

Siebrén van der Werf

Vroege instrumenten voor breedte- en tijdbepaling

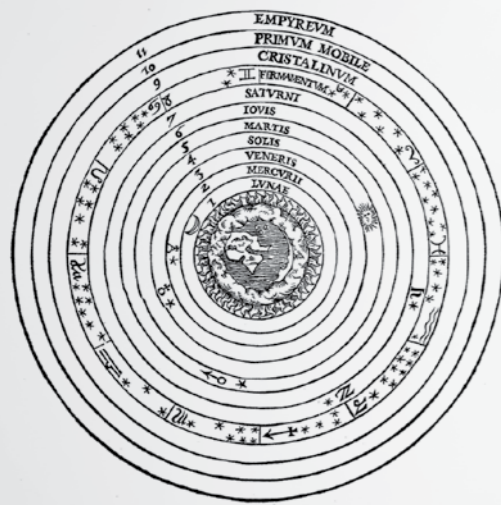


Fig. 1

In *Figuur 1* is het vroege wereldbeeld geïllustreerd, zoals dat werd aangenomen tot in de late middeleeuwen en vroege renaissance. De aarde is het centrum van het heelal en staat stil. Boven de aarde eerst het water, dan een laag lucht en daarboven een ring van vuur. Daar weer boven draaien de planeten en de zon elk op hun eigen cirkelvormige sfeer of baan. Van binnen naar buiten de Maan, Mercurius, Venus, de Zon, Mars, Jupiter en Saturnus. Daar weer boven de "achtste sfeer", die van de vaste sterren. Hoger nog een ring van ijs, die daar moest zijn omdat de bijbel vertelt dat God bij de schepping de wateren onder en boven het firmament heeft gescheiden. Het "primum mobile" is het al-besturende vliegwiel dat de verschillende sferen aandrijft. En helemaal boven het Rijk der Hemelen.

Instrumenten waarmee de plaats op aarde en de tijd van de dag konden worden bepaald stammen voor een groot deel uit de vroege Arabische en de Hellenistische wereld. Ze zijn gebaseerd op de aanname dat de wereld rond is. Niet alleen de aarde, maar ook de banen van de planeten, de zon en de sterren.

Op de vraag hoe we dat weten schijnt de grote Griekse astronoom Claudius Ptolemaeus (ca. 100 – 180) ooit te hebben geantwoord "omdat de hemellichamen de cirkels van mijn armillarium (meetinstrument) volgen".

Natuurlijk wil je als aardbewoner weten waar je de verschillende hemellichamen ziet, wanneer, in welke richting, hoe hoog boven de horizon, hoe snel hun omlopen gaan enzovoort. Ptolemaeus had dat beschreven in zijn grote werk, de "Almagest". Door de eeuwen heen bewaard, voornamelijk in de Arabische wereld, werd het omstreeks het midden van de dertiende eeuw vertaald in het Latijn op instigatie van Koning Alfonso X "de Wijze" van Castilië en Leon (1221 – 1284). De praktische rekenregels werden neergelegd in de naar hem genoemde Alfonsijnse Tafels. In 1543 verscheen een revolutionair boek: Nicolaus Copernicus' *De revolutionibus orbium coelestium*, over de omlopen van de hemellichamen. Copernicus had de laatste drukproeven gezien maar niet het eindresultaat.

Verlamd door een herseninfarct stierf hij twee maanden later. Het voorwoord van de drukker, Heinrich Petreius, eindigt met een sneer naar de kerkelijke autoriteiten. Hij schrijft (in het Grieks): als u geen verstand hebt van wetenschap kan verder lezen schadelijk zijn voor uw gezondheid. Het kwam tot een rechtszaak, waarin Petreius zich niet verdedigde, maar in plaats daarvan de aanval koos. De rechters spraken hem uiteindelijk vrij, liever dan nog langer door hem te worden geschoffeerd.



Fig. 2

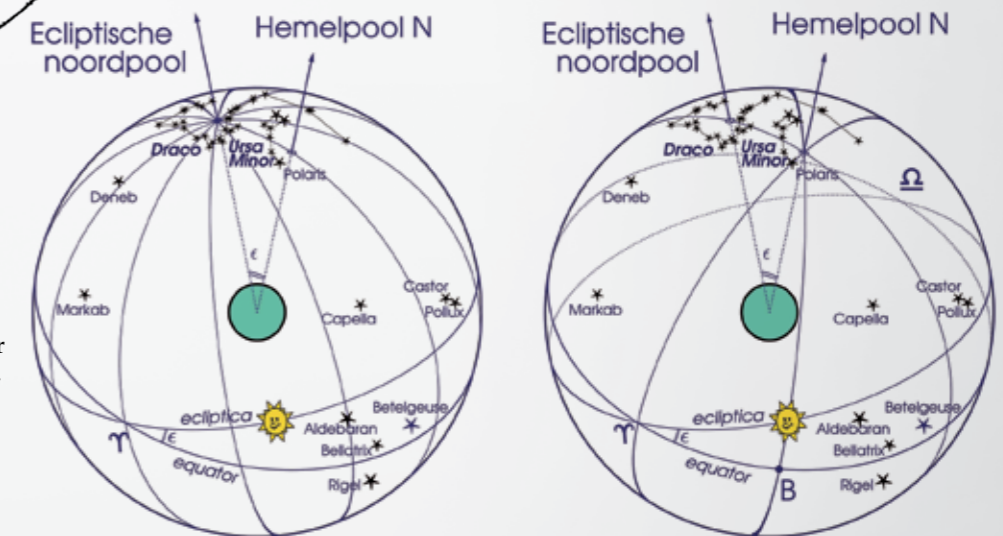
Het nieuwe model (*Figuur 2*) plaatst de Zon in het centrum met daaromheen van binnen naar buiten Mercurius, Venus, dan Aarde met de Maan als satelliet. Dan Mars, Jupiter en Saturnus. Daarboven de vaste sterren. Natuurlijk waren de rekenregels voor het nieuwe heliocentrische model anders dan die van de *Alfonsijnse Tafels*. Erasmus Reinhold, een astronoom met grote didactische kwaliteiten, slaagde erin de nieuwe machinerie te vertalen in een nieuwe set tafels, de Pruisische Tafels (1551).

Hemelglobe, armillarium en zonnwijzer

Figuur 3 laat een hemelglobe zien. Je kunt je voorstellen dat je van buitenaf naar de aarde kijkt en dat je de achtste sfeer die de sterren draagt, voorstelt als een doorzichtige bol. Een aantal sterren en sterrenbeelden is aangegeven. De Kleine Beer, Ursa Minor, met de poolster die vlak bij de noordelijke hemelpool ligt. Verder de Draak, Draco. De as die loodrecht staat op het vlak waarin de

zon rondgaat snijdt de bol van de sterren ergens in "de kop van de Draak". Vanuit dat punt zijn cirkels getrokken die de ecliptica, de zonnebaan langs de sterrenhemel, in twaalf gelijke intervallen verdelen. We kennen ze als de tekens van de dierenriem. Vanaf het punt waar de evenaar en de ecliptica elkaar snijden en de zon de evenaar passeert op 20 of 21 maart, het lentepunt, aangegeven met het symbool Υ , zijn dat Ram, Stier, Tweelingen, Kreeft, Leeuw, Maagd, Weegschaal, Schorpioen, Boogschutter, Steenbok, Waterman en Vissen. Het zijn de namen van sterrenbeelden die daar stonden in de tijd van Ptolemaeus. Intussen is het lentepunt wel wat verschoven en nu, bijna tweeduizend jaar later ligt het ergens in het sterrenbeeld Vissen.

