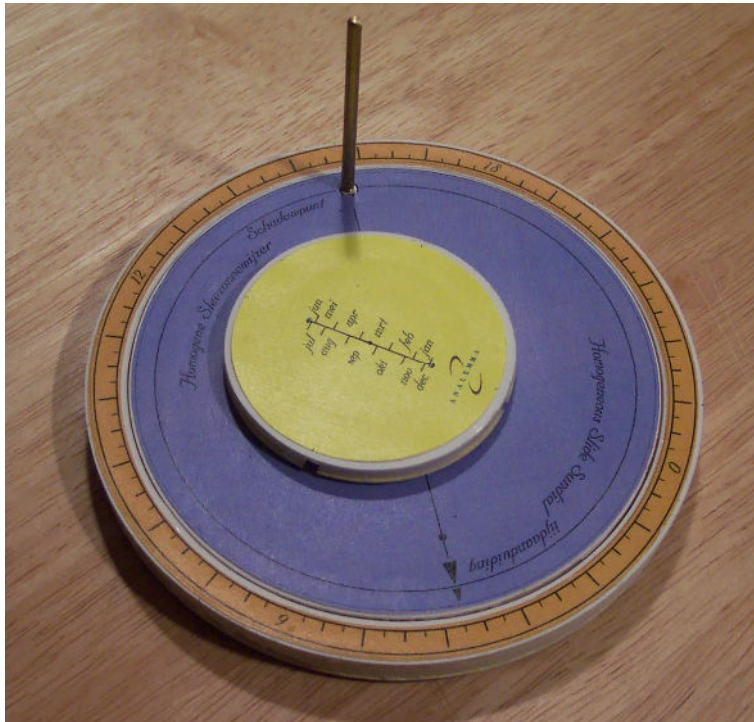


Homogene Analematische Zonnewijzers



Homogene Analemmatische zonnewijzers

Inhoudsopgave

Homogene Analemmatische Zonnewijzers.....	3
De homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon	3
De homogene analemmatische zonnewijzer met poolstijl	6
De zelfrichtende homogene analemmatische zonnewijzer	8
Instelling van de lengtecorrectie	8
Indeling van homogene zonnewijzers	10
De formules van de homogene analemmatische zonnewijzers	11

Figuren

<i>Figuur 1: opbouw analemmatische zonnewijzer m.b.v. cirkels met homogene uurverdeling ...</i>	3
<i>Figuur 2: translatie van het hoekpunt t over A met behoud van de homogene uurverdeling ...</i>	4
<i>Figuur 3: mechanische constructie van de ellips met translatie over A en B</i>	4
<i>Figuur 4: homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon, de gnomon is op punt M bevestigd</i>	5
<i>Figuur 5: de middenschijf met de loci waar de schaduw overheen valt op de verschillende data</i>	5
<i>Figuur 6: de homogene analemmatische zonnewijzer; met het instellen van de gnomon verplaatst ook de middenschijf; links en midden: 2 posities van de middenschijf; rechts: een mogelijke schaduw (rond juni); het vierkantje geeft de plaats van tijdaflezing aan. ..</i>	6
<i>Figuur 7: projecties van de analemmatische zonnewijzer, vanuit het zenit en langs de poolstijl</i>	7
<i>Figuur 8: de homogene analemmatische zonnewijzer met poolstijl; de poolstijl op de middenschijf wijst naar het noorden zoals gebruikelijk; links en midden: 2 posities van de middenschijf; rechts: het rondje geeft de plaats waar de schaduw overheen valt (het schaduwpunt) en het vierkantje geeft de plaats van tijdaflezing.</i>	7
<i>Figuur 9: zelfrichtende homogene analemmatische zonnewijzer door de combinatie van poolstijl en gnomon; links: de zelfrichtende zonnewijzer; midden: het schaduwpunt voor de poolstijl; rechts: mogelijke schaduw (rond 20 juni)</i>	8
<i>Figuur 10: de achterkant van de zonnewijzer met mogelijkheid tot instellen van de lengtecorrectie met behulp van een wereldkaart en de tijdzones</i>	9
<i>Figuur 11: de zonnewijzer is hier ingesteld op weergave van MET in Utrecht</i>	10

Met dank aan Fer de Vries voor het lezen en becommentariëren van dit artikel.

