

<https://www.natuurkunde.nl/artikelen/3766/van-a-naar-b-door-de-eeuwen-heen>

## Van A naar B door de eeuwen heen

Onderwerp: Maatschappij, Overige onderwerpen, Sterrenkunde

Je bent in een stad die je niet kent, maar het adres waar je moet zijn heb je wel. Wat doe je?

Ja, wat doe je dan? Je onvolprezen mobieltje lost het voor je op. Google Maps leest jouw gps en vertelt je waar je bent en hoe je moet lopen of rijden om te komen waar je wilt zijn. Omgekeerd betekent dat natuurlijk dat je zelf getraceerd wordt. 's Avonds krijg je dan een berichtje met vragen als 'hoe vond je het daar?' en 'is die zaak van jouzelf?' Je kunt dat irritant vinden, maar 'gps tracking' heeft ook voordelen. Je kunt er bijvoorbeeld een uithuizige kat mee volgen of een vergeetachtige grootvader.

In de scheepvaart is het koersen op gps, het zelf zichtbaar zijn en gevolgd worden inmiddels normaal. Het is gewoon noodzaak voor je eigen veiligheid en voor die van anderen.



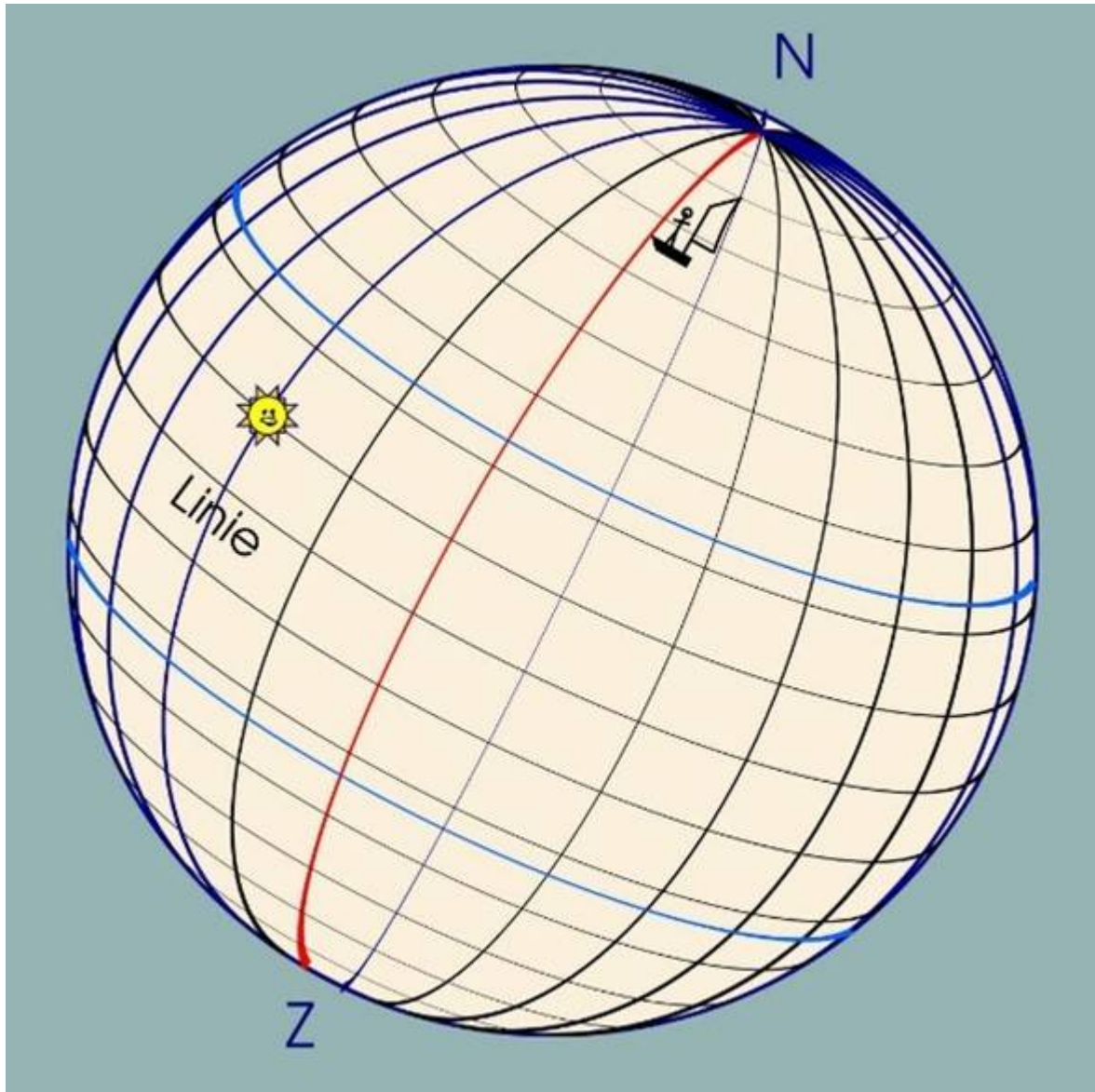
Figuur 1: Scheepvaartbewegingen in en om West-Europa. Bron: Schermopname van MarineTraffic.com. Een vergelijkbare site is vesselfinder.com.

