

Längengrad

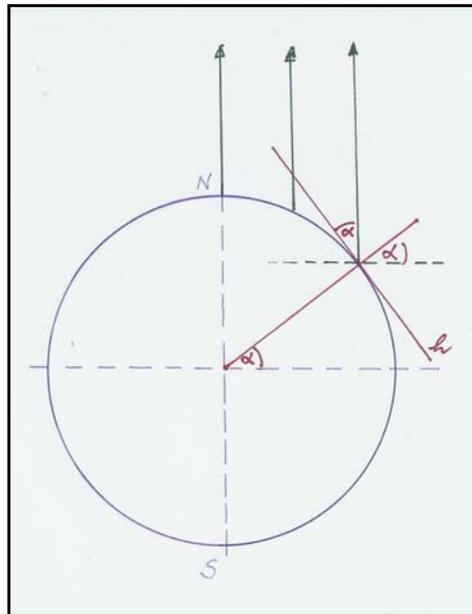
Seminar zur Vorlesung „Allgemeine Vor- und Frühgeschichte III“, St. Kirschner, G.Wolfschmidt, WS 2004/2005, 14.12.2004

von

Ralph Michel

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Einleitung	3
Geographische Breite	3
Geographische Breite in der Antike	3
Geographische Breite in der Renaissance	3
Geographische Breite in der Praxis	6
Geographische Länge	7
Geographische Länge in der Antike	7
Die geographische Länge in der Praxis	8
Probleme in der Praxis der Seefahrer	8
„Gissen“	9
Der Kompass	10
Mondstrecken	10
Der Ansporn (Teil 1)	13
Jupitermonde	14
Intermezzo 1 (Observatorium Paris) :	15
Intermezzo 2 (Lichtgeschwindigkeit) :	15
Intermezzo 3 (Greenwich Observatorium) :	15
Die Uhren	16
Der Ansporn (Teil 2)	16
John Harrison	17
Quellen	21



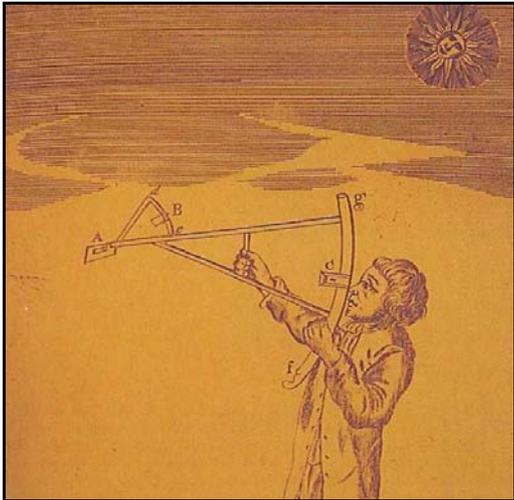
Peilung des Polarsterns

„Der Kreuzstab wurde zum ersten Mal von dem jüdischen Astronomen Levi ben Gerson 1330 beschrieben. Später wurde er für verschiedene Anwendungen weiterentwickelt – für die Astronomie, die Landvermessung und die Navigation. Der für die Navigation entwickelte besaß vier verschiedene Visiere, von denen jedes eine Skala auf dem vierseitigen Stab hatte. Diese Illustration von 1594 zeigt einen Navigator, der den Breitengrad bestimmt, indem er die Höhe des Polarsterns beobachtet. Ein längerer Gebrauch des Kreuzstabs (oder Jakobsstabs) war schmerzhaft und schlecht für die Augen, aber da er preiswert war, blieb er bis ins 19. Jahrhundert in Gebrauch, obwohl bessere Instrumente entwickelt waren.“ [Sobel, Andrewes 1999, S. 60]



[Sobel, Andrewes 1999, S. 60]

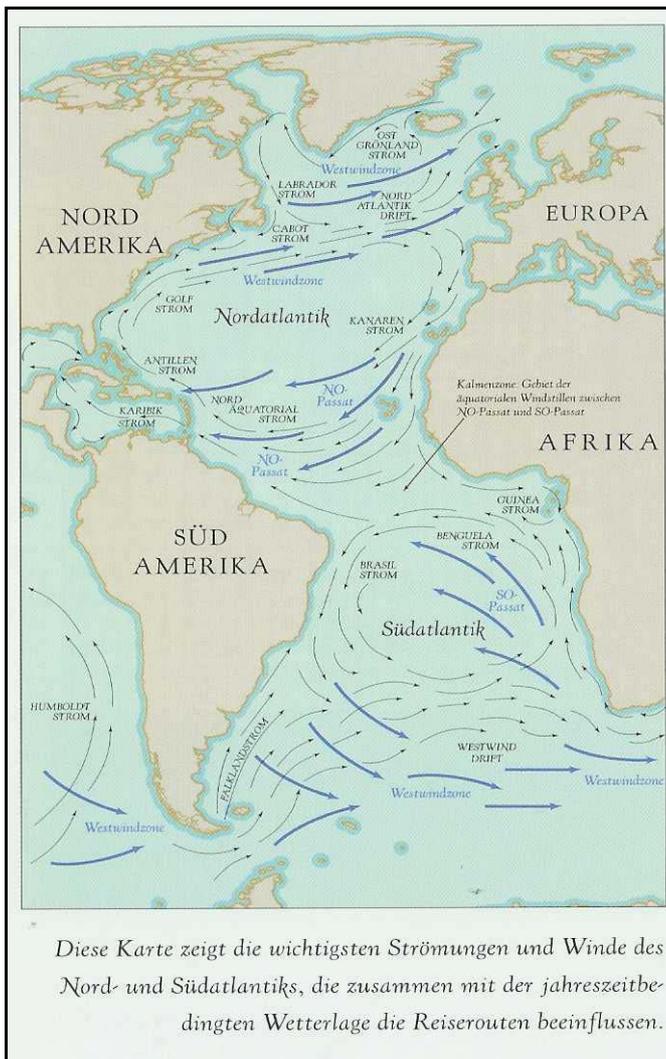
„1595 veröffentlichte Kapitän John Davis ein Buch mit zwei Entwürfen eines neuen Instruments, mit dem man die Höhe der Sonne bestimmen konnte. Davis' Methode ermöglichte es dem Steuermann, seine Beobachtungen mit dem Rücken zur Sonne durchzuführen, und besiegte so das Manko des Kreuzstabs, bei dem der Beobachter direkt in die Sonne blicken musste. Rasch übernahmen Seeleute Davis' Quadranten. Bei der Bestimmung der Breite war er jedoch nur bis zu einem sechstel Grad genau.“
[Sobel, Andrewes 1999, S. 60]



[Sobel, Andrewes 1999, S. 60]