Ir. H.J. Hollander
De Breekstraat 35 - 1024 LJ - Amsterdam
020-637 43 83 - www.analemma.nl
23 januari 2008, versie 2.1



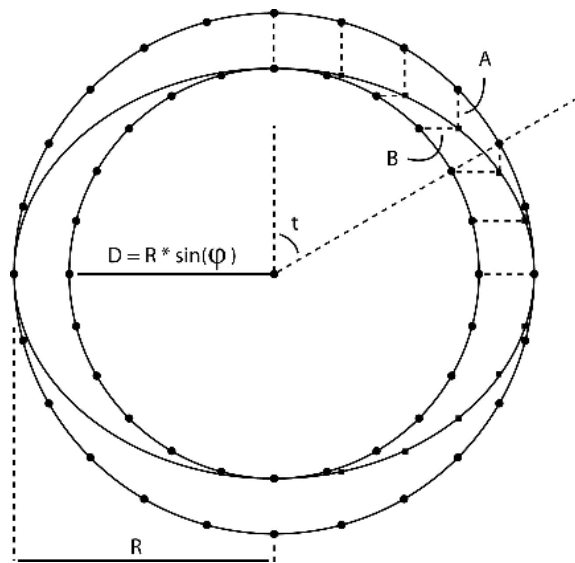
Analemma Zonnewijzers

Homogene Analemmatische Zonnewijzers

Zonnewijzers waarbij de uurpunten gelijk verdeeld op een cirkel liggen worden homogeen genoemd. Bekend zijn bijvoorbeeld de equatoriale zonnewijzer of de Foster-Lambert zonnewijzer. Een voordeel van een homogene zonnewijzer is dat deze eenvoudig gecorrigeerd kan worden voor de tijdvereffening, de lengtecorrectie of de zomer- en wintertijd door de cirkel met uurpunten te draaien. In dit artikel wordt een type homogene zonnewijzer beschreven waarbij de schaduwwerper gedurende de dag beweegt t.o.v. de cirkel met uurverdeling: de homogene analemmatische zonnewijzer.

De homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon

Om de werking van de zonnewijzer inzichtelijk te maken beschouwen we een analemmatische zonnewijzer voor een breedtegraad φ (voor de figuren in dit artikel geldt: $\varphi = 52$ graden NB). De uurverdeling van de analemmatische zonnewijzer is weergegeven in *Figuur 1*. De ellips kan opgebouwd worden uit 2 cirkels met homogene uurverdeling met een straal die gelijk is aan de halve lange as en de halve korte as van de ellips.

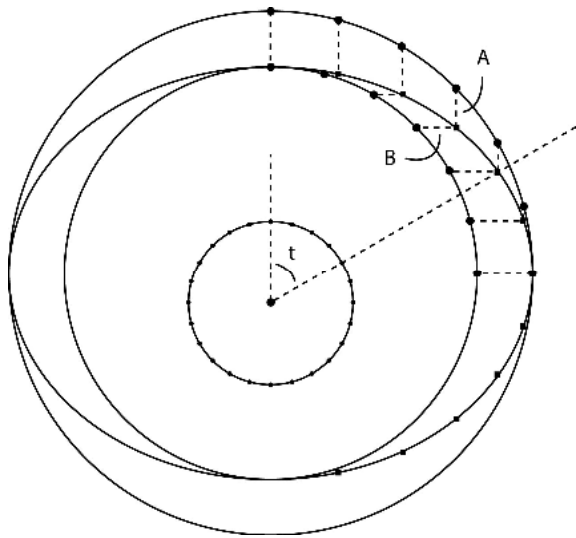


Figuur 1: opbouw analemmatische zonnewijzer m.b.v. cirkels met homogene uurverdeling

De ellips wordt nu gevonden door een translatie van de uurpunten op de grote cirkel over A langs de korte as of een translatie van de uurpunten op de kleine cirkel over B langs de lange as. Stellen we de halve lange as op R en de halve korte as op D dan geldt: $D = R \cdot \sin \varphi$. Verder is de uurhoek t aangegeven. De uurpunten op de ellips zijn (gedeeltelijk) met vierkantjes weergegeven.

