



## Middeleeuwse instrumenten



### Harold Plooijer

*Met dank aan:*  
dr Rob van Gent (UU)  
dr Paul v.d. Wal (Zenit)  
Ben de Rooij (KM)  
ir Jan Pel

Harold Plooijer

Sinds 2003 lid van "Zenit"

Sluit aan op mijn horlogegekte ;-)

Achtergrond: Europees astrolabium, 14e eeuw

## Agenda

- Inleiding
- Tijd en oriëntatie
- Historie
- Armillairsfeer
- Meetkunde
- Astrolabium
  - Onderdelen
  - Toepassingen
  - Varianten
- Kwadrant
- Tycho Brahe
- Planisfeer vs. Astrolabium

## De klassieke oudheid

- Hipparchus
  - Stereografische projectie
- Ptolemaeus
  - Eerste astrolabia ???
- Onbekende instrumentmakers (tot nu toe)
  - Antikythera mechaniek

# Antikythera mechaniek (ca. 150 v.Chr.)





Hoe kwam je in de  
middeleeuwen aan de tijd?

## Zonnewijzer

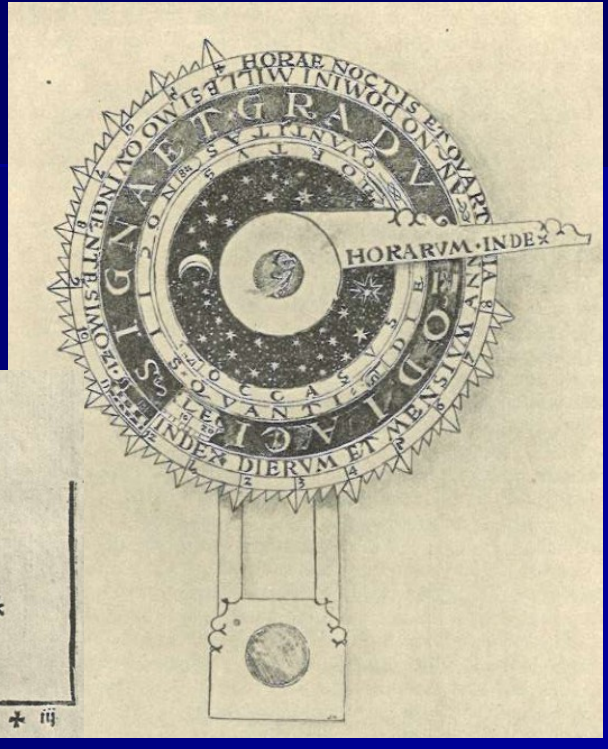
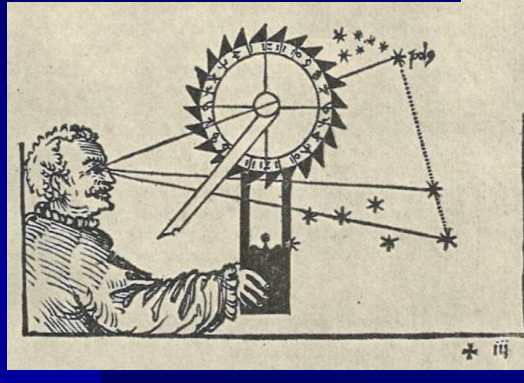


Links: bouwpakket.

Rechts: Copernicaanse zonnewijzer

CP = Celestial Pole

Nachtwijzer  
"Nocturniaal"  
"Nocturlabium"



Voor tijdbepaling 's nachts:

- Stel de datum in op de datumschijf
- Kijk door het centrale gat naar de poolster
- Lijn de liniaal op met de sterren Dubhe of Merak van de Grote Beer
- Lees op de schijf de lokale tijd af



Links: mechanische klok, spillegang met waag. Nauwkeurigheid van middeleeuwse exemplaren niet beter dan 1 uur/dag (ordegrootte). De beste exemplaren (17e eeuw): ca. 15 min/dag, maar toen was het slingeruurwerk al in aantocht.

Waarom waren deze zo onnauwkeurig? De waag lijkt op een onrust, maar omdat de balansveer ontbreekt is het geen op zichzelf staand massa-veersysteem en dus geen harmonische oscillator. In dat geval wordt de gang bepaald door het traagheidsmoment van de waag en door de hoeveelheid koppel die op de spillegang wordt uitgeoefend – en die is niet constant maar afhankelijk van hoever de hoofdveer is opgewonden. Dit valt te verbeteren door de klok met een gewicht aan te drijven, maar door het aflopen van de ketting gaat het gewicht daarvan meetellen en is het koppel wederom niet constant. Een (helaas niet afdoende) oplossing hiervoor was de toepassing van een fusee, een soort variabele overbrenging tussen veer of gewicht en de rest van het uurwerk – bedoeld om het aandrijfkoppel constant te houden.

Midden: zandloper (+/- 10%)

GLAZEN SLAAN is een oude scheepstijdsaanwijding die is afgeleid van de tijd die het zand nodig had om bij een scheepszandloper van het ene in het andere glas te lopen. Die tijd was 1/48 ste dag, dus 30 minuten. Om dit duidelijk bij te houden werd er bij het omdraaien een slag op de scheepsbel gegeven.

De wachten aan boord van een schip beginnen om nul uur en duren 4 uur dus acht glazen. Bij elke nieuwe wacht begint men weer opnieuw te tellen. De werkelijke tijd binnen een wacht kan per half of heel uur afgeleid worden uit een bepaalde combinatie van enkele of dubbele slagen. Tussen elke twee slagen wordt een rust gegeven met de

lengte van één slag. Er bestond ook nog een 'nachtglas', dat was een zandloper, die acht glazen of vier volle uren liep voordat hij leeg was.

Rechts: waterklok. Nauwkeurigheid: orde grootte 1 uur/dag.

## Astronomische navigatie

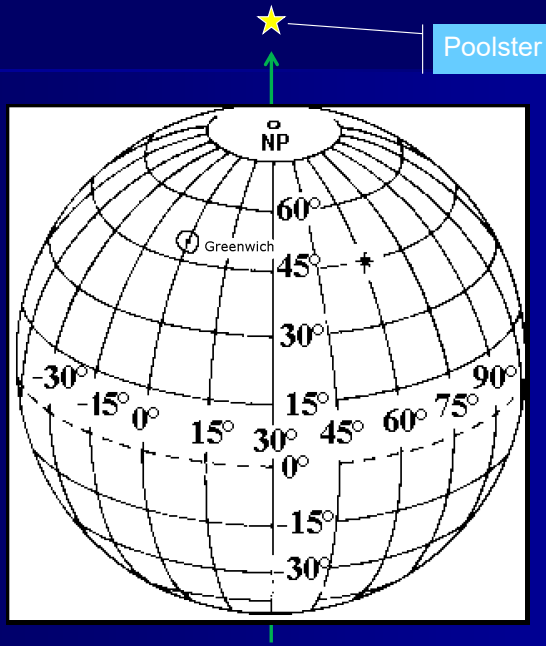


Attributen:

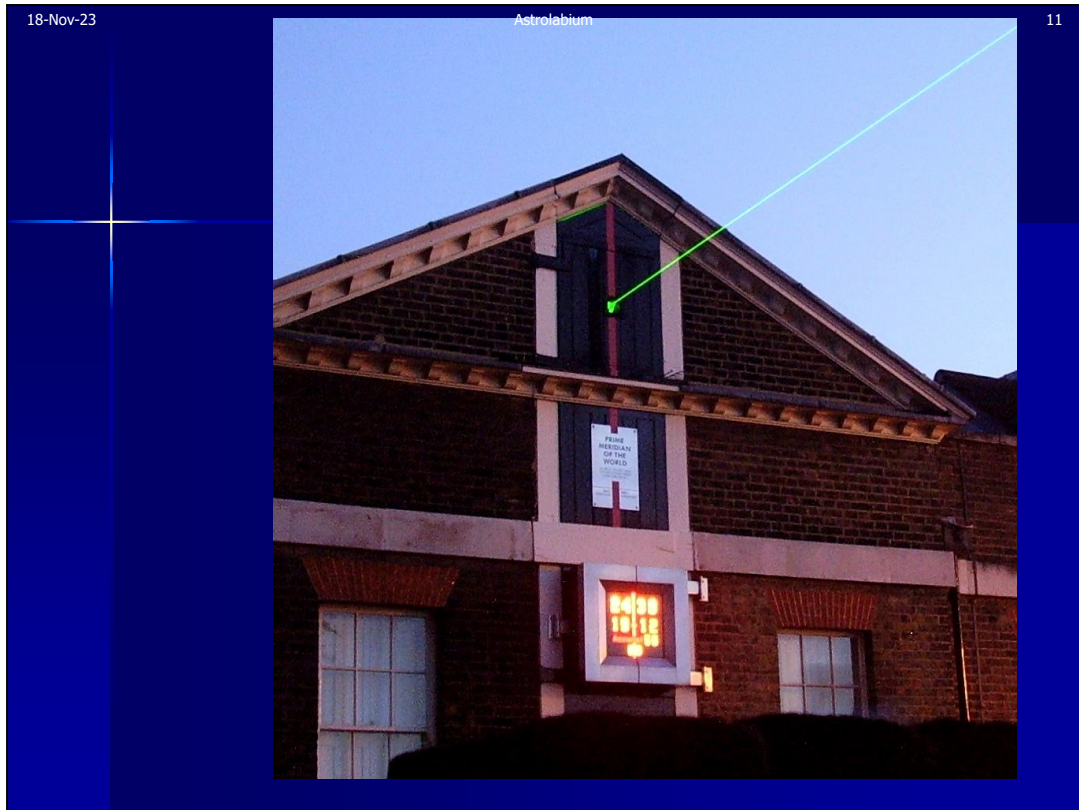
Sextant (hoekmeetinstrument), tijdmetr met certificaat, nautische almanak, overzeiler (zeekaart die de hele oversteek (bijv. Noordatlantisch traject) laat zien).

Omkeren van het proces: als de positie bekend is, kan de tijd worden bepaald.

# Aards coördinatenstelsel



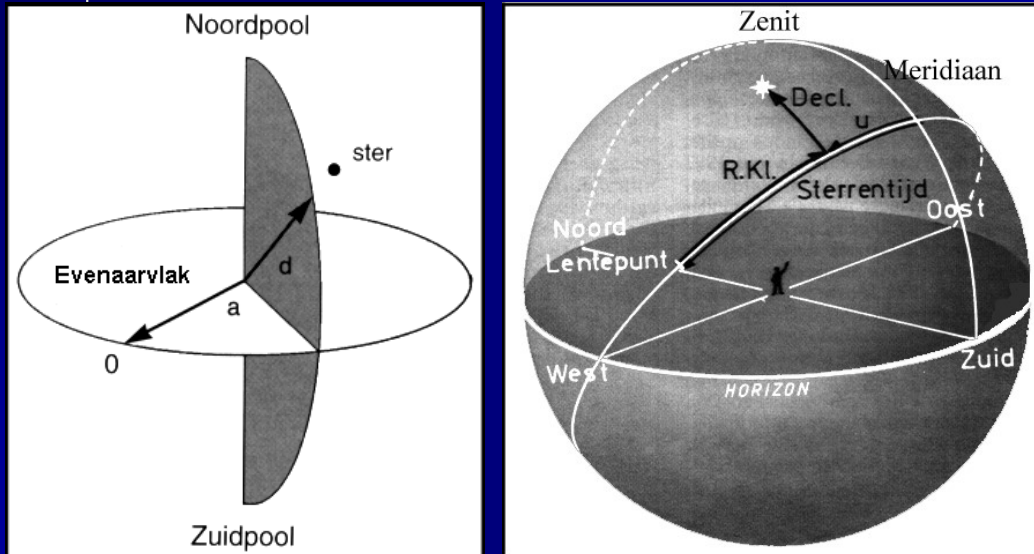




Royal Observatory, Greenwich  
Laser pointer geeft "0"-meridiaan weer



## Rechte klimming en declinatie ( $\alpha$ en $\delta$ )



- De nulmeridiaan is hier: die door het lentepunt (waar de zon staat als de lente begint, gezien vanaf de aarde).

- Een coördinatenset in  $\alpha$  en  $\delta$  is voor elke waarnemer op aarde gelijk.

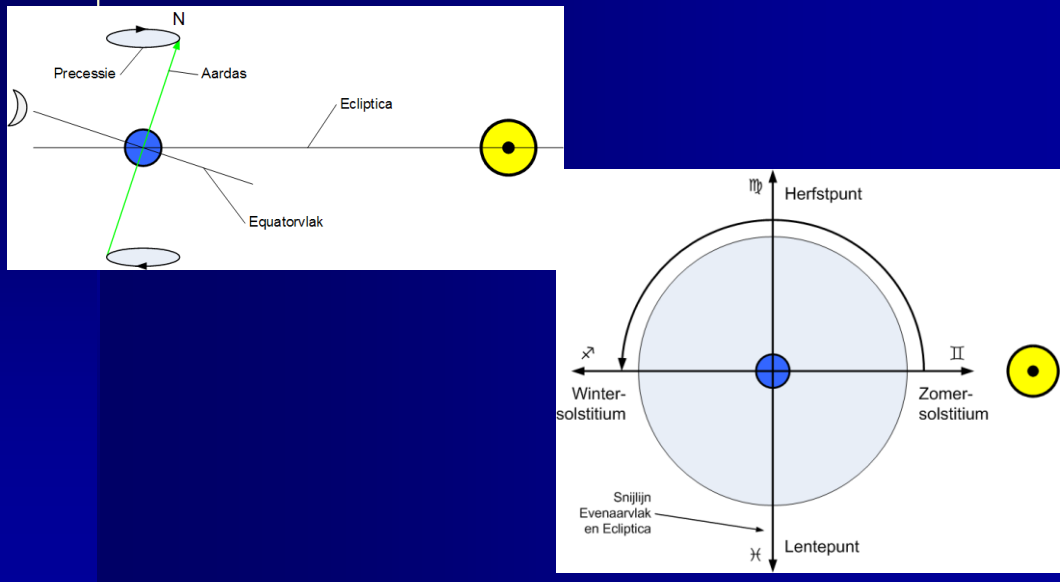
- Vanwege de precessie moet je wel de positie van het lentepunt erbij geven

- Doen we meestal in de vorm van een jaartal: dat noemen we de epoch

Voor de duidelijkheid: de “meridiaan” in de rechter figuur is de meridiaan op de geografische lengte van de waarnemer.

“Meridies” = middag, maar ook: aanduiding voor het zuiden

## Ecliptica



Is het vlak van de aardbaan (om de zon)

Is ook een coördinatenstelsel, van de Zon in dit geval. Ook hier is het lentepunt het referentiepunt.

Onderverdeling in de 12 tekens van de dierenriem, van 30° elk.

Daar vind je de sterrenbeelden van de dierenriem (Vissen (♋) in het lentepunt)

Wat zich in dat vlak bevindt:

Kan de aarde verduisteren of

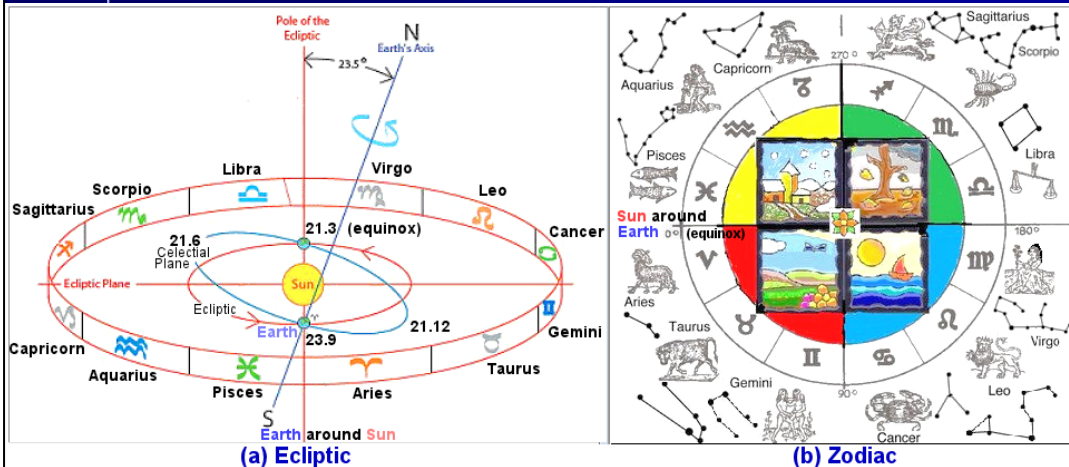
Kan door de aarde worden verduisterd

Verduistering = "eclips", vandaar "Ecliptica"

N.B.:

Per afspraak valt het lentepunt op 0 graden Ram. Ram is hier een zodiac-teken, en die komen niet (meer) overeen met de astronomische werkelijkheid van vandaag! Oorzaak: de precessie van de aardas. "0 graden Ram" ligt nu ergens in het sterrenbeeld Vissen, tegen Waterman aan.

## De *tekens* van de dierenriem (Zodiac) ...



Dit systeem wordt (nog steeds) gebruikt voor het aangeven van astronomische lengte en van de zonspositie.

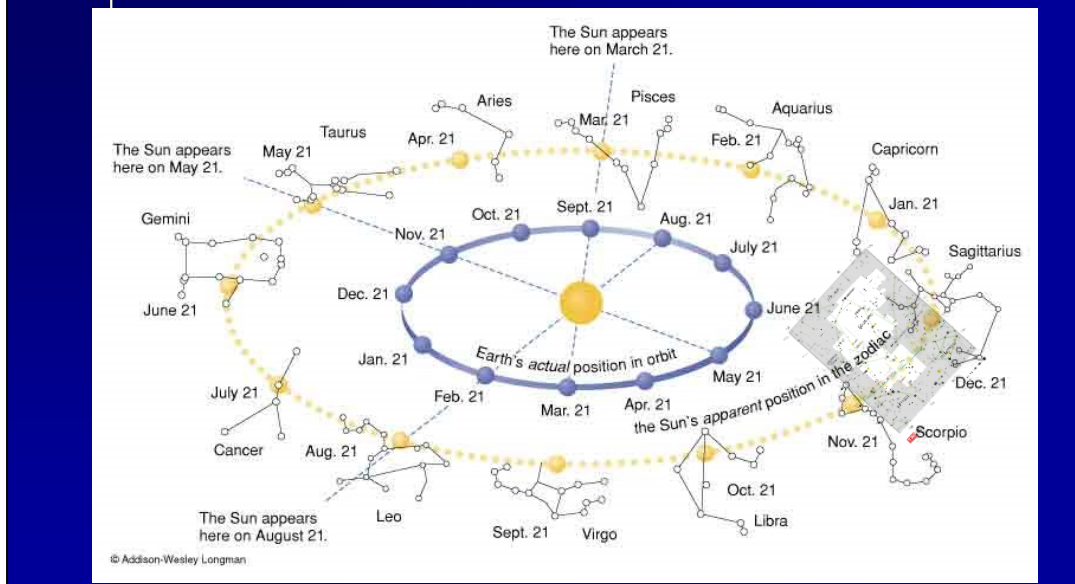
## De dierenriem



Een paar woorden over de ecliptica en het lentepunt in relatie tot de dierenriem ("zodiac").

- De dierenriem is onderverdeeld in twaalf "tekens" van elk 30 graden breed. Deze indeling vindt zijn oorsprong in de sterrenkunde van de Babyloniërs. O.a. astrologen hebben het systeem overgenomen.
- De begrenzingen van deze tekens kwamen in de tijd dat het systeem tot stand kwam (ca. 400 v.C.) *globaal* overeen met de sterrenbeelden die door de ecliptica doorsneden werden. Globaal: immers, niet alle sterrenbeelden hebben dezelfde uitgebreidheid aan de hemel, en ze zijn ook niet gelijkmatig verdeeld langs de ecliptica. Bovendien bestond er toen nog geen Internationale Astronomische Unie (IAU) die de (begrenzingen van) de sterrenbeelden officieel vastlegde. Volgens de IAU hebben we 13 sterrenbeelden langs de ecliptica in plaats van 12! Het dertiende sterrenbeeld is Ophiuchus (Slangendrager), tussen Scorpius en Sagittarius. Naar de reden dat de astronomen destijds Ophiuchus oversloegen kunnen we slechts gissen. Wellicht is het omdat 13 niet netjes past in het Babylonische twaalfallig stelsel.
- Het lentepunt wordt ook wel genoemd: "het punt Ram" (in de astronomische navigatie) of "0° Ram" (van de dierenriem).
- 0° Ram (te definiëren als het snijpunt van de ecliptica en de grens tussen Vissen en Ram) komt *niet* overeen met de positie van het lentepunt aan de hemel conform de sterrenbeelden zoals die zijn gedefinieerd door de IAU (tegenwoordig staat het lentepunt in Vissen, in de buurt van de ster XZ Piscium). Historisch (400 v.C.) stond het lentepunt wel in het (huidige IAU-sterrenbeeld) Ram, in de buurt van de ster HIP9517 (exact: op  $\lambda=33^{\circ}53'$  (epoch 2019)).
- Door de precessie schuift het lentepunt (en daarmee de tekens) op door de ecliptica. Deze situatie zal met het verstrijken van de tijd steeds duidelijker merkbaar worden, totdat de precessie een volledige rondgang heeft gemaakt en de aardas weer terug is gekomen in de uitgangspositie: in het jaar 25700.
- Echter, de traditie heeft lang stand gehouden en we hanteren vaak – geheel los van enige astrologische betekenis – voor het aanduiden van de eclipticapositie (andere benaming: "astronomische lengte", symbool  $\lambda$ ) van een hemellichaam nog steeds de indeling en de benamingen van de tekens van de dierenriem zoals die golden in de oudheid.
- Het zou juist zijn om die indeling en de dierenriem-tekens los te laten en astronomische lengte gewoon te rekenen in graden vanaf het lentepunt. Merkwaardig genoeg gebeurt dat lang niet overal. Zie leerboeken over astronomische navigatie (bijv. Draaisma, Wilkes) en sommige ephemeriden (bijv. Die Deutsche Ephemeride en Raphael's Ephemeris. Deze ephemeriden zijn waarschijnlijk om die reden populair onder astrologen).
- Resumerend:
  - **Een dierenriem-teken is iets anders dan een sterrenbeeld!**
  - **Laat je niet misleiden door overeenkomstige benamingen (van sterrenbeelden en tekens)!**

## ... en de sterrenbeelden in de ecliptica!

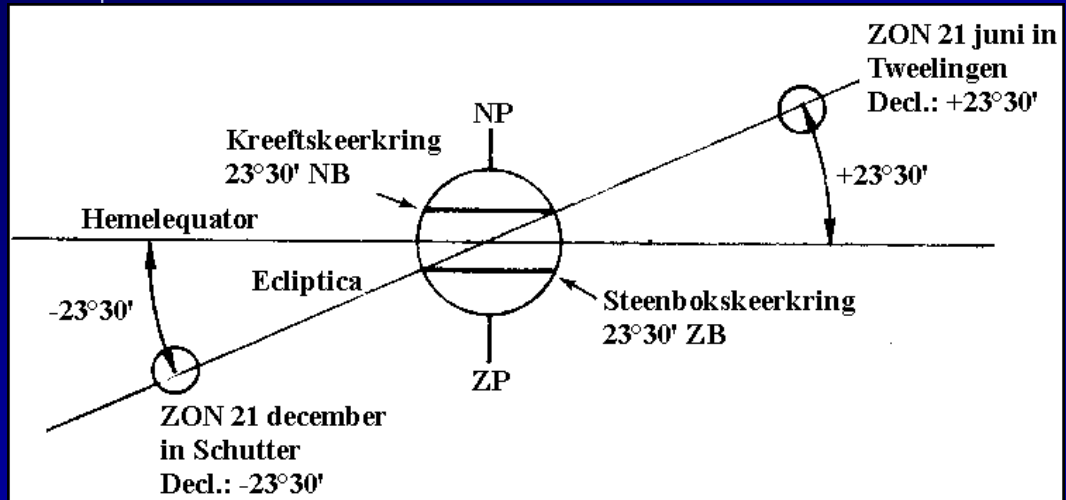


Het lentepunt is al bijna een heel teken ( $360^\circ \cdot 2019 / 26000 \approx 28^\circ$ ) opgeschoven (t.o.v. het jaar nul) en staat nu in Vissen.

