

# Entscheidung Längengrad

Ständig die genaue Position zu kennen, ist lebenswichtig für Kapitän und Mannschaft. Satelliten leiten heute Schiffe an ihr Ziel. Doch vor 250 Jahren waren es gefährvolle Fahrten ins Ungewisse - bis ein englischer Uhrmacher eine Lösung fand. Doch mächtige Astronomen am Hofe des Königs suchten in den Sternen nach dem Schlüssel zur sicheren Navigation. Sie wollten nicht zulassen, dass eins der dringlichsten Probleme der Seefahrt von einem einfachen Handwerker gelöst werden sollte.

John Harrison, der Uhrmacher im Wettlauf um die Bestimmung des Längengrads.

## 1 - Der Longitude Act | Das Längengradproblem muss gelöst werden

Im Jahr 1707 steuerte der britische Admiral Shovell nach siegreichen Gefechten sein Geschwader auf heimatischen Kurs. Durch schweren Herbstnebel tastete er sich seit Tagen in Richtung Ärmelkanal.

Der Admiral und seine Offiziere wähten die Flotte in Höhe der Bretagne in sicheren Gewässern. Doch ein umsichtiger Matrose glaubte, die Schiffe laufen in Wahrheit direkt auf die berüchtigten Scilly Islands zu. Die Offiziere der Royal Navy duldeten keine Widerrede, stur setzte der Admiral seinen Kurs fort und führte seine Flotte direkt ins Verderben. Sein Schiff rammte als erstes die tückischen Felsen und sank innerhalb weniger Minuten. In dieser Nacht verlor die englische Krone vier der fünf Kriegsschiffe, und die Scilly Islands wurden zum namenlosen Grab für 1.700 von Admiral Shovells Marinesoldaten. Nur wegen der Unfähigkeit, den Längengrad und damit die eigene Position genau zu bestimmen.



Kapitäne, Kaufleute zu London und Eigner von Handelschiffen forderten die Regierung auf, endlich zu handeln: sich der Dringlichkeit des Längengradproblems anzunehmen, eine Kommission einzusetzen und Mittel zur Erforschung sicherer Lösungen bereitzustellen. Sie unterzeichneten eine Resolution, die sie dem Parlament wie einen Fehdehandschuh hinwarfen. Im Juli 1714 verabschiedete das englische Parlament eine neue Verordnung, den so genannten Longitude Act. Ein fürstliches Preisgeld wurde ausgesetzt: 20.000 Pfund für den Urheber eines Verfahrens, das die Bestimmung des Längengrads mit einer Abweichung von höchstens einem halben Grad ermöglicht.

Die königliche Sternwarte Greenwich wurde zum Sitz des "Board of Longitude". Diese Jury aus Naturwissenschaftlern, Marineoffizieren und Regierungsbeamten hatte freie Hand bei der Vergabe der Preisgelder. Sir Edmond Halley war als königlicher Astronom Mitglied der erlauchten Kommission und der berühmte Mathematiker Isaac Newton ihr einflussreichster Berater. Newton war davon überzeugt dass die Lösung des Problems alleine in der Ordnung der Gestirne zu finden sei. Er verwies auf die Jupitermonde, beschrieb astronomische Verfahren, die auf Zeiten von Mond und Sonnenfinsternis beruhen und auf die Messung der Mondabstände, an der in der königlichen Sternwarte fieberhaft gearbeitet wurde.



Einen ganz anderen Ansatz verfolgte John Harrison. Mit Hilfe der präzisen Zeitmessung, sollte sich der Längengrad ebenso exakt bestimmen lassen. Harrison war Sohn eines Zimmermanns, von einfachem Stand doch hoher Intelligenz. Er hatte wie sein Vater das Handwerk des Tischlers gelernt, aber sein wahres Interesse galt der Mechanik. Uhrwerke sollten ihn Zeit seines Lebens faszinieren.

