Leif Bjørn Skorpen

Å uttrykke musikk ved hjelp av tal

I undervisningssamanheng står det tverrfaglege aspektet sentralt i utdanningssystemet på alle nivå. I dette arbeidet prøver eg å peike på nokre av dei nære samanhengane ein kan finne mellom matematikk og musikk. Eg har vald å gå nærare inn på skalastudium som eitt av mange områder av musikken der matematikken står sentralt. Dette arbeidet vert presentert i to artiklar, der eg i den første vil vise korleis ein kan bruke forhold mellom tal til å uttrykke intervall mellom tonar, og bruke dette til å sjå på den matematiske oppbygginga av to ulike skalatypar. I den andre artikkelen: *Å lytte til musikk frå tal* (der lydfilar har ei sentral rolle, og difor berre vert publisert på nettet: www.caspar.no/tangenten/2004/Lytte_til_musikk_fraa_tal.doc.doc), vil eg sjå på den matematiske oppbygginga av ein tredje skalatype, og samanlikne alle tre både numerisk og auditivt.

Kva er musikk?

Musikk kan definerast på ulike måtar. Ein definisjon eg har høyrd og som eg likar godt er: «Musikk = Matematikk + Følelse». Ikkje slik å forstå at det ikkje er kjensler knytt til matematikken. Alle som har eit forhold til matematikkfaget i skuleverket veit at det ofte kan vere sterke kjensler knytt til matematikkfaget, både positive og negative. Tradisjonelt har den estetiske sida, og dermed også den kjenslemessige sida, ved musikken vore meir verdsett og vektlagt enn tilsvarande sider ved matematikken.

I denne omgang skal me legge hovudvekta på matematikkdelen av musikken – og då spesielt på tal. Komponist, musikkteoretikar og instrumentbyggjar Harry Partch definerer musikk slik: «Eit system av musikk er ei organisering av tonar i forhold til kvarandre, og desse forholda er uunngåeleg forhold mellom tal,» (mi omsetjing av Partch (1974: 76)). Han går så langt som til å droppe dei tradisjonelle notenamna C, D, E osv. Med utgangpunkt i ein (tilfeldig) vald basistone, kan alle andre tonar gjevast namn i form av forholdstal, ut frå kva forhold dei har til denne basistonen. Når ein uttrykkjer tonar og intervall mellom tonar ved hjelp av forholdstal, skal me seinare sjå at det er ein nær samanheng mellom dei seks første heile tala og musikalsk konsonans[1].

Leif Bjørn Skorpen arbeider ved Høgskulen i Volda. Leifbjorn.skorpen@hivolda.no

Bruk av forholdstal

I utgangspunktet kan ein velje to ulike system av slike forholdstal. Eit alternativ er reint praktisk å tenke på strenge- eller blåseinstrument og ta utgangpunkt i forholdet mellom strengelengder eller luftsøylelengder for dei ulike tonane. Eit anna alternativ er å bygge opp systemet med utgangspunkt i forholdet mellom svingetalet til dei ulike tonane. Det er eit nært slektskap mellom desse to systema. Det er berre eit spørsmål om kva som skal vere teljar og kva som skal vere nemnar i brøken som utgjer forholdstalet. La oss i det vidare arbeidet velje forholdet mellom svingetala som utgangspunkt for namngjeving av tonar og intervall mellom tonar.

