



Foto: H. v.d. Laan

De horizontale zonnwijzer te Eenrum

53° 22' N.B. 6° 27' O.L.

door:

Drs. H. v.d. Laan

Alle rechten voorbehouden.

Zonnewijzers deel I

Inleiding

Een zonnewijzer is een instrument om op een eenvoudige wijze de tijd aan te geven. Het is onze oudste klok. Maar als je nu op de zonnewijzer de tijd afleest en je vergelijkt die met de tijd die je horloge aangeeft, dan blijken deze tijden te verschillen.

Wat voor tijd geeft de zonnewijzer eigenlijk aan? En waardoor komt dat verschil met onze horloges?

Om hier een antwoord op te geven, starten we onze uitleg met eerst iets te zeggen over de aarde aan de hand van een globe.

De globe, een model van de aarde



Plaatsbepaling

De aarde wordt door de evenaar verdeeld in een noordelijk halfrond en een zuidelijk halfrond. Wij wonen op het noordelijk halfrond. Evenwijdig aan de evenaar kun je (denkbeeldige) cirkels trekken om de aarde. Dit zijn de parallellen of breedtegraden. Je kunt dus van elke plaats op aarde aangeven op welke breedtegraad zij ligt. De Noordpool ligt op 90 graden N.B. en de Zuidpool op 90 graden Z.B. Zo ligt Eenrum op 53° en 22' N.B. (53 graden en 22 minuten noorderbreedte; 1 graad = 60 minuten)

Andere belangrijke breedtegraden zijn de Kreeftskeerkring, 23,5° N.B., en de Steenbokskeerkring, 23,5° Z.B.

Op een globe zie je ook lijnen lopen over de beide polen. Dit zijn de meridianen. De nulmeridiaan loopt over het Engelse plaatsje Greenwich nabij Londen. Deze meridiaan verdeelt de aarde in een oostelijk en een westelijk halfrond.*

Amsterdam ligt ten oosten van deze lijn en dus op het oostelijk halfrond, en New York ten westen ervan, dus op het westelijk halfrond. Zo ligt Eenrum op 6° en 27' O.L. (6 graden en 27 minuten oosterlengte).

We kunnen nu van elke plaats precies aangeven waar zij ligt. Eenrum ligt op 53° 22' N.B. en 6° 27' O.L. Dit zijn coördinaten waar ook de navigatie mee werkt.

*Opmerking: In veel vakgebieden is de grens tussen westelijk en oostelijk halfrond niet de nulmeridiaan, maar die van 20 graden west. Daardoor liggen Europa en Afrika in hun geheel op het oostelijk halfrond.

Verder weten we dat de aarde is verdeeld in 24 uurzones. Midden door elke uurzone loopt een meridiaan. Links en rechts van deze meridiaan wijzen de uurwerken dezelfde tijd aan. Ze liggen rond de meridianen 0° , 15° , 30° ... t/m 165° O.L., en 15° , 30° ... t/m 165° W.L. en 180° O.L. /W.L.

Als je naar het oosten reist is het daar later dan bij ons, en ga je naar het westen, dan is het vroeger. Bijvoorbeeld: Moskou 14 u, Eenrum 12 u, Londen 11 u, New York 6 u. De klokkentijd is een tijd die men met elkaar heeft afgesproken en is afgeleid van de middelbare (= gemiddelde) zonnetijd voor de meridiaan van Greenwich, de G.M.T. Onze uurwerken lopen heel nauwkeurig.

Beweging van de aarde om haar as

De aarde draait in 24 uur **om haar as** van west naar oost, waarbij steeds een deel van de aarde naar de zon gekeerd is en door de zon wordt beschenen. Het andere deel ligt in het donker. Door de draaiing van de aarde om haar as ontstaan dus dag en nacht.

Het lijkt echter alsof de zon om de aarde draait. We zien de zon in het oosten opkomen aan de horizon, naar haar hoogste stand aan de hemel klimmen, en ondergaan aan de westelijke horizon. Als hij precies in het zuiden staat, staat hij het hoogst.

De aarde als onderdeel van ons zonnestelsel

De aarde beschrijft een baan om de zon

Zij draait, evenals de andere planeten, in een baan om de zon. Zij doet er een jaar over. De baan die zij beschrijft, is geen cirkel maar een ellips, waarbij de zon in een van beide brandpunten staat. Rond 3 januari staat de aarde in haar baan het dichtst bij de zon: op zo'n 147 miljoen km. Dit punt heet het perihelium. De snelheid waarmee de aarde dan in haar baan beweegt is zo'n **30,2 km per seconde!**

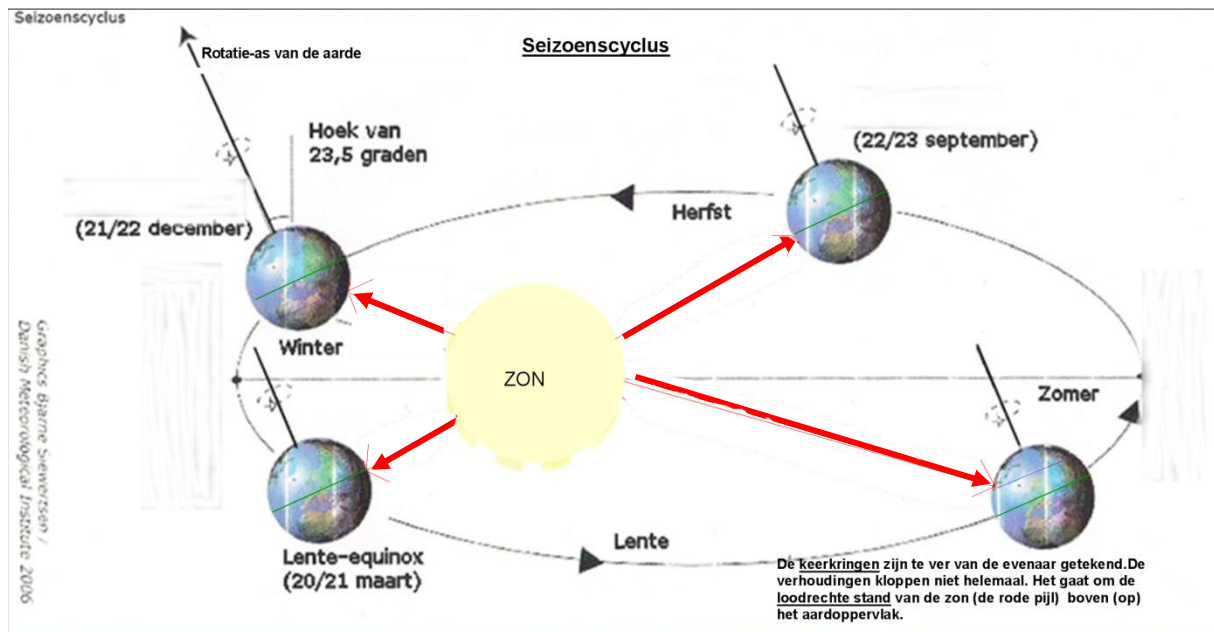
Rond 4 juli is de aarde het verst van de zon verwijderd. De afstand is dan zo'n 152 miljoen km. Dit punt noemt men het aphelium. De snelheid van de aarde in haar baan bedraagt dan zo'n **29,2 km per seconde!**

Van deze snelheden merken we (gelukkig) niets.

We zien dus dat de baansnelheid van de aarde afneemt wanneer ze van de zon af beweegt, en toeneemt als ze naar de zon toe beweegt.

Er is nog iets waar we even bij moeten stilstaan. De aardas door de globe **wijst** 'schuin naar boven'. Hij hoort naar het noorden, ongeveer naar de poolster te wijzen.* Bij heldere sterrenhemel kunnen we zo ook 's nachts gemakkelijk het noorden vinden.

*Opmerking: In de diameter van de cirkel die de poolster dagelijks rond de hemelpool beschrijft passen drie volle manen.



Figuur 1

Bron: KNMI; bewerkt

De seizoenen

In figuur 1 zie je, dat de aardas schuin op het baanvlak van de aarde staat.

Het baanvlak van de aarde - alle punten waar de aarde staat als zij rond de zon beweegt liggen in één vlak - en het vlak van de evenaar maken een hoek van $23,5^\circ$.

Hierdoor ontstaan de seizoenen: lente-zomer-herfst-winter.

Als de aarde in haar baan om de zon het verst van de zon is verwijderd, is het noordelijk halfrond naar de zon gekeerd. Een half jaar later is het precies andersom.

Op de globe kunnen we een en ander ook aangeven. Is het noordelijk halfrond maximaal naar de zon gekeerd, dan staat de zon loodrecht boven de Kreeftskeerkring ($23,5^\circ$ N.B.). Dan begint de zomer op het noordelijk halfrond: na de langste dag gaan de dagen juist weer korten. Is het zuidelijk halfrond het meest naar de zon gekeerd dan staat de zon loodrecht boven de Steenbokskeerkring ($23,5^\circ$ Z.B.). Het is het begin van de winter op het noordelijk halfrond: na de kortste dag gaan de dagen weer lengen. De zon beweegt zich tussen de keerkringen.

Als je kijkt naar de geschiedenis van de kalender, dan blijkt dat men grote moeite heeft gehad om de kalender zo te maken dat de seizoenen steeds op ongeveer dezelfde datum begonnen. In oktober 1582 was er een correctie: er werden tien dagen overgesprongen: na 4 oktober kwam 15 oktober (Paus Gregorius XIII). 21 maart viel daarna weer op de dag dat de zon boven de evenaar stond.

Ook onze klokkentijd is afgeleid van deze stand van de zon.

De horizontale zonnwijzer

Deze noemen we zo omdat we de tijd aflezen op een horizontaal vlak.

Beschrijving van de monumentale horizontale zonnwijzer van Eenrum

Buiten de ronde bak zien we aan de zuidkant een paal met bol (waaronder een soort 'kijkertje'). Dit is de schaduwgever of gnomon (Grieks: 'onderscheider'). De gnomon staat loodrecht op de 'grond.'

We gebruiken het woord bak, omdat hij ooit dienstdeed als zandbak voor de kleuters, toen aan de overzijde de kleuterschool en de lagere school onder één dak gevestigd waren.

Op de rand van de ronde bak aan de noordkant staan zes betonblokjes op grotere betonblokken, liggend aan het einde van in lijnen gelegde stenen in de bak. Elk blok heeft een Romeins cijfer; van links naar rechts IX, X, XI, XII, I, II.

De Romeinse cijfers duiden de uurlijnen aan van de plaatselijke ware zonnetijd. Dit is gebruikelijk. Zie figuur 2.

Het lijkt een vreemde formulering, maar is dit allerm minst. De plaatselijke ware zonnetijd is de tijd die wordt aangegeven door de schaduw van de ware = echte zon. De zonnetijd geldt op de plaats waar de zonnwijzer staat (Eenrum).

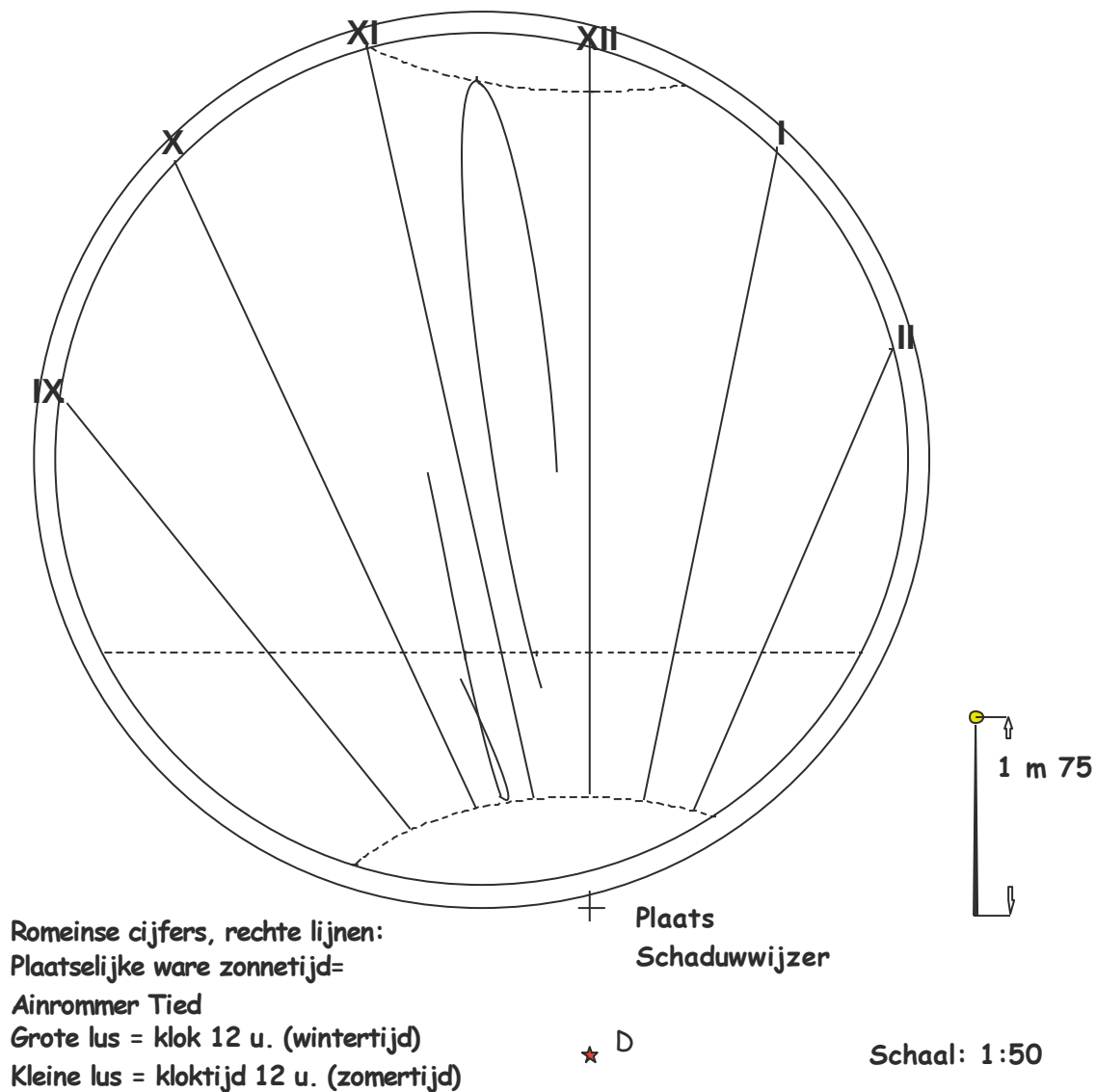
Dit is niet de tijd op onze uurwerken!

Verder zien we in de bak in steen gelegd twee uit elkaar geschoven lussen met aanduidingen van het begin van de maanden erbij. Zij liggen ten westen van de XII-uurlijn. Er is ook een 'lijntje' gelegd evenwijdig aan de evenaar. Zie hier de Eenrumer horizontale zonnwijzer: een gnomon, zes uurlijnen en twee uit elkaar geschoven lussen met de aanduidingen van de twaalf maanden erbij.

Eén klein, maar belangrijk detail hebben we nog niet vermeld en zal de bezoeker niet gemakkelijk vinden: buiten de ronde bak, in het trottoir 'iets' ten zuiden van de schaduwgever, ligt een tegel waarin een sterretje is geslepen.



Foto: H. v.d. Laan



Plattegrond horizontale zonnwijzer Ø 8 meter Eenrum Gr.

Figuur 2

Materiaal Historische Kring Eenrum, juli 2002

Nu wordt het tijd voor waarnemingen, maar dan moet de zon eigenlijk wel schijnen. Zo niet, dan roepen we ons voorstellingsvermogen te hulp.

De XII-uurlijn, een stukje meridiaan

Zoals we inmiddels weten, kunnen we over elk punt op de aarde en de polen een denkbeeldige lijn trekken. We trekken die lijn over de paal en de schaduwgever (gnomon) van de zonnwijzer. Deze lijn is een meridiaan en loopt exact noord-zuid. Het is de meridiaan van $6^{\circ} 27'$ O.L. We zien dat op deze lijn het sterretje, de paal (gnomon) en de XII-uurlijn en het blokje met XII liggen. De XII-uurlijn is dus een stukje van de meridiaan! We kunnen deze lijn in onze gedachten ook

langs de hemelbol doortrekken. Hij loopt dan hoog boven het sterretje, de paal en de XII-uurlijn, door het hoogste punt aan de hemel (zenit) en over de poolster ('s nachts te zien).

Op zeker moment staat de zon ook op deze meridiaan die we in gedachten langs de hemelbol hebben getrokken. We weten dan dat hij precies in het zuiden en op zijn hoogste punt staat. Het is dan midden op de dag, mid-dag.

In werkelijkheid draait de aarde om haar as van west naar oost, en op zeker moment is de meridiaan van $6^{\circ} 27' \text{O.L.}$ waarop 'Eenrum' ligt precies naar het midden van de zon gekeerd (denk aan de globe uit de inleiding). De aarde draait verder om haar as, en we zien de zon dan dalen.

De schaduw van de schaduwgever (gnomon) is nu het kortst en valt op uurlijn XII. Het is dan 12 uur plaatselijke ware (=echte) zonnetijd of 12 uur **Ainrommer tied**.

Op onze horloges wordt op dat moment een andere tijd aangegeven. Ware zonnetijd is een andere tijd dan klokkentijd.

Elke mid-dag zal de bolschaduw ergens op deze lijn vallen.

De meridiaan $6^{\circ} 27'$ over de aarde is dan precies naar het midden van de zon gedraaid.

Het is nu de kunst om de uurlijnen IX, X, XI, XII, I en II op gelijke tijdsafstanden van elkaar te krijgen.

Wanneer **de bol** van de schaduwgever nu op de lijn van X valt is het 10 uur plaatselijke ware zonnetijd of kortweg 10 uur Ainrommer tied.

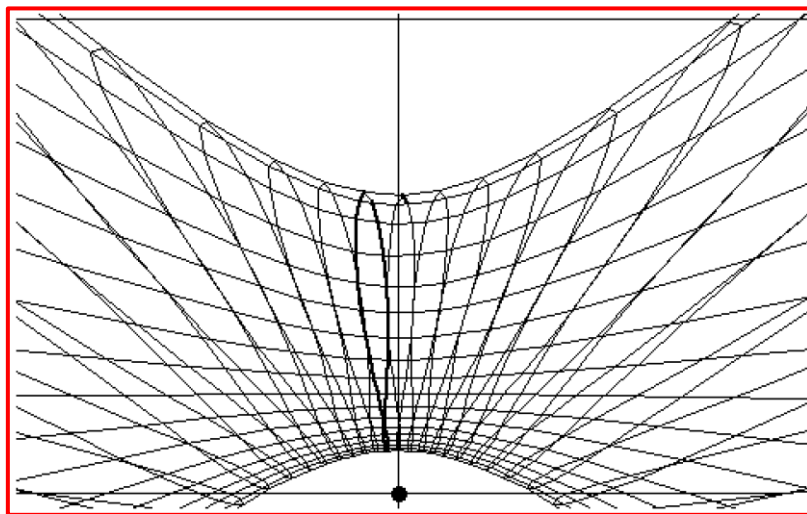
Je moet **niet** de schaduwlijn van de gnomon in gedachten doortrekken om de tijd te vinden, maar kijken waar de bolschaduw valt: op welke uurlijn, of tussen welke twee uurlijnen in.

Een zonnewijzer geeft dus steeds de plaatselijke ware zonnetijd aan.

Een bak vol bolschaduwen

Wanneer de zon elke dag precies dezelfde baan langs de hemelbol zou volgen en we zouden elke tien minuten de bolschaduw in de bak markeren, dan zouden we slechts één stippellijn zien. Maar elke dag en nacht legt de aarde ook een stukje van haar baan af en schuift de zon een beetje op bijvoorbeeld richting de Kreeftskeerkring. Elke dag komt dan de zon op het midden van de dag een stukje hoger aan de hemel te staan. De schaduw wordt korter en de bolschaduw valt weer iets dichterbij de gnomon. Er ontstaat een nieuwe kromme stippellijn van bolschaduwen. Dit gaat zo door tot de zon op zekere dag zijn allerhoogste stand bereikt. De zon staat dan loodrecht boven de Kreeftskeerkring. De langste dag op het noordelijk halfrond; de zomer begint, het is rond 21 juni.

De dagen daarna zullen de schaduwen steeds een beetje langer worden, tot de zon zijn laagste stand op de mid-dag bereikt. De schaduwen zijn dan natuurlijk het langst en de bolschaduw ligt dan om XII uur het verst verwijderd van de schaduwgever. De zon staat dan loodrecht boven de Steenbokskeerkring. Het is de kortste dag op het noordelijk halfrond; de winter begint, het is rond 21 december. De bak ligt inmiddels vol met (kromme stippellijnen van) bolschaduwen... Zie fig. 3.



Figuur 3

Schaduwen

Lente- en herfstbegin

Als de zon in het voorjaar loodrecht boven de evenaar staat (de evenaar passeert) rond 21 maart dan zijn dag en nacht even lang (equinoxen). De zon komt dan precies op in het oosten en gaat precies in het westen onder. Op de mid-dag valt de bolschaduw ergens tussen kortste en langste schaduw in. En alle andere bolschaduwen van die dag maken een rechte stippellijn!



Beide foto's zijn genomen op 22 sept. 2010

Foto's: H. v.d. Laan

Deze lijn staat haaks op de XII-uurlijn. Rond 22/23 september passeert de zon de evenaar weer, op weg naar het zuidelijk halfrond. Ook dan is de bolschaduwlijn een rechte lijn die west-oost loopt. Natuurlijk valt die lijn samen met de lijn van 21 maart.

Deze lijn is op de zonnewijzer te zien als EVENAAR. Wanneer de schaduwen op deze lijn vallen staat de zon loodrecht boven de evenaar (= de breedtegraad of parallel van 0°).

