Muziektheorie

Uitgave januari 2004

Tekst: DIRK VIAENE

1 Inhoud

2 Toonsysteem en toonnotatie

Onder **toon** verstaan we iedere waargenomen *regelmatige* luchttrilling met een frequentie hoger dan ca. 20 Hz en lager dan ca. 16.000 Hz.

Een normaal menselijk oor neemt kan onder normale omstandigheden tussen 20 Hz en 15.000 Hz ongeveer 850 verschillende toonhoogten waarnemen. Onder zeer gunstige omstandigheden kan het geoefende oor in ditzelfde gebied ca. 1500 tonen waarnemen.

Niet al deze mogelijk waarneembare toonhoogten worden gebruikt voor de praktische muziekbeoefening. Men maakt een keuze en richt zich in zijn muzikale uitingen naar deze eenmaal gemaakte keuze. Verschillende volken en culturen hebben door de eeuwen heen op zeer verschillende wijzen zo hun keuze gemaakt.

Toonsysteem noemt men de wijze waarop men uit het totaal der mogelijke tonen voor de praktische muziekbeoefening er een aantal afzondert. Het is meteen duidelijk dat men over de ganse wereld een groot aantal toonsystemen aantreft. Het merkwaardige is echter dat alle bekende toonsystemen met elkaar op één punt overeenkomen, hoezeer zij ook op andere punten kunnen verschillen: ze zijn namelijk gebaseerd op het **octaaf** en op de verdeling van het octaaf.

Twee tonen vormen een octaaf wanneer de frequentie van de ene toon het dubbele is van de frequentie van de andere toon. Een toon van 100 Hz vormt een octaaf met een toon van 200 Hz en uiteraard ook met een toon van 50 Hz.

Het gehele hoorbare toongebied strekt zich uit over een afstand van 9 à 10 octaven. Men hoeft de frequenties van twee tonen niet te meten om te kunnen besluiten of zij een octaaf vormen. Moest dit zo zijn dan zou het octaaf bij natuurvolken niet zo veelvuldig voorkomen. Tenzij twee tonen gelijke frequenties hebben en derhalve even hoog klinken, zullen nimmer twee tonen ‘op het gehoor’ zo op elkaar gelijken als de twee tonen van een octaaf.

Vrijwel alle gekende toonsystemen omvatten meer dan één octaaf. De verschillende toonsystemen onderscheiden zich van elkaar door de specifieke wijze waarop het octaaf onderverdeeld wordt, dit wil zeggen door de wijze waarop de overige tonen binnen het octaaf gerangschikt zijn, dit inzonderheid met betrekking tot de onderlinge afstanden (toonhoogteverschillen) tussen deze tonen.

Wanneer in een bepaald toonsysteem een octaaf op een bepaalde wijze verdeeld wordt, zullen alle andere octaven van dat toonsysteem op overeenkomstige wijze worden verdeeld. We zouden ons bijvoorbeeld een toonsysteem kunnen voorstellen waarvan de tonen de volgende frequenties hebben:

45 *- 50 - 75 -* ***90*** *- 100 - 150 - 180 - 200 - 300 -* ***360*** *- 400 - 600 - ... Hz.*

Het volgende systeem echter is muziekpsychologisch en muziekesthetisch onbestaanbaar:

45 - 55 - 65 - 75 - 85 - 95 - 105 - 115 - 125 - 135 - 145 - 155 - 165 -... Hz.

3 Tonaliteit en toonladders

3.1 Tonaliteit

Gewoonlijk domineert in een muziekstuk één bepaalde toon. In deze toon lossen zich telkens weer de melodische, harmonische en zelfs ritmische spanningen op. Tevens maken zich vanuit deze toon telkens weer nieuwe muzikale spanningen los. Zo'n toon is als het ware de alfa en de omega van het muziekwerk en wordt **tonica** genoemd: het tooncentrum waaromheen zich alle muzikale gebeurtenissen afspelen. Ondertussen blijft het tooncentrum zelf een statische rust vertegenwoordigen. Vrijwel alle muzikale composities eindigen in een tonica. Ook in de onmiddellijke nabijheid van het begin van een muziekstuk kan vrijwel altijd de tonica aangetroffen worden.

Tonaliteit is het verschijnsel dat de tonen van een muziekwerk die niet de tonica zijn, ten opzichte van elkaar en ten opzichte van de tonica in een vaste relatie staan. Iedere toon heeft zijn eigen functie: spanning verwekken, spanning voorbereiden, de oplossing van een spanning voorbereiden, de oplossing afwenden enzovoort. Er zijn verschillende tonaliteiten rond een tonica mogelijk.

Verreweg de meeste muziek die we kennen is in deze zin tonaal: alle Westerse muziek (met uitzondering van bepaalde stromingen in de muziek van de twintigste eeuw), Arabische muziek, muziek uit India en het Verre Oosten enzovoort.

3.2 Toonladders

Wanneer alle tonen die een bepaalde tonaliteit vormen éénmaal - en naar toonhoogte gerangschikt - opgeschreven, gespeeld of gezongen worden, ontstaat een **toonladder**. Een toonladder is als het ware de formule van een bepaalde tonaliteit. Het is voldoende om een toonladder over één octaaf op te schrijven of te spelen: alle andere octaven zijn herhalingen van het eerste. Een toonladder begint steeds vanaf de tonica tot de tonica van het hogere octaaf, dus in stijgende lijn.

3.2.1 Stamtoonladders

De eenvoudigste toonladders zijn de stamtoon-toonladders, kortweg de **stamtoonladders**. Tussen de zeven stamtonen bevinden zich vijf hele en twee halve toonafstanden bevinden (de halve tonen tussen b en c en tussen e en f, de hele tonen tussen de overige tonen). In verband hiermee is het duidelijk dat de zeven stamtoonladders elk hun eigen tonaliteit hebben: de toonladders dragen ten opzichte van hun tonica hun halve tonen telkens elders.

Naast de stamtoonladders zijn er ook nog de pentatonische (vijftonige) toonladders, de chromatische toonladders, de octotonische toonladders en de hele toon-toonladders.

3.2.2 Gelijknamige toonladders

Gelijknamige toonladders hebben dezelfde tonica maar een verschillende voortekening. Ze behoren tot een verschillend toongeslacht: majeur en mineur (bvb. do groot en do klein).

3.2.3 Soorten toonladders

3.2.3.1 Grote terts-toonladder (majeurtoonladder, ionische toonladder)

Alle intervallen zijn óf rein óf groot.

I II III IV V VI VII VIII

1 1 1/2 1 1 1 1/2

3.2.3.2 Kleine terts-toonladder (oorspronkelijk mineur, eolische toonladder)

a) Oude of eolische wending

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van a naar a.

I II III IV V VI VII VIII

1 1/2 1 1 1/2 1 1

b) Harmonische wending, harmonische kleine terts-toonladder

Het mineurtoongeslacht heeft een iets grotere toonvoorraad dan majeur, omdat in de zuiver diatonische natuurlijke mineurtoonladder (oude of eolische wending) de doelgerichte werking van de tonaliteit niet goed te realiseren bleek te zijn. Er was vooral sterke behoefte aan een leidtoon: een toon die door een kleine secunde te stijgen duidelijk streeft naar een tonica (dalende leidtonen werden later geïntroduceerd en hebben zich een minder prominente plaats weten te verwerven). Daarom werd de VIIde graad verhoogd, wat harmonische mineurtoonladder oplevert.

I II III IV V VI VII VIII

1 1/2 1 1 1/2 1 1/2 1/2

c) Melodische wending, melodische kleine terts-toonladder

Wanneer de 'hoge' VIIde graad werd voorafgegaan door de VIde graad, werd deze VIde graad bij voorkeur met een halve toonafstand verhoogd, waardoor de melodisch stijgende mineurtoonladder ontstond. De verhogingen zijn overbodig en doorgaans zelfs ongewenst als de VIIde graad niet dient als ondersecunde van de tonica, maar als bovensecunde van een VIde graad , die op zijn beurt weer naar de Vde graad daalt. In zulke gevallen komen we dan ook vaak de toonvoorraad van de melodisch dalende mineurtoonladder tegen.

I II III IV V VI VII VIII

1 1/2 1 1 1 1 1/2

3.2.3.3 Zigeuner-mineur-toonladder

Is een harmonische kleine terts-toonladder met verhoogde kwart.

I II III IV V VI VII VIII

1 1/2 1 1/2 1/2 1/2 1 1/2 1/2

3.2.3.4 Zigeuner-majeur-toonladder

I II III IV V VI VII VIII

1/2 1 1/2 1/2 1/2 1 1/2 1/2 1

3.2.3.5 Moll-dur-toonladder, harmonische grote terts-toonladder

Is een majeur-toonladder met verlaagde sext.

I II III IV V VI VII VIII

1 1 1/2 1 1/2 1 1/2 1/2

3.2.3.6 De middeleeuwse kerktoonladders

De ontwikkeling van het middeleeuwse modale systeem was een geleidelijk proces, waarvan niet alle fasen duidelijk te achterhalen zijn. In de elfde eeuw was het systeem volgroeid en omvatte het acht modi die van elkaar verschilden in de opeenvolging van hele en halve tonen binnen een diatonisch octaaf dat was gebaseerd op een bepaalde finalis of grondtoon. Een melodie eindigde in de praktijk vaak, maar niet altijd, op deze noot. De toonaarden waren genummerd en paarsgewijs gekoppeld; de oneven nummers hadden betrekking op de zogenaamde authentieke ('oorspronkelijke') toonaarden, terwijl de zogenaamde plagale ('neven') toonaarden met even nummers werden aangeduid. Een plagale modus (= toonaard) had altijd dezelfde finalis als de corresponderende authentieke modus. De authentieke toonladders kunnen worden voorgesteld als ladders op de witte toetsen van een piano, met een begin op D (de eerste modus), E (de derde modus), F (de vijfde modus) of G (de zevende modus); de corresponderende plagale toonladers liggen telkens een kwart lager. Bemerk wel dat deze toonladders geen absolute toonhoogte vertegenwoordigen – een idee dat het gregoriaans en de middeleeuwen in het algemeen vreemd was – maar hier alleen zo worden weergegeven om tot een notatie te komen met een minimum aan voortekens.

Naast de finalis is er is er in elke modus nog een tweede kenmerkende toon: de tenor, ook wel repercussie of reciteertoon genoemd. Een authentieke modus en de corresponderende plagale toonaard hebben dezelfde finalis, maar een verschillende tenor. In de authentieke toonsoorten ligt de tenor een terts beneden de tenor van de corresponderende authentieke modus. Wanneer een tenor volgens dit stramien op een B zou vallen, wordt hij verhoogd tot een C.

Finalis, tenor en ligging dragen alle bij aan het karakter van een kerktoon. Een plagale modus verschilt van de corresponderende authentieke modus dus niet alleen door een andere tenor maar ook door een andere ligging: in een authentieke modus ligt de hele ladder boven de finalis, terwijl in de bijhorende plagale modus de finalis een kwart boven het begin van de ladder ligt. De eerste en achtste modus hebben wel dezelfde ligging (binnen het 'witte toetsenschema beginnen beide op D), maar een verschillende tenor en finalis. Overigens zal in de praktijk een gezang in de authentieke modus een toon onder de finalis zakken, terwijl een melodie in de plagale modus tot boven het bijbehorende octaaf kan stijgen.

3.2.3.6.1 Dorische toonladder (authentiek)

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van d naar d

I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII
	1		1/2		1		1		1		1/2		1	

3.2.3.6.2 Hyperdorische toonladder (plagaal)

I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII
	1		1/2		1		1		1/2		1		1	

3.2.3.6.3 Frygische toonladder (authentiek)

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van e naar e.

I II III IV V VI VII VIII

1/2 1 1 1/2 1 1 1

3.2.3.6.4 Hyperfrygische toonladder (plagaal)

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van f naar f.

II III IV V VI VII VIII

1/2 1 1 1/2 1 1 1

3.2.3.6.5 Lydische toonladder (authentiek)

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van g naar g.

I II III IV V VI VII VIII

1 1 1 1/2 1 1 1/2

3.2.3.6.6 Hyperlydische toonladder (plagaal)

I II III IV V VI VII VIII

1 1 1/2 1 1 1 1/2

3.2.3.6.7 Mixologische toonladder (authentiek)

De hele en halve toonafstanden zijn verdeeld als bij de 'witte-toetsenladder' van d naar d.

I II III IV V VI VII VIII

1 1 1/2 1 1 1/2 1

3.2.3.6.8 Hypermixologische toonladder (plagaal)

I II III IV V VI VII VIII

1 1/2 1 1 1 1/2 1

3.3 De 'graad-benamingen' in een toonladder

Graad	Naam	Toonladder van C	Toonladder van F	Toonladder van G
I	Tonica	C	F	G
II	Boventonica	D	G	A
III	Mediant	E	A	B
IV	Onder- of subdominant	F	Bes	C
V	Dominant	G	C	D
VI	Bovendominant	A	D	E
VII	Leidtoon	B	E	Fis
VIII (= I)	Octaafnoot	C	F	G

Iedere graad (= toon) heeft een bepaalde functie in het kader van de tonaliteit, en door op cruciale plaatsen deze tonen in overeenstemming met die functie te gebruiken wordt de toonsoort als het ware 'uitgecomponeerd':

- De Iste, IVde en Vde graad noemt men de **tonale graden** omdat daarmee de akkoorden worden gevormd. De tonale graden geven aan in welke toonladder we zijn: bij tonale muziek bevatten de Iste, IVde en Vde graad alle noten van de toonladder. De IVde en de Vde graad staan in kwintverband met de tonica (respectievelijk een dalende en stijgende kwint).

- De IVde graad wordt de subdominant genoemd. De subdominantfunctie van IV bestaat voor een deel uit de relatie tot I en voor een deel uit het in de cadens oplossen naar V. Met het begrip subdominant duidt men dus twee verschillende functies aan.

- De Vde graad, de **dominant**, creëert een 'langdurige' spanning ten opzichte van de tonica, dit wil zeggen: deze toon speelt meestal in de melodie een belangrijkere rol dan de tonica en wordt daarom ook de 'overheersende' genoemd. Vaak wordt pas door het bereiken van de tonica als slottoon deze spanning ingelost. Tonica en dominant zijn de meest elementaire tonale functies.

- De IIde graad, de **boventonica**, is een neutrale graad en is minder belangrijk. Ze kan echter - mits goed gepositioneerd - een duidelijke verwachting naar de tonica wekken (bijvoorbeeld in het zogenaamde 'halfslot'), en is in gebruik derhalve enigszins te vergelijken met de dominant.

- De IIIde, VIde en VIIde graad noemt men de **modale graden** omdat deze bepalen in welke modus we zijn (grote of kleine tertstoonladder, natuurlijk, harmonisch, melodisch).

- De VIIde graad wordt de **leidtoon** genoemd. Het is een toon die door een kleine secunde te stijgen duidelijk streeft naar een doeltoon: de tonica (dalende leidtonen werden later geïntroduceerd en hebben zich een minder prominente plaats weten te verwerven). De leidtoon is de toon met de sterkste melodische spanning in een toonsoort, maar wel een 'kortdurende' spanning; na deze toon verwacht je meestal snel de tonica.

Op alle noten bestaat een grote en een kleine tertstoonladder. Tussen tonica en dominant is er altijd een reine kwint. Tussen tonica en mediant is er altijd een grote of een kleine terts.

4 Intervallen

4.1 Definitie

Een interval is de relatie, met andere woorden de onderlinge afstand of tussenruimte tussen twee tonen (= toonhoogteverschil). Klinken deze tonen gelijktijdig, dan spreken we van een **harmonisch interval**. In dat geval worden ze boven elkaar genoteerd. Klinken ze na elkaar, dan noemen we het interval **melodisch**. Ieder interval kan zowel harmonisch als melodisch voorkomen.

Intervallen die het octaaf niet overschrijden, worden **enkelvoudige intervallen** genoemd. Intervallen die groter zijn dan een octaaf, noemen we **samengestelde intervallen**.

Bij de benaming der intervallen wordt uitgegaan van de rij van de stamtonen. Intervallen als c - f, c - g, f - g worden **stamtoonintervallen** genoemd. Stamtoonintervallen kunnen vervolgens vergroot (verruimd) of verkleind (verengd) worden. We spreken dan van **afgeleide intervallen**.

4.2 Rekenregels bij het optellen en aftrekken van intervallen

De frequentieverhouding van de som van twee intervallen is gelijk aan het product van de afzonderlijke frequentieverhoudingen van die intervallen (bijvoorbeeld de frequentieverhouding van de som van twee intervallen waarvan de frequenties zich respectievelijk verhouden als 8:9 en 9:10 is gelijk aan 8:9 x 9:10 = 8:10 = 4:5).

