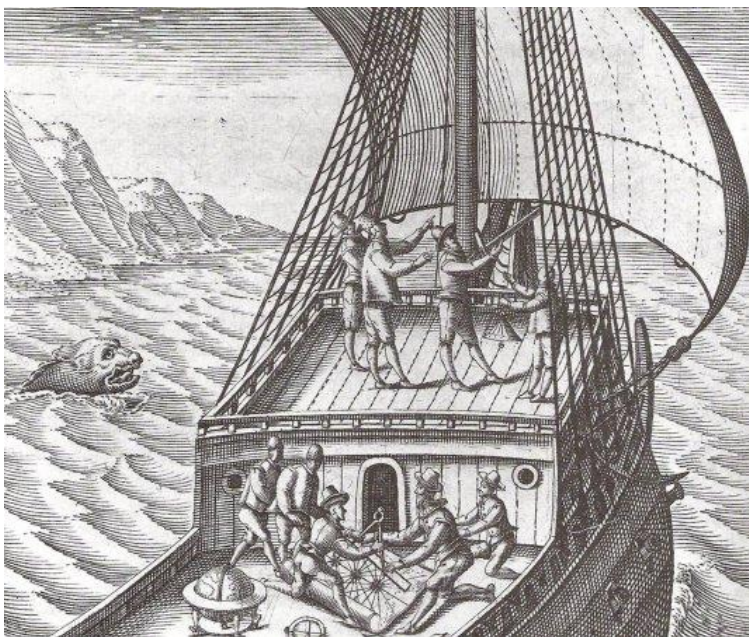


NAVIGATIE IN DE 17^E EEUW

Door: Drs Dirk J. Barreveld, oud-Hoogleraar economie, oud-stuurman Grote Vaart, officier K.M.b.d. auteur van maritiem-historische en populair-wetenschappelijke werken¹.

Met navigatie wordt feitelijk bedoeld *stuurmanskunst*. Het is het veilig brengen van een schip van de haven van vertrek naar de haven van aankomst. Om dit te kunnen doen heeft men een zekere kennis en een aantal instrumenten nodig. De kennis betreft het lezen en omgaan met een zeekaart, het regelmatig zo exact mogelijk bepalen van de positie van het schip en het omgaan met de instrumenten die nodig zijn om koers en snelheid van het schip te kunnen bepalen.



T'ghebruyck van de Zeecaerte.

Thomas Hood 1602.

Op het dek werken stuurman met het zeeastrolabium en de globe. Op het voordek meet met met een graadstok of kruisstok, (cross-staf) de hoogte.

In het midden van de 17e eeuw was het met de nauwkeurigheid van de navigatie eigenlijk maar droef gesteld. Er waren geen nauwkeurige zeekaarten, men had nauwelijks enig idee van windsystemen en zeestromen en kompassen waren verre van nauwkeurig. Men kon de breedte van een schip redelijk nauwkeurig vaststellen, van de lengte echter had men vaak geen flauw idee. Om een idee te hebben waar het eigenlijk om gaat, is enige kennis van de basis begrippen noodzakelijk.

De Zeekaart.

De moderne zeeman gebruikt drie soorten kaarten voor zijn navigatie: *de overzeiler*, *de navigatie kaart* en *de detailkaart*.

- 1) De **'overzeiler'** is een overzichtskaart die betrekking heeft op een groot gebied van de wereld. In De Ruyter's tijd werd de overzeiler vaak 'leeskaart' genoemd.
- 2) De **'navigatiekaart'** is de kaart die in de dagelijkse navigatie gebruikt wordt. Dit is de kaart waarop de stuurman van tijd tot tijd de positie van het schip aantekent.

¹ Bij vergelijkingen met het heden werden de laatste ontwikkelingen op dit gebied buiten beschouwing gelaten.

3) De '**detailkaart**' is de kaart die gebruikt wordt bij het binnen lopen van havens, bij het ten anker gaan en soortgelijke aangelegenheden.

Omdat op de overzichtskaarten en de detailkaarten niet echt genavigeerd wordt is de manier waarop ze ontworpen worden van ietwat minder belang. Voor de navigatiekaart is het echter belangrijk dat de werkelijkheid zo goed mogelijk wordt benaderd. Hiervoor is het nodig dat de kaart '*hoekgetrouw*' is, hetgeen betekent dat een hoek op de globe op dezelfde manier wordt weergegeven als in de kaart. Een tweede punt is dat een rechte lijn op de globe op de kaart ook als een rechte lijn wordt weergegeven. Hoe moeilijk dit is blijkt wel als we een globe, vergelijkbaar met een bal, in twee gelijke helften snijden en vervolgens de helften plat maken. We moeten dan de ruimtes tussen de '*schillen*' opvullen om een plat vlak te krijgen. Dit leidt tot vertekening. Naarmate we dichterbij de uiteinden (de polen) komen wordt de vertekening groter.

Een dergelijke vertekening treedt nagenoeg niet op bij de *cilindrische projectie* van *Mercator*. Dit was de naam waaronder de Nederlander *Gerard Kremer* (1512-1594) zijn cartografische werken publiceerde. In Mercator's systeem worden de breedtecirkels naar de polen toe eveneens opgevuld, maar worden ook de meridianen evenredig verlengd. De afbeelding op ieder kaart gedeelte is dan min of meer correct. Het is wel noodzakelijk dat afstanden op de daarbij behorende breedte worden afgemeten. De Mercator projectie wordt tot op heden in de nautische wereld gebruikt. Het grote voordeel van deze methode is dat de koerslijn in de kaart een rechte lijn is voor een bepaalde koers en dat de hoeken conform (getrouw) zijn. Dit levert een op zichzelf eenvoudige basis voor de navigatie.