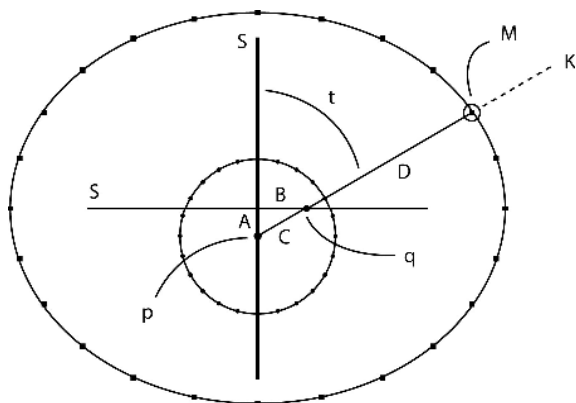
Door nu het gestippeld weergegeven hoekpunt t te transleren over een afstand A valt de stippelijntje over een uurpunt op de ellips. Rond het hoekpunt kan ook de cirkel met homogene

uurpunten gedacht worden, zie *Figuur 2*. De translatie *A* is afhankelijk van de plaats van het uurpunt op de ellips en dus van het uur van de dag. Merk op dat met een translatie over *B* het zelfde effect bereikt wordt.



Figuur 2: translatie van het hoekpunt t over A met behoud van de homogene uurverdeling

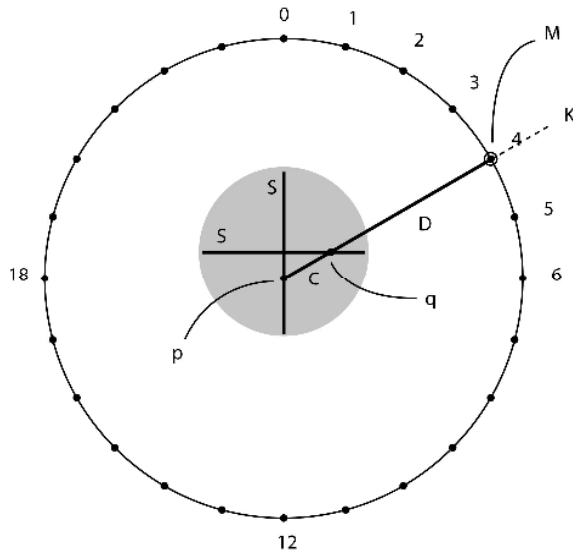
Het mechanisch bouwen van de bovenbeschreven constructie is eenvoudig. Twee sleuven *S* worden haaks op elkaar geplaatst. In elke sleuf afzonderlijk loopt een stopje *p* en *q*. De stopjes zijn verbonden door een staaf *K* met lengte *R* (de halve lange as). Staaf *K* is onderverdeeld in *C* en *D* zodat geldt: $R = C + D$ met $D = R * \sin \varphi$ en $C = R - R * \sin \varphi$. Door de staaf rond te draaien glijden de stopjes door de sleuf en beschrijft het uiteinde van de staaf (punt *M*) de ellips, zie *Figuur 3*.



Figuur 3: mechanische constructie van de ellips met translatie over A en B

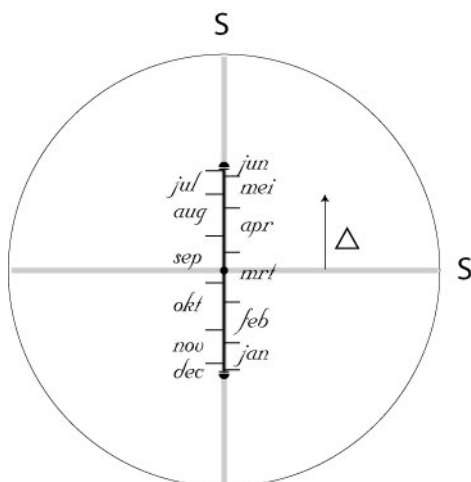
De translatie *A* en *B* uit de voorgaande figuren vinden we terug in het centrum van de ellips. Ook is de uurhoek *t* aangegeven. Door nu een schijf met homogene uurverdeling met het middelpunt op stopje *p* (of *q*) te plaatsen wordt de tijd aangegeven. Deze schijf bevindt zich dus op een verschillende plek t.o.v. de sleuf op de verschillende uren van de dag. De breedte φ waarvoor deze analemmatische zonnwijzer wordt ontworpen kan worden ingesteld met de positie van stopje *q* op staaf *K*.

