

Begivenheder i navigationens historie

Bemærk, at denne kronologiske liste på ingen måder giver sig ud for at være en udtømmende beskrivelse af emnet. Jeg har koncentreret mig om perioden fra 12. århundrede til ca. 1850 og således for eksempel ikke inddraget de nyere navigationsmetoder, der skyldes de tekniske fremskridt, såsom fremkomsten af *radar* og *satellitter*.

- Omkring 12. årh. De første sikre vidnesbyrd om det magnetiske kompas' anvendelse i Europa stammer fra denne periode. I Kina skal et kompas allerede have været anvendt til navigation omkring år 700.
- ca. 1275 Det ældste søkort er dateret til ca. 1275 og kaldes for *Carta Pisana*, da det er blevet fundet i byen Pisa. Kortet menes dog at have genuesisk oprindelse. Kortet er udfærdiget på fåreskind. Det viser et område fra det sydlige England til Sortehavet, med vægt på Middelhavsområdet.
13. århundrede *Kvadranten* som højdemålingsinstrument reintroduceres af *Leonardo af Pisa*.
- Begyndelsen af 1400-tallet Portugiseren *Henrik Søfareren* (1394 – 1460) opmuntrede til og finansierede rejser langs Vestafrikas kyst. Vindsystemerne i Nordatlanten blev studeret. Der udvikles simple astronomiske instrumenter og metoder, som uddannede sømænd udlæres i at anvende. For eksempel bliver man i stand til at udregne en meget omtrentlig værdi for skibets position, på grundlag af en observation af Polarstjernens højde. Som vinkelmåler anvendes en simplificeret udgave af den astronomiske kvadrant.
- 1481 Første gang en *Astrolab* (eller et *Astrolabium*) nævnes i forbindelse med søfart. Instrumentet er en simplificeret udgave af en astronomisk astrolab og skal kun benyttes til at beregne højder af himmellegemer. Det mere avancerede astronomiske instrument indeholder blandt andet også en stereografisk projektion af himmelkuglen på observatørens horisontplan.

- 1484 Kong *Johan II* (el. *Joao II*) af Portugal nedsætter en kommission ved navn *Junta dos Mathematicos* til at samle og studere alle de navigationsmæssige erfaringer, der er blevet gjort indtil dette tidspunkt, herunder blandt andet erfaringerne med at navigere på den sydlige halvkugle. Dette giver anledning til udgivelse af den første kendte navigationsbog. Titlen er *Regimento do Estrolabio e do Quadrante*. Første del indeholder regler for korrektion af den observerede højde af Polarstjernen. Anden del er en slags variant af en såkaldt "Traverse table". Givet kursvinklen kan tabellerne give *afvigningen* (den samlede strækning tilbagelagt i øst-vest retning) og *distancen* (strækning tilbagelagt) pr. grad breddegradsforskel. Strækningerne angives i en anden enhed end sømil. Hvad angår kursen, så er cirklens 360 grader opdelt i 32 lige store dele. I bogens tredje del er Solens deklination angivet, så man kan bestemme solens middelhøjde.
- 1492 Columbus, der formentligt er født i *Genua* i Italien i 1447 eller i 1448, sejler ud for at finde søvejen til Indien, men opdager i stedet Amerika. Allerede i 1483 havde Columbus forelagt en plan over sin opdagelsesrejse for kong Johan II af Portugal, men fik afslag på støtte. Junta dos Mathematicos siger også nej til at hjælpe, hvorfor han henvender sig til det spanske kongehus. Det lykkes ham at få støtte af kong *Ferdinand* og dronning *Isabella*, og der udrustes tre skibe til turen: *Santa Maria*, *Pinta* og *Niña*. Til at navigere med anvender Columbus blandt andet et kompas, en kvadrant, en astrolab og et *lod*. Turen starter i *Palos* i Spanien. Herfra sejler han til de Kanariske Øer, hvorefter han følger den 28. breddegrad stik vest. Columbus besøger flere af de Vestindiske Øer for at finde bevis på, at han er nået til Indien. Her er han så uheldig, at *Santa Maria* grundstøder. Da skibet er umuligt at bjærge, overtager Columbus *Niña*. Det lykkes både *Niña* og *Pinta* at nå tilbage til Portugal, hvorfra der går bud til kong Ferdinand og dronning *Isabella* om at ekspeditionen er lykkedes (!).
- 1497 *Manoel*, der i 1495 var blevet konge i Portugal efter *Joao II*, er meget opsat på, at Portugal skal blive den førende sømagt. Derfor udruster han nogle skibe til at sejle syd om Afrika til Indien. Man tvivler (med rette) på, at Columbus har fundet Indien. Derimod har andre sørejser givet fingerpeg om, at man kan sejle syd om Afrika og ad den vej nå Indien. *Vasco da Gama*, der blev født i *Sines* ved Lissabon 1460, og som er en ualmindelig dygtig navigator, bliver leder for ekspeditionen, der kommer til at afgang den 8. juli 1497.

