

Boomwhackers – Tuned Percussion Tubes

Resonansplasticroer med præcist afstemte musiktoner i C-skala

Øvelsesvejledning:

- Slå med rørene mod næsten hvad som helst, bord, stol, knæ, lår, sko... (whacking). Det er bedst at anslå rørene nogle få cm fra røråbningerne. Undgå at beskadige rørene med voldsomme slag mod metaloverflader o.l.
Spil evt. simple melodier.
- Undersøg, hvor mange toner et rør kan frembringe.
Kan du få de to C-rør til at spille nøjagtig samme tone?
Hvad er forskellen på et lukket og åbent rør?
- Undersøg rørenes resonansfrekvenser (grundtoner, overtoner) ved hjælp af en lydkilde.
Resonansbetingelserne:

Åbent rør $n \cdot \frac{\lambda}{2} = l, n = 1, 2, \dots, (\text{helt antal halve bølgelængder})$

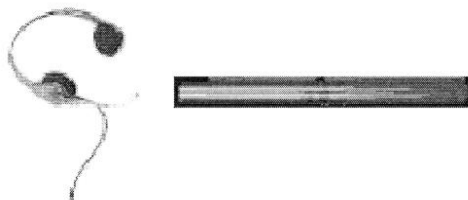
Halvlukket rør $(2 \cdot n + 1) \cdot \frac{\lambda}{4} = l, n = 0, 1, 2, \dots (\text{helt antal kvarte bølgelængder})$

A. Forsøg med tonegenerator, højttaler, mikrofon og oscilloskop/PC:



Generatorens frekvens ændres langsomt, indtil der tydeligt høres/ses forstærkning af tonen (resonans). Forsøget vil være meget lettere at udføre, hvis man på forhånd har kendskab til eller lavet beregninger på rørenes frekvenser. Se næste forsøg m.h.t anvendelse af PC