Schaal van de kaart

De schaal van een kaart is de verhouding van een gegeven afstand op de kaart tot de werkelijke afstand op aarde. Bijvoorbeeld : 1/100.000 betekent, dat een zo'n eenheid (bv. een centimeter) op de kaart, in werkelijkheid 100,000 van dezelfde eenheden op aarde voorstelt, ofwel een kilometer. In plaats van een breuk wordt de schaal ook wel weergegeven als: 1: 100,000. Het komt ook wel voor dat de schaal wordt weergegeven in de vorm van een lijn met onderverdeling. Men vindt schaal en onderverdeling als regel in de linker of rechter onderhoek van de kaart, tezamen met andere kerngegevens.

Lengte en breedte

Een positie op de globe of in de kaart wordt bepaald door lengte en breedte. Alle cartografen gebruikten een dergelijk 'gridwerk'. In de breedte gebruikte iedereen hetzelfde systeem met de evenaar (equator) als 0° breedtecirkel, vervolgens oplopend tot 90° aan de polen. De zo gevormde 'breedtecirkels' worden ook wel *parallellen* genoemd. Voor wat de 'lengtecirkels' betreft was er aanvankelijk helemaal geen uniformiteit.

Na het verdrag van Tordesillas (1494) gebruikten Spaanse en Portugese zeevaarders het systeem met als 0° lengtecirkel, ook wel *meridiaan* genoemd, de lijn die over de Kaap Verdische Eilanden liep. De Fransen en Hollanders echter, verkozen het meest westelijk gelegen eilandje *Hierro* van de Canarische Eilanden als nulmeridiaan. De Engelse zeeman John Davis gebruikte in zijn *The Seaman's Secrets* (1594) het eilandje *Fez* in de Canarische Eilanden als nulmeridiaan, omdat daar volgens hem de magnetische variatie

nul was. The meridiaan van Londen (Greenwich) werd vanaf 1676 als nulmeridiaan gebruikt door de Engelsen.



Arent Roggeveen, kaartmaker van de VOC 1675

De toenemende belangrijkheid van de Engelse zeevaart speelde hierbij een grote rol. Ten opzichte van de Greenwich meridiaan is er een verschil van 25° met de Kaap-Verdische-nul-meridiaan, en van 18° ten opzichte van Hierro. Een ander probleem, dat ook nog speelde, was gebrek aan uniformiteit over de vraag hoeveel mijl (onze huidige nautische zeemijl) een breedtegraad nu wel was. Dit liep uiteen van 44.5 tot 87.5. zeemijl.



Straat Magelhaen rond 1600.

Fragment van een kaart van Arnoldus Florentius. van Straat Magelhaen, 16e eeuw.

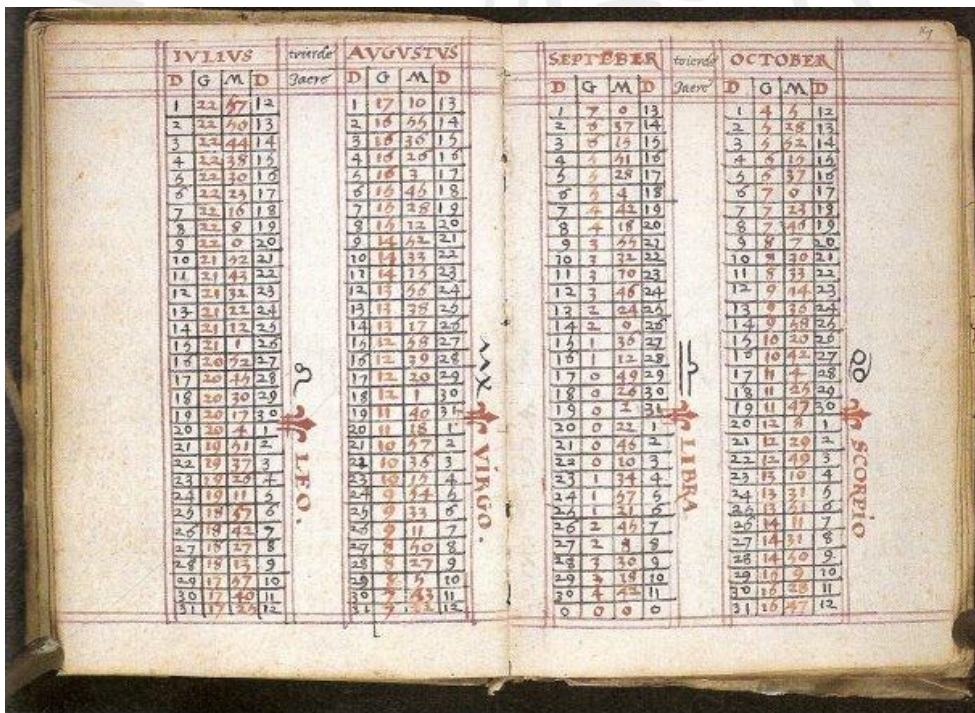
Columbus en Magelhaan gebruikten 45.3, de aarde is echter in werkelijkheid ongeveer 32% groter. Maar ook de lengte van een zeemijl stond niet vast en varieerde van land tot land. Pas in 1730 werd het huidige systeem van 60 zeemijl, met een lengte van 1,852 meter, per breedtegraad min of meer algemeen gebruik. De hier geschilderde problematiek maakte het voor de 17^e eeuwse zeelieden nog eens dubbel lastig om uit te vinden waar een schip zich precies bevond. Het gebeurde dan ook regelmatig dat de berekende positie ergens midden in een woestijn of oerwoud uitkwam. De Ruyter constateert in zijn journalen dan ook herhaaldelijk dat er iets fout is met zijn positie of zijn kaart, of beiden.

Het bepalen van de breedte

Astronomie wordt vaak de oudste wetenschap genoemd. De bewegingen van zon, maan, sterren en planeten worden sinds onheugelijke tijden door de mens gebruikt als gids bij jacht, visserij en landbouw. Babylonische priesters hielden zich vermoedelijk al van af circa 3800 voor Christus bezig met de mechaniek van het sterrenstelsel. Waarschijnlijk waren zij het die de beweging van de zon rond de aarde in 24 gelijke delen verdeelden. De Chinezen ontdekten de 365 ¼ cyclus van het draaien van de aarde rond de zon. Egyptenaren Grieken en Foeniciers droegen ook nog eens hun steentje bij.