Navigationemetoderne er blandt andet breddebestemmelse ved hjælp af polarstjernen (på nordlige halvkugle) og solens middagshøjde. Der bliver anvendt kompas, astrolabier, kvadranter og sandglas. Det lykkes Vasco da Gama at nå Indien, og efter en ikke helt udramatisk hjemrejse med skørbug ombord, når han hjem til Lissabon 1. september 1499. Her bliver han højt hædret for sin store bedrift.

Begyndelsen af
1500-tallet

Jacobsstaven tages i brug ved højdemålinger indenfor navigationen. Der er tale om en ændret udgave af et astronomisk instrument – den astronomiske Jakobsstav – der blev opfundet (eller genfundet?) af *Levi ben Gerson* (1288 – 1344) omkring 1330 til at måle diameteren af solen og distancen mellem to himmelobjekter. På engelsk får instrumentet også navnet *cross-staff*. Instrumentets introduktion til søs kan hænge sammen med *Vasco da Gama's* (1460 – 1524) rejse i 1498. Da han krydsede det Indiske Ocean var han stødt på den arabiske *kamal*, der er et navigationsinstrument med et lignende princip.

1514

Ferdinand Magellan, født 1480 i provinsen *Tras os Montes* i Portugal, er en dygtig navigator. Han har fået den idé at *molukkerne* må kunne nås ved at sejle mod vest: man skal blot finde en ”gennemsejling” af Sydamerika. Han er blevet uvenner med den portugisiske konge *Manoel* og henvender sig til den spanske konge. Denne indvilger i at sende en ekspedition afsted. Fem skibe udrustes. Den 20. september 1514 sættes kursen mod Sydamerika, og efter at have nedkæmpet et mytteri og overvintret på Sydamerikas østkyst, finder han det stræde igennem Sydamerika, der i dag bærer hans navn. På den anden side af Sydamerika åbenbarer der sig et hav (Stillehavet), hvis størrelse man ikke har forestillet sig. Ved hjælp af Sydøstpassaten når han *Fillipinerne*. Her bliver han ven med en indfødt. Under et krigstogt med denne mand, bliver han myrdet. Med den nye leder *Del Cano* på Magellans skib *Victoria*, lykkes det at nå hjem til afgangshavnen.

Den dag i dag huskes Magellan som den første *jordomsejler*, på trods af, at han ikke gennemførte hele turen selv. Det han manglede, var imidlertid *kendte* farvande – altså sørejsen syd om Afrika til Spanien.

1514

Den tyske astronom *Johann Werner* (1468 – 1522) foreslår i 1514 at løse længdegradsproblemet ved at måle distancer (vinklen) med månen og fixstjernerne. Metoden blev senere kendt som *måledistance-metoden*.