Uit het verhaal van de bolschaduwten wordt duidelijk dat we ook de maanden en dagen zouden kunnen aangeven op de zonnewijzer.

Hoe hoog komt de zon eigenlijk in Eenrum?

Op 0° N.B. staat hij rond 21 maart en 22 september loodrecht boven de evenaar. (een hoek van 90° met het horizontale vlak ter plaatse).

Eenrum ligt op $53^\circ 22'$ N.B. De zon staat dan in Eenrum op die dagen op $90^\circ - 53^\circ 22' = 36^\circ 38'$

Op 21 juni staat hij op $36^\circ 38' + 23^\circ 30' = 60^\circ 8'$, en rond 21 december op $36^\circ 38' - 23^\circ 30' = 13^\circ 8'$.

De lengte van de schaduwen hangt dus af van de breedtegraad waarop de zonnewijzer ligt.

We hebben nu de vraag beantwoord welke tijd de zonnewijzer aangeeft: het is de plaatselijke ware zonnetijd, aangeduid met Romeinse cijfers. Ook aangeduid als Ainrommer Tied. Zo is er ook een Grunneger Tied, Amsterdamse tijd. Elke plaats had vroeger zijn eigen plaatselijke of regionale tijd.

Op 1 mei 1909 ging de wettelijke tijd in: de Amsterdamse tijd gold toen voor heel Nederland. Zij was afgeleid van de meridiaan over de Westertoren in Amsterdam.

Klokkentijd

Onze klokkentijd is zonetijd.

De aarde is verdeeld in 24 tijdzones.

De evenaar en breedtegraden zijn cirkels. Een cirkel is 360° . Elke tijdzone is 15° (360 gedeeld door 24) en loopt van pool tot pool. Zo krijg je dus 24 uurzones.

Over 15° doet de zon 60 minuten. Over 1° dus 4 minuten

Het midden van de 0 uur-zone, de nulmeridiaan, ligt precies over de sterrenwacht in Greenwich.



Kaart 1

Het midden van de +1-uurzone is de meridiaan van 15° ten oosten van Greenwich, 15° O.L. (oosterlengte). Hiertoe behoren de landen van West-Europa. Nederland is hierbij ook ingedeeld uit praktische overwegingen. Het is de zone van de Midden-Europese Tijd.

Onze klokkentijd is gelijk aan de middelbare zonnetijd en ongeveer gelijk aan de plaatselijke ware zonnetijd van plaatsen die precies op 15° O.L. liggen, zoals bijv. het Duitse Görlitz.

Tijdsverschil zonnwijzer en klok.

Deel 1 van het tijdsverschil.

Als de zon in Görlitz zijn hoogste punt bereikt op 25 december dan is het XII uur op een zonnwijzer aldaar en 12 uur op de klok. Ook in Eenrum (op $6^\circ 27'$ O.L.) is het dan 12 uur op de klok, en het soepenbrikklokje luidt.

Het duurt dan echter nog 34 minuten en 12 seconden totdat de zon in Eenrum op zijn hoogste punt in het zuiden staat.

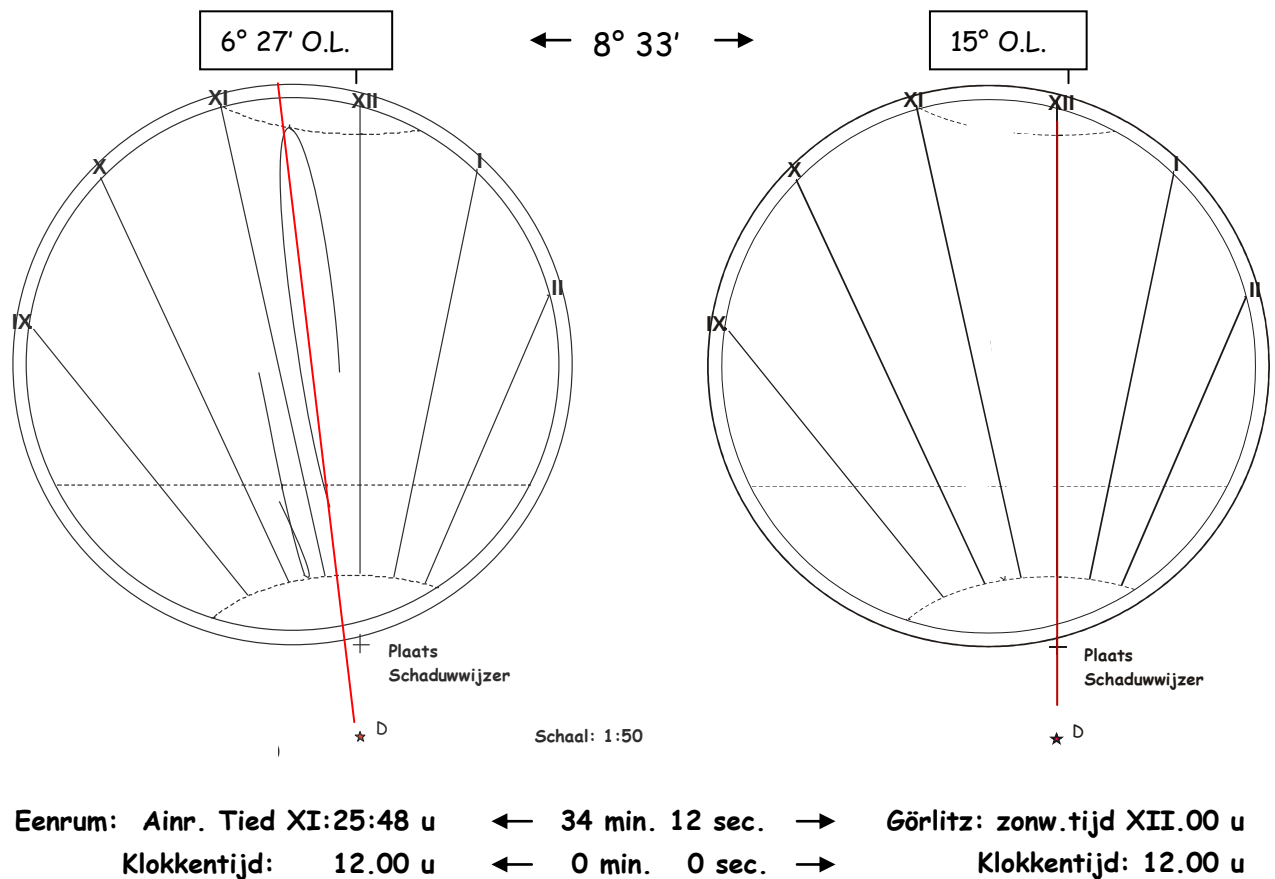
$15^\circ - 6^\circ 27' = 8^\circ 33'$ De aarde moet nog $8^\circ 33'$ draaien voor de zon in het zuiden staat in Eenrum. Hier doet de zon 8×4 minuten + $33/60 \times 4$ minuten = $34'$ en $12''$, 34 minuten en 12 seconden over. Je moet deze lijn dus 34 min. en 12 sec. 'terugschuiven.' Het is immers vroeger in Eenrum dan in Görlitz. Eenrum ligt ten westen van Görlitz.

De lijn van XI u, 25 minuten en 48 seconden op de zonnewijzer in Eenrum geeft aan wanneer het XII u in Görlitz en 12 uur op de klok is.

Je kunt ook zeggen: wijst de zonnewijzer te Eenrum XII uur aan, dan is het op 25 december op de klok 4 minuten en 12 seconden over half een.

Dit is het vaste tijdsverschil voor Eenrum tussen klok en zonnewijzer: 34 minuten en 12 seconden. Eenrum ligt 8° en $33'$ westelijk van de 15° lijn. In Eenrum is het altijd later op de klok dan op de zonnewijzer.

Maar er is nog iets waar we rekening mee moeten houden.



Figuur 4

Deel 2 van het tijdsverschil.

De Midden-Europese Tijd (M.E.T.) is de middelbare zonnetijd op 15° O.L.

Waar slaat dat middelbare op?

We maken een proefopstelling in Görlitz op de meridiaan van 15° :

We nemen een precisie-uurwerk, zetten dat op twaalf uur en we starten dit uurwerk op 25 december als de schaduw van de zon op de XII-uurlijn van de zonnewijzer op 15° O.L. valt.

We vergelijken de zonnewijzer een jaar lang elke dag met dit uurwerk wanneer dit 12 slaat.

We zullen zien dat de zon 'achter,' 'gelijk' en 'voor' gaat lopen.

We geven de data van de maximale en minimale verschillen weer: (2002)

12 feb	zon achter	-14 min, 20 sec
15 apr	gelijk	
15 mei	zon voor	+ 3 min, 44 sec
14 juni	gelijk	
26 juli	zon achter	-6 min, 25 sec
1 sept	gelijk	
3 nov	zon voor	+16 min, 23 sec
25 dec	gelijk	

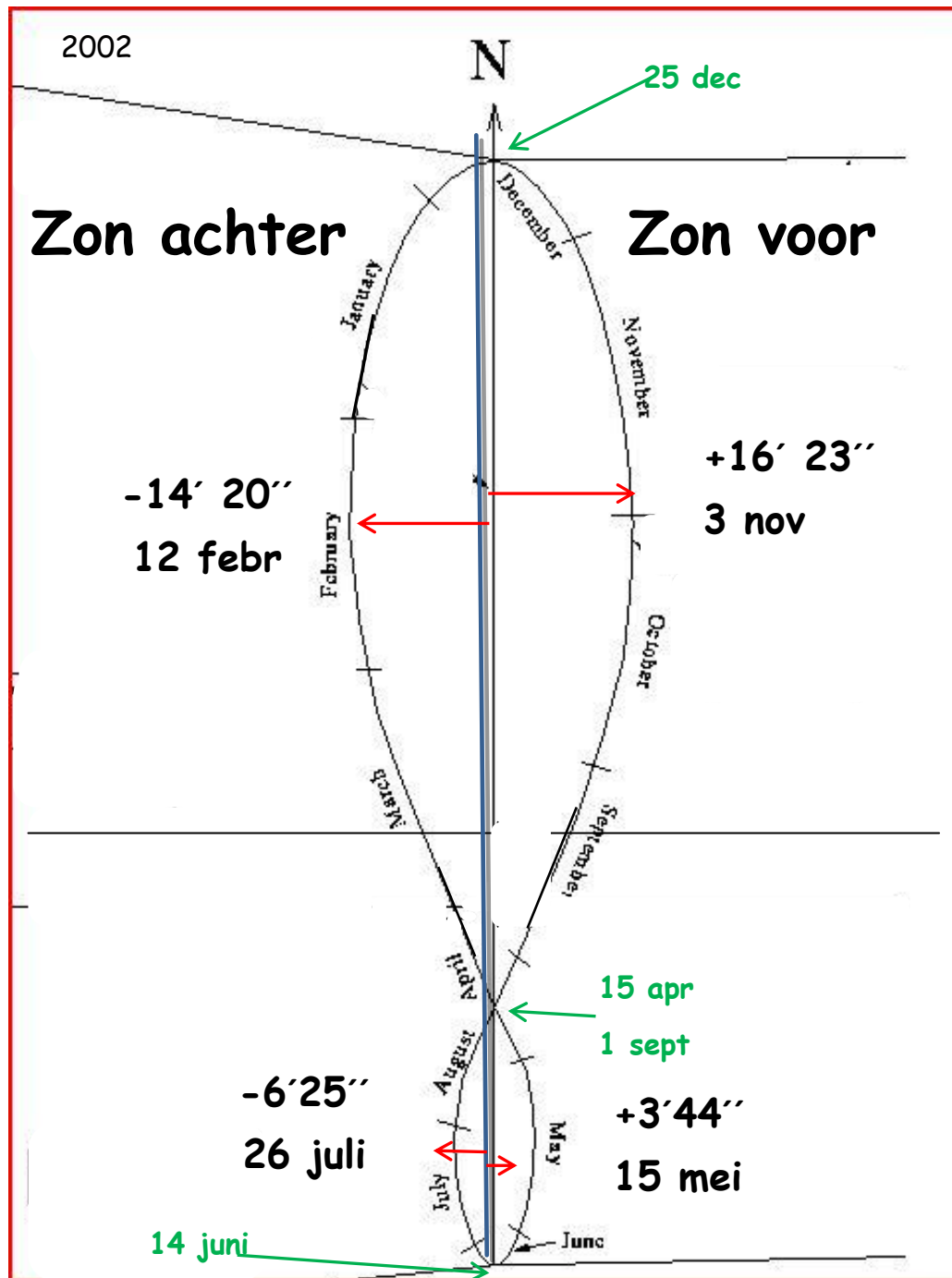
Tabel 1

Op maar vier datums lopen zon en klok gelijk. Een klok geeft dus vrijwel nooit de ware zonnetijd aan, zij geeft een 'gemiddelde tijd'. Logisch, want een uurwerk loopt regelmatig: alle minuten en uren zijn gelijk. Klokkentijd noemt men daarom de plaatselijke middelbare zonnetijd. Middelbare betekent hier dus gemiddelde. Na een jaar klopt het weer (op 25 december).

Tabel 1 leert ons: klokkentijd = de ware zonnetijd min iets of plus iets.

Als je nu elke dag als het uurwerk van onze proefopstelling 12 uur aangeeft, de bolschaduw van de zon markeert op het horizontale vlak van de zonnewijzer krijg je de vorm van een uitgerekte acht. Zet bij het begin van elke maand ook even een extra streepje.

De afwijkingen van de plaatselijke ware zonnetijd van de klokkentijd van de tijdzone zijn zichtbaar gemaakt; zie figuur 5.



Figuur 5

Dit tweede tijdsverschil is lastiger: het loopt van ruim 14 minuten achter rond 12 februari tot ruim 16 minuten voor rond 3 november. Het is elke dag een ander verschil. De uitgerekte 8 is de tijdvereffening (=tijdsverschil) tussen ware en middelbare zonnetijd (klokrentijd). Zij wordt ook wel analemma genoemd. Als men een verband wil leggen tussen klokrentijd en de Ainrommer tied moet men de tijdvereffening ook zichtbaar maken op de zonnewijzer. Om de 12 uur op onze uurwerken aan de stand van de zon te koppelen, moeten we de uitgerekte acht op de lijn XI u, 25 minuten en 48 sec. leggen. Tijdens de zomertijd verschuift een stuk van de 'acht' naar de lijn X u, 25 min en 48 sec. (We hebben dan de plaatselijke middelbare zonnetijd van 30° O.L.) De lussen van de 8 - de tijdvereffening - zijn te zien op de zonnewijzer.



We kunnen nu dus vaststellen wat het tijdsverschil van de zonnwijzer te Eenrum met de klok is.

Wintertijd:

34 minuten en 12 seconden

plus iets (maximaal ruim 14 minuten) of min iets (maximaal ruim 16 minuten). Kijk even op de lus bij de juiste maand om een inschatting te maken.

Zomertijd:

94 minuten en 12 seconden

plus iets (maximaal ruim 6 minuten) of min iets (maximaal ruim 16 minuten). Kijk even op de lus bij de juiste maand om een inschatting te maken.

Het is in Eenrum altijd later op de klok dan op de zonnwijzer.

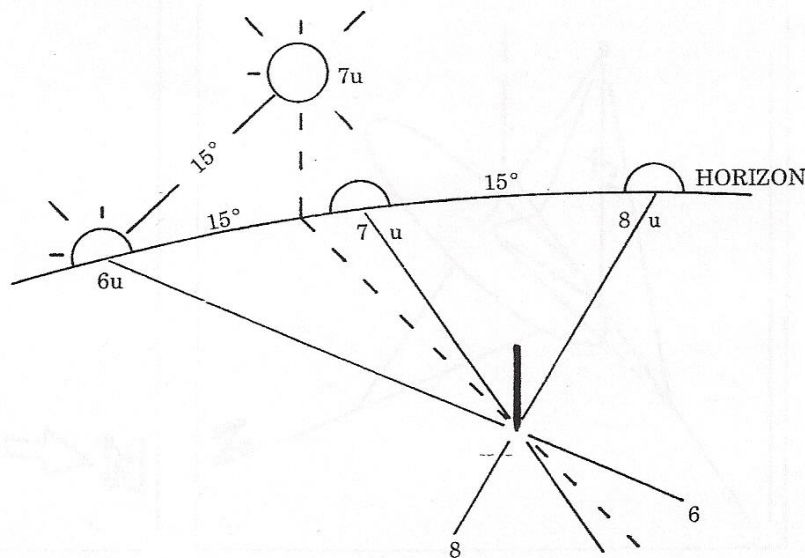
Valt de bolschaduw op de lus waar de huidige maand op ligt, dan is het 12 uur en luidt het soepenbrikklokje.



Foto's: H. v.d. Laan

Uren op gelijke tijdsafstanden

Op een uurwerk is dat geen probleem, maar op een horizontale zonnwijzer wel. De zon draait schijnbaar om de aarde, om de aardas. (En niet om de paal, de gnomon).



De juiste uurlijn is de stippellijn!

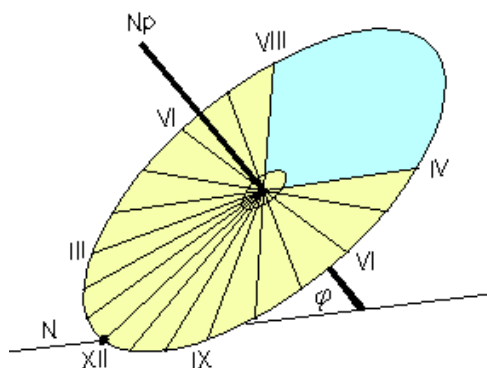
De schaduwlijn loopt dus langzamer dan de zon bij het opstijgen en dalen.

Na één uur schijnen is het hier 7 uur geworden, maar op de horizontale schaal heeft de schaduw het cijfer 7 nog niet bereikt vanwege het opstijgen der zon.

Figuur 6

De aardas hebben we nog niet zichtbaar gemaakt. Als we door het kijkertje onder de bol op de schaduwgever kijken, kijken we langs de aardas. In Eenrum bevinden we ons op $53^{\circ} 22'$ N.B. Een lijn die deze hoek maakt met het horizontale vlak wijst naar de poolster, gelijk de aardas. Wanneer je nu een stijl zet tussen het kruisje op de tegel en het midden van de bol van de gnomon, ontstaat er een hoek van $53^{\circ} 22'$ tussen horizontaal vlak en stijl. De stijl wijst naar de poolster.

Om deze stijl lijkt de zon te draaien. We maken nu een los zonnwijzertje, een cirkel van karton. De poolstijl wordt de as. Op deze zonnwijzer legt de zon, c.q. de schaduw elk uur 15° graden van zijn baan af. We kunnen dus de uurlijnen om de 15° tekenen. Bij de lijn die naar beneden loopt zetten we XII en elke volgende uurlijn leiden we hiervan af.



Figuur 7

De Griekse letter φ (phi) = breedtegraad

Iedere keer als de schaduw van de stijl over een lijn (straal) valt, is er een uur zonnetijd verstreken. In de bak kan dan de bolschaduw steeds om het uur gemarkeerd worden. Trek de lijn sterretje-bolschaduw door naar de rand van de bak en men heeft weer een uurlijn. De uurlijnen komen dus samen in het punt waar de poolstijl zich opricht.

In de praktijk berekent men de uurlijnen. Trouwens, de stijl heet de poolstijl.

Tot zover de beschrijving van de horizontale zonnwijzer van Eenrum.

In deel 2 gaan we dieper op de materie in.

We geven nog enige bijzonderheden over deze unieke zonnwijzer.

Eens zou er een muziekkoepeel verrijzen, maar verder dan het fundament is het niet gekomen. Het werd een zandbak voor de Lagere School. De doorsnee bedraagt 8 meter. De lengte van de schaduwgever (tot het midden van de bol) is 1 meter 75. Op de blokken op de rand van de bak staat aan de achterzijde aanvullende informatie. De zonnwijzer zegt:

**De Tijd dreunend als een gong
vult zich tot
over de rand.**

Het is een initiatief van de Historische Kring Eenrum (juni 1998).

Op 21 juni 2002 werd de zonnwijzer in gebruik genomen.

Ze is ontworpen door Drs. L.E.H. Roebroeck te Haren.

De bouw geschiedde door vrijwilligers onder leiding van de Historische Kring Eenrum. De lussen en andere afbeeldingen in de bestrating en de schaduwgever zijn vervaardigd door Wybe Westra, oud-Eenrumer en lid van de Historische Kring.

De lussen zijn berekend door Drs. F.J. de Vries te Eindhoven, secretaris van de Zonnwijzerkring Nederland.

Voor wat hand- en spandiensten kon een beroep gedaan worden op de buitendienst van de gemeente De Marne.

De heer Westra deed me het volgende verhaal:

Roebroeck en hij hadden bij een kartonnagefabriek speciaal een rol karton besteld. Dit karton werd gebruikt om het horizontale vlak van de Eenrumer zonnwijzer exact op maat te tekenen, doorsnede 8 meter. Ze deden dit in de kamer bij de Roebroecks. In de maten werd ook rekening gehouden met het afschot.

Zonnewijzers deel II

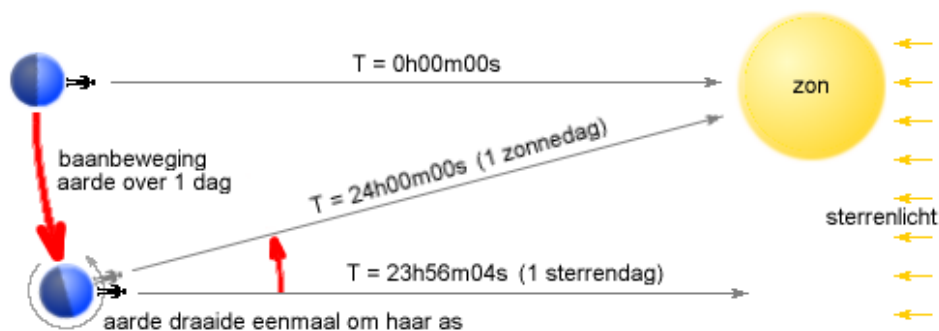
Deel I maakte duidelijk dat de plaatselijke ware zonnetijd een 'onregelmatig' verloop lijkt te hebben. De lussen laten zien wat sowieso het tijdsverschil is tussen uurwerk en zonnewijzer.

