

# Tijdschrift

Juni 1997

---

**Inhoud**

---

Vertrekpunt  
'Westminster'

De slinger van het  
uurwerk

Oude torenklokken

Radersnijmachine

De drie definities  
van de seconde



## Federatie

### Mededeling van het bestuur

De heer F.J. Reith heeft zijn functie als secretaris neergelegd. Tot in zijn opvolging is voorzien, treedt E.H. Glasius als secretaris ad interim op.

## Federatie Klokkenvrienden

De Federatie Klokkenvrienden  
is een samenwerkingsverband van:

- Vereniging van Vrienden van het Klokkenmuseum  
Schoonhoven
- Vereniging Vrienden van het Zaanse Uurwerken Museum
- Dutch Section of the Antiquarian Horological Society.

#### Bestuur:

E. H. Glasius, vice-voorzitter (Schoonhoven)  
en secretaris (ad interim)  
Th. V. E. Goede, penningmeester (Zaandam)  
W. van Vliet, coördinator evenementen  
(Schoonhoven)

Betalingen: Postbank nr. 7234958  
i.n.v. penningmeester Federatie  
Klokkenvrienden te Krommenie

#### Vereniging van Vrienden van het Klokkenmuseum Schoonhoven

Secretariaat: M. G. H. A. de Graaff,  
tel. 071-5616245  
Bartoklaan 18  
2253 CX Voorschoten

Betalingen: Postbank no. 2820594  
i.n.v. Vereniging van Vrienden

#### Vereniging Vrienden van het Zaanse Uurwerken Museum.

Secretariaat: J. D. C. de Vries  
Jacob Catslaan 17  
1985 AD Driehuis

Betalingen: ING Bank Zaandam no. 69 03 32 254  
(Postbank no. van de bank 17410)

#### Dutch Section Antiquarian Horological Society

Secretariaat: K. Hofland  
W. van de Veldekade 2  
2102 AS Heemstede

#### Advertentietarieven (excl. BTW)

Bij eenmalige plaatsing:  
1/1 pagina f 300,—  
1/2 pagina f 200,—

Kosten voor vier plaatsingen:  
1/1 pagina f 350,—  
1/2 pagina f 250,—  
achterpagina f 1000,—

Kleine annonces (vraag en aanbod):  
eenmalig f 25,—  
te voldoen door toezending van girobetaalkaart met tekst

Kopij kan worden gezonden naar:  
E.H. Glasius  
Amsteldijk N76  
1183 TE Amstelveen

De sluitingsdatum van het volgende nummer is: 16 augustus

De verschijningsdatum is: 21 september

#### Colofon

Redactie: E. H. Glasius  
Advertenties: ir. L. A. A. Romeyn  
Druk: Drukkerij WC den Ouden bv  
Verzorging kopij: ir. J. A. Knobbout

Bij de voorplaat.

Voorraanzicht van de klok waar-  
van het uurwerk op pagina 3 e.v.  
beschreven wordt.

# Vertrekpunt "Westminster Vingeroefeningen voor de zelfbouwer

(deel 1)

door Frank J. Reith.

**Dit artikel is bedoeld voor die lezers van "Tijdschrift", die zelf weleens iets bouwen. De schrijver heeft geen technische opleiding genoten en het verhaal is sterk op de praktijk gericht. Maatschetsen kan ik niet leveren, want die maak ik zelden!**

Jaren geleden las ik in "Striking and Chiming Clocks" van Eric Smith over het zelf maken van een speelwerk met 8 gongen of bellen en het monteren hiervan op een bestaand Westminster uurwerk. Dat sprak mij als project erg aan. En zo kocht ik ook al jaren geleden voor dit doel op een rommelmarkt een Westminster uurwerk. Vermoedelijk Frans maaksel uit de twintiger jaren, nogal versleten en verroest. Ik betaalde maar 30 gulden, maar toch is goed oppassen geboden. Dergelijke uurwerken hebben nogal dunne platines en boterzachte assen, tappen en rondsels. Je ontkomt er niet aan om e.e.a. te verbussen.

Het uurwerk trok mij aan. De opbouw en de lichter zijn nog een beetje elegant en niet zo recht en zakelijk. (Afb.1) Bovendien bestaat de achterplatine uit drie delen: voor het gaande werk, het slagwerk en het speelwerk. Bij het vele experimenteren, monteren en demonteren is dat heel gemakkelijk. (Afb.2)

Op het uurwerk monteerde ik een set van 9 bellen, Duits maaksel van geperst messing en voor een schappelijke prijs te koop bij de furniturehandel. Acht bellen vormen één octaaf en de negende bel ligt één octaaf lager en is voor de uurslag. Ik maakte beugels van messing om een aanpassing te krijgen tussen de bellen en het gebruikte uurwerk. Als bevestigingspunten benutte ik twee stellingpoten, die ik zowel bij de voor- als de achterplatine verlengde. Toen ik eenmaal bezig was kon ik het niet laten om de rechte ijzeren stellingpoten te "versieren" door er omheen messing busjes te kitten, waarin ik een profieltje draaide. Het uurwerk knapte er van op! (Afb.3)



Afbeelding 1



Afbeelding 2

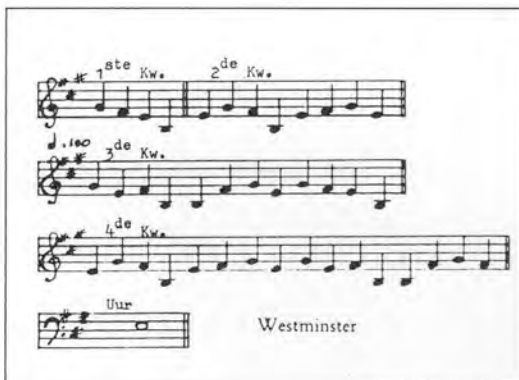


Afbeelding 3

Op een "echte" klok met speelwerk zijn de bellen altijd andersom geplaatst d.w.z. met de grootste bel naar de achterplaatse gericht. Bij de ombouw van een Westminster komt dat minder goed uit. De verdere foto's maken dit duidelijk.

Ook plaatste ik het uurwerk op voetjes met een brede basis. Het is heel gemakkelijk bij het verdere werk om het geheel stabiel voor je op tafel te hebben. (Afb.3)

Nu naar het speelwerk. Een Westminster uurwerk heeft met zijn overigens wel zeer ingenieuze constructie toch zijn beperkingen. Het uurwerk heeft een verschuifbare as met 8 nokkenschijven, die op 4 gongstaven 2 z.g. "chimes" spelen. Welke chimes is niet meer na te gaan, maar vermoedelijk is één van de twee de bekende Westminsterslag. Op dit punt moeten wij ons iets verdiepen in de constructie. De nokkenschijven maken in één uur twee omwentelingen of  $720^\circ$ . Dit wordt geregeld door een nokkenschijf op de voorplaatse met segmenten van  $36^\circ$ ,  $72^\circ$ ,  $108^\circ$  en  $144^\circ$ . Na een 1:2 overbrenging resulteert dit in  $72^\circ$ ,  $144^\circ$ ,  $216^\circ$  en  $288^\circ$ . Dus in totaal  $720^\circ$ . De verklaring ligt in het feit, dat er bij een "chime" sprake is van een herhaling van tonen, die in het geval van de Westminsterslag begint bij de laatste 4 tonen van het 3de kwartier. (Afb.4)



Afbeelding 4

Mijn plan was om te gaan naar 2 chimes ieder op 8 bellen. De verschuifbare as met de instelbare keuzemogelijkheid moest dus gehandhaafd worden. Mijn keuze viel op St. Michael's en Whittington. (Afb.5 en 6). Achteraf gezien was dit niet zo'n goede keuze, want beiden lijken erg op elkaar. De Westminsterslag slaat in totaal per uur 40 keer een gong aan en doet dat in 2 omwentelingen. Er zijn dus 20 nokken verdeeld

Afbeelding 5



Afbeelding 6



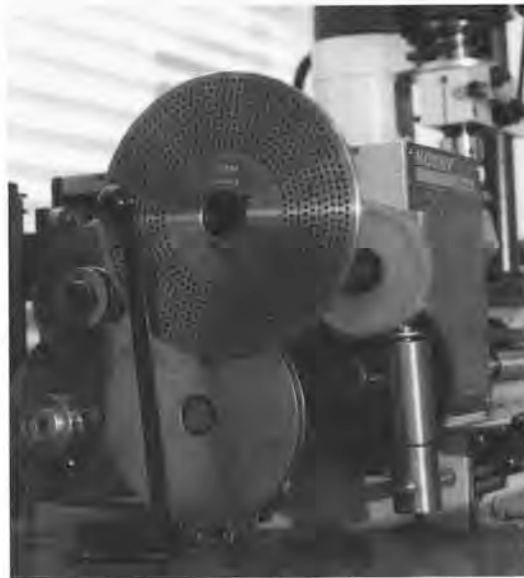
over de omtrek. Bij St. Michael's en Whittington is dat het dubbele, dus 40 nokken of in mijn geval 40 pennen verdeeld over de omtrek van de muziektrommel per chime, dus 80 pennen in totaal. De muzikale weergave van afb. 5 en 6 wordt nu "mechanisch" in kaart gebracht door het oppervlak van de muziektrommel als een plat vlak te tekenen. (Afb.7)

Omdat ik streefde naar een heel compacte bouw (i.v.m. een latere slanke kast) maakte ik een muziektrommel van messing, slechts 55 mm. lang, 25 mm. buitendiameter en een wanddikte van 3 mm. Op deze wijze werd de totale diepte van uurwerk plus speelwerk maar 12 mm. dieper dan bij het oorspronkelijke uurwerk met Westminsterslag het geval was. Ik moest op de muziektrommel 16 sporen aanbrengen, die onderling ruim 3 mm. uit elkaar liggen. Afb. 7 maakt dit duidelijk. Ik deed dit door op de draaibank kraslijnen te maken en daarbij de nonius van de langsvvoeding te gebruiken. Daarna moest ik de omtrek verdelen, alweer volgens afb. 7. Ik gebruikte een Chronos verdeelplaat met 55 gaten. (Afb.8)

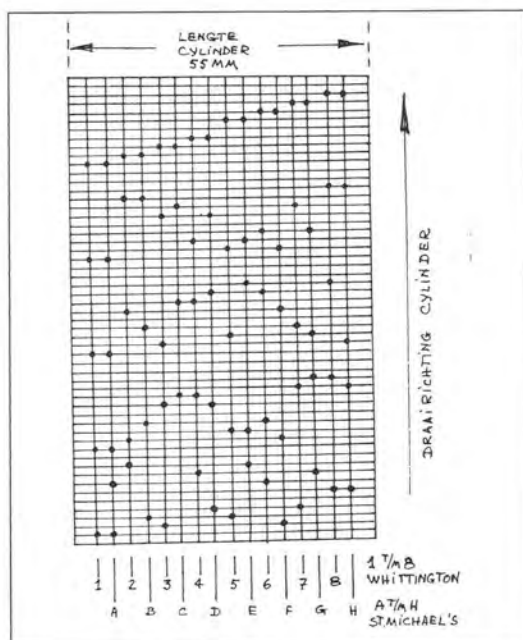
Vervolgens gaatjes boren volgens de gemaakte kaart! Ik gebruikte daarvoor de freeskolom van de Unimat 3 gemonteerd op het dwarssupport van de Hobbyamat 65. Geboord werd met een centreerboor en zuiver op het hart. (Afb.9) Ik gebruikte geharde stalen pennen met ronde kop uit naaldlagers, 1,5 mm. dik en 6,6 mm. lang.