Hieronder in *Figuur 3* zijn een paar meridianen getekend: cirkels loodrecht op de evenaar en door de noordelijke hemelpool in het sterrenbeeld Kleine Beer. Om het plaatje niet te druk te maken zijn alleen de meridianen getekend door het lentepunt en voor midzomer, wanneer de afstand tussen de ecliptica en de evenaar het grootst is en de zon boven de Kreeftskeerkring staat.



Ook de meridiaan door de plaats waar de zon staat is aangegeven. De zon doorloopt de ecliptica in de tijd van een jaar en daarbij varieert zijn afstand tot de evenaar (het punt B) – dat is de declinatie van de zon – van -23.5° tot $+23.5^\circ$. In opengewerkte vorm en gebouwd van meestal koperen ringen diende de hemelglobe als demonstratiemiddel in het onderwijs, soms ook als meetinstrument. Het heet dan een armillarium.

Fig. 3 (onder)
Een hemelglobe met daarop een aantal geselecteerde sterren. De evenaar en het pad van de zon (ecliptica) zijn aangegeven. Links met een verdeling van de ecliptica in de 12 tekens van de dierenriem. Rechts met een paar geselecteerde meridianen. De afstand van de zon tot de evenaar, het punt B, is de declinatie.



Fig. 4
Afbeelding uit het
"Regiment van München".

In *Figuur 4*, een afbeelding uit het zogenaamde 'Regiment van München'. Het is de eerste zeemansgids die in druk is verschenen. De auteur is onbekend, maar de titelpagina vermeldt wel dat het in Lissabon is gedrukt en het valt te dateren op omstreeks 1510. Het enige overgebleven exemplaar is gevonden in de stadsbibliotheek van München. Hetzelfde plaatje staat ook in latere vroeg-zestiende-eeuwse handboeken. De evenaar, de beide keerkringen en ook de poolcirkels zijn te zien en hun namen staan er bij, in het Portugees. De ecliptica is de band die onder een hoek met de evenaar staat. De symbolen voor de twaalf te-

kens langs de dierenriem zijn er op aangegeven. Portugal is met recht trots op zijn nautisch verleden en een afbeelding van het armillarium tooit hun nationale vlag.

Tegenwoordig kennen we dit instrument het best als de zonnwijzer, zoals die overal te vinden is in tuinen en parken. Behalve dat zo'n zonnwijzer je de tijd van de dag geeft, is het nauwelijks een serieus meetinstrument. Dat was het wel in de handen van de grote astronomen. Het armillarium werd voor het eerst beschreven en gebouwd omstreeks 255 voor Christus, door de Griekse astronoom Eratosthenes, dezelfde die ook een vrij nauwkeurige bepaling had gemaakt van de aardomtrek. Zie daarvoor het verhaal van Dick Huges in *Scheepshistorie 23*. Tycho Brahe bouwde verschillende versies van enorme afmetingen met onderling verstelbare ringen en daarop verschuifbare viziertjes.

Fig. 6
Tycho Brahe in de tuin van zijn voormalig kasteel Uraniëborg op Hven.

Als navigatie-instrument is het armillarium nooit belangrijk geweest, hoewel het in principe mogelijk was. Als voorbeeld laat *Figuur 7* een foto zien van een mini-zonnwijzer die ik ooit cadeau gekregen heb. De as moet naar de noordelijke hemelpool wijzen en op die as zit een schuifje met een klein rond gat dat een lichtvlekje moet werpen op de horizon-ring. Die ring heeft een verdeling in uren voor en na de middag.

Je moet drie dingen instellen: ten eerste moet het schuifje op de juiste tijd van het jaar worden ingesteld. Dan moet het instrument zo goed mogelijk noord-zuid worden uitgelijnd en ten slotte moet het ophangpunt zo worden ingesteld dat je dat lichtvlekje ook werkelijk op de binnenkant van de horizonring krijgt. Ik deed dit proefje in mijn achtertuin. Ik woon even boven de 53ste breedtegraad en het ophangpunt is daarop ingesteld.

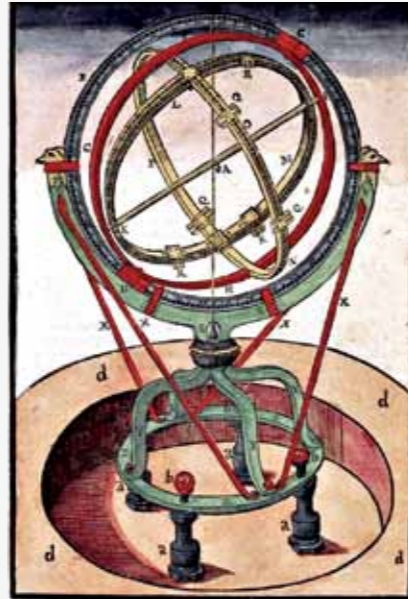


Fig. 5
Het zodiakale armillarium van Tycho Brahe. Illustratie uit zijn boek 'Astronomiae Instauratae Mechanica' (1598).

De meridiaan-as wijst noord-zuid en het schuifje op de centrale as, waarmee je in feite de declinatie van de dag instelt, is zo goed mogelijk op de juiste datum gezet. De foto werd genomen op 11 juni 2017, om 11 uur in de ochtend, zomertijd. Het lichtvlekje op de binnenkant van de horizonring geeft correct aan dat het ongeveer twee-en-eenhalf uur voor de middag is. Op zee zal je die exercitie niet lukken en als zo'n armillariumpje al werd meegenomen, dan zal het toch alleen aan land zijn gebruikt. Hemelglobe en armillarium waren ook symbolen van kennis en kunde. Geleerde mannen lieten zich er graag mee portretteren, zoals *Figuur 8* laat zien.



Maar ze konden ook worden gebruikt als illustratie en demonstratie-instrument. Zo zien we in *Figuur 9* Christopher Columbus die, met een klein model armillarium op tafel, zijn plannen uiteenzet in het klooster La Rábida.

Het astrolabium catholicum

Was het armillarium in feite een schaalmodel van het heelal, het astrolabium in zijn volledige vorm is een projectie van de hemelen op een plat vlak. Het is een vernuftig instrument waarmee je vooral het tijdstip van de dag kon aflezen. Het idee wordt toegeschreven aan de Griekse astronoom Hipparchus van Rhodos (c. 190-c. 120 v. Chr.), maar de vroegste astrolabia kennen we uit de Arabische wereld en ze dateren van omstreeks 800 na Chr.



