

# DIEM Akustik1

Lydopfattelse

Everest kap. 4



# Det afferente nervesystem

- Ca. 3,5 mio. fimrehår på de ydre hårceller
- Ca. 140.000 på de indre
- Placeringen på BM afgør frekvensen
- Desuden temporal frekvensbestemmelse for  $f > 5\text{kHz}$
- Antallet af aktiverede nerver og repetitions hastigheden afgør niveauopfattelsen

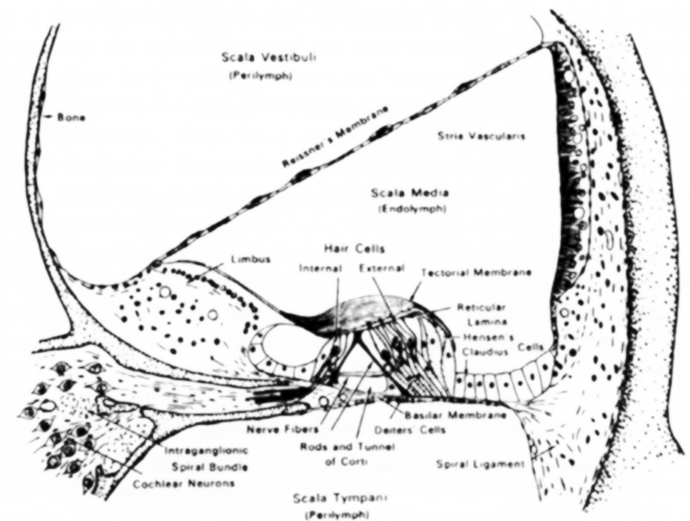
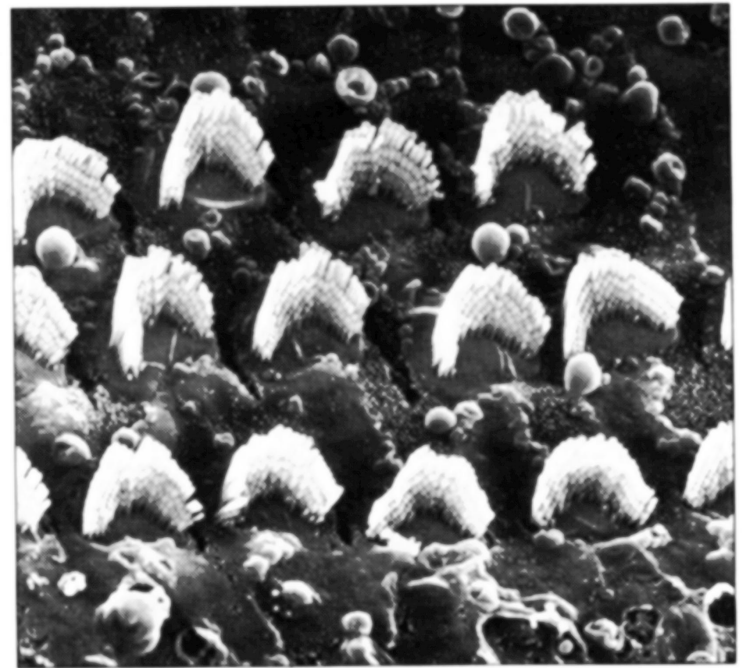


FIG. 1.13 Cross-section of the cochlea, showing the basilar membrane, Reissner's membrane, and the Organ of Corti. Redrawn from Davis (1962).

# Hårceller

- Nærbillede af hårceller



*Fig. 22a. Normal outer hair cells.*

# Equal-loudness-curves

- Hørestyrkekurver
- Frekvensgangen ulineær
- Desuden niveauafhængig
- Phon er defineret ved 1kHz
- Baggrunden for A- B- og C-filtrene
- Lav et forsøg med høretærskelforskelle, kan kurverne verificeres?