“It is the dawning of the age of Aquarius”, nog 2 graden te gaan (144 jaar).

Er ontbreekt hier een sterrenbeeld: Slangendrager (Ophiuchus), tussen Schorpioen en Steenbok.

## Inclinatie en Keerkringen



Dit plaatje is gekanteld met het bedrag van de inclinatie.

De hoek tussen evenaar en ecliptica is de inclinatie ( $23^{\circ} 30'$ )

Keerkringen: Kleincirkels op aardbol die raken aan het vlak van de ecliptica

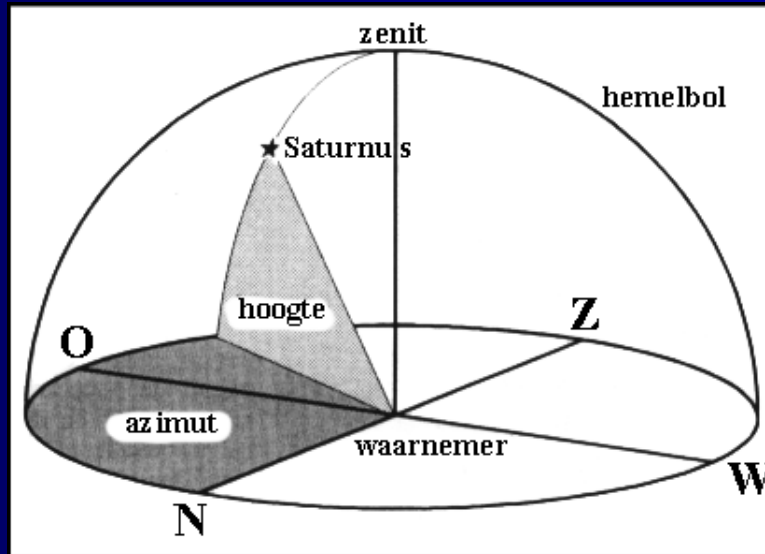
Raakpunten komen overeen met solstitia

Geografische breedte (N/Z) = inclinatie

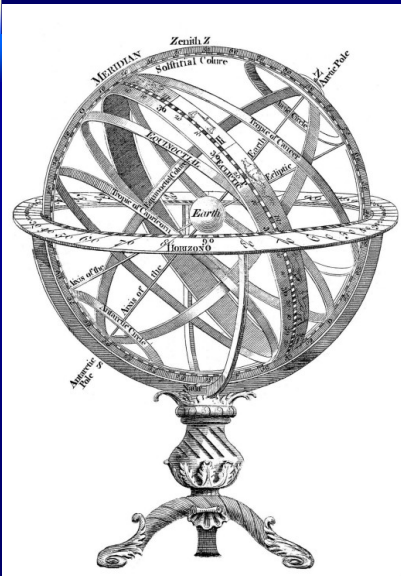
Noordelijk: kreeftskeerkring (eigenlijk:  $\text{II}$ )

Zuidelijk: steenbokskeerkring (eigenlijk:  $\text{x}^{\text{7}}$ )

## Azimut en elevatie



## Armillairefeer



The name of this device comes ultimately from the [Latin](#) *armilla* (circle, bracelet), since it has a skeleton made of graduated metal circles linking the [poles](#) and representing the [equator](#), the [ecliptic](#), [meridians](#), colures and [parallels](#).

De Portugese vlag bevat een armillarium (esfera armilar)!

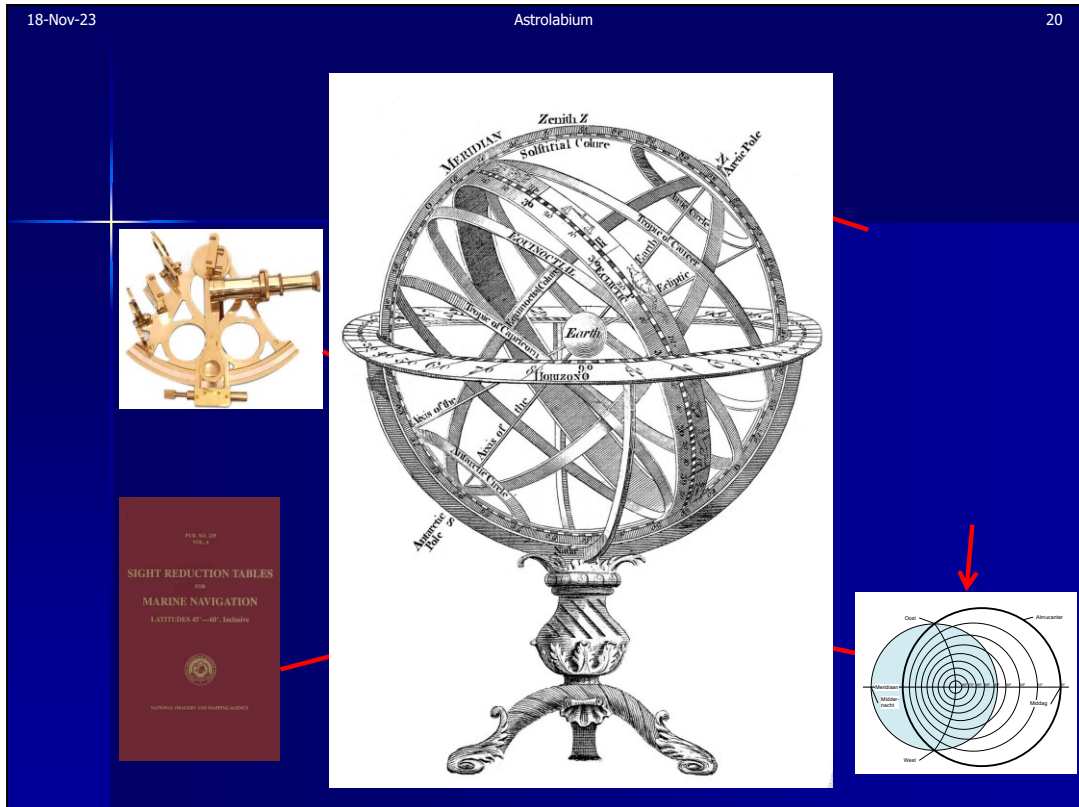
Lastig mee te nemen, geen alidade

De grootste is 2 meter in diameter, 3,7 meter hoog (Antonio Santucci / Museo Galileo, Firenze)

Dus: platslaan (in het equatorvlak) met stereografische projectie

Colure = jaargetijsnede





Van armillairsfeer naar astrolabium

**The planispheric astrolabe** (Arabic *asturlāb sathī*; Latin *astrolabium planisphaerium*; 17th century Dutch *bolpladt starre-thoneel*).

Het planisferisch astrolabium is (grotendeels) gebaseerd op stereografische projectie. Deze techniek werd voor het eerst beschreven door Ptolemaeus in de 2e eeuw. Uit zijn tijd overleven geen fysieke astrolabia. 200 jaar later (voor zover bekend) werd het eerste astrolabium geïntroduceerd.

[en.wikipedia.org komt met een afwijkend verhaal over de oorsprong en noemt Apollonius van Perga (190 BC) als uitvinder (toegeschreven aan Hipparchus)].

In de 8e en 9e eeuw bereikte het astrolabium de Islamitische wereld, waar de kennis bewaard bleef totdat Europa in de 11e eeuw weer genoeg wakker geworden was uit de Middeleeuwen om hem terug te accepteren (via Spanje en de Moren). Arabische geleerden hadden in de tussentijd werk verricht aan de theoretische onderbouwing van de werking van het instrument. Met name het werk van Al Battani, *Kitab az-Zij* van rond 920 is bekend. Dit werk werd door Plato Tiburtinus in het Latijn vertaald.

De Engelse schrijver Geoffrey Chaucer schreef een verhandeling over de astrolabe (*A Treatise on the Astrolabe*) voor zijn zoon, die sterk afgeleid was van Messahalia. Diezelfde bron werd ook vertaald door (onder meer) de Franse astronoom en astroloog Pelerin de Prusse. Het eerste, gedrukte boek over het astrolabium was *Composition and Use of Astrolabe* van Cristannus de Prachaticz – ook weer een vertaling van Messahalia.

Tegen de 15e eeuw begon de Franse instrumentenbouwer Jean Fusoris astrolabia te verkopen in zijn winkel in Parijs, naast zijn collectie draagbare zonnewijzers en andere, populaire, wetenschappelijke hebbedingetjes van die tijd.

[Wikipedia.org] Gegevens gecontroleerd met primaire bronnen.

Zie ook <http://www.ams.org/publicoutreach/feature-column/fc-2014-02>

## Astrolabium: horloges



CvdK, press room, met toestemming:

Overeenkomend met een planisferisch astrolabium:

- Ecliptica
- Horizon en schemering
- Equinoctial colure
- Kalender
- Ongelijke uren
- Almucantaren en azimuthalen
- Sterposities

Ontbreekt:

- Alidade met schaalverdeling

Extra:

- Maankalender
- Knopenlijn van de Maan (de “draak”), daardoor voorspelling van eclipsen

Er zijn er nog meer (Vacheron Constantin)

Theon

Hypatia



Theon en Hypatia van Alexandrië (still uit de film "Agora"), 5e eeuw n.Chr.

Wel schriftelijke aanwijzingen dat het astrolabium toen bestond (Theon schreef een uitgebreide verhandeling over het astrolabium [Niet bewaard gebleven. Indirect overgeleverd via Ya'qubi, Severus Sebokht en Philoponus] en verwees naar het exemplaar in bezit van zijn dochter. Bron: A History of Ancient Mathematical Astronomy, O. Neugebauer.), maar er is geen fysiek exemplaar bewaard gebleven.

## Vroege islamitische astrolabia (8e / 10e eeuw)



Vermoedelijke kennisoverdracht via Harrān, in zuidoost-Turkije (tegen de Syrische grens, toentertijd een centrum van Hellenistische cultuur en wetenschap).

Daarna: Islamitische gouden eeuw, ca. 750 – 1250 n.C. Gedurende deze periode werd het astrolabium doorontwikkeld en geperfectioneerd. Al-Fazari wordt beschouwd als de eerste maker van een astrolabium in die periode. Een andere Islamitische astronoom die heeft bijgedragen aan de kennis van het astrolabium was Al-Zarqali ("Arzachel").

Aan deze periode kwam een eind door toedoen van voornamelijk de Mongoolse horden onder leiding van Genghis Khan.

Links: The Baghdad astrolabe (#3702), 8<sup>e</sup> eeuw n.Chr. (King, Synchrony part 13, p. 412)

Rechts: het eerste exemplaar met een datering er op (AH 315 = 927 of 928 A.D.)

### History

#### Etymology

OED gives the translation "star-taker" for the English word astrolabe and traces it through medieval Latin to the Greek word astrolabos,[4][5] from astron "star" and lambanein "to take".[6] In the medieval Islamic world the Arabic word "al-Asturlāb" (i.e. astrolabe) was given various etymologies. In Arabic texts, the word is translated as "ākhdhu al-Nujuum" (Arabic: أَخَذُ النُّجُومِ, lit. "star-taker"), a direct translation of the Greek word.[7]

Al-Biruni quotes and criticizes medieval scientist Hamzah al-Isfahani who stated:[7] "asturlab is an arabization of this Persian phrase" (sitara yab, meaning "taker of the stars").[8] In medieval Islamic sources, there is also a folk etymology of the word as "lines of lab", where "Lab" refers to a certain son of Idris (Enoch). This etymology is mentioned by a 10th-century scientist named al-Qummi but rejected by al-Khwarizmi.[9]

## Ancient world

An early astrolabe was invented in the [Hellenistic civilization](#) by [Apollonius of Perga](#) between 220 and 150 BC, often attributed to [Hipparchus](#). The astrolabe was a marriage of the [planisphere](#) and [dioptra](#), effectively an analog calculator capable of working out several different kinds of problems in spherical astronomy. [Theon of Alexandria](#) (c. 335 – c. 405) wrote a detailed treatise on the astrolabe, and Lewis<sup>[10]</sup> argues that [Ptolemy](#) used an astrolabe to make the astronomical observations recorded in the [Tetrabiblos](#). The invention of the plane astrolabe is sometimes wrongly attributed to Theon's daughter [Hypatia](#) (c. 350–370; died 415 AD),<sup>[11][12][13][14]</sup> but it is, in fact, known to have already been in use at least 500 years before Hypatia was born.<sup>[12][13][14]</sup> The misattribution comes from a misinterpretation of a statement in a letter written by Hypatia's pupil [Synesius](#) (c. 373 – c. 414),<sup>[12][13][14]</sup> which mentions that Hypatia had taught him how to construct a plane astrolabe, but does not state anything about her having invented it herself.<sup>[12][13][14]</sup>

Astrolabes continued in use in the Greek-speaking world throughout the [Byzantine](#) period. About 550 AD, Christian philosopher [John Philoponus](#) wrote a treatise on the astrolabe in Greek, which is the earliest extant treatise on the instrument.<sup>[a]</sup> Mesopotamian bishop [Severus Sebokht](#) also wrote a treatise on the astrolabe in the [Syriac language](#) in the mid-7th century.<sup>[b]</sup> Sebokht refers to the astrolabe as being made of brass in the introduction of his treatise, indicating that metal astrolabes were known in the Christian East well before they were developed in the Islamic world or in the Latin West.<sup>[15]</sup>

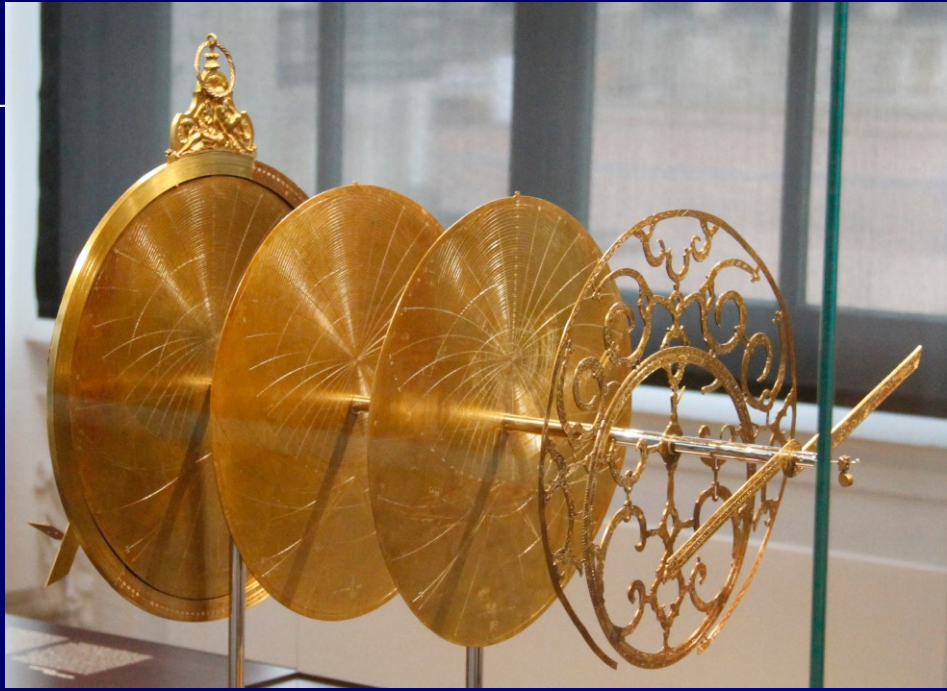
## Medieval era

Astrolabes [after being found in Harran (8. century AD) (King, Synchrony part 13, p. 411)] were further developed in the [medieval Islamic world](#), where [Muslim astronomers](#) introduced angular scales to the design,<sup>[16]</sup> adding circles indicating [azimuths](#) on the [horizon](#).<sup>[17]</sup> It was widely used throughout the Muslim world. Eighth-century [mathematician Muhammad al-Fazari](#) is the first person credited with building the astrolabe in the Islamic world.<sup>[18]</sup>

[Wikipedia]



## Exploded view



Astrolabium im Mathematisch-Physikalischen Salon (Zwinger, Dresden)

Vrnl: regula, spin, 2 tympanen, mater, alidade (achter de mater).

De puntige uitsteeksels op de spin stellen sterposities voor.

Versierde bevestigingspunt bovenop de mater: de "Troon".

Alles bij elkaar gehouden met een pen door het midden, verankerd met een keg (het "Paard").

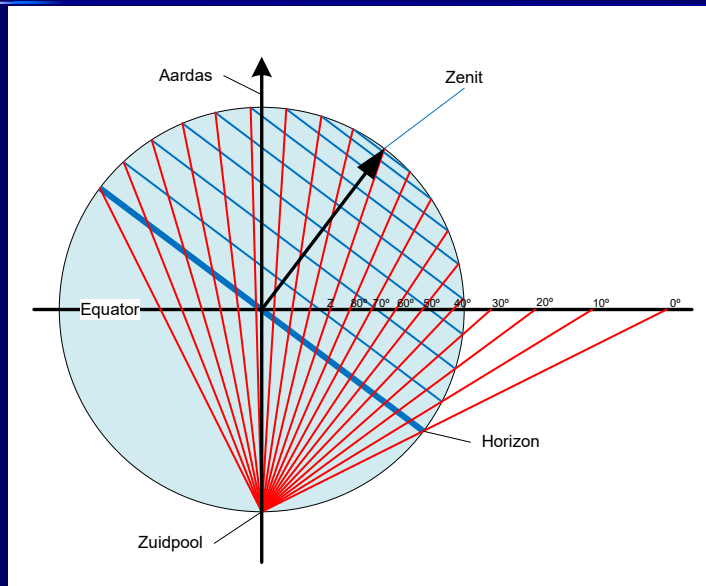






## Stereografische projectie: Aarde

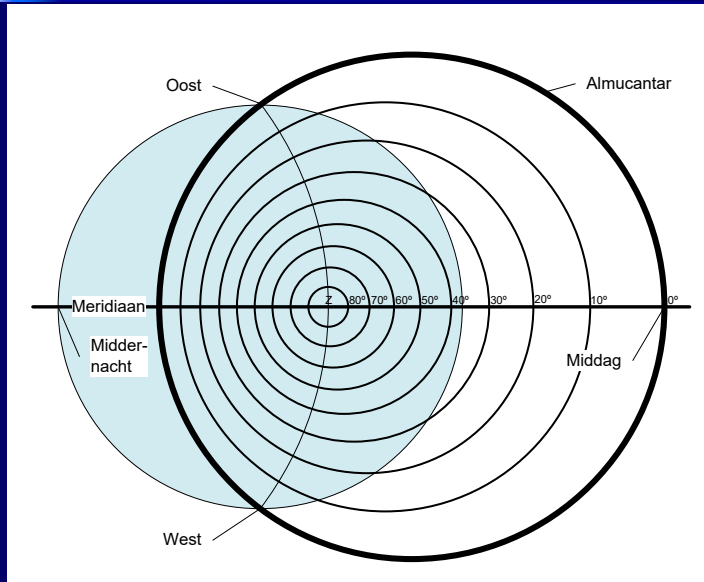
### 1. De hoogtelijnen ("almucantaren")



Hier wordt aangegeven hoe de projectie van de hoogtelijnen (almucantaren), uitgaande van de elevatie t.o.v. de waarnemer, tot stand komt. Uitgangspunt is een geografische breedte van  $53^{\circ}\text{N}$ . De blauwe lijnen stellen de elevatie voor, in stappen van 10 graden. De snijpunten van deze lijnen met de denkbeeldige hemelbol worden geprojecteerd op het evenaarvlak via de rode lijnen.

## Stereografische projectie: Aarde

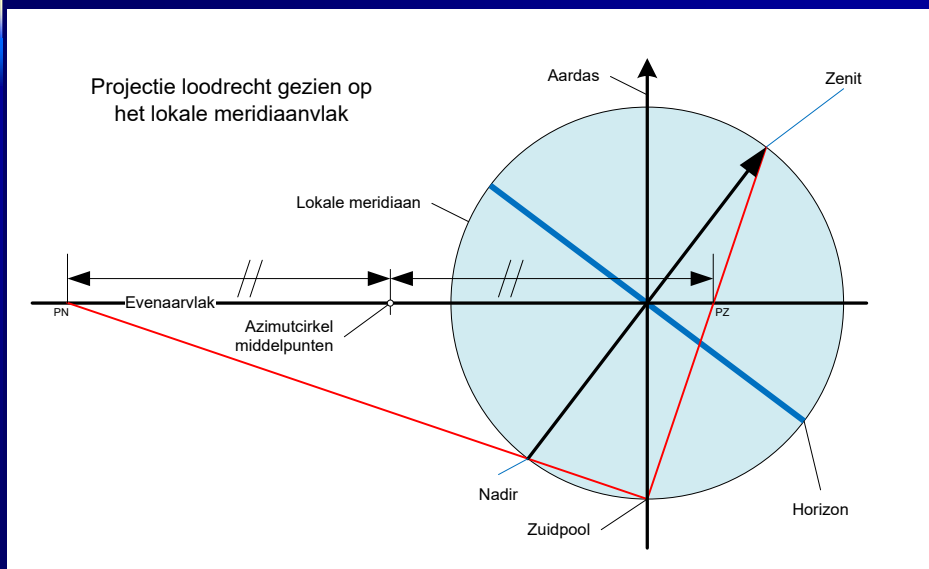
### 1. De hoogtelijnen ("almucantaren")



Door cirkels te tekenen met het middelpunt op het vlak van de evenaar en de linker- en rechterkant door de twee snijpunten met de evenaar die horen bij dezelfde elevatie, ontstaat het patroon van de almucantaren (zwarte cirkels). Duidelijk is te zien dat deze cirkels elkaar weliswaar geheel omsluiten, maar geen gemeenschappelijk middelpunt hebben!