Fig. 9
Columbus legt uit dat de aarde rond is en dat je Indië ook om de West kunt bereiken. Schilderij in de collectie van het Scheepvaartmuseum van Barcelona.

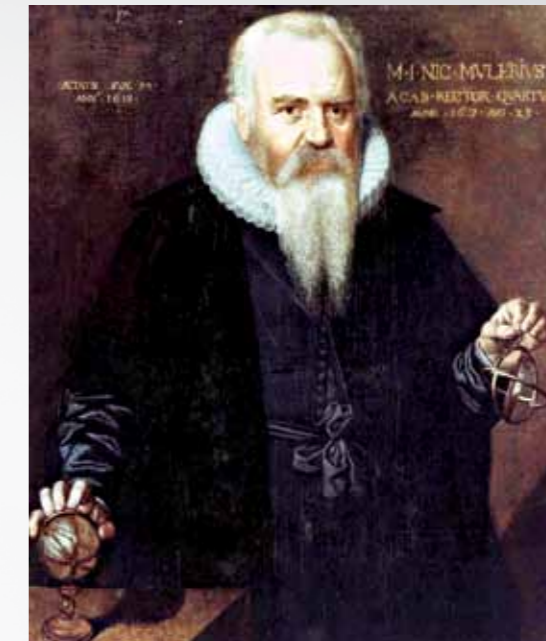


Fig. 8
Nicolaas Mulerius, de 4de rector van de Rijksuniversiteit Groningen (1564-1630), afgebeeld in 1617. (Foto: Patrick Coolen, RUG).

Fig. 7 (links)
Zonnwijzertje met verstelbaar ophangpunt. In principe geschikt om breedtegraad en tijd te vinden.

De uiteindelijke vorm is uitvoerig gedocumenteerd, met uitleg en bouwplaten, door de Duitse astronoom Johannes Stöffler (1452-1531). Mooie exemplaren zijn te vinden in het Boerhave museum in Leiden en in het Rijksmuseum in Amsterdam. Maar eerst het idee:

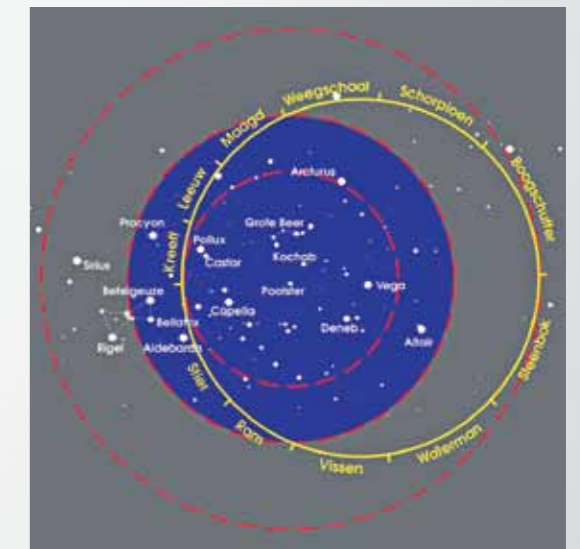


Fig. 10
Planisferische projectie van de sterrenhemel. Sterren binnen de blauwe cirkel staan boven het noordelijk halfrond. Daarbuiten, in het grijze gebied, de sterren boven het zuidelijk halfrond. In geel is de projectie van de ecliptica getekend met daarop aangegeven de twaalf tekens van de dierenriem.



Fig. 11
Onderdelen van het
astrolabium van Zacharias
Jansen.
(Rijksmuseum Amsterdam. Inven-
tarisnummer NG-KOG-1691.)

In *Figuur 3* was de hemelglobe afgebeeld als een glazen bol waarop de sterren getekend staan, gezien van een afstand. Stel je nu voor dat je kijkt vanuit de Zuidpool. De bol is volledig doorzichtig en je ziet alle sterren. Je maakt nu een platte tekening van het equatorvlak. Daar waar de zichtlijn naar een ster dat vlak snijdt, wordt die ster getekend. In *Figuur 10* (pagina 59), zie je dan de sterren boven het noordelijk halfrond binnen de equator. In de figuur is dat gebied blauw gekleurd. Zuidelijke sterren vallen daarbuiten. De evenaar zelf en de beide keerkringen zijn met rode cirkels aangegeven. Op dezelfde manier kun je ook de ecliptica projecteren en dat geeft (in geel) het pad van zon tegen de achtergrond van de vaste sterren. En zoals het hoort, zien we dat de zon van Zuid naar Noord de evenaar oversteekt aan het begin van het teken Ram en van Noord terug naar Zuid aan het begin van Weegschaal. Ook is te zien dat het begin van het sterrenbeeld Kreeft (midzomer) op de Kreeftskeerkring ligt en het begin van Steenbok (midwinter) op de Steenbokskeerkring. De noordelijke hemelpool valt vrijwel samen met de Poolster en die staat dus in het midden van de blauwe cirkel. Omdat wij zelf om onze aardas draaien, zien we iedere dag de hele sterrenhemel één keer ronddraaien om de Poolster, tegen de klok in. Het zelfde geldt voor de ecliptica, het pad de zon. In de loop van een jaar loopt de zon met de klok mee één keer de ecliptica rond en gaat

Fig. 12
Het astrolabium van
Zacharias Jansen geas-
sembleerd.

daarom in de tijd van een jaar één maal minder rond de pool dan de sterren. Het Rijksmuseum heeft een astrolabium dat toebehoort heeft (of is gemaakt door) Zacharias Jansen uit Middelburg. De onderdelen zijn uitgesteld in *Figuur 11*. Rechts boven de grondplaat met langs de rand een verdeling in graden en in uren. De tekst in het midden zegt dat het is gemaakt in 1636. Verder twee tympanen, midden boven voor een breedtegraad van 46 graden, midden onder voor 52 graden.

Het zijn verwisselbare platen die op de grondplaat worden gelegd. Hoogtecirkels en uurlijnen voor de zon zijn daarop gegraveerd. Links onder de spin of rete. Het is een opengewerkt web dat draaibaar is om het midden, de pool. De excentrische cirkel stelt de ecliptica voor en de binnenste concentrische cirkel de equator. De buitenste ring past precies langs de binnenkant van de grondplaat en komt ongeveer overeen met de Steenbokskeerkring. De verschillende puntige uitsteeksels geven de plaatsen aan van prominente sterren.

In *Figuur 13* het astrolabium met alle onderdelen geassembleerd. Voor het bepalen van de tijd meet je eerst de hoogte van de zon. Dan zoek je op de ecliptica van de draaibare spin de plaats op waar de zon op die dag staat. Vervolgens verdraai je de spin zodat het zonnepunt samenvalt met de cirkel van je gemeten hoogte. Vanuit het midden (de pool) over dat zonnepunt heen lees je de tijd van de dag af op de rand. Daarvoor heb je eigenlijk een verdraaibare wijzer nodig, maar die ontbreekt hier.



