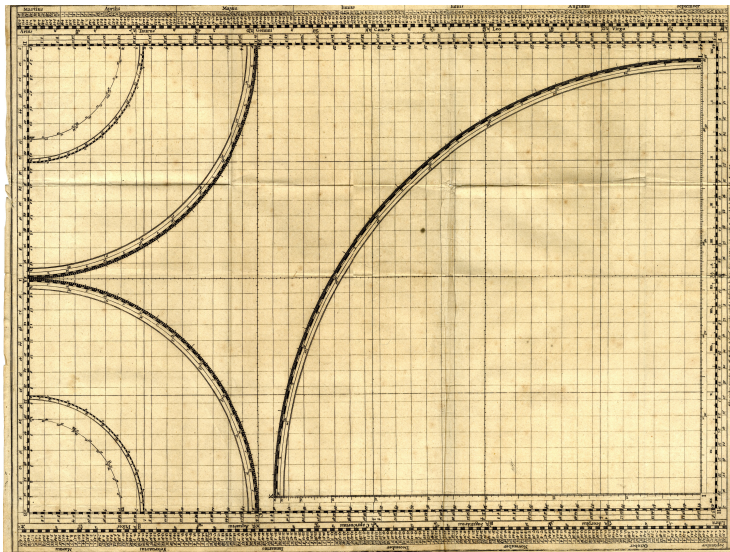


De ruitkaart

Wiskunde achter zeventiende-eeuwse
zeevaartkunde

Jasmijn den Hollander, 2469537

Een bachelorscriptie



Departement Wiskunde
Universiteit Utrecht
Steven Wepster
21-06-2024

Inhoudsopgave

1	Inleiding	2
2	Ontwerp van en informatie op de ruitkaart	3
2.1	De Graafs ruitkaart	3
2.2	Ruëlles ruitkaart	6
2.3	Anhaltins ruitkaart	6
2.4	Struicks ruitkaart	8
3	Gebruik van de ruitkaart	12
3.1	Vlakke driehoeksmeting	13
3.2	Stroomkaveling	14
3.3	Corrigeren voor de bolling van de aarde	15
3.4	Astronomische vraagstukken	17
3.4.1	Werken met de dierenriem	18
3.4.2	Het bepalen van de tijd	20
3.5	Gebruiksgemak	21
4	Precisie	22
4.1	Praktische gebreken van de ruitkaart	22
4.2	Berekenen in plaats van uittekenen	24
5	Conclusie	26
6	Appendices	27
.1	Begrippenlijst	27

1 Inleiding

De zeevaart in de zeventiende en achttiende eeuw in Nederland is een veelbestudeerd onderwerp. Iedere Nederlander is bekend met de Verenigde Oost-Indische Compagnie, de lange tochten die destijds gevaren werden en met de winst die de Nederlanders opstrekten uit onder andere de specerijenhandel. Ook over de technieken en kennisvergaring die voorafgingen aan deze relatieve successen zijn door de jaren heen veel boeken geschreven. Voor een vruchtbare zeevaart is er namelijk veel kennis nodig over het achterhalen van de plaats van een schip op open zee, en over het vinden van een zo kort mogelijke route naar de plaats van bestemming. Deze wetenschap heet de zeevaartkunde, en één van de takken in deze wetenschap is de driehoeksmeting. Destijds kon men hier onder andere een pleinschaal, proportionaalpasser of gunterschaal voor gebruiken [3, p. 117]. Een veel minder bekend instrument is de ruitkaart, die voor hetzelfde doel is gemaakt.

De ruitkaart is uitgevonden door Pieter Ruëlle, die onderstuurman was in dienst van de Republiek van Venetië. In 1651 publiceerde hij er een boekje over, dat later verschillende keren werd herdrukt [7]. In 1658 schreef vermaard wiskundige Abraham de Graaf zijn *Seven Boecken van de Grootte Zeevaart*, waarmee hij een werk toevoegde aan het rijtje belangrijke navigatieboeken uit de zeventiende eeuw [8, p. 194]. Van zijn hand is ook *Beschrijvinge van de nieuwe ruyt-caert* uit 1657 [5], waarin de ruitkaart uitvoerig beschreven wordt. Toch is het onduidelijk welke impact het instrument gemaakt heeft. Volgens Ernst Crone [7, p. 194] was de ruitkaart omtrent 1700 hét hulpmiddel bij koers- en verheidsrekening. Volgens Cornelis Douwes, examinerator bij de Admiraliteit van Amsterdam en van grote betekenis voor de zeevaartkunde [6], was de ruitkaart een prullekraam en kon door middel van tabellen veel meer over koersen en verheden geleerd worden [2, p. XV]. We kunnen niet terug in de tijd kijken en ontdekken wie er gelijk had, maar we kunnen wel zelf een blik werpen op de ruitkaart. We zullen ons daarom buigen over de volgende vragen: Wat is een ruitkaart? Wat voor problemen kan je met een ruitkaart oplossen? En is het een doeltreffend instrument of niet?

In de scriptie die u voor zich heeft zal ik een studie maken van de Nederlandse ruitkaart. In hoofdstuk twee zal ik de ruitkaarten die ik heb kunnen traceren beschrijven en met elkaar vergelijken. Hierbij wil ik Marco van Egmond bedanken voor het mij doen toekomen van een kopie van de ruitkaart uit de collectie van de Utrechtse universiteitsbibliotheek, en Gwen Lemmers van het Maritiem Museum te Rotterdam voor het mij laten inzien van twee andere ruitkaarten uit de museumcollectie. Graag bedank ik ook Rob van Gent voor het aandragen van het onderwerp. In hoofdstuk drie zal ik het gebruik van de kaart bespreken. Daarvoor is het belangrijk enkele zeevaartkundige begrippen te kennen, die in de appendix worden opgesomd en uitgelegd. In hoofdstuk vier staan we stil bij de nauwkeurigheid van de antwoorden die de ruitkaart voortbrengt, en concluderen we wat de reden is dat de ruitkaart in de vergetelheid is geraakt.

2 Ontwerp van en informatie op de ruitkaart

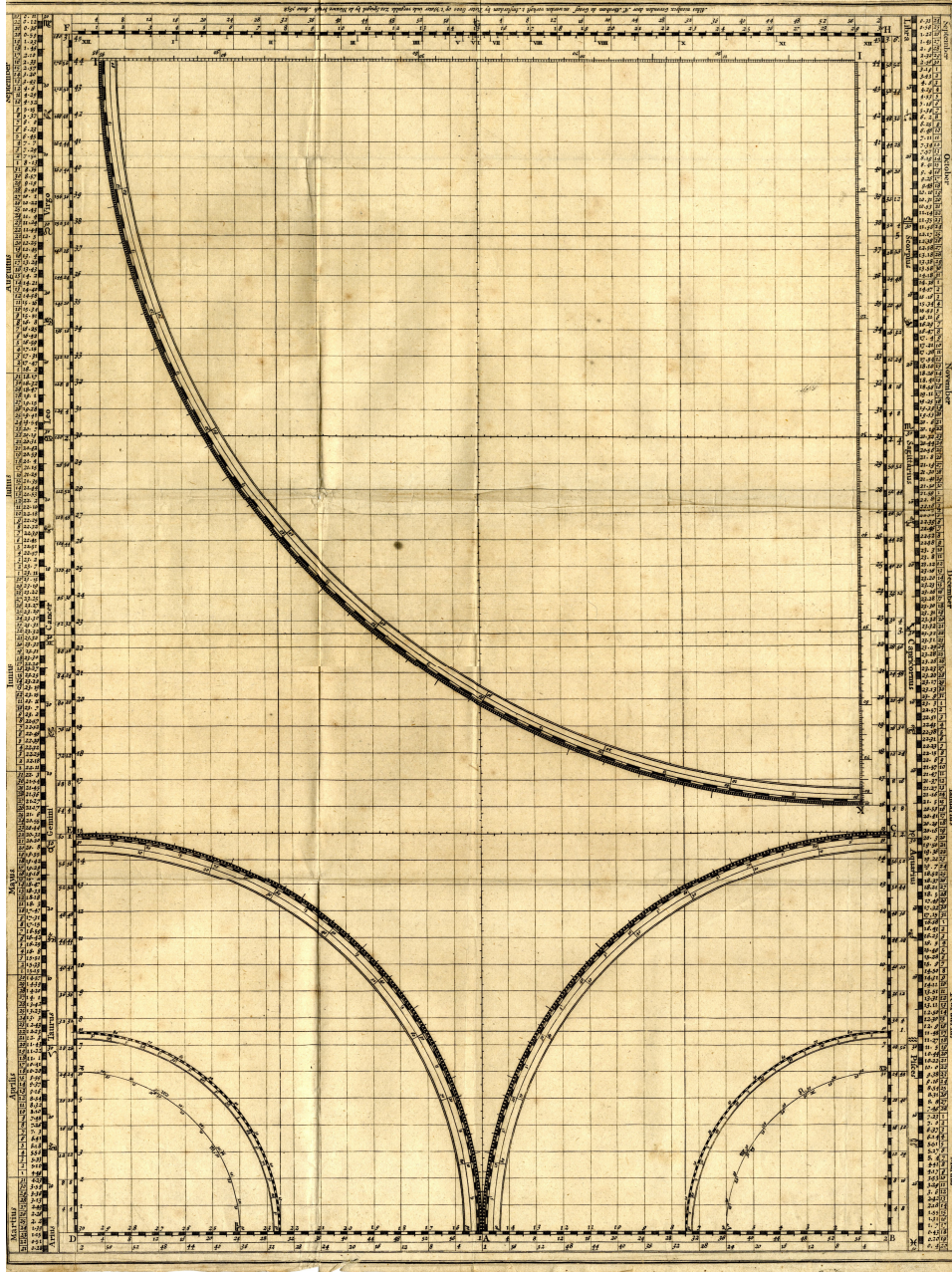
2.1 De Graafs ruitkaart

In deze paragraaf zal ik uitleggen wat een ruitkaart is, welke informatie erop aanwezig is en welke varianten er bestaan. We beginnen met een beschrijving van de ruitkaart zoals deze te vinden is in *Beschrijvinge van de nieuwe ruyt-caert* door Abraham de Graaf, 1657[5], een boek dat een uitgebreide versie is van *Voor-looper des zee-quadrants ofte Ruyt-caert* door Pieter Ruëlle, 1651[11]. In *Beschrijvinge van de nieuwe ruyt-caert* is geen exemplaar meer aanwezig. Om deze reden gebruiken we een ruitkaart die ook van De Graafs hand is en een jaar later is uitgebracht. Deze is te zien in figuur 1. Figuur 3 geeft een gestileerde versie weer, waar de punten en bogen duidelijk op zichtbaar zijn. Ik zal een gedetailleerde beschrijving geven van deze kaart, en de rest van de scriptie aan deze kaart wijden. Daarna zal ik drie andere ruitkaarten beschrijven.