## Stereografische projectie: Aarde

### 2. Azimutbogen: middelpunten



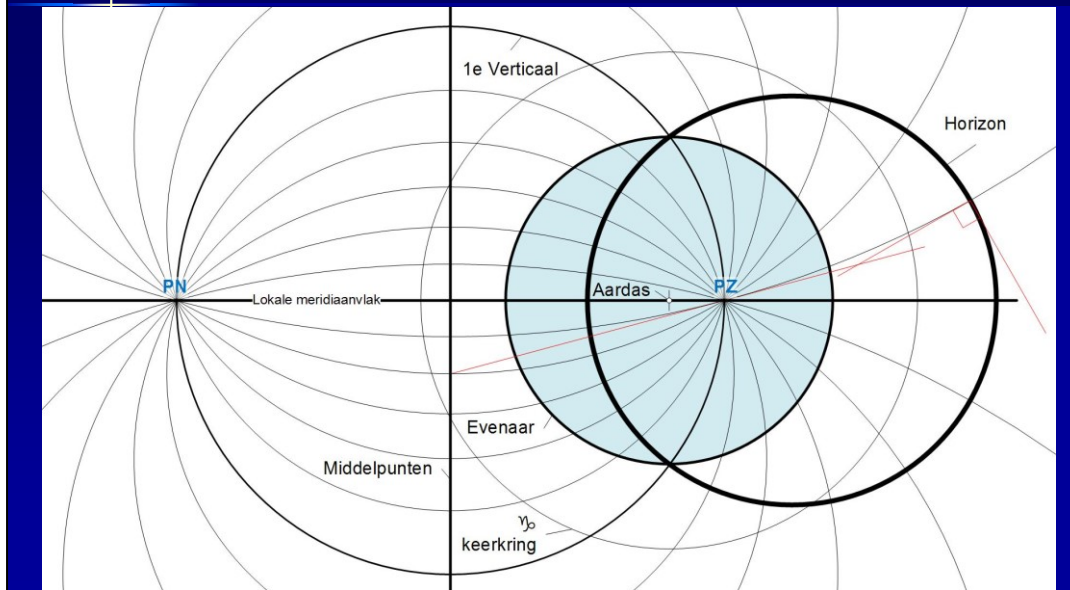
PZ is de projectie van het zenit, PN is de projectie van het nadir op het evenaarvlak.

De azimutcirkels zijn in feite grootcirkels die van zenit naar nadir lopen. Vanwege het behoud van de cirkelvorm in de stereografische projectie, zijn de projecties hiervan cirkels in het evenaarvlak. Omdat deze cirkels door de punten PZ en PN gaan, moeten de middelpunten zich bevinden op de middelloodlijn (in het evenaarvlak) van het lijnstuk PZ-PN.

## Stereografische projectie: Aarde

### 2. Azimutbogen: constructie

Projectie loodrecht gezien op het evenaarvlak, vanuit een punt boven de Noordpool



Als we stellen dat:

- De afstand van een dergelijk middelpunt tot de lokale meridiaan =  $MM$ ;
- De afstand tussen de projectie van het nadir (PN) en het zenit (PZ) =  $NZ$ ;
- Het azimut =  $AZ$ ;

Dan geldt:

$$MM = \frac{NZ}{2} \cdot \cot(AZ)$$

Neem een aantal waarden voor het azimut, bijvoorbeeld elke 5 graden, en voer deze bewerking uit voor het interval  $\langle 0^\circ, 180^\circ \rangle$ . De constructeur moet vervolgens cirkelbogen tekenen door de projectie van het zenit, elk met hun middelpunt in de hierboven berekende punten. Dit kan lastig zijn voor azimutaalbogen in de buurt van de meridiaan, omdat de straal van de cirkel dan erg groot wordt. De zo geconstrueerde azimutaalbogen horen elkaar in het zenit te snijden onder een hoek die gelijk is aan het bijbehorende verschil in azimut. Deze procedure wijkt af van hetgeen hierover vermeld staat in Morrison, maar is waarschijnlijk makkelijker uit te voeren.

Deze tekening geeft het eindresultaat te zien. Azimutbogen zijn getekend voor elke 15 graden.

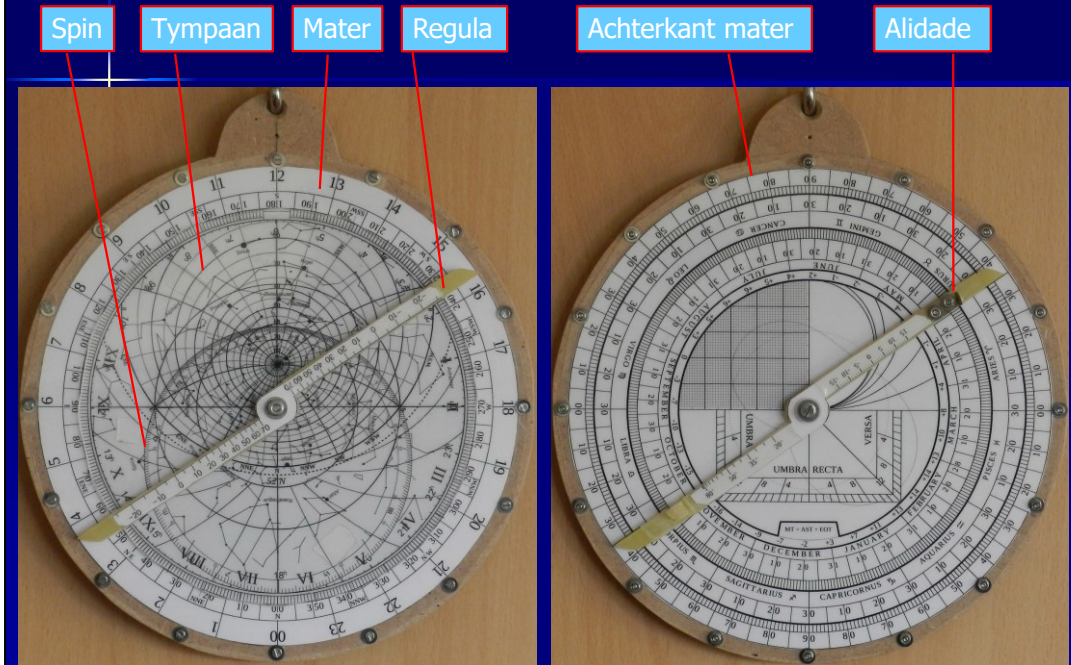
Deze figuur ontstaat uit de vorige tekening door de figuur 90 graden te kantelen om de met "Evenaarvlak" gemerkte lijn. We kijken dan op het evenaarvlak. Het lokale meridiaanvlak loopt horizontaal.

De raaklijn aan een azimutaalboog door het zenit heeft de hoek die wordt aangeduid door de bijbehorende boog.

In het snijpunt van de boog en de horizoncirkel staan de raaklijnen aan de boog en aan de horizoncirkel loodrecht op elkaar.

Voor overige constructiedetails wordt verwezen naar de literatuur.

## Astrolabium (model)



Er is een bouwplaat van het model van een astrolabium (downloaden en printen: de mater, tympan en wijzers op stevig papier, de rete op acetatafilm. <https://in-the-sky.org/astrolabe/index.html>).

Oppassen met de rete in dit ontwerp: de projectie van de ecliptica (gradenverdeling) heeft een afwijking van ca.  $2^{\circ}30'$  op de  $45^{\circ}$ -punten. Een beter kloppend model komt uit The Astrolabe Generator.

Benamingen, in verschillende talen:

Astrolabe = Astrolabium = al-Asturlāb

Mater = Umm

Voorzijde:

Tympan = plaat = plate = climate = Safiha. Dit is de projectie van het alt-azimut gradennet.

Rete = spin = 'Ankabut. Dit is de projectie van het hemelgewelf (equatoriaal)

Indexwijzer = Rule = Ostensor = Regula (met declinatieverdeling)

Schaalverdelingen: tijd (op de mater), zodiacpositie van de zon, (soms) rechte klimming (op de spin), hoogtelijnen (almucantaren) en azimuthalen (op de tympan)

Achterzijde:

Alidade = regula = hoekaanwijzer = Al-'idada (met schaalverdeling voor ongelijke uren) (al-'ūdūdiyyah ?)

Schaalverdelingen: hoogte, zodiacpositie, kalender. Soms ook nog een grafiek voor ongelijke uren en een stadimeter.

Nij tijdmeting nog het verschil tussen standaardtijd en ware zonnetijd in rekening brengen:

- Lengteverschil
- Zomer-, wintertijd
- Tijdsvereffening

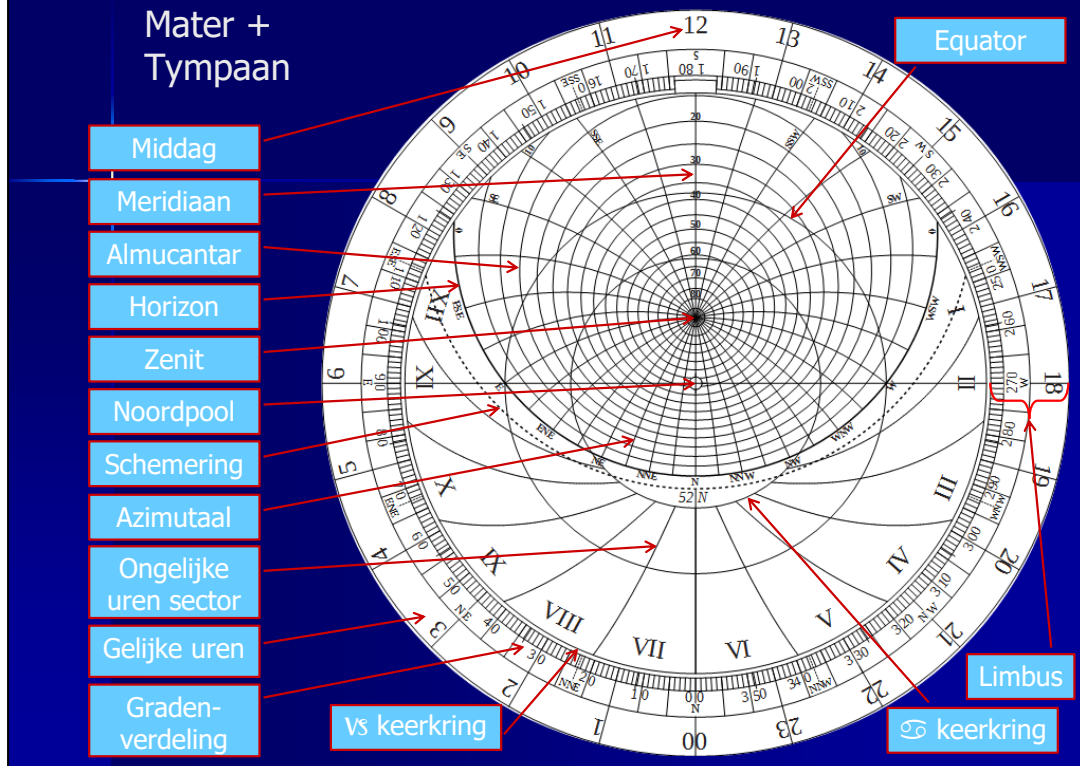
Tijdbepaling met de zon:

- Op de achterzijde, lees bij de datum de zodiacpositie van de zon af
- Op de achterzijde, bepaal de zonshoogte met de alidade. Bescherm de ogen – gebruik de schaduw van het vizier!
- Op de voorzijde, breng de zodiacpositie van de zon (op de spin) tot dekking met de gemeten hoogte. Denk aan AM of PM!
- Gebruik de indexwijzer om op de voorzijde de tijd af te lezen.

Tijdbepaling met een ster:

- Op de achterzijde, lees bij de datum de zodiacpositie van de zon af
- Op de achterzijde, bepaal de sterhoogte met de alidade

- Op de voorzijde, breng de zodiacpositie van de ster (op de spin) tot dekking met de gemeten hoogte. Denk aan oost of west!
- Gebruik de indexwijzer om op de voorzijde de tijd af te lezen bij de zodiacpositie van de **zon** op de spin.



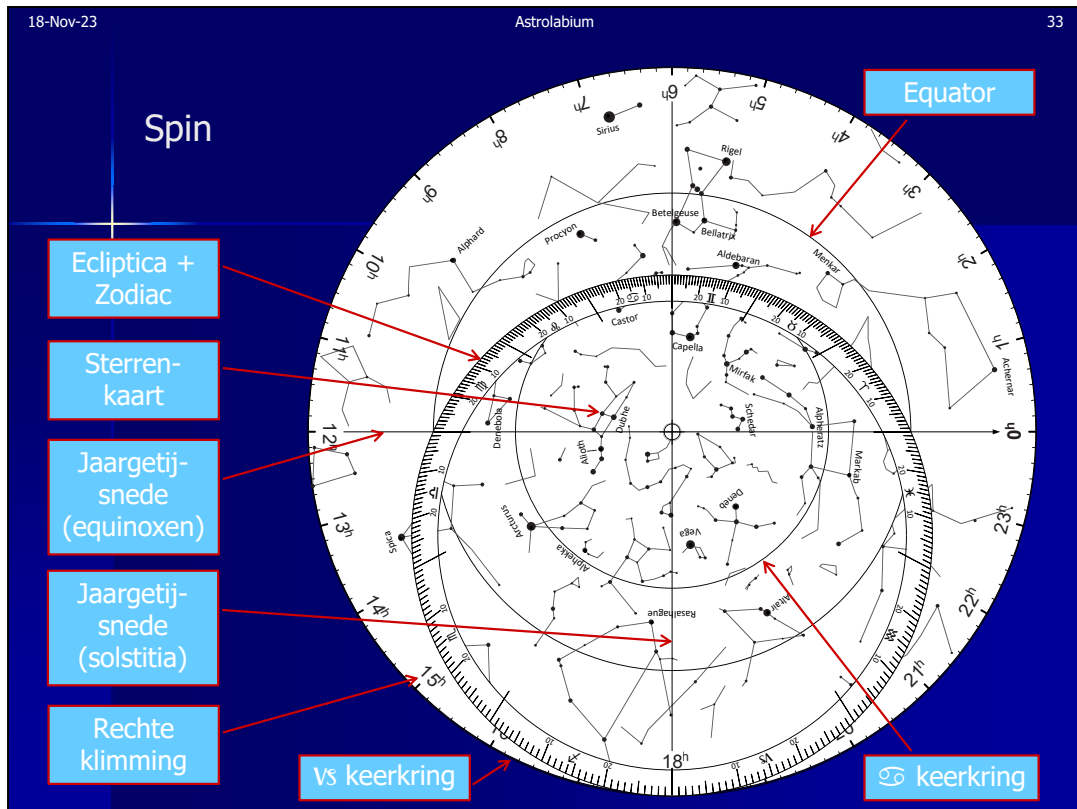
De lijn tussen de middag en middernacht is de “lokale” meridiaan (van de waarnemer dus).

De lijn van 6 uur naar 18 uur is de meridiaan die daar loodrecht op staat.

De boog tussen E (oost) en W (west) is de z.g. “Prime Vertical”. In feite is dit een plat vlak, loodrecht op de lokale meridiaan en loodrecht op het aardoppervlak.

De gestippelde boog ten noorden van de horizon is de begrenzing van de burgerlijke schemering, op 6 graden onder de horizon.





Jaargetijsnede = colure

0h R.K. = lentepunt

Probleem met het model van in-the-sky.org:

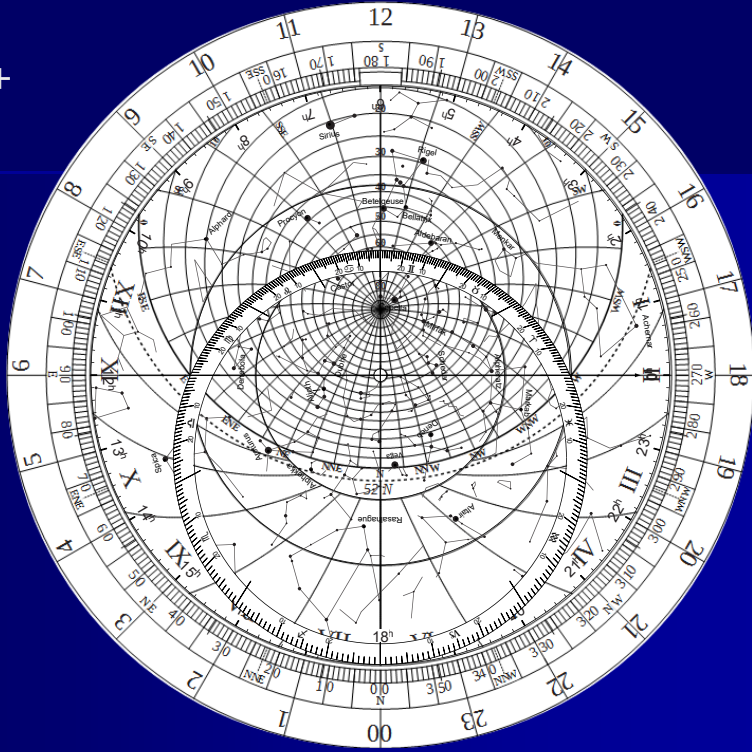
Dominic Ford heeft bij het modelleren van de zodiac op de spin slechts ten dele rekening gehouden met de inclinatie van de ecliptica (t.o.v. het projectievlak, de equator).

Daardoor klopt de gradenverdeling van de zodiac niet. Bij het testen zijn afwijkingen tot ca.  $2^{\circ} 30'$  bij 3, 9, 15 en 21 uur rechte klimming gevonden. Dit is later meetkundig bevestigd (d.m.v. stereografische projectie van de ecliptica op het equatorvlak).

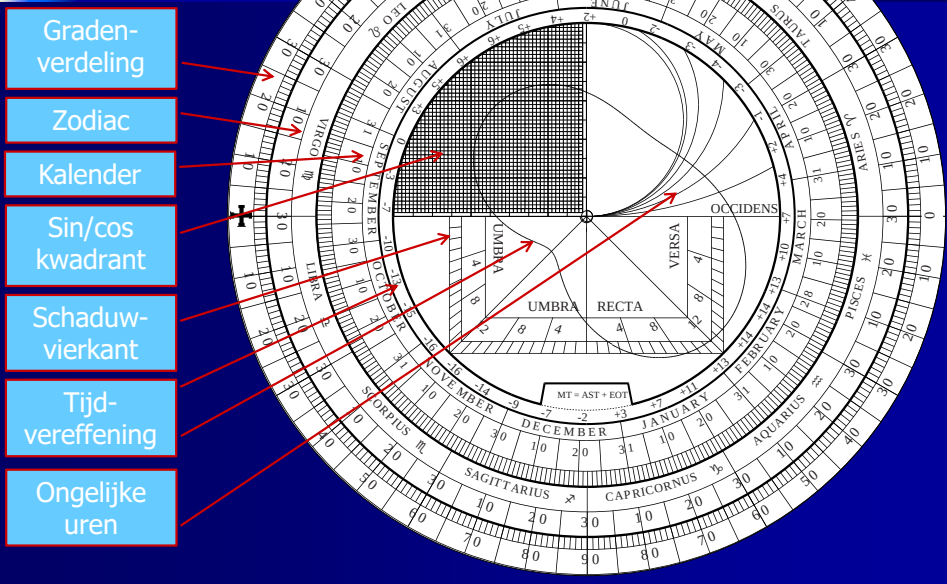
De hier afgebeelde spin is een combinatie van die van Dominic Ford, die van de Astrolabe Generator (voor de zodiac gradenverdeling) en wat toevoegingen van mijzelf (colures en namen van sterren). Bovendien heb ik wat clutter opgeruimd en de schaalverdelingen wat duidelijker gemaakt. De zodiac gradenverdeling van deze spin is wel correct.

Let op: de sterrenkaart op de spin is spiegelbeeld t.o.v. hetgeen je op een planisfeer ziet!

Mater +  
Tympan +  
Spin



## Mater (achterkant)

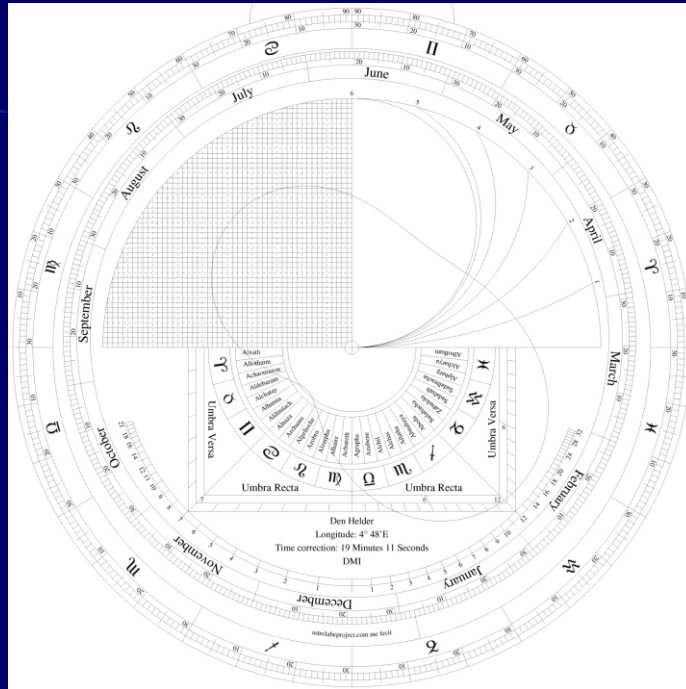


Door de excentriciteit van de Aardbaan is de kalender gecompriemd aan de "zomerkant" (aphelium,  $\approx 3$  juli) t.o.v. de "winterkant" (perihelium,  $\approx 3$  januari). Uit de perkenwet van Kepler volgt dat tijdens het aphelium de Aarde een lagere hoeksnelheid in haar baan heeft en er dus meer tijd nodig is voor een bepaalde afgelegde hoek t.o.v. de vaste punten in de Aardbaan (de brandpunten van de ellips). Dus, meer dagen in hetzelfde stukje aan de "zomerkant" en dus compressie.

Op andere astrolabia wordt hetzelfde effect bereikt door de kalender (met gelijke dagen) excentrisch te tekenen.

- Het sin/cos kwadrant vindt men hoofdzakelijk op Islamitische astrolabia;
- De tijdvereffening is iets van "moderne" astrolabia. Immers, in de middeleeuwen waren er geen klokken die nauwkeurig genoeg waren om tijdvereffening te constateren, laat staan te meten.