De achterkant van het astrolabium wordt gebruikt om de hoogte van de zon of een ster te meten. Die heb je nodig voordat je het tijdstip van de dag kunt vinden. De buitenste ring geeft daarvoor een gradenverdeling. Met een wijzer die is voorzien van een vizier, de zo genoemde alhidada kun je op die gradenverdeling de hoogte aflezen. Dat is de belangrijkste functie van de achterkant van het astrolabium. Dan blijft er nog een heleboel ruimte over voor nuttige informatie. Zo zien we hier in de binnenste twee ringen de kalender en daar direct boven de verdeling van de twaalf sterrenbeelden. Het valt op dat die nog in de oude Juliaanse tijdrekening staat. Het begin van de lente, de grens tussen Pisces (Vissen) en Aries (Ram) is bij 11 maart aangegeven. De nieuwe Gregoriaanse tijdrekening was al in 1582 ingevoerd en daarin valt het begin van de lente tien dagen later, op 21 maart. Heeft Zacharias Jansen zijn astrolabium gemaakt of laten maken naar oude instructies of tekeningen? Het zou kunnen, want de achterkant van zijn astrolabium ziet er tamelijk getrouw uit

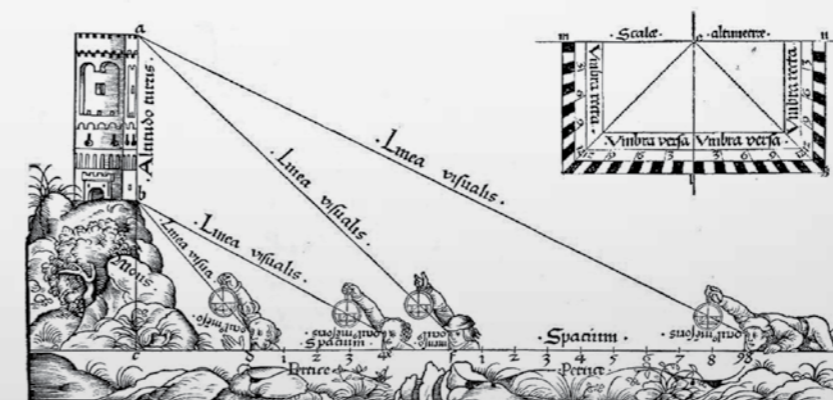


Fig. 14
Illustratie uit Johannes Stöffler's *Elucidatio fabricae
ususque astrolabii* (1513), waarin het gebruik van het
astrolabium en het schaduwvierkant wordt uitgelegd.
De detailtekening rechtsboven is ook van Stöffler. De
schalen voor de umbra versa (liggende schaduw) en de
umbra recta (staande schaduw) lopen beide van 0 tot
12. Is de zichtlijn steiler dan 45 graden dan is afstand
tot de toren zoveel twaalfde delen van zijn hoogte als
de umbra versa aangeeft. Is de zichtlijn minder steil dan
45 graden dan geldt het omgekeerde. De afstand is dan
groter dan de hoogte van de toren en de umbra recta
geeft dan de verhouding aan tussen de hoogte van de
toren en de afstand.

zoals ruim een eeuw eerder Johannes Stöffler hem had getekend. Zo zien we direct onder het midden een schaduwvierkant, een landmeetkundig instrument waarmee je de hoogte van een toren, een berg of een boom kunt vinden als je de afstand over de grond kent.

De cirkels boven het midden zijn uurcirkels voor "ongelijke uren". Het was vroeger gebruikelijk om de lengte van de dag, van zonsopkomst tot zons-
ondergang te verdelen in twaalf gelijke delen. Bij het lezen van oude teksten moet je daar rekening mee houden. Zoals bij Mattheus' beschrijving van Christus' sterven: "En vanaf het zesde uur af kwam er duisternis over het gehele land tot het negende uur". En daarna dat Hij op of kort na het negende uur de geest gaf.

In Nederland is de daglichtperiode midzomer ongeveer tweemaal zo lang als midwinter en datzelfde geldt dus ook voor de ongelijke uren van de dag en omgekeerd voor die van de nacht.

Het zee-astrolabium

Tegen het eind van de vijftiende eeuw ondernamen de Portugezen als eersten grote ontdekkingsreizen. Bartolomeus Diaz bereikte als eerste Kaap de Goede Hoop. Na hem verkende Vasco da Gama de Afrikaanse oostkust en bereikte de westkust van India. Het begin van de "zijderoute over zee". Columbus probeerde India te bereiken door west-om te varen en vond Amerika op zijn weg. Als navigatie-instrument was het astrolabium catholicum niet echt geschikt omdat de inlegplaten, de tympanen, voor een vaste breedtegraad waren gemaakt. Maar de basisfunctie van de achterkant, hoogtemeting van de zon of een ster kon overal worden gebruikt.

Fig. 13
De achterkant van Zacharias Jansen's astrolabium.

Er veranderde meer in een relatief korte periode. De grote astronoom Regiomontanus had zelf een drukkerij en zijn vooruit berekende dagelijkse posities van de zon waren beschikbaar voor zeevarenden. In Portugal was de astronoom Zacuto werkzaam in dienst van de koning en zijn astronomische tafels waren ook beschikbaar voor de Portugese zeelieden. Met behulp van zulke tafels kon je een gemeten zonshoogte omrekenen naar je breedtegraad.

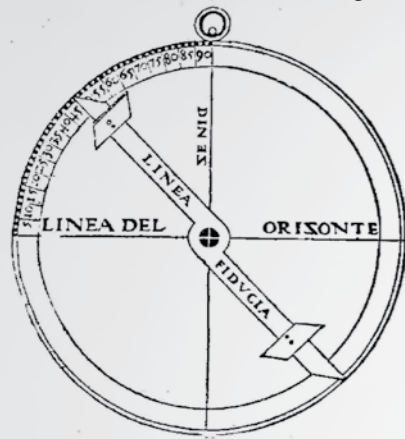


Fig. 15
Tekening van het zee-astrolabium in Martin Cortes, *Breve Compendio* (1545)

In **Figuur 15** is een bouwtekening van een zee-astrolabium te zien uit het handboek *Breve Compendio* (1545) van Martín Cortes. Je hangt het astrolabium verticaal aan zijn ring en stelt de wijzer van de alhidada naar de zon. In de opstaande ruiters van de alhidada zitten gaatjes en als het lichtvlekje dat het voorste gaatje op de achterste ruiters werpt juist op het corresponderende gaatje valt, dan wijst hij correct aan en je leest de hoogte af op de gradenverdeling langs de rand. Het voordeel van deze methode is dat

je niet tegen de zon in hoeft te kijken en dat je de meting zittend kunt doen, met je elleboog op je knie gesteund. Met een ster zal je dat niet lukken. Dan moet je het astrolabium omhoog houden en door de gaatjes heen kijken. Zo'n astrolabium weegt al gauw een paar kilo en lang kun hem dan niet stabiel houden. Daarom stelt Cortes in deze tekening voor om nog een extra en groter gaatje toe te voegen in beide ruiters.

Fig. 16
Replica van het Skokloster-I astrolabium.