- 1530 Hollænderen *Gemma Frisius* (1508 – 1555) forklarer i 1530, hvordan længdegraden vil kunne bestemmes ved hjælp af blandt andet et nøjagtigt ur.
- 1567 Den spanske konge, *Filip II*, udlover en ”dusør” for en metode til at bestemme længdegraden med.
- 1569 *Gerardus Mercator* (1512 – 1594) lægger navn til *Mercatorprojektion*en. Projektionen er vigtig indenfor søfart, fordi den bevarer vinkler, hvilket betyder, at man nemt kan afsætte kompasskursen i kortet. Desuden danner meridianerne og breddeparallerne et rektangulært gradnet.
- Slutningen af 1500-tallet *Petrus Plancius* (1552 – 1622) og *Simon Stevin* (1548 – 1620) udvikler metoder til at finde længdegraden ved hjælp af *variationen af kompasnålen*: vinklen mellem den magnetiske og den sande nordpol. Metoden viser sig uden praktisk betydning på grund af manglende data.
- Edmond Halley* forsøger senere af fremskaffe disse ”data”, dvs. konstruere verdenskort med indtegnede variationer af kompasnålen. Dets anvendelighed viser sig dog at være begrænset. For det første viser kompasnålen ikke altid retningen til den magnetiske nordpol på grund af *misvisningen*. Misvisningen viser sig endda at variere fra rejse til rejse. Desuden er jordmagnetismen ”lunefuld”, idet dens styrke med tiden vokser eller svinder i forskellige områder af havene. Derefter opgives metoden.
- 1595 Den engelske kaptajn *John Davis* (1552 – 1605), der i 1587 havde været på en ekspedition for at finde Nordvestpassagen, udgiver i 1595 en bog med titlen *The Seamens Secrets*. Heri beskriver han to designs af en ny type vinkelmålingsinstrument til det formål at bestemme breddegraden til søs. Fordelen ved det nye instrument, der får navnet *Davis-kvadranten* (på engelsk også *backstaff*) er, at man ikke behøver at kigge imod solen for at foretage målinger – i modsætning til hvad der er tilfældet med Jakobsstaven. Nøjagtigheden er også forbedret med det nye instrument: ca. med en faktor 2, lidt afhængig af brugers dygtighed.

- 1598 *Filip III* af Spanien udlover ”længdegradsdusør”.
- Omkring 1600 Den hollandske regering udlover ”længdegradsdusør”.
- Omkring 1600 Forslag om at bestemme breddegraden og længdegraden ved hjælp af kompasnålens vinkelafvigelse fra horisontal stilling. Se også under 1676.
- 1610 *Galileo Galilei* (1564 – 1642) studerer Jupiters måner med teleskop. Han arbejder i mange år fremover med at udvikle en metode til at bestemme længdegraden ud fra formørkelser af Jupiters måner. Senere i århundredet bliver metoden ret udbredt, men især til at bestemme længdegraden *på land*. Metoden er ikke god på havet, da det kræver store kikkerter, der ikke er til at håndtere på et skib. Længdegradsmålinger foretaget på land bidrager dog til, at tidens landkort gøres mere nøjagtige.
- 1656 *Christian Huygens* (1629 – 1695) konstruerer som den første et pendulur. Hans motiv er at bestemme længdegraden. Huygens er især blevet inspireret af Galilei’s undersøgelse af det frie pendul. I de efterfølgende år arbejder han endvidere på at konstruere forbedrede ure. Mange af disse afprøves til søs. I 1673 publicerer Huygens den endelige udgave af sit *Horologium Oscillatorium*, der blandt andet indeholder en matematisk beskrivelse af *cykloidependulet*. Når pendulet bliver tvunget til at følge en cykloidebue, så er svingningstiden nemlig uafhængig af udsvinget, i modsætning til almindelige penduler. Blandt Huygens øvrige fortjenester er indførelsen af det, der på engelsk kaldes en *balance spring*. Han formår dog aldrig at løse problemet med, at metaller udvider sig.
- 1667 Der oprettes et observatorium i Paris.
- 1675 Oprettelse af *Royal Observatory at Greenwich*. Den første kongelige astronom bliver *John Flamsteed* (1646 – 1719). Formålet med observatoriet er at gøre månedistancemetoden praktisk gennemførlig gennem fremstilling af månetabeller og tabeller for andre himmellegemer.