(Verkrijgbaar via de gereedschaphandel bij I.N.A. te Nijkerk). De gaatjes voorboren met 1,4 mm., met een "Engelse ruimer" licht bewerken en daarna de pennen met een druppeltje Loctite 601 intikken. Dit intikken van de pennen moet óf op een doorn gedaan worden óf met een drevvel met holle punt. In ieder geval moeten alle pennen exact even ver uitsteken. Het eindresultaat wordt alleen dan acceptabel. (Afb.10)

Afbeelding 8

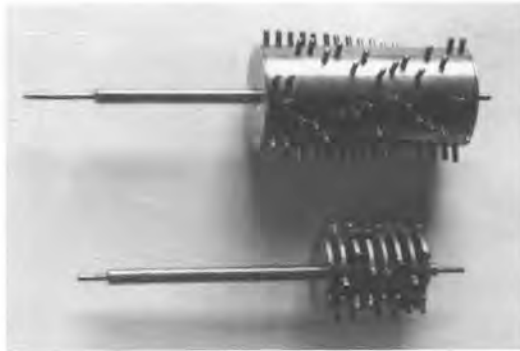


Afbeelding 7



Afbeelding 9

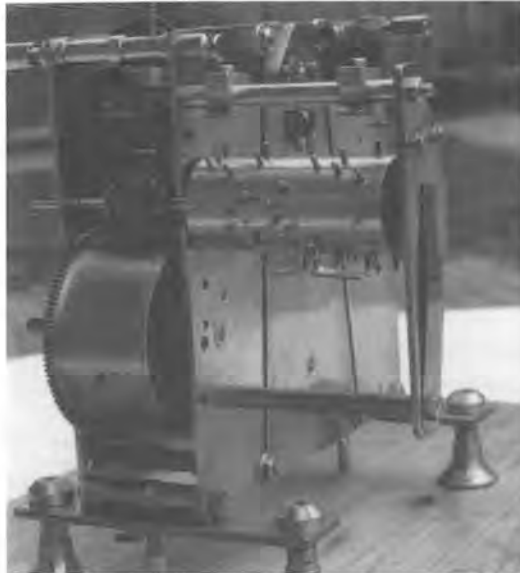




Afbeelding 10

Een kleine waarschuwing: doe het boren van gaatjes in de muziektrommel in strikte afzondering! Het beste is alleen thuis zijn, telefoon en deurbel afzetten. Ik heb het uit ervaring. Er is een fout gat geboord voor je het weet.

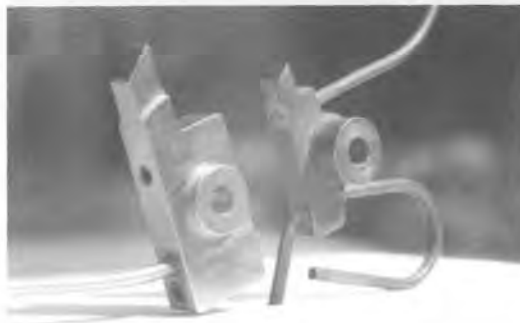
De muziektrommel kan nu gemonteerd worden. Ik maakte een kleine hulpplatine met twee stellingpoten. Bestaande gaten in achterplatine werden benut. Een en ander wijst zichzelf afhankelijk van het gebruikte uurwerk. (Afb.11)



Afbeelding 11

Nu de hamers en de lagering. Een nieuw lagerblokje moest ontworpen worden. Het werd iets groter. (Afb.12) Het voert te ver om de methode exact te beschrijven, maar bedenk een manier om alle 8 lagerblokjes precies gelijk te maken. Als deze later op het asje geschoven worden, moeten alle vlakken van de blokjes nauwkeurig in lijn liggen. Vooral de zijde, waartegen de pennen van de muziektrommel gaan lopen. Het lagergat op 3,9 mm. boren en met een ruimer op 4 mm. brengen. Als asje een stukje mooi recht zilverstaal gebruiken.

De draaddelen maakte ik van z.g. vogel-draad, 1,6 mm. dik, verkrijgbaar bij de ijzerhandel in rechte einden van 1 meter, gemakkelijk te buigen en toch veerkrachtig genoeg. De hamertjes zelf maakte ik van messing. (Afb.13). Uitgaan van diameter 28 mm., in de vierklauw een 10 mm. excentrisch gat boren ongeveer 2 mm. uit de rand. Vervolgens schijfjes afsteken, ongeveer 3 mm. dik of liefst nog iets dunner. Hamertjes mogen niet te zwaar zijn. Ieder schijfje in tweeën zagen. Op deze wijze ontstaan goed uitzijnde hamertjes.



Afbeelding 12

De complete hamers worden op 4 mm. zilverstaal geschoven en gemonteerd in een frame met een holle cilindrische basis. (Afb.14). Dit frame kan nu over de onderste stellingpoot geschoven worden en daarop in iedere gewenste stand met klemschroefjes gefixeerd worden. Op deze wijze kan het gehele samenbouwsel van hamers met hun lagerblokjes dicht bij de pennen van de muziektrommel gebracht worden om aldus een optimaal punt te vinden. Ik kom daar straks op terug.



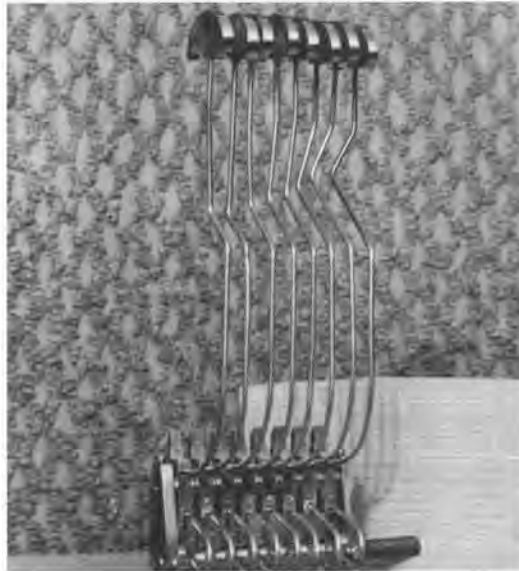
Afbeelding 13

Nu volgt de montage van de hamers met frame. (Afb.15) Daarna werden aandrukveren uit 0,2 mm. verenstaal geknipt en in een beugel geplaatst. De beugel heeft een sleufbevestiging, zodat ook de veren in hun geheel dicht naar de lagerblokjes gebracht kunnen worden. Bovendien voorzag ik ieder veertje afzonderlijk van een stelschroefje om deze los van elkaar te kunnen inregelen. Het belang hiervan komt straks aan de orde.

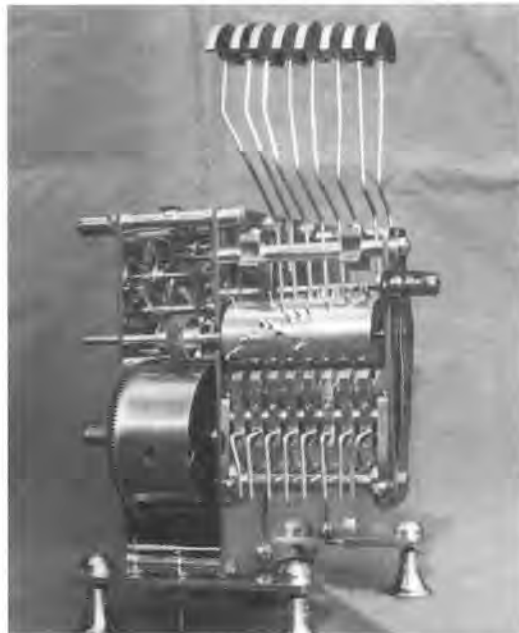
Wellicht het moeilijkste karwei komt nu. Eric Smith schrijft in zijn boek: "Considerable juggling will be required to match load and power available". Dat is een waar woord! In een Westminster uurwerk verzorgen 4 nokkenschijven het langzame en plechtige aanslaan van 4 gongen. De hamers vallen meestal door hun gedeeltelijk horizontale plaatsing vanzelf terug, daarbij geholpen door de zwaartekracht. Nu zijn er 8 hamers, er moeten 2 maal zoveel noten aangeslagen worden en dat liefst in een kortere tijd. Bovendien staan de hamers nu helemaal verticaal en de aandrukveren moeten al het werk doen. Al met al is er op zijn minst 2 maal zoveel kracht vereist als in het oude Westminster uurwerk.

De meeste Westminster uurwerken hebben in het speelwerk een veer van 0,45 mm. dik. Soms maar 0,40 mm. Er zal nu met minstens 0,50 mm. gewerkt moeten worden. In de theorieboeken met formules voor de berekening van de veersterkte zien wij, dat in deze formules de derde macht van de dikte voorkomt. De dikte is dus verreweg de belangrijkste factor. Theoretisch zou een 0,50 mm. veer 37% meer kracht moeten opleveren dan een 0,45 mm. veer. Bij een veer van 0,55 mm. zou dat zelfs 82% zijn. Dat is theorie. Bij een dikkere veer liggen de windingen zoveel strakker op elkaar, dat de wrijvingsverliezen ondanks goede smering sterk toenemen. Ik ging dus experimenteren. Eindeloos! Eén ding werd eerst duidelijk. Er zijn veren en veren, d.w.z. er is kwaliteitsverschil. Ik kocht goedkope veren in Engeland, die beslist minder presteerden dan de wat duurdere veren van bijv. Hobbyklok, ondanks een gelijke dikte van 0,45 of 0,50 mm.. Voorts zijn er grenzen aan de belasting van tanden en rondsels. Ik experimenteerde met veren van 0,55 mm., maar ik had een soort tijdbom gemaakt. Nauwelijks nog op te winden en ik hoorde de tanden kreunen. Ik besloot om met 0,50 mm. te werken. Het verdere "gegoochel" moet in het volgende gevonden worden:

- 1) De hamers moeten licht lopen. De lagerblokjes met 4 mm. geruimde gaten moeten goed op het asje passen. Goede smering is van belang.
- 2) De uitslag van de hamers moet klein zijn. Liefst 8 tot 10 mm.. Zeker niet meer dan 12 mm..
- 3) Dit betekent in mijn geval, dat iedere wilkeurige pen van de muziektrommel maar een weg van 1,3 tot 1,5 mm. aflegt over het lagerblokje, alvorens af te vallen.
- 4) De aandrukveren niet straffer maken dan noodzakelijk en deze goed instellen. Dus niet zwaarder laten drukken dan echt noodzakelijk.
- 5) Uitgelopen asgaten in het slagwerk verbussen. Bijv. een veertrommel met grondrad, dat iets gekanteld ligt, vreet energie.