Med utgangspunkt i ein 'pytagoreisk monokord' (sjå bilete), ein vanleg gitar eller eit anna strengeinstrument, til dømes fiolin, vil ein enkelt kunne sjå og høyre følgjande: Slå an ein fri streng og legg merke til tonehøgda. Halver strengelengda, og slå an strengen. Den nye tonen vil no klinge ein oktav høgare enn den første. Den første tonen har eit bestemt svingetal (ein bestemt frekvens) som er avhengig av kva streng ein valde og korleis denne er stemt. Den tonen som kling ein oktav høgare, har eit svingetal som er dobbelt så stort som svingetalet til den første. (Dette kan enkelt kontrollerast/visualiserast med til dømes ein frekvensmålar.) Ein har altså følgjande enkle samanheng: Når ein halverer strengelengda, doblar ein svingetalet, og intervallet mellom dei to tonane vert ein oktav. Her sluttar likskapen mellom den pytagoreiske monokorden eller fiolin på den eine sida, og ein vanleg gitar på den andre sida. Går ein vidare herfrå og lagar kvartar, kvintar, osv., vil ein kunne få avvik pga. at banda på gitaren er plasserte etter ein annan skalatype (temperert skala).

Om ein no trykkjer ned strengen på den pytagoreiske monokorden i det punktet som deler strengen i 1/3 og 2/3, og slår an den lengste delen av strengen, vil denne klinge ein kvint over den frie strengen. I vanleg musikkspråk kan dette uttrykkjast slik: Dersom den frie strengen til dømes er ein C, vil den strengen som har lengde 2/3 av den frie vere ein G.

Svingetalet til den nye tonen (G) er 3/2 gonger så stort som svingetalet til grunntonen (C). Kvintintervallet kan altså uttrykkjast som 1: 3/2, og om ein vel C som grunntone (lik 1) så vil G kunne omtalast som 3/2.

Naturtonerekka

Når ein syng ein tone, eller slår an ein tone på eit akustisk instrument, vil den lyden ein høyrer ikkje berre vere ein enkelt tone, men eit kompleks av tonar. Dette tonekomplekset er sett saman av grunntonen og fleire overtonar. Talet på overtonar, samansetjing og innbyrdes fordeling av styrke mellom desse avgjer klangen i instrumentet eller i stemma.

Overtonane opptrer etter eit regelmessig mønster, og vert gjerne omtala som naturtonerekka eller overtonerekka[2]. Denne rekka startar med ein grunntone, som også vert kalla første partialtone. Den første overtonen (andre partialtone), er ein oktav opp i høve til grunntonen, og denne har det doble svingetalet (1 : 2) i høve til grunntonen. Den andre overtonen (tredje partialtone), er ein kvint opp i høve til andre partialtone. Denne har eit svingetal som er tre gonger svingetalet til grunntonen, og 3/2 gonger svingetalet til andre partialtone (kvint = 1 : 3/2). Den fjerde partialtonen ligg to oktavar over grunntonen, og ein kvart over tredje partialtone. Svingetalet er fire gonger så stort som grunntonen sitt svingetal, og 4/3 gonger så stort som tredje partialtone (kvart = 1 : 4/3). Den femte partialtonen er ein stor ters over den fjerde paritaltonen og svingetalet er fem gonger så stort som grunntonen sitt svingetal (stor ters = 1 : 5/4). Den sjette partialtonen er ein kvint over den fjerde partialtonen (6/4 = 3/2), og ein liten ters over den femte partialtonen (liten ters = 1 : 6/5). Svingetalet er seks gonger så stort som svingetalet til grunntonen.

Slik held det fram oppover: Nummeret på partialtonen er det same som antal gonger denne tonen sitt svingetal er større enn grunntonen sitt svingetal. Differansen i svingetal mellom to nabotonar i overtonerekka er heile tida konstant, sjå tabell 1 nedanfor. Me skjønar av den grunn at tonane ligg tettare og tettare (intervalla mellom dei vert mindre og mindre) dess høgare opp i overtonerekka ein kjem. Vidare oppover i overtonereka vil ein dermed få fram tonar som dels fell saman med, og dels vert liggjande mellom tonane i durskalaen.

