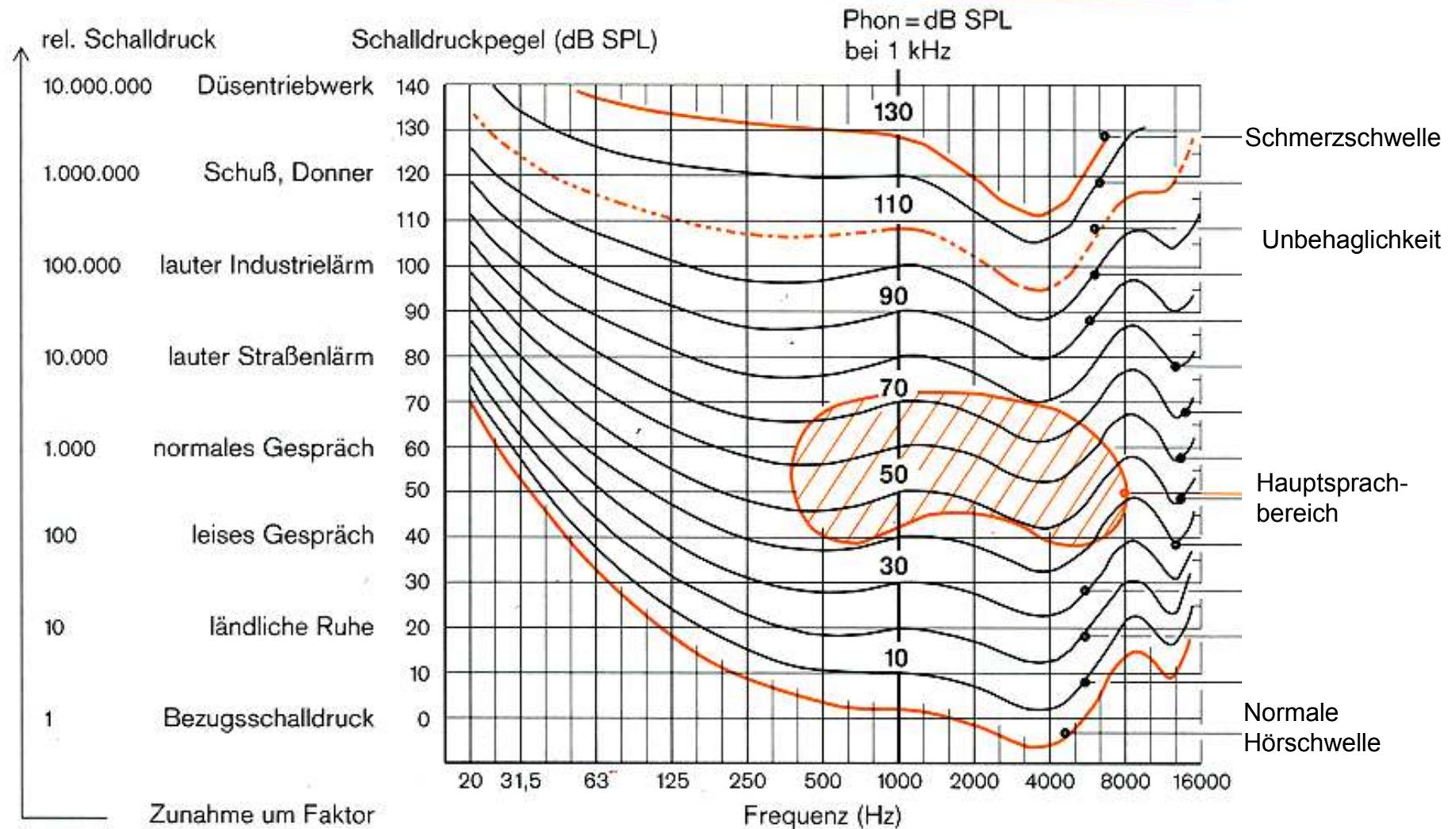
Schallschnelle

v (Partikelgeschwindigkeit) [m/s]

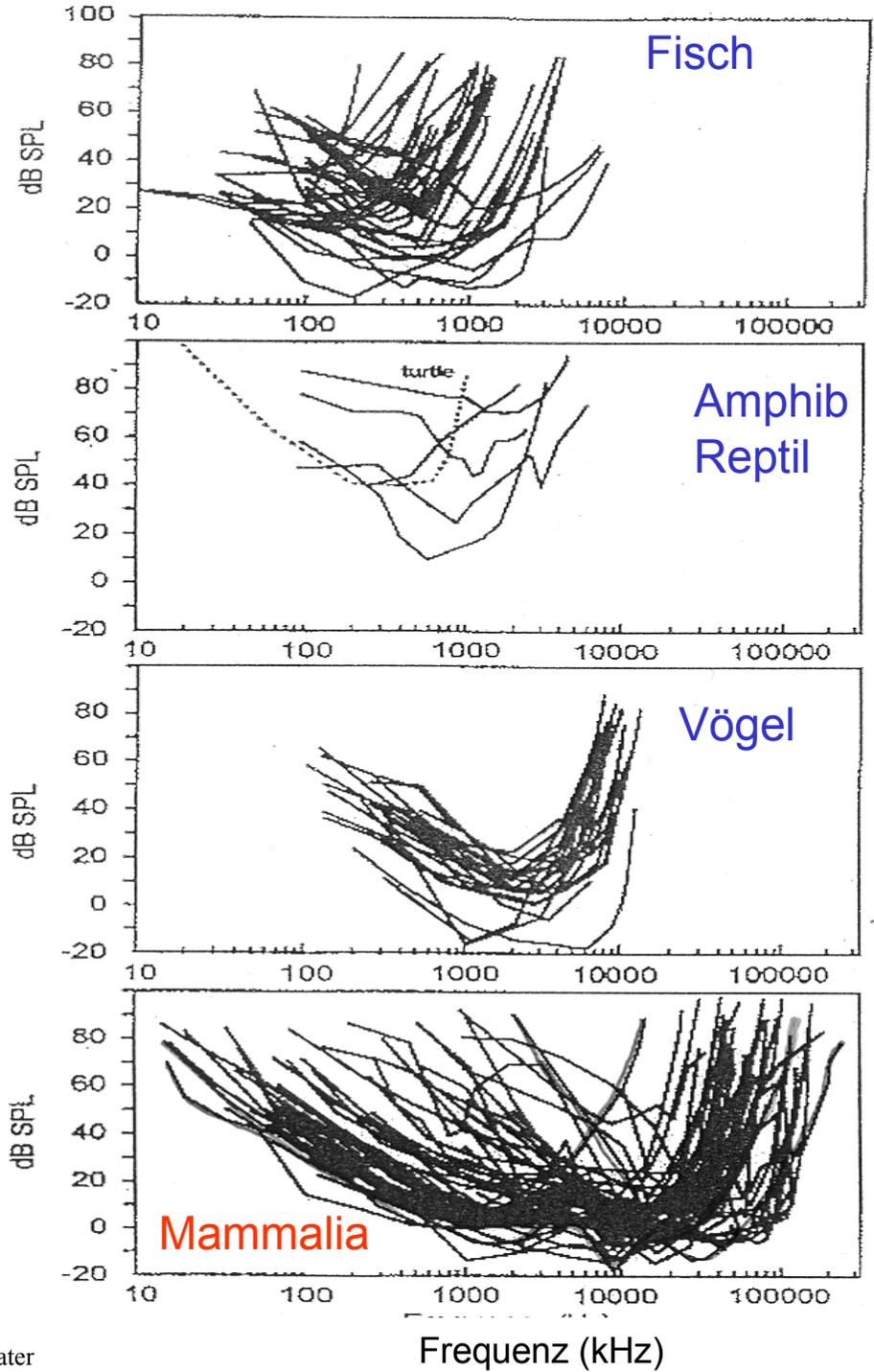
Schallgeschwindigkeit

c [m/s] in Luft: 330 m/s H₂O: 1500 m/sec Holz 3800 m/s

Hörbereich des Menschen



Hörbereiche der Wirbeltiere

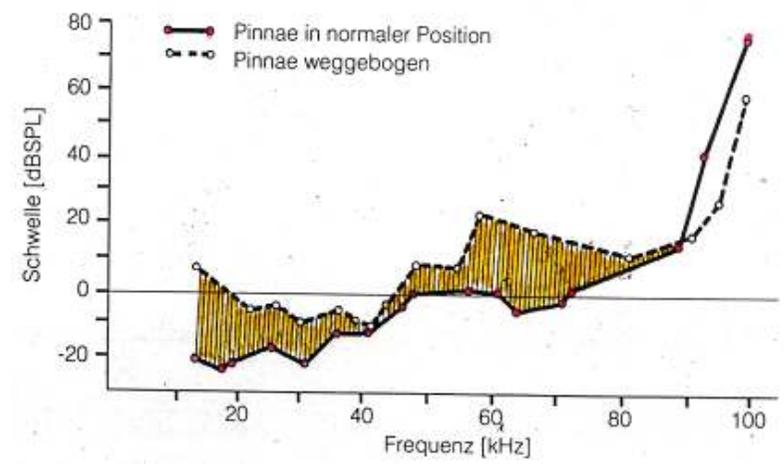
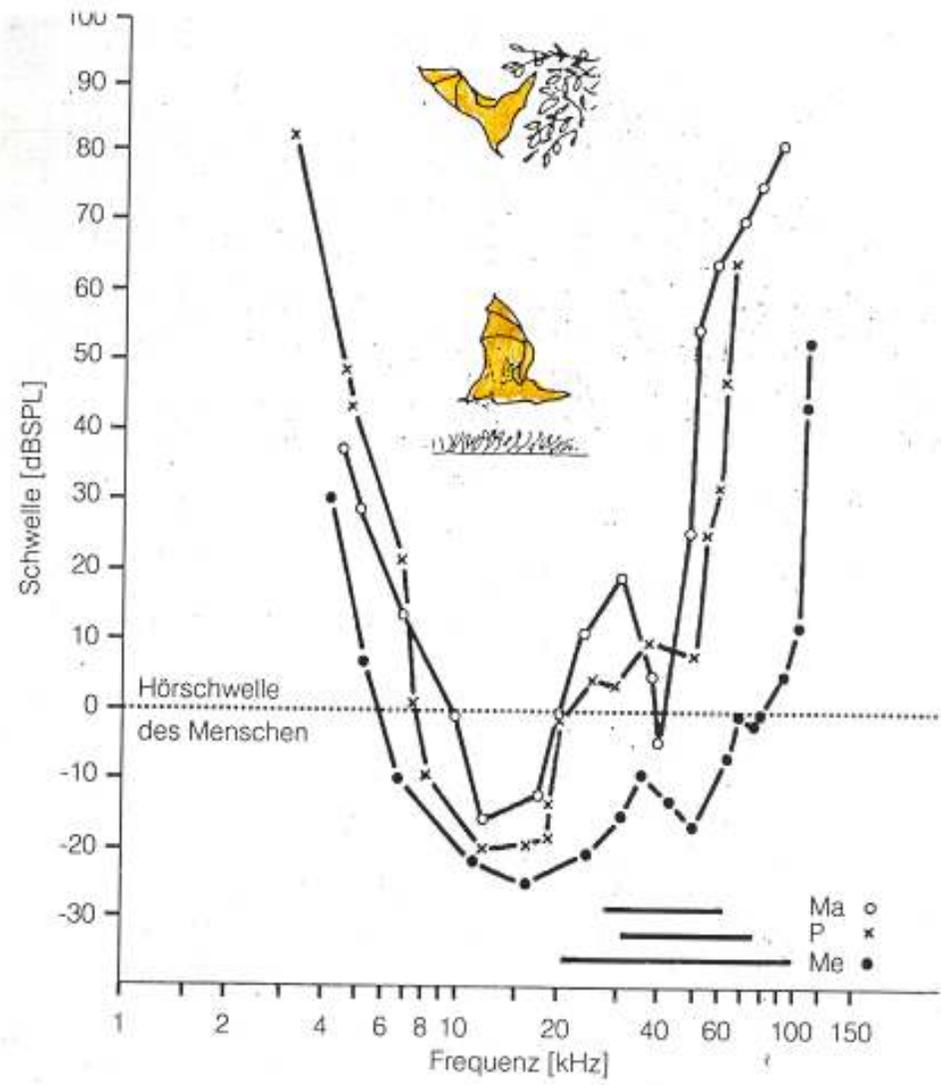


- Mammalia**
- Tieffrequenzspezialisten:* Elefant, Mensch, Graumull
- Generalisten:* Katze, Gerbil
- Hochfrequenzspezialisten:* Fledermäuse; Zahnwale

