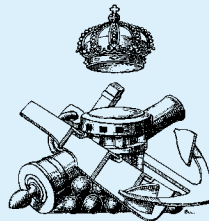


Astronomisk navigation förr och nu

Av Kent Nordström



Särtryck ur Tidskrift i Sjöväsendet N:r 2 2010

Sid 137-151



Ledamoten
KENT NORDSTRÖM

Kommendörkapten Kent Nordström bedriver sedan sin pensionering studier vid Göteborgs Universitet.

Astronomisk navigation förr och nu

År 2009 kallades för det astronomiska året. Då uppmärksammades att det var 400 år sedan Galileo Galilei riktade sin egentillverkade kikare mot himlen och funn bevis på att solen - och inte jorden - ligger i vårt solsystems centrum. Upptäckten var naturligtvis inte bara revolutionerande från vetenskaplig synpunkt utan också utomordentligt provocerande för den katolska kyrkan. Detta renderade som bekant Galilei en hel del repressalier och det var inte förrän i vår tid den katolska kyrkan officiellt erkände att Galilei hade haft rätt. I samband med firandet av det astronomiska året fick jag möjlighet att hålla ett föredrag vid Sjöfartsmuseet i Göteborg betitlat "Astronomisk navigation förr och nu". Föredraget återges här i något utökad form. Förhoppningsvis kan dess innehåll intressera läsare av denna tidskrift.

Efter en inledande historisk bakgrund beskrivs utvecklingen av instrument för astronomiska observationer jämte några då allmänt förekommande metoder för att finna ett fartygs position i latitud och longitud. Därefter beskrivs hur vårt moderna sätt att finna ett fartygs position genom ortlinjer kom till. Beskrivningen omfattar tiden mellan sent 1400-tal till tidigt 1900-tal. Den astronomiska och nautiska utvecklingen under denna långa tidsepok innehåller spännande vetenskapliga framsteg, som dokumenterats av många författare. De framsteg som återges här är helt och hållet mina egna val.

Historisk bakgrund

För att förstå varför sjöfarare huvudsakligen från Iberiska halvön blev pionjärer vid utforskandet av sjövägen till Indien måste vi gå tillbaka till tiden innan Kristi födelse. Några århundraden dessförinnan påbörjades kartläggning av himlen och himlakroppars positioner och rörelser av grekiska filosofer.¹

Instrument lämpade för observationer och metoder för förutsägelser utvecklades. I samband med att Alexander den store expanderade det grekiska riket öster- och söderut några hundra år f. Kr.

mötte den grekiska kulturen den omfattande kunskap om himlakroppars rörelser, som dokumenterats av babylonier under årtusenden dessförinnan. Vetenskapen utvecklades vidare och kunskapen förbättrades främst kanske i Alexandria, som - jämte Bagdad - torde ha varit dåtidens vetenskapliga centra. Biblioteket i Alexandria innehöll tusentals vetenskapliga skrifter. Omkring år 150 e. Kr. sammanställde filosofen Ptolemaios den samlade astronomiska kunskapen i det omfattande verket "Almagest", som bl.a. innehöll geometriska modeller för att kunna förutse solens, månens och de fem största planeternas rörelser jämte positioner för ett tusental stjärnor.²

Alexandria inklusive biblioteket förstördes ca 300 år e. Kr. vilket innebar att endast en begränsad mängd skrifter kunde räddas till eftervärlden. De flesta hamnade i den arabiska världen. Kunskapen förvaltades vidare av arabiska vetenskapsmän under många hundra år och spreds inom arabvärlden och även till Persien, Indien och kanske Kina. När morerna erövrade norra Afrika och delar av den Iberiska halvön i början av 700-talet följde den astronomiska kunskapen med. Morerna fördrevs från Iberiska halvön cirka år 1200 och efterlämnade ett omfattande vetenskapligt kulturarv, som kunde användas vidare.³

Nära samtidigt med morernas fördrivning från Iberiska halvön hade Marco Polo återkommit från sin resa till Kina. Det blev således klart för många européer att omfattande rikedomar och begärliga produkter såsom kryddor, siden, ädelstenar m.m. fanns i länderna långt österut. Intresset för att kunna etablera handelsförbindelser uppstod. Men kanske en annan faktor också hade någon betydelse. Katolska kyrkan fanns i de västeurope-

iska länderna. Människor i allmänhet var djupt religiösa och många - främst de besuttna - kanske såg som sin uppgift att rädda förtappade själar på andra platser på jorden genom att omvända dessa till den rätta tron. Det skulle alltså vara möjligt och lämpligt att kombinera handel med insatser för religiös omvändelse. Den förste person, som förmodligen insåg dessa möjligheter var den portugisiska prinsen Henrik, som med tiden fick tillnamnet Sjöfararen.

Under Henriks levnad i mitten av 1400-talet etablerades skolor för utbildning av sjömän i navigationskonsten. Den astronomiska kunskapen nödvändig för att kunna utveckla metoder att navigera på det öppna havet hämtades från det arabiska kulturarv morerna lämnat efter sig. Ledande vetenskapsmän drogs till Portugal för att bidra. Liknande ansträngningar skedde också i Spanien.

Under Henriks levnad och århundradet därefter utökade Portugal systematiskt sin intressesfär genom allt längre resor över haven med målet att finna sjövägen till Indien och Fjärran Östern:

- Madeira upptäcktes 1419 av João Gonçalves Zarco;
- Azorerna upptäcktes 1427 av Gonçalo Velho;
- Kap Verde upptäcktes 1455 av Alvise Cadamosto;
- Ekvatorn utanför Afrikas östra kust nåddes 1484;
- Godahoppsudden nåddes 1488 av Bartolomeu Diaz;
- Vasco da Gama seglade till Indien och nådde fram 1498;
- Pedro Àlvarez Cabral korsade Atlan-

ten och seglade längs Brasiliens kust 1500;

- Jorge Álvarez nådde Kina via Godahoppssudden 1513.

Även det andra landet på den Iberiska halvön - Spanien - visade under samma tidsepok liknande intresse för att öppna handel med länder i östern. Italienaren Columbus och portugisisen Magellan, som båda arbetade för den spanska kronan, hade som mål att finna sjövägen till Indien. Som bekant hittade aldrig Columbus sjövägen till Indien via en förmodad passage någonstans i Centralamerika. Magellan däremot hittade passagen mellan Sydamerikas södra del och Eldslandet år 1520 och kunde fortsätta sin seglats in i Stilla Havet.