Schon mit 20 Jahren hatte John seine erste Pendeluhr entwickelt. Konnte die Ermittlung präziser Zeit auf See zur Bestimmung des Längengrads führen? Newton hielt nichts von solchen Ideen: keine Uhr der Welt sei in der Lage, auf See genaue Ergebnisse anzuzeigen.

## 2 - Der Uhrmacher | Von der Zeitmessung zur Positionsbestimmung

Selbst die erfahrendsten Kapitäne waren zu Anfang des 17. Jahrhunderts auf hoher See häufig orientierungslos. Jeder fähige Navigator konnte zwar den Breitengrad bestimmen. Zu einer festen Tageszeit maß er den Winkel zwischen Sonne und Horizont, konnte so seine Nord-Süd-Position berechnen. Doch den Längengrad verriet der Quadrant dem Seemann nicht.



Schon im Altertum gab es Darstellungen der Welt, auf denen Linien der Breite und Länge eingezeichnet waren. Sie dienten dazu, jeden Ort der Welt anhand der Schnittpunkte der gedachten Linien zu bezeichnen. Breitengrade sind die fiktiven parallelen Linien rund um die

Erde. Von Null Grad am Äquator bis 90 Grad an den beiden Polen. Längengrade, die von Pol zu Pol verlaufen, teilen den 360 Grad-Kreis des Äquators auf. Doch nur wenn sich beide bestimmen lassen, kennt der Seemann seine genaue Position auf dem Meer. Daher drängten sich die Schiffe lieber auf immer gleichen Routen: Mit dem Nordost Passat von Europa über die Azoren in die Karibik und in der Westwindzone zurück in die Heimat.

Leichte Beute für Piraten, die auf den altbekannten Passagen lauerten. Unzählige Schiffe beladen mit Gold und Silber, Perlen und Diamanten, Pfeffer Nelken und Zimt fielen ihnen zu Opfer. Bis sie fast die gesamte Schifffahrt in der Karibik zum Erliegen brachten. Daher drängten die englischen Kauffahrer energisch darauf, endlich ein sicheres Verfahren zur Navigation zu finden. Die Bestimmung der Zeit, egal auf welchem Weg, schien der Schlüssel zur Lösung zu sein. Die königlichen Astronomen aber setzten alleine auf die Methode der Mondstanz - ein unausgereiftes Verfahren.

Es ist nicht überliefert, wann und wie John Harrison von der ausgelobten Prämie im abgelegenen Yorkshire erfuhr, doch der Uhrmacher beschloss an dem Wettbewerb teilzunehmen. Noch konnte er nicht wissen, dass es ein lebenslanger Kampf werden sollte. Harrison hatte nie das Handwerk des Uhrmachers gelernt. Als jungem Mann fiel ihm ein Buch über Mechanik in die Hände und seitdem beschäftigte er sich mit dem Bau von hölzernen Uhren, denn er verwendete die Materialien, die er als Tischler kannte. In der Grafschaft machte er sich bald einen Namen. Ein Lord Yarborough hörte von dem Uhrmacher und beauftragte ihn mit dem Bau einer Turmuhr für sein Hofgut in Brocklesby Park. Das war im Jahre 1720. Nach über 280 Jahren zeigt sie noch immer präzise die Zeit.



Harrison baute die Uhr aus Holz, sie kam ohne Öl aus und braucht nie geschmiert zu werden, denn die Lager waren aus Lignum Vitae, einem tropischen Hartholz, das selbst Fett ausscheidet - seit Hunderten von Jahren. Die wenigen Metallteile waren aus Messing, damit sie in feuchter Witterung nicht rosten, und eine besondere Konstruktion sorgte für einen fast reibungsfreien Lauf. Eine Uhr ohne Öl, seinerzeit etwas Unerhörtes, würde auf See vermutlich viel genauer gehen als alle Uhren die bis dahin gebaut wurden. "Es ist freilich noch keine Schiffsuhr hervorgebracht worden, die in der Lage wäre, unbehelligt von den Schiffsbewegungen, den Temperaturschwankungen, der Luftfeuchtigkeit, genaue Ergebnisse anzuzeigen" schrieb Isaac Newton der Längengradkommission und deutete an, dass auch in Zukunft keine Uhr der Welt jemals unter diesen harschen Bedingungen funktionieren könne.



