

# DE JUISTE TOON

*Seminar Hout- en Meubileringscollege*

*afdeling Pianotechniek*

*17 december 2007*

Jan van de Craats

Universiteit van Amsterdam, Open Universiteit

# Deel 1: Tonen en boventonen

# Wat is een (muzikale) toon?

# Wat is een (muzikale) toon?

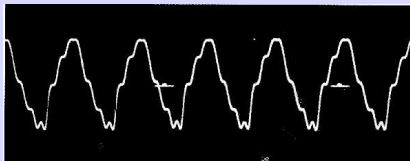
Geluid is een **luchtrilling**. Een muzikale toon is een (bij benadering) **periodieke** luchtrilling.

Voorbeeld:

# Wat is een (muzikale) toon?

Geluid is een **luchttrilling**. Een muzikale toon is een (bij benadering) **periodieke** luchttrilling.

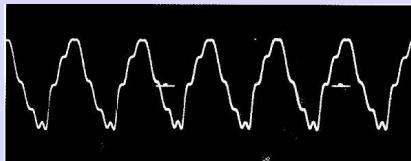
Voorbeeld:



# Wat is een (muzikale) toon?

Geluid is een **luchttrilling**. Een muzikale toon is een (bij benadering) **periodieke** luchttrilling.

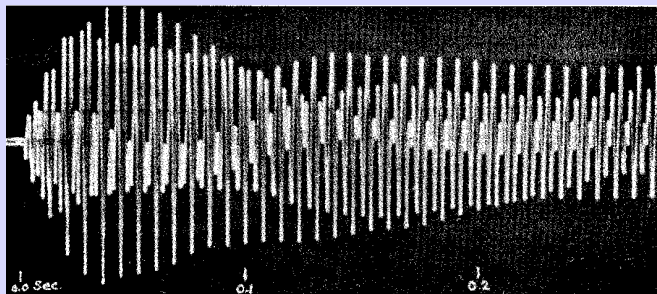
Voorbeeld:



Een klarinettoon C van 258 Hz. De markeringen geven tijdsintervallen van 0.01 seconde aan.

# Wat is een (muzikale) toon?

Tweede voorbeeld:



Een pianotoon C van 129 Hz. De markeringen geven tijdsintervallen van 0.1 seconde aan. Duidelijk is het 'aanzetverschijnsel' te zien.

# Wat is een (muzikale) toon?

Een muzikale toon is een **periodieke** luchtrilling.

De karakteristieken van een toon:

<b>frequentie</b>	aantal trillingen per seconde, gemeten in Hertz (Hz); de frequentie bepaalt de <b>toonhoogte</b> en de naam van de toon
<b>amplitude</b>	maximale uitwijking van de trilling; de amplitude bepaalt de <b>sterkte</b> (luidheid) van de toon
<b>golfvorm</b>	de golfvorm bepaalt de <b>klankkleur</b> (het timbre) van de toon;



# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp
- ▶ stembanden

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp
- ▶ stembanden
- ▶ trommelvel

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp
- ▶ stembanden
- ▶ trommelvel
- ▶ ...

# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp
- ▶ stembanden
- ▶ trommelvel
- ▶ ...

Delen van het instrument en de lucht erin gaan meetrillen en die trillingen bereiken via de omringende lucht uiteindelijk het oor van de luisteraar.



# Wat is een (muzikale) toon?

Tonen worden voortgebracht door trillende voorwerpen:

- ▶ gespannen snaar
- ▶ riet in een blaasinstrument
- ▶ lip van een orgelpijp
- ▶ stembanden
- ▶ trommelvel
- ▶ ...

Delen van het instrument en de lucht erin gaan meetrillen en die trillingen bereiken via de omringende lucht uiteindelijk het oor van de luisteraar.

Bij hoorbaar geluid ligt de frequentie tussen 20 en 20 000 Hz.

# Tonen en boventonen

Trillende voorwerpen kunnen i.h.a. in **verschillende** frequenties trillen.