De portugisiska och spanska resorna hade således samma mål och konkurrensen dem emellan förorsakade uppenbarligen en hel del förvecklingar i ländernas umgänge på hemmaplan. Den katolska kyrkan såg sig föranlåten att dela den nya världen i en portugisisk och en spansk intressesfär redan år 1492. Skiljelinjen drogs på meridianen W 33° 33' väst och sedermera år 1493 på W 47° 30' väst. Länder och havsområden väster om skiljelinjen fördelades till Spanien. Länder och havsområden öster om linjen tilldelades Portugal.⁴

Idag finner vi rester från denna kyrkans indelning såtillvida att:

- I Brasilien, som huvudsakligen ligger öster om meridianen W 47° 30', Angola, Mocambique, Macao, Östra Timor m.fl. länder och platser talas fortfarande portugisiska;
- I Centralamerika och övriga Sydamerika jämte Filippinerna talas spanska.

Men hur hittade dessa tidiga sjöfarare rätt?

Tidiga latitudbestämningar och instrument

Sedan lång tid tillbaka var det känt att Polstjärnan stod i norr och att dess höjd berodde på var någonstans på jorden observatören befann sig. Likaledes var det känt att himlakroppar kulminerade när de befann sig i meridianen.⁵

Genom de portugisiska och sedermera spanska insatserna utvecklades och dokumenterades metoder för latitudbestämning av Polstjärnan och solen i verket "Arte de Navigar" först utgivet 1495. Men tidigare utgåvor fanns troligen. I denna "Arte de Navigar" finner vi regler för latitudbestämning med solen kallat "Regiment of the Sun" och med Polstjärnan i "Regiment of the North". I andra verk som "Regimento de Astrolabio e do Quadrante" från 1495 återfinns bl.a. hur höjden av en himlakropp ska mätas. I det spanska verket "Breve Compendio de la Sphera" från cirka 1500 beskrivs hur den mätta höjdvinkeln av Polstjärnan ska korrigeras beroende på stjärnans position relativt den celesta nordpolen vid mättillfället.⁶

Uppgifter om himlakroppar nödvändiga för denna tidiga astronomiska navigation fanns – främst uppgifter om solens och stjärnors deklination. Det arabiska arvet i form av de s.k. Tolediska tabellerna förbättrades i flera steg och kom att bli kallade först de Alfonsinska tabellerna, namngivna efter den dåvarande kungen Alfonso av Kastilien, och sedermera genom systematiska observationer utförda av bl.a. Tycho Brahe som de s.k. Rudolfska tabellerna.⁷

Idag säger vi – litet slarvigt – att Polstjärnan befinner sig rakt ovanför nordpolen och att vi alltid vet i vilken riktning nord finns genom att sikta mot stjärnan –

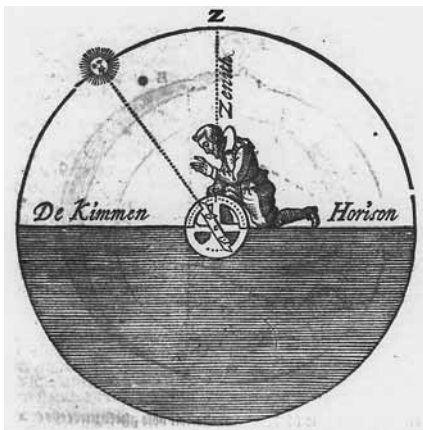


Bild 1. Mariner's astrolabe.⁹

förutsatt att vi befinner oss på norra halvklotet. Emellertid ligger inte Polstjärnan rakt ovanför nordpolen och den nordliga riktningen blir bara ungefärlig. Stjärnan beskriver – som vi ser det från jorden – en cirkelrörelse runt himmelsfärens axel nära den celesta nordpolen. Storleken på denna cirkelrörelse är idag knappt en grad och radien är komplementvinkeln till Polstjärnans deklination, som idag är ungefär N 89° 20'. Under 1500-talet däremot var stjärnans deklination åtskilliga grader mindre på grund av den dåvarande riktningen av jordens axel, vars riktning ändrar sig kontinuerligt på grund av jordaxelns precessionsrörelse.⁸ Höjdvinkel till Polstjärnan och solen mättes av de tidiga sjöfararna med en kvadrant, korsstav eller en s.k. ”Mariners astrolabe.” Alla har gammalt ursprung och torde ha använts av grekiska filosofer redan innan Kristi födelse.

Kvadranten är ett enkelt vinkelmätninginstrument. Den bestod av en mässings- eller träskiva formad som en kvarts cirkel. I instrumentets spets var en tunn tråd fäst. I trådens fria ände satt en tyngd. Mätningen skedde genom att ob-

servatören använde en av de raka sidorna och riktade denna mot Polstjärnan. Samtidigt befann sig tråden i lodrätt position på grund av sin tyngd. Längs radien på instrumentet fanns en graverad gradskala. Avläsning av höjdvinkel skedde genom att läsa av gradtalet där tråden ”träffade” gradskalan – höjdvinkel och zenitavstånd. Det förefaller som detta instrument, trots sin enkelhet, sedermera ersattes av korsstaven på grund av att det var svårt att använda kvadranten från ett fartygsdäck i rörelse.

”Mariners astrolabe” har ett utseende, som liknar det tidiga astronomiska instrumentet astrolabium, som utvecklades av de tidiga grekiska astronomerna men som senare bringades till perfektion i arabvärlden. Instrumentet användes av astronomer för förutsägelser av himlakroppars positioner och det gick också att mäta höjdvinklar. Med instrumentet, som med modernt språkbruk tveklöst skulle kunna rubriceras som multifunk-