Geographische Breite in der Praxis

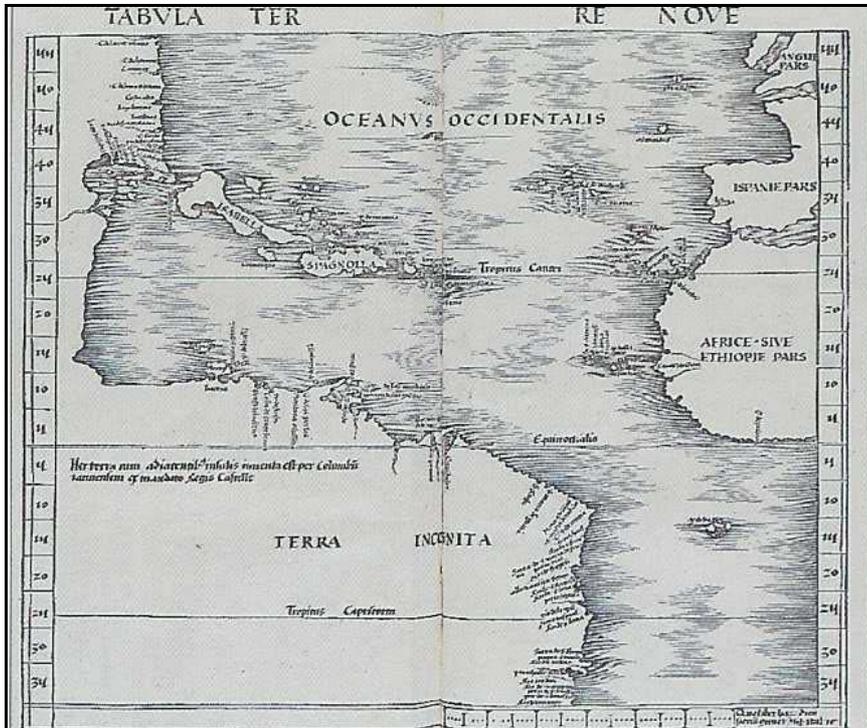
Wir können also feststellen, dass die geographische Breite prinzipiell einfach zu bestimmen war und die Seefahrer nicht vor besondere Herausforderungen stellte. So pflegte Kolumbus seine ersten Fahrten gen Westen auf einem konstanten Breitengrad durchzuführen.



[Sobel, Andrewes 1999, S. 14]

Es entstanden so, basierend auf den Wind- und Meeresströmungen klassische Routen für die Überquerung des Atlantiks. Auch wenn uns alle Quellen mitteilen, dass die Bestimmung der geographischen Breite kein Problem gewesen sein soll, so gibt es doch Karten mit erheblichen Abweichungen. Es stellt sich die Frage, ob es sich hier um Fehler oder absichtsvolle Fälschung handelt. In der folgenden Karte aus der Ptolemäischen *Geographia* von 1513 findet sich der Wendekreis des Krebses ($23,5^\circ$) am Südrand von „Spagnola“ (= Haiti). Tatsächlich verläuft er nördlich von „Isabella“ (= Kuba). Seefahrer, die es nun auf Basis dieser Karte nach Kuba versuchten würden sich in Florida oder Süd- bzw. North Carolina wieder finden. Es hat sicher gerade

in der Anfangszeit viele Karten mit verschleiern den Angaben gegeben, um die wahren Positionen noch etwas geheim zu halten.



[Sobel, Andrewes 1999, S. 10]

Geographische Länge

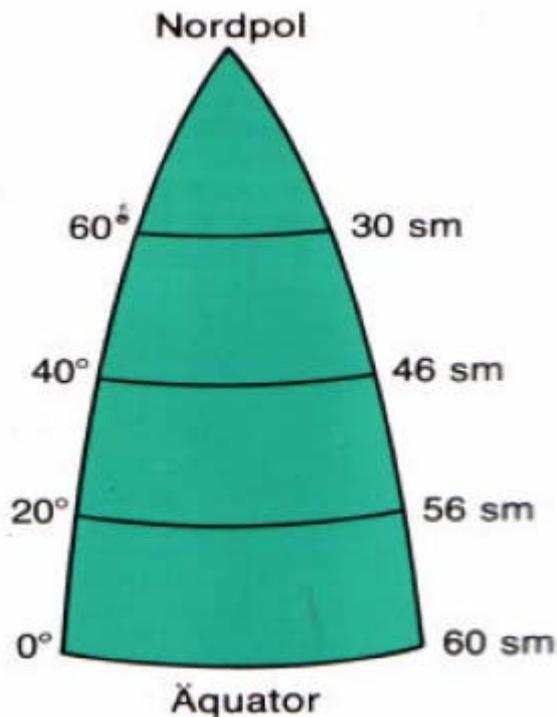
Geographische Länge in der Antike

Entfernungen in Ost- West- Richtung sind viel schwieriger zu bestimmen. Entfernungen wurden ursprünglich in Tagesreisen etc. angegeben, wobei diese Angaben total subjektiv sind. Wie sollen für Asien die Angaben von Karawanenreisenden mit denen der Seefahrer in Übereinstimmung gebracht werden? Im ersten Buch der „Cosmographia“ benennt Ptolemaios eine Möglichkeit der Bestimmung der geographischen Länge auf Basis der in Arbela¹ und Cartagena² beobachteten Mondfinsternis des Jahres 331 v.Chr. : Der gleichzeitig beobachteten Eintritt der Mondfinsternis findet in zwei in O-W – Richtung voneinander entfernten Orten zu verschiedenen Uhrzeiten statt. Der Unterschied an Stunden ermöglicht eine Angabe über die Differenz der Längengrade (24h entsprechen 360°). Das Problem hier ist die fehlende Möglichkeit einer genauen Zeitmessung zu Zeiten des Ptolemaios.

Ptolemaios setzte den geographischen Längenunterschied auf 180° zwischen den „glücklichen Inseln“ (Kanaren) und China (Serim Regio).[Harley, Woodward 1987, S.184] Da kaum konkrete Daten zu den geographischen Längen vorlagen beruhten seine

¹ **Arbela (Assyrian Arba'ilu):** Town in ancient Assyria, modern Arbil or Erbil, situated between the Great and the Little Zab. (Lending, Jona : <http://www.livius.org/ap-ark/arbela/arbela.html> , 25.11.2003)

² **Cartagena :** Spanien (Murcia)



Angaben immer noch auf Schätzungen bzw. Reiseberichten. So sind denn auch seine Angaben zur geographischen Länge recht ungenau. (Tatsächlich beträgt die Entfernung für die obige Angabe ca. 130° . Die Überschätzung der Entfernungen trug zu der späteren Annahme bei, dass man von Europa westwärts segelnd nach Indien gelangen müsse und, dass die Küsten Amerikas ein Teil Indiens sein könnten (nämlich Westindien)). Zu berücksichtigen ist, dass die Umrechnung des Längengrades in Seemeilen abhängig von der geographischen Breite ist: Entspricht eine Längengradminute am Äquator etwa 60 sm sind es bei 60 Grad Breite nur noch etwa 30sm.