Figuur 1 laat zien hoe druk het op zee is geworden. En op dit plaatje zie je alleen nog maar de schepen die op dat moment zichtbaar zijn voor het AIS (Automatic Identification System). Zeilboten zonder die apparatuur staan hier niet op.

Hoe ingeburgerd en niet meer weg te denken ook, gps bestaat nog maar kort. Van oorsprong is het een militair systeem. In de tachtiger jaren van de vorige eeuw werd het vrijgegeven voor civiel gebruik, maar het duurde nog even voordat het in de scheepvaart gemeengoed werd. Zelf kreeg in mijn eerste gps midden in de jaren negentig. Voor die tijd bepaalde je op zee je positie met een sextant. En een verstandig zeezeiler beheerst die techniek ook nu nog.

## Voor de gps

In figuur 2 is een globe afgebeeld, met daarop het voetpunt van de zon, de plaats waar de zon recht boven staat. Dat is hier 10 graden noord van de 'linie', de evenaar, en 30 graden ten westen van de Greenwichmeridiaan. De precieze coördinaten van de zon zijn te vinden, bijvoorbeeld in de tabellen van de *Nautical Almanac*. Die formuleert het zo: om 14:00 Greenwich Mean Time is de *declinatie* van de zon  $10^{\circ}$  N en zijn *GHA* (Greenwich hour angle) is  $30^{\circ}$  W.



Figuur 2: globe met meridianen en parallellen. In rood de standaardmeridiaan van Greenwich. In blauw de keerkringen van de zon. Bron: auteur

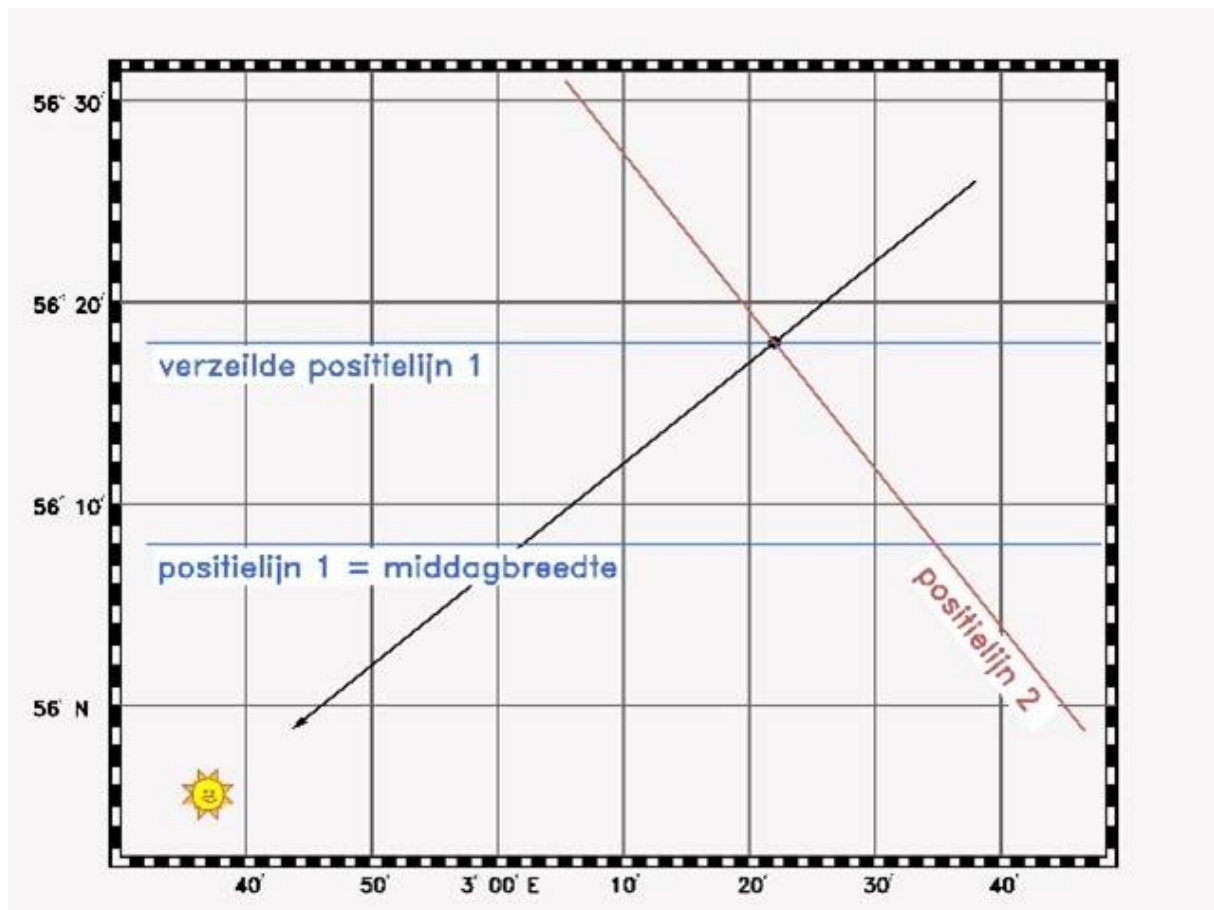
Op de globe staat ook een zeilschip. Het bevindt zich op de Noordzee, ter hoogte van Schotland.