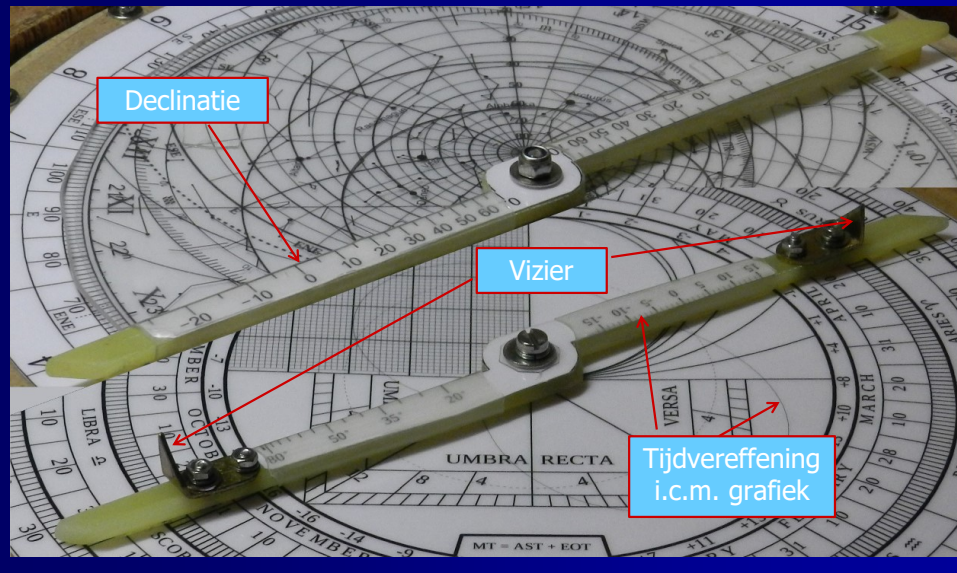
## Excentrische kalender



Excentrische kalender met gelijke dagen (volgens Ptolemaeus).

Verder: tangensschaal (hoort bij het schaduwvierkant) en lunar mansions (maanhuizen)

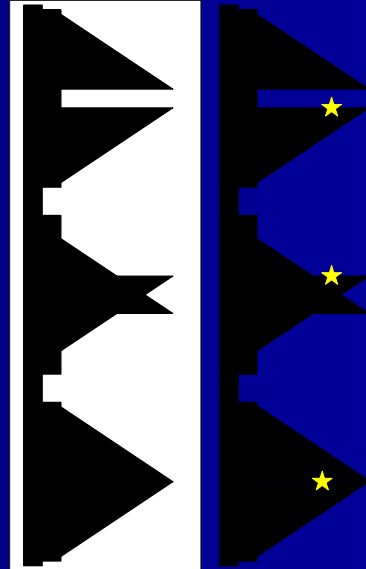
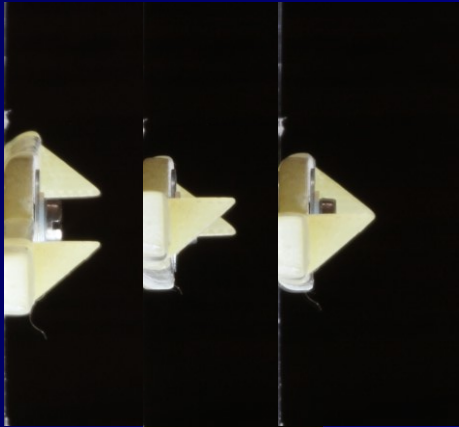
## Linialen



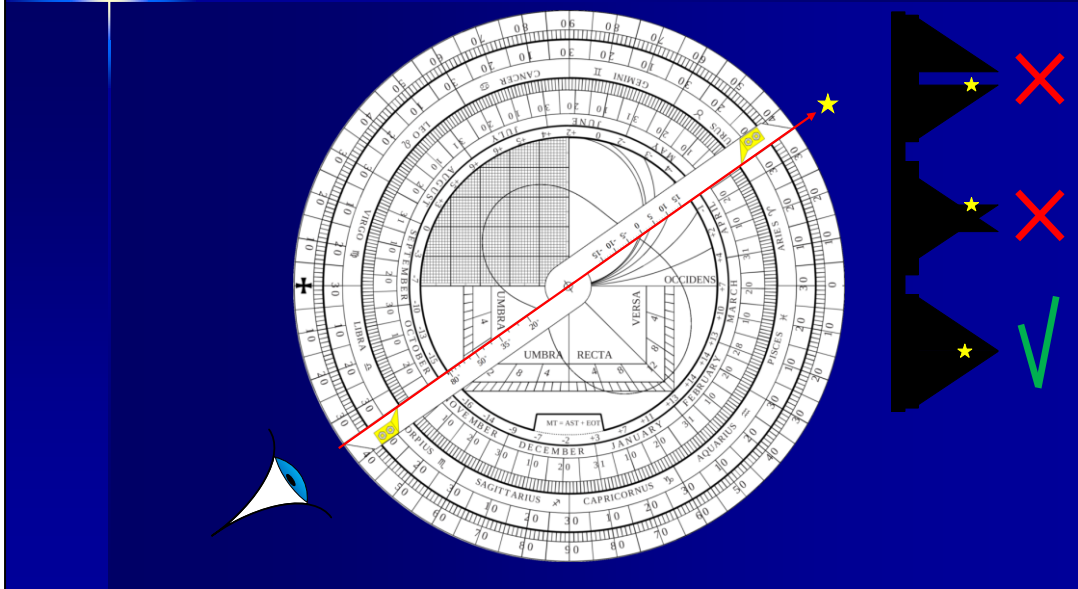
Boven: regula

Onder: alidade

# Hoogtemeting: alidade



## Tijdwaarneming: hoogtemeting met alidade

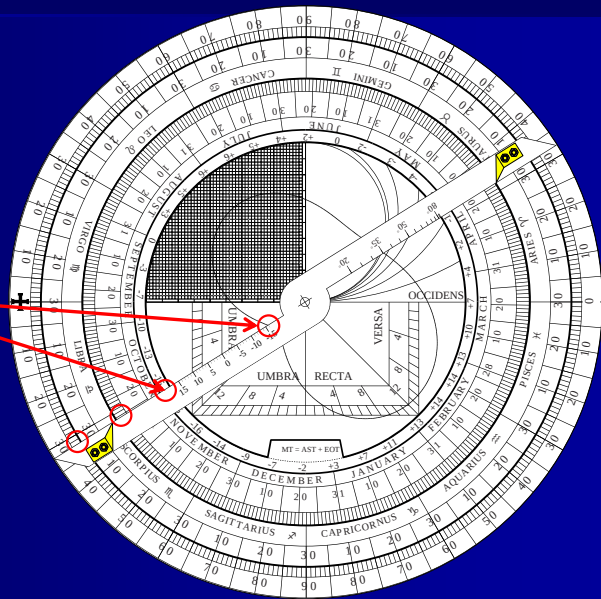
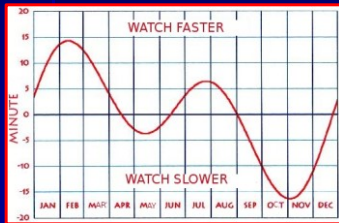


Waarneming, voorbeeld: Alpheratz ( $\alpha$  Andromedae) op  $35^\circ$  boven de oostelijke horizon (rijzend dus).

Bij waarnemingen overdag, met de zon: schaduwwerking van het vizier gebruiken!



Tijdwaarneming: bepalen zonspositie, tijdvereffening  
Achterkant mater, gebruik de alidade als wijzer

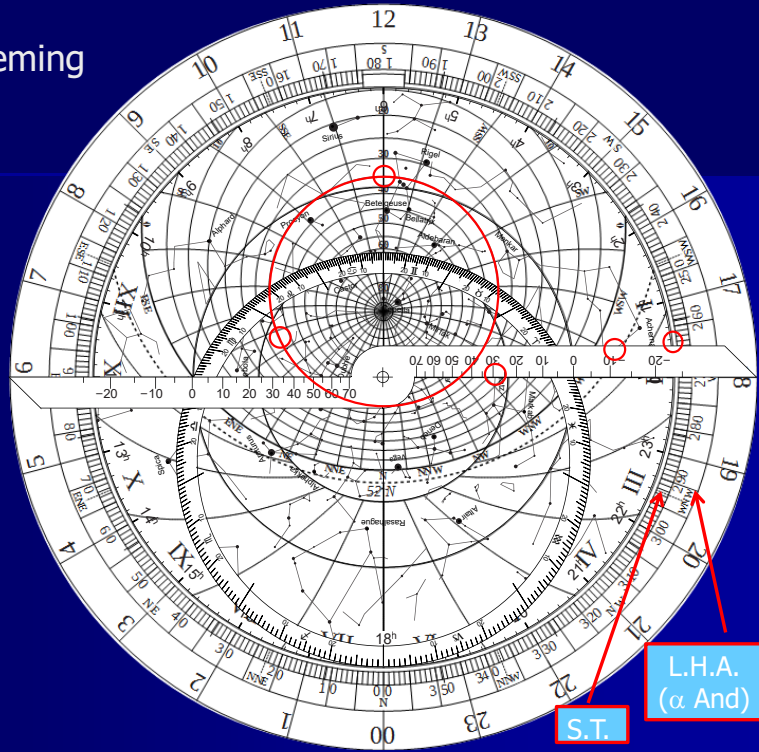


Datum: 26 oktober, daardoor de zon op 2° Scorpius

Tijdvereffeningscorrectie -16 minuten

Ezelsbruggetje voor het teken van de tijdvereffening: “NYSS”, uitgesproken als “nice”  
(New Year Sun Slow)

## Tijdwaarneming ster



Alpheratz (alpha Andromedae) op 35 graden boven de oostelijke horizon

26 oktober, zon op 2 graden Scorpius

Tijdvereffening -16 minuten op die datum

WPT = 17:30 uur.

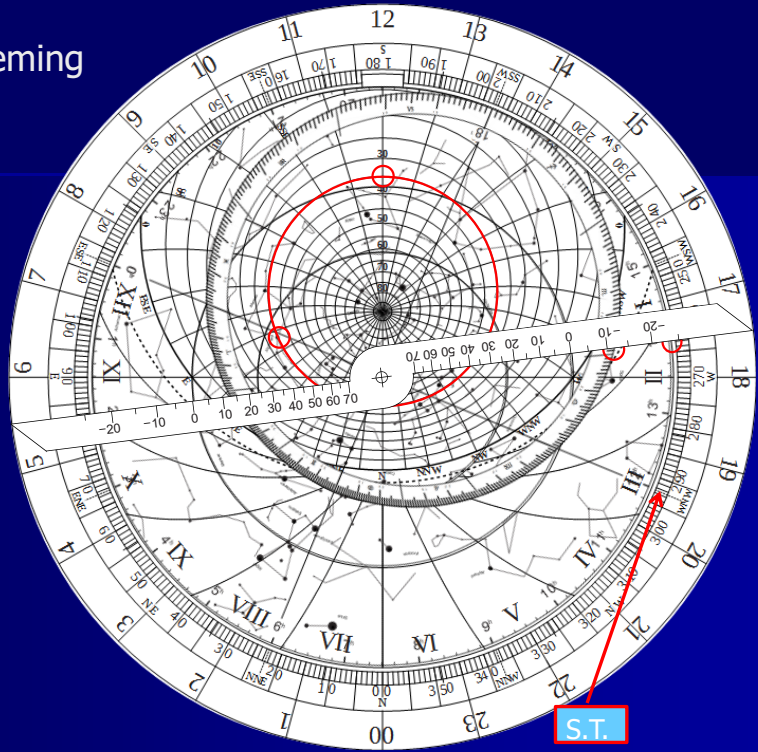
Standaardtijd (in CEST) = 17:30 + 01:41 – 00:16 = 18:55 uur.

Stellarium zegt 18:52, klopt dus vrij aardig!

S.T. = Sterrentijd (lokaal) = 19h32' (Stellarium: 19h31')

L.H.A. = Lokale uurhoek (in dit geval, van Alpheratz) = 19h24' (Stellarium: 19h22')

## Tijdwaarneming ster



Op deze slide staat de animatie in de stand waarbij de ware plaatselijke tijd kan worden afgelezen.

Alpheratz op 35 graden boven de oostelijke horizon

26 oktober, zon op 2 graden Scorpius

Tijdvereffening -16 minuten op die datum

WPT = 17:30 uur.

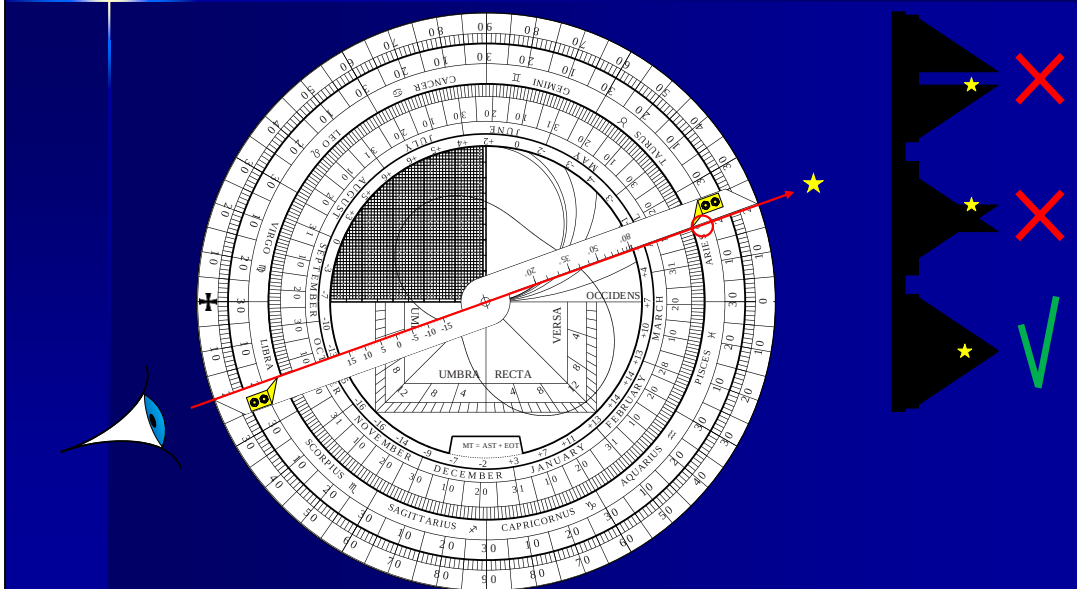
Standaardtijd (in CEST) = 17:30 + 01:41 – 00:16 = 18:55 uur.

Stellarium zegt 18:52, klopt dus vrij aardig!

S.T. = Sterrentijd (lokaal) = 19h32' (Stellarium: 19h31')

L.H.A. = Lokale uurhoek (in dit geval, van Alpheratz) = 19h24' (Stellarium: 19h22')

## Tijdwaarneming: hoogtemeting met alidade

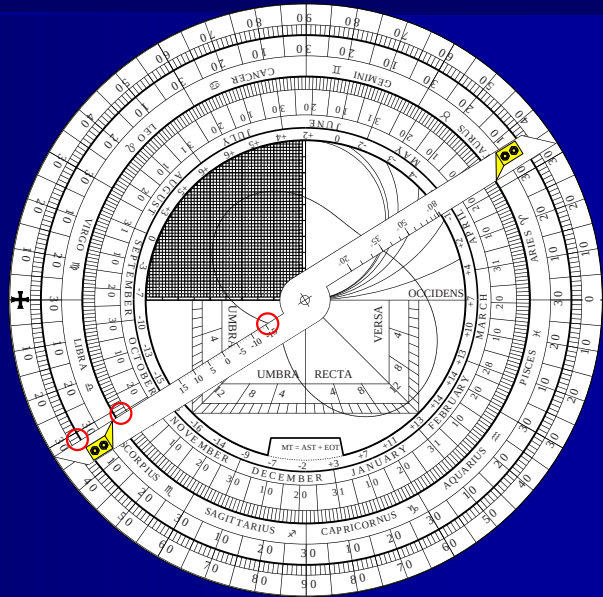


Zon op 20° boven de oostelijke horizon (rijzend dus).

De zon moet net zichtbaar zijn door een minimale spleet tussen de twee vizier-vaantjes.

Veiligheid: overdag, met de zon: schaduwwerking gebruiken!

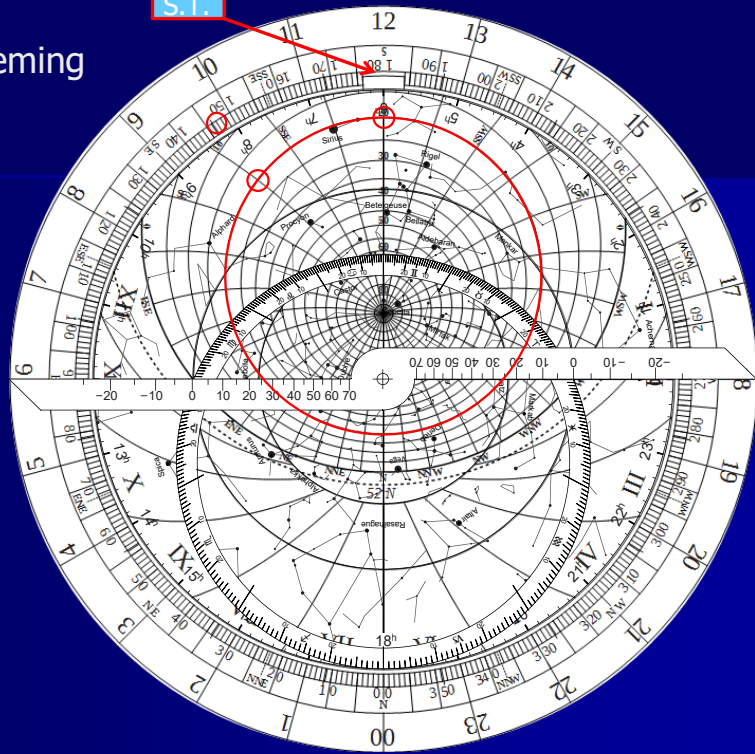
## Tijdwaarneming: bepalen zonpositie Achterkant mater, gebruik de alidade als wijzer



26 oktober: 2° Scorpius

Tijdvereffening – 16 minuten

## Tijdwaarneming zon



Zon op 20 graden boven de oostelijke horizon

26 oktober, zon op 2 graden Scorpius

WPT = 09:48 uur.

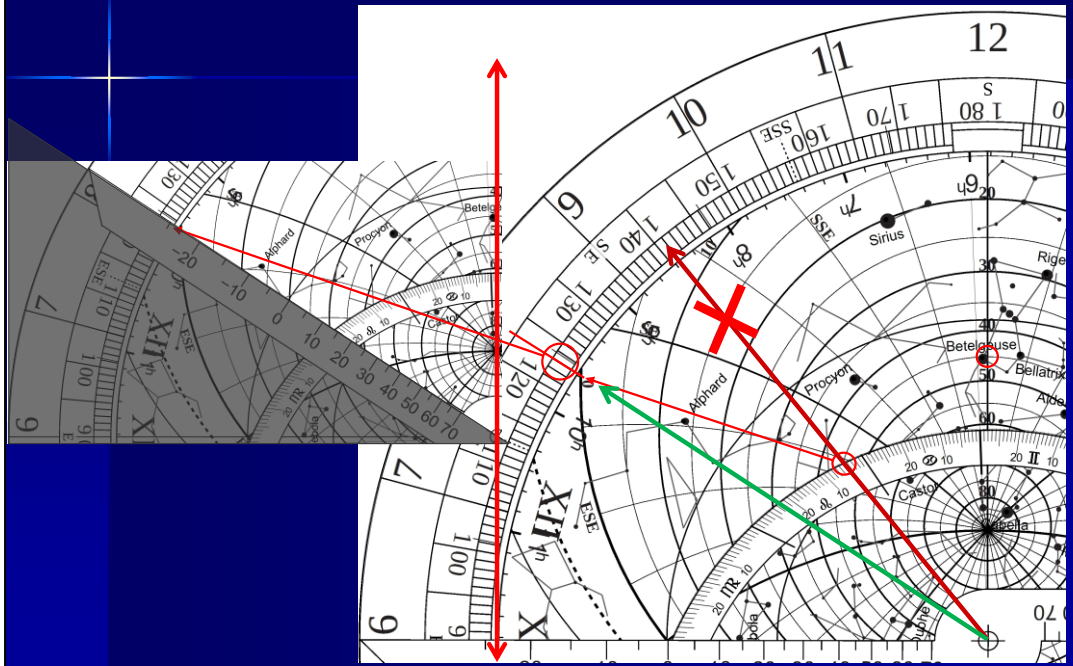
Tijdvereffening -16 minuten op die datum

Standaardtijd (in CEST) = 09:48 + 01:41 – 00:16 = 11:13 uur.

S.T. = Sterrentijd (lokaal) = 11:52 uur (N.B. sterrentijd wordt (per definitie) gerekend vanaf 00:00 als het lentepunt in het zuiden staat. Dat is precies 180 graden verder dan "aardse" tijd).



## Astrolabium als kompas



Zelfde werkwijze als bij tijdbepaling.

Datum 30 juli, zon op 5 graden Leeuw, gemeten hoogte 45 graden.

Dan:

De zon staat op iets ten oosten van een azimutaal ZOto, dat is ca. 123 graden kompasrichting (rechtwijzend t.o.v. ware noorden).

Stel de regula in op die hoekwaarde (groene pijl).

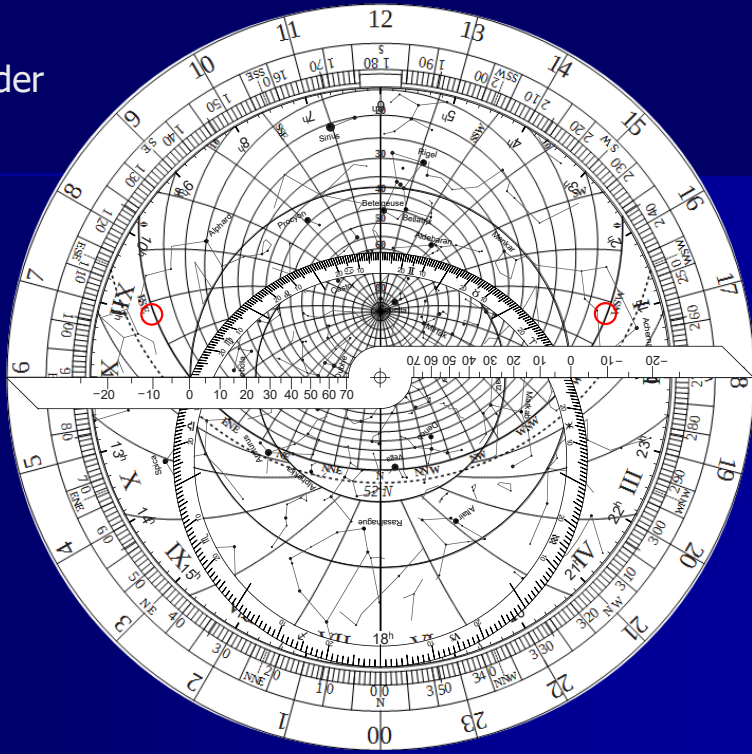
Leg het astrolabium plat (// aardoppervlak) en lijn de indexwijzer uit op de schaduw van een verticaal voorwerp, bijv. de hoek van een gebouw, \*zonder\* de indexwijzer te verdraaien t.o.v. de mater. Met andere woorden, bij het uitlijnen het \*hele\* astrolabium draaien.