In **Figuur 16** is een groot model astrolabium te zien. Het origineel is gemaakt in Nederland en dateert van 1626. Ik heb er eerder over geschreven in het tijdschrift van oud-leerlingen van de zeevaartschool op Terschelling, *Cornelis Douwes* 160(2004)20-21.

Uit dat artikel neem ik de volgende tekst over; *Drie van de mooiste exemplaren worden bewaard in het Skokloster kasteel in Zweden. Dat kasteel is tegenwoordig een museum. Het werd halverwege de zeventiende eeuw gebouwd door veldmaarschalk Carl Gustav Wrangel. Deze had enige tijd in de Nederlanden doorgebracht, waar hij onder andere navigatie had gestudeerd. Vanuit Nederland nam hij drie zee-astrolabia mee. Omdat ze niet, zoals de meeste andere overgebleven astrolabia, uit wrakken zijn opgedoken, zijn ze volledig gaaf.*

In de jaren negentig kwam ik voor mijn werk veel in Uppsala. Het Skokloster kasteel ligt daar niet ver vandaan en ik heb het een keer bezocht, in december 1995. De conservator, Dr. Arne Losman, haalde voor mij één van die *astrolabia* uit de vitrine en ik mocht het in handen hebben, maar wel moest ik eerst fluwelen handschoenen aantrekken. De zon scheen die dag en door het raam hebben we een hoogtemeting gedaan. Ik had het plan opgevat om een kopie van een oud astrolabium te maken en Arne Losman vond goed dat ik daarvoor één van de Skokloster astrolabia zou gebruiken. Het moest dan wel als replica herkenbaar zijn. We hebben het Skokloster-I exemplaar ter plekke gedocumenteerd. Een afbeelding en een goede documentatie staan ook in het boek van Alan Stimson, *The Mariner's Astrolabe* (1988).

In die tijd werd de sterrenwacht in Roden, mijn woonplaats, gesloten. Van een klein restbudget zijn daar vier replica's gemaakt, gegoten in brons. Twee technici, Gert Veltman en Geert Hagenau, hebben ieder twee exemplaren afgewerkt. Het wapen van de Rijksuniversiteit Groningen is er op gegraveerd en ook het logo van de technicus die het afwerkte: mijn belofte aan Arne Losman om ze zichtbaar als replica's uit te voeren. Eén exemplaar is geschonken aan het Nederlands Scheepvaartmuseum in Amsterdam. Een tweede exemplaar werd door mij, ter gelegenheid van het Willem Barentsz jaar in 1997, overhandigd aan het Willem Barentsz Instituut.

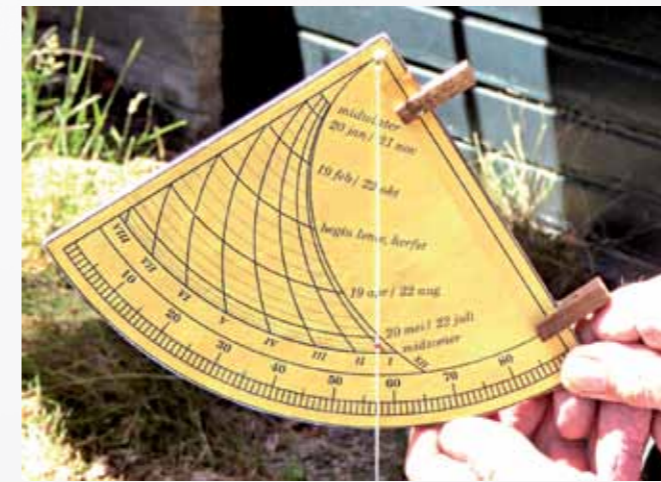
Van de resterende twee exemplaren is er nu één in eigendom van het Noordelijk Scheepvaartmuseum in Groningen. Samen met het vierde

exemplaar heb ik het gebruikt bij een college over geschiedenis van de navigatie dat ik tien jaar lang heb gegeven.

Recent zijn nog twee zusterexemplaren gemaakt en afgewerkt door Koos Westra in Harlingen.

Het kwadrant

In de vroege Portugese handboeken heette het hoofdstuk over plaatsbepaling via zonshoogten "*Regiment van het astrolabium en het kwadrant*". Beide instrumenten werden door elkaar gebruikt en het kwadrant bestond al veel langer dan het zee-astrolabium.



In **Figuur 17** zien we hoe het werkt. Het is een kwart cirkel met een gradenverdeling langs de rand. De aflezing gebeurt met een draad verzwaard met een schietlood. Zoals bij de alhidada van het zee-astrolabium heeft het kwadrant ook twee nokjes met een gaatje erin dat als vizier werkt, en dat je ook van de zon af kunt gebruiken. De foto werd genomen op 1 juni 2017 in mijn achtertuin, even boven de drie-en-vijftigste breedtegraad. De zonshoogte is 57 graden. Er staan ook uurlijnen op voor de gewone "gelijke uren", niet de ongelijke uren zoals op het astrolabium in **Figuur 13**. De lijnen zijn berekend voor een breedtegraad van 52°.5, nauwkeurig genoeg voor heel Nederland. De vet-getekende cirkels om het ophangpunt geven de declinaties aan zoals die zijn voor het begin van ieder teken van de dierenriem. De kleinste cirkel is voor midwinter, als de declinatie -23°.5 is. Midzomer de grootste cirkel. Dan is de declinatie +23°.5. Ieder sterrenbeeld beslaat ongeveer een maand. Daarbinnen liggen dunner getekende cirkels op onderlinge afstanden van ongeveer een week. De uurlijnen geven de tijd



Fig. 18
Het Zutphense kwadrant.
(Foto H. Westerink.)

buiten de middag aan, er voor of er na. De foto is drie weken voor midzomer genomen en het rode kraaltje op de draad is op de lengte gezet die met die datum overeen komt. Het geeft aan dat het tijdstip ongeveer een uur buiten middag was, er na in dit geval.

In 2013 werd in Zutphen een kwadrant met uurlijnen gevonden bij graafwerkzaamheden op de Houtmarkt (**Figuur 18**). Het is gedateerd op de dertiende eeuw.

Fig. 17
Een kwadrant met uurlijnen.
(Foto: Dick Huges.)

Maar het kwadrant bleef veel langer in gebruik. Nog in de zeventiende eeuw schreef de Vlaams-Nederlandse predikant en veelzijdig wetenschapper Philip Lansbergen een verhandeling *Verklaringe van het gebruyck des astronomischen ende geometrischen quadrants*. En hij voegt als subtitel toe: *seer nut ende vermakelijck voor alle Krijgsofficieren/ Ingenieurs/ Koop-luyden/ Landt-meters/ Zee-varende Luyden/ oock alle Liefhebbers der Mathematique ende Geometrie*. Lansbergen schreef ook een verhandeling over het astrolabium, dat hij de *Platte Sphaere van Ptolemaeus* noemt. Beide teksten beleefden vele uitgaven.

Op de titelpagina van zijn astrolabium-boek van 1628 (**Figuur 19**) staat een plaat die het gebruik van de kwadrant laat zien. Op de voorgrond zien we een voornamelijk heer die de hoogte van de zon meet. Inderdaad: van de zon af. Op de achtergrond een al even deftige andere heer die de hoogte van een torenspits bepaalt.

