

Zeit und

Zeitbestimmung auf See



Der Breitengrad

Konzentrische Kreise um die Erdachse mit gleichem Abstand zueinander
> Null-Breitengrad (Äquator) wird von den Naturgesetzen definiert
Schon seit alters her (...Weltatlas von Ptolemäus) gekannt und dargestellt

> Die Breitenbestimmung ($90^{\circ}\text{S} \dots 0^{\circ} \dots 90^{\circ}\text{N}$) ➡ einfacher Vorgang !

Der Abstand von Breitengrad zu Breitengrad ist immer >> 60 Seemeilen

Der Längengrad

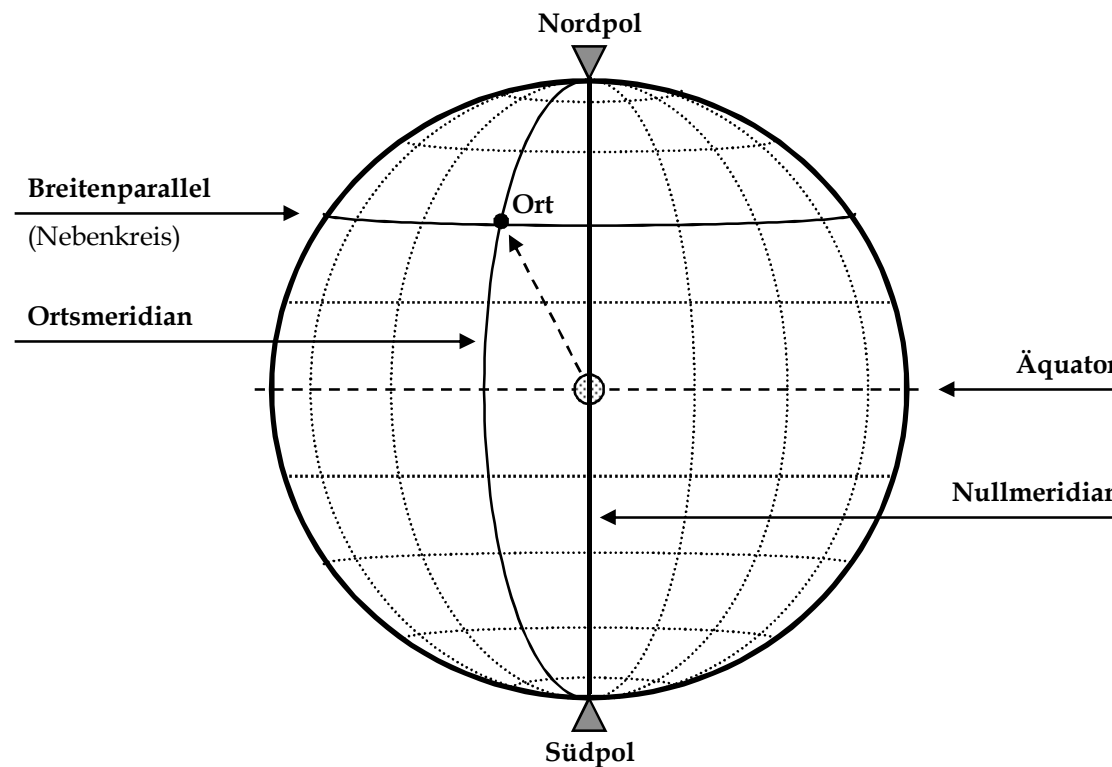
Vertikalkreise gleichen Umfangs - Abstände zueinander immer ungleich
> Null-Längengrad beliebig festlegbar (Paris, London, Berlin, etc. etc.)

> Die Längenbestimmung ($180^{\circ}\text{E} \dots 0^{\circ} \dots 180^{\circ}\text{W}$) ➡ das große Problem !

Der Abstand von Längengrad zu Längengrad immer >> 4 Zeit-Minuten

Die Geographische Breite ➡ Breitenparallel zu Äquator ➡ 1. Koordinate

Die Geographische Länge ➡ Ortsmeridian zu Nullmeridian ➡ 2. Koordinate



Meridian >>> Gedachter Vertikalkreis (halber Großkreis) durch beide Pole

Zu Zeiten der großen Entdecker >>> die ganz große Herausforderung !!!
Die fieberhafte Suche nach einer Lösung der Längengradbestimmung

> dauerte über 4 Jahrhunderte und erfaßte bald ganz Europa

Nahm legendäre Formen an und wurde zur *>Existenzfrage der Seefahrt <*

Durch Auslobung unvorstellbar hoher Prämien durch die Regierungen der großen Seefahrernationen machte sich die gesamte wissenschaftliche Elite (... und natürlich auch Scharlatane) an die Problemlösung:

> Galileo Galilei, Isaac Newton, Christiaan Huygens, Edmont Halley,
> Dominique Cassini etc. etc.

Die meisten wandten sich an Mond und Sterne um Hilfe, während

> der Tischler John Harrison sein Glück in einer Zeitmaschine suchte !