Før me går vidare med utleiing av fleire intervall, skal me sjå på den praktiske nytta av å skrive tonar og intervall som forholdstal. Me har sett at det å gå opp ein oktav medfører ei dobling av svingetalet i høve til grunntonen. Går ein opp to oktavar medfører det to doblingar, som er det same som å multiplisere med ein faktor fire i høve til grunntonen. Det same prinsippet vil gjelde for alle intervall, uavhengig av storleik. Ein går opp eit vilkårleg intervall på skalaen i høve til ein grunntone ved å multiplisere med forholdstalet til dette intervallet. Frå musikkteorien veit me at dersom ein til dømes startar på ein grunntone og går opp ein kvint, og deretter går vidare opp ein kvart, så endar ein på den tonen som ligg ein oktav over grunntonen. Dette kan no enkelt og tydeleg illustrerast ved hjelp av forholdstala våre: $3/2 \cdot 4/3 = 2/1$ ↔ Kvint + kvart = oktav.

Dette vert i musikkteorien også omtala som invertering eller omvending av intervall, fordi ein kjem fram til det same resultatet ved å flytte grunntonen i eit intervall ein oktav opp i høve til utgangspunktet. Til dømes vil ein ved å flytte grunntonen i kvinten C–G opp ein oktav, få fram kvarten G–c. Pytagorearane

Part. tone nr:	Tonenamn[3]:	Frekvens[4] [Hz]	Diff. mellom etterf. part. tonar [Hz]	Intervall i forhold til næraste foregåande partialtone.
1.	C	66		1 : 1 Prim
			66	
2.	c	$66 \cdot 2 = 132$		1 : 2 (132/66 = 2), Oktav
			66	
3.	g	$66 \cdot 3 = 198$		1 : 3/2 (198/132 = 3/2), Kvint
			66	
4.	c^1	$66 \cdot 4 = 264$		1 : 4/3 (264/198 = 4/3), Kvart
			66	
5.	e^1	$66 \cdot 5 = 330$		1 : 5/4 (330/264 = 5/4), Stor ters
			66	
6.	g^1	$66 \cdot 6 = 396$		1 : 6/5 (396/330 = 6/5), Liten ters

Tabell 1: Dei seks første partialtonane i overtonerekka, uttrykte som forholdstal og i form av frekvensar

hadde oppdaga dette, $2/1 : 3/2 = 4/3$ og $2/1 : 4/3 = 3/2$, og i deira talteori vart det understreka at kvint og kvart representerte ein aritmetisk og ei harmonisk deling av talfoholdet $2 : 1$. Kvintforholdet $3/2$ deler talforholdet $2 : 1$ aritmetisk fordi det i talverdi er like mykje større enn ein som det er mindre enn to: $2 – 3/2 = 3/2 – 1 = 1/2$. Kvartforholdet deler oktavforholdet harmonisk fordi det er forholdsvis like mykje større enn ein som det er forholdsvis mindre enn to: $(4/3 – 1)/1 = (2 – 4/3)/2 = 1/3$ (Holtsmark, 1998:124).

Så langt har me med utgangspunkt i tonane i naturtonerekka fått fram forholda i svingetal for følgjande sentrale intervall: oktav, kvint, kvart, stor og liten ters (sjå tabell 1). For å utvide denne lista til å omfatte fleire av dei mest sentrale intervalla innanfor oktaven, skal me no bruke metoden med invertering av intervall. Då får me også demonstrert korleis me kan 'rekne' med desse intervalla. For å utleie intervalla liten og stor sekst, kan ein invertere intervalla stor og liten ters på følgjande måte:

$$\text{Stor ters} + \text{liten sekst} = \text{oktav}$$
$$(5/4) \cdot x = 2$$
$$x = 8/5.$$

Tilsvarande får ein for:

$$\text{Liten ters} + \text{stor sekst} = \text{oktav}$$
$$(6/5) \cdot x = 2$$
$$x = 5/3.$$

Me har altså utleia to nye intervall:

Liten sekst: $1 : 8/5$ og stor sekst: $1 : 5/3$.