Voor het bepalen van de breedte uit de waarneming van hemel-lichamen zijn twee zaken absoluut noodzakelijk. In de eerste plaats dient men te beschikken over een instrument waarmee de exacte hoogte van het hemellichaam boven de horizon bepaald kan worden. In de tweede plaats dient men te beschikken over de *declinatie* van het hemellichaam. De declinatie van een hemellichaam is de afstand aan de hemel van dat hemellichaam tot aan de hemel equator. Deze declinatie hangt af van de dag en de globale tijd aan boord. Het

gaat te ver om diep op deze zaken in te gaan, dan zouden we terecht-komen in de pure theoretische zeevaartkunde en dat is niet nodig. Lang voordat het meten van de hoogte van hemel-lichamen aan boord van schepen gebruikt werd voor plaatsbepaling, bestonden er al tafels met de declinatie van de belangrijkste hemel-lichamen.



| IULIUS | | | | AUGVSTVS | | | | SEPTEMBER | | | | OCTOBER | | | |
|--------|----|----|----|----------|----|----|----|-----------|---|----|----|---------|----|----|----|
| D | G | M | D | D | G | M | D | D | G | M | D | D | G | M | D |
| 1 | 22 | 57 | 12 | 1 | 17 | 10 | 13 | 1 | 7 | 0 | 13 | 1 | 4 | 6 | 12 |
| 2 | 22 | 50 | 13 | 2 | 16 | 56 | 14 | 2 | 0 | 57 | 14 | 2 | 5 | 58 | 13 |
| 3 | 22 | 44 | 14 | 3 | 15 | 30 | 15 | 3 | 0 | 15 | 15 | 3 | 5 | 52 | 14 |
| 4 | 22 | 38 | 15 | 4 | 14 | 20 | 16 | 4 | 0 | 21 | 16 | 4 | 5 | 10 | 15 |
| 5 | 22 | 30 | 16 | 5 | 13 | 3 | 17 | 5 | 0 | 28 | 17 | 5 | 5 | 37 | 16 |
| 6 | 22 | 23 | 17 | 6 | 12 | 46 | 18 | 6 | 0 | 4 | 18 | 6 | 7 | 0 | 17 |
| 7 | 22 | 16 | 18 | 7 | 11 | 28 | 19 | 7 | 0 | 12 | 19 | 7 | 7 | 23 | 18 |
| 8 | 22 | 9 | 19 | 8 | 10 | 12 | 20 | 8 | 0 | 18 | 20 | 8 | 7 | 40 | 19 |
| 9 | 22 | 0 | 20 | 9 | 9 | 43 | 21 | 9 | 0 | 24 | 21 | 9 | 8 | 7 | 20 |
| 10 | 21 | 52 | 21 | 10 | 8 | 34 | 22 | 10 | 0 | 32 | 22 | 10 | 8 | 30 | 21 |
| 11 | 21 | 45 | 22 | 11 | 7 | 15 | 23 | 11 | 0 | 40 | 23 | 11 | 8 | 33 | 22 |
| 12 | 21 | 38 | 23 | 12 | 6 | 56 | 24 | 12 | 0 | 46 | 24 | 12 | 9 | 14 | 23 |
| 13 | 21 | 32 | 24 | 13 | 5 | 38 | 25 | 13 | 0 | 54 | 25 | 13 | 9 | 30 | 24 |
| 14 | 21 | 25 | 25 | 14 | 4 | 17 | 26 | 14 | 0 | 0 | 26 | 14 | 9 | 58 | 25 |
| 15 | 21 | 18 | 26 | 15 | 3 | 58 | 27 | 15 | 0 | 10 | 27 | 15 | 10 | 20 | 26 |
| 16 | 20 | 12 | 27 | 16 | 2 | 39 | 28 | 16 | 0 | 12 | 28 | 16 | 10 | 42 | 27 |
| 17 | 20 | 5 | 28 | 17 | 1 | 20 | 29 | 17 | 0 | 19 | 29 | 17 | 11 | 4 | 28 |
| 18 | 20 | 0 | 29 | 18 | 0 | 1 | 30 | 18 | 0 | 26 | 30 | 18 | 11 | 26 | 29 |
| 19 | 20 | 17 | 30 | 19 | 0 | 40 | 31 | 19 | 0 | 33 | 31 | 19 | 11 | 47 | 30 |
| 20 | 20 | 10 | 1 | 20 | 0 | 18 | 1 | 20 | 0 | 40 | 1 | 20 | 12 | 8 | 1 |
| 21 | 19 | 3 | 2 | 21 | 0 | 7 | 2 | 21 | 0 | 46 | 2 | 21 | 12 | 20 | 2 |
| 22 | 19 | 37 | 3 | 22 | 0 | 36 | 3 | 22 | 0 | 10 | 3 | 22 | 12 | 49 | 3 |
| 23 | 19 | 30 | 4 | 23 | 0 | 17 | 4 | 23 | 0 | 16 | 4 | 23 | 13 | 10 | 4 |
| 24 | 19 | 23 | 5 | 24 | 0 | 8 | 5 | 24 | 0 | 23 | 5 | 24 | 13 | 31 | 5 |
| 25 | 19 | 16 | 6 | 25 | 0 | 33 | 6 | 25 | 0 | 31 | 6 | 25 | 13 | 21 | 6 |
| 26 | 19 | 9 | 7 | 26 | 0 | 11 | 7 | 26 | 0 | 40 | 7 | 26 | 14 | 11 | 7 |
| 27 | 19 | 2 | 8 | 27 | 0 | 40 | 8 | 27 | 0 | 48 | 8 | 27 | 14 | 51 | 8 |
| 28 | 19 | 15 | 9 | 28 | 0 | 27 | 9 | 28 | 0 | 30 | 9 | 28 | 14 | 40 | 9 |
| 29 | 19 | 7 | 10 | 29 | 0 | 5 | 10 | 29 | 0 | 19 | 10 | 29 | 15 | 9 | 10 |
| 30 | 19 | 0 | 11 | 30 | 0 | 43 | 11 | 30 | 0 | 22 | 11 | 30 | 16 | 38 | 11 |
| 31 | 19 | 12 | 12 | 31 | 0 | 12 | 12 | 31 | 0 | 0 | 12 | 31 | 16 | 47 | 12 |

Declinatietabel van de zon voor Juli t/m Oktober. 1587.