# Tonen en boventonen

Trillende voorwerpen kunnen i.h.a. in **verschillende** frequenties trillen. Bij gespannen snaren en luchtkolommen in blaasinstrumenten verhouden die frequenties zich (bij benadering) als de reeks

$$1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 \dots$$

# Tonen en boventonen

Trillende voorwerpen kunnen i.h.a. in **verschillende** frequenties trillen. Bij gespannen snaren en luchtkolommen in blaasinstrumenten verhouden die frequenties zich (bij benadering) als de reeks

$$1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 \dots$$

Zo zijn de mogelijke frequenties bij een pianosnaar met als 'grondtoon' een C van 129 Hz achtereenvolgens

$$129, 258, 387, 516, 645, 774, 903 \dots \text{ Hz}$$

# Tonen en boventonen

Trillende voorwerpen kunnen i.h.a. in **verschillende** frequenties trillen. Bij gespannen snaren en luchtkolommen in blaasinstrumenten verhouden die frequenties zich (bij benadering) als de reeks

$$1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 \dots$$

Zo zijn de mogelijke frequenties bij een pianosnaar met als 'grondtoon' een C van 129 Hz achtereenvolgens

$$129, 258, 387, 516, 645, 774, 903 \dots \text{ Hz}$$

Laagste frequentie: **grondtoon**.

Hogere frequenties: **boventonen** (harmonischen).

# Resonantie

Als de omringende lucht trilt met een frequentie die overeenkomt met een mogelijke frequenties waarin een voorwerp kan trillen, kan het voorwerp gaan **resoneren** (meetrillen) in die frequentie.

# Resonantie

Als de omringende lucht trilt met een frequentie die overeenkomt met een mogelijke frequenties waarin een voorwerp kan trillen, kan het voorwerp gaan **resoneren** (meetrillen) in die frequentie.

Resonantieproef op de piano:

# Resonantie

Als de omringende lucht trilt met een frequentie die overeenkomt met een mogelijke frequenties waarin een voorwerp kan trillen, kan het voorwerp gaan **resoneren** (meetrillen) in die frequentie.

Resonantieproef op de piano:

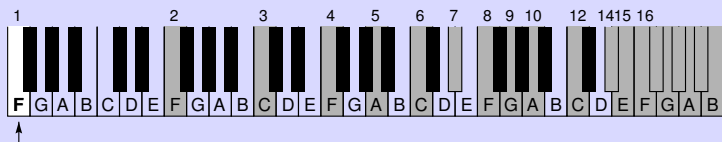




# Resonantie

Als de omringende lucht trilt met een frequentie die overeenkomt met een mogelijke frequenties waarin een voorwerp kan trillen, kan het voorwerp gaan **resoneren** (meetrillen) in die frequentie.

Resonantieproef op de piano:



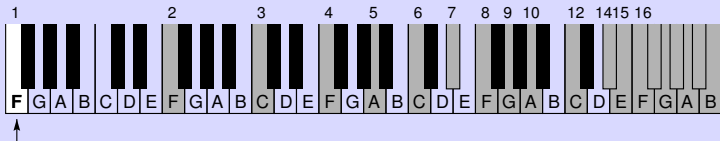
Houd de met een pijl aangegeven F-toets stom ingedrukt terwijl je de grijze toetsen kort aanslaat en weer loslaat. De tonen blijven doorklinken, maar nu voortgebracht door de F-snaar. Geen pedaal gebruiken!

Ook kun je laten horen dat de toon van een snaar verschillende boventonen bevat.

# Resonantie

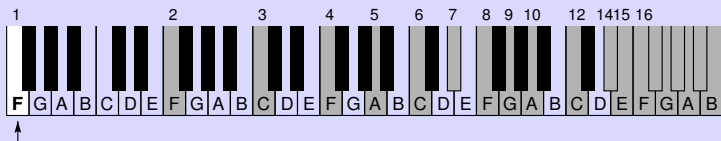
Ook kun je laten horen dat de toon van een snaar verschillende boventonen bevat.

## TWEEDE PROEF



Ook kun je laten horen dat de toon van een snaar verschillende boventonen bevat.

## TWEEDE PROEF



Houd nu een of meer van de grijze toetsen stom ingedrukt, terwijl je de met een pijl aangegeven lage F-toets kort aanslaat en weer loslaat. De boventonen brengen de stom ingedrukte snaar of snaren in trilling. Geen pedaal gebruiken!

# Gebruik van boventonen

Een melodie met extra inkleuring van de eerste vijf boventonen:

The image shows a musical score for measures 149-152 of Ravel's *Bolero*. The score is arranged in four systems. The first system is for Piccolo 1-2, the second for Celesta, and the third for F. Horn. The fourth system is for Pizzicato Strings, consisting of two staves (treble and bass clef). The Piccolo and Celesta parts play a melodic line with grace notes and slurs. The F. Horn part plays a rhythmic accompaniment. The Pizzicato Strings part consists of two chords in measures 149 and 150, followed by rests in measures 151 and 152. The key signature has one sharp (F#) and the time signature is 3/4. Measure numbers 149, 150, 151, and 152 are indicated at the beginning of each system. The Pizzicato Strings part has a 'c' below the first staff in measure 149.

