

# Yngre otologer

## Forårskursus 28. marts 2009

---

### Akustik

Lars Holme Nielsen  
Øre-næse-halskirurgisk klinik  
Rigshospitalet

# Disposition

---

1. Lydens natur
2. Decibelskalaen
3. Impedans
4. Analyse af lyd
5. Linearitet

# Lyd

---

- a. Svingninger i elastisk medium
  - gas (luft)
  - væske (vand)
  - fast (mursten)
- b. Relateret til menneskets hørelse
  - 20 – 20.000 Hz
  - kraftig nok til at den kan høres

# Lyd

---

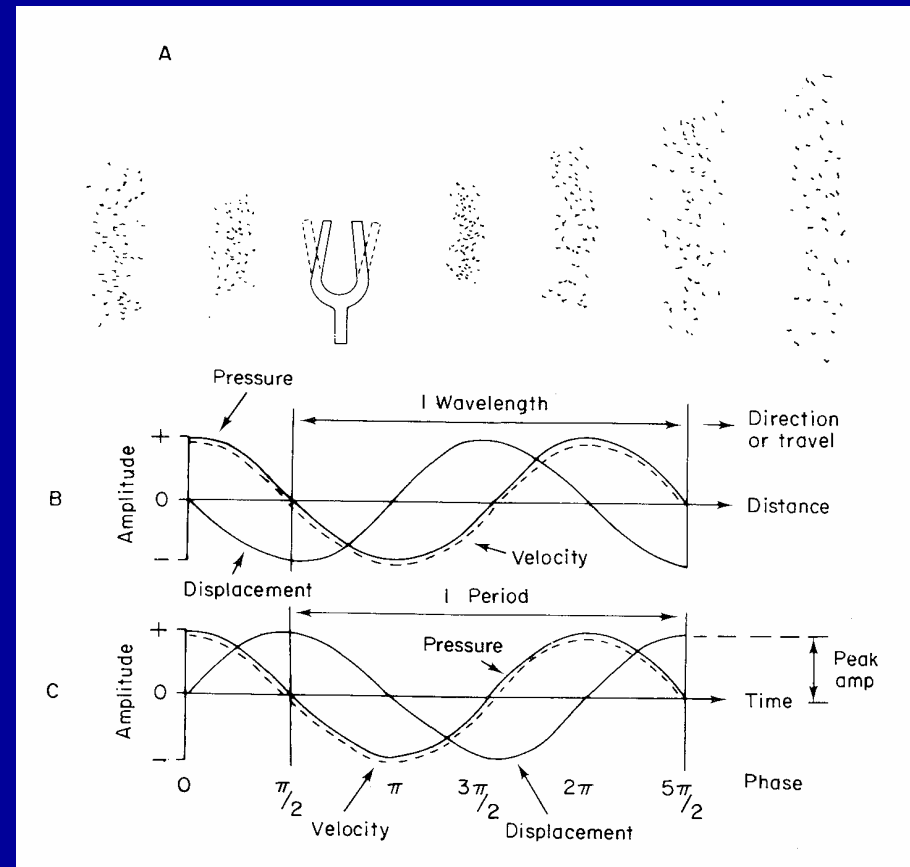
- Svingningerne udbredes som bølger
- Molekulerne bevarer afstanden fra lydkilden
- Molekulerne vibrerer dog omkring middelstilling
  - fortynding (rarefaction)
  - fortætning (condensation)
- 340 m/ sek ("1,000 feet/ sec") i luft
- Hurtigere i tunge medier

# Lydens natur

A. Lydbølge fra st.gaffel

B. Variationer re.  
afstand

C. Variationer re. tid



# Lyd

---

- Sinustonen har periodisk mønster i trykændringerne
- Periodens varighed =  $T$
- Frekvens =  $1/T$  (Hertz)

# Heinrich Rudolf Hertz

## 1857 - 1894

---

- Fysiker, München, Berlin, Karlsruhe
- Elev af Helmholtz
- Påviste radiobølger i 1886
- Egenskaber som lys: ret linie/ reflekteres/ brydes/ polariserede
- *"Jeg tror ikke, at de trådløse bølger jeg har opdaget vil have nogen praktisk betydning"*

# Decibel

---

- Altid relativt
- $\text{dB} = 20 \log_{10} \frac{\text{lydtryk (målt)}}{\text{lydtryk (ref.)}}$
- $\text{dB SPL} = 20 \log_{10} \frac{\text{lydtryk (målt)}}{20 \text{ mikroPascal}}$
- 20 mikroPascal ofte det svageste hørbare lydtryk