[Gerwin 2000, S.1]

Die geographische Länge in der Praxis

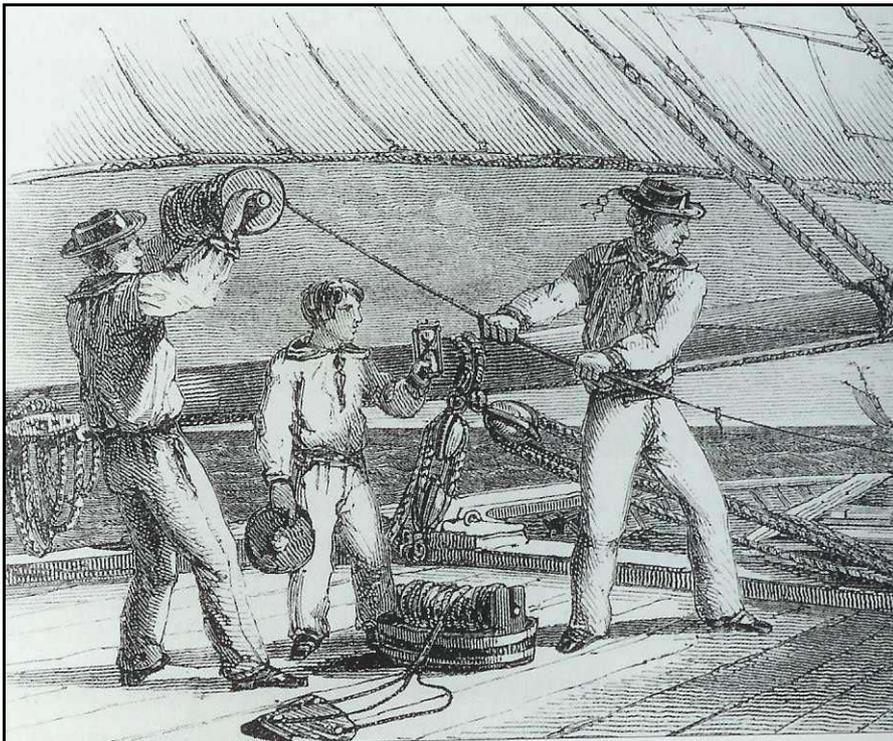
Probleme in der Praxis der Seefahrer

Seefahrt ohne konkrete Bestimmung des Längengrades war im Mittelmeer kein gravierendes Problem – im Atlantik oder im Indischen Ozean war es eine Katastrophe. Schiffe verpassten Inseln, auf denen sie Trinkwasser zu laden hofften, die Mannschaften litten unter Skorbut, weil die Schiffe im Sturm die Orientierung verloren und Wochen länger als geplant unterwegs waren, Schiffe zerschellten im Nebel, weil die Navigatoren sich verschätzten, Schiffe wurden Beute von Piraten oder feindlichen Kriegsschiffen, weil sich alle auf bestimmten Kursen mit konstantem Breitengrad drängelten. Bei Nebel oder schlechtem Wetter konnten Navigationsfehler aber überall zu einer Katastrophe führen. Im Oktober 1707, nach einem erfolglosen Angriff auf Toulon, kehrte eine englische Flotte von 21 Schiffen unter dem Befehl von Sir Cloudisley Shovell aus dem Mittelmeer zurück. *„Nach übereinstimmender Meinung befand sich die Flotte vor der Bretagne, in sicherem Abstand westlich der Ile d’Ouessant. Also hielt man weiter nördlichen Kurs, doch dann stellten die Seeleute zu ihrem Schrecken fest, dass sie ihre Position in Bezug auf die Scilly Inseln falsch berechnet hatten. Diese Inselgruppe, etwa zwanzig Meilen vor der Südwestspitze Englands, führt wie ein steinerner Pfad auf Land’s End zu. Und in der nebligen Nacht des 22. Oktober 1707 wurden die Scilly Inseln zum namenlosen Grab für zweitausend von Admiral Shovells Marinesoldaten“.* [Sobel, Andrewes 1999, S. 21] Wenn aber die Problematik zu Beginn des 18. Jahrhunderts noch so gravierend war

kann sich jeder ausrechnen, wie es im 15., 16. und 17. Jahrhundert ausgesehen haben mag.

„Gissen“

Welche Methoden der Positionsbestimmung gab es denn ? Zunächst mal die Fortschreibung einer bekannten (oder angenommenen Position) durch die Annahme einer Geschwindigkeit und einer Richtung. Für die Richtung gab es ab Ende des 14. Jahrhunderts verbreitet den Kompass (siehe unten), die Geschwindigkeit wurde mit Hilfe des „gissens“ bestimmt. *„Die auf See zurückgelegten Entfernungen wurden mit einer Logge (einem flachen, dreieckigen Holzstück an einem Seil) gemessen. 60 Fuß hinter der Logge knüpfte man in Abständen von jeweils 51 Fuß Knoten in das Seil. Warf man dann das Holzstück über Bord, zeigte die Anzahl Knoten, die man in 30 Sekunden (gemessen mit einer Sanduhr) zählte, wie schnell das Schiff fuhr. So wurde der Begriff Knoten zum nautischen Maß für die Geschwindigkeit. Für diese Arbeit waren drei Männer nötig: Einer hielt die schwere Rolle, einer drehte die Sanduhr um und einer zählte die Knoten.“ [Sobel, Andrewes 1999, S. 24]*

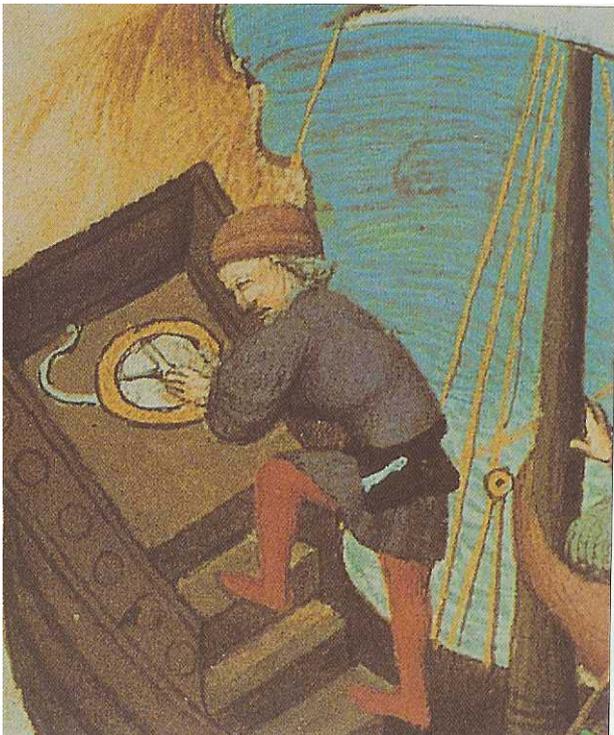


[Sobel, Andrewes 1999, S. 24]

Diese Methode der Bestimmung der Entfernung zwischen Schiff und Behelfsmarke nannte man „Gissen“. Auf Englisch wurde es auch „dead reckoning“ genannt, da durch Meeresströmungen und wechselnde Winde diese Methode tatsächlich häufig tödlich endete, wie schon das obige Beispiel – und derer gibt es viele – zeigte.