B. FFT-analyse ved hjælp af PC, lydsoftware og mikrofon.

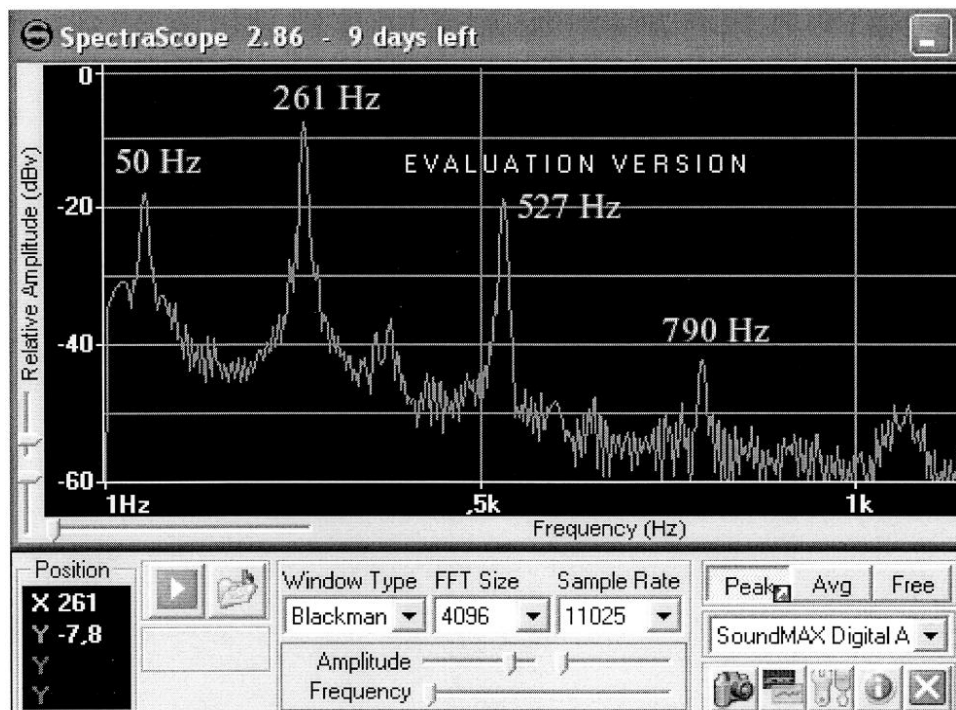


Anslå rør mod f.eks. knæ og optag lyd til PC. Lydsoftware kan f.eks. være Datalyse, Pasco 500 + mikrofon/ScienceWorkshop, WavePort (DataStudio), VisualAnalyser 5.5.3 (freeware), SpectraScope 2.8 (shareware) m. fl. Mange af disse er endvidere i

stand til at fungere som tonegenerator. WavePort, VisualAnalyser og SpectroScope fungerer via PC'ens lydkort. Se endvidere BILAG "Indstillinger i Windows"

Aflæs resonanfrekvenserne.

Resultater fra en analyse af C-staven vist i VisualAnalyser:



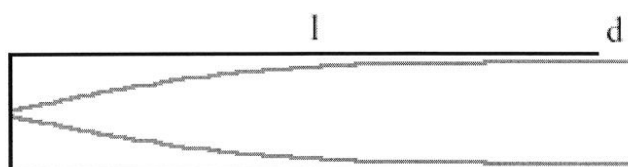
Grundtone 261 Hz
1. overtone 527 Hz
2. overtone 790 Hz

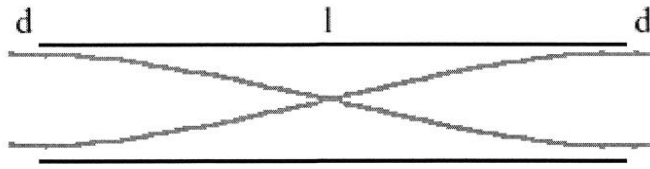
Tonen på 50 Hz skyldes overlejring fra PC'ens strømforsyning.

- Ved rørmundinger forekommer der en forskydning af svingningsbugen, en såkaldt mundingsforskydning. Brug resultaterne fra FFT-analysen til at beregne bølgelængder, og bestem dernæst knudepunkternes placering i både åbne og halvåbne rør. Beregn også lydens fart for luft (se formel i næste øvelse).

l er rørets længde.

d er mundingsforskydningen, som kan sættes til 1,5 cm for samtlige rør. (se næste opgave)





- Find mundingsforskydningen for A-røret, når dennes frekvens er 440 Hz
Opstil et udtryk for mundingsforskydningen, når det antages, at denne er proportional med kvadratroden af rørets tværsnitsareal.
Godtgør ved beregninger, at den fundne mundingsforskydning kan benyttes for alle rørene.

Anvend følgende formel til beregning af lydets hastighed i luft:

$$v = 331,5 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}}, \text{ hvor } T_0 = 273 \text{ K og } T \text{ er temperaturen i Kelvin}$$

