Rundt om tonen

Rundetaarn
23. februar-
9. marts

Musikkens Mønster

publikumsguide rundt om tonen

Det Springende Punkt

Forord, praktiske noter og anerkendelser

Det er fuldstændig naturligt at have skel mellem sit rationelle, sit følende og sit sansende væsen. Mange viger tilbage eller stritter ligefrem imod, når musikkens matematiske eller strukturelle virkelighed præsenteres.
Til alle, som står ved foden af vort elfenbenstårn og råber, om vi ikke kommer ned, skal lyde et:
"Hey, kom op i tårnet og nyd udsigten, vi kan også lege heroppe!!"

Tekst og illustrationer i dette hæfte er frembragt af Skye Løfvander og udgivet på Det Springende Punkt, Hillerød 2008. Gengivelse af materialet er tilladt med oplysning af kilden. Skye er også ansvarlig for udstillingen Rundt om tonen og har fremstillet rørklokkerne, "stemnings-søjlerne" mm.
Kontakt: 20 97 07 01, skyelof@hotmail.com

I forbindelse med udstillingen udgives også et idehistorisk essay om tonalitet:
Lars Pryn: Harmoni, identitet og længsel.
Tak til Lars for at stille dette fremragende materiale til rådighed! Hæftet på 28 sider kan købes på udstillingen eller ved henvendelse til Det Springende Punkt. Også klassesæt.

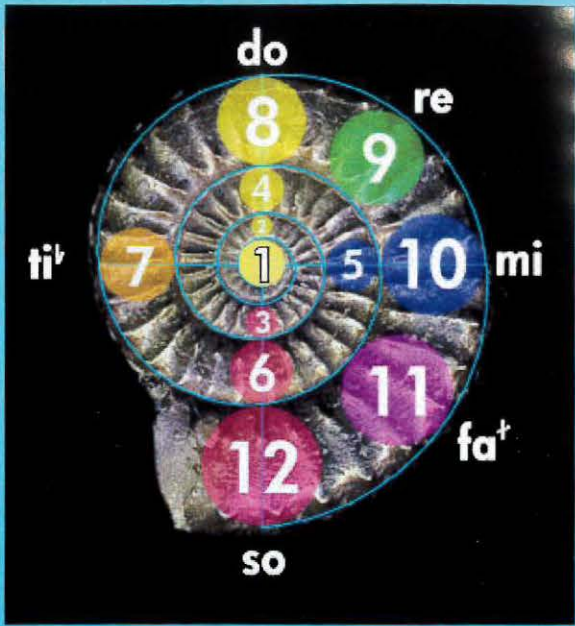
For bærende ideer, hjælp og ping-pong dagligt undervejs skal en særlig tak lyde til Knud Brant Nielsen!!
Tak til Musikhistorisk Museum, til Søren og Frede Schandorf, Peter Henning, Yasar Tas, Åse Bonde, Ernst Rasmussen, Gert Uttenthal og mange flere!
Det er en fornøjelse at opleve, hvordan en så hæderkronet institution som Rundetaarn kan gå åbent, hjælpsomt, fleksibelt og fordomsfrit ind i et projekt med så forholdsvis usædvanlig en baggrund som dette. Stor tak for det!

Udstillingen vil 4.-30. april kunne opleves på Klaverfabrikken, Hillerød, www.klaverfabrikken.dk
Tak også hertil for opbakning og faciliteter.

Aluminium og træ er leveret til fordelagtig pris af Frederiksborg Tømmerhandel, www.stark.dk/frederiksborg

Udstillingens paprør er leveret af CorePack, www.corepack.dk

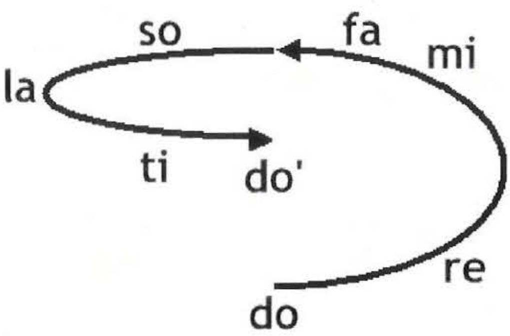
ISBN 978-87-92304-01-8



Indhold:

Udgangspunkt

Musikkens universelle ramme er *oktaven*, frekvens- og længdeforholdet **1:2**.
Hvis man skal gengive den *kvalitative* side af oktavens princip visuelt, må det blive ved hjælp af spiralen:



I sproget ved vi intuitivt, at en gentagelse *"på en højere omdrejning af spiralen"* og *"i en højere oktav"* betyder det samme:
En gentagelse af samme kvalitet på et nyt niveau.

Rundetaarns Sneglegang snor sig i det lys gennem syv "oktaver" svarende til et koncertflygels omfang. I de syv vindinger viser vi ved hjælp af rørklokker musikkens grundstruktur, så alle kan få et ligefremt, sanseligt forhold til den, både for øjne og ører!

Sneglegangens klokker er fremstillet af almindelige eloxerede aluminiums-profilrør, de fleste med en diameter på hhv. 25 mm (nr.3-7), 16 mm (nr.8- 31) og 11 mm (nr. 32-128). Rørene er skåret i musikalske længder med en rørskærer og finstemt vha. en vinkelsliber.
Aluminium er billigt og har glimrende klangegenskaber: tonerne er rene, klare, bløde og vedholdende. De klinger imidlertid ikke særligt gennemtrængende i en Sneglegang som oftest genlyder af stemmer.
For optimal lyd skal røret anslås på midten af længden, men lidt skråt for.
... Læg øret til og lyt!

Frekvensanalysen af tonerne er foretaget med et fascinerende stykke japansk freeware, *Syaku8*. En tone varierer meget med tid og anslagsstyrke. Afhængigt af sammenhæng tolereres her en afvigelse på op til ca. 3 cent, en tredivtedel halvtone.

Længste klokke, 32 Hz, er X,X m lang, korteste klokke, 4.096 Hz er 11,5 cm.

Elementer rundt om tonen:

- Sneglegangsklokker
- Para-so-la-do, det tonale felt i et telt
- Tetraktys' toner
- Skabelsens 84 oktaver
- Helios' ekscitationer
- Ekscitationsklaver
- Chronomatik
- Antikke bøger fra Musikhistorisk Museum
- Mellemøstlige strengeinstrumenter
- Bog- og cd-hjørne
- "Spiralorgel"
- "Nedløbsorgel"
- 30 syngende aluskåle
- Tonalitet i billedkunst
- Pianostemninger

... og instrumenter, workshops, foredrag, rundvisninger og instrumentværksted: byg selv en fløjte eller klokkespil!

Lyt til - og eksperimenter selv med - følgende tonesystemer i den tonale paprørssøjlegang:

Ligesvævende stemning	(13 klokker)
Middeltonestemning	(13 klokker)
Ren stemning	(13 klokker)
Pythagoræisk	(13 klokker)
Pentaton	(6 klokker)
22 shrutis	(23 klokker)
Balinesisk pelog	(8 klokker)
Harry Partch' 43-deling	(44 klokker)
53-delt, kvintgenereret	(54 klokker)
12 kvinter	(13 klokker)

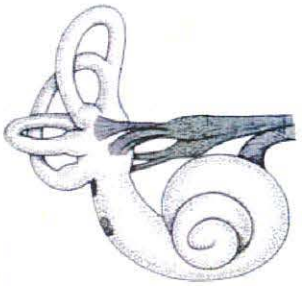
Koncertrækken Stemning i tårnet

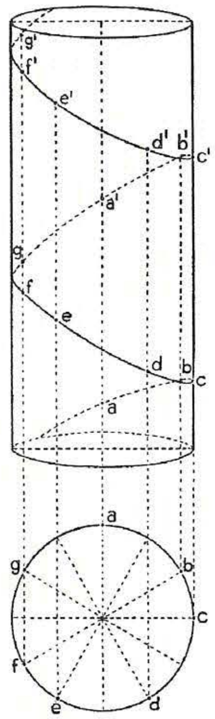
3.- 9. marts, alle dage 20.00

3. marts: Pentaton aften. Anders Nordin, kyotaku. Foredrag v/ Michael Schilling
4. marts: Middeltonestemning.
Oliver Hirsh, kammerorgel
5. marts: Balinesisk slendro og pelog. Gabriella Maria Medici & I Made Swisnaya
6. marts: Overtoner, mellemøst & understrømme. Gösta Petersen og Yasar Tas.
7. marts: Das wohltemperierte Klavier. Elisabeth Westenholz, piano.
Foredrag v/ Lars Pryn
8. marts: 22 shrutis, indiske mikrotoner. Ashish Sankrityayan, vokal
9. marts: Per Nørgårds rene stemning. LINensemble & Per Nørgård

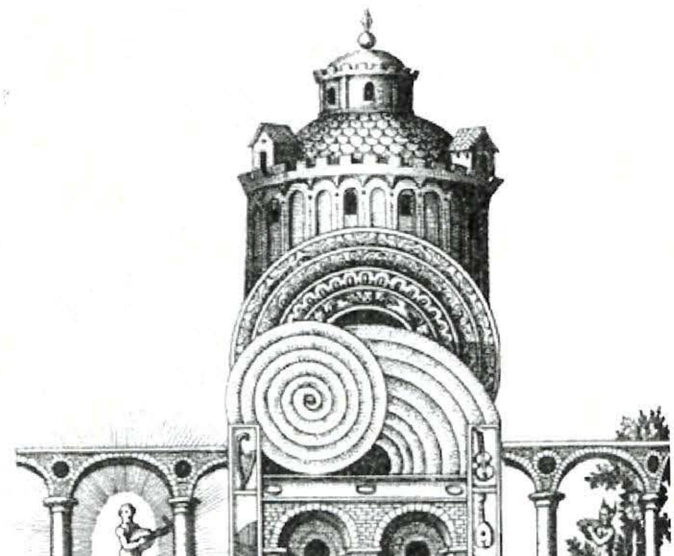
Spiraler og musik

Det indre øre er bygget op om sneglen, en spiral, så det er ikke så sært, at vi associerer lyd med spiralformen. Ved siden af ses den ungarske musikpsykolog Geza Révész' (1878-1955) oplagte beskrivelse af musikkens oktav som en spiral, hvor kvaliteter gentages på "højere omdrejninger"/ i højere oktaver:





Rundetaarns grundsten blev nedlagt i 1637, dødsåret for den engelske læge Robert Fludd (født 1574). Nedenfor og på forsiden er hans bud på Musikkens tempel, graveret af Matthæus Merian (1593-1650).



"Betragt med omhu spiralsnoningerne i tårnet; de betegner luftens bevægelse, når denne berøres af lyden eller stemmen." Robert Fludd

Apollon anslår til venstre lut - i myten en lyre - mens Marsyas til højre spiller panfløjte i myten en aulos. De repræsenterer kosmisk orden og harmoni overfor sansernes og drifternes kaos... to slags musik! Læs mere om denne historie bagest i dette hæfte.

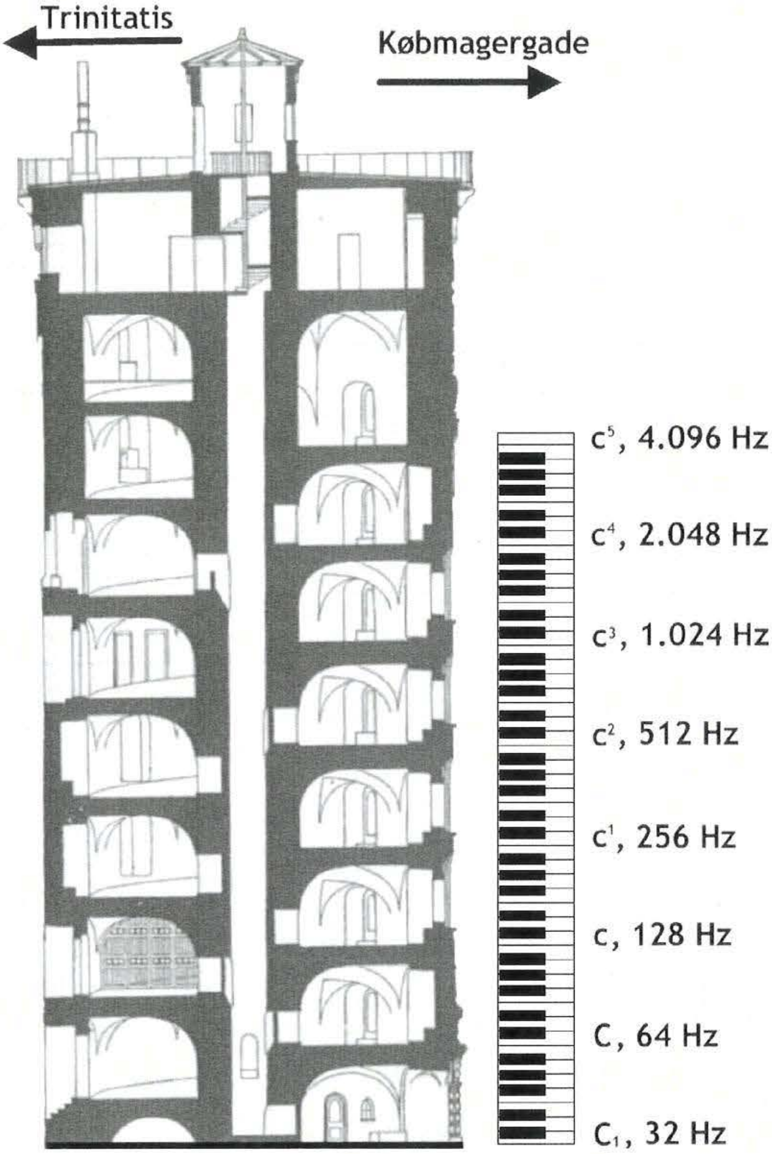
På siderne, der ligger i mellem dig og den, vil du kunne finde mindst 17 synlige spiraler. Der vil også være en mængde tal, og du vil måske nok løbe sur i teksten, hvis du tror, vi forventer, at du forstår alting i første omgang. DET GØR VI IKKE! Og vi håber, du kan finde en måde at læse, bladre, springe over og prøve af, som kan give fornøjelse. Det skal erkendes, at meget af stoffet kan virke vanskeligt, når man ikke er vant til at tænke i disse baner. Til gengæld er vi også overbeviste om, at det er nødvendigt at præsentere nogle sammenhænge mellem områder, som de fleste instinktivt skiller ad, nemlig det som kommer sjælen ved og det som har med tal og det rationelle at gøre. Men hele pointen med musik er, at den samler disse virkeligheder og at det har været basis for kultur igennem tusinder af år.

Vi lever i en tid hvor vi bliver pakket ind i teknik, hvor den sanselige dimension udpines og hvor tallene er blevet sjælforladte størrelser, hvor musikkens spil med proportioner gennem materialer, tid og rum synes truet. Det er ikke matematikkens skyld, det den døde matematiks skyld!

Vi har i hundrede år som kultur levet med en måde at bøje musikken, som giver køb på dens mest basale harmoniske funktioner, vi er ved at glemme et rigt sprog, musikalsk og matematisk. Matematikken behøver ikke at blive redskab til fremmedgørelse, men det kræver, at man giver den nødvendig tid og plads. Det, som præsenteres her, kræver ikke højniveau, men det er en ærlig sag at have glemt færdigheder og hvad dette sprog egentlig gik ud på.

Sammen med musikken og et frit legende og eksperimenterende sind kan en fornyet interesse forhåbentligt med tiden kaste meget frugtbart af sig. God fornøjelse!

Hvid-sort-hvid-sort-hvid-hvid-...



Listerne i rammens bærende konstruktion (trælister *uden* klokker) er ordnede som tangenterne på et piano. Da Sneglegangen går venstre om sin akse, bliver mønstret dog spejlvendt i forhold til et klaviatur.

De 128 rørklokker svarer til 7 oktaver af naturtonerækken fra **C_1**, 32 Hz (klokken som hænger fra loftet ved indgangen).
De syv vindinger danner ramme om hhv. 1, 2, 4, 8, 16, 32 og 64 klokker. Hertil kommer prikken over i'et, det meget høje **c^5** helt oppe ved toppen (to oktaver over Det Høje c, som er stemmens øverste grænse for sopraner).
Hver gang Sneglegangen når tilbage til udgangspunktet, ud for Købmagergade, er vi steget en oktav.

NB! Klokkerne er stemt som naturtoner, <u>ikke</u> iht. de tempererede svingningstal.

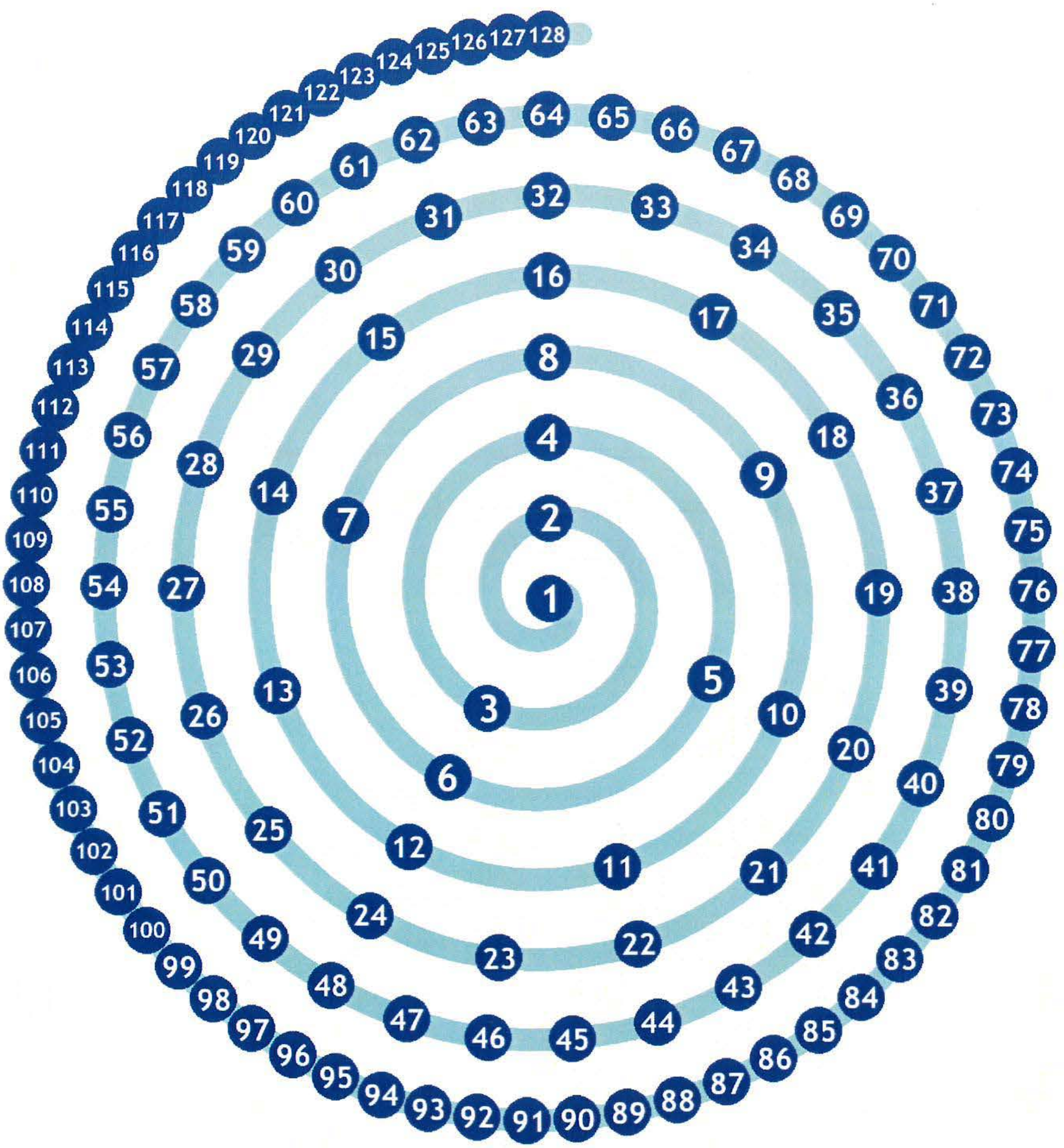
Tonespiralens oktaver omfatter klokkerne:

nr.	navn		svingningstal
1	C_1	store C_1	32 Hz
2	C	store C	64 Hz
4	c	lille c	128 Hz
8	c^1	enstreget	256 Hz
16	c^2	tostreget c	512 Hz
32	c^3	trestreget c	1.024 Hz
64	c^4	firstreget c	2.048 Hz
128	c^5	femstreget c	4.096 Hz

I musikkens strenge og luftsøjler er en oktav pr. definition længdeforholdet **1:2**,
den halve længde giver dobbelt frekvens.

Her svarer oktaven imidlertid for rørklokkernes tredimensionale klanglegemer til længdeforholdet **$1:\sqrt{2}$**, hvor **$\sqrt{2}$**= 1,4142.
Det vil sige, at klokke nr. **1** er 1,4142 gange længere end nr. **2** og så fremdeles.
$\sqrt{2}$ kan også skrives **$2^{1/2}$**.

Oktavspiralen



Oktavspiral over syv vindinger. Fordobling hhv. halvering svarer til oktaven.
*Tårnets indgang svarer til **1**, toppen af Sneglegangen til **128***

Oktaven er et grundprincip som matematisk kommer til udtryk i proportionen **1:2** (et til to). Foruden i musikken, møder vi den i et væld af fundamentale strukturer i skabelsen: Øjet kan se én oktav farver, den befrugtede celle deler sig i henhold til oktavprincippet: **1-2-4-8-16-32-...**

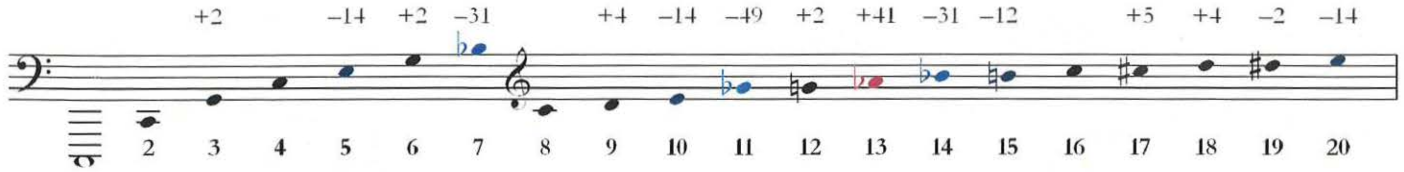
Navnet oktav - som betyder *ottende* - er reelt et meget begrænsende udtryk for dette universelle princip. Det henviser til funktionen som ottende led i de kulturelt betingede heptatone skalaer.

Oktavspiralens værdier kan tolkes som svingningstal: Hvis tonen **1= do**, vil **2- 4- 8-...** være dens højere oktaver.

Tilsvarende er rækken **3- 6- 12- 24-...** stigende oktaver af den rene kvint, **so**, og **5- 10- 20- 40-...** stigende oktaver af den rene store terts, **mi....**

De enkelte toners absolutte frekvens i Hz (hertz) fås ved at multiplicere ovennævnte faktorer med den *valgte* grundtones frekvens, 32 Hz. Vi kunne have valgt en anden tone som udgangspunkt, nr. **1**.

Tæl med toner



1 grundtone
2 primfaktor, oktav af grundtone
3 primfaktor, ren kvint
4 sammensat, 2^2, oktav af grundtone
5 primfaktor, ren stor terts
6 sammensat, **2x3**, oktav af ren kvint
7 primfaktor, natur-septim
8 sammensat, 2^3, oktav af grundtone
9 sammensat, 3^2, kvintens kvint, **8:9** = stor heltone
10 sammensat, **2x5**, oktav af ren stor terts. **9:10** = lille heltone.
11 primfaktor, naturversion (lav) af forstørret kvart/ formindsket kvint
12 sammensat, 2^2**x3**, oktav af ren kvint
13 primfaktor, lille sekst (i høj version)
14 sammensat, **2x7**, oktav af **7**
15 sammensat, **3x5**, kvint + stor terts = stor septim. **15:16** = stor halvtone
16 sammensat, 2^4, oktav af grundtone
17 primfaktor, lille sekund, mediant mellem prim (**16**) og stor sekund (**18**)
18 sammensat, **2x**3^2, oktav af **9**
19 primfaktor, mediant mellem stor sekund (**18**) og ren stor terts (**20**)
20 sammensat, 2^2**x5**, oktav af **5**
21 sammensat, **3x7**, ren kvint + naturseptim = kvart (lav)
22 sammensat, **2x11** oktav af **11**
23 primfaktor, (høj version af) forstørret kvart/ formindsket kvint
24 sammensat, 2^3**x3**, oktav af **3**, kvint
25 sammensat, 5^2, ren stor terts + ren stor terts = lille sekst. **24:25** = lille halvtone
26 sammensat, **2x13**, oktav af **13**
27 sammensat, 3^3, kvintens kvint + kvint, dvs. stor sekund + kvint = stor sekst
28 sammensat, 2^2**x7**, oktav af **7**
29 primfaktor, lille septim
30 sammensat, oktav af **15**, stor septim
31 primfaktor, mellem stor septim, kvarttone under grundtone
32 sammensat 2^5, oktav af grundtone

nteressante mikro-intervaller:
5:36 Tilnærmet ligesvævende kvarttone
3:74 Tilnærmet pythagoræisk komma (s.22)
0:81 Syntonisk komma (s.13, 16 & 27)
25:128 Diesis (s.28)

Oktavernes Skabelsesberetning:

Første oktav, 1:2
Oktaven, alle intervallers moder, musikkens grundlæggende princip og ramme.