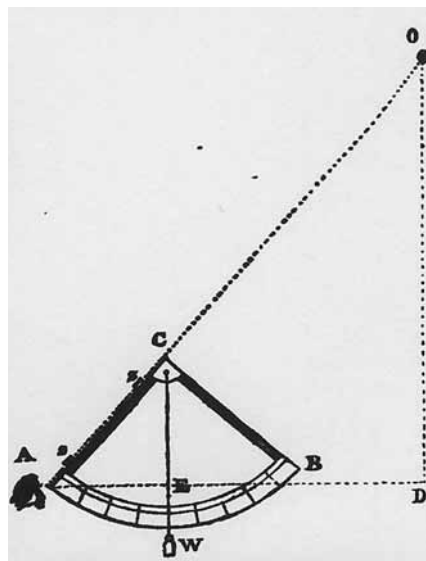


Bild 2. Kvadrant.¹⁰

tionellt, kunde ett femtiotal astronomiska problem lösas.¹¹ Det marina instrumentet gav enbart möjlighet att mäta höjdvinklar. Det är gjort som en ring i metall med en mätarm - en s.k. alhidad - placerad i och rörlig kring dess centrum. Instrumentet hängdes upp eller hölls upp för att hänga i lod. Instrumentet riktades mot solen och vinkeln mellan den rörliga mätarmen och horisonten kunde avläsas på instrumentets ring. Vinklar upp till 90 grader kunde mätas. Magellan medförde vid sin seglats jorden runt bl.a. sju astrolabier och 21 kvadranter.¹²

Korrektionen till höjdvinkeln beroende på Polstjärnans position relativt nord kunde avläsas på ett instrument kallat "bozina" - på svenska närmast "det lilla hornet". I hornets spets fanns ett hål genom vilket Polstjärnan siktades. Hornet vreds därefter så att det täckte stjärnbilden Ursa Minoris - Lilla Björnen. En ska-

la på en fast ring centrerad runt sikthålet mot stjärnan visade storleken och tecknet på den korrektion, som skulle nyttjas vid beräkning av latituden. När stjärnan befann sig över polen visade "bozina" att korrektionen skulle vara negativ och vice versa när stjärnan befann sig under polen. En jämförelse med dagens metod visar att denna 1500-tals metod gav en förvånande god noggrannhet förutsatt att mätning gjordes korrekt och att "bozinas" korrektionsskala återspeglade stjärnans verkliga polavstånd.¹³

Korsstaven består av en träarm på vilken finns en mot träarmen vinkelrät placerad rörlig mätarm. Observatören riktar träarmen mot stjärnan och justerar den rörliga armen - en löpare - så att ögat samtidigt ser stjärnan och sjöhorisonten. Höjdvinkeln avläses därefter på en skala på träarmen. I praktiken kunde höjdvinklar upp till högst 45 grader mätas. Även

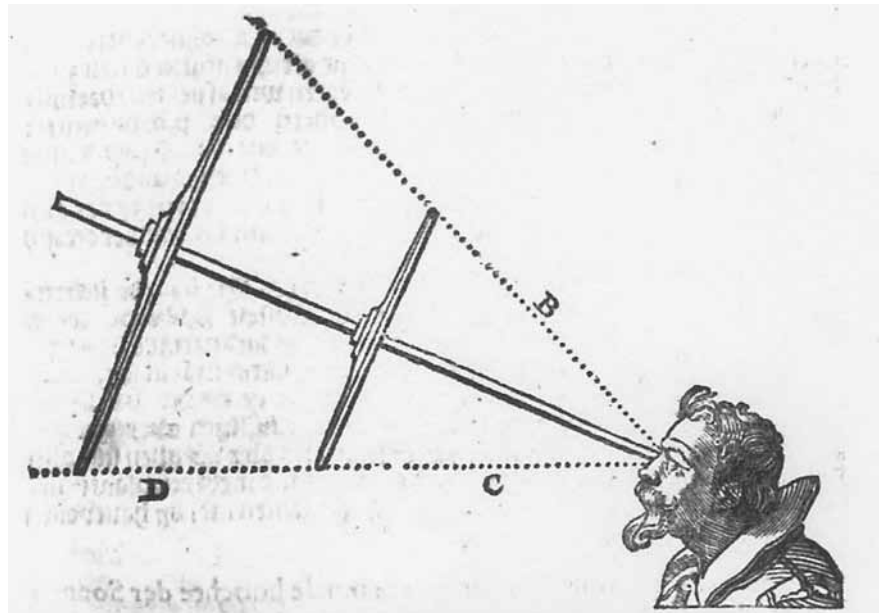


Bild 3. Korsstav.¹⁴

korsstaven har gammalt ursprung.¹⁵ Ju större vinklar som mäts desto närmare observatörens öga måste den rörliga mätarmen placeras. Skalans gradering måste därför göras allt tätare ju närmare ögat mätarmen står. Noggrannheten vid mätning av stora vinklar blir sämre än vid mätning av mindre vinklar. Större vinklar innebar också svårigheter att med ett öga syfta på både himlakroppen och sjöhorisonten samtidigt. Instrumentet var lätt att hantera men inte lämpligt för mätning mot solen på grund av att solens starka ljus störde observatörens öga.

Med dessa tidiga instrument kunde höjder mätas med en noggrannhet av uppskattningsvis en grad, i bästa fall kanske en halv grad. Kombinationen korsstav och ”bozina” var tvivelsutan väl anpassade för de tidiga sjöfararnas behov.

Ett instrument påminnande om ”bozina” med delvis liknande användning var en ”nocturnal”. Men här används stjärnbilden Ursa Majoris – Stora Björnens - position runt Polstjärnan som underlag för korrektion av höjdvinkeln.¹⁶ Det förefaller som om instrumentet ”nocturnal” har sitt ursprung i kyrkans värld – ”nocturnal” betyder ungefär ”nattlig sång eller bön i klostret”. Eftersom instrumentet under dygnets mörka del kunde visa en ungefärlig medeltid var det möjligt att kalla till vesper på rätt klockslag. Instrumentet torde inte ha varit allmänt förekommande ombord. Däremot fanns för nautiskt bruk någon variant av instrumentet med vars hjälp datum och tidpunkter för tidvattnets högsta och lägsta höjder kunde tas fram för orter på de brittiska öarna.¹⁷

En vidareutveckling av korsstaven beskrivs år 1643 av John Davis i boken ”Seaman’s Secret”. Det blev nu möjligt att mäta vinklar överstigande 45 grader och solens höjdvinkel utan att ögat utsattes

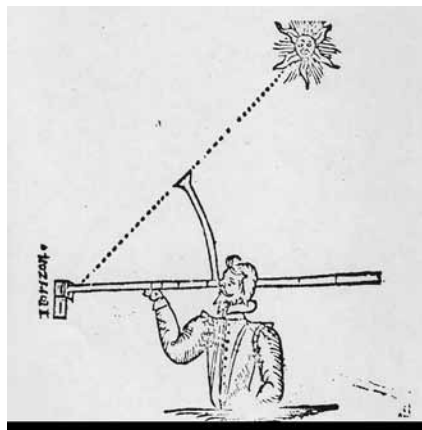


Bild 4. "Back-staff" i ursprungligt utförande.¹⁸ Senare instrument kunde mäta upp till 90°.

för skadlig strålning. Instrumentet blev allmänt känt som en s.k. ”back-staff”.¹⁹ Observatören stod med ryggen mot solen och riktade instrumentet så att han samtidigt genom smala springor kunde se horisonten och solens kant, som reflekterades via en metallplatta mot hans öga.