De zeiler 'schiet' de hoogte van de zon. Zoveel als die hoogte verschilt van  $90^\circ$ , zoveel is onze zeiler hemelsbreed verwijderd van het voetpunt van de zon. Puur wiskundig gezien weet hij nu dat hij ergens zit op een cirkel om het zonnevoetpunt en zijn meting vertelt hem hoe groot die cirkel is. Ze heten 'Summercirkels', naar de negentiende-eeuwse Amerikaanse navigator Captain Thomas Hubbard Sumner, die het begrip introduceerde. Een tweede Summercirkel, gemeten op een later of eerder tijdstip, levert twee snijpunten met de eerste cirkel en één van die twee geeft dan jouw positie aan. In de praktijk weet je natuurlijk welke van die snijpunten jouw werkelijke positie weergeeft.

## Positielijnen

Terug naar onze zeiler. Op zijn zeekaart, figuur 3, kiest hij een punt dat precies de juiste afstand tot het zonnevoetpunt heeft. Omdat de afstand dwars op de richting waarin hij de zon ziet veel onzekerder is, trekt hij een lijn door dat punt, loodrecht op de richting naar de zon.

Eigenlijk is dat de plaatselijke raaklijn aan zijn Summercirkel. Ergens op die lijn zit hij: het is zijn positielijn, in figuur 3 in rood getekend.



Figuur 3: Positielijnen op de kaart zoals de zeiler van figuur 2 die vindt uit zijn zonshoogtemetingen. Bron: auteur.

Iets meer dan twee uur eerder, toen voor hem de zon pal in het zuiden stond, had hij al eenzelfde meting gedaan. Dat had hem een eerste positielijn gegeven. Op de kaart loopt die horizontaal: het vertelde hem zijn breedtegraad, in de tekening de onderste van de twee blauwe lijnen. De zon is intussen voldoende gedraaid en onze zeiler schat dat hij in de

afgelopen ruim twee uren 10 nautische mijlen in noordelijke richting is gevorderd. Op de kaart verschuift hij de eerste positielijn 10 boogminuten omhoog, want bij definitie is een zeemijl gelijk aan de lengte van een boogminuut langs een meridiaan. Het snijpunt van zijn nieuwe (rode) positielijn met de ‘verzeilde’ eerste lijn is dan zijn positie, breedte en lengte.

### **Sterren ‘schieten’**

Op figuur 4 neemt mijn generatiegenoot Gert Dop de hoogte van de zon. Dat was dagelijkse routine in het voor-gpstijdperk. In de ochtendschemering zijn de helderste sterren nog zichtbaar terwijl je de horizon al kunt onderscheiden. Door die sterren te ‘schieten’ met meerdere stuurlieden tegelijk kreeg je meteen een aantal snijdende positielijnen en dus je positie. Net zo gebeurde dat in de avondschemering.