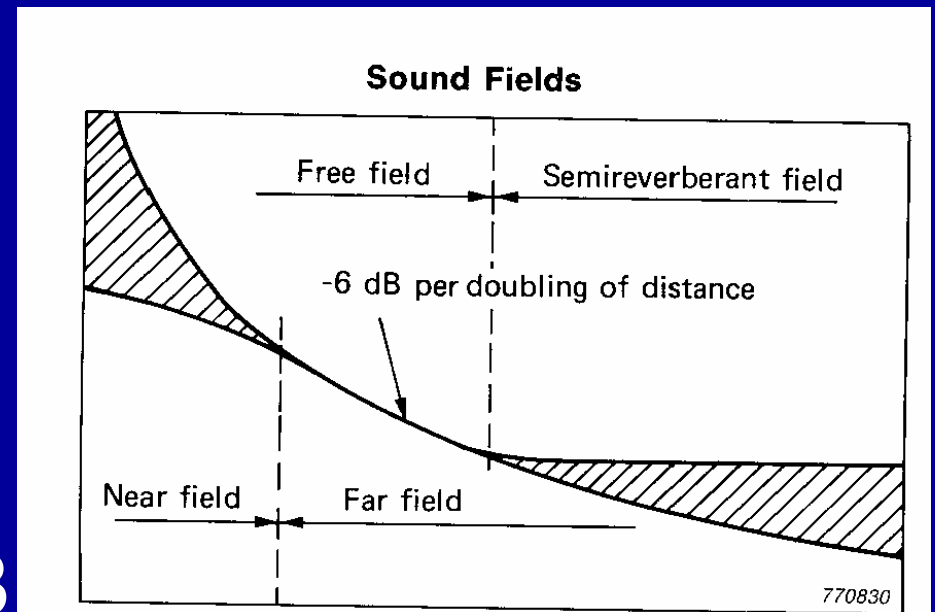
# Decibelskalaen

---

- Nemmere omgang med store forskelle
- Samme interval har samme fysiologiske signifikans uanset hvor på skalaen (oplevet lydstyrke)
- Hele tal, sjældent brug for trin under 1 dB
- Positive værdier
- Negativ værdi fuldt muligt

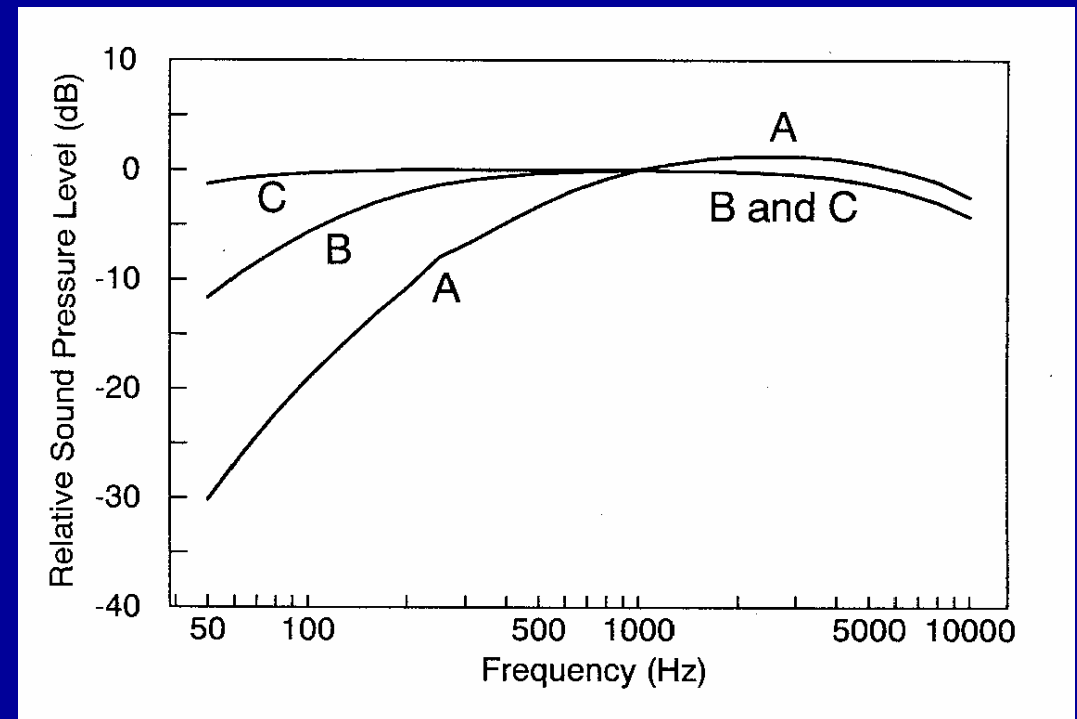
# Afstandsloven

- Dobbelt afstand: halvt lydtryk (SPL) = 6 dB
  - $\log_{10} 2 = 0,3$
  - $0,3 \times 20 = 6$
- NB! Frit felt
- Derimod psykoakustisk:
- Dobbelt loudness = 10 dB



# Hvad er dB (A) ?

- Stadig lydtrykmåling
- Simulerer ørets dårligere følsomhed i bas og diskant
- Moderate lydtryk  
(30-60 phon for normalthørende)