Solens höjd vid meridianpassage, då dess höjd är som störst, mättes på samma sätt som idag – mot solens övre eller undre kant. Någon klocka fanns inte och tiden för meridianpassage kunde således inte förutbestämmas. Meridianpassagen konstaterades genom en kombination av att med magnetkompassen avgöra sydlig eller nordlig riktning och solens högsta höjd genom mätning. Uppmätt höjdvinkel korrigerades schablonmässigt för solens halvdiameter så att höjdvinkeln ökades med 15 bågminuter vid mätning mot underkanten och minskades lika mycket vid mätning av överkanten. Några korrektioner för observatörens höjd över vattenytan eller för refraktion tillämpades inte alls. Däremot gjordes observatören uppmärksam på diverse mätfel, som

kunde uppkomma vid användning av en korsstav. Ett märkligt fel grundades på hur djupt ögat satt i observatörens skal-le!²⁰ Endast solens övre meridianpassage i de tre möjliga alternativen behandlades i tidiga skrifter:²¹

- Solen finns mellan zenit och ekvinoktialen (himmelsekvatorn);
- Ekvinoktialen befinner sig mellan zenit och solen;
- Zenit finns mellan solen och ekvinoktialen.

Dessa tre alternativ används än idag men innefattar även en metod för att finna latitud via solens undre meridianpassage.²²

Tvivelsutan var tidigt fokus inriktat mot att med hjälp av Polstjärnan och solen finna fartygets latitud. Men möjligheten att bestämma latituden på det södra halvklotet skiljer sig från möjligheterna på det norra. Södra himmelsfären saknar en ”polstjärna” som medger enkel bestämning av latitud. En alternativ lösning stod att finna genom användning av stjärnbilden Crux – Södra Korset. I portugisiska skrifter från tidigt 1500-tal antyds möjligheten att bestämma latitud då stjärnbildens gamma- och alfastjärnor syns på en linje vinkelrätt från horisonten, gammastjärnan under alfastjärnan. Crux roterar kring södra himmelspolen på samma sätt som Polstjärnan omkring den norra. Gamma Crux deklination var på 1500-talet knappt S 60° och rotationen skedde således på en betydligt större cirkel än för Polstjärnan runt den celesta nordpolen. Endast då stjärnbilden intar detta speciella läge i meridianen kunde latituden bestämmas. Anvisningen motsvaras av att latituden är skillnaden av stjärnans höjd och dess polavstånd:²³

For if the said Height be thirtie degrees,

then wee are in the very equinoctial, and if it be more than thirtie degrees then we bee so much past the equinoctial towards the South. And if it be less than thirtie degrees, so much as it wanteth are we to north of the equinoctial.

Därmed kan vi anse att sjöfararna fram till mitten av 1600-talet hade fått både metoder och hjälpmedel för att bestämma latitud på både norra och södra halvklotet.

Tidiga longitudbestämningar och nya instrument

Den astronomiska navigationens klassiska problem var att longitud inte kunde bestämmas. Olika idéer för problemet skulle kunna lösas dokumenterades av:

- Holländaren Gemma Frisius år 1530, som förde fram att longituden skulle kunna bestämmas genom att beräkna skillnaden mellan tiden på navigatörens ort och tiden på någon referensort med en klocka;
- Tyskarna Johannes Werner och Petrus Apianus, som år 1533 beskrev möjligheten att använda månen som en klocka i rymden. Månens rörelse bland stjärnorna är cirka 13 grader per dygn och vinkeln mellan månen och t.ex. en stjärna (den s.k. distansen) är entydig vid en viss tidpunkt.²⁴

Även andra möjligheter diskuterades såsom utnyttjandet av Jupiters månar, månförmörkelser, ockultationer av stjärnor runt månen och ”moon-culminating stars” men ingen av dessa metoder var särskilt lämpade för nautiskt bruk.²⁵ Utvecklingen fördröjdes av många orsaker fram till slutet av 1700-talet:

- De astronomiska mätinstrument som

fanns var inte tillräckligt noggranna;

- Astronomiska data – s.k. efemerider – med betydligt högre noggrannhet än de Rudolfska tabellerna krävdes;
- Metoder omsatta i enkla regler för mätning och beräkning för longitudbestämning saknades;
- Noggranna klockor anpassade för bruk ombord fanns inte och verkade vara mycket svåra att tillverka.²⁶

Från slutet av 1600-talet och framåt tog vetenskapen betydande steg framåt och resultaten kom så småningom sjöfararna till del i form av förbättrade instrument, tabeller och metoder för bestämning av longitud. Greenwich observatorium etablerades år 1675 och dess förste ”Astronomer Royal” blev John Flamsted. Observatoriets tillkomst kan tillskrivas behovet att hitta metoder för bestämning av longitud. Flamsteds uppgifter, såsom i instruktionen från den engelske monarken Charles II till honom, var tydliga nog:²⁷

”...fortwith to apply himself with the most exact care and diligence to the rectifying the tables of the motions of the heavens and the places of the fixed stars, so as to find out the so-muched desired longitude of places, for perfecting the art of navigation”.

Newtons berömda verk Principia utkom år 1687. Här förklarades gravitationen och gravitations påverkan på himlakroppar. Med denna nya kunskap blev det möjligt att beräkna himlakroppars framtida positioner noggrant för en valfri framtida tidpunkt på samma sätt som vi ser i en nautisk almanacka. Undantaget var månen, vars rörelse är oregelbunden och därför var svåra att förutberäkna.

Efter den tragiska sjöolyckan vid Scilly Islands år 1711 tog intresset för att finna metoder för longitud ordentlig fart. Inte minst torde den betydande prissumman från år 1714 på 20.000 pund ha bidragit.