Figuur 4: Begin zestiger jaren. Zonshoogtemeting met een sextant door Gert Dop, toen nog leerling stuurman. Bron: auteur

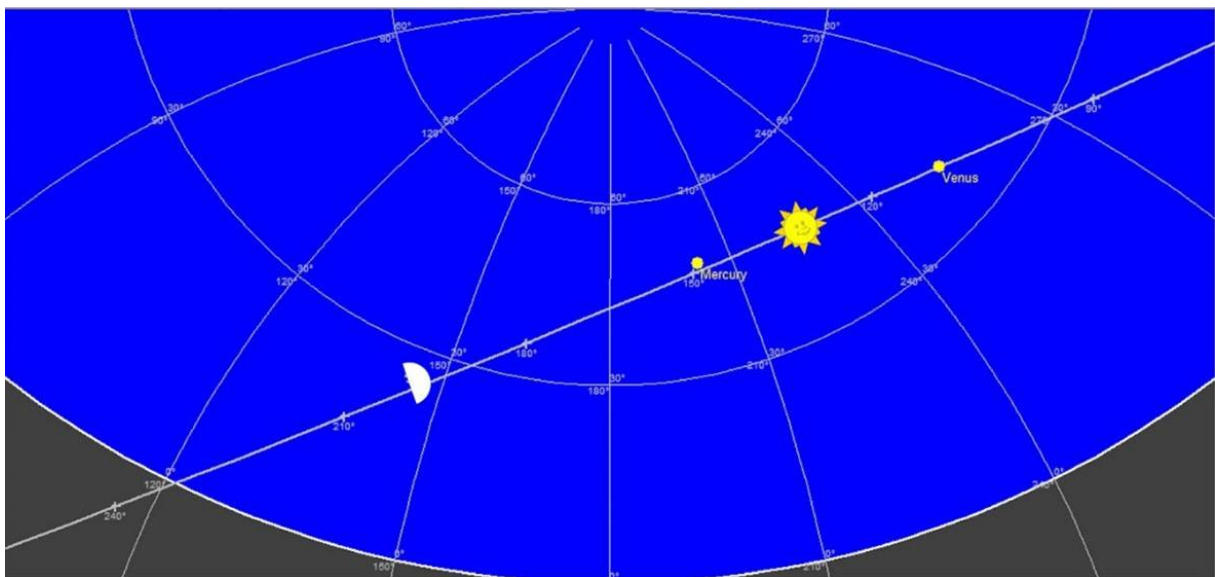
De chronometer was een bijna heilig instrument aan boord. Niet iedereen was bevoegd die op te winden, laat staan gelijk te zetten. De zon loopt snel: 15 graden in een uur langs een parallel, iedere vier minuten een hele graad, iedere vier seconden een boogminuut. Gemeten langs de evenaar komt een boogminuut overeen met een zeemijl, 1.852 kilometer. Het vinden van je lengtegraad vraagt dus dat je de tijd op jouw standaardmeridiaan (Greenwich) nauwkeurig bijhoudt.



Maar ook de chronometer heeft niet altijd bestaan. Pas eind achttiende eeuw slaagden klokkenmakers, als eerste John Harrison, erin een klok te maken die ook aan boord van een schip voldoende nauwkeurig de tijd bleef aangeven. Maar het duurde daarna nog meer dan een eeuw voordat het ontwerp compact genoeg gemaakt was en commercieel interessant werd voor de scheepvaart.

## De maan als klok

Aan het einde van de achttiende eeuw was er ook een ontwikkeling in een heel andere richting. Dat de maan een bruikbare kalender is, wisten prehistorische natuurliefhebbers al. In de twaalfde eeuw schreef de geleerde Gerard van Cremona dat je de tijd kunt kennen uit de positie van de maan zoals je die aan de hemel ziet. Dan kun je die positie vergelijken met de positie zoals die voorspeld is in tabellen voor een of andere standaardmeridiaan.



Figuur 5: De zon en de maan in haar eerste kwartier, een week na nieuwe maan. Ingetekend op een schermopname van het programma SkyMap voor 2 september 2022, zoals te zien in Groningen. Bron:auteur.

De maan loopt langzamer langs de hemel dan de zon en de sterren en hij wordt iedere maand door alle andere hemellichamen een keer ‘gelapt’. In ongeveer dertig dagen verliest hij zo een hele cirkel op de zon. Dat is een graad in twee uur tijd. Om bruikbaar te zijn als tijdmetreer moest de afstand tussen de maan en de zon, of ook tussen de maan en een goed zichtbare ster, tot op ongeveer een boogminuut, het zestigste deel van een graad, berekend kunnen worden. Dat geeft je dan de tijd tot op twee minuten nauwkeurig. Eind achttiende eeuw, kort nadat Harrison zijn eerste succesvolle klok had gebouwd, werd die nagestreefde nauwkeurigheid voor berekende maansposities bereikt.