## og dB HL ?

---

- *Hearing level*
- Normale tærskel for unge hørerasker personer definerer "0 dB HL"
  - Hovedtelefon TDH 39
  - Rentoner
  - Monauralt
- Tager højde for dårligere hørelse i bas/diskant

# Alexander Graham Bell

## 1847 - 1922

---

Amatør, Edinburgh, London, Boston

- Døvelærer ("Visible Speech")
- Fonoautograf: synliggøre lyd
- Telefonen 1876
- Hustru Mabel, døv efter scarlatina
- Lidt af en eugeniker

# Impedans og lyd

---

- Ethvert materiale har en specifik impedans
- Sammentrykkelighed afgørende
- Vand stor (oscillationer små)
- Luft lille (oscillationer store)
- Ved grænseflader reflekteres lyd
- Bølgehastighed større i tæt medium

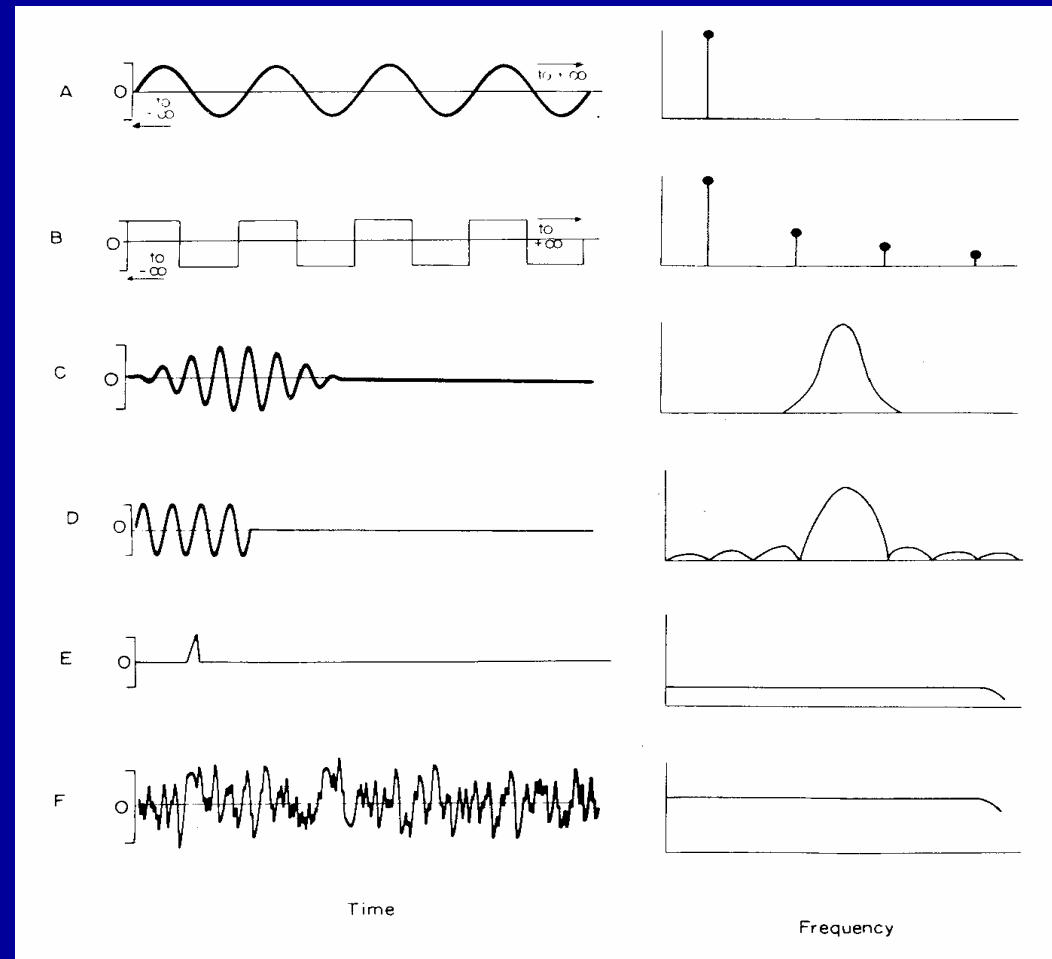
# Lyd, analyse

---

- De fleste lyde er komplekse/ sammensatte
- Bestanddelene er rene toner (sinustoner)
- En ren tone karakteriseres ved
  - frekvens
  - styrke
  - fase
- FFT analyse giver frekvensen

# Fourieranalyse

- A. Sinus
- B. Firkant
- C. Rampe
- D. Port
- E. Klik
- F. Hvid støj



# Linearitet

---

1. Output = input, fraset en faktor (k)
2. Output fra to inputs = summen af disse

Derfor:

- Amplitude af output varierer ganske som amplitude af input
- Samme frekvenser i output som i input

# Non-linearitet

---

- Her fremkommer nye frekvenser
- En sinustone: overtoner
- To sinustoner: overtoner og intermodulationsprodukter
- Auditive system lineært / nonlineært