Instrumenten genomgick på 1700-talet en betydande utveckling. Hadley’s oktant presenterades för brittiska Royal Society år 1731. Samtidigt hade amerikanen Godfrey tillverkat ett liknande instrument. Oktanten var ett instrument med dubbla speglar – ett dubbelreflexionsinstrument - och kunde mäta vinklar upp till 90 grader. Principen för instrumentet hade uppfunnits av Newton redan på sent 1600-tal men uppfinningen verkar därefter ha fallit i glömska. Med strålgången från himlakroppen via speglarna kunde nu observatören enkelt se både himlakropp och sjöhorisonten i samma riktning. De första oktanterna var relativt stora med en radie av omkring 20 tum – 60 cm. De försågs med graderade nonieskalor, vars princip utvecklats redan i början av 1600-talet av den portugisiska astronomen Pedro Nuñez.²⁸ Med nonieskalan kunde, beroende på noniens indelning, avläsning av en vinkel göras i bästa fall på 1-2 bågminuter när, alltså en betydande förbättring jämfört med de tidigare instrumenten.

Oktanten vidareutvecklades och det nya instrumentet kom att kallas sextant med vilken vinklar upp till 120 grader blev möjliga att mäta. Tillverkningsmaterialet blev mässing i stället för trä. Instrumentet blev därigenom mindre känsligt för fukt och växlingar i temperatur jämfört med oktanterna, som alla hittills varit i trä. De nya instrumenten försågs med kikare för att förbättra mätningarnas noggrannhet. Främst användes s.k. astronomiska tuber, som gav erforderlig förstoring men också bekymmer för observatören då bilden i denna typ av kikare vänder bilden upp och

ned. Genom akromatiska linser i tuberna reducerades problemen med kromatisk aberration – oskärpa på grund av diffus färgåtergivning.²⁹ Genom uppfinningen ”the dividing engine” år 1775 kunde instrumenten göras mindre samtidigt som noggrannheten förbättrades. Det blev nu möjligt att avläsa vinklar på nonieskalan med en noggrannhet på i bästa fall 10 bågsekunder.³⁰

Flamsteds ansträngningar under 40 år publicerades efter hans frånfälle i en omfattande och förbättrad stjärnkatalog år 1725. Efterföljaren Halley, den andre ”Astronomer Royal”, hade då kompletterat katalogen med data över månens rörelser efter 18 års observationer.³¹ Trots tillgång på mycket data över månens rörelser och kunskap om gravitationen var det fortfarande inte möjligt att tillräckligt noggrant förutbestämma månens position.

Det som återstod för longitudbestämning via måndistanser var en tillförlitlig modell över månens oregelbundna rörelse. Många av dåtidens främsta astronomer såsom Halley, Lemonnier, Bradley, Cassini, D’Alembert och Clairaut ägnade under första halvan av 1700-talet mycken tid åt att utifrån insamlade data hitta lösningar. De flesta astronomer menade då att longitud inte skulle kunna bestämmas bättre än på 2,5 grader när.³² Men det var den tyske astronomen Mayer som kom med lösningen år 1750. Den Mayerska modellen predikterade månens position med en noggrannhet på 75 bågsekunder – motsvarande ett fel i longitud på ungefär cirka en halv grad.³³ Därmed fanns ett verktyg med vilket måndistanser kunde förutberäknas och publiceras för flera år framöver. Praktiska försök med de Mayerska tabellerna genomfördes åren 1761-1762 under resa mellan Storbritannien och St. Helena av den tillträdande ”Astrono-

mer Royal” Neville Maskelyne. Resultatet publicerades i ”The British Mariner’s Guide” år 1763, som är en reseskildring med många exempel på måndistansers lösande utförda under resan. Den fullständiga titeln anger att en noggrannhet inom en grad kunde förväntas.³⁴ Några år därefter publicerades genom Maskelynes försorg:

- ”Tables Requisite”, som får anses vara en lärobok i astronomisk navigation där några olika metoder för måndistansers lösande finns. Även diverse tabeller ingår;³⁵
- ”Nautical Almanac and Ephemeris for the Year 1767”, som bl.a. innehåller måndistanser för var tredje timma varje dygn under hela detta år.

Efter nästan 100 år av akademiska ansträngningar hade lösningen på longitudproblemet fått en astronomisk-vetenskaplig lösning. Således blev det från år 1767 för sjöfarare i allmänhet möjligt att bestämma både latitud och longitud med astronomiska metoder. Strax dessförinnan hade John Harrisons kronometer, den fjärde i ordningen, visat imponerande noggrannhet under resa fram och tillbaka mellan Storbritannien och Jamaica. Harrison tillerkändes strax innan sin död det pris som instiftats år 1714 – ”The Longitude Price”. Noggrannheten i Harrisons kronometer och därmed möjligheten att noggrant bestämma longitud översteg vida vad som erhöles med måndistanser, ett faktum som troligen var nog så genant för den akademiska eliten.

Noggrannheten av Harrisons kronometer bekräftades sedermera av den berömda James Cook på hans andra resa till Stilla Havet åren 1772-1775. I en rapport hem skriver Cook: ³⁶

Mr. Kendals Watch has exceeded the ex-

pectations of its most zealous Advocate and by being now and then corrected by lunar observations has been our faithful guide through all the vicissitudes of climates.

Ett ännu tydligare uttalande över kronometerns förträfflighet noterades av Cook i fartygets journal:³⁷

I must here take note that indeed our error (in longitude) can never be great, so long as we have so good a guide as (the) watch.

Måndistanser för bestämning av longitud användes fram till slutet av 1800-talet men metoden ersattes mer och mer av metoden med kronometern, som för sjöfararen var betydligt enklare att hantera.