De frequentieverhouding van het verschil van twee intervallen is gelijk aan het quotiënt van de afzonderlijke frequentieverhoudingen van die intervallen (bijvoorbeeld de frequentieverhouding van het verschil van twee intervallen waarvan de frequenties zich respectievelijk verhouden als 2:3 en 3:4 is gelijk aan 2:3 : 3:4 = 2:3 x 4:3 = 8:9).

4.3 Chromatische en diatonische halve tonen

Eerder zagen wij hoe de afstand tussen de tonen e en f een halve toon bedroeg. Verder zagen we dat de toon e verhoogd kon worden tot eis. Deze eis ligt in hetzelfde toongebied als de toon f. Zowel de afstand e - eis als de afstand e – f bedraagt een halve toon. We weten echter dat de verschillende tonen binnen één toongebied niet aan elkaar gelijk zijn, met andere woorden dat ze niet dezelfde toonhoogte hebben. De halve toon e - f zal bijgevolg ook niet even ruim zijn als de halve toon e - eis. In verband wordt onderscheid gemaakt tussen **diatonische halve tonen** en **chromatische halve tonen**.

- De diatonische halve tonen bevinden zich tussen twee stamtonen, al dan niet in afgeleide vorm, bijvoorbeeld bes - ces, cis - d, cisis - dis… Diatonische halve tonen zijn te herkennen aan de beginletters, die verschillend zijn (ze liggen naast elkaar in het alfabet). Het interval is steeds een kleine secunde.

- De chromatische halve tonen bevinden zich tussen een stamtoon en een van die stamtoon afgeleide toon, of tussen twee van één stamtoon afgeleide tonen, bijvoorbeeld deses - des, des - d, d - dis, dis - disis… Chromatische tonen zijn te herkennen aan dezelfde beginletters. Het interval is steeds een overmatige prime.

De chromatische toonladder heeft 12 tonen en bestaat enkel uit halve toonafstanden (de 5 hele toonafstanden van de diatonische toonladder worden verdeeld in telkens 2 halve toonafstanden).

4.4 Stamtoonintervallen

4.4.1 Prime

Het eenvoudigste interval is de **prime** of **eenklank**. Het is de relatie tussen twee even hoge tonen. De frequenties van 2 tonen die een prime vormen verhouden zich als 1:1. Twee instrumentalisten die tegelijkertijd en op dezelfde toonhoogte een zelfde melodie spelen, spelen in parallelle primen, of 'all unisono'. Zulke primen worden **harmonische primen** genoemd.

Wanneer in een melodie toonherhalingen voorkomen, is er sprake van **melodische primen**. We spreken dan van een **liggende melodie** of een **liggende stem**. Dit is dus een partij of stem waarvan de toonhoogte niet verandert.

4.4.2 Secunde

De relatie tussen een toon en een (hoger of lager) naastliggende toon in de stamtoonreeks wordt **secunde** genoemd. Aangezien we weten dat de afstand (= toonhoogteverschil) tussen de stamtonen niet steeds even groot is, onderscheiden we in dit verband de **grote secunde** (overeenkomend met een diatonische hele toon) en de **kleine secunde** (overkomend met een diatonische halve toon). Bijgevolg kunnen we volgende tabel opstellen:

c - d = grote secunde
d - e = grote secunde
e - f = kleine secunde
f - g = grote secunde
g - a = grote secunde
a - b = grote secunde
b - c = kleine secunde

De kleine secunde klinkt in harmonisch opzicht scherp, zowel in de hoge als in de lage liggingen. Ze bevat een diatonische halve toon en is de omkering van de grote septiem.

Herkenmelodie:
stijgend: 'Het regent niet, het giet…';
dalend: 'U komt de lof toe…' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 804).

De grote secunde klinkt als harmonisch interval reeds veel milder, alhoewel ze in de lage liggingen nog steeds enige ruigheid bezit. Ze bevat een diatonische hele toon en is de omkering van de kleine septiem.

Herkenmelodie:
stijgend: 'De maan is opgekomen…'; 'Gods genade is verschenen' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 209).
dalend: 'Blijf mij nabij…' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 811); 'Een mens te zijn op aarde…' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 306).

Als melodisch interval komen secundes zeer veel voor. De hedendaagse muziek echter gebruikt de secunde bij voorkeur als harmonisch interval en vermijdt ze waar mogelijk als melodisch interval.

4.4.3 Terts

De **terts** is de relatie tussen twee tonen waarvan de ene twee secundes hoger of lager ligt dan de andere. Twee grote secundes vormen samen een **grote terts**; een grote en een kleine secunde vormen samen een **kleine terts**. We kunnen de volgende tabel opstellen:

c - e = grote terts (twee grote secundes: c - d en d - e)
d - f = kleine terts (grote secunde d - e plus kleine secunde e - f)
e - g = kleine terts (kleine secunde e - f plus grote secunde f - g)
f - a = grote terts (twee grote secundes: f - g en g - a)
g - b = grote terts (twee grote secundes: g - a en a - b)
a - c = kleine terts (grote secunde a - b plus kleine secunde b - c)
b - d = kleine terts (kleine secunde b - c plus grote secunde c - d)

Grote en kleine tertsen klinken zowel in harmonisch als in melodisch opzicht welluidend. Ze komen zeer veel voor in het gebied dat zich uitstrekt van West-Afrika tot Scandinavië. Daarom is de terts dan ook karakteristiek voor de zogenaamde 'Atlantische cultuur' in de muziek. Ook bij ons treffen wij de terts aan als een melodisch kerninterval in vele kinderliedjes.

De kleine terts bevat 1 hele + 1 diatonische halve toon en is de omkering van de grote sext. Hij wordt ook 'koekoeksterts' genoemd.

Herkenmelodie:
stijgend: 'Allas, my love,...', 'Gij komt tot ons gans onverwacht...' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 715);
dalend: 'Koekoek, koekoek...'.

De grote terts bevat 2 hele tonen en is de omkering van de kleine sext.

Herkenmelodie:
stijgend: 'Er is een kindeke...';
dalend: 'Here Jezus om uw Woord...' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 809); 'Voor kleine mensen is Hij bereikbaar...' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 1034).

Tertsen zijn van groot belang in de akkoordenleer. De meeste akkoorden bestaan immers uit een opeenstapeling van grote, kleine, overmatige of verminderde tertsen (bijvoorbeeld c - e - g – b).

4.4.4 Kwart

De relatie tussen twee tonen waarvan de ene drie secundes hoger of lager ligt dan de andere wordt **kwart** genoemd. De meeste stamtoonkwarten bevatten twee grote en een kleine secunde. Slechts de kwart f - b bestaat uit drie grote secundes. Deze laatste noemen we in dit verband **overmatige kwart**. De overige kwarten worden **reine kwarten** genoemd (rein = zuiver). Kwinten, kwarten, octaven en primen worden - indien ze niet overmatig of verminderd zijn - rein genoemd, omdat deze intervallen gemakkelijk zuiver te stemmen zijn, dit wil zeggen: gemakkelijker dan de andere intervallen. We kunnen de volgende tabel opstellen:

c - f = reine kwart (achtereenvolgens grote, grote en kleine secunde)
d - g = reine kwart (achtereenvolgens grote, kleine en grote secunde)
e - a = reine kwart (achtereenvolgens kleine, grote en grote secunde)
f - b = overmatige kwart of tritonus (drie grote secundes: f - g, g - a, a - b!)
g - c = reine kwart (achtereenvolgens grote, grote en kleine secunde)
a - d = reine kwart (achtereenvolgens grote, kleine en grote secunde)
b - e = reine kwart (achtereenvolgens kleine, grote en grote secunde)

Als melodisch interval klinkt de reine kwart steeds welluidend en komt zeer veel voor. De overmatige kwart daarentegen werd en wordt nog - in het bijzonder in vocale muziek - als moeilijk trefbaar beschouwd en daarom vermeden. De overmatige kwart wordt ook **tritonus** genoemd (de enige der middeleeuwse intervalnamen die nu nog in gebruik is) of 'diabolus in musica' (de duivel in de muziek), wegens de moeilijke zingbaarheid.

De kwart komt veel voor in Azië en Afrika. De opvattingen over de kwart als harmonisch interval zijn in de loop der eeuwen aan veranderingen onderhevig geweest. Zo werd de kwart in de klassieke polyfone schrijfwijze beschouwd als dissonant (slecht klinkend, spanningverwekkend) en derhalve onbruikbaar. De modernere muziektheorieën rekenen de kwart echter vaak tot de consonanten (welluidende, goed klinkende intervallen).

De reine kwart bevat 2 hele tonen + 1 diatonische halve toon. Hij is opgebouwd tussen 2 natuurlijke noten óf 2 verhoogde noten óf 2 verlaagde noten, behalve op de b: daar hebben beide noten <u>niet</u> de zelfde voortekening: fis – b.

De reine kwart is de omkering van de reine kwint; de frequentieverhouding van de tonen is 3:4.

Herkenmelodie:
stijgend: '<u>Daar zat</u> 'n sneeuwwit vogeltje...', '<u>Des winters</u> als het regent...' , '<u>Zie ginds</u> komt de stoomboot';
dalend: '<u>Old Mac Donald</u> had a farm...'.

Lange tijd bleef het een raadsel hoe het komt dat de kwart - ondanks zijn eenvoudige getalsverhouding en ondanks zijn gemakkelijke stembaarheid - toch als samenklank dissoneert. Pas in de negentiende eeuw werd de verklaring gevonden voor dit verschijnsel: als bijvoorbeeld op een piano de kwart c – f wordt gespeeld, dan klinken niet alleen de grondtoon, maar ook de boventonen van die grondtoon. Dit wil zeggen: we horen c – c' – g' – c'' – e'' – g'' – bes'' – c''' - ... alsook f – f' – c'' – a'' – c''' – es'''- ... Deze boventonen onderling dissoneren zeer sterk. Slechts de tonen c' – c'' en c''' vallen met elkaar samen. Maar meteen al de derde boventoon van c (= g') vormt met de tweede boventoon van f (= f') een secunde. Ook voor de overige boventonen treffen we niets dan grote en kleine secundes aan. Deze boventonen worden uiteraard niet afzonderlijk waargenomen, maar in hun veelvuldig onderling dissoneren veroorzaken zij precies die 'wrijving' die we als dissonant ervaren.

4.4.5 Kwint

De relatie tussen twee tonen waarvan de ene vier secundes hoger of lager ligt dan de andere wordt **kwint** genoemd. Zes van de zeven stamtoonkwinten bestaan uit één kleine en drie grote secundes, terwijl één kwint (b - f) bestaat uit twee kleine en twee grote secundes. Deze laatste noemen we in dit verband **verminderde kwint**. De overige kwinten worden **reine kwinten** genoemd. We kunnen de volgende tabel opstellen:

c - g = reine kwint (achtereenvolgens grote, grote, kleine en grote secunde)
d - a = reine kwint (achtereenvolgens grote, kleine, grote en grote secunde)
e - b = reine kwint (achtereenvolgens kleine, grote, grote en grote secunde)
f - c = reine kwint (achtereenvolgens grote, grote, grote en kleine secunde)
g - d = reine kwint (achtereenvolgens grote, grote, kleine en grote secunde)
a - e = reine kwint (achtereenvolgens grote, kleine, grote en grote secunde)
b - f = verminderde kwint (achtereenvolgens kleine, grote, grote en kleine secunde)

Merk op dat bij deze notatiewijze altijd geldt: de laagste toon wordt eerst genoemd (c - d is een secunde, d - c niet).

De kwint is de omkering van de kwart. Reine kwinten klinken, in harmonisch en melodisch opzicht welluidend. Melodische kwinten komen minder voor dan melodische kwarten, tertsen, secundes en primen.

De reine kwint bevat 3 hele tonen + 1 diatonische halve toon. Hij is opgebouwd tussen 2 natuurlijke noten óf 2 verhoogde noten óf 2 verlaagde noten, behalve op de b: daar hebben beide noten niet de zelfde voortekening: b – fis.

De reine kwint is de omkering van de reine kwart. De frequentieverhouding van de tonen is 2:3.

Herkenmelodie:
stijgend: 'Nu looft en prijst mijn ziel de Heer…' (reeks 'Zingt Jubilate' nr. 501), 'Altijd is Kortjakje ziek…';
dalend: 'Komt vrienden in het ronde…'.

4.4.6 Sext

De relatie tussen twee tonen waarvan de ene vijf secundes hoger of lager ligt dan de andere wordt **sext** genoemd. We onderscheiden de **grote sext** (één kleine en vier grote secundes) en de **kleine sext** (twee kleine en drie grote secundes). We kunnen de volgende tabel opstellen:

c - a = grote sext (achtereenvolgens grote, grote, kleine, grote en grote secunde)
d - b = grote sext (achtereenvolgens grote, kleine, grote, grote en grote secunde)
e - c = kleine sext (achtereenvolgens kleine, grote, grote, grote en kleine sext)
f - d = grote sext (achtereenvolgens grote, grote, grote, kleine en grote secunde)
g - e = grote sext (achtereenvolgens grote, grote, kleine, grote en grote secunde)
a - f = kleine sext (achtereenvolgens grote, kleine, grote, grote en kleine secunde)
b - g = kleine sext (achtereenvolgens kleine, grote, grote, kleine en grote secunde)

De welluidende sext komt, evenals de terts, in de muziek veel voor. Als melodisch interval zijn het vooral de kwint en de sext (en soms ook de septiem) die bepalend werken met betrekking tot het karakter van de melodie, dit wil zeggen dat het kenmerkende van een bepaalde melodie heel dikwijls te herkennen is aan de kwint- en sext- (eventueel septiem-) sprongen die in die melodie voorkomen.

4.4.7 Septiem

De relatie tussen twee tonen waarvan de ene zes secundes hoger of lager ligt dan de andere, wordt **septiem** genoemd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de **grote septiem** (vijf grote en één kleine secunde) en de **kleine septiem** (vier grote en twee kleine secundes). We kunnen de volgende tabel opstellen:

c - b = grote septiem (achtereenvolgens grote, grote, kleine, grote, grote en grote secunde)
d - c = kleine septiem (achtereenvolgens grote, kleine, grote, grote, grote en kleine secunde)
e - d = kleine septiem (achtereenvolgens kleine, grote, grote, grote, kleine en grote secunde)
f - e = grote septiem (achtereenvolgens grote, grote, grote, kleine, grote en grote secunde)
g - f = kleine septiem (achtereenvolgens grote, grote, kleine, grote, grote en kleine secunde)
a - g = kleine septiem (achtereenvolgens grote, kleine, grote, grote, kleine en grote secunde)
b - a = kleine septiem (achtereenvolgens kleine, grote, grote, kleine, grote en grote secunde)

Zowel in harmonisch als in melodisch opzicht klinken septiemen, inzonderheid de grote septiemen, scherp, dynamisch en spanningverwekkend. De hedendaagse scheppende toonkunst maakt bij voorkeur gebruik van deze melodische en harmonische toonrelaties.

4.4.8 Octaaf

Na de prime is het **octaaf** het eenvoudigste interval. De frequenties van twee tonen die een octaaf verschillen verhouden zich als 1:2. Het octaaf komt als harmonisch interval veel voor. Twee instrumentalisten die tegelijkertijd, maar op verschillende hoogte (echter met gebruikmaking van gelijknamige tonen!) een melodie spelen, spelen in **parallelle octaven** (eventueel **dubbeloctaven** of **driedubbeloctaven**). Als melodisch interval komt het octaaf minder vaak voor.

4.4.9 Intervallen die groter zijn dan het octaaf

De intervallen die groter zijn dan het octaaf zijn achtereenvolgens:

Kleine none = octaaf + kleine secunde
Grote none = octaaf + grote secunde
Klein decime = octaaf + kleine terts
Groot decime = octaaf + grote terts
Undecime = octaaf + reine kwart
Duodecime = octaaf + reine kwint
Klein tredecime = octaaf + kleine sext
Groot tredecime = octaaf + grote sext
Klein kwartdecime = octaaf + kleine septiem
Groot kwartdecime = octaaf + grote septiem
Kwintdecime of dubbeloctaaf = octaaf + octaaf

4.5 Afgeleide intervallen

Een interval kan vergroot (verruimd) worden door:

- de onderste toon een chromatische halve toon te verlagen
  (bijvoorbeeld uit d - f ontstaat des - f)

- de bovenste toon een chromatische halve toon te verhogen
  (bijvoorbeeld uit d - f ontstaat d - fis)

Een interval kan verkleind (verengd) worden door:

- de onderste toon een chromatische halve toon te verhogen
  (bijvoorbeeld uit d - f ontstaat dis - f)

- de bovenste toon een chromatische halve toon te verlagen
  (bijvoorbeeld uit d - f ontstaat d - fes)

Opmerking:

Door één van de tonen van een interval een *diatonische* halve toon te verhogen of te verlagen, wordt dit interval niet vergroot of verkleind, maar wezenlijk veranderd, bijvoorbeeld d - f (kleine terts) wordt d - ges (verminderde kwart)! Dit is een veel voorkomende redeneringfout.