Wanneer de cirkel met homogene uurverdeling rond stopje p wordt vergroot en als vaste referentie beschouwd wordt ontstaat de homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon¹ uit *Figuur 4*. Stopje p is bevestigd aan het middelpunt van de uurcirkel en stopje q laat de middenschijf bewegen t.o.v. de uurcirkel. De verticale schaduwwerper (gnomon) wordt op punt M geplaatst.



Figuur 4: homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon, de gnomon is op punt M bevestigd

Op de middenschijf wordt de lijn getekend met de loci van de schaduwpunten waar de schaduw overheen valt voor de verschillende data, zoals gebruikelijk bij de analemmatische zonnewijzer (zie *Figuur 5*). De formule voor de verplaatsing (Δ) vindt u in de paragraaf: “De formules van de homogene analemmatische zonnewijzers”.



Figuur 5: de middenschijf met de loci waar de schaduw overheen valt op de verschillende data

¹ met “gnomon” wordt een verticale schaduwwerper bedoeld. Dit in tegenstelling tot een poolstijl schaduwwerper die parallel aan de aard-as is opgesteld.

De homogene analemmatische zonnwijzer met gnomon wordt ingesteld door de staaf K rond te bewegen tot dat de schaduw van de gnomon over de juiste datum op de middenschijf valt. De noord-zuidlijn valt over de sleuf S die over het middelpunt p van de uurcirkel beweegt. Zie *Figuur 6*, op de buitenste (rode) rand zijn de windstreken aangegeven en de ring wordt vast opgesteld t.o.v. het noorden. De (oranje) ring daarbinnen heeft de homogene uurverdeling. Elk uur beslaat $(360/24=)$ 15 graden. De ring is vrij draaibaar en kan ingesteld worden voor de juiste lengtecorrectie of tijdvereffening. De (blauwe) schijf daarbinnen heeft de gnomon van messing. De gnomon is op een afstand R uit het midden geplaatst. De schijf wordt gedraaid tot de schaduw van de gnomon over de juiste plek op de (gele) middenschijf valt. De middenschijf bevat de lijn met data waar de schaduw overheen valt. Merk op dat de middenschijf verschuift wanneer de schaduwwerper wordt ingesteld. De tijd wordt aangegeven op de ring met uurverdeling door een pijltje tegenover de schaduwwerper².



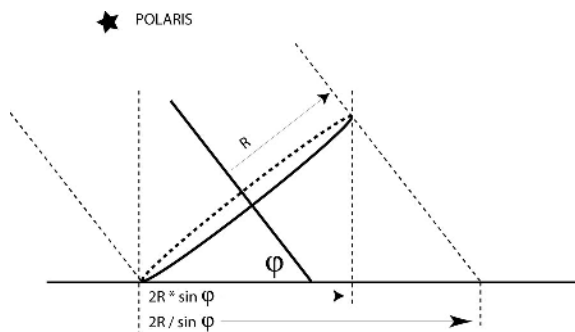
Figuur 6: de homogene analemmatische zonnwijzer; met het instellen van de gnomon verplaatst ook de middenschijf; links en midden: 2 posities van de middenschijf; rechts: een mogelijke schaduw (rond juni); het vierkantje geeft de plaats van tijdaflezing aan.

De linkse en de middelste foto van *Figuur 6* geven 2 standen van de gnomon. De (gele) middenschijf is hierdoor ook verschoven. De rechter foto geeft een mogelijke schaduw aan (rond juni), het vierkantje geeft de plaats aan waar de tijd wordt afgelezen: het pijltje op de (blauwe) schijf wijst de tijd aan op de (oranje) ring met uurpunten.