Figure 5: Exact parallel harmonics in the *Bolero* by Ravel, mm. 149-152.

(met dank aan Frans Absil voor dit voorbeeld)

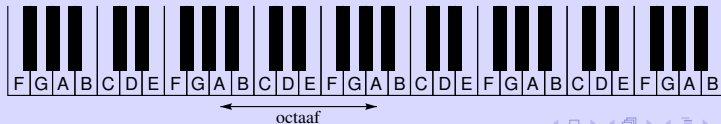
# Welluidende intervallen

<i>freq.verh.</i>	<i>naam</i>
1 : 2	octaaf
2 : 3	kwint
3 : 4	kwart
4 : 5	grote tert
5 : 6	kleine tert
3 : 5	grote sext
5 : 8	kleine sext
4 : 7	
5 : 7	
6 : 7	

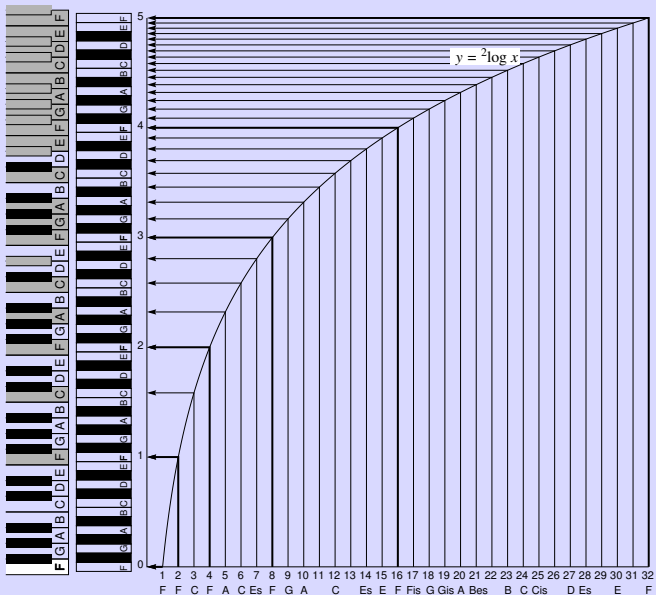
# Welluidende intervallen

<i>freq.verh.</i>	<i>naam</i>
1 : 2	octaaf
2 : 3	kwint
3 : 4	kwart
4 : 5	grote tert
5 : 6	kleine tert
3 : 5	grote sext
5 : 8	kleine sext
4 : 7	
5 : 7	
6 : 7	

Het octaaf fungeert als 'maateenheid':

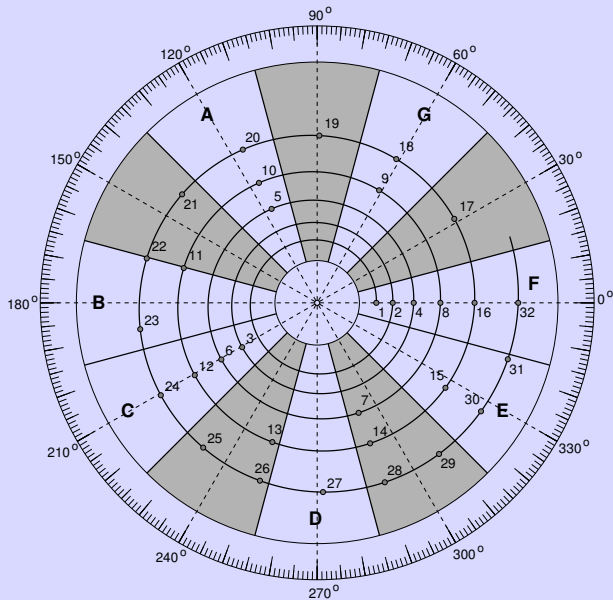


# De boventonenreeks van een toon F





# De boventonenspiraal van een toon F



Spiraal diagram van de boventonen van een toon F. De spiraal loopt van binnen naar buiten.

## Deel 2: Toonsystemen

Algemeen uitgangspunt bij de vorming van toonsystemen: met elke toon horen ook alle **octaaftransposities** tot het systeem.

# Kwintensystemen

Algemeen uitgangspunt bij de vorming van toonsystemen: met elke toon horen ook alle **octaaftransposities** tot het systeem.

In veel culturen: toonsystemen gebaseerd op een rij van **geschakelde kwinten**.

Algemeen uitgangspunt bij de vorming van toonsystemen: met elke toon horen ook alle **octaaftransposities** tot het systeem.