- 1676 Den engelske matematik- og navigationslærer *Henry Bond* (ca. 1600 – 1678) foreslår, at man kan bestemme længdegraden ud fra kompasnålens hældning i forhold til vandret (*Magnetic dip*). Et stort problem er det dog at måle hældningen nøjagtigt. Selv om svenskeren *Johan Carl Wilcke* (1732 – 1796) i 1768 havde udfærdiget et verdenskort med angivelse af den magnetiske hældning, viser metoden sig aldrig at blive praktisk anvendelig.
- Anden halvdel af 1600-tallet Newtons love viser sig gode til at beskrive de forskellige planeters bevægelse rundt om solen, men er ikke så succesfuld til at beskrive trelegemeproblemet med månen, jorden og solen.
- 1707 Admiral *Sir Claudesley Shovel* (ca. 1650 – 1707) forliser med 4 skibe i nærheden af *Scilly*-øerne ud for Englands kyst. I den frygtelige katastrofe omkommer 2000 mand. Denne tragedie er kulminationen på en lang række af uheld indenfor skibsfarten og er medvirkende til, at Parlamentet i 1714 vedtager længdegradsloven.
- 1714 På opfordring af en række købmænd og kaptajner i England nedsættes en komité til at se på længdegradsproblemet. Den spørger blandt andet *Newton* og *Halley* til råds om deres vurdering af mulighederne for en løsning. Det ender med, at Parlamentet den 8. juli 1714 vedtager en længdegradslov, hvori der udloves en belønning til den, der kan finde en praktisk anvendelig metode til bestemmelse af længdegraden til søs. Prisen er på 10.000£ for en metode, der giver længden med en nøjagtighed på 1 grad op til 20.000£ for en metode, der giver længdegraden med $\frac{1}{2}$ grads nøjagtighed. Der er tale om en enorm formue, regnet i tidens penge. Vurderingen af de enkelte løsningsforslag skal foretages af en kommission: *The Board of Longitude*. Kommissionen skal også kunne bevilge penge til finansiering af lovende eksperimenter.
- 1730 – 32 Den 26-årige Philadelphia glarmester, blikkenslager og selvlærte amatørvidenskabsmand *Thomas Godfrey* (1704 – 1749) konverterer i 1730 en Davis-kvadrant til et højdemålingsinstrument med påmonterede spejle. Målet er at øge nøjagtigheden ved månedistancemålinger. Omtrent samtidigt og uafhængigt af Godfrey får den videnskabelige tekniker, matematiker og fellow of the Royal Society *John Hadley* (1682 –

1744) idéen til nogle lignende refleksinstrumenter. Hadley's instrumenter kaldes *oktanter*, da deres buer udgør $1/8$ af en hel cirkel. Oktanterne benævnes dog også ofte kvadranter, fordi hver grad på deres såkaldte *limb* repræsenterer 2 grader i vinkel. Instrumenterne kan altså måle vinkler fra 0 til 90 grader.

Selv om Hadley og Godfrey er de første til at konstruere "spejl-instrumenter", er der papirer, der viser, at både *Robert Hooke* (1635 – 1702/3) og *Newton* har haft tanker om et lignende instrument på et tidligere tidspunkt.

De nye instrumenters fortrin frem for Jacobsstaven og Davis-kvadranten (backstaff'en) gør, at søfolk hurtigt tager dem til sig og endda anvender dem til højdemålinger med henblik på at kunne bestemme breddegraden.

1736 Den engelske tømrer fra Yorkshire, *John Harrison* (1693 – 1776), der på egen hånd har eksperimenteret med ure, præsenterer i 1736 det første søur *H-1*. Uret har en præcision, så det kan skaffe Harrison længdegradsprisen fra 1714. Blandt andet har Harrison løst Huygens problem med, at metaller udvider sig under temperaturændringer og får uret til at gå for hurtigt eller for langsomt. Ved at anvende to metaller med forskellige udvidelseskoefficienter var det lykkedes ham at få udvidelserne til at modvirke hinanden, så det ikke påvirkede urets gang. Kronometeret *H-1* er en sag på 36 kg med en højde på 76 cm. Uret får ikke en ordentlig afprøvning, som påkrævet i længdegradsloven. I stedet arbejder Harrison videre på at forbedre uret.

1753 *Tobias Mayer* (1723 – 1762) konstruerer månetabeller og får dem udgivet.

1757 – 59 Kaptajn *John Campbell* (1720 – 1780), der tidligere har gjort praktiske erfaringer med både Hadleys oktant og Mayers *refleksionscirkel*, foreslår at udvide oktantens bue fra $1/8$ til $1/6$ af en hel cirkel, derved skabende en *sekstant*. Instrumentmageren *John Bird* (1709 – 1776) sættes til at udføre instrumentet, der således bliver i stand til at måle vinkler op til 120 grader. Vinkler kan aflæses med 1 bueminuts nøjagtighed.