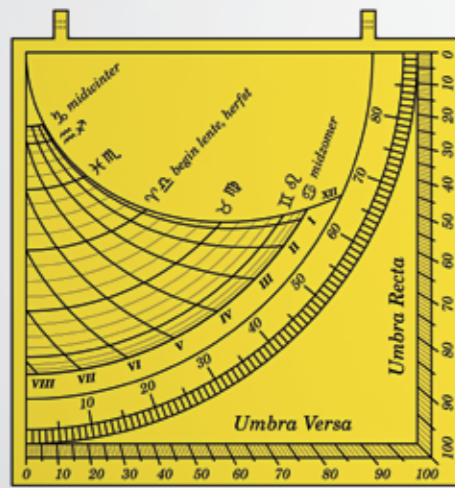
Fig. 19

Titelpagina van Philip Lansbergen's 1628 editie van zijn beschrijving van het astrolabium.

**Fig. 21**

Het gebruik van de Jakobsstaf.
(Uit: Light of Navigation.)

Het kwadrant werd dus niet alleen gebruikt voor hoogtebepaling van zon of ster en voor het vinden van de tijd, maar ook als landmeet-instrument.

**Fig. 20**

Kwadrant met zodiaktekens, uurlijnen en schaduwvierkant.

dat vroeger ook gebruik was. Het begin van ieder teken van de dierenriem valt omstreeks de twintigste van de maand.

De Jakobsstaf

De uitvinding van de Jakobsstaf wordt toegeschreven aan de veertiende-eeuwse astronoom Levi ben Gerson die woonde en werkte in Zuid-Frankrijk. Het is een stok met daarop een verschuifbare dwarslat. Als je bijvoorbeeld de afstand tussen twee sterren wilt meten, dan houd

je de ene kant van de stok zo dicht mogelijk bij je oog en je verschuift de dwarslat tot je die sterren juist ziet samenvallen met de uiteinden van de lat. In de vijftiende eeuw schijnt Regiomontanus zo'n instrument te hebben gebruikt om de lengte van een komeetstaart op te meten. Als nautisch instrument kwam de jakobsstaf, of graadboog, pas laat in de zestiende eeuw in beeld.



Figuur 21 laat op een wel heel suggestieve manier het gebruik zien. De afbeelding komt uit *Light of Navigation* (1612), de Engelse vertaling van *Licht der Zeevaart* (1608) van Willem Jansz. Blaeu. In de Nederlandse versie legt Blaeu uit hoe je te werk gaat. *De Graed boghe stelt men het eynde des stoex beneven het ooghe ende men schuyft het cruys soo lange herwaert ende dervaert tot datmen met het bovenste eyndt van het cruys effen comt op de halve Sonne ofte Sterre ende met het onderste juyst op den Horizon: het cruys sal u dan thoonen op de stock hoeveel graden daer zijn tusschen den Horizon ende de Sonne ofte Sterre.*

De Jakobsstaf had voordelen en nadelen. Een duidelijk nadeel was dat je tegen de zon in moest kijken en wel zo lang tot je de dwarslat, het "cruys", goed had ingesteld. Dat is niet goed voor je ogen. Een voordeel is dat de stok een vierkante doorsnede heeft en dus vier kanten die je kunt gebruiken om er vier verschillende schalen op te graveren. Je kunt dan bijvoorbeeld, zoals bij de staf in **Figuur 22**, vier kruislatten maken van verschillende lengten. De grootste geeft een hogere afleesnauwkeurigheid maar heeft een kleiner hoekbereik. Met de kleinste kun je lagere zons- of sterhoogten meten, vanaf 5 graden voor deze staf.

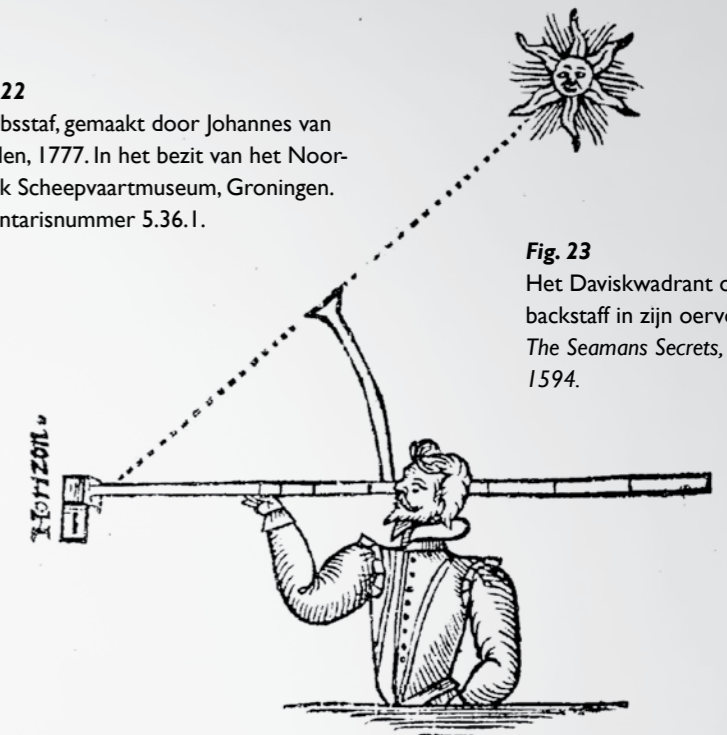


Als je de hoogte van de Poolster, de "Noordt Star", meet, dan weet je meteen op welke breedtegraad je zit. Poolshoogte = breedtegraad. Als je meer zuidelijke zeeën bevaart wordt die methode snel onpraktisch, tenminste met een jakobsstaf. Een mooie oplossing, die Lucas Jansz. Waghenaer beschrijft in zijn gevierde *Spiegel der Zeevaert* (1584), is om dan één zijde van de stok te gebruiken voor een schaal die je direct je breedte geeft als je de hoogte van Sirius, de "Zuidster", schiet. Sirius is de helderste van alle sterren en hij stond omstreeks 1600 iets meer dan zestien graden zuid van de evenaar. Tegenwoordig iets verder nog, ongeveer zestien en driekwart graden. Martín Cortes' *Breve Compendio* (1545), vertaald als *The Arte of Navigation* (1551), is het eerste handboek dat een duidelijke bouwtekening geeft hoe de verschillende schalen moeten worden gemaakt. Zelf is Cortes tamelijk kritisch over de jakobsstaf: "het werkt niet aan land en op zee ook niet als de zon schijnt. Alleen bij een dunne bewolking, maar dan moet je wel een scherpe horizon hebben". In 1594 presenteerde de Engelsman John Davis een nieuw instrument waarmee je de hoogte van de zon af kon meten: het naar hem genoemde Davis-kwadrant, in het Engels de backstaff.