Positionslinjer

År 1837 inträffade en händelse som skulle revolutionera astronomisk navigation. Bakgrunden är följande. Den amerikanske sjökaptenen Sumner var under resa

mellan Charleston, South Carolina till Greenock i yttre delen av floden Clyde i Skottland. Efter passage av meridianen W 21° blev vädret så dåligt att inga astronomiska observationer kunde göras. Resan fortsatte med nordostlig kurs under nästan en vecka utan att positionen kunde fastställas. På väg in i St. George's Channel den 17 december öppnade sig himlen ett kort ögonblick och Sumner kunde mäta en solhöjd och avläsa tiden på sin kronometer. Hans räknade position var då endast cirka 30 distansminuter från Wales sydvästra spets och osäker. Vad Sumner då gjorde var att räkna fram två möjliga positioner genom att anta två värden på latituden, den ena större och den andra mindre än den räknade. Han visste tidpunkten från kronometern och kunde med hjälp av sin nautiska almanacka räkna fram solens deklination och han hade sin mätta (korrigerade) solhöjd. Därmed kunde han beräkna solens tim-

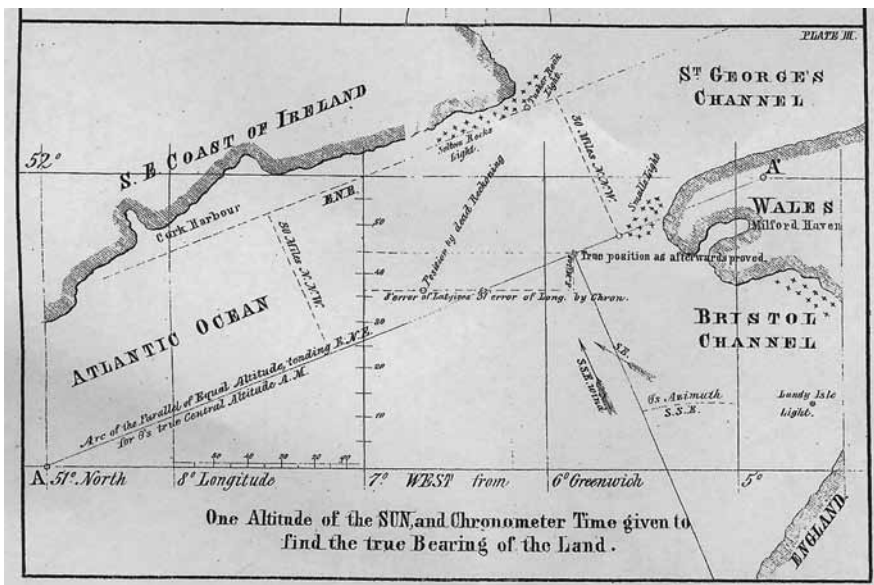


Bild 5. Sumnerlinje dragen mellan punkterna A och A'.⁴³

vinkel i den sfäriska triangel vars sidor var komplementvinklarna till den antagna latituden, solens deklination och höjden. Solens timvinkel motsvarar sann tid. Genom korrektion med tidsekvationen hämtad ur den nautiska almanackan fick han fram sin medeltid. Därefter beräknade han skillnaden mellan kronometerns tid och den framräknade medeltiden och fick sålunda fram den longitud, som motsvarade den först antagna latituden.³⁸ Genom ytterligare en beräkning med den andra antagna latituden fick Sumner fram nästa longitud. När Sumner sedan lade ut sina framräknade positioner i sitt sjökort av Mercators projektion visade det sig att både de två framräknade positionerna och den räknade låg på en linje som pekade mot Small's fyr (N 51° 48', W 05° 30'). Sumner slöt sig då till att hans position rimligen måste ligga någonstans på denna linje – den s.k. Sumnerlinjen.³⁹

Sumner publicerade sina rön år 1843. I samband därmed fick han ett erkännande från en kommitté knuten till örlogsvärvet i Boston:⁴⁰

...our committee is of the opinion, that in practice Capt. Sumner's discovery (for we can call it nothing less) will prove a useful auxiliary to the present knowledge of Navigators, and, as such, would recommend it to the attention of all persons interested in the promulgation and improvement of Nautical Science.

Det intressanta med Sumner's metod, som bygger på enbart en observation, kan sammanfattas:⁴¹

- Den framräknade positionen ligger på en småcirkel – likahöjdcirkel - vars radie är zenitavståndet, alltså komplementvinkeln till den sanna höjden;
- Beräkningen undviker eventuella fel,

som beror av ett verkligt fel i den räknade latituden;

- En linje vinkelrät mot Sumnerlinjen visar azimut mot himlakroppen;
- Metoden kan användas mot valfri himlakropp vid valfri tidpunkt på dygnet.⁴²

Inget hindrar emellertid att fler himlakroppar används vid observationstillfället. Positionen blir då där flera Sumnerlinjer skär varandra. Positionen bestäms då i både latitud och longitud. Likaså kan enstaka observationer göras vid olika tidpunkter och den första Sumnerlinjen transporteras till den andra för positionsbestämning i både latitud och longitud.

Upptäckten av Sumnerlinjen blev starten för nästa utveckling av positionslinjenavigering. Fransmannen de Magnac hade år 1867 upplevt omständigheter liknande de Sumner hade trettio år tidigare. Under skymning observerade de Magnac en stjärna nästan i zenit men ingen dåvarande känd beräkningsmetod medgav att han kunde utnyttja sin observation. Detta blev starten på fruktbart samarbete mellan franska astronomer och sjöofficärer, som år 1875 resulterade i skriften "Nouvelle Navigation Astronomique".⁴⁴ I denna omnämns Marcq St. Hilaire och hans "méthode du point rapproché", av engelska navigatörer kallad "the intercept method" och i Sverige höjdmotoden. Båda dessa översättningar av den franska texten återspeglar knappast textens rätta innebörd. Den franska texten betyder snarare "metoden att hitta en position, som ligger närmast den sannolika".

Metoden bygger på, som många läsare redan vet, att zenitavståndet för den uppmätta (sanna) höjden jämförs med zenitavståndet för den höjd som räknas fram utifrån besticket eller en antagen

position. Zenitavstånden är radier i de likahöjdcirklar som utgår från observerad respektive räknad höjd. Skillnaden mellan dessa zenitavstånd – den s.k. dh – som vanligtvis är en liten kvantitet, läggs ut i sjökortet från besticket eller en antagen position i riktning mot eller från himlakroppen beroende på tecken. En linje dragen vinkelrätt mot riktningen på avståndet dh från den räknade eller antagna positionen blir en positionslinje – egentligen en småcirkel – som i ett sjökort av Mercators projektion blir en rät linje – ortlinjen – på vilken observatören befinner sig. Samtidiga observationer mot flera himlakroppar ger skärning mellan två eller flera ortlinjer och skärningspunkten är fartygets position.

Fransmannen du Boisys lämnade omkring år 1880 en intressant sammanfattning och profetia av höjdmotodens bärkraftighet.⁴⁵

In short the calculation of point rapproché is par excellence the Nautical Problem, and a Master who understands and uses it derives advantage from it which other astronomical observations do not give. According to opinions of eminent French officers who have practised the calculation of point rapproché, this problem and that of Latitude by Meridian Altitude or Pole Star will, before long, be the only ones employed at sea, and the last two will continue in use for the single reason that they are short, but they do not give better results.