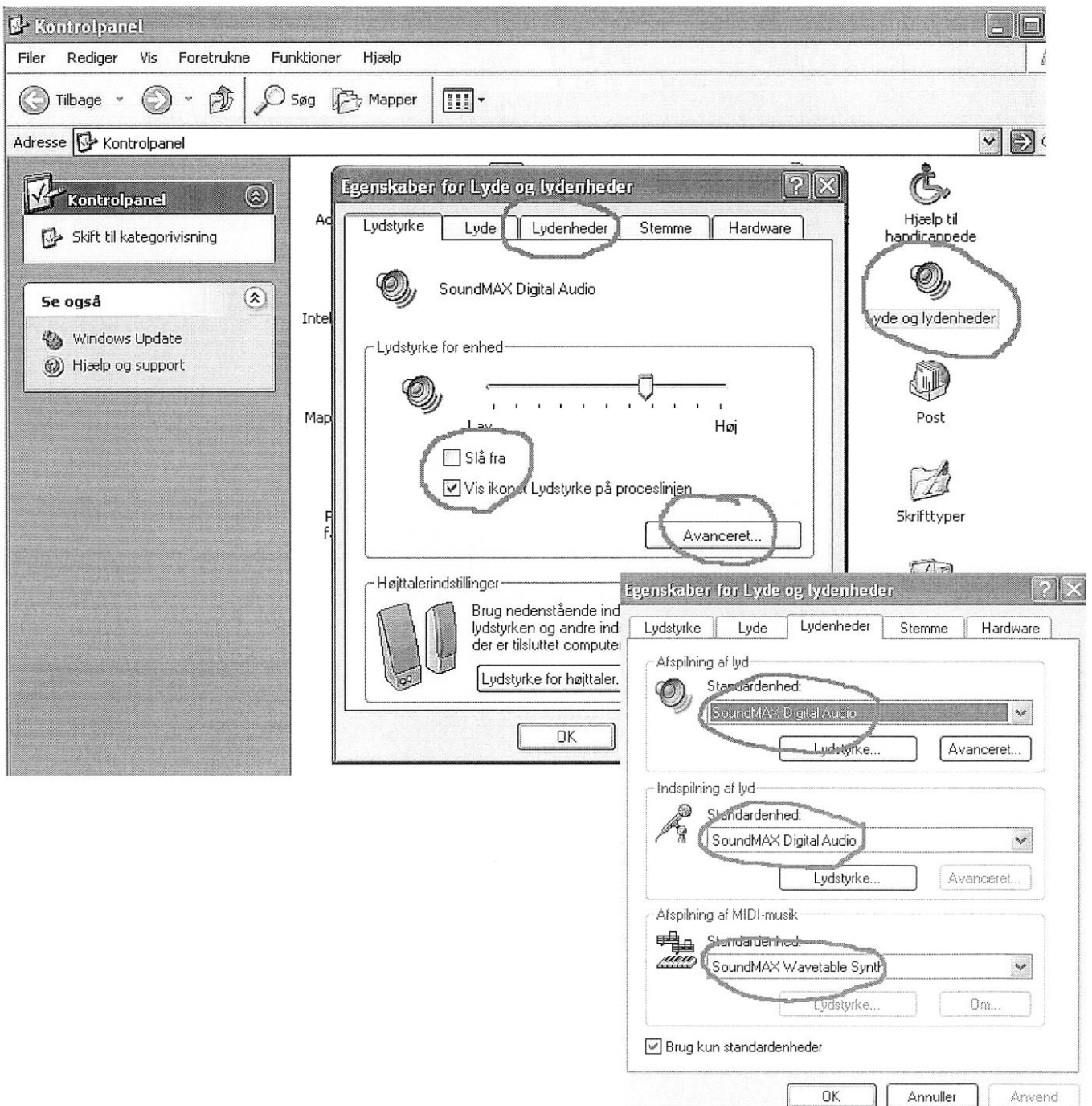
BILAG

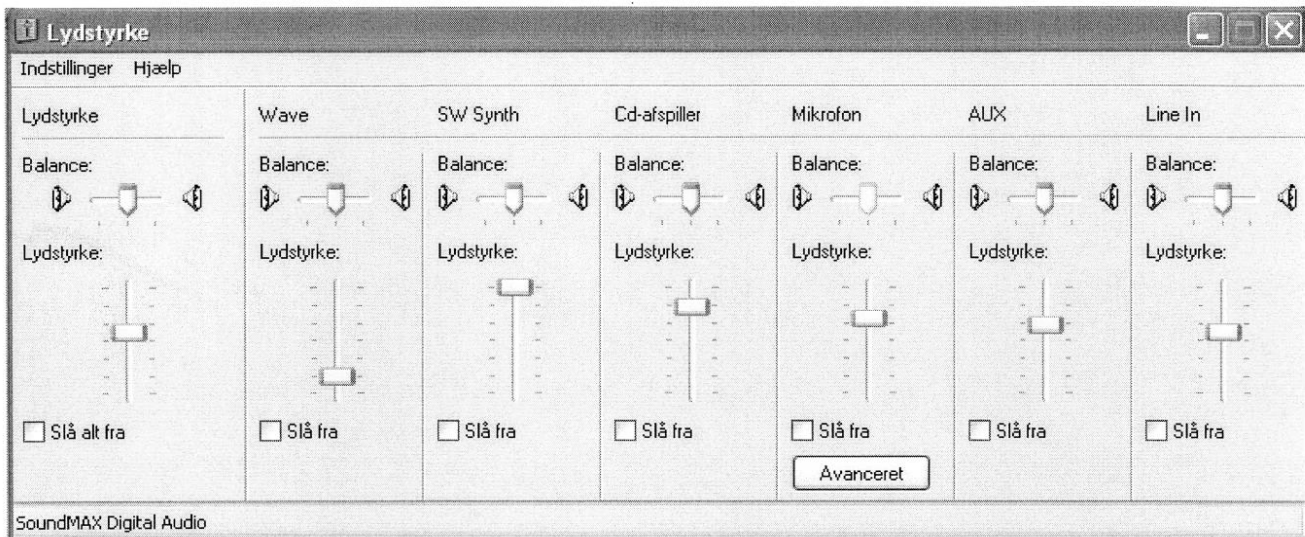
Download:

VisualAnalyser <http://digilander.libero.it/hsoft>
Freeware

SpectraScope <http://www.spectrascope.com/>
Shareware

Indstillinger i Windows:





Bemærkninger i øvrigt:

Øvelsesrækken er planlagt med stigende sværhedsgrad, først lidt musiceren, dernæst nogle praktiske øvelser med apparatur og til sidst de lidt vanskeligere beregninger, som egentlig rækker ind i gymnasiet. Mundingsusikkerheden kan beskrives med $d = k \cdot \sqrt{A}$, hvor A er tværsnitsareal af rør og k er en konstant. For Boomwhackers kan mundingsforskydningen beregnes til $d = 1,5$ cm, hvilket med god tilnærmelse passer for samtlige rør i sættet.

For A-røret med $l = 0,36$ m fås:

$$\frac{1}{2}\lambda = 0,36\text{m} + 0,03\text{m} = 0,39\text{m}$$

$$\lambda = 0,78\text{m}$$