In veel culturen: toonsystemen gebaseerd op een rij van **geschakelde kwinten**.

**Pentatoniek**: vier geschakelde kwinten, bijvoorbeeld  
F–C–G–D–A

Algemeen uitgangspunt bij de vorming van toonsystemen: met elke toon horen ook alle **octaaftransposities** tot het systeem.

In veel culturen: toonsystemen gebaseerd op een rij van **geschakelde kwinten**.

**Pentatoniek**: vier geschakelde kwinten, bijvoorbeeld

F–C–G–D–A

Na transpositie over een halve toon omhoog zijn dit precies de zwarte toetsen van het pianoklavier:

Fis–Cis–Gis–Dis–Ais

# Kwintensystemen

Algemeen uitgangspunt bij de vorming van toonsystemen: met elke toon horen ook alle **octaaftransposities** tot het systeem.

In veel culturen: toonsystemen gebaseerd op een rij van **geschakelde kwinten**.

**Pentatoniek**: vier geschakelde kwinten, bijvoorbeeld

F–C–G–D–A

Na transpositie over een halve toon omhoog zijn dit precies de zwarte toetsen van het pianoklavier:

Fis–Cis–Gis–Dis–Ais

Voorbeeld:



# Kwintensystemen

Zes geschakelde kwinten:

F-C-G-D-A-E-B

vormen het **Pythagoras-toonsysteem**



Dit zijn de 'witte toetsen' van het pianoklavier.



# Kwintensystemen

Zes geschakelde kwinten:

F-C-G-D-A-E-B

vormen het **Pythagoras-toonsysteem**



Dit zijn de 'witte toetsen' van het pianoklavier.

Omdat een evenredigzwevende kwint **vrijwel gelijk** is aan een zuivere kwint, komt de pianostemming **vrijwel** overeen met die van het Pythagoras-toonsysteem.

# Kwintensystemen

Zes geschakelde kwinten:

F-C-G-D-A-E-B

vormen het **Pythagoras-toonsysteem**



Dit zijn de 'witte toetsen' van het pianoklavier.

Omdat een evenredigzwevende kwint **vrijwel gelijk** is aan een zuivere kwint, komt de pianostemming **vrijwel** overeen met die van het Pythagoras-toonsysteem. Maar let op: de zuivere kwint (frequentieverhouding 2 : 3) is **iets groter** dan de evenredigzwevende kwint van de piano!

De kwintenrij kan naar beide kanten worden voortgezet:

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

De kwintenrij kan naar beide kanten worden voortgezet:

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

Wat gebeurt er als je de rij nog verder voortzet?

# Kwintensystemen

De kwintenrij kan naar beide kanten worden voortgezet:

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

Wat gebeurt er als je de rij nog verder voortzet?

Omdat

$$(3/2)^{12} \approx 129.7463379 \approx 128 = 2^7$$

is 12 zuivere kwinten omhoog **iets meer** dan 7 octaven omhoog.

De kwintenrij kan naar beide kanten worden voortgezet:

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

Wat gebeurt er als je de rij nog verder voortzet?

Omdat

$$(3/2)^{12} \approx 129.7463379 \approx 128 = 2^7$$

is 12 zuivere kwinten omhoog **iets meer** dan 7 octaven omhoog. Na octaaftranspositie is daarom (bijvoorbeeld) de toon Dis **iets hoger** dan de toon Es.

De kwintenrij kan naar beide kanten worden voortgezet:

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

Wat gebeurt er als je de rij nog verder voortzet?

Omdat

$$(3/2)^{12} \approx 129.7463379 \approx 128 = 2^7$$

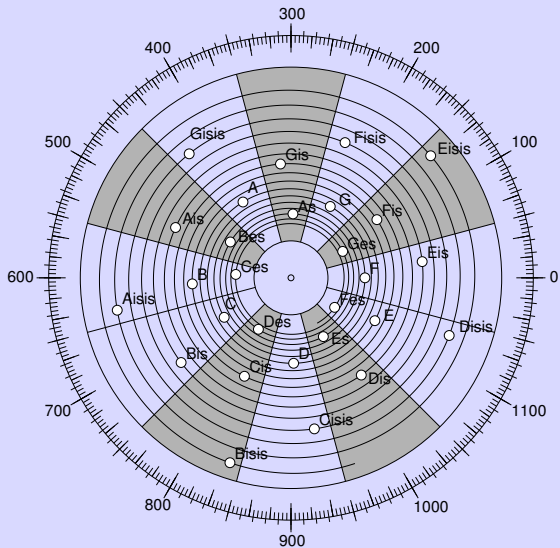
is 12 zuivere kwinten omhoog **iets meer** dan 7 octaven omhoog. Na octaaftranspositie is daarom (bijvoorbeeld) de toon Dis **iets hoger** dan de toon Es.