Waardoor ontstaat die achtvormige lus? Waardoor komt het dat de ware zonnetijd en de (regelmatige) klokkentijd zo veelvuldig van elkaar verschillen? Als je corrigeert voor het 'lengteverschil' (tussen 15° O.L. en $6^\circ 27'$ O.L.) dan zou je zeggen dat zonnetijd en klokkentijd toch aan elkaar gelinkt zijn?

We kijken nog even heel precies naar Tabel 1 en de lussen in figuur 4 en zien dan dat de 8 niet symmetrisch is. De linker en rechter 'buikkanten' zijn een beetje ongelijk. De uurlijn van XI uur, 25 minuten en 48 seconden loopt niet midden door de acht (M.E.T.). Zie figuur 4 en 5.

Onder welke conditie zou er geen verschil zijn tussen zonnetijd en klokkentijd?

De baan van de aarde als een cirkel om de zon?



Figuur 8

De aarde draait om haar as in 24 uur: dag 1 om 12 uur staat de zon in het zuiden. De aarde beweegt ook in haar baan om de zon: op dag 2 staat de zon op de plaats die het rode pijltje aanduidt. Als de zon weer in het zuiden staat heeft de aarde iets meer dan één omwenteling gemaakt. De klok geeft ook 12 uur aan. Als de baan van de aarde om de zon een cirkel was en de aardas loodrecht op het baanvlak stond, dan zou de zon elke dag precies om dezelfde tijd op zijn hoogste punt aan de hemel staan. Hij zou dan zeer regelmatig - als een uurwerk - 'lopen'.

De baansnelheid is veranderlijk. Zie ook p. 3.

Tijdvereffeningslussen

De oorzaken zijn:

1. De ellipsvormige baan van de aarde om de zon
2. De aardas staat niet loodrecht op het vlak van de aardbaan om de zon.

Hierdoor ontstaan de seizoenen.

We nemen vanaf de aarde twee bewegingen van de zon t.o.v. de aarde waar. De zon schuift op de ecliptica een beetje naar het oosten en hij klimt (de zon komt hoger te staan) of daalt ten opzichte van het vlak van de evenaar van de aarde en de hemel. Als hij snel klimt of daalt, zal de zon minder afstand geprojecteerd op het evenaarsvlak afleggen en zal hij dus vroeger door het zuiden gaan: hij gaat inhalen of voorlopen t.o.v. de klok. Zie figuur 12 en 13 om een idee te krijgen van de twee vlakken waarin de bewegingen plaatsvinden.

3. De hoek tussen de apsiden (= de lijn tussen de punten waar de aarde het dichtst bij de zon staat resp. het verst van de zon verwijderd is) en de knopenlijn tussen lentepunt en herfstpunt is geen 90° .

De ellipsvormige baan van de aarde om de zon

Het heeft eeuwen geduurd voor algemeen geaccepteerd was dat de aarde om de zon draait.

In de Grieks-Romeinse oudheid en de M.E. ging men ervan uit dat de aarde een bol was waaromheen op verschillende afstanden de andere hemellichamen draaiden. Overdag was er een zon die om de stilstaande aarde, het centrum van de kosmos, draaide. Dit is het geocentrisch wereldbeeld.

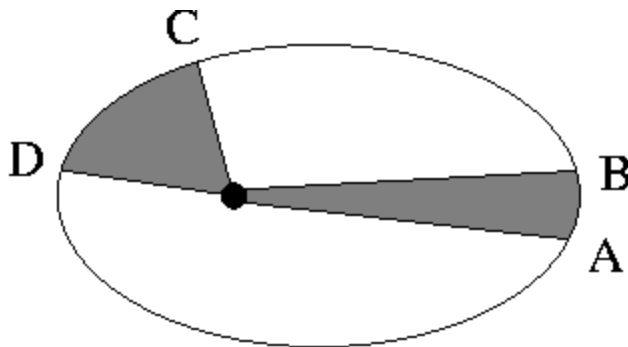
Dit wereldbeeld werd opgevolgd door het heliocentrisch beeld: de aarde en de hemellichamen draaien (in cirkelvormige banen) om de zon, centrum van de kosmos.

Heden gaan de wetenschappers uit van de 'oerknal' en van een uitdijend heelal, waarin alle hemellichamen in beweging zijn. We zullen ons beperken tot die zaken die relevant zijn voor de bespreking van de zonnewijzer.

De perkenwet van Kepler

De Deen Tycho Brahe heeft in zijn tijd zeer veel astronomische waarnemingen gedaan en deze nauwkeurig vastgelegd. Deze waarnemingen vormen mede de basis van de 'wetten' die de Duitse astronoom Kepler (1571-1630) formuleerde.

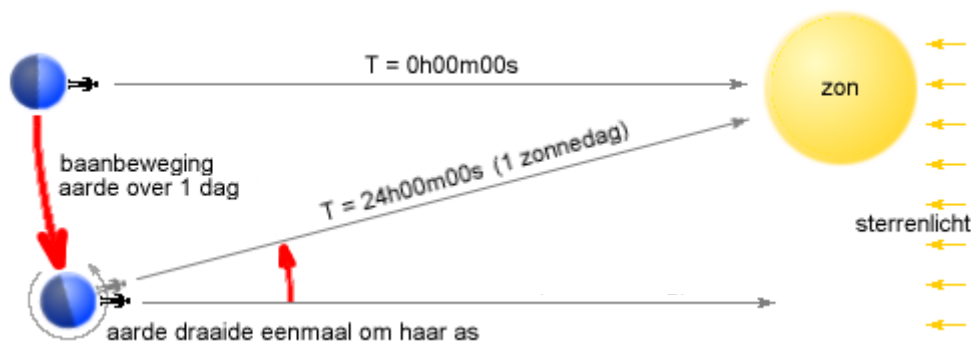
1. De planeten hebben geen cirkelvormige banen maar beschrijven ellipsvormige banen met de zon in een van de twee brandpunten.
2. De voerstraal beschrijft in gelijke tijden gelijke oppervlakken (perken). De volgende figuur verduidelijkt dit.



Figuur 9

De voerstraal is de rechte lijn tussen de zon en de planeet aarde. In deze figuur zijn vier plaatsen getekend, waar de aarde zich in de omloop bevond. Er zijn hier vier voerstraal te zien. Het 'perk' binnen de voerstraal A en B heeft dezelfde oppervlakte als het perk tussen de voerstraal C en D. Kepler ontdekte dat een planeet (de aarde in dit geval) die in dezelfde tijd aflegt. Over A-B doet de aarde even lang als over C-D. De snelheid waarmee de aarde een baan om de zon maakt, is dus niet constant, maar verandert. In het getoonde voorbeeld is de gemiddelde snelheid van de planeet in het interval AB dus kleiner dan in het interval CD. Deze wet staat bekend als de perkenwet.

Bekijken we nu de volgende afbeelding nog eens:



Figuur 10

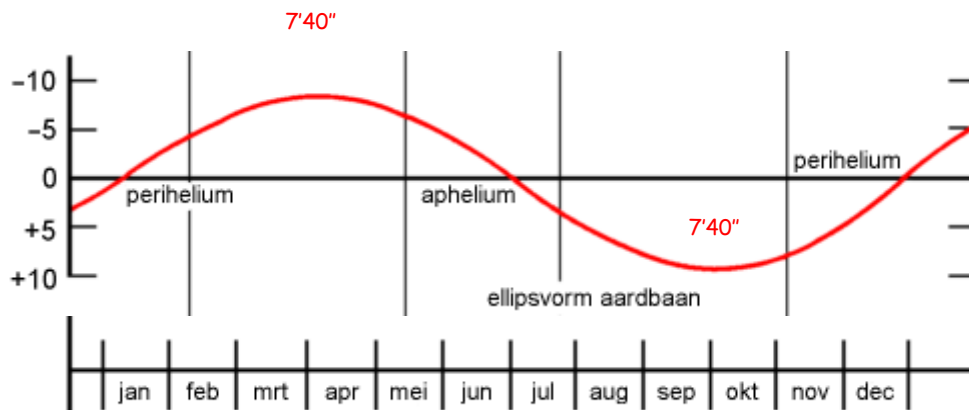
We zien dan dat de aarde iets meer dan één omwenteling maakt voordat de zon weer in het hoogste punt staat (culmineert), voordat het weer mid-dag is.

De aarde maakt immers ook een baanbeweging, terwijl ze met een constante snelheid om haar as blijft draaien.

In de buurt van de zon is de baansnelheid hoger. Het duurt dan langer voordat een volgende culminatie is bereikt: gebied C-D (Zie fig. 9 Kepler). In het gebied A-B volgen de culminaties sneller elkaar op. Er is dus wat merkwaardigs aan de hand: in gebied C-D duren de uren op de zonnewijzer gemeten dus langer dan de uren in gebied A-B.

We hebben immers de zonnewijzeruren (Romeinse cijfers) op basis van twee opeenvolgende hoogste standen van de zon aan de hemel = (de mid-dag) gedefinieerd. Als we de culminaties 'klokken' dan loopt in C-D de zon achter en in A-B voor ten opzichte van onze klokkentijd. In figuur 10 zijn de rode pijltjes in gebied C-D korter dan in A-B.

Als de aarde bij de zon wegloopt vertraagt de baansnelheid, en als de aarde in haar baan naar de zon toeloopt versnelt de baansnelheid. Het levert de volgende grafiek op: (- = minuten achterlopen, + = minuten voorlopen)



Grafiek 1

Het tijdsverschil loopt op tot bijna 7 minuten en 40 sec. om vervolgens weer te dalen tot 0 bij het aphelium, waarna het weer oploopt tot 7 minuten en 40 sec. om vervolgens weer te dalen tot 0 bij het perihelium. Zie grafiek 1.

De verklaring hiervoor komt van de Britse geleerde Newton met zijn theorie over de universele gravitatie. Hij formuleerde de wet voor de aantrekkingskracht van lichamen.

De planeten zitten als het ware 'gevangen' in een baan om de zon door de aantrekkingskracht van de zon. Zon en aarde trekken elkaar wederzijds aan. De aantrekkingskracht is groter naarmate de massa's groter zijn en de onderlinge afstand kleiner is.

Bij geen kracht zou de aarde in een rechte lijn met een constante snelheid moeten doorvliegen. De aarde heeft precies genoeg snelheid om in de baan te blijven. Ze valt dus niet op de zon.

We gaan nu even uit van de waarnemingen vanaf de aarde. Overdag zien we de zon aan de hemel en 's nachts de sterren. We zien gedurende een jaar vanaf de aarde de zon 'zich verplaatsen' tussen de sterren. De baan die de zon in een jaar schijnbaar aflegt tussen de sterren, heet de ecliptica. De schijnbare beweging van de zon tussen de sterren verloopt over twaalf vaste sterrenbeelden. Zeven ervan dragen de naam van een dier, en deze band van sterrenbeelden heet dan ook de dierenriem of zodiak. In werkelijkheid zien wij tijdens onze reis om de zon steeds de sterren-achtergrond van de zon verschuiven. Er is een veranderend perspectief.



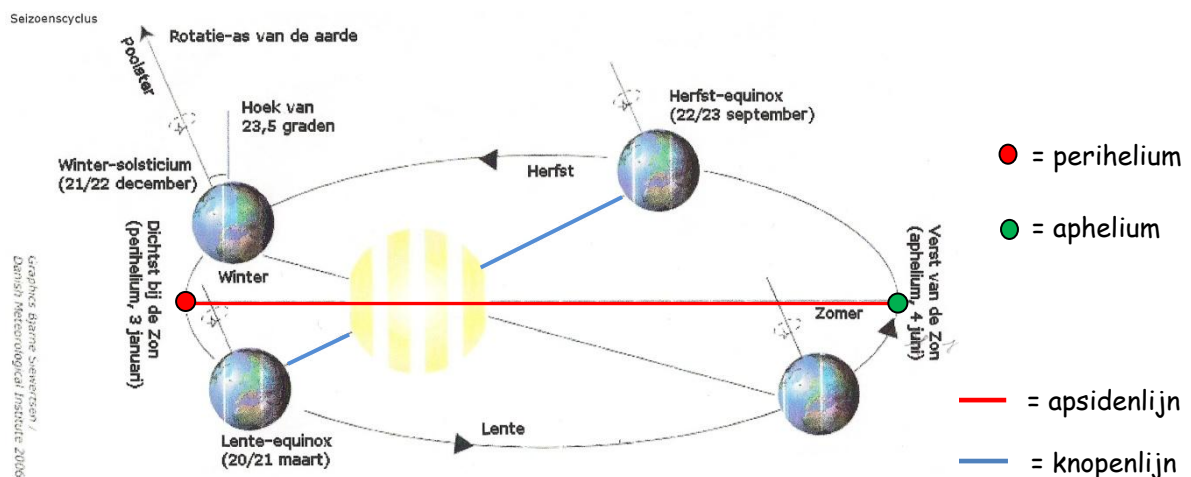
Afbeelding 1
(bewerkt)

2011: De schijnbare zonnegeweg in sterrenbeeld:

Steenbok:	22 dec - 20 jan
Waterman:	21 jan - 18 feb
Vissen:	19 feb - 20 mrt
Ram:	21 mrt - 20 apr
Stier:	21 apr - 20 mei
Tweelingen:	21 mei - 21 jun
Kreeft:	22 jun - 22 jul
Leeuw:	23 jul - 22 aug
Maagd:	23 aug - 23 sep
Weegschaal:	24 sep - 23 okt
Schorpioen:	24 okt - 22 nov
Boogschutter:	23 nov - 21 dec

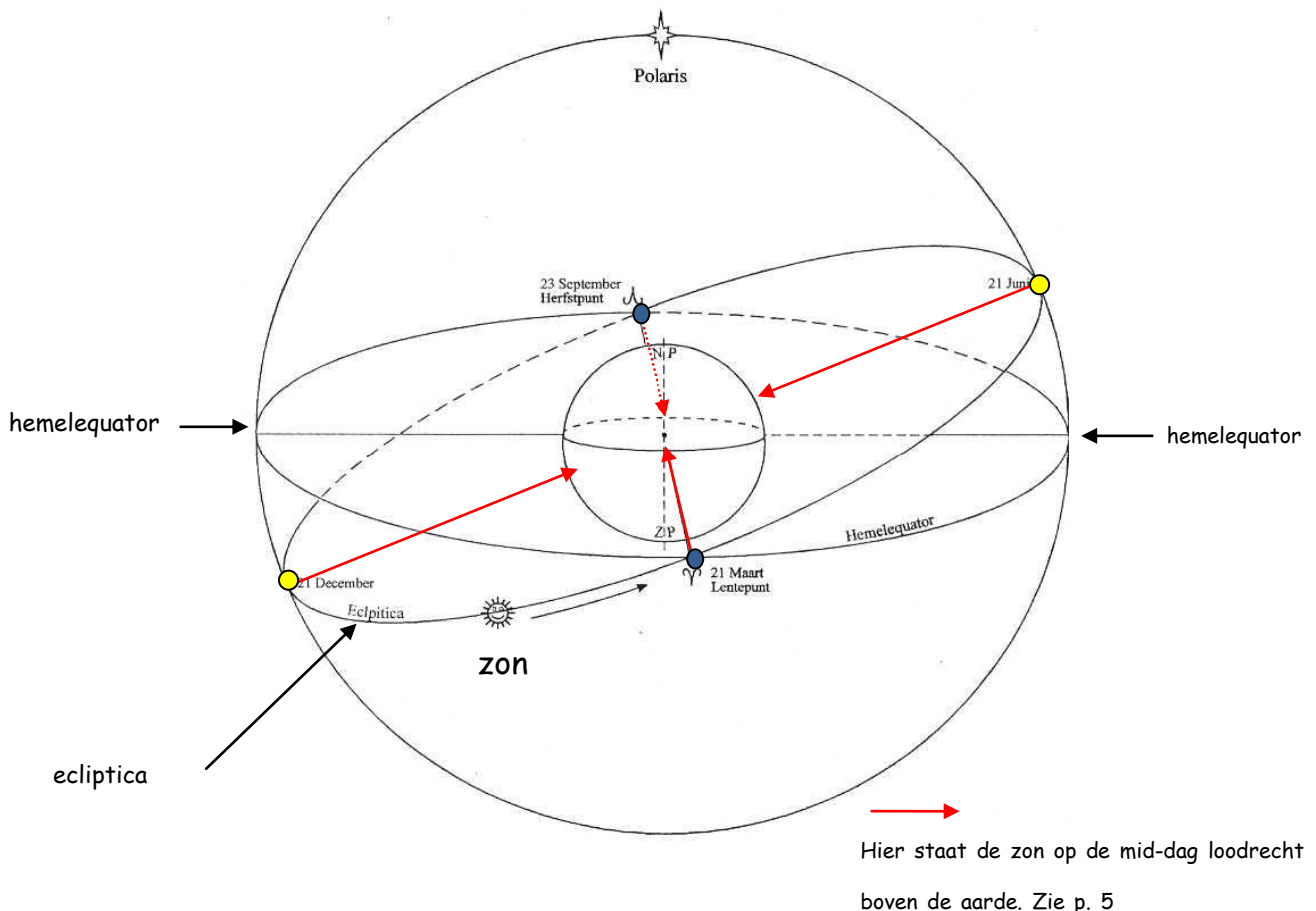
Aardas niet loodrecht op baanvlak

De aardas staat niet loodrecht op het baanvlak van de aarde om de zon. We hebben al uitgelegd dat hierdoor de seizoenen ontstaan en dat de zon zich schijnt te bewegen tussen de keerkringen. In figuur 11 voegen we de apsiden- en knopenlijn toe.



Figuur 11

In figuur 12 hebben we deze situatie op een andere manier schematisch weergegeven. De aarde in het middelpunt. De aardas wijst naar de poolster. De schijnbare baan van de zon, de ecliptica, maakt een hoek met de hemelevenaar van $23^{\circ} 27'$. Bijna $23,5^{\circ}$, zowel boven als onder de hemelequator. Deze hoeken corresponderen met de breedtegraden van de keerkringen op de globe.



Figuur 12

De keerkringen en solstitia

Bij het bekijken van de figuur vallen twee gele punten van de ecliptica op. Het zijn het hoogste punt en laagste punt die op de ecliptica én de hemelbol liggen. Daar de ecliptica met de evenaar een hoek maakt van $23^{\circ} 27'$ bevinden deze punten zich dan ook op $23^{\circ} 27'$ noorderbreedte en $23^{\circ} 27'$ zuiderbreedte. De zon komt dus nooit méér dan $23^{\circ} 27'$ boven of onder de hemelequator.

De breedtecirkels die overeenkomen met $23^{\circ} 27'$ boven en onder de evenaar worden "keerkringen" genoemd. Op die breedtegraden aangekomen, keert de zon haar jaarlijkse "klimmende" of "dalende" beweging. Wij noemen deze punten de zonnnewenden of solstitia. Zo onderscheiden we de zomer- en de winterzonnnewende of zomer- of wintersolstitium.

In deze figuur zien we ook twee opvallende blauwe punten op de hemelequator. Het zijn de snijpunten van de ecliptica met de hemelequator. Deze twee punten noemt men de knopen van de ecliptica, en de lijn die ze verbindt heet de knopenlijn. Zie ook figuur 11. Wanneer de zon zich tijdens haar jaarlijkse baan in de klimmende knoop bevindt, begint de lente. De positie van deze knoop op de hemelbol heet het lentepunt.

Net zoals de klimmende knoop lentepunt heet, noemt men om dezelfde reden de dalende knoop herfstpunt. In deze twee punten bevindt de zon zich pal op de hemelequator (declinatie = 0°). Daardoor zijn de dag en de nacht dan even lang. Men noemt deze punten ook wel de eveningen of equinoxen: dag en nacht zijn gelijk lang (equi = gelijk).

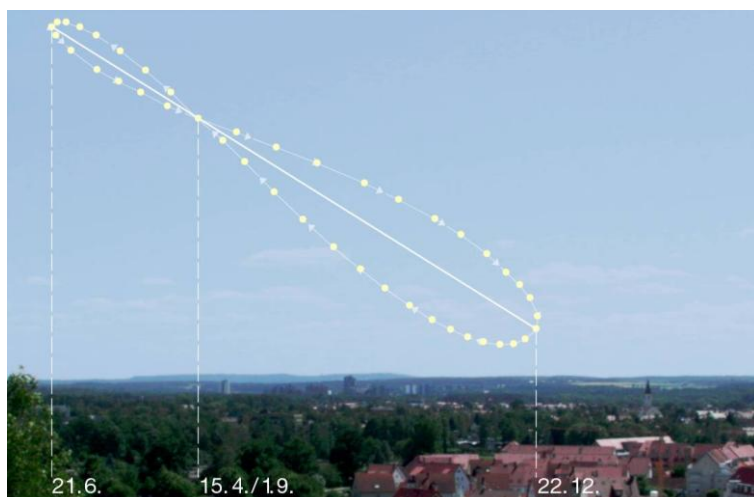
We kunnen nu ook uitleggen wat het jaar is waarop onze kalender gebaseerd is: het is de tijd die verstrijkt tussen twee doorgangen van de zon door het lentepunt; de zon doet hier 365,2422 dagen over (dit heet een tropisch jaar).

Het lentepunt ligt in het sterrenbeeld Vissen.

Het is nu ook meteen duidelijk waarom er schrikkeljaren nodig zijn. En waardoor de begindata van jaargetijden soms verschillen.