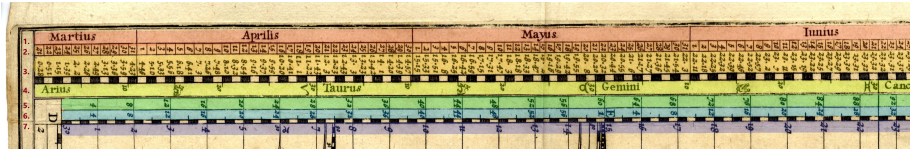
De ruitkaart van De Graaf bestaat uit een raster van 35 bij 53 centimeter dat een groot rechthoek verdeelt in 30 bij 45 ruiten. De zijden van deze ruiten geven afstand weer: de lengte of breedte van een ruit staat gelijk aan één Duitse zeemijl. Over het raster zijn zeven kwarten van cirkels afgebeeld. Vijf daarvan lopen van nul tot negentig graden. De twee andere geven samen de dierenriem weer. Dit zijn tevens de kleinste bogen. De twee gradenbogen die hier qua grootte op volgen beginnen beide in punt A en eindigen in de punten E en C . Zie ter verduidelijking van de punten figuur 3. De grootste boog loopt van K tot L en bestrijkt meer dan de helft van de ruitkaart. Op boog AE , AC en KL staan zeven lange streepjes, die de bogen opdelen in acht stukken van ieder $11\frac{1}{4}$ graad. Deze staan symbool voor de acht kompasrichtingen per kwadrant. Vanaf linksboven beginnend worden de hoekpunten van het ruitgedeelte van de ruitkaart punt D , F , H en B genoemd. DF en BH zijn de noord- en respectievelijk de zuidoriëntatie en DB en FH representeren het westen en het oosten.

We zullen nu ingaan op de stroken informatie rondom het raster. Om de tekst te verduidelijken, heb ik nummering en kleurstroken op de ruitkaart van De Graaf aangebracht, zoals te zien in figuur 2. De informatie die in deze figuur zichtbaar is, staat aan beide zijden van de ruitkaart genoteerd. We zullen de in deze figuur weergegeven zijde zien als het noorden en deze zijde bespreken. In de eerste en bovenste strook, rood gemarkeerd, zijn de maanden van het jaar te vinden, met daaronder in de tweede strook het aantal dagen in die betreffende maand. In de derde, gele strook is de declinatie van de zon te vinden op de dag waar deze waarde onder staat weergegeven. Over de declinatie van de zon is in de begrippenlijst meer te lezen. De vierde strook bestaat uit de twaalf sterrenbeelden, genoteerd onder de dagen die onder het sterrenbeeld vallen. Strook vijf tot zeven bespreken we in omgekeerde volgorde.

Strook zeven, de onderste strook die tevens waarneembaar is in verticale richting, is een nummering die oploopt van 1 tot 45 (en in verticale richting van 1 tot



Figuur 1: De ruitkaart uitgegeven door A. de Graaf in 1658. Bron: [5]

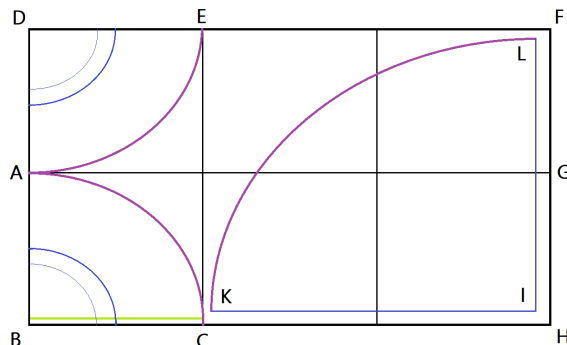


Figuur 2: Bovenste strook ruitkaart met nummering stroken aan de linkerkant.

30). Deze strook wordt gebruikt om het aantal Duitse zeemijlen in desgewenste richting af te kunnen lezen. Volgens deze ruitkaart is vijftien Duitse zeemijl overal gelijk aan één graad. In strook zes worden deze graden opgesplitst in 60 minuten. Iedere ruit is dus gelijk aan 4 minuten. Als de 60 na vijftien ruiten is bereikt, wordt er in deze strook weer begonnen bij 0. In het volgende hoofdstuk staan we langer stil bij de afstanden van graden en mijlen op de aardbol en op de ruitkaart. Aan de verticale zijden is deze strook dubbel waarneembaar aan zijde BD , in beide richtingen, en enkel waarneembaar aan zijde FH . De derde strook is simpelweg de minuten bij elkaar opgeteld en eindigt bij punt F met 180. Aan zijde BH is deze strook met twee vermenigvuldigd. Deze strook bestaat dus uit 6 graden, en iedere ruit uit 8 minuten. Deze strook wordt gebruikt als er met dusdanig grote afstanden wordt gewerkt, dat de derde strook aan zijde DF niet genoeg waarden geeft. Aan zijden KI en IL staat een sinus- en een tangensstrook weergegeven. Hier zal ik in hoofdstuk vier op terugkomen.

Ten slotte is er nog een laatste strook informatie die slechts op zijde FH te vinden is. Dit is het “scala der uren”, oftewel de urenschaal. De urenschaal loopt van twaalf uur tot twaalf uur, in Romeinse cijfers weergegeven, en loopt daarmee van het middelpunt van de nacht tot het middelpunt van de dag. Met deze schaal is het makkelijk het uur van de dag af te lezen als bekend is hoeveel graden de zon zich heeft verplaatst ten opzichte van zijn positie het hoogst aan de hemel tijdens het middaguur. Dit werkt alleen als de zonnetijd wordt gebruikt. Zie voor meer informatie over deze manier van tijdsbegrip de begrip-lijst bij begrip “zonnetijd”, en voor een voorbeeld waarbij de urenschaal wordt gebruikt paragraaf 3.4.2.

In de voorgaande alinea’s is beschreven hoe een ruitkaart er uitzag op het moment dat scheepslieden deze uit een boek haalden voor gebruik. Deze was op dit moment nog niet gebruiksklaar. Het was de bedoeling dat men de kaart zelf in gereedheid bracht. Dit is te lezen op de eerste pagina’s van De Graafs *Beschrijvinghe*, waarin hij beschrijft hoe men drie touwtjes aan de kaart moest bevestigen, beginnend in de hoeken B , D en H . Aan deze touwtjes moesten twee knoopjes of kraaltjes geresen worden, die over de draad konden verschuiven. Ook moest de kaart worden vastgemaakt aan een houten bord, zodat deze stevig was. Het was overigens ook relatief simpel om zelf een ruitkaart te maken, aldus Davids in *Zeewezen en wetenschap*. Hier waren boekjes voor te koop die de procedure stapsgewijs uitlegden [3, p. 336]. De touwtjes met



Figuur 3: Gestileerde versie van De Graafs en Ruëlles ruitkaart

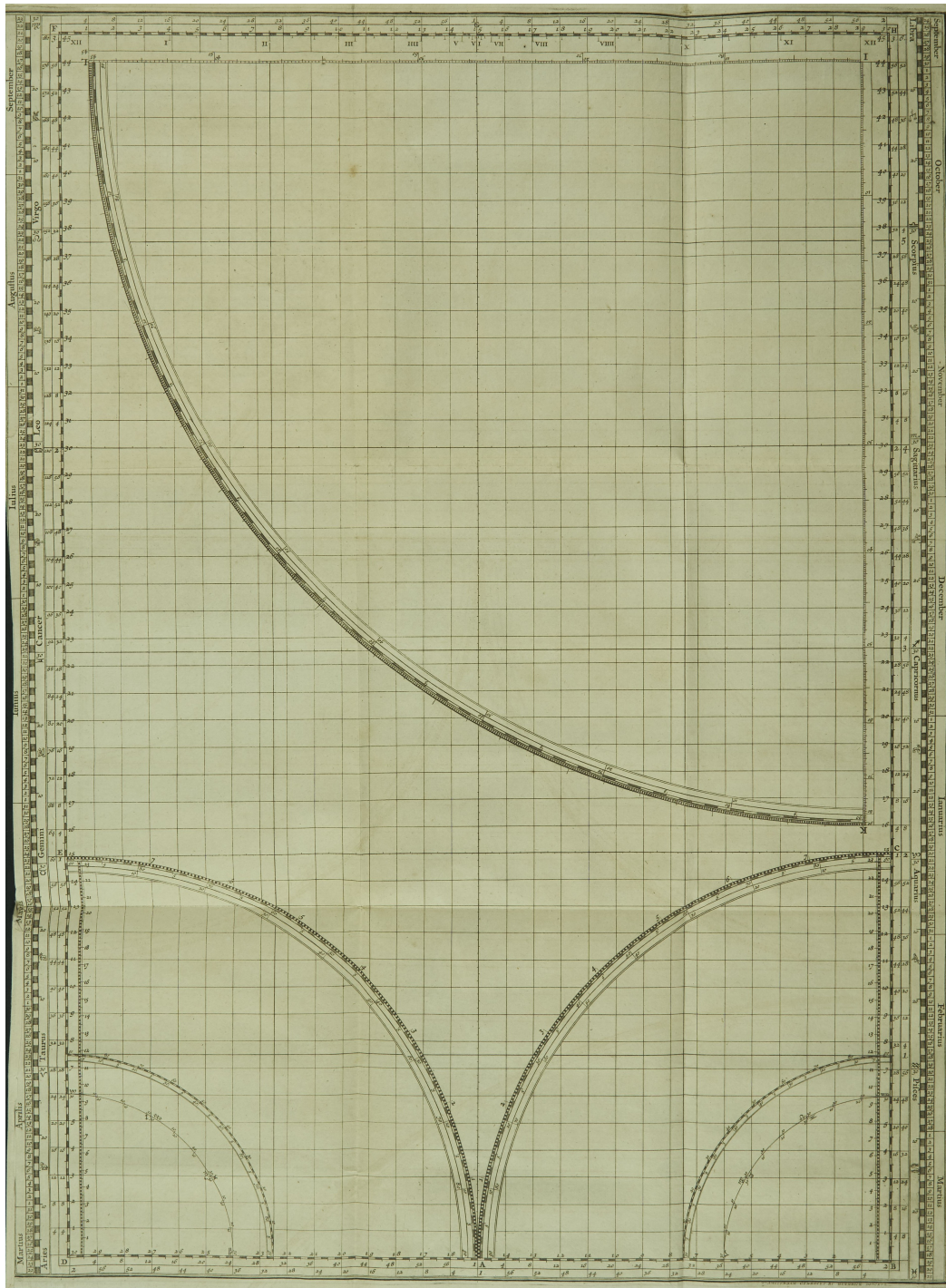
hun knoopjes maakten het makkelijk een te varen koers na te bootsen. De plek waar het knoopje op de kaart kwam te liggen gaf de afstand die gevaren was aan. In hoofdstuk drie zullen we met de ruitkaart gaan werken en voorbeelden bespreken die de werking van deze touwtjes en knoopjes verduidelijken.

2.2 Ruëlles ruitkaart

We hebben tot nu toe slechts over een enkele ruitkaart gelezen. In mijn zoektocht ben ik er echter meerdere tegengekomen. Ik zal kort bij deze exemplaren stilstaan. De ruitkaart uit de vorige paragraaf is nagenoeg identiek aan het exemplaar dat te vinden is in *Le Flambeau Reluisant* van P. Ruëlle in 1667[12]. Zie hiervoor ook figuur 4. Beide zijn dit kaarten met een onderliggend ruitenpatroon, waarbovenop bogen zijn geplaatst. De informatie in de omliggende randen komen overeen, op één onderdeel na. Op de kaart van De Graaf is de declinatie van de zon per dag weergegeven aan de zijkanten van de kaart, waar Ruëlles exemplaar dit niet heeft. Laatstgenoemde doet dit namelijk op een andere manier, door een declinatieschaal toe te voegen tussen B en C . In figuur 3 is deze te zien als de groene lijn. Deze schaal is lineair en loopt van 0° tot $23^\circ 32'$. Tussen 21 maart, het lentepunt waarbij de declinatie van de zon 0 graden is, en 21 juni, het moment waarop de declinatie het grootst is, zitten ongeveer 90 dagen. Door voor elke dag een graad te nemen op AC en dan loodrecht op BC een waarde van de declinatieschaal af te lezen, kan ook de declinatie worden bepaald. Dit is mogelijk voor ieder kwartaal. Beide ruitkaarten geven dus dezelfde informatie weer, al verschillen de manieren waarop dat gebeurt van elkaar.