1759 John Harrison præsenterer sit fjerde kronometer, *H-4*. Uret har nu fået en form og størrelse, der minder om et stort lommeur: diameteren er 13,3 cm. Harrisons kronometer afprøves på en lang tur over Atlanten,

som det kræves af *The Board of Longitude* for at opnå længdegradsprisen. *H-4* klarer afprøvningen med glans: Skibet *H.M.S. Deptford*, der afgår 18. November 1761 fra Portsmouth, ankommer efter 81 dages sejlads til Jamaica, og har på turen kun tabt 5 sekunder. Efter at have returneret til England og trods en storm undervejs, er fejlvisningen efter turen frem og tilbage i alt kun på 1 minut og 54,5 sekunder. Harrison har dermed gjort sig fortjent til den fulde længdegradspris på 20.000£. Længdegradskommissionens medlemmer er imidlertid ikke helt upartiske. Nogle af dem håber for eksempel på, at den konkurrerende månedistancemetode vil løbe af med sejren foran kronometermetoden. Der bliver sået tvivl om urets afprøvning. En ny afprøvning bliver derfor planlagt. Selvom uret også klarer denne prøve overbevisende, udbetaler kommissionen ikke straks prisen, men fremsætter nye krav om, at Harrison først nøje må beskrive urets konstruktion og lignende. Resultatet bliver at Harrison – efter mange skærmydsler, og efter kongens indgriben – først modtager den fulde længdegradspris i en alder af 80 år.

En af Harrisons argeste modstandere i kapløbet om længdegradsprisen er den i 1765 udnævnte kongelige astronom på *Greenwich Observatory*, *Nevil Maskelyne* (1732 – 1811). Han arbejder i lang tid for at fremme månedistancemetoden.

1765 *Leonhard Euler* (1707 – 1783) og *Tobias Mayer* får en pris for deres bidrag til løsning af længdegradsproblemet. Euler får den for hans teori om månens bevægelse. Han anvender analytiske rækkemetoder til forskel fra Newtons *geometriske-grænse-approximationer*, der ikke viser sig succesfulde. *D'Alembert* (1717 – 1783) og *Clairaut* (1713 – 1765) bidrog også til forståelsen af månens bevægelse.

Tobias Mayer's enke får 3000£ for mandens månetabeller, hvis udregning er baseret på Eulers teorier.

1766 Den første udgave af *The Nautical Almanac* udgives. Den er beregnet for årene 1767 – 69. *James Cook* (1728 – 1779) er en af de første sømænd, der benytter denne almanaks månetabeller.

1768 *James Cook* (1728 – 1779) bliver kaptajn på skibet *Endeavour*. På sin første ekspedition til Stillehavet kortlægger Cook New Zealand. Han gør udelukkende brug af månedistanceberegninger, udledt ved hjælp af observationer foretaget ombord på et skib i Mercury Bay. Til forskel fra de beregnede bredder, er længderne ikke alle lige nøjagtige.

New Zealand anbringes i gennemsnit 25 bueminutter (ca. 20 sømil) for langt mod øst.

I perioden fra 1772 til 1775 tager James Cook på sin anden sørejse til Stillehavet med skibene *Resolution* og *Adventure*. Med på rejsen har han medtaget flere søure, deriblandt *Kendalls* kopi *K-1* af Harrisons prisvindende kronometer *H-4*. Efter en treårs rejse rundt om jorden vender *Resolution* tilbage til England. Under turen har *K-1* klaret sig bemærkelsesværdigt godt og givet skibets længdegrad med stor præcision. James Cook roste uret i store vendinger.

1837

På en sejlads fra *Charleston* (USA) til *Greenoch* (Skotland) får den 30-årige amerikanske kaptajn *Thomas H. Sumner* ved en tilfældighed idéen til *stedlinjemetoden* – en metode til at bestemme sin position ved at indtegne rette linjer (*stedlinjer*) i et søkort.

Under turen havde der i en længere periode været dårligt vejr. Da det endelig lykkes for Sumner at foretage en højdemåling af solen, er der gået så lang tid siden den sidste positionsbestemmelse, at det gis-sede sted $(b_{\text{bestik}}, \lambda_{\text{bestik}})$ er behæftet med en betydelig usikkerhed. I stedet for med sfærisk trigonometriske formler at beregne den til $b_1 = b_{\text{bestik}}$ hørende længde λ_1 (som det normalt er kotangens) afprøver han flere bredder b_2, b_3, \dots i *nærheden af* b_{bestik} for at se, om de tilhørende, beregnede længder $\lambda_2, \lambda_3, \dots$ ligger tæt på λ_{bestik} . Punkterne $(b_1, \lambda_1), (b_2, \lambda_2), \dots$ plotter han ind i et søkort og opdager til sin overraskelse, at punkterne tilnærmelsesvist ligger på en ret linje. Han slutter, at den korrekte position formentligt også må ligge et sted på denne linje. Begrebet en *stedlinje* er skabt.