

# DIEM Akustik 1

Konsonans og  
skalaer

Litt.: Cook kap. 14



# Intervaller historisk set

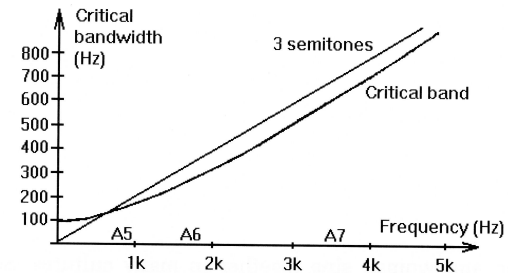
- De gamle grækere (fx Pythagoras) studerede intervallerne
- Beskrev dem med simple tal-forhold, og opdagede også problemerne
- Ikke alle tonearter lød godt, og der var især problemer med tertserne
- "*Pythagoras' komma*" (12 kvinter op, 7 oktaver ned ender ikke på nul matematisk set)
- Eftervis hans observation

# Konsonans kontra dissonans

- Essentielle musikalske virkemidler:
  - Dur (lys, hård) eller moll (mørk, blød)
  - Spænding (dissonans) eller afspænding (konsonans)
- Konsonans forklares nemmest ved at tage udgangspunkt i dissonans
- Lyd medfører vib. på BM (kritiske bånd)
- Ved flere toner i samme CB opstår dissonans (kaos?)
- Størst dissonans ved  $\Delta f < CB/4$
- Ved mellemfrekvens ( $> A5$ ) er CB ca.  $f/6$  hvilket er lidt mindre end en lille terts
- Ved 30Hz er CB fx 100Hz. (husk MEL-skala)

# Dissonans

- Da de harmoniske ligger tæt ved HF opstår dissonans ofte mellem overtoner
- Et instrument med kraftige overtoner kan nemt skabe dissonans med sig selv. (parallel til firkant og harmonisk forvrængning)
- Kulturforhold (vestlig/asiatisk, klassisk/jazz, bevidsthed (Jodle Birge/Ligeti))



**Figure 14.1** The curve shows the width of critical bandwidth plotted against frequency. The straight line represents a musical minor third plotted against frequency.

# Stødtoner og stemning

- Et instrument stemmes mest nøjagtigt ved brug af interferens-teknik ("svævninger" eller beats)
- Opstår når de harmoniske overtoner ligger meget tæt, og differensfrekvensen høres
- Øvelse, prøv selv, guitar, oktavering, udregning
- Klaveret er helt specielt: I yderenderne af klaviaturet skal der kompenseres for strengenes ulineære natur

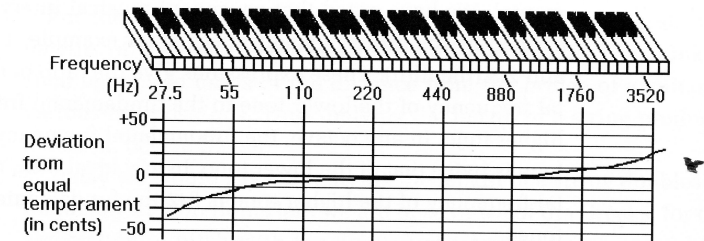


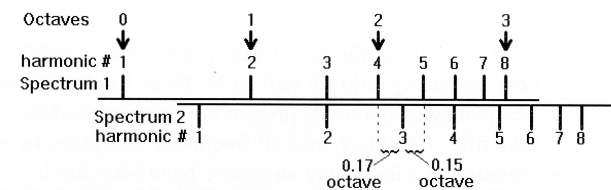
Figure 14.2 Deviations from equal temperament in a piano tuned by beats.