Afbeelding 14



Afbeelding 15

En nu het eindresultaat: Een goedlopende en vlot spelende klok!

Er komt nog een vervolg op dit verhaal. Ik ging namelijk nog een stap verder en bouwde de hele zaak nog een keer om. Ik maakte er een echte muzikale klok van met een speelwerk met 2 melodietjes, één op het hele en één op het halve uur, met automatische omschakeling. Die beschrijving moet tot het volgende nummer wachten.

(wordt vervolgd)

### Tentoonstelling Limburgse uurwerken en uurwerkmakers

Het Klokkemuseum te Schoonhoven heeft de bedoeling een tentoonstelling te wijden aan Limburgse uurwerken en uurwerkmakers. De voorbereidingen zijn in volle gang. De opening van de tentoonstelling zal - zover nu is te overzien - plaats vinden op 11 oktober 1997.

De keuze van deze tentoonstelling is mede bepaald doordat het lid van de Vereniging van Vrienden drs P.Th.R. Mestrom op 3 oktober hoopt te promoveren op zijn proefschrift over Limburgse uurwerken en uurwerkmakers.

Dit zal de eerste keer zijn dat een zo volledig overzicht wordt gepresenteerd van de Limburgse uurwerken.

### Zaandam: Klokcontact

Op zaterdag 18 januari en 22 februari werden de zgn. klokcontact-bijeenkomsten van de Ver. van Vrienden van het "Museum van het Nederlandse Uurwerk" te Zaandam gehouden.

Het museum is toch altijd weer een bijzondere omgeving om met elkaar over uurwerken te praten. Veel leden hadden werkstukjes of een uurwerk uit eigen bezit meegenomen om het aan de anderen te laten zien, en vragen over te stellen of te discussiëren over reparatietechnieken, maar ook over kaststijlen en leeftijden van uurwerken.

Het is dan altijd weer een heel bijzondere ervaring hoeveel kennis er bij de uurwerk-liefhebbers aanwezig is en hoe specialistisch dat naar uiteenlopende gebieden kan zijn. Kortom, weer een paar bijzonder geslaagde bijeenkomsten.

Het eerstvolgende "Klokcontact", georganiseerd door de vereniging vrienden van het Zaans Uurwerkenmuseum, vindt plaats op zaterdag 27 september. Deze bijeenkomst vindt plaats in het "Museum van het Nederlandse Uurwerk" (voorheen: Zaans Uurwerkenmuseum), Zaanse Schans te Zaandam en vangt om 10.00 uur aan. De bijeenkomst wordt om ca. 12.00 uur beëindigd. Heeft u een probleem of denkt u iets interessants te hebben betreffende uurwerken, breng dit dan ter tafel tijdens de bijeenkomst. De volgende data in het winterseizoen zijn: 22-11-'97; 17-01-'98 en 21-02-'98.

### Sotheby's veilt klokken en meubelen uit de collectie Von Thurn und Taxis

Op 8 en 9 oktober 1997 veilt Sotheby's in Amsterdam een aantal kunstvoorwerpen uit het bezit van prins Max Emanuel von Thurn und Taxis.

De klokken, meubelen en kunstvoorwerpen zijn afkomstig uit Slot Bullachberg, gelegen op een gelijknamige berg in Beieren tussen Füssen en Augsburg. Op een steenworp afstand ligt het beroemde slot Neuschwanstein, dat in opdracht van de excentrieke "sprookjes"-koning Ludwig II van Beieren - de neef van keizerin Sissi - speciaal ontworpen werd om als decor voor opera's van de door hem zo bewonderde Wagner te dienen. Tezamen met slot Neuschwanstein en slot Hohenschwangau vormt slot Bullachberg de uiterst pittoreske "Schwangauer Schlösserdreieck", die jaarlijks honderdduizenden toeristen trekt. De vader van Max Emanuel, prins Raphael von Thurn und Taxis, verwierf het slot in 1928 en woonde er tot zijn dood in 1993. Prins Raphael was net als zijn vader, vorst Albert, een enthousiaste klokkenverzamelaar. Een veertigtal van deze klokken zal nu geveild worden.

### Britse beurzen

De Midland Clock & Watch Fair wordt gehouden in het National Motorcycle Museum, Solihull (near Birmingham) op:  
zondag 17 augustus  
zondag 30 november

De Brunel Clock & Watch Fair wordt gehouden in Brunel University, Kingston Lane, Uxbridge, Middlesex op:  
zondag 29 juni  
zondag 14 september  
zondag 21 december



# De slinger van het uurwerk

(deel 1)

Door: J.A.Knobbout

## I. Inleiding.

**D**e slinger is een heel belangrijk zo niet het belangrijkste onderdeel van een goedlopend uurwerk en zoals bekend zijn er vele uitvoeringen van kleine in Franse pendules tot lange en vaak zware slingers bij torenuurwerken en astronomische uurwerken.

Als na een restauratie of schoonmaakbeurt het uurwerk weer aan de gang wordt gebracht en de slinger heen en weer beweegt zullen velen een gevoel van tevredenheid krijgen en met genoegen naar de bewegende slinger kijken, maar met vaak een zekere angst dat de slinger om een onverklaarbare reden weer zal stoppen.

Het is een open deur intrappen om te stellen dat de slinger de regelaar van het uurwerk is, maar het is wel het begin van onze beschouwing.

Over de slinger is veel gepubliceerd vanuit de historische ontwikkeling en i.h.b. de introductie van de slinger in het uurwerk door Huygens. Het is reeds uit die tijd bekend dat de slingerperiode of de slingering (de helft van de periode) alleen afhankelijk is van de lengte van de slinger en onafhankelijk van het gewicht van het slingerlichaam en vrijwel onafhankelijk van de uitwijking (wat alleen geldt voor kleine slingeringen) De berekening van de slingerperiode (T) leidt tot de bekende formule

$$T=2\pi \sqrt{l/g} \quad [1] \quad \text{waarin}$$

$l$  = lengte slinger en de zwaartekracht  
 $g=9,81 \text{ m/sec}^2$ .

In de trillingsleer wordt bij berekeningen een andere, meer wiskundige aanduiding, gebruikt en wel

$$\omega = 2\pi \cdot 1/T \quad [\text{rad/sec}]$$

Ook is de T uit te drukken als een frequentie en wel:

$$f = \frac{1}{T}$$

In het onderstaande betoog zullen we nog al eens beroep moeten doen op de wiskunde en daarom wordt de aanduiding " $\omega$ " dan ook daar gebruikt.

Goed onthouden :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{en} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{en} \quad f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

## II. Lengte van de slinger

De boven gegeven formule [1] geldt alleen voor een massaloze slingerstaaf, kleine uitwijking en geen demping of met andere woorden voor het ideale geval dat in de praktijk nooit voorkomt. De ontwikkeling van de zeer nauwkeurig lopende mechanische uurwerken was er steeds op gericht de ideale situatie zo dicht mogelijk te benaderen.

Ieder voorwerp, opgehangen aan een koordje, kan slingeren en is in principe als slinger van een uurwerk te gebruiken.

Dit geldt ook voor een houten of stalen staaf opgehangen aan het uiteinde, dat zeker geen slechte slinger voor een uurwerk kan zijn. De effectieve slingerlengte van zo'n staaf is, als we de eerste basisformule willen gebruiken,  $l = 2/3 L$  waarin L de lengte van de staaf voorstelt en  $l$  de lengte in te vullen in de formule[1].

Als we nu een slinger toepassen bestaande uit een staaf met een slingerlens dan ligt de effectieve lengte ergens tussen de L en de  $2/3 L$  in.

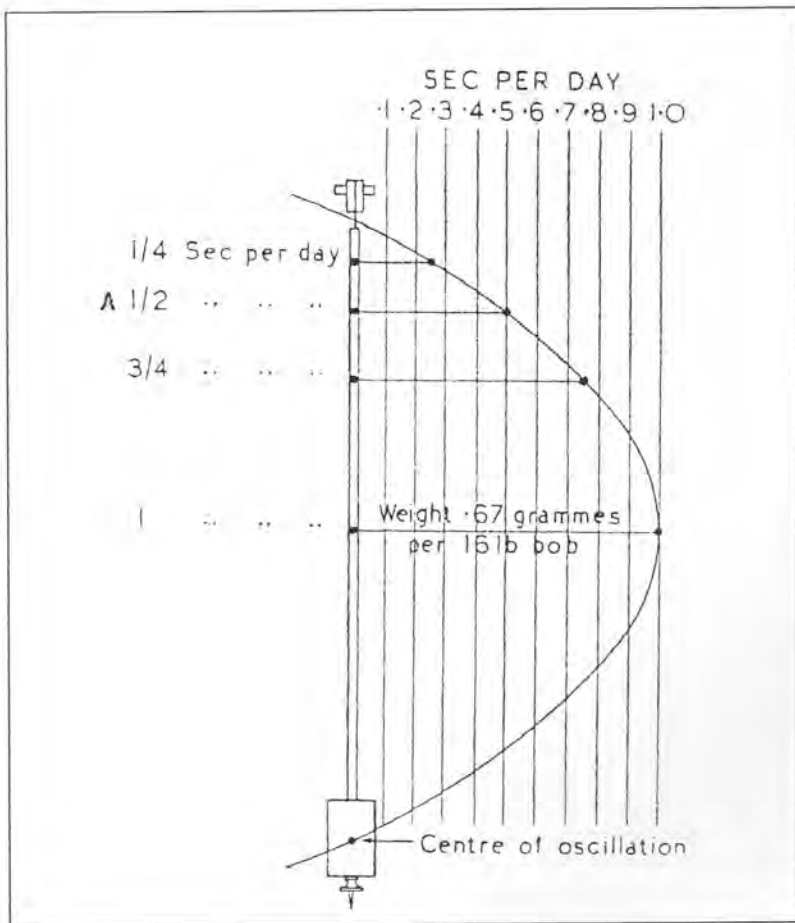
Hieruit kunnen we een aantal conclusies trekken en wel:

- een dunne draad met een zware slingerlens resulteert voor een bepaalde gewenste periode T in de kortste slinger .

- wenst men uit esthetische of andere overwegingen een zo lang mogelijke slinger dan dienen we een "zware" staaf te nemen met een zo licht mogelijke slingerlens.

In de praktijk komen veel samengestelde slingers voor. Om hier de slinger periode of de de slingertijd te berekenen, moeten we een beroep doen op de wiskunde. De daaruit voortkomende theorie toegepast op de slinger in uurwerken is in het aanhangsel verder behandeld. Het resultaat is een aantal formules voor de berekening van de slingerlengte van de samengestelde slinger aangeduid door  $\lambda$ , die ingevuld in de formule[1] de slinger periode T oplevert.