Der Kompass

Der Kompass war im 12. Jahrhundert nach Westeuropa gekommen. Zunächst hatte man wohl magnetisierte Nadeln auf dem Wasser schwimmen lassen. Spätestens im 15. Jahrhundert gehörte der Kompass mit trocken drehender Nadel zur Standardausrüstung aller Schiffe. Nun glaubten viele Seefahrer eine Methode zur Bestimmung der Längengrade gefunden zu haben : Der Unterschied zwischen geographischen Nordpol (zu ermitteln via Polarstern) und magnetischem Nordpol war bekannt. Wenn nun ein Schiff auf dem Nordatlantik in westlicher Richtung fährt kann der Navigator beobachten, wie der Winkel zwischen den Polen sich verändert. Ist er im mittleren Atlantik irgendwo maximal, so ist er im Pazifik irgendwo Null. Hinterlegt man diese Daten in Tabellen, so hat die „magnetische Abweichung“ genannte Methode den Vorteil unabhängig von der Uhrzeit und der Beobachtung bestimmter Ereignisse zu sein. Leider hatte auch diese Methode einen Haken : Kaum eine Kompassnadel wies exakt nach Norden und darüber hinaus wies Halley während einer zweijährigen Reise nach, dass das Erdmagnetfeld nicht frei von Störungen ist. Somit waren auch diese Angaben nicht geeignet, das Problem der Bestimmung des Längengrades zu lösen.

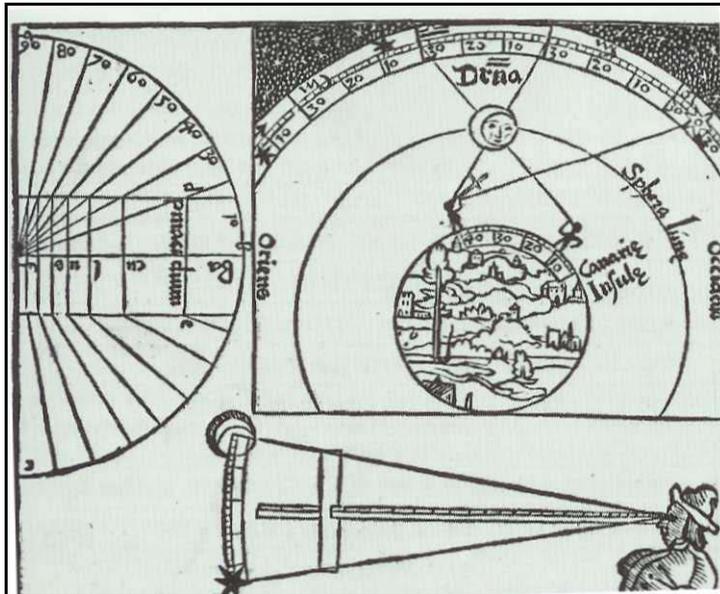


Bildausschnitt aus einer französischen Handschrift : Ein Seemann richtet seinen „trockenen“ Kompass aus. [Sobel, Andrewes 1999, S. 25]

Mondstrecken

Es war zwingend notwendig neue Methoden zur Bestimmung des Längengrades zu ersinnen. Um 1514 veröffentlichte Werner von Nürnberg (1468 – 1522) eine neue Übersetzung des ersten Buches von Ptolemäus *Cosmographia*. In einem Anhang veröffentlichte er Gedanken zu einer neuen Methode, die aber erst ca. 250 Jahre später praktikabel wurde. Diese Methode beruht vereinfacht gesagt darauf, dass der

Mond sich in vorhersehbarer Weise rasch vor dem Sternenhintergrund bewegt (ca. $0,5^\circ/h$, dies entspricht in etwa dem Monddurchmesser). Beobachtet man jetzt den Abstand des Mondes zu Referenzsternen lässt sich in einer vorher erstellten Tabelle die Uhrzeit bezogen auf den Referenzort ablesen. Durch Vergleich mit der Ortszeit lässt sich dann der Längengrad bestimmen.



[aus Peter Apians *Cosmographia* ; Sobel, Andrewes 1999, S. 5]

Dieses Prinzip wurde zunächst von Peter Apian (1495 – 1552) in seiner *Cosmographia* (Ingolstadt 1524) aufgegriffen und mit einer Zeichnung versehen, dann von Peter Frisius 1533 weiter detailliert. Diese Methode konnte aber erst verwendet werden als zum einen genauere Beobachtungsinstrumente (Fernrohr, später Sextant) zur Verfügung standen, zum anderen die aus der Position des Mondes resultierende Parallaxe berücksichtigt wurde und letztlich die Tabellen mit hinreichender Genauigkeit mehrere Jahre im voraus bestimmt werden konnten. Somit wurde dieses Verfahren erst ab 1760 nach Veröffentlichung des *Nautical Almanac* in Großbritannien regelmäßig angewandt.

118] OCTOBER 1772.					
Distances of ☾'s Center from ☉, and from Stars west of her.					
Days.	Stars Names.	Noon.	3 Hours.	6 Hours.	9 Hours.
		D. M. S.	D. M. S.	D. M. S.	D. M. S.
1	The Sun.	62. 6. 55	63. 44. 49	65. 22. 18	66. 59. 22
2		74. 58. 25	76. 32. 59	78. 7. 10	79. 40. 56
3		87. 24. 0	88. 55. 28	90. 26. 35	91. 57. 21
4		99. 26. 2	100. 54. 47	102. 23. 14	103. 51. 23
5		111. 7. 52	112. 34. 22	114. 0. 37	115. 26. 38
3	Antares.	33. 0. 51	34. 36. 17	36. 11. 37	37. 46. 49
4		45. 40. 30	47. 14. 40	48. 48. 38	50. 22. 24
5		58. 8. 6	59. 40. 36	61. 12. 55	62. 45. 2
6		70. 22. 45			
6		15. 30. 17	17. 2. 20	18. 34. 12	20. 5. 52

[Ausschnitt aus dem „Nautical Almanac“ vom Oktober 1772; Sobel, Andrewes 1999, S. 65]

Es blieb aber ein mühsames Verfahren, da drei Beobachtungen möglichst genau zu absolvieren waren : Abstand des Mondes zur Sonne (oder einem Referenzstern), die Höhe des Mondes über dem Horizont und die Höhe der Sonne oder des Sternes über dem Horizont