2.3 Anhaltins ruitkaart

Van een ander slag zijn de ruitkaarten van Christiaan Martini Anhaltin in *Oprechte en Waerachtige Ruytkaart Van de Grootte Zeevaart* uit 1659[4] en die van Antoni Struick in zijn *Verhandeling over de Zeevaartkunde* uit 1768[1]. Deze kaarten zijn te vinden in figuur 5 en figuur 6 respectievelijk. Op deze kaarten



Figuur 4: Ruël's ruitkaart uit 1667 met declinatieschaal. Bron: [12]

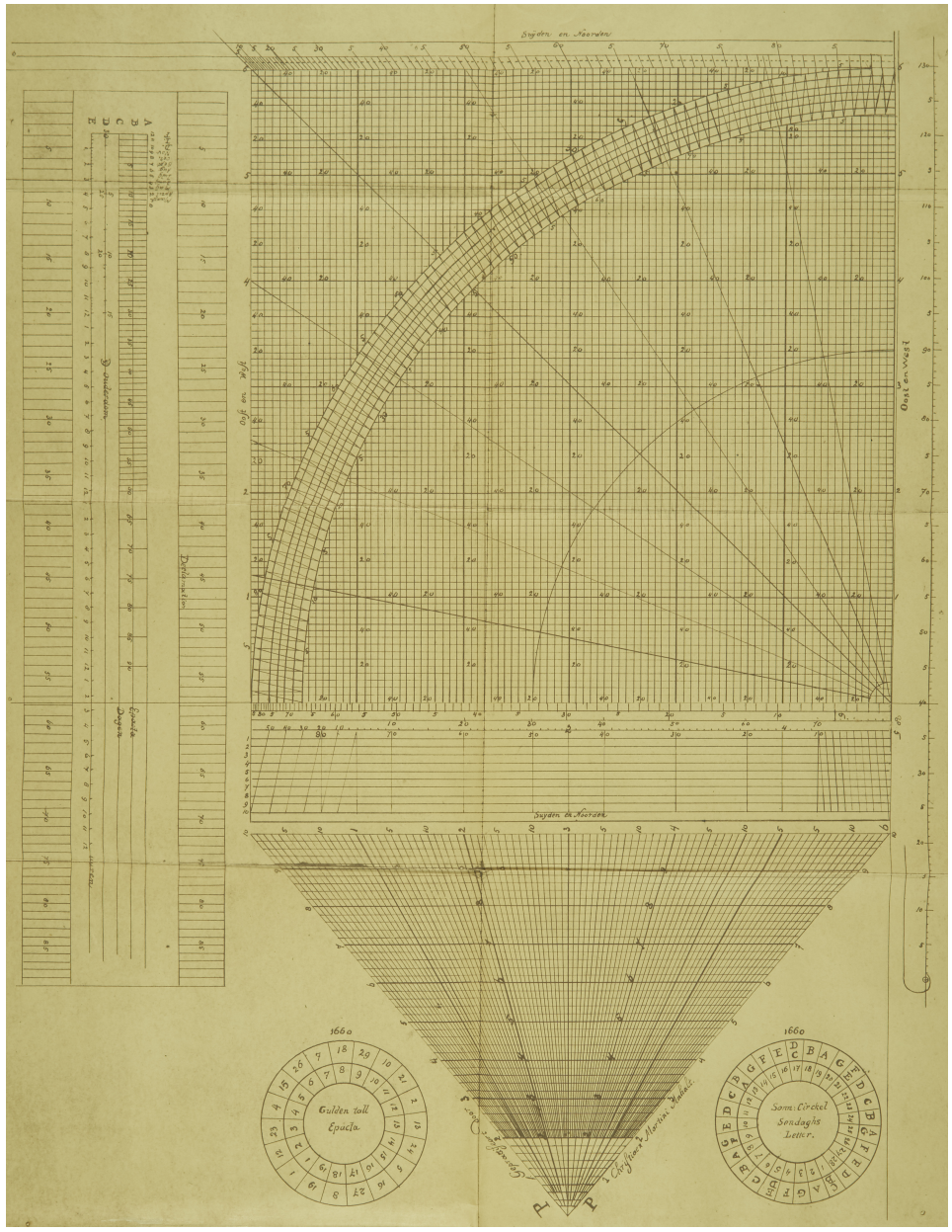
staan slechts vanuit één hoek kwartbogen afgebeeld, in plaats van vanuit drie. De declinatie van de zon, de maanden, sterrenbeelden en dagen staan niet meer vermeld en de ruiten zijn vele malen kleiner geworden. Maar de kaarten van Anhaltin en Struick verschillen behalve van de eerder besproken ruitkaarten ook veel van elkaar. Informatie is anders gepositioneerd, en Anhaltins editie geeft extra informatie. We gaan eerst in op Anhaltins ruitkaart en zullen daarna die van Struick bespreken.

Het grootste deel van de ruitkaart van Anhaltin bestaat uit een ruitennetwerk van 90 bij 90 ruiten met daarop twee kwarten van cirkels, hun middelpunt in dezelfde hoek. De eerste kwart cirkel is enkel een lijn, maar in de tweede boog zijn transversalen weergegeven. Met transversalen is het mogelijk om waardes tussen hele graden te interpoleren. De ruiten op Anhaltins ruitkaart staan voor vier mijlen. Dit is te zien op de kaart omdat na vijf ruiten een 20 staat weergegeven, vijf ruiten later gevolgd door een 40. Vijf ruiten later is een dikkere lijn zichtbaar en vijf ruiten later staat weer een 20 geschreven. Er wordt na 60 mijlen weer opnieuw begonnen met tellen, wat betekent dat deze ruitkaart niet met Duitse zeemijlen werkt maar met gewone zeemijlen, waarvan er 60 in een graad gaan. Aan twee kanten van dit netwerk staat “Oost en West”, aan de twee andere zijden “Zuiden en Noorden”. Naast de aanduiding van de oriëntatie van de kaart is er bij de “Zuiden en Noorden”-zijde aan de ene kant, net als bij de andere ruitkaart, een sinusstrook weergegeven. Een tangensstrook is niet aanwezig. De streken zijn weergegeven met donkere lijnen en kunnen duidelijk gevolgd worden.

Naast de zojuist besproken onderdelen is er meer informatie te vinden op het uitgevouwen blad van Anhaltin. Op de vierde ruitkaart is soortgelijke informatie niet weergegeven, mede omdat deze informatie niet relevant is voor navigeren op zee. Naast het ruitennetwerk zijn een lange strook met eenheden en twee cirkels te vinden. In de cirkels staat “Gulden tall, Epacta” en “Sonn: Circkel, Sondaghs Letter.”. Het lijkt dat in de eerste cirkel de Gregoriaanse epacta staat weergegeven. In de tweede cirkel is inderdaad de zondagsletter te vinden. De lange strook hangt samen met de epactacirkel. De ouderdom van de maan staat vermeld, samen met de twaalf maanden. Al deze informatie lijkt dus te zijn vermeld voor kalenderrekening. Daarnaast heeft het ook decoratieve waarde. Ik zal niet verder ingaan op deze delen van de ruitkaart. Het is daarom niet nodig te weten wat de epacta en de zondagsletter zijn.

2.4 Struicks ruitkaart

De kalendergegevens die we zojuist besproken hebben, zijn op de laatste ruitkaart, gemaakt door Antoni Struick in 1768[1], niet terug te vinden. Deze kaart is te vinden in figuur 6. De jongste ruitkaart van het stel is soberder van ontwerp: er zijn hier geen tierlantijnen te vinden zoals epacta of dierenriemen. Ook de declinaties zijn achterwege gelaten. Het stuk van deze kaart met een ruitennetwerk erop komt redelijk overeen met dat van Anhaltin. Ook hier zijn

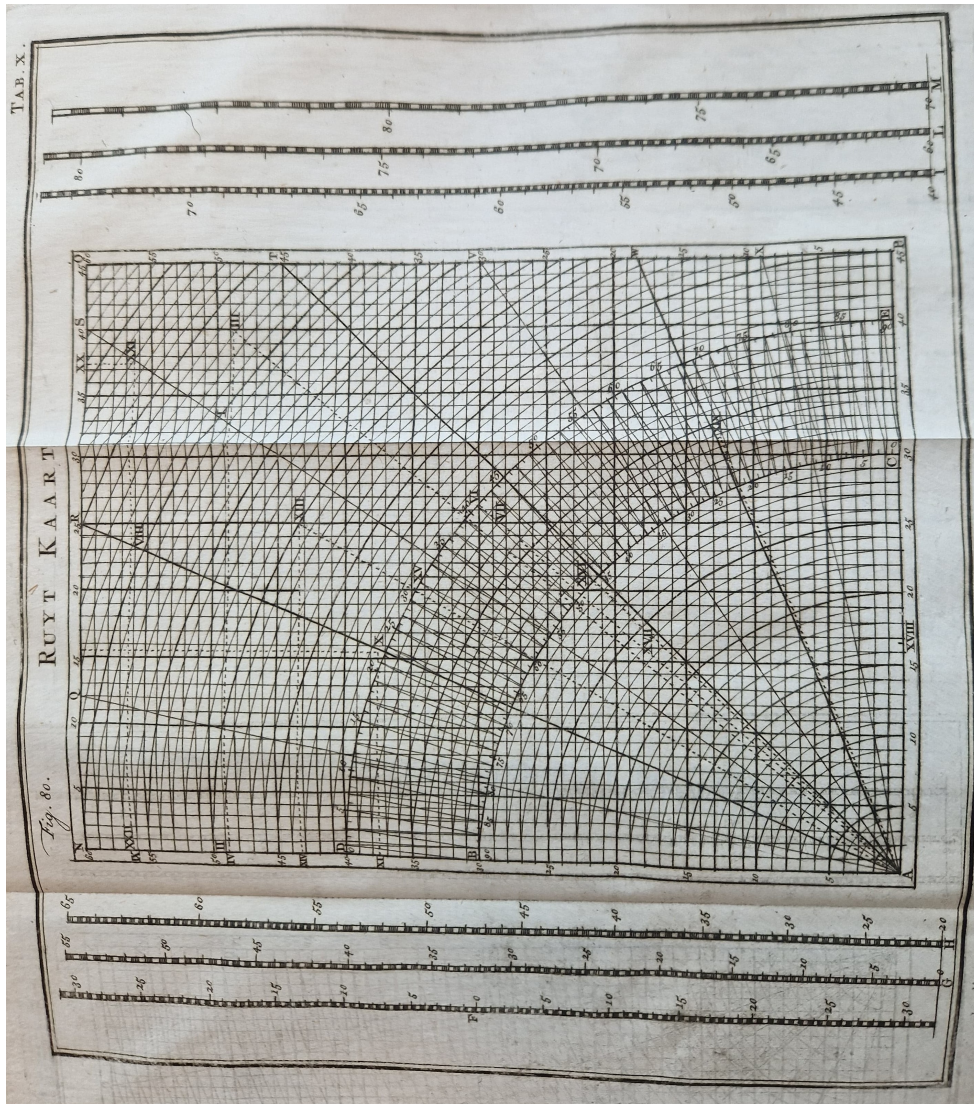


Figuur 5: De ruitkaart van Anhaltin uit 1659. Bron: [1]

vanuit één hoek de streken uitgezet en zijn er transversalen afgebeeld die voor decimale precisie kunnen zorgen. Wat echter nadelig is aan deze kaart is dat er maar liefst 60 cirkelbogen zijn getekend, waardoor het lastig is overzicht te houden. De ruitkaart bestaat uit 60 bij 45 ruiten. In het boek vertelt Struick dat de linkerzijde van de kaart de noordstreek is, en de onderzijde de ooststreek.[1, p. 461] De kaart heeft dus een oriëntatie. Naast de reeds besproken lijnen staan er op deze kaart ook ogenschijnlijk willekeurige stippellijnen. Op snijpunten van deze lijnen staan Romeinse cijfers weergegeven. Deze lijnen en punten dienen als hulp bij voorbeelden die in Struicks *Verhandeling over de zeevaartkunde* besproken worden, zoals te lezen in het vierde hoofdstuk: *Van het Oplossen der Gevallen, die zich in de Vaart opdoen, door middel van de Ruitkaart.*

Links en rechts van het ruitennetwerk bevinden zich in totaal zes dunne stroken, die samen van ongeveer -30 tot 85 lopen. De stapgrootte neemt steeds verder toe: het lijkt daarom dat deze stroken samen de vergrotende breedte laten zien. De vergrotende breedte is de toenemende afstand tussen parallellen op een wassende kaart. In hoofdstuk drie wordt uitgelegd wat een wassende kaart is en hoe de ruitkaart hier verband mee houdt. Voor nu is het afdoende om te weten dat men op deze stroken de vergrotende breedte horend bij een breedtegraad vond door met een passer met één been op de breedtegraad in kwestie te gaan staan, en met het andere in het eerstvolgende. De afstand tussen de benen van de passer gaf nu de vergrotende breedte horend bij deze breedtegraad weer. Deze is het kleinst bij de nul graden, en zou oneindig groot zijn bij de negentig graden. Struick laat de strook wijselijk ophouden bij $83\frac{2}{3}$ graad.