Uit reine intervallen (prime, kwart, kwint, octaaf, undecimen...) ontstaan:

- door vergroting: overmatige intervallen

- door verkleining: verminderde intervallen

Uit grote intervallen (secundes, tertsen, sexten, septiemen, nonen...) ontstaan:

- door vergroting: overmatige intervallen

- door verkleining: kleine intervallen

Uit kleine intervallen (secundes, tertsen, sexten, septiemen, nonen…) ontstaan:

- door vergroting: grote intervallen
- door verkleining: verminderde intervallen

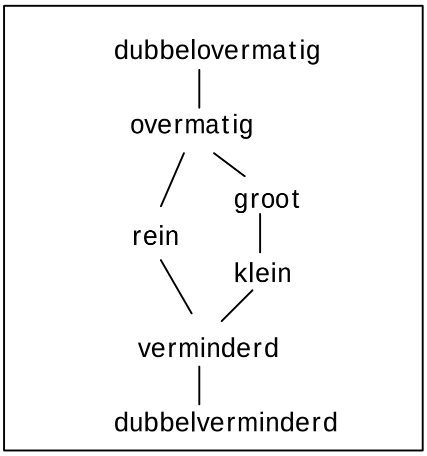
Uit overmatige intervallen (als zodanig kunnen alle intervallen voorkomen) ontstaan:

- door vergroting: dubbelovermatige intervallen
- door verkleining: 1) grote intervallen (secundes, tertsen, sexten, septiemen…)
  2) reine intervallen (kwarten, kwinten, octaven…)

Uit verminderde intervallen (als zodanig kunnen alle intervallen voorkomen) ontstaan:

- door vergroting: 1) reine intervallen (kwarten, kwinten, octaven…)
  2) kleine intervallen (secundes, tertsen, sexten, septiemen…)
- door verkleining: dubbelverminderde intervallen

Schematisch kunnen de vergrotingen en verkleiningen als volgt voorgesteld worden:



4.6 Omkering van intervallen

Wanneer we de onderste toon van een interval een octaaf verhogen, of wanneer we de bovenste toon van een interval een octaaf verlagen, dan wordt het interval omgekeerd. Door omkering worden:

- primen octaven en octaven weer primen;
- secundes septiemen en septiemen weer secundes;
- tertsen sexten en sexten terug tertsen;
- kwarten kwinten en kwinten terug kwarten.

Verder worden door omkering steeds:

- grote intervallen klein en kleine intervallen groot;
- overmatige intervallen verminderd en verminderde intervallen overmatig;
- dubbelovermatige intervallen dubbelverminderd en dubbelverminderde intervallen dubbelovermatig.

De reine intervallen blijven bij omkering rein.

4.7 Consonanten en dissonanten

De 'werking' (intrinsieke waarde, betekenis, doel) van ieder interval is verschillend. Sommige intervallen zijn sterk dynamisch, spanningverwekkend; andere werken meer statisch, spanningoplossend of zijn zelfs spanningsloos. In verband hiermee wordt onderscheid gemaakt tussen **consonanten** (statische intervallen) en **dissonanten** (dynamische intervallen). De vraag of en in hoeverre een interval dissoneert hangt echter van verschillende factoren af:

- Is het interval harmonisch of melodisch?
- Klinkt het interval hoog of laag in het totale toongebied?
- Op welk instrument of in welke instrumentencombinatie klinkt het interval?
- Welke losse tonen, melodieën, harmonieën gaan aan het interval vooraf of volgen erop?
- In welk tonaal verband komt het interval tot klinken?
- In welke van de gebruikelijke stemsystemen komt het interval tot klinken?
- Uit welke cultuurkring of cultuurperiode stamt het interval, en hoelang klinkt het interval?
- In hoeverre is het waarderende oor geoefend, esthetisch gevormd of uit welke cultuurkring stamt het?

Al deze begrippen hebben zich in de loop der eeuwen menigmaal gewijzigd, zodat 'consonant' en 'dissonant' in eerste instantie subjectieve begrippen zijn.

5 Stemsystemen

5.1 Het Westerse toonsysteem

Er bestaan verschillende mogelijkheden voor de verdeling van een octaaf in tonen of toongebieden[1]. Een eenvoudige indeling is bijvoorbeeld de zogenaamde **pentatonische reeks**, waarbij het octaaf wordt ingedeeld in 5 gelijke delen. Dit systeem werd toegepast in oude culturen. Een andere mogelijkheid bestaat erin het octaaf te verdelen in 7 toonafstanden. Ons huidige Westerse toonsysteem is op die wijze ingedeeld. Omdat het bestaat uit twee soorten toonafstanden (hele en halve tonen) noemen we dit een **diatonisch toonsysteem**. Dit diatonische systeem is de vrucht van een eeuwenlange, geleidelijke ontwikkeling. Het merendeel van de namen van de verschillende in dit toonsysteem voorkomende tonen dateert uit de tijd dat het hele systeem nog slechts zeer eenvoudig was, doordat er slechts zes tot acht tonen en toongebieden waren, zodat toon en toongebied identieke begrippen waren.

Uit deze vroege tijd stammen de zeven namen van wat wij nu nog altijd de zeven **stamtonen** noemen: a, b, c, d, e, f en g (respectievelijk: la, si, do, re, mi, fa en sol). In verband met het hiervoor besprokene is het duidelijk dat op g weer a volgt. Deze beide tonen a vormen een octaaf.

Een willekeurige reeks stamtonen, oplopend van laag naar hoog (een zogenaamde **stamtoonladder**) kan er dus bijvoorbeeld als volgt uitzien:

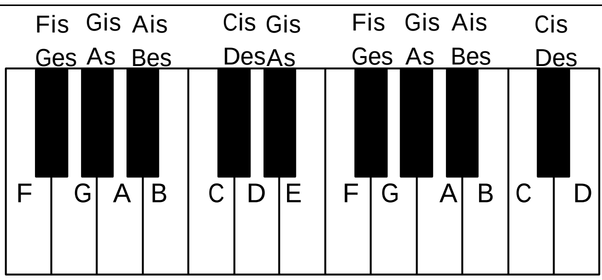
..	d	e	F	g	a	b	c	d	e	f	g	a	b	c	d	e	F	g	a	b	c	..
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

De cijfers onder deze toonnamen zijn volstrekt willekeurig en werden slechts voor de duidelijkheid geplaatst. De tonen d, genummerd 1 en 8, vormen dus een octaaf, evenals de tonen d, genummerd 8 en 15. Maar ook de tonen e, genummerd 2 en 9, en 9 en 16 vormen octaven enzovoort.

De componenten van een octaaf vertonen een opvallende gelijkenis, hoezeer zij ook in hoogte verschillen. Twee tonen c, ongeacht of zij van gelijke of verschillende toonhoogte zijn, gelijken meer op elkaar dan een toon c op welke andere toon dan ook. Dit wordt de **toonkwaliteit** genoemd. Een organist die massazang begeleidt is zich daar goed van bewust. Wanneer hij een octaaf hoger of een octaaf lager gaat spelen, verandert hij de toonkwaliteit niet: de massa blijft op precies dezelfde toonhoogte doorzingen. Ze voelt hoogstens een kleur- of klankverschil. Maar wanneer hij één toon hoger of één toon lager gaat spelen, merkt iedereen het onmiddellijk. Toch is in dit laatste geval het verschil tussen c nummer 7 en d nummer 8 veel kleiner dan het verschil tussen de tonen c nummer 7 en c nummer 14.

We kennen tegenwoordig 12 toongebieden en 7 stamtonen. Deze 7 stamtonen bevinden zich nagenoeg in het midden van hun gelijknamig toongebied. We zullen nu nagaan hoe de 5 overige toongebieden tussen de ons thans bekende stamtonen gerangschikt zijn.

[1] In een toongebied kunnen verschillende tonen voorkomen, met frequenties die 'ongeveer' even groot zijn. Zulke tonen noemen we 'enharmonisch gelijke' tonen (zie 5.2).



We zien dat tussen de tonen a en b, c en d, d en e, f en g, en g en a telkens één toongebied onbezet blijft. De tonen b en c, en e en f vullen echter direct naast elkaar gelegen toongebieden. We zeggen nu dat de 'afstand' tussen de tonen c en d groter is dan de 'afstand' tussen de tonen b en c', en we spreken in verband hiermee ook van **toonafstand**. Tussen e en f en tussen b en c bevindt zich een halve toonafstand, tussen de overige naast elkaar gelegen stamtonen bevindt zich een hele toonafstand.

De 'verovering' van de tot nu toe niet besproken vijf onbezette gebieden (dit zijn de huidige zwarte toetsen op het orgel- of pianoklavier) gebeurde slechts zeer geleidelijk (van omstreeks 1000 tot 1400). Nu deed gebeurde dit niet - wat misschien op het eerste zicht zou te verwachten zijn - door de bestaande stamtonen te hernoemen. Dan zouden er immers meer dan zeven tonen per octaaf verkregen worden, terwijl de muziek nu eenmaal was gebaseerd op een toonladder die slechts zeven tonen per octaaf telde. Daarentegen werden de nog lege toonruimten bezet door de stamtonen daarheen te verhuizen, met andere woorden door ze juist voldoende een halve toon te verhogen of te verlagen om in de nieuwe ruimte terecht te komen. De nieuwe tonen werden dus van de stamtonen afgeleid, waarbij de stamtonen zelf vervielen. Het eerste gebied dat bezet raakte, was dat tussen de a en de b. De toon die daarin kwam werd gevoeld, beschouwd, gehoord en gewaardeerd als een toon die van de - een halve toon hoger gelegen - b was afgeleid. Deze toon werd de *b mollum* (zachte b) genoemd, in tegenstelling tot de oorspronkelijke b, die de *b durum* (harde b) werd genoemd. Uit de namen b durum en b mollum zijn de in Duitsland gebruikelijke namen Dur en Moll voor majeur en mineur ontstaan. De *b mollum* werd genoteerd als een ronde b en de *b durum* als een vierkant teken; uit deze tekens zijn later ons molteken en ons herstellingsteken ontstaan.

Op dezelfde manier ontstonden naderhand andere, nieuwere toongebieden. Naast de e bijvoorbeeld ontstond door afleiding een verlaagde e, die het toongebied tussen de d en de e bezette. Er werden ook tonen door verhoging afgeleid, zó dat de nieuwgevonden tonen nog onbezette plaatsen konden vullen: uit de toon f werd een verhoogde f afgeleid die het gebied tussen f en g kon bezetten.

De naamgeving van al deze tonen werd spoedig een probleem. In verschillende landen ontstonden diverse, vaak sterk afwijkende oplossingen. In de noordelijke Nederlanden werden de tonen die van een stamtoon waren afgeleid, genoemd naar die stamtoon. Een toon die door verhoging van een stamtoon is afgeleid, krijgt de naam van die stamtoon + is, bijvoorbeeld gis, cis... (spreek uit: gies, sies...). Een toon die door verlaging van een stamtoon is afgeleid, krijgt de naam van die stamtoon + s of es, bijvoorbeeld es, ces, des. De b mollum noemt volgens deze naamgeving dus bes.

Cis, dis, fis, gis en ais zijn de afgeleide tonen die de oorspronkelijk 5 onbezette toongebieden vullen, zoals deze ontstaan door *verhoging* van de stamtonen c, d, f, g en a. Des, es, ges, as en bes zijn ontstaan door *verlaging* van stamtonen d, e, g, a en b. Zij vullen dezelfde vijf toongebieden. Cis en des, dis en es, fis en ges, gis en as, ais en bes moeten dus samen één toongebied delen. Nochtans zullen we hierna zien dat bijvoorbeeld cis en des, die hetzelfde toongebied bezetten, niet gelijk zijn en bijgevolg een verschillende frequentie hebben! De verlaagde f (fes) bevindt zich in het toongebied van de stamtoon e; de ces bevindt zich in het toongebied van de stamtoon b; de verhoogde e (eis) bevindt zich in het toongebied van de stamtoon f; de bis bevindt zich in het gebied van de stamtoon c.

Toen het toonmateriaal zich had uitgebreid tot op dit punt, beschikten de componisten over een aanmerkelijk verruimd assortiment tooncombinaties, toonaarden[2] enzovoort. Maar het toonmateriaal zou zich nog verder blijven uitbreiden. Wat bleek namelijk? Als de ruimte tussen bijvoorbeeld de c en de d werd opgevuld door de c tot cis te verhogen, werd een lagere toon bereikt dan wanneer dezelfde ruimte werd opgevuld door de d tot des te verlagen. Met andere woorden: op de een of andere wijze bleken de cis en de des (net als dis en es, fis en ges, gis en as, ais en bes) niet exact dezelfde toonhoogte te hebben. Toen de theoretici daarover aan de slag gingen, bleken theorie en praktijk perfect met elkaar te kloppen!

Ook van afgeleide tonen kunnen eventueel nog weer nieuwere tonen worden afgeleid. Sedert 1650 komt dit in de muziek meer en meer voor. Uit cis, dis, fis, gis en ais ontstaan door een tweede verhoging respectievelijk cisis, disis, fisis, gisis en aisis. Dergelijke *dubbele verhogingen* en *dubbele verlagingen* bevinden zich in de toongebieden van de stamtonen, maar zijn nochtans ook weer niet aan deze stamtonen gelijk. In het gebied van de stamtoon c bevindt zich deses, in het gebied van de stamtoon d bevinden zich cisis en eses enzovoort. Tonen als cisis, d en eses, die samen in één toongebied thuishoren worden **enharmonisch gelijke tonen** genoemd. Enharmoniseren is het vervangen van een toon door een andere toon uit hetzelfde toongebied.

De toetsen van instrumenten als piano, orgel, klavecimbel enzovoort symboliseren dus niet de *tonen* maar wel de *toongebieden*, met andere woorden één toets doet dienst voor verschillende tonen. Deze instrumenten worden zodanig gestemd dat de tonen die zij *laten horen* redelijke compromissen zijn tussen de tonen die zij *zouden moeten laten horen*. Dit wordt de **gelijkzwevende stemming** of **evenredigzwevende temperatuur** genoemd. Het is duidelijk dat in de evenredigzwevende temperatuur binnen het octaaf geen enkele toon ten opzichte van de ander geheel zuiver is. De afwijkingen zijn over het algemeen echter niet van die aard dat zij in normale gevallen als storend worden ervaren.

[2] De grondtoon of het grondakkoord is het fundament in een compositie. Dat wil zeggen dat elk ander akkoord of toon naar het grondakkoord of de grondtoon toe of juist vandaan wilt. In dit verband kan worden gesproken over de toonsoort of toonaard met de naam van de grondtoon, bijvoorbeeld de toonaard van C groot, a klein enz. Een ander begrip dat vaak wordt gebruikt voor toonaard of toonsoort is 'tonaliteit'. Tonaliteit is iets ruimer op te vatten en betekent meer 'alles wat klinkt brengt een bepaald effect teweeg'.

5.2 De verdeling van het octaaf

Voor de bekwame violist of zanger is het spelen of zingen van een toonladder (nauwkeuriger: het spelen of zingen van de juiste frequenties van de tonen waaruit een toonladder is opgebouwd) niet moeilijk. Het goed getrainde oor, de vaak feilloze muzikale intuïtie, gecombineerd met het vermogen om iedere gewenste toonhoogte zuiver te treffen, doet de violist of de zanger nooit aarzelen wanneer hij moet kiezen tussen de grote of de kleine hele toon, tussen limma[3] of apotome[4], tussen diaschisma[5] of kleine diësis[6]. Zijn muziek klinkt daardoor licht, rein en open en in hoge mate 'vanzelfsprekend'.

Anders ligt de zaak voor de bouwers van orgels, piano's, harmoniums, accordeons, beiaarden, xylofoons, vibrafoons enzovoort. Het is praktisch vrijwel onmogelijk om alle bestaande tonen in zo'n instrument klinkend te verwezenlijken; het instrument zou te omvangrijk, te duur en te moeilijk te bespelen zijn. Er moeten dus compromissen worden gezocht.

Het toonsysteem van de Westerse muziek berust op een verdeling van het octaaf in twaalf even 'grote' **toongebieden** (niet: tonen!). In elk van deze twaalf toongebieden komen verschillende tonen voor, met frequenties die 'ongeveer' even groot zijn. Tonen die in eenzelfde toongebied thuishoren, maar een verschillende frequentie hebben, worden **enharmonisch gelijke tonen** genoemd (bijvoorbeeld gis en as).

Het aantal tonen binnen het octaaf kan niet nauwkeurig bepaald worden. We zijn hier namelijk afhankelijk van wat nog als aparte toon gedefinieerd moet worden, van welke *stemsysteem* (zie verder) en van de grens van het onderscheidingsvermogen van ons gehoor. Soms zijn er tot 31, tot 35 en zelfs wel tot 110 tonen per octaaf (bijvoorbeeld bij het systeem van Riemann[7]).