Intermezzo

Analemma aan de hemel

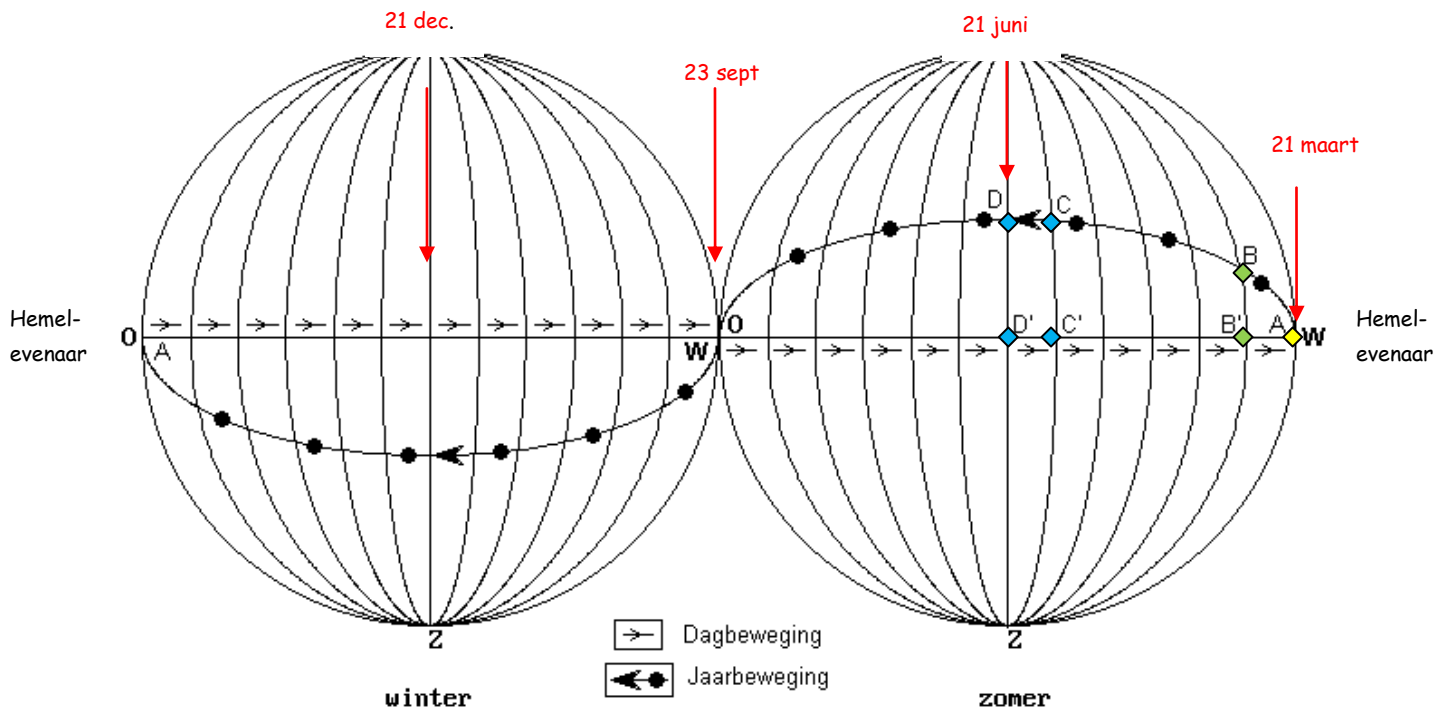


Fotomontage van 'jailbird' in bestand van Wikimedia Commons, 2007.

Fictieve fotomontage die het analemma illustreert. Zou men de zon gedurende een jaar iedere week op hetzelfde tijdstip fotograferen en de foto's samenvoegen, dan zou dit patroon zichtbaar worden.

De projectie

In een jaar tijd, 365,2422 dagen, lijkt het alsof de zon een baan aan de hemel voltooit. Hij schuift elke dag een beetje naar het oosten. Op bladzij 20 hebben we al besproken dat de baan niet met een constante snelheid wordt doorlopen vanwege de ellipsvorm. Maar laten we even aannemen dat dit wel zo is, een constante snelheid. We hebben in figuur 13 aangeven hoe de ecliptica langs de hemel loopt. Het zijn holle, halve hemelbollen die opgeklapt zijn naar de situatie op 21 december en 21 juni.



Figuur 13

De lijn met zwarte stippen is de 'baan' van de zon. We zien dat de beweging in oostelijke richting is. De hemel draait van oost naar west aan ons voorbij. De zwarte stippen duiden de positie van de zon aan op de eerste van de maand.

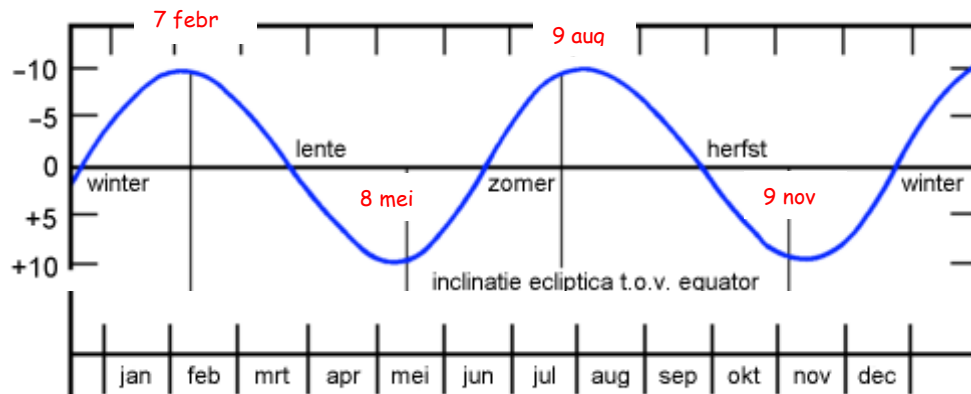
♦ A= de plaats van de zon rond 21 maart

♦ D= de plaats van de zon rond 21 juni

We zien verder dat de weg die de zon moet afleggen van A naar B veel langer is dan de weg van C naar D. De verschuiving van A naar B valt uiteen in een verschuiving van B' naar B klimmend, en van A naar B' van west naar oost. A naar B' is de projectie op de hemelevenaar van de afstand A naar B. Dit is de oostwaartse verschuiving van de zon. We zien dus dat de oostwaartse verschuiving van A naar B' langer duurt dan de oostwaartse beweging van C' naar D' (= de projectie van C naar D op de hemelevenaar).

Hoewel C' naar D' even ver is als A naar B' doet de 'zon' over de laatste afstand veel langer. Bij van A naar B' maakt de aarde meer omwentelingen en volgen de mid-dagen elkaar sneller op.

Zonnewijzer en klok zullen weer afwijken. Rond 20/21 maart en 22/23 september gaat de oostwaartse beweging van de zon het traagst. Rond 21 juni en 21 december gaat de oostwaartse beweging het snelst. Dat levert de volgende grafiek op (- = minuten achterlopen, + = minuten voorlopen)



Grafiek 2

Als we deze invloed in grafiek gieten dan vormt het resultaat twee periodes van een sinusoïde. De maxima vallen op 9 augustus en 7 februari en de minima vallen op 8 mei en 9 november. De momenten waarop de ware doorgang geschiedt zoals de klok aangeeft, dus de momenten waarop de verschuiving nul is, zijn 21 maart, 21 juni, 23 september en 22 december. Het zijn dus de tijdstippen van de solstitia en van de aequinoctia. Het wintersolstitium valt in 2006 toevallig op 22 december om 0u 22m UT.

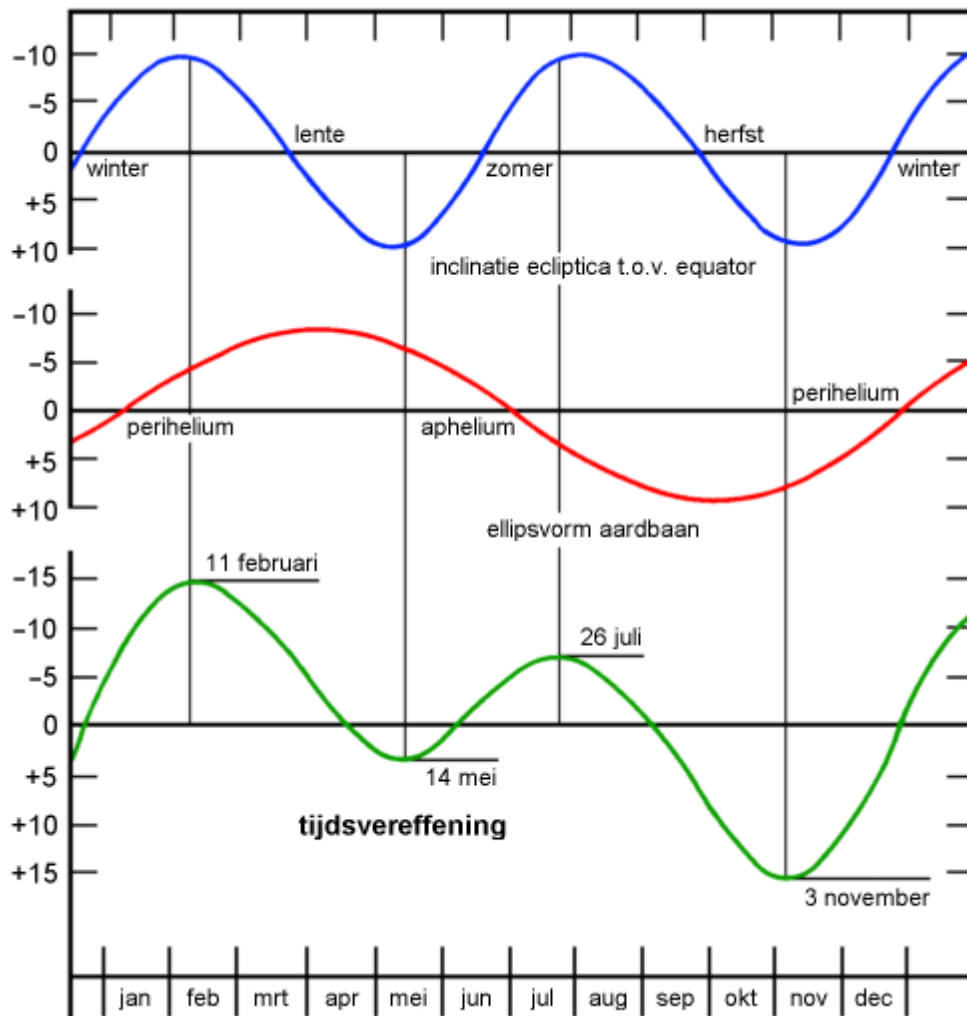
Zet de klok op 21 maart op 12 uur als de zon op XII staat, dan geldt deze grafiek. (Aangenomen is dat de baansnelheid van de aarde constant is.) Uurwerk en zonnewijzer geven op vier dagen gelijke tijd aan.

In de buurt van 21 maart en 21 sept. zullen de culminaties (door het zuiden gaan) van de zon sneller op elkaar volgen. De zon gaat tijd inhalen en voorlopen op de klok, tot wel tien minuten. Rond 21 juni en 21 december volgen de culminaties elkaar langzamer op vanwege een snellere oostwaartse beweging van de zon. De zon gaat achterlopen op de klok, tot wel tien minuten.

Tijdvereffening, EOT

We kunnen nu de tijdvereffening bepalen door de invloed van de variatie in de baansnelheid en de invloed van de projectie (= de schuine stand van de aardas op het baanvlak) samen te voegen.

Het is een kwestie van twee grafieken optellen. Maar dan moeten ze zo 'verschoven' zijn dat ze op hetzelfde tijdstip beginnen. Er is gekozen voor 1 januari om 0 uur.



Grafiek 3

De groene grafiek is dan de samenstelling van beide invloeden. Ook hier stellen de verticale lijnen telkens de eerste van elke maand voor om 0 u. 00 m. en de verticale schaalverdeling is eveneens in minuten.

Als de tijd die we aflezen positief is, dan geeft hij aan hoeveel minuten de zon eerder door het zuiden gaat dan dat de klok aanwijst. Als die tijd negatief is, dan geeft hij aan hoeveel minuten de zon later culmineert dan dat de klok aangeeft.

Rond 15 april, 14 juni, 1 sept en 25 december lopen klok en zonnewijzer gelijk. Zie verder de tijdentabel op blz. 12.

De tijdvereffening (of EOT: Equation Of Time) is het verschil tussen de ware zonnetijd en de middelbare zonnetijd. Deze grafiek is 'vertaald' naar de lussen van de zonnewijzer.

Koppeling zonnewijzertijd aan klokkentijd voor Eenrum:

Klokkentijd = ZWTijd + 34 minuten en 12 seconden + EOT (max + 14 minuten 20 sec en max - 16 minuten en 23 sec.). 's Zomers moet er nog 60 minuten bij.

Van knopen- en apsidenlijn

We nemen de baan van de aarde om de zon. Als je een lijn trekt tussen het punt 21 juni en 21 december (de solstitia), de knopenlijn, én een lijn tussen het punt 4 januari (de aarde staat het dichtst bij de zon) en 3 juli (de aarde staat het verst van de zon), de apsidenlijn, dan zie je dat die lijnen niet haaks op elkaar staan. Hierdoor komt het dat de zon rond 3 november nog iets meer voor gaat lopen. Daarom is de 'acht', de lus van de tijdvereffening (= analemma), niet symmetrisch en buikt ze uit bij begin november.

Van zonpositie naar schaduwpositie

In het vorige hebben we al aangegeven dat naast een proefondervindelijke vaststelling van belangrijke punten en lijnen deze ook berekend kunnen worden. Met name Fer J. de Vries heeft in zijn werk hier aandacht aan besteed. We beperken ons hier tot een enkele punt en lijn die relevant zijn voor de vlakke horizontale zonnewijzer van **Eenrum**.

Hoofdprocedure

'Het principe van de berekening van een zonnewijzer is een bepaalde zonspositie om te zetten naar coördinaten van een schaduwpunt op het zonnewijzervlak.'
De Vries noemt dit de hoofdprocedure of hoofdroutine.

Je hebt daarvoor nodig als input:

φ (Phi): - de breedtegraad = **53° 22'** (af te lezen in een atlas of op een gps)

g: - lengte van de schaduwgever haaks op het zonnewijzervlak (= **175 cm**)

i: - Inclinatorie van het vlak van de zonnewijzer = 0° (het vlak is horizontaal/helt niet). Hoeven we geen rekening mee te houden.

d: - declinatorie van het vlak: azimut van de gnomon; zuid = 0° (de XII-uurlijn loopt exact noord-zuid). Hoeven we geen rekening mee te houden.

decl: - declinatorie van de zon (deze ligt in tussen -23,5° en +23,5°). Staat de zon boven de evenaar, dan is de declinatorie 0°. En boven de keerkringen afgerond op +23,5° (rond 21 juni) en -23,5° (rond 21 sept) (zie de globe). **Wel van belang.**

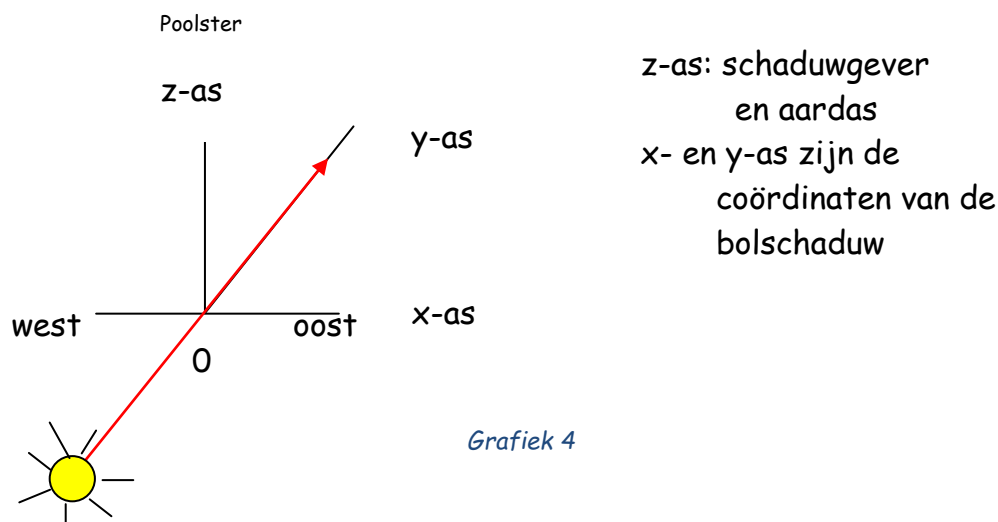
t: - de uurhoek van de zon op de ecliptica. Ware middag = 0°, de zon staat exact in het zuiden (verder positief naar west en negatief naar oost). **Wel van belang.**

De coördinaten worden aangeduid met x, y en z. Dit zijn de assen van een driedimensionale grafiek. Met de coördinaten x en y kunnen we de schaduw (de ware plaatselijke zonnetijd) precies aangeven op de 'wijzerplaat' in de bak. De x geeft de waarde op de oost-westlijn en de y op de zuid-noordlijn. De z gebruiken we om x en y te berekenen uit de lengte van de gnomon, van 1m75.

Met onderstaande 'hoofdroutine' kunnen alle schaduwpunten worden bepaald.

We gaan als voorbeeld de plaats van de bolschaduw bepalen op 21 maart om XII u (de zon staat boven de evenaar):

Stap 1: Je begint op de Noordpool ($\varphi = 90^\circ$ N.B.) met een horizontale zonnewijzer. De schaduwgever is hier ook de 'aardas', poolstijl die naar de Poolster wijst.



Omzetting van declinatie = 0 en $t = 0$ in x_0 , y_0 en z_0 :

$$x_0 = \sin t \cdot \cos \text{decl} \quad \rightarrow \quad 0 \times 1 = 0, \quad \text{de schaduw valt op de XII-uurlijn}$$

$$y_0 = \cos t \cdot \cos \text{decl} \quad \rightarrow \quad 1 \times 1 = 1, \quad \text{de langst mogelijke schaduw}$$

$$z_0 = \sin \text{decl} \quad \rightarrow \quad 0, \quad \text{de zon gaat door de oorsprong 0}$$

Verder is van invloed waar je bent, op welke breedtegraad. In Noorwegen heb je bijvoorbeeld langere schaduwen dan in Eenrum. (Als je het horizontale vlak van een zonnewijzer op de pool naar Eenrum verschuift, dan kantelt het geleidelijk om de oost-west-as, de x-as. Je gaat van 90° N.B. naar $53^\circ 22' = 53,37^\circ$ N.B.)

Stap 2:

Omzetting x_0 , y_0 , z_0 in x_1 , y_1 , z_1 door Rotatie om de x-as met hoek $90 - \phi$.

$$R = 90 - \phi \quad \rightarrow \quad 90 - 53,36667$$

$$x_1 = x_0 \quad \rightarrow \quad 0, \quad \text{de schaduw valt op de XII-uurlijn}$$

$y_1 = y_0 \cdot \cos R - z_0 \cdot \sin R \rightarrow 1 \times 0,80247 - 0 \times 0,59669 = 0,80247$, je ziet dat de schaduw korter is dan op de Noordpool

$z_1 = y_0 \cdot \sin R + z_0 \cdot \cos R \rightarrow 1 \times 0,59669 + 0 \times 0,80247 = 0,59669$, de schaduwgever geeft nu een bolschaduw! Z moet dus meer zijn dan 0 in de grafiek! Let wel: de schaduwwijzer en de poolstijl vallen nu niet meer samen.

De berekeningen die lijnverhoudingen als resultaat hebben, worden nu gekoppeld aan de lengte van de gnomon. Wordt de lengte van de schaduwwijzer groter, dan gaan de bolschaduwen verder van de gnomon vallen.* Trouwens, de lengte van de gnomon is de enige lengtemaat die we hebben, naast de hoekgegevens.

Het laatste stukje is de omzetting van x_1 , y_1 en z_1 in de coördinaten x en y .

Maar eerst naar de schaduwgever (Z in de grafiek). In de lijnverhoudingen is hij 0,59669; in werkelijkheid is hij 1 m 75.

(Dus 1m75 gedeeld door $z_1 \rightarrow 1,75 : 0,59669 = 2,9328462$)

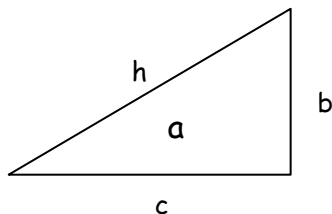
$$x = x_1 \cdot g / z_1 \rightarrow 0 \times 1,75 : 0,59669 = 0$$

$$y = y_1 \cdot g / z_1 \rightarrow 0,80247 \times 1,75 : 0,59669 = 2,353515 \text{ m.}$$

De bol valt op de XII-uurlijn, 2 m 35 van de gnomon (Dit is op de 'evenaar' lijn)

Hier wordt alleen gewerkt met sinus en cosinus, begrippen uit de goniometrie, de hoekmeetkunde.

De sinus van een hoek is een getal dat je krijgt als je de overstaande rechthoekszijde deelt door de schuine zijde of hypotenusa. Je krijgt dan een verhoudingsgetal.



Stel hoek $a = 30^\circ$, $\sin a = b:h$ Toets op de rekenmachine 30° en $\sin$ in.

Antwoord 0,5; b is dan $0,5 \times h$. Is h 8 cm, dan is b 4, wordt h 20 dan wordt b 10; de verhouding blijft gelijk.

De $\cos$ van hoek a is de aangrenzende zijde c gedeeld door de hypotenusa: $c:h$.

Op de rekenmachine 30 en $\cos$, en dan $c = 0,866 \times h$, enz.

We bekijken even de eerste formule: $x_0 = \sin t \cdot \cos \text{decl}$. De punt betekent 'maal'. x_0 staat in verhouding tot t = de uurhoek en de declinatie. Na de mid-dag wordt de uurhoek steeds groter (van XII naar II is 30°) en de schaduw langer. x verandert, maar ook de y -waarde verandert.

*De bolschaduwen moeten wel binnen het afleesvlak vallen.