# JANUARY 1767.

[9]

Distances of  $\gamma$ 's Center from Stars, and from  $\odot$  east of her.

Days.	Stars Names.	Noon.			3 Hours.			6 Hours.			9 Hours.		
		o	'	"	o	'	"	o	'	"	o	'	"
		1	z Pegasi.	46.	41.	15	44.	57.	51	43.	14.	53	41.
2	33.	15.		35	31.	40.	16	30.	6.	42	28.	35.	2
3													
4	z Arietis.	57.	55.	16	56.	6.	21	54.	17.	44	52.	29.	25
5		43.	32.	47	41.	46.	31	40.	0.	36	38.	15.	1
6	Aldebaran.	62.	4.	49	60.	22.	21	58.	40.	17	56.	58.	37
7		48.	36.	32	46.	57.	27	45.	18.	47	43.	40.	35
8		35.	37.	28	34.	2.	38	32.	28.	29	30.	55.	5
9		23.	22.	20	21.	55.	18	20.	30.	0	19.	7.	3
10	Pollux.	51.	3.	14	49.	27.	59	47.	52.	57	46.	18.	9
11		38.	27.	43	36.	54.	20	35.	21.	12	33.	48.	17
12	Regulus.	62.	42.	22	61.	9.	30	59.	36.	47	58.	4.	13
13		50.	23.	35	48.	51.	53	47.	20.	18	45.	48.	52
14		38.	13.	40	36.	43.	0	35.	12.	28	33.	42.	3
15		26.	11.	51	24.	42.	9	23.	12.	34	21.	43.	10
16	Spica $\mu$	68.	17.	41	66.	48.	34	65.	19.	30	63.	50.	31
17		56.	26.	28	54.	57.	51	53.	29.	15	52.	0.	41
18		44.	38.	16	43.	9.	50	41.	41.	25	40.	13.	0
19		32.	50.	51	31.	22.	21	29.	53.	51	28.	25.	19
20		21.	2.	16	19.	33.	33	18.	4.	47	16.	36.	0
21	Antares.	54.	40.	6	53.	9.	18	51.	38.	17	50.	7.	5
22		42.	27.	36	40.	54.	57	39.	22.	2	37.	48.	50
20	The Sun.	120.	36.	39	119.	14.	38	117.	52.	30	116.	30.	15
21		109.	36.	50	108.	13.	39	106.	50.	14	105.	26.	38
22		98.	25.	11	97.	0.	7	95.	34.	48	94.	9.	12
23		86.	56.	45	85.	29.	15	84.	1.	25	82.	33.	14
24		75.	6.	56	73.	36.	29	72.	5.	38	70.	34.	23
25		62.	51.	46	61.	17.	54	59.	43.	36	58.	8.	51
26		50.	8.	25	48.	30.	56	46.	53.	0	45.	14.	36

C

Figuur 6: een bladzijde uit de eerste Nautical Almanac. Bron: auteur



Figuur 7: Harrison's H4-chronometer, 1759, National Maritime Museum, Greenwich. Bron: Colonel Warden at en Wikimedia.

In 1767 verscheen de eerste *Nautical Almanac*, verzorgd door Nevil Maskelyne, Astronomeer Royal en hoofd van het Greenwich Observatorium. De methode om via maansafstanden je tijd te bepalen en daarmee je lengtegraad te vinden bleef tot in het begin van de twintigste eeuw in gebruik. Maar gaandeweg werd deze verdrongen door de chronometer die steeds betaalbaarder en betrouwbaarder gemeengoed werd.