Voor de verdeling van het octaaf bestaan er verschillende systemen. In dit verband spreken we van verschillende **stemsystemen**, kortweg **stemmingen**. Onder stemming of temperatuur verstaan we de wijze waarop de verdeling van de tonen in het octaaf plaatsvindt.

---

3 Kleine secunde; ook Pythagoreïsche halve toon genoemd = octaaf - grote septiem (verhouding 243:256).

4 Chromatische Kleine secunde; ook Pythagoreïsche halve toon genoemd = octaaf - grote septiem (verhouding 243:256).halve toon in de stemming van Pythagoras (verhouding 2048:2187). De som van een limma en een apotome is een hele toon.

5 Het enharmonisch interval binnen de grote hele toon (verhouding 2025:2048).

6 Het enharmonisch interval binnen de kleine hele toon (verhouding 125:128).

7 Georg Friedrich Bernhardt Riemann (1826 - 1866), Duits wiskundige.

Het probleem bij alle stemmingen is de wiskundige onverenigbaarheid van reine kwinten met zuivere tertsen. Wanneer we vier reine kwinten op elkaar stapelen (en uiteraard het nodige aantal octaven terugtellen) is de hoogste toon iets hoger dan de zuivere grote terts uit de boventoonreeks. Het verschil tussen beide tonen wordt **syntonisch komma**[8] genoemd. Een systeem waarin gekozen wordt voor ofwel reine kwinten ofwel zuivere tertsen wordt **ongetempereerd** genoemd. Ook is het mogelijk zowel de kwinten als de tertsen enigszins onzuiver te maken, maar dan zó dat onze oren dit kunnen verdragen. In dat geval spreken we van een **getempereerde stemming**. Als de onzuiverheid zó over tertsen en kwinten wordt verdeeld, dat er in de meest voorkomende toonaarden zuiverder kan gespeeld worden dan in de minder gebruikelijke, spreken we van een **ongelijkzwevende stemming**. Wordt de onzuiverheid echter gelijkmatig over de 12 tonen binnen het octaaf verdeeld zodat alle toonaarden even onzuiver zijn, dan is de stemming **gelijkzwevend**.

Het is van het grootste belang in een muziekstuk de samenklanken aan een grondige analyse te onderwerpen. Zo kunnen we ons veelal een mening vormen omtrent de stemming waarvoor de muziek oorspronkelijk gedacht is:

- Tot 1500: Stemming volgens Pythagoras[9] of Zarlino[10] (ongetempereerd).
- 1500 - 1600: Overgangsperiode (ongetempereerd).
- 1600 - 1680: Middentoonstemming (ongetempereerd).
- 1680 - 1810: Ongelijkzwevende stemmingen (bijvoorbeeld Werckmeister III- en IV-stemming).
- 1810 - heden: Gelijkzwevende stemming (getempereerd).

8 De tonen van een syntonisch komma verhouden zich als 80:81 of 22 cents.

9 Pythagoras van Samos (± 575 v C - ± 500 v C), Grieks wiskundige.

10 Gioseffo Zarlino (1517 - 1590), Italiaans componist en muziektheoreticus.

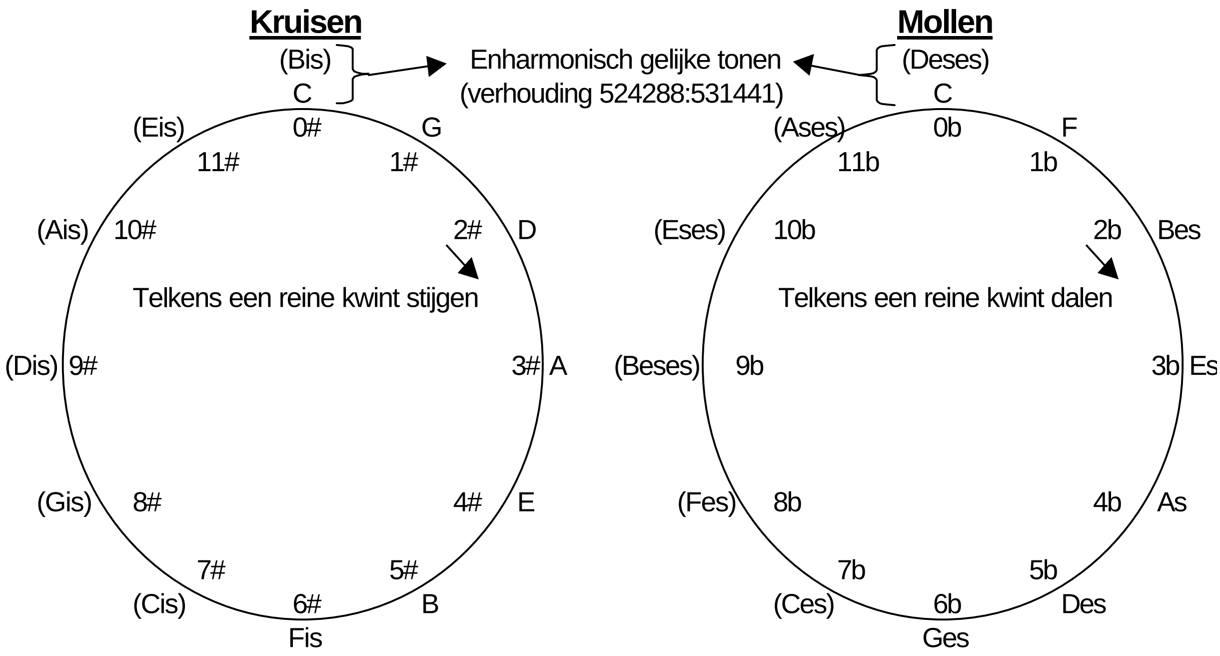
5.3 De kwintencirkel

Als we 12 kwinten opeenstapelen, zouden we op dezelfde toon moeten uitkomen als wanneer we 7 octaven opeenstapelen. Opeenvolging van 12 reine kwinten geeft bijvoorbeeld, uitgaande van de grondtoon c: c - g - d - a - e - b - fis - cis - gis - dis - ais - eis - bis. We noemen dit de **kwintencirkel**. Nu blijkt echter dat die twaalfde kwint (bis) niet precies gelijk is aan de zevende octaaftoon (c). Eigenlijk is er dus eerder sprake van een 'kwintenspiraal'. Inderdaad: $(3/2)^{12}$ = 129,75 en is dus niet gelijk aan $(2/1)^7$ = 128 (een verhouding dus van 524288:531441 of 24 cents[11]). Ofschoon dit slechts een klein verschil is, volstaat het om die twee aldus bereikte tonen vals ten opzichte van elkaar te doen klinken. We noemen dit verschil het **Pythagoreïsche komma**. In dit stelsel zijn dus ook tonen als bijvoorbeeld as en gis niet gelijk, evenmin als cis en des enzovoort. We noemen deze tonen **enharmonisch gelijke tonen**.

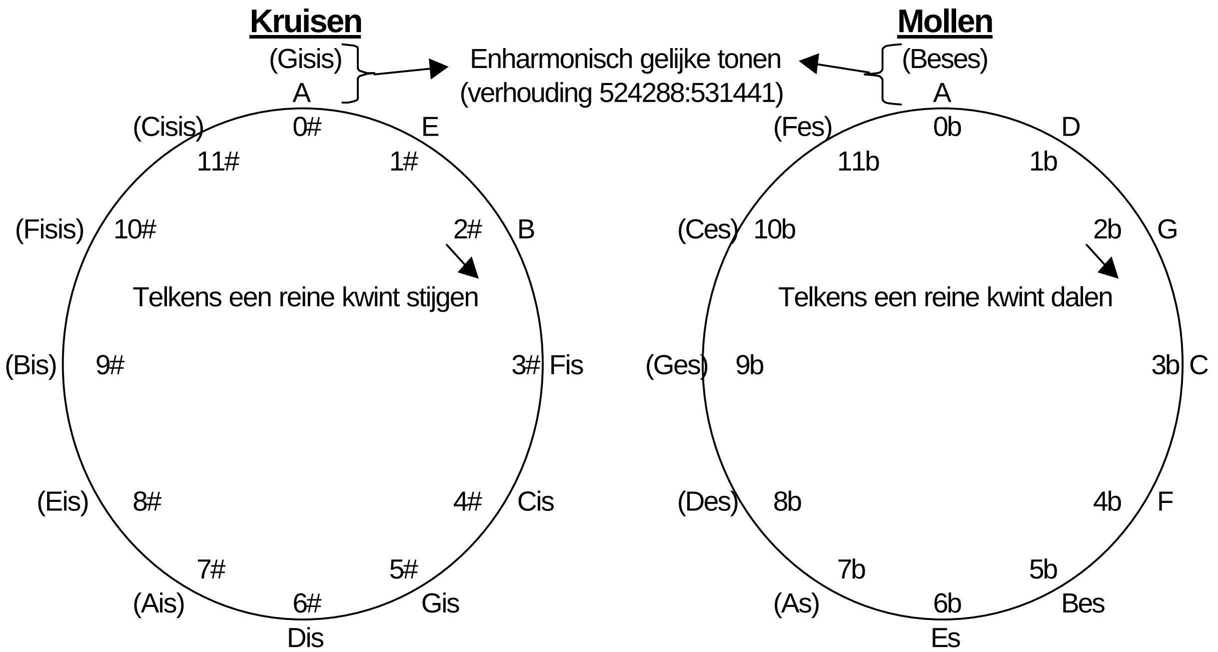
[11] De moderne intervalleer maakt veelal gebruik van een verdeling van het octaaf in 1200 evenredige toonschreden, elk dus ter grootte van één honderdste van een halve toon. Zo'n minimale toonschrede wordt 'cent' genoemd. Twee tonen die een cent verschillen in toonhoogte verhouden zich tot elkaar als 1 tot 2^{-1200} = 1:1,00057778950655444887… Op deze manier kunnen de diverse harmonische intervallen en komma's aanschouwelijk worden voorgesteld (vermits het octaaf de verhouding 1:2 heeft, en een verdeling in twaalf gelijke intervallen (halve tonen) gewenst wordt, is de goede verhouding: de twaalfdemachtswortel van 2, of anders gezegd: 1 tot die van 1/2).

De kwintencirkels

1) Grote tertstoonladders



2) Kleine tertstoonladders



In de praktijk gebruikt men enkel de rechterhelft van de cirkels

5.4 De natuurlijke grote tertstoonladder

De natuurlijke grote tertstoonladder is gebaseerd op de trillingen die bijvoorbeeld worden voortgebracht door een snaar (met willekeurige lengte en constante spanning) achtereenvolgens in tweeën, drieën, vieren, vijven… te verdelen:

- Een snaar met willekeurige lengte en constante spanning zal een grondtoon met frequentie f voortbrengen.

- Wanneer we de snaar in twee gelijke delen verdelen, dan zal ieder apart deel een toon voortbrengen die een octaaf hoger klinkt dan de grondtoon: de frequentieverhouding tussen de grondtoon en de voortgebrachte toon bedraagt 1:2.

- Verdelen we de snaar in drieën, dan vinden we dat ieder deel een toon geeft die een duodecime (octaaf + kwint) hoger klinkt dan de grondtoon. De frequentieverhouding bedraagt 1:3.

- Verdelen we de snaar in vieren, dan vinden we dat ieder vierde deel van de snaar een toon geeft die twee octaven hoger klinkt dan de grondtoon. De frequentieverhouding bedraagt 1:4.

- Verdelen we de snaar in vijven, dan vinden we dat ieder vijfde deel een toon geeft die een septdecime (dubbeloctaaf + grote terts) hoger ligt dan de grondtoon. De frequentieverhouding bedraagt 1:5.

Goede koren zingen vanzelf volgens de natuurlijke (reine) toonladder. Ze klinken daardoor zuiver en welluidend. Ook de bekwame violist met zijn vaak onfeilbaar gehoor zal intuïtief een natuurlijke toonladder spelen. In het volgende hoofdstuk zullen we echter zien dat er aan deze natuurlijke of reine stemming ook nadelen verbonden zijn.

5.5 De natuurlijke stemming

5.5.1 Algemeenheden

De natuurlijke of reine stemming gaat uit van de natuurlijke toonladder en maakt dus gebruik van de harmonische boventoonreeks met de verhoudingen 1:2 (rein octaaf), 2:3 (reine kwint), 3:4 (reine kwart), 4:5 (grote terts), 3:5 (grote sext) en 2:5 (groot decime). Alle overige intervallen worden berekend uitgaande van deze basisintervallen:

- Kleine terts = octaaf - grote sext (verhouding 5:6).
- Kleine sext = octaaf - grote terts (verhouding 5:8).
- Grote hele toon = reine kwint - reine kwart (verhouding 8:9).
- Kleine hele toon = reine kwart - kleine terts (verhouding 9:10).
- Kleine secunde of diatonische halve toon = reine kwart - grote terts (verhouding 15:16).
- Grote kleine septiem = octaaf - kleine hele toon (verhouding 5:9).
- Kleine kleine septiem = octaaf - grote hele toon (verhouding 9:16).
- Verminderde kwint 1 = kleine terts + kleine terts (verhouding 25:36).
- Verminderde kwint 2 = kleine secunde + reine kwart (verhouding 45:64).
- Overmatige kwart 1 = octaaf - verminderde kwint 1 (verhouding 18:25).
- Overmatige kwart 2 = octaaf - verminderde kwint 2 (verhouding 32:45).
- Overmatige kwint = grote terts + grote terts (verhouding 16:25).
- Kleine halve toon = kleine hele toon - diatonische halve toon (verhouding 24:25).
- Kleine limma = grote hele toon - diatonische halve toon (verhouding 128:135).

De natuurlijke toonladder bezit twee hele tonen: de grote hele toon (8:9) en de kleine hele toon (9:10), die samen de natuurlijke grote terts (4:5) vormen. In de praktijk van onder andere koormuziek komen grote en kleine hele tonen veelvuldig voor. Eén van de oorzaken van het 'zakken' van een koor is bijvoorbeeld het zingen van dalende grote hele tonen waar dalende kleine hele tonen juist zouden zijn geweest[12].

[12] Het stijgend zingen van een grote tertstoonladder levert van nature geen problemen op: met het stijgen van de toonhoogte hebben onze stembanden de neiging om de intervallen kleiner te gaan zingen, wat goed uitkomt bij het zingen van de natuurlijke toonladder: eerst wordt immers de grote hele toon gezongen, daarna de kleine hele toon. Dat treft dus uitstekend. Dalend zijn er echter intonatieproblemen: dalend zingen betekent zingen met geleidelijk ontspannende stembanden. Vooral na een passage van een bepaalde lengte willen onze stembanden dat maar al te graag. Bij de passage e - d - c zullen onze stembanden het liefst in beide gevallen een grote hele toon zingen. Het gevolg is dat de d en de c en daarna de rest van de muziek te laag uitkomt: het koor is gezakt.

Het voordeel van de natuurlijke stemming is dat de intervalverhoudingen eenvoudig en dus welluidend zijn. Het grote nadeel is dat er twee soorten hele tonen zijn, wat deze stemming voor toetsinstrumenten uitermate ongeschikt maakt. De verschillende hele tonen zouden bij het transponeren van toonladders immers voortdurend zouden moeten worden gewijzigd).