In feite is de breedte berekening erg eenvoudig. In de praktijk werden hiervoor gebruikt de zon, of de poolster. Voor praktische doeleinden zullen we ons hier op de zon richten. Een hemellichaam bereikt zijn hoogste punt op het middag uur. In de praktijk wordt door de stuurman een minuut of twintig voor het precieze middaguur tijdstip de zonhoogte met een sextant gemeten. Vervolgens checkt hij eerst iedere paar minuten, en op het laatste moment iedere seconde, of de zonhoogte nog toeneemt. Op een gegeven moment heeft de zon het *zenit*, het hoogste punt van zijn dagbaan, bereikt. Gedurende enkele seconden verandert de hoogte niet, om vervolgens af te gaan nemen. Deze hoogste stand geeft de *middaghoogte*, het is dan precies twaalf uur aan boord. Stel dat de hoogte van de zon 50° bedraagt, en dat deze gemeten is boven het zuiden. Stel verder dat de declinatie voor dat moment 20° Z bedraagt. De formule voor de breedte is nu:

$$\begin{aligned} \text{Declinatie} &= - 20^\circ && (\text{zuidelijke declinatie is } -, \text{ noordelijke declinatie is } +) \\ 90^\circ - \text{gemeten hoogte} &= - 40^\circ && (\text{dit bedrag is negatief indien gemeten boven het zuiden}) \\ \text{breedte} &= + 20^\circ \text{ N. } \{ - 20 - (-40) \} \end{aligned}$$

Bij deze simpele berekening, die overigens ook in de 16e eeuw aan boord iedere dag werd uitgevoerd, waren er drie zaken die aan een zeker minimum gebonden waren. In de eerste plaats moest het hoogtemeet-instrument goed en nauwkeurig zijn. We komen daar nog op terug. In de tweede plaats diende men nauwkeurige declinatie tabellen te hebben. Tot slot was het ook nodig om correctie tabellen te hebben voor de gemeten zonhoogte. Deze tabellen hadden vooral betrekking op een correctie voor de hoogte waarop de waarnemer zich bevond en de datum. In de praktijk kon men in de 16e eeuw de breedte tot op 1° of 2° nauwkeurig bepalen.

Vermoedelijk dateert het meten van de hoogte boven de horizon van hemellichamen, zoals de zon en de poolster, al van ver voor de geboorte van Christus. Waarschijnlijk was het eerste instrument dat daarvoor gebruikt werd het *quadrant*. een instrument dat een vierde van een cirkel uitmaakte en gemaakt was van hout



Daviskwadrant.

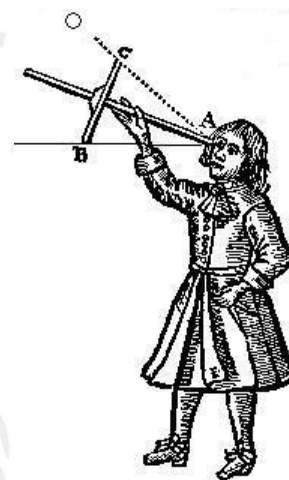
Van met ivoor ingelegd ebben- en perenhout., ca. 1760.

Aan boord van schepen had men tenminste twee of drie man nodig om met dit instrument een hoogte meting te doen. Een hele verbetering was de *astrolabe* – van het Griekse woord voor *ster* en *meten* – vermoedelijk uitgevonden door *Apollonius van Perga*. Het instrument bestond uit een metalen ring met een beweegbare wijzer met aan iedere kant een vizier. Het werd met een ring omhooggehouden, vervolgens werd de wijzer zo ingesteld dat men door beide vizieren het hemellichaam zag. Men kon de hoogte dan aflezen op een schaal op de rand van de metalen ring. De Arabieren slaagden er in het nogal onhandige en zware instrument verplaatsbaar te maken, zodat het vanaf ongeveer 700 na Christus aan boord van schepen gevonden wordt. Het probleem van de astrolabe was het gewicht en de vrij ingewikkelde bediening aan boord van een schip had men drie man nodig om een hoogtemeting tot een goed einde te brengen



< Astrolabe

Jacobsstaf >



Jacobstaf: De gemeten hoek is hoek CAB

De onhandigheid van het instrument veroorzaakte soms grote fouten in de hoogtemeting. Een nieuwe stap was de ontwikkeling van de *Jacobstaf*. Een heel simpel, maar naar verhouding effectief instrument. Deze bestond uit een houten lat van ongeveer een meter lang, met een dwars hout, het zogenaamde *kruishout*, dat naar voren of naar achteren geschoven kon worden. De waarnemer keek van het einde van de stok over het toppunt van het kruishout naar het hemellichaam de plaats van het kruishout op de hoofdlat gaf dan de hoogte van het hemellichaam aan. Door met meer dan een kruishout te werken kon men de nauwkeurigheid van het instrument nog aanzienlijk verbeteren. De schaalverdeling van de Jacobstaf was overigens logaritmisch. Het kruisstuk van twee duim moest, bijvoorbeeld, over een afstand van circa 24 centimeter worden verschoven voor het instellen van drie naar vier graden, dit nam af naar vijf centimeter voor het instelverschil tussen zeven en acht graden.