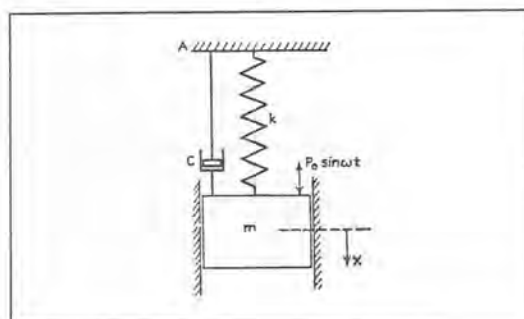
Een bijzondere vorm van de samengestelde slinger, waarbij aan de slingerstaaf een klein gewichtje wordt aangebracht, wordt bij de astronomische uurwerken gebruikt als een



Figuur 1

fijnregeling. In figuur 1 is voor een bepaalde situatie het effect als functie van de plaats van het gewichtje weergegeven. (ontleend aan 4). Het gewicht van de slingerlens bedraagt 7,2 kg. Als we in dit geval op het punt A van de slingerstaaf 0,67 gram(!) bevestigen kan het effect worden afgelezen door een horizontale lijn te trekken en na te gaan waar deze de kromme lijn snijdt. Dat blijkt bij de lijn van 0,5 sec per dag te zijn. Ook volgt uit deze figuur dat het grootste effect wordt bereikt door het gewichtje in het midden te bevestigen. Bij de nauwkeurige mechanische klokken heeft men daartoe soms een plateau'tje in het midden van de slingerstaaf bevestigd (o.a. Riefler(6) en Strasser(7) uurwerken). Uit de berekening in het aanhang-

Figuur 2



sel blijkt dat door het aanbrengen van het gewichtje de slingerlengte korter wordt en dus  $T$  afneemt en het uurwerk sneller loopt. Een bekend voorbeeld van deze mogelijkheid is de regeling van het uurwerk van de Big Ben, die een slingerlengte van 4 m heeft. De fijnregeling bestond (of bestaat?) hier uit het plaatsen van pennies op een plateau van de slingerstaaf als het uurwerk achter liep en men het uurwerk, kennelijk, niet stil wilde zetten.

### III. Invloed van de wrijving

Als we de slinger en zijn gedrag verder beschouwen en een steeds beter inzicht krijgen blijkt dat het gedrag van de slinger met de kruk steeds complexer wordt door de vele grote en kleine krachten die op de slinger en de kruk werken.

Een belangrijke vraag is: wat is de invloed van het gewicht (het is beter te spreken van de massa) van het slingerlichaam, die volgens de boven genoemde formule [1] geen effect heeft. Uit ieders ervaring is het bekend dat het toegepaste gewicht van het slingerlichaam zeer verschillend is en bij astronomische en torenuurwerken meestal vrij groot. Een uitvoerige serie publikaties over het gedrag van de slinger van een uurwerk en de daaromheen opkomende vragen is indertijd gepubliceerd in *Horological Jrn.* (1) waarvan bij deze beschouwing gebruik wordt gemaakt.

De slinger ondervindt luchtweerstand en andere soorten wrijving en moet door de kruk/anker worden aangedreven ter compensatie van de optredende verliezen. (er vindt van het anker naar de kruk en slinger energie overdracht plaats). Wil men een inzicht in de verschijnselen dan komen er vragen die dieper graven.

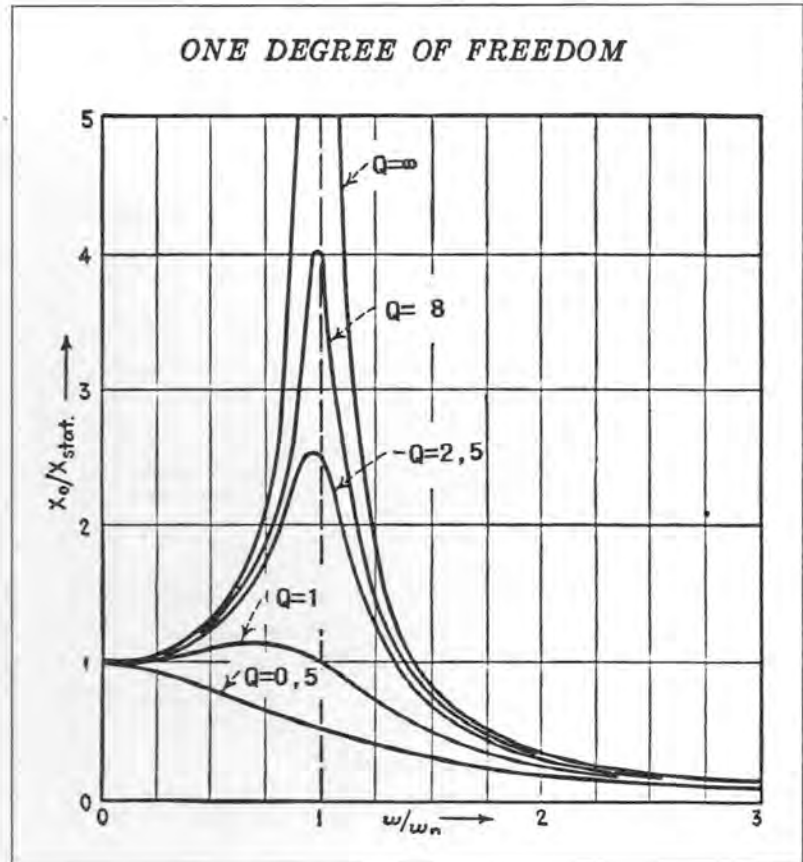
Om een inzicht te verkrijgen dient men een beroep te doen op de wiskunde voor het uitvoeren van een analyse. We gaan niet uit van de slinger maar we zoeken een model dat eenvoudig is en daardoor gemakkelijk toegankelijk voor berekeningen. Als model wordt gekozen een aan een schroefveer opgehangen massa (een z.g. massa veer systeem) (figuur 2) en dit model is veelvuldig in de literatuur behandeld. De massa komt overeen met de massa van het slingerlichaam en de veer komt overeen met de terugwerkende kracht op de slinger door de zwaartekracht.

Als we de massa aanstoten, gaat deze met een bepaalde periode op en neer bewegen. Dit komt overeen met de slinger van een slinger als we deze een uitwijking geven. Echter de slinger ondervindt wrijving of m.a.w. de massa in ons model dient bij zijn beweging eveneens wrijving te ondervinden. In de literatuur wordt steeds gekozen voor een wrijving die lineair met de snelheid van

de massa is. (figuur 2) Als we nu de massa een uitwijking geven zal de maximale uitslag door de wrijving regelmatig afnemen (men spreekt dan ook van een gedempte trilling). We voeren nu een gedachten experiment uit, waarin we de massa/veer onderwerpen aan een harmonisch wisselende kracht waarbij we het aantal wisselingen per seconde- de frequentie- laten toenemen van laag naar hoog (in dit geval aangeduid door de  $\omega$ ). Bij verschillende sterkte van de demping wordt de maximale uitslag van de massa gemeten en zoals te verwachten, is het verloop van de uitslag sterk afhankelijk van de optredende wrijving, die de demping veroorzaakt. In figuur 3 is het resultaat van de uitwijking geschetst. Op de horizontale as is de verhouding  $\omega/\omega_n$  waardoor de toegevoerde frequentie  $\omega$  gerelateerd wordt aan de natuurlijke frequentie ( $\omega_n$ ) van het systeem en een algemeen geldige figuur ontstaat. Op de verticale as is de maximale uitslag  $x/x_{stat}$  weergegeven en deze is hier om dezelfde reden gerelateerd aan de statische uitslag ( $x_{stat}$ ). Nu is de demping van een slinger in een uurwerk klein zodat de lijnen met  $Q < 8$  (betekenis  $Q$  wordt later besproken) voor ons niet van belang zijn en uitsluitend dienen om de effecten duidelijk te maken.

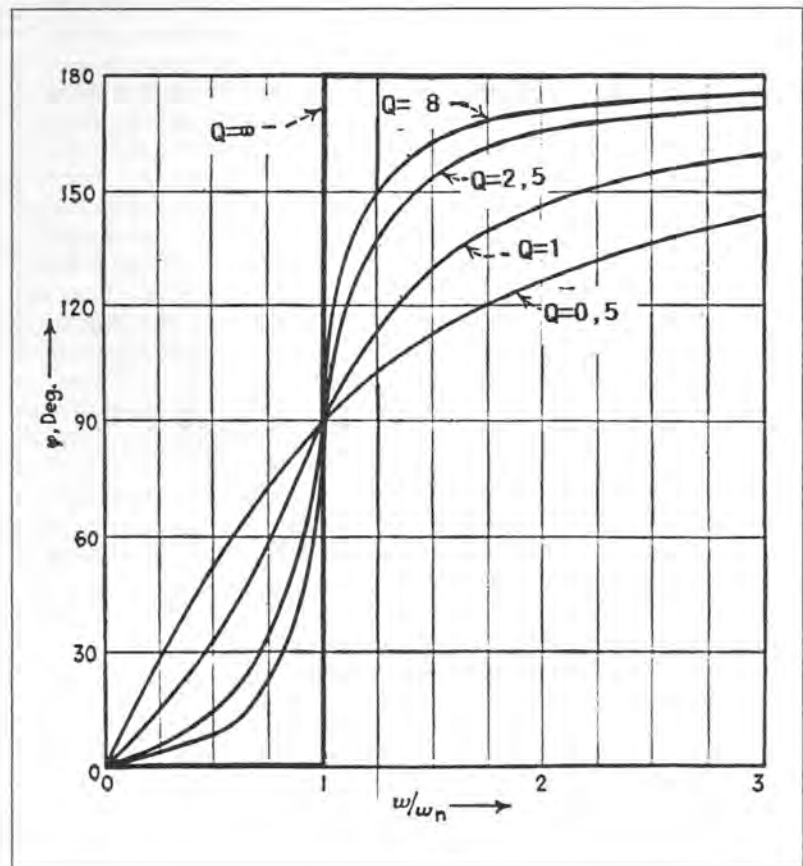
Uit het verloop van de lijnen blijkt dat er bij een bepaalde frequentie een maximale uitslag optreedt en dat wordt de amplitude resonantie of kortweg resonantie genoemd. Bij deze resonantie is zoals uit figuur 3 blijkt de frequentie iets lager dan van de ongedempte frequentie en dus de slingerperiode  $T$  iets langer. Het verschil is echter door de kleine demping van slingers in de uurwerken zo gering dat we deze voor onze beschouwing gerust kunnen verwaarlozen. In de figuur is wel te zien dat bij grote demping de resonantie verschuift naar de lagere frequenties. Er is echter nog meer aan de hand. Uit ervaring is het bekend dat we de massa moeten aanstoten ongeveer in het midden van de beweging (of bij onze slinger als hij juist verticaal hangt).