In England begann ein jahrzehnte-langer Wettlauf um den Sieg in dem mit:
>>> 20.000 Pfund dotierten Longitude-Act von 1714 <<<

Hauptdarsteller der gnadenlosen Auseinandersetzung um den Preis waren:

Nevil Maskelyne (1732-1811) seit 1765 der 5. königl. Astronom in Greenwich

> arbeitete am Verfahren der Mondstrecken (Lunardistanzen)
und der Entwicklung der Mondtafeln (Nautical Almanac): Angabe Position
von Mond relativ zu Sonne und 10 Fixsternen für alle 3 Stunden berechnet !

John Harrison (1693-1776) der schon seit 1725 hochgenaue Standuhren baute

> mit dem Verfahren der Zeitdifferenz (Ortszeit - Bezugszeit)
und der Entwicklung von lageunabhängigen und temperaturkompensierten
mech. Präzisions-Zeitmesser ... mittlerweile auch See-Chronometer genannt

Im April 1773 wurde John Harrison der Längengradpreis zugesprochen, ein
>>> Erfolg der 1759 fertiggestellten legendären H4 <<<

Die von Nevil Maskelyne bis 1811 herausgegebenen Mondtafeln waren auf den
> Längengrad der königl. Sternwarte zu Greenwich bezogen

Diese Tabellen machten die Methode der Mondstrecken praktikabel - wurden
> von den Navigatoren zur Überprüfung der See-Chronometer benutzt !!!

Auch Kartographen bezogen bei der Vermessung unbekannter Territorien die
geograph. Länge dieser Orte auf Greenwich > es war nicht mehr aufzuhalten:

> am 13.Okt.1884 wurde auf der Längengrad-Konferenz in Washington D.C.

der Längengrad von Greenwich zum >>internationalen Null-Meridian erklärt !!!

Der späte Erfolg (posthum) für die wissenschaftliche Arbeit des N. Maskelyne

Damit hatten die *Franzosen* so ihre Schwierigkeiten - bis 1911 formulierten sie:

>>> Mittlere Zeit von Paris, verspätet um 9 Min. und 21 Sek. <<<

Insgesamt 41 Delegationen aus 26 Nationen verabschiedeten im Oktober 1884:

- Die Einführung *eines* weltweit gültigen Bezugs-Längengrads
- Bezugs-Längengrad geht durch das Passage-Instrument von *Greenwich*
- Die Längengrade werden *halbkreisig* (W bzw. E) von 0° bis 180° gezählt
- Alle Teilnehmerländer führen den *Universal-Tag* ein
- Der Universal-Tag ein *mittlerer* Sonnentag zu 0 - 24 Std. ab Greenwich
- Auch der nautische sowie astronomische Tag beginnt um *Mitternacht*
- Alle Teilnehmerländer unterstützen *Dezimalsystem* für Zeit und Raum

Diese *Resolutionen* waren Empfehlungen des Kongresses an die → jeweiligen Regierungen, die die Beschlüsse >> in geltendes Recht (Gesetze) umzusetzen hatten ... und, obwohl praktiziert erfolgte die Legalisierung oft erst viel später:

- | | |
|--------------------|-----------------|
| > 1888 Japan | > 1892 Holland |
| > 1893 Deutschland | > 1894 Norwegen |
| > 1900 Schweden | > 1901 Spanien |
| > 1911 Frankreich | > 1924 Rußland |

Die Abstimmung der Teilnehmer → Greenwich als internationaler Null-Meridian

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| ↑ Österreich-Ungarn | ↑ Liberia |
| → Brasilien | ↑ Mexiko |
| ↑ Chile | ↑ Holland |
| ↑ Kolumbien | ↑ Paraguay |
| ↑ Costa Rica | ↑ Rußland |
| ⊙ Dänemark | ↓ San Domingo |
| → Frankreich | ↑ San Salvador |
| ↑ Deutschland | ↑ Spanien |
| ↑ Großbritannien | ↑ Schweden (Norwegen) |
| ↑ Guatemala | ↑ Schweiz |
| ↑ Hawaii | ↑ Türkei |
| ↑ Italien | ↑ USA |
| ↑ Japan | ↑ Venezuela |

Ergebnis → 22x J → 1x N → 2x E → 1x A

Da >Zeit ➡ Länge< und >Länge ➡ Zeit< ist die königliche Sternwarte somit

> auch die Bewahrerin von > Null Uhr Mitternacht <

Der Tag beginnt in Greenwich > GMT - nach der alle Welt die Uhren stellt !!!
Seit 1924 mit berühmtesten Zeitzeichen (BBC) der Welt > 6-Pips-Time-Signal

Zwangsläufig wurde nach 1884 auch die Weltzeitordnung (GMT - basierend)
verankert > Erdoberfläche in > 24 Zeitzonen zu je 15 Längengraden eingeteilt