$$343,4 \text{ m/s} = 0,78\text{m} \cdot f$$

$$f = 440,3 \text{ Hz} \approx 440 \text{ Hz}$$

For det lange C-rør med længden $l = 0,627$ m en frekvens på $f = 261,3$ Hz

Til øvelserne er det nyttigt for eleverne at kende den tempererede skalas frekvenser:

Tone	Frekvens (Hz)								
	Oktav	1	2	3	4	5	6	7	8
C		32,72	65,4	130,8	261,6	523,3	785	1308	2616
C#/Db		34,66	69,3	138,6	277,3	554,5	832	1386	2772
D		36,72	73,45	143,9	293,8	587,5	881	1468	2936
D#/Eb		38,91	77,83	155,6	311,3	622,5	933	1556	3112
E		41,23	82,45	164,9	329,8	659,5	989	1648	3296
F		43,65	87,33	174,6	349,3	698,5	1048	1746	3492
F#/Gb		46,25	92,5	185	370	740	1110	1850	3700
G		49	98	196	392	784	1176	1960	3920
G#/Ab		51,91	103,83	207,6	415,3	830,5	1246	2077	4154
A		55	110	220	440	880	1320	2200	4400
A#/B		58,29	116,6	233,1	466,3	932,5	1398	2331	4662
H		61,75	123,5	247	494	988	1482	2469	4938