Anden oktav, 2:3:4
De komplementære intervaller kvint, **2:3**, og kvart, **3:4**, er musikkens grundfunktioner. Tonika, dominant og subdominant bygger på grundtone, kvint og kvart.

Tredje oktav, 4:5:6:7:8
Akkorder og harmonier, skridt i terts-størrelse. **4:5**= stor terts, **5:6**= lille terts, så **4:5:6** svarer til en ren dur-treklang.
Sekvensen **4:5:6:7** danner en septimakkord. Syvende trin i rækken er specielt, klinger lavere end den ligesvævende lille septim. Vi kalder **6:7** for en *septimal terts* og **7:8** for en *septimal sekund*, hhv. mindre end en lille terts og større end en stor sekund.

Fjerde oktav, 8:9:10:11:12:13:14:15:16
Skala-oplevelse, de afstande vores tonerækker normalt bygges op af, heltoner og halvtoner. **8:9:10** er **do-re-mi.** Med **15:16** når vi halvtone-området. **10:12:15** er proportionen for en ren mol-treklang.

Femte oktav, 16:17:18:...:32
Med spiralens femte omdrejning er vi nede i mikrotonale afstande: halvtoner samt - længere oppe i rækken - såkaldte kvarttoner. Sekvensen **16:17:18** deler heltonen **8:9** (**=16:18**) op i to halvtonetrin: **16:17** og **17:18**, hvor sidstnævnte er en tilnærmelse til den ligesvævende halvtone.

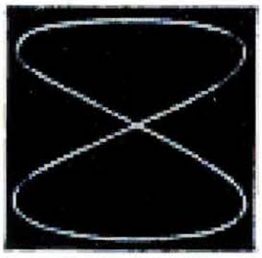
Sjette oktav, 32:...:64
Endelig, med den sjette omdrejning, nærmer vi os den almindelige grænse for skelnelige intervaller. De fleste vil let kunne høre forskel på nabotrin i den nedre del, men efterhånden begynder det hele så småt at flyde sammen.

Syvende oktav, 64:...:128
Så på den syvende dag må vi hvile ørerne eller opøve en finere lyttesans!

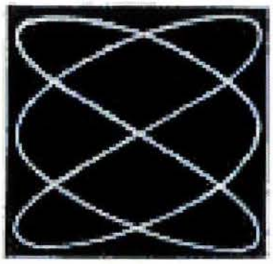
De rene intervaller

.. er forhold mellem to frekvenser, der kan beskrives vha. hele tal. De kan findes i Sneglegangen ved at anslå klokkerne med angivne numre eller tilsvarende proportioner (2:3 findes jo eksempelvis også som **4:6**; **6:9**; **8:12** osv.).
Her vises intervallerne sammen med de tilhørende Lissajous-figurer, som i to dimensioner anskueliggør, hvordan to bølgefrekvenser mødes og fletter sig ind i hinanden.
Jo højere op vi kommer i rækken, des mere komplekst bliver forholdet mellem de to, svarende til begreberne konsonans (simpelt forhold: oktav, kvint, kvart, terts) og dissonans (komplekst forhold: sekund, septim, tritonus).
Lissajous-mønstret svarer til, at de to toner spilles samtidigt.
Herudover er der angivet eksempler på en række danske sange, hvor intervallet udgør det første toneskridt... det er jo sangens år!

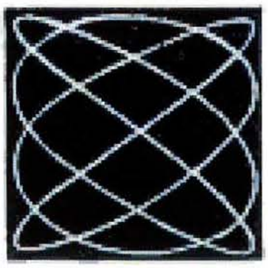
Oktav: **1:2**
Må-ne (-manden hænger sin snor)



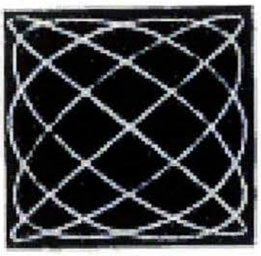
Ren kvint: **2:3**
Der er (... et yndigt land)



Ren kvart: **3:4**
Et barn (... er født i Betlehem)



Stor terts: **4:5**
I- i (... skovens dybe, stille ro)



Lille terts: **5:6**
Nu er (... dagen fuld af sang)

Stor sekst: **3:5**
Den danske (... sang er en ung blond pige)

De mere komplekse intervaller er på nær heltonen sjældne som første toneskridt i melodier:

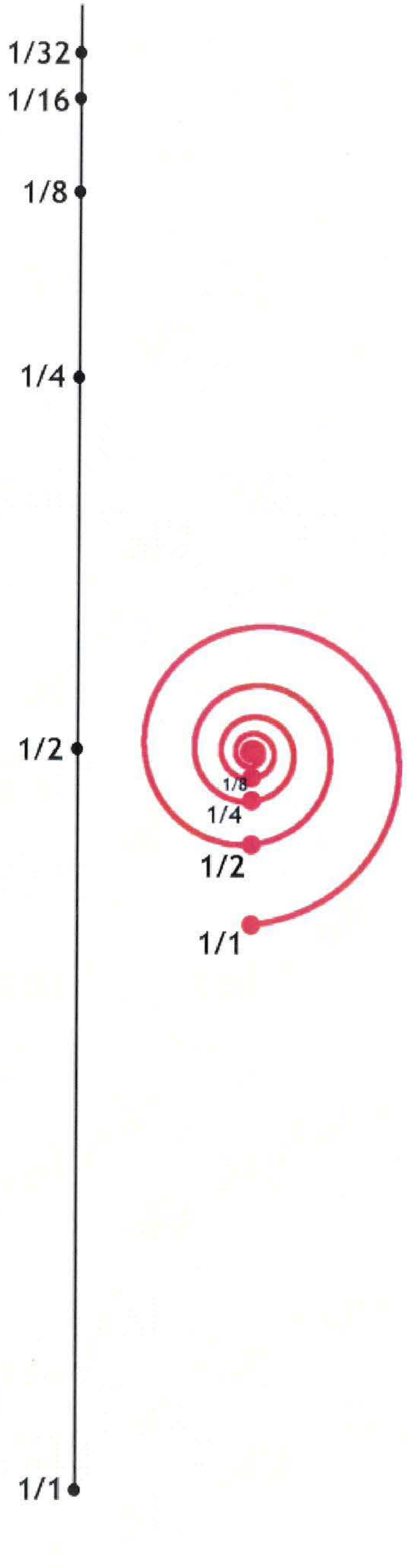
Lille sekst: **5:8**
Stor heltone: **8:9** Mes-ter (... Jakob)
Lille heltone **9:10**
Lille septim: **5:9**
Lille septim: **9:16**
Stor halvtone: **15:16** Jeg ved (... en dejlig rose)
Lille halvtone: **24:25**
Stor septim: **8:15**
Tritonus: **18:25**
Tritonus: **32:45**

Eksempler på sekvensen 4:5:6, do-mi-so:

I skovens dybe stille ro; Det haver så nyligen regnet; Du danske sommer, jeg elsker dig;
Giv mig Gud en salmetunge; Kom maj du søde milde

... det er naturligvis en fordel at kunne identificere og synge intervallet "som det er" uden at skulle hænge det op på en melodi, men det kan være en støtte i begyndelsen.

Den "rigtige" oktavspiral



Logaritmiske spiraler finder man overalt i naturen. Her vises det helt enkle skabelsesprincip, som også har et musikalsk udtryk.
Den lodrette akse længst til venstre kan udlægges som en svingende streng på eksempelvis en guitar.

"Guitaarn"

Ved med fingerspidserne at trykke strengen mod guitarhalsens bånd kan man lave successive halveringer af den svingende del af strengen.

Længderne **1/1- 1/2- 1/4- 1/8-...** giver en række tonale oktaver:
Do- do^1- do^2-do^3-...

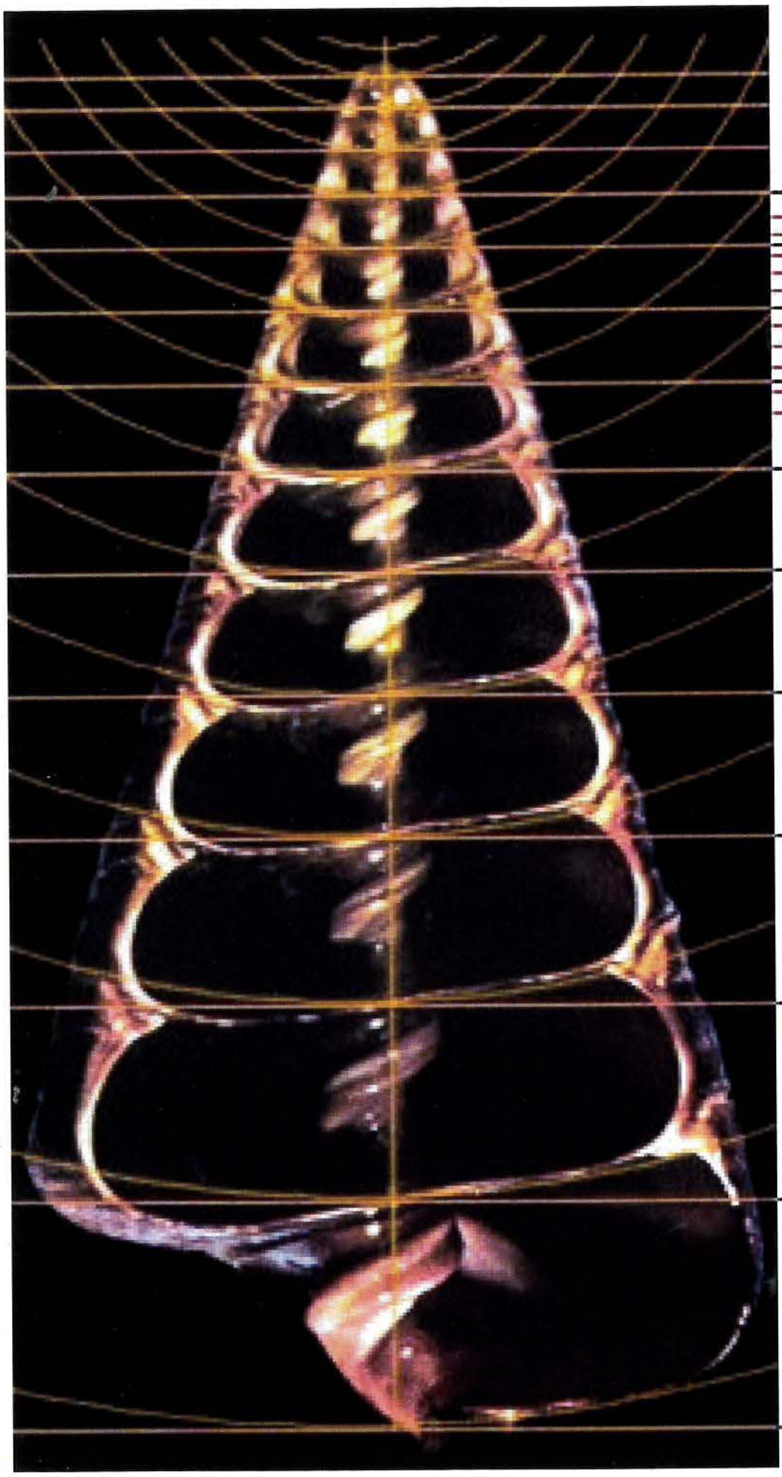
Man kan rulle strengen op som en spiral, hvor oktav-knudepunkterne ligger på linie. Dette vil være en særlig logaritmisk spiral.
Bemærk, at spiralen her korrekt går udefra og ind i modsætning til de tidligere viste, som af pladshensyn er blevet vendt på vrangen. Bemærk også, at vi ikke får meget musik ud af oktaver alene.
Den ligesvævende temperatur, som er vor tids fremherskende tonesystem, bygger på en logaritmisk deling af oktaven.

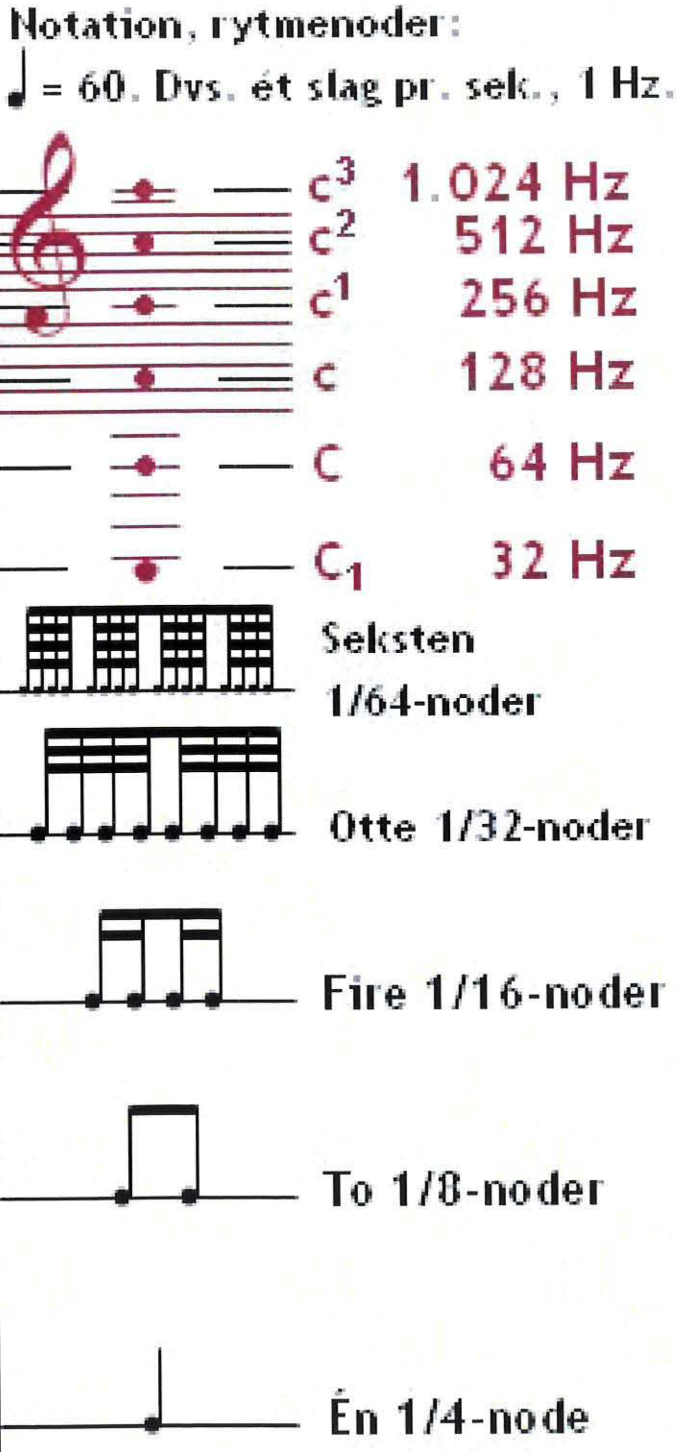
De logaritmiske spiraler kom for alvor ind i matematikkens verden med schweizeren Jacob Bernoulli (1654-1705).

Fra rytme til tone

Oktaven er holdepunktet i rejsen gennem vibrationernes verden.
Din hvilepuls ligger omkring 60 slag pr. minut eller sagt i svingningssprog: 1 Hertz.
Pulsen under anstrengelse er omtrent det dobbelte (moders hjerteslag er også oktavafstemt med fosterets).

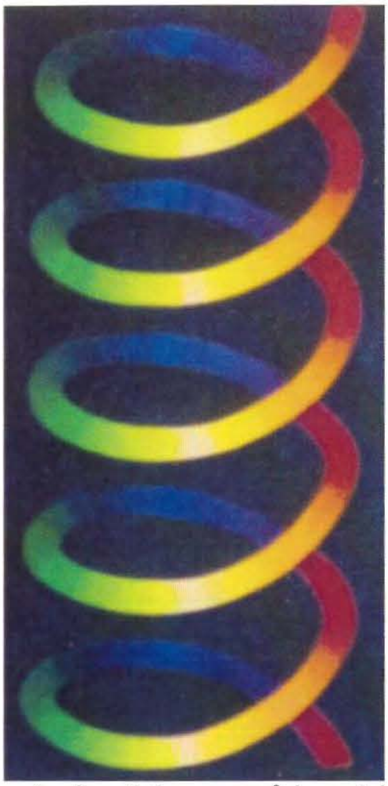
Dette rytmeområde svarer godt til musikkens grundrytmer fra *largo* via *andante* til *presto*. Hvis vi fortsætter med at fordoble, går vi til stadigt hurtigere rytmer, indtil oplevelsen omkring 16 Hz (960 slag pr. minut) ændrer karakter og fører os videre til tonen.



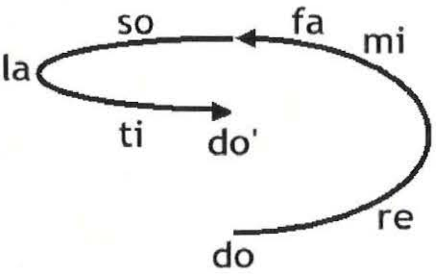


Rytmiske Tempi, slag pr. minut, angivelserne er *ikke* absolutter, men pejlemærker. Værdierne kan variere og overlappe: Largo: 46; Adagio: 52; Lento: 56; Andante: 66; Moderato: 88; Allegretto: 108; Allegro: 132; Vivace: 160; Presto: 180

Spiralspektrum



Se spiralen i farver på bagsiden!



Som nævnt spænder et farvespektrum fra rød til violet over en frekvensfordobling, **1:2**, altså en oktav.
Man skal dog holde tungen lige i munden, hvis man vil undersøge "hvilken tone som svarer til hvilken farve" ved at sammenholde tonefrekvenser med farvefrekvenser, for der er på trods af fundamentale ligheder også store forskelle.

Ligheder:

- Både farve og tone kan fortolkes som bølgefrekvenser

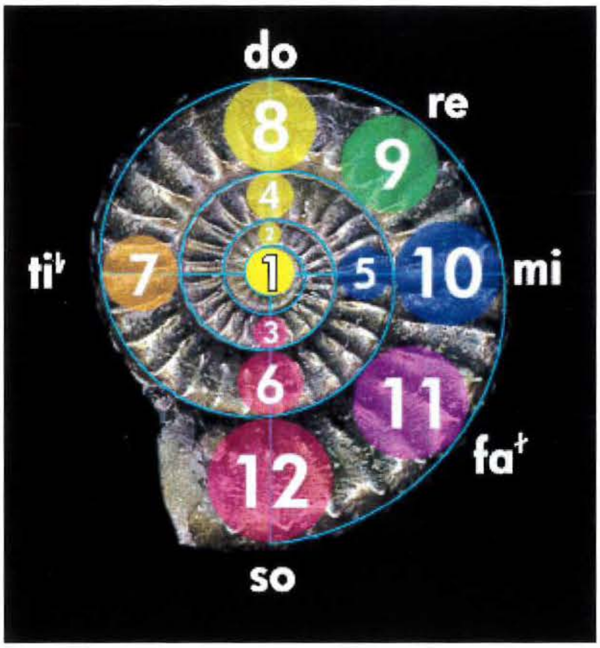
- Oktaven er et grundprincip i begge verdener

Forskelle:

- Mennesket kan høre 10-11 oktaver, men kun se én. Det får stor betydning for, hvordan de to verdener strukturerer sig, bl.a. kvintens rolle, proportionen **2:3**, i musikken

- Afstanden mellem de to verdener udgør 42 oktaver, hvilket lyder beskedent, men er en kolossal afstand. Regn selv tallet 2^{42} ud!
Hele skabelsen kommer til udtryk indenfor sølle 84 oktaver, fra Big Bang til subatomare fænomener!!
Selvom oktaven er et universelt holdepunkt, findes der altså alligevel et "perspektiv-princip", når man beskæftiger sig med store vibrationsforskelle.

- De bølger, som hhv. lyd og farver kommer til udtryk igennem, er fundamentalt forskellig, hhv. såkaldt transversale og longitudinale.



Spiralen er en meget gammel struktur i klodens skabelseshistorie. Her ses en ammonit, som har fået indlagt farver og toner i sin spiralopbygning. Det skal i høj grad forstås "poetisk"!!
Se den musikalske snegl i farver på omslagets inderside.

Farverne er primært tredelte i deres grundstruktur, idet grundfarverne for pigmentblanding (f.eks. printerblæk) og lysblanding (f.eks. tv) er *magenta- gul- cyan* henholdsvis *rød- grøn- violet.*
Sekundært hhv. tertiært er farvespektret 6- og 12-delt.
Det synes rimeligt - hvis man overhovedet skal drage paralleller til en primær struktur i tonernes verden - at se på naturtonerækkens **3-6** subsidiært **6-12** og **12-24**.
Rød bliver altså kvinten, **so!**

Kvalitet og kvantitet

Tonesproget er en primær oplevelse, der taler direkte til krop og følelser. I den forstand kan man sige, at toner udtrykker sig gennem deres kvalitet.
Men i tonernes verden er kvantitet og kvalitet to sider af samme sag: De primære erfaringer, som ligger til grund for oplevelsen af eksempelvis oktav, kvint, stor terts knytter sig i kraft af naturtonerækken - som i Sneglegangen - til tallene **2, 3** og **5**.
Tallene kommer på banen, fordi eksempelvis *tredelingen* af en streng eller en luftsøjle fremkalder kvinten, i naturtonerækken handler det om en *tredobling* af frekvensen.
Der er altså et reciprokt forhold mellem længde og frekvens, mellem rum og tid kunne man også sige.

Tonen fletter tid og rum sammen!!

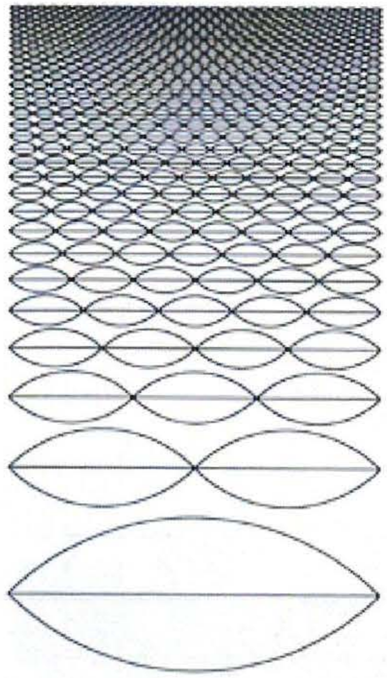
Proportioner er forhold mellem størrelser. Når vi beskæftiger os med naturtonerækken, er det forhold mellem hele tal, som altså refererer til længder og frekvenser.
Proportionslæren som knytter musik-oplevelsen sammen med matematikken ligger helt inde ved kernen af vores kultur bl.a. i kraft af følgende tretrinsraket:

- Grækenlands oldtid, Pythagoras og Platon
- Den Karolingske renæssance via Boetius
- Det videnskabelige gennembrud med Johannes Kepler

Naturtonerækken er en særlig sekvens af toner, som naturen så at sige selv spiller på, f.eks. når vinden synger.
Forestil dig en fløjte uden huller, altså i princippet blot et rør med et mundstykke. Du kan godt få flere toner frem ved at variere blæsestyrken og fokusere luftstrømmens retning (overblæsning).

Ved flere gange at overblæse et rør kommer lysere toner frem, som svinger hhv. **2, 3, 4,...** osv. gange så hurtigt, som den dybeste tone. Naturtonerækken er med andre ord en række toner hvis frekvens- og længde forhold kan udtrykkes med hele tal.

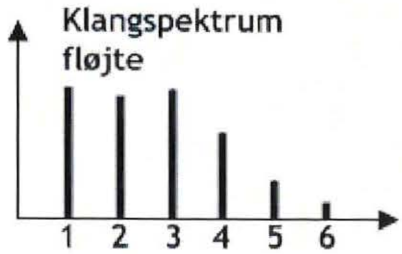
Naturtonerækkens trin er identiske med overtonerækkens:
1:2 er oktav, **2:3** er ren kvint, **3:4** er ren kvart osv.



Stemmen er fuld af overtoner, som fremhæves på forskellig måde, bl.a. ved udtale af forskellige vokallyde. Vi kan skelne forskellige stemmer og forskellige instrumenter fra hinanden fordi de har forskellig klang/ sammensætning af overtoner, f.eks.:

Klarinet: Markante ulige faktorer, rækkens nr. 3, 5, 7 osv.
Trompet: Fyldig med mange kraftige faktorer, hinsides nr. 20.
Tværfløjte: Simpel med få markante faktorer i den lave ende.

Klang betyder, at en tone ikke blot er en bølge, men en hel pakke, som indeholder forskellige musikalske funktioner i varierende sammensætning.



Fourier-analysen viser, hvilke elementer fra overtonerække som præger klangen

Når vi går fra Sneglegangen til Bibliotekssalen, bevæger vi os fra naturtonerækken ind i de forskellige *kulturelt* betingede tone*systemer*.