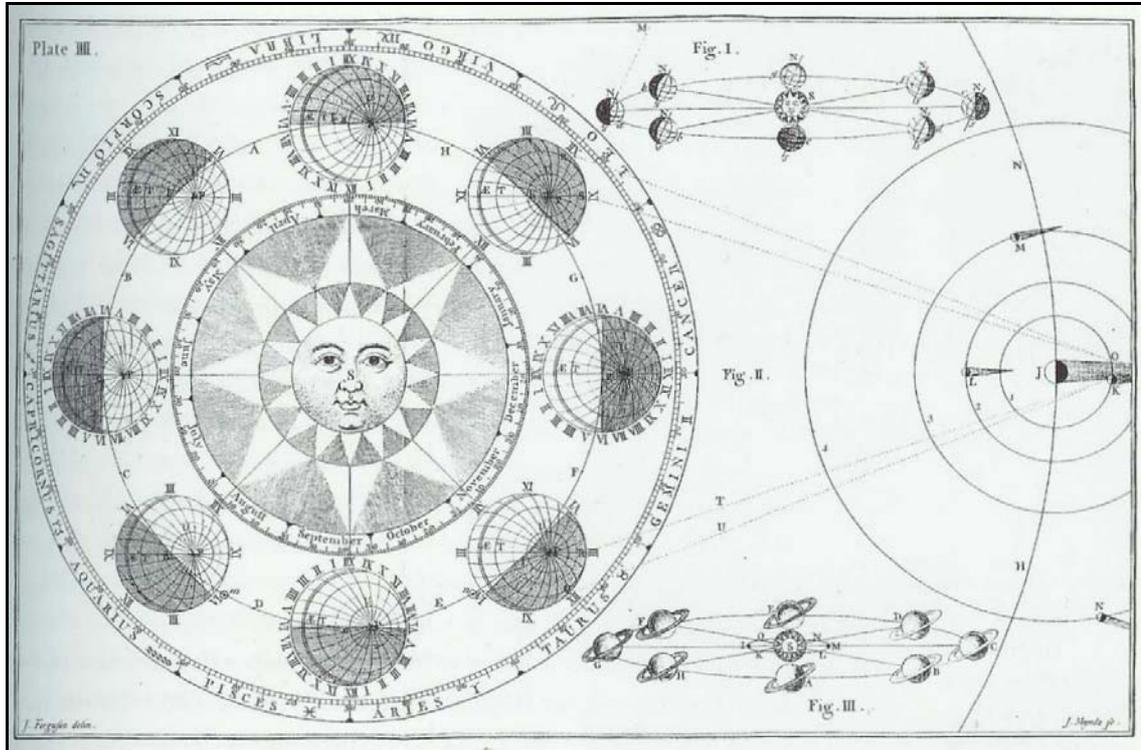


[E. Dunkin, *The Midnight Sky*, [London, 1879] ; Andrewes 1998, S. 159]

Sind die Verhältnisse so wie auf dem obigen Stich mag das Verfahren ja noch handhabbar sein, bei stürmischer See und dicht bewölktem Himmel aber ein Ding der Unmöglichkeit. Gerade dann aber benötigte man genaue Positionen, um nicht Gefahr zu laufen auf eine Riff o.ä. zu geraten (s.o.).

Der Ansporn (Teil 1)

Wenn man berücksichtigt, dass auf manchen der verloren gegangenen Schiffen oder Schiffsgelentzügen sich Werte in der Höhe eines halben englischen Staatshaushaltes befanden kann man erahnen, welche Dringlichkeit eine zuverlässige Navigation für die Herrschenden bekam. Also wurde nicht nur Ruhm und Ehre für eine Lösung des Längengradproblems ausgelobt, sondern sehr viel Geld. In Spanien setzte zunächst 1567 Philipp II einen Preis (mir unbekannter Höhe) aus, 1598 bot er dann 6000 Dukaten plus 2000 Dukaten jährlich lebenslänglich. Der Preis wurde nie gewonnen aber es wurden zwischen 1607 und 1626 nicht unbeträchtliche Teilsommen ausbezahlt als „Forschungsunterstützung“ überwiegend im Zusammenhang mit dem Kompass und dem Magnetismus. [Howse 1980, S.12] Zur gleichen Zeit boten auch die Holländer 30.000 Gulden, auch Portugal und Venedig sollen Preise ausgeschrieben haben. Einigen galt die Suche nach einer Lösung dieses Problems ähnlich sinnvoll wie die Quadratur des Kreises und sie machten sich darüber lustig³. Hohe Belohnungen lockten jetzt wie auch später in England jede Menge „Spinner“ an, die mit obskuren Methoden den Längengrad bestimmen wollten.

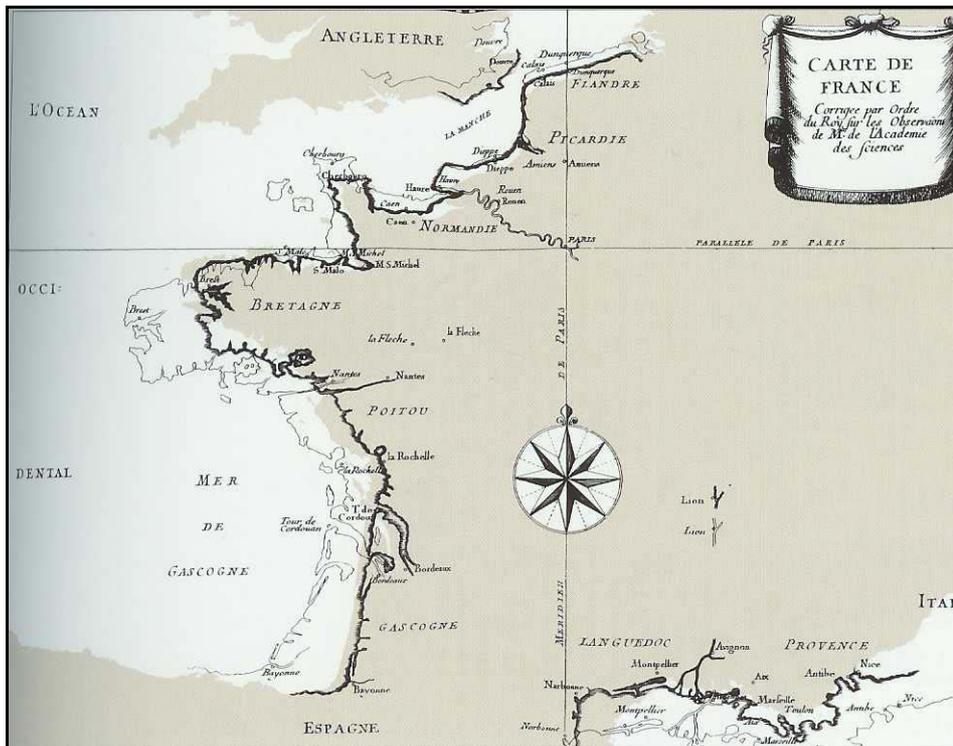


Galileos Vorschlag zur Nutzung der Jupitermonde [Sobel, Andrewes 1999, S. 37

³ Cervantes, Miguel de, *El Coloquio de los Perros*, in *Obras Completas* (Madrid ,1944),244.

Jupitermonde

Es gab aber auch seriöse Bewerber. Einer war Galileo Galilei. Galilei war einer der ersten gewesen, die ein Fernrohr auf den Mond, die Venus, den Saturn und den Jupiter gerichtet hatte. Bei letzterem waren ihm vier Trabanten aufgefallen, deren Umlaufzeiten er sorgfältig beobachtete und notierte. Von der Verfinsterung der Jupitermonde gab es ca. 1000 Ereignisse pro Jahr und bald konnte er sie so präzise vorher-sagen, dass man eine Uhr danach stellen konnte. Er bewarb sich 1610 bei Philipp II um den Preis, der ihm aber nicht zuerkannt wurde, weil sein Verfahren auf See nicht realisierbar schien. Galileo bewarb sich noch in Holland um den Preis, erhielt dort nur eine goldenen Kette als Anerkennung. Sein Verfahren setzte sich erst nach seinem Tode zur terrestrischen Bestimmung des Längengrades durch. Die folgende Karte zeigt eine Neubestimmung der Küstenlinien Frankreichs nach der neuen Methode.