Höjdmotoden är både elegant och enkel att tillämpa men fick inte något stort genomslag utanför Frankrike förrän en bit in på 1900-talet. Kanske var metoden för omvälvande när den presenterades. Men fördröjningen av dess införande i länder utanför Frankrike kanske också berodde

på trångsynthet hos tongivande auktoriteter inom navigationsvetenskapen. En av dessa synes ha varit engelsmannen Lecky, som år 1894 ger sin syn på höjdmotoden:⁴⁶

...this New Navigation the reader can take or leave as he pleases. Whilst admitting its neatness, the writer is averse to the diagram part of this method, which somehow seems out of place in a ship... Like lunars, the New Navigation is of the fancy type – all very well with gentle zephyrs, but not suited to oilskin weather.

Även i den svenska läroboken i teoretisk och praktisk navigation av år 1896 uttrycks tvivel:⁴⁷

...Metoden är utan tvivel mycket vacker och tilltalande, men den större noggrannhet, som vinnes genom densamma, torde icke uppväga det betydligt ökande besvär, som den medför.....

Avslutning

När vi ser tillbaka på utvecklingen av metoder och instrument under den långa tid som förflutit från sent 1400-tal tills i dag kan vi se att mycket har hänt. Metoder har förenklats. Hjälpmedel har blivit allt mindre till omfånget men samtidigt noggrannare. Idag – mer än hundra år efter upptäckten av höjdmotoden – vet vi att denna tillsammans med kronometern fått en total acceptans bland all världens navigatörer på grund av enkelhet och noggrannhet. De metoder för latitudbestämning via meridianpassage av himlaskroppar med ursprung från 1500-talet lever kvar därför att de är enkla att tillämpa i praktiken. Du Boisys profetia var tvivelsutan inte bara framsynt utan också alldeles korrekt. Och principen med likahöjdcirkeln lever faktiskt vidare i det nu allomfattande GPS-systemet.

Fartyg utrustat med GPS mäter avstånd från tre eller fler satelliter samtidigt. Eftersom satelliterna, beroende på sina omloppsbanor i rymden, befinner sig på olika avstånd från fartyget tar signalerna från de olika satelliterna olika lång tid att nå fartyget. Ett fartyg kan alltså befinna sig var som helst på en cirkel på jorden

vars radie representeras av avståndet till satelliten. Genom GPS erhålls tre eller flera cirklar som ger en otvetydig skärningspunkt i fartygets position. Likheten att bestämma positionen med flera astronomiska ortlinjer enligt höjdmetsoden är alltså slående!

Källor

1. William Bourne. *Regiment for the Sea*. London 1574.
2. Charles Butler. *An Easy Introduction to the Mathematics*. Oxford 1814.
3. Charles H. Cotter. *A History of Nautical Astronomy*. London 1968. SBN 370 00460 4.
4. John Davis. *The Semans Secret part 1 and 2*. London 1643.
5. Michael Hoskin. *The Cambridge Concise History of Astronomy*. Cambridge University Press 1999. ISBN 0 521 57600 8.
6. Derek Howse. *Background to Discovery*. University of California Press, 1990. ISBN 0-520-06208-6.
7. Derek Howse. *Greenwich Time and the Longitude*. London 1998. ISBN 0-85667-468-0.
8. E.G. af Klint. *Lärobok i Navigationsvetenskapen*. Andra upplagan. Stockholm 1845.
9. Neville Maskelyne. *The British Mariner's Guide containing Complete and Easy Instructions for the Discovery of the Longitude at Sea and Land, within a Degree, by Observations of the Distance of the Moon from the Sun and Stars, taken with Hadley's Quadrant*. London 1763.
10. Adrianus Metius. *Astronomische ende Geografische Onderwysinghe in dewelcke door't gebruyck...*Amsterdam 1632.
11. *Navigation 2*. Värnamo 1983. ISBN 91-38-07858-9.
12. Kent Nordström. *Astronomisk navigation utan kronometer – en utmaning*. Tidskrift i Sjöväsendet nr. 2/2005. Karlskrona 2005. ISSN 0040-6945.
13. Harold N. Saunders. *All the Astrolabes*. Oxford 1984. ISBN 0-906831-04-0.
14. Dana Sobel. *Longitude. The true story of Lone Genius Who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*. London 1996. ISBN 1-85702-571-7.
15. *Tables Requisite to be used with the Astronomical and Nautical Ephemeris*. Published by the Order of the Commissioners of Longitude. London 1766.
16. E.G.R. Taylor. *The Haven-Finding Art, A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. London 1971. ISBN 0-370-01347-6.
17. Sören Thirslund. *Trek av navigationens historie, del 1*. Helsingör, Danmark, 1987. ISBN 87-981869-1-4
18. Michael VanVaerenbergh och Peter Ifland. *Line of Position Navigation, Sumner and Saint-Hilaire, two pillars of modern celestial navigation*. Bloomington, Indiana, U.S.A. 2003. ISBN 1-58832-068-5.
19. Thomas H. Sumner. *A new and accurate method of finding a ship's position at sea*. Boston 1851. Första utgåvan tryckt i Boston 1843.
20. Herman Wrangel. *Lärobok i teoretisk och praktisk navigation*. Göteborg 1897.

Noter och hänvisningar.