De lijn tussen het grote kruis en M (= de lokale meridiaan) ligt dan precies noord-zuid!

Rode pijl met kruis: soms gemaakte fout

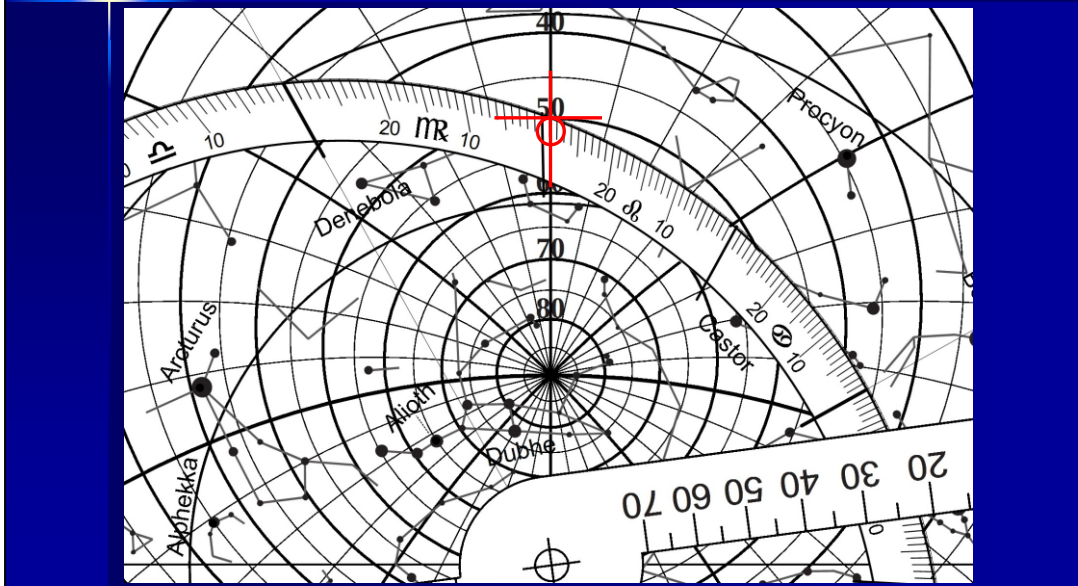


Zon op/onder



26 october, zon: 2 graden Scorpius

## Maximale zonshoogte

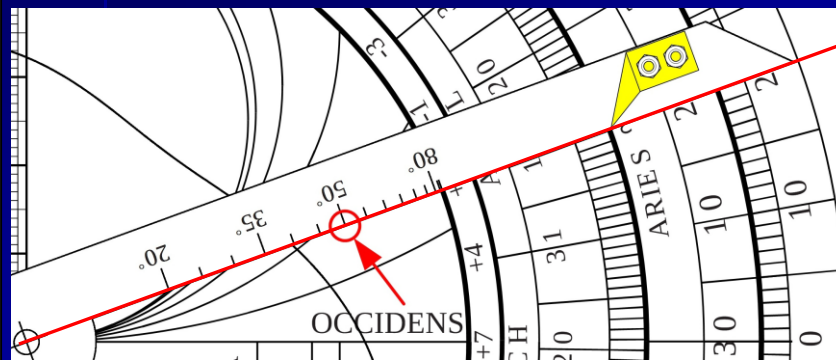


Hoe hoog komt de zon vandaag boven de horizon?

Zoek daarvoor op de achterkant de zonspositie bij de datum. Draai het astrolabium om, en roteer de spin zodanig dat de zonspositie in het zuiden staat (op 12 uur). Lees vervolgens bij het snijpunt van de dierenriem met de lokale meridiaan op de tympan de hoogte af.

In dit voorbeeld is uitgegaan van 22 augustus, zonspositie  $29^{\circ} \varrho$ . De afgelezen hoogte is  $50^{\circ}$ .

## Ongelijke uren (Methode 1)



In de vroege middeleeuwen werd de tijd ook wel anders aangeduid: het eerste uur na zonsopgang was het eerste uur van de dag, het laatste uur voor zonsondergang was het twaalfde uur van de dag. Vanzelfsprekend verschilde dat per seizoen: tijdens hoogzomer waren de uren overdag langer omdat de dag langer duurde, in de winter waren de uren overdag juist korter.

Berekening met het bogendiagram op de achterkant:

In dit voorbeeld is uitgegaan van 22 augustus, zonspositie  $29^\circ \delta$ . De gemeten hoogte is  $20^\circ$  boven de westelijke horizon, de maximale hoogte op die datum is  $50^\circ$  bij een geografische breedte van  $52^\circ$ .

- Bepaal de maximale zonshoogte voor de datum ( $50^\circ$ ).
- Meet de zonshoogte met de alidade ( $20^\circ$ ).
- Op de alidade bevindt zich een schaalverdeling van  $20^\circ$  tot  $80^\circ$ . Zoek de maximale zonshoogte op deze schaalverdeling.
- De boogsector waarin dit punt zich bevindt is het ongelijke uur na zonsopkomst of vóór zonsondergang, gerekend vanaf de horizontale lijn.

We lezen af uit het diagram dat het ongelijke uur het tweede uur na zonsopkomst of vóór zonsondergang is, oftewel het tweede of het elfde uur van de dag. Omdat de zon boven de westelijke horizon staat en het dus na de middag is, kiezen we voor de tweede oplossing (elfde uur). Dat komt overeen met het voorbeeld in de vorige slide.

Omdat voor het bogendiagram de zonshoogte gemeten moet kunnen worden, is deze methode alleen overdag bruikbaar.

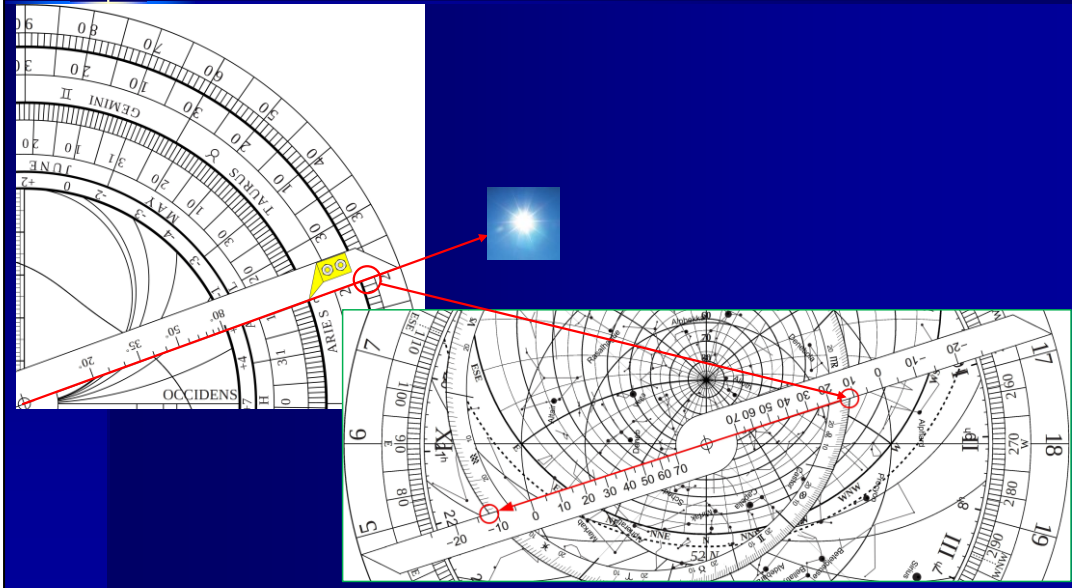
De binnenste (kleinste) cirkel stelt het middaguur voor, de horizontaal zonsopkomst resp. zonsondergang.

Er is een klein verschil tussen methode 1 en methode 2. Methode 2 is nauwkeuriger (Dominic

Ford ([in-the-sky.org/astrolabe/](http://in-the-sky.org/astrolabe/)), (N. Whyte, 1999).

Dit diagram is exact als de declinatie van de zon nul is of als de waarnemer zich op de equator bevindt.

## Ongelijke uren (Methode 2, nauwkeuriger)



Met de tympaan:

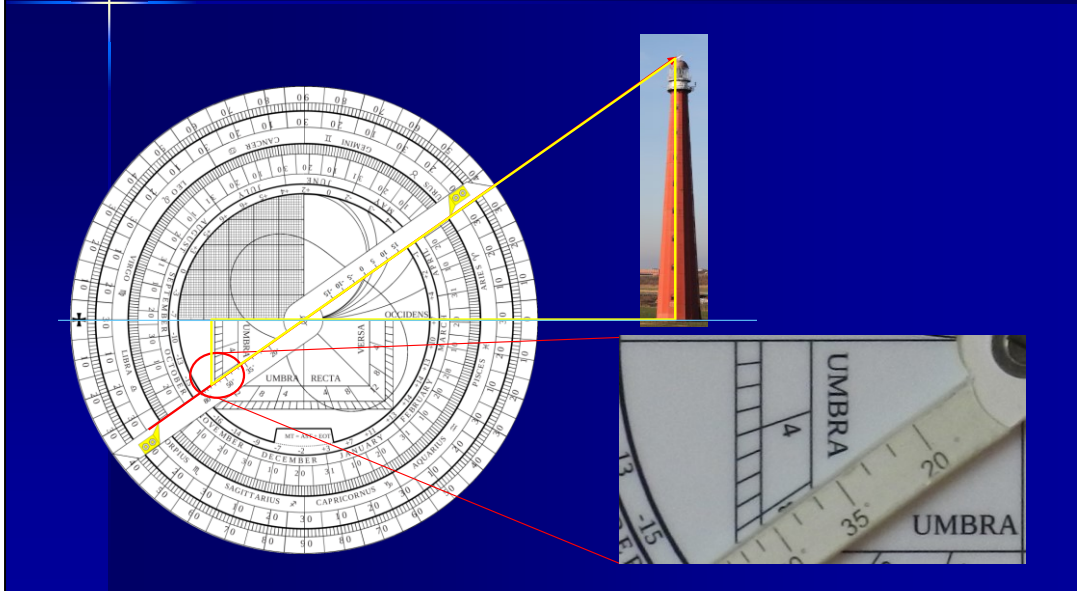
- Stel de regula en de spin in op datum en tijd.
- Zoek op de spin het antisolaire punt. Dat ligt op de dierenriem, diametraal tegenover de zonspositie.
- De sector waarin het antisolaire punt zich bevindt is genummerd (in Romeinse cijfers) met het bijbehorende ongelijke uur van de dag.

Voor de ongelijke uren van de nacht wordt de zonspositie zelf gebruikt.

Ook in dit voorbeeld is uitgegaan van 22 augustus, zonspositie  $29^{\circ} \Omega$ . De gemeten hoogte is  $20^{\circ}$  boven de westelijke horizon. Het antisolaire punt, gemerkt met pijl en cirkel, bevindt zich in de boogsector gemerkt XI, het elfde uur van de dag dus.



## Andere toepassing: stadimeter



Officiële benaming: “Schaduwvierkant”

De twee gele driehoeken zijn gelijkvormig (geval HH, rechte hoeken en twee overstaande hoeken).

Dus geldt:

hoogte kerktoren : afstand kerktoren = orhz : arhz \*) ofwel

orhz : arhz staat aangegeven op de stadimeter (in twaalfden). Noem dit V (van Verhouding)

Dus:

hoogte kerktoren : afstand kerktoren = V ofwel

afstand kerktoren = hoogte kerktoren / V

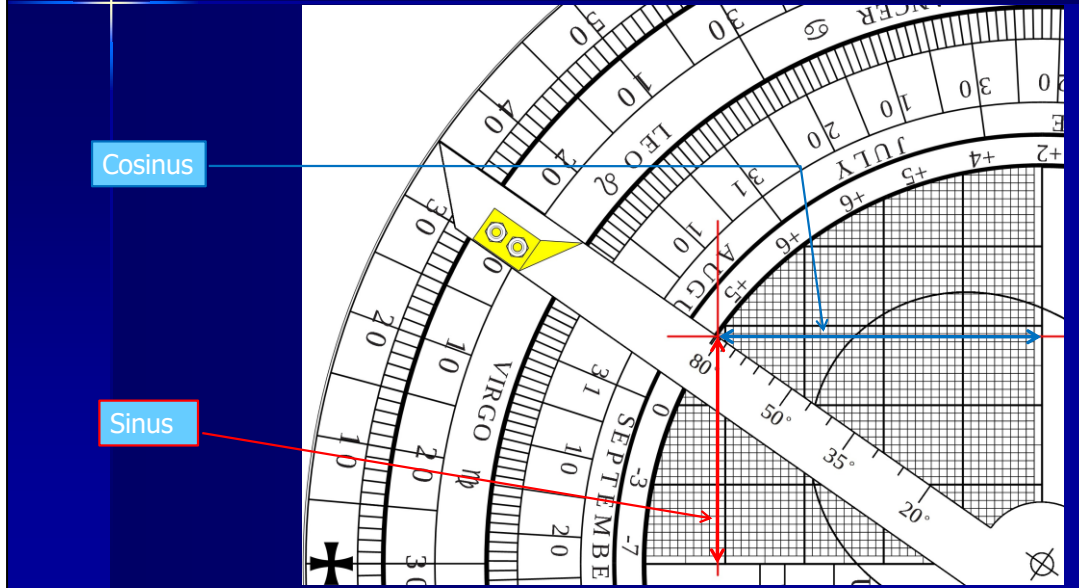
Dit voorbeeld:

Afstand = <hoogte kerktoren> / (8.5 / 12)

\*) : orhz = overstaande rechthoekzijde, arhz = aanliggende rhz. Het quotient van die twee is de tangens van de hoek.



## Goniometrische verhoudingen: het sin/cos-kwadrant



Deel het aantal hokjes sin of cos door het max aantal hokjes (50).

In dit geval:  $\sin(35 \text{ graden}) = 28.7/50 = 0.574$  (klopt),  $\cos(35 \text{ graden}) = 41/50 = 0.82$  (klopt ook).

Omdat de tangens =  $\sin/\cos$  kunnen we die er ook uit halen.

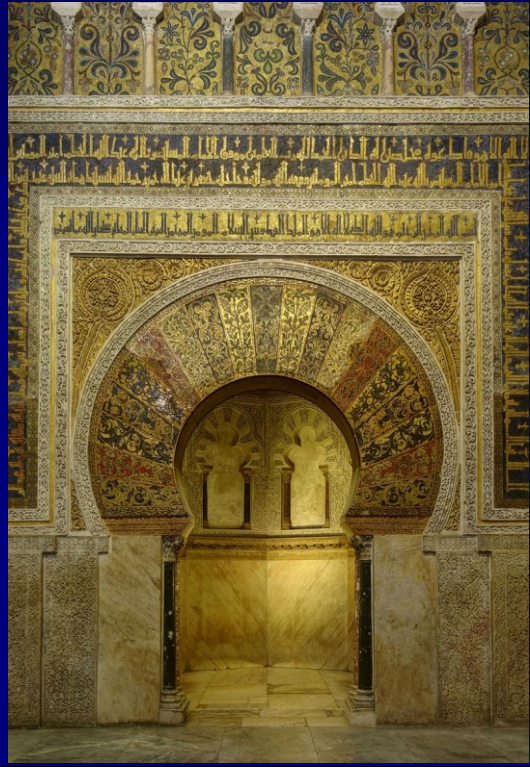
Interessant: voor afstandsmetingen kan ook de sin/cos schaal worden gebruikt! En met hogere nauwkeurigheid, in eenheden van  $1/50$  i.p.v.  $1/12$  zoals bij het schaduwvierkant.

In dit voorbeeld: de sinus  $\approx 28.7/50$ , de cosinus  $\approx 41/50$ , de tangens dus  $28.7/41 = 0.700$ .

Met het schaduwvierkant is de tangens  $8.5/12 \approx 0.708$ .

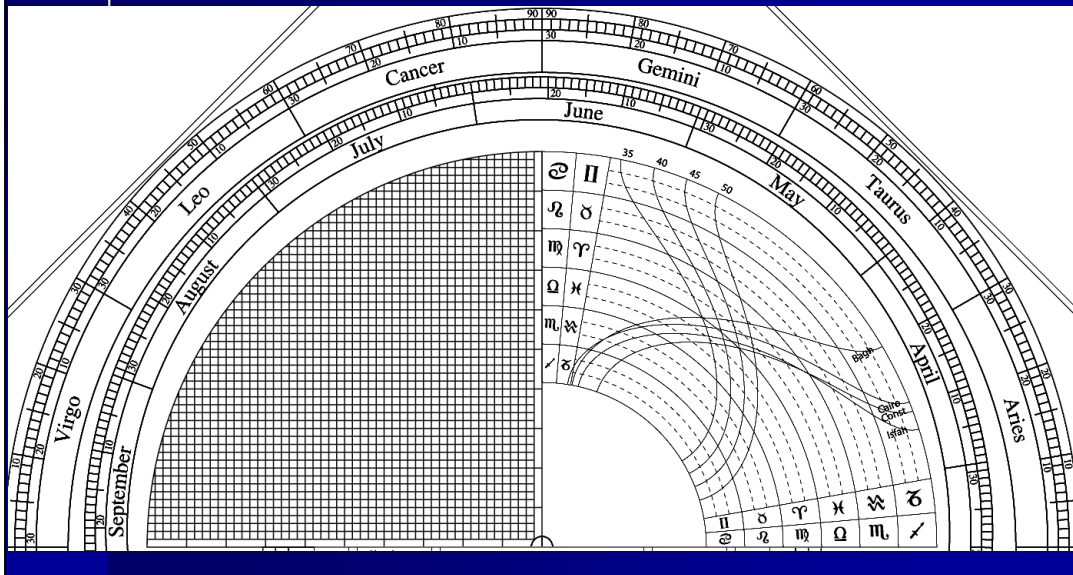
Het verschil is hier in de orde van 1%, waarbij het sin/cos-kwadrant dichter bij de waarheid zit (0.7002 op de rekenmachine).

## Mihrāb



De Mihrāb geeft in de moskee de gebedsrichting “qibla” (naar Mekka) aan.

## Qibla (richting naar Mekka)



It is possible to get a rough estimate of the qibla direction by using the Sine/Cosine scale to be found on the back of many astrolabes[5]. To use this scale the user must know the latitude and longitude of Mecca, as well as their own current latitude and longitude[6].

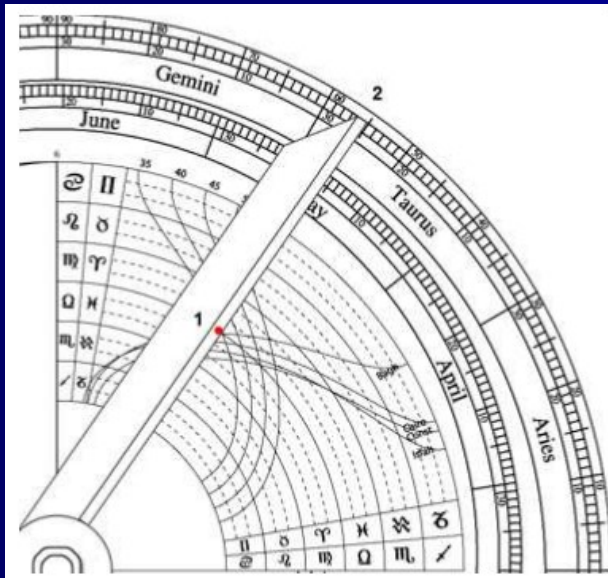
Clever as these techniques are, they are limited in usefulness. As the Qibla is a great circle line between points on the globe, the further you are from Mecca, the more inaccurate the estimate found by the first method will be. For example in the city of Casablanca (location:33.5N 7.5W) the Qibla direction is about 93.5 degrees but if you estimate it using the sine/cosine scale you get a direction of 106 degrees.

The second, arcs of signs, method is similarly limited. It does provide the great-circle direction, but because the sun has to be up and in the direction of Mecca to work, it is pretty much limited to locations within 90 degrees of Mecca.

[Methode 1 geeft de loxodroom. Om de grootcirkel te vinden is halve convergentie correctie nodig:  
 $H.C.C. = \text{gemiddelde breedte} * \sin(\text{lengte waarnemer} - \text{lengte Mekka})$ . Oosterlengte positief rekenen.  
 Denk aan het teken als de gemiddelde breedte op het zuidelijk halfrond ligt! Zuiderbreedte negatief rekenen.]

[ Dit probleem is veel eleganter op te lossen met behulp van het universeel astrolabium, zie aldaar. ]

## Qibla (richting naar Mekka)



### Example 2:

Determining the Qibla using the Qibla line on the arcs of the signs scale

On many astrolabes there is a scale that shows the altitude of the Sun at Noon for every day of the year. This scale is in the form of a series of ninety-degree arcs marked with the various zodiac symbols representing the location of the sun on the ecliptic. In addition to one or more curved lines representing the altitude of the Sun at noon, many of these are also marked with a set of arcs labels as major cities. These arcs can be used to determine the direction of the Qibla if the user is near one of the cities listed.

To determine the rough Qibla direction using the arcs of the signs, do as follows:

- find the Sun's position on the zodiac using the zodiac and calendar rings of the astrolabe.
- Find the city line for the city you are near.
- Find the point on that line that is in the arc for the sun's current zodiac position.
- Set the astrolabe's alidade/pointer to touch this point. The alidade will point to an angle on the rim.
- When the sun is at this angle above the horizon, it will sit directly above the Qibla direction.

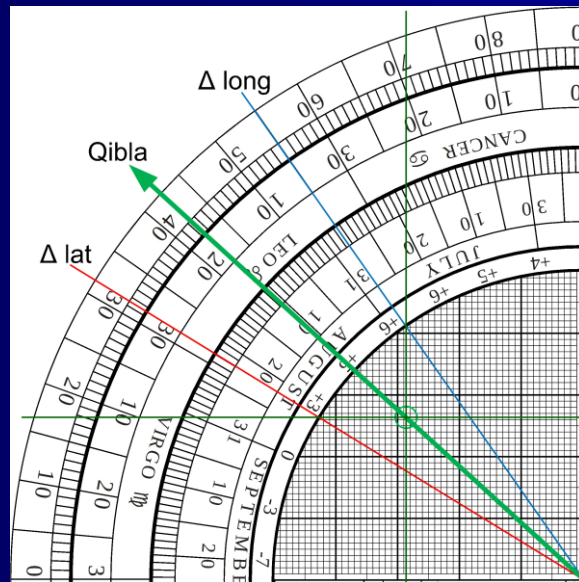
Find the direction to Mecca from near Baghdad.