Naturens og kulturens toner

Det er naturtonernes relationer, som kan studeres i Sneglegangen. Frekvensforholdet mellem eksempelvis klokke nr. **4** og nr. **5** er ganske enkelt **4:5** (fire til fem), i dette tilfælde 128 Hz:160 Hz. Da alle elementerne her udspringer fra en valgt nr. 1= 32 Hz, er frekvenstallet fremkommet ved at gange med denne faktor. Vi kunne naturligvis have valgt en anden tone som udgangspunkt.
4:5 er den rene store terts, fra **do** til **mi.**

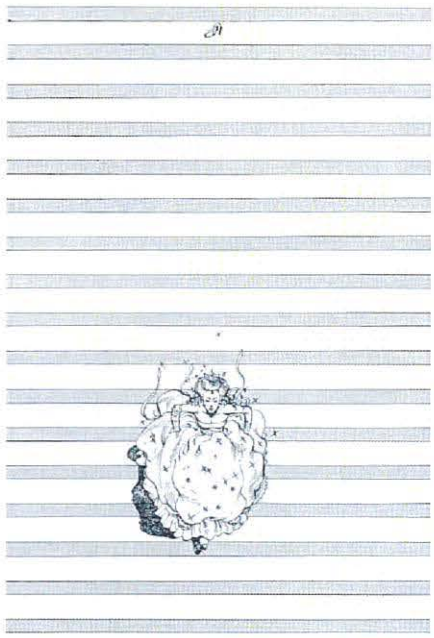
I virkeligheden er alle toner i kraft af deres klang funderet i naturtonerækken. Det er her vigtigt at holde tungen lige i munden, når det gælder benævnelser: En *kvint* betyder "femte" (trin i en kulturelt betinget skala), men kvinten opstår i naturen ud fra en *tre*-deling af længden, eksempelvis en streng eller et rør. Tilsvarende betyder *terts* i kulturel forstand "den tredje", men dens dybere rod er en *fem*-deling.

Kulturens toner kommer på tale i det øjeblik vi foretager et udvalg af toner, som sættes i rammer inden for et system. Sådanne systemer kan meget langt hen ad vejen beskrives matematisk som et spil med kvotienter. Her bevæger vi os fra Sneglegangens naturtonerække ind i Bibliotekssalens kulturelt betingede stemningsuniverser.

En række af fem rene kvinter, som hver har kvotienten **2:3**, bliver til det, vi kender som en pentaton skala.
Det på samme tid fascinerende og kreperlige er imidlertid, at musikkens rene funktioner fra naturtonerækken taler hårfint forbi hinanden, når man arrangerer dem inden for et system.

Den pentatone skalas store terts, **mi**, er således ikke helt ren. Den pentatone terts fremkommer ved fire rene kvintskridt:
Do- so- re'- la'- mi"
med de relative frekvensværdier
1- 3/2- $(3/2)^2$- $(3/2)^3$- $(3/2)^4$
som siden ved oktavering ordnes inden for oktaven **1:2**. Rækkens femte tone, **mi**, har værdien **$(3/2)^4$ = 81/16.** Men den *rene* store (natur-) terts fremkommer ved femdeling af f.eks. en fløjtes eller en strengs længde.
Og **5** = **80/16**, ikke **81/16!**

Sagt med andre ord:
Når man skaber et tonesystem, må man hakke en hæl eller klippe en tå!
Det er dette eventyr, vi forsøger at åbne rundt om tonen... Husk at bestille guldkaret til hjemturen!



Kort stemningshistorisk oversigt:

7.000 f.kr.:
- Tranevingebensfløjter fra Kina med tydelig oktav, en af dem (M341:2) perfekt pentaton.

3.000-2.000 år f.kr.:
- Sumerernes og babyloniernes heksagesimale (60-tals-) system indbefattede rimeligvis musikken, som således var en form for ren stemning, **[2-3-5]**-system.

1.500 f.kr.:
- Kineserne anvender den 12-delte (og 53-delte) oktav. Stor forståelse for principperne bag kvintgenerering, **[2-3]**-system.

1.000 f.kr. - 0:
- Grækernes tonesystem, kvintgenerering, Pythagoræisk Stemning **[2-3]**. Denne stemning præger Europa op til 1500-tallet.

Omkring 1500:
- Teoridannelse for Ren Stemning **[2-3-5]**

Renæssancen:
- Middeltonestemning, ren terts, **[2-5]**

Barok:
Tempererede systemer i forskellige udformninger vinder langsomt indpas.

Omkring 1900:
Den logaritmisk ligedelte oktav bliver nærmest enerådende. [$2^{x/12}$]-system.

Flageolettoner

.. er de spinkle, lyse toner, man blandt ındet kan høre, når guitarister stemmer leres instrument. Flageoletterne er elementer fra overtonerækken/ ıaturtonerækken, som man kan finde ved de ıeltallige længdedelinger af strengen: /2, **1/3, 1/4, 1/5,..** som er overtonerækkens længder, men også ved eksempelvis **2/5** og **4/7** af længden.

Flageoletten fremkommer ved, i stedet for at trykke strengen hårdt ned mod det ınderliggende bånd, blot at røre forsigtigt med en fingerspids ved det eksakte punkt og lerpå anslå strengen med den anden hånd.

Det interessante er, at den spæde "pling"-tone, som kan høres, vil være den samme, ıanset om man på denne måde anslår strengens korte eller lange del, f.eks. **2/5** eller **3/5**. Hele strengen indgår i det tilfælde en svingningstilstand, som svarer til nævnerens korte længde, **1/5**, og til tonen **mi"**, to oktaver + en stor terts over den tone, som svarer til hele strengens længde.

Prøv selv at finde flageoletter på monochordens 60 centimeter lange frie streng, det kræver blot lidt fingerspidsfornemmelse:

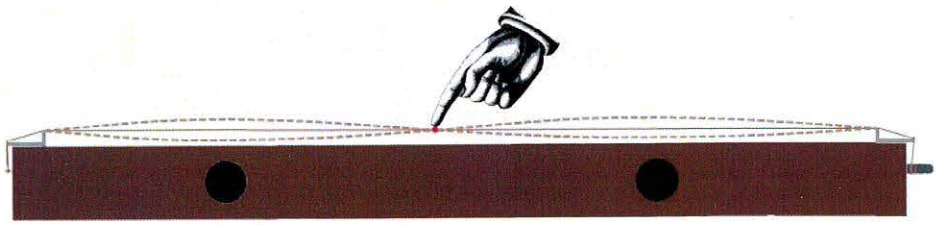
Proportion	Længde	Tone	Navn
1/2	30 cm	oktav	**do'**
1/3	20 cm	ren kvint	**so'**
(samme tone ved **2/3** længde= 40 cm)			
1/4	15 cm	oktav	**do"**
(samme tone ved **3/4** længde= 45 cm)			
1/5	12 cm	stor terts	**mi"**
(samme tone ved **2/5, 3/5** og **4/5** længde)			
1/6	10 cm	ren kvint	**so'''**
(samme tone ved **5/6** længde= 50 cm)			

Du kan også bruge skydeklodserne til at finde forskellige toner: dur-treklangen: 60-48-40, mol-treklangen: 60-50-40, do-fa-so: 60-45-40 eller hele det mesopotamiske gudeparnas:

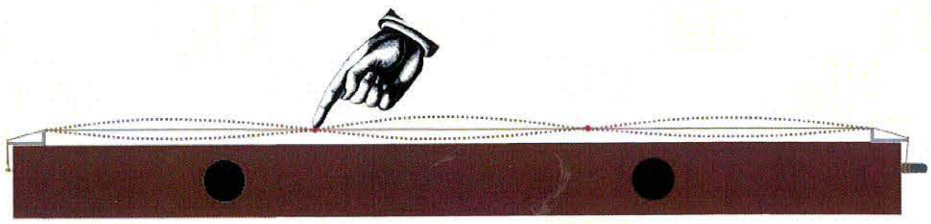
60 skaber-/himmelgud Anu; **50** bjergguden Enki;
40 de ferske vandes gud Ea/ Enlil; **30** måneguden Sin;
20 solguden Shamash; **15** Venus / Ishtar;
12 Mars/ underverdenens Nergal;
10 Jupiter, Bel/ Marduk.

60- 54- 50- 48- 45- 40- 36 - 32- 30
do- re- mi^{b}- mi - fa - so- la - ti^{b}- do^{1} (ren stemming)

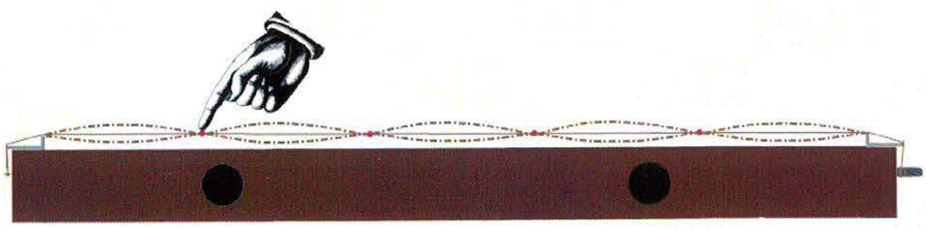
Flageolettone, halv længde, oktav, do'



Flageolettone, tredjedel længde, ren kvint, so'

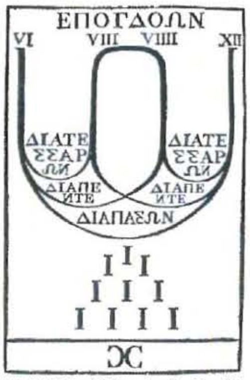


Flageotlettone, ren stor terts, 1/5 længde, mi''

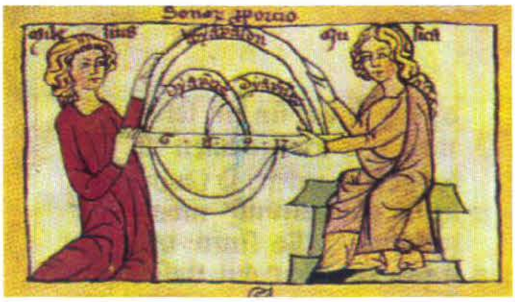


Tetraktys' toner

På Rafaels (1483-1520) berømte fresko Skolen i Athen, som siden 1511 udsmykker væggene i pavens bibliotek ses hele den antikke verdens førende filosoffer og videnskabsmænd under opsyn af Athene med spyd til højre og Apollon med lyre til venstre. Billedet viser bl.a. klosterskolernes naturvidenskabelige kvadrivium med musik og aritmetik til venstre - repræsenteret af blandt andre Pythagoras og Boethius - og geometri og astronomi til højre repræsenteret ved Euklid og Zoroaster.
I Pythagoras-gruppen længst til venstre kan man se en tavle:



Epogdoon: heltone, ***8:9****. VI-VIII-VIII- XII:* ***6:8:9:12***
Diatesseron: ren kvart, ***3:4****. Diapente: ren kvint,* ***2:3***
Diapason: oktav, ***1:2****. Nederst ses pythagoræernes hellige tetraktys, 10 punkter arrangeret i trigon.*
De enkelte tonetrin dannes, som det fremgår, på basis af tallene 1-2-3-4 som lagt sammen giver 10.

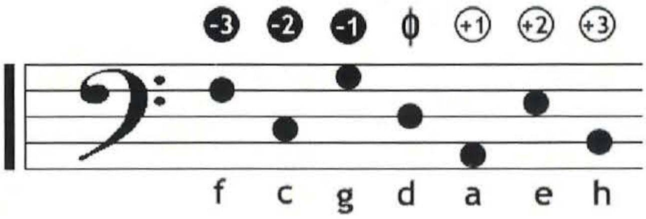


Netop inden for klostertraditionens syv frie kunster, kvadrivium og trivium, havde man i den middelalderens karolingske renæssance via Boethius studeret sekvensen **6:8:9:12**

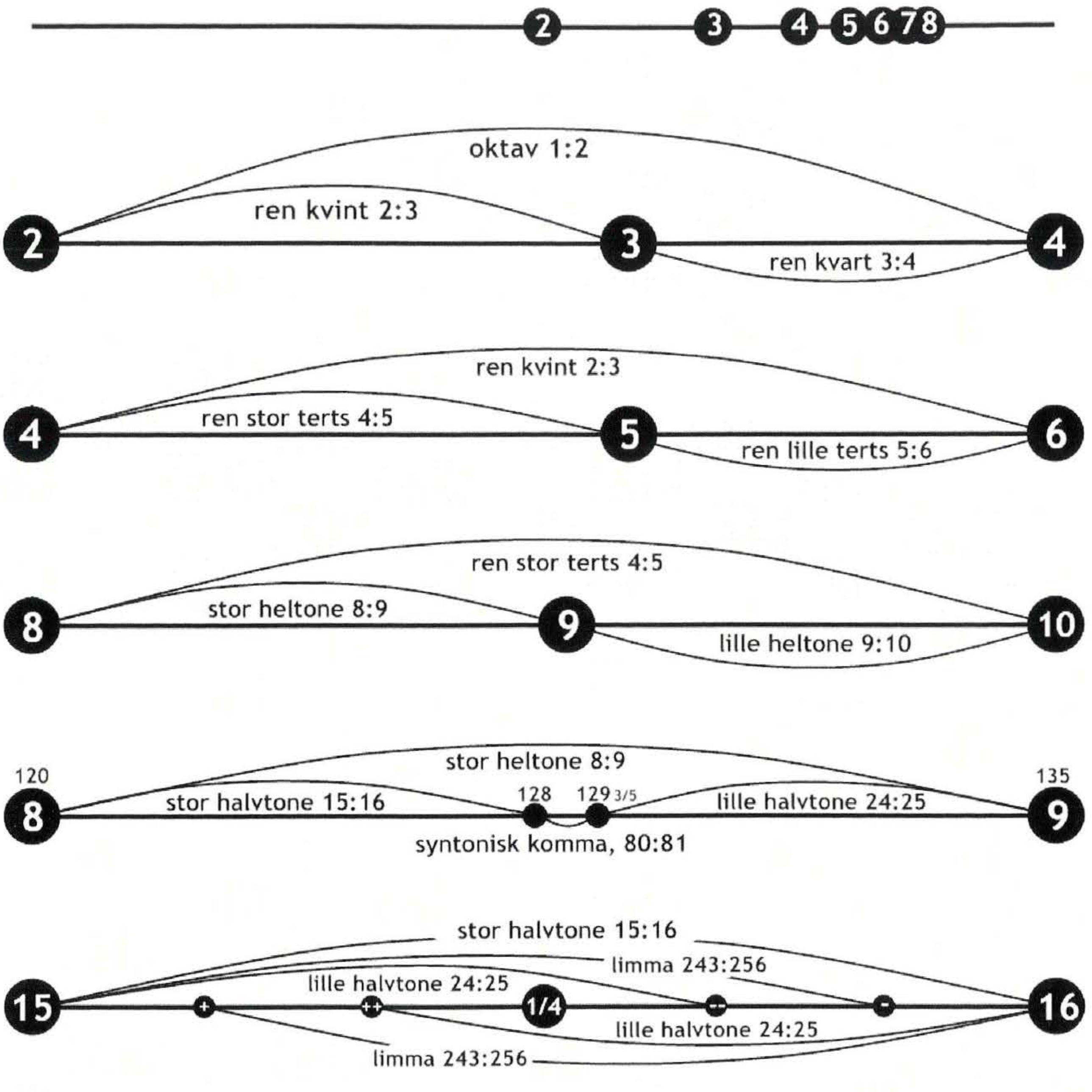
Gregor Reisch (ca. 1470-1525): Typus Mathematicae fra Margarita philosophica (Filosofiens perle), 1508.

Boethius og Pythagoras sidder her i gudinden Arithmeticas helligdom med hhv. arabertal og regnebræt. Fra gudindens skød udspringer talrækkerne **1-2-4-8** og **1-3-9-27**, oktaver og rene kvinter (duodecimer).

Den tonale tetraktys: Felterne som omrammes af de to progressioner er her udfyldt. De vandrette rækker består af rene kvintskridt, 2:3, mens de rene kvarter 3:4, **6:8** og **9:12** findes ved spring nedad og til venstre. Oktaver går skråt nedad til venstre, duodecimer (faktor 3) skråt nedad til højre. **6:8:9:12** svarer til **so- do- re- so**[1]. Ud fra de to rene kvinter **8:12** og **6:9,** og inden for oktaven **6:12**, opstår heltonen **8:9**.
Sekvensen kan omtydes til: **1: 4/3 :3/2: 2**,
do- fa- so- do[1], som Knud Brant Nielsen kalder "slange-genet", fordi den danner basis for kvinternes zigzag-kurs gennem nodesystemet, her i basnøglen med **d** som centraltone, **g-d-a**:



At dele helheden



At skabe et tonesystem handler om at dele helheden, og det kan naturligvis gøres på mange måder. Man skal først gøre sig klart, hvilken helhed man deler.

Hvis man deler en *strengs* eller et rørs længde (fløjtehul) i to *halve*, klinger en tone, med den *dobbelte* frekvens af den hele længdes. Dette er oktaven.

Hvis man deler oktav*intervallet* i to lige store dele får man tritonus. Oktav er det mest konsonante interval, tritonus det mest dissonante, så hold tungen lige i munden!

På ovenstående forløb ser vi først på en svingende strengs naturlige knudepunkter. Her kan man lave flageoletter og bringe overtonerækken frem.

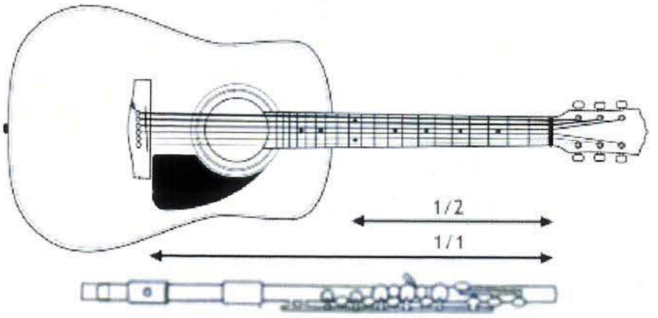
Tal i sorte cirkler er elementer fra rækken, og henviser til relativ frekvensværdi, som er reciprok af længden. **2** svarer til strengens *halve* længde, **3** til **1/3** længde osv.

Vi ser så på stadigt finere delinger af denne tones intervaller, altså først oktav **1:2**, siden kvint **2:3**, stor terts **4:5**, heltone **8:9** og endelig kan vor musikkulturs mindste interval, halvtonen, underdeles i endnu mindre intervaller. Bemærk at helhedens værdi fremkommer ved at multiplicere delene: **4/5 x 5/6= 2/3** osv.

Dygtige musikere og sangere, især fra traditioner som den indiske, kan bevidst skabe endnu finere nuancer end vist her.

Strenge og rør

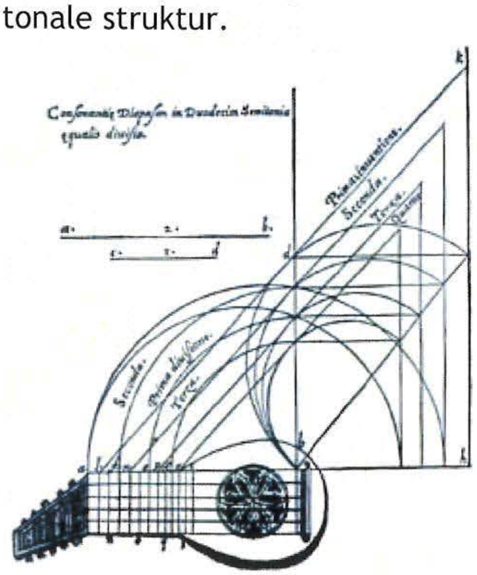
Fløjter og strengeinstrumenter opfører sig - så forskellige de end kan synes - mht. deres musikalske længder forbløffende ens. Og toner virker jo i kraft af deres bølgelængder! På guitaren indikerer de to prikker på gribebrættet *halv strengelængde = oktav*. Tilsvarende har fløjten en oktavklap midtpå.



Guitarens bånd er anbragt med det som svarer til et tempereret halvtonetrins afstand mellem sig. Dvs. at man ved at lade fingeren bevæge sig fra den øvre ende ét bånd ad gangen, hele tiden lader den nye længde være $0{,}5^{1/12}$ gange så lang som den forrige, svarende til 94,387 %. Det er en logaritmisk deling. Instrumenterne er musikalske målestokke!

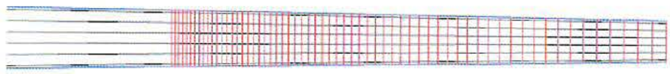
På fløjten kan man tilsvarende spille en kromatisk tonerække ved langsomt at åbne flere og flere huller nedadtil på røret og kombinere de lukkede og åbne indbyrdes. Grundprincippet er ens: kortere længder= lysere toner!

På strengeinstrumenter og fløjter stemt til andre tonesystemer end det ligesvævende, vil man også direkte på båndenes/ hullernes placering kunne danne sig en forestilling om deres tonale struktur.



Man har på guitarers halse historisk kunnet følge, hvilket tonesystem de er bygget til, som udgangspunkt naturligvis det i tiden fremherskende. Da den ligedelte oktav måske er mere indlysende for øjet end for øret, har man flere eksempler fra historien på en tilnærmelse til en sådan fordeling af bånd fra tider længe inden dette stemningssystem slog igennem.

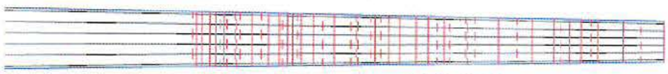
Der er heldigvis et væld af muligheder for at bygge guitarer med alternative fordelinger af strengene, som tager hensyn til ønsker om renhed eller tonalitet, f.eks.:



31-ligedelt

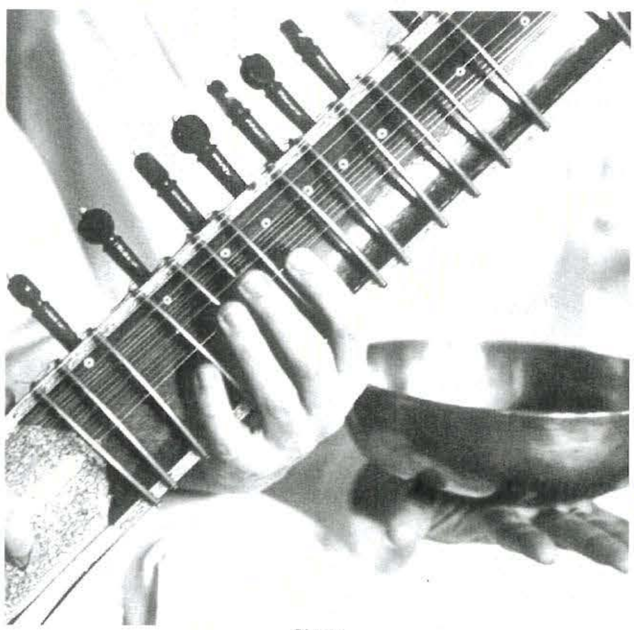
Charlie Hunter 8-strenget guitar

Charlie Hunters 8-strenget, 12-tone pythagoræisk



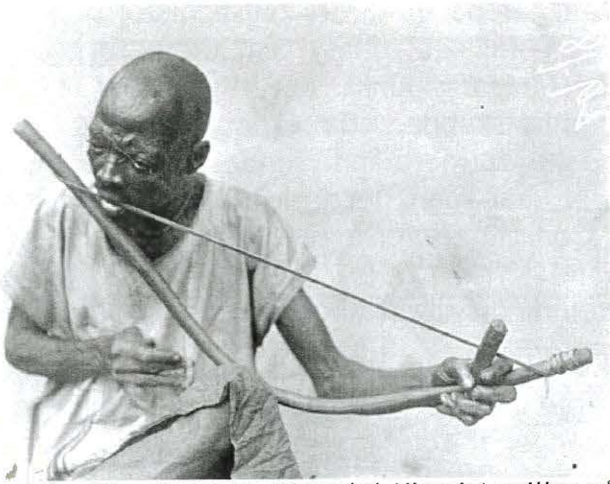
Dante Rosatis 21-delt ren stemning, [2-3-5-7]-system
1- 16/15- 10/9- 9/8- 8/7- 7/6- 6/5- 5/4- 9/7- 4/3- 7/5- 10/7- 3/2- 14/9- 8/5- 5/3- 12/7- 7/4- 16/9- 9/5- 15/8 (-2)

Andre steder på kloden er der naturligvis en fordeling af båndene som svarer til pågældende tradition, ofte er båndene flytbare. De mellemøstlige og orientalske strengeinstrumenter udgør en rig verden.



Sitar

Afrika



Mand fra Obu-stammen (Uganda/ Nigeria) spiller på musikbue. Med venstre hånd regulerer han vha. et træstykke strengens spænding. I højre hånd har en tynd træpind som han anslår strengen med. Strengen er lavet af plantefiber.

Afrikas musik vil mange umiddelbart forbinde med trommer og anden percussion, men det melodiske og tonesystemerne har foruden sangen især været præget af to instrumentyper:

- Det klingende træ som i balofoner, spaltetrommer mm.
- Musikbuen.