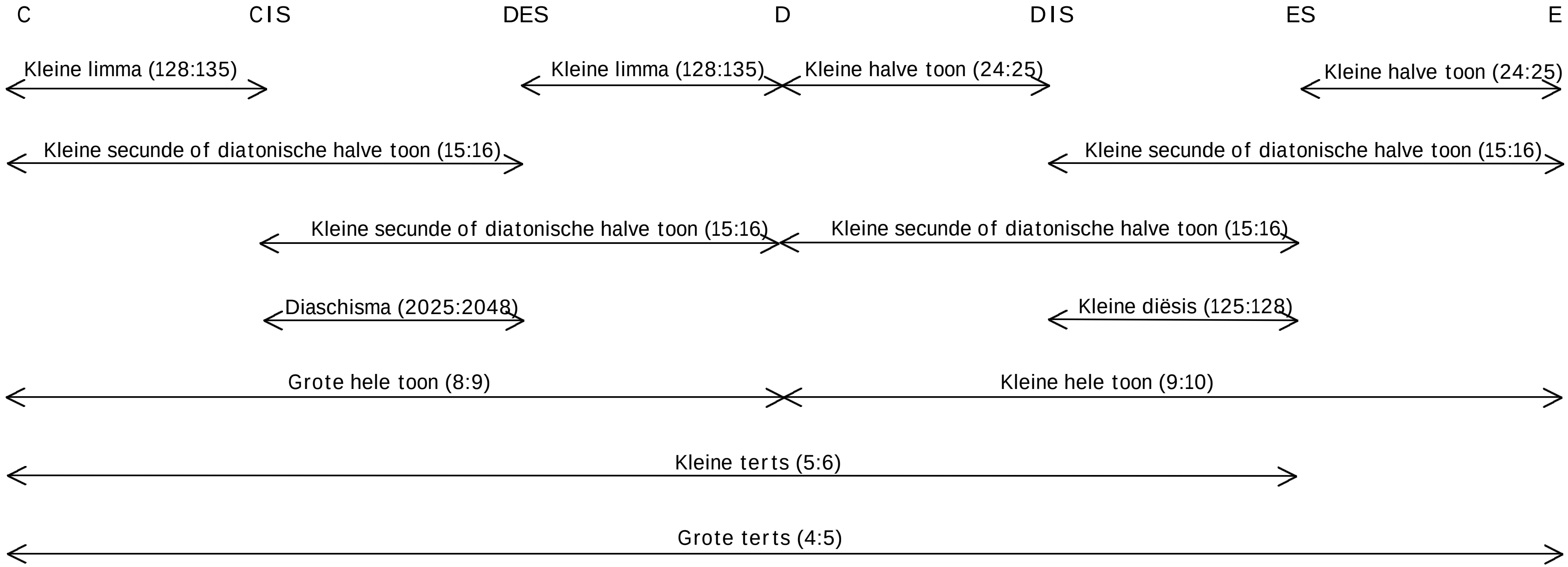
De onderlinge verhoudingen tussen de stamtonen van de natuurlijke (reine) toonladder volgens Aristoxenos (Aristoteles) is de volgende:

c d e f g a b c
8:9 9:10 15:16 8:9 8:9 9:10 15:16

5.5.2 Toonfrequenties van de diatonische toonladder

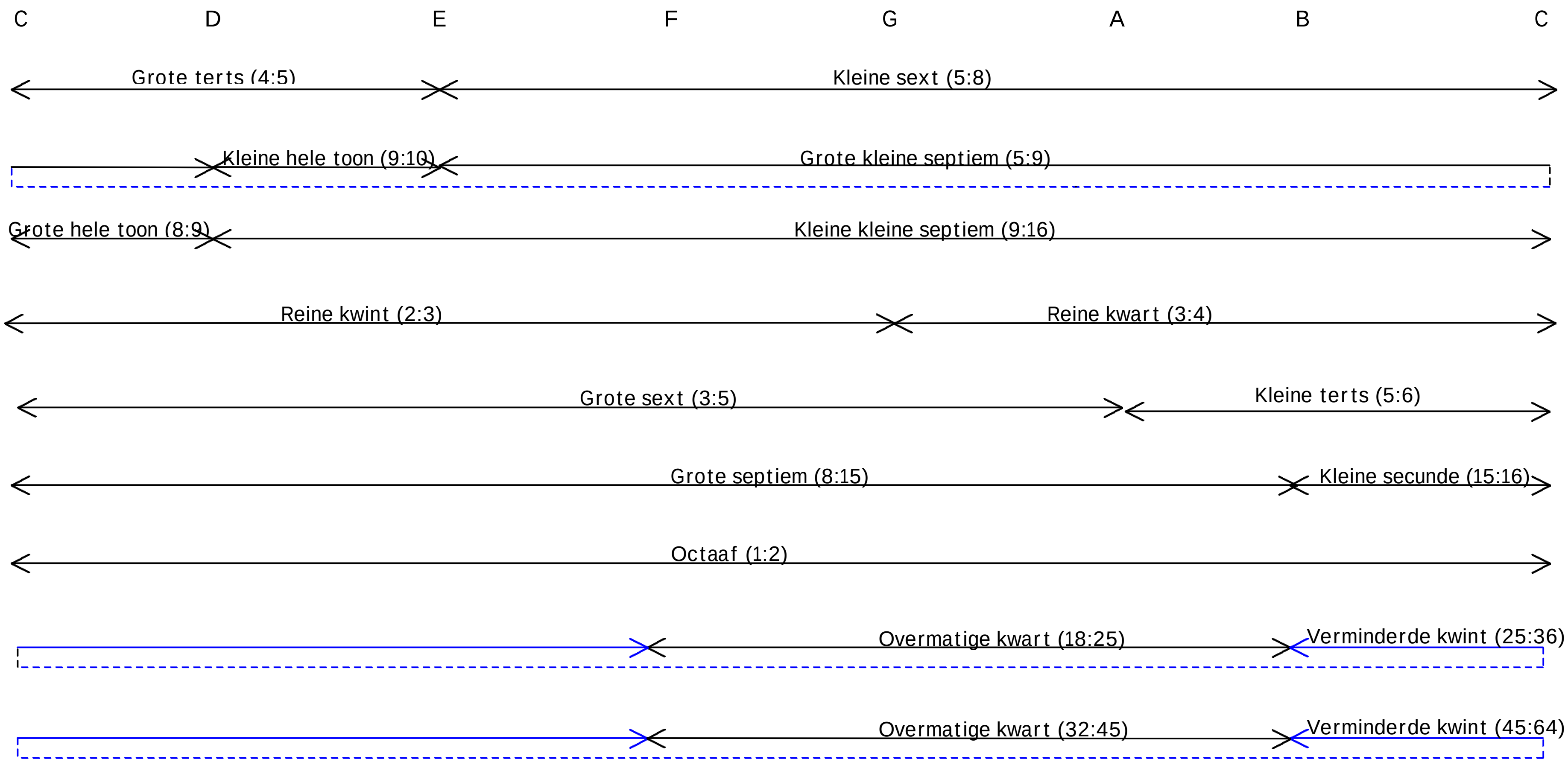
c'	260,741 Hz
ces'	275 Hz
cis'	278,123 Hz
d'	293,333 Hz
es'	305,555 Hz
dis'	312,889 Hz
e'	325,926 Hz
f'	347,654 Hz
ges'	366,667 Hz
fis'	370,831 Hz
g'	391,111 Hz
as'	412,5 Hz
gis'	417,185 Hz
a'	**440 Hz**
bes'	458,333 Hz
ais'	469,333 Hz
b'	488,889 Hz

5.5.3 Nadere beschouwing van de grote terts in de natuurlijke stemming



- Het verschil tussen de grote hele toon en de kleine hele toon wordt **syntonisch komma, komma van Didymos** of **Didymisch komma** genoemd (80:81).
- Het enharmonisch interval binnen de grote hele toon wordt **diaschisma** genoemd (2025:2048).
- Het enharmonisch interval binnen de kleine hele toon wordt **kleine diësis** genoemd (125:128).
- Er zijn twee chromatische halve tonen: het **kleine limma** (128:135) en de **kleine halve toon** (24:25).
- Er is één kleine secunde: de (natuurlijke) diatonische halve toon (15:16).
- Er zijn twee hele tonen: de **grote hele toon** (8:9) en de **kleine hele toon** (9:10). Samen vormen ze een grote terts (4:5).
- In het natuurlijke systeem is de chromatische halve toon (128:135 of 24:25) kleiner dan de diatonische halve toon (15:16).

5.5.4 Verdeling van het octaaf in de natuurlijke stemming



Er zijn twee wezenlijk verschillende verminderde kwinten (b:f) en dus ook twee verschillende overmatige kwarten (f:b).
De eerste verminderde kwint bestaat uit twee kleine tertsen (b:d en d:f) en elk van deze tertsen bevat een grote hele toon.
De tweede verminderde kwint bestaat uit een reine kwart (c:f) plus een diatonische halve toon (b:c); deze reine kwart bestaat uit een grote terts (c:e) en een halve toon (e:f) en die grote terts bestaat op haar beurt uit een grote hele toon en een kleine hele toon. Deze laatste verminderde kwint is dus kleiner dan de voorgaande. De overmatige kwart 18:25 komt in de praktijk niet of nauwelijks voor.

5.6 De stemming van Pythagoras

5.6.1 Algemeenheden

Stemmen volgens het systeem van Pythagoras betekent: twaalf aaneengesloten reine kwinten van elkaar afleiden. Deze twaalf reine kwinten zijn onderling afgebakend door dertien tonen. In 5.3 zagen wij dat van deze dertien tonen de eerste en de laatste enharmonisch gelijk zijn, bijvoorbeeld: es – bes – f - c - g - d - a - e - b - fis - cis - gis – dis.

De bouwer van toetsinstrumenten kan van deze twee enharmonische gelijken er slechts één op zijn instrument aanbrengen. In bovenstaand voorbeeld is dit ofwel de es ofwel de dis; hij moet kiezen. Dit enharmonische interval heet, zoals eerder vermeld het **Pythagoreïsche komma** (verhouding 524288:531441). Het is dit Pythagoreïsche komma dat weggewerkt moet worden. Steeds is er een 'schijnkwint' (in feite een verminderde sext), een - zeker in dit stemsysteem - onmogelijk interval dat zeer veel zwevingen veroorzaakt. Deze schijnkwint kreeg dan ook de cynische bijnaam 'wolfskwint' of 'orgelwolf'.

De stemming van Pythagoras wordt ook nog cyclische methode genoemd. Ze steunt op de muzikale bevrediging die de mens van nature voelt bij het horen van reine kwinten en reine kwarten. Hoewel deze stemming vele nadelen heeft (onder meer 'onzuivere', want te grote tertsen, sexten en septiemen), is zij voor toetsinstrumenten beter geschikt: alle grote secundes zijn gelijk (verhouding 8:9) en blijven dit, ook wanneer we afgeleide tonen mee gaan berekenen.

De stemming van Pythagoras voldeed uitstekend bij eenstemmige muziek en bij de middeleeuwse meerstemmigheid, waarin slechts octaaf en kwint als consonant optraden. Wanneer er tijdens de Renaissance een sterke behoefte begon te bestaan aan zuivere tertsen, bleek de Pythagoreïsche stemming niet meer te voldoen.

De onderlinge verhoudingen tussen de stamtonen van de toonladder volgens Pythagoras is de volgende:

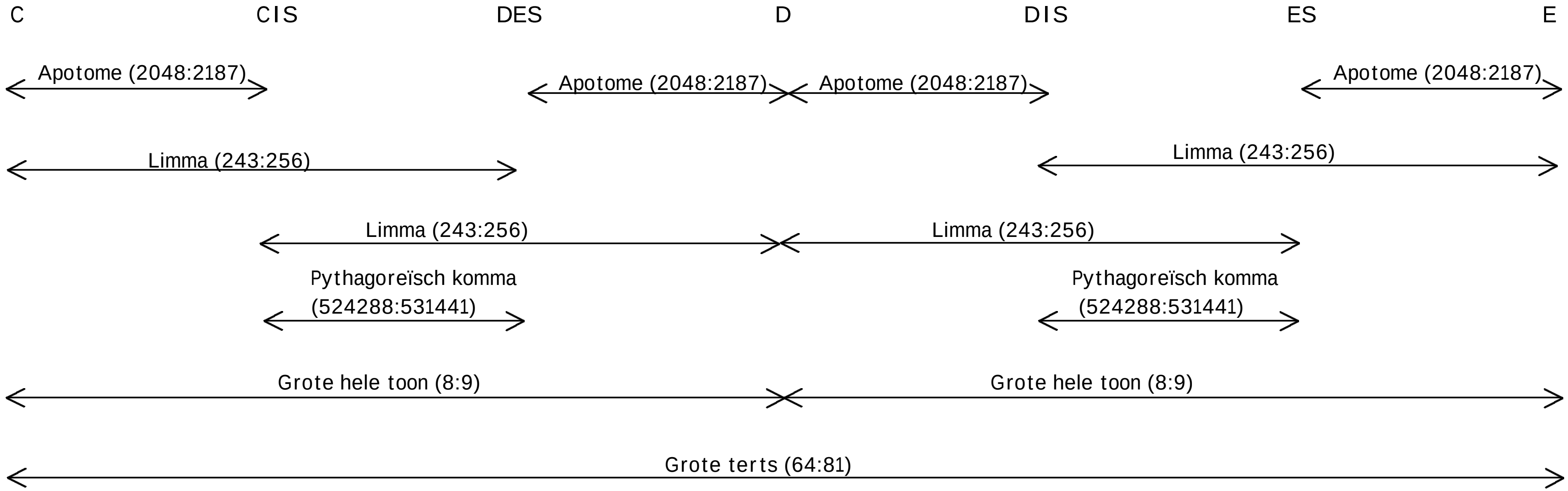
c		d		e		f		g		a		b		c
	8:9		8:9		limma		8:9		8:9		8:9		limma	

Het limma wordt ook wel **kleine secunde**, **diatonische halve toon** of **Pythagoreïsche halve toon** genoemd (verhouding 243:256).

Het Pythagoreïsche systeem van intervalberekening gaat uit van twee intervallen: het octaaf (1:2) en de kwint (2:3). Alle overige intervallen worden berekend uitgaande van deze basisintervallen:

- Grote secunde = kwint + kwint (verhouding 8:9).
- Grote sext = grote secunde + reine kwint (verhouding 16:27); dit is een minder ronde verhouding dan de natuurlijke grote sext; het verschil bedraagt een didymisch komma.
- Grote terts = grote sext + reine kwint - octaaf (verhouding 64:81) = de som van 2 grote hele tonen.
- Grote septiem = grote terts + reine kwint (verhouding 128:243).
- Overmatige kwart = grote septiem + reine kwint - octaaf (verhouding 512:729) = de som van drie hele tonen.

5.6.2 Nadere beschouwing van de grote terts in de stemming van Pythagoras



- Er is slechts één grote secunde (diatonische hele toon): de grote hele toon uit de reine stemming. Ze wordt bekomen door twee kwinten (2:3) bij elkaar op te tellen en uiteraard een octaaf (1:2) af te trekken: $(2:3)^2 : (1:2) = 8:9$.
- De diatonische halve toon wordt **limma** of **Pythagoreïsche halve toon** genoemd (1215:1280).
- De (enige) chromatisch halve toon wordt **apotome** genoemd (2048:2187).
- Het enharmonisch interval binnen de (uiteraard grote) hele toon wordt **komma van Pythagoras** of **Pythagoreïsch komma** genoemd (524288:531441).
- In het Pythagoreïsche systeem is de chromatische halve toon (243:256) groter dan de diatonische halve toon (2048:2187).

5.7 Vergelijking tussen de natuurlijke stemming en de stemming van Pythagoras

- In het natuurlijke systeem is de chromatische halve toon (128:135 of 24:25) kleiner dan de diatonische halve toon (15:16).

- In het Pythagoreïsche systeem is de chromatische halve toon (243:256) groter dan de diatonische halve toon (2048:2187).

- Het verschil tussen de limma en de kleine diësis is de **grote diësis** (243:250); deze is van weinig belang voor de musiceerpraktijk.

- De som van het kleine limma en de kleine diësis is het **grote limma** (25:27); deze is eveneens van minder belang.

- Het verschil tussen het Pythagereïsche komma en het Didymische komma wordt **schisma** genoemd (32768:32805).

- Het grote voordeel van de natuurlijke stemming is dat de getalsverhoudingen eenvoudig zijn. Het nadeel is echter dat er twee grote secundes zijn.

- Het grote voordeel van de stemming van Pythagoras is dat er slechts één grote secunde is (8:9). De intervalverhoudingen zijn echter ingewikkeld.

5.8 De stemming van Zarlino

Bij de stemming volgens Pythagoras was de grote terts (de derde toon) niet geheel zuiver (64:81 i.p.v. 4:5). Dit werd uitermate hinderlijk toen omstreeks de twaalfde en dertiende eeuw de meerstemmigheid opkwam. Heel wat muziektheoretici hebben zich over dit probleem gebogen. De Italiaanse componist en muziektheoreticus Gioseffo Zarlino (1517 – 1590) ging uit van de reine stemming, die reeds gedeeltelijk door Aristoxenos (300 v. Chr.) en zijn volgelingen, onder wie Didymos (eerste eeuw na Chr.) werd toegepast. Deze stemming bracht grote bezwaren met zich mee op een toetsinstrument omdat de verschillende hele tonen bij het transponeren van toonladders voortdurend zouden moeten worden gewijzigd. Een toonladder klinkt namelijk eerst dan 'rein', 'zuiver', wanneer zij, als twee hele tonen elkaar opvolgen, de eerste als grote hele toon (verhouding 8:9) en de tweede als kleine hele toon (verhouding 9:10) laat horen. Wanneer deze volgorde wordt omgekeerd, klinkt deze zonder meer vals.

Met de algemene aanvaarding van de tertsen en sexten kwamen ook de regels voor het onderscheiden en gebruiken van dissonanten. Een belangrijk werk hierover is *De kunst van het contrapunt* van Tinctoris, dat later werd verfijnd in *De grondslagen van de harmonie* (1558). De terts en sext klonken als interval tot nog toe zeer scherp, waardoor stemmingen ingevoerd werden die de onvolkomen consonanten beter deden klinken (begin zestiende eeuw). Later, ten bate van de polyfone muziek, werden de middentoon- en getempereerde stemmingen gebruikt. Het zoeken naar nieuwe stemmingen was ook een gevolg van de steeds meer gebruikte chromatische schaaltonen en de van de kwintencirkel afgeleide toonladders.