Zoals aan het begin van dit hoofdstuk vermeld, zal de rest van deze scriptie slechts de ruitkaart van De Graaf uit 1658 bespreken. Destijds legde men zijde DB onderaan bij gebruik van de kaart. Dit is de korte zijde aan de kant van de kleine bogen. Alle getallen en letters staan ook zo weergegeven dat deze bij gebruik van deze oriëntatie rechtop staan. Mijn voorkeur gaat echter uit naar het nemen van zijde *BH* als onderkant van de kaart, de lange zijde met hier aan vast kleine cirkelboog *AC* en grote cirkelboog *LK*. Dit is dan ook hoe de kaart in de rest van deze scriptie besproken zal worden.



Figuur 6: De ruitkaart van Struick uit 1768. Bron: [4]

3 Gebruik van de ruitkaart

De mogelijkheden die het gebruiken van de ruitkaart in de zeventiende en achttiende eeuw biedt, verdeel ik in drie categorieën. Een eerste doeleinde was het te weten komen van de veranderde breedte of lengte in mijlen of graden als er een afstand afgelegd was, waarbij men de koers en afgelegde afstand wist. Op de ruitkaart kon een koers worden uitgezet, zodat vervolgens op de horizontale en verticale zijden de breedte- en lengteverschillen af te lezen waren. De bekende en onbekende waarden van dit geval konden ook worden omgedraaid: dan was men op zoek naar de gevaren koers en afstand, daarbij wetende de veranderde breedte en lengte. Een tweede doeleinde was het gebruik bij de stroomkaveling. Dit is het in rekening brengen van kracht en richting van de stroom bij het bepalen van koers en vaart van een schip. Hiervoor moest de stroomkoers bekend zijn. Dit was in realiteit niet het geval, maar door middel van gissing kon men hier een benadering van vinden. Een derde doeleinde was het oplossen van astronomische vraagstukken, die in de zeevaart veelvuldig voorkwamen. Hier ging het om het vinden van de declinatie van de zon, of de graad van de zon in de ecliptica, of de amplitude van de zon, of om erachter te komen hoe hoog de zon zou staan op een bepaalde tijd of om te tijd te weten te komen. Bij al deze gevallen worden er goniometrische berekeningen gedaan. In dit hoofdstuk zullen we deze doeleindes één voor één verder uitwerken en van voorbeelden voorzien. De voorbeelden zijn afkomstig van De Graafs *Beschrijvinge van de nieuwe ruyt-caert*.

De ruitkaart kon zowel bij een gelijkgradige paskaart als een wassende kaart worden ingezet. Als we een gelijkgradige paskaart gebruiken, gaan we uit van de aarde als een plat vlak. Breedte- en lengtegraden fungeren als carthesische coördinaten en hebben overal dezelfde afstand van elkaar. Op de wassende kaart projecteren we de aarde op een plat vlak. Een andere benaming voor deze projectie is de mercatorprojectie. De afstanden tussen breedtegraden nemen toe, naarmate we verder naar de polen bewegen. De afstanden tussen de lengtegraden blijven gelijk. Hierdoor zijn de ruiten die ontstaan door de parallellen en meridianen bij de evenaar vierkant en worden deze verder naar noord of zuid steeds langwerpiger. Het nadeel van deze projectie van de wereld op een plat vlak is dat oppervlaktes dicht bij de polen uitgerekend worden, waardoor deze groter lijken dan ze zijn. Het grote voordeel is dat de wassende kaart hoekgetrouw is en dat gevaren koersen als rechte lijnen kunnen worden genomen [13, hoofdstuk 4]. Dit was in de zeevaart essentieel. In paragraaf 3.1 en 3.2 zullen we de eerste twee doeleinden van de ruitkaart bespreken, uitgewerkt op de gelijkgradige paskaart. Paragraaf 3.3 zal opnieuw ingaan op deze twee doeleinden, maar zal laten zien hoe de ruitkaart in kan worden gezet om te corrigeren voor de bolling van de aarde. In paragraaf 5.4 zal het derde doeleinde van de ruitkaart aan bod komen. De laatste paragraaf zal het gebruiksgemak van dit instrument evalueren.

3.1 Vlakke driehoeksmeting

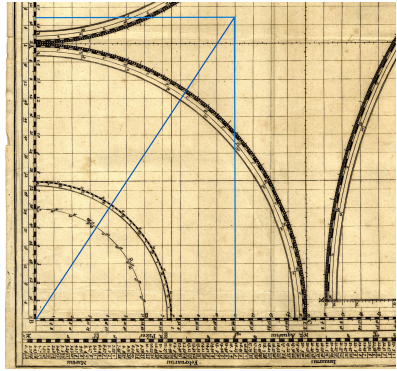
In deze paragraaf zullen we stilstaan bij de eerste mogelijkheid die de ruitkaart biedt: het ontdekken van de veranderde breedte en lengte van een schip, wetende welke koers deze gevaren heeft en de gevaren afstand, uitgaande van een platte aarde. Voor deze berekeningen is het voldoende om één hoek van de ruitkaart te nemen, zoals te zien in figuur 7 en 8. We nemen met het touwtje dat vastzit in punt B de gevaren afstand op het lint aan zijde BH , schuiven hier het knoopje op, en schuiven vervolgens het touwtje over boog AC totdat er een hoek ontstaat die vanaf punt A overeenkomt met de gevaren koers. Voor koersen tussen noord en oost of tussen zuid en west gebruiken we de kwart cirkel die begon bij B . Wanneer het koersen tussen oost en zuid of tussen west en noord betreft, kan de kwart cirkel met als middelpunt hoek D worden gebruikt. Bij al deze opgaven wordt de kwart cirkel gebruikt met als straal 15 mijl. Er is echter ook een kleinere kwart cirkel aanwezig met een straal die de helft van deze lengte is. Deze bestaat mogelijk om kleinere driehoekssommen op te lossen waarbij er minder dan vijftien mijl werd gezeild. Als er een koers gevaren wordt die in het eerste kwadrant van de kompasrichtingen valt, kan punt B worden gezien als startpunt van het schip en het knoopje als de nieuwe locatie. Deze twee punten verwisselen van functie als er een koers wordt gevaren die op het derde kwadrant valt. In dit kwadrant worden de graden van de hoek geteld vanaf zuidelijke richting. Zuidwestelijke koers komt dus bijvoorbeeld overeen met een hoek van 45 graden. Op deze manier zijn op gemakkelijke wijze vraagstukken omtrent af te leggen breedte en lengte te reconstrueren op de ruitkaart. Het enige wat dan nog gedaan moet worden, was op zijde DB en BH aflezen wat de afgelegde lengte en breedte respectievelijk zijn. We zullen deze paragraaf afsluiten met twee voorbeelden.

Voorbeeld 3.1.1: Een schip heeft een koers gevaren van noordoost ten noorden, gedurende 20 mijl. Bepaal de veranderde breedte en lengte (zie figuur 7) [5, p. 9].

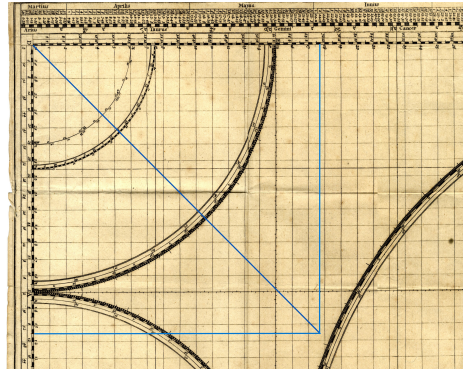
We nemen op lijnstuk BH een afstand van 20 mijl met het touwtje dat uit B komt, en schuiven hier het knoopje op. Vervolgens schuiven we het touwtje op totdat deze zich vanaf A gezien op een hoek bevindt van $33\frac{3}{4}$ graden. Deze hoek komt overeen met de koers van noordoost ten noorden. Door nu vanaf het knoopje loodrecht naar BD te bewegen zien we dat de veranderde breedte $16\frac{1}{2}$ mijl is, en loodrecht naar BH bewegend vinden we een veranderde lengte van 11 mijl. Omgerekend naar graden is dit 1 graad en 6 minuten, en 44 minuten respectievelijk.

Voorbeeld 3.1.2: Een schip heeft 25 mijl afgelegd en is in breedteligging 1 graad en 10 minuten veranderd. De koers zit ergens tussen noord en west in. Bepaal de veranderde lengte en de gevaren koers (zie figuur 8) [5, p. 15].

Omdat we weten dat de koers ergens tussen noord en west in zit, nemen we de kwart cirkel met middelpunt D . We nemen met het touwtje een afstand van 25



Figuur 7: Voorbeeld 3.1.1



Figuur 8: Voorbeeld 3.1.2

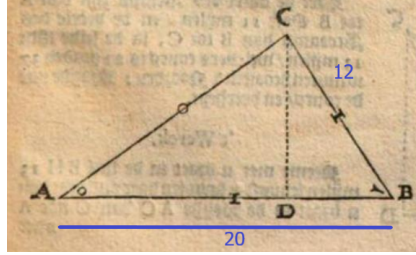
mijl, plaatsen daar het knoopje op, en draaien het touw net zo lang richting A totdat het knoopje op breedte van 1 graad en 10 minuten, $17\frac{1}{2}$ mijl, kan worden geplaatst. We lezen nu op DF af dat de veranderde lengte $17\frac{1}{2}$ mijl, dus 1 graad en 10 minuten is, en op AE dat de gevaren koers noordwest is.