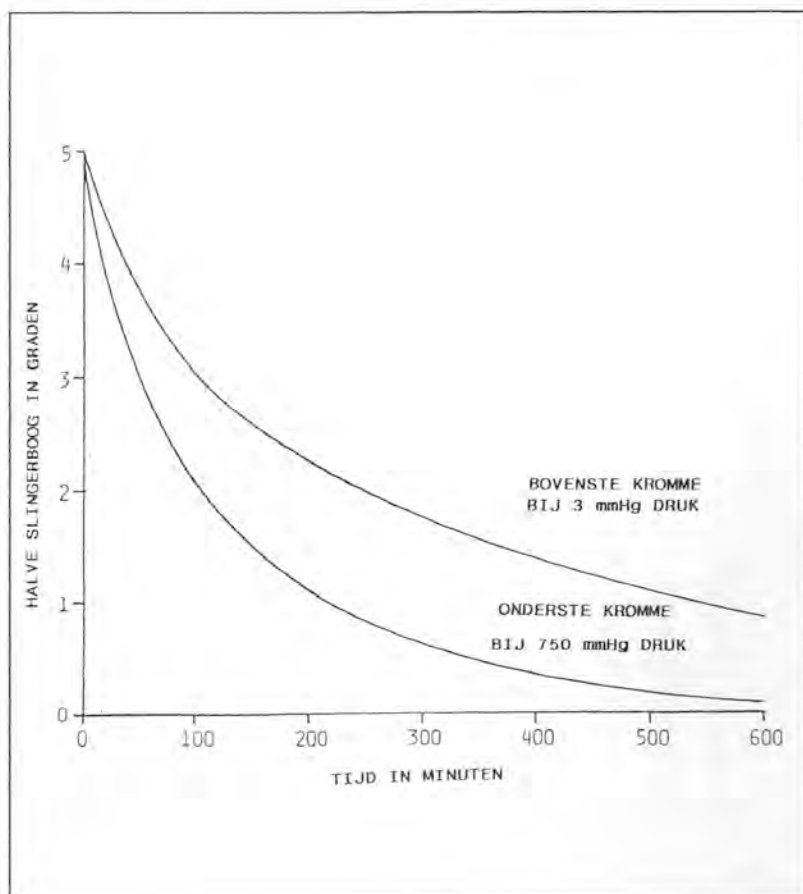
Op een wiskundige wijze is dit weer te geven in een z.g. fase diagram, dat aangeeft hoe groot het verschil is tussen de regelmatige kracht waarmee de massa wordt aangestoten en de beweging van de massa. In figuur 4 is het fase diagram weergegeven. Op de horizontale as staat de frequentie uitgedrukt in  $\omega/\omega_n$  van de kracht waarmee de massa wordt aangestoten. Verticaal is de fase, uitgedrukt in de hoek  $\beta$ , aangegeven, die aangeeft hoever de kracht achter of voorloopt (rechter kant) bij de beweging van de massa. De verschillende lijnen slaan op verschillende demping en ook hier geldt weer dat de in uurwerken optredende demping gering is en veel kleiner dan de hier weergegeven en de grote demping is slechts ter illustratie van het effect.



Figuur 3

Figuur 4





Figuur 5

Zoals uit de figuur blijkt, zal als er resonantie optreedt, wat wij toch steeds nastreven, de fase  $\beta = 90^\circ$  bedragen. Dit is een andere manier om aan te geven dat als de slinger verticaal hangt (in het model de massa in zijn evenwichtspunt is) de aandrijvende kracht op zijn maximum dient te zijn.

Tot zover ons model en nu even terug naar de slinger. De conclusie uit het bovenstaande is dat de combinatie slinger-kruik-anker een gedempt trillingssysteem is dat door een regelmatige wisselende kracht met de juiste fase wordt aangestoten en in beweging wordt gehouden.

#### IV. Kwaliteit slinger.

Om wat beter inzicht te krijgen, willen we toch wel graag iets meer weten over de demping die de slinger ondervindt. Het handigste is dan de slinger een uitslag te geven en het verloop van de maximale uitslag of de slingerboog te meten. Uit die gegevens kan dan in principe de demping worden bepaald. In figuur 5 is hiervan een voorbeeld gegeven. Met behulp van de wiskundige formules is het mogelijk vrij nauwkeurig iets te zeggen over de kwaliteit van het systeem en dus ook van onze slinger. In de Engelse literatuur heeft men uit de radiotechniek het daar gebruikte begrip over kwaliteit overgenomen.

De hieraan ontleende kwaliteits factor,  $Q$  is gedefinieerd als:

$$Q = \frac{2\pi \text{ energie in de slinger}}{\text{energieverlies per periode.}}$$

Deze theoretische uitdrukking zegt ons verder weinig. Belangrijker voor praktische toepassing is het gegeven dat:

$Q = 4,532 \times$  (aantal perioden dat de slingeruitslag tot de helft is verminderd).

Dit is een interessant gegeven want op deze wijze kunnen we vrij eenvoudig de  $Q$  van een slinger experimenteel bepalen.

Een hoge kwaliteit, dus een hoge  $Q$ , is aantrekkelijk omdat dan o.a. de slinger minder gevoelig is voor kleine variaties in de tandwielen die er altijd zijn i.h.b. in het schakelrad.

Hierbij is nog te vermelden dat het rendement van de aandrijving volgens Davis(3) wisselt als functie van de ingrijping van de tanden van de tandwielen en rondsels. Een zeer goede uitvoering van het uurwerk is de variatie volgens deze auteur 1 op 2, zodat de door het aandrijvende gewicht of veer opgewekte kracht aan de tanden van het schakelrad varieert tussen 100 % en 50 %, wat niet gering is. Een slinger met een hoge  $Q$  is uiteraard minder gevoelig voor dergelijke systematische variaties.

Hoe is nu een hoge  $Q$  te bereiken? Het recept is eenvoudig: een hoge slinger massa gecombineerd met een lage wrijving (voor het overgrote deel is dat luchtweerstand) resulteert in het gewenste resultaat.

Hieruit is direct de conclusie te trekken dat een slingerlens gevuld met lood beter is dan de nogal veel voorkomende lens zonder lood. Ook het aanbrengen van een plaatje lood op de achterkant van een lichte slingerlens is aantrekkelijk; immers het gewicht neemt toe en de wrijving zal nauwelijks toenemen. Nauwkeurig lopende uurwerken blijken steeds een slinger met een hoge  $Q$  te hebben.

Om hieruit de conclusie te trekken dat een hoge  $Q$  automatisch resulteert in een hogere nauwkeurigheid is niet juist; de hoge  $Q$  draagt bij tot het bereiken van een hoge nauwkeurigheid.

Dat een hoge  $Q$  door een hoog gewicht (beter te stellen massa) van de slinger aantrekkelijk is en bijdraagt tot het nauwkeurig lopen van het uurwerk wisten de oude klokkenmakers van astronomische uurwerken uit ervaring of intuïtie zonder de theoretische achtergrond te kennen. (Duidelijk blijkt dit bij de in het Boerhaave museum opgestelde oude astronomische uurwerken)

In figuur 6 is het verband tussen  $Q$  en de nauwkeurigheid van een aantal uurwerken weergegeven (ontleend aan (1)) Deze figuur is gebaseerd op de ervaring. In het Engelse artikel is van een groot aantal bijzondere uurwerken de  $Q$  en de bereikte nauwkeurigheid in het diagram ingetekend. Het merendeel van de genoemde uurwerken is achterhaald door de ontwikkelingen en ook de nauwkeurigheid van de extreem nauwkeurige uurwerken (b.v. Cesium klok) is de laatste jaren steeds toegenomen zodat de figuur niet meer representatief is voor de huidige stand van zaken.

Een overzicht van de relatie tussen  $Q$  en de bereikte nauwkeurigheid van een aantal interessante typen uurwerken is in tabel I gegeven, ontleend aan het aangehaalde artikel.

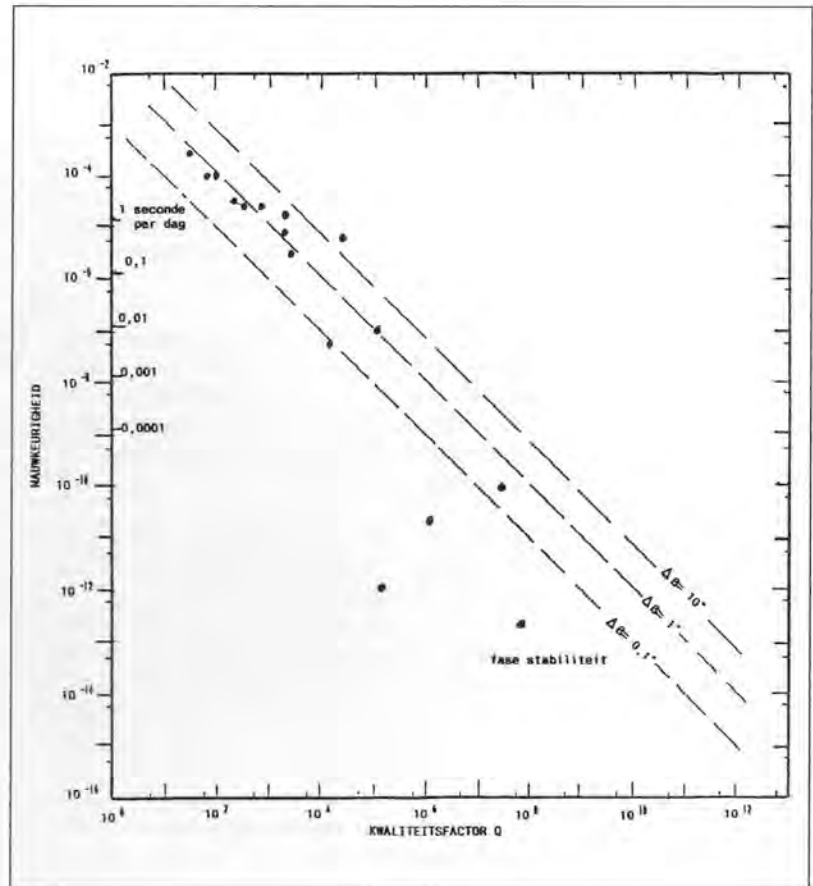
Voor de normale uurwerken, waarmee wij doorgaans te maken hebben, is in een goed horloge  $Q$  ongeveer 100 en een goede slinger in lucht heeft een  $Q \approx 1000$ .

Opmerkelijk is dat chronometers niet eens bijzonder hoge  $Q$ 's bereiken.

Opgemerkt moet worden dat alle verhandelingen betrekking hebben op de slinger zonder kruk en anker. Het lijkt logischer dit geheel als een eenheid te benaderen wat waarschijnlijk reëler is omdat de hierin optredende verliezen moeten worden opgevangen. Bij een beproeving van een slinger uit een Weense regulator, met een vrij lichte slingerlens (105 gram) bleek dat de slinger een  $Q = 1178$  bereikte maar tesamen met het anker daalde tot  $Q = 634$ . Hieruit blijkt duidelijk het effect van de wrijving in de tappen van de ankeras (gangrad was verwijderd).

We hebben reeds gezien dat een hoge  $Q$  is te bereiken door een grote massa en een lage wrijving van de slinger. Vergroting van het gewicht resulteert vaak ook in toename van de luchtwrijving, die het grootste gedeelte van de wrijving is.

