

## Tijdmeting en navigatie met de universele ring van Wright

Nico Smalenburg

### Zonnewijzer

Onlangs heeft mijn schoonzoon mij een zak-zonnewijzer cadeau gedaan. Dit instrumentje is een draagbare equinoctiale ring, dus in feite een draagbare equinoctiale zonnewijzer. Deze is vermoedelijk uitgevonden door de Engelse wiskundige, *William Oughtred*, omstreeks het jaar 1600. Hij werd tot circa 1800 gebruikt, waarna nauwkeuriger instrumenten voor tijd- en plaatsbepaling werden ontwikkeld. Zie figuur 1.

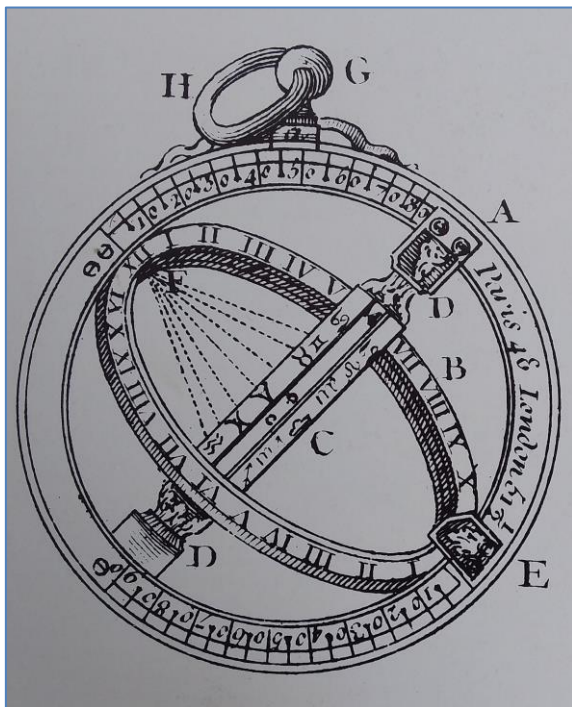


Fig. 1. Universele ringzonnewijzer Wright.



Het instrument bestaat uit twee ringen die ten opzichte van elkaar over 90 graden kunnen worden uitgeklapt. Met deze ringzonnewijzer kan men de *zonnetijd* ter plaatse meten, zolang als de zon schijnt.

De buitenring bevat  $0^\circ$  tot  $90^\circ$  N. Het ophangpunt in Meppel stellen we in op  $52^\circ 40'$  N. De uitgeklapte binnenring ligt daarmee in het vlak van de evenaar.

De buitenring dient in het vlak van de meridiaan N-Z te worden geplaatst. Op de middellijn van de buitenring is op  $90^\circ$  N (tussen A en D in figuur 1) een verschuifbaar vizier (P in figuur 2) aangebracht dat naar de betreffende maand, wanneer de zonnetijd moet worden bepaald, kan worden verschoven.

De binnenring ligt, indien uitgeklapt in het equatoriale vlak.

Aan de binnenkant van deze ring is een lijn gegraveerd met om het uur een deelstreepje. Aan de bovenkant van de binnenring zijn bij die streepjes de bijbehorende uur-cijfers gegraveerd.

De afstand tussen de uur-streepjes is de uur-afstand tussen twee meridianen, dus is  $15^\circ$ . De binnenring en de datumschaal zijn in de buitenring bevestigd.

Op de datumschaal wordt het vizier op de betreffende maand ingesteld. De instelling op de datumschaal is in drie posities van ieder 10 dagen verdeeld, zodat de instelling van de datum een nauwkeurigheid van circa 10 dagen heeft.

Het ophangpunt is instelbaar en wordt ingesteld op de N-positie, waar men zich bevindt. De zonnewijzer wordt nu zodanig gedraaid dat de zonnestraal, via het vizier, op de binnenkant van de equatoriale ring valt en zodoende de zonnetijd op de locatie waar men zich bevindt, weergeeft. De buitenring van de zonnewijzer is N-Z gericht, waarmee deze dus eveneens als kompas kan worden gebruikt.

### UTC en zonnetijd

Als we met zonnewijzers werken, hebben we te maken met zonnetijd  $t_{\text{zon}}$  en horlogetijd CET of CEST. De zonnewijzer  $t_{\text{zon}}$  geeft, voor elke plaats P, de plaatselijke zonnetijd  $t_{\text{zon}}$ , de tijd dat de zon de lengte-cirkel door die plaats passeert.

De Coordinated Universal Time (UTC) is bij zeer goede benadering Greenwich Mean Time (GMT). De UTC, is de zonnetijd  $t_{\text{zon}}$  van Londen. Als op een dag UTC = 12:00 uur, dan passeert de zon in Greenwich de nulmeridiaan.

De horlogetijd CET in de winter in Nederland is CET = UTC + 1 uur (Central European Time). CET is de zonnetijd van plaatsen op 15° E (East). Dat is de zonnetijd op ongeveer de 'oostgrens' van Duitsland.

