

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 70 (2012)
Heft: 369

Artikel: Navigation in der Seefahrt : Lösung des Längenproblems
Autor: Gilli, Sascha
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897558>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Navigation in der Seefahrt

Lösung des Längenproblems

■ Von Sascha Gilli

Während heute die Navigation durch GPS-Satellitenempfänger verblüffend einfach geworden ist, stand die Seefahrt noch im 18. Jahrhundert vor einem grösseren Problem. Immer mehr Schiffe mit oftmals wertvoller Fracht sanken, da sie wegen ungenauer Positionsbestimmung in Untiefen gerieten oder auf Riffe liefen. Für die Lösung des Problems setzte Englands Parlament 1714 ein Preisgeld von 20'000 Pfund aus, was heute einem zweistelligen Millionenbetrag entsprechen würde.

Im Vorfeld des bevorstehenden Venustransits am 5./6. Juni 2012 wollen wir die Messmethoden der Seefahrt im 18. Jahrhundert beleuchten. Ihre Genauigkeit war schliesslich die Grundlage für die Ermittlung der Astronomischen Einheit (Distanz Sonne - Erde). Dass die Messgenauigkeiten im «Vor-GPS-Zeitalter» mit Chronometern keine höchst präzisen Resultate liefern konnten, versteht sich von selbst. Eine der grössten Herausforderungen war es, die geografische Länge mittels Sonne oder Mond zu ermitteln. Die Methode, den Meridiandurchgang der Sonne zu registrieren, wäre einfach gewesen, hätte man genügend genaue Uhren mit an Bord gehabt.

Der Breitengrad konnte bereits zu Zeiten der grossen Entdeckungsfahrten vergleichsweise einfach bestimmt werden. In der Nordhemisphäre reicht dazu bekanntlich die Messung der Höhe des Polarsterns über dem Horizont beispielsweise mit Hilfe eines Sextanten: Da der Polarstern weniger als 1° vom Himmelsnordpol entfernt ist, gibt der gemessene Winkel ziemlich genau den Breitengrad an. Auch auf der Südhemisphäre konnte die geographische Breite durch Bestimmung des höchsten Sonnenstandes festgestellt werden. Das Navigationsproblem beschränkte sich also auf die präzise Messung des Längengrades.

Monddistanzen

Viele namhafte Personen wie Isaac Newton setzten zur Lösung des Längenproblems auf astronomische Methoden, insbesondere auf die