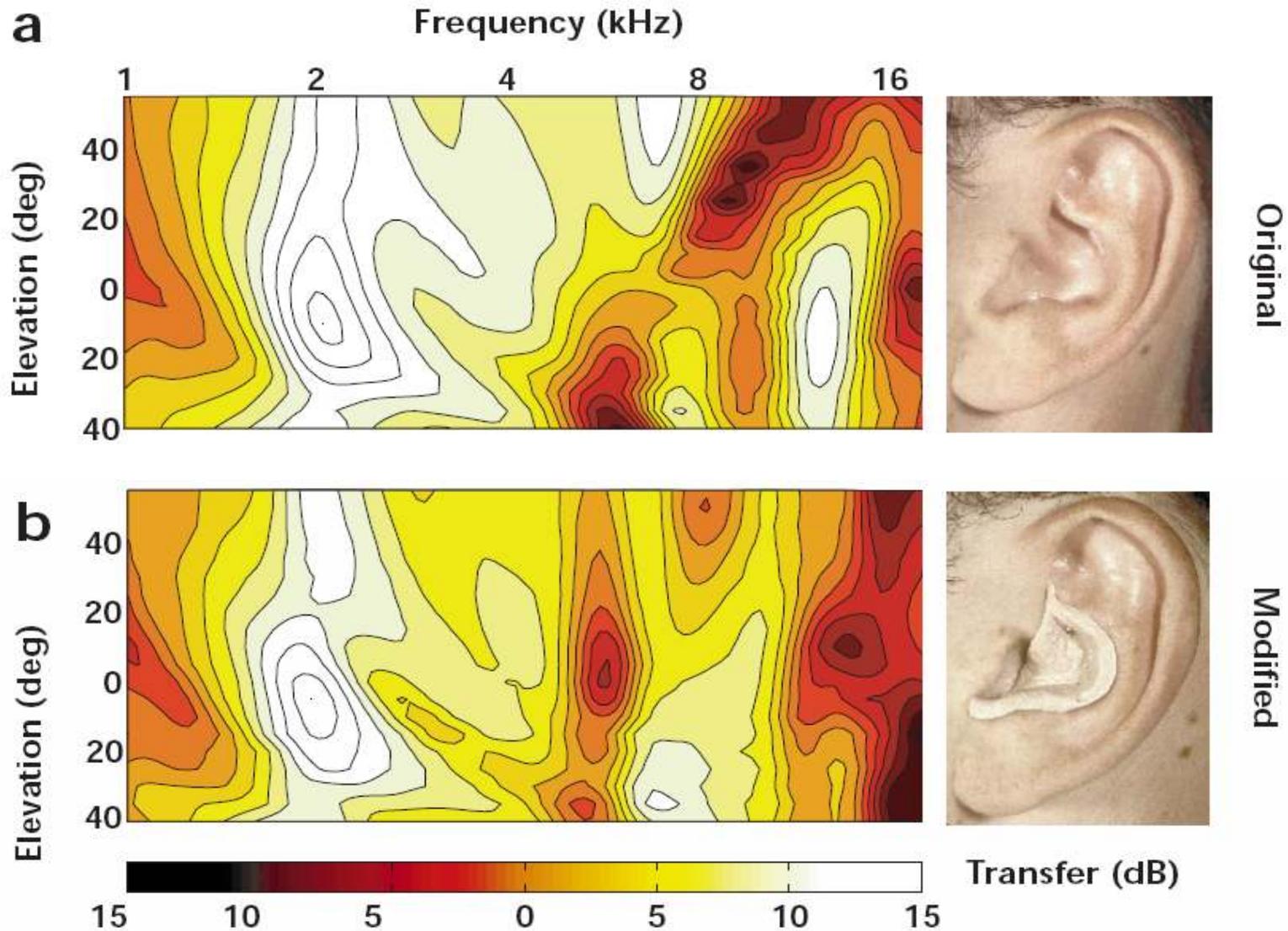
Aussenohr



Ohren als Richtantennen und Verstärker

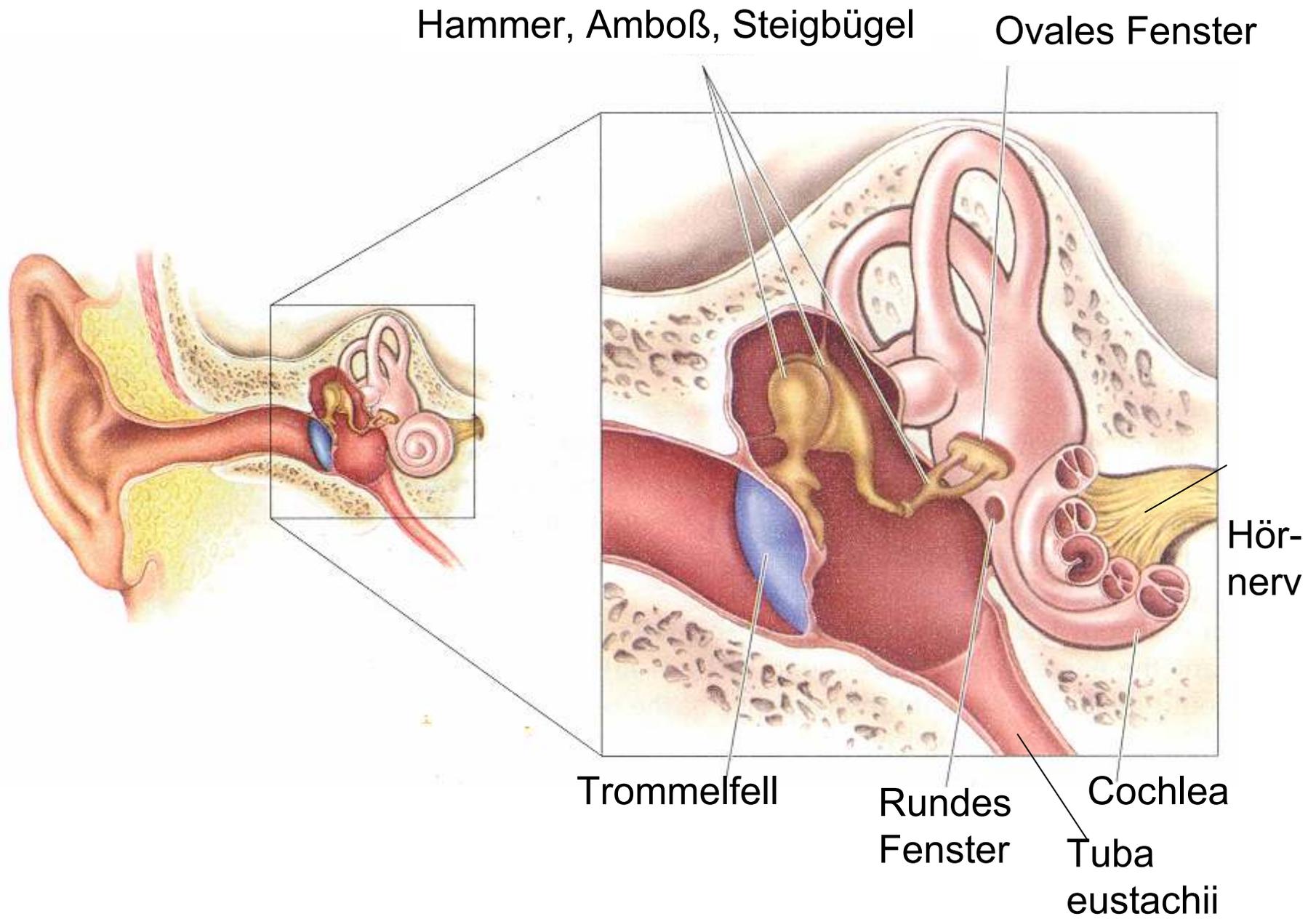


Mensch: monaurale Lokalisation mit den Ohrmuscheln



Säuger Gehör

- **Mittelohr**



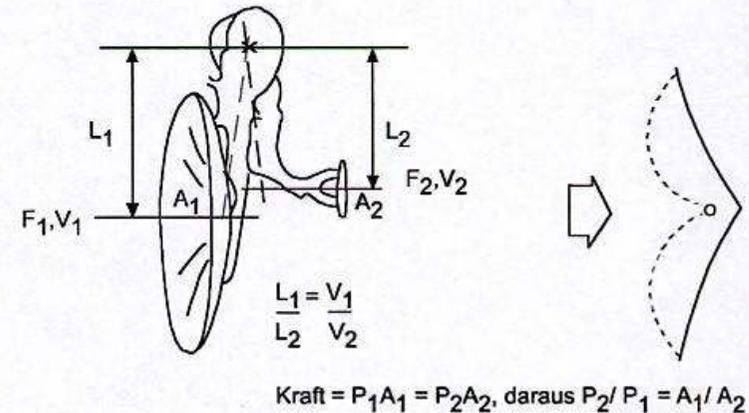
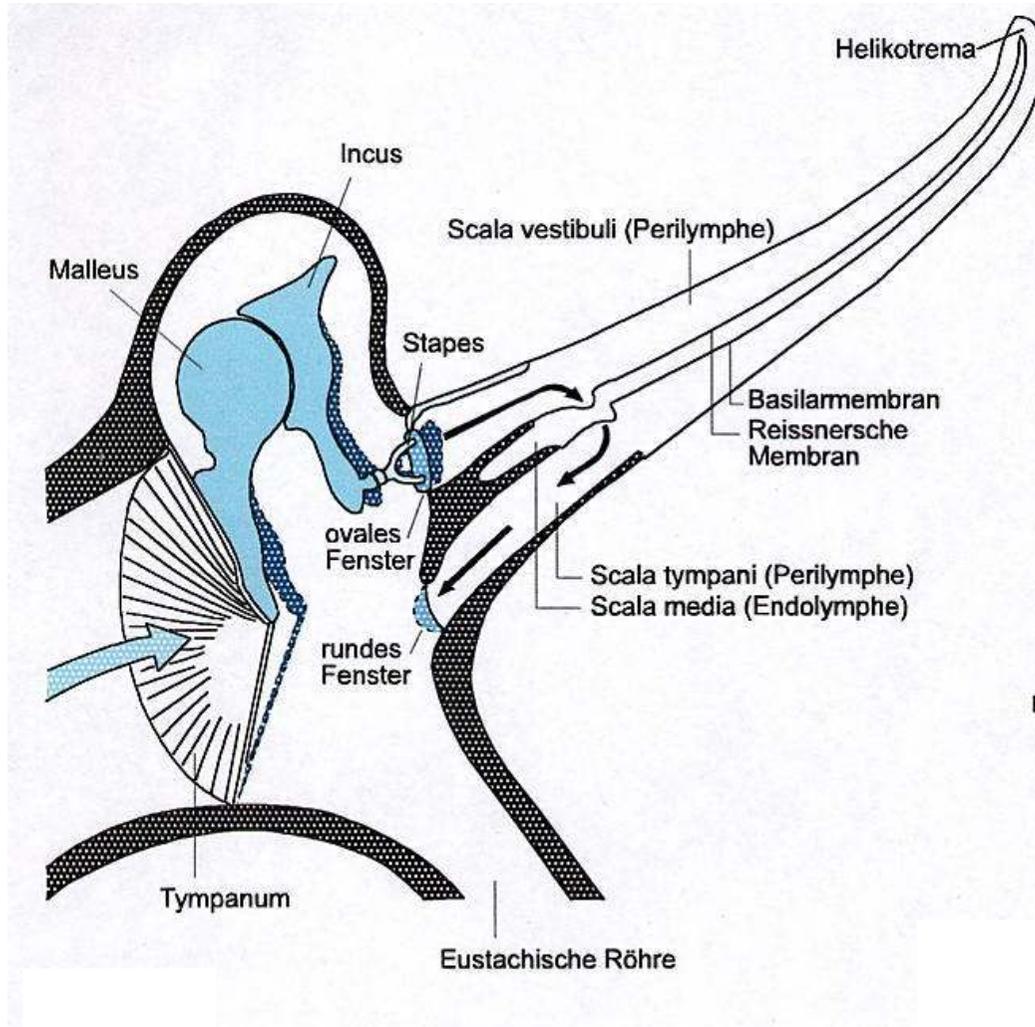
Mittelohrmechanik (Säuger)

„Impedanzanpassung“
Umwandlung von Luftschall in
Flüssigkeitsschall

$A_F \rightarrow A_F$

Wichtige Faktoren:

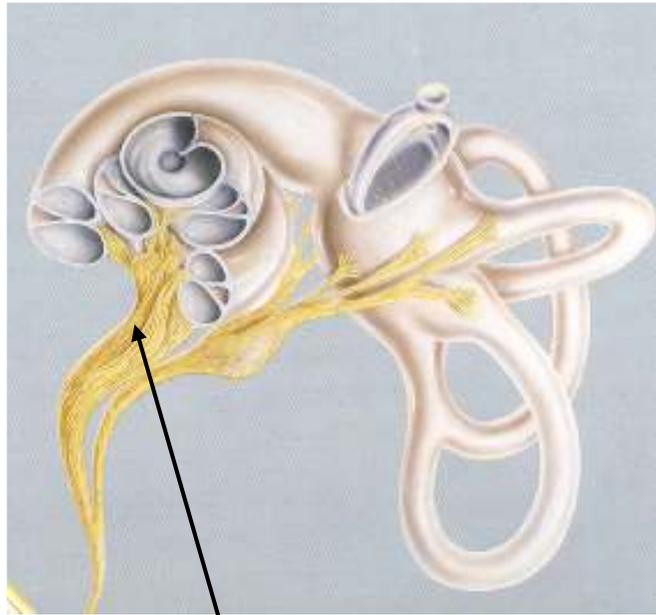
- Hornform des Trommelfells
- Hebelwirkung der Knöchelchen
- Trommelfellfläche sehr viel größer als Fläche des ovalen Fensters