Figuur 23 laat zien hoe het werkt. Je ziet de horizon door een nauwe spleet in een plaatje opzij (in de tekening: onder) van de staf. Je verschuift nu de schaduwarm tot de bovenkant van de schaduw juist op dezelfde spleet valt.

Fig. 22

Jakobsstaf, gemaakt door Johannes van Keulen, 1777. In het bezit van het Noordelijk Scheepvaartmuseum, Groningen. Inventarisnummer 5.36.1.

**Fig. 23**

Het Daviskwadrant of backstaff in zijn oervorm. *The Seamans Secrets*, 1594.

Natuurlijk volgden er nieuwe en verbeterde versies. Drie mooie voorbeelden van een laat Daviskwadrant zijn te zien in een sfeervol verlichtte vitrine in het Nederlands Scheepvaartmuseum in Amsterdam. Eén daarvan is te zien in **Figuur 24**. De oorspronkelijke schaduwarm is nu vervangen door een vizier dat is gemonteerd op de kleine boog bovenaan. Op de grootste boog (kleinste hoekbereik, rechts op de foto) zit een ander vizier waarlangs je kijkt. De som van de hoeken die je afleest van beide bogen is dan de zonshoogte. De jakobsstaf en het Daviskwadrant bleven tot ver in de achttiende eeuw in gebruik.

Fig. 24

Daviskwadrant in een vitrine van het Scheepvaartmuseum in Amsterdam. Gemaakt door Jacobus Kley, Rotterdam, circa 1760. (Inventarisnummer B.0025(03).)



Fig. 25

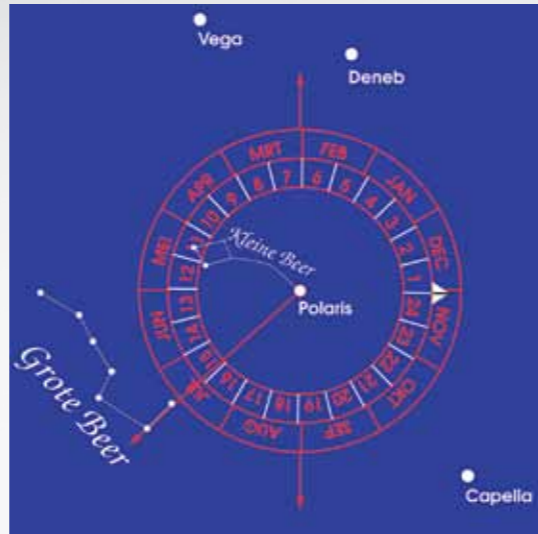
De sterrenhemel op 30 november 1596, met hemelkalender en klok.

Fig. 26

Tekening van een nocturlabium voor de Grote Beer (Ursa Major), in *Light of Navigation* (1612) van Willem Jansz. Blaeu.

Tijdmeting bij nacht via de sterren. De nachtwijzer of nocturlabium.

Tijd moest worden bijgehouden aan boord. Overdag lees je die af aan de zon. In de verslagen die Gerrit de Veer ons heeft nagelaten van de drie tochten van Willem Barentsz naar het Noorden, vinden we passages als: De 23ste juli koers zuidoosten ten oosten tot de zuid zuidwester zon. Het is een (hertaald) fragment uit de tweede reis. De episoden op zee gedurende alle drie de reizen zijn voor een groot deel logboekverslagen van gevaren koersen en de bijbehorende zonnetijden, vaak met een schatting van de afgelegde afstand. Maar wat als je de zon niet ziet? Gevangen in het ijs op Nova Zembla tijdens de derde reis, "verloren zij de zon" op 4 november 1596 en begon de poolnacht. Je bent dan aangevoerd op de sterren. Op 30 november schrijft De Veer (weer in hertaling): De 30ste november was het mooi schoon weer met een westen wind. Toen de Wachters ongeveer ZW stonden (naar onze schatting was dat omtrent de middag) gingen wij met ons zessen eens naar het schip.



De "Wachters" zijn twee sterren in de Grote Beer, Merak en Dubhe, de voorste rand van het steelpannetje. Als je hun onderlinge afstand ongeveer vijf keer verlengt, dan kom je bij de poolster uit. Hetzelfde geldt voor twee sterren in de Kleine Beer, Pherkad en Kochab. Ook die werden de Wachters genoemd. Zowel de Grote als de Kleine Beer hebben de vorm van een steelpannetje. Destijds zagen mensen er meer een kar in. Waarin wij de steel van het pannetje zien, zagen zij de leidsels of de disselboom. De sterren daarin waren "de drie peerden". De Wachters werden dan ook wel "de achterste wielen van de Grote Wagen" genoemd. De Kleine Beer was de "Kleine Wagen". Als je reconstrueert wat De Veer hier beschrijft, dan blijkt dat het hier om de Grote Beer ging.

Figuur 25 laat de "hemelkalender" en de "hemelklok" zien. Begin maart om middernacht staan de Wachters van de Grote Beer recht boven de poolster.

De sterren draaien in een jaar één keer meer om de poolster dan de zon, zodat de stand van de Wachters op het middernachtelijk uur in een jaar tijd een keer rond draait. Binnen de ring die in Figuur 25 de maanden aangeeft is een ring met uren getekend.

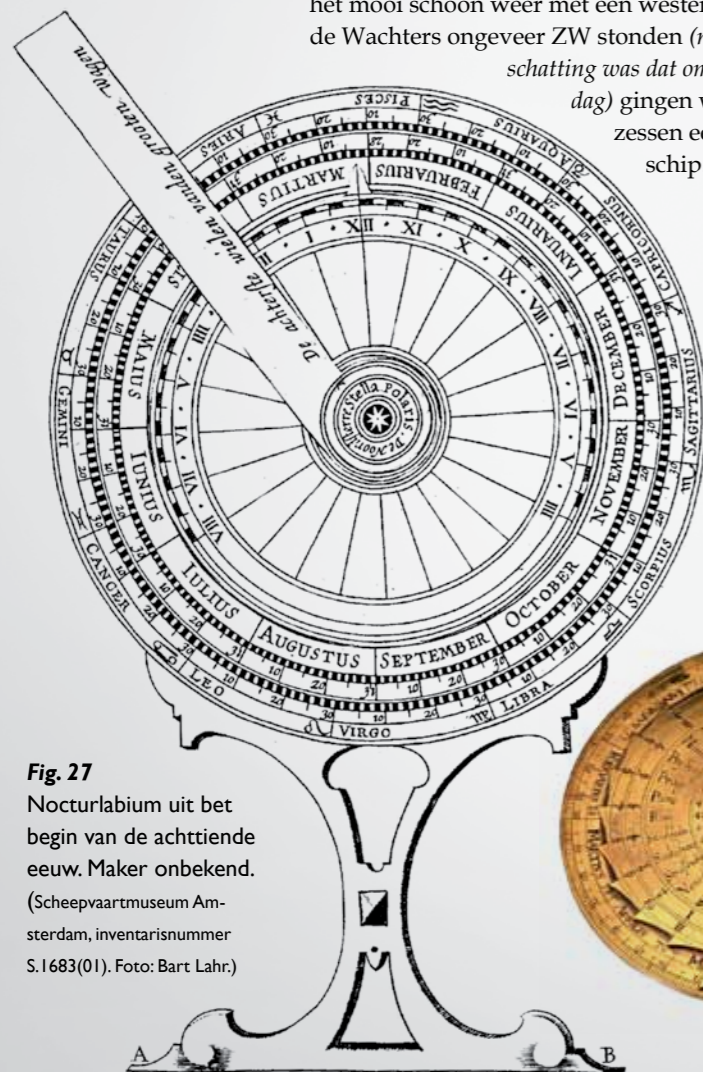


Fig. 27

Nocturlabium uit het begin van de achttiende eeuw. Maker onbekend. (Scheepvaartmuseum Amsterdam, inventarisnummer S.1683(01). Foto: Bart Lahr.)

