

# DIEM Akustik 1

Opfattelse af  
tonehøjde

Litteratur: Cook kap. 5

# Hvad er tonehøjde (pitch)?

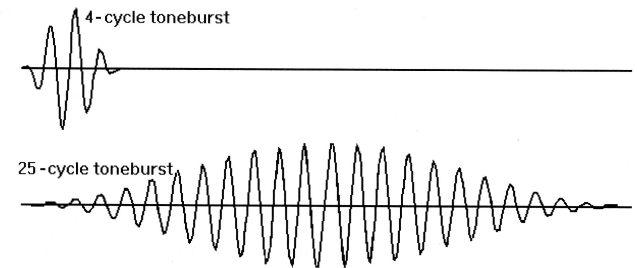
- Tonehøjden opfattes meget ofte som grundtonen i lyden
- Grundtonen er den dybest liggende i spektret (den 1. harmoniske)
- Den menneskelige opfattelse af pitch er meget mere kompleks end en FFT-analysator
- En periodisk svingning har harmoniske spektre med overtoner af typen:  $f_{\text{harmonisk}} = f_{\text{grund}} * \{1, 2, 3, \dots\}$
- Bemærk forskellen mellem harmoniske serier og oktaver!

# Tonehøjde og klangfarve (timbre)

- Klangfarve afgøres af forholdet mellem forskellige frekvensområder (høj, mellem, lav)
- Eksempel med sunget "u" og "i" med samme tonehøjde
- Klangfarve har altså ikke noget med tonehøjde (pitch) at gøre

# Varighed og tonehøjde

- Der skal mindst 20 svingninger til før tonehøjden opfattes
- En dyb tone skal altså have en længere envelope end en høj frekvens
- Ellers høres kun et "klik"
- Test påstanden!
  - 50Hz, 500Hz, 800Hz og 5000Hz



**Figure 5.1** The upper tone burst would likely not produce a sensation of pitch, whereas the lower one would.

# Grundtonen, der blev væk

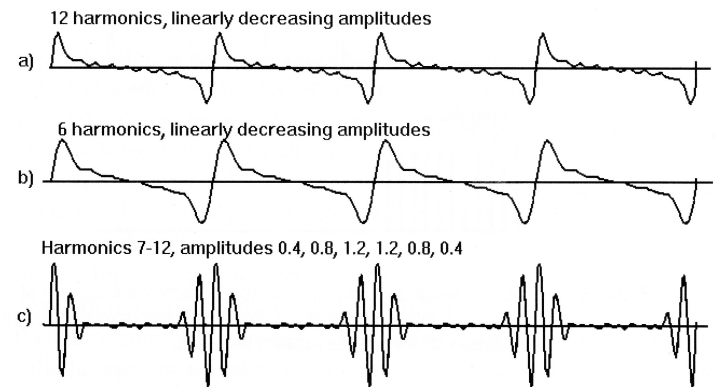
- Vi er i stand til at høre grundtonen selvom den ikke er der, hvis overtonerækken er komplet.
- Kræver både lige og ulige harmoniske og mindst 3
- Eksempler
  - Orkesterklokker
  - Telefon-lyd, køkkenradio
  - Maskerede frekvenser i orkester ol.
- Øvelse: lav syntese af missing fundamental

# Ternhardt og frekvensbestemmelse

- Computersimulering af menneskets pitch-algoritme benytter
  - FFT
  - søgning efter harmoniske serier
  - maskeringsviden
- Vanskeligt, da hørelsen skifter mellem temporal bestemmelse og placering på BM ved frekvensbestemmelse
- Lyt til eksemplerne (Track 10 til 15)

# Tonefornemmelsen og antal harmoniske

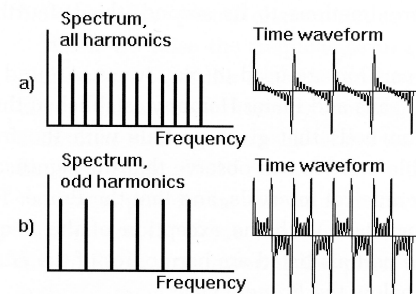
- Jo flere harmoniske overtoner des bedre grundtonefornemmelse
- Specielt tydeligt når grundtonen er dyb
- Ved højere frekvenser, glider flere og flere overtoner op i BM-området, og pitchnøjagtigheden reduceres



**Figure 5.3** Waveforms with small wiggles. At around 55 Hz all three give the same pitches. Around 440 Hz the first two give a pitch frequency near 440 Hz, but the third gives higher frequencies.

# Udelukkende ulige harmoniske

- Der skal også være lige harmoniske hvis grundtonefølelsen skal være intakt
- Ellers bliver man snydt af "missing fundamental" og tror at grundtonen er dobbelt så høj
- Ved lave frekvenser kan grundtonen blive for svag ift. hørestyrkekurven



**Figure 5.5** Two tones with a similar spectral range, power, and brightness. For a pitch frequency of 880 or 440 Hz the pitches heard are the same. For a pitch frequency of 55 or 110 Hz, the odd harmonic tone has a pitch greater than that of the upper tone.



# (Kirke-)klokker

- Transvers vibration er ikke lineær. Dvs. at overtonerækken ikke er harmonisk.
- En sub-harmonisk er tonehøjdebestemmende, da vi bruger m-f teknik
- Hemony's stemning er uren, da der både er en dur og en moll-terts på samme tid.
- En ny klokkestemning laver udelukkende dur-terts, men baseres på sub-sub-harmonisk grundtone
- Marimbaen har også altid en klar dur-terts over oktaven, især når man slår hårdt (øget ulinearitet)

Table 5.1 The frequencies of a Hemony bell sound

PARTIAL	RELATION TO $f_p$ , THE PERCEIVED PITCH
Hum tone	$0.25 f_p$ sub-sub-tone $0.5 f_p$ , one octave down
Prime	$f_p$
Third	$1.2 f_p$ (a minor third up) $\rightarrow 1.25 = \text{dur tert}$
Fifth	$1.5 f_p$ (a fifth up)
Octave	$2 f_p$
Upper third	$2.5 f_p \rightarrow \text{oktav + dur tert}$
Upper fifth	$3 f_p$