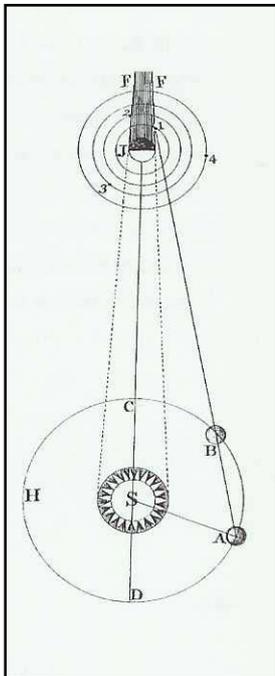
„ Auf dieser Karte von den Küsten Frankreichs sind per Computer zwei Karten aus dem 17. Jahrhundert übereinander gelegt. Die Karte von 1693 (starke schwarze Linien) wurde anhand von Beobachtungen der Jupitermonde angefertigt und zeigt im Vergleich mit der Karte von 1679 (feine Linien) eine bemerkenswerte Verbesserung in der Genauigkeit, vor allem bei der Bestimmung der Längengrade. [Sobel, Andrewes 1999, S. 41]

König Ludwig XIV soll geklagt haben, er hätte mehr Land an die Astronomen verloren habe als an seine Feinde. [Sobel, Andrewes 1999, S. 38]

Intermezzo 1 (Observatorium Paris) :

Obleich Ludwig XIV verärgert über den Landverlust war hatte er doch eine Schwäche für die Wissenschaften und da es sich andeutete, dass das Längengradproblem über astronomische Beobachtungen zu lösen sei gründete er 1666 die Académie Royale de Sciences und errichtete 1667 in Paris ein Observatorium. Akademiemitglied war z.B. Christiaan Huygens, erster Direktor Giovanni Domenico Cassini (1625-1712). Zu den ersten Beobachtern in Paris gehörte der Däne Ole Römer.

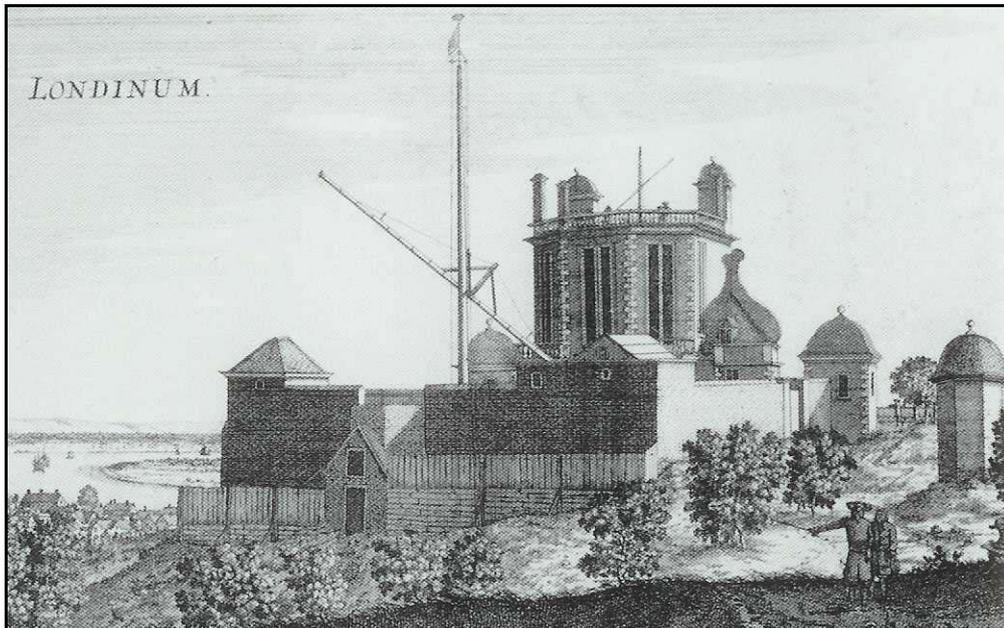
Intermezzo 2 (Lichtgeschwindigkeit) :



Nicht unbedingt mit der Problematik der Bestimmung des Längengrades, wohl aber mit der intensiven Beobachtung des Jupiters hat eine weitere Entdeckung jener Zeit zu tun: der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch den in Paris arbeitenden Dänen Ole Römer 1676. „Die Abbildung erklärt, wie Römer die Lichtgeschwindigkeit bestimmte: J steht für Jupiter und CBADH für die Umlaufbahn der Erde um die Sonne (S). Die Entfernung AB (ein Sechstel der Umlaufbahn der Erde, etwa 61 Tage) ist gleich SA, dem Abstand der Erde von der Sonne, den man in den 1670er Jahren auf etwa 150 Millionen Kilometer schätzte. Römer beobachtete, dass die Verfinsterung des innersten Mondes am Punkt 1 sich etwa 11 Minuten früher ereignete, wenn die Erde sich am Punkt B befand, als wenn sie am Punkt A in ihrer Umlaufbahn war. Daraus schloss er, dass Licht eine endliche Geschwindigkeit hat und errechnete, dass es in elf Minuten eine Entfernung von 150 Millionen Kilometer zurücklegt, also 224 000 Kilometer pro Sekunde. Heute wird die Lichtgeschwindigkeit mit 299 792 Kilometern pro Sekunde angegeben.“ [Sobel, Andrewes 1999, S. 43]

Intermezzo 3 (Greenwich Observatorium) :

In England zur gleichen Zeit hielt man nicht so viel von der Methode der Jupitermonde sondern wollte vorzugsweise die Zeit mit Hilfe des Mondes bestimmen. Realistischer Weise hatte man sich überlegt, dass die Beobachtung von Jupitermonden auf einem schlingernden und stampfenden Schiff erheblich schwieriger sei als die Beobachtung des Mondes. Noch aber fehlte ein guter Sternenatlas und auch die Mondbahn war nicht hinreichend exakt beschrieben. John Flamsteed (1646-1719) schlug dem König vor diesen Missstand durch die Gründung einer Sternwarte zu beheben. 1675 wurde das Greenwich Observatorium gebaut. Flamsteed erstellte in den folgenden Jahren einen exzellenten Sternenkatalog, der 1725 posthum veröffentlicht wurde.



Greenwich Observatorium [Sobel, Andrewes 1999, S. 46]

Die Uhren

Es gab eine Reihe von Wissenschaftlern die überzeugt waren, dass eine Uhr die Lösung des Längengradproblems bringen könnte. Beginnend mit Gemma Frisius (1508-1555), der 1530 die Uhr als aussichtsreichstes Instrument bezeichnete. Leider waren die Uhren seiner Zeit keinesfalls genau genug, um als Messinstrumente zu dienen (die Abweichung betrug ca. 15 min pro Tag [Sobel, Andrewes 1999, S. 50]). Vor allem machten die Temperaturschwankungen auf See der Uhr zu schaffen.