3.2 Stroomkaveling

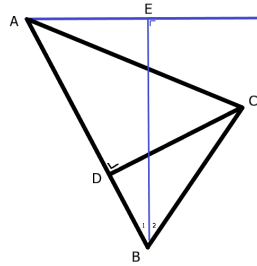
Als een schipper wilde ontdekken op welke nieuwe positie zijn schip zich bevond en hij korte afstanden aflegde, was het volgen van bovenstaande methode nuttig. De schipper had echter ook door dat meer factoren dan enkel de koers van het schip bepaalden waar het schip zou belanden: dit had te maken met de stroomkaveling. Ook deze stroomkaveling werd daarom meegenomen in de berekening. Er werden schattingen gemaakt van de sterkte van de stroming van het water, en in welke richting deze zich begaf. De stroomsterkte werd uitgedrukt in een afstand zodat het makkelijk kon worden weergegeven op de ruitkaart. Vervolgens kon men meerdere gegevens vinden: de nieuwe positie van het schip rekening houdend met het afdrijven, of juist de koers die gevaren moest worden om met de stroming in het achterhoofd de gewenste plaats te bereiken. De vooraf bepaalde koers en af te leggen afstand, de daadwerkelijke richting en afstand en de stroomsnelheid en -richting werden gebruikt als gegevens, waarmee je met twee van de drie de andere kon berekenen. Ter illustratie volgt een voorbeeld.

Voorbeeld 3.2.1: Een schip vaart een koers van zuid zuidoosten voor 20 mijl, maar er staat een stroming in de richting van het noordoosten ten noorden die in dezelfde tijd 12 mijl aflegt. Wat is de veranderde koers en verheid? (zie figuur 9) [5, p. 12].

Lijnstuk AB in figuur 9 is de vermeende richting en afstand die het schip aflegt, maar de stroming BC werkt dit tegen. Om antwoord te geven op de vraag, moeten we dus de locatie vinden van punt C . Dit kunnen we niet gelijk uittelen op de ruitkaart, omdat daarvoor hoek B bekend moet zijn. Om deze te



Figuur 9: Voorbeeld 3.2.1



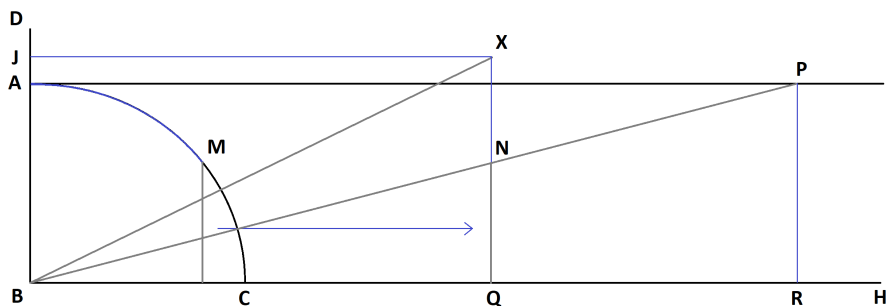
Figuur 10: Voorb. 3.2.1 met oriëntatie

vinden, is in figuur 10 dezelfde figuur afgebeeld, georiënteerd op het noorden. De hoek die AB maakt met de horizontale lijn is $67\frac{1}{2}$ graden. Hierdoor is hoek ABE gelijk aan $22\frac{1}{2}$ graden. Tel hier hoek EBC van $33\frac{3}{4}$ graden bij op, de hoek die de stroming maakt, en we komen uit op een hoek B van $56\frac{1}{4}$ graden. We verplaatsen ons nu naar de ruitkaart. Hier nemen we met het draadje op BH een afstand van 12 en schuiven deze over de boog AC vanaf C totdat de hoek van $56\frac{1}{4}$ graden gemaakt is. We lezen loodrecht op BH $6\frac{2}{3}$ en loodrecht op BD 10 af. Door driehoek BCD zo te construeren op de ruitkaart, vinden we dat BD uit ons voorbeeld gelijk is aan $6\frac{2}{3}$ en dat CD uit ons voorbeeld gelijk is aan 10. Omdat AB lengte 20 heeft, heeft AD lengte $13\frac{1}{3}$. Het construeren van driehoek ACD geeft dat hoek A gelijk is aan 37 graden, en AC lengte $16\frac{3}{4}$ heeft. De daadwerkelijke koers en afstand zijn gevonden.

3.3 Corrigeren voor de bolling van de aarde

In de vorige paragraaf hebben we gezien hoe koerssommen uit te rekenen zijn met de ruitkaart, als we het aardoppervlak aan de hand van het carthesische coördinatenstelsel uitdrukken in lengte- en breedtegraden. De volgende paragraaf gaat in op een andere mogelijkheid die de ruitkaart biedt: het rekening houden met de bolling van de aarde. We zullen een zelfde soort voorbeeld, afkomstig van De Graaf, als in de vorige paragraaf uitwerken, met het verschil dat we nu de afwijking omrekenen naar verschil in lengte, terwijl we dat eerst niet deden. Hiervoor is het nodig om te weten om welke breedtegraad we beginnen. Voordat dit voorbeeld aan bod komt, geef ik een algemene uitleg over het soort berekening dat in deze paragraaf wordt gedaan.

De ruitkaart werkt door middel van het construeren van driehoeken, waarin de langste zijde de gevaren koers nabootst. De te vinden gegevens kunnen worden gevonden in de bogen of aan de zijden van de kaart. Breedtegraden zijn onafhankelijk en overal op de wereldbol gelijk aan een zelfde hoeveelheid mijlen. Om de daadwerkelijke verplaatsing in lengtegraden per breedtegraad te vinden, moet er echter een correctie worden toegepast op de veranderde lengte zoals deze met vlakke driehoeksmeting gevonden wordt. Hoe groter de breedtegraad is, hoe groter de correctie op de lengtegraad (en dus hoe kleiner de lengtegraad).



Figuur 11: voorbeeld 3.3.1 uitgewerkt op de gestileerde ruitkaart

Op de ruitkaart wordt deze correctie gevisualiseerd door een lijnstuk dat begint op de boog AC en loodrecht op AG eindigt. Waar op AC het lijnstuk begint, wordt bepaald door de gemiddelde breedtegraad van het stuk dat een schip heeft gevaren. Deze gemiddelde breedtegraad noemen we de middelbreedte. Het volgende voorbeeld zal duidelijkheid verstrekken over het gebruik van de platte ruitkaart op een bolle wereld.

Voorbeeld 3.3.1: Een schip bevindt zich op 50 graden 7 minuten noorderbreedte en 12 graden 37 minuten lengte. Vanaf daar zeilt het in zuidwest ten westelijke richting voor 30 mijl. Op welke lengte- en breedtegraad bevindt men zich nu?

We zullen dit voorbeeld beginnen met uitleggen hoe dit vraagstuk wordt opgelost aan de hand van de ruitkaart. Vervolgens geven we modern wiskundige context. Figuur 11 dient hierbij ter illustratie. Beginnende bij het eerste nemen we met de draad 30 mijl, en leggen deze vanuit B tellend vanuit A op een koers van $56\frac{1}{4}$ graden. We zetten hier het knoepje op neer, in de figuur op X . Dit punt X is het vertrekpunt van het schip, punt B de bestemming. Zoals eerder benoemd in paragraaf 3.1 is voor koersen tussen noord en oost punt B altijd het eind van de na te bootsen vaarroute. Punt X loodrecht op BD nemend lezen we op punt J af dat het breedteverschil $16\frac{1}{2}$ mijlen, ofwel 1 graad en 6 minuten is. De helft hiervan is 33 minuten. Als we dit aftrekken van startpositie $50^{\circ}07'$ komen we uit op een middelbreedte van $49^{\circ}34'$. Op punt Q is nu enkel de afwijking in mijlen af te lezen, welke 25 mijlen is. In de begrippenlijst staat uitgelegd wat de afwijking is. Het verschil in graden kunnen we pas vinden als we rekening houden met de breedtegraad waarop de schipper zich bevindt. Hiervoor gebruiken we de middelbreedte van $49^{\circ}34'$. We pakken deze middelbreedte op de boog, vanuit A tot M . We zetten op M een voet van de passer neer. De andere zetten we loodrecht op BH . We verschuiven nu de passer richting FH totdat deze onder het knoepje op NQ staat. Nu leggen we de draad vanuit B langs de passer. Het draadje snijdt AG in punt P . Loodrecht naar BH vinden we punt R op een afstand van $2^{\circ}32'$ lengte. De nieuwe breedte is $50^{\circ}07' - 1^{\circ}06' = 49^{\circ}01'$. De nieuwe lengte is $12^{\circ}37' - 2^{\circ}32' = 10^{\circ}05'$.

Dit vraagstuk beijkende vanuit modern wiskundig perspectief, zien we dat de ruitkaart gebruikt wordt als hulpmiddel om lastiger wiskunde te omzeilen. Het is immers niet nodig voor een schipper om goniometrie te begrijpen, om dit met behulp van de ruitkaart toch te gebruiken. Omdat AM een hoek van $49^{\circ}34'$ bestrijkt, is de afstand van M tot lijn BH gelijk aan de cosinus van $49^{\circ}34'$, en zo dus ook NQ . Uit gelijkvormigheid van driehoeken BQN en BRP volgt de volgende gelijkheid:

$$\frac{BQ}{NQ} = \frac{BR}{PR}.$$

Van BQ en NQ is de lengte bekend, en PR is in graden gelijk aan 1. Dit invullen geeft:

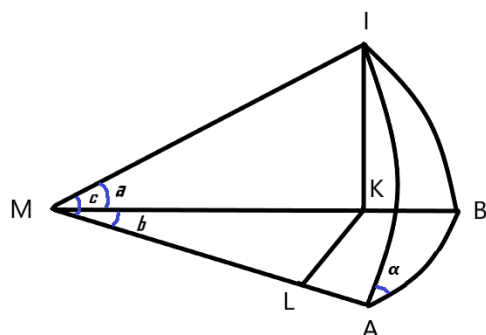
$$BR = \frac{25}{\cos(49^{\circ}34')} \approx 38.$$

We weten dat er vijftien mijl in een graad gaan, dus uitgedrukt in graden en minuten geeft dit een BR van $2^{\circ}32'$. Lijnstuk NQ wordt op de hoogte van X geplaatst om een correctie voor de juiste gevaren afstand van 30 mijlen te realiseren.

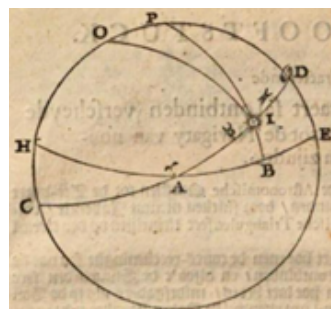
3.4 Astronomische vraagstukken

In de vorige paragrafen hebben we van alle mogelijkheden die de ruitkaart biedt met kwart cirkels BAC en DAE een voorbeeld besproken. Voor de volgende paragraaf richten we ons op de grote cirkelboog op de kaart: IKL . Bij deze cirkelboog is extra informatie weergegeven, die we hier zullen behandelen. Met deze informatie zullen we ons buigen over het laatste doeleinde van de ruitkaart: het oplossen van astronomische vraagstukken, die in de zeevaart veelvuldig voorkomen. We zullen twee voorbeelden bespreken, opnieuw van De Graafs hand.

Op zijden BH en HF staan op dit gedeelte van de kaart, zoals in paragraaf 2.1 genoemd, niet alleen mijlen, graden en minuten vermeld, maar ook de sinus en tangens van bepaalde hoeken. Deze zijn als volgt te gebruiken. Als we op de ruitkaart een hoek X nemen vanuit punt I vanaf L , zie figuur 1, dan is loodrecht op IK de sinus van hoek X af te lezen. Op zijde IL , de tangensstrook, loopt de hoek met steeds meer afstand tussen de graden op tot bij punt L 45 graden wordt bereikt. Bij de tientallen staan ook hun complementen vermeld. Om de tangens van een hoek te weten te komen, moeten we een hoek Y op de strook nemen. De proportie $\frac{IY}{IL}$ is de tangens van de desbetreffende hoek. Waarom de complementen bij de hoeken staan vermeld, is mij niet duidelijk. De tangens van een hoek en zijn complement zijn, op de tangens van 45 na, immers niet gelijk aan elkaar. Wel is duidelijk dat de sinus en tangens twee belangrijke gereedschappen zijn voor het oplossen van goniometrische problemen. Dit zal in de volgende alinea's verduidelijkt worden.