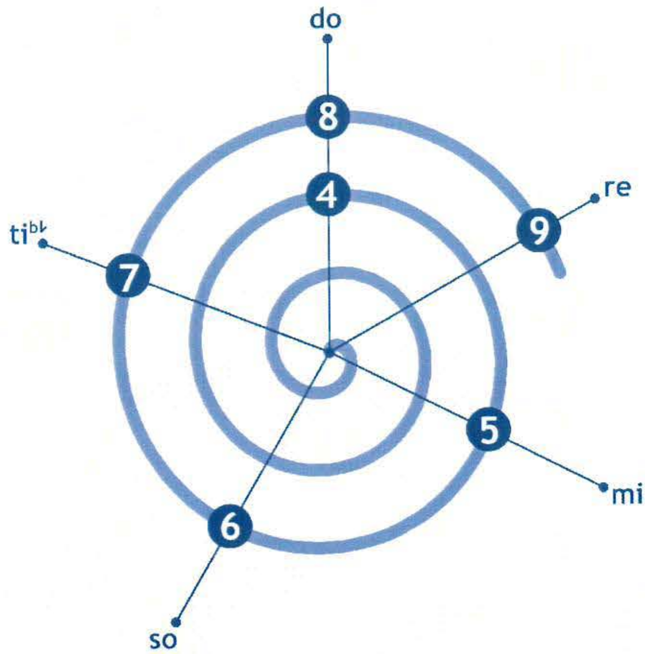
Sidstnævnte, som af mange musikforskere regnes for verdens ældste musikinstrument, kaldes også du-du, og der findes stadig enkelte områder med en levende tradition, bl.a. Burkina Faso. På samme måde som med jødeharpe spiller man på strengens harmoniske overtoner ved at variere mundhulens resonansrum. Dygtige musikere kan få forbløffende klare overtoner frem i lydbilledet.

De traditionelle tonesystemer i det sorte Afrikas sang har grundlæggende været af to typer:

- De som baseres på en enkelt primærtone og dens overtoner. Denne type kan findes i kulturer med flerstemmig sangtradition.

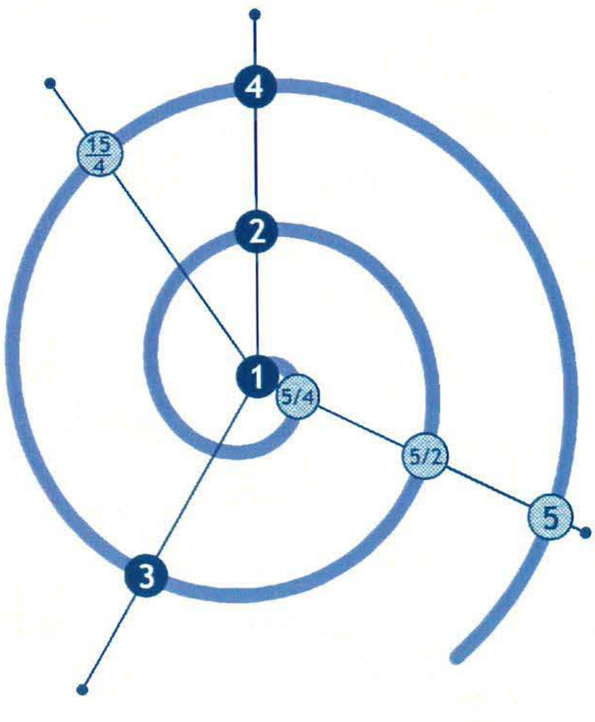
- De systemer som skabes ved at kombinere to eller flere overtonerækker, hvor den anden række eksempelvis kan udspringe fra den primære rækkes store terts, lille terts eller store sekund.

Den første type findes bl.a. hos Gogo-folket i Tanzania, som bygger deres tonale sprog op af overtonerækkens nr. **4-9**:



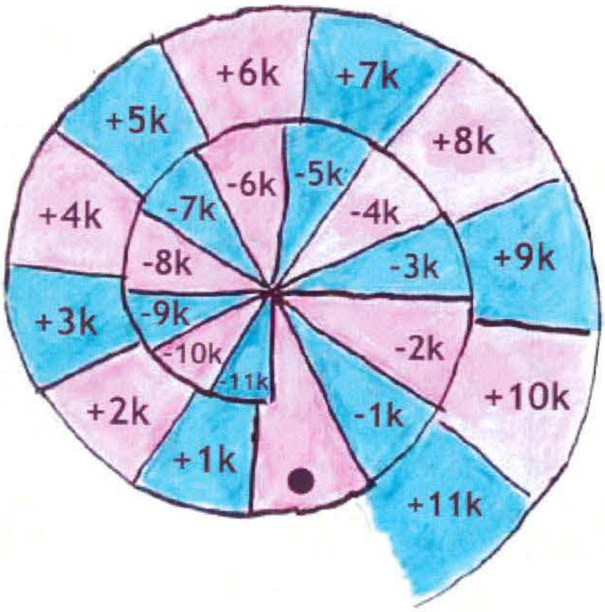
I den nu forsvundne traditionelle musik fra Kisi-stammen, ligeledes Tanzania, byggedes tonesystemet tilsvarende op af overtonerækkens nr. **6-12**.

Den sidste type system findes især i områder, hvor musikbuen har været eller stadig er fremherskende i det vestlige Centralafrika og hele det sydlige Afrika.
Et eksempel er !kungfolket fra Botswana, Angola og Namibia, hvis musik bygges op af en primær rækkes nr. **1-4** og en sekundær rækkes nr. **1-4** som i eksemplet udspringer fra den førstes store terts.



At høre mikrotoner

Det er velkendt, at den indiske musik benytter sig af en langt mere forfinet opfattelse af tonenuancer end den vestlige musik. I dhrupad-traditionen vil de dygtigste sangere kunne underdele en halvtone i adskillige mindre trin.
De 22 shrutis er kendt som den primære mikrotonale deling af oktaven. Da traditionen siger, at denne inddeling fremkommer "ved øret" (shruti kommer af *shuri*, at høre), uden matematiske forlæg, er begrebet ofte blevet misforstået som en slags *ligedeling* af oktaven i mindre trin.
Der er imidlertid megen matematik i øret, og musikteoretikeren m.m. Alain Danielou (1907-94) har godtgjort, at de 22 shrutis grundlæggende opstår ved at generere rene kvintskridt fra et valgt udgangspunkt, hhv. 11 skridt opad og 10 nedad.
Det pythagoræiske komma - det faktum at den rene kvint og oktav aldrig helt mødes - vil bevirke, at der foruden en fast prim og ren kvint fremkommer to toneværdier for hvert af de øvrige 10 tonale områder, svarende til vores 12 halvtoner.



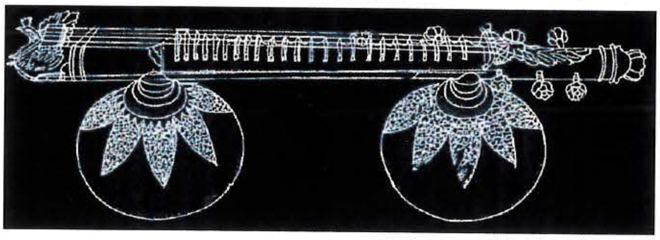
Alain Danielous kvintspiral med en periode på 7 oktaver (12 kvinter) anskueliggør den forskydning, der sker ved gentagne rene kvintskridt hhv. opad og nedad. Hvert trin vil således få hhv. en høj og en lav udgave, som nedenfor skitseret på en linie der spænder over en oktav:

do re^b re mi^b mi fa fa$^\#$ so la^b la ti^b ti

Man finder eksempelvis et tonepar omkring det tredje halvtrin (perle 5 og 6), hvor den øvre frekvensværdi frembringes ved at gå ni kvinter opad, og den nedre ved at gå tre kvinter nedad:

$(3/2)^9 = 38{,}443$, oktaveret (:32)= 1,201 (317,6 cent)
$(3/2)^{-3} = 0{,}296$, oktaveret (x4) = 1,185 (294,1 cent)

Disse to værdier befinder sig på hver sin side af hhv. den rene lille terts, **6:5** = 1,2 (315,6 cent) og den ligesvævende lille terts, som findes på moderne instrumenter med relativ frekvensværdi $2^{1/4} = 1{,}189$ (300 cent).
Afstanden mellem de to shrutis svarer til det pythagoræiske komma, cirka en fjerdedel halvtone. En fuldblods dhrupadsanger kan dog fuldt bevidst benytte sig af endnu finere nuancer.



Danielous udlægning - som i øvrigt også inddrager de rene store tertser når det kommer til praksis - understøttes bl.a. af den indiske tradition, der siger, at musikeren bliver bevidst om de 22 shrutis, når man på *rudra veena* gennemspiller de syv såkaldte *murchanas*. Disse modsvarer groft sagt vore kirketonearter, altså modale skalaer.
Når man skal spille en ny murchana, må man for renhedens skyld indstille instrumentets bånd. Afvigelserne sporer musikeren ind på mikrotonerne. Der findes klassiske øvelser på instrumentet, som direkte afdækker sammenhængen.

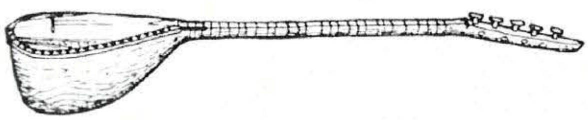
Det er sigende, og for så vidt også foruroligende, at vi efter et par hundrede år med tempererede skalaer i vesten har mistet sansen for de rene intervaller i en grad, så de færreste undervisere på højeste niveau kan identificere - og i endnu mindre grad gengive - de rene intervaller.

Mellemøstlig musik

Mellemøsten: landene omkring det østlige Middelhav, på den arabiske halvø og mellem Middelhavet og Indien. Dette store område har gennem årtusinder været sæde for højkulturer og led mellem andre højkulturer med forskellige baggrunde, ikke mindst mht. musik. Meget af vores musik og instrumenter er direkte påvirket af mellemøstens musikkultur. Rundt om tonen præsenteres primært saz, oud, ney og zurna, hvor oud'en er forlæg for lutten - som det også høres på navnet - og zurnaen har været ophav til bombarden og andre dobbelte rørbladsinstrumenter.

Ney-fløjten er en kantblæst langfløjte med seks eller syv huller, fremstillet af rør fra sivsumpe.

Saz'en anvendes meget i små ensembler og som akkompagnement til sang i hele området. Den har en lang tynd hals og en lille, let, ægformet klangkasse.



Ligesom på mange andre områder, var Mellemøsten inden for musikkens teoretiske område århundreder foran udviklingen i vesten. Safi al-Din al-Urmawi (død 1294), som virkede i Bagdad skrev den grundlæggende litteratur om stemningsteori, som bl.a. redegjorde for princippet i oktavens 17-deling, baseret på generering af rene kvinter **[2-3]**-system (pythagoræisk, se s. 25 og s. 36), svarende til princippet bag de indiske shrutis. Al-Urmawis arbejde ligger også til grund for den tyrkiske musiks deling af heltonen **8:9** i ni lige store mikrotoner, kommaet på 22,64 cent (lidt mindre end Pythagoras' komma).

Hermed opnås en deling af oktaven i 53 trin. I musikalsk praksis udvælges enkelte af disse mikrotonale trin til skalaer.

Allerede Abu Nasr al-Farabi (872- ca. 950), som ligeledes virkede i Bagdad, men sent i sit liv rejste til Cairo og døde i Damaskus, lagde grunden for en avanceret musikteori som i høj grad byggede på græske neoplatoniske kilder, men har givet også været under indflydelse af de rige indiske og persiske kulturer. Han delte tetrachordet, altså tonerne som dækker et kvart-interval, i ti trin:

1- 256/243- 18/17- 162/149- 54/49- 9/8- 32/27- 81/68- 27/22- 81/64- 4/3

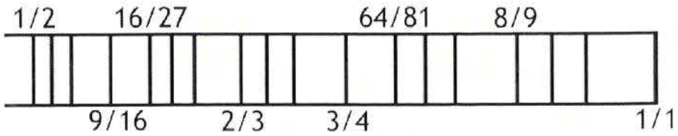
Med indflydelsen fra vestlig kultur og instrumenter og siden en arabisk musik-konference i Cairo 1932, hvor en lige 24-deling af oktaven blev "kanoniseret", har de harmoniske tonesystemer været truede, om end der stadig findes en rig og varieret folkelig tradition i hele området.

I en musikvidenskabelig artikel af Tura (Türk Mûsikisinin Mes'eleleri, Istanbul 1988), gives følgende værdier for den 17-delte oktav:

1- 18/17- 12/11- 9/8- 81/68- 27/22- 81/64- 4/3- 24/17- 16/11- 3/2- 27/17- 18/11- 27/16- 16/9- 32/17- 64/33

... som det ses er det tale om et **[2-3-11-17]**-system, man finder ikke faktorerne **5, 7** og **13** fra overtonerækken. **17** er en interessant halvtoneværdi, idet heltonetrinnet **8:9** (=**16:18**) deles i to, **16:17:18**.

Af dette materiale er de velkendte funktioner fra mixolydisk modus fra det pythagoræiske tonesystem markeret nedenfor på det der svarer til længderne på saz-gribebrættets øvre halvdel. Som det fremgår, er de i vesten ukendte funktioner *ikke* anbragt som simple midtpunkter mellem de kendte trin.



Man inddrager ikke alle 17 trin i de enkelte stykker, men udvælger materiale derfra til skalaer som evt. kan ornamenteres med mikrotoner, f.eks.:

1/1- 9/8- 27/22- 4/3- 3/2- 18/11- 16/9

her er terts og sekst afvigende fra vestlig praksis.

Gamelan - metallets klang

Musik fra Bali og Java i det indonesiske ørige lyder mildt sagt særpræget i de flestes ører. Der er umiddelbart fire meget karakteristiske ting at hæfte sig ved:

- Der spilles i orkestre, hvor hvert instrument optræder med en partner, der er stemt en smule "ved siden af", så der opstår svævninger mellem dem. Dette skaber en hypnotisk virkning på lytteren.
- De melodiske trin, som benyttes, ligger fjernt fra stort set hele resten af verdens harmoniforståelse, det er sjældent at høre rene kvinter og tertser. Oktaven er ganske vist også her den naturlige ramme, men ikke altid ren.
- Instrumenterne stemmer vidt forskelligt fra landsby til landsby og sågar mellem orkestre fra samme by.
- Musikkens formstruktur er fundamentalt anderledes end de vestlige. Balinesisk musik kan opleves som cyklisk, den går i ring.

For at forstå balinesisk musik er det vigtigt at gøre sig klart, at den er en del af en overvældende rigt facetteret religiøs kultur med et stort netværk af mytologiske referencer, der også knytter an til himmellegemerne, guderne, årstiderne, menneskekroppen m.m. Instrumenternes omtalte parforhold er således et symbol for sol og måne. Musikken skal ikke nydes som kunst, men opleves som del af livets ritual.

For indonesere er det en regel *ikke* at have ensretning på stemningsområdet, hvert orkester betragtes som en slags levende væsen, der blandt andet udtrykker sig gennem sin særlige stemning. Det betragtes *ikke* som en dyd at kopiere en allerede etableret gamelan-stemning.

Desuden er det vigtig at *metallet* spiller så stor en rolle i den fremherskende musik.
Når resten af klodens musik som fundament har de elementære harmoniske funktioner, **1:2, 2:3, 3:4, 4:5** osv., hænger det sammen med de strenge- og blæseinstrumenter som har været basis for musikken i vor kultur. Ved overblæsning og flageoletter på disse instrumenter gør naturtonerækken direkte sin indflydelse gældende. Anderledes er det med eksempelvis et gamelan-orkesters metallofoner. Når metal klinger, blander flere harmoniske rækker sig med hinanden, og de indbyggede spændinger i selve materialet trækker så at sige de primære harmoniske funktioner fra hinanden.
Nyd følgende instrumentnavne, hvor man næsten allerede hører metallet klinge: *gongageng, kenong, gong suwuk, kempyang, saron barung, kendang batangan, kendang gending, suling, saron demung, gambang, bonang.*

Så der findes altså en relativt enkel forklaring på, at lige akkurat disse ø-folk har fundet en så markant anderledes måde at høre og spille musikken, men det gør den bestemt ikke mindre fascinerende!

Den moderne vestlige ligedelte oktav (ligesvævende temperatur) med 12 halvtoner er matematisk fremkommet ved lade de relative frekvenser være rodværdier af **2**:
$\mathbf{2^{0}}$- $\mathbf{2^{1/12}}$- $\mathbf{2^{1/6}}$- $\mathbf{2^{1/4}}$- $\mathbf{2^{1/3}}$- $\mathbf{2^{5/12}}$- $\mathbf{2^{1/2}}$- $\mathbf{2^{7/12}}$- $\mathbf{2^{2/3}}$- $\mathbf{2^{3/4}}$- $\mathbf{2^{5/6}}$- $\mathbf{2^{11/12}}$ (- **2**). Hvert trin forøger frekvensværdien med faktor $\mathbf{2^{1/2}}$= 1,059 (5,9 %).

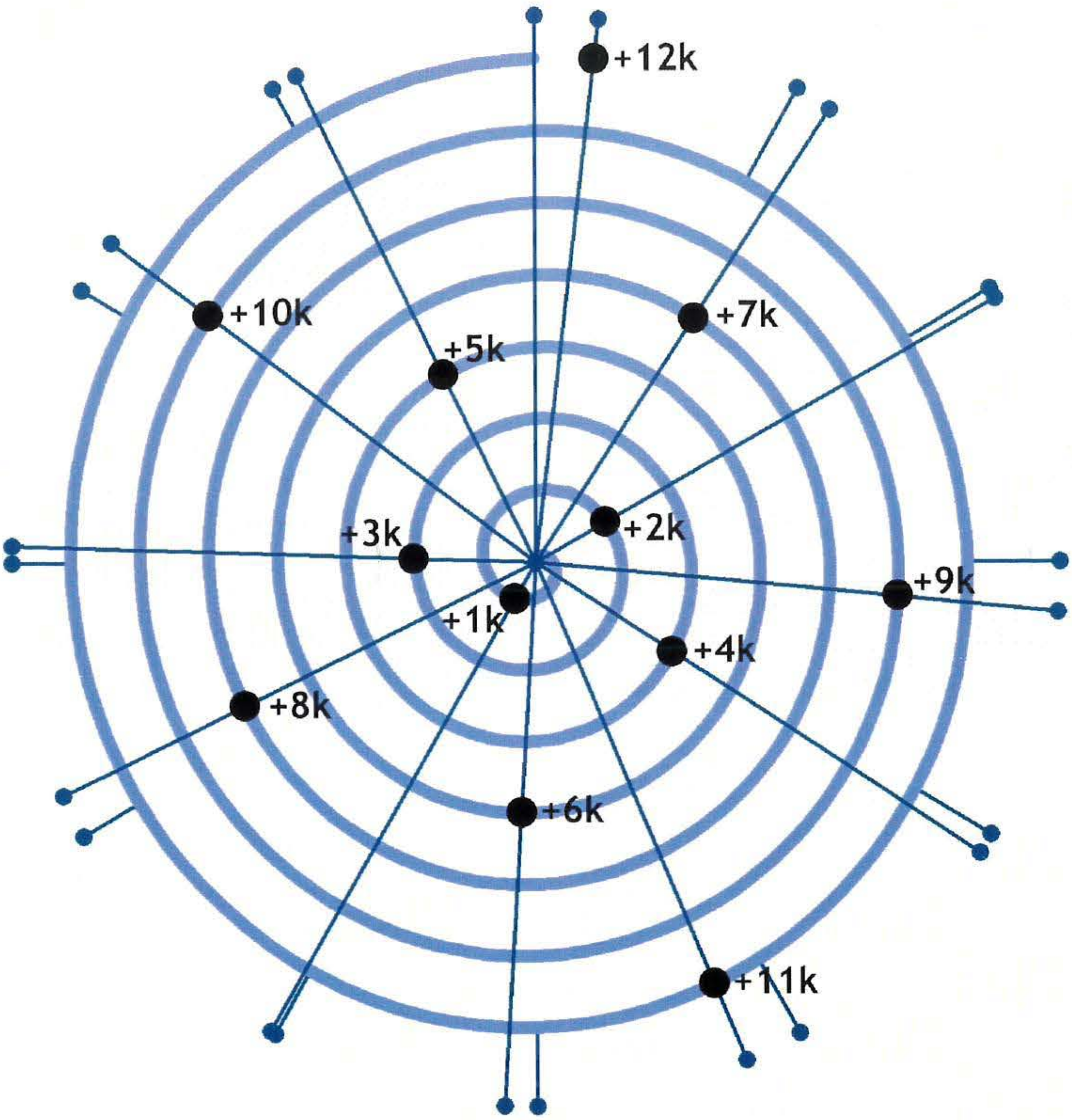
Der findes andre måder at ligedele oktaven og der findes statistisk belæg (*98 % sandsynlighed, Surjodiningrat, 1972*) fra en undersøgelse af 27 orkestres stemning for, at basis for de javanesiske og balinesiske skalaer - på trods af store variationer - udgøres af en lige 9-deling af oktaven, med disse relative frekvensværdier:

rodværdi	**decimaltal**	**cent**
2^{0}	1	0
$2^{1/9}$	1,080	133,333
$2^{2/9}$	1,166	266,667
$2^{1/3}$	1,260	400
$2^{4/9}$	1,361	533,333
$2^{5/9}$	1,470	666,667
$2^{2/3}$	1,587	800
$2^{7/9}$	1,714	933,333
$2^{8/9}$	1,852	1.066,667

Stemningsmæssigt er der mest udtalt enighed om følgende toner, som alle falder helt uden for gængse vestlige harmoni-opfattelser:
gulu-dada (133 cent), bem-dada (267 cent), dada-nem (533 cent) og gulu-nem (667 cent).
Bem-dada svarer dog nøje til natur-intervallet **6:7** (septimal terts, 266,871 cent) og dada-nem til en septimal terts over denne ($\mathbf{6^{2}:7^{2}}$, 533,74 cent). Trinnet på 133 cent, som også optræder mellem tonerne indbyrdes, er $\mathbf{6^{1/2}:7^{1/2}}$, 133,44 cent. Så den naturtone, nr. **7**, som den vestlige musik har måttet sky som forstyrrende i tonesystemer (på nær i blues-skalaer), har man på Java og Bali gjort til omdrejningsakse!

Af de ni værdier i tabellen udelades to i den heptatone (syvtone-) *pelog* og fire i den pentatone (femtone-) *slendro*. I praksis vil musikken fremført på pelog-instrumenter også i reglen være pentaton, idet to af tonerne udelades i de enkelte stykker. Når man skifter modus, kommer de udeladte toner i brug.

Kvintspiralen



Musikkens nok allervigtigste grundstruktur, er det mønster, der opstår mellem oktavens proportion, **1:2** og kvintens, **2:3**.

At tage 12 på hinanden følgende kvintskridt (prikkerne i kvintspiralen) betyder, at man successivt ganger svingningstallet med **3/2**.
Hvis vi i spiralens centrum tager udgangspunkt i $\mathbf{C_1}$, 32 Hz, ser regnestykket ud som følger:

32 Hz x $\boldsymbol{(3/2)^{12}}$***= 4.151,89 Hz***

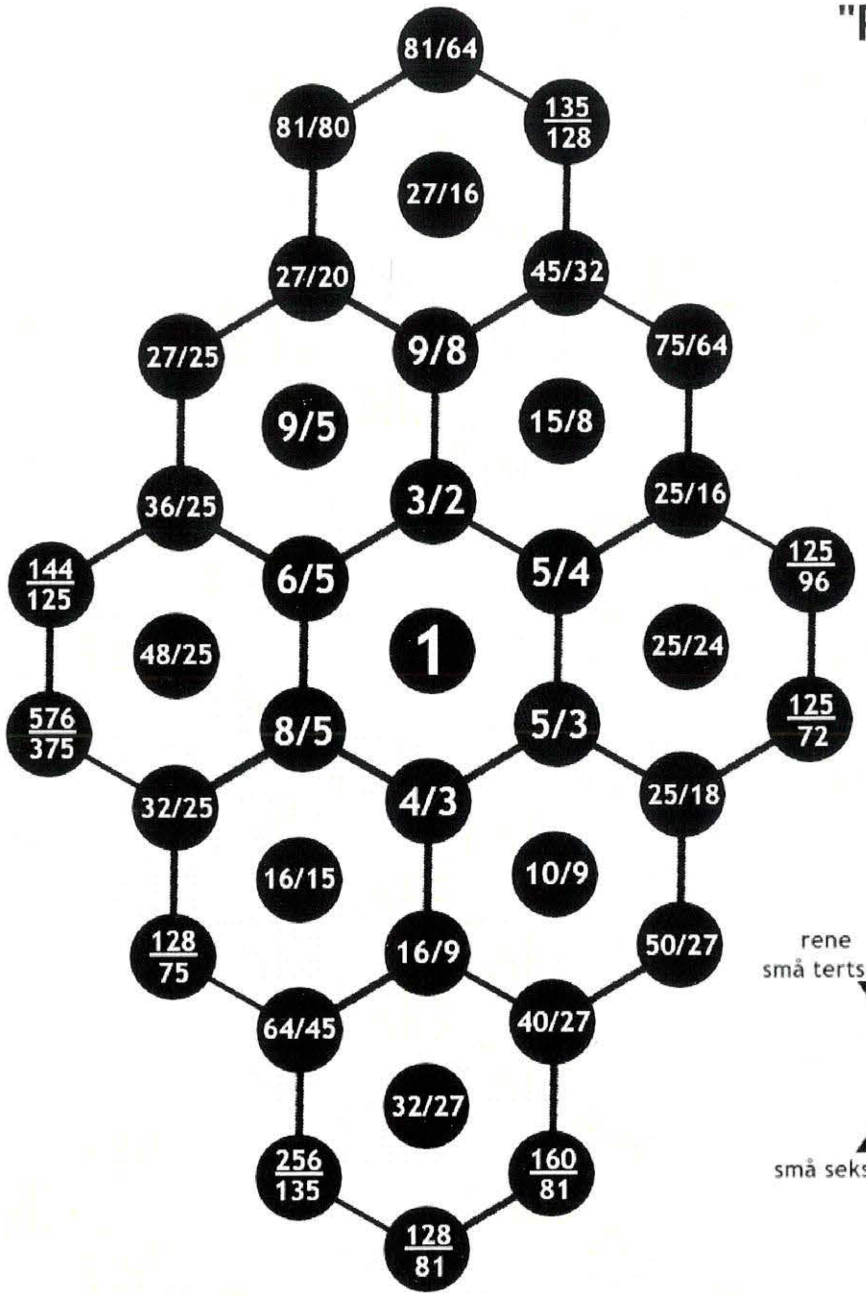
Dette svarer næsten til at tage 7 oktavskridt, hvor svingningstallet jo skal ganges med $\mathbf{2^7}$ (= **128**). ***32 Hz x*** $\boldsymbol{2^7}$***= 4.096 Hz***

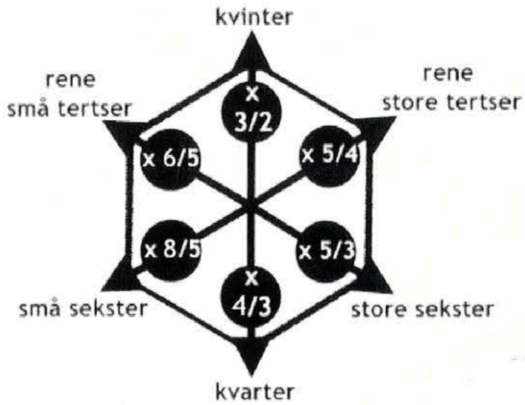
Med andre ord: 12 kvinter svarer omtrent til 7 oktaver!
Dette er baggrunden for vores inddeling af oktaven i 12 halvtoner og for musikalsk stemningsteori gennem tusinder af år.