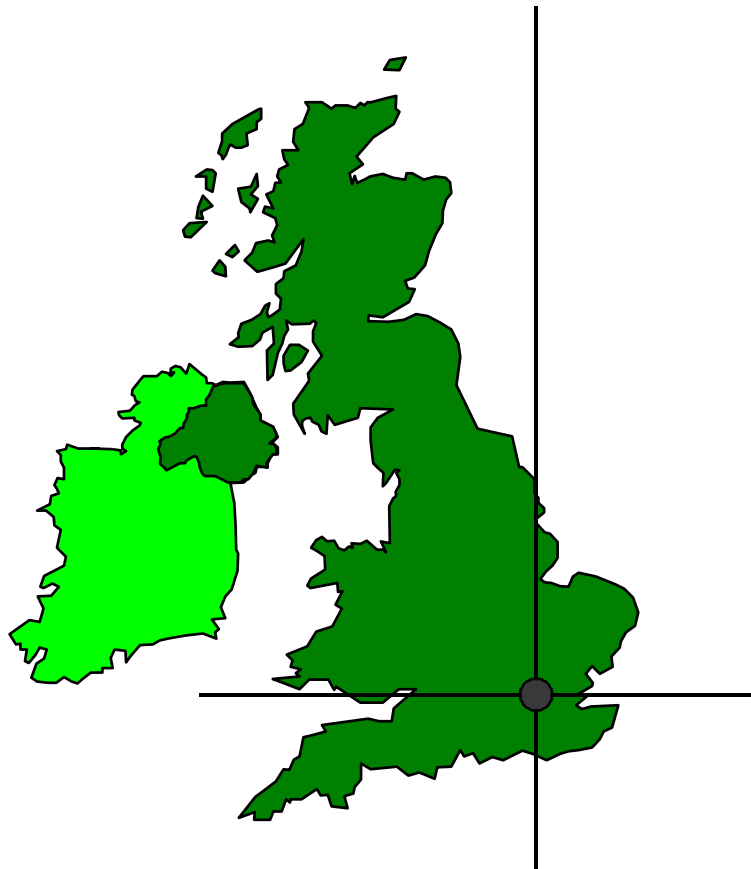
> Zonen östlich von Greenwich >>> +1 ... +12 Stunden (Minuszonen)

> Zonen westlich von Greenwich >>> -1 ... -12 Stunden (Pluszonen)

Die mittlere Ortszeit (MOZ) des Meridians von Greenwich ist definiert seit:

>>> 1919 als Universal Time (UT) oder Weltzeit (WZ) <<<

Greenwich, ein Vorort von London im Südosten der britischen Metropole



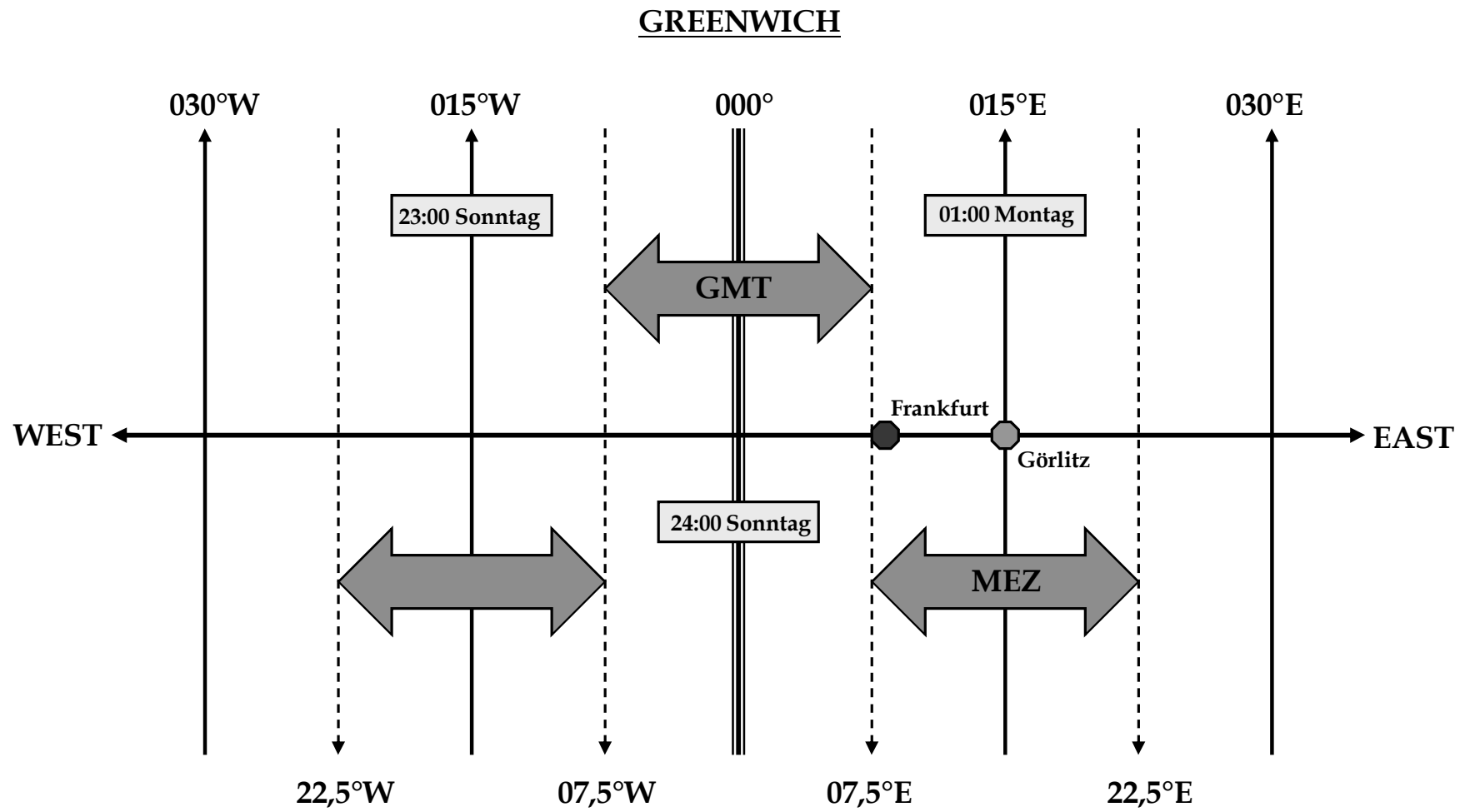
51° 28' 38.2" N, 000° 00' 00"