Zarlino's boeken verschenen tussen 1550 en 1590. Daarin gaf hij een grote codificatie van de regels, die na de opbloei van de genoemde polyfone kunst voor het contrapunt[13] in gebruik gekomen waren. Zarlino legde daarbij de rechten vast van de harmonische grote terts. In Hugo Riemanns *Geschichte der Musiktheorie* wordt beschreven, hoe deze vermoedelijk uit het noorden (door toedoen van Walter Odington) zijn weg gevonden heeft naar de landen rond de Middellandse Zee. Bij de middeleeuwse schrijvers staat bijna steeds de secunde van Pythagoras vermeld, alsook de terts van Pythagoras, die de som van twee dergelijke secunden is. In het zuiden brak reeds Bartholomeus Ramis de Pareia met de terts van Pythagoras. Bij Zarlino vinden we de definitieve aanvaarding van de harmonische grote terts (verhouding 4:5) als fundamentele factor in de harmonie.

[13] Het begrip 'contrapunt' komt uit het Latijn 'contrapunctum'. Punctum betekent letterlijk 'punt' (vroeger werden de noten zo genoemd) en contra betekent letterlijk 'tegen'. Contrapunt betekent dus letterlijk 'noot tegen noot'. Het is de kunst van het combineren van twee op zichzelf staande muzikale lijnen. Derhalve kan het contrapunt niet los van het begrip polyfonie (meerstemmigheid) gezien worden.

5.8.1 De arithmetische verdeling van een snaar

De harmonische beschouwingen van die tijd kleedden zich meestal in de vorm van het probleem, hoe een gespannen snaar moest verdeeld worden om de gewenste intervallen te krijgen. De eenvoudigste verdeling van de snaar is in tweeën. Het is bekend, dat de halve snaar een toon geeft, die met de lagere toon van de hele snaar een interval maakt, dat octaaf wordt genoemd. Wat ligt er meer voor de hand, dan het verschil tussen deze twee snaarlengten opnieuw in tweeën te gaan verdelen? Indien het een D-snaar is, zullen we met de halve snaar een d krijgen, en met driekwart van de snaar een G. Op een bepaalde manier mag G het midden heten tussen D en d. Daar de driekwart snaarlengte het rekenkundig of arithmetisch gemiddelde is van 1 en 1/2, werd G het 'arithmetische midden' van het octaaf D:d genoemd. Zeer voor de hand ligt het ook, dat het verschil tussen de hele en de halve snaarlengte in drieën wordt gedeeld. Dat betekent dat er geluisterd wordt naar welke tonen er worden gespeeld met 1/2, of 3/6, met 4/6 (of 2/3), met 5/6 en met de hele snaarlengte. Door die tonen wordt het octaaf arithmetisch in drieën gedeeld. Op de D-snaar zijn dit d:A:F:D. Het is duidelijk dat nu tussen F en d de toon A het arithmetische midden is, en dat tussen de tonen D en A de toon F het arithmetische midden is. In wat tegenwoordig de kleine (terts)drieklank D:F:A heet is dus F het arithmetische midden van de kwint D:A. Op deze wijze kan de primitieve mens doorgaan. Zo kan hij bijvoorbeeld het stuk op de snaar tussen de helft (d) en tweederde (A) in drieën delen. Dan krijgt hij de snaarlengten 9/18 (of 1/2), 10/18 (of 5/9), 11/18 en 12/18 (of 2/3). Wij kunnen dat in ons notenschrift en met onze letters nog niet goed weergeven, maar het is een tamelijk verbreide toonopvolging, waarbij de kwart d:A arithmetisch in drieën gedeeld is.

5.8.2 De harmonische verdeling van een snaar

Een andere wijze van delen, die de **harmonische verdeling** wordt genoemd, vindt een voorbeeld in de octaafverdeling D:A:d. De afstand, op de snaar gemeten, van D naar A (dat is 1 - 2/3 = 1/3 snaarlengte) staat in dezelfde verhouding tot de afstand van A naar d (dat is 2/3 - 1/2 = 1/6 snaarlengte) als de snaarlengte van D (dat is 1) tot de snaarlengte van d (dat is 1/2). Dit is minder primitief! De voorstelling kan echter vereenvoudigd worden, door aan de omgekeerden van de snaarlengten te denken. Dan beantwoordt aan D het omgekeerde van de snaarlengte 1/1 (= 1), en aan d beantwoordt het omgekeerde van de snaarlengte 1/2, dat is 1 : (1/2) = 2, en het gemiddelde van deze 1 en 2 is 1 1/2, dat is het omgekeerde van 2/3, en 2/3 is de snaarlengte die aan A beantwoordt. A heet het 'harmonische midden' tussen D en d. Het octaaf kan nu harmonisch in drieën gedeeld worden. Dan moet de afstand van de 'omgekeerde' 1 en 2 in drieën gedeeld worden; dat geeft 1 (= 3/3), 4/3, 5/3 en 6/3 (= 2), en de corresponderende snaarlengten zijn 1, 3/4, 3/5, 1/2, die beantwoorden aan D:G:B:d. Hier is G het harmonische midden tussen D en B, en B het harmonische midden tussen G en d. In de grote (terts)drieklank G:B:d is dus de kwint harmonisch middendoor gedeeld.

Tegenwoordig weten wij dat de harmonische verdeling betekent de gewone verdeling van het verschil in de trillingsgetallen, in de frequenties der intervaltonen. Verdeling van de verschillen in snaarlengten geeft de arithmetische verdeling van de kwint: de **kleine terts-harmonie**. Verdeling van de verschillen in frequenties geeft de harmonische verdeling van de kwint: de **grote terts-harmonie**.

Zarlino grondvestte zijn harmonie op die twee drieklanken, dat is op de harmonische en op de arithmetische middendeling van de kwint. Behalve de factor 2 zijn daar rekenkundig slechts de factoren 3 en 5 bij betrokken. Tot middendeling van de kwart ging Zarlino nog niet over. De arithmetische deling zou tussen de getallen 6 en 8, die zich verhouden als 3:4, een getal 7 geplaatst hebben. De harmonische deling zou, tussen de breuken 1/8 en 1/6 die zich verhouden als 3:4, een breuk 1/7 gezet hebben, en het getal 7 liet Zarlino in zijn harmonie niet toe. Trouwens, in zijn tijd was het nog nodig te betogen, dat de harmonische grote terts, met de getalsverhouding 4:5, consonant was en niet dissonant, zoals deze in de Middeleeuwen werd aanzien. Daarover werd in die tijd veel gediscussieerd. Zarlino heeft in zijn wetboek voor de harmonie ondubbelzinnig het goede recht van de harmonische tertsen vastgelegd. Verder ging hij niet. In de grondslag waarop hij bouwde, wat het rekenkundige betreft, nam hij geen andere getallen op dan 1, 2, 3, 4, 5 en 6: de '*senario*', zoals die groep getallen in het Italiaans heet. Door de keuze van de harmonische terts kwam Zarlino geheel vrij van de ban van het tetrachord van Pythagoras.

In zijn *Istitutioni Harmoniche* van 1558 somt Zarlino de geslachten en de soorten van *de oude tetrachorden* op. Een tetrachord is een groep van vier tonen, waarvan de uiterste een reine kwart van elkaar verwijderd zijn. De beide andere tonen kunnen dat interval op uiteenlopende wijze verdelen, en naar die verscheidenheid worden de geslachten geclassificeerd. Is er nergens tussen twee buren een interval groter dan een secunde (hele toon) dan behoort het tetrachord tot het *diatonische* geslacht. Bedraagt het interval tussen de twee hoogste tonen anderhalve toon, dan heet het geslacht *chromatisch*. Bedraagt het interval van het hoogste paar tonen een grote terts, dan heet het geslacht *enharmonisch*. Deze namen zijn, met gewijzigde betekenis, nog in gebruik. Zarlino citeert Ptolemaeüs (in zijn spelling *Tolomeo*), en onderscheidt met hem vijf soorten in het diatonische geslacht. Het tetrachord met twee secunden van Pythagoras (9:8) en een limma van Pythagoras (256:243) wordt *diatonico diatono* genoemd. Het tetrachord met de arithmetische verdeling in drieën, hierboven vernoemd, dat nog voortleeft in de Schotse doedelzakmuziek, wordt *diatonico equale* genoemd. *Diatonico sintono* is de soort, waarin de hoogste en op één na laagste toon een harmonische grote terts vormen (frequentieverhouding 15:16:18:20). Twee van zulke tetrachorden naast elkaar gezet, met gemeenschappelijke grenstoon (B:c:d:e en e:f:g:a), vormen de sinds Zarlino klassieke traditionele diatonische grote tertstoonladder.

De andere soorten van het diatonische geslacht schoof Zarlino terzijde. Buiten de 'senario', de getallen één tot zes, was er voor hem geen harmonie. Het getal 11, in de genoemde toonsoort *diatonico equale*, paste hem dus niet. Maar ook het getal 7, dat voorkomt in de frequentieverhoudingen van de nog niet genoemde toonsoorten *diatonico molle* (60:63:70:80) en *diatonico toniaco* (27:28:32:36) verwierp Zarlino. Om dezelfde reden nam hij ook niets over van de tetrachorden der chromatische geslachten en evenmin kon hij iets beginnen met de enharmonische toongeslachten.

Van een denkbeeld, of misschien in de kerktonen nog iets zou kunnen voortleven van die oude toongeslachten, vinden wij bij Zarlino niets. In zijn werk wordt onder al die oude theorie een streep getrokken. Er begint een nieuw tijdperk met een polyfonie die uitsluitend gebaseerd is op de consonantie van harmonische kwint en terts, volgens de '*monochordo diatonico sintono*', dit is onze traditionele grote tertstoonladder.

Op het stuk van het syntonisch komma maakte Zarlino een belangrijke ontwikkeling door. In de grote tertstoonladder (op c) is de kwint tussen de tweede en de zesde trap (d:a) niet zuiver. Er ontbreekt een komma aan. Dat komt hiervandaan, dat vier zuivere kwinten een syntonisch komma (81:80) groter zijn dan twee octaven plus een harmonische grote terts. Ook is het interval tussen eerste en tweede trap (c:d) een secunde van Pythagoras (8:9) terwijl dat tussen tweede en derde trap een kleine grote secunde (9:10) is. Bij modulaties[14] rijzen hieruit verschillende bezwaren, en de vraag is, hoe een redelijk compromis te vinden in een 'temperamento' d.i. een voorschrift van stemming, volgens hetwelk orgels en andere instrumenten met vaststaande toetsen kunnen gestemd worden.

In zijn *Istitutioni* van 1558 verdeelt Zarlino het syntonisch komma in zeven delen. De kwinten stemt hij 2/7 komma te klein, de grote terts en de kleine terts elk 1/7 komma te klein enzovoort. De secunden worden aan elkaar gelijk gemaakt, en elk is de helft van een grote terts.

Later, in 1571, deed Zarlino een andere oplossing aan de hand, die minder aan de kwinten tornde, en de grote terts volkomen zuiver liet. Voor de *Dimostrationi Harmoniche* koos hij voor de gespreksvorm: afwisselende uiteenzettingen en discussies van hemzelf, sprekende met de kapelmeester Francesco Viola uit Ferrara, met Adriaen Willaert, zijn voorganger aan de signoriale kapel in Venetië en met de Venetiaanse organist aan de kerk San Marco, Claudio Merulo. Zarlino liet hen de noodzaak van een rationeel temperament betogen en kwam dan zelf met de oplossing voor de dag, namelijk dat de kwinten alle een kwart komma kleiner moeten gemaakt worden dan ze behoren te zijn. Dat is de zogenaamde **middentoonstemming** (zie 5.9), waarbij de grote secunde precies het midden treft van de zuivere harmonische terts. In deze stemming werd ruim twee eeuwen gemusiceerd.

[14] Het veranderen van tonaliteit of het veranderen van tonica of het veranderen van tonaliteit en tonica samen). Modulaties komen zeer veel voor, met name in grotere werken, maar zelfs in kinderliedjes komen ze reeds voor (bijvoorbeeld in 'Boer wat zeg je van m'n kippen'). Er kan onderscheid worden gemaakt tussen de 'eenvoudige' modulaties en de meer kunstige (of gekunstelde) modulaties, die als effect in de serieuze muziek (en soms in de lichte muziek) worden toegepast. De eenvoudige modulaties betreffen overgangen tussen nauw verwante toonaarden. Ze vallen meestal niet direct op. Modulaties tussen niet of nauwelijks verwante toonaarden geven de muziek vaak een zeer dramatische werking, mits zulke modulaties elkaar niet in een eindeloze reeks opvolgen: dan gaat hun werking geleidelijk verloren.

Nog later, in 1588, werd Zarlino geprest tot de bespreking van de *normale halftoonstemming*. In zijn *Sopplementi Musicali* polemiseerde hij tegen een gewezen leerling, die de stelling verdedigde dat de verkorting van een snaardeel tot 17/18 van de aanvankelijke lengte de toon zoveel hoger brengt, dat twaalf zulke stappen - alle even groot - samen een octaaf maken. Zarlino rekende uit, welke verhouding er ontstaat, als 18/17 twaalf maal met zichzelf wordt vermenigvuldigd. Het is nog net niet 2:1; er ontbreekt 3/5 van een syntonisch komma aan.

Wij zouden kunnen zeggen dat de benadering van 1/12 octaaf door 18:17 dus zeer goed is (een betere benadering is 17,8:16,8), maar Zarlino verwierp ze. Van zijn kant gaf hij drie meetkundige constructies voor de octaafverdeling in twaalven op de snaar. Dit zijn geen recht het doel rakende constructies met passer en lineaal; het zijn constructies van zo goed mogelijk proberen een lijn te trekken, die aan bepaalde eisen voldoet. Het valt te betwijfelen of de benadering, op deze wijze te bereiken, ooit beter kan zijn dan die door de breuk 18/17. De juiste getalsverhoudingen voor de verdeling van het octaaf in twaalf gelijke parten, als tiendelige breuken met 4 decimalen, zijn in het begin van de zeventiende eeuw berekend door Simon Stevin[15].

Voor instrumenten met vaste toetsen zoals orgels, piano's e.d. liet Zarlino de bruikbaarheid van deze normale halftoonstemming gelden, maar in een speciaal hoofdstuk betoogde hij uitdrukkelijk, dat wij in de zang uitsluitend de *diatonisch syntonische toonsoort van Ptolemaeüs* (= de natuurlijke toonladder) gebruiken, en dat bij meerstemmigheid de intervallen in hun zuivere verhoudingen gezongen worden. Anders dan Simon Stevin, die als grondstelling kiest dat alle halftonen in hun volmaaktheid aan elkaar gelijk zijn, houdt Zarlino uitdrukkelijk vast aan de zuiverheid der consonanties.

[15] Simon Stevin (1548 - 1620), Nederlands wetenschapper en ingenieur.

Zarlino stelde dus, in navolging van Pythagoras, een methode van stemming vast door deling van een gespannen snaar op een monochord. Hij ging verder dan Pythagoras door de snaar ook in negen delen te verdelen: 4:9 en 5:9 levert de verhouding 4:5 (de consonante grote terts) en ook in elf delen: 5:11 en 6:11 levert 5:6 (de consonante kleine terts). Uit de verhoudingen 1:1, 6:5, 5:4, 4:3, 3:2, en 2:1 werden de overige intervallen door berekening vastgesteld. Deze intervallen waren:

- Kleine secunde = reine kwart - reine terts = 4:3 : 5:4 = 16:15.
- Grote grote secunde = 2 reine kwinten - octaaf = 3:2 × 3:2 : 2:1 = 9:8.
- Kleine grote secunde = grote sext - reine kwint = 5:3 : 3:2 = 10:9.
- Kleine sext = reine kwint + kleine secunde = 3:2 × 16:15 = 8:5.
- Grote sext = reine kwart + grote terts = 4:3 × 5:4 = 5:3.
- Kleine kleine septiem = octaaf - grote grote secunde = 2:1 : 9:8 = 16:9.
- Grote kleine septiem = octaaf - kleine grote secunde = 2:1 : 10:9 = 9:5.
- Grote septiem = reine kwint + grote terts = 3:2 × 5:4 = 15:8.

De verhouding tussen de 12 tonen van Zarlino's grote tertstoonladder ziet er als volgt uit:

1:1		9:8		5:4		4:3		3:2		5:3		15:8		2:1
	9:8		10:9		16:15		9:8		10:9		9:8		16:15	

en van zijn kleine tertstoonladder:

1:1		9:8		6:5		4:3		3:2		8:5		9:5		2:1
	9:8		16:15		10:9		9:8		16:15		9:8		10:9	

Verder komen enkele oorspronkelijke intervallen ook in een andere verhouding voor:

- Kleine terts = reine kwart - grote grote secunde = 4:3 : 9:8 = 32:27.
- Grote sext = octaaf - bovenstaande kleine terts = 2:1 : 32:27 = 27:16.
- Kwart = kleine terts + grote grote secunde = 6:5 × 9:8 = 27:20.
- Kwint = reine kwart + kleine grote secunde = 4:3 × 10:9 = 40:27.