Een logische stap is het dan ook te proberen de wrijving in de lucht te verminderen en dit leidt tot de opstelling van de slinger in een gesloten vat en het verlagen van de luchtdruk. Dat dit een groot effect heeft blijkt wel uit figuur 5. Hierin is het verloop van de maximale uitslag (uitgedrukt in de hoek van de slingerboog) van de slinger in lucht en daarna in een vat waarin een luchtdruk heerste van slechts 1 à 2 mm Hg absoluut (1,5 à 3 hPa) weergegeven. Uit het verloop kunnen we nu eenvoudig de  $Q$  berekenen door het aantal perioden te bepalen waarna de slinger uitslag tot de helft is gedaald en de formule  $Q = 4,532 \dots$  toe te passen. In dit geval stijgt de  $Q$  van 15.400 in lucht tot 34.060 in het vacuüm, dus een zeer goede slinger. Het slingergewicht bedroeg 3,4 kg wat niet gering is.



Figuur 6

Deze mogelijkheid om een slinger met een hoge  $Q$  te realiseren is met succes toegepast door Hope-Jones en Shortt (4) bij de ontwikkeling van de elektrische Shortt klok en ook door Riefler (6), die beiden de slinger in een metalen of glazen vat plaatsten en de lucht voor een gedeelte verwijderden d.m.v. een vacuümpomp. Deze opstelling heeft tevens het voordeel dat de kleine invloed van de barometerdruk op de nauwkeurigheid van het uurwerk wordt geëlimineerd. De toegepaste restluchtdruk is echter verschillend, zo verlaagde Shortt de luchtdruk tot een vacuüm van 44 hPa (30 mm Hg absoluut) terwijl Riefler de luchtdruk in het vat verlaagde tot 800 hPa (546 mm Hg absoluut) en in bijzondere gevallen tot 67 hPa (46 mm Hg absoluut) waarbij een onderzocht type uurwerk en slinger optimaal functioneerden. Dat door het verlagen van de luchtdruk de wrijving sterk verminderde, werd ook direct benut door i.p.v. een slingerlens een cilindrisch slingergewicht te gebruiken. De waarschijnlijke achtergrond hiervan is dat een cylinder nauwkeuriger te fabriceren is dan een lensvormig lichaam. Ook is het zwaartepunt van een cylinder nauwkeuriger bekend, wat voor het compenseren van de temperatuur-invloed op de slinger een voordeel lijkt (alles uiteraard voor zeer nauwkeurig lopende klokken).

De opstelling in een vrij redelijk vacuüm in de Shortt klok resulteerde in een opstelling met 2 slingers de "meesterslinger" in het vacuumvat en de "slaaf". De "meester" werd zodanig opgehangen en aangedreven door de "slaaf" dat de ideale situatie van een geheel vrij bewegende slinger vrijwel werd bereikt. Het resultaat was een zeer nauwkeurige klok, die tot 1940 o.a. in Engeland als standaard-uurwerk werd gebruikt.

Opgemerkt moet nog worden dat de mogelijkheid een slinger in een vacuüm te laten werken pas eerst goed uitvoerbaar was toen de electro-mechanische aandrijving van uurwerken was ontwikkeld en voldoende betrouwbaar bleek.

Nu keren we terug tot figuur 6 waarin een drietal lijnen is getrokken met de uitdrukking "fase stabiliteit".

Wat is nu de fase stabiliteit? Daarvoor moeten we terug naar figuur 4.

In deze figuur is weergegeven: het verloop van de fase (hoek  $\beta$ ) tussen de aandrijvende kracht en de beweging van een massa (analoog met de slinger), die een wrijving ondervindt.

Uit de figuur blijkt duidelijk dat als door welke oorzaak (onregelmatigheid in de aandrijving etc.) de fase wat verschuift ook de frequentie (uitgedrukt in  $\bar{\omega}$ ) enigszins verandert en dus de slingertijd  $T$ .

De invloed van een kleine variatie in de fase van de aandrijving van de slinger op  $T$  of  $\bar{\omega}$ , wordt aangeduid door de uitdrukking "fase stabiliteit" en is in een formule uit te drukken, waaruit enige interessante conclusies kunnen worden getrokken.

De formule luidt: 
$$\Delta \bar{\omega} = \frac{1}{(2 \cdot Q \cdot \sin \beta)} \cdot \Delta \beta$$

waarin  $\bar{\omega}$  en  $\Delta \beta$  kleine veranderingen voorstellen.

Uit deze formule volgt dat een kleine verandering van de hoek  $\beta$  resulteert in een kleine variatie van de  $\bar{\omega}$  en dus van de slingerperiode  $T$ . Door de aanwezigheid van de  $Q$  in de noemer blijkt dat reeds bij een  $Q=100$  voor het redelijk nauwkeurig lopende gangbare uurwerk het effect gering is. Dit geldt nog meer als we zien dat vrij mooie uurwerken reeds een  $Q=1000$  bereiken. Echter opvallend is dat ook de hoek  $\beta$  een niet te verwaarlozen effect heeft. Om dit effect zo klein mogelijk te maken, dient dus de  $\sin \beta$  zo groot mogelijk te zijn en de maximale waarde is 1 die optreedt bij een hoek  $\beta=90^\circ$ . Als we figuur 4 weer eens even beschouwen, zien we dat dit betekent dat de aandrijvende kracht (bij slinger beter te spreken over een moment) zijn maximum moet hebben bij een  $\beta=90^\circ$  dus als de slinger verticaal hangt, een conclusie die we reeds eerder zijn tegengekomen.

Nu we een beter inzicht hebben in de betekenis van de  $Q$  als kwaliteits kenmerk van een slinger en een indruk hebben van de grootte van  $Q$  van een slingeruurwerk, kunnen we terugkomen op de invloed van de wrijving op de slingertijd en de fase tussen aandrijvende krachten en massa zoals geschetst in figuur 3 en figuur 4. Gezien de  $Q$  van een redelijke slinger in een uurwerk blijkt duidelijk dat de in deze figuren gebruikte  $Q$  onrealistisch is en alleen is bedoeld om het effect aanschouwelijk te maken.

*Deel 2 van dit artikel verschijnt in het volgende nummer*

## Uitslag lepelgang

In zijn interessante artikel over de 'Mechanische spanningen in slingerveren' in ons TIJDSchrift van september 1996 maakt de heer Knobbout, aan het begin van zijn artikel en terloops, een opmerking waarop ik even wil ingaan. Deze stelling, die je in vrijwel alle klokkenboeken tegenkomt, luidt in het artikel: "In de lepelgang..... is de boog die de slinger beschrijft vrij groot..... Naar mijn mening is deze opmerking niet juist.

De meesten van ons kennen ongetwijfeld de Comtoise-klokken met een tamelijk groot schakelrad, lange lepels en een lange slinger met kleine uitslag, waarmee de praktijk heeft aangetoond dat een kleine slingeruitslag met lepelgang zeer wel uitvoerbaar is. In de tijd van Huygens zal dat nog niet ontdekt zijn en wanneer de eerste Comtoises zijn gemaakt, weet ik niet; maar als Huygens dit geweten of gekend had dan zou hij zijn haakse tandwielvertraging tussen lepelas en slingerdrijver en zijn cycloïde-boogjes misschien niet toegepast hebben.

H.W. van der Wyck.

# Oude Torenklokken

H.G. de Vries

In de middeleeuwen treedt, in wat we nu Europa noemen, een verschuiving op van een zelfverzorgende landbouwgemeenschap naar lokale concentraties van boerderijen wat uitloopt tot de vorming van dorpen. Een aantal dorpen ging het voor de wind met als gevolg een verdere concentratie en het ontstaan van steden, die nog vaak een landbouwwachtig karakter hadden. In de steden ontstonden door de concentratie allerlei activiteiten zoals markten, handel en vestigden zich ambachtslieden, waarvan de huishoudens niet meer zelfverzorgend waren. Door de uitbreiding van de huisnijverheid ontstonden in de loop der tijden kleine werkplaatsen.

Op het platte land leefde men bij de natuur en werd de dagelijkse gang van zaken geregeld door zonsopgang en ondergang.

In de steden daarentegen was men niet meer zo afhankelijk van de op- respectievelijk ondergang van de zon en het jaargetijde en ontstond er behoefte aan een tijdsaanwijzing. De aanvang en het einde van de werkzaamheden werden toen bepaald door het luiden van een klok. In de steden waren er dan ook na verloop van tijd een aantal luidklokken die geluid werden bij het begin en einde van de arbeid. In Brussel b.v. was er het "joufvrouwencloucke" geluid bij zonsopgang en de "werckcloucke" een beetje later en de "drabcloucke" die 's avonds voor de wevers, spinners en twisters het einde van de werkdag aankondigde.

Deze situatie werd toch na verloop van tijd als onbevredigend gevoeld o.a. door twijfel aan de juistheid van het tijdstip van het luiden van de klok. De bazen hadden de neiging de werktijd uit te breiden door de eindklok te laat te luiden. De werknemers hadden daarom behoefte aan een duidelijke en onafhankelijke tijdsindicatie.

De stad ontwikkelde zich vaak voorspoedig en de handigste lieden verzamelden een

zekere rijkdom waardoor een nieuwe elite ontstond. Deze elite toonde zijn rijkdom en ook de stad wilde haar welvaart tonen ter ondersteuning van haar belangrijkheid. In dit streven paste het installeren van een uurwerk, bij voorkeur voorzien van een wijzerplaat.

Als plaats voor het uurwerk koos men een hoog punt, zodat de klok veelal in de toren van de kerk werd geplaatst maar ook wel in het paleis van de machthebber.

Het gevolg was dat na 1300 in verschillende plaatsen torenuurwerken werden gebouwd en geïnstalleerd. De opdracht hiervoor ging naar de plaatselijk smid. De uitvoering van een dergelijke opdracht was niet zo eenvoudig want daar hoorde ook bij de materiaalvoorzieningen de betimmeringen e.d. Als het grote uurwerken betrof kwam hierbij het inschakelen van andere disciplines zoals metselaars en timmerlieden, e.d. (ook bouwers van watermolens want die hadden ervaring met tandwielen en ijzeren constructies).

De kwaliteit van de uurwerken was niet zo hoog en ze werden altijd vervaardigd uit smeedijzer. Smeedijzer was niet direct te koop en de smid diende eerst smeedijzer te maken door ruwijzer herhaald om te smeden zodat de slakinsluitingen verwijderd werden.

De in het ijzeren uurwerk optredende slijtage was niet gering zodat vaak de bouwer verbonden bleef met het uurwerk en regelmatig onderhoud en herstel moest plegen. Vrij spoedig na 1300 trad toch een zeker specialisme op en treffen wij in de oude annalen als de omschrijving van de bouwer van het torenuurwerk de term klokkenmaker aan.

Veel informatie is verloren gegaan maar van enkele, vaak bijzondere uurwerken, is de opdracht en de gevoerde administratie behouden gebleven waaruit heel wat te

leren valt over de werkwijze en de regels. Landes (1) beschrijft in zijn boek de teruggevonden informatie over de bouw van een zeer groot uurwerk in Perpignan (1356). De organisatie van het bouwen van dit uurwerk wordt hierin uitvoerig beschreven o.a. werd een deel van het kasteel als werkplaats ingericht.