Doch Harrison hatte eine Lösung für das Problem der Temperaturschwankungen gefunden. Die Idee: Bei Wärme dehnt sich das Metall der Uhren-Pendel aus, die Uhren gehen langsamer, bei Kälte ziehen sie sich zusammen und gehen schneller. Mit einem Trick lässt sich das Problem umgehen. Harrison konstruierte ein Pendel aus Messing und Stahl, die unterschiedlich auf Temperaturschwankungen reagieren. So hoben sich die unterschiedlichen Ausdehnungen der Metalle gegenseitig auf.

Es war Harrison klar, dass er reich und berühmt werden könne, wenn es ihm gelänge seine präzisen Uhren seetüchtig zu machen. Im Sommer 1730 nahm er all seinen Mut zusammen und machte sich auf in das 200 Meilen entfernte London. In Greenwich stellte er seine Pläne dem königlichen Astronomen vor. Die Längengradkommission selbst war bislang noch nie zusammengetreten.

### 3 - Wettlauf mit den Astronomen | Die Frage nach der besten Methode

Harrison hatte das Problem der Schmiermittel gelöst, er hatte ein fast reibungsfreies Uhrwerk entwickelt und ein Pendel für alle Klimazonen konstruiert. Jetzt war er bereit, den Wettlauf mit den Astronomen zu beginnen.



Sir Halley selbst gehörte zu den ersten Begutachtern seiner Pläne und hörte aufmerksam zu, als Harrison seine neuartige Schiffsuhr beschrieb. Doch der freundliche Astronom wusste genau, dass die Längengradkommission eine mechanische Lösung für ein - aus ihrer Sicht - rein astronomisches Problem nie akzeptieren würde. Die Kommission bestand aus anerkannten Astronomen, berühmten Mathematikern und weltläufigen Navigatoren. Wie konnte ein einfacher Dorftischler so vermessen sein, das größte technologische Problem der damaligen Welt lösen zu wollen.



In ganz Europa arbeiteten die Astronomen fieberhaft an einer Lösung des Längengradproblems. In Paris hatte man eigens dazu bereits vor Jahrzehnten ein neues Observatorium gebaut. Ludwig XIV. hatte berühmte ausländische Wissenschaftler in sein Reich geholt. Durch Beobachtung der Jupitermonde konnte man zumindest an Land den Längengrad präzise bestimmen.

Galileo Galilei war es, der die lange gesuchte Himmelsuhr entdeckt hatte: Vier Monde, die den Jupiter umkreisen. Er ging geduldig daran, die Trabanten zu beobachten, ihre Umlaufbahn zu berechnen und festzustellen, wie oft die kleinen Monde hinter dem gigantischen Jupiter verschwanden. Verfinsterungen der Jupitermonde gab es tausendmal im Jahr und zwar so vorhersehbar, dass man eine Uhr danach stellen konnte. Doch an Bord eines Schiffes ließen sich die Trabanten des Jupiters nur schwer beobachten und waren nicht oft genug zu sehen, um navigatorisch von Nutzen zu sein. Sein Vorschlag war abgelehnt worden.

Taschenuhren gab es zwar schon rund zwei Jahrhunderte vor dieser Zeit, aber sie waren sehr ungenau. Die Besten wichen etwa eine Minute pro Tag ab. Um jedoch den Preis zu gewinnen, durften die Uhren pro Tag nur 2,8 Sekunden falsch gehen. Die großen Pendeluhr, wie Harrison sie um 1720 baute, waren sehr genau, wichen nur eine Sekunde im Monat ab. Er nahm sie als Vorbild und versuchte daraus ein tragbares Gerät zu entwickeln.