De volgende dag komt bijv. de zon hoger midden op de dag, de declinatie is groter geworden en nu verandert x ook weer: de schaduw wordt korter. Er spelen dus twee veranderingen gelijktijdig. Wordt het later op de dag, dan wordt de uurhoek weer groter en worden de schaduwen weer langer, maar niet zo lang als gisteren.

In principe kun je elk deel van de formules tekenen met rechthoekige driehoeken.

Secundaire procedures

Voor het bepalen van de verschillende lijnen, zoals:

- lijnen voor de uren van de plaatselijke ware zonnetijd
- de lussen voor de plaatselijke tijdvereffening (wintertijd en zomertijd)
- de lijn voor begin van de lente en de herfst, de equinoxen
- datumlijnen, enz.

Voor al deze berekeningen wordt eveneens gebruik gemaakt van samengestelde formules: een specifiek deel, gevolgd door 'het aanroepen van de hoofdprocedure' om de coördinaten van het schaduwpunt te bepalen op de 'wijzerplaat'.

In veel gevallen wordt gebruik gemaakt van dagnummers: dag 1 = 1 jan. om 00 uur. Dagnummer $1+\frac{1}{2}$: 1 jan. om 12.00 uur ($dn + 0,5$). En je hebt hele reeksen gegevens nodig. Vanzelfsprekend doen computerprogramma's tegenwoordig het rekenwerk.

De aarde binnen het zonnestelsel

De zonnewijzer maakt zichtbaar wat de aarde eigenlijk 'doet' binnen ons zonnestelsel.

Zij wentelt om haar as, waardoor dag en nacht ontstaan.

Zij beweegt in een jaar in een baan om de zon, waardoor seizoenen ontstaan.

De beweging om de as - het verstrijken van de uren - kunnen we zien aan de schaduwen van de gnomon op de zonnewijzer, maar natuurlijk ook aan de hemel - waar staat de zon. We kunnen de tijd ook aanduiden in graden: van 0 uur 's nachts naar 12 uur 's middags is 12 uur, maar ook 360° van een cirkel (de korte wijzer de wijzerplaat rond). Eén uur is 30° . Maar één graad kan ook bijna een dag zijn.

Om te bepalen of de aarde haar baan volbracht heeft, heb je een 'vast' punt nodig op die baan. Dat punt is het Lentepunt in het sterrenbeeld Vissen. De zon staat dan precies loodrecht boven de evenaar, 'op weg naar het noordelijk halfrond'; het is rond 21 maart. De lente begint.

Er zijn dan zo'n 365 dagen, 48 minuten en 45 seconden (365.2422 dagen) of vier seizoenen verstreken.

Dit kun je ook in graden aangeven: een rondje om de zon is 360° .

Als de baan om de zon een cirkel zou zijn (zoals Copernicus dacht) dan zou de aarde elke dag $360/365,2422$ deel van haar baan afleggen of $0,98564736^\circ$.

Zij zou dan zeer regelmatig, als een klok, lopen. Het is de middelbare zonnetijd eerder uit het verhaal (p. 12). De zon zou dan elke dag om precies dezelfde tijd op de mid-dag meridiaan staan. Niks 'een beetje voor- of achterlopen'.

De aardbaan om de zon is een ellips (Kepler begreep dat) met de zon in een van de beide brandpunten. Of schijnbaar: de baan van de zon is een ellips om de aarde.

Welk deel van de baan heeft de aarde op een bepaalde dag afgelegd?

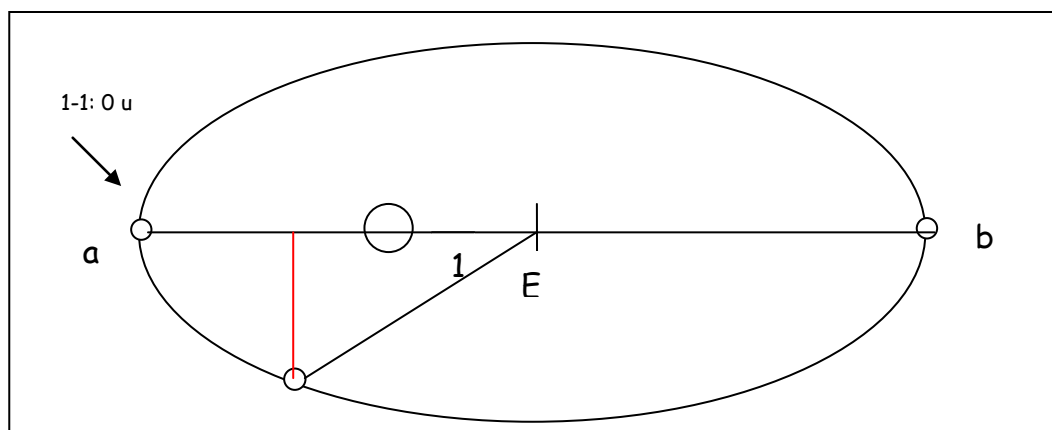
Hoe kun je nu bepalen waar de aarde zich bevindt op zijn ellipsvormige baan rond de zon op een willekeurige dag? En nu komt de relatie tijd en graden zeer van pas.

Een rondje aarde om de zon is 360° , daar doet ze 365,2422 dagen over.

Elke dag schuift de aarde bijna 1° op als de baan een cirkel was. Ze begint op 1 januari om 0 uur 00. Rond 3 januari staat ze het dichtst bij de zon, op de hoofdas van de ellips.

Vanaf dit punt kunnen we gemakkelijk de mate van excentriciteit (de 'afstand' van de aarde tot de hoofdas van de ellips, de apsidenlijn) bepalen. Het gaat dan om de hoek E_1 .

Is $E_1 = 90^\circ$, dan is de afstand tot de hoofdas het grootst. Daarna wordt hij weer kleiner en is bij b 0. (Na b wordt sinus hoek E negatief.)

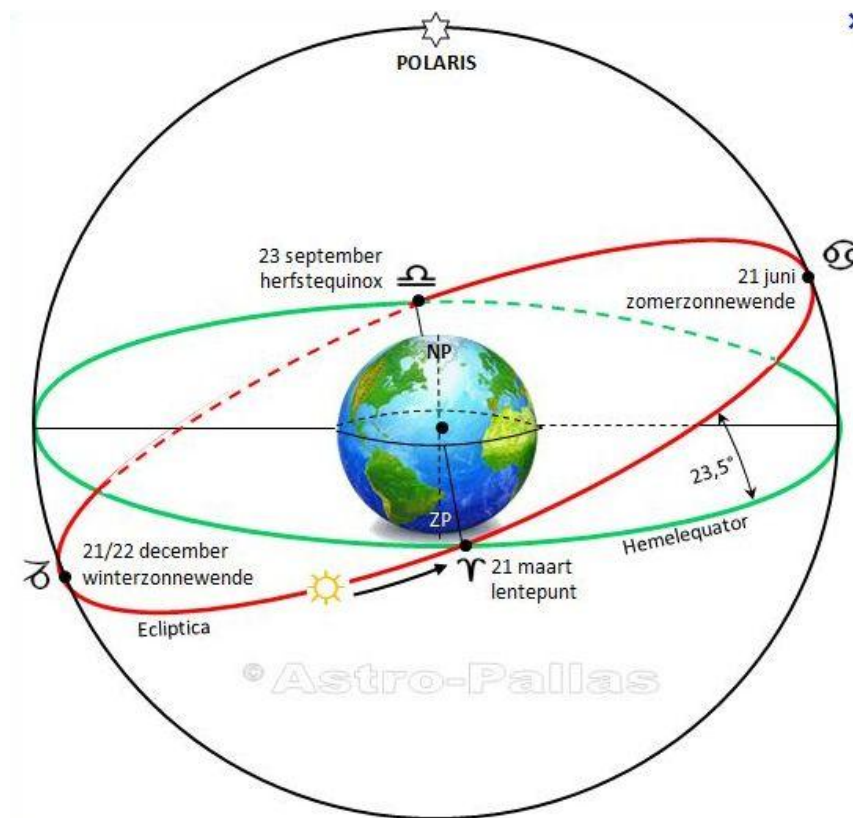


Figuur 14

De positie van de aarde op een willekeurige dag is nu: dagnummer $\times$ dagelijkse opschuivingsfactor + mate van excentriciteit voor die dag + ecliptische lengte. De ecliptische lengte van de zon is de afstand lentepunt (± 21 maart) tot 1 januari: zo'n $278,98^\circ$ (langs b).

Het lentepunt in sterrenbeeld Vissen is het punt dat gekozen is om te bepalen wanneer de aarde haar baan om de zon voltooit. De zon staat dan exact boven de evenaar. Dat is een van de snijpunten van het vlak van de ecliptica met het vlak van de hemelequator. Het Lentepunt is het 0-punt, het begin van de omloopbaan. Het gaat dan om de hoek die de positie van de aarde maakt met de knopenlijn, de lijn die lente- en herfstpunt, de equinoxen, verbindt.

Met één factor hebben we nu nog geen rekening gehouden, namelijk de schuine stand van de aardas op het baanvlak. Dit 'veroorzaakt' het schijnbaar bewegen van de zon tussen de keerkringen. Ecliptica en hemelequator maken een hoek van $\pm 23,5^\circ$



Figuur 14

Deze beweging verwerken we nu: iedere dag als de aarde een stukje opschuift op haar baan, 'beweegt' de zon een stukje tussen de keerkringen; hij klimt of daalt iets. Op 21 maart en 23 september is de hoek 0° . Vanaf 21 maart wordt de hoek langzaam groter, op 21 juni is ze maximaal. Daarna wordt de hoek steeds kleiner tot 0° op 23 september. Daarna wordt ze negatief. Op 21 december is ze

maximaal negatief. In berekening: a: Sinus (in Rad Lengte) $\times$ cos (in Rad declinatie), daarna berekenen b: cos (in Rad Lengte). Tot slot in Graden $\text{Boogtan2}(a;b) \rightarrow$ geeft de coördinaten.

Er zijn ook computerprogramma's voor het berekenen van het analemma.

Een computerprogramma voor het berekenen van de tijdvereffening

(EOT= Equation Of Time)

Met het programma van Dr. R.L. Kellogg bereken je de afwijking van de plaatselijke zonnetijd van de tijd op onze uurwerken, uitgedrukt in minuten.

De spreadsheet is opgebouwd uit kolommen die stapsgewijs leiden naar een goede benadering van de lokale tijdvereffening. Het geeft een mooi inzicht in alle facetten die een rol spelen. De spreadsheet is afgedrukt in Bijlage I tabel 1.

Dag, maand en dagnummer van het jaar (1 t/m 365) vormen de eerste drie kolommen.

Elke dag schuift de aarde een klein stukje op in zijn rondje om de zon. In 365,2422 dagen heeft zij het hele rondje afgelegd. Dat is gelijk aan 360° . Dat is per dag net iets minder dan één graad. Start 1 januari. Rond 1 / 2 juli is een halve cirkel afgelegd. (na 182/183 dagen)

In kolom **Mean** (anomaly) wordt de start verschoven naar het punt waar de aarde het dichtst bij de zon staat, (het perihelium op de hoofdas van de ellips). Start dus 3/4 januari en de zon is 5 juli halfweg, Nog steeds volgens een rondje.

En dan begint in de volgende kolommen het eigenlijke rekenwerk. We hebben van doen met een ellips, en we weten door de perkenwet van Kepler dat daardoor de baansnelheid van de aarde niet constant is. De zon gaat langzamer en sneller lopen ten opzichte van het uurwerk; max. 7 minuten en 40 sec. langzamer of sneller!

Ecc (-entric anomaly) laat zien dat de afstand van de aarde tot de hoofdas van de ellips steeds verandert. Zij is het grootst rond 4 / 5 april en 4 / 5 oktober (resp 1,92 en -1,92 rad). $E=f(M)$.

Kolom **Lon** benadert nu de positie van de aarde in graden (ware anomalie: hoek tussen voerstraal aarde-zon-apsidenlijn), rekening houdend met de ellipsvorm (en dus de verandering in baansnelheid). Let wel, **Lon** heeft het startpunt in het lentepunt.

Dichter bij de zon wordt een grotere afstand per dag afgelegd door de aarde. En dat is af te lezen in de kolom **VP 1**(Verplaatst 1). Max. $1,02^\circ$ per dag. We meten de afstand in graden. Ver van de zon geldt het omgekeerde: minimaal $0,95^\circ$.

De schuine stand van de aardas op het baanvlak heeft nog meer effect. Zie Grafiek 2 op p. 25. Dit effect moet nog toegevoegd worden.

SRa 'berekent' de positie van de zon tussen de keerkringen: 0,00 op 21 maart en rond 23 september en maximum rond 21 juni 0,92 en rond 21 december -0,92 rad. Uit kolom **Lon**, **SRa** en **CRa** wordt **SunRa** berekend.

SunRa geeft nu de positie van de aarde in graden op het baanvlak, rekening houdend met de ellipsvorm en verandering in baansnelheid én met het effect van de schuine stand van de aardas. Zij benadert de dagelijkse positie van de aarde op de ecliptica.

Aan **Vp 2** zien we nu het totale effect op de dagelijkse verplaatsing van de aarde op haar baan. Die ligt nu tussen maximaal 1,11° en minimaal 0,90° per dag.

In **SunDec** is voor elke dag de declinatie aangegeven tussen de positie van de aarde in het vlak van de hemelevenaar en de ecliptica. Zie ook **SRa**. Anders gezegd: de positie van de zon tussen de keerkringen.

Tot slot moet de klokkentijd nog 'vertaald' worden in graden. In kolom **Vp 3** zien we dat de positie van de middelbare zon op een cirkel wordt weergegeven. Elke dag wordt dezelfde afstand afgelegd met een regelmaat als van een uurwerk. **GST** (Greenwich Siderial Time) geeft deze positie in graden (negatief voor 1 januari tot bij het lentepunt, 23 maart).

Minutes EqnTime

De positie van de aarde in graden op de ecliptica minus de positie in graden van de middelbare zon voor die dag, keer 4 minuten, levert ons de tijdvereffening. Positief voor achterlopen en negatief voor voorlopen op het uurwerk. Ware zonnetijd minus klokkentijd is tijdvereffening.

In Tabel 2 Bijlage 1 wordt in kolom **For Lon** het tijdsverschil berekend tussen de plaatselijke zonnewijzer (Eenrum) en de klokkentijd in de betreffend tijdzone. Dit is reeds behandeld in Tijdvereffening EOT p. 25 e.v.

De kolommen 'Verplaatst 1, 2 en 3' zijn ingevoegd. M.i. verduidelijken ze de dagelijkse verplaatsing en de variatie die daarin zit.

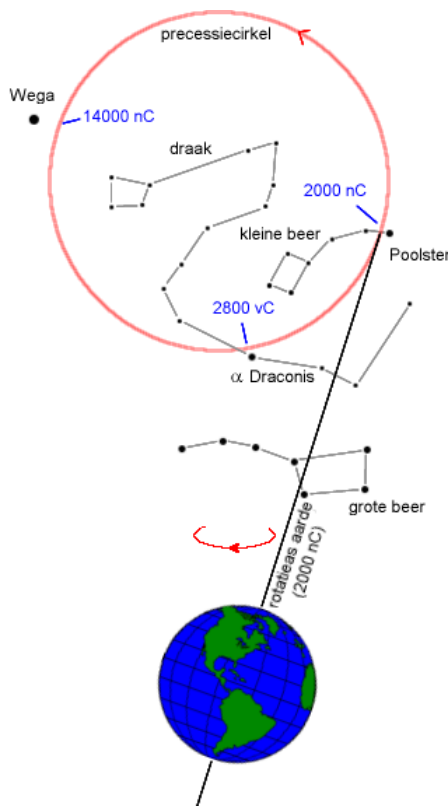
Op blad EOT2 van de spreadsheet wordt de tijdvereffening in één keer met een veelgebruikte, complexe formule berekend:

$$=(-107,3*\text{SIN}(\text{ToRad}*\$D37)+596,1*\text{SIN}(2*\text{ToRad}*\$D37)+4,4*\text{SIN}(3*\text{ToRad}*\$D37)-12,7*\text{SIN}(4*\text{ToRad}*\$D37) - 428,6*\text{COS}(\text{ToRad}*\$D37)-2,1*\text{COS}(2*\text{ToRad}*\$D37)+19,3*\text{COS}(3*\text{ToRad}*\$D37))/60$$

De waarden van de getallen in de formule zijn geen constanten; ze veranderen jaarlijks een beetje. Hier zijn ze voor het jaar 2000 genomen (equadecl.zip van F.J. de Vries). Zie voor de oorzaken o.a. p. 35, Lentepunt en Nutatie.

Tot slot

Lentepunt



Figuur 15

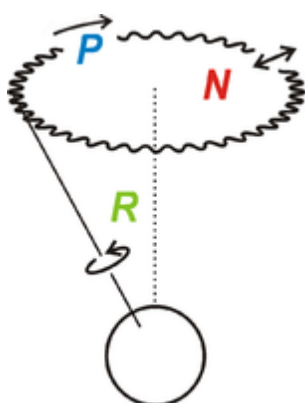
Het Lentepunt is niet zo'n vast punt. Het wordt algemeen aangeduid met het teken van de Ram ϖ (± 3000 jaar geleden klopte dat). Nu komt de zon bij het lentebegin op in sterrenbeeld Vissen. Het lentepunt verplaatst zich met ca. $50,26''$ (seconden) per jaar in teruglopende zin.

Men noemt de verschuiving van het lentepunt (en het herfstpunt) op de ecliptica de 'precessie van de nachteveningen'. Het doorloopt de hele ecliptica in 25 770 jaar. De oorzaak is de tolbeweging van de poolas.

De precessie heeft nog meer gevolgen: de Noordpool verandert van plaats op de hemelbol - nu bevindt ze zich dicht bij de poolster (Polaris, een ster van de Kleine Beer) - en ze beïnvloedt de astronomische coördinaten - ze wijzigt de eclipticalengte en de equatorcoördinaten.

De oorzaak hiervan is de gecombineerde werking van de zon en de maan op het massaoverschot (de verdikking) van de aarde rond de evenaar.

De nutatie:



Figuur 16

P = precessie

R = rotatie

N = nutatie

De aardas schommelt als gevolg van de invloed van het gravitatieveld van de maan op het massa-overschot aan de aarde-evenaar. Deze schommeling van de poolas van $9,21''$

(=seconden) noemt men nutatie. De inclinatie schommelt om de gemiddelde waarde $23^\circ 27'$

Verder zijn er wijzigingen van de beweging van de aarde om de zon ten gevolge van effecten van aantrekkingskrachten van andere hemellichamen in het zonnestelsel. Deze en andere 'storingen' uiten zich in een langzame periodieke verandering van de oriëntatie van de baan in de ruimte, de zogenaamde planetaire precessie. Ze zijn alleen van belang voor een zeer precieze berekening van de baan. Ook neemt de omwentelingssnelheid van de aarde per eeuw een ietsje af.

Bijlage I

Tabel 1. Tijdsvereffening M.E.T.