Fig. 2. Zonnetijd-meting.

De horlogetijd CEST in de zomer is CEST = UTC + 2 uur (Central European Summer Time). CEST is de zonnetijd van plaatsen op 30° E.

Omdat 15° (lengtegraden) overeenkomen met 1 uur tijdverschil, kunnen we afstanden in °E (oostelijk t.o.v. de nulmeridiaan) uitdrukken in tijd. De zonnetijd voor plaats P is:

$$t_{\text{zon}}(\text{P}) = \text{UTC} + \frac{^{\circ}\text{E}}{15} \text{ [uur]} \quad (1)$$

In de winter/zomer geldt dus:

$$t_{\text{zon}}(\text{P}) = \text{CET} + \frac{^{\circ}\text{E}}{15} - 1 \text{ [uur]} = \text{CEST} + \frac{^{\circ}\text{E}}{15} - 2 \text{ [uur]} \quad (2)$$

Omdat Nederland op ongeveer 5° E ligt, geldt voor Nederland  $t_{\text{zon}}(\text{Ned}) \approx \text{CET} - \frac{2}{3} \text{ [uur]}$ . Per definitie gaat de zon bij de zonnetijd 12:00 uur door de lengtecirkel van de betreffende plaats P. De zon staat in Nederland, in de winter, overal zo ongeveer om 12:40 uur op zijn hoogste punt; in de zomer om 13:40 uur.

### Voorbeeld 1.

We kunnen de zonnetijd voor elke plaats in Nederland met een *GPS-calculator* op internet nauwkeuriger uitrekenen. De GPS-coördinaten voor bijvoorbeeld Meppel zijn:

- Breedtegraad (latitude) = 52,6921234° N.
- Lengtegraad (longitude) = 6,1937187° E.

De zonnetijd van Meppel in de winter is  $t_{\text{zon}}(\text{Meppel}) = \text{CET} + \frac{^{\circ}\text{E}}{15} - 1 = \text{CET} - 0,587085 \text{ [uur]}$ . In de winter staat de zon in Meppel het hoogst om 12:35 uur; in de zomer om 13:35 uur.

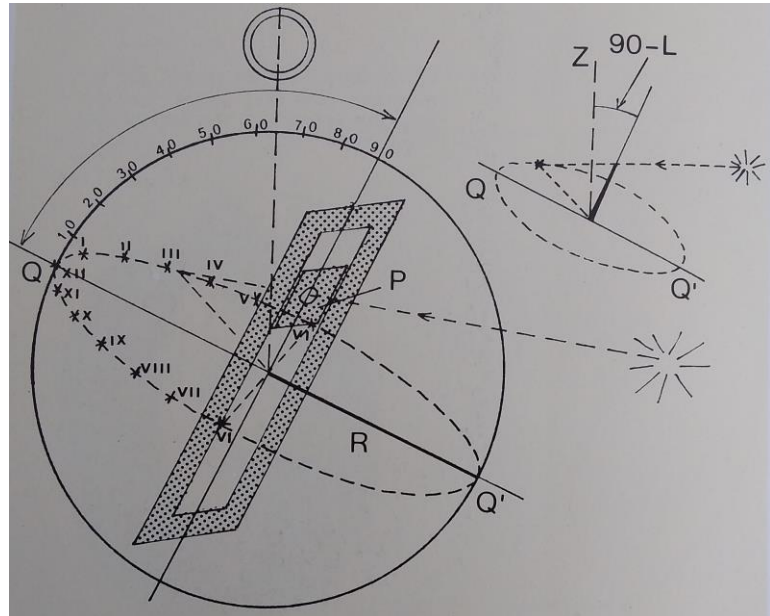
■

### Voorbeeld 2.

De GPS-coördinaten voor Berlijn zijn:

- Breedtegraad = 52,5200066° N;
- Lengtegraad = 3,404954° E.

Merk op dat Berlijn op bijna dezelfde breedtegraad ligt als Meppel.



Als het in de zomer 09:00 uur is in Berlijn, dan is het ook 09:00 uur in Meppel. Berlijn en Meppel vallen immers in dezelfde tijdzone. Het verschil in lengtegraden is  $7,211231^\circ$ ; dat komt overeen met een tijdsverschil van  $28'51''$ . Volgens de zon is het in Meppel  $28'51''$  vroeger dan in Berlijn. Dat kunnen we ook als volgt zien:

$$t_{\text{zon}}(\text{Berlijn}) = \text{CEST} + \frac{^\circ E}{15} - 2 = 9 - 1,106336 = 7:53'37'' \text{ [uur]} \quad (3)$$

$$t_{\text{zon}}(\text{Meppel}) = \text{CEST} + \frac{^\circ E}{15} - 2 \text{ [uur]} = 9 + \frac{6,1937187}{15} - 2 = 7:24'46'' \quad (4)$$

Als we deze zonnetijden van elkaar aftrekken, krijgen we ook  $28'51''$ , inderdaad ongeveer een half uur.

