

Computer: Zeitmessung (aus Wiki)

## Description

# ZeitmessungNavigation (aus Wiki)

Gehört zu: [Astronomie](#)

Siehe auch Analemma, [SI-Einheiten](#)

# Zeitmessung und Navigation

## Stichworte

Sommerzeit, H.4 Chronometer, Zeitmessung, Uhr, Navigation, Räderuhr, Pendeluhr, Huygens, Harrison, Cook, Quarzuhr, [GPS](#), Zeitzeichen, Zeitzone, GMT, Atomuhr, UTC, PTB, Venusdurchgang, Astrolabe, Oktant, Sextant, Eisenbahn, Meridian, etc.

## Überblick

- 750 In der Literatur werden erstmals Sanduhren erwähnt.
- 1284 Die erste mechanische Turmuhr wird an der Kathedrale von Exeter (England) in Betrieb genommen.
- 1288 Die Westminster Hall zu London erhält eine mechanische Turmuhr. Die Tageseinteilung in zweimal zwölf gleich lange Stunden beginnt.
- 1300 In Florenz wird die erste öffentliche mechanische Stadtuhr aufgestellt,
- 1336 In Florenz wird eine Turmuhr mit Schlagwerk bekannt
- 1344 In Padua vollendet Jacopo de Dondi eine öffentliche Schlagwerkuhr.
- 1345 (spätestens) Die Stunde wird in 60 Minuten zu 60 Sekunden eingeteilt
- 1348 London erhält seine erste öffentliche Schlagwerkuhr, Big Tom genannt.
- 1511 Der Nürnberger Schlosser Peter Henlein baut tragbare Uhren etc. vermutlich gab es tragbare Uhren aber auch schon früher.
- 1587 etc. einer erste Uhr mit Stunden und Minutenzeiger, die auf einer gemeinsamen Achse (etc. koaxial etc.) sitzen etc.
- 1655 **Christiaan Huygens** (1629-1695) entdeckt in Den Haag mit seinem Fernrohr den ersten Saturnmond (Titan).
- 1656 Christiaan Huygens entdeckt die Saturnringe und den Orionnebel etc.
- 1656 Christiaan Huygens erfindet die **Pendeluhr**, die er 1657 zum Patent anmeldet. (franz. Patentamt?).

- 1665 oder 1674 Huygens konstruiert aus Spiralfeder und Unruh ein Schwingungssystem für eine Taschenuhr, wofür er 1675 ein französisches Patent erhält. Prioritätsstreit mit R. Hooke (Elastizitätsgesetz).
- 1761 Das von John Harrison gebaute **Chronometer H.4** wird auf einer Reise nach Jamaica getestet. Auf der zwei Monate langen Reise verliert der "Time Keeper" nur 5 Sekunden.
- 1768-1771 Kapitän **James Cook** konnte auf seiner ersten Reise den H.4 noch nicht mitnehmen.
- 1772-1775 Zweite Reise von James Cook (HMS Resolution) mit Harrisons H.4 Chronometer!
- 1776-1779 Dritte Reise von James Cook. Tod auf Hawaii.
- 1825 Eröffnung der ersten Eisenbahnstrecke in England zwischen Stockton und Darlington am 17.09.1827. George Stephenson (1781-1848), der Erbauer der Lokomotive, steuert sie selbst.
- 1835 Eisenbahn Nürnberg-Fürth
- 1880 In Großbritannien wird die *Greenwich Mean Time* **GMT** eingeführt
- 1893 Im Deutschen Reich wird die Mitteleuropäische Zeit **MEZ** eingeführt
- 1926 Die GMT wird durch die *Universal Time* **UT** abgelöst
- 1929 wurde die erste **Quarzuhr** von dem amerikanischen Uhrmacher Warren A. Morrison gebaut.
- 1946 Am 6. Dezember stellt der amerikanische Physiker Willard F. Libby (1949 Radiocarbon-Methode) seine **Atomuhr** öffentlich vor. Seine Erfindung, die Atomuhr, die eine sehr genaue Zeitbestimmung ermöglicht, weil sie in 300.000 Jahren weniger als eine Sekunde nachgeht, zählt die eigenen Schwingungen des Cäsium Atoms.
- 1967 Definition der SI-Sekunde anhand der Cäsium-Atomuhr (9 192 631 770 Schwingungen sind eine Sekunde)
- 1972 Einführung der *Universal Time Controlled* **UTC** anstelle der UT von 1926
- 1978 Start des ersten Satelliten für den Aufbau des **GPS Global Positioning System**. 24 Satelliten mit Atomuhren an Bord!