I tabell 2 har eg laga ei samla oversikt over intervall som i sum vert lik ein oktav.

Tradisjonelt er det berre desse sju intervalla innanfor oktaven som har blitt oppfatta som konsonerande[5]. Med unntak av liten sekst, som i følge Helmholtz (1954) er den mest uperfekte av konsonansane, ser ein at forholda mellom svingetala til alle dei konsonerande intervalla kan uttrykkast ved hjelp av dei heile tala 1, 2, 3, 4, 5 og 6. Dette er altså det forholdet eg nemnde innleiingsvis som ein finn mellom dei seks første heile tala og musikalsk konsonans. Pytagoras kjende til dette for nærare to og eit halvt tusen år sidan.

For å komplettere durskalaen, må me finne forholdstala for intervalla stor sekund og stor septim. Desse kan utleiast ved hjelp av dei same metodane som me brukte til å utleie dei andre intervalla. I staden for å gjere det, skal me no sjå på ein tredje framgangsmåte. Også denne går ut på å skape nye intervall ved kombinasjonar av allereie utleia intervall. Dette gjev oss ein ny sjanse til å 'rekne' med desse intervalla. Ein kan til dømes ta utgangspunkt i enkle akkordar (treklangar). Ein durakkord er bygd opp av ein stor ters og ein liten ters. Til dømes er G-dur akkorden sett saman av dei tre tonane G, H og D. Desse dannar følgjande innbyrdes forhold: Mellom G og H er det ein stor ters $(1 : 5/4)$, mellom H og D er det ein liten ters $(1 : 6/5)$ medan G og D dannar ein kvint $(1 : 3/2)$. Heile G-dur akkorden kan skrivast: $G : H : D = 1 : 5/4 : 3/2$.

Intervallet mellom C og G er også ein kvint $(1 : 3/2)$, følgjeleg vil ein om ein relaterer intervalla i G-dur akkorden til C, få fram følgjande forholdstal:

$C : G : H : D = 1 : ((3/2) \cdot 1) : ((3/2) \cdot (5/4) : ((3/2) \cdot (3/2)) = 1 : 3/2 : 15/8 : 9/4$.

Det siste intervallet $1 : 9/4$ er større enn ein oktav. Går ein ned ein oktav får ein:

$$1 : (9/4) \cdot (1/2) = 1 : 9/8.$$

Relatert til C, dannar H eit stort septimintervall (1:15/8) og D eit stort sekundintervall (1:9/8), og me har dermed funne dei forholdstala me var på jakt etter. Forholdstala mellom grunntonen C og dei andre 'stamtonane' i durskalaen er no utleia, og samla ser desse forholda slik ut:

C:D:E:F:G:A:H:C
1:9/8:5/4:4/3:3/2:5/3:15/8:2

Ei meir detaljert oversikt, som også inkluderer halvtonar, er presentert i tabell 2.

Brukt i samband med prosjektarbeid eller anna tverrfagleg arbeid ser me her at me får kombinert spanande musikkteori med grunnleggjande kunnskap om brøk og brøkrekning.

Reinstemt skala

Me har så langt sett på oppbygginga av ein diatonisk skala[6] med utgangspunkt i overtonerekka eller naturtonerekka. Ein slik skala vert gjerne kalla 'reinstemt' skala. Dette er 'naturens eigen' skala, og vil såleis vere den 'beste' dvs. den som i utgangspunktet skulle klinge best i våre øyre. Det er likevel ikkje denne skalaen me bruker i vår kultur i dag. Årsaka til det er reint historisk og praktisk, og har med konstruksjon og oppbygging av instrument å gjere. Dette gjeld spesielt tangentinstrument, strenginstrument med faste band og blåseinstrument med ventilar eller faste hol. Det er i prinsippet enkelt å lage eit instrument som er stemt etter ein reistemt skala i ein bestemt toneart, problemet oppstår om ein skal transponere til ein annan toneart. Eit instrument som er reinstemt i ein toneart vil nemleg ikkje kunne brukast i ein annan toneart. Årsaka er at i ein skala bygd på overtonerekka er ikkje alle heiltoneintervalla like store[7]. Intervalla mellom dei ulike 'stamtonane' i den reinstemte durskala er gjevne i tabellen her.