Tot dan toe hadden alle hoekmeetinstrumenten twee grote problemen. Het eerste was dat direct in de zon gekeken moest worden. Dit had tot gevolg dat een zeer aanzienlijk aantal stuurlieden blind werd na verloop van tijd, vanwege het in de zon kijken. Dit beperkte ook het optimaal gebruik van de kennis van de stuurman. Het tweede punt was dat de correcte hoogte van een hemellichaam gebaseerd moet zijn op de hoogte van het middelpunt van dit hemellichaam. Het verschil tussen het meten van een zonshoogte door het meten van de onderrand of de bovenrand kan een verschil in breedte van zo'n halve graad opleveren. Door het direct kijken in de zon bij de oude instrumenten was er geen enkel idee welk punt van de zon gemeten was.

De eerste echte verbetering was de uitvinding van de *backstaff* door John Davis, een bekende en beroemde Engelse zeeman uit het laatste deel van de 16e eeuw. Het grote voordeel van de *backstaff* was dat men niet meer rechtstreeks in de zon keek, dit voorkwam niet alleen blindheid, maar verhoogde ook de nauwkeurigheid van de meting.

Zoals eerder gezegd waren de twee andere elementen in het bepalen van een zo correct mogelijke breedte het beschikken over de *declinatie* en het hebben van correctie tabellen voor de gemeten hoogte van het hemellichaam. Wie het bepalen van de *declinatie* het eerst heeft uitgevonden weten we niet. Wat we wel weten is dat *Hipparchus*, zo'n driehonderd jaar voor Christus, baanbrekend astronomisch werk verrichte. Hij ontdekte ook de *precessie* van de beweging van de zon en andere hemellichamen, driehonderd jaar later bevestigde *Ptolomeus* de theorieën van Hipparchus. Hij publiceerde ook een catalogus met *declinatie* gegevens. Hoe dan ook, de *declinatie* is al minstens tweeduizend jaar bekend. Voor wat de correctie tabellen voor zonsbovenrand, of zonsbovenrand gemeten hoogte, de datum correctie en de correctie voor standhoogte van de waarnemer betreft, deze kwamen pas na de verbeteringen van Davis aan de orde.

Het bepalen van de lengte

Het bepalen van de breedte, weliswaar met een onnauwkeurigheid tussen 1° en 2°, was voor 17^e eeuwse stuurlieden dus geen probleem. Met het bepalen van de lengte stond het echter heel anders.

De 17e eeuwse zeeman had er geen flauw idee van op welke lengte meridiaan hij zich bevond. Voeg hier nog aan toe, dat er geen uniformiteit was in het aantal zeemijlen per lengtegraad, maar ook niet voor wat betreft de lengte van een zeemijl en het wordt wel duidelijk dat de juiste lengte een gigantisch probleem was. Het zien van land bracht in dit geval ook geen uitkomst want de positie van het land, inclusief de lengte, was met dezelfde gebrekkige technieken "vastgesteld".

Het was dan ook heel normaal dat eerder gesignaleerd land in geen eeuwen werd teruggevonden door andere zeelieden. In zijn boek *The Seaman's Secrets* schreef in 1594 John Davis over de lengte: *"Er zijn nog al wat zeelieden die buitengewoon nieuwsgierig zijn om een manier te vinden om de lengte waarop een schip zich bevindt vast te stellen. Dit vereist echter een zeer diepgaande kennis van de astronomie. Ik geloof niet dat ooit iemand er in zal slagen daarvoor een instrument uit te vinden, daarom laat zeelieden zich in het geheel niet met dit probleem bezighouden, laat hen echter een perfect gegist bestek bijhouden....."*

Gelet op de condities van die tijd had hij groot gelijk, het zou nog tot aan het midden van de 19e eeuw duren voordat de gemiddelde navigator in staat was om zijn lengte met enige nauwkeurigheid te bepalen.

Tal van methodes zijn in de loop der jaren uitgeprobeerd om de juiste lengte te bepalen. Een methode die in de tweede helft van de 16e eeuw in zwang kwam was het gebruik maken van de magnetische variatie. De magnetische Noordpool ligt niet op dezelfde plek als de ware Noordpool. Aangezien een magnetisch kompas naar het magnetische noorden wijst geeft zo'n kompas dus een fout ten opzichte van het ware noorden. Deze

'fout' noemt men de *variatie*. Wie dit verschil ontdekt heeft is niet bekend, maar de ontdekking dateert uit de periode 1100 tot 1300. De variatie is echter geen vast bedrag. Al naar gelang het gebied waar men zich bevindt verandert de variatie. Erger nog, in een bepaalde plaats is de variatie ook niet constant. Deze 'variatie' van de 'variatie' is ontdekt ergens in het midden van de 16e eeuw. Vooraanstaande zeelieden en cartografen, onder meer *Faleiro*, de adviseur van *Magelhaen*, en onze eigen *Petrus Plancius*, leerling en opvolger van Mercator, geloofden heilig dat men met behulp van de variatie de lengte kon bepalen. De discussie over de bruikbaarheid hield zeelieden zeker 200 jaar bezig.

Een andere methode, ontwikkeld in dezelfde tijd, was het gebruik maken van de beweging van de maan om de lengte te bepalen. De maan reist als het ware tussen de sterren aan de hemel door. Door de sterren in kaart te brengen, tezamen met de baan van de maan en het vergelijken van de werkelijke plaats van de maan met de in tabellen uitgewerkte theoretische positie dacht men de lengte te kunnen vaststellen. Beroemde astronomen zoals *Johann Werner* en *Galileo* waren er van overtuigd dat het systeem zou werken. Tal van astronomen hebben vervolgens tabellen en kaarten ontwikkeld. Voor zijn verdiensten om het lengte probleem op te lossen gaf de Nederlandse overheid Galileo zelfs een gouden ketting cadeau. Tot aan de 19e eeuw bleven bepaalde geleerden deze methode beschouwen als de beste oplossing. Voor het gebruik aan boord van schepen was de methode echter te omslachtig en hing teveel af van omstandigheden van weer en schip.