So machten sich im 16. und vor allem 17. Jahrhundert alle großen Wissenschaftler Europas daran die Uhren zu verbessern. Mitte des 17. Jh. waren es Galilei und vor allem Christiaan Huygens (1629-1695), die durch Entwicklung einer Pendelhemmung den Uhrenbau voranbrachten. 1664 fuhren Huygens Uhren bis zu den Kapverdischen Inseln und zurück und lieferten gute Längengradbestimmungen. Problematisch allerdings blieb, dass die Uhren offensichtlich nur bei gutem Wetter funktionierten. 1675 ließ Huygens sich die Spiralfeder (statt des Pendels) als Antrieb in Frankreich patentieren. In England musste er mit Robert Hooke (1635-1703) um den Anspruch der Erfindung streiten – der Streit wurde trotz des Einsatzes der Royal Society nie entschieden. Entscheidend aber blieb, dass auch diesen klugen Köpfen es nicht gelang eine Uhr zu konstruieren, die auf längeren Schiffsreisen den Anforderungen genügte. Es machte u.a. auch bei Newton sich die Einschätzung breit, dass das Längengradproblem nie mit Hilfe von Uhren zu lösen sei.

Der Ansporn (Teil 2)

1714 wurde dem Parlament von Westminster eine Petition der Kaufleute und Seefahrer vorgelegt, man möge endlich eine Lösung für das Navigationsproblem finden. Nach umfangreichen Diskussionen, an denen sich auch Isaac Newton (1642-1727)

beteiligte, wurde am 8. Juli 1714 der **longitude act** von Königin Anne erlassen. Er versprach

- £ 20.000 (heute wären es mehrere Millionen Euro) für eine Methode zur Ermittlung der geographischen Länge bei Abweichung von höchstens einem halben Grad,
- £ 15.000 bei einer Abweichung von zwei Drittel Grad,
- £ 10.000 bei einer Abweichung von maximal einem Grad.

Ein Expertenteam, das *board of longitude*, sollte über die Vergabe des Preises befinden. Es sollte erst am 30. Juni 1737 zum ersten mal zusammentreten.

John Harrison

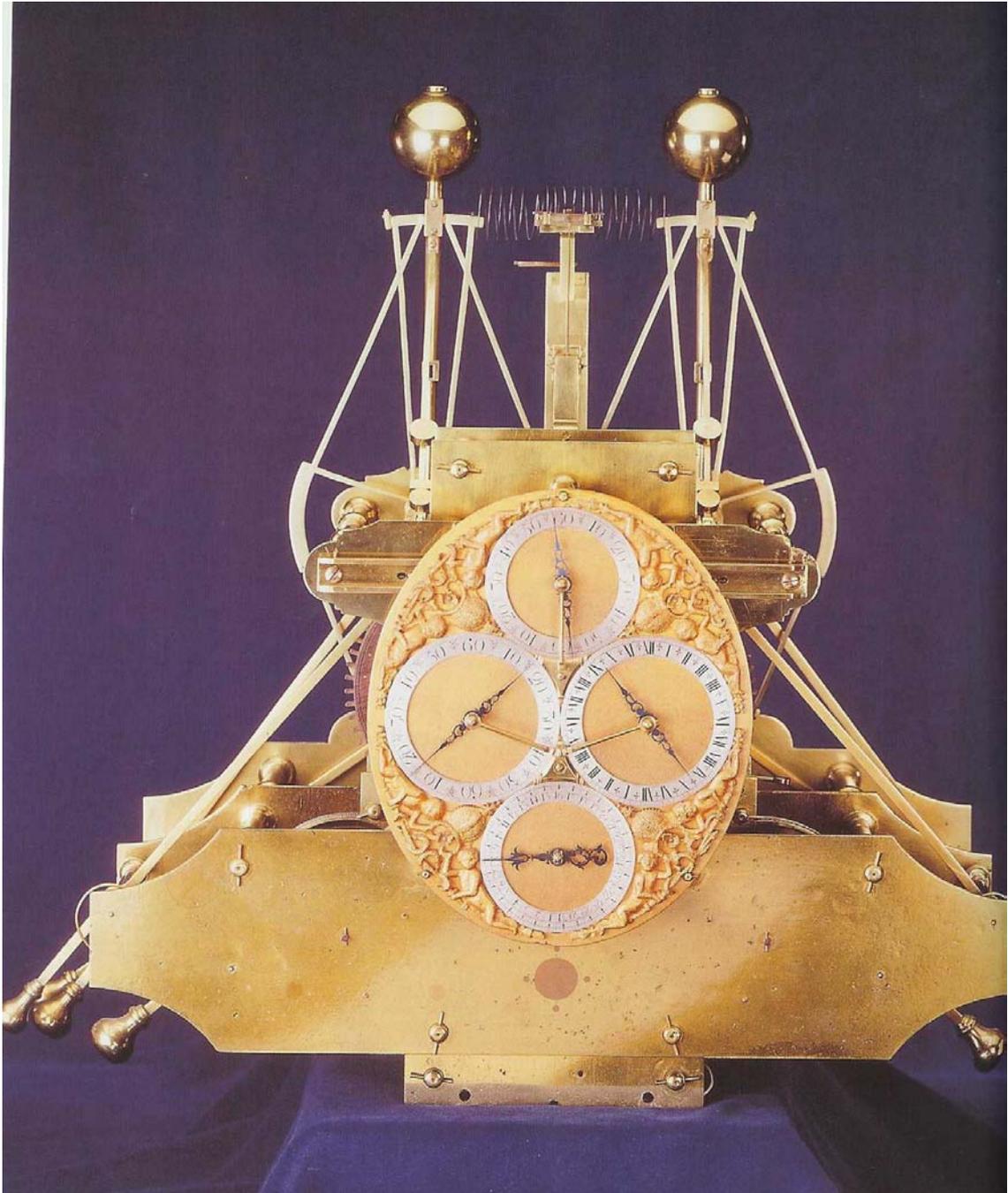
Es war in der Folgezeit ein genialer Uhrmacher, der sein Handwerk als Autodidakt erlernt hatte, der sich um den Preis bewerben sollte. John Harrison (1693- 1776) war Sohn eines Tischlers und er baute seine ersten Uhren weitestgehend aus Holz. Er verwendete Eiche, Buchsbaumholz und *Lignum vitae* , einem tropischen Hartholz, das selbst Fett ausscheidet. Eine solche Uhr brauchte nicht gefettet zu werden, auf See ein unschätzbare Vorteil. (Eine Turmuhr in Brocklesby Park, dem Geburtsort Harrisons, läuft angeblich heute noch.) Lediglich einige wenige Teile (Pendel, Hem-



mung) waren aus Metall gefertigt. Er entwickelte viele Neuerungen, die die Ganggenauigkeit seiner Uhren erhöhten. Dazu gehören Bimetallpendel, die ihre Länge bei Temperaturschwankungen nicht veränderten, die Grashopper-Hemmung, die die Reibung und somit Abnutzung der Hemmung verringerte und vieles mehr. Ca. 1725/1726 entstand die folgende Uhr, die innerhalb eines Monats allenfalls eine Sekunde vor- oder nachgehen sollte.