C–D	9/8
D–E	10/9
E–F	16/15
F–G	9/8
G–A	10/9
A–H	9/8
H–C	16/15

Me ser at dei to halvtoneintervalla som er representerte her er like store (16/15), medan det er to ulike heiltoneintervall: 9/8 og 10/9. Transponering frå ein toneart til ein vilkårleg annan toneart vil normalt føre til at skalaen endrar karakter ved at til dømes rekkefølgja for 'store og små heiltoneintervall' vert endra. For å korrigere for dette treng ein altså eit sinnrikt system av mange ulike 'nesten like' tonar, noko som fort vert komplisert på instrument som fungerer mekanisk.

Det har fram gjennom tidene vore utvikla mange ulike reinstemte, eller tilnærma reinstemte, instrument som kan brukast i ulike toneartar. Problemet for desse instrumenta var at dei vart relativt kompliserte reint mekanisk. Desse instrumenta byggjer på ein teori der ein føretek ei finare inndeling av oktaven enn den 12-delinga me brukar i dag. Ulike variantar vart utvikla og prøvd ut, blant anna å dele oktaven inn i 19, 24, 31, 36, 53 eller 55 like store intervall. Sjå til dømes Groven (1948) og Partch (1974). Helmholtz (1954) la rundt 1860 det teoretiske grunnlaget for å kunne byggje instrument der ein fekk fram den reinstemte skalaen innanfor alle toneartar. Dette kravde 55 tonar i oktaven. På 1920 – 30 talet utvikla Puhlmann i Stuttgart og Eivind Groven uavhengig av og uvitande om kvarandre instrument som hadde 36 tonar i oktaven, men som brukte vårt vanlige klaviatur med 12 tangentar i kvar oktav. Harry Partch frå USA har gjennom mange tiår komponert musikk og utvikla mange ulike instrument og typar av instrument tilpassa den reinstemte skalaen (Partch, 1974). Framleis er det stor interesse for den reinstemte skalaen, noko eit søk på internett raskt vil stadfeste. (Forslag til søkeord: 'Just intonation'.)

Temperert skala

For på ein enkel måte å kunne transponere frå ein toneart til ein vilkårleg annan toneart, samstundes som ein avgrensar oppdelinga av oktaven i 12 halvtonar, vart det på siste halvdel av 16-hundretalet og utover 17-hundretalet utvikla ulike former for 'tempererte skalaer'. Desse skalaene vert no i ettertid gjerne omtala som 'ulikesvevande temperaturskalaar'. Skalaene var ulike på den måten at dei prøvde å halde enkelte utvalde intervall reine, noko som medførte at andre intervall vart meir eller mindre 'falske'. Mange var engasjerte i dette arbeidet (Helmholtz 1954: 320–330 og Ellis i Helmholtz 1954: 431, 546–547).