Afvigelsen på 1,014 % mellem oktavprocessens resultat og kvintgenereringens kalder vi "det pythagoræiske komma", og svarer omtrent til en fjerdedel halvtone.
Det er afvigelsen mellem figurens 0-akse (klokken 12) og det 12. kvintpunkt. Bemærk hvordan afvigelsen fra den lige 12-delte cirkel gradvis bygges op over syv oktaver.
Kineserne kendte og beskrev disse forhold for 3.000 år siden. Endnu mere imponerende er det, at de vidste, at afvigelsen bliver mindre ved at bruge 53 kvinter mod 31 oktaver.

Men kvinter og oktaver kan aldrig mødes eksakt, da $\mathbf{2^x = (3/2)^y}$ i sagens natur ikke har heltallige løsninger: det første led kan kun give en lige værdi, det andet kun en ulige.
I Sneglegangen findes de første fire af kvintrækkens tolv rene trin: **1- 3- 9- 27- 81**.
Disse trin er angivet med mærkat.

"Para-so-la-do"
- det tonale felt
... i form af et telt





Den tonale parasolskov viser en ordning af tonematerialet som et felt. Da parasollerne er heksagonale, får vi et velkendt bikubemønster. På standerne og fra hjørnepunkterne hænger rørklokker.

På den centrale parasols stander findes klokker for hhv. **prim** og **oktav**, med relativ frekvens på henholdsvis **1** og **2**.
Frekvensen kan i princippet vælges vilkårligt, da det er relationerne i form af proportioner til de øvrige tonepunkter, som har betydning.
Her er valgt et udgangspunkt i tonen $\mathbf{c}^3$, trestreget c= 1.024 Hz. Oktaven= $\mathbf{c}^4$, 2.048 Hz.
Overskrides dette ved toneskridt, oktaveres klokkerne ned (frekvensen divideres med **2**).
Eksempelvis overskrider to rene små sekster oktavens ramme: $(8/5)^2 = 64/25 > 2$
Oktavering: (64/25):2 = **32/25**

Som det fremgår af "kompasrosen" har alle de tonale celler identisk opbygning, skridt i en bestemt retning sker med et primært interval:

Retning		Interval	Proportion
0°/	kl. 12	Ren kvint	**2:3**
60°/	kl. 2	Ren stor terts	**4:5**
120°/	kl. 4	Ren stor sekst	**3:5**
180°/	kl. 6	Ren kvart	**3:4**
240°/	kl. 8	Ren lille sekst	**5:8**
300°/	kl. 10	Ren lille terts	**5:6**

På denne måde fremkommer mange af de proportioner, som gennem tiderne har været anvendt i tonesystemer.

Feltet kan naturligvis udvides, se Lars Pryn: *Harmoni, Identitet og Længsel.*

Tonesystemer

I det følgende vises en række tonesystemer i diagramform med spiralen som bærende element. Der er anvendt den såkaldte Arkimedes-spiral, hvor afstanden mellem vindingerne overalt er den samme, svarende til at oktaverne har samme afstand overalt i systemet. En omdrejning, 360°, svarer her til det, man kalder 1200 cent, hvor 100 cent svarer til et ligedelt halvtonetrin. Det betyder også, at spiralen for den ligesvævende temperatur, umiddelbart ser mest harmonisk, enkel og balanceret ud. Men man skal ikke lade sig, snyde, for denne måde at gengive tonefunktionerne viser ikke direkte deres grad af konsonans.
En vinding er altså ikke i sig selv en "helhed", men proportionen **1:2**, en del af et kontinuum.
Den stærkeste harmoniske funktion, den rene kvint med proportionen **2:3**, dækker således ikke "2/3 lagkage" men 7/12 cirkel/ 7 halvtonetrin, som jo ikke er specielt simpel i geometrisk forstand.

Harmonien i de rene proportioner **2:3**, **3:4**, **4:5** osv., vil primært kunne ses i én dimension, eksempelvis som længder af en svingende streng eller et (fløjte-) rør. Men cirklens to dimensioner gør et tonesystem mere overskueligt.
I spiralerne for de øvrige tonesystemer, kan man i vindingerne studere, hvordan de enkelte systemer er bygget op af forskellige rene intervalforhold, i første omgang den allerede nævnte rene kvint, proportionen **2:3**, og den rene store terts **4:5**.
Alle tal i det følgende skal forstås som relative frekvensværdier.
Husk, at når to intervaller *lægges sammen*, skal deres relative frekvensværdier *ganges* med hinanden.
Benævnelser fra solmisations-systemet, **do-re-mi**, er valgt for at undgå misforståelsen, at skalaer og systemer fra tonen **c** har forrang. Det er den relative solmisation: **do** er ikke lig med **c** men systemets prim, **so** er ikke **g**, men kvinten. Dette system har dog også sine ulemper.

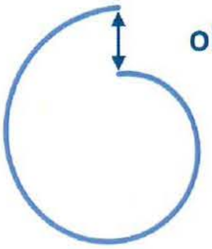
udgangstone

sekundær udgangstone

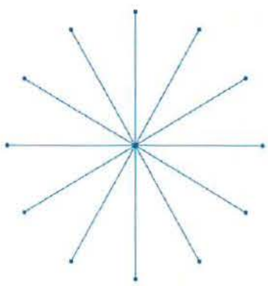
+1k rent kvintskridt, 2:3 (to til tre)

+1t rent stort tertsskridt, 4:5

+1h ligesvævende halvtoneskridt, $1:2^{1/12}$



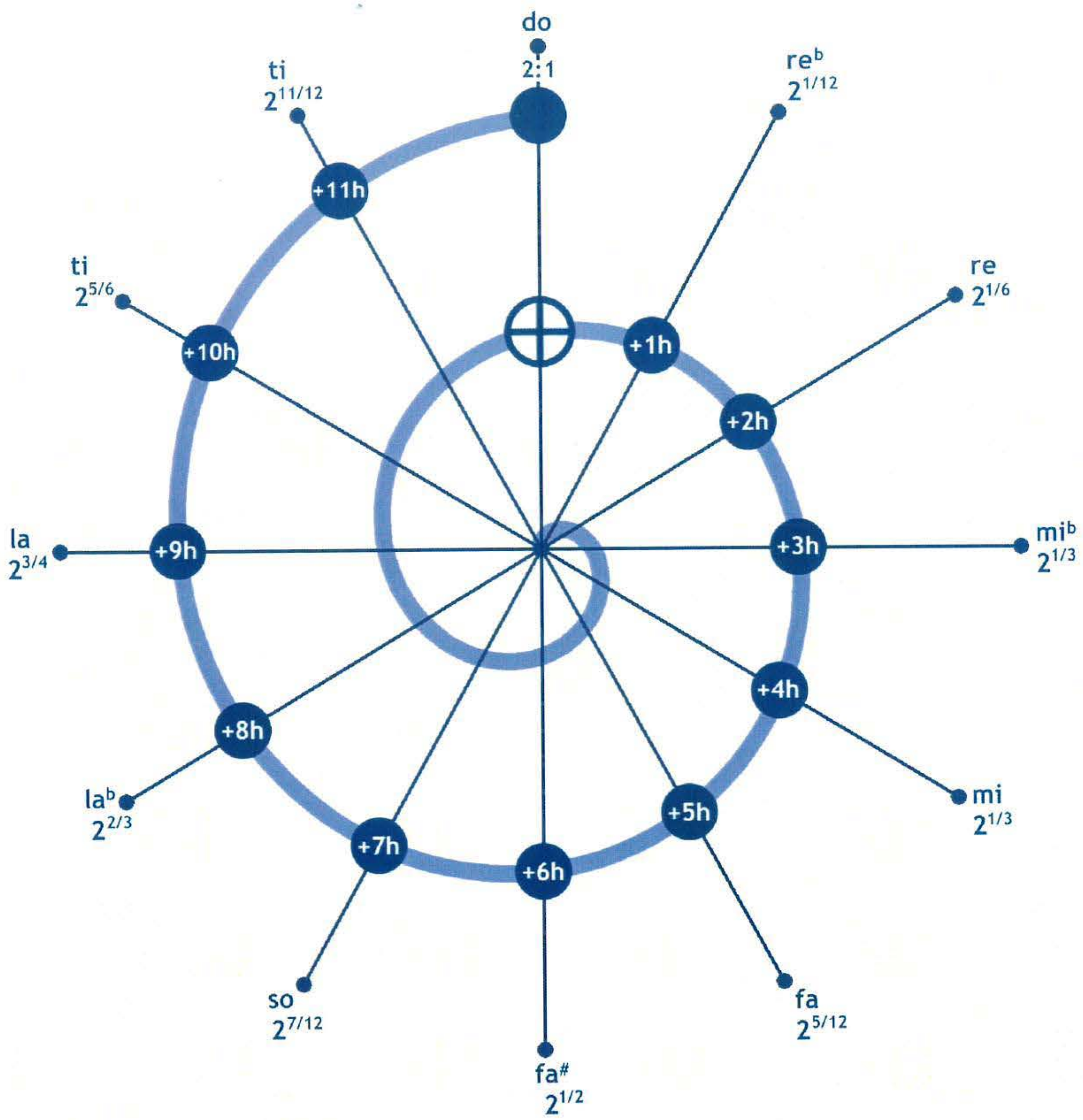
oktav



tonale akser, 360°= 1200 cent.
ligesvævende halvtoneskridt= 100 cent

Ligesvævende temperatur

Den ligedelte oktav



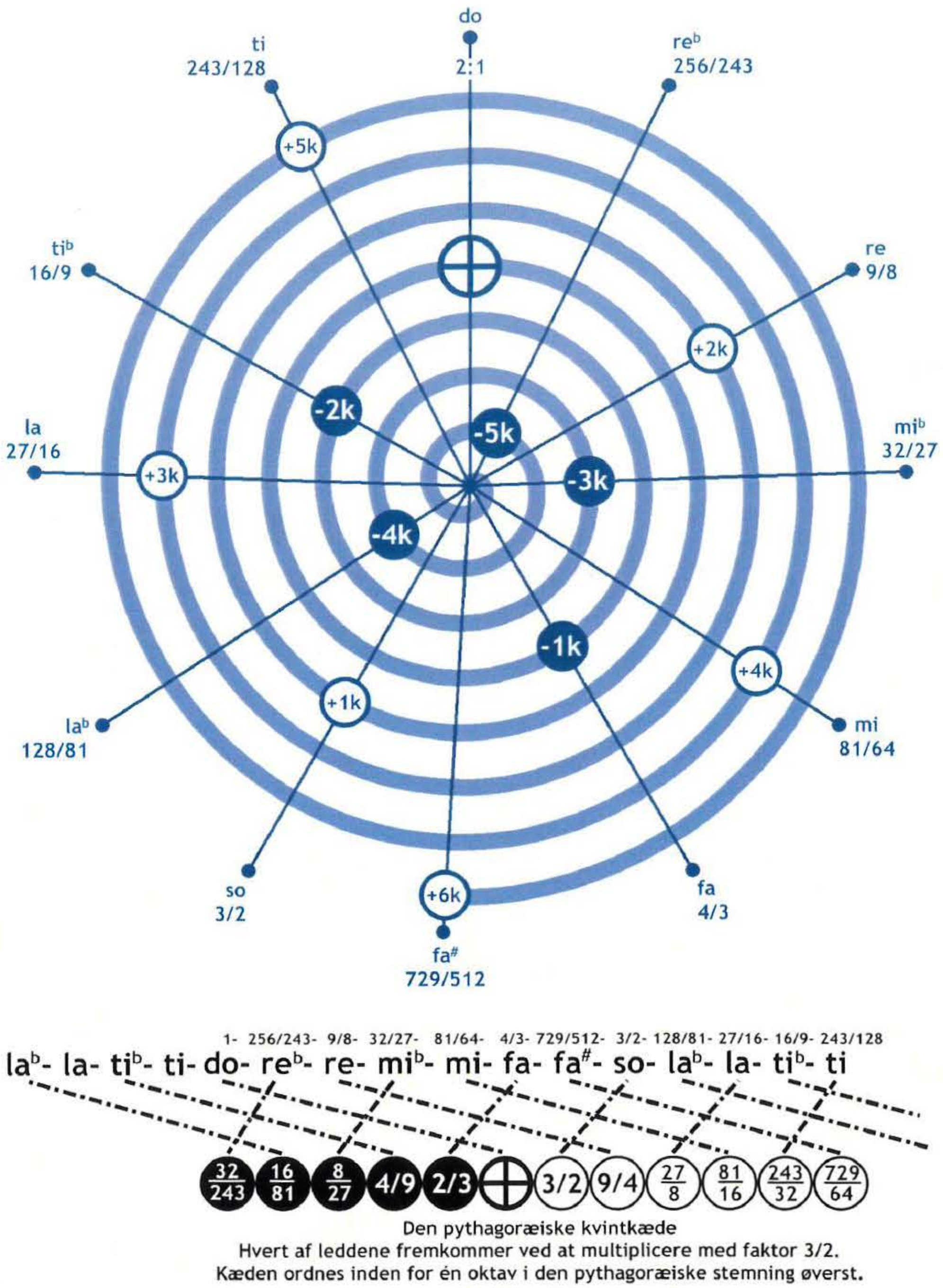
Spiraldiagrammet for den ligesvævende temperatur dækker kun en enkelt vinding, fordi princippet bag den netop er en matematisk ligedeling af oktavens proportion **1:2**. Hver "time"/ halvtonetrin i 12-delingen svarer til 100 cent.

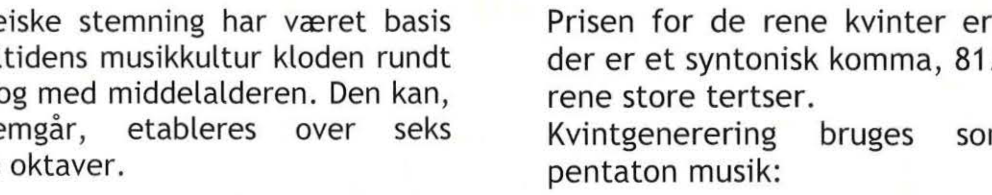
Hvis man begynder med **1** og vil bevæge sig til oktavens faktor **2**, skal man for hvert trin multiplicere den relative frekvens med den tolvte rod af 2, skrevet enten $\sqrt[12]{2}$ eller $2^{1/12}$, som i decimaltal svarer til 1,059463094.
Prøv selv at gange tallet med sig selv tolv gange og se, om du ikke skulle lande omkring 2!

Dette betyder også, at man direkte i eksponenten kan læse det pågældende trins frekvensforhold til oktaven.
Der går således tre store tertser (**mi** = $2^{1/3}$) på én oktav, og tolv kvarter (**fa** = $2^{5/12}$) på fem oktaver.

Den ligesvævende temperatur har groft sagt været omtrent enerådende de sidste 100 år. Af landets over 2500 kirkeorgler er det kun omkring 100 der er bevaret i traditionelle stemninger. Tonesystemet er et praktisk kompromis, men det har bestemt ikke været uden omkostninger for vores sans for de rene klange. Især tertser og sekster falder meget ved siden af de rene intervaller.

Pythagoræisk stemning





Den pythagoræiske kvintkæde
Hvert af leddene fremkommer ved at multiplicere med faktor 3/2.
Kæden ordnes inden for én oktav i den pythagoræiske stemning øverst.

Den pythagoræiske stemning har været basis for meget af oltidens musikkultur kloden rundt og i Europa til og med middelalderen. Den kan, som det fremgår, etableres over seks vindinger/ seks oktaver.

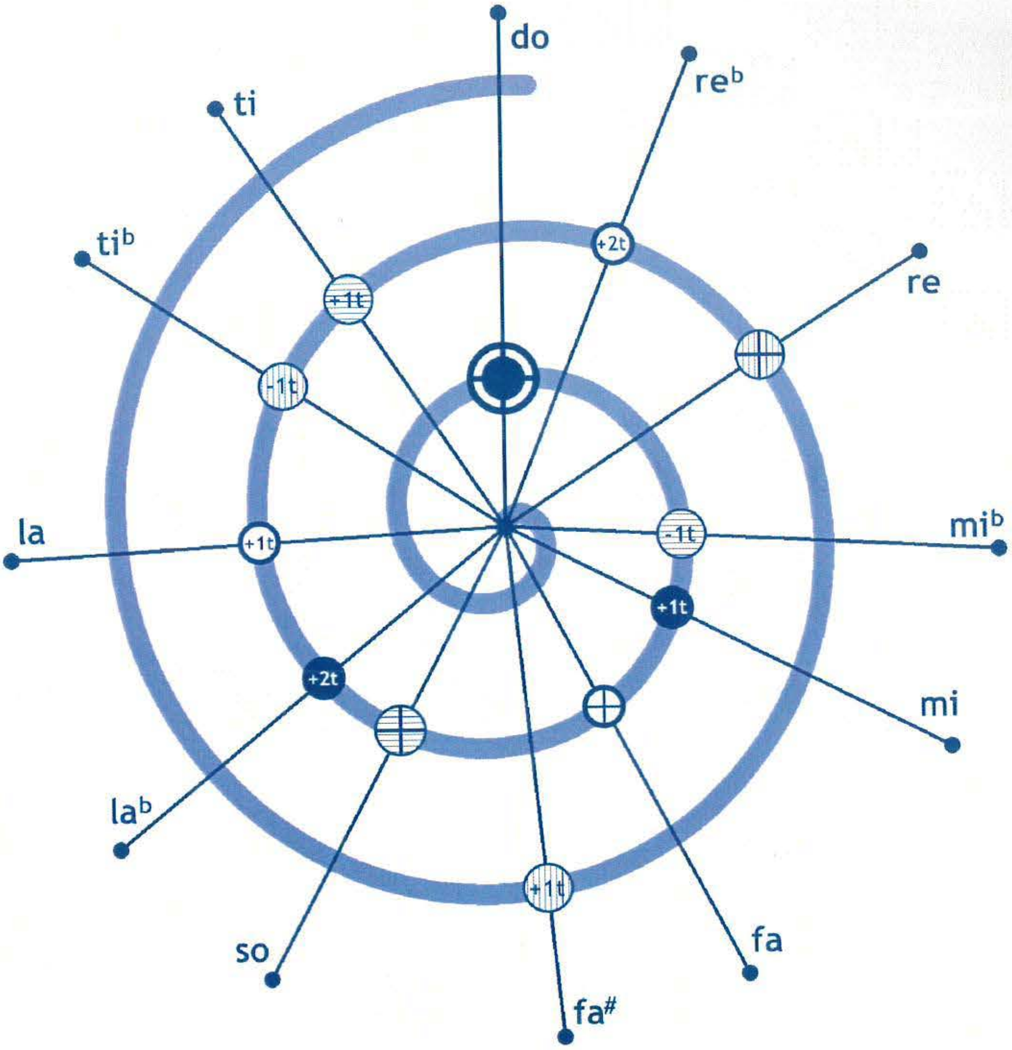
De rene kvintskridt hhv. opad og nedad fra udgangstonen **do= 1/1** er her angivet med som hhv. sorte og hvide cirkler, men trinstørrelsen er altså den samme.
Ved kvintskridt nedad kommer der eksponentielle værdier af **3** i brøkens *nævner*: **3-9-27-...** Ved kvintskridt opad kommer de i *tælleren*. Værdierne ordnes inden for "moderoktaven" **1:2** ved at dividere med tal fra oktavrækken: **1-2-4-8-...**

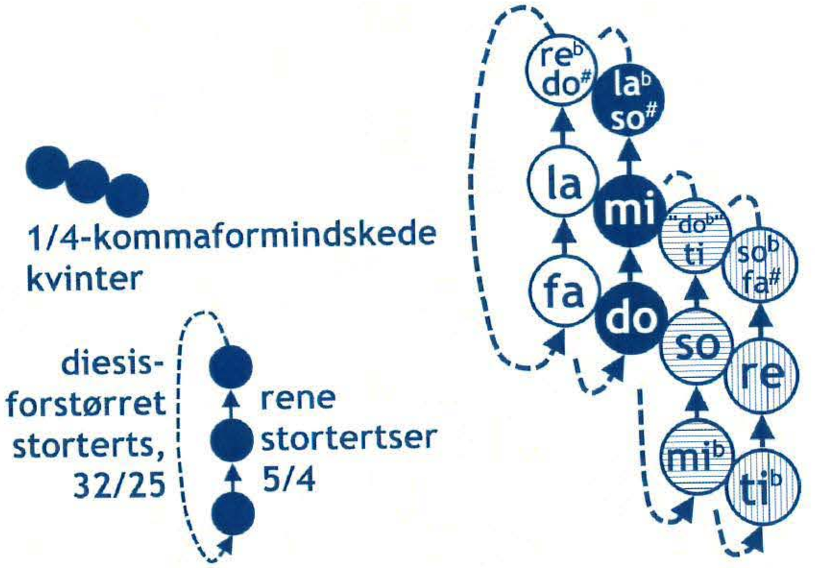
Prisen for de rene kvinter er store tertser, der er et syntonisk komma, 81/80, større end rene store tertser.
Kvintgenerering bruges som basis for pentaton musik:

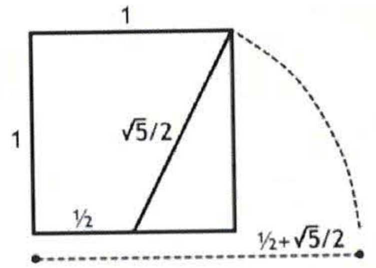
Do-pentaton skala:
1/1- 9/8- 81/64- 3/2- 27/16 (- **2/1**)
Re-pentaton: **1/1- 9/8- 4/3- 3/2- 128/81** (- **2/1**)
Mi-pentaton: **1/1- 32/27- 4/3- 128/81- 16/9** (- **2/1**)
So-pentaton: **1/1- 9/8- 4/3- 3/2- 27/16** (- **2/1**)
La-pentaton: **1/1- 32/27- 4/3- 3/2- 16/9** (- **2/1**)

Sidstnævnte, som modsvarer den heptatone *mol-skala* er en almindelig stemning til shakuhachi- og kyotakufløjter.