Op de piano hebben we maar 12 toetsen per octaaf. Daarom: evenredigzwevende stemming en **kwintencirkel**, waarin (bijv.) Dis en Es gelijk zijn.





# De kwintenspiraal binnen één octaaf



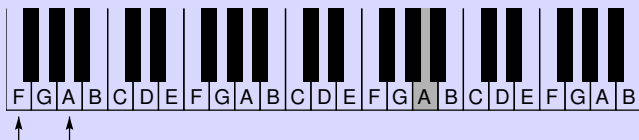
# Zwevingen

Zwevingen ontstaan bij het gelijktijdig klinken van tonen (of boventonen) met ongeveer dezelfde sterkte en vrijwel (maar niet helemaal!) dezelfde toonhoogte (frequentie). Zwevingen treden op in de **verschilfrequentie**

# Zwevingen

Zwevingen ontstaan bij het gelijktijdig klinken van tonen (of boventonen) met ongeveer dezelfde sterkte en vrijwel (maar niet helemaal!) dezelfde toonhoogte (frequentie). Zwevingen treden op in de **verschilfrequentie**

Zwevingen van boventonen op de piano:

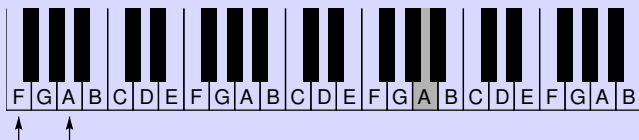


Houd de lage *F*-toets en de lage *A*-toets tegelijk stom ingedrukt, terwijl je de grijze *A*-toets (twee octaven hoger) kort aanslaat en weer loslaat.

# Zwevingen

Zwevingen ontstaan bij het gelijktijdig klinken van tonen (of boventonen) met ongeveer dezelfde sterkte en vrijwel (maar niet helemaal!) dezelfde toonhoogte (frequentie). Zwevingen treden op in de **verschilfrequentie**

Zwevingen van boventonen op de piano:



Houd de lage *F*-toets en de lage *A*-toets tegelijk stom ingedrukt, terwijl je de grijze *A*-toets (twee octaven hoger) kort aanslaat en weer loslaat.

F: 43.65 Hz. 5e boventoon: 218.27 Hz

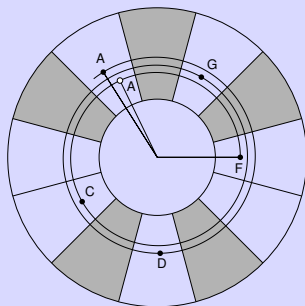
A: 55.00 Hz. 4e boventoon: 220.00 Hz

Verschilfrequentie: 1.73 Hz

# De valse grote tert

Ook in de zuivere kwintenstemming is de 'grote-terts' F–A vals:  
de frequentieverhouding is

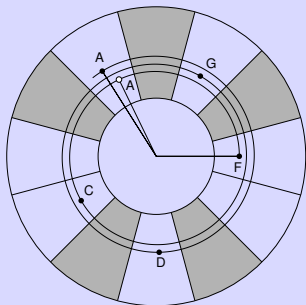
$$(3 : 2)^4 \times (1 : 2)^2 = 81 : 64 \neq 80 : 64 = 5 : 4$$



# De valse grote terts

Ook in de zuivere kwintenstemming is de 'grote-terts' F–A vals:  
de frequentieverhouding is

$$(3 : 2)^4 \times (1 : 2)^2 = 81 : 64 \neq 80 : 64 = 5 : 4$$



Dit resulteert in zwevingen: de grote terts is 'vals'.

# Kwinten-tertsensystemen

Oplossing voor muziek waarin zowel de kwint als de grote terts een belangrijke rol spelen:

# Kwinten-tertsensystemen

Oplossing voor muziek waarin zowel de kwint als de grote terts een belangrijke rol spelen:

Vorm een toonsysteem waarin zowel de **zuivere kwint** als de **zuivere grote terts** als bouwsteen optreden.



# Kwinten-tertsensystemen

Oplossing voor muziek waarin zowel de kwint als de grote terts een belangrijke rol spelen:

Vorm een toonsysteem waarin zowel de **zuivere kwint** als de **zuivere grote terts** als bouwsteen optreden.