Den skalaen me brukar i dag vert omtala som 'likesvevande temperaturskala' (Benestad, 1991), eller berre 'temperert skala'. Den historiske bakgrunnen til denne skalaen er omfattande og noko 'kronglete', og me skal ikkje kome nærare inn på den her. Det teoretiske grunnlaget for denne skalaen var lagt straks pytagoreararne hadde utvikla sin skala, og ein hadde oppdaga det såkalla 'pytagoreiske komma' (sjå artikkelen: *Å lytte til musikk frå tal på nettet*). Prinsippet bak denne likesvevande temperaturskalaen er at oktaven skal vere 'rein' dvs. lik oktaven i den reinstemte skalaen, og medfører ei dobling av svingetalet (frekvensen) når ein går opp ein oktav. Ein oktav er bygd opp av tolv halvtonar. I denne tempererte skalaen vert alle desse halvtonane gjort like store, og følgjeleg vert også alle heiltonane like store. Eit slikt halvtone-intervall vert då: $1:\sqrt[12]{2} = 1:1{,}0594631$ (Når ein legg saman alle 12 halvtonane, som er det same som at ein multipliserer alle 12 halvtoneintervalla med kvarandre, skal ein få ein oktav. $\Rightarrow x^{12} = 2 \Leftrightarrow x = \sqrt[12]{2}$). Med utgangspunkt i dette halvtoneintervallet og ein gitt basistone, som for tida er $a^1 = 440$ Hz[8], vert altså den tempererte skalaen bygd opp på følgjande enkle måte:

Startar med basistonen $a^1 = 440$ Hz. Den

Reinstemt skala	Temperert skala	Notenamn:	Intervallnamn:
1:1	1:1	c	Prim
1:16/15	$1:1\cdot 2^{1/12}$	c#	Liten sekund
1:9/8	$1:1\cdot 2^{2/12}$	d	Stor sekund
1:6/5	$1:1\cdot 2^{3/12}$	d#	Liten ters
1:5/4	$1:1\cdot 2^{4/12}$	e	Stor ters
1:4/3	$1:1\cdot 2^{5/12}$	f	Kvart
1:7/5	$1:1\cdot 2^{6/12}$	f#	Tritonus
1:3/2	$1:1\cdot 2^{7/12}$	g	Kvint
1:8/5	$1:1\cdot 2^{8/12}$	g#	Liten sekst
1:5/3	$1:1\cdot 2^{9/12}$	a	Stor sekst
1:16/9	$1:1\cdot 2^{10/12}$	a#	Liten septim
1:15/8	$1:1\cdot 2^{11/12}$	h	Stor septim
1:2	1:2	c^1	Oktav

Tabell 2: Forholdstala for intervall relatert til ein grunntone innanfor ein oktav for temperert skala og utdrag frå reinstemt skala[9]. Mønsteret til høgre viser symmetrien i skalaen, ved at summen av to samankopla intervall vert ein oktav, som er det same som at produktet av forholdstala til to og to samankopla intervall vert lik 2.

første halvtonen over a^1, $a^1\# = b^1$, kan ein rekne ut på følgjande måte: $a^1\# = b^1 = a^1 \cdot \sqrt[12]{2} = a^1 \cdot 2^{1/12} = 440 \text{ Hz} \cdot 2^{1/12} = 466{,}16$ Hz. Dei neste halvtonane oppover i skalaen kan finnast på tilsvarande måte:

$h^1 = a^1 \cdot (\sqrt[12]{2})^2 = a^1 \cdot 2^{2/12} = 440 \text{ Hz} \cdot 2^{2/12} = 493{,}88$ Hz.
$c^2 = a^1 \cdot (\sqrt[12]{2})^3 = a^1 \cdot 2^{3/12} = 440 \text{ Hz} \cdot 2^{3/12} = 523{,}25$ Hz.

Slik kan ein fortsette med å bygge opp alle halvtonane innanfor oktaven. Sjå tabell 2 og tabellar i nettartikkelen. På eit instrument som er stemt temperert skal ein altså fritt kunne transponere frå ein toneart til ein annan utan at skalaen endrar karakter – skalaen er like 'sur' i alle toneartar!

Kor stor er forskjellen mellom reinstemt og temperert skala, og kor lett er det å høyre forskjell på dei? Svaret på desse spørsmåla får du i artikkelen *Å lytte til musikk frå tal* på nettet.

Litteraturliste

Benestad, Finn: *Musikklære*, Tano A/S 1991.

Caplex: *Cappelens ettbinds leksikon*, J. W. Cappelens Forlag a.s. 1990.