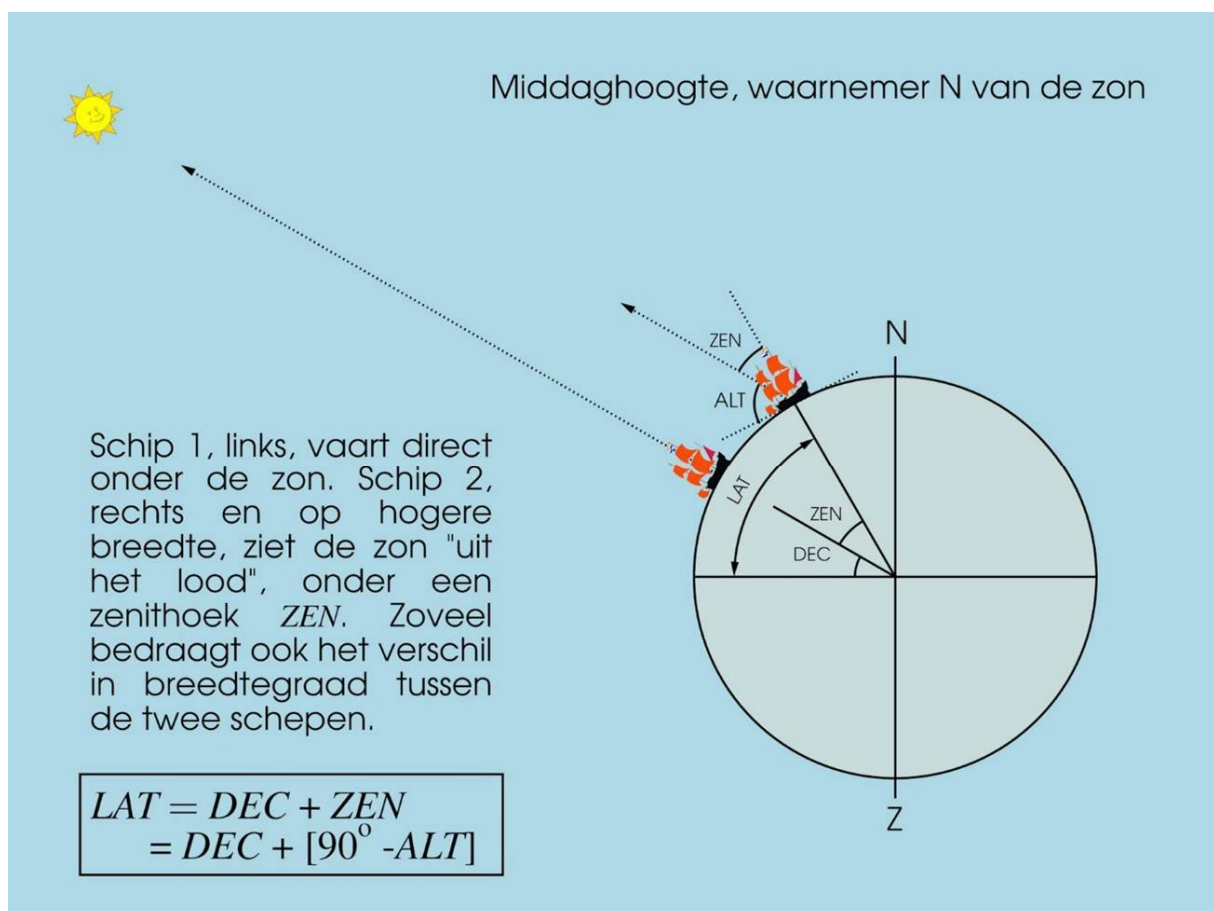


## De oorsprong van de breedtebepaling

We gaan nog een stap terug in de tijd, naar de periode waarin de West-Europese landen de oceanen gingen bevaren. Men ging op zoek naar de rijkdommen in andere delen van de wereld, en naar de landen waar zijde vandaan kwam en specerijen. Zijde en specerijen waren wel bekend, maar die bereikten Europa alleen via moeizame tussenhandel.

Die periode begint halverwege de vijftiende eeuw. Portugal en Spanje wezen de weg. Nederland, Engeland en Frankrijk volgden, maar pas meer dan een halve eeuw later.

De navigatie was ook eenvoudiger. Tijdmeters bestonden niet. Wel kon je je breedtegraad vinden uit de hoogte van de zon als die op het middaguur voor jou door het zuiden ging, want declinaties van de zon, dat is de breedtegraad waar hij recht boven staat, werden getabelleerd. Vanaf 1517 zelfs voor perioden van vier jaren in het voren.



Figuur 8: uitleg van breedtebepaling uit de middaghoogte van de zon. De gebruikte afkortingen staan voor: LAT = latitude, breedtegraad. DEC = declinatie, ALT = altitude, hoogte boven de horizon, ZEN = zenithoek. Bron: auteur.