Het lengte probleem was niet alleen lastig en gevaarlijk, men wist immers niet waar men was, het was ook kostbaar. Afgezien van de ongelukken die er door ontstonden leidde het ook tot het zogenaamde *parallel zeilen*. Men kon, zoals eerder vermeld, vrij nauwkeurig de breedte bepalen. Om ergens te komen en om gevaren te omzeilen, volgde men gewoon een bepaalde breedte tot aan een bepaald punt en stuurde dan noord- of zuidwaarts. Dit betekende dat men vaak een omweg van geweldige afstanden maakte.



Bij een deel van de betrokkenen werd het langzamerhand duidelijk dat een definitieve oplossing van het lengte probleem te maken had met het bepalen van het tijdverschil tussen de *prime* meridiaan en de meridiaan waarop men zich bevond. Het ontwikkelen van een apparaat dat zeer nauwkeurig de tijd aangaf gedurende een aantal maanden of jaren op zee zag echter niemand zitten. Baanbrekend werk werd verricht door *Christiaan Huygens*

Christiaan Huygens. (1629 - 1695)

Huygens construeerde een aantal chronometers in de loop der jaren, waarvan er verscheidene uitgetest werden aan boord van zeeschepen. Alhoewel zijn uurwerken als de beste ter wereld, in die tijd, werden beschouwd waren ze toch niet nauwkeurig genoeg. Afgezien hiervan, echter, was er ook nog steeds het onopgeloste probleem van welke meridiaan nu als *prime* of '0' meridiaan moest worden beschouwd. Uiteindelijk zou een tragisch ongeluk op zee de aanleiding worden om het lengte probleem definitief op te lossen. Gedurende een mistige nacht, ergens in 1707, liep een compleet smaldeel van de Engelse marine op de rotsen van de Scilly Eilanden. Ruim 2000 zeelieden verdronken.

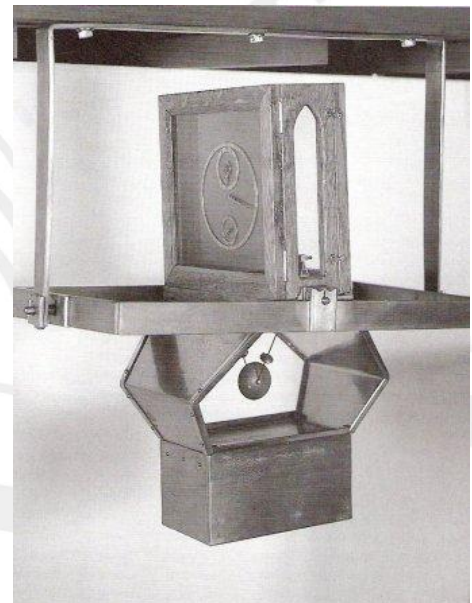
Uit het onderzoek naar de oorzaak bleek dat de schepen zich schromelijk vergist hadden in de lengte waarop ze zich bevonden. Onder druk van Koopvaardij en Marine stichtte het Engelse Parlement in 1714 *The Board of Longitude*. De *Board* werd gemachtigd om een ieder die het lengte probleem op zee oploste een royale beloning te geven. De test was een reis van 6 weken. De ontdekker van een systeem, dat aan het eind van de reis de lengte binnen 60 mijl kon bepalen, kreeg een beloning van £ 10,000; voor een lengte binnen 40 mijl was dit £ 15,000 en bij een nauwkeurigheid van minder dan 30 mijl £ 20,000. Dit soort beloningen stonden gelijk met een fortuin in die tijd.



Zeehorloge >
reconstructie 1935 van een
tijdmetings-instrument van
Christiaan Huygens

(Ned. Hist Scheepvaart-
museum.)

< Scheepstijdmeter
1885



John Harrison was een zoon van een Britse timmerman, geboren in Yorkshire in 1693. Op jonge leeftijd werd hij al gebiologeerd door klokken. Toch duurde het tot 1735 voordat hij zich gereed voelde zijn *chronometer* te presenteren aan *The Board of Longitude*. Niemand was er tot dan toe in geslaagd een van de prijzen te winnen. De Board machtigde een proefreis aan boord van HMS Centurion. Bij terugkomst bleek dat de met behulp van de chronometer gevonden lengte slechts 3 mijl afweek. De Board was perplex. Het probleem was echter dat de klok maar liefst 72 kilo woog en vrij omvangrijk was. De Board verstreekte Harrison een voorschot om meer onderzoek te doen. Harrison verbeterde zijn klokken en keerde terug, zo ging het jaar in jaar uit. Uiteindelijk zette, na zijn dood zijn zoon William, de strijd voort. De klokken werden nog beter en nog kleiner en vooral ook veel goedkoper door grotere producties.

Rond 1800 hadden de meeste schepen een vrij betrouwbare chronometer aan boord. De prijs van *The Board* zou echter nooit toegekend worden. *The Board of Longitude* werd uiteindelijk ontbonden in 1828. Het lengte probleem was opgelost. Dit betekende echter niet, dat al het onderzoek stopgezet werd.

Wat weinig bekend is, bijvoorbeeld, is dat de beroemde reis van *Charles Darwin*, in 1831, met de *HMS Beagle* in feite een wetenschappelijke reis was ten behoeve van het in kaart brengen van grote delen van het gebied van Straat Magelhaan en de west kust van Zuid Amerika. Tevens was de reis bedoeld als testcase voor het gebruik van chronometers aan boord van schepen. Captain Robert Fitzroy had voor dit doel niet minder dan 22 tijdmeters aan boord van zijn schip, 6 hiervan waren zijn persoonlijk eigendom.

Op Gegist Bestek

Wat Captain John Davis in 1594 schreef in zijn boek over *gegist bestek* was gewoon waar. Niettegenstaande alle elektronica aan boord van schepen van vandaag; het gegist bestek speelt nog steeds een belangrijke rol.