Given the date is the Spring Equinox (March 20th).

First find the position of the Sun on the ecliptic for the Spring Equinox (I cheated to simplify. The First Point of Aries marks the Spring Equinox, no need to look it up).

Rotate the alidade/pointer to the point where the Baghdad line crosses the arc marking Aries 0 (1) and it will point to an angle(2). In this case, for this date, 55 degrees. So when the sun is at an angle of 55 degrees, it is shining directly over the point on the horizon that marks the direction to Mecca.

## Qibla (richting naar Mekka)



### Example 1:

To use the sine/cosine scale, work the problem as follows:

First, find the difference in latitude between the two positions

Next, find the difference in longitude.

Set the pointer or alidade of the astrolabe to point at an angle from horizontal equal to the difference in latitude. Mark the line from there to the sine scale mentally.

Set the pointer or alidade to point at an angle from vertical equal to the difference in longitude.

Mark the line from there to the sine scale mentally.

Set the pointer to the point where the two lines cross. The pointer will now point to a direction. You will need to determine whether the direction given is to the North, South, East, or West. For example, if you are North and East of Mecca, the qibla direction will be measured from West.

Finding the Qibla from Den Helder, Holland (location: 52°58'N 4°48'E)

The difference in latitude (rounding off) is 31°30', the difference in longitude is 35 degrees.

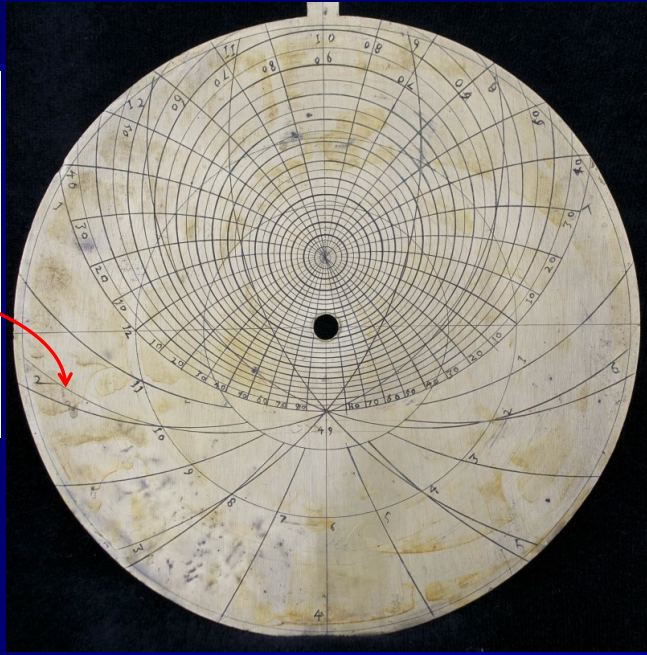
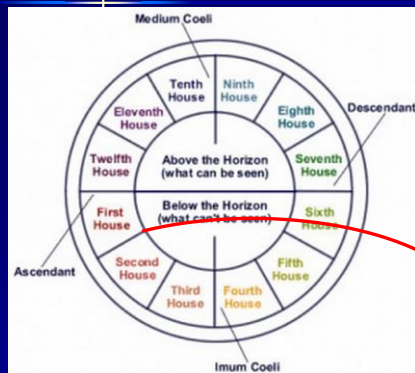
Work the problem as below: Measure up 31°30' from the horizontal scale for the difference in latitude (red line), and 35 degrees from the vertical scale for the difference in longitude (blue line). Place the alidade

on the intersection of the two imaginary lines (dark green) and it will point at an angle (green arrow), 42°30' in this

case. As Mecca is east and south of Den Helder, this angle will be the angle south of due East. So add it to 90 degrees to get the compass bearing (132°30'). Using the ruler function in Google Earth (which conveniently uses great circles), the great circle direction to Mecca is 126 degrees.



## Astrologische toepassing: huizensysteem



Tympan voor 49 graden NB.

Niet exact na te gaan welk huizensysteem het betreft (er zijn er nogal wat). Volgens Morrison werd meestal Regiomontanus gebruikt.



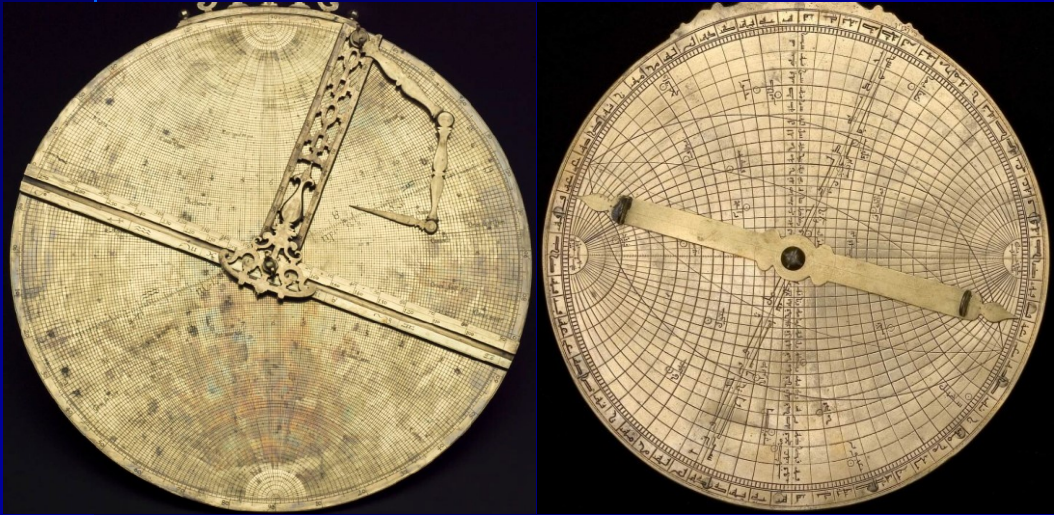
David A. King, "The astrolabe – what it is & what it is not". [davidaking.academia.edu](http://davidaking.academia.edu), 2018.

Dit geldt nadrukkelijk voor het planisferisch astrolabium!



Navigatiehulpmiddelen:  
HET UNIVERSEEL ASTROLABIUM E.A.

## Universeel astrolabium



Saphea Arzachelis (cf. Prophatius Judaeus, in a treatise dated 1263. The name, which derives from al-ṣafihā (the plate) al-zarqāliyya (of Arzachel), has endured, although it is often shortened to simply *saphea*), Astrolabum (sic) Catholicum (cf. Gemma Frisius).

Enige documentatie over te vinden, vnl. van Adrianus Metius (later door velen geheel of gedeeltelijk overgeschreven!).

Degenen met een achtergrond in projectietechnieken of mineralogie herkennen hier het “Wulffse net” of het “stereonet”.

Het universeel astrolabium maakt het mogelijk om snel te converteren tussen bijvoorbeeld eclipctica-coördinaten en equatoriale coördinaten (Metius, 1632), maar door juiste standpunt in te nemen kunnen ook andere conversies worden uitgevoerd (bijv. van uurhoek/declinatie naar alt/az).

Tijd is niet rechtstreeks op een universeel astrolabium af te lezen:

“Time cannot be found directly on the saphea but requires an iterative procedure. This shortcoming of the saphea is very likely the reason Gemma included a regular plane astrolabe on the instrument.” (James E. Morrison , [astrolabes.org](http://astrolabes.org), 2016).

De wijzer aan de regula op het linker exemplaar wordt “brachiolus” (armpje) genoemd.

Verdere toepassingen:

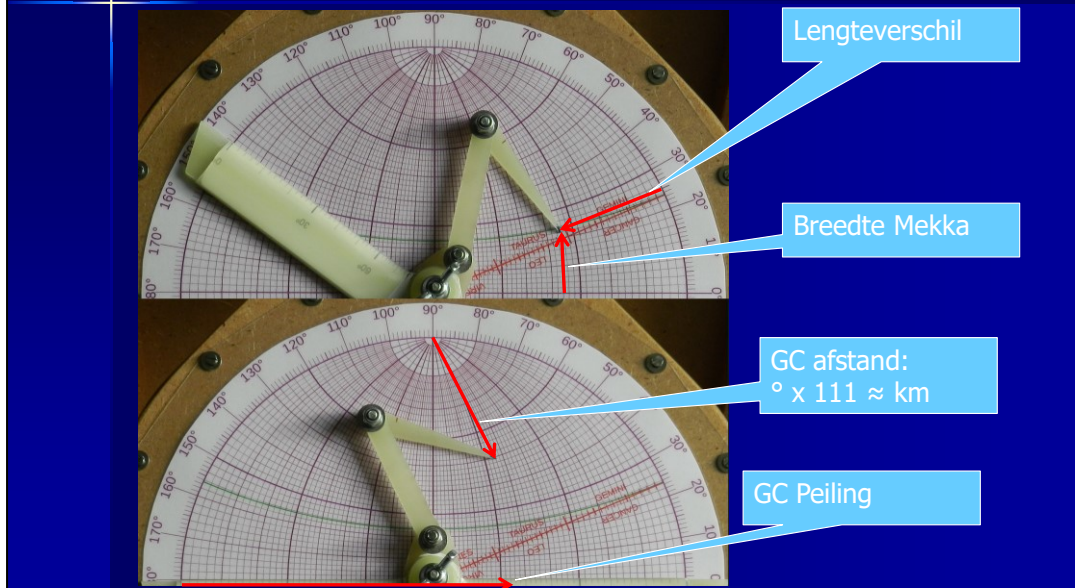
- Grootcirkelpeiling en –afstand tussen twee punten op de aardbol (Crone, 1916 en Koeman, 1980)
- Zonsopkomst en –ondergang, schemering (Metius, 1632 en Vooght, 1680)
- Bepaling sterrentijd ten tijde van de culminatie van een ster (Vooght, 1680)
- Opkomst en ondergang van sterren (tijd en azimut), vice-versa (Metius, 1632 en Vooght, 1680)
- Het vinden van lengte en breedte van een ster op gemeten hoekafstanden van twee sterren met bekende positie (Vooght, 1680)

- Het vinden van de equatoriale en de eclipticapositie van de zon en de dag van het jaar als de declinatie van de zon bekend is (Metius, 1632)
- Bepalen van de poolhoogte uit de culminatie van de zon of van een ster (Metius, 1632)
- Als poolhoogte en datum/tijd bekend zijn, de azimut en hoogte van zon of sterren te bepalen (Metius, 1632)
- Als de azimut en datum bekend zijn, de tijd en de hoogte van zon en sterren te bepalen (Metius, 1632)
- ... (?)

Pas op met de beschrijving van Crone: het voorbeeld is links-rechts gespiegeld!

Zie verder het themanummer van "Zenit" over het astrolabium (mei 2019).

## Qibla op het universeel astrolabium: grootcirkelpeiling en -afstand



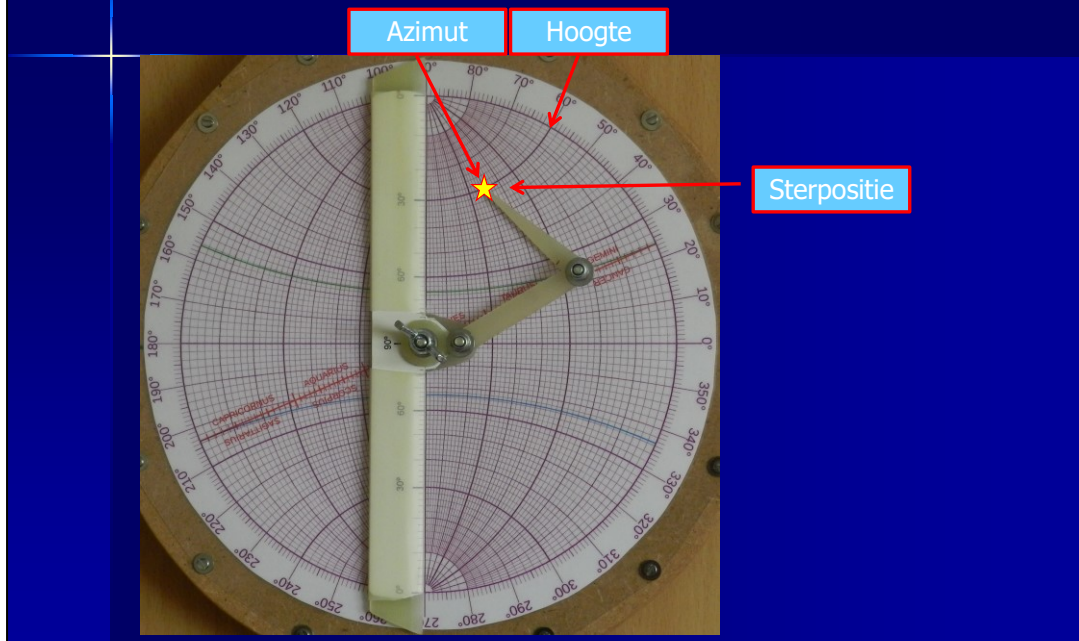
Dit werkt op het universeel astrolabium veel beter dan met het sinus-cosinuskwadrant. De uitkomst is – in tegenstelling tot de sin/cos-methode – wel exact (binnen de meetnauwkeurigheid) en we krijgen er gratis ook nog de afstand bij. Dit gaat als volgt:

1. We nemen wederom de qibla vanuit Den Helder (52°58'N 4°48'E).
2. Draai de regula rechtsonder vanaf de evenaar over de hoekafstand pool-zenit (90° - 52°58' ≈ 37°) (boven).
3. Wijs met de punt van de brachiolus de breedte van Mekka (21°25'N) en het lengteverschil (≈35°, gerekend vanaf rechts) aan op het Wulff net, zonder de regula te draaien.
4. Draai de regula linksom naar de evenaar (onder).
5. Lees nu bij de punt van de brachiolus de grootcirkelpeiling (meridiaan, gerekend vanaf de linkerkant van de equator) en -afstand (de parallel, in graden vanaf de bovenkant) naar Mekka af.

We vinden 126° als peiling en 41° = 41 \* (40.000 / 360) ≈ 41 \* 111 = 4555 km voor de afstand. Geen calculator nodig, kan gewoon uit het hoofd... (mits we die omrekeningsfactor van "111" onthouden).

Deze procedure verschilt van die van Koeman in die zin dat noord en zuid links-rechts verwisseld zijn: Koeman gebruikt de versie van Crone.

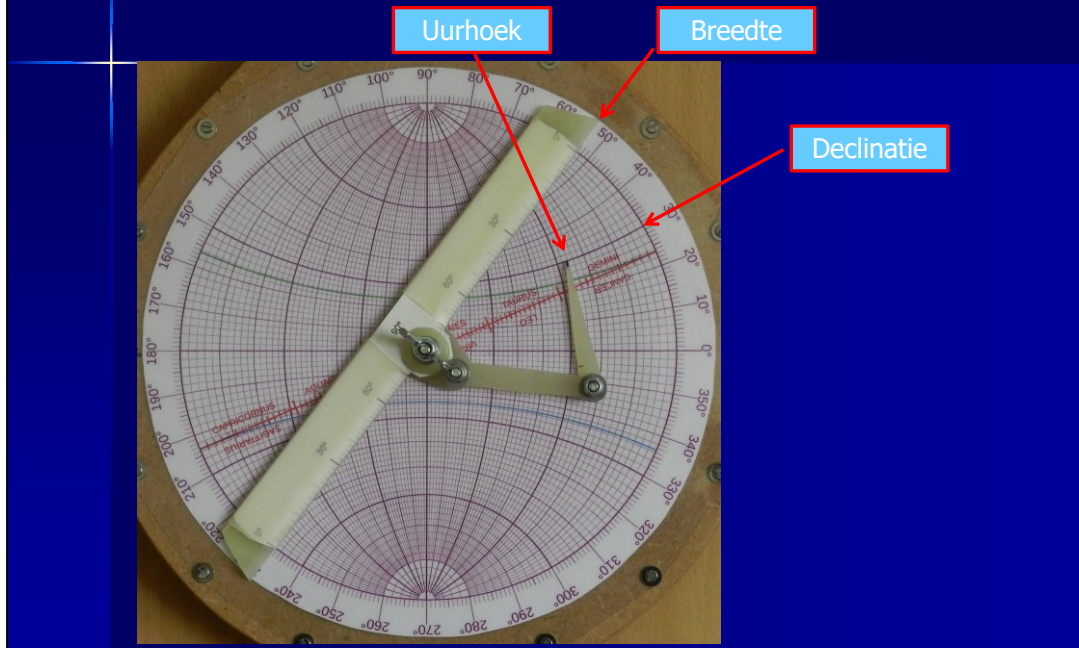
## Positiebepaling met hoogte en azimut (1)



Zet de regula verticaal.

Stel de punt van de brachiolus in aan de hand van de gemeten hoogte en azimut van de sterpositie.

## Positiebepaling met hoogte en azimut (2)



Draai de regula rechtsom (voor sterposities oostelijk van de meridiaan) tot de punt van de brachiolus de declinatieparallel ( $\delta$ ) van de ster aanwijst (in dit voorbeeld  $30^\circ$  N).

De regula wijst nu de geografische breedte aan. De uurhoek waar de punt van de brachiolus naar wijst kan worden herleid tot geografische lengte, als:

- (a) De gegevens van de ster bekend zijn ( $\alpha$  en  $\delta$ );
- (b) De tijd van waarneming bekend is in GMT;
- (c) De tijdvereffening bekend is (bij waarnemingen van de zon).

In formule:

$$\lambda = \text{GMT} - 12\text{h} - \text{EoT} - \left\{ \begin{array}{l} \odot t_w \\ (360^\circ - \odot t_0) \end{array} \right.$$

of

$$\lambda = \text{GMT} - 12\text{h} + m \cdot \odot \alpha - \star \alpha - \left\{ \begin{array}{l} t_w \\ (360^\circ - t_0) \end{array} \right.$$

De uitkomst eerst normaliseren voor het interval  $-180^\circ \dots 180^\circ$ .

Positieve waarden voor  $\lambda$  betekenen westerlengte, negatieve  $\lambda$  oosterlengte.





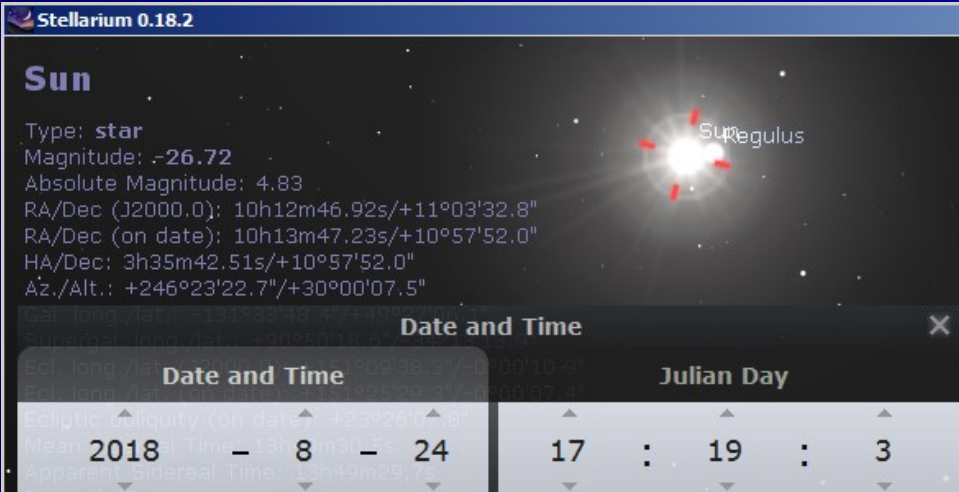


# Demo: Stellarium check

**Stellarium 0.18.2**

## Sun

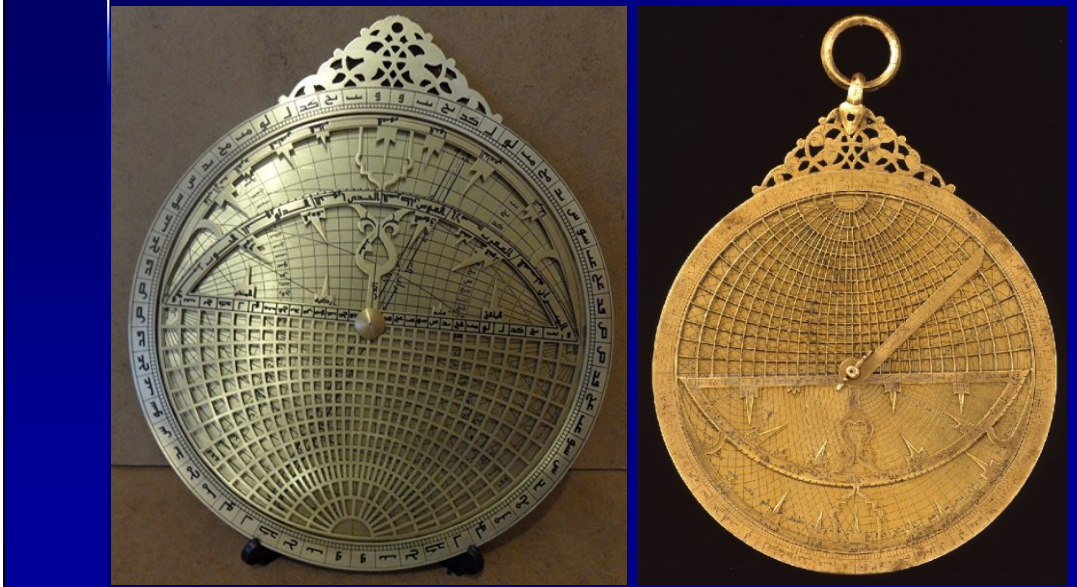
Type: **star**  
Magnitude: **-26.72**  
Absolute Magnitude: 4.83  
RA/Dec (J2000.0): 10h12m46.92s/+11°03'32.8"  
RA/Dec (on date): 10h13m47.23s/+10°57'52.0"  
HA/Dec: 3h35m42.51s/+10°57'52.0"  
Az./Alt.: +246°23'22.7"/+30°00'07.5"



The image shows the Stellarium 0.18.2 interface. On the right, the Sun is depicted as a bright star with a red and white core, labeled 'Sun' and 'Regulus'. On the left, a data panel lists the Sun's properties. In the foreground, a 'Date and Time' dialog box is open, showing the date '2018 - 8 - 24' and the Julian Day '17 : 19 : 3'. The dialog box has a close button (X) in the top right corner.