■

### Voorbeeld 3: Meting van de zonnetijd.



Fig. 3. Zonnetijdmeting.

In figuur 3 is de meting van de zonnetijd in Meppel weergegeven. De ringzonnwijzer is N-Z gericht. De horlogetijd in Meppel is 14:00 uur terwijl de zonnetijd als geprojecteerd met een lichtspotje op de evenaar-ring ongeveer 13:30 uur aangeeft. Het verschil is inderdaad ongeveer een  $\frac{1}{2}$  uur.

Een andere methode is om experimenteel het ophangpunt op de zonnwijzer zodanig te kiezen dat er op de midden-ring een

lichtspotje verschijnt op de urenring. De buitenring van het zonnwijzertje is daarmee tevens N-Z gericht.

■

Met dit zonnwijzertje is het, al dan niet in combinatie met een zakhorloge of een octant, mogelijk om te navigeren. Indien men zich echter in N- of Z-richting verplaatst, dien je wel eerst de breedte in graden N in te stellen met het ophangpunt van de zonnwijzer, of wel met de octant te bepalen.

### Voorbeeld 4.

We navigeren bijvoorbeeld in westelijke richting over de  $52^\circ$  breedtegraad. We vertrekken (in gedachten met een supersonisch toestel) om 10:00 uur (wintertijd of zomertijd maakt niet uit) uit Meppel. We komen ook aan om 10:00 uur. Wat zijn de coördinaten van de aankomstplaats X?

We reizen 1 uur en leggen dus 15 meridiane booggraden af. Meppel ligt op  $6,1937187^\circ$  E. Plaats X ligt op  $15^\circ$  links daarvan, dus op  $8,806281^\circ$  W. En natuurlijk op  $52,6921234^\circ$  N. Plaats X is Moyhill, Co. Clare, bij Limerick, in Ierland. Merk op, een afstand, gemeten over de breedtecirkel, van ruim 1000 km!

■

Fig. 4. Een octant.

**Voorbeeld 5.**

Op een dag in januari, om CET = 12:00 uur, vertrekt een vliegtuig van Schiphol in zuidwestelijke richting met een gemiddelde *zuidelijke* kruissnelheid van 700 km/uur.

Gemeten op Schiphol:

- Breedtegraad =  $52,3^\circ$  N, met een octant.
- Zonnetijd 11,3 uur, met zonnwijzer.
- Lengtegraad =  $0,3 \times 15^\circ = 4,5^\circ$  E.

Berekening met een GPS-calculator:

- Breedtegraad =  $52,309^\circ$  N.
- Lengtegraad =  $4,762316^\circ$  E.



	Amsterdam		Kloktijd vertrek A CET	Zonnetijd A
	N	E	uur	uur
GPS =	52,309515	4,762316	12	11,317488
	Madera		Kloktijd vertrek M UTC	Zonnetijd M
	N	E	uur	uur
GPS =	32,691997	-16,771330	11	-1,118089
Vershil (graden)=	19,617518	21,533646		
Afstand (km) =	2183,811205			
Snelheid (km/uur) =	700		Aankomsttijd UTC	Zonnetijd aankomst
Vliegtijd (uur) =	3,119730		14,119730	2,001642

Tabel 1. Alle getallen tezamen.

Op dezelfde dag, op hetzelfde moment dat het vliegtuig in Amsterdam vertrekt, dus om 11:00 UTC, meet men op het aankomstvlieveld:

- Breedtegraad =  $32,7^\circ$  N met een octant.
- Zonnetijd = -1,1 uur met zonnwijzer.
- Lengtegraad =  $-1,1 \times 15^\circ = -16,5^\circ$  E =  $16,5^\circ$  W.

Dit is een plek op Madera, maar dat moet een vliegveld zijn. De ware GPS-coördinaten daarvan blijken te zijn:

- Breedtegraad =  $32,691997^\circ$  N.
- Lengtegraad =  $-16,771330^\circ$  E.

De onnauwkeurigheid van de meting is aanvaardbaar. In zuidelijke richting volgt het vliegtuig een boog van een grote cirkel met een lengte van ongeveer  $19,6^\circ$ . De omtrek van de aarde is 40.075 km. In zuidelijke richting legt het vliegtuig een kleine 2.200 km af. Bij een *zuidelijke* kruissnelheid van 700 km/uur doet het daar ongeveer 3,1 uur over.

Tabel 1 toont diverse waarden van dit voorbeeld, afgerond op 6 cijfers achter de komma, zodat de lezer desgewenst de berekening zelf kan overdoen.

■

**Literatuur en bronnen:**

1. Wikipedia, [www.dezonnewijzerkring.nl](http://www.dezonnewijzerkring.nl) (F. de Vries).
2. Nautische instrumenten, Jean Randier.
3. GPS-calculator: <https://gps-coordinates.org/coordinate-converter.php>.