In de tijd van Davis en De Ruyter was er echter heel vaak helemaal niets anders. Een gegist bestek overigens, is een positiebepaling die bereikt wordt door van uit de laatst bekende positie, door middel van de gestuurde koersen en afgelegde afstanden, de nieuwe positie te berekenen. Het is dus een positie die bepaald wordt door twee gegiste elementen: *de gerealiseerde koers over de grond* en *de gegiste snelheid van het schip*. De gerealiseerde koers over de bodem wordt bepaald, zoals we eerder gezien hebben, door drie zaken: *de gestuurde koers op het kompas*, *de invloed van stroom* en *de invloed van de wind op het schip*. Het eind resultaat is een resultante van de drie krachten die op het schip worden uitgeoefend. De gegiste snelheid is de resultante van de vaart over de steven en de stroom. Zoals we dus zien in feite zijn alle elementen van het gegist bestek een kwestie van gissen. Natuurlijk probeerde men in de tijd van De Ruyter wel het 'giselement' te verkleinen, maar met de middelen van toen was dat buitengewoon moeilijk.

Een Hollandse vinding, hoe belachelijk simpel het ook moge blijken, was bijvoorbeeld om tijdens het zeilen van de boeg een stukje hout in het water te gooien en te kijken hoeveel tijd het kostte voor het een bepaald punt op het achterschip passeerde. Stel dat het schip 35 meter lang was en het duurde 30 seconden voor dat het houtje het achterschip passeerde, *de snelheid door het water* is dan $2 \times 35 \times 60 = 4200\text{m}$. of 2,3 zeemijl. Zeilende is het bepalen van de stroomsterkte een buitengewoon moeilijke zaak. Dat blijft gissen.

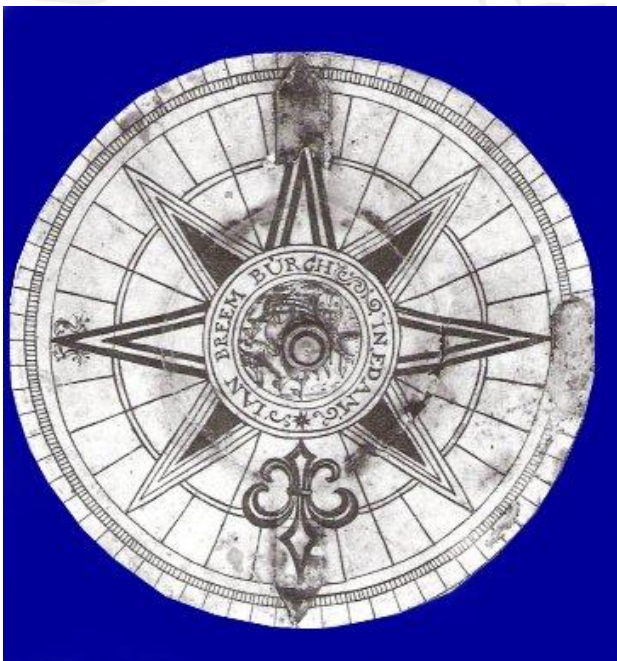
Gemakkelijker is het voor anker liggend. Men kan dan op dezelfde manier als bovenstaand, door middel van het berekenen van de snelheid waarmee drijvende dingen voor bij drijven, er achter komen hoe sterk de stroom op dat moment is, en in welke richting(en!) hij hoelang gaat.

Het Kompas

Het centrale punt in de navigatie van een schip is het *kompas*. Dit instrument schiept de mogelijkheid voor het schip om een correcte koers te volgen. Het kompas is een van de oudste instrumenten voor de navigatie op zee. Hoe oud en waar het vandaan komt weten we niet precies. *Hannibal*, de Carthageense generaal die de Romeinen verraste door met zijn enorme leger over de Alpen te trekken in 218 v. Chr., had in 203 v. Chr. een loods genaamd *Pelorus* aan boord van zijn schip. Dit zou er op kunnen duiden dat er al een kompas aan boord was. Er is weinig houvast om het idee dat het een Chinese uitvinding was, en door Marco Polo naar Italië zou zijn gebracht, te ondersteunen. Dat had dan in de 13e eeuw moeten zijn. Echter zo goed als zeker kenden de Vikingen het kompas al en gebruikten het op hun tochten over de Noord Atlantische Oceaan, dat was in 1100 van onze jaartelling.

De basis voor het kompas is het aardmagnetisch veld. Dit veld heeft twee polen, een noord en een zuid pool. Deze magnetische polen, echter, vallen niet samen met de geografische polen. Ze liggen echter wel in de buurt. Een ander punt is dat de magnetische polen geen 'punten' zijn, maar geografische gebieden die zich over een zeker gebied uitstrekken. De onregelmatigheden worden veroorzaakt door de structuur van de aarde. Zoals we al eerder zagen wijst het kompas altijd naar het magnetische noorden. Het verschil in aanwijzing van het magnetische en ware noorden noemen we de *variatie*.

De betrouwbaarheid van een magnetisch kompas is overigens van vrij recente aard. Het was de Britse geleerde *Sir William Thomson (Lord Kelvin)* die tussen 1870 en 80 er is slaagde om alle vereisten voor een goede kompaswerking te realiseren. Tot dan toe liet de nauwkeurigheid van een kompas zeer veel te wensen over. We komen ook in De Ruyter's journalen de nodige problemen met kompassen tegen. Het basiskompas van De Ruyter was een magnetische naald op een pin in een houten doos, vermoedelijk met een glazen deksel om nat worden bij regen en overkomende zeeën te vermijden. Tegenwoordig heeft de pin een diamand



om slijtage en wrijving tegen te gaan, ook zijn de enkele naald kompassen vervangen door een combinatie van kleine magneten. We hebben nu ook compensatie middelen zoals *Flinderstaaf* en *ijzeren bollen*. Droge kompassen komen trouwens vrijwel niet meer voor en zijn vervangen door vloeistof kompassen. Aan de naald was de *kompaskaart* bevestigd, in De Ruyter's tijd een schijf van hard wit papier of karton waarop een kompasroos was getekend.

Kompasroos

2e helft 17e eeuw

(De naald is door het papier zichtbaar.)