Middeltonestemning



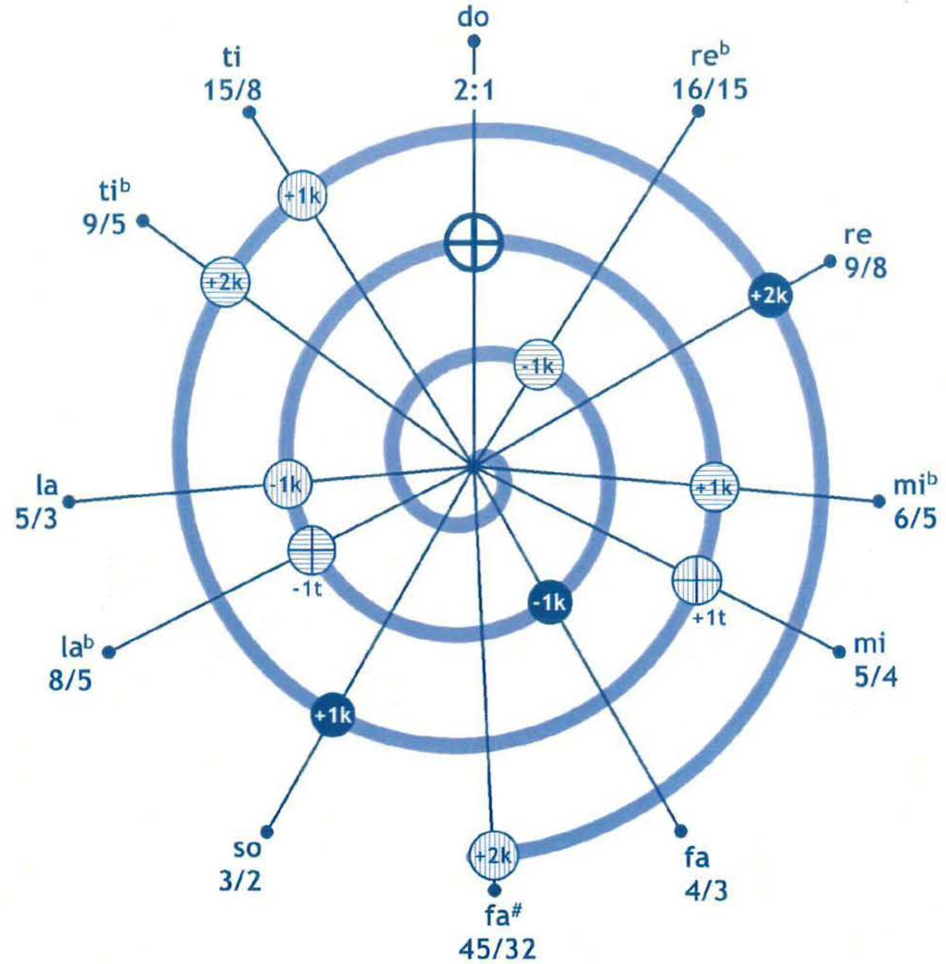


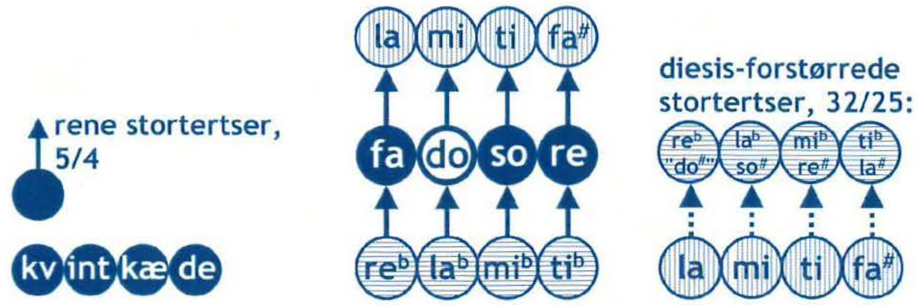


Middeltonestemning ser kompleks ud men lyder smukt. Kvinter i skrå rækker er alle formindskede med ¼ af det syntoniske komma på 81/80. Fire lodrette kæder bygger på rene stortertser, og den store sekund inddeler den store terts i to matematisk lige store trin, heraf systemets navn.

Den rene terts' proportion er **5/4** svarende til 386 cent. Den ligedeles i to heltoner på hver 193 cent ved at tage kvadratroden. $\sqrt{5}/2$ er et vigtigt element i frembringelsen af Den Gyldne Proportion (½ + $\sqrt{5}/2$). Geometrisk svarer værdien til en halvdiagonal i et enhedskvadrat.

Ren stemning



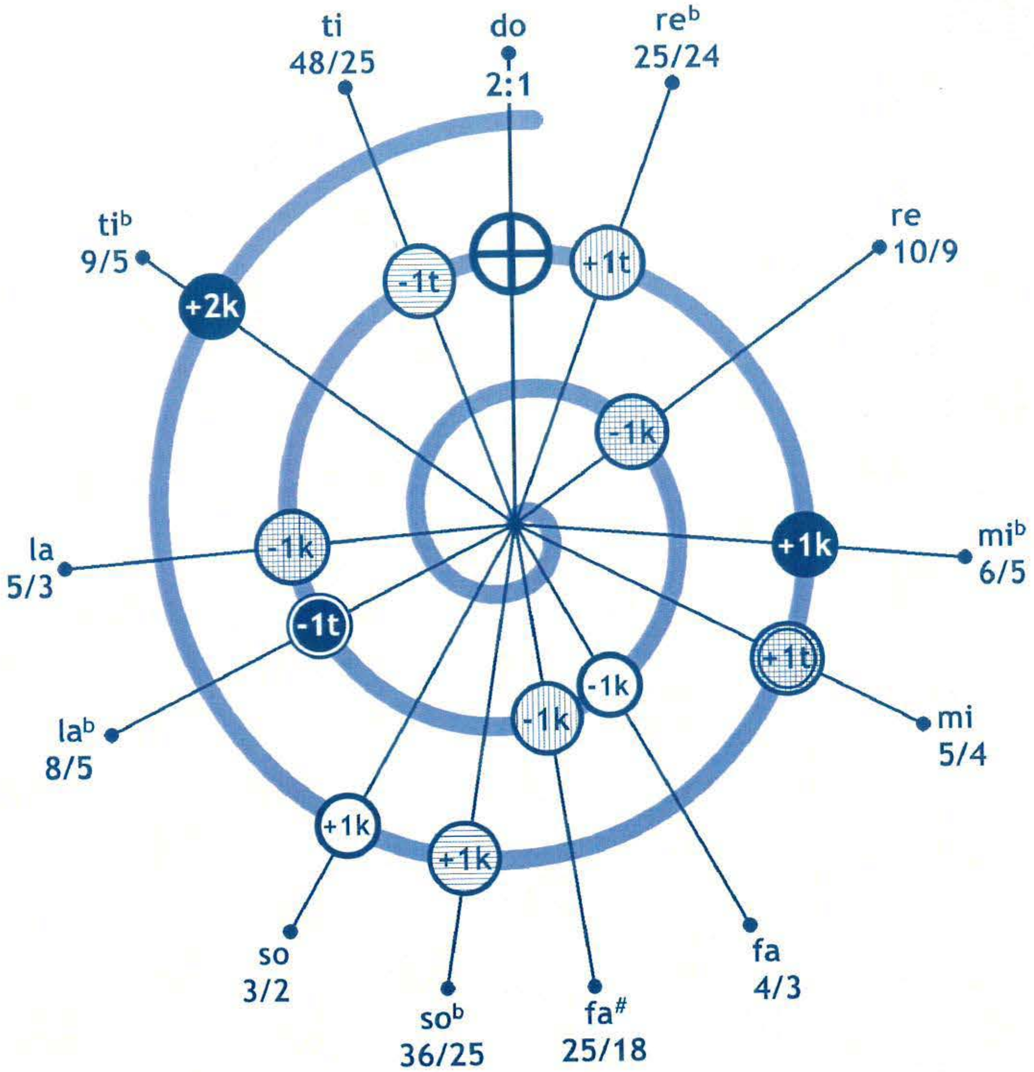


do-	**re^b-**	**re-**	**mi^b-**	**mi-**	**fa-**	**$fa^\#$-**	**so-**	**la^b-**	**la-**	**ti^b-**	**ti**	**(- do)**
1-	**16/15-**	**9/8-**	**6/5-**	**5/4-**	**4/3-**	**45/32-**	**3/2-**	**8/5-**	**5/3-**	**9/5-**	**15/8**	**(-2)**

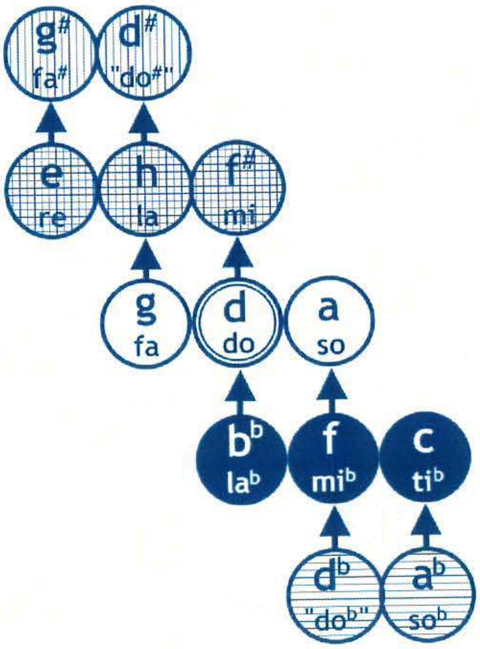
Ren stemming er et tonesystem som primært er sammensat af rene kvinter (faktor **3**) og rene stortertser (faktor **5**). Der er tre kvintkæder á fire toner. Afstanden til nabokæderne er en stor terts. Terts-processen er ikke helt cyklisk, idet tre stortertser næsten, men kun næsten, udgør en oktav: **5/4 x 5/4 x 5/4 = 125/64**, mens én oktav **2/1 = 128/64**. Afvigelsen **128:125** kendes som *diesis*. Det betyder, at det sidste led i terts-cyklussen, hvor den øverste kvintrække, **la-mi-ti-fa$^\#$**, går til den nedres højere oktav, består af diesis-forstørrede stortertser, **32/25**.

Som det fremgår, skaber terts-processsen også et problem med benævnelser: en terts - tre trin - over **la** må således hedde noget med **do** (**la-ti-do**). Det er imidlertid et "forstørret **do**", hvilket i solmisations-systemet er lidt af en selvmodsigelse. Tonen er da også sammenfaldende - enharmonisk - med tonen **re^b**, **16/15**, som vi kender fra nederste kvintrække. Tilsvarende dilemma opstår ved de øvrige disesis-forstørrede trin.

Per Nørgårds rene stemning



do-	**re^b-**	**re-**	**mi^b-**	**mi-**	**fa-**	**fa$^\#$-**	**so^b-**	**so-**	**la^b-**	**la-**	**ti^b-**	**ti**
1-	**25/24-**	**9/8-**	**6/5-**	**5/4-**	**4/3-**	**25/18-**	**36/25-**	**3/2-**	**8/5-**	**5/3-**	**9/5-**	**16/15**



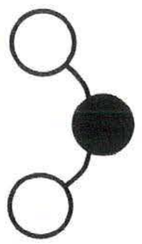
Tonen **d** har en særlig plads i Per Nørgårds univers, således også i hans version af ren stemning.
Her indtager tonerne **g**$^\#$ hhv. **a**^{b} helt særlige roller. De to toner er enharmoniske, har samme tangent på klaviaturet, men pga. diesis-forskydningen, har de en indbyrdes afstand på over en kvarttone.

På et klaver stemt til Per Nørgårds rene stemning løser man dette ved at stemme nogle af de til tangenten hørende strenge som **a**^{b}, andre af strengene som **g**$^\#$. Dette giver tonen en særpræget "honky-tonky"-virkning, som bl.a. vil kunne opleves i værkerne *Turn* og *Spell*.

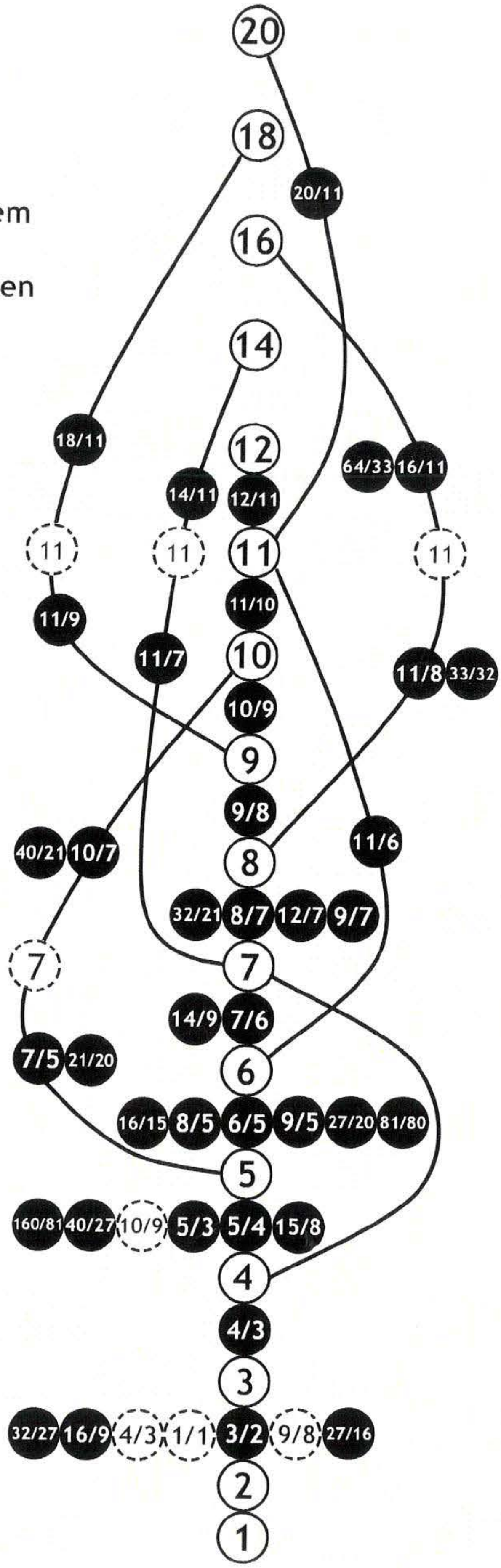
Læs mere om Per Nørgårds stemning på www.pernoergaard.dk

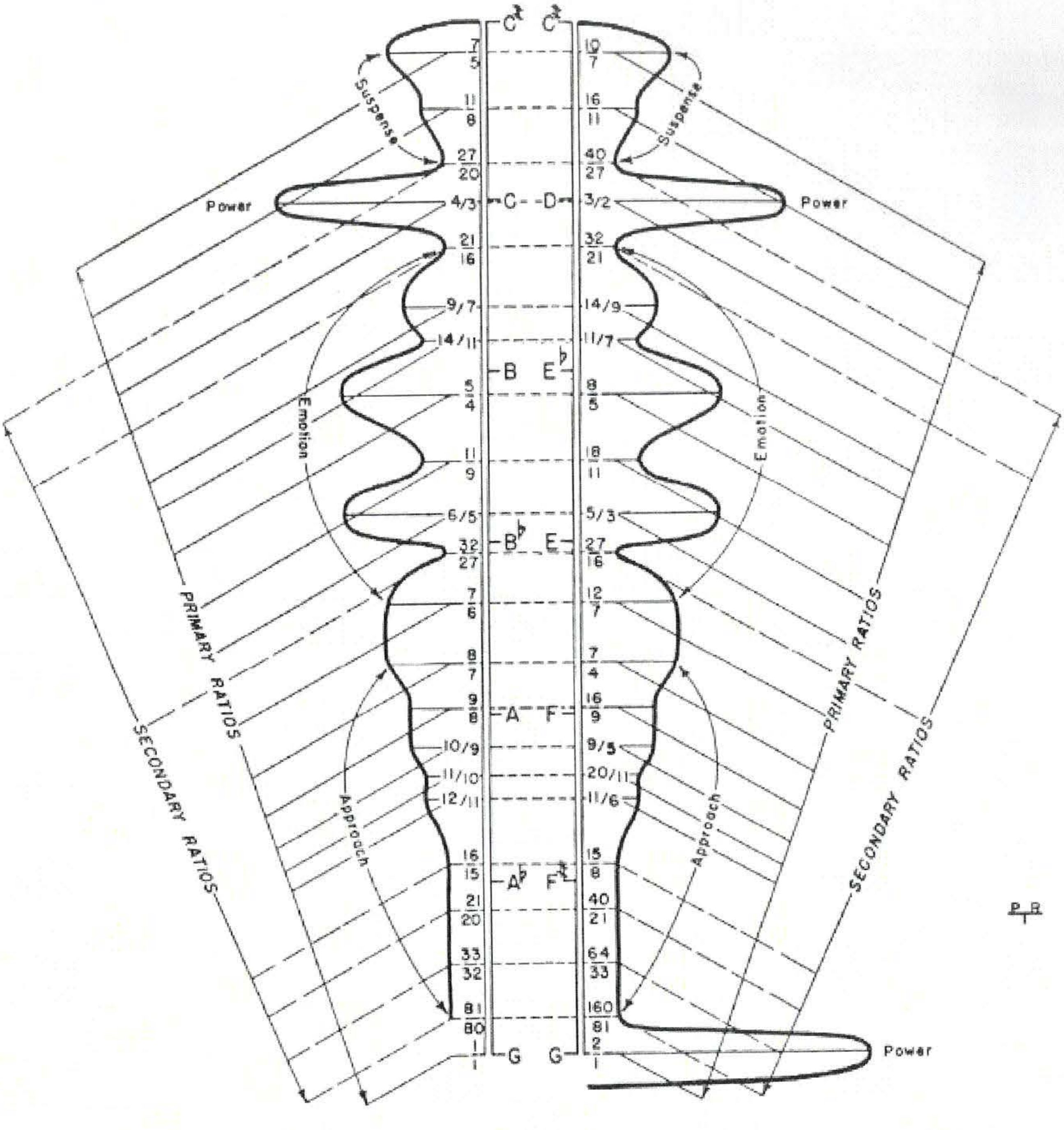
Harry Partch' tonesystem

(2-3-5-7-11)-system



Relation mellem elementer fra overtonerækken





Harry Partch' tonesystem er radikalt forskelligt fra de fleste andre. I princippet minder det mest om ren stemning i sin opbygning, men hvor den rene stemning anvender primfaktorerne **2, 3** og **5** (oktav, kvint og stor terts) og produkter af disse som byggesten, inddrager Harry Partch også primfaktorerne **7** og **11** (naturseptim og let formindsket natur-tritonus) i sit system.

... Og så deler han oktaven op i 43 trin i stedet for de vanlige tolv.

Da systemet i høj grad er udviklet i kraft af Harry Partch's evne til at høre sproglydenes overtoner er det helt oplagt, at disse ekstra faktorer, som man kan fremhæve helt bevidst med stemmen - f.eks. ved overtonesang - er kommet med.

Men Harry Partch var og bliver en outsider!

Strukturen bliver her præsenteret som en søjle, hvor man starter forneden til venstre ved grundtonen **G**, bevæger sig opad, vender ved tritonus og bevæger sig ned langs højre side. Den sorte kurve angiver intervallets "styrke".

Kraft-intervaller= **1/1, 3/2, 4/3, 2/1** (perfekte)

Spændings-intervaller= **27/20, 11/8, 7/5, 10/7, 16/11, 40/27** (tritonus-intervaller)

Emotions-intervaller= **32/21, 6/5, 11/9, 5/4, 14/11, 9/7, 21/16; 32/21, 14/9, 11/7, 8/5, 18/11, 5/3,12/7** (tertser og sekster)

Tilnærmelses-intervaller= **81/80, 33/32, 21/20, 16/15, 12/11, 11/10, 10/9, 9/8, 8/7; 7/4, 16/9, 9/5,20/11, 11/6, 15/8, 40/21, 64/33, 160/81** (sekunder og septimer)

Udvalgte historiske tonesystemer

Pythagoræisk. Til og med middelalder

Navn	frekv.	rel. fr.	dec.	cent
c	256	1	1	0
cis	296,695	256/243	1,053	113,685
d	288	9/8	1,125	203,91
es	303,407	32/27	1,185	294,135
e	324	81/64	1,266	407,82
f	341,333	4/3	1,333	498,045
fis	364,5	729/512	1,424	611,730
g	384	3/2	1,5	701,955
gis	404,543	128/81	1,580	815,640
a	432	27/16	1,688	905,865
b	455,111	16/9	1,778	996,090
h	486	243/128	1,898	1109,775

Ren stemning. Gioseffo Zarlino (1517-90):

Navn	frekv.	rel. fr.	dec.	cent
c	256	1	1	0
cis	273,067	16/15	1,067	111,731
d	288	9/8	1,125	203,910
es	307,2	6/5	1,2	315,641
e	320	5/4	1,25	386,314
f	341,333	4/3	1,333	498,045
fis	360	45/32	1,406	590,224
g	384	3/2	1,5	701,955
gis	409,6	8/5	1,6	813,686
a	426,667	5/3	1,667	884,359
b	460,8	9/5	1,8	1017,596
h	480	15/8	1,875	1088,269

Middeltonestemning. Første gang beskrevet af Pietro Avon, 1523:

c	256	1	1	0
cis	267,496	$\sqrt[4]{5^7}/16$	1,0449	76,049
d	286,217	$\sqrt{5}/2$	1,1180	193,157
es	306,247	$4/\sqrt[4]{5^3}$	1,1963	310,265
e	320	5/4	1,25	386,314
f	342,395	$2/\sqrt[4]{5}$	1,3375	503,422
fis	357,770	$\sqrt{5^3}/8$	1,3975	579,471
g	382,809	$\sqrt[4]{5}$	1,4953	696,578
gis	400	25/16	1,5625	772,627
a	427,998	$\sqrt[4]{5^3}/2$	1,6719	889,735
b	457,946	$4/\sqrt{5}$	1,7889	1006,843
h	478,512	$\sqrt[4]{5^5}/4$	1,8692	1082,892

Werckmeister III. 1686/87

c	256	1	1	0
cis	269,695	256/243	1,0535	90,22
d	286,055	$64/81 \times \sqrt{2}$	1,1174	192,18
dis	303,407	32/27	1,1852	294,13
e	320,723	$256/243 \times \sqrt[4]{2}$	1,2528	390,22
f	341,333	4/3	1,3333	498,04
fis	359,594	1024/729	1,4047	588,27
g	382,701	$8/9 \times \sqrt[4]{8}$	1,4949	696,09
gis	404,543	128/81	1,5802	792,18
a	427,632	$1024/729 \times \sqrt[4]{2}$	1,6704	888,27
b	455,111	16/9	1,7778	996,09
h	481,086	$128/81 \times \sqrt[4]{2}$	1,8792	1092,18

Kirnberger III. 1779

c	256	1	1	0
cis	269,695	256/243	1,0535	90,22
d	286,217	$\sqrt{5}/2$	1,1180	193,16
dis	303,407	32/27	1,1852	294,13
e	320	5/4	1,25	386,31
f	341,333	4/3	1,3333	498,04
fis	360	45/32	1,4063	590,22
g	382,809	$\sqrt[4]{5}$	1,4953	696,58
gis	404,543	128/81	1,5802	792,18
a	427,994	$\sqrt[4]{5^3}/2$	1,6719	889,74
b	455,111	16/9	1,7778	996,09
h	480	15/8	1,875	1088,27