## Uhren

Die ersten Methoden zur Zeitmessung: Sonnenuhr, Wasseruhr, Sanduhr. Wichtiger Meilenstein: Die Erfindung der **Mechanischen Räderuhr**. Diese Art von Uhren gab es am Anfang vor allem in Klöstern. Die schweren Gewichte trieben auch die Mechanik des Stundenschlags an!

Wann, wo und von wem die ersten **Räderuhren** mit mechanischem Hemmwerk gebaut wurden, ist nicht bekannt. Jedenfalls geschah dies im ausgehenden 13. Jahrhundert, möglicherweise in Spanien, aber auch Frankreich kommt als Heimat der Räderuhr in Frage.

Um 1300 werden Räderuhren mit Gewichtantrieb, Spindelhemmung und Waag werden zunehmend hergestellt. Daraufhin beginnt etwa ab 1310 die Ausstattung von Kirchen, Rathäusern, Klöstern und Türmen mit großen Räderuhren und Schlagwerken. Doch man musste immer wieder mit der Sonnenuhr die Zeit überprüfen und die Uhren neu stellen!

**Christiaan Huygens** erforscht die Pendelbewegungen (unabhängig von Galilei zum zweiten Mal) und erfindet die **Pendeluhr**, die er 1657 zum Patent anmeldet. (franz. Patentamt?) . Solche Uhren waren, bzw. sind so genau, dass sie nur wenige Sekunden pro Tag abweichen! Aber nur unter der Voraussetzung, dass die Uhr an einem Ort stehen blieb.

Huygens konstruiert aus Spiralfeder und Unruh ein Schwingungssystem für eine Taschenuhr, wofür er 1675 ein französisches Patent erhält. Prioritätsstreit mit R. Hooke (Elastizitätsgesetz). Die neuen Uhren mit Spiralfeder und Unruh haben eine deutlich bessere Ganggenauigkeit, als die bisherigen Taschenuhren. Deshalb wird jetzt der **Minutenzeiger** eine ständige Einrichtung bei den modernen Uhren (früher liess man ihn oft weg, u.a. wegen der Ungenauigkeit).

um 1680 Die erreichte Präzision und die Genauigkeit der Pendeluhr führen zum allgemeinen Einsatz des Minutenzeigers im Zentrum des Zifferblattes.

Das von **John Harrison (1693-1776)** gebaute Chronometer H.4 wird 1761 auf einer Reise der HMS Deptford nach Jamaica getestet. Auf der zwei Monate langen Reise verliert der "Time Keeper" nur 5 Sekunden. Das entspricht einer Abweichung von 1,25" in der Bestimmung der geographischen Länge; d.h. 2,2 km. Harrison erfüllte damit die Bedingungen des Board of Longitude Acts von 1714, mit dem ein Preisgeld von 20000 Pfund ausgesetzt wurde für eine Abweichung kleiner 30 Meilen.

## Navigation

Der Navigator auf See konnte seine geografische Breite sehr gut mit dem Sextanten bestimmen (z.B. Höhe der Mittagssonne). Zur Ermittlung der geografischen Länge muss man z.B. die Zeit des Meridiandurchgangs (etwa der Sonne) bestimmen, wozu aber die genaue Kenntnis der Ortszeit notwendig ist. Eine Zeitungenauigkeit von 4 Sekunden bedeutet eine um 1,8 km (eine Seemeile) veränderte Positionsbestimmung (am Äquator).

1598 König Philipp II. von Spanien setzte einen Preis für eine Methode zur Bestimmung der geografischen Länge aus (Williams, 1992:78).