The Old Royal Observatory

- > Hoch über Themse-Bogen
- > Anno 1675 gegründet
- > Architekt der Gebäude:
Sir Christopher Wren
- > Bis 1945 voll in Betrieb

Anlage seit 1956 > Museum

- > Flamsteed House u.a. mit
Harrison Galleries
- > Meridian Building wo der
Airy's Transit Circle
den Null-Meridian definiert



Westliche ← Hemisphäre → Östliche

Die Mittlere Sonnenzeit des Meridians von 015°E ist die Mitteleuropäische Zeit

> die gesetzliche Zeit für Mitteleuropa → seit dem 01.04.1893 in Deutschland

Die Sommerzeit (...seit 1978) bezieht sich demnach auf den Meridian von 030°E

>>> MEZ = UT + 1 Stunde >>> MESZ = UT + 2 Stunden

Auf See benutzt man im täglichen Leben üblicherweise die >> Zonenzeit (ZZ)

In welcher Zeitzone befindet man sich, wenn man auf der Länge 058°E steht ??

> Der nächstgelegene durch 15 teilbare Meridian liegt auf 060°E

> Die zugehörige Zeitzone reicht von $52,5^{\circ}\text{E}$ bis $67,5^{\circ}\text{E}$

> Bezogen auf UT ist es auf 058°E nach ZZ > 4 Stunden später (60 : 15)

Diese Differenz bezeichnet man als Zeitunterschied >>> ZZ = UT + ZU <<<

Für Ostlänge ist der ZU positiv, für Westlänge negativ

— 93 —

Reichs-Gesetzblatt.

Nr. 7.

Inhalt: Gesetz, betreffend die Einführung einer einheitlichen Zeitbestimmung. S. 93

(Nr. 2075.) Gesetz, betreffend die Einführung einer einheitlichen Zeitbestimmung. Vom 12. März 1893.

Wir Wilhelm, von Gottes Gnaden Deutscher Kaiser, König von Preußen ꝛ.

verordnen im Namen des Reichs, nach erfolgter Zustimmung des Bundesraths und des Reichstags, was folgt:

Die gesetzliche Zeit in Deutschland ist die mittlere Sonnenzeit des fünfzehnten Längengrades östlich von Greenwich.

Dieses Gesetz tritt mit dem Zeitpunkt in Kraft, in welchem nach der im vorhergehenden Absatz festgesetzten Zeitbestimmung der 1. April 1893 beginnt.

Urkundlich unter Unserer Höchstsignirung und beigesetzten Kaiserlichen Insegel.

Gegeben Berlin Schloß, den 12. März 1893.

(L. S.) Wilhelm.
Kaiser von Caprivi.

Verlagsgesellschaft in Neudamm bei Jüterbog.
Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

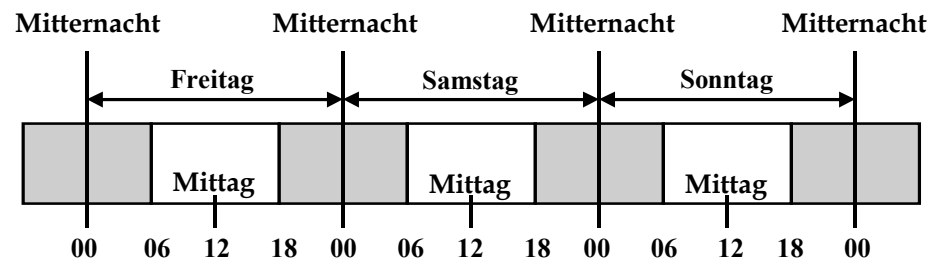
Verlagsgesellschaft 1893.

16

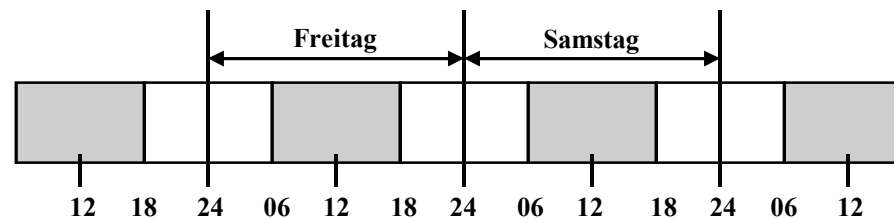
Ausgegeben zu Berlin den 16. März 1893.