De homogene analemmatische zonnwijzer met poolstijl

De zonnwijzer met gnomon zoals hierboven beschreven is gebaseerd op de analemmatische zonnwijzer. De ellips met de uurverdeling wordt echter tot een cirkel omgevormd door het gebruik van de verschuivende middenschijf. Een analemmatische zonnwijzer ontstaat door de equator en de poolstijl te projecteren op het horizontale vlak. Zie *Figuur 7*. De korte as van de ellips is gelijk $2R \cdot \sin \varphi$. Wanneer niet vertikaal geprojecteerd wordt maar in de richting van de poolstijl, dan ontstaat de gebruikelijke horizontale zonnwijzer met poolstijl. De equator wordt nu een ellips op het horizontale vlak met een lange as van $2R / \sin \varphi$.

² de plaats waar het pijltje staat dat de tijd aangeeft is vrij te kiezen omdat de ring met uurverdeling draaibaar is.



Figuur 7: projecties van de analemmatische zonnwijzer, vanuit het zenit en langs de poolstijl

Ook de ellips van de horizontale zonnwijzer met poolstijl kunnen we ook tot een cirkel maken met behulp van de verschuivende middenschijf. Beschouwen we de verhouding van de lange en korte as van beide ellipsen, dan vinden we voor zowel de analemmatische zonnwijzer als de horizontale zonnwijzer met poolstijl $\sin(\varphi)$. Voor de analemmatische zonnwijzer ligt de korte as noord-zuid, voor de horizontale zonnwijzer met poolstijl ligt de lange as noord-zuid. We kunnen dus de homogene analemmatische zonnwijzer met gnomon een kwart slag draaien en de middenschijf uitvoeren met een poolstijl³. De middenschijf beweegt nu oost-west. Hierdoor ontstaat de homogene analemmatische zonnwijzer met poolstijl. De tijd wordt gevonden door de schaduw van de poolstijl over de plek te laten vallen waar eerder de gnomon stond: het schaduwpunt. In *Figuur 8* zijn 3 verschillende standen van de middenschijf weergegeven. In de rechter foto is met een rondje aangegeven waar de schaduw van de schaduwwerper overheen moet vallen (het schaduwpunt), met een vierkantje is aangegeven waar de tijd wordt afgelezen².



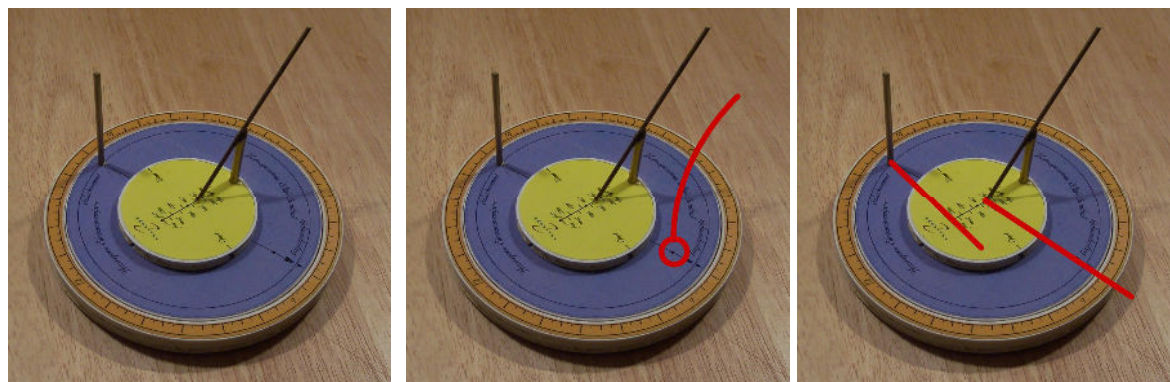
Figuur 8: de homogene analemmatische zonnwijzer met poolstijl; de poolstijl op de middenschijf wijst naar het noorden zoals gebruikelijk; links en midden: 2 posities van de middenschijf; rechts: het rondje geeft de plaats waar de schaduw overheen valt (het schaduwpunt) en het vierkantje geeft de plaats van tijdaflezing.

De homogene analemmatische zonnwijzer met poolstijl wordt ingesteld door de schijf met het schaduwpunt te draaien tot de schaduw van de werper over dit schaduwpunt valt.