Hundert Jahre später machte sich John Harrison daran, die kosmische Uhr durch eine mechanische zu ersetzen. Er hatte ein zinsloses Darlehen erhalten, um seine Pläne einer Schiffsuhr zu verwirklichen. Wie eine Besessener arbeitete Harrison seit Jahren an der Uhr, die er schlicht H1 nannte. Doch sie funktionierte noch immer nicht zu seiner Zufriedenheit. Noch konnte er die H1 nicht in London der Kommission vorstellen.

Mit Hilfe der Position der Fixsterne kontrollierte Harrison die Genauigkeit der Uhr. Er wartete auf die Chance sein Chronometer endlich auf See testen zu können. Doch obwohl die Mächtigen in London beeindruckt waren, vertrösteten sie ihn immer wieder, gewährten jedoch Unterstützung für weitere Erprobung. Harrison baute eine speziell Aufhängung, um die Uhr vor den starken Schwankungen auf See zu schützen. Er testete seine Uhr unter extremen Bedingungen, verbesserte ständig ihre Justierung.

Im Mai 1736 war es endlich soweit. Harrison begab sich auf die erste Seereise seines Lebens nach Lissabon. Die raue See und das rollende Schiff ließen die Uhr mehr als einmal aus dem Takt kommen. Harrison litt dauernd unter Seekrankheit, während er fieberhaft versuchte, die Mechanik zu verbessern. Auf der Rückreise war das Meer ruhiger, und die H1 ging bedeutend genauer. Nach vier Wochen glaubte der Kapitän Start Point an

der englischen Küste erreicht zu haben. Aber Harrison berechnete, dass sie sich 60 Meilen weiter westlich in gefährlichen Gewässern befinden müssen. Der Kapitän ließ sich überzeugen und änderte im letzten Moment den Kurs. Die Präzision dieser Schiffsuhr hatte auf ihrer ersten Reise die Besatzung vor dem sicheren Untergang gerettet.

#### 4 - Die H-Serie | Die Uhren der vierten Generation sollten es schaffen



Ende Juni 1737 trat John Harrison mit seinem wundersamen Zeitmesser vor die Längengradkommission. Der königliche Astronom Halley, Admiral Norris, Astronomieprofessor Bradley, Sir Charles der erste Seelord, sie alle erkannten, dass Harrison Großes für Krone und Vaterland geleistet hatte.

Mit Fug und Recht könne er die offizielle Erprobungsfahrt verlangen, um zu beweisen, dass die H1 die 20.000 Pfund Prämie des Longitude Acts wert sei. Doch Harrison war viel zu sehr Perfektionist, um mit dem Erreichten zufrieden zu sein. Mit 500 Pfund machte sich der eigensinnige Uhrmacher schließlich auf den Weg nach Hause. Er wollte sein Werk weiter verbessern, eine H2 konstruieren, bevor er sich auf eine offizielle Erprobung einlässt.

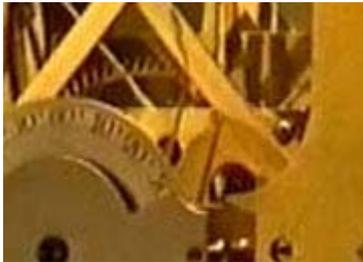


Doch das ausgelobte Preisgeld des Longitude Acts wollten sich auch andere sichern. John Harrison bekam einen mächtigen Gegenspieler. Ein ehrgeiziger Astronom namens Neville Maskelyne war nach London gezogen und machte von sich reden. Er hatte in Cambridge studiert, galt als streberhaft und besserwischer. Er wurde Freund und Gehilfe des Astronomen Bradley und versuchte mit ihm gemeinsam, das Längengradproblem mit Hilfe der Sterne zu lösen. Maskelyne war ein pedantischer, akribischer Mensch. Die Entfernung des Mondes zur Sonne bei Tag und des Mondes zu den zehn Fixsternen bei Nacht sollte Grundlage der Berechnung des Längengrades sein. Es war der Beginn eines unerbittlichen Wettkampfs zwischen den Verfechtern der Mondstanz-Methode und dem Hüter der Zeit.