= Ligesvævende

= Ren stemning

cent

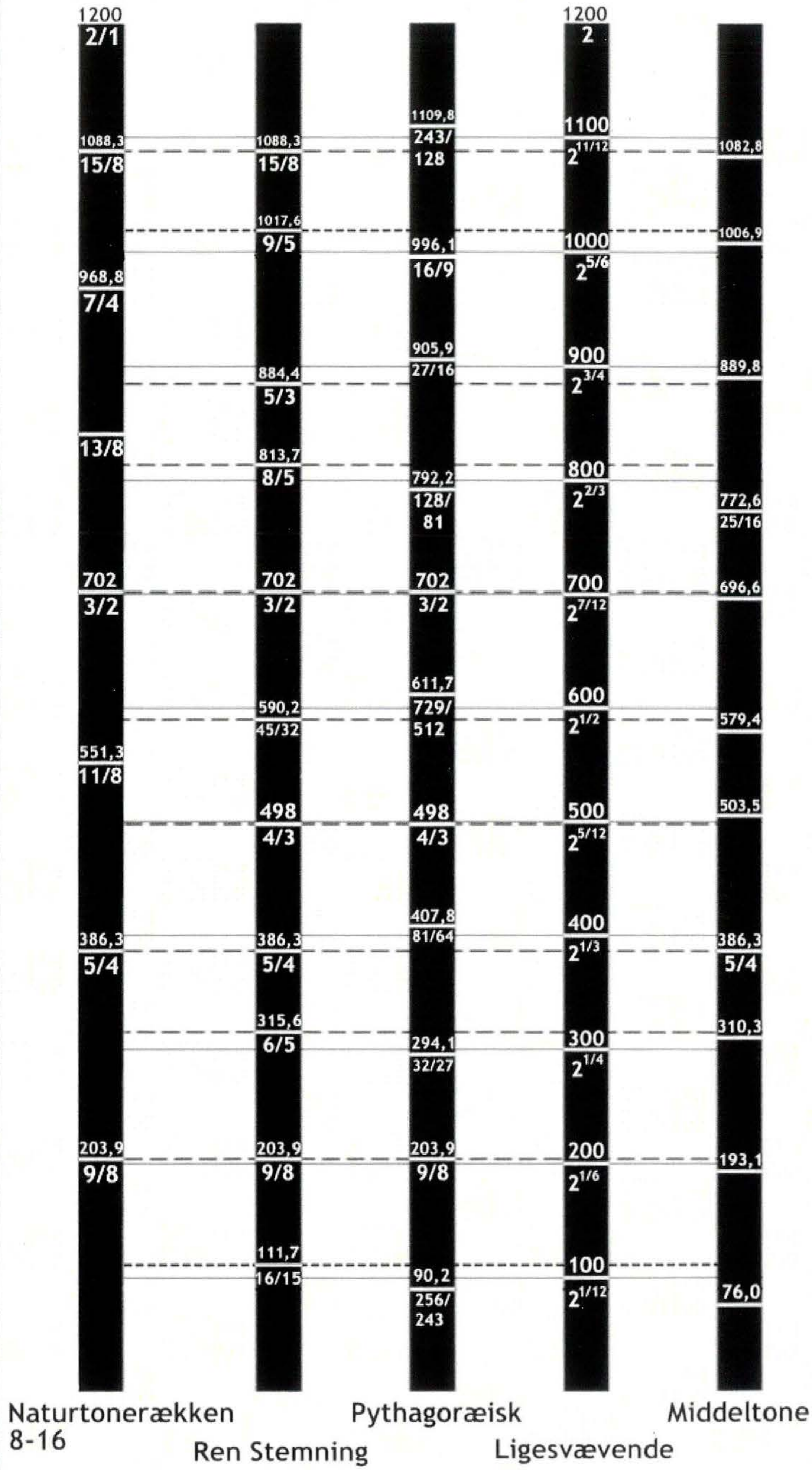
relativ frekvens

$2^{1/12} =$

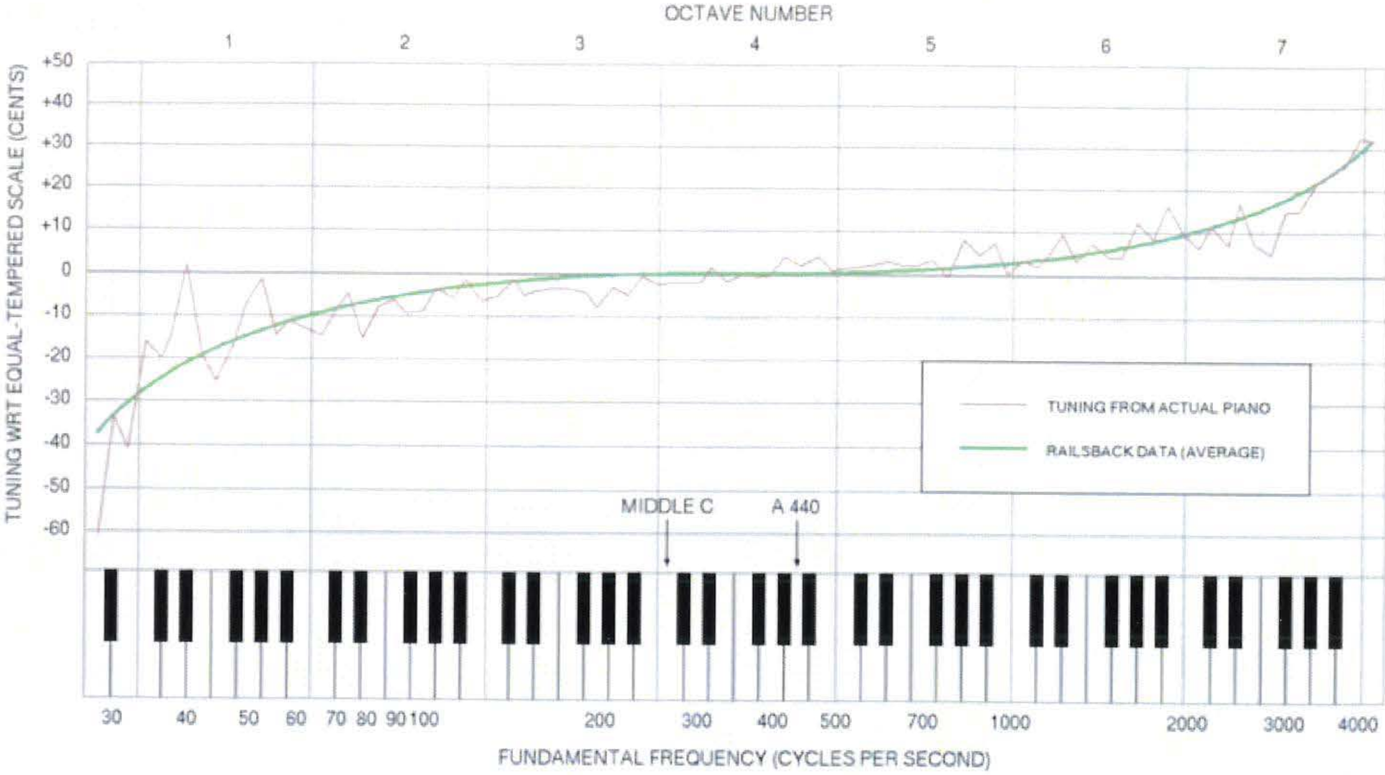
$\sqrt[12]{2} =$

1,059463
Værdi for det ligesvævende halvtrin.
(=100 cent)

Bemærk hvordan rodværdien i den ligesvævende søjle siger noget om, hvor mange af det pågældende trin der går på en oktav.
Der går f.eks.
12 halvtoner/
6 heltoner/
4 små tertser/
3 store tertser
på en oktav.
... Og 12 kvarter på 5 oktaver,
12 kvinter på 7.



At stemme et piano



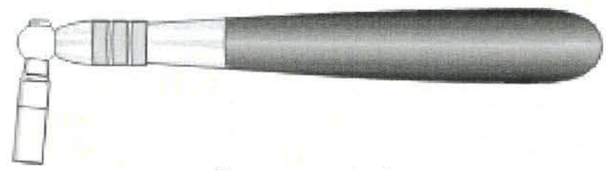
commons.wikimedia.org/wiki/Image:Railsback2.png

Her vises en såkaldt *Railsbackkurve,* som viser, at selv et så universelt og fundamentalt princip som oktaven, når det kommer til praksis, må bøjes. Af hensyn til de stød, der opstår mellem overtonernes svingninger, vil en pianostemmer i instrumentets dybe ende gøre tonerne "lidt for dybe" og i den høje ende "lidt for høje".

Selve stemningen af en streng i et piano er for så vidt ikke voldsomt kompliceret nu om dage, da selve fastsættelsen af den rette tonefrekvens afgøres med elektronisk hjælp fra en "tuner".
I gamle dage var det en lang og vanskelig skolingsvej at blive klaverstemmer, da man skulle kunne alle de mange komplekse forhold "på øret". Foruden skarpe ører krævedes indblik i metoder til at kombinere sig frem til strukturen ved at lytte efter de enkelte toners indbyrdes differenstoner/ stødtoner.
Præcision mht. klangen er, nu som dengang, det afgørende, og der er ganske store kræfter på spil. Træ er stadig det bedste valg til de fleste dele, og under det pres, det udsættes for, vil det arbejde og give sig en del.

Strengen er fastgjort i den ene ende til en fast nagle, i den anden til en *stemmenagle*, som strengen vindes om et par gange vha. en *stemmenøgle*.

Pianostemmenagler



Stemmenøgle

Tonehøjden afhænger af tre faktorer:

- *Strengens længde:* Jo kortere streng, des lysere tone
- *Strengens tykkelse:* Jo tyndere streng, des lysere tone
- *Strengens spænding:* Jo strammere streng, des lysere tone

Diagram udformet af Finn Egeland Hansen gengivet med venlig tilladelse

Tonesystemer Sammenhængen mellem kvintens og stortertsens urenhed i middeltonetemperatur

Kvint: Keglens bredde angiver hvor stor en brøkdel af det syntoniske komma kvinten er mindre end den rene kvint.

Storterts: Keglens bredde angiver med hvor stor en brøkdel af det syntoniske komma stortertsen afviger fra den rene storterts. Stortertsen er større end den rene, når keglen vender mod venstre, mindre når den vender mod højre.

	Kvint		Storterts	
Pythagoræisk stemning	0,0 komma	702 cent, ren kvint	+1 komma	408 cent, pyt. storterts
Ligesvævende temperatur		700 cent		400 cent
	- 1/10 komma	700 cent	+ 3/5 komma	399 cent
	- 1/9 komma	700 cent	+ 5/9 komma	398 cent
	- 1/8 komma	699 cent	+ 1/2 komma	397 cent
	- 1/7 komma	699 cent	+ 3/7 komma	396 cent
Silbermann	- 1/6 komma	698 cent	+ 1/3 komma	394 cent
Rossi, Verheijen	- 1/5 komma	698 cent	+ 1/5 komma	390 cent
Rossi	- 2/9 komma	697 cent	+ 1/9 komma	389 cent
Schlick, Aron, Salinas, Prætorius m.fl.	- 1/4 komma	697 cent	0,0 komma	386 cent
Robert Schmith	- 5/18 komma	696 cent	- 1/9 komma	384 cent
Zarlino	- 2/7 komma	696 cent	- 1/7 komma	383 cent
Robert Schmith Harrison	- 3/10 komma	696 cent	- 1/5 komma	382 cent
Salinas's I. temperatur	- 1/3 komma	695 cent	- 1/3 komma	379 cent
	1/3 komma		1/3 komma	

Disse temperaturer har ikke haft nogen praktisk betydning; men de repræsenterer overgangsformer mellem den ligesvævende temperatur og de nedenanførte middeltonetemperaturer se Bar. I, pag. 43

Alverdens tonesystemer

Verden er klang! Mennesker har alle dage bøjet og bearbejdet klangens indhold, og sådan skal det være!! Her er et lillebitte udpluk af forskellige tider og steders tonesystemer. De relative frekvensværdier angives fra prim til oktav. I de tilfælde, hvor værdien kan beskrives med rene heltallige proportioner (**fed**) er det valgt, men der suppleres med cent-systemet, hvor det har været nødvendigt:

Vallotti & Youngs tonesystem (Vallottis version) Berømt veltempereret system fra Mozarts tid:
0 cent- 94,135 cent- 196,090 cent- 298,045 cent- 392,180 cent- 501,955 cent- 592,180 cent- 698,045 cent- 796,090 cent- 894,135 cent- 1.000 cent- 1.090.225 cent- 1.200 cent

Kinas traditionelle kvintgenererede tolv toner:
1- $3^7/2^{11}$- $3^2/2^3$- $3^9/2^{14}$- $3^4/2^6$- $3^{11}/2^{17}$- $3^6/2^9$- 3/2- $3^8/2^{12}$- $3^3/2^4$- $3^{10}/2^{15}$- $3^5/2^7$ (-2)

Pygmæskala. Denne skala har ligesom gamelan-musik en forkærlighed for naturtone nr. **7** og dens relationer:
1/1- 8/7- 21/16- 3/2- 7/4- 2/1

Gender wayang fra Pliatan, Sydlige Bali (Slendro), 1/1=305,5 Hz:
1/1- 235,419 cent- 453,560 cent- 704,786 cent- 927,453 cent- **2/1**

Moderne Pelog konstrueret af Dan Schmidt, spillet af Berkeley Gamelan [**2-3-5-7-11**]:
1/1- 11/10- 6/5- 7/5- 3/2- 8/5- 9/5- 2/1

Gamelan Saih pitu fra Ksatria, Den Pasar, sydlige Bali. 1/1=312.5 Hz:
1/1- 153 cent- 315 cent- 552 cent- 706 cent- 848 cent- 1.058 cent- **2/1**

Gamelan kodok ngorek (1/1=270 Hz):
1/1- 227.965 cent- 449.275 cent- 697.675 cent- 952.259 cent- 1196.79 cent

Folketradition **Rajasthan, Indien** (ren stemning, heptaton, dur):
1/1- 9/8- 5/4- 4/3- 3/2- 15/8- 2/1

Japansk pentaton kotoskala (ren stemning, mol-pentaton): **1/1- 9/8- 6/5- 3/2- 8/5- 2/1**

Xylofon fra vestlige **Afrika**:
1/1- 152 cent- 287 cent- 533 cent- 724 cent- 890 cent- 1.039 cent- **2/1**

Bohlen Pierce skala:
1/1- 27/25- 25/21- 9/7- 7/5- 75/49- 5/3- 9/5- 49/25- 15/7- 7/3- 63/25- 25/9- 3/1
Har som ramme duodecimen (oktav + ren kvint, **1:3**) i stedet for oktaven.

Arabisk 17-delt [**2-3**]-system, beskrevet af Safi al-Din al-Urmawi (ca. 1230-1294):
1- 256/243- 65.536/59.049- 9/8- 32/27- 8.192/6.561- 81/64- 4/3- 1.024/729- 262.144/177.147- 3/2- 128/81- 32.768/19.683- 27/16- 16/9- 4.096/2.187- 1.048.576/531.441- 2

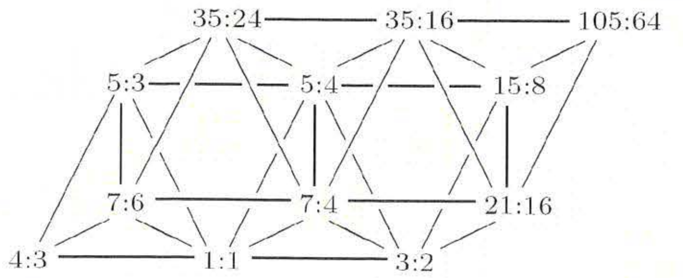
Intervalfølgen kan også beskrives med følgende potenser af hhv. **2** (oktav) og **3** (ren kvint):
2^0- $2^8/3^5$- $2^{16}/3^{10}$- $3^2/2^3$- $2^5/3^3$- $2^{13}/3^8$- $3^4/2^6$- $2^2/3$- $2^{10}/3^6$- $2^{18}/3^{11}$- 3/2- $2^7/3^4$- $2^{18}/3^9$- $3^3/2^4$- $2^4/3^2$- $2^{12}/3^7$- $2^{20}/3^{12}$- 2

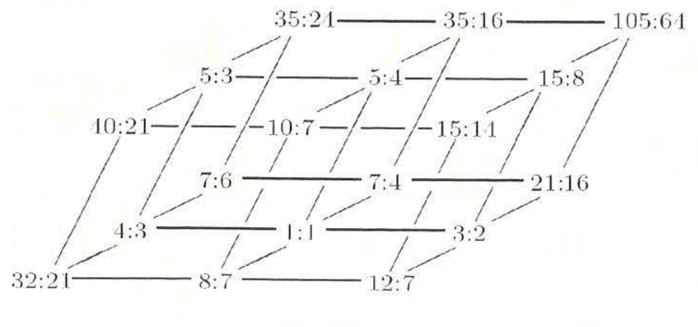
Størrelsen på skridtene mellem skalaens enkelte trin veksler mellem **256/243** ($2^8/3^5$, 90,225 cent, limma) og **531.441/524.288** ($3^{12}/2^{19}$, 23,46 cent, Pythagoras' komma). Alle den pythagoræiske stemnings værdier indgår på nær **729/512** og **243/128.**

Nordmanden **Eivind Grovens** (1901-1977) 35-delte modificerede ren stemning (rene stortertser, tempererede kvinter)

0- 20,52- 70,95- 91,44- 111,97- 182,89- 203,41- 223,94- 274,37- 294,87- 315,39- 386,31- 406,82- 427,36- 477,79- 498,29- 518,81- 569,24- 589,73- 610,26- 681,18- 701,71- 722,23- 793,15- 813,68- 884,60- 905,11- 925,65- 976,08- 996,58- 1017,1- 1067,5- 1088,0- 1108,5- 1179,5 (-1200)

To eksempler på rene [**2-3-5-7**]-systemer, hhv. 12- og 18-tonal, i grafisk tredimensional gengivelse. Linierne repræsenterer hhv. rene små og store tertser samt kvinter og septimale forbindelser:





Den højeste sandhed eller den laveste fællesnævner?

Den ligesvævende temperatur, det tonesystem som praktisk talt al vestlig musik nu indretter sig efter, er en meget praktisk, matematisk løsning, hvor alle intervaller jævnes ud med en logaritmisk deling af oktaven. Men det er på bekostning af renheden, ørets oplevelse af enkle proportioner. Når en inder, som er trænet i sin klassiske traditions rene intervaller, lytter til eksempelvis vestligt kirkeorgel eller orkestermusik - for slet ikke at nævne populærmusik - vil de fint trænede ører opleve harmonierne som skæve og falske... og man behøver nu faktisk ikke at være inder for at blive opmærksom på det!!
Man må antage, at der kollektivt i vestlig kultur er sket en tilvænning til et system, som fintfølende ører ofte har ømmet sig over:

Herman von Helmholtz (1821-1894),
Die Lehre von den Tonempfindungen:
"Musikken som baseres på de tempererede skalaer må betragtes som meget ufuldkommen... Vi kan kun antage den er smuk eller endog opleve den som sådan for så vidt som vores lyttende evner er blevet systematisk ødelagt gennem barndommen."

"Ligesvævende temperatur har en meget uheldig indflydelse på musikudøvelsen"

Robert Smith, 1759:
"En meget grov og ubehagelig stemning"

Sir James Jeans (1887-1946):
"De indiskutable dissonanser i ligesvævende temperatur volder os ikke længere så store kvaler, som de tydeligvis voldte vore bedre vante forgængere."

Alain Danielou (1907-94):
"Hvis verden skal bevare sin ligevægt, må dens forskellige elementer harmoniseres. Da musikken udtrykker relationerne mellem mennesket og den kosmiske verdensorden, må den respektere de præcise intervaller hvorpå disse relationer bygger...
At ignorere en så indlysende sammenhæng vil nødvendigvis lede til ligevægtens nedbrydning og socialt kaos."

"Ved at tillade vildfarelser som ligesvævende temperatur, vil vi efter al sandsynlighed drive den klassiske europæiske musiktradition ud i total dekadence.
Den succes som den afro-amerikanske musik nyder med sine "blå" toner, der er så fremmede for tempererede stemninger og derfor også så udtryksfulde, er ikke kun et tidsfænomen.
Det viser nødvendigheden af et forståeligt tonesystem, af logiske og klare intervaller, som kan løfte det slør af udtryksløshed og udvanding som temperering spreder over selv de mest lidenskabelige satser i de største symfonier."
Music & The Power of Sound

"Igennem århundreder har den såkaldte ligesvævende temperatur i den vestlige verden drastisk begrænset komponistens og musikerens virkemidler. Det skal erindres, at tempereringen blot er et kompromis, man har kommet frem til for at lette markedsføringen af visse typer instrumenter. Det skal bemærkes, at når en kunstner- med sin stemme eller violin - har friheden til det, vil han frembringe intervaller som ikke hører hjemme i den ligesvævende temperatur."

Litteratur, her kun et begrænset udpluk:

Athony Ashton: Musikens matematik,
Svenska Förlaget, 2003.
Original: Harmonograph, Wooden Books, 2001.

Dave Benson: A Mathematical Offering

Hans Buhl: Sfærernes harmoni,
Steno Museets Venner, 2000

H. F. Cohen: Quantifying Music

Alain Danielou: Music and the Power of Sound

Bart Hopkin: Musical Instrument Design,
See Sharp Press, 1996

Gert Uttenthal Jensen: Tal og tangenter, Matematiklærerforeningen LMFK

Jens Kjeldsen: Den klingende orden,
Systime, 2000

Martin Knakkergaard og Finn Gravesen (red.): Gads Musikleksikon I-II, 2003.
Opslaget Tonesystem v/ Finn Egeland Hansen

Ulrik Michels: Munksgaards Musikatlas I-II, 1992

Frede Schandorfs egne udgivelser om chronomatik

Peter Wang: Affinitet og tonalitet - en analyse

Om Apollon, Tommer og Toner

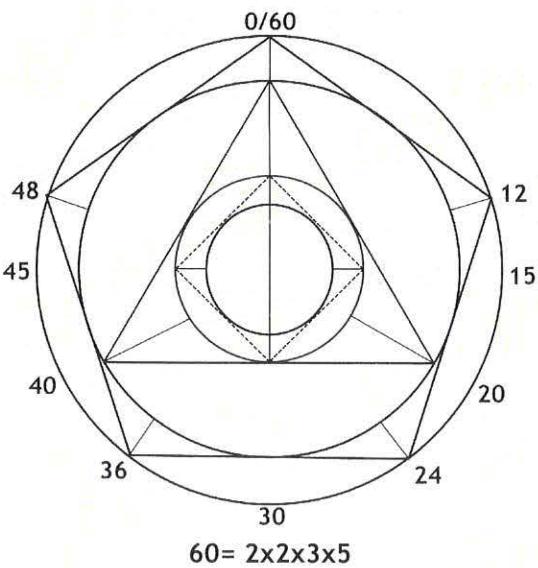
Kan drift og rationel tanke mødes?

/Skye Løfvander

Optakten er ren Asterix: Romerne har besat hele Europa, men oppe mod nordvest holder en lille enklave tappert stand! 11. september fandt jeg en notits i en gratisavis i S-toget, Urban var det vist. Det fremgik, at EU-kommissionen efter 35 års kamp endelig havde strakt våben i kampen for at harmonisere briterne på måleområdet. De brave briter har jo nogle ældre måle- og vejesystemer med *ounces, pints, gallons, pund, stones, tommer, yards,* mm., som for moderne decimal-europæere kan virke forvirrende. Og briterne slipper nu heller ikke helt, for selvom de foreløbigt er sluppet for den endegyldige harmonisering, er det blevet lovpligtigt også at opgive varers mål og vægt i metersystemet... hvem sagde millimeter-demokrati?

Jeg sympatiserer vældigt med de gæve øboere i denne sag, som minder en lille smule om noget som kunne være endt langt mere alvorligt, nemlig da digital tidsvisning med tal - 09:29:19 - i en periode var ved at presse urskivernes cirkulære visning ud. Heldigvis var de konservative kræfter her stærkest, så de fleste urskiver nu - som de bør og skal - stadig viser tiden som en cyklus.

Det er ikke kun et abstrakt spørgsmål, om man nu skal forstå tiden som lineær eller cyklisk, det er et spørgsmål, om vi har held og forstand med at bruge fortolkningsmodeller som gør os mere eller mindre fremmedgjorte for den verden vi lever i. Jeg har slet ikke lyst til at tænke på, hvordan et samfund er at leve i, som har udryddet den cykliske tidsforståelse. Med urskiverne lærer vi jo ikke bare klokken i tidens løb, vi lærer også - ubevidst for mange ganske vist - noget fundamentalt om at dele en cirkel og dermed om de primære geometriske former:



60= 2x2x3x5

Og sidst men ikke mindst får vi en træning i at orientere os i andre talsystemer end det titalssystem, som trods alt ikke er lige velegnet til alting.

Den **12**-delte cirkel er sammensat af **2**-delinger og **3**-delinger, **12= 2x2x3**, og bygger altså på primtallene **2** og **3**.

Den **60**-delte cirkel bygger tilsvarende på primfaktorerne **2**, **3** og **5**.

Titalssystemet bygger på primfaktorerne **2** og **5**.

I min barndoms grønne dal var begrebet *fremmedgørelse* noget, mange velmenende - og måske lidt for udviklingsængstelige - pædagogtyper talte meget om. Som tiden er gået, bruges begrebet næsten ikke mere, men det er sket i takt med, at vi er blevet mere og mere... fremmedgjorte!! ... Vi forstår ikke vores plads i en alt for kompleks verden og frem for alt kan det være svært at føle meningen.

Et udtryk for dette finder man i den meget udbredte pop-numerologi, hvor man - hvis vi i kritikken skal begrænse os til det, vi lige har berørt - slet ikke reflekterer over, at man tager tværsummer efter titalssystemet på strukturer som måneder, alfabet og stjernetegn, som slet ikke er skabt til decimal tænkning.

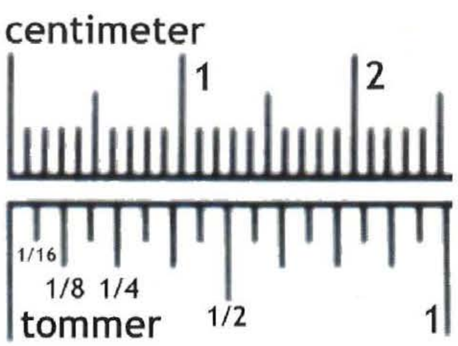
Længslen efter sammenhæng mellem tallets "sjælelige ladning" og dets tegn - altså hhv. kvalitet og kvantitet - er imidlertid regulær nok, og ikke mindst vigtig i en tid, hvor tallet er blevet et dødt redskab i en sjæleligt fremmedgjort kultur. Men de gode numerologer ville kunne nå dybere, hvis de forstod elementær matematik og da specielt musikkens, hvor sammenhængen ligger lige for:

2-deling er *oktav*, **3**-deling *kvint* og **5**-deling er *ren stor terts*. Det, som ser ud som en talværdi, kan opleves direkte i sjæl og krop.

Nå, tilbage til tommerne! Jeg håber og tror, at vi bedre kan undvære dem end den cirkulære tid, for jeg tvivler på, at denne korte størrelse i længden vil stå distancen. Men i så fald skal den have en lille fanfare og en opadvendt tommeltot til afsked, mens den synker ned i harmoniseringens ildsø, for der er bestemt kvaliteter ved denne model, som vil være et savn, når vi ikke har den mere:

- Første element er let at forstå: Det er praktisk at have et mål, hvis størrelse referer til noget kropsligt, uanset hvor forskelligt vi i praksis er proportioneret.

- Derudover bygger tommemålet - lidt ligesom den 12-delte urskive - på et princip om at dele helheden så enkelt som muligt.