Voorbeeld:

A	-	E	-	B		
F	-	C	-	G	-	D

# Kwinten-tertsensystemen

Oplossing voor muziek waarin zowel de kwint als de grote tertsen een belangrijke rol spelen:

Vorm een toonsysteem waarin zowel de **zuivere kwint** als de **zuivere grote tertsen** als bouwsteen optreden.

Voorbeeld:

A	-	E	-	B		
F	-	C	-	G	-	D

Voordeel: drie zuivere grote tertsen.

# Kwinten-tertsensystemen

Oplossing voor muziek waarin zowel de kwint als de grote tertsen een belangrijke rol spelen:

Vorm een toonsysteem waarin zowel de **zuivere kwint** als de **zuivere grote tertsen** als bouwsteen optreden.

Voorbeeld:

A	-	E	-	B		
F	-	C	-	G	-	D

Voordeel: drie zuivere grote tertsen.

Nadeel 'opengeknijpte kwint' D - A is (veel) te klein (wolfskwint).

# Kwinten-tertsensystemen

Uitgebreid tot 12 tonen per octaaf:

A	-	E	-	B	-	Fis
F	-	<b>C</b>	-	G	-	D
Des	-	As	-	Es	-	Bes

Nadeel 'opengeknijpte kwinten' D – A en Bes – F zijn (veel) te klein (wolfskwinten).

# Kwinten-tertsensystemen

Uitgebreid tot 12 tonen per octaaf:

A	-	E	-	B	-	Fis
F	-	<b>C</b>	-	G	-	D
Des	-	As	-	Es	-	Bes

Nadeel 'opengeknijpte kwinten' D – A en Bes – F zijn (veel) te klein (wolfskwinten).

Meer hierover, o.a. over grote- en kleine-tertstoonsystemen, modulaties, harmonische analyses van muziekstukken, etc., zie mijn boekje [De juiste toon](#), hoofdstuk 4.

# Het kwinten-tertsenrooster

-	Fis <sub>2</sub>	-	Cis <sub>2</sub>	-	Gis <sub>2</sub>	-	Dis <sub>2</sub>	-	Ais <sub>2</sub>	-	Eis <sub>2</sub>	-	Bis <sub>2</sub>	-	Fisis <sub>2</sub>	-	Cisis <sub>2</sub>	-
-	D <sub>1</sub>	-	A <sub>1</sub>	-	E <sub>1</sub>	-	B <sub>1</sub>	-	Fis <sub>1</sub>	-	Cis <sub>1</sub>	-	Gis <sub>1</sub>	-	Dis <sub>1</sub>	-	Ais <sub>1</sub>	-
-	Bes <sub>0</sub>	-	F <sub>0</sub>	-	C <sub>0</sub>	-	G <sub>0</sub>	-	D <sub>0</sub>	-	A <sub>0</sub>	-	E <sub>0</sub>	-	B <sub>0</sub>	-	Fis <sub>0</sub>	-
-	Ges <sub>-1</sub>	-	Des <sub>-1</sub>	-	As <sub>-1</sub>	-	Es <sub>-1</sub>	-	Bes <sub>-1</sub>	-	F <sub>-1</sub>	-	C <sub>-1</sub>	-	G <sub>-1</sub>	-	D <sub>-1</sub>	-
-	Eses <sub>-2</sub>	-	Beses <sub>-2</sub>	-	Fes <sub>-2</sub>	-	Ces <sub>-2</sub>	-	Ges <sub>-2</sub>	-	Des <sub>-2</sub>	-	As <sub>-2</sub>	-	Es <sub>-2</sub>	-	Bes <sub>-2</sub>	-

# Deel 3:

## Stemmen van toetsinstrumenten

# Twaalf tonen per octaaf

Bij zang, strijk- en blaasinstrumenten kun je de intonatie aan de toonsoort aanpassen.



# Twaalf tonen per octaaf

Bij zang, strijk- en blaasinstrumenten kun je de intonatie aan de toonsoort aanpassen.

Bij toetsinstrumenten met twaalf tonen per octaaf is dat lastiger.  
Met name bij orgels.

# Twaalf tonen per octaaf

Bij zang, strijk- en blaasinstrumenten kun je de intonatie aan de toonsoort aanpassen.

Bij toetsinstrumenten met twaalf tonen per octaaf is dat lastiger. Met name bij orgels.

Probleem: 'juiste intonatie' via kwinten en grote tertsen resulteert in een aantal 'valse' intervallen. Daardoor kun je in sommige toonsoorten niet goed spelen.

# Twaalf tonen per octaaf

Bij zang, strijk- en blaasinstrumenten kun je de intonatie aan de toonsoort aanpassen.