Säuger Gehör

- **Innenohr**

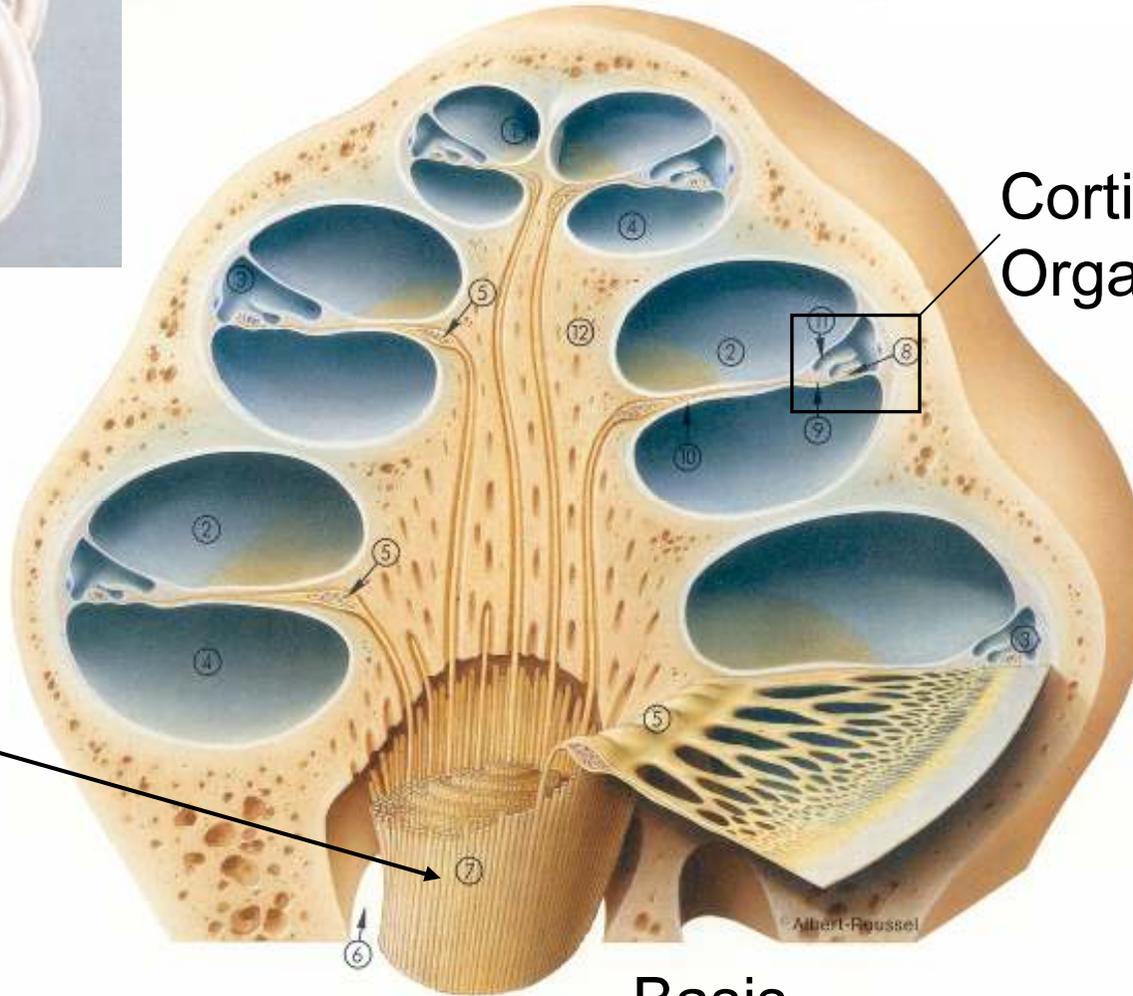
Cochlea quer



Apex

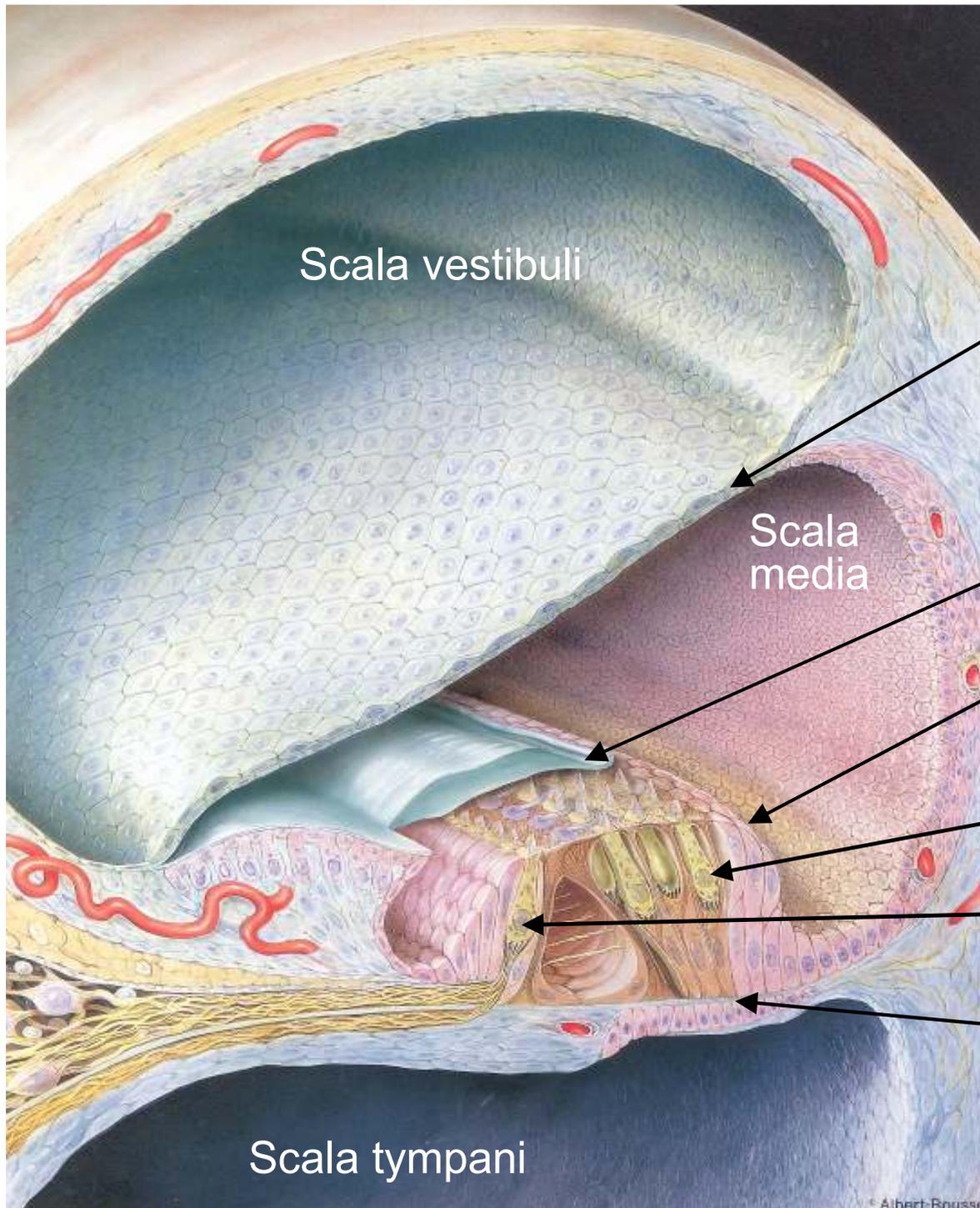
Cortisches Organ

Hörnerv



Basis

Bild M. Vater



Scala vestibuli

Reissner membrane

Scala media

Tectorial membrane

Corti Organ

outer hair cell

inner hair cell

Basilar membrane

Scala tympani

Albert-Roussel
Bildatlas Innenohr

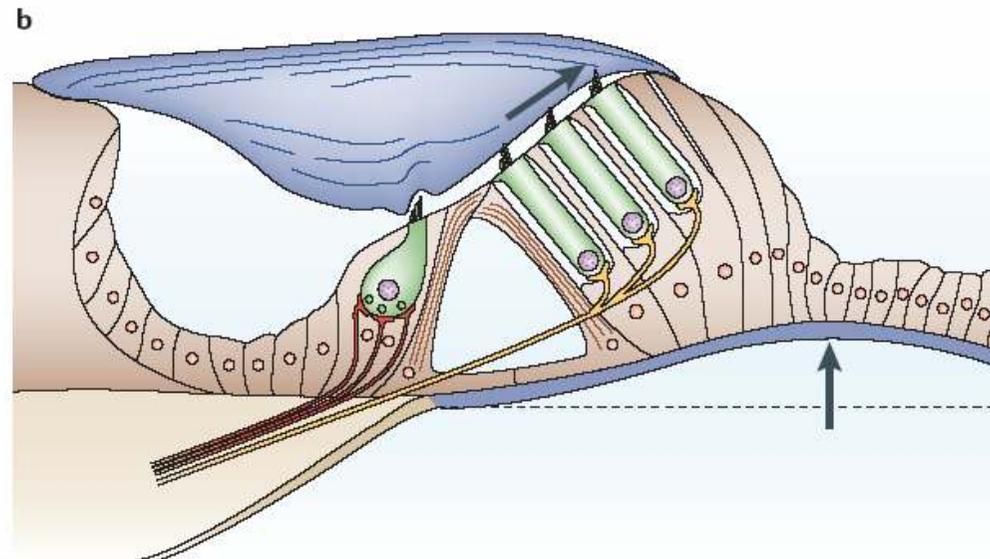
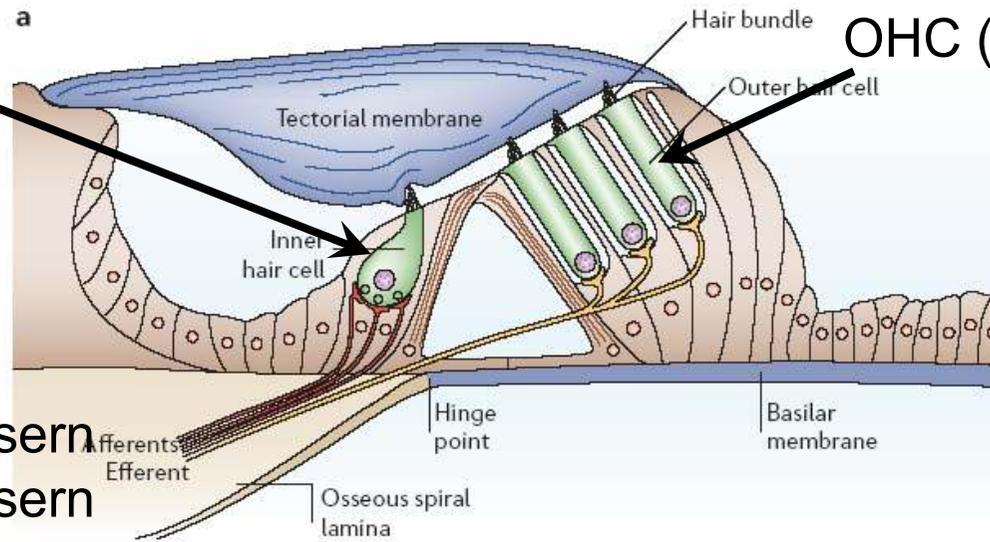
© Albert-Roussel

Cortiorgan

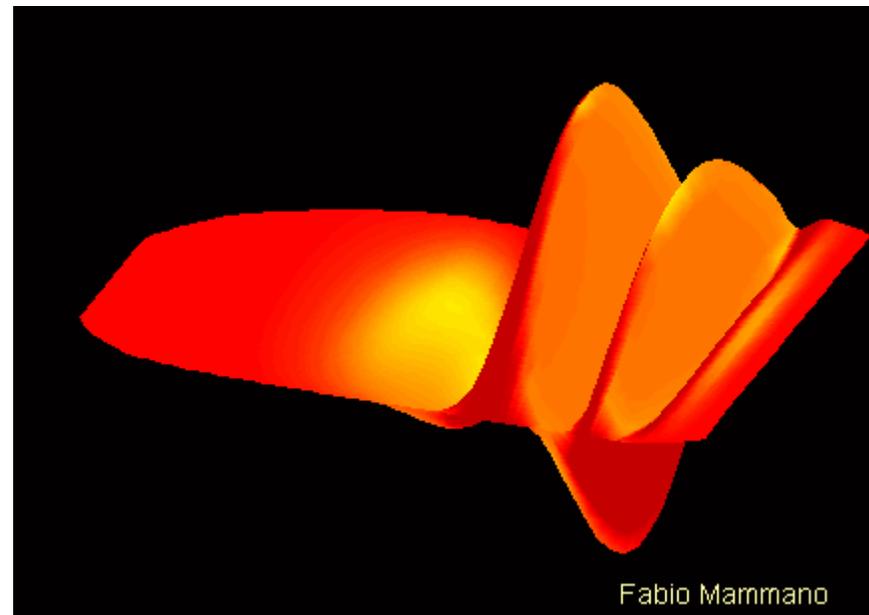
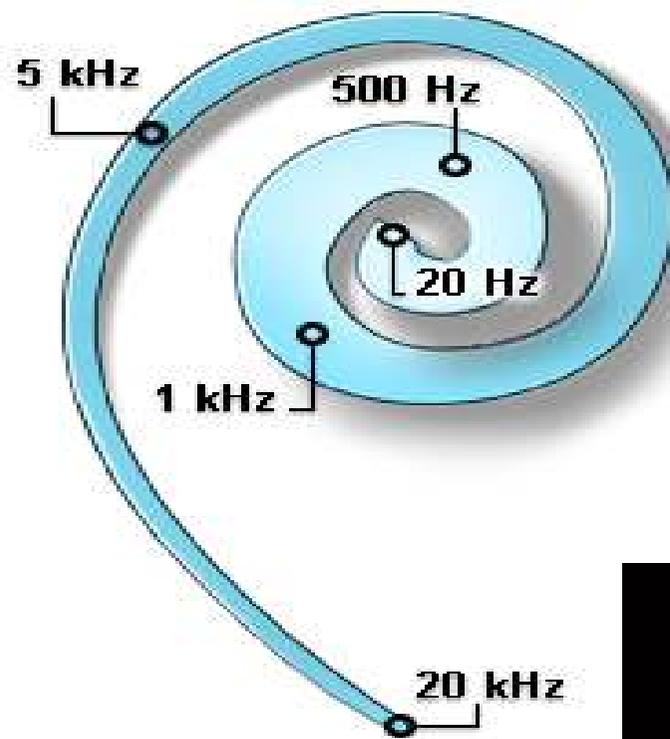
IHC
(innere
Haarzellen)

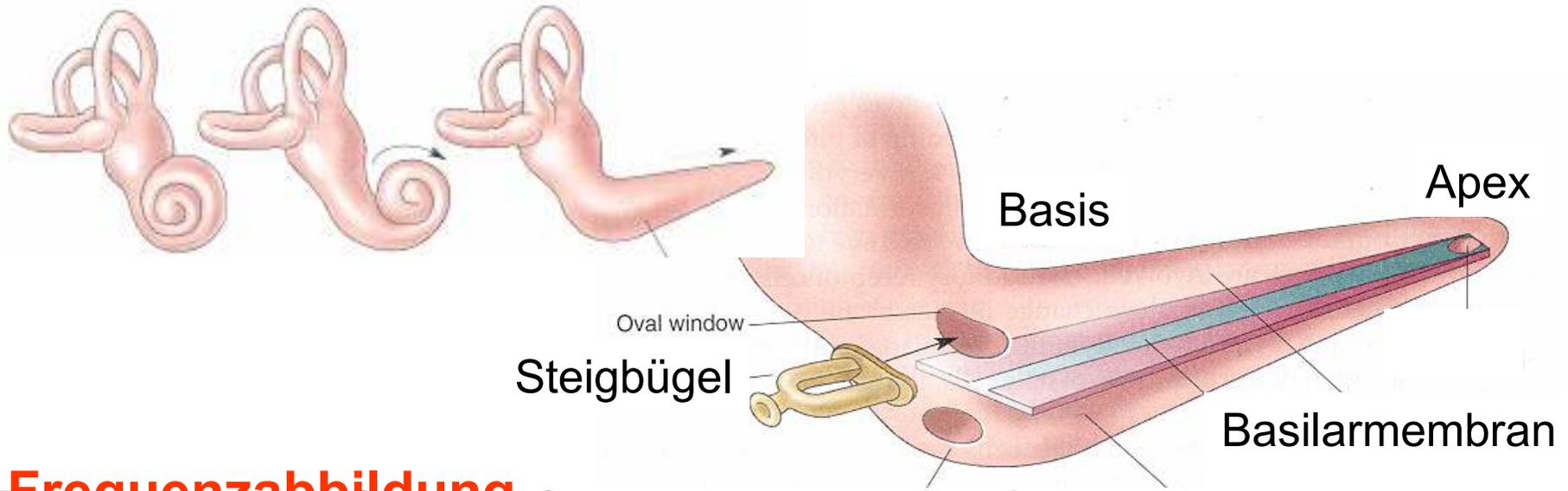
OHC (äußere Haar-
zellen)