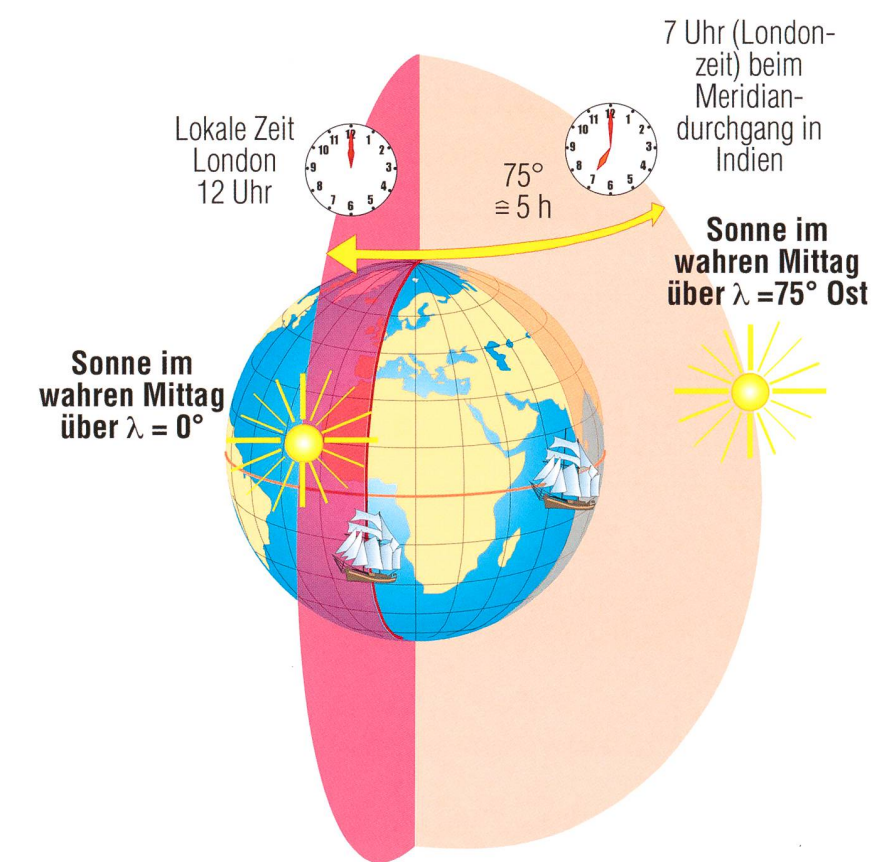


Abbildung 1: Durchläuft die Sonne für die geografische Länge $\lambda = 0^\circ$ den Mittagsmeridian, so erfolgt der Meridiandurchgang vor der Westküste Indiens 5 Stunden früher. Dies entspricht dem Längenunterschied von 75° . (Grafik: Thomas Baer)

Monddistanzen. Dabei handelt es sich um die Messung von Winkelabständen zwischen dem Mond und nahe seiner Bahn gelegenen, hellen Fixsternen. Aus den gemessenen Winkeln kann durch aufwändige Berechnungen die momentane Ortszeit bestimmt und aus dieser auf den Längengrad geschlossen werden (s. unten). Der Nachteil dieser Methode besteht einerseits

darin, dass extrem komplizierte Berechnungen notwendig werden, deren Lösung nur mit Hilfe von in nautischen Jahrbüchern abgebildeten Tabellen innert nützlicher Frist gelingt, und andererseits, dass für die Längengradbestimmung Mond und Fixsterne sichtbar sein müssen. Erst 1755 erleichterten die Mayerischen Mondtafeln das Berechnungsverfahren so weit, dass die

Methode sich langsam im praktischen Gebrauch durchsetzen konnte.

Chronometer

Fast ein Jahrzehnt nach der Ausschreibung des Preisgeldes entwickelte ein aus Yorkshire stammender gelernter Tischler einen völlig anderen Lösungsansatz: JOHN HARRISON eignete sich das Handwerk des Uhrmachers durch Lektüre eines Buches über Mechanik selbst an und war überzeugt, dass er genügend genau laufende Uhren bauen konnte, um das Längenproblem zu lösen.

Mit Hilfe eines auf hoher See funktionierenden Chronometers (Uhr) und Kenntnisse des Sonnenkulationszeitpunktes am Ausgangspunkt kann die geographische Länge nämlich ohne grossen Aufwand berechnet werden. Dies soll ein Beispiel verdeutlichen: Auf einem Schiff, dessen mitgeführte Uhr auf Greenwich-Zeit kalibriert ist, wird der Sonnenhöchststand bereits um 7 Uhr gemessen, und man weiss, dass in London die Sonne um 12 Uhr ihren Kulminationspunkt erreicht – da sich die Erde in (annähernd) 24 Stunden einmal um ihre Achse, also um 360° dreht, entspricht die Abweichung von fünf Stunden einem Längenunterschied von 75° und zwar gegen Osten. Das Schiff befindet sich also auf 75° östlicher Länge und wird daher bald Indien erreichen, falls es sich auf einer passenden geographischen Breite befindet.

Der genaue Zeitpunkt der Sonnenkulmination kann aufgrund der flachen Sonnenbahn natürlich nur genau genug bestimmt werden, wenn zwei Messungen vor und nach dem Höchststand durchgeführt werden und anschliessend ein passender Mittelwert berechnet wird. Dafür sind gute Sichtbedingungen über einen längeren Zeitraum unverzichtbar. Findet man in der Nacht gute Verhältnisse vor, kann dieser Nachteil allerdings umgangen werden: Kennt man die Sternenposition am Ausgangspunkt der Reise, auf den die Uhr kalibriert wurde, erscheint der Sternenhimmel am Aufenthaltsort des Schiffes um die entsprechende Längengraddifferenz gedreht. Aus Differenz der Sternzeit und der abgelesenen Uhrzeit kann also ebenfalls der Längengrad bestimmt werden. Die Chronometermethode er-