# Konsonans

- Er kulturelt betinget, alle er dog enige om oktav og kvint
- Enkelte intervaller kaldes "superkonsonante": se tab. 14.3
- Her falder overtonerne sammen og forstærker deres konsonante karakter
- Lyt til klaveret

**Table 14.3** Superconsonant intervals in which harmonics of upper tone are all harmonics of lower tone

FREQ. RATIO	MUSICAL INTERVAL
1:2	Octave (C-C')
1:3	Octave + fifth (C-G')
1:4	Two octaves (C-C'')
1:5	Two octaves + maj. third (C-E'')
1:6	Two octaves + fifth (C-G'')



**Figure 14.3** First eight harmonics of two tones a fifth apart.

# Dissonans-rating

- Lav eksperiment og eftervis (?) tab 14-5 i tre forskellige oktav-placeringer
- Har height betydning?
- Omvendinger
- $5:3 = 5:6$  (stor sekst og lille tertst)

**Table 14.5** Consonance rating of intervals

INTERVAL NAME	NUMBER OF SEMITONES	IDEAL RATIO	DISSONANCE RATING (1-7)
Octave	12	1:2	1.7
Fifth	7	2:3	1.7
Fourth	5	3:4	2.0
Major third	4	4:5	2.0
Major sixth	9	5:3	2.4
Minor third	3	5:6	2.6
Minor sixth	8	5:8	3.0
Minor seventh	10		3.3
Major second	2		3.9
Tritone	6		4.0
Major seventh	11		5.3
Minor second	1		5.7
Minor ninth	13		5.8

Source: Nordmark and Fahlen (1988).

# Konsonante intervaller

- De simple talforhold giver fejl, hvis man "vandrer" op og ned!
- Pythagoras' berømte "komma"
- Der må altså være en fejl et eller andet sted!
- Pythagoras udregnede den lige stemning

**Table 14.6** Equations from intervals, scales and temperaments

$4V - 2VIII - III = K$	(the comma of Didymus, or syntonic comma)	81/80	21.5 cents
$8V + III - 5VIII = s$	(the schisma)	32805/32768	2.0 cents
$12V - 7VIII = p$	(the comma of Pythagoras)	521441/534288	23.5 cents
$VIII - 3III = d$	(diesis)	128/125	41.0 cents
Relations: $p = k + s$ $d = 2K - 2$			

Note: The pitch "wanders" a little if we go up and down strictly by the ratios of small integers. Exact consonant intervals and scales are inherently inconsistent. For example, going up an octave and down three major thirds results in the "diesis" error of 41.0 cents.

Source: After Lloyd and Boyle (1979).



# Fejl i rent stemte skalaer

- De simple talforhold er upræcise i mange mellemintervaller
- Ligesvævende stemning indføres konsekvent i starten af 1800-tallet

**Table 14.8** Equal versus just temperament intervals, in cents

INTERVAL	NO. SEMITONES	CENTS, EQUAL TEMP.	CENTS, JUST TEMP.
Fifth	7	700	$\ln(3/2)/\ln(C) = 702.0$
Fourth	5	500	$\ln(4/3)/\ln(C) = 498.0$
Major third	4	400	$\ln(5/4)/\ln(C) = 386.3$
Minor third	3	300	$\ln(6/5)/\ln(C) = 315.6$
Major sixth	9	900	$\ln(5/3)/\ln(C) = 884.4$
Minor sixth	8	800	$\ln(8/5)/\ln(C) = 813.7$