Uit een middaghoogte valt zonder veel rekenwerk je breedtegraad te vinden, zoals figuur 8 laat zien. Historische voorbeelden zijn te vinden in het fameuze journaal van Gerrit de Veer, *Waerachtighe Beschryvinghe van drie seylagiën ter werelt noyt soo vreemt ghehoort*, waarin hij de drie tochten van Willem Barentsz. naar het Noorden beschrijft. Uit De Veers journaal:



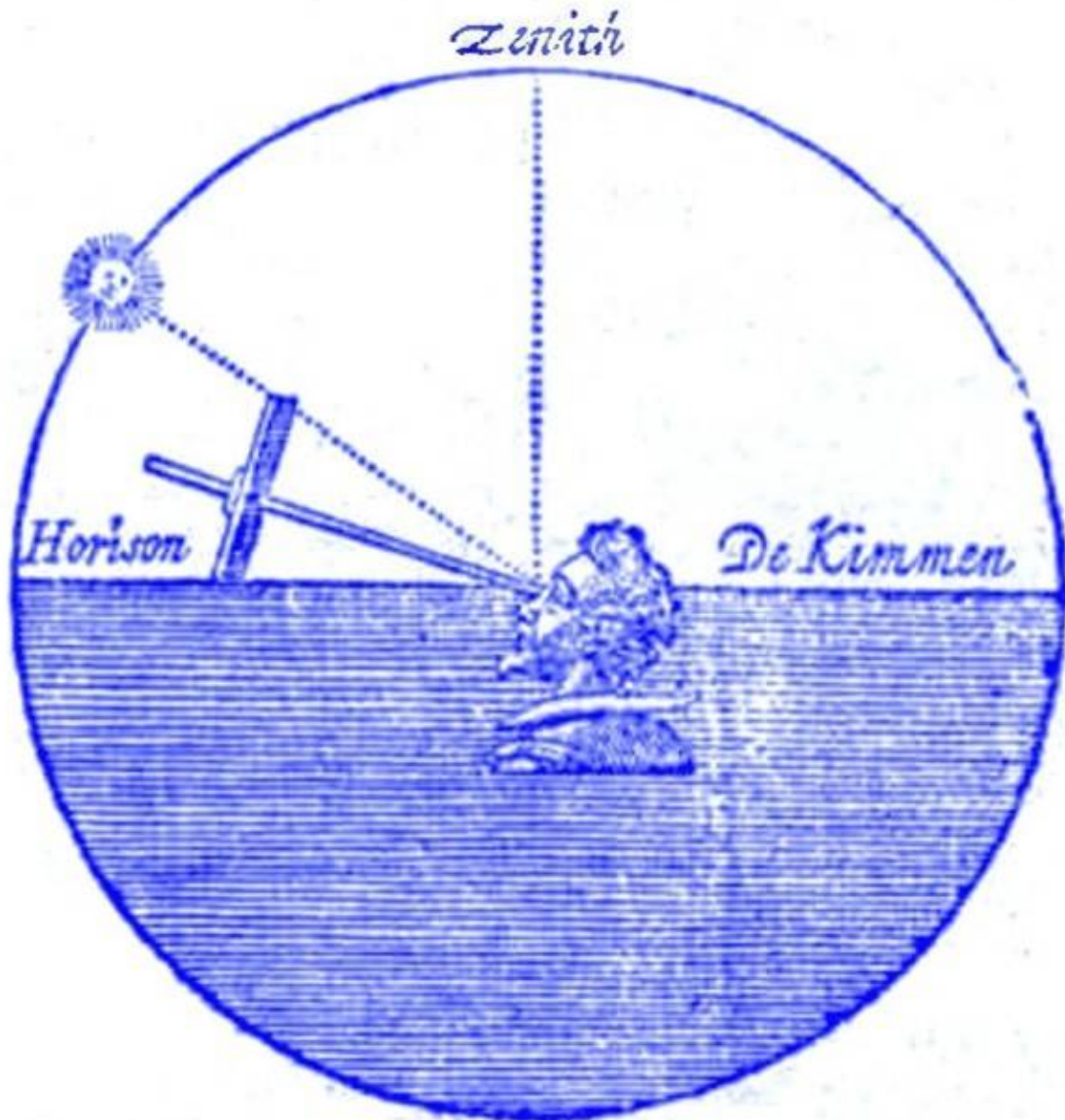
*Den 2. April [1597] wast moy claer weder, de wint noordt ende stil, doen namen wy de hoochte vander Sonne ende was verheven boven den Horisont 18. graden 40. minuten, zyn declinatie was 4. graden 40. minuten, de selfde ghetoghen vande ghenomen hoochte, so blijft 14. gr. die getrocken vande 90. so blijft des Pools hoochte 76. graden.*

Het idee is duidelijk en helemaal in lijn met het regeltje zoals dat in figuur 8 staat. 'Des Pools hoochte', de hoogte van de pool, betekent gewoon breedtegraad, want de hoogte waarop we de poolster boven de horizon zien staan, is gelijk aan onze breedtegraad. Het nemen van de poolhoogte in de nacht was een andere gangbare manier om je breedtegraad te vinden en een aanvulling op je middaghoogte van de zon. In het donker zag je natuurlijk de horizon niet en je moest dan wel een meetinstrument gebruiken waarbij je de horizon niet nodig had, zoals een kwadrant met schietlood of een astrolabium. Een ander instrument uit dezelfde tijd is de jakobsstaf. Daarmee hou je wel de horizon in de gaten en tegelijkertijd het hemellichaam waarvan je de hoogte wilt meten.