De overige chromatische intervallen zijn op een soortgelijke manier af te leiden. Omdat er twee hele toonafstanden van 10:9 en 9:8 zijn, en maar één diatonische halve toonafstand van 16:15, zijn er twee chromatische halve toonafstanden, namelijk 9:8 : 16:15 = 135:128 en 10:9 : 16:15 = 25:24. De intervallen cis - c en d - des zijn 135:128, en de intervallen dis - d en e - es zijn 25:24. Tussen des en cis is het kleine verschil 2048:2025 (diaschisma) en tussen dis en es 128:125 (kleine diësis).

5.9 De middentoonstemming

5.9.1 Algemeenheden

De middentoonstemming is een compromis tussen de stemmingen van Zarlino en Pythagoras. Ze kiest voor de zuivere terts die, anders dan bij de natuurlijke (reine) stemming, uit precies twee even grote secundes bestaat. De grote hele toon is een half didymisch komma te klein, de kleine hele toon een half didymisch komma te groot (vandaar de naam 'middentoonstemming'). De vier op elkaar gestapelde kwinten worden alle 1/4 syntonisch komma te laag gestemd, zodat de grote terts, die dan ontstaat overeenkomt met de zuivere grote terts (4:5) uit de boventoonreeks. De grote (terts)drieklank heeft nu een zuivere terts en een iets te lage kwint. Niet alle op elkaar gestapelde kwinten kunnen 1/4 syntonisch komma te laag worden gestemd, omdat er na twaalf kwinten onoverkomelijke moeilijkheden zullen ontstaan in verband met het Pythagoreïsche komma. De consequenties van dit systeem zullen we hier niet nagaan. De bitterste is wel deze: er zijn nu twee wolfskwinten.

De middentoonstemming behoort tot het lineaire type. In een dergelijke stemming beginnen we bij een bepaalde toon te stemmen, bijvoorbeeld bij de A of de C en stemmen dan omhoog naar de ene zijde van het klavier en omlaag naar de andere zijde van het klavier. Bij de middentoonstemming worden de meest gebruikte grote tertsen rein gestemd. Omdat reine tertsen in een akkoord met kwinten en tertsen bepalend zijn voor het rein klinken van het akkoord, ervaren we de akkoorden met reine tertsen in de middentoonstemming als zeer rustgevend. Speelt de organist in de middentoonstemming een chromatische toonladder[16], dan blijken er duidelijke verschillen te zijn tussen deze halve tonen. Het is in de middentoonstemming onmogelijk rein klinkende grote (terts)drieklanken te realiseren op de tonen as, fis, gis en b. Vanaf drie kruisen of mollen wordt de toepassing van de middentoonstemming uiterst problematisch.

Bij de middentoonstemming geeft het lichte vibrato - als gevolg van de zwevingen die de kwinten te horen geven - aan de muziek een zekere warmte. Twee eeuwen lang verzetten de musici zich tegen het prijsgeven van de charmes van hun grote terts-harmonie. Pas toen de behoefte aan de vrijheid tot moduleren zeer sterk werd, werd de ongereptheid van de middentoonstemming opgeofferd.

De Duitse organist en orgelcomponist **Arnold Schlick** (ca. 1460 - ca. 1521) beschreef uitvoerig de middentoonstemming in zijn *Spiegel der Orgelmacher und Organisten* (1511). Deze stemming was (met enkele aanpassingen) tot rond 1650 algemeen in gebruik. Muziek, in deze tijd geschreven, gaat van deze stemming uit, buit de mogelijkheden ervan maximaal uit, en omzeilt de onmogelijkheden. Componisten die leefden en werkten in deze tijd waren onder andere Michael Praetorius (1571 - 1621) en Jan Pieterszoon Sweelinck (1562 - 1621). Hun repertoire heeft in feite een middentoonstemming nodig, die er een extra dimensie aan toevoegt. In onze evenredigzwevende stemming klinkt dit repertoire veel vlakker en gaat er daardoor een wezenlijke dimensie verloren. De middentoonstemming komt eveneens goed tot zijn recht in combinatie met de barokke intonatie.

[16] Toonladder die bestaat uit intervallen van halve tonen.

5.9.2 De praktische verwezenlijking van de middentoonstemming

De grote tertsen moeten zuiver harmonisch zijn, dat wil zeggen zonder zwevingen klinken. De kwinten moeten 1/4 komma te klein zijn de kwarten 1/4 komma te groot. Een komma betekent 1 zweving op 80 trillingen, dus geeft 1/4 komma 1 zweving op 320 trillingen. De kwinten moeten dus 1 op 320 naar binnen zweven, de kwarten 1 op 320 naar buiten. In het timbre van een orgel werd dit gehoord als een vibrato.

We stemmen eerst de a op 220 trillingen per seconde (440 halve trillingen). Vervolgens worden de cis' en de cis zo gestemd, dat er geen zwevingen zijn. Zo lang deze grote terts en de kleine sext nog niet zuiver zijn horen we een hoge cis''' zweven. Die zwevingen moeten ophouden. Ook de f moet zuiver gestemd worden, dat wil zeggen dat de zwevingen van een hoge a'', die we horen, moeten ophouden. Vervolgens wordt de d gestemd. De kwint moet zweven. Wat we horen zweven is een toon a', de gidstoon van d en a, die een frequentie heeft van 440 trillingen per seconde. Op 320 trillingen moet 1 zweving komen. Per seconde valt dus 440/320 = 11/8 zweving. Per minuut zijn dat 82,5 zwevingen. Met de metronoom (kwartnoot = 82) kan gemakkelijk gecontroleerd worden of de zwevingen het goede tempo hebben.

Op deze d worden vervolgens fis, Bes en bes afgestemd. De fis is goed, wanneer we de fis'' niet meer horen zweven; de bes is goed wanneer we geen zweving meer horen in de gidstoon d'''. Controle op de bes is er, omdat de kwart f:bes in de gidstoon f'' moet zweven in het tempo: kwartnoot = 132.

Nu komt e aan de beurt. De kwart e:a moet zweven in de gidstoon e'' met een tempo: kwartnoot = 3/2 × 82,5 = 124. Op e worden gis en c afgestemd, zonder zwevingen in de gidstonen gis'' en e''. Controles zijn er in de zwevingen van de kwint cis:gis in de gidstoon gis' (met tempo: kwartnoot = 77) en van de kwart c:f in de gidstoon c'' (met tempo: kwartnoot = 99).

Vervolgens wordt de g afgestemd. De kwart d:g moet zweven in de d'' met een tempo 2/3 × 82,5 per minuut of tempo: kwartnoot = 55. Controle is er in de kwint c:g, die in de gidstoon g' moet zweven met een tempo: kwartnoot = 2/3 × 55 = 37.

Ten slotte komen de b en de es zuiver tegen de g, zonder zwevingen in de gidstoon b'', respectievelijk g''. Controles zijn er in de zwevingen van e:b in de gidstoon b' met tempo: kwartnoot = 92 en van es:bes in de gidstoon bes' (tempo: kwartnoot = 88).

Er zijn nog twee bijzondere controles mogelijk. Er zijn nog Bes en gis, die moeten zweven in de gidstoon gis'' met een tempo: kwartnoot = 89, terwijl es en cis' moeten zweven in de gidstoon cis''' met een tempo: kwartnoot = 118. Het ongestreepte kleine octaaf is nu gestemd, en de stemming kan met zuivere octaven omhoog en omlaag worden voortgezet.

5.10 Ongelijkzwevende stemmingen

In de middentoonstemmingen zijn de modulatiemogelijkheden tamelijk gering. In de loop van de tweede helft van de zeventiende eeuw werd er echter steeds meer geëxperimenteerd met gedurfde harmonieën en modulaties, waardoor de beperkingen van de middentoonstemming steeds meer tot uiting kwamen. Er was behoefte aan een stemming waarbij in zoveel mogelijk toonaarden met de grootste zuiverheid kon worden gespeeld.

De grondwet van het stemmen van klavieren zegt dat niet alle twaalf kwinten in de kwintencirkel tegelijkertijd zuiver kunnen zijn. Door er echter bij de verdeling van de onontkoombare ontstemming over de kwintencirkel voor te zorgen dat er nimmer een onbruikbare kwint ontstaat, wist **Andreas Werckmeister** (1645 – 1706) een aantal stemmingen te creëren zonder de hinderlijke wolfsintervallen van de middentoonstemming. Zijn '*eerste stemming*' bood ongekende mogelijkheden. Het voornaamste van deze stemming is, dat het om een ongelijkzwevend getempereerde stemming gaat, waarbij in de meest voorkomende toonaarden redelijk zuiver kan gespeeld worden. Werckmeister verdeelde het Pythagoreïsche komma over vier kwinten, waarvan de eerste drie onmiddellijk na elkaar kwamen (C - G, G - D en D - A), terwijl de vierde zich verder in de kwintencirkel bevond (B - Fis). Deze vier kwinten waren nu 1/4 deel van een Pythagoreïsche komma te klein; er ontstonden nu vier 'wolfskwinten', die elk veel minder jankten dan de éne oorspronkelijke wolfskwint uit de stemming van Pythagoras. Deze werden dan ook spottend 'de jonge wolven' genoemd. De overige kwinten zijn rein. Het gevolg is dat alle grote tertsen te groot en alle kleine tertsen te klein zijn, maar dan zó, dat de meest voorkomende tertsen zuiver zijn en dat de onzuiverheid toeneemt naarmate de tertsen verder in de kwintencirkel liggen. Andreas Werckmeister introduceerde zijn stemming omstreeks 1691 in Duitsland. Hem komt de eer toe voor het eerst de beschrijving van een stemming niet te baseren op de rij van kwinten (zoals in de middentoonstemming), maar op de zogenaamde kwintencirkel.

De nieuwe stemmingen van Werckmeister werden voor het eerst gepubliceerd in zijn *Orgel-Probe* (1681), een handleiding voor het keuren van nieuwe orgels. Het zijn in feite twee stemmingen, die naar aanleiding van de hernieuwde beschrijving in een later boek, *Musicalische Temperatur* (1691), bekend staan als Werckmeister III- en Werckmeister IV-stemming.

Bij Werckmeister zijn drie perioden te onderscheiden met betrekking tot stemmingen. In de eerste periode (1681 - 1691) beschrijft Werckmeister onevenredige stemmingen. In de tweede periode (1697 - 1698) noemt hij ook de evenredige stemming als een mogelijke oplossing. In de derde periode (1702 - 1707) geeft Werckmeister de voorkeur aan de evenredigzwevende temperatuur. De reden daarvan is dat dan onbeperkt moduleren en transponeren mogelijk is. Werckmeister zegt over de evenredige stemming dat dit een voorbeeld is van hoe vrome en welgetempereerde mensen met God in eeuwige harmonie kunnen leven. Het komma van Pythagoras - het 'Defect' in Werckmeisters termen - heeft bij Werckmeister niet alleen fysische, maar ook godsdienstige betekenis. Het is niet uitgesloten dat deze visie Johann Sebastian Bach beïnvloed heeft.

5.10.1 Werckmeister III-stemming

Bij deze stemming zijn de meest gebruikte tertsen toch tamelijk rein. Iedere toonsoort heeft een specifiek eigen karakter, iets wat in de hoog- en laatbarok, en ook nog daarna, specifiek werd uitgebuit. De Werckmeister III-stemming komt goed tot zijn recht in combinatie met de barokke intonatie (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Werckmeister III wordt gekenmerkt door vier kwinten die iets te klein gestemd zijn, nl. C - G, G - D, D - A en B - Fis; de overige kwinten zijn zuiver. Door deze werkwijze kan in alle toonsoorten gespeeld worden, maar de gewone toonsoorten (deze met weinig of geen kruisen of mollen) klinken beter dan de ongewone (deze met veel kruisen of mollen). Daarom is deze stemming bijzonder geschikt in een omgeving waar de gewone toonsoorten weliswaar het meeste voorkomen, maar waarin af en toe wel eens een stuk met vier of meer kruisen of mollen moet gespeeld worden, een situatie die voor de gemiddeld betere organist rond 1700 gold en nu ook voor de clavecinist die het klavierrepertoire van 1650 tot 1750 ten gehore wil brengen.

5.10.2 Werckmeister IV-stemming

De Werckmeister IV-stemming is een stemming waar desnoods de toonsoorten met veel kruisen en mollen nog kunnen gespeeld worden, maar die eigenlijk de gewone toonsoorten sterk bevoordeelt. Werckmeister raadt deze stemming dan ook aan voor de 'gewone' organist, die zelden of nooit deze moeilijke toonsoorten onder ogen krijgt.

Andreas Werckmeister is meestal duidelijk over zijn bronnen. Met betrekking tot zijn onregelmatige circulaire stemmingen is hij dat niet. Het lijkt er echter op dat hij daartoe kwam via twee bronnen. De eerste is *Musica mathematica* van Abraham Bartolus, in 1614 te Leipzig verschenen, waarin Bartolus een stemming overneemt van Andreas Reinhard uit het eveneens in Leipzig verschenen werkje *Monochordum* uit 1604: de frygische toonladder wordt in 48 delen verdeeld en in relatie gebracht tot de verhoudingen in het universum. Bartolus roemt deze stemming: ze zou bruikbaar zijn in alle toonsoorten. Werckmeister constateert dat de stemming evenwel nog getempereerd dient te worden. De tweede bron is de schijf van Theophil Staden, die Werckmeister bestudeerde in *Harsdörffers Mathematische und Philosophische Erquickstunden*. Daarin wordt het idee van een circulaire stemming op een primitieve manier aanschouwelijk gemaakt.

5.11 Selectiestemmingen

De **selectiestemmingen** (ontworpen door onder andere Euler[17], Kepler[18], Neidhardt, d'Alembert[19] en Kirnberger[20]) berusten alle op het volgende principe: zoveel mogelijk tonen 'rein' (volgens Zarlino of Aristoxenos), de minder vaak voorkomende tonen volgens Pythagoras. Waar deze principes met elkaar botsen worden 'gemiddelden' gekozen. Op deze stemmingen gaan we hier niet verder in.

Zie ook volgende links:

http://www.xs4all.nl/~huygensf/euler.html

http://www.xs4all.nl/~huygensf/temperatuur.html

http://www.klassiekemuziekgids.net/componisten/kirnberger.htm

http://user.online.be/Klessens_Gert/kepler.htm

http://home.tiscali.be/johan.broekaert3/Tuning_Dutch.html

[17] Leonhard Euler (1707 - 1783), Zwitsers wiskundige. Hij hield zich onder meer bezig met de studie van het geluid en knoopte daar een muzikale theorie aan vast, die in 1739 verscheen onder de titel *Tentamen novae theoriae musicae*.

[18] Johannes Kepler (1571 - 1630), Duits wiskundige en astroloog. In zijn denkwereld staan twee begrippen centraal: geometrie en harmonie. Samen vormen ze volgens hem het oerbeginsel waaruit alles bestaat. De invloed van Kepler op het Luthers-barokke stelsel is te zien in de orgelliteratuur, bijvoorbeeld in de orgelwerken van Johann Heinrich Buttstett (1666 - 1727), wanneer ze worden geanalyseerd vanuit de denk-, gevoels- en gehoorswereld van zijn tijd en in zijn gebied. Analyses verricht vanuit dit wereldbeeld tonen aan dat vrije orgelwerken een fundamenteel verwijzende betekenis hebben naar de Schepper van de muziek. Deze Schepper is de Drie-enige God, die ook de Schepper van hemel en aarde is, en al bij het begin van de schepping hemel, aarde en muziek aan elkaar verbonden had.

[19] Jean d'Alembert (1717 - 1783), Frans wiskundige.

[20] Johann Kirnberger (1721 - 1783), Duits componist en muziektheoreticus. Zijn belangrijke werken van op muziektheoretisch gebied zijn: *Die kunst des reinen Satzes* (1774 - 1779) en *Grundsätze des Generalbasses* (1781).

5.12 De gelijkzwevende stemming of evenredigzwevende temperatuur

5.12.1 Algemeenheden

De gelijkzwevende stemming of evenredigzwevende temperatuur is tegenwoordig de meest gebruikte en algemeen aanvaarde stemming. Het is een zogenaamde circulaire stemming, omdat ze de kwintencirkel sluit. Bij de gelijkzwevende stemming wordt de onzuiverheid van het Pythagoreïsche komma gelijkelijk verdeeld over de twaalf tonen binnen het octaaf. Alle kwinten zijn dus 1/12 Pythagoreïsche komma te klein, maar alle afstanden zijn even groot. Dit heeft tot gevolg dat ook alle andere intervallen evenveel ontstemd zijn, erger nog: er bestaat in de gelijkzwevende temperatuur geen enkele natuurlijke, reine verhouding meer. De kwint heeft hier, in plaats van de reine verhouding 3:2, een verhouding van 1,4983. Deze stemming - die beschouwd kan worden als een geleidelijke vereffening van de vele ongelijkzwevend getempereerde stemmingen - werd al vrij vroeg beschreven maar werd pas in de eerste helft van de negentiende eeuw algemener. De internationaal befaamde orgelbouwer Bätz gebruikte deze stemming vanaf 1816. Tegenover de totale vervlakking van de intervallen en toonaardkarakteristieken staat nu de mogelijkheid onbeperkt te transponeren, te moduleren en te enharmoniseren.