³ de poolstijl snijdt het vlak waar het schaduwpunt op getekend is ter hoogte van het kruispunt van de 2 sleuven in de middenschijf

De zelfrichtende homogene analemmatische zonnwijzer

Door nu de zonnwijzer met de gnomon te combineren met de poolstijl ontstaat een zelfrichtende zonnwijzer. Er moet nu gekozen worden of de middenschijf Noord-Zuid of Oost-West beweegt. Om de staande gnomon zover mogelijk uit het midden te houden wordt gekozen voor de Noord-Zuid beweging. De zonnwijzer met poolstijl moet nu met de translatie over B werken (zie *Figuur 2*). Hierdoor komt het schaduwpunt wat dichterbij het middelpunt van de zonnwijzer. Dit is eenvoudig te realiseren door op de schijf met de gnomon het schaduwpunt met een stip aan te duiden (zie *Figuur 9*). De stip wordt op een afstand D uit het middelpunt geplaatst.



Figuur 9: zelfrichtende homogene analemmatische zonnwijzer door de combinatie van poolstijl en gnomon; links: de zelfrichtende zonnwijzer; midden: het schaduwpunt voor de poolstijl; rechts: mogelijke schaduw (rond 20 juni)

De zonnwijzer wordt nu ingesteld zodat de schaduw van de gnomon over de juiste datum valt op de middenschijf en dat de schaduw van de poolstijl over de stip valt. Wanneer dit is gedaan blijkt de zonnwijzer noord-zuid gericht te zijn.

Instelling van de lengtecorrectie

De draaibare ring met homogene uurverdeling zal op de juiste wijze ingesteld moeten worden zodat gecorrigeerd wordt voor de geografische lengte en de tijdvereffening. De lengtecorrectie kan worden ingesteld met behulp van een wereldkaart en de tijdzones. In *Figuur 10* zien we de achterkant van de zonnwijzer (uit *Figuur 9*). In het midden is de wereldkaart weergegeven, deze is verbonden met de noord-zuid-as van de middenschijf aan de bovenzijde van de zonnwijzer. Aan de rand zijn de 24 tijdzones weergegeven. Deze zijn verbonden aan de uur-ring aan de bovenzijde van de zonnwijzer. Door de ring met tijdzones te draaien t.o.v. de wereldkaart wordt de lengtecorrectie ingesteld.

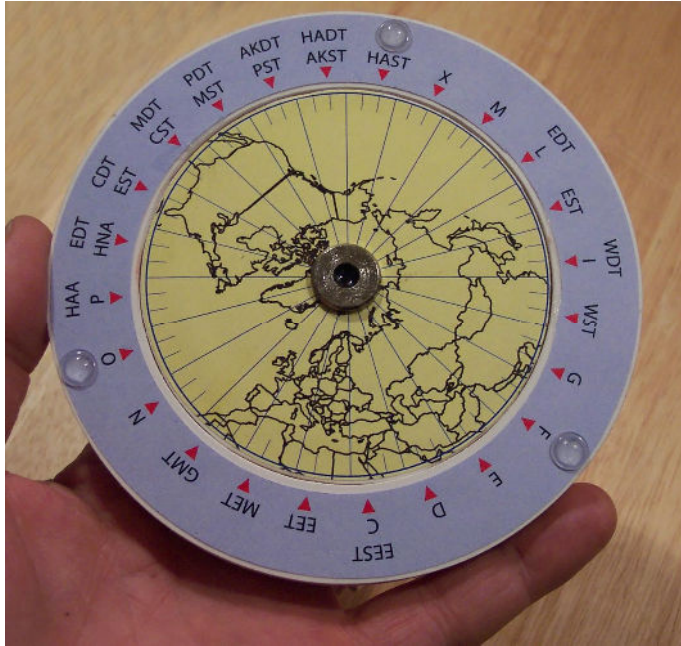


Figuur 10: de achterkant van de zonnwijzer met mogelijkheid tot instellen van de lengtecorrectie met behulp van een wereldkaart en de tijdzones

De juiste lengtecorrectie wordt verkregen door de plaats op de wereldkaart waar de zonnwijzer gebruikt wordt te draaien naar de tijdzone die men wil aflezen. Bijvoorbeeld: in *Figuur 10* is Greenwich naar de GMT-zone gedraaid. De zonnwijzer geeft nu GMT-tijd in Greenwich aan. Ook is de Görlitz (Duitsland) naar de MET zone gedraaid. In Görlitz geeft de zonnwijzer dus MET-tijd aan⁴. Draaien we nu Utrecht naar MET dan geeft de zonnwijzer MET aan wanneer deze in Utrecht gebruikt wordt, zie *Figuur 11*.⁵ Buiten de standaard tijdzones zijn ook enkele zomertijdzones weergegeven. Wanneer u deze naar de juiste plaats op de wereldkaart draait wordt de zomertijd weergegeven.