Trotz der (einstimmigen) Verabschiedung der Resolution Nr. 6 im Oktober 1884 durch die Längengrad- Konferenz dauerte es > bis 1925 (!) die unterschiedlichen >>> Tage offiziell zu synchronisieren <<<

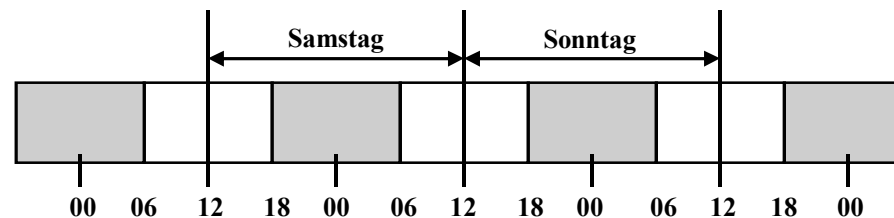
Die bürgerliche Zeitrechnung
> Tag endet um Mitternacht

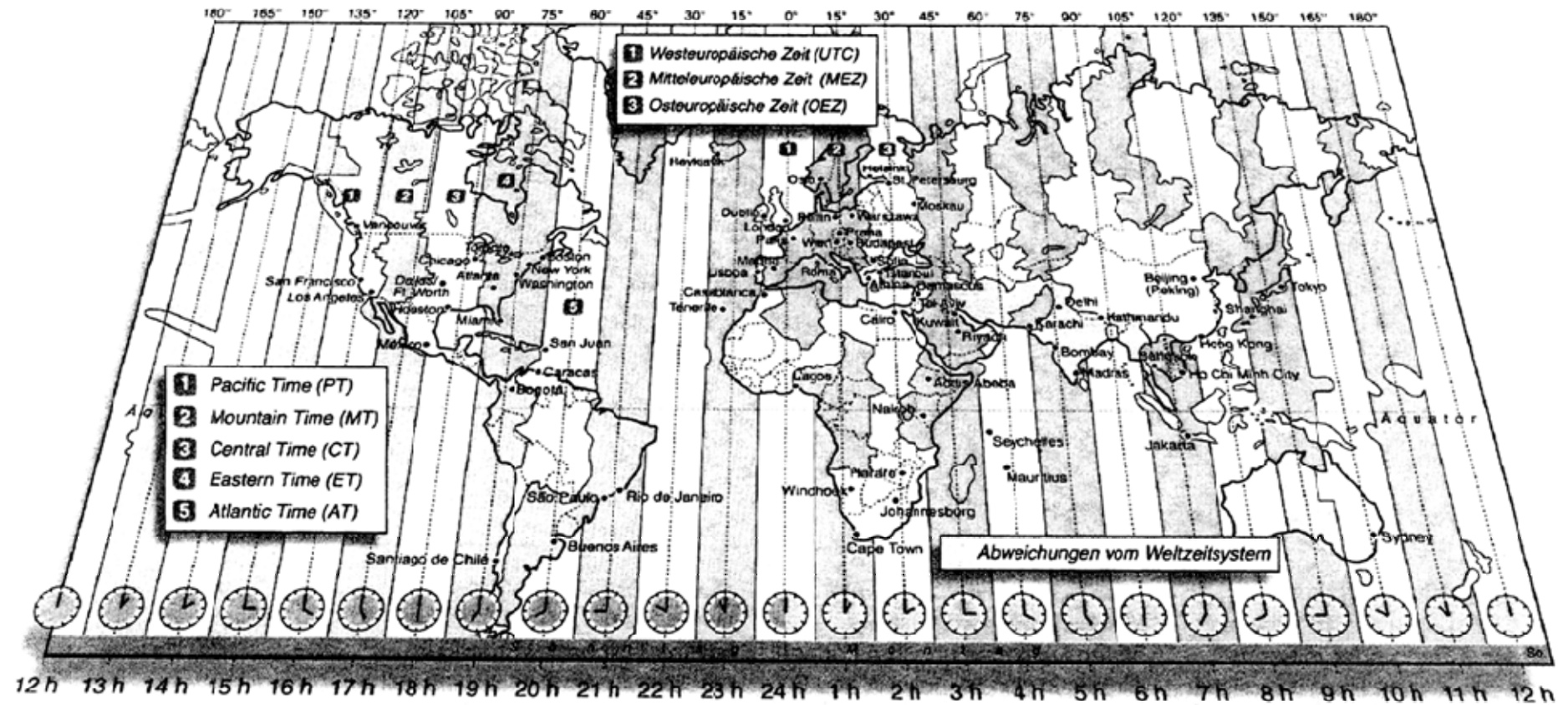


Die astronom. Zeitrechnung
> Tag beginnt mittags 12:00



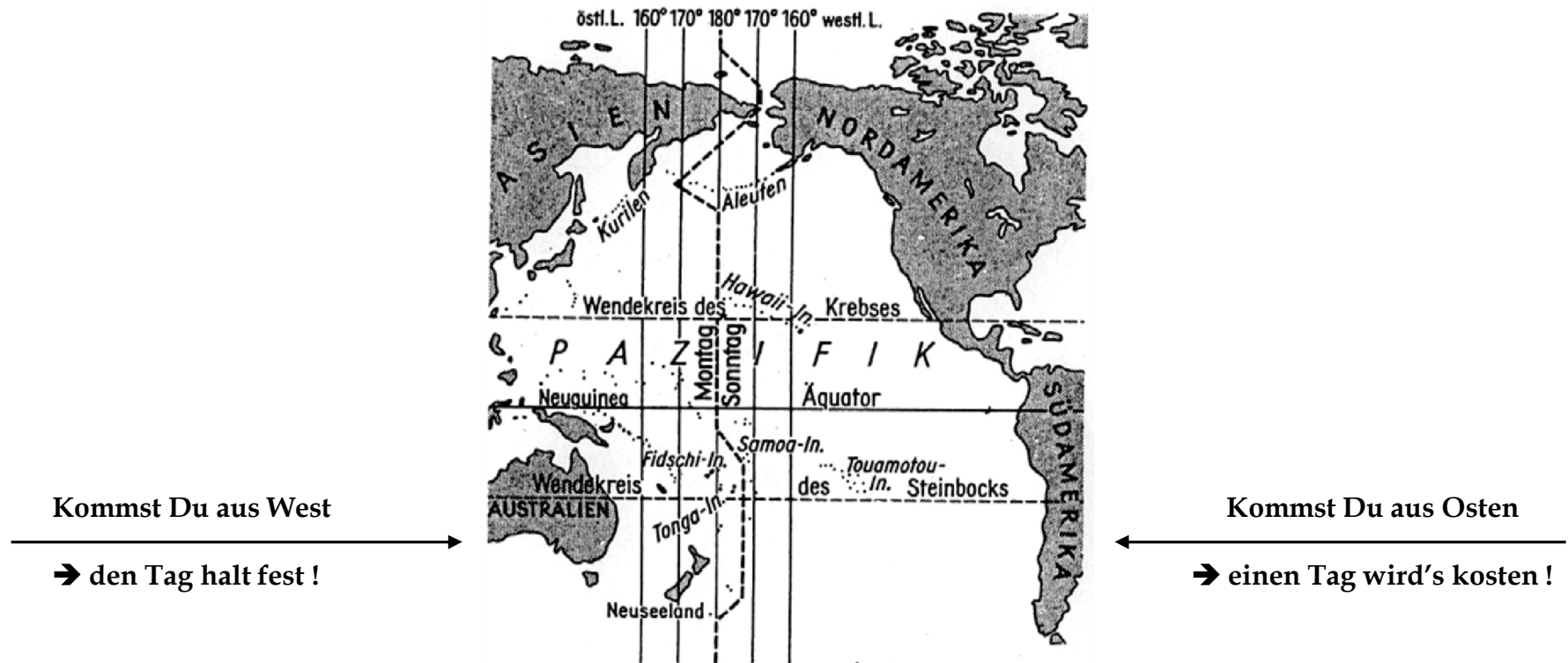
Die nautische Zeitrechnung
> Tag endet mittags 12:00





Festgesetzte Grenzlinie (... der Anti - Meridian) auf der Erde am 180. Längengrad
das Datum ändert sich >> bei deren Überschreitung <<

Mit Wirkung vom 31.12.1844 in Kraft - dient zur Korrektur bei Erdumrundungen



Wahre Sonnenzeit

Wahre Sonnenzeit ist gleich dem Zeitwinkel der > wahren Sonne < und die
> wahre Ortszeit (WOZ) wurde mit der > *Sonnenuhr* < gemessen
Ungeeignet als Zeitsystem: Umlauf mit *ungleichförmiger* Geschwindigkeit !!