(Coll. Ned.Hist.Scheepv.museum)

Deze roos telde 32 streken. Hoe men aan 32 streken is gekomen is niet bekend, de benaming komt echter vanuit de verre oudheid:

- De profeet *Jeremiah* spreekt van de vier winden van de vier kwarten van de hemel (Jer. 49:36).
- *Aristoteles*, de Griekse wijsgeer, stelde voor een cirkel van twaalf streken.
- *Eratosthenes*, eerste die de omvang van de aarde correct vaststelde, gebruikte acht rond 200 v.Chr.
- *Homerus* noemt in zijn geschriften vier winden: *Boreas*, *Eurus*, *Notus* en *Lephyrus*.
- De *Toren van de Winden* in Athene, gebouwd rond 100 v.Chr., had acht streken.
- De Latijnse windroos, lang de meest gebruikte in de Middellandse Zee, had twaalf streken.

Alhoewel men bekend was met het *variatie-probleem*, veroorzaakt door het verschil tussen magnetische en ware pool, had men nog geen idee van het *duik-effect*. Met dit effect wordt bedoeld het feit dat op het noordelijk halfrond de noordkant van de kompasnaald steeds verder naar beneden duikt. Op het zuidelijk halfrond is er het omgekeerde, hier wijst de noordelijke punt van de naald steeds meer omhoog. Op hogere breedten kan de naald gemakkelijk onder een hoek van 45° staan. Dit soort hellingshoeken beïnvloedde de nauwkeurigheid van het kompas.

De Zeilaanwijzingen

De handboeken voor een stuurman aan boord van een schip zijn de *zeilaanwijzingen*. Dit zijn boeken met alle mogelijke gegevens over weer, navigatie, stromingen, dieptes, de vorm van land en eilanden, bewoners, etc. De eerste van dit soort boeken verscheen al in de 6e eeuw v. Chr. en ging grotendeels over de Middellandse Zee. Een heel bekend exemplaar was het boek van de Griek *Pytheas*, *'Havens rond de Wereld'*, geschreven na zijn epische tocht in 400 v.Chr. Daarna viel het lange tijd stil tot dat de Portugese en Spaanse ontdekkingsreizen begonnen. Alhoewel de journalen van dit soort reizen vaak gepubliceerd werden bleven de specifieke nautische gegevens geheim. Zij werden bewaard in de *derroteros* en de *rutters* van de Spaanse,

Portugese en Engelse loodsen en navigators. Pas in 1584 veranderde het. In dat jaar publiceerde de Hollandse opperloods *Lucas Jansz. Waghenaer* een compleet boek met de uitgangspunten van de navigatie, correctie tafels, kaarten en zeilaanwijzingen voor het deel van de wereld waarmee hij bekend was.

In *Spiegel der Zeevaerdt* geeft Waghenaer een compleet overzicht van alle nautische gegevens betreffende de Lage Landen, de Noordzee en de Baltische Zee.



Lucas Jansz

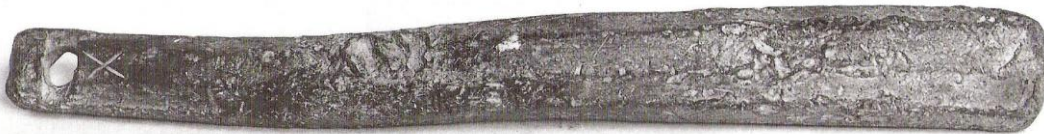
Waghenaer's Spiegel der Zeevaerdt

Al snel werden zijn boeken *Waggoners* genoemd en werden verkocht als bestsellers. In de komende dertig jaar werden er vierentwintig edities van het boek uit-gegeven in het Hollands, Duits, Latijn, en Engels. Andere auteurs volgden Waghenaers voorbeeld en publiceerden hun *Waggoners* over andere gebieden.

De Spanjaarden, volgden de omgekeerde weg. Zij hielden hun *Waggoners* strikt geheim. Ze mochten niet gepubliceerd of gekopieerd worden. De nautische gegevens over de Spaanse gebieden waren dan ook buitengewoon schaars. Door een toeval veranderde dit. In 1681 vond de Engelse piraat *Bartholomew Sharp*, aan boord van een Spaans schip, dat hij kaapte in de buurt van Guayaquil, Ecuador, een Spaanse *Waggoner*. De Spaanse bemanning probeerde het boekwerk nog overboord te gooien maar Sharp voorkwam dat op het nippertje. Hij schreef in zijn journaal: "*De Spanjaarden hielden toen ik het Boek te pakken kreeg. Vaarwel Stille (Spaanse) Zuidzee*".

Het lood

Voor de 17^e eeuwse zeeman waren drie 'instrumenten' essentieel: het kompas, de zeekaart en het lood. Over de eerste twee hebben we het in het voorgaande uitgebreid gehad, rest nu nog het lood.



Lood. (ca 4 kilo) 1743 uit het wrak van het VOC-schip "Hollandia" (Ned. Hist. Scheepv. Museum.)

Het lood, of handlood, was (eigenlijk "is", want het bestaat nog steeds) een taps toelopend stuk lood van ongeveer twee kilo met onder in een holte waarin men schapenvet stopte. Aan het lood zat een loodlijn met merktekens die de diepte aangaven. Zodra het lood de bodem raakte, stond de loodlijn niet meer strak en kon men de diepte aflezen. Als men vervolgens het lood omhoog haalde kon men aan de grond of het zand dat



aan het schapenvet was blijven kleven zien over wat voor bodem men voer. Ervaren bootslieden hadden de neiging om er ook aan te ruiken, de geur van de bodem gaf ook aan wat voor bodem het was.

Aangezien de snelheid van het schip, en van de stroom de loodlijn wel eens "uit het lood" (dus niet verticaal) liet staan, vereiste het een grote ervaring van de loodsman om, door het lood vooruit te werpen, en de bodem te "voelen" wanneer de lijn verticaal stond, de juiste diepte te bepalen.