Een ander door hem behandelde bouw van een uurwerk is het contract, afgesloten in 1379, voor de bouw van een uurwerk voor "Madame the Countess of Bar, Lady of Cassel" door Pierre Daimleville uit Lille bestemd voor het kasteel te Nieppe.

De eerste grote revisie van het uurwerk in Perpignan vond reeds in 1379 plaats en daarna traden er regelmatig moeilijkheden op, met als gevolg dat Johan I de klok in 1387 liet stoppen en mannen aanstelde voor het op tijd slaan van de luidklok.

In de Nederlandse stadsarchieven of kerkarchieven zal zeker ook informatie te vinden zijn over torenuurwerken. Ook in Nederland wilde de door handel en nijverheid rijk geworden steden hun betekenis en welvaart tonen door het installeren van een torenuurwerk. Het was de gewoonte naast de grote kerk of kathedraal een toren op te richten waarin dan ook een uurwerk werd geplaatst en als het financieel kon ook een carillon.

Dit was het geval in Zwolle dat als Hanze stad aan de IJssel in die tijd zeer welvarend was. Over de ontwikkelingen in Zwolle zijn enige lezenswaardige publikaties verschenen (2,3) waarin het wel en wee van de torens en de daarin geplaatste uurwerken worden beschreven waaraan de volgende informatie is ontleend.

In 1406 begon men met de bouw van de toren van de Grootte of St Michaëlskerk, die in 1443 gereed kwam. Hierin was geplaatst een uurwerk met drie wijzerplaten en een carillon, zoals op enkele oude schilderijen duidelijk te zien is.

Dit was niet de enige toren met een uurwerk in Zwolle want in 1455 vond de aanbesteding plaats van het uurwerk voor de Kerk van de Heilige Geest

Of het uurwerk van de St Michaëlstoren niet van zo'n goede kwaliteit was of dat men een fraaier uurwerk wenste is niet duidelijk, maar vermeld wordt dat in 1457 "Johan de Urewerker" voor de kerk een nieuw uurwerk vervaardigt. In de opdracht tot de bouw is vermeld dat het gewicht van het uurwerk ongeveer 1800 pond zal worden en dat de opdracht ook de montage in de toren omvat.

De beloning van een dergelijke opdracht was niet gekoppeld aan de prestatie van het uurwerk maar aan het gewicht. Voor "vierkanten werk dair drie walsen inghaen sulen" ontvangt hij 8 r.gulden per 100 pond en voor de rest slechts 2 r.gulden per 100

pond. Mocht het gewicht hoger worden dan 1800 pond dan ontvangt hij voor het meerdere 4 r.gulden per 100 pond. Uit deze wijze van belonen is nogeens duidelijk dat ijzer een duur materiaal was en kennelijk grotendeels de prijs bepaalde.

De klok diende de hele en halve uren te slaan. Uit de schilderijen blijkt dat de klok slechts een uurwijzer had, wat gezien de prestaties van de toenmalige uurwerken en de behoefte van de Zwollenaren niet verwonderlijk is. Totaal heeft onze "Uremaker" voor deze opdracht ontvangen 88 r.guldens, 12 kronen.

In 1457 werden nog twee "schellen" aangeschaft, die "ter halven uren slaen sullen ant nije urewerck." Kennelijk behoorden de "schellen" niet direct tot de levering van het torenuurwerk. De "schellen" wogen 423 pond en kennelijk waren toen ook al klokken duur (invloed materiaal?) want zij kostten 11 r.gulden per 100 pond.

In 1494 werden acht klokken in de toren opgehangen.

Het leven van het uurwerk met carillon ging niet over rozen, want op 5 mei 1548 sloeg de bliksem in de houten spits die evenals het dak van de kerk een prooi van de vlammen werd.

In 1553 was alles hersteld, doch op 25 juni 1606 was het opnieuw raak en andermaal sloeg de bliksem in de toren.

De klokken vielen uit de toren en sloegen diepe gaten in de grond.

In het laatst van 1608 was de spits weer hersteld en werd de toren weer van een uurwerk en klokkenspel voorzien.

De geschiedenis vermeldt verder dat op 7 juli 1669 het hemelvuur opnieuw insloeg en als gevolg daarvan de toren in 1683 door instorting bezweek; de toren werd niet meer hersteld en de klokken werden verkocht. Blijkens de stadsrekening van 1683 ontving Gerrit Tijdeman voor het maken van verscheidene gedichten over de torenval en het maken van een zonnwijzer aan de Markt 234 guld. 11st.

#### Litt.

1. Landes D.S., *Revolution in time, Clocks and the making of Modern World*. i.h.b. 19st, *Clocks in the belfry*.

2. Kamphuis H., *750 jaar Zwolsen, Zwollenaren en hun rampen*. Ach Lieve Tijd, uitgave Waanders, Zwolle.

3. Hoefer F.A. *Wandelingen door Oud zivolle*.

*Het in het bovenstaande genoemde gewicht "pond" heeft verschillende waarden gehad tussen 325-500 gram.*

*De waarde van de in het stuk genoemde r.gulden is de schrijver niet bekend. Als èèn van lezers de waarde van de r.gulden weet, laat het ons dan weten!*



## TECHNIEK

### Radersnijmachine

Ter afwisseling van het bouwen van uurwerken heb ik volgens het bekende principe deze machine vervaardigd, uitgaande van de in de handel verkrijgbare blanke strip st. 37 dat zeer maatvast is en weinig nabewerking behoeft.

De aandrijving geschiedt door een gelijkstroommotor (dumpgoed) in combinatie met omvormer/traploze snelheidsregelaar en dubbele pulley's.

Het snelheidsbereik van de freesspindel is nu zo groot dat zowel gebruik van slagfrezen als het frezen van rondsels mogelijk is. Voor het laatste is een hulpstuk gemaakt zoals de foto toont. Alles is beweegbaar, zowel in horizontale als in verticale zin, de schroefstangen hebben linkse draad i.v.m. de richting van de voeding.

De freesspindels zijn uitwisselbaar en voor het opspannen van het rad is uitgegaan van 10 mm spantangen.

De geleidingen zijn 60 graden en nastelbaar met vulstrippen.



Tekeningen heb ik niet, maar eventuele zelfbouwers kunnen zoals gebruikelijk inlichtingen krijgen bij:

W.G.Pardoen tel. 0172-432240.

SPECIAALZAAK VOOR DE VERKOOP VAN ANTIEKE UURWERKEN

# C.G. MOUTHAAAN

MARKTSTRAAT 32

1411 EA NAARDEN-VESTING

TELEFOON 035-694.08.43

TELEFAX 035-695.24.82

*EIGEN RESTAURATIE ATELIER  
GROTE DESKUNDIGHEID*

# De drie definities van de seconde in onze eeuw

door Dr.Ir. A.H.Boerdijk

**V**an het begin van deze eeuw tot kort na het midden ervan gold de welbekende eeuwenoude definitie: de seconde is  $1/86400$  van de middelbare zonnedag. De dag zoals wij die kennen, de ware zonnedag, is niet geschikt om in deze definitie te worden gebruikt. De duur ervan varieert in de loop van het jaar. De langste ware zonnedag is ongeveer 50 sec. langer dan de kortste.

Om de duur van de middelbare zonnedag en dus van de seconde vast te stellen, moet de duur van de ware zonnedag worden gemiddeld over een jaar. Vanwege de nauwkeurigheid leiden de astronomen de duur van de middelbare zonnedag af uit metingen aan maan en sterren. Door een en ander waren veel metingen en berekeningen nodig om klokken zo af te stellen dat de verstreken tijd juist wordt weergegeven. In het hier beschouwde tijdvak werden de klokken steeds verder verbeterd. De uitvinding van de vrije-slinger klok door Shortt is van 1921. Dit is het nauwkeurigste mechanische uurwerk dat is gemaakt. De nauwkeurigheid is 3 msec/dag. Maar mechanische uurwerken werden overvleugeld door kwartsklokken, voor het eerst beschreven door Horton en Marrison in 1928. Rond 1950 was de nauwkeurigheid zover opgevoerd, dat kon worden aangetoond dat de aswenteling van de aarde onregelmatigheden vertoont in de orde van 1 msec/dag. De oorzaak hiervan is niet goed bekend, zodat voorspellingen niet mogelijk zijn. Een betere definitie van de seconde was nodig. In 1956 werd de seconde gedefinieerd als " $1/31\ 556\ 925,9747$  van het tropische jaar". Hoewel vergeleken met de middelbare zonnedag het tropisch jaar een betere basis is, verandert ook daarvan de duur met de tijd. Om dit te ondervangen is de juist genoemde definitie aangevuld met "voor 1900 januari 0<sup>d</sup> 12<sup>u</sup> (ET)". Deze toevoeging maakt de basis onveranderlijk, maar tegelijk niet reproduceerbaar en slechts toegankelijk via "terugrekenen".

Intussen was in 1948 de eerste atoomklok gebouwd door Harold Lyons. Ontwikkelingen daarvan leidden in 1955 tot de cesiumbundel-frequentiestandaard. Hierin wordt de door een kwartskristal

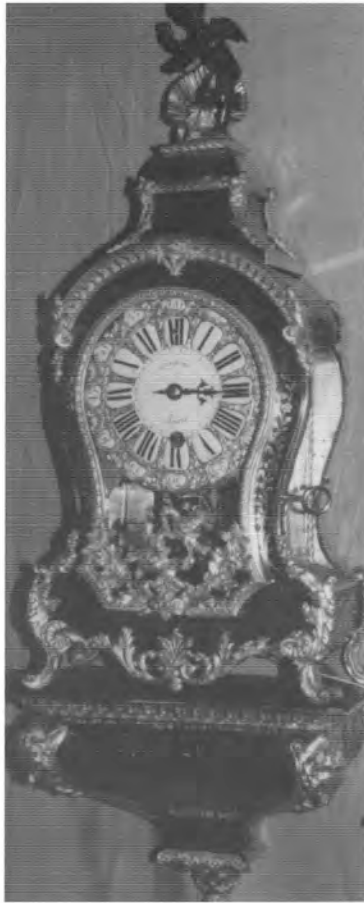
bepaalde frequentie binnen zeer nauwe grenzen gestabiliseerd door gebruik te maken van het selectieve vermogen van Cesium 133 atomen. De nauwkeurigheid wordt daardoor 10.000 maal groter dan van een kwartsklok alleen. Na veel studie en overleg kon een nieuwe definitie van de seconde worden ingevoerd.

Vanaf 1967 is de seconde gedefinieerd als de duur van  $9\ 192\ 631\ 770$  perioden van de straling die overeenkomt met de overgang tussen de twee hyperfijne niveaus van de grondtoestand van het Cs 133 atoom. Vergeleken met de definitie van 1956 was dit een enorme vooruitgang. De nieuwe seconde is reproduceerbaar. Verder kan door het tellen van de perioden het verstrijken van de tijd direct worden gemeten. De nauwkeurigheid is van de orde van  $10 \exp - 13$ , dat is minder dan 1 msec/eeuw!