Ellis, Alexander J.: "Appendix XX, Additions by the Translator", side 430–556 i Helmholtz, Hermann: *On the Sensations of Tone*, Dover Publications, Inc., New York 1954.

Groven, Eivind: "Naturskalaen. Tonale lover i norsk folkemusikk bundne til seljefløyta." Norsk folkekulturs forlag. Skien 1927. Trykt i "*Norsk Folkekultur*, 13–15, 1927–1929, Bergens Museum.

Groven, Eivind: *Temperering og renstemning*, Dreyers Forlag, Oslo 1948

Helmholtz, Hermann: *On the Sensations of Tone*, Dover Publications, Inc., New York 1954.

Holtsmark, Torger: *Pythagoras og verdens harmoni*, P2-akademiet/Kulturredaksjonen NRK P2 (21/11–98). Programserien P2-akademiets foredrag. Oslo: Kulturredaksjonen NRK P2.

Partch, Harry: *Genesis of a music*, Da Capo Press, New York. 1974.

Skorpen, Leif Bjørn: *Matematikk i musikken – musikk i matematikken*, Arbeidsrapport nr. 148 i skriftserien til Høgskulen i Volda / Møreforsking Volda, 2003. Elektronisk versjon: http://www.hivolda.no/attachments/site/group15/arb_148.pdf

Fotnoter

1 Konsonans (av latin) samklang, det at to eller fleire tonar kling saman på ein måte som verkar behageleg for øyret. (Caplex, 1990)

2 I litteraturen vert omgrepa 'naturtonerekke' og 'overtonerekke' for det meste brukt synonymt, slik også eg gjer det i dette arbeidet. Innanfor einskilde retningar av musikkfaget, som til dømes folkemusikk, vil desse to omgrepa imidlertid kunne ha ulik tyding.

3 I musikkteorien er det vanleg å gje namn til dei ulike oktavane på følgjande måte: Subkontra oktav, kontra oktav, store oktav, lille oktav, einstrøken oktav, tostrøken oktav, trestrøken oktav osv. Ein tone, t.d. c, vil i kvar av desse oktavane bli skriven som: 2C, 1C, C, c, c' eller c^1, c" eller c^2, c"' eller c^3 osv.

4 Frekvens er definert som antal svinginar per sekund, og måleeininga for frekvens er Hertz (Hz).

5 Om eit intervall vert oppfatta som konsonerande eller dissonerande, har endra seg med tida. Fram til 1400-talet vart berre prim, oktav, kvart og kvint aksepterte som konsonerande. I løpet av det 14. århundre vart tersane, og noko seinare også sekstane rekna som konsonerande intervall. I tradisjonell harmonilære vart store og små sekundar og septimar, og i tillegg alle forstørra og forminska intervall, rekna som dissonerande. I dag er grensene for kva som vert oppfatta som konsonans og dissonans langt mindre tydelege, og sjølve dissonansomgrepet har fått ei friare tolking (Benestad, 1991: 70–71).

6 'Diatonisk skala' er eit kvart notesystem som delar oktaven i sju trinn, med fem heile og to halve trinn (Caplex, 1990).

7 Heller ikkje alle halvtoneintervalla er like store.

8 Frekvensen til kammertonen a^1 har variert fram gjennom tidene. Frå ca.1600 til 1820 var

Artikkelen fortsetter side 36

Fortsettelse fra side 25

kammertonen om lag ein halv tone lågare enn i dag. Det vart også nytta ulike kammertonar innanfor ulike 'musikktypar'. Ein internasjonal samanslutning av land foreslo i 1939 å heve kammertonen til 440 Hz. Denne vart endelig akseptert i 1953 (Benestad, 1991).

9 Reinstemt skala inneheld langt fleire intervall/tonar innanfor oktaven, men desse intervalla er valde ut fordi dei korresponderer, om enn i ulik grad, med den tempererte skalaen sine intervall bygd på heile og halve tonar.