1674 Setzte König Charles II von England eine Kommission ein, die das Problem der Längenbestimmung lösen sollte. Mit dieser Aufgabe wurde dann das 1675 gegründete Royal Greenwich Observatory beauftragt.

22.10.1707 Die halbe englische Flotte geht bei den Scilly Inseln (westlich von Cornwall) verloren. Admiral Sir Cloudisley Shovel und seine Navigatoren hatten auf dem Rückweg von siegreichen Schlachten die Position der Flotte (wegen ungenauer Schiffsuhrer) so falsch ermittelt, dass es zur Katastrophe kam, bei der 2000 Seeleute ums Leben kamen. Geschockt von diesem Unglück befasste sich das House of Commons mit der Thematik.

08.07.1714 Aufgrund einer Empfehlung des House of Commons unterschreibt Queen Anne einen Act, der für die Entwicklung genauerer Methoden für die praktische Längenbestimmung auf See einen Preis aussetzte: Auf einer sechswöchigen Reise nach Westindien (Karibik) für eine Längenabweichung bis 60 Meilen: 10000 Pfund, bis 40 Meilen: 15000 Pfund und bis 30 Meilen: 20000 Pfund. Das dafür ins Leben gerufene *Board of Longitude* sollte eingehende Vorschläge prüfen und über die Vergabe des Preis entscheiden (Quill, 1966:7).

Wesentliche Ursachen für Gangungenauigkeiten der damaligen Uhren mit Feder/Unruh: Zu empfindlich gegenüber äußeren Erschütterungen und Temperaturschwankungen!

1759 Konstruierte **John Harrison** (1693-1776) das **H.4** genannte Schiffs-Chronometer, welches 1761 diese PrÃ¼fung erfolgreich bestand: Auf einer zweimonatigen Reise von England nach Jamaica mit der HMS Deptfort ging die H.4 nur 5 Sekunden falsch, was einer LÃ¤ngenabweichung von weniger als 2 Meilen entsprach. Auf der geografischen Breite von Jamaica (18 Grad Nord) entsprechen 5 Sekunden genau 2,2 km. (H.4 Durchmesser: 5 1/4 Zoll, Technologie â??Remontoireâ?•). Den Preis erhielt Harrison erst 11 Jahre spÃ¤ter auf Grund einer Intervention von KÃ¶nig George III nachdem sich dieser von den Erfolgen des Nachfolgemodells H.5 (1772) persÃ¶nlich Ã¼berzeugt hatte.

KapitÃ¤n **James Cook** konnte auf seiner ersten Reise (1768-1771 HMS Endeavour, Venusdurchgang Tahiti 3.6.1769) den H.4 noch nicht mitnehmen.

Auf seiner zweiten Reise (1772-1775 HMS Resolution) verwendete Cook den H.4 Chronometer und konnte so die genaue Kartierung des sÃ¼dlichen Indischen Ozeans (der sich zwischen 40 und 60 Grad SÃ¼d einfach als leer erwies), Australiens, Neuseelands und fast aller Gebiete des Pazifiks durchfÃ¼hren.

Dritte Reise von Cook (1776-1779) (Namen der Schiffe?? H.4 an Bord??). Tod auf Hawaii.

Das Ergebnis der letzten beiden Reisen von Cook mit dem H.4 war: Umfassende und genaue Kartografierung der Welt. Es gab keine unbekanten Gegenden mehr. Die seit Jahrhunderten erhoffte *Terra Australis Incognita* gab es nicht. Das **Zeitalter der Entdeckungen** war beendet. Als letzte Herausforderungen blieben noch die Arktis/Antartis und der Weltraumâ?!

Schiffs-Chronometer waren anfangs ziemlich teuer und fanden deshalb zunÃ¤chst keine groÃ?e Verbreitung. SpÃ¤ter konnten Zeitsignale der Greenwich Mean Time (GMT) per Radiowellen gesendet werden und so auch die Zeitabweichungen billigerer Uhren korrigieren. Die Erfindung der Quarz-Uhr machte dann auch das Radio-Zeitzeichen Ã¼berflÃ¼ssig. SchieÃ?lich wurde durch die EinfÃ¼hrung von [GPS](#) und die VerfÃ¼gbarkeit kleiner und erschwinglicher GPS-EmpfÃ¤nger die Navigation zu einem Kinderspielâ?!