Legenda: zie blz. 40

Day	Month		D of	N	Mean	Ecc	Lon	Vp1	SRa	CRa	SunRa	Vp2	SunDec	Sidereal	Vp3	Minutes
																EqnTime
1	1	1	1	0,99	357,52	-0,08	279,94	1,02	-0,90	0,17	280,82	1,11	-23,07	-79,97	-0,99	3,165
2	1	2	2	1,97	358,50	-0,05	280,96	1,02	-0,90	0,19	281,92	1,10	-22,99	-78,99	-0,99	3,636
3	1	3	3	2,96	359,49	-0,02	281,98	1,02	-0,90	0,21	283,03	1,10	-22,90	-78,00	-0,99	4,102
4	1	4	4	3,95	0,48	0,02	283,00	1,02	-0,89	0,22	284,13	1,10	-22,81	-77,01	-0,99	4,562
5	1	5	5	4,93	1,46	0,05	284,02	1,02	-0,89	0,24	285,23	1,10	-22,70	-76,03	-0,99	5,016
6	1	6	6	5,92	2,45	0,08	285,04	1,02	-0,89	0,26	286,33	1,10	-22,59	-75,04	-0,99	5,462
7	1	7	7	6,90	3,44	0,11	286,06	1,02	-0,88	0,28	287,42	1,10	-22,48	-74,05	-0,99	5,901
8	1	8	8	7,89	4,42	0,15	287,08	1,02	-0,88	0,29	288,52	1,09	-22,35	-73,07	-0,99	6,333
9	1	9	9	8,88	5,41	0,18	288,10	1,02	-0,87	0,31	289,61	1,09	-22,22	-72,08	-0,99	6,756
10	1	10	10	9,86	6,39	0,21	289,12	1,02	-0,87	0,33	290,70	1,09	-22,08	-71,10	-0,99	7,171
11	1	11	11	10,85	7,38	0,25	290,14	1,02	-0,86	0,34	291,78	1,09	-21,93	-70,11	-0,99	7,576
12	1	12	12	11,84	8,37	0,28	291,16	1,02	-0,86	0,36	292,87	1,09	-21,78	-69,12	-0,99	7,972
13	1	13	13	12,82	9,35	0,31	292,17	1,02	-0,85	0,38	293,95	1,08	-21,62	-68,14	-0,99	8,358
14	1	14	14	13,81	10,34	0,34	293,19	1,02	-0,84	0,39	295,03	1,08	-21,45	-67,15	-0,99	8,734
15	1	15	15	14,79	11,33	0,38	294,21	1,02	-0,84	0,41	296,11	1,08	-21,27	-66,16	-0,99	9,099
16	1	16	16	15,78	12,31	0,41	295,23	1,02	-0,83	0,43	297,19	1,07	-21,09	-65,18	-0,99	9,453
17	1	17	17	16,77	13,30	0,44	296,25	1,02	-0,82	0,44	298,26	1,07	-20,90	-64,19	-0,99	9,796
18	1	18	18	17,75	14,28	0,47	297,27	1,02	-0,82	0,46	299,33	1,07	-20,71	-63,20	-0,99	10,128
19	1	19	19	18,74	15,27	0,50	298,29	1,02	-0,81	0,47	300,39	1,07	-20,51	-62,22	-0,99	10,448
20	1	20	20	19,73	16,26	0,54	299,30	1,02	-0,80	0,49	301,46	1,06	-20,30	-61,23	-0,99	10,755
21	1	21	21	20,71	17,24	0,57	300,32	1,02	-0,79	0,50	302,52	1,06	-20,08	-60,25	-0,99	11,051
22	1	22	22	21,70	18,23	0,60	301,34	1,02	-0,78	0,52	303,57	1,06	-19,86	-59,26	-0,99	11,334
23	1	23	23	22,68	19,22	0,63	302,36	1,02	-0,78	0,54	304,63	1,05	-19,64	-58,27	-0,99	11,604
24	1	24	24	23,67	20,20	0,66	303,37	1,02	-0,77	0,55	305,68	1,05	-19,40	-57,29	-0,99	11,862
25	1	25	25	24,66	21,19	0,69	304,39	1,02	-0,76	0,56	306,73	1,05	-19,16	-56,30	-0,99	12,107
26	1	26	26	25,64	22,17	0,72	305,41	1,02	-0,75	0,58	307,77	1,04	-18,92	-55,31	-0,99	12,338
27	1	27	27	26,63	23,16	0,75	306,43	1,02	-0,74	0,59	308,81	1,04	-18,67	-54,33	-0,99	12,556
28	1	28	28	27,62	24,15	0,78	307,44	1,02	-0,73	0,61	309,85	1,04	-18,41	-53,34	-0,99	12,761
29	1	29	29	28,60	25,13	0,81	308,46	1,02	-0,72	0,62	310,88	1,03	-18,15	-52,36	-0,99	12,953
30	1	30	30	29,59	26,12	0,84	309,47	1,02	-0,71	0,64	311,91	1,03	-17,88	-51,37	-0,99	13,131
31	1	31	31	30,58	27,11	0,87	310,49	1,02	-0,70	0,65	312,94	1,03	-17,61	-50,38	-0,99	13,295
32	2	1	32	31,56	28,09	0,90	311,51	1,02	-0,69	0,66	313,96	1,02	-17,33	-49,40	-0,99	13,446
33	2	2	33	32,55	29,08	0,93	312,52	1,02	-0,68	0,68	314,99	1,02	-17,05	-48,41	-0,99	13,583
34	2	3	34	33,53	30,07	0,96	313,54	1,01	-0,67	0,69	316,00	1,02	-16,76	-47,42	-0,99	13,707
35	2	4	35	34,52	31,05	0,99	314,55	1,01	-0,65	0,70	317,02	1,01	-16,47	-46,44	-0,99	13,817
36	2	5	36	35,51	32,04	1,02	315,56	1,01	-0,64	0,71	318,03	1,01	-16,17	-45,45	-0,99	13,914
37	2	6	37	36,49	33,02	1,04	316,58	1,01	-0,63	0,73	319,03	1,01	-15,87	-44,47	-0,99	13,997
38	2	7	38	37,48	34,01	1,07	317,59	1,01	-0,62	0,74	320,04	1,00	-15,56	-43,48	-0,99	14,067
39	2	8	39	38,47	35,00	1,10	318,61	1,01	-0,61	0,75	321,04	1,00	-15,25	-42,49	-0,99	14,124
40	2	9	40	39,45	35,98	1,13	319,62	1,01	-0,59	0,76	322,04	1,00	-14,94	-41,51	-0,99	14,167
41	2	10	41	40,44	36,97	1,15	320,63	1,01	-0,58	0,77	323,03	0,99	-14,62	-40,52	-0,99	14,198
42	2	11	42	41,42	37,96	1,18	321,64	1,01	-0,57	0,78	324,02	0,99	-14,29	-39,53	-0,99	14,215
43	2	12	43	42,41	38,94	1,20	322,66	1,01	-0,56	0,80	325,01	0,99	-13,96	-38,55	-0,99	14,219
44	2	13	44	43,40	39,93	1,23	323,67	1,01	-0,54	0,81	325,99	0,98	-13,63	-37,56	-0,99	14,211
45	2	14	45	44,38	40,91	1,25	324,68	1,01	-0,53	0,82	326,97	0,98	-13,30	-36,57	-0,99	14,191
46	2	15	46	45,37	41,90	1,28	325,69	1,01	-0,52	0,83	327,95	0,98	-12,96	-35,59	-0,99	14,158
47	2	16	47	46,36	42,89	1,30	326,70	1,01	-0,50	0,84	328,93	0,98	-12,62	-34,60	-0,99	14,112
48	2	17	48	47,34	43,87	1,33	327,71	1,01	-0,49	0,85	329,90	0,97	-12,27	-33,62	-0,99	14,055
49	2	18	49	48,33	44,86	1,35	328,72	1,01	-0,48	0,85	330,87	0,97	-11,92	-32,63	-0,99	13,986
50	2	19	50	49,32	45,85	1,37	329,73	1,01	-0,46	0,86	331,83	0,97	-11,57	-31,64	-0,99	13,906
51	2	20	51	50,30	46,83	1,40	330,74	1,01	-0,45	0,87	332,80	0,96	-11,21	-30,66	-0,99	13,814
52	2	21	52	51,29	47,82	1,42	331,75	1,01	-0,43	0,88	333,76	0,96	-10,85	-29,67	-0,99	13,711
53	2	22	53	52,27	48,81	1,44	332,76	1,01	-0,42	0,89	334,71	0,96	-10,49	-28,68	-0,99	13,598
54	2	23	54	53,26	49,79	1,46	333,76	1,01	-0,41	0,90	335,67	0,96	-10,13	-27,70	-0,99	13,473
55	2	24	55	54,25	50,78	1,48	334,77	1,01	-0,39	0,90	336,62	0,95	-9,76	-26,71	-0,99	13,339
56	2	25	56	55,23	51,76	1,50	335,78	1,01	-0,38	0,91	337,57	0,95	-9,39	-25,73	-0,99	13,194
57	2	26	57	56,22	52,75	1,53	336,79	1,01	-0,36	0,92	338,52	0,95	-9,02	-24,74	-0,99	13,040
58	2	27	58	57,21	53,74	1,54	337,79	1,01	-0,35	0,93	339,47	0,95	-8,65	-23,75	-0,99	12,876
59	2	28	59	58,19	54,72	1,56	338,80	1,01	-0,33	0,93	340,41	0,94	-8,27	-22,77	-0,99	12,702
60	3	1	60	59,18	55,71	1,58	339,80	1,01	-0,32	0,94	341,35	0,94	-7,89	-21,78	-0,99	12,520
61	3	2	61	60,16	56,70	1,60	340,81	1,00	-0,30	0,94	342,29	0,94	-7,51	-20,79	-0,99	12,329
62	3	3	62	61,15	57,68	1,62	341,81	1,00	-0,29	0,95	343,22	0,94	-7,13	-19,81	-0,99	12,130
63	3	4	63	62,14	58,67	1,64	342,82	1,00	-0,27	0,96	344,16	0,93	-6,75	-18,82	-0,99	11,923
64	3	5	64	63,12	59,65	1,65	343,82	1,00	-0,26	0,96	345,09	0,93	-6,37	-17,84	-0,99	11,708
65	3	6	65	64,11	60,64	1,67	344,8									

Day	Month	D of	N	Mean	Ecc	Lon	Vp1	SRa	CRa	SunRa	Vp2	SunDec	Sidereal		Vp3	Minutes
													GST			EqnTime
75	3	16	75	73,97	70,50	1,81	354,82	1,00	-0,08	1,00	355,25	0,92	-2,06	-6,99	-0,99	8,926
76	3	17	76	74,96	71,49	1,82	355,82	1,00	-0,07	1,00	356,16	0,92	-1,66	-6,00	-0,99	8,644
77	3	18	77	75,95	72,48	1,83	356,81	1,00	-0,05	1,00	357,08	0,91	-1,27	-5,01	-0,99	8,358
78	3	19	78	76,93	73,46	1,84	357,81	1,00	-0,04	1,00	357,99	0,91	-0,87	-4,03	-0,99	8,069
79	3	20	79	77,92	74,45	1,85	358,81	1,00	-0,02	1,00	358,90	0,91	-0,48	-3,04	-0,99	7,777
80	3	21	80	78,90	75,44	1,85	359,80	0,99	0,00	1,00	359,82	0,91	-0,08	-2,05	-0,99	7,483
81	3	22	81	79,89	76,42	1,86	0,79	0,99	0,01	1,00	0,73	-359,09	0,32	-1,07	-0,99	7,187
82	3	23	82	80,88	77,41	1,87	1,79	0,99	0,03	1,00	1,64	0,91	0,71	-0,08	-0,99	6,889
83	3	24	83	81,86	78,39	1,88	2,78	0,99	0,04	1,00	2,55	0,91	1,11	0,90	-0,99	6,590
84	3	25	84	82,85	79,38	1,88	3,77	0,99	0,06	1,00	3,46	0,91	1,50	1,89	-0,99	6,289
85	3	26	85	83,84	80,37	1,89	4,77	0,99	0,08	1,00	4,37	0,91	1,89	2,88	-0,99	5,988
86	3	27	86	84,82	81,35	1,89	5,76	0,99	0,09	0,99	5,29	0,91	2,29	3,86	-0,99	5,687
87	3	28	87	85,81	82,34	1,90	6,75	0,99	0,11	0,99	6,20	0,91	2,68	4,85	-0,99	5,385
88	3	29	88	86,79	83,33	1,90	7,74	0,99	0,12	0,99	7,11	0,91	3,07	5,84	-0,99	5,084
89	3	30	89	87,78	84,31	1,91	8,73	0,99	0,14	0,99	8,02	0,91	3,46	6,82	-0,99	4,783
90	3	31	90	88,77	85,30	1,91	9,72	0,99	0,15	0,99	8,93	0,91	3,85	7,81	-0,99	4,483
91	4	1	91	89,75	86,28	1,91	10,71	0,99	0,17	0,98	9,84	0,91	4,24	8,79	-0,99	4,185
92	4	2	92	90,74	87,27	1,91	11,69	0,99	0,19	0,98	10,75	0,91	4,63	9,78	-0,99	3,888
93	4	3	93	91,73	88,26	1,92	12,68	0,99	0,20	0,98	11,67	0,91	5,01	10,77	-0,99	3,592
94	4	4	94	92,71	89,24	1,92	13,67	0,99	0,22	0,97	12,58	0,91	5,39	11,75	-0,99	3,299
95	4	5	95	93,70	90,23	1,92	14,66	0,99	0,23	0,97	13,49	0,91	5,78	12,74	-0,99	3,009
96	4	6	96	94,68	91,22	1,92	15,64	0,99	0,25	0,96	14,41	0,91	6,16	13,73	-0,99	2,721
97	4	7	97	95,67	92,20	1,91	16,63	0,99	0,26	0,96	15,32	0,92	6,54	14,71	-0,99	2,437
98	4	8	98	96,66	93,19	1,91	17,61	0,98	0,28	0,95	16,24	0,92	6,91	15,70	-0,99	2,156
99	4	9	99	97,64	94,17	1,91	18,60	0,98	0,29	0,95	17,16	0,92	7,29	16,69	-0,99	1,879
100	4	10	100	98,63	95,16	1,91	19,58	0,98	0,31	0,94	18,07	0,92	7,66	17,67	-0,99	1,605
101	4	11	101	99,62	96,15	1,90	20,56	0,98	0,32	0,94	18,99	0,92	8,03	18,66	-0,99	1,336
102	4	12	102	100,60	97,13	1,90	21,55	0,98	0,34	0,93	19,91	0,92	8,40	19,64	-0,99	1,072
103	4	13	103	101,59	98,12	1,90	22,53	0,98	0,35	0,92	20,83	0,92	8,77	20,63	-0,99	0,812
104	4	14	104	102,58	99,11	1,89	23,51	0,98	0,37	0,92	21,76	0,92	9,13	21,62	-0,99	0,558
105	4	15	105	103,56	100,09	1,89	24,49	0,98	0,38	0,91	22,68	0,92	9,49	22,60	-0,99	0,309
106	4	16	106	104,55	101,08	1,88	25,47	0,98	0,39	0,90	23,61	0,93	9,85	23,59	-0,99	0,065
107	4	17	107	105,53	102,07	1,87	26,45	0,98	0,41	0,90	24,53	0,93	10,21	24,58	-0,99	-0,172
108	4	18	108	106,52	103,05	1,87	27,43	0,98	0,42	0,89	25,46	0,93	10,56	25,56	-0,99	-0,403
109	4	19	109	107,51	104,04	1,86	28,41	0,98	0,44	0,88	26,39	0,93	10,91	26,55	-0,99	-0,628
110	4	20	110	108,49	105,02	1,85	29,39	0,98	0,45	0,87	27,32	0,93	11,26	27,53	-0,99	-0,847
111	4	21	111	109,48	106,01	1,84	30,36	0,98	0,46	0,86	28,26	0,93	11,60	28,52	-0,99	-1,058
112	4	22	112	110,47	107,00	1,83	31,34	0,98	0,48	0,85	29,19	0,94	11,94	29,51	-0,99	-1,262
113	4	23	113	111,45	107,98	1,82	32,32	0,98	0,49	0,85	30,13	0,94	12,28	30,49	-0,99	-1,459
114	4	24	114	112,44	108,97	1,81	33,29	0,98	0,50	0,84	31,07	0,94	12,61	31,48	-0,99	-1,649
115	4	25	115	113,42	109,96	1,80	34,27	0,98	0,52	0,83	32,01	0,94	12,94	32,47	-0,99	-1,831
116	4	26	116	114,41	110,94	1,79	35,24	0,97	0,53	0,82	32,95	0,94	13,27	33,45	-0,99	-2,005
117	4	27	117	115,40	111,93	1,78	36,22	0,97	0,54	0,81	33,90	0,94	13,59	34,44	-0,99	-2,171
118	4	28	118	116,38	112,91	1,76	37,19	0,97	0,55	0,80	34,84	0,95	13,91	35,43	-0,99	-2,328
119	4	29	119	117,37	113,90	1,75	38,16	0,97	0,57	0,79	35,79	0,95	14,23	36,41	-0,99	-2,477
120	4	30	120	118,36	114,89	1,74	39,14	0,97	0,58	0,78	36,74	0,95	14,54	37,40	-0,99	-2,618
121	5	1	121	119,34	115,87	1,72	40,11	0,97	0,59	0,76	37,70	0,95	14,85	38,38	-0,99	-2,750
122	5	2	122	120,33	116,86	1,71	41,08	0,97	0,60	0,75	38,65	0,96	15,15	39,37	-0,99	-2,874
123	5	3	123	121,32	117,85	1,69	42,05	0,97	0,61	0,74	39,61	0,96	15,45	40,36	-0,99	-2,988
124	5	4	124	122,30	118,83	1,68	43,02	0,97	0,63	0,73	40,57	0,96	15,75	41,34	-0,99	-3,093
125	5	5	125	123,29	119,82	1,66	43,99	0,97	0,64	0,72	41,53	0,96	16,04	42,33	-0,99	-3,189
126	5	6	126	124,27	120,81	1,65	44,96	0,97	0,65	0,71	42,50	0,96	16,33	43,32	-0,99	-3,276
127	5	7	127	125,26	121,79	1,63	45,93	0,97	0,66	0,70	43,46	0,97	16,61	44,30	-0,99	-3,354
128	5	8	128	126,25	122,78	1,61	46,90	0,97	0,67	0,68	44,43	0,97	16,89	45,29	-0,99	-3,422
129	5	9	129	127,23	123,76	1,59	47,87	0,97	0,68	0,67	45,40	0,97	17,16	46,27	-0,99	-3,481
130	5	10	130	128,22	124,75	1,57	48,83	0,97	0,69	0,66	46,38	0,97	17,43	47,26	-0,99	-3,531
131	5	11	131	129,21	125,74	1,56	49,80	0,97	0,70	0,65	47,35	0,98	17,69	48,25	-0,99	-3,571
132	5	12	132	130,19	126,72	1,54	50,77	0,97	0,71	0,63	48,33	0,98	17,95	49,23	-0,99	-3,602
133	5	13	133	131,18	127,71	1,52	51,74	0,97	0,72	0,62	49,31	0,98	18,20	50,22	-0,99	-3,623
134	5	14	134	132,16	128,70	1,50	52,70	0,97	0,73	0,61	50,30	0,98	18,45	51,21	-0,99	-3,634
135	5	15	135	133,15	129,68	1,47	53,67	0,97	0,74	0,59	51,28	0,99	18,69	52,19	-0,99	-3,636
136	5	16	136	134,14	130,67	1,45	54,63	0,97	0,75	0,58	52,27	0,99	18,93	53,18	-0,99	-3,629
137	5	17	137	135,12	131,65	1,43	55,60	0,96	0,76	0,57	53,26	0,99	19,16	54,16	-0,99	-3,612
138	5	18	138	136,11	132,64	1,41	56,56	0,96	0,77	0,55	54,25	0,99	19,39	55,15	-0,99	-3,587
139	5	19	139	137,10	133,63	1,39	57,52	0,96	0,77	0,54	55,25	1,00	19,61	56,14	-0,99	-3,551
140	5	20	140	138,08	134,61	1,36	58,49	0,96	0,78	0,52	56,25	1,00	19,83	57,12	-0,99	-3,507
141	5	21	141	139,07	135,60	1,34	59,45	0,96	0,79	0,51	57,25	1,00	20,04	58,11	-0,99	-3,454
142	5	22	142	140,05	136,59	1,32	60,41	0,96	0,80	0,49	58,25	1,00	20,24	59,10	-0,99	-3,392
143	5	23	143	141,04	137,57	1,29	61,38	0,96	0,81	0,48	59,25	1,00	20,44	60,08	-0,99	-3,321
144	5	24	144	142,03	138,56	1,27	62,34	0,96	0,81	0,46	60,26	1,01	20,63	61,07	-0,99	-3,241
145	5	25	145	143,01	139,54	1,24	63,30	0,96	0,82	0,45	61,27	1,01	20,82	62,06	-0,99	-3,153
146	5	26	146	144,00	140,53	1,22	64,26	0,96	0,83	0,43	62,28	1,01	21,00	63,04	-0,99	-3,057
147	5	27	147	144,99	141,52	1,19	65,22	0,96	0,83	0,42	63,29	1,01	21,17	64,03	-0,99	-2,952
148	5	28	148	145,97	142,50	1,17	66,18	0,96	0,84	0,40	64,30	1,01	21,34	65,01	-0,99	-2,840
149	5	29	149	146,96	143,49	1,14	67,14	0,96	0,85	0,39	65,32	1,02	21,51	66,00	-0,99	-2,720
150	5	30	150	147,95	144,48	1,11	68,10	0,96	0,85	0,37	66,34	1,02	21,66			