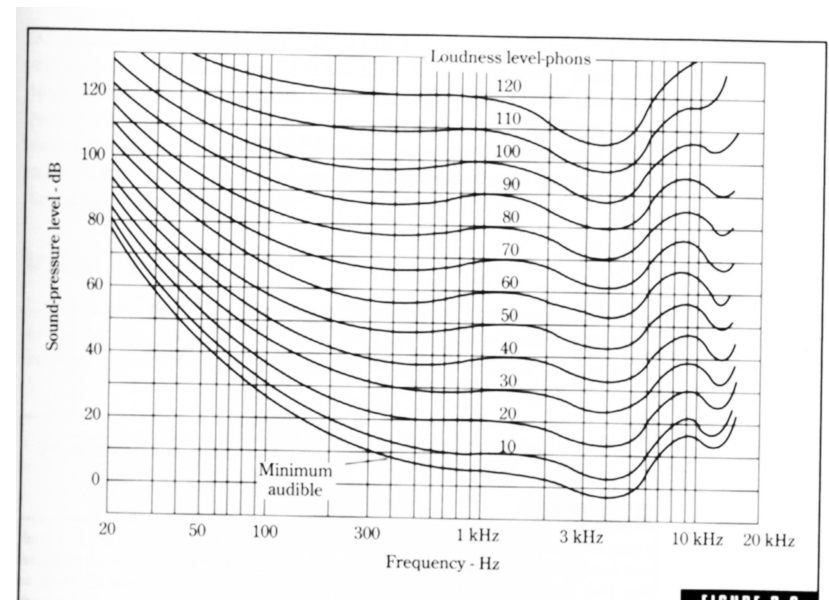


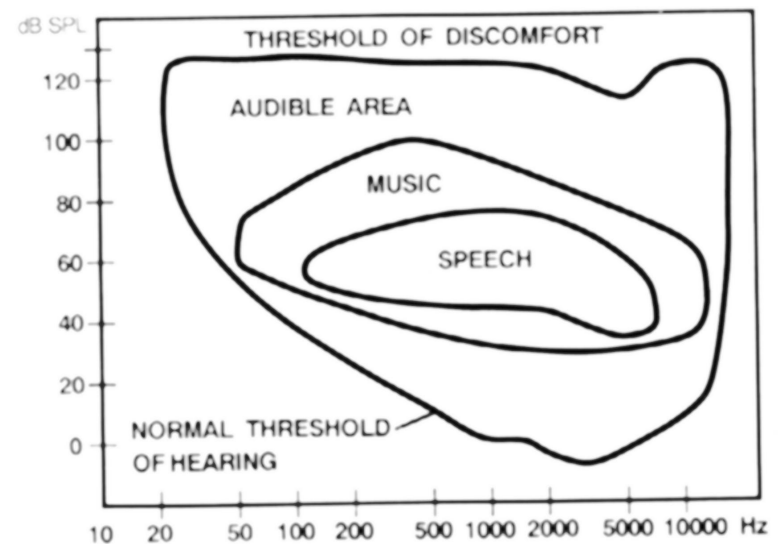
FIGURE 3-6

Equal-loudness contours of the human ear. These contours reveal the relative lack of sensitivity of the ear to bass tones, especially at lower sound levels. Inverting these curves give the frequency response of the ear in terms of loudness level. (After Robinson and Dadson.<sup>4</sup>)

# Det hørbare område

- Afgrænses af to kurver:
  - Smertegrænsen
  - Høretærsklen
  - Sammenligning med tale og musik