## Zeitmessung und Kalender

### Babylonische Zeiteinheiten

Die Babylonier sollen den Tag in 24 Stunden zu ja 60 Minuten eingeteilt habenâ?!

### Sommerzeit in Deutschland

Erstmals wurde die Sommerzeit in Deuschland am 01.05.1916 eingefÃ¼hrt. Sie gilt in Deutschland:

- 1916 â?? 1918
- 1942 â?? 1949
- 1980 â?? heute (Vorgeschrieben fÃ¼r die ganze EU)

### Zeitzone

Es war  $\frac{1}{2}$ blich, dass jeder Ort die seiner geografischen L $\frac{1}{2}$ nge entsprechende Ortszeit benutze. Der Uhrmeister der Kirchturmuhre bestimmte die Ortszeit. Bei Reisen von Ort zu Ort musste man am Ankunftsort seine Taschenuhr auf die neue Zeit einstellen. Nach der Verbreitung der Eisenbahn entwickelte sich aus diesem Zeitsystem schnell ein Chaos. Anschl $\frac{1}{2}$ nge in Londoner Bahnh $\frac{1}{2}$ fen: Exeter-Zeit ist 7 Minuten vor London-Zeit, Liverpool-Zeit ist vier Minuten vor London-Zeit usw. Die Eisenbahngesellschaften f $\frac{1}{2}$ hrten parallel zu den  $\hat{?}$ amtlichen $\hat{?}$  Ortszeiten  $\hat{?}$ Eisenbahnzeiten $\hat{?}$  ein. Kirchturmuhren wurden mit zwei Minutenzeigern versehen: Eisenbahnzeit und Ortszeit $\hat{?}$ !

Bis zur Einf $\frac{1}{2}$ hrung von Zeitzonen (Fleming s.u.), galt an den meisten Punkten der Erde tats $\frac{1}{2}$ chlich die Ortszeit, oder die Ortszeit eines nahen Ortes. So galt z.B. in Bayern die M $\frac{1}{2}$ nchener Ortszeit und in Berlin die Berliner Ortszeit. Da Berlin knapp 2 $\hat{?}$   $\hat{?}$ stlicher als M $\frac{1}{2}$ nchen liegt, gingen dort die Uhren 7 Minuten vor gegen $\frac{1}{2}$ ber den Uhren in M $\frac{1}{2}$ nchen.

1878 machte der Canadische Eisenbahn-Ingenieur Sanford Fleming (1827-1915) den Vorschlag statt der bis dahin  $\frac{1}{2}$ blichen lokalen Ortszeiten f $\frac{1}{2}$ r jede Stadt, eine Universal Time mit 24 Zeitzonen einzuf $\frac{1}{2}$ hren (15 Grad = 1 Stunde, 24 mal 15 = 360 Grad). Die Eisenbahngesellschaften in Amerika f $\frac{1}{2}$ hrten das Flemingsche System der Zeitzonen am 18.11.1883 ein.

Am 1. November 1884 wurde von der Internationalen Meridiankonferenz in Washington D.C. beschlossen dieses System weltweit einzuf $\frac{1}{2}$ hren (**World Time Convention**). Der Meridian von Greewich wird als  $\hat{?}$ Nullmeridian $\hat{?}$  festgelegt. Auf den  $\hat{?}$ gegen $\frac{1}{2}$ berliegenden $\hat{?}$  Seite der Erde befindet sich die Datumsgrenze.

Quellen: <http://www.crooksville.k12.oh.us/5thgrade/timezone.html>

<http://www.nationmaster.com/encyclopedia/Sanford-Fleming>

Seit dem 01.04.1893 gilt f $\frac{1}{2}$ r Deutschland, dass genau am 15. L $\frac{1}{2}$ ngengrad Ost gelegene G $\frac{1}{2}$ rlitz als Ma $\frac{1}{2}$ stab der Mitteleurop $\frac{1}{2}$ schen Zeit (MEZ). So beschlossen es die Gesetzgeber am 12. M $\frac{1}{2}$ rz 1893. Die Eisenbahn benutzte schon ab dem 30.07.1890 die MEZ.