Date and Time		Julian Day	
Year	2018	Day	17
Month	8	Hour	19
Day	24	Minute	3

## Variant op universeel astrolabium: Lamina rete



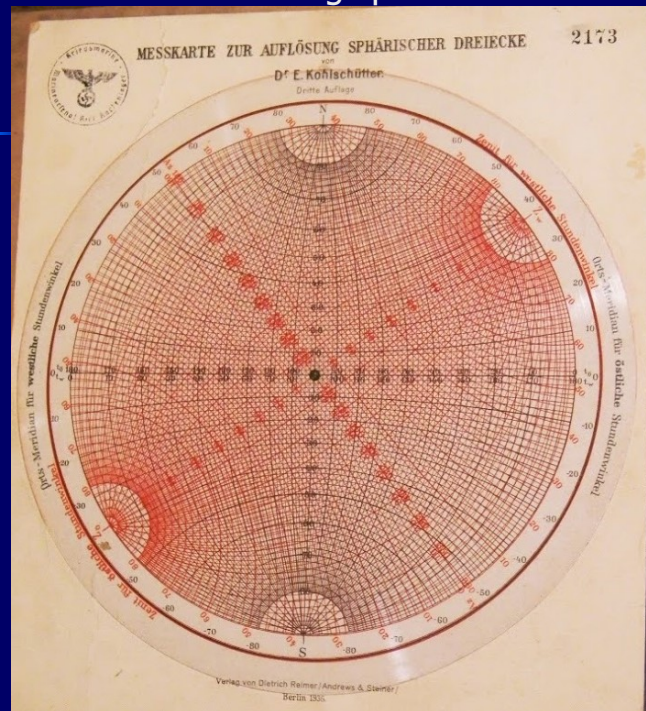
Replica-of-Ibn-al-Sarrajs-Universal-Astrolabe-Front-small. (links), origineel (rechts)  
 Voorzien van een Lamina Rete.

The astrolabe was made by Ahmad ibn al-Sarraj for Muhammad al-Tanukhi in the year of the Hijra 729 ( $\approx 1328$ ). The border of the disc is inscribed with the names of four owners, two of them are named muwaqqit i.e. astronomers employed for religious purposes. It is the only known specimen of an Islamic universal astrolabe. Ahmad ibn al-Sarraj probably lived in Aleppo in the early 14th century and he is the author of treatises on mathematics and astronomy.

Syria AD1328/29 (AH 729) D 22 cm (Benaki Museum, Athene. ΓΕ 13178)

(Google Arts and Culture)

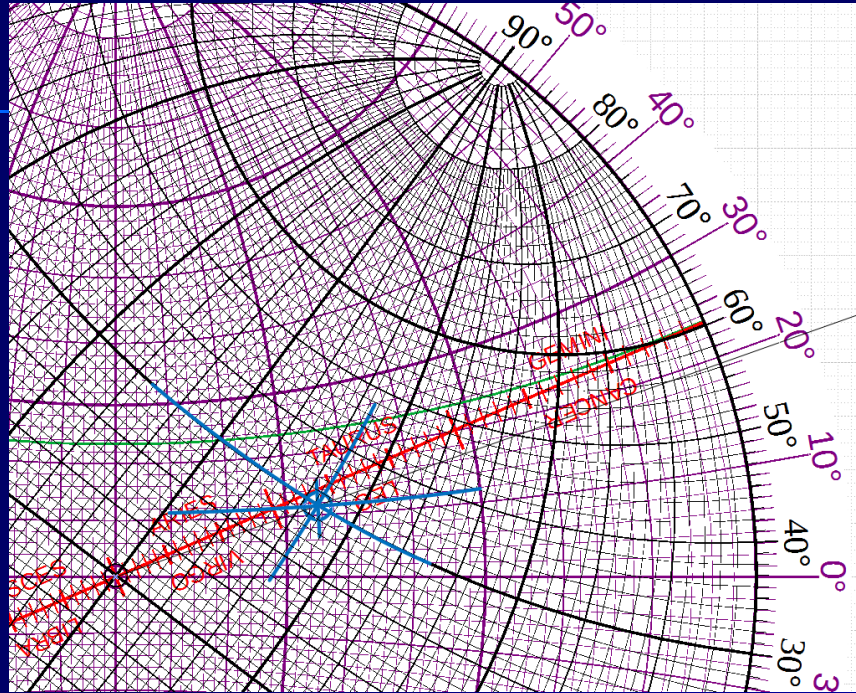
## Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke



Het kan makkelijker door gebruik te maken van een sandwich van 2 Wulff netten. Daarbij wordt de bovenste afgedrukt op een transparant, vergelijkbaar met de rete bij het model van het planisferisch astrolabium. Het transparant is draaibaar rond het middelpunt.

Door E. Köhlschütter in 1929 gepatenteerd als "Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke", en nog tot 1944 bij de Kriegsmarine in gebruik.

## Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke: tijd



### Werkwijze:

- Stel de as van de rete (in dit model: zwart gekleurd) in op de geografische breedte. Die wijst nu naar het zenit van de waarnemer;
- Zoek op de achterkant van de mater de zonspositie in de ecliptica op;
- Zoek op het onderste Wulff net (laten we dat de tympan noemen. In dit model: violet) de declinatie op van de zonspositie;
- Dan lezen we bij het snijpunt van de declinatie van de zon (op de tympan) en van de hoogte (op de rete) vanaf links meteen de uurhoek af.
- Het azimut lezen we af op de rete. Rekenen vanaf de linkerrand.

Dit voorbeeld: zelfde gegevens als bij de demo van de Saphea.

Voor het vaststellen van het tijdstip van zonsopkomst resp. ondergang:

Trek de parallel van de zonsdeclinatie op de tympan door tot die de 0 graden lijn op de rete (dat is de horizon) snijdt.

De meridiaan op de tympan die door dat snijpunt gaat is de uurhoek van zon op/onder.

Twee uitkomsten dus: 12 uur – lengteverschil (in uren. 1 uur = 15 graden) en 12 uur + lengteverschil.

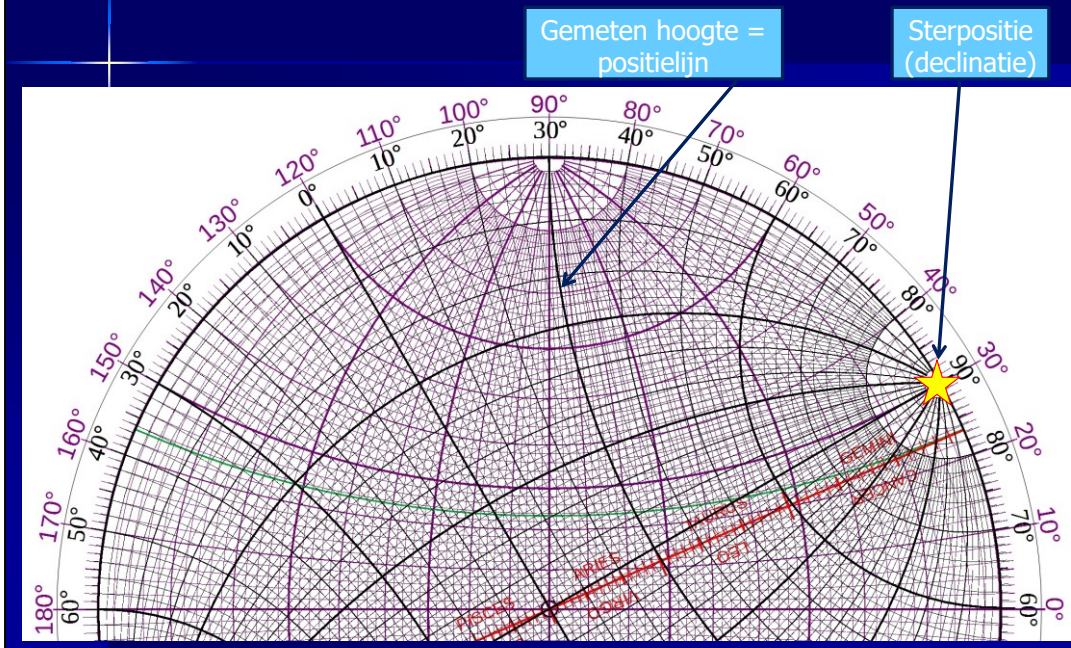
De parallellen en de meridianen op de rete zijn in feite respectievelijk de almucantaren en de azimutalen op de tympan van een planisferisch astrolabium!

Toepassingen van de Meßkarte (cf. verklarende tekst achterop het instrument):

- Zeitazimut (azimut en hoogte bij bekende tijd en sterpositie)
- Hohenazimut (azimut en uurhoek bij gemeten hoogte en bekende sterpositie, zie boven)
- Namen eines unbekanntens Sterns (declinatie en rechte klimming bij gemeten tijd en hoogte)
- Segeln im größten Kreise (grootcirkelpeiling en –afstand, zie het verhaal over de Qibla)
- Ortsbestimmung, wenn [die Höhe und] das Azimut gemessen ist (plaatsbepaling met azimut, hoogte en tijd)
- Bestimmung der Ortslinie [wenn nur die Höhe gemessen ist] (line of position met gemeten hoogte en tijd). Kohlshütter geeft het hier niet aan, maar met meer dan één zo'n meting kan de plaats worden bepaald!



## Positielijn op de Meßkarte: alleen de hoogte gemeten



Uit de beschrijving (let op: rood-zwart verwisseld):

1. Stelle Z auf die Abweichung des Gestirns ein; auf dem rechten Halbkreis, wenn das Gestirn östlich stand, auf dem linken, wenn es westlich stand.
2. Der der gemessenen Höhe entsprechende rote Höhenparallel ist dann die Ortslinie für das Luftfahrzeug.
3. Lies vor eine beliebige Anzahl von Punkten dieser Ortslinie im schwarzen Netz geogr. Breite ( $\phi$ ) und Stundenwinkel ( $t_{\odot}$  oder  $t_w$ ) ab.
4. Berechne die geogr. Länge  $\lambda$  dies. Punkte nach:

$$\lambda = \text{m. Gr. Zt.} - 12\text{h} - \text{Ztgl.} - \begin{cases} \odot t_w \\ (360^\circ - \odot t_{\odot}) \end{cases}$$

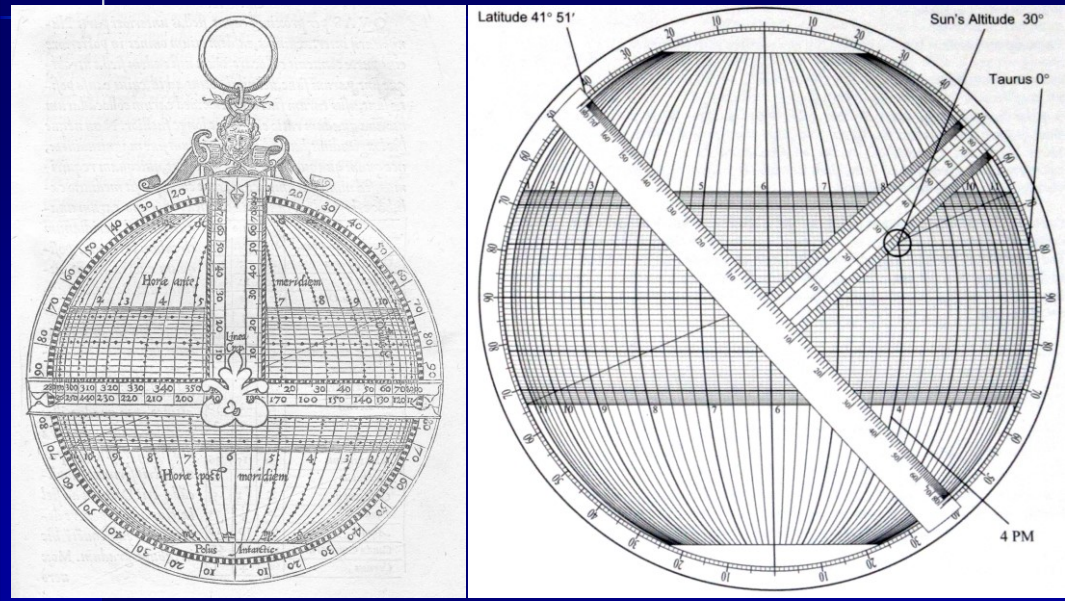
oder

$$\lambda = \text{m. Gr. Zt.} - 12\text{h} + \text{m. } \odot \alpha - \star \alpha - \begin{cases} t_w \\ (360^\circ - t_{\odot}) \end{cases}$$

Positive  $\lambda$  bedeuten Westlänge, negative  $\lambda$  Ostlänge.

5. Trage die einzelnen so bestimmten Punkte der Ortslinie nach Breite und Länge in einer Landkarte ein und verbinde sie durch eine ungezwungene Linie. Auf dieser Linie befand sich das Fahrzeug zur Zeit der Beobachtung.

## Astrolabium van Juan de Rojas



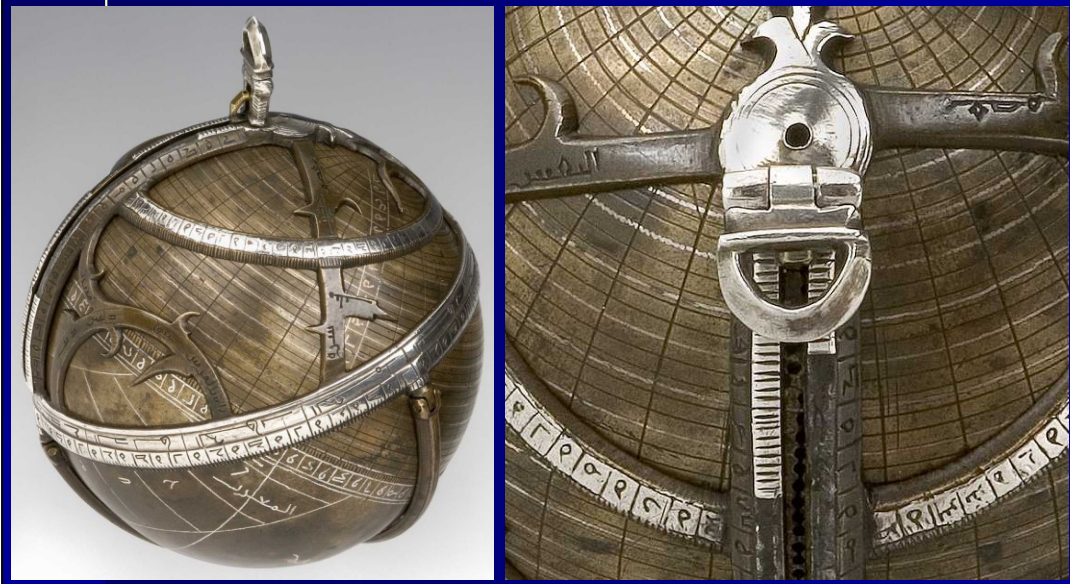
Leerling van Gemma Frisius

Gebaseerd op orthografische projectie

Tijd kan in één bewerking worden afgelezen (plaatje rechts uit "The Astrolabe" van James Morrison):

"The regula is set for the latitude and the cursor is positioned on the regula, so 30° is on the declination parallel corresponding to Taurus 0°. Since it is afternoon, the time is read from the labels on the lower half of the plate as about 4 PM. "

## Sferisch astrolabium



Spherical astrolabe (Arabic *asturlāb kūrsī*).

The only spherical astrolabe that survives is this one made in 1480 A.D., most likely somewhere in present-day Syria. Today it is in the Museum of the History of Science (Oxford, UK), [item # 49687](#). The most common type of astrolabe is the planispheric astrolabe, which works by projecting the sphere of the heavens onto a plane in a way that preserves angular distances and allows the user to carry out a wide variety of calculations.<sup>[1]</sup> The rarest form type of astrolabe is the spherical astrolabe. Although Latin and Arabic descriptions of such instruments exist, and other sources indicate that some mathematicians might have owned spherical astrolabes, only this single example survives. This astrolabe is about the size of a baseball ( $\approx 73$  mm).<sup>[2]</sup>

The rete on this astrolabe is a cage-like structure that would rotate around the globe inside it.<sup>[3]</sup> As with the rete on a planispheric astrolabe, this one includes a number of bright stars, 20 to be precise, a zodiac, and a meridian line. Unlike a planispheric astrolabe, which has different plates engraved for each latitude to depict the portion of the sky above the horizon at that latitude, this spherical astrolabe as a single “plate”—the globe on which the heavens are depicted. To adjust it for each latitude there were a different holes in the globe. A pin was inserted through a hole the cage-like rete and into the hole in the globe, both fixing the portion of the sky visible from the latitude and providing a point around which the heavens would rotate.

The maker signed and dated the globe, “The work of Mūsa. Year 885.” Unfortunately, we know nothing more about the maker, whose name is rather common. Based on the decoration and calligraphic style (a Kufic script, if you care), it seems likely to have been produced in the Eastern Mediterranean somewhere, probably Damascus or Cairo.

Manuscript descriptions of the spherical astrolabe exist, in Arabic, Latin, and even Catalan; and other medieval records imply that they did exist among the possessions of mathematicians. But in modern times no example was known until 1962, when an object offered for sale through Sotheby's was identified by the curator of the Museum of the History of Science, Francis Maddison, as a spherical astrolabe. It remains the only complete spherical astrolabe known to be extant.



In spite of its being signed and dated, little can be said of its origins. Unusually for an Arab the maker signs with a single name, Mūsa (the Arabic equivalent of Moses, and quite a common name). He is known only from this one instrument. The date of A.H. 885 also tells us little. It is over two centuries after the classic treatises on the instrument were written, and rather late in the period to which the style of workmanship belongs.

The general style, and in particular the use of Kufic lettering and damascened lettering and decoration, place it in the Syro-Egyptian region, where the centres of craftsmanship were Cairo and Damascus. The silver damascening clearly signals it as a skilfully made and very costly object.

Keith Powell:

### **The surviving spherical astrolabe**

The only medieval spherical astrolabe in the world to have survived complete is to be seen at the History of Science Museum in Oxford, England. It was made in Eastern Islam in 1480/1. It is made of brass, and the body shows the horizon, almucantars and azimuths, as well as arcs below the horizon which would allow the time to be determined by the unequal hours system. The rete shows the ecliptic circle and has pointers for 19 stars, these all having positive ecliptic latitudes. The spherical astrolabe in the museum is universal. A line of holes at 2 degree intervals was provided from the Zenith to the horizon on the body. A short rod was pushed through the celestial pole of the rete, and this rod was then inserted into a hole in the body. By selecting the hole for this pivoting rod, it was possible to set the astrolabe for any even latitude.

Normally, a vertical rod through the body would hold it in position with the Zenith uppermost. When it was to be used, it would be accurately aligned with the North, so that the short rod through the celestial pole on the rete was precisely in the direction of the celestial pole in the sky.

When the body was correctly orientated and the rete correctly aligned, a line from the centre of the astrolabe through one of the star pointers would point directly at the star in the sky.

An alignment 'ring' for the Sun's rays can be slid along a scale on the rete between the tropics of Capricorn and Cancer. This ring has a hole at the top like a ring dial. With an appropriate alignment, the rays of the Sun passing through this hole can be seen to fall centrally on the opposite side of the ring. After the ring had been slid to an angle corresponding to the current declination of the Sun, the rete would be rotated until the Sun's rays fell precisely through the hole. The position of the ring over the body would then indicate the azimuth and elevation of the Sun. The point on the body which was directly opposite this position was then found. (This was an operation which would require the repositioning of the rete.) This point would indicate the time among the unequal hours curves.

Above, it was indicated that by printing and constructing a 'paper' spherical astrolabe having a latitude setting of 90 degrees, it would be possible to use the azimuth and almucantar markings on the body to read the RA and declination of the stars. This was also the case with the medieval spherical astrolabe, of course, although presumably the short metal pin wouldn't be necessary because the rete could be positioned over the rod through the centre of the body.

Similarly, it was a simple matter to set the 'latitude' to 66.6 degrees because a silver indicator on the medieval astrolabe showed this position. Such a setting would have allowed the ecliptic latitude and longitude of the 19 star pointers to be read directly.

## Nautisch "astrolabium"



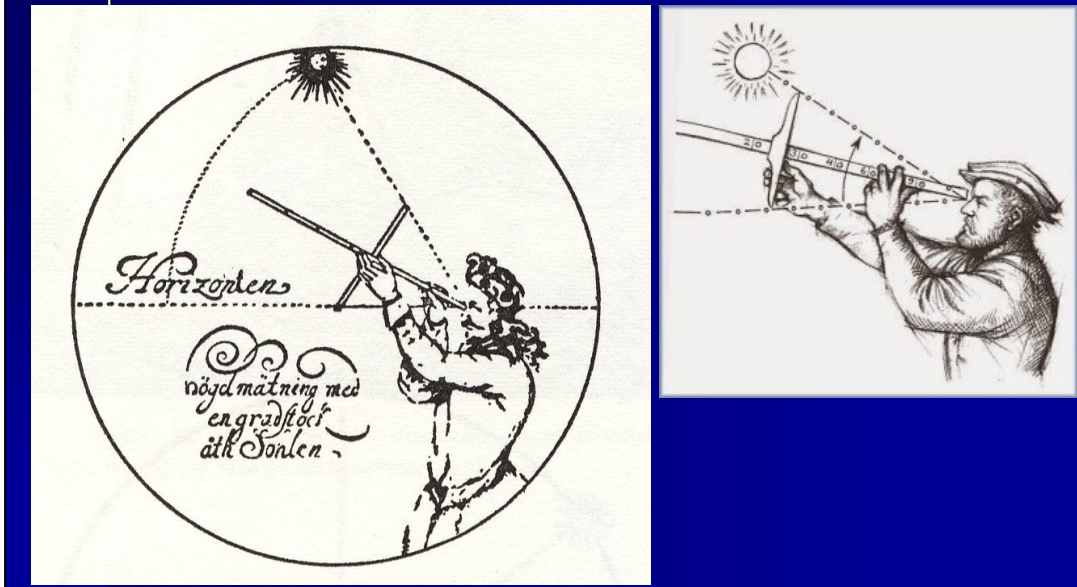
CC2

Alleen een alidade met schaalverdeling.

