

## Eksempel 250:

### Fourieranalyse og lyd

– et samarbejde mellem matematik, musik og evt. fysik

**Formål:** Skabe forståelse for de trigonometriske funktioners betydning i lydlæren, matematikken bag flerklange og støj og et frekvensspektrum. Forklare matematikken bag equalizere og støjfiltre.

Java-appletten på websiden (teksten springes i første omgang over):

[http://www.nst.ing.tu-bs.de/schaukasten/fourier/en\\_idx.html](http://www.nst.ing.tu-bs.de/schaukasten/fourier/en_idx.html)

introduceres. Eleverne eksperimenterer med lyden af overlejlrede sinusfunktioner, bl.a. med alle koefficienter = 0, på nær  $b_4 = b_5 = b_6 = 4$ , som giver en dur-treklange (bemærk at førsteaksens enheder er  $\pi/4$ ). Eleverne lærer, hvordan  $b \cdot \sin(k \cdot t)$  svinger  $k$  gange på tiden  $2\pi$  med amplituden  $b$ .

Java-appletten på websiden:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/sound/sound.html>

For  $f = 220$  Hz forsøges som ovenfor, bl.a. Septim-firklangen med koefficienterne  $b_4 - b_7$  til  $\sin(4f)$  op til  $\sin(7f) = 0,9$  (resten 0) og 9-femklangen med yderligere  $\sin(9f) = 0,9$ .

Forsøg med  $b_1 = 1$ ,  $b_3 = 1/3$ ,  $b_5 = 1/5$ ,  $b_7 = 1/7$  osv.: Firkantimpuls. »Overdrive«-lyd.

Forsøg med  $b_1 = 1$ ,  $b_2 = 1/2$ ,  $b_3 = 1/3$ ,  $b_4 = 1/4$  osv.: Savtakimpuls.

På Java-appletten på websiden:

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/OTHERS/fourier2/index.html>

afprøves »Sawtooth« og »Noise«. På »Noise« afprøves med 10, 40 og 100 led (koefficienter  $\neq 0$ ).

Eleverne skulle hermed gerne nå til erkendelsen af, at alle periodiske (lyd)funktioner kan opløses i en Fourier-række. Begrebet Frekvensspektrum/Fourierspektrum introduceres.

I fysik kan evt. snorsvingninger med overtoner eller lydsvingninger i et resonansrør undersøges. Med f.eks. Pasco-apparatur kan svingninger på en guitar-streng og klangfarver analyseres m.h.t. overtoner og frekvensspektrum.

I musiklokalet optages en wav-fil, idet man bevidst får en hyletone med.

I lydbehandlingsprogrammet laver man en Fourier-analyse af et udsnit af filen (Analyze  $\rightarrow$  Frequency analysis), og hyletonen identificeres. Denne fjernes nu fra lydfilen vha. et Fast Fourier Transformation-filter (Transform  $\rightarrow$  Filters  $\rightarrow$  FFT-filter), hvor man med musen klikker og trækker i equalizer-grafen, så der slukkes for lyden i hyletonens frekvensområde.

Med FFT-filteret equaliseres lyden (f.eks. sættes mere bas på, fjernes mellemtone »pap-lyd«).

**Omfang af forløbet:** 3-12 lektioner især alt efter niveauet, man udfolder matematikken på.

**Arbejdsform:** Grupper på 2 med rapport (med skærmdumps) og før/efter wav-filer som produkt.

**Litteratur:** con amore, ovennævnte java-appletter og freeware versionen af CoolEdit 2000.