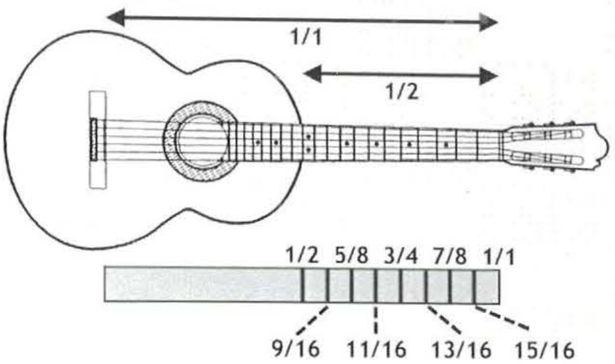
Her er et stykke af en tomme- og centimeterstok gengivet let forstørret. En tomme er rundt regnet 2,54 centimeter. Som det fremgår, er en centimeter underdelt i **2x5** millimeter, mens tommen som sit underdelingsprincip ganske enkelt bruger gentagne halveringer, altså alene bygger på primfaktoren **2**.
Som det er blevet dette hæftes læsere bekendt, svarer en halvering af en bølgelængde, f.eks. på en fløjte eller en streng, til, at man stiger til en højere oktav. Da den mindste underdeling af tommen er **1/16**, kunne man sige, at den fra en musikalsk betragtning regner med fire oktaver: **1:2:4:8:16** (en-til-to-til-fire-til-otte-til-seksten).

Denne del af historien var nok endt som en notits også i denne sammenhæng, hvis det ikke havde været fordi, jeg 12 dage senere modtog en mail fra psykoterapeut og verdensmusikentusiast Jack Donen. Han gjorde mig blandt andet opmærksom på musikeren Daniel Perrets arbejde med de såkaldte *aulosskalaer*.


Jack Donen

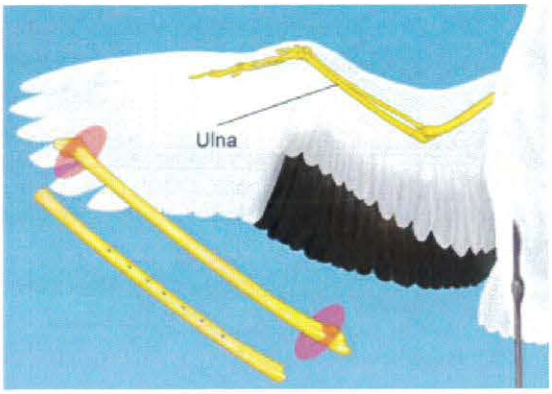

Daniel Perret

Skalaerne har navn efter en traditionel græsk dobbeltobo eller -fløjte. I 1920'erne udgravede den tyske arkæolog Kathleen Schlesinger en fløjte, hvor hullerne var placeret anderledes end normalt var kendt, og musikken, der kom ud af de kopier man fremstillede, lød meget særpræget.
Hullerne var for så vidt anbragt på meget simpel vis ved at inddele længden først i to, dernæst den ene halvdel i otte lige store længder, altså reelt i **1/16**-dele af den fulde længde.
Strenge og luftsøjler opfører sig, hvad længder angår, stort set ens musikalsk set, så ovenfor vises en guitar og derunder de tilsvarende længder for et imaginært "aulos-gribebræt":



Den vakse læser vil gennemskue, at det er helt bevidst, når tommestokken er anbragt overfor i sammenstillingen. Musik er tid og rum flettet sammen! ... og de længder som skaber musikkens rum gennem aulossen er i virkeligheden så simple, som de kan blive: som en anden tommestok deles fløjten jo op i sekstendedele fra **8/16** til **16/16**. Dette er grunden til, at jeg uden megen refleksion hurtigt svarede Jack, at skalaen såmænd bare måtte være overtonerækkens simple naturgivne progression af frekvenser fra faktor **8** til **16**, startende med heltone fra prim, **8**, til sekund, **9**, og sluttende med halvtone fra **15** til **16**, stor septim til oktav.
... men da jeg havde trykket på "send"-knappen, gik det op for mig, at jeg havde været lidt for hurtig! ... For det er jo netop ikke overtonerækken, men dens *spejling*, hvor første trin fra prim til sekund er lille, halvtonen **16/15**, og det sidste trin fra septim til oktav er stort, **9/8**.
På guitarer indikerer to prikker på halsen oktav, og hvert bånd svarer til et halvtoneskridt. Som det fremgår af illustrationen er første skridt, halvtonen, regnet fra stemmeskruerne sammenfaldende for de to "målestokke", det samme er oktaven.

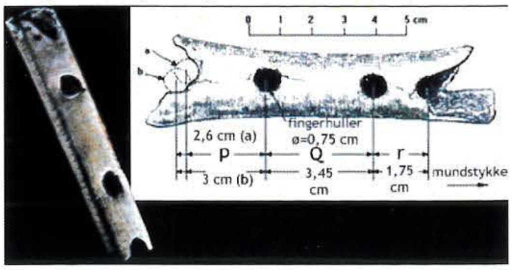
Der var altså måske alligevel noget med den der aulos, og jeg burde ellers om nogen være vågen for det, da jeg gennem flere år har optrådt med min egen opfindelse, nemlig det traditionelle overtoneinstrument seljefløjten udstyret med blokfløjtemundstykke, så man kan spille på to samtidigt, altså princippet fra aulossen, en dobbeltfløjte!



Ideen med at anbringe fløjtehuller med lige stor afstand er omtrent så gammel som musikken selv. De ældste musikinstrumenter, som man stadig kan spille på blev fundet ved landsbyen Jiahu i Henan-provinsen i Kina fra 1983 og frem, og er fra en samling på 33 8-9.000 år gamle fløjter. De er fremstillet af tranevingeknogler, svarende til vores underarms-knogle og er godt 20 cm lange. Med en så kort længde, må hullernes indbyrdes afstand ikke være for tæt, for så er der ikke plads til fingrene.

Det betyder at den udmelding, som i første omgang kom fra musikhistorikere, var, at det var ret tilfældigt med musikken i den kinesiske stenalder, det var et praktisk spørgsmål om at skaffe plads til fingrene! Men så dukkede et fund op, et brudstykke af en usædvanlig fløjte, hvor der var 10 fløjtehuller i to parallelle rækker med meget kort afstand. Trinene mellem de enkelte toner svarer til halvtonetrin og man mener, at den har været anvendt som reference, en tuner eller "stemmegaffel", når man skar fløjter og skulle stemme dem, for med de korte afstande mellem hullerne er den umulig bare at spille på. Et andet fund var en grav med to fløjter, hhv. en pentaton og en heptaton skala og endelig fandt man en pentaton fløjte, som var så præcis, at tilfældigheder var helt udelukket. Man kan jo netop statistisk kalkulere, hvorvidt et bestemt tonemønster er fremkommet ved en tilfældighed eller med henblik på en særlig udvælgelse af tonemateriale, men det kræver naturligvis overblik og indsigt.

Af samme grund vil musikhistoriske forskere sikkert længe holde gang i diskussionerne om et fund fra 1995 i Divje Babe i Slovenien af en mindst 40.000 år gammel stump lårbensknogle fra en hulebjørn, for er det bidmærker fra et rovdyrs hjørnetænder eller er det rester af hofinstrumentet fra "Hulebjørns klan", en neandertalers fløjte? Bølgerne går højt, for spørgsmålet kan rykke ved hele vores forståelse af menneskets kulturelle udvikling. Det er under alle omstændigheder påfaldende, for de fire huller - hvoraf to er intakte sidder nydeligt på række i knoglens tykkeste del, så de ville kunne frembringe en nydelig **do-re-mi-fa**!

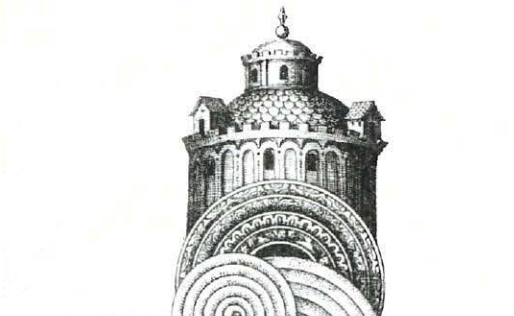


Vi skal 5.000 år længere frem i tiden, før der er ekspertenighed om stenalderfløjter fra hhv. Isturitz i Pyrenæerne og Geissenklösterle ved den tyske del af Donau. De er fremstillet af hhv. mammuttand, gribbe- og svanevingeben, og kan spille tilnærmet pentatont. Mærk og hør ånden i musikhistoriens vingesus!

Næste kapitel har som omdrejningsakse *Musikkens tempel*, et tryk af den engelske renæssancelæge Robert Fludd (1574-1637), det vil sige at det er graveret på hans anvisninger af Matthieu Merian (1593-1650).

"Betragt med omhu spiralsnoningerne i tårnet; de betegner luftens bevægelse, når denne berøres af lyden eller stemmen." Robert Fludd

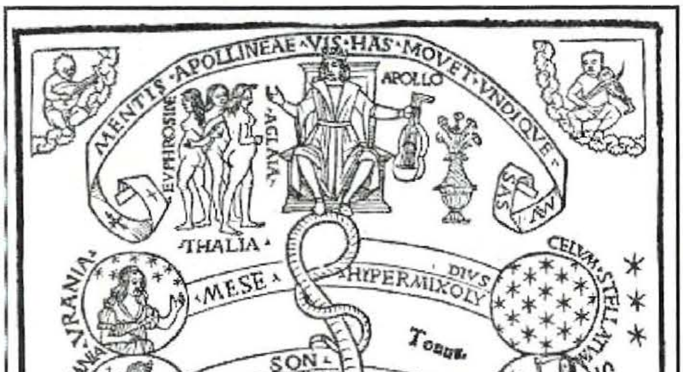
Jeg har altid været fascineret af Fludds univers, og med dette tryk er han nærmest ikke til at komme udenom, når man som jeg gennem mange år har arrangeret musikbegivenheder i Rundetaarn, hvis grundsten i parentes bemærket blev nedlagt i Fludds dødsår.



Her er det hele: den ydre form af det runde tårn, de himmelske sfærer i ornamentet, betoningen af spiralen... og så er der ellers - i modsætning til Rundetaarn - to tilsyneladende ligeværdige indgange. Fludd oplyser direkte, at de skal symbolisere ørerne, men det er nok også i overensstemmelse med værkets ånd at forstå de to åbninger som de to *tilgange* til musik, som de to skikkelser repræsenter på billedet.

Den første af dem er Apollon, solguden, som spiller på sin lut, som i myten fra den græske oldtid dog er en lyre. Den er fremstillet af den fiffige gud Hermes, som ved en klippehule fandt et skind og et skildpaddeskjold at spænde det ud over, inden der kom strenge på. Og det er den højere ordens musik, kosmos, harmoni, som vælder frem når Apollon slår på sine strenge.

Selve begrebet musik knytter sig til Apollon, for det er afledt af *muserne*, gudinder for de kunstarter, der bevæger sig gennem tiden: digtning, dans, lyrik og stjernekundskab. Og Apollon bliver i den sammenhæng betragtet som den første bevæger, *primum mobile*. Det ses på nedenstående træsnit af Franchino Gafori, hvor Apollon styrer livskraftens tre-hovedede slange gennem musernes ni sfærer ned til jorden.



Franchino Gafori Practica musice, 1496

Den trehovedede livsslange symboliserer rummets tre dimensioner og tidens tre aspekter. De ni sfærer er de klassiske planetsfærer, men derudover samtidigt musernes domæne og en tonestige, der bevæger sig gennem de klassiske græske modi med de navne som siden blev kendt fra kirketonearterne. Dog er der sket en navneforbytning undervejs, men det er en anden historie.

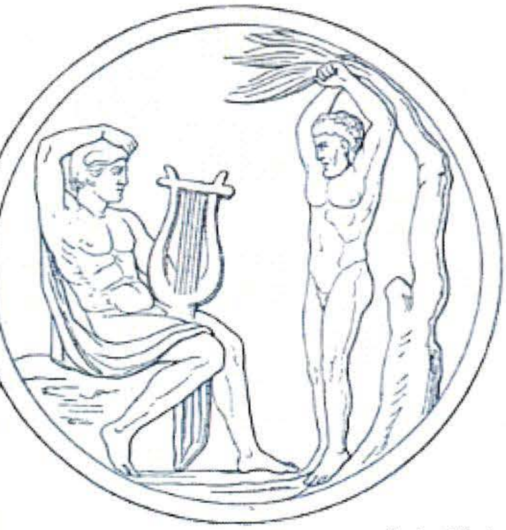
Den anden skikkelse på Fludds tryk er mindst lige så spændende, en fyr med bukkeben og horn i panden! For fanden, det var en anden snak ... og musik! Ganske vist er navneligheden mellem Fanden og hans dionysiske fætre Pan og Faun tilfældig, men forbindelsen er klar, også når vi ser, hvordan førstnævnte afbildes. Det er drifterne, liderligheden, det utæmmelige og ukontrollerbare, som i den vestlige kultur er blevet til fristeren og modstanderen, men altså modelleret op over nogle relativt uskyldige naturguder.

At det er strengene, som i denne sammenhæng repræsenterede *kosmos*, og panfløjten som stod for *kaos*, lader ingen tvivl tilbage om, at vi taler om en tid som endnu ikke kendte til hverken Jimmi Hendrix eller George Zamfir!

Nu skulle Pan på Fludds musiktårn også rettelig have været en *satyr* - med stivpik og hestehale - og fløjten været en *aulos*, for billedet bygger på myten om den musikalske væddekamp mellem Apollon og Marsyas. Sidstnævntes instrument var oprindeligt ifølge myten Pallas Athenes, som elskede dets lyd, men hun smed det fra sig med en forbandelse, da det gik op for hende, at de andre guder grinede af de grimasser, der helt naturligt fulgte med spillet.


Athene og Marsyas med aulos for fødder. Bronzekopi af Myrons værk (medio 5. årh. fvt.), Botanisk Have, København. Der refereres bl.a. til denne fra flere internationale Wikipedia-sider.

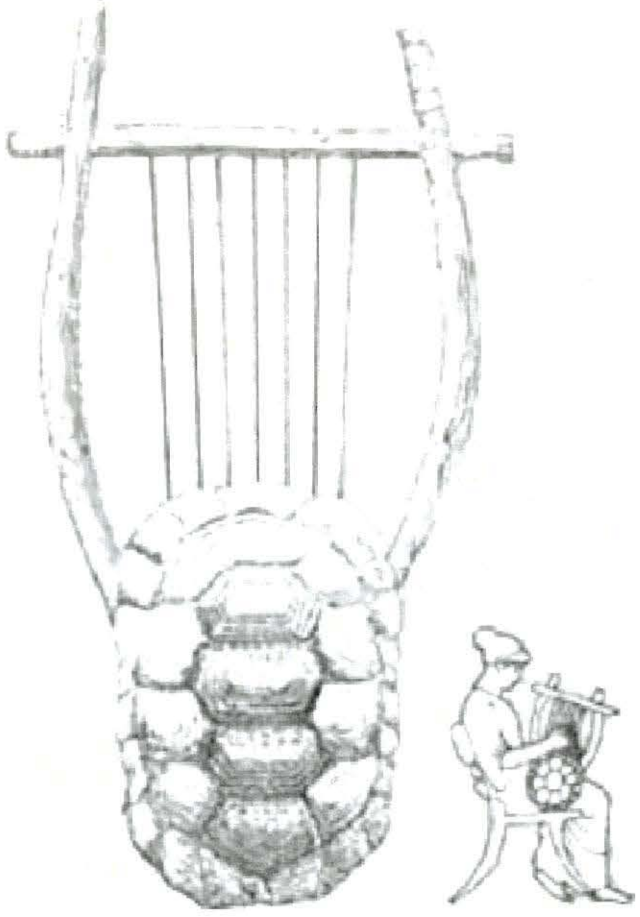
Forbandelsen ramte Marsyas, som senere fandt fløjten, og blev så grebet af at spille på den, at han til sidst turde udfordre selveste solguden til musikalsk kappestrid. Den foregik ikke uden tricks, bl.a. måtte Apollon ty til det "Hendrixske" spil på en omvendt holdt lyre, hvilket ingen aulos-spiller naturligvis kunne gøre efter. Apollon lod Marsyas flå for sin hybris og huden endte i en hule i Frygien.
For et vende tilbage til tommerne og tonerne er der en interessant parallel i, at EU-kommissionen troede, de, som Apollon, skulle *harmonisere* Marsyas/ briterne og måske netop derved skaber ravage. Harmoni kan ikke tvinges frem! ... musikken er jo heller ikke ligefrem blevet mere harmonisk siden den græske oldtid!
... Så meget for harmoniserende guder og afrevne huder!



Apollon overfor Marsyas, som venter på sin flåning

Det korte af det lange bliver et billede af to tilgange til musikken: kosmos og kaos, hvor Fludd helt i tråd med sin tids ånd på sin fremstilling gør Marsyas tilgang ligeberettiget med Apollons. Der var i renæssancens billedkunst ikke så megen dæmonisering af naturguderne, som senere tider førte med sig under indflydelse af hekse- og djævleskræk. Som eksempel kan nævnes Signorellis *Pans Skole* med naturgudens skræv lige i centrum.
De fleste, som har forsøgt sig bare en smule med musik, vil kende både Apollon og Marsyas indefra, det opleves ofte, som man må fortrænge den ene side i sit spil, hvis man skal have sig selv med... Men samtidig er musikkens inderste mening vel, at man netop *ikke* skal have sig selv med, som man kender sig, man skal transformeres med hud og hår af den på dens betingelser... og så ligger Marsyas' hud i hulen i Frygien vel egentlig blot og venter på, at en ny lille Hermes skal dukke op og konstruere et nyt musikinstrument, som man måske så kan spille en frygisk skala på... ifølge Aristoteles stimulerer det følelsen af entusiasme.

... og husk så lige budskabet fra skildpadden: Akkurat i denne forbindelse, skal integrationen ikke forhastes, men ske stille og roligt!



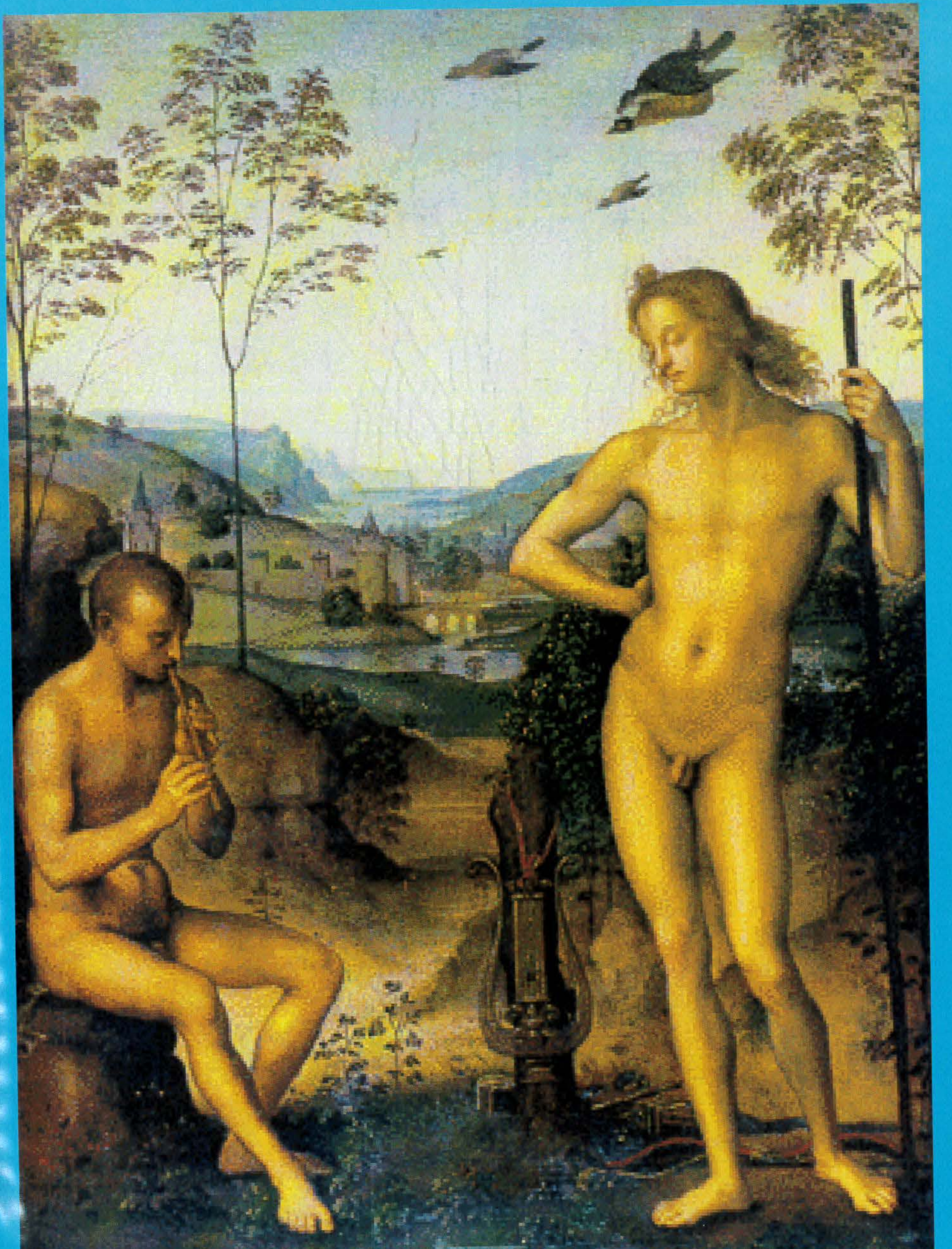
FAKTA

- Tonerne i den *klassiske frygiske modus* svarer til *kirketonearten dorisk*, idet begreberne er blevet forvirrede undervejs i historien:
d- e- f- g- a- h- c (- d)
Kirketonearten frygisk består af tonerækken
e- f- g- a- h- c- d (- e)
Altså samme materiale, forskellig grundtone. Oplevelsen bliver noget ganske andet, prøv selv!

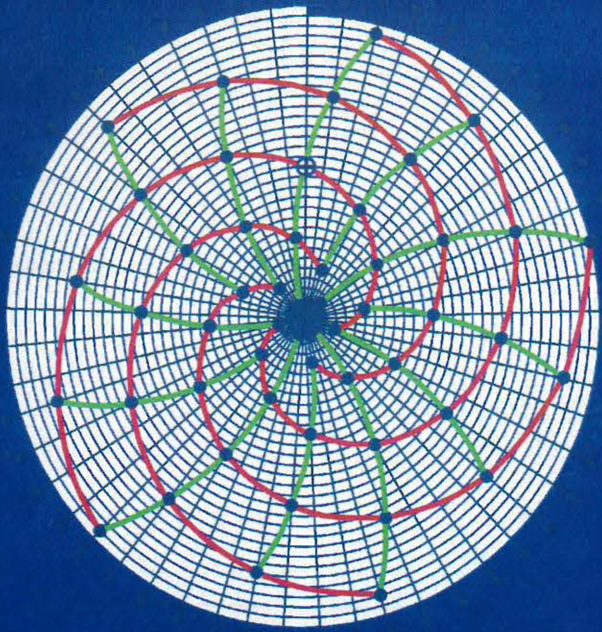
- Grækerne oplevede i modsætning til os skalaerne som gående ovenfra og ned, fra oktav til prim, fra guder til mennesker.

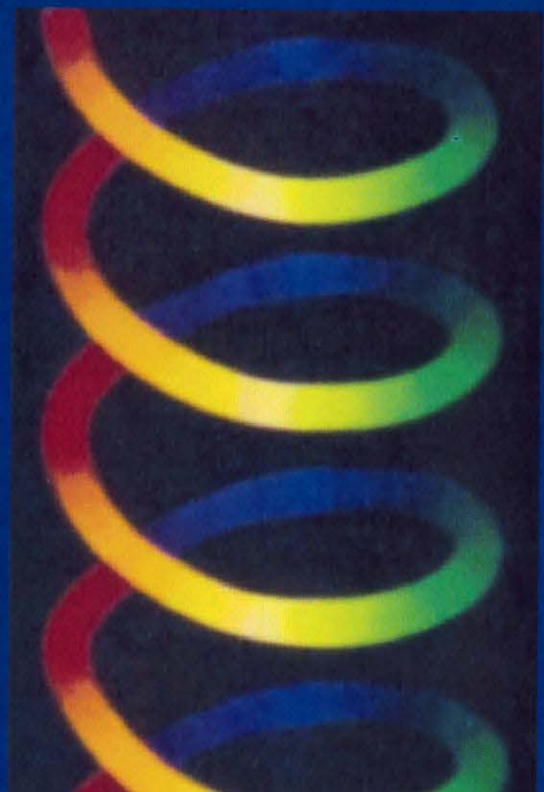
- Aulos-skalaen kan beskrives med følgende relative frekvenstal op til oktaven:
1/1- 16/15- 8/7- 16/13- 4/3- 16/11- 8/5- 16/9
prim- lille sekund- septimal sekund- lille "naturterts"- ren kvart- "naturtritonus"- lille sekst- lille septim.
Især tredje, fjerde og sjette trin er meget aparte.

- Forfatteren har planer om at fremstille en dobbeltfløjte, hvor der både kan spilles aulos-skala og overtonerrække, natur og spejling!



Perugino (ca. 1445- 1523): Apollon og Marsyas, ca. 1509.
Olie på træ, Louvre





ISBN 978-87-92304-01-8