- Gro $\frac{1}{2}$ britannien: Seit 01.01.1880 GMT
- Belgien: Seit 01.05.1891 GMT
- D $\frac{1}{2}$ nemark: Seit 01.01.1894 MEZ

<http://www.themamundi.de/aws/tabel/tbzone.htm> <http://www.willi-stengel.de/page5.htm>

<http://www.uhrzeit.org/technik.html> <http://www.surveyor.in-berlin.de/himmel/himmel.04.11.html#gmt>

## Einf $\frac{1}{2}$ hrung der *Universal Time* $\hat{?}$ UT $\hat{?}$

1926 wird die GMT durch die UT abgel $\frac{1}{2}$ st.

- Die UT wird vermittlels einer festgelegten Formel aus der Sternzeit berechnet.
- Die Sternzeit wird durch astronomische Beobachtungen ermittelt.
- Eine Sekunde als der 86400. Teil eines Tages ist wegen der Schwankungen der Tagesl $\frac{1}{2}$ nge auch eine entsprechend leicht schwankende Zeiteinheit.

## Atomzeit

Am 06.12.1946 stellt der amerikanische Physiker Willard F. Libby seine **Atomuhr** öffentlich vor. Seine Erfindung, die eine sehr genaue Zeitbestimmung ermöglicht, weil sie in 300.000 Jahren weniger als eine Sekunde nachgeht, zählt die eigenen Schwingungen des Cäsium Atoms.

Zur Weiterentwicklung des **Metrischen Systems** wurde die Generalkonferenz für Maße und Gewichte (Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM) geschaffen. Die 11. CGPM beschloss 1960, dass das SI (Internationales Einheitensystem, Systeme International d'Unités) als Einheitensystem für die Mitgliedsstaaten der Meterkonvention angenommen werden soll. Das SI ist inzwischen in über 100 Staaten verbindlich eingeführt. In Deutschland wurde das SI mit Wirkung vom 1.1.1978 im amtlichen und geschäftlichen Verkehr obligatorisch.

Im Oktober 1967 erfolgte die Neudefinition der Sekunde durch die 13. Generalkonferenz für Maße und Gewicht (CGPM) in Paris. Die "SI-Sekunde" wird nun durch die Schwingungen des in der Atomuhr (Libby 1946) verwendeten Caesiums definiert:

Die Sekunde ist das 9 192 631 770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids <sup>133</sup>Cs entsprechenden Strahlung.

1969 nimmt die Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig die erste Atomuhr CS1 (Caesium-Eins) in Betrieb.

Am 01.01.1972 wird die Universal Time UT durch die Universal Time Controlled UTC abgelöst. UTC verwendet als Sekundenlänge nicht mehr den 86400. Teil eines Tages (so die UT-Definition von 1926), sondern die SI-Sekundenlänge ("Atomsekunde"). Damit die Abweichung zwischen UT (genauer UT1) und UTC immer kleiner als 0,9 s bleibt, wurde die UTC bereits um 10 Sekunden versetzt gegenüber der Atomzeit (TAI) gestartet. Danach werden bei Bedarf Schaltsekunden in die UTC ein- oder ausgefügt (bisher 22 Sekunden). Damit differieren UTC und Atomzeit (TAI) bis Mitte 2003 bereits um 32 Sekunden.

Zum Ausgleich der gravitativen Zeitdilatation wird an den Standorten der primären Atomuhren, die in der Höhe  $h$  über dem Geoid aufgestellt sind, eine Korrektur von  $-1,09 \cdot 10^{-16} \cdot (h/m)$  angebracht. Für die Atomuhren der PTB beispielsweise, die auf einer Höhe von  $h = 75 \text{ m}$  über dem mittleren Meeresspiegel aufgestellt sind, beträgt die entsprechende relative Korrektur  $-8,2 \cdot 10^{-15}$ . Damit wird also berücksichtigt, dass die in der Atomuhrenhalle der PTB realisierten Sekundenintervalle um  $8,2 \cdot 10^{-15} \text{ s}$  kürzer sind als bei einer auf dem Geoid aufgestellten Uhr.