Rückseite von Harrisons Präzisionsstanduhr mit Rostpendel [Sobel, Andrewes 1999, S. 95]

Etwa 1727 wandte sich Harrison dem Problem der Schiffsuhren zu. Es war klar, dass es keine Pendeluhr würde sein können und so konstruierte er federnde, sich gegeneinander bewegende Schwingarme. 1730 begab er sich nach London, um seine Uhr der Längengradkommission vorzustellen.

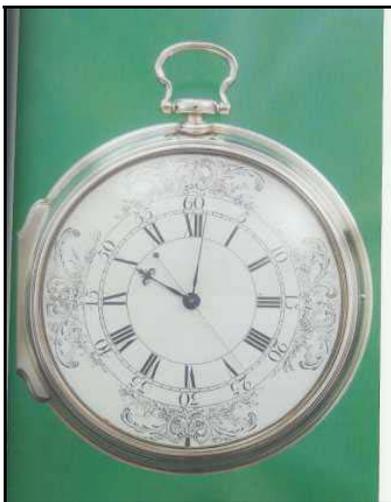


Harrisons erster Zeitmesser für Seeleute : H1 [Sobel, Andrewes 1999, S. 98]

Diese Uhr ist etwa 32kg schwer, 1,20m hoch, breit und tief und steckte in einem Gehäuse, welches verschollen ist. Die Uhr ist heute noch funktionierend in Greenwich zu

besichtigen. Die H1 wurde 1736 zur Erprobung per Schiff nach Lissabon und zurück geschickt und bewährte sich vorzüglich. Am 30. Juni trat Harrison vor die Kommission. Interessanterweise war er selbst der einzige Kritiker der Uhr. Er hätte die vorgeschriebene Erprobungsfahrt zu den Westindischen Inseln verlangen können. Stattdessen bat er um ein Darlehen, um die Uhr weiter zu perfektionieren. Es wurde ihm gewährt. 1741 präsentierte er die H2. Die Kommission war voller Anerkennung für diese Uhr und hätte sie wohl auf die Reise geschickt. Es gab aber einen Kritiker – John Harrison selbst, der nicht zufrieden war. Er bekam wieder Darlehen und zog sich zurück. Derweil war die H1 ein Schaustück in London und wurde vor allem auch von Uhrmacherkollegen aus ganz Europa bewundert – und sorgfältig ausgespäht.

Für den Bau der H3 benötigte Harrison 19 Jahre. Auch diese Uhr ging nicht auf Reisen. Einerseits erhielt Harrison große Anerkennung für seine Uhren, andererseits waren viele Wissenschaftler doch der Astronomie verhaftet und konnten oder wollten sich immer noch nicht vorstellen, dass eine Uhr das Längengradproblem lösen würde. Im Jahre 1759 hatte Harrison die H4 fertig gestellt – eine Taschenuhr von 12cm Durchmesser.



Harrisons Zeitmesser mit dem er sich um den Preis bewarb : H4 [Sobel, Andrewes 1999, S. 137]

Die folgende Zeit der Erprobung der H4 gestaltete sich für Harrison und seinen Sohn, der inzwischen ebenfalls am Bau der Uhren beteiligt war, schwierig. Nicht, dass seine Uhren nicht die erforderliche Genauigkeit geleistet hätten. Tatsächlich saßen aber in der Kommission eine ganze Reihe Astronomen, namentlich James Bradley, die die Mondstanzmethode favorisierten. Bradley hätte den Preis wohl auch gerne zusammen mit dem deutschen Astronomen Johann Tobias Meyer gewonnen, konnte aber die Genauigkeit noch nicht liefern, da die Tabellen noch nicht präzise genug waren. In den Jahren 1761/1762 fand die erste Fahrt zu den Westindischen Inseln (Jamaika) statt. Die Fehlangezeigt während Hin- und Rückreise betrug trotz z.T. stürmischer See nur 2 Minuten. Die Kommission vergab den Preis nicht sondern dachte sich erschwere Bedingungen aus, so dass eine zweite Reise notwendig wurde. Außerdem verlangte die Kommission, dass ihnen die Uhr in ihrem inneren Aufbau zu erklären sei. Sie hatten Sorge, dass Harrison oder sein Sohn verstarb, ohne dass jemand sie begriffen hätte. 1764 fand eine weitere erfolgreiche Reise nach Barbados statt. In der Folgezeit wurde von Harrison verlangt, er möge die H4 unter Kontrolle auseinander

nehmen und anschließend wieder zusammenbauen. Auch sollte er eine Kopie der H4 erstellen. Es vergingen einige Jahre der Intrigen bis im Jahr 1772 William Harrison König Georg III. , einen wissenschaftlich interessierten Mann, ansprach und für die Interessen seines Vaters eintrat. König Georg III. sorgte dafür, dass das ausstehende Preisgeld an John Harrison ausgezahlt wurde. Allerdings trotz der Längengradkommission und nicht von ihr.

In der Zwischenzeit waren Kopien der H4 erstellt worden, so vom Uhrmacher Kendall. James Cook (1728-1779) hat die K1 auf seinen Reisen in den Pazifik dabei gehabt und getestet und war höchst zufrieden.



Die K1, eine Kopie der H4 [Sobel, Andrewes 1999, S. 176]

In den folgenden Jahren wurden die Uhren immer preiswerter und jedes Schiff hatte mehrere von ihnen an Bord. Gleichzeitig waren auch die Mondtabellen so genau geworden, dass mit Hilfe eines Sextanten zuverlässig die Länge bestimmt werden konnte. Es gab also alternative Methoden für deren Bestimmung. So endete eine Jahrhunderte dauernde Suche nach der Lösung eines Problems, das viele Gelehrte zwischenzeitlich für unlösbar gehalten hatten.

Quellen

Andrewes, William J.H. :

- 1998 *The Quest for Longitude: The proceedings of the Longitude Symposium*. 2nd Edition; Cambridge, Massachusetts, Harvard University, 1993

Gerwin, Tim:

- 2000 *Genauigkeit als Problem oder die Suche nach dem Längengrad*. Universität Münster, Didaktisches Seminar WS 2000/2001, http://www.uni-muenster.de/Physik/DP/Seminare/DidaktischesSeminarWS2000_01/Gerwin_LaengengradDidWS00_01.pdf (17.11.2004)

Harley, Woodward :

- 1987 *Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*. Chicago, The University of Chicago Press. 1987

Howse, Derek :

- 1980 *Greenwich time and the discovery of the longitude*. Oxford, Oxford University Press. 1987

Sobel, David, Andrewes, William J.H. :

- 1999 *Längengrad*. Deutsche Übersetzung des ursprünglich unter dem Titel „*The illustrated longitude*“ 1998 in New York bei Walker Books, New York, erschienenen Werkes. Berlin: Berlin Verlag . 1999.