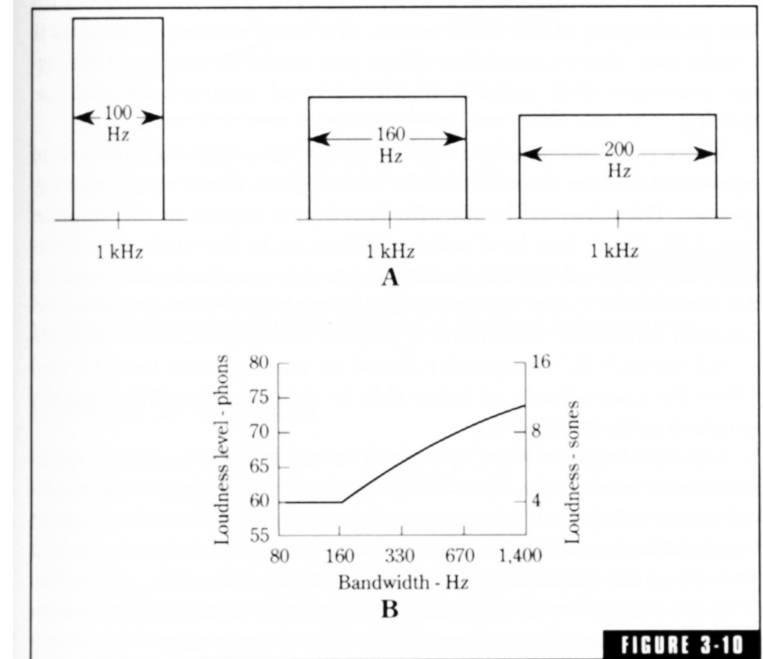
Se side 105



*Fig. 18. The dynamic range of hearing for a normal hearing person.*

# Niveau og båndbredde

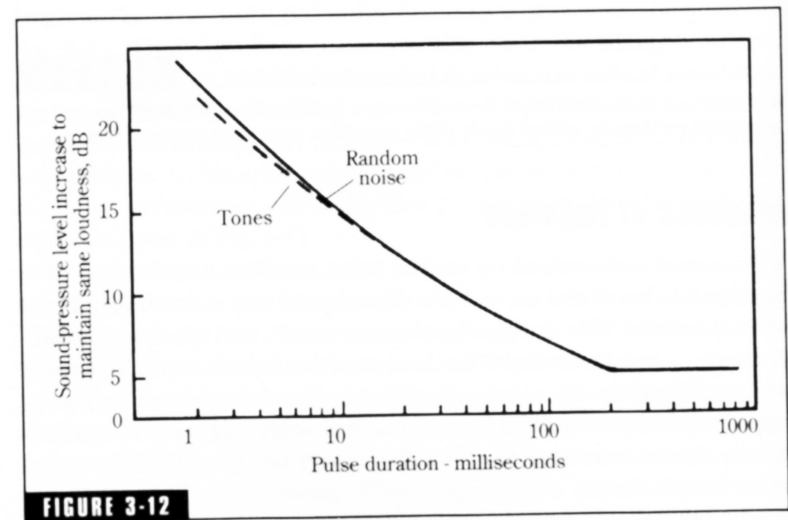
- Opfattet niveau bestemmes af antallet af berørte kritiske bånd
- Båndbredden af disse er ca. 1/6 oktav



**FIGURE 3-10**  
(A) Three noises of different bandwidths, but all having the same sound-pressure level of 60 dB. (B) The subjective loudness of the 100- and 160-Hz noise is the same, but the 200-Hz band sounds louder because it exceeds the 160-Hz critical band width of the ear at 1,000 Hz.

# Impulser, integration

- Jo kortere en tone er, desto svagere opfattes den
- Øret når ikke at reagere
- Tidskonstant på ca. 100ms
- Pulser på mere end 200ms opfattes normalt
- Afgørende for forståelsen af tale
- Hvor ligger de vigtige konsonanter? S.60



**FIGURE 3-12**

Short pulses of tones or noise are less audible than longer pulses as these graphs indicate. The discontinuity of the 100- to 200-msec region is related to the integrating time of the ear.