Die is draaibaar binnen de maandenring en in de tekening is het witte nokje dat middernacht aangeeft gezet op 30 november. Met de Wachters van de Grote Beer in het ZW, wijst de wijzer vanuit de poolster aan dat de lokale tijd bijna vier uur na de middag was. Iets later dus dan De Veer's gis.

De nachtwijzer of nocturlabium is een instrument dat doet wat in Figuur 25 is getekend. Figuur 26 toont een bouwtekening zoals die is te vinden in Blaeu's boek *Light of Navigation*. De vaste buitenste ringen geven, van binnen naar buiten, de maanden, de dagen binnen de maand terwijl de buitenste ring de bijbehorende sterrenbeelden geeft. Merk op dat het begin van Aries, het lentesterrenbeeld valt op 21 maart. Deze tekening is dus gemaakt volgens de nieuwe Gregoriaanse kalender. In het midden is een ronde opening uitgespaard waardoor je naar de poolster kijkt. De wijzer wordt dan naar de Wachters gedraaid.

Tijdmeting bij nacht via de maan. De maanwijzer.

Een van de mooiste stukken van het Noordelijk Scheepvaartmuseum in Groningen is de zakzonnwijzer/ maanwijzer van Gerardus Brand, gemaakt in 1634. Het is een ivoren doosje van maar 55 mm in diameter, en het bevat drie instrumenten, gemaakt met onvoorstelbaar vakmanschap.

- 1) Een kompas.
- 2) Een scharnierend uitgevoerde driehoekige zonnwijzer met op de rand een aanduiding van de uren van de dag.
- 3) Een instrument, gemonteerd aan de binnenzijde van het deksel van het ivoren doosje, waarvan in de inventaris staat dat het een nachtwijzer is. Bij nadere beschouwing blijkt het een maanwijzer te zijn, die de schijngestalten van de maan weergeeft.

Dat laatste instrument wil ik hier laten zien. Langs de rand van de grondplaat staan de dagen van 1 tot 30, gerekend vanaf Nieuwe Maan. Daarbinnen de uren, van bovenaf rechtsom I, II, ... XII, gerekend vanaf de middag tot middernacht. Vervolgens aan de linker kant de uren vanaf middernacht tot aan de volgende middag. Natuurlijk valt ook met dit instrument het nachtelijk uur af te lezen: het geeft aan hoeveel de maan voor- of achterloopt op de zon en een peiling van de maan geeft onmiddellijk de uurhoek van de zon. Op de verdraaibare schijf staan langs de rand ook de uren gegraveerd. Daarbinnen is een vierkant getekend en twee gelijkzijdige driehoeken, de ene

recht op en de andere omgekeerd. In de hoekpunten van het vierkant zijn rechts en links de schijngestalten voor Eerste Kwartier en Laatste Kwartier aangegeven met een vierkantje. Volle Maan is onderin aangegeven met het symbool voor oppositie: twee rondjes, verbonden door een streepje. Nieuwe Maan valt daar tegenover, onder de wijzer. De Sextielen, 60° voor en na Nieuwe Maan zijn binnen de omgekeerde driehoek aangegeven met een sterretje. In de rechtop staande driehoek staat in de hoekpunten een driehoekje, die de fasen van 120° voor of na Nieuwe Maan aangeven, het trinus aspectus. In die tijd gaven astronomische almanakken die informatie voor iedere maand en met deze zelfde symbolen. Op de foto is de wijzer ingesteld op de 24ste dag vanaf Nieuwe Maan en de maan staat in haar laatste sextiel, ongeveer 60° vanaf de Zon. Bij de punt van het sextiel staat het cijfer 4, wat aangeeft dat de Maan vier uren voorloopt op de Zon. In overeenstemming daarmee staat de wijzer op VIII, wat wil zeggen dat de Maan om acht uur in de ochtend door het Zuiden gaat. Hoe het werkt is te zien aan het onderstaande "bouwpakket".

De cirkel op de verdraaibare schijf moet worden opengelaten. Aan het begin van de maancyclus, Nieuwe Maan, staat de wijzer naar boven en wordt een gearceerde - want niet zichtbare - maan vertoond. Na zeven en een halve dag, voor de wijzer naar rechts, zie je een maan in zijn Eerste Kwartier, die dan zes uren op de zon achter loopt. Na vijftien dagen - wijzer naar beneden - staan Zon en Maan in oppositie en is het Volle Maan. In het Laatste Kwartier loopt de Maan zes uren op de Zon voor en na 30 dagen heeft de Zon de Maan weer ingehaald en is het weer Nieuwe Maan.

Dank.

Voor het beschikbaar stellen van beeldmateriaal:

- Nederlands Scheepvaartmuseum, Amsterdam;
- Rijksmuseum, Amsterdam;
- Noordelijk Scheepvaartmuseum, Groningen;
- Team archeologie, gemeente Zutphen.

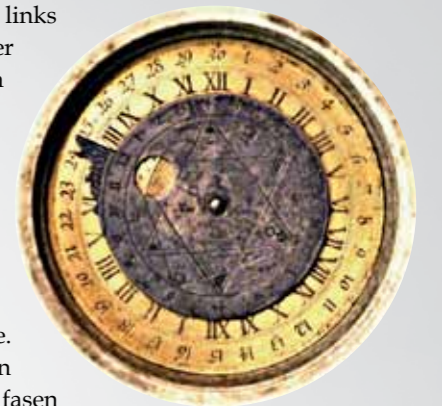


Fig. 28

De maanwijzer van Gerardus Brand, in de binnenkant van het deksel. (Noordelijk Scheepvaartmuseum, inventarisnummer 5.23.1.)

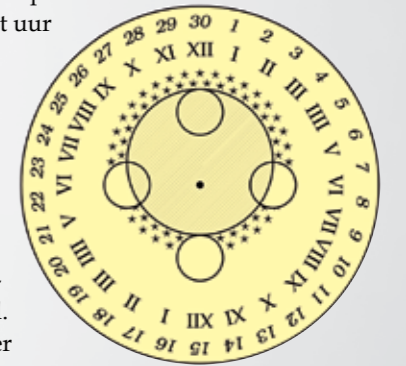


Fig. 29

Bouwpakket van de maanwijzer van Gerardus Brand. Boven de grondplaat, onder de draaibare binnenschijf.