Een merkwaardig gevolg van het loslaten van de oude definitie van de seconde is dat de middelbare zonnedag niet meer precies 86400 seconden telt, maar een ietsje meer. Men heeft afgesproken dat op 30 juni en 31 december zo nodig een schrikkelseconde kan worden ingelast om het verschil op te vangen. Hierover wordt beslist door de bevoegde internationale instantie. Zodoende zijn er in het jaar 0,1 of 2 dagen van 86401 in plaats van 86400 seconden. Buiten de relatief kleine groep van specialisten en amateurs op dit gebied zal dit slechts weinigen zijn opgevallen.

De invoering van de jongste definitie in 1967 kan nog uit een heel ander gezichtspunt worden gezien. Daarvóór was het tijdvak waarvan de seconde is afgeleid het tropisch jaar en de hierbij betrokken massa die van de aarde. Daarna is het tijdvak 1 periode van de door het cesium-atoom bepaalde frequentie en de massa die van het atoom. Het tijdvak werd een factor  $2,9 \cdot 10 \exp 17$  kleiner, de massa een factor  $2,7 \cdot 10 \exp 49$ . Mede omdat de overgang in één enkele stap gebeurd is, moet dit wel het wereldrecord zijn op het gebied van miniaturisatie!

De gegevens over klokken zijn ontleend aan: "Van een wereld die de tijd regelde naar een tijd die de wereld regelt", E. Dekker, "TIJD", Catalogus, 's Gravenhage, 1990.



# Antiek import Budde

ANTIEKE KLOKKEN  
*Grote sortering in elke prijs*  
INKOOP - VERKOOP - RESTAURATIE

Biesterweg 74 - Eindhoven  
Telefoon 040-2115764



*Venema*  
**Antiques**

IN- EN VERKOOP VAN O.A.:

**KLOKKEN**  
**SCHILDERIJEN**  
**MEUBELEN**

Rijksweg 19  
6996 AA Drempt/Holland

Telefoon 0313 - 473465  
Telefax 0313 - 471633

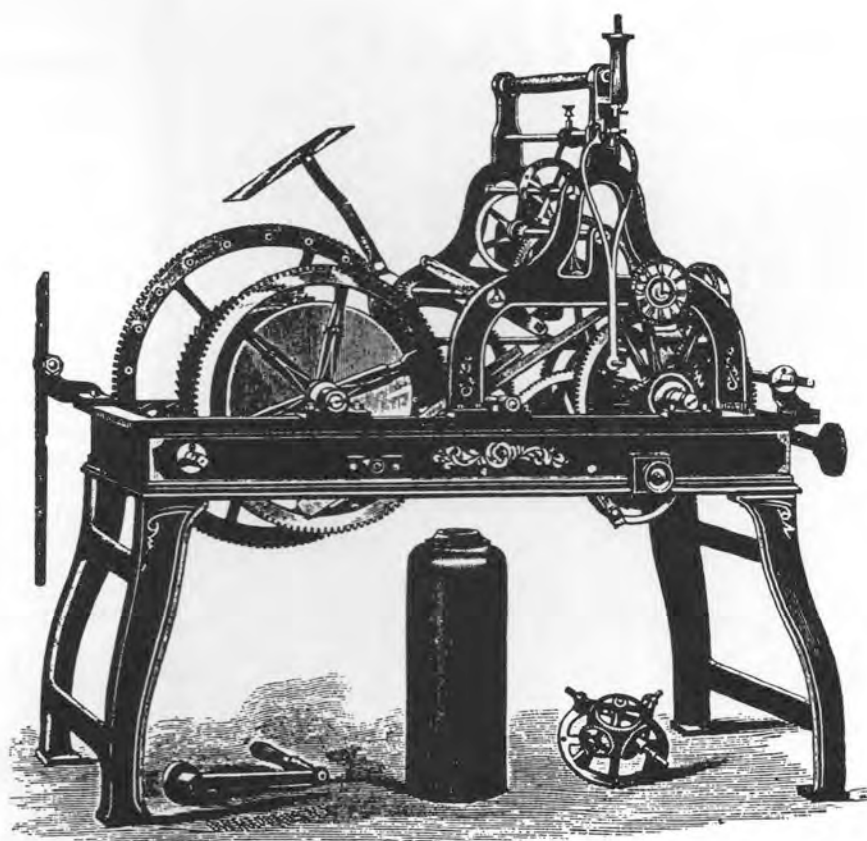
Openingstijden:  
maandag / vrijdag  
9.00 - 18.00 uur  
zaterdag  
9.00 - 16.00 uur

# v.d. GEVEL FOURNITUREN & GEREEDSCHAPPEN

- Fournituren voor zowel moderne als antieke klokken
- Alle handgereedschappen en machines.  
*(o.a. het gehele Bergeon-assortiment)*
- Schoonmaakvloeistoffen.
- Zeer groot assortiment opwindveren.
- Complete uurwerken.

**VOF v.d. GEVEL FURNITUREN & GEREEDSCHAPPEN**

Zellerstraat 102  
5011 ES Tilburg  
Telefoon: 013-4553963  
Fax: 013-4553225



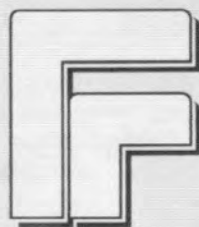
## TOINE DAELMANS LUIDKLOKKEN & TORENUURWERKEN

---

Wevestraat 30  
5708 AG Helmond (Stiphout)  
Telefoon 0492-545577  
Fax 0492-554395

Reparatie, revisie en levering  
van luidklokken en  
torenuurwerk-installaties

# Friederichs, uw partner in winkel en werkplaats.



FRIEDERICHS BV

HORLOGE & KLOK  
FOURNITUREN

TOSHIBA BATTERIJEN

ESA RUILUURWERKEN

GOUD & ZILVER  
FOURNITUREN

GEREEDSCHAPPEN  
& MACHINES o.a.

ELMA  
BERGEON  
METTLER  
GREINER-VIBROGRAF  
HERAEUS  
RENFERT  
ETIC  
MULTIFIX  
WALDMAN

WEKKERS, KLOKKEN  
& HORLOGES o.a.

KIENZLE  
PETER  
ESGE  
SCHMECKENBECHER  
HANHART  
EUROPA  
ELITE  
SCHMID-SCHLENKER  
BARIGO  
CLAUDIO CALLI

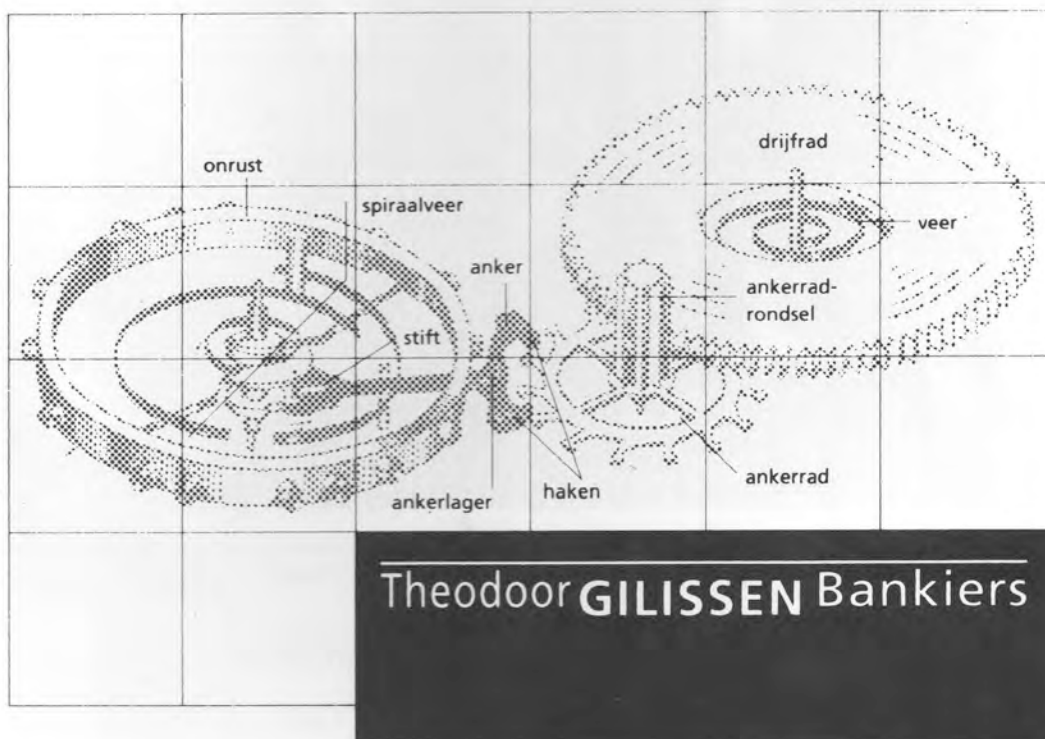
HAGERTY  
ONDERHOUDS-  
MIDDELEN VOOR  
GOUD EN ZILVER

Stand Jaarbeurs  
Beatrixgebouw 2E 515.  
Tel.: (030) 2941501  
Fax: (030) 2944214

Nijverheidsweg 15,  
Postbus 16,  
2100 AA Heemstede  
Tel.: (023) 5232723  
Fax: (023) 5232740

Zoals het klokje thuis tikt,  
tikt het ook bij ons

Aandrijving van een vestzak- of polshorloge



Met de groei van een vermogen groeit ook de behoefte aan een bankier die u nog persoonlijke aandacht kan geven. Zo'n 'Private Banker' treft u eigenlijk alleen nog maar aan bij een exclusief en modern bankiershuis zoals Theodoor Gilissen bankiers.



Een vruchtenhouten en albasten Empire pedule, Zuid-Duits, gesigeneerd Gebrüder Bellerman in Würzburg, circa 1820.  
Collectie von Thurn und Taxis, Richtprijs Dfl. 1.200-1.700. In veiling: 8 oktober 1997

KLOKKEN EN HORLOGES  
waarbij de collectie van  
Prins Max Emanuel von Thurn und Taxis  
afkomstig uit Slot Bullachberg, Beieren  
Veiling: 8 oktober 1997

**SOTHEBY'S**  
FOUNDED 1744

INBRENG VOOR DE VEILING VAN 8 OKTOBER IS DAGELIJKS MOGELIJK TOT MEDIO JULI 1997,  
tijdens kantooruren van 9.00 tot 17.00 uur.

VOOR INFORMATIE KUNT U CONTACT OPNEMEN MET DRS. HERBERT VAN MIERLO OF  
RONNY WOOTER, TEL. 020-550 22 32.

Sotheby's Amsterdam,  
Rokin 102, 1012 KZ Amsterdam.  
Telefoon: (020) 550 22 00  
Telefax: (020) 550 22 40

THE WORLD'S LEADING FINE ART AUCTION HOUSE