Day	Month	D of	N	Mean	Ecc	Lon	Vp1	SRa	CRa	SunRa	Vp2	SunDec	Sidereal		Vp3	Minutes
													GST	EqnTime		
153	6	2	153	150,90	147,44	1,03	70,98	0,96	0,87	0,33	69,40	1,02	22,09	69,95	-0,99	-2,167
154	6	3	154	151,89	148,42	1,00	71,94	0,96	0,87	0,31	70,43	1,03	22,22	70,93	-0,99	-2,012
155	6	4	155	152,88	149,41	0,98	72,89	0,96	0,88	0,29	71,46	1,03	22,35	71,92	-0,99	-1,850
156	6	5	156	153,86	150,39	0,95	73,85	0,96	0,88	0,28	72,48	1,03	22,47	72,90	-0,99	-1,683
157	6	6	157	154,85	151,38	0,92	74,81	0,96	0,89	0,26	73,51	1,03	22,58	73,89	-0,99	-1,510
158	6	7	158	155,84	152,37	0,89	75,77	0,96	0,89	0,25	74,54	1,03	22,68	74,88	-0,99	-1,332
159	6	8	159	156,82	153,35	0,86	76,72	0,96	0,89	0,23	75,58	1,03	22,78	75,86	-0,99	-1,149
160	6	9	160	157,81	154,34	0,83	77,68	0,96	0,90	0,21	76,61	1,03	22,87	76,85	-0,99	-0,962
161	6	10	161	158,79	155,33	0,80	78,64	0,96	0,90	0,20	77,64	1,03	22,96	77,84	-0,99	-0,769
162	6	11	162	159,78	156,31	0,77	79,59	0,96	0,90	0,18	78,68	1,04	23,03	78,82	-0,99	-0,574
163	6	12	163	160,77	157,30	0,74	80,55	0,96	0,91	0,16	79,72	1,04	23,11	79,81	-0,99	-0,374
164	6	13	164	161,75	158,28	0,71	81,50	0,96	0,91	0,15	80,75	1,04	23,17	80,79	-0,99	-0,171
165	6	14	165	162,74	159,27	0,68	82,46	0,96	0,91	0,13	81,79	1,04	23,23	81,78	-0,99	0,035
166	6	15	166	163,73	160,26	0,65	83,41	0,96	0,91	0,11	82,83	1,04	23,28	82,77	-0,99	0,243
167	6	16	167	164,71	161,24	0,62	84,37	0,96	0,91	0,10	83,87	1,04	23,32	83,75	-0,99	0,453
168	6	17	168	165,70	162,23	0,58	85,32	0,95	0,91	0,08	84,91	1,04	23,36	84,74	-0,99	0,665
169	6	18	169	166,68	163,22	0,55	86,28	0,95	0,92	0,06	85,95	1,04	23,39	85,73	-0,99	0,879
170	6	19	170	167,67	164,20	0,52	87,23	0,95	0,92	0,05	86,99	1,04	23,41	86,71	-0,99	1,093
171	6	20	171	168,66	165,19	0,49	88,19	0,95	0,92	0,03	88,03	1,04	23,43	87,70	-0,99	1,308
172	6	21	172	169,64	166,17	0,46	89,14	0,95	0,92	0,01	89,07	1,04	23,44	88,69	-0,99	1,523
173	6	22	173	170,63	167,16	0,43	90,10	0,95	0,92	0,00	90,11	1,04	23,44	89,67	-0,99	1,738
174	6	23	174	171,62	168,15	0,39	91,05	0,95	0,92	-0,02	91,15	1,04	23,44	90,66	-0,99	1,952
175	6	24	175	172,60	169,13	0,36	92,01	0,95	0,92	-0,03	92,19	1,04	23,43	91,64	-0,99	2,166
176	6	25	176	173,59	170,12	0,33	92,96	0,95	0,92	-0,05	93,22	1,04	23,41	92,63	-0,99	2,378
177	6	26	177	174,58	171,11	0,30	93,91	0,95	0,92	-0,07	94,26	1,04	23,38	93,62	-0,99	2,588
178	6	27	178	175,56	172,09	0,26	94,87	0,95	0,91	-0,08	95,30	1,04	23,35	94,60	-0,99	2,796
179	6	28	179	176,55	173,08	0,23	95,82	0,95	0,91	-0,10	96,34	1,04	23,31	95,59	-0,99	3,002
180	6	29	180	177,53	174,07	0,20	96,77	0,95	0,91	-0,12	97,38	1,04	23,27	96,58	-0,99	3,204
181	6	30	181	178,52	175,05	0,17	97,73	0,95	0,91	-0,13	98,41	1,04	23,22	97,56	-0,99	3,404
182	7	1	182	179,51	176,04	0,13	98,68	0,95	0,91	-0,15	99,45	1,04	23,16	98,55	-0,99	3,599
183	7	2	183	180,49	177,02	0,10	99,63	0,95	0,90	-0,17	100,48	1,03	23,09	99,53	-0,99	3,791
184	7	3	184	181,48	178,01	0,07	100,59	0,95	0,90	-0,18	101,52	1,03	23,02	100,52	-0,99	3,979
185	7	4	185	182,47	179,00	0,03	101,54	0,95	0,90	-0,20	102,55	1,03	22,94	101,51	-0,99	4,161
186	7	5	186	183,45	179,98	0,00	102,49	0,95	0,90	-0,22	103,58	1,03	22,86	102,49	-0,99	4,339
187	7	6	187	184,44	180,97	-0,03	103,45	0,95	0,89	-0,23	104,61	1,03	22,76	103,48	-0,99	4,511
188	7	7	188	185,42	181,96	-0,07	104,40	0,95	0,89	-0,25	105,64	1,03	22,66	104,47	-0,99	4,677
189	7	8	189	186,41	182,94	-0,10	105,35	0,95	0,88	-0,26	106,66	1,03	22,56	105,45	-0,99	4,838
190	7	9	190	187,40	183,93	-0,13	106,31	0,95	0,88	-0,28	107,69	1,02	22,45	106,44	-0,99	4,992
191	7	10	191	188,38	184,91	-0,16	107,26	0,95	0,88	-0,30	108,71	1,02	22,33	107,42	-0,99	5,139
192	7	11	192	189,37	185,90	-0,20	108,21	0,95	0,87	-0,31	109,73	1,02	22,20	108,41	-0,99	5,279
193	7	12	193	190,36	186,89	-0,23	109,17	0,95	0,87	-0,33	110,75	1,02	22,07	109,40	-0,99	5,413
194	7	13	194	191,34	187,87	-0,26	110,12	0,95	0,86	-0,34	111,77	1,02	21,93	110,38	-0,99	5,539
195	7	14	195	192,33	188,86	-0,30	111,08	0,95	0,86	-0,36	112,78	1,02	21,79	111,37	-0,99	5,657
196	7	15	196	193,32	189,85	-0,33	112,03	0,95	0,85	-0,38	113,80	1,01	21,64	112,36	-0,99	5,767
197	7	16	197	194,30	190,83	-0,36	112,98	0,95	0,84	-0,39	114,81	1,01	21,48	113,34	-0,99	5,869
198	7	17	198	195,29	191,82	-0,39	113,94	0,95	0,84	-0,41	115,82	1,01	21,32	114,33	-0,99	5,962
199	7	18	199	196,27	192,81	-0,42	114,89	0,95	0,83	-0,42	116,83	1,01	21,15	115,32	-0,99	6,047
200	7	19	200	197,26	193,79	-0,46	115,85	0,95	0,83	-0,44	117,83	1,01	20,98	116,30	-0,99	6,124
201	7	20	201	198,25	194,78	-0,49	116,80	0,95	0,82	-0,45	118,84	1,00	20,80	117,29	-0,99	6,191
202	7	21	202	199,23	195,76	-0,52	117,75	0,95	0,81	-0,47	119,84	1,00	20,61	118,27	-0,99	6,249
203	7	22	203	200,22	196,75	-0,55	118,71	0,95	0,80	-0,48	120,84	1,00	20,42	119,26	-0,99	6,298
204	7	23	204	201,21	197,74	-0,58	119,66	0,95	0,80	-0,49	121,83	1,00	20,22	120,25	-0,99	6,337
205	7	24	205	202,19	198,72	-0,62	120,62	0,95	0,79	-0,51	122,82	0,99	20,02	121,23	-0,99	6,367
206	7	25	206	203,18	199,71	-0,65	121,57	0,96	0,78	-0,52	123,82	0,99	19,81	122,22	-0,99	6,387
207	7	26	207	204,16	200,70	-0,68	122,53	0,96	0,77	-0,54	124,81	0,99	19,60	123,21	-0,99	6,398
208	7	27	208	205,15	201,68	-0,71	123,48	0,96	0,77	-0,55	125,79	0,99	19,38	124,19	-0,99	6,399
209	7	28	209	206,14	202,67	-0,74	124,44	0,96	0,76	-0,57	126,78	0,98	19,15	125,18	-0,99	6,389
210	7	29	210	207,12	203,65	-0,77	125,40	0,96	0,75	-0,58	127,76	0,98	18,92	126,16	-0,99	6,370
211	7	30	211	208,11	204,64	-0,80	126,35	0,96	0,74	-0,59	128,74	0,98	18,69	127,15	-0,99	6,341
212	7	31	212	209,10	205,63	-0,83	127,31	0,96	0,73	-0,61	129,71	0,98	18,45	128,14	-0,99	6,302
213	8	1	213	210,08	206,61	-0,86	128,27	0,96	0,72	-0,62	130,69	0,97	18,20	129,12	-0,99	6,253
214	8	2	214	211,07	207,60	-0,89	129,22	0,96	0,71	-0,63	131,66	0,97	17,95	130,11	-0,99	6,194
215	8	3	215	212,05	208,59	-0,92	130,18	0,96	0,70	-0,65	132,63	0,97	17,70	131,10	-0,99	6,124
216	8	4	216	213,04	209,57	-0,95	131,14	0,96	0,69	-0,66	133,59	0,97	17,43	132,08	-0,99	6,045
217	8	5	217	214,03	210,56	-0,97	132,09	0,96	0,68	-0,67	134,56	0,96	17,17	133,07	-0,99	5,956
218	8	6	218	215,01	211,54	-1,00	133,05	0,96	0,67	-0,68	135,52	0,96	16,90	134,06	-0,99	5,856
219	8	7	219	216,00	212,53	-1,03	134,01	0,96	0,66	-0,69	136,48	0,96	16,63	135,04	-0,99	5,747
220	8	8	220	216,99	213,52	-1,06	134,97	0,96	0,65	-0,71	137,43	0,96	16,35	136,03	-0,99	5,628
221	8	9	221	217,97	214,50	-1,09	135,93	0,96	0,64	-0,72	138,39	0,95	16,06	137,01	-0,99	5,500
222	8	10	222	218,96	215,49	-1,11	136,89	0,96	0,63	-0,73	139,34	0,95	15,78	138,00	-0,99	5,361
223	8	11	223	219,95	216,48	-1,14	137,85	0,96	0,62	-0,74	140,29	0,95	15,48	138,99	-0,99	5,213
224	8	12	224	220,93	217,46	-1,17	138,81	0,96	0,60	-0,75	141,24	0,95	15,19	139,97	-0,99	5,056
225	8	13	225	221,92	218,45	-1,19	139,77	0,96	0,59	-0,76	142,18	0,94	14,89	140,96	-0,99	4,889
226	8	14	226	222,90	219,44	-1,22	140,73	0,96	0,58	-0,77	143,12	0,94	14,59	141,95	-0,99	

													Sidereal		Minutes	
Day	Month		D of	N	Mean	Ecc	Lon	Vp1	SRa	CRa	SunRa	Vp2	SunDec	GST	Vp3	EqnTime
231	8	19	231	227,84	224,37	-1,34	145,54	0,96	0,52	-0,82	147,80	0,93	13,01	146,88	-0,99	3,702
232	8	20	232	228,82	225,35	-1,36	146,50	0,96	0,51	-0,83	148,73	0,93	12,68	147,86	-0,99	3,474
233	8	21	233	229,81	226,34	-1,39	147,46	0,96	0,49	-0,84	149,66	0,93	12,35	148,85	-0,99	3,239
234	8	22	234	230,79	227,33	-1,41	148,43	0,96	0,48	-0,85	150,58	0,93	12,02	149,84	-0,99	2,995
235	8	23	235	231,78	228,31	-1,43	149,39	0,96	0,47	-0,86	151,51	0,92	11,69	150,82	-0,99	2,744
236	8	24	236	232,77	229,30	-1,45	150,36	0,96	0,45	-0,87	152,43	0,92	11,35	151,81	-0,99	2,486
237	8	25	237	233,75	230,28	-1,47	151,32	0,97	0,44	-0,88	153,35	0,92	11,01	152,79	-0,99	2,221
238	8	26	238	234,74	231,27	-1,49	152,29	0,97	0,43	-0,89	154,27	0,92	10,66	153,78	-0,99	1,948
239	8	27	239	235,73	232,26	-1,52	153,25	0,97	0,41	-0,89	155,18	0,92	10,31	154,77	-0,99	1,669
240	8	28	240	236,71	233,24	-1,54	154,22	0,97	0,40	-0,90	156,10	0,91	9,96	155,75	-0,99	1,384
241	8	29	241	237,70	234,23	-1,55	155,19	0,97	0,39	-0,91	157,01	0,91	9,61	156,74	-0,99	1,092
242	8	30	242	238,68	235,22	-1,57	156,15	0,97	0,37	-0,91	157,92	0,91	9,26	157,73	-0,99	0,795
243	8	31	243	239,67	236,20	-1,59	157,12	0,97	0,36	-0,92	158,84	0,91	8,90	158,71	-0,99	0,491
244	9	1	244	240,66	237,19	-1,61	158,09	0,97	0,34	-0,93	159,74	0,91	8,54	159,70	-0,99	0,183
245	9	2	245	241,64	238,17	-1,63	159,06	0,97	0,33	-0,93	160,65	0,91	8,17	160,69	-0,99	-0,131
246	9	3	246	242,63	239,16	-1,65	160,03	0,97	0,31	-0,94	161,56	0,91	7,81	161,67	-0,99	-0,449
247	9	4	247	243,62	240,15	-1,66	161,00	0,97	0,30	-0,95	162,46	0,91	7,44	162,66	-0,99	-0,772
248	9	5	248	244,60	241,13	-1,68	161,97	0,97	0,28	-0,95	163,37	0,90	7,07	163,64	-0,99	-1,099
249	9	6	249	245,59	242,12	-1,69	162,94	0,97	0,27	-0,96	164,27	0,90	6,70	164,63	-0,99	-1,430
250	9	7	250	246,58	243,11	-1,71	163,91	0,97	0,25	-0,96	165,18	0,90	6,33	165,62	-0,99	-1,765
251	9	8	251	247,56	244,09	-1,72	164,88	0,97	0,24	-0,97	166,08	0,90	5,96	166,60	-0,99	-2,103
252	9	9	252	248,55	245,08	-1,74	165,85	0,97	0,22	-0,97	166,98	0,90	5,58	167,59	-0,99	-2,445
253	9	10	253	249,53	246,07	-1,75	166,82	0,97	0,21	-0,97	167,88	0,90	5,20	168,58	-0,99	-2,788
254	9	11	254	250,52	247,05	-1,76	167,80	0,97	0,19	-0,98	168,78	0,90	4,82	169,56	-0,99	-3,135
255	9	12	255	251,51	248,04	-1,78	168,77	0,97	0,18	-0,98	169,68	0,90	4,44	170,55	-0,99	-3,483
256	9	13	256	252,49	249,02	-1,79	169,75	0,97	0,16	-0,98	170,58	0,90	4,06	171,53	-0,99	-3,833
257	9	14	257	253,48	250,01	-1,80	170,72	0,97	0,15	-0,99	171,47	0,90	3,68	172,52	-0,99	-4,185
258	9	15	258	254,47	251,00	-1,81	171,70	0,98	0,13	-0,99	172,37	0,90	3,29	173,51	-0,99	-4,538
259	9	16	259	255,45	251,98	-1,82	172,67	0,98	0,12	-0,99	173,27	0,90	2,91	174,49	-0,99	-4,891
260	9	17	260	256,44	252,97	-1,83	173,65	0,98	0,10	-0,99	174,17	0,90	2,52	175,48	-0,99	-5,245
261	9	18	261	257,42	253,96	-1,84	174,62	0,98	0,09	-1,00	175,07	0,90	2,14	176,47	-0,99	-5,599
262	9	19	262	258,41	254,94	-1,85	175,60	0,98	0,07	-1,00	175,96	0,90	1,75	177,45	-0,99	-5,953
263	9	20	263	259,40	255,93	-1,86	176,58	0,98	0,05	-1,00	176,86	0,90	1,36	178,44	-0,99	-6,307
264	9	21	264	260,38	256,91	-1,87	177,56	0,98	0,04	-1,00	177,76	0,90	0,97	179,42	-0,99	-6,659
265	9	22	265	261,37	257,90	-1,87	178,54	0,98	0,02	-1,00	178,66	0,90	0,58	180,41	-0,99	-7,011
266	9	23	266	262,36	258,89	-1,88	179,52	0,98	0,01	-1,00	179,56	0,90	0,19	181,40	-0,99	-7,360
267	9	24	267	263,34	259,87	-1,89	180,50	0,98	-0,01	-1,00	180,46	0,90	-0,20	182,38	-0,99	-7,708
268	9	25	268	264,33	260,86	-1,89	181,48	0,98	-0,02	-1,00	181,36	0,90	-0,59	183,37	-0,99	-8,054
269	9	26	269	265,32	261,85	-1,90	182,46	0,98	-0,04	-1,00	182,26	0,90	-0,98	184,36	-0,99	-8,397
270	9	27	270	266,30	262,83	-1,90	183,44	0,98	-0,06	-1,00	183,16	0,90	-1,37	185,34	-0,99	-8,737
271	9	28	271	267,29	263,82	-1,90	184,42	0,98	-0,07	-1,00	184,06	0,90	-1,76	186,33	-0,99	-9,074
272	9	29	272	268,27	264,81	-1,91	185,41	0,98	-0,09	-1,00	184,96	0,90	-2,15	187,32	-0,99	-9,408
273	9	30	273	269,26	265,79	-1,91	186,39	0,98	-0,10	-0,99	185,87	0,90	-2,54	188,30	-0,99	-9,737
274	10	1	274	270,25	266,78	-1,91	187,38	0,98	-0,12	-0,99	186,77	0,90	-2,93	189,29	-0,99	-10,062
275	10	2	275	271,23	267,76	-1,91	188,36	0,98	-0,13	-0,99	187,68	0,91	-3,32	190,27	-0,99	-10,383
276	10	3	276	272,22	268,75	-1,92	189,35	0,99	-0,15	-0,99	188,59	0,91	-3,70	191,26	-0,99	-10,699
277	10	4	277	273,21	269,74	-1,92	190,33	0,99	-0,16	-0,98	189,49	0,91	-4,09	192,25	-0,99	-11,009
278	10	5	278	274,19	270,72	-1,92	191,32	0,99	-0,18	-0,98	190,40	0,91	-4,48	193,23	-0,99	-11,314
279	10	6	279	275,18	271,71	-1,92	192,30	0,99	-0,20	-0,98	191,32	0,91	-4,86	194,22	-0,99	-11,613
280	10	7	280	276,16	272,70	-1,91	193,29	0,99	-0,21	-0,97	192,23	0,91	-5,25	195,21	-0,99	-11,906
281	10	8	281	277,15	273,68	-1,91	194,28	0,99	-0,23	-0,97	193,14	0,91	-5,63	196,19	-0,99	-12,192
282	10	9	282	278,14	274,67	-1,91	195,27	0,99	-0,24	-0,96	194,06	0,92	-6,01	197,18	-0,99	-12,471
283	10	10	283	279,12	275,65	-1,91	196,26	0,99	-0,26	-0,96	194,98	0,92	-6,39	198,16	-0,99	-12,742
284	10	11	284	280,11	276,64	-1,90	197,25	0,99	-0,27	-0,96	195,90	0,92	-6,77	199,15	-0,99	-13,007
285	10	12	285	281,10	277,63	-1,90	198,24	0,99	-0,29	-0,95	196,82	0,92	-7,15	200,14	-0,99	-13,263
286	10	13	286	282,08	278,61	-1,89	199,23	0,99	-0,30	-0,94	197,75	0,92	-7,53	201,12	-0,99	-13,511
287	10	14	287	283,07	279,60	-1,89	200,22	0,99	-0,32	-0,94	198,67	0,93	-7,90	202,11	-0,99	-13,751
288	10	15	288	284,05	280,59	-1,88	201,21	0,99	-0,33	-0,93	199,60	0,93	-8,28	203,10	-0,99	-13,982
289	10	16	289	285,04	281,57	-1,88	202,21	0,99	-0,35	-0,93	200,53	0,93	-8,65	204,08	-0,99	-14,203
290	10	17	290	286,03	282,56	-1,87	203,20	0,99	-0,36	-0,92	201,46	0,93	-9,02	205,07	-0,99	-14,416
291	10	18	291	287,01	283,54	-1,86	204,19	0,99	-0,38	-0,91	202,40	0,94	-9,38	206,05	-0,99	-14,618
292	10	19	292	288,00	284,53	-1,85	205,19	0,99	-0,39	-0,90	203,34	0,94	-9,75	207,04	-0,99	-14,811
293	10	20	293	288,99	285,52	-1,85	206,18	0,99	-0,40	-0,90	204,28	0,94	-10,11	208,03	-0,99	-14,993
294	10	21	294	289,97	286,50	-1,84	207,18	1,00	-0,42	-0,89	205,22	0,94	-10,47	209,01	-0,99	-15,165
295	10	22	295	290,96	287,49	-1,83	208,17	1,00	-0,43	-0,88	206,17	0,95	-10,83	210,00	-0,99	-15,326
296	10	23	296	291,95	288,48	-1,82	209,17	1,00	-0,45	-0,87	207,12	0,95	-11,18	210,99	-0,99	-15,476
297	10	24	297	292,93	289,46	-1,81	210,17	1,00	-0,46	-0,86	208,07	0,95	-11,53	211,97	-0,99	-15,615
298	10	25	298	293,92	290,45	-1,80	211,16	1,00	-0,47	-0,86	209,02	0,95	-11,88	212,96	-0,99	-15,742
299	10	26	299	294,90	291,44	-1,78	212,16	1,00	-0,49	-0,85	209,98	0,96	-12,23	213,95	-0,99	-15,857
300	10	27	300	295,89	292,42	-1,77	213,16	1,00	-0,50	-0,84	210,94	0,96	-12,57	214,93	-0,99	-15,961
301	10	28	301	296,88	293,41	-1,76	214,16	1,00	-0,52	-0,83	211,91	0,96	-12,91	215,92	-0,99	-16,052
302	10	29	302	297,86	294,39	-1,74	215,16	1,00	-0,53	-0,82	212,87	0,97	-13,24	216,90	-0,99	-16,131
303	10	30	303	298,85	295,38	-1,73	216,16	1,00	-0,54	-0,81	213,84	0,97	-13,58	217,89	-0,99	-16,197
304	10	31	304	299,84	296,37	-1,72	217,16	1,00	-0,55	-0,80	214,81	0,97	-13,90	218,88	-0,99	-16,250
305	11	1														