Bij toetsinstrumenten met twaalf tonen per octaaf is dat lastiger. Met name bij orgels.

Probleem: 'juiste intonatie' via kwinten en grote tertsen resulteert in een aantal 'valse' intervallen. Daardoor kun je in sommige toonsoorten niet goed spelen.

Evenredigzwevende stemming is al vroeg voorgesteld, maar werd tot ver in de achttiende eeuw verworpen wegens de valse grote tertsen.

# Twaalf tonen per octaaf

Bij zang, strijk- en blaasinstrumenten kun je de intonatie aan de toonsoort aanpassen.

Bij toetsinstrumenten met twaalf tonen per octaaf is dat lastiger. Met name bij orgels.

Probleem: 'juiste intonatie' via kwinten en grote tertsen resulteert in een aantal 'valse' intervallen. Daardoor kun je in sommige toonsoorten niet goed spelen.

Evenredigzwevende stemming is al vroeg voorgesteld, maar werd tot ver in de achttiende eeuw verworpen wegens de valse grote tertsen.

Daarom tal van 'compromisstemmingen'.

# Middentoonstemming

A

|

F - C - G - D

# Middentoonstemming

A

|

F - C - G - D

Stem eerst F, C, G, D via zuivere kwinten, en F– A als een zuivere grote terts.

# Middentoonstemming

A

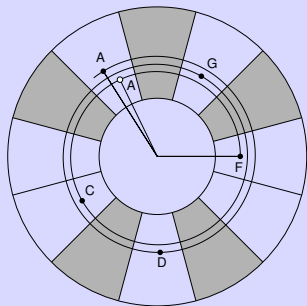
|

F - C - G - D

Stem eerst F, C, G, D via zuivere kwinten, en F– A als een zuivere grote tert.

Pas de stemming van de tonen C, G en D zo aan, dat de verkleinde kwinten F–C, C–G, G–D en D–A gelijk worden. (allemaal iets meer dan 5 cent te klein).

# Middentoonstemming





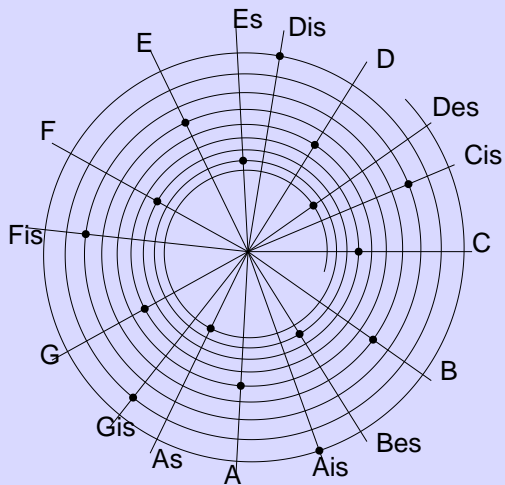
# Middentoonstemming

Via zuivere grote tertsen krijgen we

Cis	...	Gis	...	Dis	...	Ais
A	...	E	...	B	...	Fis
F	...	C	...	G	...	D
Des	...	As	...	Es	...	Bes

# Middentoonstemming

Middentoonspiraal:



# Middentoonstemming

Bij twaalf tonen per octaaf kies je hieruit een geschikt segment,  
bijvoorbeeld

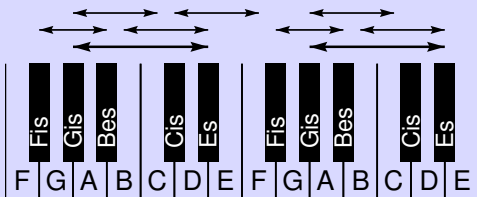
...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

# Middentoonstemming

Bij twaalf tonen per octaaf kies je hieruit een geschikt segment,  
bijvoorbeeld

...Es–Bes–F–C–G–D–A–E–B–Fis–Cis–Gis...

Maar ... nu vier valse 'grote tertsen' en één valse kwint:



# Andere compromisstemmingen (selectie)

## 1. *Rameau* (1725):

Zuivere kwinten op B, Fis en Cis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op Bes, F, C, G, D, A, E, 'overmatige kwinten' (709.0430 cents) op Gis en Es.

## Andere compromisstemmingen (selectie)

### 1. *Rameau (1725)*:

Zuivere kwinten op B, Fis en Cis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op Bes, F, C, G, D, A, E, 'overmatige kwinten' (709.0430 cents) op Gis en Es.

### 2. *Werckmeister III (1691)*:

Vrijwel zuivere kwinten (701.7108 cents) op Es, Bes, F, A, E, Fis, Cis, Gis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op C, G, D en B.