Noch während der zweijährigen Bauzeit der H2 begann Harrison seinen nächsten Entwurf, die H3. 19 Jahre lang würde er gemeinsam mit seinem

Sohn an dieser einzigartigen Uhr arbeiten. 19 Jahre, in denen Harrison manchmal den Mut verlor, während er versuchte, der Mechanik endlich mehr Präzision zu entreißen. Harrison wartete vergeblich auf die Zustimmung der Admiralität zu einer Testreise und wusste manchmal nicht, wovon er seine Familie ernähren sollte. 19 Jahre, in denen die Vertreter der Methode der Mondstanz immer mehr an Boden gewonnen.

Wieder und wieder bat Harrison darum, seine H3 zur offiziellen Erprobung zuzulassen, auf einer Reise in die Karibik, so wie es der Longitude Act vorsah. 1759 ließ man ihn wissen: die H3 soll endlich auf See getestet werden, doch die Expedition wurde im letzten Moment abgesagt. England war im Krieg und die Admiralität wollte keinesfalls riskieren, dass die viel versprechende Erfindung in Feindeshand fiel.

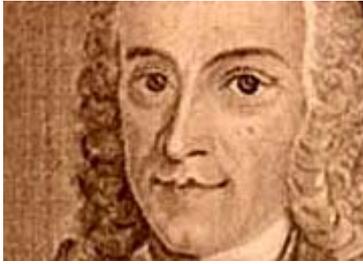


Während Harrison und sein Sohn an der H3 arbeiteten, ließ er sich eine Taschenuhr bauen. Da kam er auf die Idee, auch die Masse seiner Schiffsuhr drastisch zu verringern. Harrison begann sofort mit der Arbeit an einem neuen Chronometer, der H4, einer überdimensionalen Taschenuhr. Sollte er die ganzen Jahre den falschen Plan verfolgt haben?

1761 kümmerten sich die Gelehrten der Welt um andere Themen. Ein internationales wissenschaftliches Jahr wurde ausgerufen, die Erforschung des Venusdurchgangs war das Ziel. Die englische Krone investierte hohe Summen und schickte Beobachter in die ganze Welt. Man hoffte durch die Beobachtung des Venusdurchgangs an verschiedensten Punkten des Globus die genaue Entfernung der Erde zur Sonne berechnen zu können. Es war das Ereignis des Jahrhunderts für die Wissenschaft und das Problem des Längengrads schien für einen kurzen Moment zweitrangig zu sein.

## 5 - Kampf um das Preisgeld | Mathematische Formeln oder mechanisches Gerät?

In der Universitätsstadt Göttingen machte ein junger Kartograf und Mathematiker von sich Reden. Im Alter von 28 Jahren wurde der junge Gelehrte Tobias Mayer bereits zum Professor der Mathematik berufen, ohne selbst jemals studiert zu haben. Er sollte bei der Bestimmung des Längengrades eine bedeutende Rolle spielen.



Man hatte die Position der Sterne und die Bahn des Mondes studiert, man hatte den Sextanten entwickelt, mit dem man die Distanz zwischen Mond und Sonne oder Sternen messen konnte. Als Kartograf musste Tobias Mayer ständig Positionsbestimmungen durchführen. Was fehlte, waren zeitlich geordnete Mondtabellen, anhand derer man die Entfernung in Längengradpositionen übersetzen konnte. Dies erwies sich als der schwierigste Teil, doch Tobias Mayer schuf mit komplizierten mathematischen Gleichungen die ersten Tabellen dieser Art. Er glaubte, das Längengradproblem gelöst zu haben und schickte seine Ausführungen nach London.

Neville Maskelyn ging sofort daran, die Tabellen ins Englische zu übersetzen und als "The British Mariner's Guide" zu veröffentlichen. Neville Maskelyn war überzeugt: Die Methode der Mondabstände stand endgültig vor ihrer praktischen Verwirklichung.