Mittlere Sonnenzeit

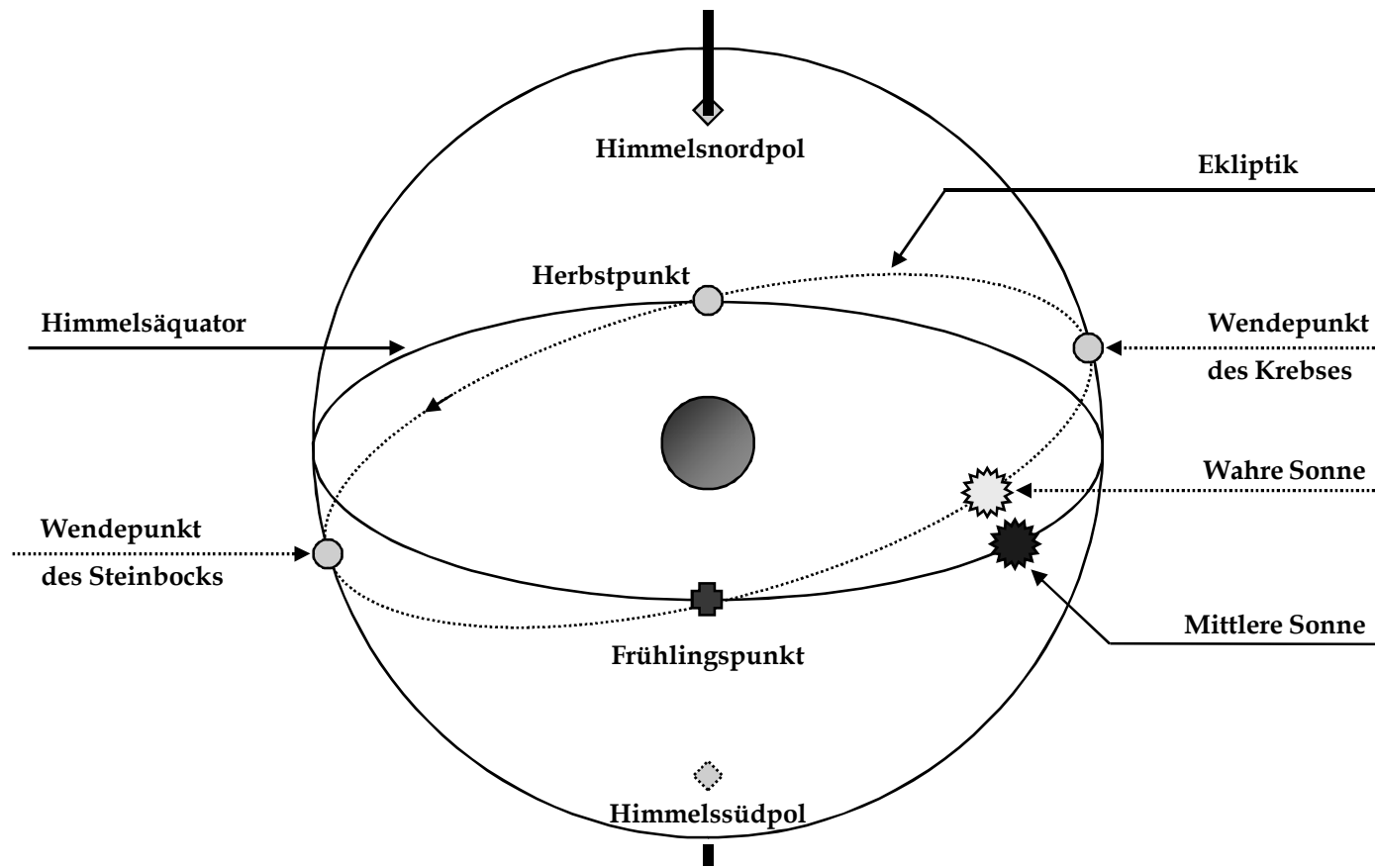
Mittlere Sonnenzeit ist gleich dem Zeitwinkel der > mittleren Sonne < und
> mittlere Ortszeit (MOZ) wird mit der > *Räderuhr* < gemessen
Eignet sich als Zeitsystem: Umlauf mit *gleichbleibender* Geschwindigkeit !!!

Zeitgleichung

Wahre und Mittlere Sonnenzeit stimmen nicht überein (...bis auf 4x im Jahr)
> ihre Zeitwinkel sind unterschiedlich
Die Differenz der Zeiten wird Zeitgleichung genannt (Tabellen und Tafeln)

>>> Wahre Sonnenzeit = Mittlere Sonnenzeit + Zeitgleichung <<<

Die Sonne beschreibt einen Großkreis auf der Himmelskugel (Ekliptik)
(Spiegelbild der Erdbewegung um die Sonne)



■ >>> Nullpunkt des astronomischen Koordinatensystems

Die bisherige Zeitbetrachtung beruht auf der (scheinbaren) Sonnenbewegung
> und damit auch auf der Erdrotation

Die Erdrotation ist jedoch nicht gleichförmig, sie wird durch unterschiedliche Einflüsse (u.a. durch den Mond) >> verlangsamt und benötigt für eine ganze Umdrehung immer mehr Zeit:

>>> Extrem langsam → pro 1.000 Jahre → 5.3 Sek. <<<

Über längere Zeiträume summiert sich dieser Effekt zu erheblichen Zeiten !!!

> Vor ca. 370 Mio. Jahren hatte 1 Jahr rund 400 Tage (Tage wesentlich kürzer)

Der abnehmenden Rotationsgeschwindigkeit sind zusätzlich unregelmäßige
>>> Schwankungen überlagert <<<

wobei Polbewegungen Einfluss auf Breite - Erddrehungen Einfluss auf Länge

Die Anforderungen von Naturwissenschaft und Technik an die Meßgenauigkeit sind jedoch in den vergangenen Jahrzehnten erheblich gestiegen und damit sind

> natürliche Zeitsysteme für exakte Zeitmessungen wenig geeignet !!!

Seit 1964 gibt es Atomuhren >> die absolut gleichmäßige Zeit bewahren können

> Die Sekunde wird nicht mehr astronomisch sondern → elektronisch erzeugt !