Figuur 12: Weergave van voorbeeld 3.4.1 met middelpunt M en hoeken aangegeven



Figuur 13: Voorbeeld 3.4.1 zoals te vinden in [5, p. 29]

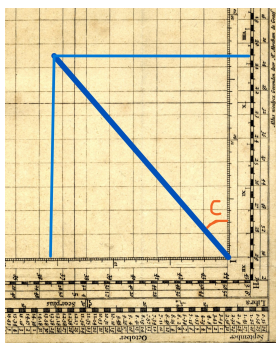
3.4.1 Werken met de dierenriem

Volgens De Graaf kunnen we “verscheyde Astronomische Questien tot de Navigaty van nooden zijnde op ’t Ruyt-caert ontbinden” [5, p. 29]. Deze “Questien” draaien om het gebruiken van de stand van de zon en de eigen breedtelegging om de tijd te vinden, of de tijd van het op- of ondergaan van de zon. Hierbij kunnen de te vinden en de reeds gevonden gegevens ook worden omgedraaid. De ruitkaart speelt bij deze opgaven een kleine, maar belangrijke rol. Ik zal beginnen met een eerste voorbeeld en daarna verduidelijken wat deze kleine rol precies is.

Voorbeeld 3.4.1: Bekend is de graad van de zon in de ecliptica. De datum is namelijk 30 april. Vind de declinatie van de zon.

In figuur 13 is de situatie weergegeven. HAE is de equinoctiaal, met pool P . CAD is de ecliptica, met eclipticapool O . Punt A is het lentepunt. Op dit punt is de declinatie van de zon gelijk aan 0° . Op punt D is de declinatie het grootst en bereikt deze volgens De Graaf $23^\circ 32'$. Punt I is de positie van de zon op 30 april. De dierenriem verdeelt de ecliptica in twaalf delen van elk 30 graden. We weten dat 30 april zich tien dagen in Taurus bevindt en heel Aries al doorlopen is. Hierom is AI gelijk aan $30^\circ + 30^\circ \times \frac{10}{31} = 39^\circ 41'$. Hoek BAI is de grootste declinatie van de zon: $23^\circ 32'$.

Om het vervolg van dit voorbeeld te verduidelijken, verplaatsen we ons nu naar figuur 12. Dit is een deel van de bol van figuur 13, met toegevoegde punten en hoeken. Afleiding van de komende vergelijkingen is afkomstig van een artikel van J.P. Hogendijk uit 1993, zie [9]. Punten A , B en I zijn zoals op figuur 13 punten op de bol. Punt M is het middelpunt van deze bol en is verbonden met A , B en I . We nemen hoek BAI , wat we vanaf nu noteren als $\angle BAI$, als α , $\angle BMI = a$, $\angle BMA = b$ en $\angle AMI = c$. Vanuit I wordt loodrecht op BM een



Figuur 14: Voorbeeld 3.4.1
uitgezet op de ruitkaart

lijn getrokken. Het snijpunt van de lijnen wordt K genoemd. Vanuit K wordt loodrecht op AM een lijn getrokken. Dit snijpunt noemen we L . We nemen de straal van de bol als 1. Omdat we dit doen, is $IK = \sin a$ en $IL = \sin c$. Omdat ook geldt dat $\frac{IK}{IL} = \sin a$, is het zo dat

$$\sin \alpha = \frac{\sin a}{\sin c}.$$

Dit omschrijven geeft

$$\frac{1}{\sin c} = \frac{\sin \alpha}{\sin a}.$$

We vullen nu weer de waarden in en krijgen het volgende:

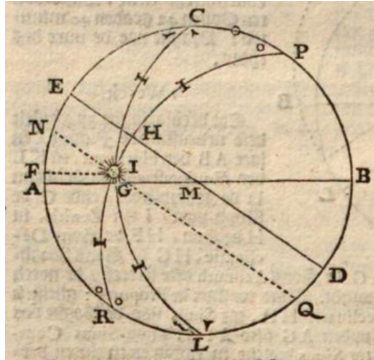
$$\frac{1}{\sin \angle AMI} = \frac{\sin \angle BAI}{\sin \angle BMI},$$

dus

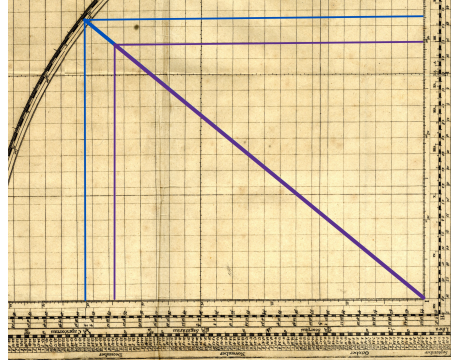
$$\frac{1}{\sin 39^\circ 41'} = \frac{\sin 23^\circ 32'}{\sin \angle BMI}.$$

Vanaf hier komt de ruitkaart weer in beeld. Zie hiervoor figuur 14. We nemen het touwtje vanuit I en nemen hiermee een lengte van $\sin 23^\circ 32'$ (zie de donkerblauwe lijn). We plaatsen deze op een koers vanaf IL van $39^\circ 41'$ (hoek c). Op IK lezen we op de sinusstrook vervolgens $14^\circ 46'$ af, wat hoek BMI en dus de gevraagde declinatie is.

We staan nu stil bij de rol van de ruitkaart in het zojuist besproken voorbeeld. In het overgrote deel wordt een bepaalde verhouding gezocht die kan worden ingevuld met de gegevens die bekend zijn, in ons geval 1, $\sin c$ en $\sin a$, zodat de laatste onbekende gevonden wordt. De ruitkaart biedt hier een elegante methode om de vermenigvuldiging $\sin \alpha \times \sin c$ uit te voeren. Door nu op de sinusstrook IK de waarde van $\sin a$ af te lezen, is er vermenigvuldigd zonder daadwerkelijk te hoeven rekenen.



Figuur 15: Weergave van voorbeeld 3.4.2 te vinden in [5, p. 41]



Figuur 16: Voorbeeld 3.4.2 uitgezet op de ruitkaart

3.4.2 Het bepalen van de tijd

Met een tweede en laatste voorbeeld wil ik nog een laatste toepassing van de ruitkaart bespreken. Dit gaat over de mogelijkheid met de ruitkaart het uur van de dag in zonnetijd te vinden, als enkele gegevens bekend zijn. Dit zijn bijvoorbeeld de polushoogte, de declinatie of de hoogte van de zon of het azimut. Het hebben van drie van deze gegevens is veelal genoeg om een vierde onbekende te vinden. Het azimut is de hoek op de horizon tussen de lijn door een hemellichaam, loodrecht op de horizon en het zuiden of het noorden.

Voorbeeld 3.4.2: Bekend zijn de hoogte en declinatie van de zon. Respectievelijk zijn dit $1^{\circ}54'$ en $23^{\circ}30'$. De zon bevindt zich in het zuidoosten. Vind de tijd.

In figuur 15 is een weergave van het probleem te zien. Hier is AB de horizon en ED de equinoctiaal met M hun beider midden. I is de positie van de zon, GI is de hoogte van de zon vanaf de horizon en HI de declinatie. Omdat de zon zich in het zuidoosten bevindt is het azimut vanaf het zuiden gerekend 45 graden. Het azimut is afgebeeld als AG , of als hoek ACG . Punt C is het zenit en punt P is de pool. Lijnen CL en PR zijn net als AB en ED halve grootcirkels. Punt A is de zuidrichting van de horizon. Om de tijd te vinden, moeten we te weten zien te komen hoe ver punt H van punt E , het twaalfuursmoment, verwijderd is. Dit omrekenen en van twaalf uur aftrekken zal ons het gewenste resultaat geven. Anders gezegd zijn we dus op zoek naar EH of naar hoek EPH . We weten dat het eerder dan twaalf uur is omdat de zon zich nog in het oosten bevindt.

Gelijk het vorige voorbeeld moeten we eerst enkele proporties vinden, voordat de ruitkaart kan worden geraadpleegd. De proportie die op dit vraagstuk van toepassing is, staat bekend als de sinusregel en kan op soortgelijke manier als in vorig voorbeeld worden afgeleid. De sinusregel luidt als volgt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin a} = \frac{\sin \beta}{\sin b} = \frac{\sin \gamma}{\sin c},$$

in een (bol)driehoek met hoekpunten A , B en C , tegenoverliggende zijden a , b en c , en bijbehorende hoeken α , β en γ . Als we dit vertalen naar boldriehoek CPI van ons voorbeeld, dan krijgen we de volgende vergelijking:

$$\frac{\sin \angle ICP}{\sin IP} = \frac{\sin \angle CIP}{\sin CP} = \frac{\sin \angle CPI}{\sin CI}.$$

We zijn op zoek naar $\angle EPH$ ofwel $\angle CPI$. Hoek ICP is het complement van $\angle ECI = 45^\circ$, dus ook $\angle ICP = 45^\circ$. Voor zijde IP geldt dat $IP = HP + IH = 90^\circ + 23^\circ 30' = 113^\circ 30'$. Verder is zijde CI gelijk aan $CG - GI = 90^\circ - 1^\circ 54' = 88^\circ 06'$. Als we dit in de vergelijking invullen krijgen we het volgende:

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 113^\circ 30'} = \frac{\sin \angle CPI}{\sin 88^\circ 06'}.$$

We weten dat geldt dat $\sin 113^\circ 30' = \sin(180 - 113^\circ 30') = \sin 66^\circ 30'$. De uiteindelijke vergelijking wordt hiermee

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 66^\circ 30'} = \frac{\sin \angle CPI}{\sin 88^\circ 06'}.$$

We gaan nu over op constructie in de ruitkaart, ondersteund door figuur 16. We nemen vanuit hoek I met de draad lengte $\sin 88^\circ 06'$ en leggen hier een knoopje op. Een tweede knoopje leggen we op $\sin 66^\circ 30'$. Met de passer nemen we een lengte van $\sin 45^\circ$ en we verplaatsen deze loodrecht op IL totdat een been van de passer en het tweede knoopje elkaar raken. De positie van het tweede knoopje is in het figuur te zien als het snijpunt van de paarse lijnen. de horizontale paarse lijn is de positionering van de passer. Door deze actie ligt de draad op een vaste plek, en zo ook het eerste knoopje. Om hoek CPI te vinden, moet nu alleen nog de passer met één been op dit knoopje, het snijpunt van de donkerblauwe lijnen, en met het andere been loodrecht op IL worden geplaatst. Aflezen op de sinusstrook doet blijken dat hoek CPI gelijk is aan $50^\circ 25'$. We rekenen dit om naar uren en komen uit op een tijd van 3 uur en 22 minuten vóór de middag.

Het is ook mogelijk om tot de uren en minuten te komen zonder een berekening uit te voeren. Dit doen we door de urenschaal op de ruitkaart te gebruiken, die in hoofdstuk 2 al kort benoemd is. We weten dat er per vijftien graden verplaatsing van de zon een uur verstrijkt. De urenschaal op zijde FH is zo gemaakt dat deze een projectie is van gradenbogen AE en AC op de ruitkaart: voor elke vijftien graden op de bogen AE en AC staat op de urenschaal een volgend uur vermeld. Om tot de correcte uren te komen, plaatsen we op boog AE vanaf E één been van de passer op $50^\circ 25'$ en de andere op zijde DF . We verschuiven de passer rechtstreeks naar de urenschaal en lezen daar 3 uur en 22 minuten op af. Hetzelfde resultaat is gevonden.