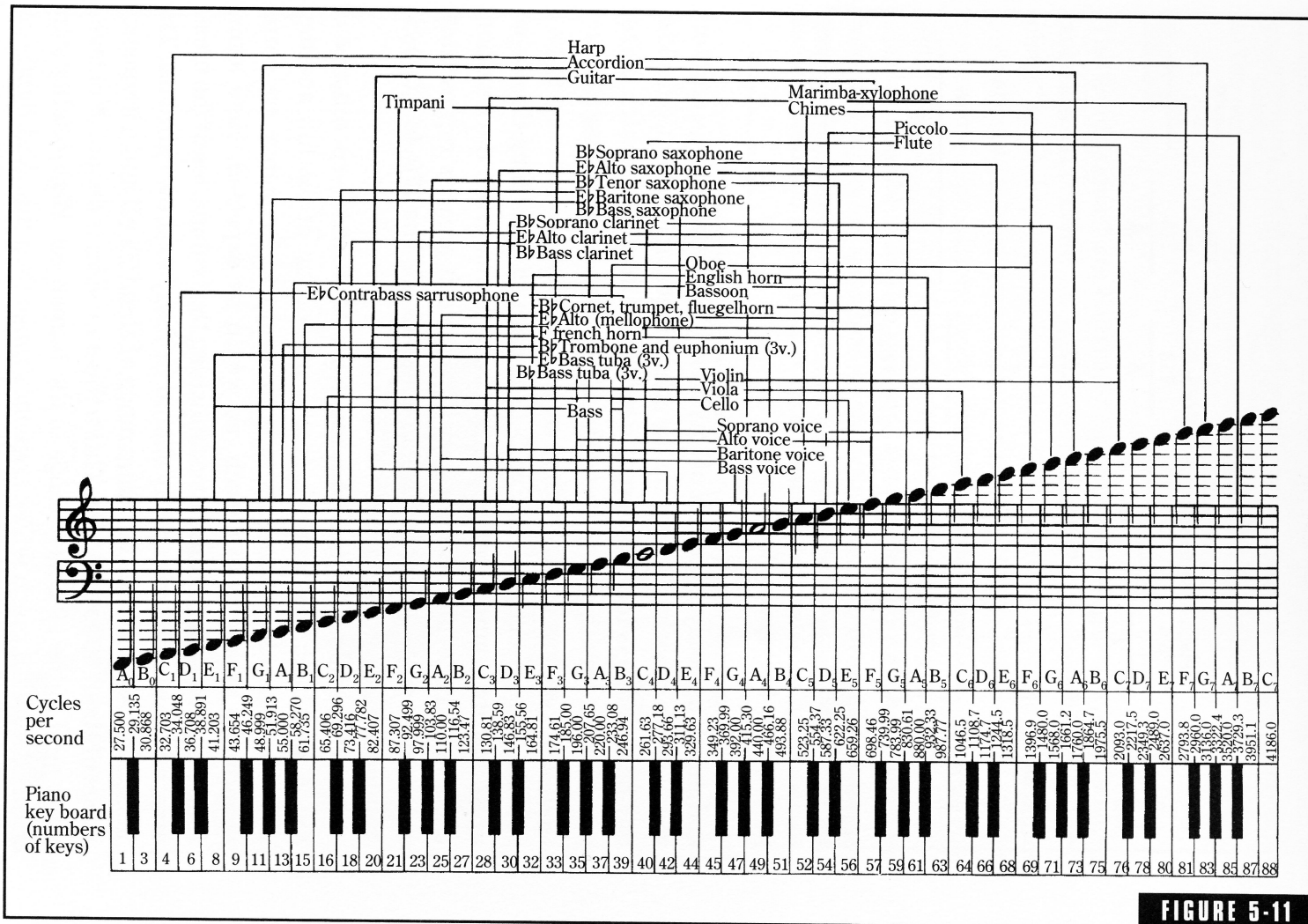
# Temperering

- Gammel musik bevægede sig kun lidt mellem tonearterne
- Nyere musik (Bach og frem) udforskede modulationsteknik og krævede derfor at alle tonearter kunne bruges
- I lige stemning fordeles fejlen ligeligt over alle intervaller
- Medfører at næsten alle intervaller er (lidt) urene
- Til gengæld er det muligt at spille i alle tonearter
- Alle sammenhænge med tempererede keyboards er derfor out of tune!



# Øvelser og spørgsmål

- Test stemningen på klaveret
- Hvordan stemmer et keyboard i den høje hhv. lave ende ?
- OBS:  $\frac{1}{2}$  tone =  $2^{(n/12)} * f = 1.059463 * f$
- Lav nogle akkorder, og arbejd med renhed.  
4:5:6 er fx durtreklang



**FIGURE 5-11**

The audible frequency range of various musical instruments and voices. Only the fundamental tones are included; the partials go much higher. The very low piano and organ notes are perceived largely through their partials. Not shown are the many high-frequency incidental noises produced by the instruments. C. G. Conn, Ltd., Oak Brook, Illinois.