Johann Sebastian Bach was één van de eerste overtuigde voorstanders van de gelijkzwevende stemming. Zijn *Das Wohltemperierte Klavier* bevat composities in alle toonsoorten. Hiermee doorbrak Bach een groot taboe. Hij stoorde zich hierbij niet aan een kosmische of goddelijke orde. Punt van discussie was namelijk of mensen het recht hadden de natuurlijke orde - zoals die door God was gewild - aan te tasten door er van af te wijken. Hadden zij het recht de ratio te stellen boven de goddelijke orde, met andere woorden: mocht de mens zijn eigen akoestische wetten maken? In dit licht bezien betekende *Das Wohltemperierte Klavier* een regelrecht keerpunt in de muziekgeschiedenis.

Hoewel de evenredigzwevende temperatuur tegenwoordig voor toetsinstrumenten algemeen wordt aanvaard en toegepast (er werd immers gekozen voor de minst kwade van alle oplossingen), wordt wel eens beweerd dat voor vele soorten klassieke muziek deze stemwijze niet geschikt is. In het bijzonder voor koormuziek wordt deze stemming zonder meer van de hand gewezen. Ze komt echter goed tot haar recht in combinatie met de romantische intonatie).

5.12.2 Frequenties in de gelijkzwevende stemming

Interval in cents	Naam	Toon	Frequentie	Verhouding
0 cents	Overmatige septiem/prime	Bis/c'	261,626	1,0000000000
100 cents	Overmatige prime/kleine secunde	cis'/des'	277,183	1,0594630944
200 cents	Grote secunde	d'	293,665	1,1224620483
300 cents	Overmatige secunde/kleine terts	dis'/es'	311,127	1,1892071150
400 cents	Grote terts/verminderde kwart	e'/fes'	329,628	1,2599210499
500 cents	Overmatige terts/reine kwart	eis'/f'	349,228	1,3348398542
600 cents	Overmatige kwart/verminderde kwint	fis'/ges'	369,994	1,4142135624
700 cents	Reine kwint	g'	391,995	1,4983070769
800 cents	Overmatige kwint/kleine sext	gis'/as'	415,305	1,5874010520
900 cents	Grote sext	a'	**440**	1,6817928305
1000 cents	Overmatige sext/kleine septiem	ais'/bes'	466,164	1,7817974363
1100 cents	Grote septiem/verminderd octaaf	b'/ces''	493,883	1,8877486254
1200 cents	Rein octaaf	c''	523, 252	2,0000000000

(1 cent = 1,0005777895)

Het verschil is telkens een factor 1,0594630944; dit is $1:2^{1/12}$.

Voor de andere octaven zijn de frequenties telkens natuurlijke veelvouden van bovenstaande frequenties.

6 Akkoorden

6.1 Inleiding

Een akkoord is een samenklank van ten minste 3 tonen. Zo spreekt men van een drieklank, vierklank, vijf- zes- en meerklank. Een akkoord bestaat doorgaans uit een opeenstapeling van tertsen, waaraan soms nog een extra noot is toegevoegd (bvb. c - e - g – a). Het akkoord is in het muzikale spraakgebruik zo ingeburgerd, dat we geneigd zijn te denken dat het altijd heeft bestaan. Het heeft zich echter pas in de loop van de 16de eeuw ontwikkeld, toen men bepaalde combinaties van intervallen als eenheden ging opvatten. Geleidelijk aan werd het normaal om bijvoorbeeld een combinatie van een terts en een kwint op een bepaalde toon een 'drieklank' te noemen.

Voor het akkoordbegrip is het van wezenlijk belang dat de herhaling van een interval in een hoger octaaf als hetzelfde interval wordt opgevat. Een decime op de laagste toon geldt dus als terts, en de volgende twee klanken zijn gedaanten van hetzelfde akkoord.

De onderste toon van een akkoord noemt men de **bastoon**.

De tonale werking van een akkoord hangt mede af van de samenstelling, de combinatie van het akkoord. Daarom is het belangrijk de verschillende vormen van drieklanken en 7-akkoorden te (kunnen) onderscheiden.

6.2 De grote en kleine drieklank + hun omkeringen

Een **drieklank** bestaat uit een grondtoon + terts + reine kwint. Is de terts groot, dan spreekt men van een **grote drieklank** (bvb. c - e - g, a - cis - e…). Is de terts klein, dan spreekt men van een **kleine drieklank** (bvb. d - f - a, c - es - g…)

Deze ligging noemt men de **grondligging** van het akkoord. Bij de grondligging bepaalt de terts of het een grote of een kleine drieklank is. De onderste toon van een akkoord in de grondligging noemt men de **grondtoon**. In de grondligging is de grondtoon dus tevens de bastoon.

Het akkoord in de grondligging wordt het **terts-** of **kwintakkoord** genoemd, omdat de afstand van de onderste noot tot de twee bovenliggende noten respectievelijk een terts en een (reine) kwint is.

Akkoorden kunnen ook omgekeerd worden. Als men de onderste noot van de grondligging één octaaf verhoogt, bekomt men de eerste omkering van het akkoord. Dit wordt het **terts-sextakkoord** of kortweg **sextakkoord (6)** genoemd, omdat de afstand van de onderste noot tot de twee bovenliggende noten nu respectievelijk een terts en een sext is (bvb. c - e - g wordt e - g - c).

Als men nu de onderste noot van dat sextakkoord opnieuw een octaaf verhoogt, bekomt men de tweede omkering van het grondakkoord. Dit wordt het **kwart-sextakkoord (6/4)** genoemd, omdat de afstand van de onderste noot tot de twee bovenliggende noten nu respectievelijk een kwart en een sext is (bvb. e - g - c wordt g - c - e).

Als men nu opnieuw de onderste noot van dat kwart-sextakkoord een octaaf verhoogt, bekomt men de derde omkering van het grondakkoord. Dit geeft uiteraard opnieuw het oorspronkelijke akkoord, doch één octaaf hoger.

Uit de diatonische toonladder kan men zeven drieklanken afleiden: drie grote, drie kleine en één verminderde drieklank. De grote drieklanken dragen een uitgesproken **majeurkarakter**; de kleine drieklanken meer een **mineurkarakter**.

Bij tonale muziek zijn de kwintakkoorden op de Iste, IVde en Vde graad belangrijk (ze bevatten samen alle tonen van de diatonische toonladder).

In een toonstelsel bestaande uit de tonen van de majeur toonladder hebben ten opzichte van de grondtoon van de toonladder, twee tonen een kwintrelatie: de dominant (1 kwint boven de tonica) en de subdominant (een kwint onder de tonica). Men noemt dit de **tonale graden**. De drieklanken op de tonica, de subdominant en de dominant zijn het belangrijkst en worden de **hoofddrieklanken** genoemd (Iste, IVde en Vde graad = tonale graden). De drieklanken op de boventonica, op de mediant en op de bovendominant zijn minder belangrijk en worden de **nevendrieklanken** genoemd.

De hoofddrieklanken zijn de meest uitgesproken dragers van de functies tonica, dominant en subdominant:

- tonica - rustpunt
- dominant - de plek waar de aantrekkingskracht van de tonica het duidelijkst voelbaar is
- subdominant - het vanuit de tonica met de minste inspanning te bereiken relatieve rustpunt.

In de grote tertstoonladders vindt men de grote drieklanken op de Iste, IVde en Vde trap, de kleine drieklanken op de IIde, IIIde en VIde trap, en de verminderde drieklank op de VIIde trap.

In de kleine tertstoonladders vindt men de kleine drieklanken op de Iste, IVde en Vde trap, de grote drieklanken op de VIIde, IIIde en VIde trap, en de verminderde drieklank op de IIde trap. Bij de kleine toonladder met harmonische wending verandert het akkoord op de Vde graad. Bij de kleine toonladder met melodische wending verandert het akkoord op de Vde en VIde graad.

Twee drieklanken zijn **kwintverwant** wanneer de kwint van de ene drieklank dezelfde toon is als de prime van de andere drieklank (bvb. f - a - c is kwintverwant met b - d - f, met bes - d - f, met bes - des - f, met c - e - ges, met c - es - g en met c - e - g).

Twee drieklanken zijn **tertsverwant** wanneer de terts van de ene drieklank dezelfde toon is als de prime van de andere drieklank (bvb. d - f - a is tertsverwant met f - a - c, met f - as - c, met f - as - cis, met b - d - fis, met b - d - f en met bes - d - f).

Het gebruik van drieklanken blijft in de lichte muziek beperkt tot groot en klein, een enkele keer overmatig; de overige komen meestal alleen voor als deel van een septime-akkoord.

6.3 Septiemakkoorden (vierklanken)

Tussen de buitenste noten van een septiemakkoord is er een septiem, bvb. in de toonladder van C: c – e – g - bes.

Een septiemakkoord kan viermaal worden omgekeerd. De eerste omkering noemt men het **kwint-sextakkoord (6/5)**, de tweede omkering het **terts-kwartakkoord (4/3)** en de derde omkering het **secundeakkoord (2)**. De namen van de omkeringen van septiemakkoorden zijn eenvoudig te onthouden: ze duiden steeds op de plaats waar zich de dissonant (= secunde) bevindt. Bij een kwintsextakkoord bvb. bevindt zich de dissonant tussen de kwint boven de grondtoon en de sext boven de grondtoon; bij een secundeakkoord tussen de prime boven de grondtoon (feitelijk overbodig) en de secunde boven de grondtoon.

Ook hier geldt: octaafverplaatsingen en verdubbelingen veranderen alleen de verschijningsvorm, maar niet het akkoord en de omkering zelf. De omkering wordt alleen bepaald door de bastoon, niet door de bovenstemmen:

6.4 De belangrijkste akkoorden

- C: Grote drieklank (bvb. c – e – g).
- C6: Grote drieklank met toegevoegde (grote) sext (bvb. c – e – g – a).
- C+: Overmatige drieklank (bvb. c – e - gis).
- Cm: Kleine drieklank (bvb. c – es – g).
- Cm6: Kleine drieklank met toegevoegde (grote) sext (bvb. c – es – g – a).
- C7: Dominantseptiemakkoord (bvb. c – e – g – bes).
- C7+: Overmatig dominantseptiemakkoord (bvb. c – e – gis – bes).
- Cmaj7: Groot septiemakkoord (bvb. c – e – g - b).
- Cm7: Klein septiemakkoord (bvb. c - es – g – bes).
- Cdim: Verminderd septiemakkoord (bvb. c – es – ges – bes).

6.5 Voorhoudingsakkoorden

In een voorhoudingsakkoord ('sus-akkoord') is de terts vervangen door een kwart of grote secunde, bvb.: Csus2 (c - d – g), Csus4 (c – f – g), Csus2,4 (c – d - f – g), C7sus4 (c – f - g – bes) en C7sus4 (c – d – g – bes).

6.6 Noneakkoorden of 9-akkoorden (vijfklanken)

Tussen de buitenste noten van een noneakkoord is er een none (= octaaf + secunde).

De bekendste noneakkoorden zijn:

- Groot dominantnoneakkoord (grote terts, reine kwint, kleine septiem, grote none bvb. g - b - d - f - a).
- Klein dominantnoneakkoord (grote terts, reine kwint, kleine septiem, kleine none bvb. g - b - d - f - as).

- Groot noneakkoord (grote terts, reine kwint, grote septiem, grote none bvb. g - b - d - fis - a).

- Klein noneakkoord (kleine terts, reine kwint, kleine septiem, kleine none bvb. g - bes - d - f - a).

Deze akkoorden behoren tot de standaarduitrusting van de lichte muze.

6.7 Undecimeakkoorden of 11-akkoorden (zesklanken)

Tussen de buitenste noten van een undecimeakkoord is er een undecime (= octaaf + kwart).

6.8 Kwartdecimeakkoorden of 13-akkoorden (zevenklanken)

Tussen de buitenste noten van een kwartdecimeakkoord is er een kwartdecime (= octaaf + septiem).

Omkeringen van 9-, 11- en 13-akkoorden zijn in klassieke muziek niet of nauwelijks functioneel gebruikt; vandaar dat er geen verschillende benamingen voor zijn.

Verdere tertsstapelingen worden dissonanter naarmate er meer tertsen op elkaar gestapeld worden.

6.9 Andere akkoordvormen

6.9.1 Traditionele drieklank + toegevoegde toon (bvb. c - e - g - a)

Ook het toevoegen van meer dan 1 toon aan een drie- vier- of meerklank is mogelijk (bvb. in de jazz, serieuze cabaret enz.).

6.9.2 Kwartendrieklanken, kwartenvier-, vijf-, zes- en meerklanken

Voorbeeld: c - f - b - e.

6.10 Consonant – dissonant

In de *klassieke harmonie* worden alleen de grote en kleine drieklank in grondligging als consonant beschouwd, dit wil zeggen als akkoorden die niet om een oplossing of vervolg vragen. Alleen zij kunnen zodoende als slotakkoord van een stuk functioneren.

De overige drieklanken (verminderd, overmatig, hardverminderd en dubbelverminderd) en septimeakkoorden (ontstaan door aan de drieklank nog een terts toe te voegen) worden als dissonant ervaren, en kunnen daarom alleen met inachtneming van bepaalde 'oplossingsregels' -en daardoor ook met mate- gebruikt worden. Dit oplossen volgens bepaalde regels is een van de middelen waardoor de eerder genoemde doelgerichtheid van tonale muziek tot stand komt. De omkering tast de consonantie van een grote en kleine drieklank aan:

- de 6-ligging is nog wel redelijk consonant, maar niet meer consonant genoeg, dwz: stabiel genoeg, om als slotakkoord te functioneren.

- de geschiedenis van de muziek leert dat de 6-ligging als zeer dissonant werd en wordt ervaren, en daardoor alleen onder bepaalde omstandigheden voor kan komen.

Voor de *lichte muziek van de twintigste eeuw* (jazz, in mindere mate pop) is het septiemakkoord uitgangspunt; het wordt niet als dissonant ervaren en het gebruik is dan ook niet meer aan bepaalde 'regels' gebonden. Toch is het goed om enige kennis te hebben van de 18de- en 19de-eeuwse 'oplossingsregels' omdat mede daardoor de meest gebruikte akkoordopeenvolgingen verklaarbaar worden.

7 Moduleren

Moduleren is het overgaan van de ene toonaard naar de andere. Modulaties komen zeer veel voor, met name in grotere werken. Maar zelfs in kinderliedjes vindt men ze soms al (bvb. 'Boer wat zeg je van m'n kippen').

Men moet een onderscheid maken tussen 'eenvoudige' modulaties en de meer kunstige (of gekunstelde) modulaties, die als effect in de serieuze muziek (en soms in de lichte muziek) worden toegepast. De eenvoudige modulaties betreffen overgangen tussen nauw verwante toonaarden. Ze vallen meestal niet direct op. Modulaties tussen niet of nauwelijks verwante toonaarden geven de muziek vaak een zeer dramatische werking, mits zulke modulaties elkaar niet in een eindeloze reeks opvolgen: dan gaat hun werking geleidelijk verloren.

Moduleren gaat gewoonlijk als volgt: de componist wil van de ene toonaard naar de andere, bvb. van X grote terts naar Y grote terts. Hij zoekt nu een akkoord, dat zowel in X grote terts als Y grote terts voorkomt. Hij componeert nu zijn fragment in X grote terts zodanig dat hij terechtkomt bij dat akkoord. Op dat moment behoort dat akkoord nog bij de toonaard X grote terts, maar precies op dat moment gaat de componist dat akkoord behandelen alsof het in Y grote terts thuishoort, wat het in wezen ook doen kan en dus nu ook doen gaat. Vanaf dat moment staat de muziek in Y grote terts.

Een zeer terloopse modulatie noemt men **uitwijking**. Via tussensubdominanten en tussendominanten kan men nog korter nippen aan allerhande toonaarden. Een heel beroemde modulatie, die veel wordt toegepast in commerciële muziek, is die naar een toonaard die een halve toon hoger ligt, bvb. van C groot naar Des groot. Hij komt tot stand door het overmatig kwintsextakkoord van de toonsoort die verlaten wordt te enharmoniseren tot het dominantseptiemakkoord in de nieuwe toonaard.

Het akkoord dat in een modulatie centraal staat - met het ene been in de oorspronkelijke en met het andere been in de nieuwe toonaard, noemt men het **spilakkoord**.