## Andere compromisstemmingen (selectie)

### 1. *Rameau (1725):*

Zuivere kwinten op B, Fis en Cis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op Bes, F, C, G, D, A, E, 'overmatige kwinten' (709.0430 cents) op Gis en Es.

### 2. *Werckmeister III (1691):*

Vrijwel zuivere kwinten (701.7108 cents) op Es, Bes, F, A, E, Fis, Cis, Gis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op C, G, D en B.

### 3. *Kirnberger III (1779):*

Zuivere kwinten op Es, Bes, F, E, B, Cis, Gis, evenredig zwevende kwint (700 cents) op Fis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op C, G, D en A.

## Andere compromisstemmingen (selectie)

1. *Rameau (1725):*

Zuivere kwinten op B, Fis en Cis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op Bes, F, C, G, D, A, E, 'overmatige kwinten' (709.0430 cents) op Gis en Es.

2. *Werckmeister III (1691):*

Vrijwel zuivere kwinten (701.7108 cents) op Es, Bes, F, A, E, Fis, Cis, Gis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op C, G, D en B.

3. *Kirnberger III (1779):*

Zuivere kwinten op Es, Bes, F, E, B, Cis, Gis, evenredig zwevende kwint (700 cents) op Fis, middentoonkwinten (696.5784 cents) op C, G, D en A.

4. *Valotti (1779):*

Zuivere kwinten op Es, Bes, B, Fis, Cis, Gis, verkleinde kwinten (698.0450 cents) op F, C, G, D, A, E.

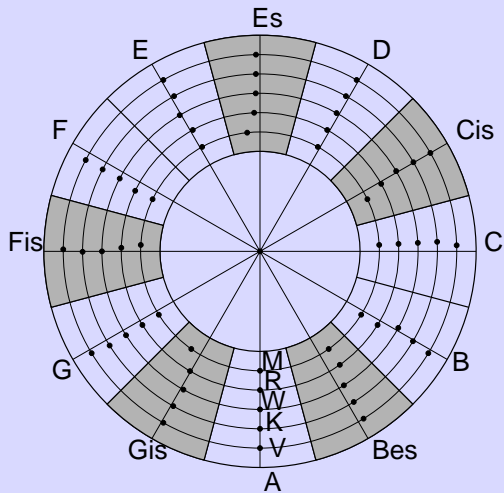


## Andere compromisstemmingen (selectie)

	M	R	W	K	V
Es	21	8	5	4	4
Bes	17	17	7	6	6
F	14	14	9	8	8
C	10	10	10	10	6
G	7	7	7	7	4
D	3	3	3	3	2
A	0	0	0	0	0
E	-3	-3	2	-3	-2
B	-7	-7	3	-1	-4
Fis	-10	-5	0	0	-2
Cis	-14	-3	2	0	0
Gis	-17	-1	3	2	2

Afwijkingen van de evenredig zwevende stemming, afgerond op gehele cents. Achtereenvolgens: de middentoonstemming (M), Rameau (R), Werckmeister (W), Kirnberger (K) en Valotti (V).

# Andere compromisstemmingen (selectie)



# Andere compromisstemmingen (selectie)

Literatuur:

Fred Bettenhausen en Frits en Hans van Krevelen,  
*Clavecimbel, clavichord en pianoforte – stemmen, stemmingen  
en onderhoud*, Uitg. De Toorts, Haarlem, 1984

Jan van de Craats, *De juiste toon*. Epsilon Uitgaven, Utrecht,  
2003

# Andere compromisstemmingen (selectie)

Literatuur:

Fred Bettenhausen en Frits en Hans van Krevelen,  
*Clavecimbel, clavichord en pianoforte – stemmen, stemmingen  
en onderhoud*, Uitg. De Toorts, Haarlem, 1984

Jan van de Craats, *De juiste toon*. Epsilon Uitgaven, Utrecht,  
2003

Zie ook mijn homepage

[www.science.uva.nl/~craats](http://www.science.uva.nl/~craats)

## Andere compromisstemmingen (selectie)

Literatuur:

Fred Bettenhausen en Frits en Hans van Krevelen,  
*Clavecimbel, clavichord en pianoforte – stemmen, stemmingen  
en onderhoud*, Uitg. De Toorts, Haarlem, 1984

Jan van de Craats, *De juiste toon*. Epsilon Uitgaven, Utrecht,  
2003

Zie ook mijn homepage

[www.science.uva.nl/~craats](http://www.science.uva.nl/~craats)

DANK!