Afferente Nervenfasern
Efferente Nervenfasern

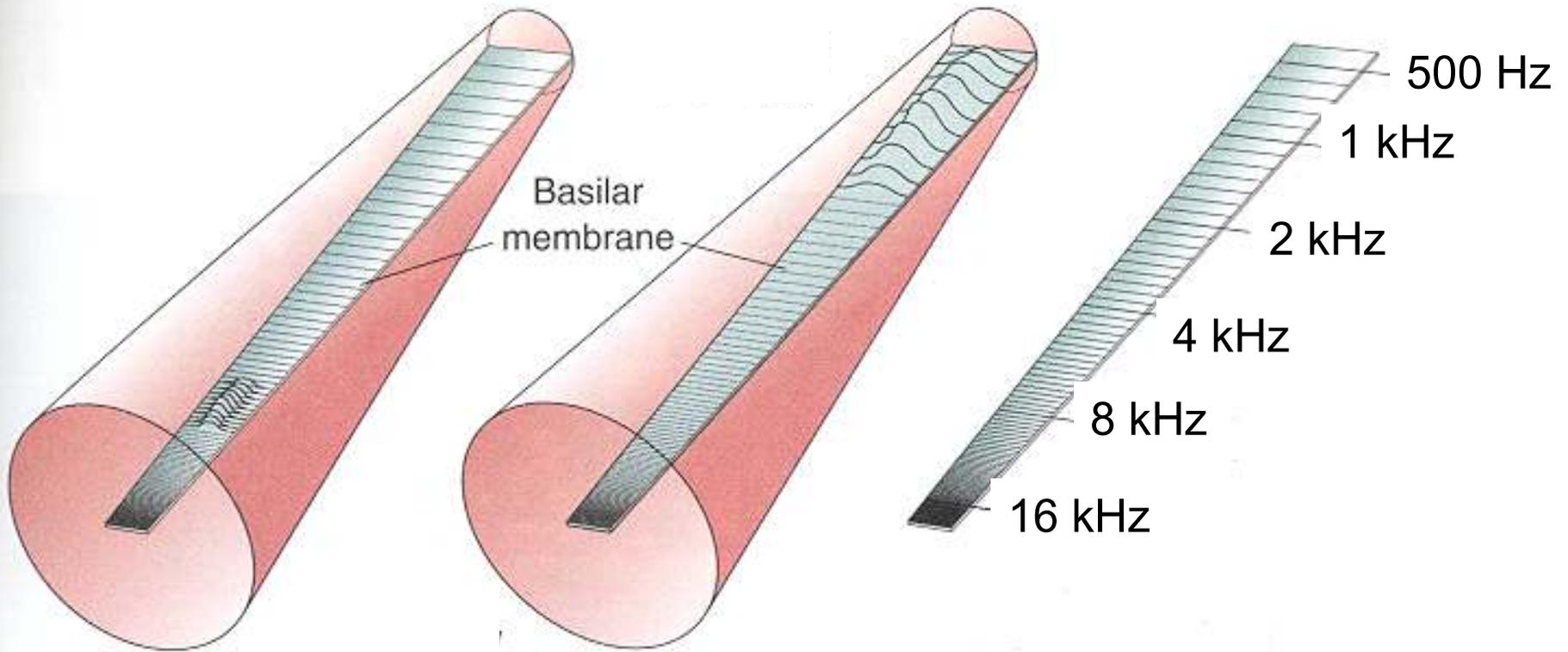


Wanderwelle

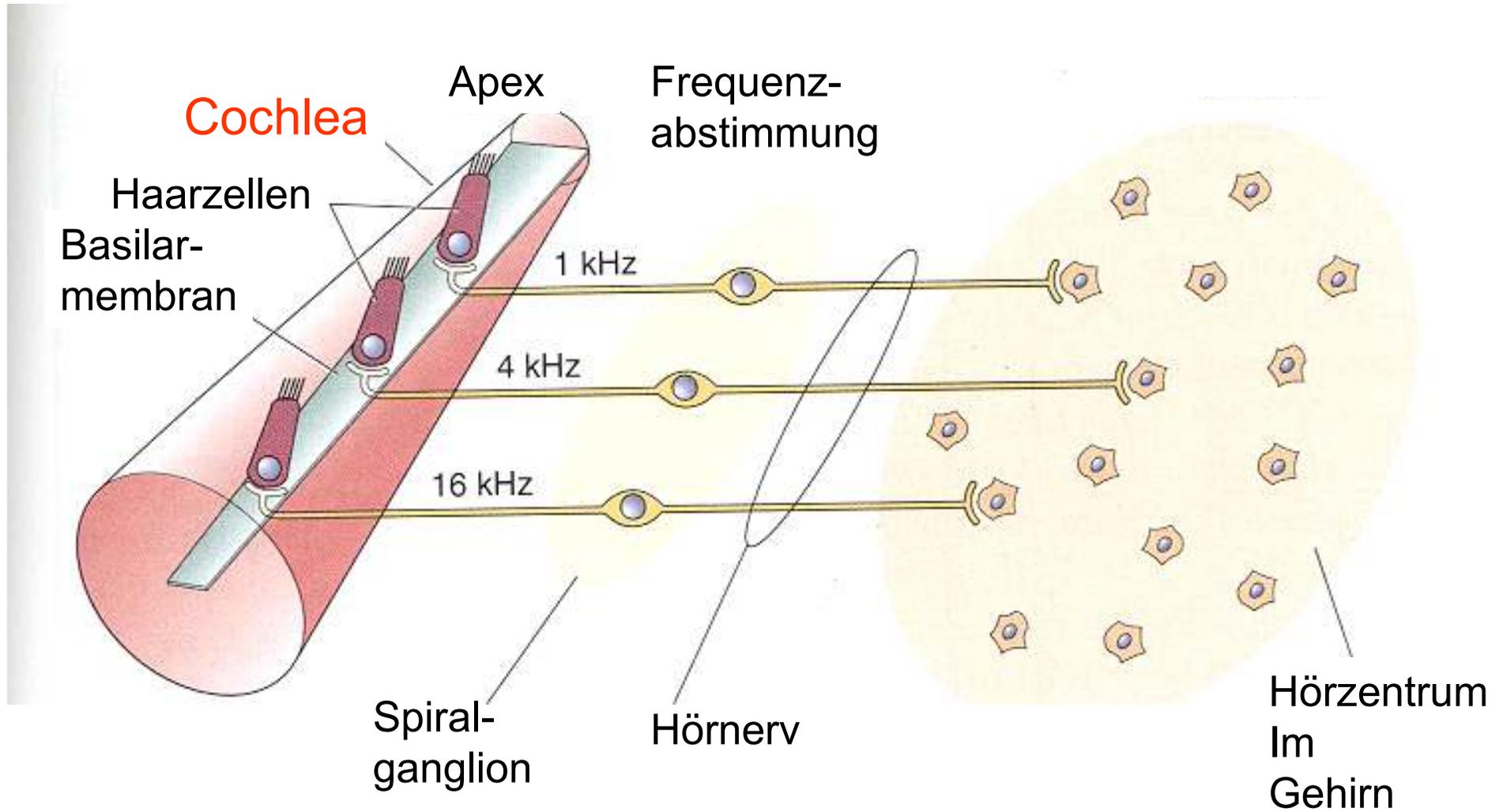




Frequenzabbildung

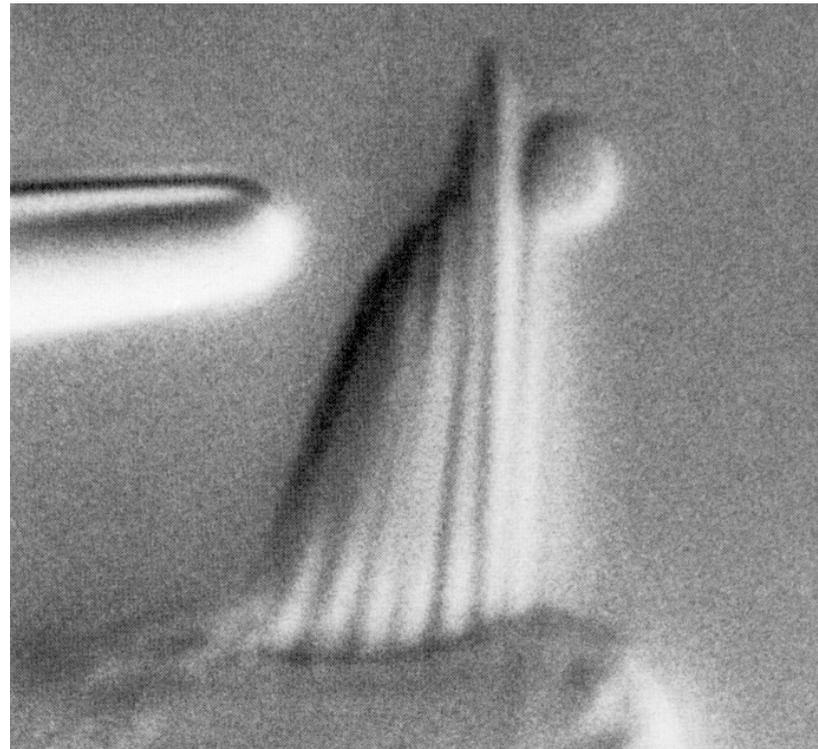
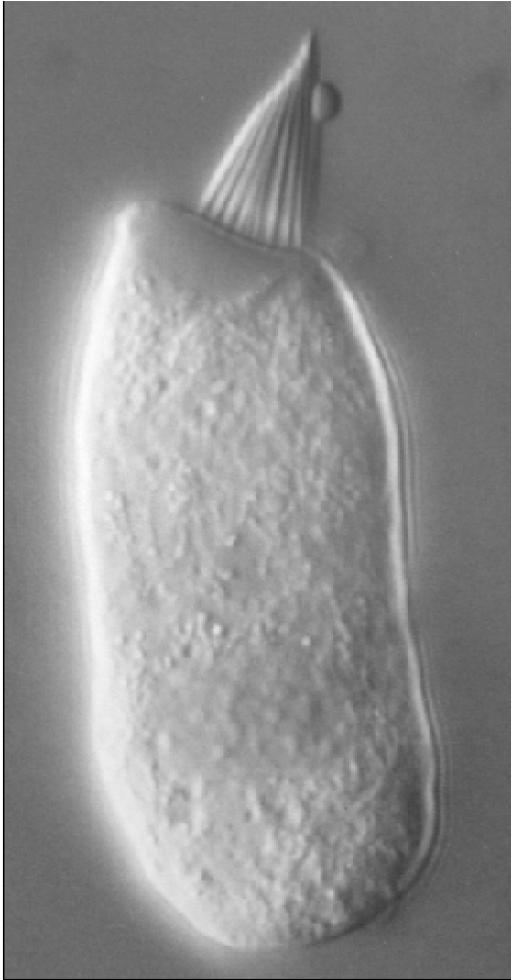


Tonotopie

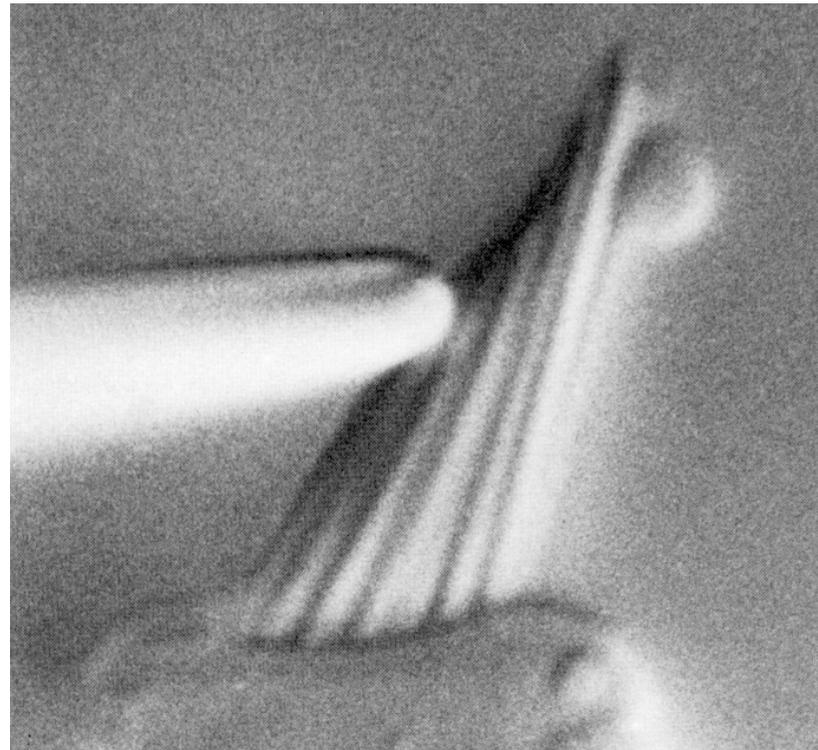
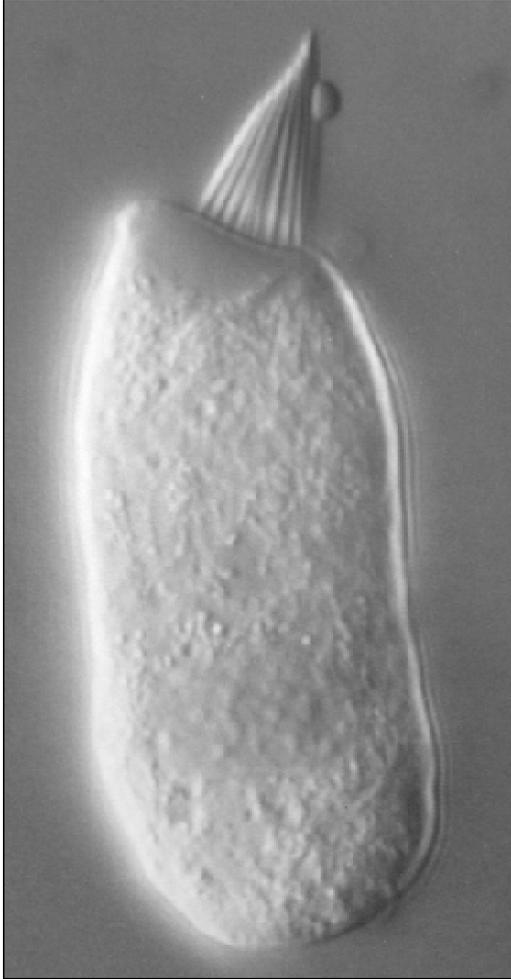


Haarzellen

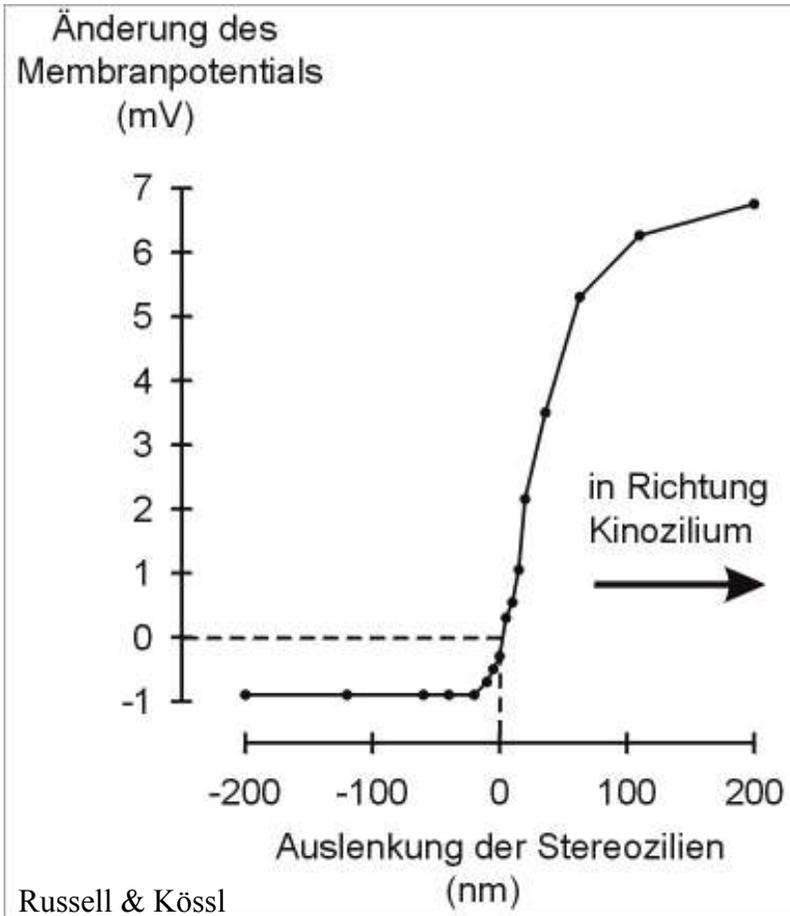
Haarzellen reagieren auf Stereozilienauslenkung



Haarzellen reagieren auf Stereozilienauslenkung



Haarzellen reagieren auf Stereozilienauslenkung



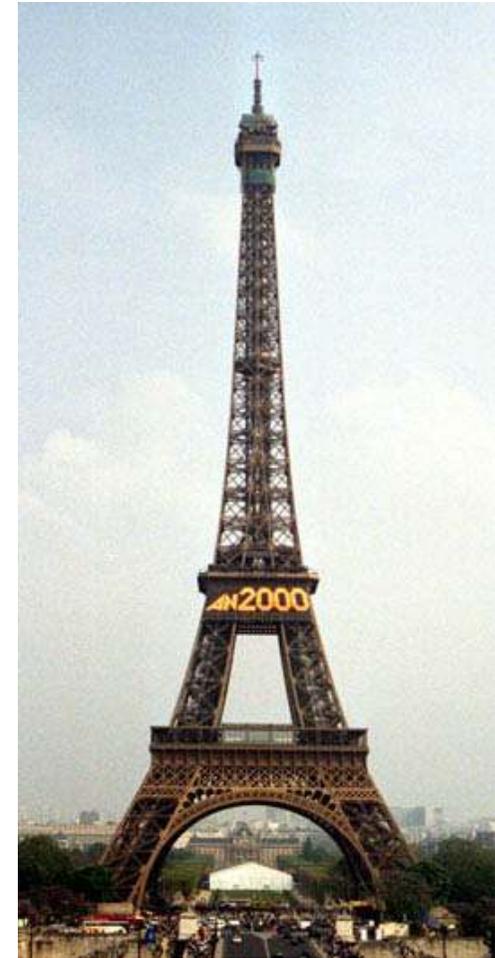
threshold:

0.1 mV

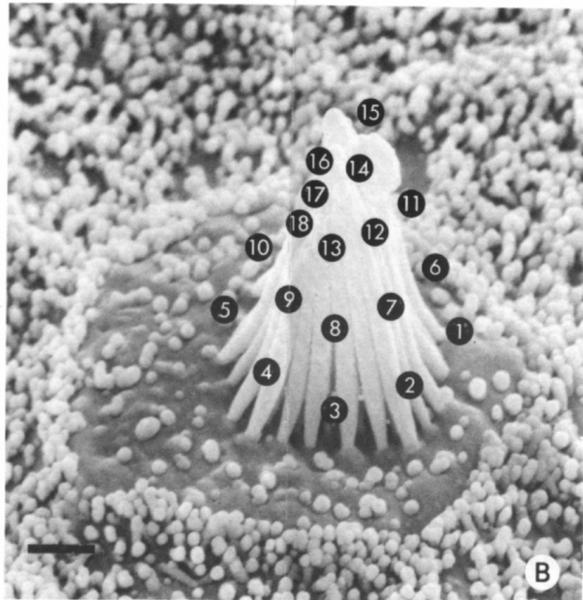
0.3 nm

0.003°

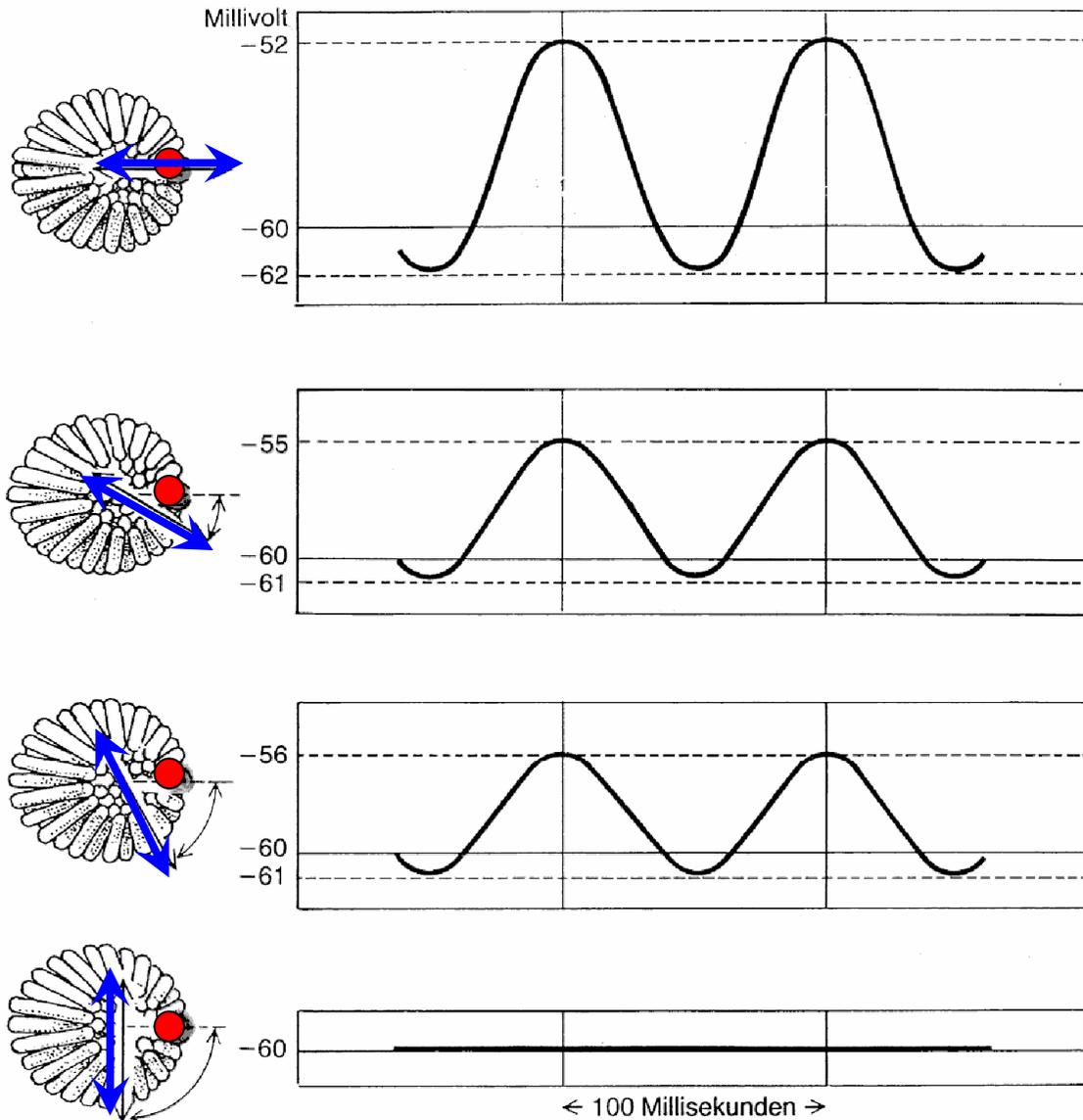
20 mm



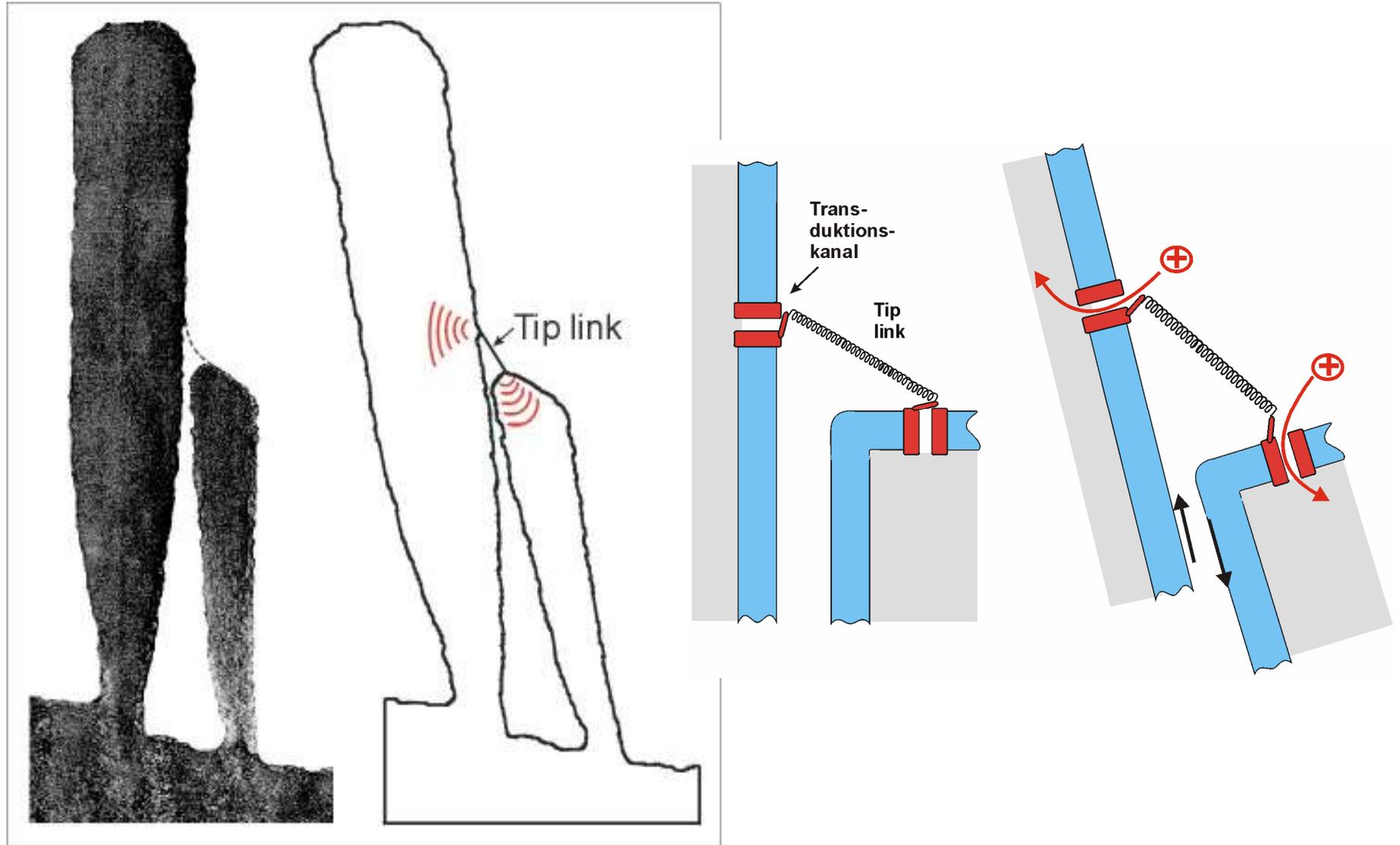
Wo sitzen die Transduktionskanäle?



Die Richtung ist entscheidend!

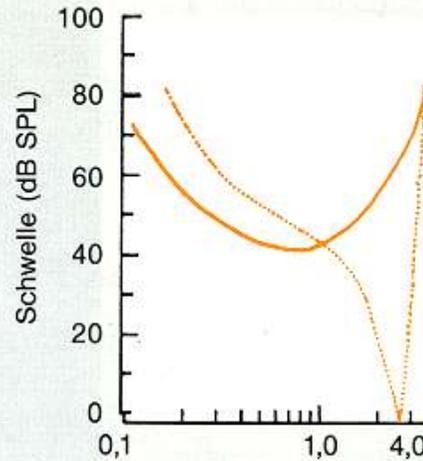
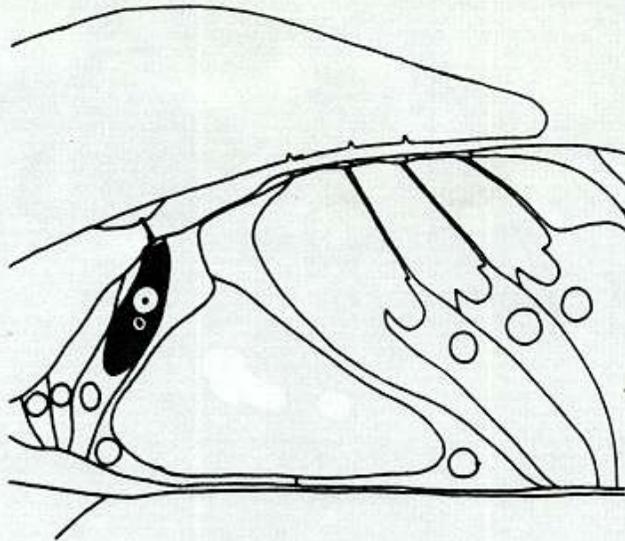


Tip Links kontrollieren Transduktionskanäle



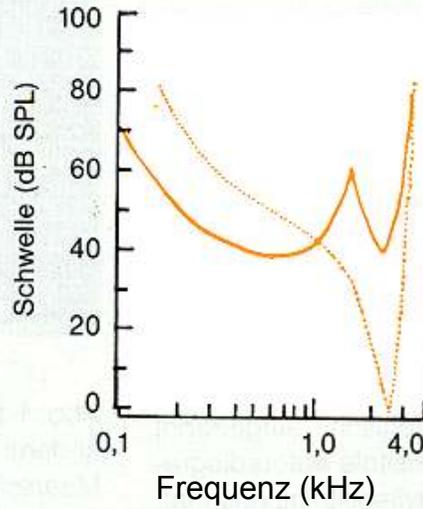
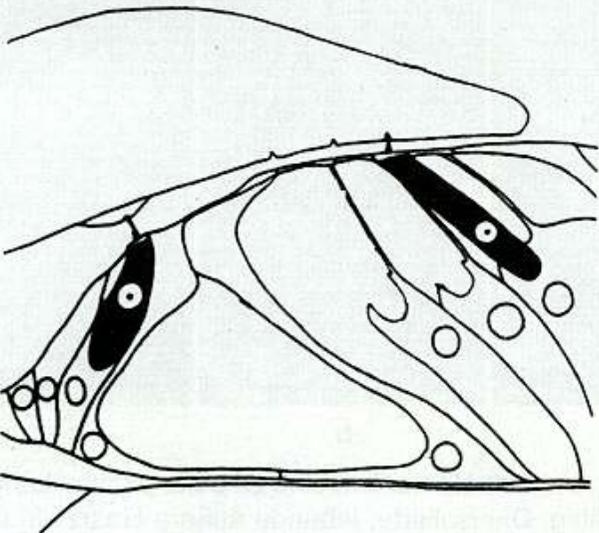
Rolle innerer und äußerer Haarzellen in der Säugercochlea

a



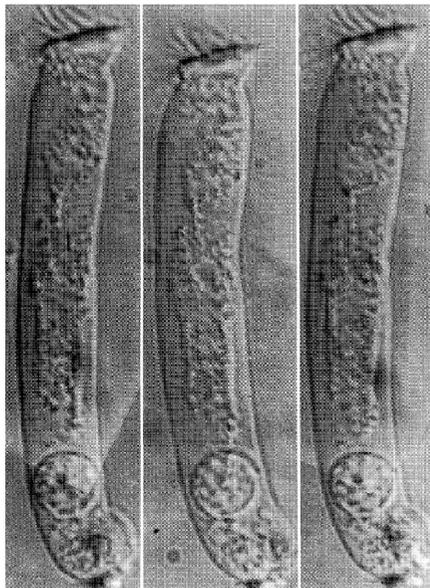
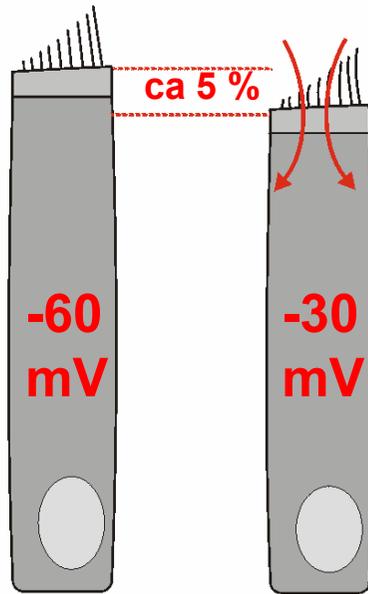
Schädigung der äußeren Haarzellen führt zu Verlust der Hörempfindlichkeit und Abstimmsschärfe.

b



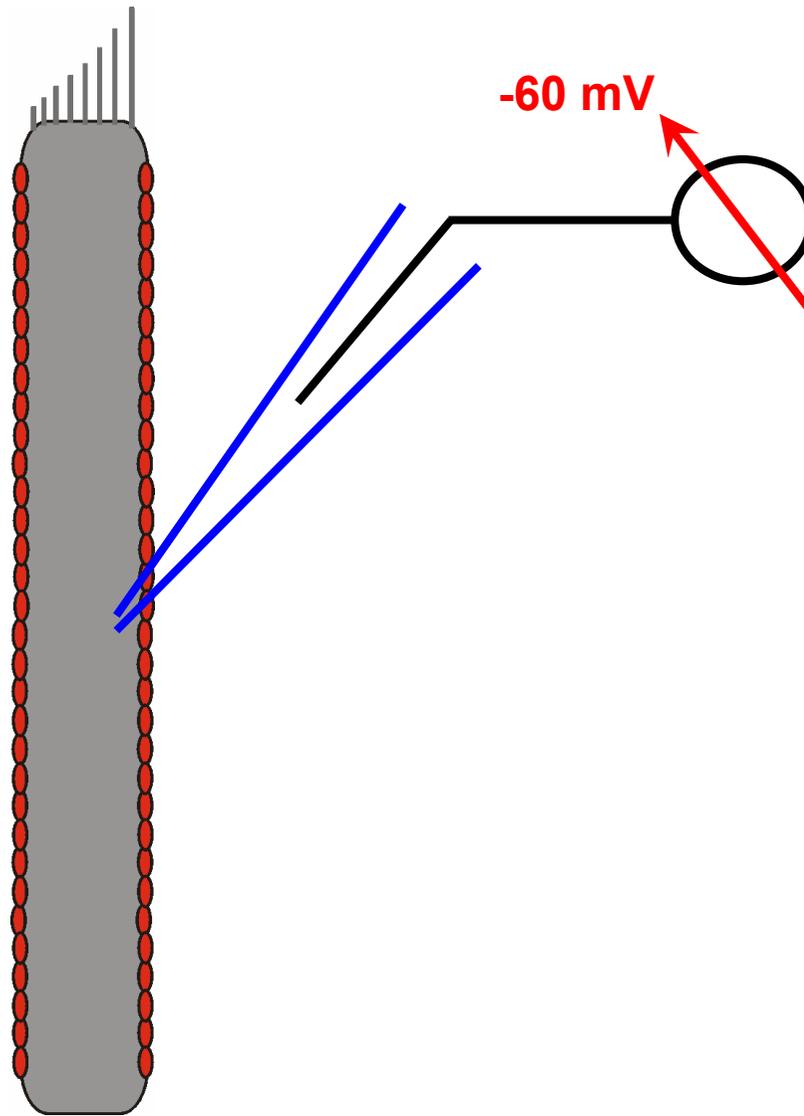
**Faktoren:
Akustisches Trauma
Aminoglykosidantibiotika
Alter**