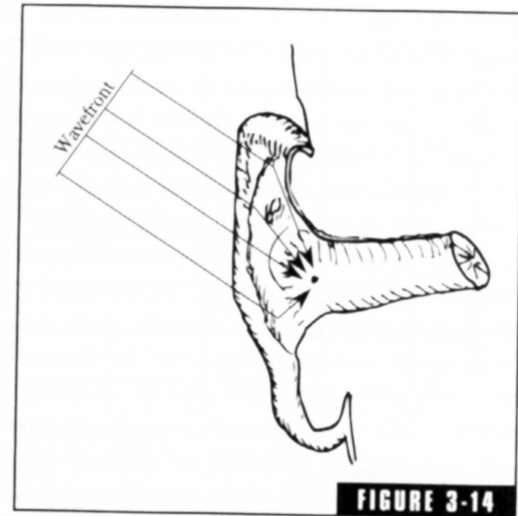
# Pitch, toneopfattelse

- Kan trænes op til utrolig præcision
- Normalt 0,5% helt ned til 0,1% (1Hz ved 1000Hz)
- Meget mere nøjagtigt end de kritiske bånd indikerer.
- Kombination af flere "algoritmer"
- Selv meget forskelligt klingende instrumenter giver samme grundtoneopfattelse
- Præcisionen afhænger af niveau
- Virker dårligt over 5kHz (ingen naturligt forekommende instrumenter eller væsner har grundtoner i dette område)



# Lokalisation

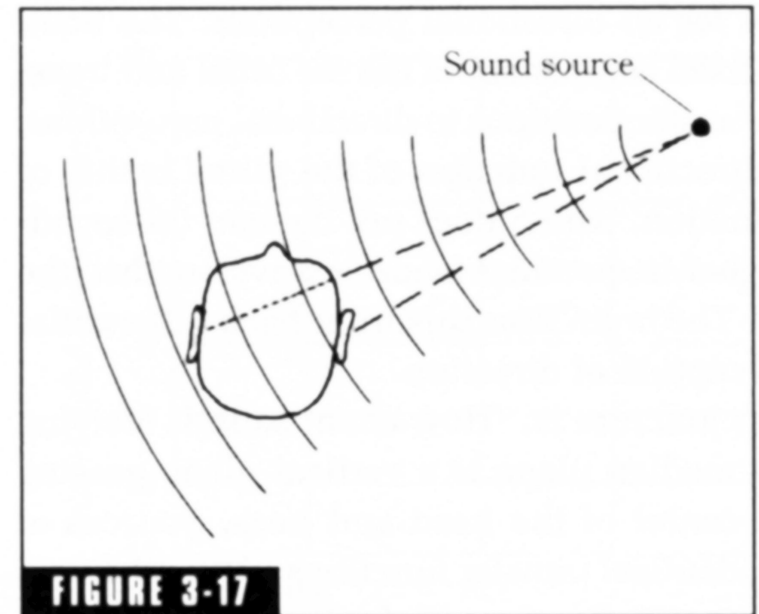
- Fantastisk avanceret system
- Kombination af flere funktioner
- Hovedets diffraktioner
- Pinnas frekvensgang afhænger af vinklen til kilden
- Træning
- Frem/tilbage (pinna)
- Op/ned (pinna, skuldre, (svært))



**FIGURE 3-14**  
A wavefront of a sound can be considered as numerous rays perpendicular to that wavefront. Such rays, striking a pinna, are reflected from the various ridges and convolutions. Those reflections directed to the opening of the ear canal combine vectorially (according to relative amplitudes and phases). In this way the pinna encodes all sound falling on the ear with directional information, which the brain decodes as a directional perception.

# Binaural lokalisation

- Stereo giver flere muligheder.....
- HRTF
- Tidsforsinkelse
- Skyggevirkning
- Rumrefleksjoner
- The law of the first wavefront
- 



Our binaural directional sense is dependent in part on the difference in intensity and phase of the sound falling on two ears.

# Øret som måleinstrument

- Ofte svært at måle det samme som menneskets opfattelse af lyd
- SPL  $\leftrightarrow$  loudness
- Frekvens  $\leftrightarrow$  pitch
- Spektre  $\leftrightarrow$  timbre
  
- Rum(-psyko-)akustiske parametre (side 72)

# Hass-effekt

- Ørets evne til at skelne direkte og forsinket lyd
- Vi hører ikke et ekko, hvis delayet er mindre end 50 – 80 ms.
- Vigtig egenskab ved HT-anlæg i større rum, eller udendørs koncerter med flere PA-anlæg.

# Høreskader

- Udregning af støjpoint
- Ved 8 timer om dagen i 90dB(A) får 10% alvorlige skader som 50 årige.
- Ved 100dB(A) kun 2 timer
- Ved 110dB(A) kun 30 minutter
- Først skader ved 4kHz
- Meget mere til foråret