⁴ in deze stand geeft de zonnwijzer de lokale zonnetijd aan.

⁵ De tijd van de tijdzones zoals GMT en MET worden met deze uitvoering van de zonnwijzer weergegeven exclusief de tijdvereffening



Figuur 11: de zonnwijzer is hier ingesteld op weergave van MET in Utrecht

Indeling van homogene zonnwijzers

De volgende indeling voor homogene zonnwijzers is nu mogelijk.

tabel 1: homogene zonnwijzers

Jaarlijkse verschuiving van schaduwpunten	Dagelijkse beweging schaduwwerper	Zelf richtend	Type zonnwijzer	Jaarlijks verplaatsen van de schaduwwerper
Ja (op lijn)	Ja	Nee	Homogene analemmatische zonnwijzer met gnomon	Nee
Nee (1 punt)	Ja	Nee	Homogene analemmatische zonnwijzer met poolstijl	Nee
n.v.t.	Nee	Nee	Foster-lambert zonnwijzer	Ja
n.v.t.	Nee	Nee	Equatoriale zonnwijzer	Nee
Ja (gnomon) Nee (poolstijl)	Ja (beide)	Ja	Homogene analemmatische zonnwijzer met 2 schaduwwerpers.	Nee

De formules van de homogene analemmatische zonnewijzers

met:

t = uurhoek;

$R = D + C$ (R is de schalingsfactor voor de zonnewijzers)

$D = R * \sin \varphi$

$C = R - R * \sin \varphi$ = is afstand tussen de stopjes;

δ = declinatie van de zon

φ = breedte van de locatie waar de zonnewijzer voor ontworpen wordt

A = translatie langs de korte as van de ellips (oost-west richting voor de zonnewijzer met poolstijl en noord-zuid voor de zonnewijzer met gnomon)

B = translatie langs de lange as van de ellips (noord-zuid richting voor de zonnewijzer met poolstijl en oost-west voor de zonnewijzer met gnomon)

homogene analemmatische zonnewijzer met gnomon

Loci van data op de middenschijf⁶: $\Delta = R * \tan(\delta) * \cos(\varphi)$

In geval van translatie van de middenschijf over noord-zuid: $A = C * \cos(t)$

Gnomon op afstand R uit het middelpunt plaatsen

In geval van translatie over oost-west: $B = C * \sin(t)$

Gnomon op afstand D uit het middelpunt plaatsen

homogene analemmatische zonnewijzer met poolstijl

Poolstijl onder hoek φ met horizontaal naar het noorden op de middenschijf⁷

In geval van translatie van de middenschijf over oost-west: $A = C * \sin(t)$

Schaduwpunt (waar schaduw van poolstijl op valt) op afstand R uit middelpunt plaatsen

In geval van translatie over noord-zuid: $B = C * \cos(t)$

Schaduwpunt (waar schaduw van poolstijl op valt) op afstand D uit middelpunt plaatsen

zelfrichtende zonnewijzer

In geval translatie van de middenschijf over noord-zuid:

A (voor gnomon) = B (voor poolstijl deel) = $C * \cos(t)$

Gnomon op afstand R uit het midden plaatsen

Schaduwpunt (voor poolstijl) op afstand D uit het middelpunt

Poolstijl onder hoek van φ met horizontaal naar het noorden op de middenschijf⁷

⁶ positieve δ aan de zuidkant van de middenschijf voor zonnewijzers op het noordelijk halfrond

⁷ de poolstijl snijdt het vlak waar het schaduwpunt op getekend is ter hoogte van het kruispunt van de 2 sleuven in de middenschijf