Die äußeren Haarzellen können ihre Länge verändern

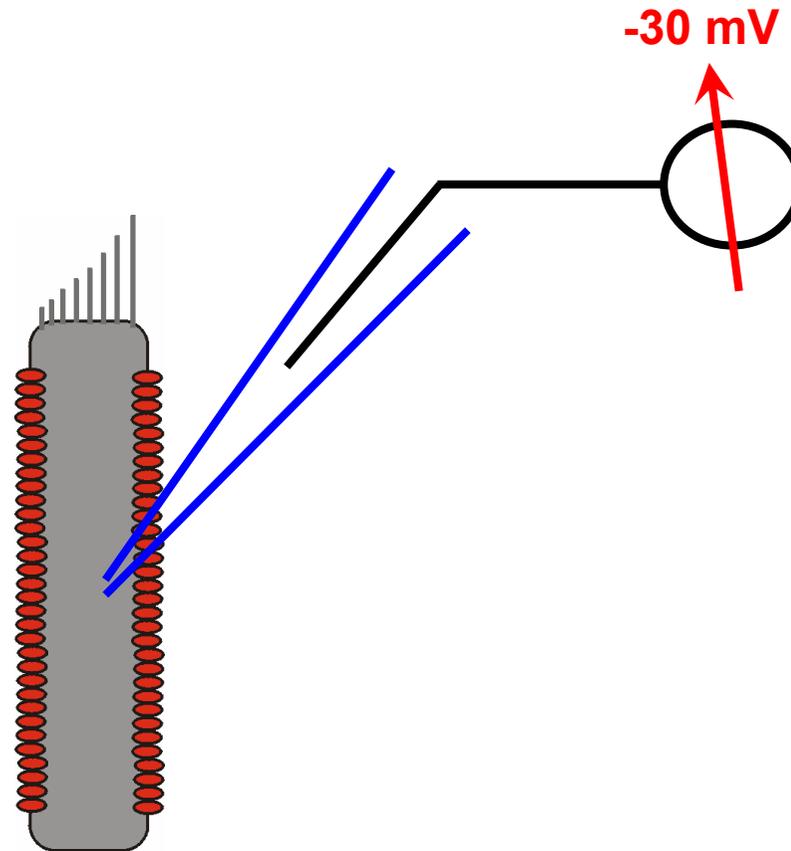


Quelle: www.physiol.ucl.ac.uk/ashmore/jfa.htm

Prestin – schnelle, spannungsabhängige Änderung der Zelllänge



Prestin – schnelle, spannungsabhängige Änderung der Zelllänge



Motorprotein Prestin

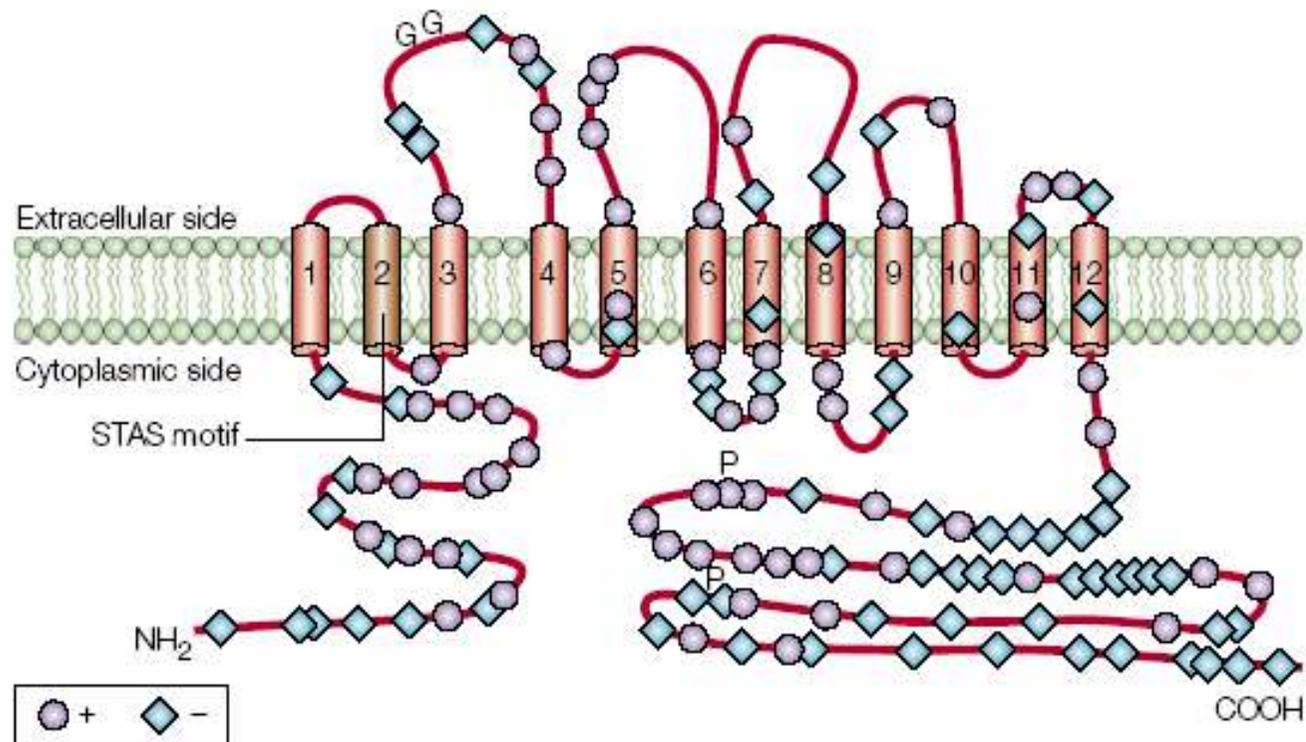
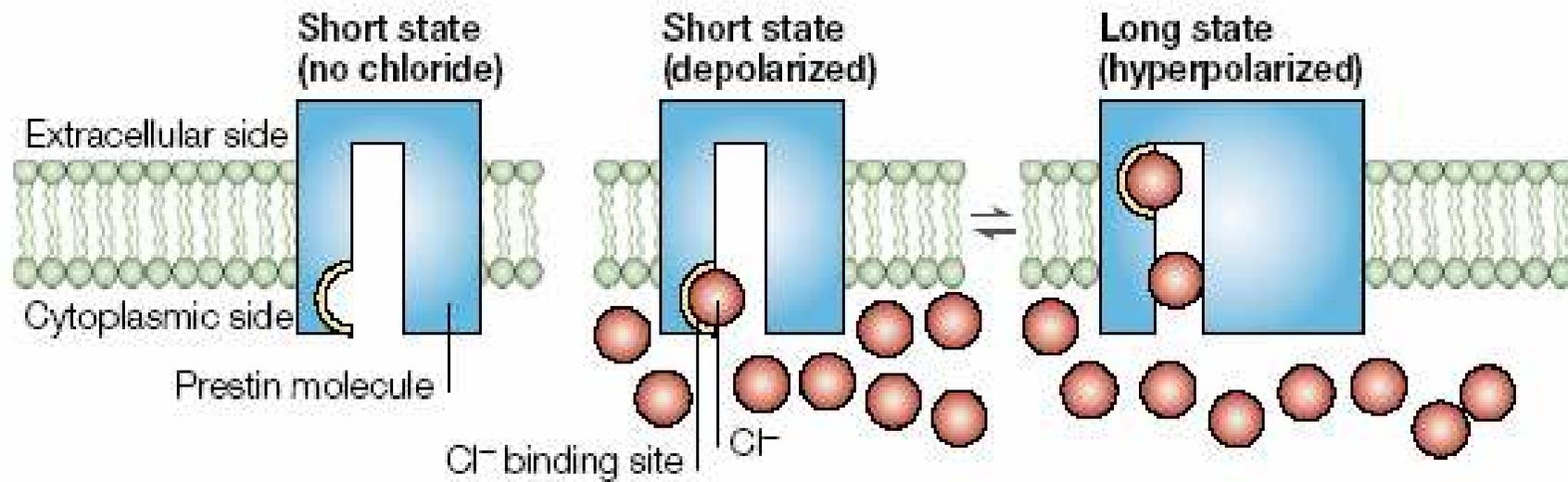


Figure 2 | **Cartoon of the membrane topology of prestin.** Positively and negatively charged amino acids are indicated using purple circles and blue diamonds, respectively. Amino-linked glycosylation sites (G) and phosphorylation sites (P) are also highlighted. The second membrane-spanning helix contains the highly conserved STAS motif (named after sulphate transporters and antisigma-factor antagonists), which is present in sulphate transporters throughout the animal kingdom.

Motorprotein Prestin



Cochleärer Verstärker

Verstärkung arbeitet auf **cycle-by-cycle Basis**

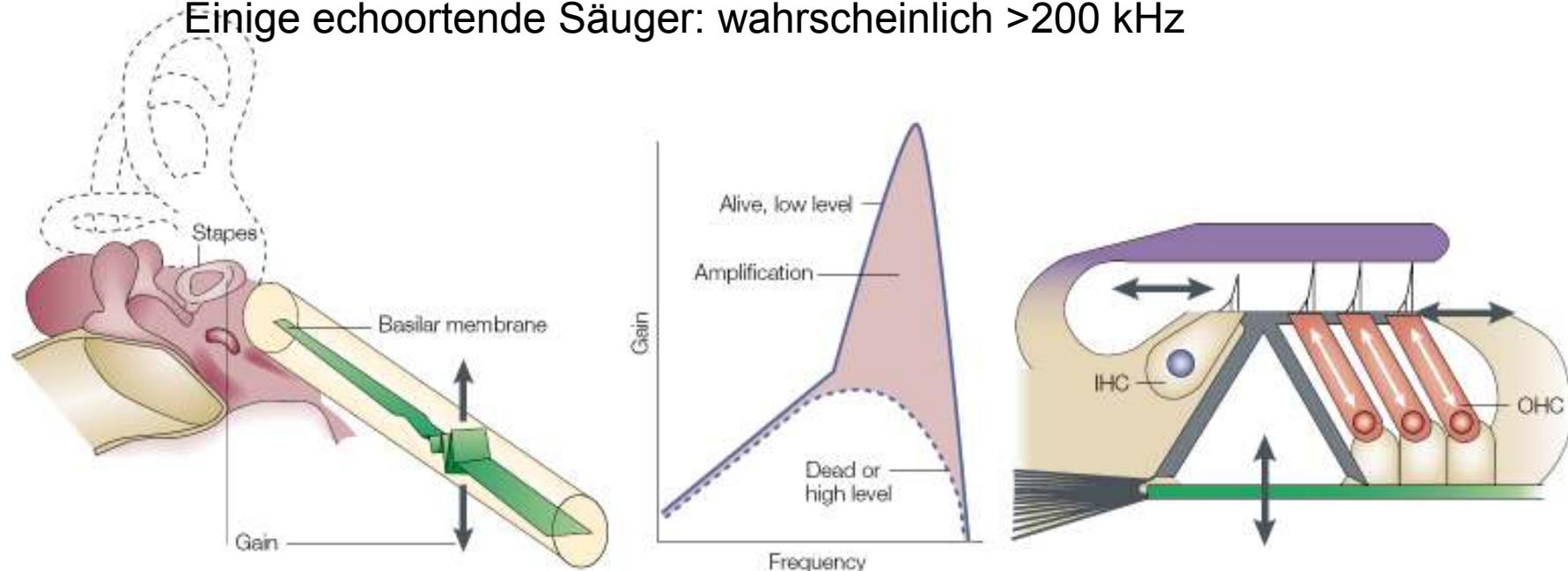
→ **OHC Motilität muss genauso schnell sein wie die Frequenz des gehörten Schalls**

Prestin ist das schnellste bekannte Motorprotein

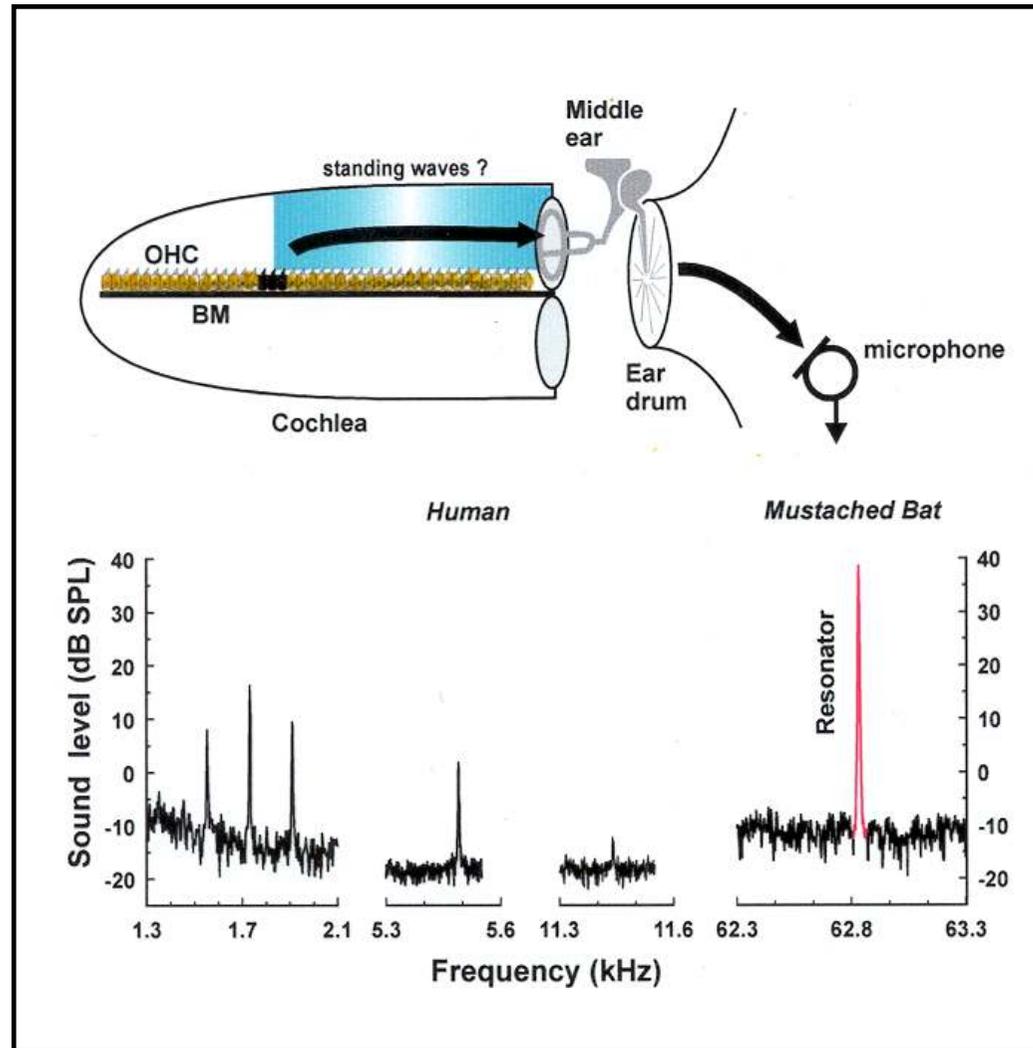
Krafterzeugung bis zu höchsten Frequenzen

Meerschweinchen: 70 kHz (Frank et al.)

Einige echoortende Säuger: wahrscheinlich >200 kHz

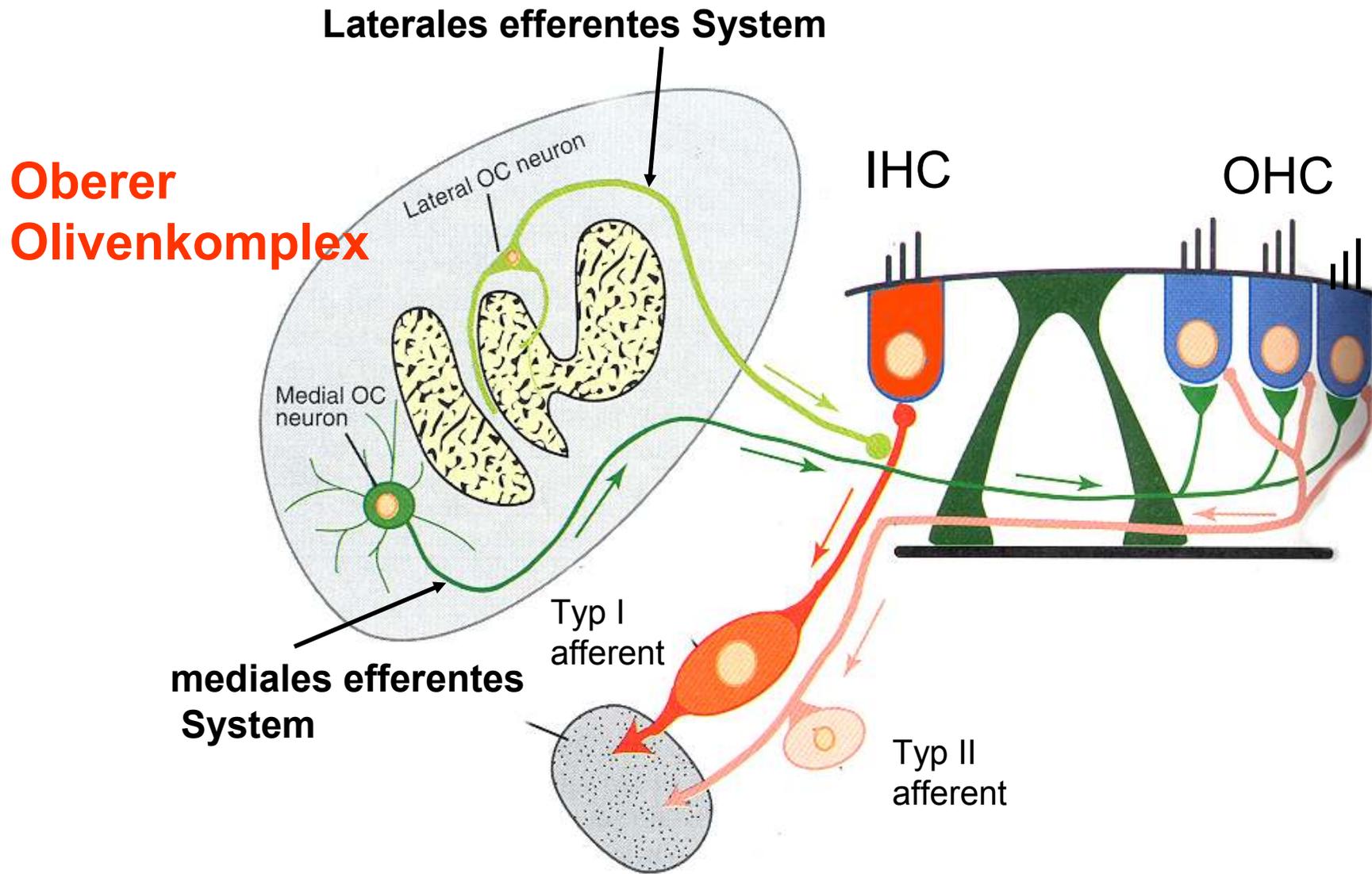


Spontane otoakustische Emissionen: Produkt des cochleären Verstärkers



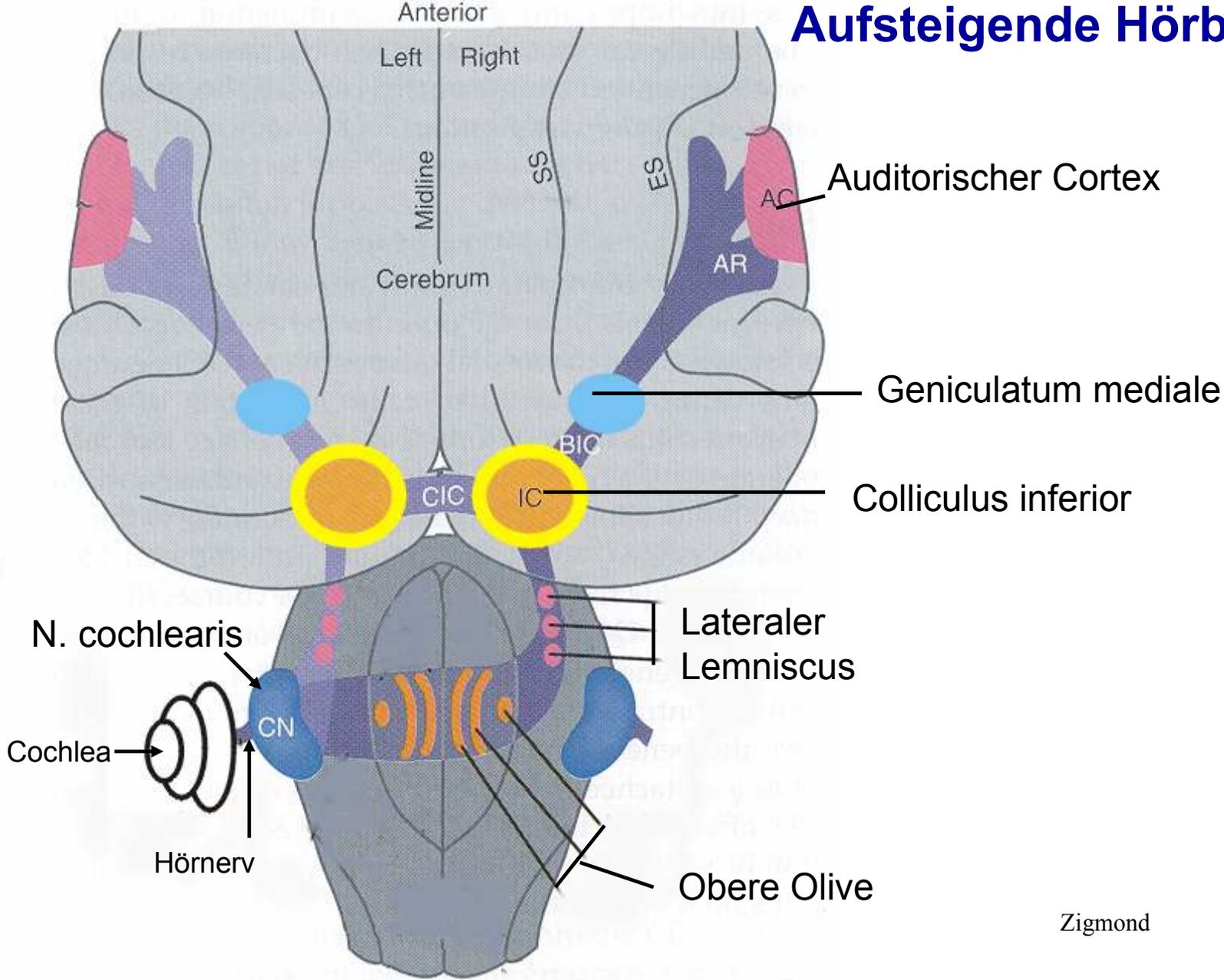
Säugetiere: aktive Motilität der Zellkörper der äußeren Haarzellen