Volgens David King mag dit eigenlijk geen astrolabium heten:

“The biggest problem we now confront is that there are two completely different instruments with the name “astrolabe”. As we shall see, these are often either confused one with the other, or amalgamated into a single instrument. The person who first applied the word “astrolabe” to that trivial European device which we now call “mariner’s astrolabe” should perhaps have been made to walk the plank.” (“What is an astrolabe, & what is an astrolabe not”, p.55. David A. King, 2018)

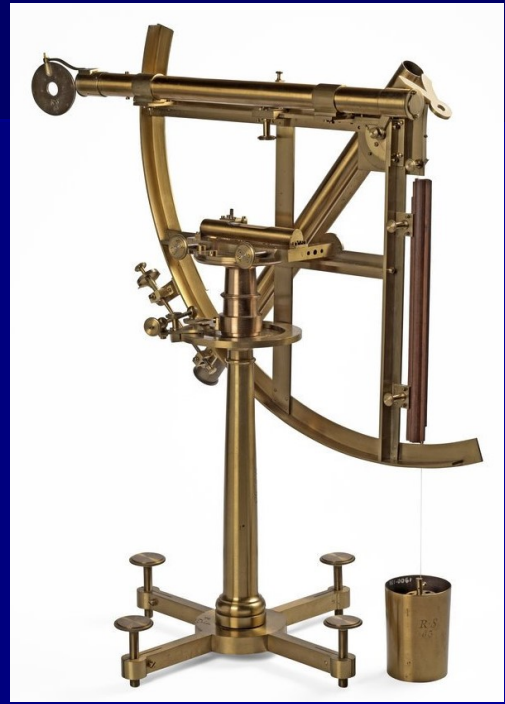
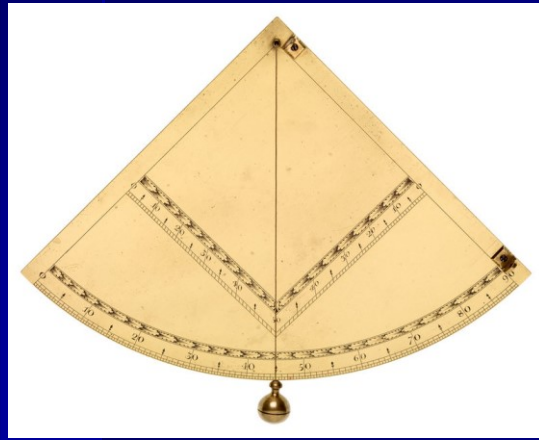
## Jacobsstaf



Door de dwarslat te verschuiven konden verschillende hoeken worden ingesteld

# ASTROMETRISCHE INSTRUMENTEN

## Astronomisch kwadrant



Links: model van een eenvoudig kwadrant, te gebruiken als alidade.

Rechts:

A 12-inch astronomical quadrant made by John Bird (c. 1768).

Astronomical quadrants were used to measure the angle of a celestial object from the zenith. Operated in conjunction with a transit instrument, they could be used to check the running rate of astronomical clocks known as regulators. At sea a quadrant can be used to help fix a ship's position and to determine latitude.

An astronomical quadrant was employed to measure the angle of a celestial object from the zenith. Objects were sighted using a pivoting telescope fitted with cross-hair wire that moved along a radial scale graduated in degrees. The instrument's orientation in both the horizontal and vertical could be finely adjusted using the plumb bob and spirit level.

In astronomy, a quadrant is an old instrument, based on a quarter of a circle and designed to measure the altitude above the horizon of astronomical bodies. As it was originally used, the plane of the quadrant was adjusted to lie in the plane of the meridian. Vertical alignment was indicated by a plumb-bob suspended from the quadrant's center. Pivoted from this center was one end of a movable rod approximately equal in length to the radius of the quadrant. Sights mounted on the rod enabled observations to be made of stars and planets as they crossed the observer's meridian, and an angular scale inscribed on the periphery of the quadrant gave their meridian altitudes. It isn't certain whether [Ptolemy](#) actually constructed such an instrument or not. The Arabians, however, subsequently adopted the idea of the quadrant and greatly improved upon its design: in particular, quadrants were developed that could rotate about a vertical axis. They culminated in an enormous masonry device, 55 meters high, erected in the fifteenth century by Ulugh Beg at Samarkand.

Groot – groter - grootst



CC2

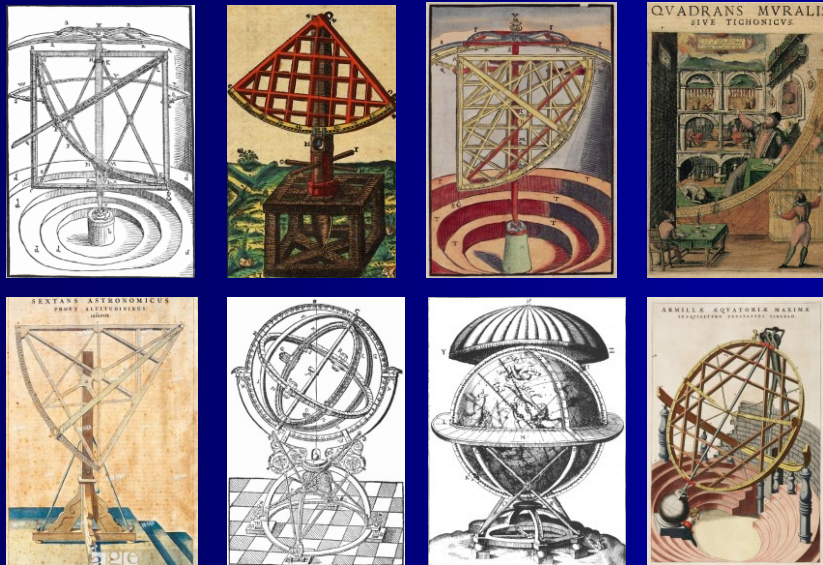
Kwadrant van het Ulugh Beg observatorium bij Samarkand, tegenwoordig in Uzbekistan (deel van het toenmalige Timoeridenrijk).

Calibrated along its length, it was the world's largest 90 degree quadrant at the time, with a radius of 40.4 metres.

The **Ulugh Beg Observatory** is an [observatory](#) in [Samarkand, Uzbekistan](#). Built in the 1420s by the [Timurid](#) astronomer [Ulugh Beg](#), it is considered by scholars to have been one of the finest [observatories in the Islamic world](#).<sup>[1]</sup> Some of the famous [Islamic astronomers](#) who worked at the observatory include [Al-Kashi](#), [Ali Qushji](#), and Ulugh Beg himself. The observatory was destroyed by religious fanatics in 1449 and was only re-discovered in 1908, by an Uzbek-Russian archaeologist from Samarkand named [V. L. Vyatkin](#), who discovered an endowment document that stated the observatory's exact location. [Wikipedia]



## Meetinstrumenten van Tycho Brahe



Tycho Brahe leefde van 14 december 1546 (Skåne) – 24 oktober 1601 (Praag)

Bovenste rij: diverse kwadranten (voor hoogte- en hoekmetingen)

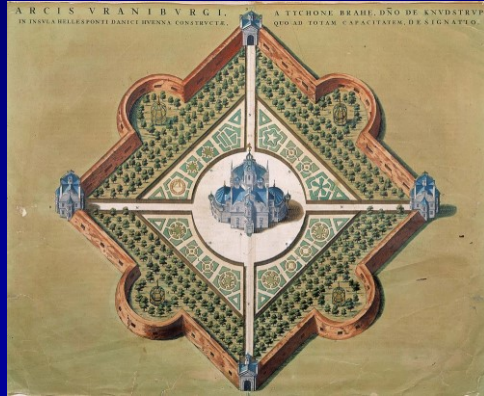
Onderste rij: sextant, armillairefeer, hemelbol, equatoriaal armillarium

Het astrolabium schittert door afwezigheid!

Noot: Op de [nl.wikipedia.org](https://nl.wikipedia.org) pagina over Tycho Brahe staat het hierboven afgebeelde equatoriaal armillarium genoemd als "astrolabium". Deze benaming is in strijd met Tycho's eigen publicaties, waarin de term "Armillae Æquatoriae Maximae Sesquialtero Constantes Circulo" wordt gebruikt. In Engelstalige publicaties wordt wel de juiste terminologie gebruikt.

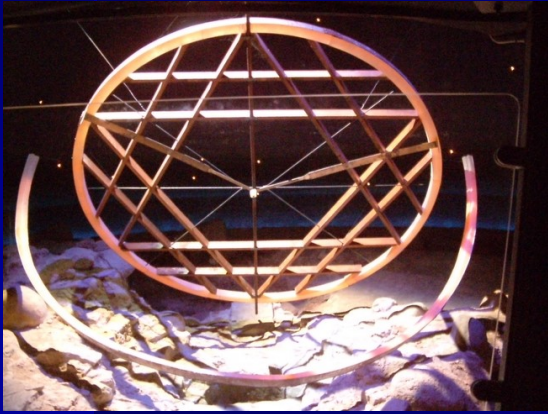
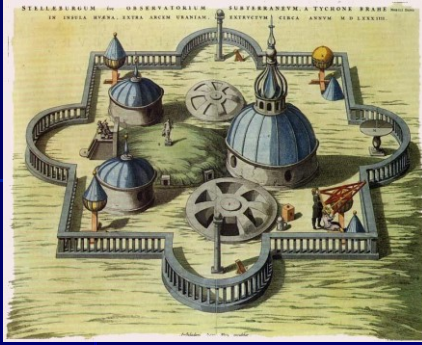


## Tycho Brahe's muurkwadrant



Tycho Brahe's mural [quadrant](#) in [Uraniborg](#) (Uraniborg) (on [Hven](#), an island in the [Øresund](#) between [Zealand](#) and [Scania](#)). The quadrant (radius c. 194cm) was made from brass and was affixed to a wall that was oriented precisely north-south. The observer (right) views a star through the opposite opening (upper left) to determine the star's altitude as it passes through the meridian. An assistant (lower right) reads the time off a clock and another one (lower left) records the measurements. The area above the quadrant is filled with a mural painting showing several other of Brahe's instruments.

Er bestonden in die tijd al klokken! Erg nauwkeurig zullen die niet geweest zijn, want Christiaan Huijgens' patent dateert van 1657.



ARMILLÆ ÆQVATORIÆ MAXIMÆ SESQVIALTERO CONSTANTES CIRCULO (The great equatorial armillary [instrument] with one complete circle and one semicircle ([www.kb.dk](http://www.kb.dk), [calisphere.org](http://calisphere.org))).

Tycho Brahe drew the construction of his great equatorial armillary used for measuring right ascensions and declinations of celestial objects. [en.Wikipedia.org]

Rechter afbeelding: documentatie van Tycho Brahe zelf (uit *Astronomia instauratae mechanica* (Hamburg, 1598)).

In feite is dit een equatoriaal opgestelde alidade (de hele ring met linialen), met een extra schaalverdeling voor het aflezen van de uurhoek (de halve ring).

**Original image description (afbeelding linksonder):**

Armilla van Tycho Brahe in het ondergrondse Stjärneborg ((Hven, DK). Eigen foto Jan Lapère.

Foute benaming op de NL Wikipedia, Tycho Brahe pagina: ze noemen dit een astrolabium, hoewel de foto (op Wikimedia Commons) "armilla.jpg" heet! (Merkwaardig genoeg maken ze deze fout niet op de Engelstalige Wikipedia-pagina.)

Ptolemaeus noemde zijn armillairsfeer in de *Almagest* "astrolabon" (zie: "A survey of the *Almagest*", Olaf Pedersen, Springer, 2011), vandaar wellicht de spraakverwarring tussen armillairsfeer(-achtige) instrumenten en het astrolabium. De academische consensus is dat de term "astrolabium" alleen wordt gebruikt voor het tijdmeetinstrument. Zie ook David A. King, "The astrolabe – what it is & what it is not". Deze paper is verplicht leesvoer voor iedereen die in de grote hoeveelheid (dis)informatie over dit onderwerp op het Internet het kaf (ook op Wikipedia, helaas) van het koren wil kunnen scheiden.

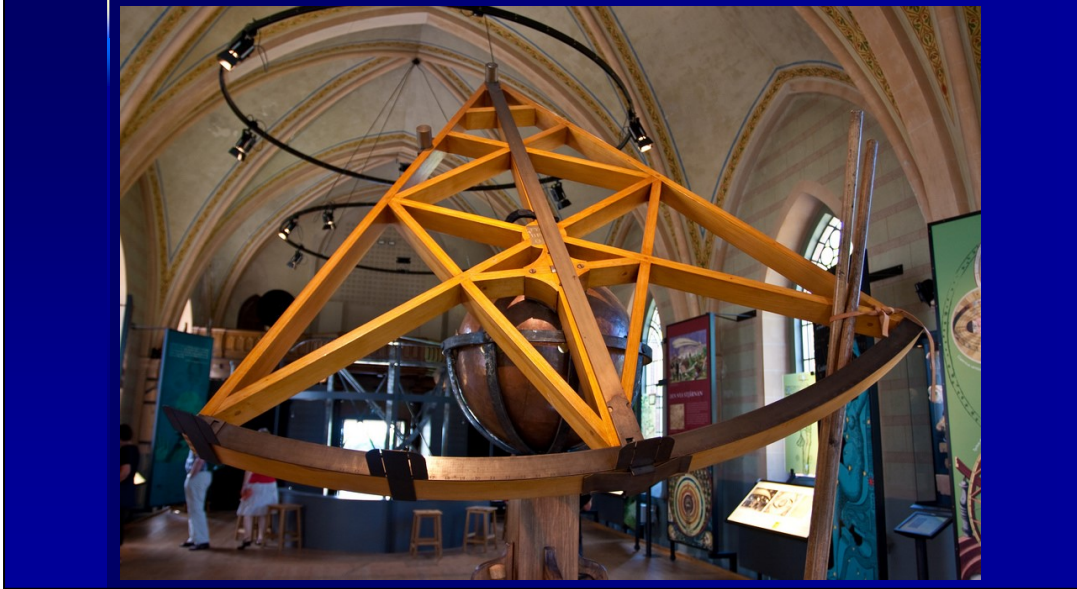
**The ruin of Tycho Brahe's underground observatory is one of the museum's highlights.**

Here are the most original monuments of his compound on Ven. It was built in 1584 as a more weather-protected location of observation than the balconies at the castle Uraniborg which, until then, harbored Tycho's instruments. Here, Brahe and his assistants performed the most precise measurements of the positions and movements of the universe up to that time. These were later the basis for Johannes Kepler's revolutionary interpretation of our solar system.

Like Tycho Brahe's other buildings Stjärneborg was also demolished. However, in the 20th century the remains were dug out and covered with a reconstruction of the original buildings above ground. Where the instruments once were are now [scale replicas](#).

At this historic site, visitors can see a seven minute sound and light show depicting a night's observations under Tycho's direction.

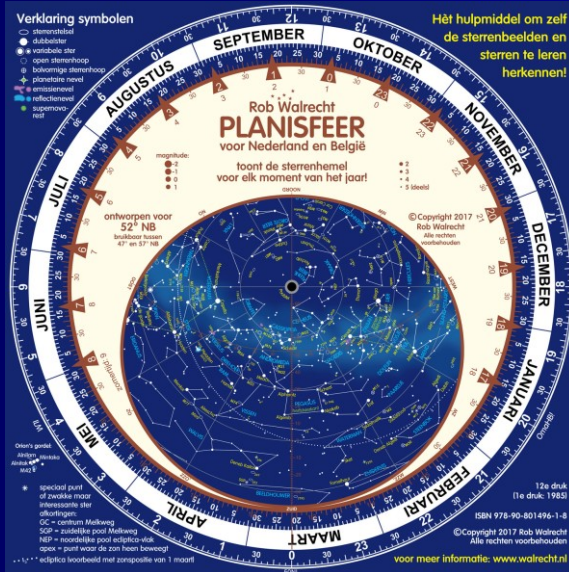
## Astronomische sextant



Opstelling: Brahe Museum, locatie Uraniborg (Hven/Landskrona)



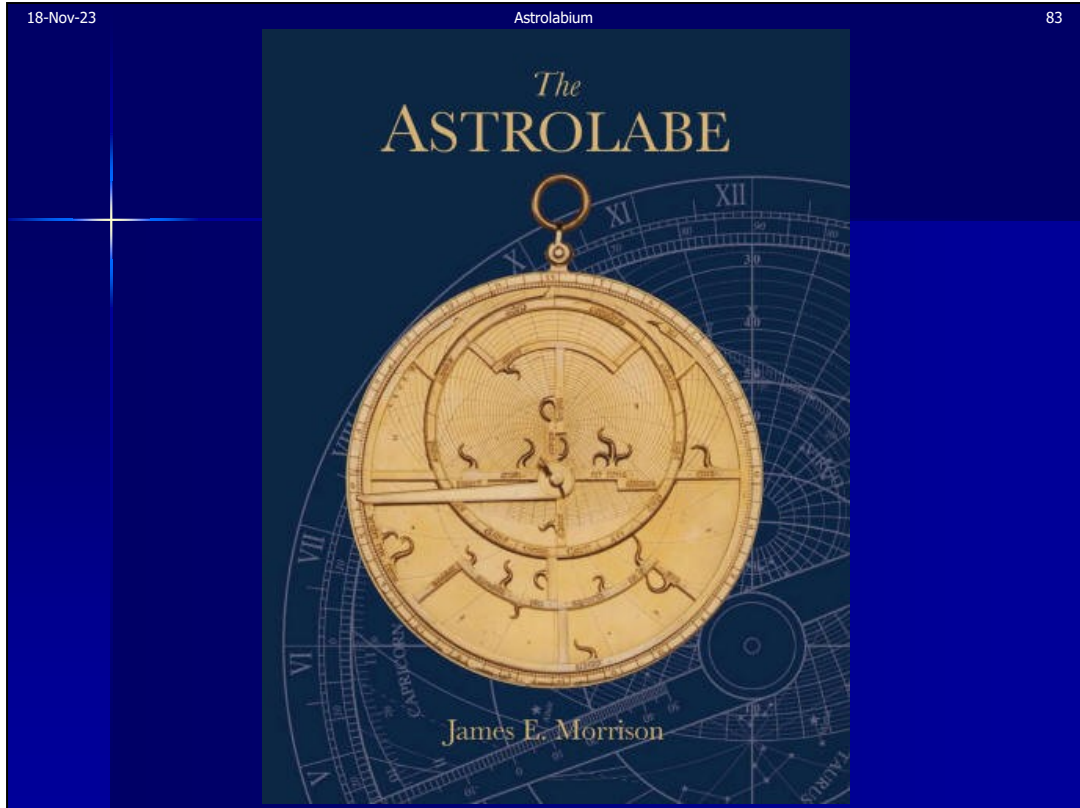
## De planisfeer: is dat een astrolabium?



Berust op (ongeveer!) dezelfde meetkundige principes, maar: werkt omgekeerd want je moet de tijd weten.

Dit is geen meetinstrument!

Projectie is niet stereografisch, maar heeft de kenmerken van equidistant azimutaal, met de pool als middelpunt.



ISBN 9780939320301

Originele prijs: US\$ 60.-, tweedehands op Amazon US\$ 400.-, nieuw op Amazon US\$ 1200.- (!!!)

Ook in de bibliotheek van Museum Boerhaave: catalogusnummer BOERH g 18439.

## Samenvatting astrolabium

- Voornaamste gebruik: tijdwaarneming
- Te gebruiken als kompas en stadimeter
- Religieuze toepassing: richting naar Mekka (qibla), vereist aanpassing mater
- Universeel astrolabium: onafhankelijk van geografische breedte, lastig te hanteren
  - Meßkarte : best of both worlds?

## Samenvatting

- Tijdmeting
  - Zonnewijzer
  - Astrolabium
- Astrometrie
  - Jacobsstaf
  - Kwadrant, sextant, equatoriale armilla
- Navigatie
  - Universeel astrolabium



## Bronnen en Links

- The Planispheric Astrolabe. D.W. Waters e.a., Greenwich, 1976 (ISBN 0 9501764 5 7).
- [ams.org/publicoutreach/feature-column/fc-2014-02](https://ams.org/publicoutreach/feature-column/fc-2014-02) (on stereographic projection).
- Astrolabe in Theory and Practice, Version 4. M.R. Wymarc, july 2011.
- [astrolabeproject.com](http://astrolabeproject.com)
- [fransvanschooten.nl/astrolabe.htm](http://fransvanschooten.nl/astrolabe.htm) (met astrolabium-animatie van Henk Hietbrink)
- [astrolabes.org](http://astrolabes.org) (helaas uit de lucht.) Nu te vinden op:  
<https://web.archive.org/web/20180101082926/http://www.astrolabes.org/index.htm>
- Hours and unequal hours. Nicholas Whyte, 1999.
- [in-the-sky.org/astrolabe/](http://in-the-sky.org/astrolabe/) \*)
- Operation of the Astrolabe. John Pazmino, 2015.
- The Astrolabe. James Morrison, Janus, 2007 (ISBN 9780939320301).
- A Treatise on the Astrolabe. Chaucer, 1391. Translation by J. Morrison.
- Astrolabium Catholicum. C.J. Vooght, Amsterdam, 1680.
- The Astrolabium Catholicum. C. Koeman, Coimbra, 1980.
- Astronomische ende geographische onderwysinghe ... , A. Metius, Franeker, 1632.
- Het gebruik van het Astrolabium Catholicum. Ernst Crone, "De Zee", 1916.
- Meßkarte zur Auflösung sphärischer Dreiecke, E. Kohlschütter, Berlin, 1929.
- David A. King, "The astrolabe – what it is & what it is not". [davidaking.academia.edu](http://davidaking.academia.edu), 2018.
- [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

\*) : De auteur (Dominic Ford) heeft bij het modelleren van de zodiac op de spin geen rekening gehouden met de inclinatie van de ecliptica (t.o.v. het projectievlak, de equator). Daardoor klopt de gradenverdeling van de zodiac niet goed. Afwijkingen tot 2° 30' bij 3, 9, 15 en 21 uur rechte klimming zijn gevonden.

Oplossing: gebruik het model van de Astrolabe Generator van [astrolabeproject.com](http://astrolabeproject.com).

Tot ziens!



Mail voor verdere vragen of assistentie:  
[astrolabium19@hotmail.com](mailto:astrolabium19@hotmail.com)

## Begrippenlijst

- Alidade: hoogtemeter / hoekmeter
- Almucantar: hoogtelijn (op tympaan)
- AM: Ante Meridiem (*voor* de middag)
- Armilla: ring
- Azimutaal: kompasrichting (op tympaan)
- CE(S)T: Central European (Summer) Time
- Colure: jaargetijnsnede
- EoT: Equation of Time (tijdvereffening)
- Equinox: dag-nacht evening
- Huizensysteem: verdeling van de ruimte om de waarnemer in 12 aardgebonden sectoren
- LT: lokale tijd
- Mihrab: Geeft in de moskee de qibla aan
- Prime vertical: De verticale cirkel van oost naar west door het zenit van de waarnemer, loodrecht op het lokale meridiaanvlak
- PM: Post Meridiem (*na* de middag)
- Qibla: richting naar Mekka
- Solstitium: zonnewende
- Stadimeter: afstandsmeter
- Stereografische projectie: afbeelding bol op plat vlak
- Tympaan: Afbeelding van het altitude-azimut stelsel van de waarnemer