3.5 Gebruiksgemak

In de voorgaande paragraaf hebben we voorbeelden doorgesproken die laten zien wat de toepassing van de ruitkaart in de zeevaartkunde en navigatie is. In deze

paragraaf staan we stil bij het gebruiksgemak dat de ruitkaart biedt. Het volgende hoofdstuk zal reflecteren op de correctheid van de antwoorden afkomstig van de ruitkaart.

Met de ruitkaart zijn verschillende vraagstukken uit te werken. De kaart is daarbij goed in het geven van antwoorden op vragen rondom vlakke driehoeksmeting: de stappen volgen elkaar logisch op en zijn begrijpelijk. Ook bij het onderwerp stroomkaveling is de uitwerking van het probleem overzichtelijk. We keken hierna naar het gebruik de ruitkaart bij opgaven waarbij er een correctie werd gedaan op de lengtegraden afhankelijk van de positie op de aarde. Dit was minder intuïtief. Er was een grotere hoeveelheid acties nodig om tot ons antwoord te komen, die niet vanzelfsprekend waren. Voor een schipper die niet wiskundig geschoold was en een antwoord zocht op een vraag als deze, twijfel ik daarom of de ruitkaart een helpend hulpmiddel kan worden genoemd.

Vervolgens zijn we door de voorbeelden heen gegaan die de rol van de ruitkaart bij het vinden van antwoorden op de astronomische vraagstukken toonden. Hier zagen we dat er veel stappen worden gezet om tot het antwoord te komen, waarbij alleen bij de laatste stap de ruitkaart nodig is. De reden om de ruitkaart te gebruiken is dat deze bepaalde lengtes of hoeken kan geven, zonder dat een berekening nodig is. Zelfs het omrekenen van een aantal mijlen, gevonden op de kaart, naar tijd kan met behulp van de urenschaal visueel gebeuren. Hier heeft de ruitkaart dus een kleine, maar belangrijke rol.

4 Precisie

De ruitkaart is een hulpmiddel om afstanden of koersen te vinden voor tochten over zee. Door bepaalde koersen op de ruitkaart uit te zetten, is aan de zijkanten van de kaart wat de verplaatsing in breedte en lengte van de van de tocht tijdens de boot is. Op deze manier wordt er veel rekenwerk vermeden. Aflezen in plaats van berekenen kan echter ook voor onnauwkeurigheid zorgen. Maar hoe significant is dit? In dit hoofdstuk staan we stil bij dit precisievraagstuk. We zullen zelf opnieuw voorbeelden 3.3.1, 3.4.1 en 3.4.2 uitvoeren en kritisch bespreken of het mogelijk is bepaalde nauwkeurige antwoorden te krijgen. Vervolgens zullen we de voorbeelden opnieuw onder de loep nemen, en uitrekenen wat het verschil is tussen antwoorden die de ruitkaart geeft en antwoorden die door middel van berekeningen gevonden worden. Dit samen geeft ons de informatie die nodig is om een antwoord te geven op de vraag: hoe nauwkeurig is de ruitkaart?

4.1 Praktische gebreken van de ruitkaart

Om te ontdekken hoe correct de antwoorden van de ruitkaart precies zijn, ben ik opnieuw de voorbeelden die we eerder besproken hebben uit gaan zetten op de ruitkaart. Hierbij keek ik niet naar de antwoorden die ik zou moeten vinden, maar liet ik mijn touwtjes, knoopjes en passer het antwoord bepalen.

Ik begon bij voorbeeld 3.3.1. Hierbij moest punt J vinden, dat de verandering in breedtegraad gaf. Net zoals in het voorbeeld kwam ik daar uit op 1 graad en 6 minuten. Het volgende punt dat we wilden vinden, was punt Q , de veranderde lengte. Ik kreeg hier geen 25 mijlen, maar eerder $24\frac{1}{2}$ of $24\frac{3}{4}$. De middelbreedte van $49^{\circ}34'$ bleef door het vinden van dezelfde verandering in breedtegraad gelijk. Nu was het onmogelijk om op gradenboog AC precies de passer op 49 graden en 34 minuten te zetten. Eén graad op de boog is minder dan een halve centimeter groot, dus één zestigste is niet waarneembaar. De passerpunt zette ik zo dicht mogelijk bij $49^{\circ}34'$ en de andere passerpunt op horizontale lijn BH . De passer moest ter hoogte van Q worden geplaatst. Omdat mijn passeropening en Q afweken van het voorbeeld, kwam ik uit op een punt R van $2^{\circ}30'$. Dit punt werd gevonden door het touw langs de passer te leggen: een minimale afwijkende passergrootte kon dus voor grotere fouten zorgen in het eindantwoord. Ik had voor R ook een andere waarde in het interval $[2^{\circ}28', 2^{\circ}32']$ kunnen kiezen, omdat dit door het touwtje en de passer niet helder af te lezen was. Al met al waren mijn zelfgevonden antwoorden als volgt:

$$\begin{aligned} \text{nieuwe breedte} &= 50^{\circ}07' - 1^{\circ}06' = 49^{\circ}01' \\ \text{nieuwe lengte} &= 12^{\circ}37' - 2^{\circ}30' = 10^{\circ}07'. \end{aligned}$$

Als we dit vergelijken met het voorbeeldantwoord zien we dat de nieuwgevonden lengtes 2 minuten met elkaar verschillen.

Het volgende voorbeeld dat ik zelf uitprobeerde, was voorbeeld 3.4.1. Hier moest ik achtereenvolgens vanuit hoek I het knoepje op een lengte van $\sin 23^{\circ}32'$ plaatsen en het touwtje inclusief knoepje op een hoek van $39^{\circ}41'$ leggen, om vervolgens rechtstreeks op de horizontale sinusstrook IK af te lezen wat de declinatie van de zon zou zijn. Gradenboog LK is tweemaal zo groot als AE , maar nog steeds was het niet te doen op op de minuut precies met het touwtje de koers te leggen. Hetzelfde geldt voor het knoepje op $\sin 23^{\circ}32'$. Uiteindelijk vond ik een declinatie van $14^{\circ}40'$. Dit had ook $14^{\circ}30'$ tot $14^{\circ}50'$ kunnen zijn.

Met voorbeeld 3.4.2 sluit ik deze paragraaf af. Dit voorbeeld draaide om het vinden van de tijd door gelijkvormige driehoeken uit te zetten op de ruitkaart. Op de sinusstrook is het nagenoeg onmogelijk om boven de sinus van 65 graden nog op de tien minuten precies te zijn. Ik deed een poging en plaatste mijn twee knoepjes op $\sin 88^{\circ}06'$ en $\sin 66^{\circ}30'$. Toen moest ik met de passer een afstand van $\sin 45^{\circ}$ vastzetten, en een hoek creëren zodat het tweede knoepje en de voet van de passer die loodrecht op verticale zijde IL stond elkaar raakten. Motorisch gezien was dit een uitdaging: een touwtje en een passer bewegen over een oppervlak zonder dat de knoepjes van het touwtje of de benen van de passer verschuiven is niet makkelijk. Na deze moeite las ik op de sinusstrook af dat de gevraagde hoek CPI gelijk aan $50^{\circ}40'$ was, in tegenstelling tot de $50^{\circ}25'$ uit het boek van De Graaf. Dit omrekenen naar uren en minuten gaf 3 uur en 23 minuten. Toen ik de urenschaal gebruikte kwam ik uit op een tijd van 3 uur en 24 minuten. Ook bij dit voorbeeld had ik even goed ieder antwoord uit het interval $[50^{\circ}30', 50^{\circ}50']$ kunnen aflezen, resulterend in minimaal 3 uur en 20

minuten tot maximaal 3 uur en 26 minuten.

Opsommend zijn er enkele problemen waar we tijdens het gebruiken van de ruitkaart op stuiten. Ten eerste zijn daar de te kleine schalen op de gradenbogen en de sinusstrook. Het lukt een interval te bepalen waarin het antwoord moet vallen, maar het is onmogelijk een antwoord op de minuut af te lezen. Ten tweede verergeren de fouten die je bij een meting doet naarmate je metingen opstapelt snel. Dit was te zien bij voorbeeld 3.3.1. Ten derde kunnen de knooppjes op de touwtjes of de benen van je passer tijdens het gebruik nét een beetje veranderen van positie, iets wat gauw gebeurt als je druk in de weer bent met meerdere instrumenten tegelijk. Al met al is het niet mogelijk om nauwkeuriger dan op één sexagesimaal precies in graden een antwoord te geven op de goniometrische vraagstukken waarvoor de ruitkaart ingezet kan worden.

4.2 Berekenen in plaats van uittekenen

In deze paragraaf zal ik voor het eerder besproken voorbeeld 3.3.1 nagaan hoeveel nauwkeurigheid er verloren gaat door de ruitkaart te gebruiken, in minuten precies (zie ook opnieuw figuur 11 voor verklaring van de letters). Dit maal bereken ik het antwoord zonder de ruitkaart te gebruiken. Net als in de eerdere uitwerking van dit voorbeeld wordt zijde BR gevonden door BQ te delen door NQ . Om BQ exact te vinden, gebruiken we driehoek BJX . Hierin zijn hoek JBX en BX gelijk. Hierdoor geldt dat:

$$BQ = JX = BX \times \sin(56\frac{1}{4}^\circ) = 30 \sin(56\frac{1}{4}^\circ).$$

Zijde NQ is gelijk aan de cosinus van de middelbreedte. De middelbreedte wordt gevonden door de helft van de breedteverandering, BJ , af te trekken van startpunt $50^\circ 07'$. Zijde JB is ook in driehoek BJX te vinden, op de volgende manier:

$$JB = BX \times \cos(56\frac{1}{4}^\circ) = 30 \times \cos(56\frac{1}{4}^\circ).$$

Zijde JB wordt vervolgens gebruikt om middelbreedte AM te vinden:

$$\begin{aligned} AM &= 50^\circ 07' - \frac{1}{2}(1 + \frac{2}{5}(JB - 15)) \\ &= 50^\circ 07' - \frac{1}{2}(1 + \frac{2}{5}(30 \times \cos(56\frac{1}{4}^\circ) - 15)). \end{aligned}$$

Uiteindelijk is BR nu te vinden als volgt:

$$\begin{aligned} BR &= \frac{BQ}{\cos(AM)} \\ &= \frac{30 \sin(56\frac{1}{4}^\circ)}{\cos(50^\circ 07' - \frac{1}{2}(1 + \frac{2}{5}(30 \times \cos(56\frac{1}{4}^\circ) - 15))} \\ &= \frac{30 \sin(56\frac{1}{4}^\circ)}{\cos(49,6166\dots)} \\ &\approx 38,500002 \approx 2^\circ 34'. \end{aligned}$$

Volgens De Graaf hoorde het antwoord op deze vraag 2 minuten en 32 minuten te zijn. Dit antwoord ligt dus twee minuten van het antwoord van de ruitkaart vandaan. Als we voorbeelden 3.4.1 en 3.4.2 uitrekenen en de antwoorden naast de ruitkaartantwoorden leggen, komen we wel op de minuut nauwkeurig op dezelfde resultaten uit.

Zoals uit de vorige paragraaf bleek, is het al bijzonder lastig op de ruitkaart minuten afzonderlijk af te lezen. Uit de berekening van het antwoord van voorbeeld 3.3.1 blijkt dat ook ruitkaartmeester De Graaf hier moeite mee had. Bij al zijn voorbeelden is hij in zo'n mate precies in zijn antwoorden, dat hij wel een controleberekening móét hebben bedaan. Hier zit hij er echter toch twee minuten naast.