Figuur 9 laat een astrolabium zien. Je hangt hem verticaal aan een vinger en draait de wijzer, de alhidade, naar de zon of de ster. In de opstaande ruitertjes zit een klein rond gat. Voor een ster moet je er doorheen kijken. Voor de zon stel je hem zo af dat het lichtvlekje dat de opening in het voorste ruitertje op de achterste werpt, juist verdwijnt door de opening van die tweede ruit. Nautische handboeken gaven het advies de meting zittend te doen, midscheeps en met je rug tegen de grote mast en daarbij met je elleboog op je knie te steunen.



Figuur 9: Replica van een vroeg zeventiende-eeuws astrolabium, de zogenaamde Skokloster-I, afgewerkt in de voormalige sterrenwacht in Roden en voorzien van het wapen en de naam van de Rijksuniversiteit Groningen. Bron: auteur.



Figuur 10: de jakobsstaf is een lat waarop een schaalverdeling is aangebracht. De vaan, dwars daarop, is verschuifbaar en wordt zo gesteld dat je langs de onderkant juist de horizon ziet en langs de bovenkant de zon. Bron: Licht der Zeevaart van Willem Jansz. Blaeu, uitgave 1620.

### **Opkomst en ondergang van zon en sterren**

We gaan nog vijf eeuwen terug. Instrumenten om op zee zonshoogten te meten bestonden niet. Het kompas moest nog worden uitgevonden. Richtingen kon je bepalen aan de hand van de plaatsen aan de horizon waar zon en sterren opkwamen of ondergingen. Zo navigeerden de Vikingen en aan de andere kant van de wereld de Polynesiërs. Ook aan land gaven zon en sterren op de horizon je de oriëntatiepunten om je weg te vinden. Woestijnvolken kenden zo hun richtingen en, dichterbij huis, iedereen die woonde of reisde in open terrein.

Wie dat wil kan zich ook nu nog zo oriënteren.



Figuur 11: het zonnekompas voor midden-Nederland, waarvoor als breedtegraad 52° N is genomen. De richtingen waarin de zon opkomt en weer ondergaat zijn gegeven voor de situaties waarin de zon juist in het begin staat van een dierenriemteken. Dat valt op of omstreeks de 21ste van iedere maand. Bron: auteur.





Figuur 12: het sterrenkompas voor midden-Nederland. Bron: auteur.

Voor een gegeven breedtegraad zijn de plaatsen waar we de sterren zien opkomen en ondergaan onveranderlijk. De richting waarin de zon opkomt en waarin hij ondergaat, varieert over de loop van het jaar. Midwinter, als de zon juist het teken van Steenbok is binnengekomen en dus loodrecht boven de Steenbokskeerkring staat op  $23^{\circ} 30'$  Zuid, zijn de dagen het kortst voor wie op het noordelijk halfrond woont. Dat valt op 20 of 21 december. In Nederland zien we dan de zon even voor het zuidoosten opkomen en kort voorbij het zuidwesten weer ondergaan. Midzomer, 21 juni staat de zon juist in het begin van Kreeft. Zijn declinatie is dan  $23^{\circ} 30'$  N en hij staat pal boven de Kreeftskeerkring. Van zonsopkomst tot -ondergang is dat ongeveer zeventien uur, ruim tweemaal zo lang als in midwinter.

### Drieduizend jaar navigatie

De gedocumenteerde geschiedenis van hoe de mensheid zich in de loop van de eeuwen heeft georiënteerd op de zon en de sterren, gaat terug tot ongeveer drieduizend jaar geleden als de mythische Odysseus zijn thuseiland Ithaka terugvindt dankzij de nautische aanwijzingen van de halfgodin Kalypso. Ik heb geprobeerd die geschiedenis samen te vatten in omgekeerde

volgorde van hoe ik het hier heb geschreven in *'Drieduizend jaar navigatie op de sterren'*, uitgegeven bij Querido Facto, 2022.

**Siebren van der Werf**, <https://siebrenvanderwerf.nl/index.php>