John Harrison dagegen präsentierte der Welt ein kleines tickendes Ding in einer Kiste. Dafür brauchte man weder Kenntnisse in Mathematik noch in Astronomie. Für Wissenschaftler und Himmelsnavigatoren hatte diese Uhr etwas Unpassendes. Doch Harrison wusste, er hatte ein Meisterwerk geschaffen und verlangte deren Erprobung zur See. Doch der alte Mann war schon zu schwach, um selbst auf diese Reise zu gehen. Ende 1761 machte sich Harrisons Sohn William an Bord der Deptford auf den Weg nach Jamaika. Mit vier Schlössern war das Kästchen der H4 gesichert und jeder Handgriff von William wurde kontrolliert.



Die Atlantiküberquerung dauerte fast drei Monate, bis man schließlich am 19. Januar Jamaika erreichte. Ein Astronom als Abgesandter der Längengradkommission ging als einer der ersten an Land. Er hatte die Aufgabe, mit astronomischen Mitteln die genaue Ortszeit festzustellen und einen Vergleich mit Harrisons Uhr vorzunehmen. Wieder und wieder maß der Astronom die Mondabstände und berechnete die genaue Uhrzeit. Es war eine Sensation: Die H4 hatte nur fünf Sekunden verloren: Fünf Sekunden in 81 Tagen auf See.

Zurück in England trat die Längengradkommission zusammen. Der Preis müsste eigentlich sofort an Harrison gehen, denn seine Erfindung erfüllte die Bedingungen des Longitude Acts, doch alles schien sich gegen ihn zu verschwören: Die königlichen Astronomen wollten die Methode der

Monddistanz durchsetzen. Man zweifelte die Messungen von Jamaika an, verlangte eine zweite Erprobungsreise, zitierte Harrison wiederholt vor die Kommission, verlangte die Übergabe aller Konstruktionszeichnungen und schließlich zwangen sie Harrison, seine Uhr vor ihren Augen zu zerlegen. Immer wieder wurden die Regeln des Longitude Acts anders interpretiert und das Preisgeld Jahr für Jahr verweigert.

Schließlich ließ die Kommission alle Uhren von Harrison beschlagnahmen. Die H4 lagerte schon seit Monaten in Greenwich. Harrisons Gegenspieler Maskelyn war königlicher Astronom geworden und betrachtete die Uhren als Eigentum der Krone, schließlich habe man sie mit Fördersummen bezahlt. Und Maskelyn machte Harrison weitere Auflagen. Zwei neue Exemplare der H4 sollte er bauen - ohne Pläne, ohne Vorlage.

Trotz hohen Alters, schlechter Augen und ständiger Gichtanfalle, gelang es Harrison in fünf Jahren eine der geforderten Uhren zu bauen. Doch der alte Mann fühlte, wie ihm die Kräfte schwanden. In seiner Verzweiflung blieb ihm nur eine Hoffnung: er musste den König sprechen. König Georg III. hatte sich in Kew Gardens, außerhalb von London eine eigene Sternwarte bauen lassen, er interessierte sich leidenschaftlich für Forschung, Astronomie und wissenschaftliche Instrumente. Als Harrison inständig um nichts anderes als Gerechtigkeit bat, versprach er ihm zu helfen. Der König umging die Kommission und appellierte direkt an das Parlament.

John Harrison wurden noch im selben Jahr 8.750 Pfund Preisgeld zugesprochen. 50 Jahre nach seinen ersten Plänen war sein Schiffs-Chronometer endlich anerkannt. Kapitäne versorgten sich auf eigene Kosten mit den wertvollen Uhren, die bald in Serie produziert wurden. John Harrison konnte weder seinen Reichtum noch seinen Ruhm lange genießen. Der einfache Uhrmacher vom Lande, der den Seefahrern der Welt die sichere Navigation schenkte, verstarb am 24. März 1776.

[ZDF / Axel Engstfeld Filmproduktion]