5 Conclusie

In het laatste hoofdstuk van deze scriptie keren we terug naar de vragen die we in de inleiding stelden. Over Nederlandse ruitkaarten, een zeevaartkundig instrument uit de zeventiende eeuw, bleek weinig literatuur te bestaan: de vier exemplaren die ik heb gevonden heb ik gepresenteerd en van uitleg voorzien. Van deze ruitkaarten hadden twee een nagenoeg identiek ontwerp, terwijl de andere twee aanzienlijk meer afweken. In hoofdstuk 2 zijn de ruitkaarten uitgebreid besproken en hun verschillen en overeenkomsten uiteengezet.

Het doel en de werking van de ruitkaart kwam in het daaropvolgende hoofdstuk aan bod. De ruitkaart is namelijk een instrument om zeevaartkundige vraagstukken op te lossen, zonder berekeningen te moeten doen. Er zijn drie doeleinden waarvoor de ruitkaart kan worden ingezet. De eerste is het te weten komen van de veranderde breedte of lengte in mijlen of graden als er een afstand afgelegd is, waarbij men de koers en afgelegde afstand weet. De volgende is het rekening houden met de stroming tijdens het vaststellen van de locatie waar men naar afreist. De laatste is het oplossen van astronomische vraagstukken zoals het vinden van de declinatie van de zon of de tijd, daarbij gebruikmakende van de zonnetijd. Al deze berekeningen zijn goniometrisch van aard.

Nadat we hadden vastgesteld voor wat soort zeevaartkundige problemen de ruitkaart een oplossing bood, schenen we een kritisch licht op de antwoorden die de ruitkaart ons gaf. In het vierde hoofdstuk werd duidelijk dat werken met het instrument op veel manieren mis kon gaan: door de kleine schalen was soms onmogelijk om de juiste graden en minuten af te passen, het doen van meting op meting verergerde de meetfouten behoorlijk en ook de touwtjes en passer gaven geen feilloze antwoorden. De ruitkaart zit er vaak minimaal minuten naast. Als een schipper kleinere afstanden aflegde van maximaal enkele graden grootte of vaak opnieuw zijn metingen deed, dan waren de antwoorden van de ruitkaart goed genoeg om nuttig te zijn. Als hij of zij echter op zoek was naar een nauwkeurig antwoord of afstanden aflegde van vele graden, dan was de ruitkaart niet het instrument waar je het van hebben moest. Uit hoofdstuk 3 bleek ook dat de ruitkaart beter werkte bij opgaven waarbij de afstanden tussen lengtegraden als constant werden gezien, dan bij opgaven die realistischer waren en dit niet deden. Dit was een bijkomend nadeel.

De ruitkaart is niet goed in het exact vinden van antwoorden op de eerder besproken vragen. Om het echter een prullekraam te noemen, zoals Cornelis Douwes dat deed in 1798, is vergaand. Ondanks het gebrek aan precisie kan de kaart worden ingezet voor een breed scala aan vraagstukken en is het door de meetkundige inslag intuïtief te gebruiken. Het is begrijpelijk dat de ruitkaart niet het populairste hulpmiddel in de navigatie is geworden, maar een klein beetje extra erkenning heeft het vernuftige instrument wel verdiend.

6 Appendices

.1 Begrippenlijst

In deze appendix is een alfabetische lijst van zeevaartkundige begrippen te vinden die worden gebruikt in deze scriptie. De begrippen zijn van een korte uitleg voorzien. De hoofdbronnen van de definities zijn de geïntegreerde taalbank[10] en het Leerboek der zeevaartkunde, deel 1[13].

- **Afwijking:** de plaatsverandering in mijlen in oost-westrichting, die onafhankelijk is van positie op aarde.
- **Amplitude:** grootte van de boog op de horizon tussen het punt waar een hemellichaam op- of ondergaat en het Oost-, respectievelijk Westpunt.
- **Ascensio recta:** samen met de declinatie een coördinatenstelsel waarmee de positie van een punt op de hemelbol wordt vastgelegd. Het is de grootte van de boog tussen het lentepunt en het snijpunt van de evenaar en de meridiaan door het punt in kwestie. Ook bekend als rechte klimming.
- **Azimut:** samen met de hoogte van een hemellichaam (zie zonnehoogte) een coördinatenstelsel om de positie van een hemellichaam vast te leggen. Het is de grootte van het stuk van de horizon tussen een van de vier kompasrichtingen tot loodrecht onder het hemellichaam en verschilt van de ascensio recta omdat het azimut over de horizon en de ascensio recta over de evenaar gemeten wordt.
- **Breedtegraad:** samen met de lengtegraad een manier van positiebepaling van een punt op de aarde. De hoek die de lijn vanuit het punt recht naar het middelpunt van de aarde met het vlak van de evenaar maakt. In vroegere eeuwen ook bekend als de polushoogte.
- **Declinatie:** Localiseert samen met de ascensio recta een punt op de hemelbol. Waar de ascensio recta de lengte is van het lentepunt tot het snijpunt van de evenaar en de meridiaan door het punt in kwestie, geeft de declinatie vanaf de evenaar gezien de verticale positie aan.
- **Duitse mijl:** een lengtemaat, vastgesteld op een vijftiende van een graad van een grootcirkel op de aarde. Het is de lengtemaat die wordt gebruikt op de ruitkaart, waar namelijk vijftien mijlen in een graad gaan, en bestaat uit ongeveer $4 \times 1852 = 7408$ meter.
- **Ecliptica:** baan die de zon in de schijnbare beweging om de aarde in één jaar doorloopt, in feite de doorsnede van het vlak van de aardbaan met de hemelbol.
- **Equinoctiaal:** de breedtecirkel die de hemelbol tussen het noordelijk en zuidelijk halfrond verdeelt. Deze wordt ook wel de equator of evenaar genoemd.

- **Grootcirkel:** snijlijn van een vlak door het middelpunt van een bol (in ons geval de aardbol) met het boloppervlak. De kortste afstand tussen twee punten op de aardbol is te vinden langs de grootcirkel door deze punten.
- **Hemelsfeer:** bol met onmeetbaar grote straal die zich om de aarde heen bevindt. Alle punten die waarneembaar zijn in de hemel, kunnen worden geprojecteerd op deze sfeer en kunnen zo worden gebruikt voor positiebepaling.
- **Horizon:** De lijn welke voor een gegeven punt op aarde het uitzicht begrenst. Wordt ook wel de schijnbare of lokale horizon genoemd.
- **Koers:** richting waarin een schip zich op zeker ogenblik voortbeweegt en de hoek die het schip maakt met het noorden.
- **Lengtegraad:** De hoek tussen het meridiaanvlak van dat punt en de nulmeridiaan.
- **Lentepunt:** Een van de twee punten waar de evenaar en de ecliptica elkaar snijden. In haar schijnbare loop om de aarde bereikt de zon dit punt op 21 maart.
- **Nadir:** Het punt onder de waarnemer op de hemelsfeer, loodrecht op de horizon.
- **Meridiaan:** grootcirkel op de aardbol die alle punten met gelijke lengtegraad met elkaar verbindt.
- **Meridiaanvlak:** een doorsnede van de aarde door de polen, haaks op de evenaar.
- **Oostpunt:** punt aan de horizon, 90° van het noorden en het zuiden verwijderd, punt waar de zon op 21 maart en 22 september opgaat.
- **Paskaart:** Zeekaart van een gedeelte van een zee met haar straten, doortochten enz., waarop men de gestuurde koers afzette en de afgelegde mijlen afpaste. Nuttig omdat men, in tegenstelling tot vroegere leeskaarten, er op meten kan. Op deze kaarten zijn de koersen met rechte lijnen aangegeven.
- **Parallel:** denkbeeldige cirkel op de aardbol die parallel loopt met de evenaar en die alle punten met gelijke breedtegraad met elkaar verbindt.
- **Polushoogte:** zie breedtegraad.
- **Westpunt:** punt aan de horizon, 90° van het noorden en het zuiden verwijderd, punt waar de zon op 21 maart en 22 september ondergaat.
- **Rechte klimming:** zie ascensio recta.

- **Streek:** een tweeëndertigste deel van een kompasroos, die bestaat uit 360 graden. Hierdoor komt de hoek van een streek overeen met $11^{\circ}15'$.
- **Stroomkaveling:** het in rekening brengen van kracht en richting van de stroom bij het bepalen van koers en vaart van een schip.
- **Zeevaartkunde:** De wetenschap die het doel heeft de plaats van het schip op zee te bepalen en daaruit de weg af te leiden die men moet volgen om de plaats van bestemming op de meest geschikte wijze te bereiken en de wijze, waarop dat moet gebeuren.
- **Zenit:** Het punt boven de waarnemer op de hemelsfeer, loodrecht op de horizon.
- **Zodiak:** ongeveer twintig graden brede zone aan de hemelbol, waarbinnen de schijnbare banen van de zon, de maan en de planeten verlopen.
- **Zonnetijd:** het bijhouden van het verstrijken van de tijd aan de hand van de positie van de zon. Als de zon het hoogst aan de hemel staat, is het twaalf uur. Wanneer de zon zich vijftien graden verplaatst, verstrijkt er een uur. Zo wordt na negentig graden om zes uur na de middag de zonsondergang bereikt, en om zes uur voor de middag de zonsopgang.
- **Zonnehoogte:** De verticale positie van de zon loodrecht op de horizon, in graden uitgedrukt.

Referenties

- [1] Struick A. “*Verhandeling over de Zeevaartkunde*”. Rotterdam: Losel, Beman, Kentlink, Bosch, Smithof en Burgvliet, 1768.
- [2] Douwes C. “*Zeemanstafelen en voorbeelden tot het vinden der breedte buiten den middag*”. Amsterdam: Gerard Hulst van Keulen, 1798, vierde druk.
- [3] Davids C.A. “*Zeewezen en Wetenschap*”. Amsterdam: Bataafsche Leeuw, 1985.
- [4] Anhaltin C.M. “*Oprechte en Waerachtige Ruytkaert Van de Grootte Zeevaert*”. Amsterdam: Hendrik Doncker, 1659.
- [5] Graaf, A. de. “*Beschrijvinge van de nieuwe ruyt-caert*”. Amsterdam: Pieter Goos, 1657.
- [6] Aa, A.J. van der. “*Biographisch woordenboek der Nederlanden, vierde deel*”. Haarlem: J.J. van Brederode, 1858, eerste druk.
- [7] Crone E. “De pleinschaal”. In: *Tijdschrift “De Zee”* (1927).
- [8] Asaert G. e.a. “*Maritieme geschiedenis der Nederlanden, derde deel*”. Bussum: De Boer Maritiem, 1976-1978.
- [9] Hogendijk J.P. “Middeleeuws Islamitische methoden voor het vinden van de richting van Mekka”. In: *Tijdschrift voor Nederlands Wiskundeonderwijs* (juni 1993).
- [10] Instituut voor de Nederlandse taal. *Historische woordenboeken Nederlands en Fries*. <https://gtb.ivdnt.org/search/> [Geraadpleegd: (15-05-2024)].
- [11] Ruëlle P. “*Voor-looper des zee-quadrants ofte Ruyt-caert*”. Amsterdam: Johannes van Loon, 1651.
- [12] Ruëlle P. “*Le Flambeau Reluisant*”. Amsterdam: Hendrik Doncker, 1667.
- [13] Haverkamp, P en Roon, J. van. “*Leerboek der zeevaartkunde, eerste deel*”. Den Helder: De Boer, 1942-1943, vijfde druk.