Efferente Innervation der Cochlea



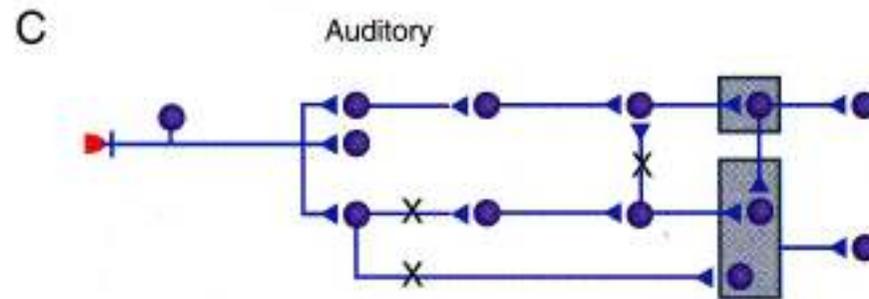
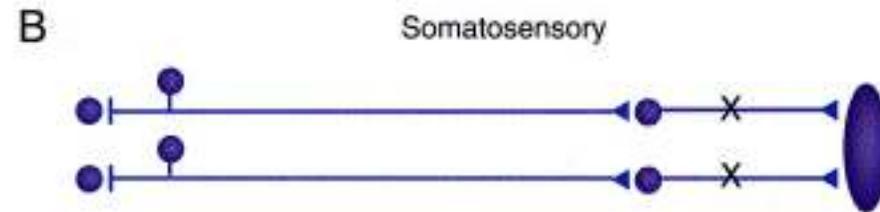
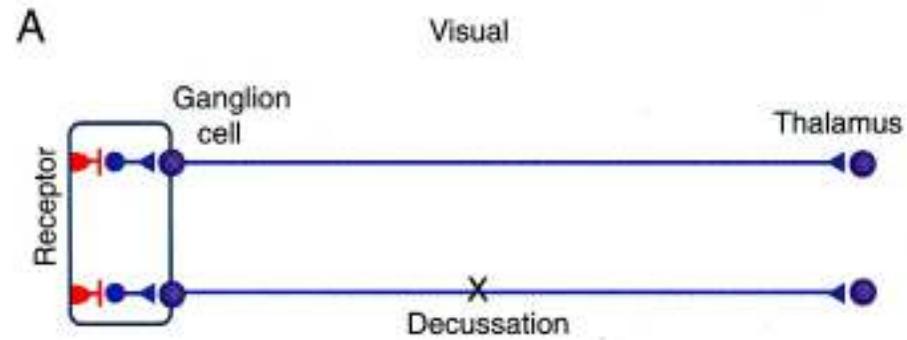
Zentrales Hörsystem

Aufsteigende Hörbahn



Zigmond

Verschaltung von Sinnessystemen

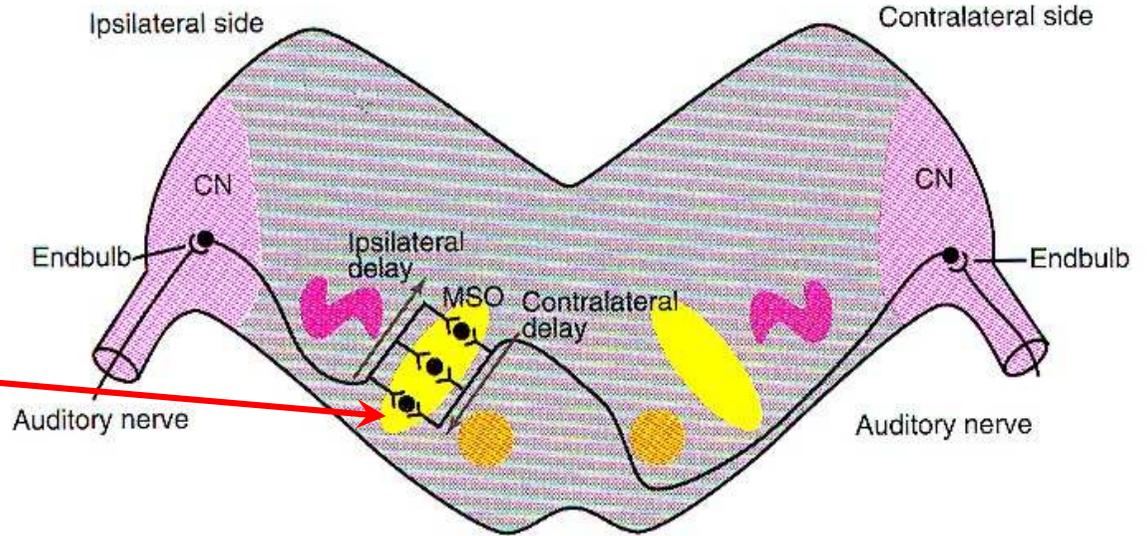


Zigmond

Oberer Olivenkomplex (SOC)

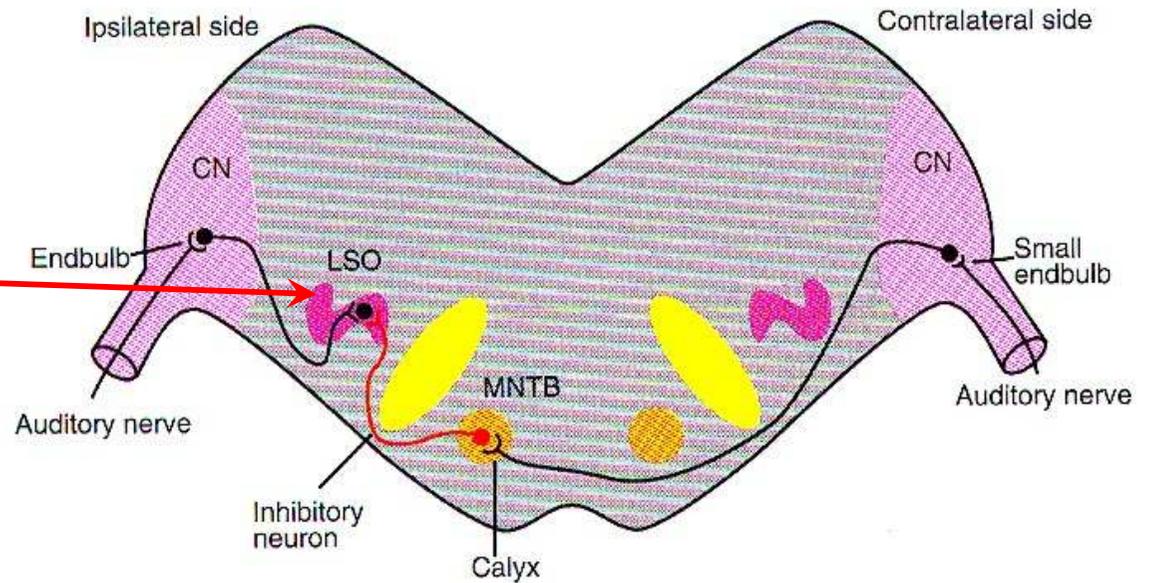
Koinzidenz-Detektoren
Schallrichtung aus Laufzeitunterschieden errechnet

A

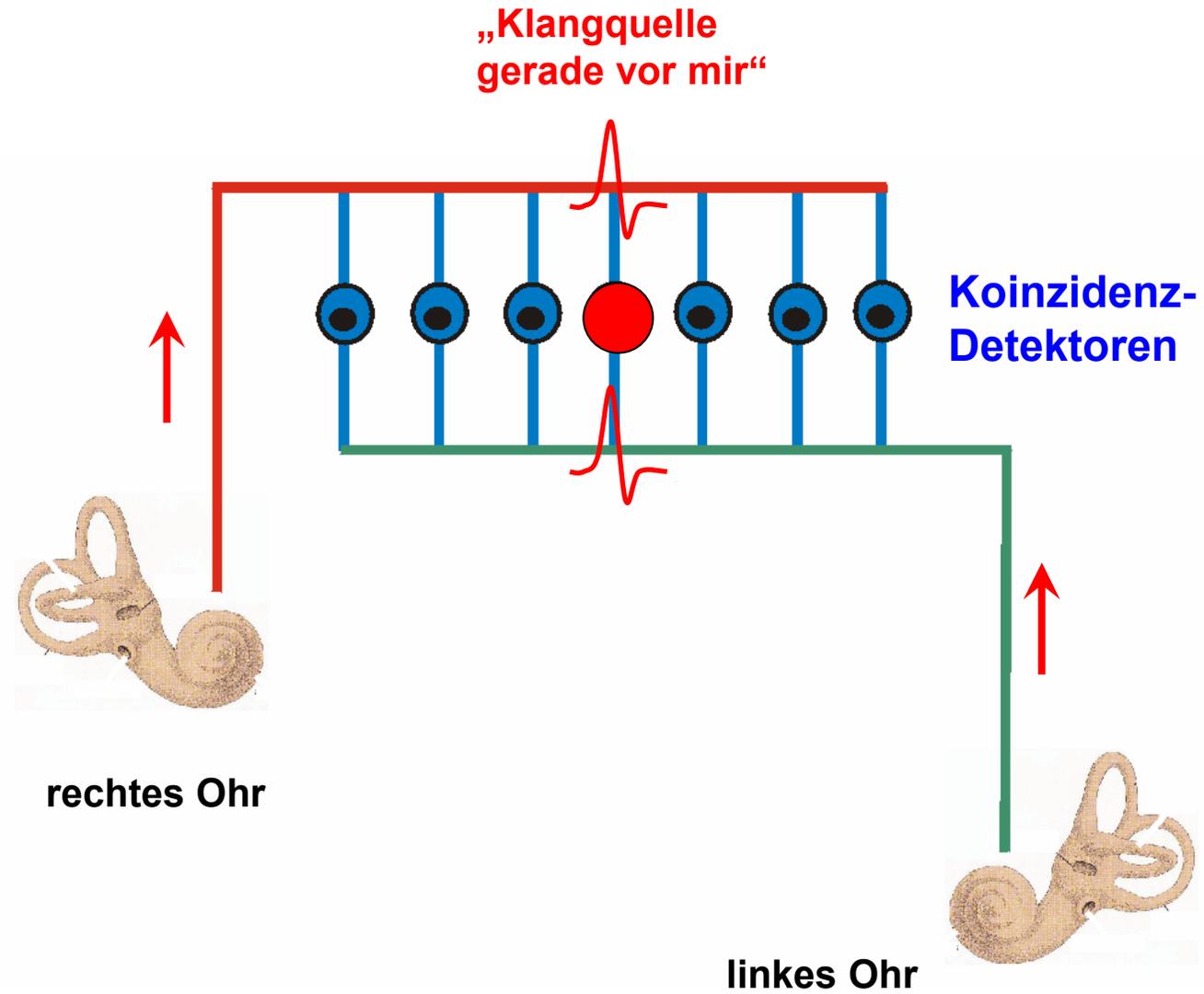
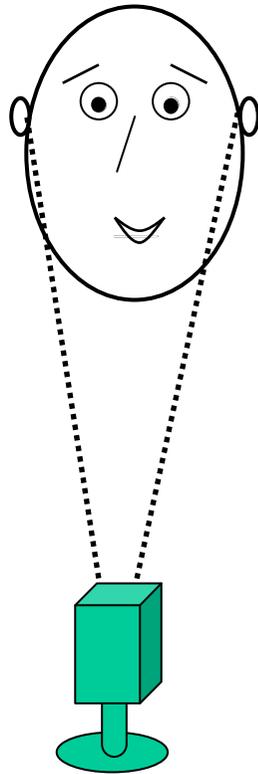