Day	Month	D of	N	Mean	Ecc	Lon	Vp1	SRa	CRa	SunRa	Vp2	SunDec	Sidereal	Vp3	Minutes	
309	11	5	309	304,77	301,30	-1,64	222,17	1,00	-0,62	-0,74	219,73	0,99	-15,49	223,81	-0,99	-16,318
310	11	6	310	305,75	302,28	-1,62	223,18	1,00	-0,63	-0,73	220,72	0,99	-15,80	224,79	-0,99	-16,291
311	11	7	311	306,74	303,27	-1,60	224,18	1,00	-0,64	-0,72	221,72	1,00	-16,10	225,78	-0,99	-16,250
312	11	8	312	307,73	304,26	-1,58	225,18	1,00	-0,65	-0,70	222,72	1,00	-16,39	226,77	-0,99	-16,196
313	11	9	313	308,71	305,24	-1,56	226,19	1,01	-0,66	-0,69	223,72	1,00	-16,68	227,75	-0,99	-16,127
314	11	10	314	309,70	306,23	-1,55	227,19	1,01	-0,67	-0,68	224,73	1,01	-16,97	228,74	-0,99	-16,044
315	11	11	315	310,68	307,22	-1,53	228,20	1,01	-0,68	-0,67	225,74	1,01	-17,25	229,73	-0,99	-15,948
316	11	12	316	311,67	308,20	-1,51	229,21	1,01	-0,69	-0,65	226,75	1,01	-17,53	230,71	-0,99	-15,837
317	11	13	317	312,66	309,19	-1,49	230,21	1,01	-0,71	-0,64	227,77	1,02	-17,80	231,70	-0,99	-15,712
318	11	14	318	313,64	310,17	-1,46	231,22	1,01	-0,72	-0,63	228,79	1,02	-18,07	232,69	-0,99	-15,573
319	11	15	319	314,63	311,16	-1,44	232,23	1,01	-0,73	-0,61	229,82	1,02	-18,33	233,67	-0,99	-15,420
320	11	16	320	315,62	312,15	-1,42	233,24	1,01	-0,73	-0,60	230,84	1,03	-18,58	234,66	-0,99	-15,253
321	11	17	321	316,60	313,13	-1,40	234,25	1,01	-0,74	-0,58	231,88	1,03	-18,84	235,64	-0,99	-15,072
322	11	18	322	317,59	314,12	-1,38	235,26	1,01	-0,75	-0,57	232,91	1,04	-19,08	236,63	-0,99	-14,877
323	11	19	323	318,58	315,11	-1,35	236,26	1,01	-0,76	-0,56	233,95	1,04	-19,32	237,62	-0,99	-14,669
324	11	20	324	319,56	316,09	-1,33	237,27	1,01	-0,77	-0,54	234,99	1,04	-19,55	238,60	-0,99	-14,446
325	11	21	325	320,55	317,08	-1,30	238,28	1,01	-0,78	-0,53	236,04	1,05	-19,78	239,59	-0,99	-14,210
326	11	22	326	321,53	318,07	-1,28	239,30	1,01	-0,79	-0,51	237,09	1,05	-20,00	240,58	-0,99	-13,961
327	11	23	327	322,52	319,05	-1,26	240,31	1,01	-0,80	-0,50	238,14	1,05	-20,22	241,56	-0,99	-13,699
328	11	24	328	323,51	320,04	-1,23	241,32	1,01	-0,80	-0,48	239,19	1,06	-20,43	242,55	-0,99	-13,423
329	11	25	329	324,49	321,02	-1,21	242,33	1,01	-0,81	-0,46	240,25	1,06	-20,63	243,53	-0,99	-13,135
330	11	26	330	325,48	322,01	-1,18	243,34	1,01	-0,82	-0,45	241,31	1,06	-20,83	244,52	-0,99	-12,833
331	11	27	331	326,47	323,00	-1,15	244,35	1,01	-0,83	-0,43	242,38	1,06	-21,02	245,51	-0,99	-12,520
332	11	28	332	327,45	323,98	-1,13	245,37	1,01	-0,83	-0,42	243,44	1,07	-21,20	246,49	-0,99	-12,194
333	11	29	333	328,44	324,97	-1,10	246,38	1,01	-0,84	-0,40	244,52	1,07	-21,38	247,48	-0,99	-11,857
334	11	30	334	329,42	325,96	-1,07	247,39	1,01	-0,85	-0,38	245,59	1,07	-21,55	248,47	-0,99	-11,508
335	12	1	335	330,41	326,94	-1,05	248,41	1,01	-0,85	-0,37	246,67	1,08	-21,71	249,45	-0,99	-11,148
336	12	2	336	331,40	327,93	-1,02	249,42	1,01	-0,86	-0,35	247,74	1,08	-21,87	250,44	-0,99	-10,777
337	12	3	337	332,38	328,91	-0,99	250,44	1,01	-0,86	-0,33	248,83	1,08	-22,02	251,42	-0,99	-10,395
338	12	4	338	333,37	329,90	-0,96	251,45	1,01	-0,87	-0,32	249,91	1,08	-22,16	252,41	-0,99	-10,003
339	12	5	339	334,36	330,89	-0,93	252,47	1,01	-0,87	-0,30	251,00	1,09	-22,29	253,40	-0,99	-9,602
340	12	6	340	335,34	331,87	-0,90	253,48	1,02	-0,88	-0,28	252,09	1,09	-22,42	254,38	-0,99	-9,191
341	12	7	341	336,33	332,86	-0,87	254,50	1,02	-0,88	-0,27	253,18	1,09	-22,54	255,37	-0,99	-8,771
342	12	8	342	337,32	333,85	-0,84	255,51	1,02	-0,89	-0,25	254,27	1,09	-22,65	256,36	-0,99	-8,343
343	12	9	343	338,30	334,83	-0,81	256,53	1,02	-0,89	-0,23	255,37	1,10	-22,76	257,34	-0,99	-7,906
344	12	10	344	339,29	335,82	-0,78	257,54	1,02	-0,90	-0,22	256,46	1,10	-22,86	258,33	-0,99	-7,462
345	12	11	345	340,27	336,81	-0,75	258,56	1,02	-0,90	-0,20	257,56	1,10	-22,95	259,32	-0,99	-7,011
346	12	12	346	341,26	337,79	-0,72	259,58	1,02	-0,90	-0,18	258,66	1,10	-23,03	260,30	-0,99	-6,553
347	12	13	347	342,25	338,78	-0,69	260,59	1,02	-0,91	-0,16	259,77	1,10	-23,11	261,29	-0,99	-6,089
348	12	14	348	343,23	339,76	-0,66	261,61	1,02	-0,91	-0,15	260,87	1,10	-23,18	262,27	-0,99	-5,620
349	12	15	349	344,22	340,75	-0,63	262,63	1,02	-0,91	-0,13	261,97	1,10	-23,24	263,26	-0,99	-5,145
350	12	16	350	345,21	341,74	-0,60	263,65	1,02	-0,91	-0,11	263,08	1,11	-23,29	264,25	-0,99	-4,666
351	12	17	351	346,19	342,72	-0,57	264,66	1,02	-0,91	-0,09	264,19	1,11	-23,33	265,23	-0,99	-4,183
352	12	18	352	347,18	343,71	-0,54	265,68	1,02	-0,91	-0,08	265,30	1,11	-23,37	266,22	-0,99	-3,696
353	12	19	353	348,16	344,70	-0,51	266,70	1,02	-0,92	-0,06	266,40	1,11	-23,40	267,21	-0,99	-3,206
354	12	20	354	349,15	345,68	-0,47	267,72	1,02	-0,92	-0,04	267,51	1,11	-23,42	268,19	-0,99	-2,714
355	12	21	355	350,14	346,67	-0,44	268,74	1,02	-0,92	-0,02	268,62	1,11	-23,44	269,18	-0,99	-2,221
356	12	22	356	351,12	347,65	-0,41	269,76	1,02	-0,92	0,00	269,73	1,11	-23,44	270,16	-0,99	-1,726
357	12	23	357	352,11	348,64	-0,38	270,77	1,02	-0,92	0,01	270,84	1,11	-23,44	271,15	-0,99	-1,230
358	12	24	358	353,10	349,63	-0,34	271,79	1,02	-0,92	0,03	271,95	1,11	-23,43	272,14	-0,99	-0,734
359	12	25	359	354,08	350,61	-0,31	272,81	1,02	-0,92	0,05	273,06	1,11	-23,41	273,12	-0,99	-0,239
360	12	26	360	355,07	351,60	-0,28	273,83	1,02	-0,92	0,07	274,17	1,11	-23,39	274,11	-0,99	0,255
361	12	27	361	356,05	352,59	-0,25	274,85	1,02	-0,91	0,08	275,28	1,11	-23,35	275,10	-0,99	0,748
362	12	28	362	357,04	353,57	-0,21	275,87	1,02	-0,91	0,10	276,39	1,11	-23,31	276,08	-0,99	1,238
363	12	29	363	358,03	354,56	-0,18	276,89	1,02	-0,91	0,12	277,50	1,11	-23,26	277,07	-0,99	1,726
364	12	30	364	359,01	355,54	-0,15	277,91	1,02	-0,91	0,14	278,61	1,11	-23,21	278,05	-0,99	2,210
365	12	31	365	0,00	356,53	-0,12	278,93	1,02	-0,91	0,16	279,71	1,11	-23,14	279,04	-0,99	2,691

Legenda:

	1e van de maand		jaargetijden
	peri- en aphelium en +90°		GST
	EOT maximum		EOT minimum

Tabel 2. Tijdsvereffening zonnenuijzer Eenrum en klokrentijd

Minutes -15-6.45 Tijdsvereffening						Minutes -15-6.45 Tijdsvereffening					
Day	Month	D of Yr	EqnTime	*	voor 6°27' O.L.	Day	Month	D of Yr	EqnTime	*	voor 6°27' O.L.
1	1	1	3,165	34,2	37,365	1	7	182	3,599	34,2	37,799
5	1	5	5,016	34,2	39,216	5	7	186	4,339	34,2	38,539
10	1	10	7,171	34,2	41,371	10	7	191	5,139	34,2	39,339
15	1	15	9,099	34,2	43,299	15	7	196	5,767	34,2	39,967
20	1	20	10,755	34,2	44,955	20	7	201	6,191	34,2	40,391
25	1	25	12,107	34,2	46,307	25	7	206	6,387	34,2	40,587
1	2	32	13,446	34,2	47,646	1	8	213	6,253	34,2	40,453
5	2	36	13,914	34,2	48,114	5	8	217	5,956	34,2	40,156
10	2	41	14,198	34,2	48,398	10	8	222	5,361	34,2	39,561
15	2	46	14,158	34,2	48,358	15	8	227	4,529	34,2	38,729
20	2	51	13,814	34,2	48,014	20	8	232	3,474	34,2	37,674
25	2	56	13,194	34,2	47,394	25	8	237	2,221	34,2	36,421
1	3	60	12,520	34,2	46,720	1	9	244	0,183	34,2	34,383
5	3	64	11,708	34,2	45,908	5	9	248	-1,099	34,2	33,101
10	3	69	10,529	34,2	44,729	10	9	253	-2,788	34,2	31,412
15	3	74	9,205	34,2	43,405	15	9	258	-4,538	34,2	29,662
21	3	80	7,483	34,2	41,683	20	9	263	-6,307	34,2	27,893
25	3	84	6,289	34,2	40,489	25	9	268	-8,054	34,2	26,146
1	4	91	4,185	34,2	38,385	1	10	274	-10,062	34,2	24,138
5	4	95	3,009	34,2	37,209	5	10	278	-11,314	34,2	22,886
10	4	100	1,605	34,2	35,805	10	10	283	-12,742	34,2	21,458
15	4	105	0,309	34,2	34,509	15	10	288	-13,982	34,2	20,218
20	4	110	-0,847	34,2	33,353	20	10	293	-14,993	34,2	19,207
25	4	115	-1,831	34,2	32,369	25	10	298	-15,742	34,2	18,458
1	5	121	-2,750	34,2	31,450	1	11	305	-16,290	34,2	17,910
5	5	125	-3,189	34,2	31,011	5	11	309	-16,318	34,2	17,882
10	5	130	-3,531	34,2	30,669	10	11	314	-16,044	34,2	18,156
15	5	135	-3,636	34,2	30,564	15	11	319	-15,420	34,2	18,780
20	5	140	-3,507	34,2	30,693	20	11	324	-14,446	34,2	19,754
25	5	145	-3,153	34,2	31,047	25	11	329	-13,135	34,2	21,065
1	6	152	-2,315	34,2	31,885	1	12	335	-11,148	34,2	23,052
5	6	156	-1,683	34,2	32,517	5	12	339	-9,602	34,2	24,598
10	6	161	-0,769	34,2	33,431	10	12	344	-7,462	34,2	26,738
15	6	166	0,243	34,2	34,443	15	12	349	-5,145	34,2	29,055
15	6	166	0,243	34,2	34,443	20	12	354	-2,714	34,2	31,486
20	6	171	1,308	34,2	35,508	25	12	359	-0,239	34,2	33,961
25	6	176	2,378	34,2	36,578	31	12	365	2,691	34,2	36,891

* -15° - 6,45° = 8,55°

-15° - 6°27' = 8°33'

Eenrum ligt 8°33'westelijk van de 15° O.L.-meridiaan die door onze tijdzone loopt.

Het is altijd 34,2 minuten of 34 min. en 12 sec. +of- Minutes Eqn Time vroeger op de zonnenuijzer.

Anders gezegd: Op de klok is het altijd later dan op de zonnenuijzer (Ainrommer Tied)

N.B.: In de tabel zijn de tijden in **decimale minuten** aangegeven.

Literatuur:

Reinaert Systematische Encyclopedie deel 6 Sterrenkunde, uitg. D.A.P. Reinaert Uitgaven, Brussel, 1972 (Bewerking van de Bordas-Encyclopédie, uitg. S.A. Les Éditions Bordas, Paris), 520-521; 523.1-523-2; 526.1-526-3

- M. Hugenholtz: Tuinzonnewijzers in: Groei & bloei april 1993, Corelio Printing, Eppe-Mere
- E.L.H. Roebroeck: Achtergrond Informatie Zonnewijzer in: De Mare, Maandblad voor Eenrum, jg. 13 nr. 7 juli 2002
- Th. Zandstra: De oudste klok de mensheid. Een interview met drs. E.L.H. Roebroeck in Dagblad van het Noorden, 21 januari 2006.
- E.L.H. Roebroeck: Zonnewijzers aan Groninger Kerken in: Groninger Kerken, 2^e jrg. nr. 4, december 1985
- E.L.H. Roebroeck: Op naar de Poolster in Eenrum. Materiaal Stichting Historische Kring Eenrum.
- M. Penston en I. Morison: Astronomie, Veltman Uitgevers, Utrecht 2005.
- Dan Ewing Duncan: De kalender. Op zoek naar de tijd. Uitgever BZZTôH bv, 's-Gravenhage, 1999.
- F.J. de Vries: Een uniforme methode om vlakke zonnewijzers te berekenen.
<https://www.dezonnewijzerkring.nl/algemeen/FdV-vlakke-zws-berekenen.pdf>
- Jürgen Giesen: Sonnenuhren. Op www.giesen.dinet.de, 24-3-1998
- Wikipedia: Wetten van Kepler. Op:
http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetten_van_Kepler
- Volkssterrenwacht Urania: Hemelmechanica Op:
<https://leden.urania.be/astrologie/sterrenkunde/hemelmechanica/bewegingen>
- Lunar and Planetary Institute: About Constellations, Op:
www.lpi.usra.edu/education/skytellers/constellations/about.shtml
- Wikipedia: Tijdvergelijking Op:
https://en.org/wiki/Equation_of_time
- E.L.H. Roebroeck: Ontwerptekeningen en toelichtingen. Map 42 in K-HK van Stichting Historische Kring Eenrum
- Wikipedia: Geocentrisme. Op:
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Geocentrisme>
- ZW SunAnalemma: Sundials, Design, Construction, and Use Op:
https://www.academia.edu/46879214/sundials_Design_Construction_and_Use
- N. de Kort: Klassieke Mechanica, Stichting Teleac-Utrecht 1989, Cambridge University Press
- Dr. R.L. Kellogg: RK_Sun-Analemma-and-EoT.xlsm is een spreadsheet. Was op
<http://www.wsanford.com/%wsanford/exo/sundials/SunAnalemma.xls> Zie eventueel: Berekening tijdsvereffening. Bijlage Aardbaan &EOT
<https://sciencetalk.nl/forum/viewtopic.php?t=200427>
- Wikipedia, the free Encyclopedia: Position of the Sun, http://en.wikipedia.org/wiki/Position_of_the_Sun#mw-navigation
- Wikipedia, the free Encyclopedia: Kepler's laws of planetary motion, http://en.wikipedia.org/wiki/Kepler%27s_laws_of_planetary_motion

Begrippen: Ware Anomalie: hoek tussen voerstraal uit de zon naar een planeet en de lijn zon-perihelium

Figuren:

1.	Seizoens- cyclus	Bron KNMI. in NEWI Meteo Fijnaart: Weerkundig woordenboek -P- :Perihelium www.newimeteo.com/woordenboek/P.html	p. 4
2.	Plattegrond horizontale zonnewijzer Eenrum	Materiaal Stichting Historische Kring Eenrum	p. 6
3.	Schaduwen	Sonnenuhren, Jürgen Giesen, p 12 www.jgiesen.de/Divers/Sonnenuhr/Sonnenuhr.html	P. 8
4.	Ainr.Tied - Klokkentijd	ontwerp H. v.d. Laan op basis van materiaal van de Historische Kring Eenrum	p. 11
5.	Analemma	Achtergrond informatie zonnewijzer. Zonnetijd en klokketijd op de monumentale zonnewijzer te Eenrum. p.10 in De Mare Maandblad voor Eenrum jrg. 13 nr.7 juli 2002	p. 13
6.	Uurlijnen	Zonnewijzers aan Groninger Kerken, p 117, E.L.H. Roebroeck in Groninger Kerken, Tweede jaargang nr 4, december 1985	p. 15
7.	Uurlijnen- F.J. de Vries	Constructie van een eenvoudige zonnewijzer, Equatoriale zonnewijzer. https://anwheemlanden.wordpress.com/heelal/werkbladen-en-andere-documenten (auteur niet vermeld)	p. 15
8.	Zonnedag	De aardrotatie p. 3 https://www.slideshare.net/slideshow/5-de-aardrotatie-39201338/39201338	p. 17
9.	Perken	Wikipedia, Wetten van Kepler, Tweede wet, afbeelding van Andre Engels W http://nl.wikipedia.org/wiki/Wetten_van_Kepler	P. 19
10.	Herhaling zonnedag	Zie fig. 8	p. 19
11.	Seizoens- cyclus	zie fig. 1	p. 21
12.	Hemelglobe	Astro-Pallas, (bewerkt) https://blog.rovosmanagement.nl Archieven, maart 2017, Le Qattro Stagioni, Lente	p. 22
13.	Ecliptica	www.users.skynet.be/kepler/ndageffsn.html is niet meer bereikbaar. Wel bereikbaar: met andere invulling: https://en.wikipedia.org/wiki/Declination#media/File:Stars-and-dec.png	p. 24
14.	Excentri- citeit	Tekening H. v.d. Laan	p. 31
15.	Hemelglobe2	Zie fig. 12	p. 32
16.	Precessie	https://leden.urania.be/astronomie/sterrenkunde/hemelmechanica/bewegingen	p. 35
17.	Nutatie	https://www.fredtak.nl/natuurkunde/238-rotatie-precessie-nutatie	p. 35

Afbeeldingen

- | | | | |
|----|------------|--|-------|
| 1. | Dierenriem | Lunar and Planetary Institute, About Constellations,
www.lpi.usra.edu/education/skytellers/constellations/about.shtml | p. 21 |
|----|------------|--|-------|

Kaarten

- | | | | |
|----|-----------|---|-------|
| 1. | Tijdzones | Tijdzones wereldtijden wereldklok vakantie,
www.apporte.nl/wereld-tijdzones/tijdzones_wereldtijden.html | p. 10 |
|----|-----------|---|-------|

Grafieken

- | | | | |
|----|-------------------------------------|---|-------|
| 1. | Tijdvereffening: invloed ellipsvorm | Meteo Maarssen: Tijd. Tijdmeting
https://www.meteo-maarssen.nl/kal_tijd.html | p. 20 |
| 2. | Tijdvereffening: invloed declinatie | Meteo Maarssen: Tijd. Tijdmeting
https://www.meteo-maarssen.nl/kal_tijd.html | p. 25 |
| 3. | Tijdvereffening: invloed declinatie | Meteo Maarssen: Tijd. Tijdmeting
https://www.meteo-maarssen.nl/kal_tijd.html | p. 26 |
| 4. | Schaduwcoördinaten | H. v.d. Laan | p. 28 |

Tabellen

- | | | | |
|----|-----------------|---|-------|
| 1. | Tijdvereffening | De Mare, Maandblad voor Eenrum, jrg 13 nr. 7 juli 2001, p. 10 | p. 12 |
|----|-----------------|---|-------|

Foto's

H. v.d. Laan, tenzij anders vermeld

Inhoudsopgave:

De horizontale zonnewijzer te Eenrum	1
Zonnewijzers deel I	2
Inleiding.....	2
De globe, een model van de aarde.....	2
De aarde als onderdeel van ons zonnestelsel	3
De horizontale zonnewijzer	5
Klokkentijd.....	10
Tijdsverschil zonnewijzer en klok.....	10
Uren op gelijke tijdsafstanden.....	15
Zonnewijzers deel II	17
De baan van de aarde als een cirkel om de zon?.....	17
De ellipsvormige baan van de aarde om de zon	18
Aardas niet loodrecht op baanvlak.....	21
Tijdvereffening. EOT.....	25
Van zonpositie naar schaduwpositie	27
Hoofdprocedure	27
De aarde binnen het zonnestelsel.....	30
Een computerprogramma voor het berekenen van de tijdvereffening	33
Tot slot	35
Bijlage I	36
Tabel 1 Tijdvereffening M.E.T.	36
Tabel 2 Tijdvereffening zonnewijzer Eenrum en klokkentijd.....	41
Literatuur	42
Lijst Figuren:.....	43
Lijst Afbeeldingen/Kaarten/Grafieken/Foto's.....	44

Nawoord

Het idee om een boekje te schrijven over de horizontale zonnewijzer te Eenrum is ontstaan tijdens mijn rondleidingen als Eenrumer dorpsgids. De zonnewijzer kon een onderdeel zijn van een rondleiding en had mijn bijzondere belangstelling. De leerlingen van de basisschool van groep 8 kregen jaarlijks een rondleiding door het dorp en de zonnewijzer was een vast item. Het is de basis van het eerste deel van m'n verhaal geworden. In deel twee wordt dieper ingegaan op de materie. Een drietal exemplaren in ringband zijn te vinden in het archief van de Historische Kring Eenrum.

Op 8 juli 2023 was de horizontale zonnewijzer opgenomen in de jaarlijkse excursie van De Nederlandse Zonnewijzerkring. Na het bezoek was er reden voor mevr. Astrid v.d. Werff om te informeren bij de Vereniging Dorpsbelangen Eenrum (en de Stichting Historische Kring Eenrum) of er meer bekend was over deze zonnewijzer. Astrid gaf me het duwtje om mijn boekje 'formeel beschikbaar te maken' voor de Nederlandse Zonnewijzerkring. Zij bracht mij in contact met dhr. Ruud Hooijenga. Zijn commentaar, redactionele adviezen en correcties hebben essentieel bijgedragen tot het eindproduct. Daarvoor ben ik beiden zeer erkentelijk.

Nu is dit boekje in digitale vorm als pdf beschikbaar.

Eenrum, 1 november 2024

Harry v.d. Laan