## PTB Physikalisch Technische Bundesanstalt

- [Osterdatum](#)
- [Gregorianischer Kalender](#)
- [Definition der Sekunde](#)

## GPS Global Positioning System

Das *Global Positioning System* **GPS** besteht aus einem Netz von Erdsatelliten in ca. 12-stündigen Umlaufbahnen. Jeder Satellit hat eine Atomuhr an Bord.

1978 Start des ersten Satelliten für den Aufbau des [GPS](#).

Gerade das GPS-System liefert heute ein Argument dafür, die Schaltsekunden aufzugeben und die reine Atomzeit (TAI) als Weltzeit zu definieren: Bei der notwendigen sorgfältigen Synchronisation der GPS-Satelliten wurden die Schaltsekunden nicht berücksichtigt. Seit Einführung von GPS im Jahr 1980 hat sich die Differenz zwischen der internen GPS-Zeit und der offiziellen Weltzeit UTC auf 13 Sekunden aufsummiert. Eine versehentliche Verwechslung der Zeiten, etwa bei der Navigation von Flugzeugen, könnte zu Katastrophen führen.

## Quellen und weiterführende Links

- Quill, H. 1966 John Harrison. The Man Who Found Longitude. John Baker Publishers. London.
- Williams, J.E.D. 1992 From Sails to Satellites. The Origin and Development of Navigational Science. Oxford University Press. Oxford.
- Jonathan Medwin: The Discovery of Longitude: An Historical Account of Maritime Navigational Practice and the subsequent invention of the Chronometer  
<http://rubens.anu.edu.au/student.projects97/naval/>
- Bilder <http://www.freeimages.co.uk>
- Kalender <http://www.wispor.de/wpx-kal.htm>
- <http://www.metaresearch.org/cosmology/gps-relativity.asp>
- <http://www.schmuckecke.de/geschichte/chronik.html>
- GPS und Einstein: [Chip\\_Oktober\\_2005\\_111\\_GPS.pdf](#)

## Stoffsammlung

Erst wurden nur in Klöstern die mechanischen Räderuhren verwendet. Ihre großen Gewichte dienten nicht nur zum Antrieb, sondern sie dienten auch dazu, die Mechanik des Stundenschalges anzutreiben.

Die von den Babyloniern erfundene Wasseruhr wurde von den Ägyptern übernommen und später von den Griechen und den Römern immer mehr verbessert. Die Griechen benutzen ihre verfeinerten Wasseruhren im täglichen Gebrauch. Diese Uhren waren genauer, doch auf Reisen waren sie einfach nicht zu gebrauchen.

Die Babylonier gaben dem Tag seine 24 Stunden zu 60 Minuten. Bei den Ägyptern wie bei den Römern hatte der Tag 12 Stunden, genauso wie die Nacht. Doch im Sommer waren die Tage länger und die Nächte kürzer. Umgekehrt im Winter: Die Tagstunden waren kürzer, während die Nachtstunden länger waren. Stunde war also eine ziemlich variable Einheit.

One of the scientific instruments that the conquering Europeans were eventually to develop as a direct result of their conquests and exposure to new learning was the Sea Astrolabe. Developed about 1470 the Sea Astrolabe was based on the design of the much earlier planispheric astrolabe, which had its origins with the Greek philosophers and astronomers immediately prior to the European conquest which had ended the Dark Ages. The Sea Astrolabe was used to plot the altitude of the sun near the

meridian. It came into use on ships â?? the Spanish Armada (1588) carried it (Turner, 1980:31).

By 1726 James and John Harrison had manufactured two clocks which lost no more than one second a month. This was a remarkable achievement and advanced far beyond any existing technologies of the day (Quill, 1966:8).

---

â?? Main.DietrichKracht â?? 11 Apr 2004

### **CATEGORY**

1. Wiki

### **POST TAG**

1. Zeitmessung

### **Category**

1. Wiki

### **Tags**

1. Zeitmessung