Pegeldifferenz-Detektoren
Schallrichtung aus Lautstärkeunterschieden errechnet

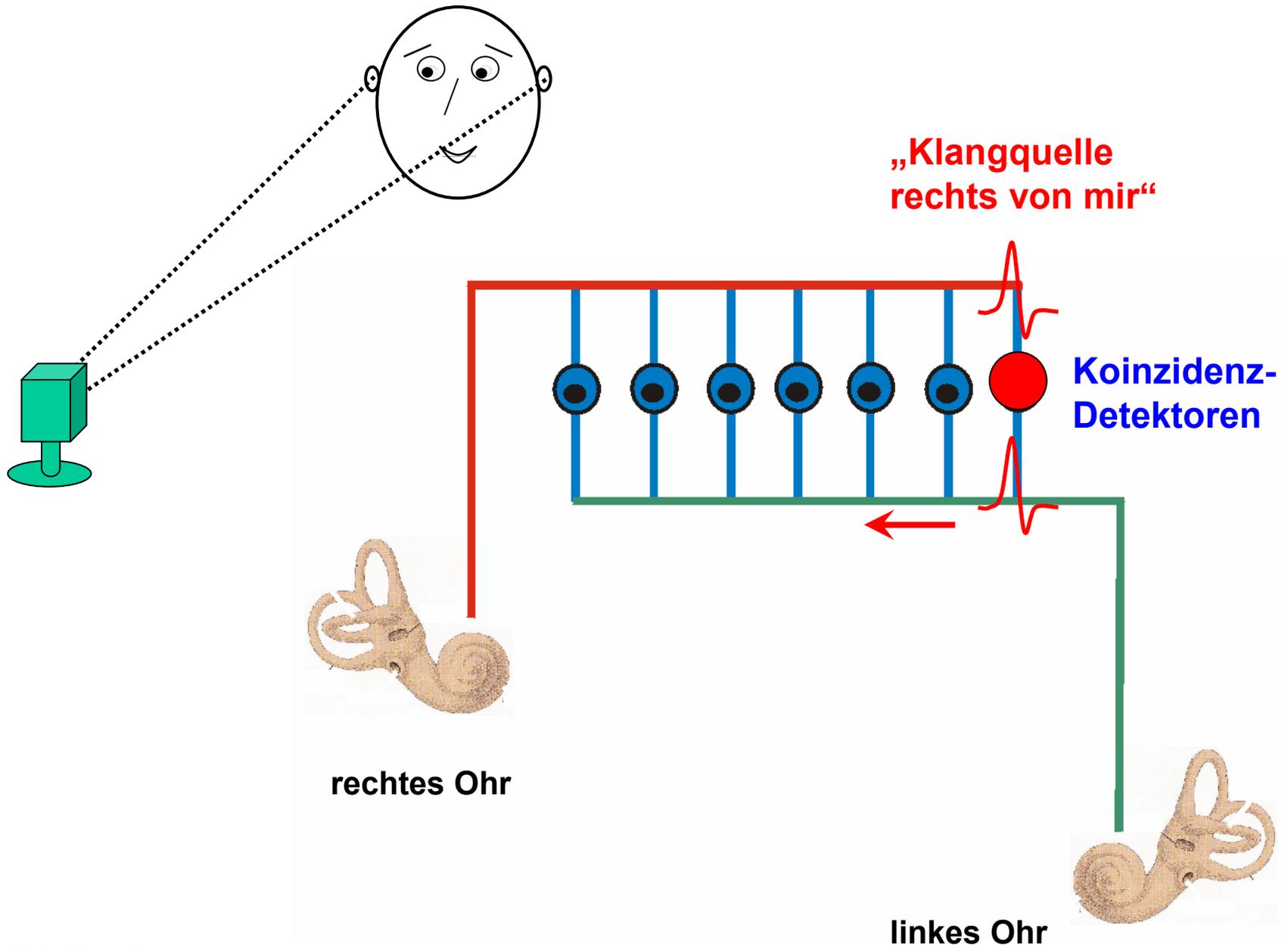
C



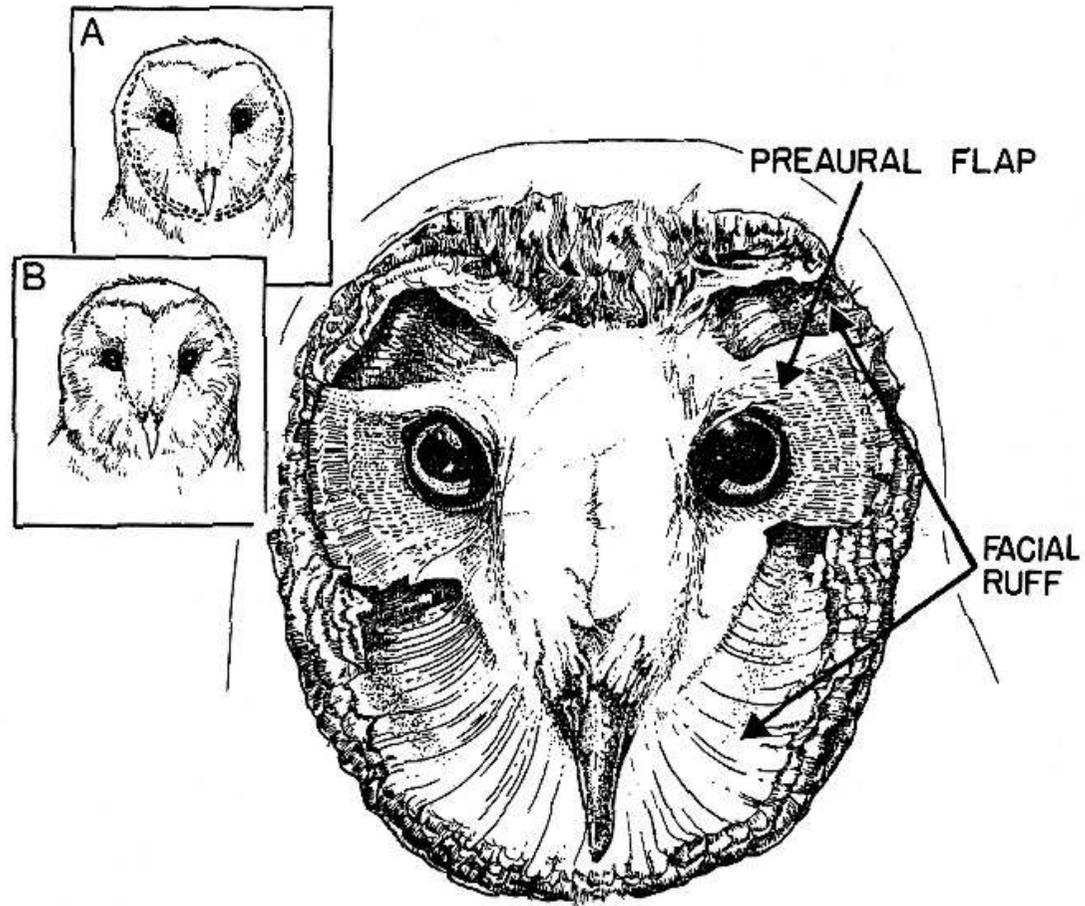
Richtungshören



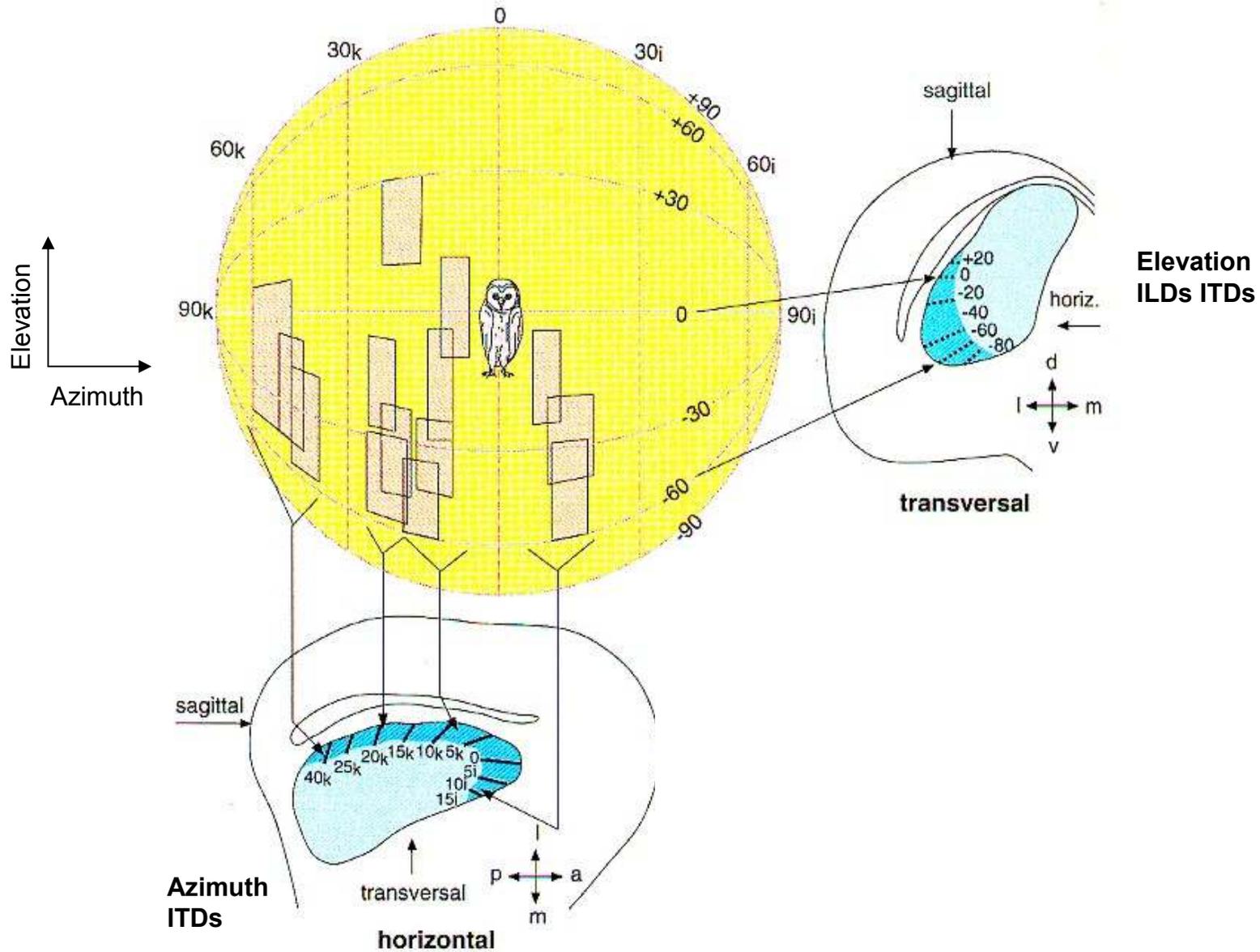
Richtungshören



Schleiereule: Vogel mit Ohrmuscheln

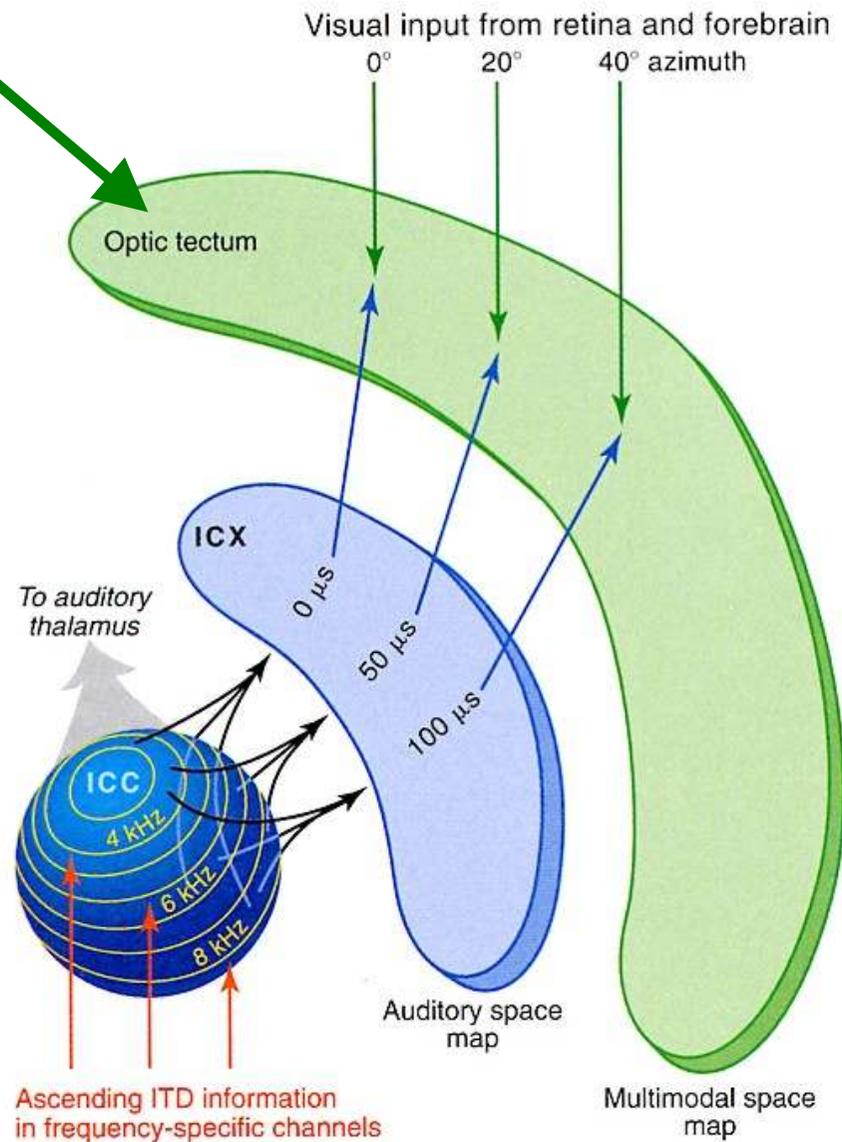


Raumabbild im colliculus inferior (ICX)

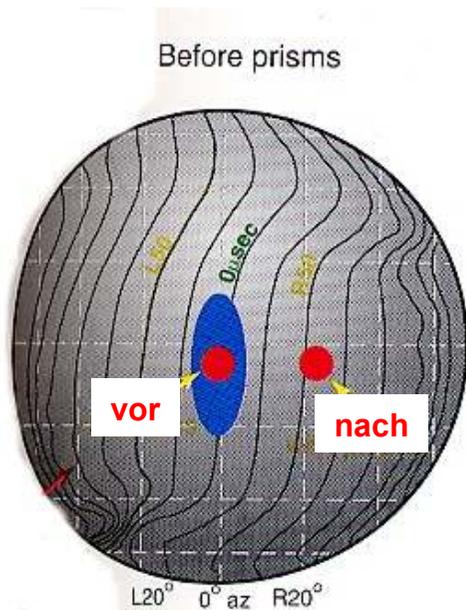


Auditorisches und visuelles Raumbild vereinen sich im Colliculus superior (optisches Tectum)

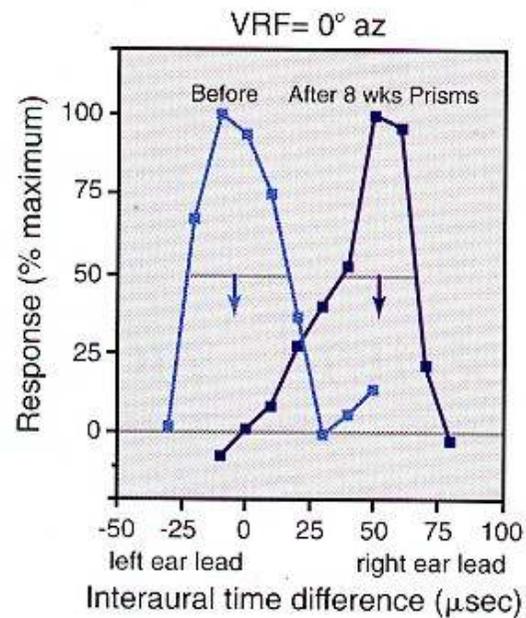
Colliculus inferior



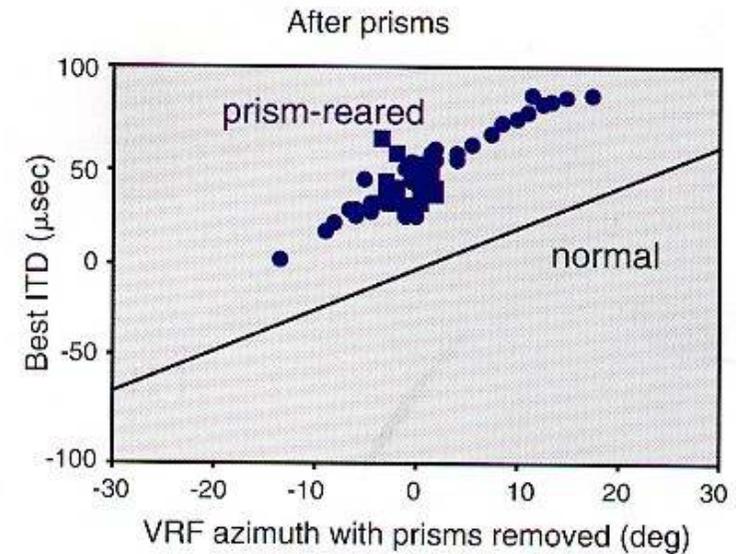
Neuronale Plastizität in Eulen mit verschobener visueller Karte



visuelles rezeptives Feld
auditorisches rezeptives Feld

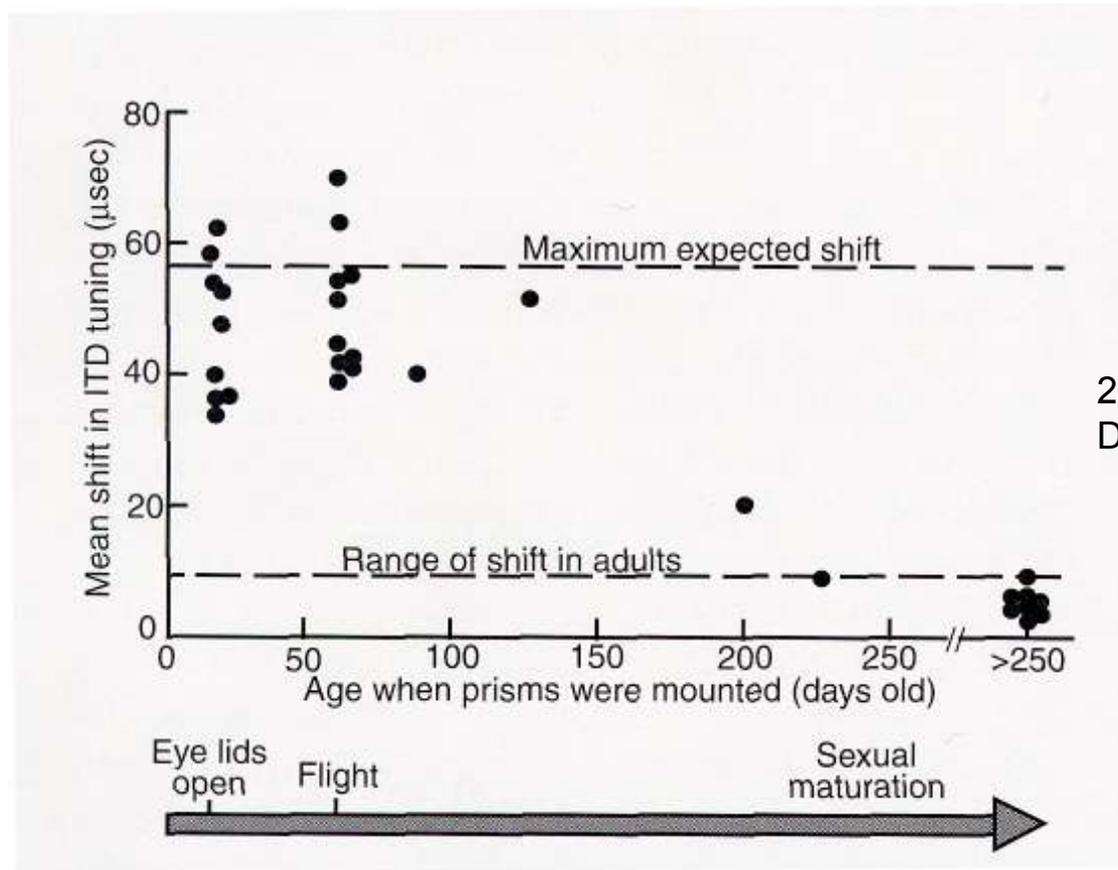


neuronaes ITD Tuning nach 8 Wochen Prismen, gemessen an derselben Stelle im optischen Tectum



Nach Entfernen der Prismen ist ITD gegen visuelle rez. Felder verschoben

Sensitive Periode für Eulenplastizität



23° Verschiebung für Dauer von 60 Tagen

Zigmond