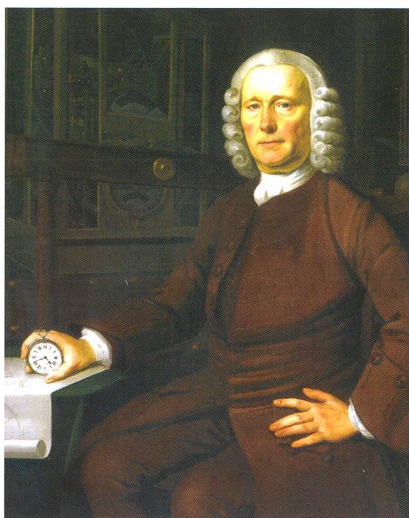


Abbildung 2: JOHN HARRISON (1693 – 1776) war Tischler, Erfinder und autodidaktischer Uhrmacher. (Quelle: Wikipedia)

möglicht somit bei guten Sichtverhältnissen die präzise Längenbestimmung sowohl am Mittag wie auch während der Nacht, was nebst der deutlich einfacheren Anwendung ein weiterer Vorteil gegenüber der Mondstanz-Methode darstellt.

Weitere Entwicklung

Obwohl die Längengradbestimmung durch Mitführen eines genauen Chronometers nun möglich war, konnten sich viele Seefahrer eine Uhr noch lange nicht leisten: Kopien von Harrisons H4 kosteten nämlich beinahe die Hälfte des Wer-



Abbildung 3: JOHN HARRISONS Schiffschronometer H5 lief auf hoher See noch genauer als das Vorgängermodell H4. (Quelle: Wikipedia)

tes eines kleineren Schiffes. Erst 1790 gelang es englischen Uhrmachern, Chronometer in Serie zu produzieren, was den Preis auf ein erträgliches Niveau senkte. Trotzdem dauerte es noch ein weiteres halbes Jahrhundert, bis die Ausstattung englischer Schiffe durch Längenuhren abgeschlossen war.

Inzwischen wurde auch die Methode der Mondstanz durch Veröffentlichung von Berechnungshilfen der Allgemeinheit immer besser zugänglich gemacht. Besonders Sir Nevil Maskelyne, ab 1765 königlicher Astronom, leistete einen grossen Beitrag dazu, indem er den «Nautical Almanac» gründete, ein jährlich erscheinendes astronomisches Jahrbuch, das die für die einfache Anwendung der Mondstanz-Methode erforderlichen geozentrischen Distanzen des Mondes zu bestimmten Fixsternen enthielt. Erst ab 1908 konnte man diese Daten nicht mehr in den Almanachen vorfinden, was die Bedeutung der Mondstanz-Methode als Alternative zu derjenigen der Chronometer bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts illustriert. Ein weiteres halbes Jahrhundert später lösten schliesslich Fremd- und Eigenpeilung mittels Peilstationen und -sender die beiden lang gedienten Methoden ab – fortan waren keine astronomischen, sondern nur noch Kenntnisse in sphärischer Trigonometrie nötig, um den Längengrad auf See berechnen zu können. Seit den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts ersetzten schlussendlich GPS-Sender die Peilungsmethoden – eine Technik, die wohl noch lange bestehen wird.