1. Hoskin, s. 39. Hipparcus upptäckte cirka 150 år f. Kr. jordens precessionsrörelse, som bl.a. innebär att stjärnors deklinationsvärden förändras med tiden. Likaså att den s.k. vårdagjämningpunkten inte ligger fast i Vädurens (Aries) stjärntecken utan förflyttas. F.n. ligger den i Fiskarnas stjärnbild och rör sig mot Vattumannens.
2. Ibid. s.40.
3. Ibid. s. 51.
4. Thirslund, s. 70-71.
5. Ibid. s. 45.
6. Cotter, s.132.
7. Hoskin, s. 78 och 110.
8. Det var filosofen Pytheas boende i Marseilles, som cirka 300 år f. Kr. först upptäckte att Polstjärnan inte ligger exakt på den norra himmelspolen.
9. Metius, s. 121.
10. Butler, s. 424.
11. Saunders, s. 2. Med ett astrolabium kunde på en viss ort t.ex. lokala tider för dagens fem muslimska böner och riktningen till Mecca – den s.k. qiblan - fås fram.
12. Thirslund, s. 67.
13. Korrektionen motsvaras av dagens korrektioner när Polstjärnan används för latitudbestämning. Dessa korrektioner benämns a0, a1 och a2 och tar hänsyn till stjärnans verkliga läge vid cirkelrörelsen kring den celesta nordpolen vid tidpunkten för mätningen.
14. Metius, s. 125.
15. Cotter, s. 64. Andra namn på detta instrument är ”Bella Stella”, ”Radius Astronomicus”, ”Virgo Visoria”, ”Bacculus Jacobi” eller jakobsstav.
16. Taylor, s. 163.
17. Davis, Seamans Secret, Part 1.
18. Ibid. Part 2.
19. Ibid. Part 2.
20. Bourne, chapter 6.
21. Davis, Seamans Secret part 1.
22. Navigation 2, s.100. I äldre läroböcker behandlades både övre och undre meridianpassager för solen, månen, planeterna och stjärnor.
23. Cotter, s. 140. Citatet torde ha hämtats från ”Certain Errors in Navigation and Corrected” skriven av engelsmannen Edward Wright i slutet av 1500-talet men återfanns i flera brittiska s.k. ”treatises”.
24. Nordström. En relativt fullständig redogörelse för hur måndistanser används för att finna longitud återfinns i Tidskrift i Sjöväsendet nr. 2/2005.
25. Ockultation inträffar i det ögonblick då en stjärna försvinner eller framträder bakom den icke upplysta delen av månens skiva. ”Moon culminating stars” är stjärnor belägna nära månens deklinationsparallell. I äldre nautiska almanackor fanns efemerider för Jupiters månar, ”moon culminating stars” och ockultationer.
26. Taylor, s. 249. Holländaren Huyghens tillverkade ett noggrant pendelur 1657 med tanke på longitudproblemet. En förbättrad version testades ombord några år senare men med nedslående resultat. Uret klarade inte sjögång och visade på grund av pendelns längd fel tid på andra latituder än den för vilken pendelns längd anpassats.

27. Howse. Discovery, s. 166.
28. af Klint, fotnot s. 249. Samma typ av avläsning som på oktantens nonieskala finner vi idag på verktyget skjutmått.
29. Den första sextanten tillverkades av den engelske instrumentmakaren Bird 1757. Den akromatiska linsens upphovsman var engelsmannen Dollond. Önskemål att kunna mäta måndistanser mellan 30 och 110 grader torde vara en förklaring till sextantens tillkomst.
30. Howse. Greenwich Time, s. 65. Radien blev nu allmänt mellan 4 och 6 tum. Nonieskalan gjordes oftast i silver.
31. Dessa 18 år – en s.k. synodisk period - förklaras av att månen då återvänt till exakt samma position, som när observationerna av månen startade.
32. Taylor s. 250. Det av brittiska parlamentet uppsatta longitudpriset hade ”inom en halv grad” som förutsättning för första pris. Utan att veta vad som skulle kunna vara uppnåbart i framtiden skärptes alltså kraven markant.
33. Howse. Discovery s. 169.
34. I ”British Mariner’s Guide” finns även ”An Appendix containing a Variety of interesting Rules and Directions, tending to the Improvement of Practical Navigation in general”. Förutom regler för beräkning av longitud via måndistanser återfinns här regler för beräkning av latitud via meridianhöjd av solen, månen eller stjärnor.
35. Den första utgåvan av Tables Requisite trycktes i 10000 exemplar och såldes slut på kort tid.
36. Howse. Discovery s. 171-172. Den klocka som omnämns är en kopia av Harrisons H-4 tillverkad av klockmakaren Kendall. Även William Bligh, mest känd för myteriet på H.M.S. Bounty år 1789, medförde en annan kopia av Harrisons kronometer. Denna återfanns senare på Pitcairn Island.
37. Sobel, s.139.
38. Metoden kallades i äldre svenska läroböcker i navigation för ”longitud genom timvinkel”. Den engelska termen är ”longitude by chronometer.”
39. Cotter, s. 276-277.
40. VanVaerenbergh och Ifland, s. 14.
41. Ibid. s.13.
42. Nordström, s.187-188. Beräkning av medeltid med utnyttjande av andra himlakroppar än solen är relativt komplicerat.
43. Sumner, Plate III. I verkligheten torde Sumner ha använt två antagna latituder betydligt närmare den räknade än vad som framgår av figuren.
44. Cotter, s. 295.
45. Ibid. s. 300-301.
46. Ibid. s. 306.
47. Wrangel. Bilaga 1, s. 697.

TIDSKRIFT I SJÖVÄSENDET

FÖRSTA UTGIVNINGSSÅR 1836

KUNGL. ÖRLOGSMANNASÄLLSKAPET

- en av de kungliga akademierna -

Redaktör och ansvarig utgivare: Flottiljamiral Thomas E. Engevall

Redaktionens adress: Junibacken 9, 135 54 TYRESÖ

Telefon: 08-798 7139, alt. 070-588 7589, E-post: editor@koms.se

Plusgiro: 125 17-9, Bankgiro: 446-3220, Organisationsnummer: 935000-4553

Ärenden om prenumeration och övriga administrativa ärenden rörande tidskriften hänvisas till samma adress.

Kungl. Örlogsmannasällskapets postadress: Teatergatan 3, 5 tr, 111 48 STOCKHOLM

Telefon: 08-664 7018, E-post: akademien@koms.se

Plusgiro: 60 70 01-5, Bankgiro: 308-9257, Organisationsnummer: 835000-4282

Kungl. Örlogsmannasällskapets biblioteks adress: Amiralitetstorget 7, 371 30 KARLSKRONA Telefon/Telefax: 0455-259 93, E-post: library@koms.se

Tidskrift i Sjöväsendet utkommer i regel fyra gånger årligen (mars, juni, september och december). En ettårig prenumerationen kostar 250:- för prenumeranter med postadress inom Sverige och 350:- för prenumeranter med utrikes postadress. Avgiften betalas till plusgiro nr 125 17-9.

Om Kungl. Örlogsmannasällskapet så beslutar kan författaren till införd artikel belönas med akademiens medalj, hedersomnämning och/eller penningpris.