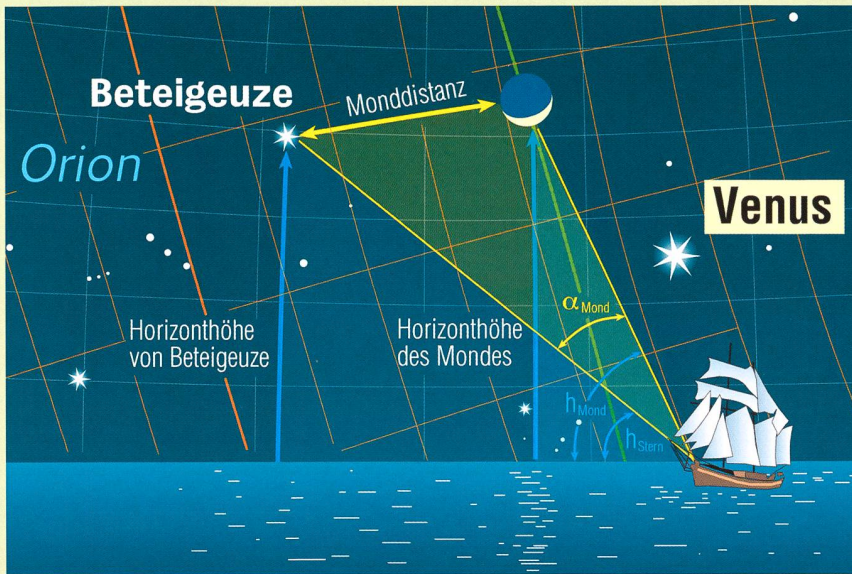
Sascha Gilli

Bahnhofstrasse 29a
CH-8157 Dielsdorf

Sie fragen, wir beantworten

«Nachgedacht – nachgefragt». In dieser Rubrik gehen wir in loser Folge kniffligen Fragen auf den Grund. Haben auch Sie sich schon mit einem astronomischen Thema auseinandergesetzt und sind auf keinen gemeinsamen Nenner gekommen? Stellen Sie der ORION-Redaktion Ihre Fragen. Wir leiten sie an unsere Fachleute weiter, die «Ihre Problemstellung» allgemein verständlich bearbeiten. Gerne greifen wir Ihre Themen auf.

Schwierigkeiten mit der Mondstanz-Methode



Warum konnte sich die am meisten auf astronomischem Wissen beruhende Längengradbestimmungsmethode der Mondstanz erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts durchsetzen? Damit aus den gemessenen Winkeln zwischen Mond und Fixsternen auf die Ortszeit mit einer hinreichenden Genauigkeit geschlossen werden kann, müssen natürlich die Bahnstörungen des Mondes

berücksichtigt werden. Heute kann die Mondbahn mit Hilfe eines astronomischen Computerprogramms innerhalb weniger Sekunden berechnet und dargestellt werden, im 18. Jahrhundert dauerte die Herstellung der nötigen Tabellen allerdings wesentlich länger. Da der Mond aufgrund seiner Erdnähe eine grosse Parallaxe aufweist, verursachen bereits kleinste Einflüsse eine merkliche Veränderung der im Optimalfall ei-

gentlich elliptischen Mondumlaufbahn. Insbesondere die Gravitationswirkung von Erde und Sonne resultieren in der periodischen Schwankung der grossen Halbachse und der Exzentrizität des Mondes. Weitere Probleme verursachen unter anderem die – ebenfalls gravitativ bedingt – stetig ändernde Umlaufgeschwindigkeit des Mondes sowie die Schwankung der Bahnneigung zwischen etwa 5 und 5.3°. Später entdeckte man noch weitere Bahnstörungen wie die säkulare Akzeleration und die Evektion. Da zur adäquaten Berücksichtigung dieser zahlreichen Einflüsse reichliche mathematische Kenntnisse gewonnen werden mussten, dauerte es relativ lange, bis Almanache mit für die Längenbestimmung genügend genauen Bahnwerten gedruckt werden konnten. Kein Wunder konnte sich JOHN HARRISON'S Chronometermethode durch ihre deutlich einfachere Anwendung deshalb besser behaupten als die Mondstanz-Methode, auch wenn diese wegen der hohen Schiffsfuhrpreise und der Verfügbarkeit von genauen Tabellen noch bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts angewendet wurde.

Bericht: Sascha Gilli

Das Elmer Martinsloch erhielt eine eigene Sonderbriefmarke

Die Post hat im März 2012 eine Sondermarke «Martinsloch» herausgegeben. Das 21 Meter hohe und 18 Meter breite Felsenfenster am Fusse des Grossen Tschingelhorns, durch welches die Sonne zweimal jährlich – am 13./14. März um 08:53 Uhr MEZ und am 30. September und 1. Oktober um 09:32 Uhr MESZ – auf die Elmer Kirche scheint, liegt in einer geologisch einzigartigen Zone. Im Martinsloch kreuzen sich zwei Schwächezonen. Ein erosionsanfälliges, dunkles Band aus Flysch-Gesteinen und eine Kluft im Kalkgestein, bedingt durch die späte Alpenhebung, treffen hier aufeinander. Das Gestein wurde dadurch in diesem Bereich schneller abgetragen und es entstand ein Loch im



Berg. Im Juli 2008 wurde die Tektonikarena Sardona (Glärner Hauptüberschiebung) als UNESCO-Welterbe ausgezeichnet. Seit über zweihundert Jahren kommen Geologen aus aller Welt zur Erforschung der Gebirgsentstehung in dieses einzigartige Gebiet.

Zur Briefmarke *i*

■ Angaben

Wertzeichen: 104 x 37 mm
(31 x 37 mm, 43 x 37 mm, 30 x 37 mm)
Bogen: 135 x 215 mm (5 Reihen zu 3 Marken), Zähnung: 13¼, Gestaltung:
PEIDER J. JENNY, Obstalden, GL