>>> Nämlich durch die > 9.192.631.770 Schwingungen eines Cäsium-Atoms <<<

Seit 1972 wird die > *Temps Atomique International (TAI)* < im Hauptquartier der Weltzeitbehörde bei Paris verwahrt und als >>> definitive Weltzeit verbreitet !!!

Weltweit gibt es ca. 200 Cäsium-Atomuhren, die sich alle 100 Sek. untereinander abgleichen → und dies auf Bruchteile von Millisekunden → daher alle synchron

In Deutschland wird die offizielle Zeit von der PTB in Braunschweig dargestellt >>> und per Langwellensender Mainflingen verschickt <<<

Die Behörde

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ist das nationale Metrologieinstitut der Bundesrepublik Deutschland → mit wissenschaftlich-technischen *Dienstleistungsaufgaben* für Bürger, Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. Sie ist natur- und ingenieurwissenschaftliches Staatsinstitut und technische Oberbehörde für das Meßwesen Die PTB gehört zum → Dienstbereich des >>> Bundesministeriums für Wirtschaft <<<

Zur Zeit

Die PTB ist durch das Zeitgesetz von 1978 (1994) damit beauftragt → die für das > öffentliche Leben < in der Bundesrepublik maßgebende Uhrzeit anzugeben !

Gesetz über die Zeitbestimmung

Im Zeitgesetz (ZeitG) vom 25.07.1978 in der geänderten Fassung vom 13.09.1994

- §2 → Die gesetzliche Zeit wird von der PTB dargestellt und verbreitet
- §3 → Ermächtigung zur Einführung der mitteleuropäischen Sommerzeit

Die 4 Atomuhren der PTB (CS1 ... CS4) zählen zu den → genauesten der Welt !!!

UT - Universal Time - Weltzeit

Zeitwinkel der Mittleren Sonne für den Meridian von Greenwich (MOZ)
Natürliches (relativ ungenaues) allgemeines Zeitsystem der frühen Jahre

UT1 - Universal Time One - Korrigierte Weltzeit

Korrigierte (... schwankende Polbewegung ...) >> MOZ von Greenwich
Natürliches (jedoch relativ genaues) Zeitsystem der vergangenen Jahre

UTC - Universal Time Coordinated - Koordinierte Weltzeit

In Atomuhren erzeugte > extrem < gleichmäßig ablaufende Zeitintervalle
Künstliches (aber dafür absolut genaues) Zeitsystem der heutigen Tage !!

>>> Weltzeit - durch Zeitzeichen verbreitete Normalzeit <<<

Wird die Differenz UTC zu UT1 >0.9 Sek. erfolgt Schaltsekunde in UTC !

Für die Astronomische Navigation gilt nach wie vor UT1 (Naut. Jahrbuch)

→ 0.9 Sek. = 417m (am Äquator) → keine Bedeutung für die Bordpraxis

1. Zeitbestimmung

Die Schaffung und Benennung markanter Zeitpunkte der laufenden Zeit durch astronomische Beobachtung → tägliche Erddrehung → Fixpunkt Frühlingspunkt

2. Zeitbewahrung

Zeitmeßergebnisse (Zeitpunkte) den Präzisionsuhren (Pendel → Quarz → Atom) zuführen und von diesen bis zur Messung des nächsten Durchgangs bewahren

3. Zeitvergleiche

Vergleich eigene Zeit → andere Zeitdienste → Einschätzung an Weltzeitbehörde obwohl es → WOSAC gibt (... mit ihrer primären Atomhauptuhr in Rome USA)

>>> Worldwide Synchronization of Atomic Clocks <<<

4. Zeitverbreitung

Ergebnis der Zeitbewahrung → Verbreitung der genauen Zeit mit → Zeitzeichen

Durch die *hohe Genauigkeit* der Zeitbewahrung/ Übertragung können nunmehr

>>> schwierigste Probleme der Raumfahrtnavigation gelöst werden <<<

In der Praxis fährt man an Bord in der Regel die Zonenzeit > Zeit die von der
> Borduhr angezeigt und daher > Bordzeit < genannt wird (... wenig genau)

Für die astronomische Beobachtung ist eine Borduhr → nicht zu gebrauchen !
> vielmehr benötigt man hierzu eine spezielle Präzisionsuhr

Um 1780 begann die Ära der leistungsfähigen > See-Chronometer berühmter
> Hersteller wie Arnold, Berthoud, Earnshaw etc. etc.

Diese Uhren waren wegen der Lageempfindlichkeit des Hemmungssystems
> kardanisch aufgehängt und stationär
bevorzugt in *Schwerpunktnähe eines Schiffes* (Kapitänskajüte) untergebracht

Das Führen eines Chronometertagebuchs war obligatorisch und es wurden:
> Stand und Gang gewissenhaft aufgezeichnet

Denn ein Chronometer muß so gehen wie er aus der Werkstatt kommt !!!

Um die fest montierten Chronometer mit genauer Zeit zu versorgen mußte am
> Ausgangshafen genaue Zeit zur Verfügung stehen
die vor jedem Antritt einer Seereise zum Schiff > transportiert werden mußte

> Dazu notwendig ganggenaue, tragbare Uhren kleinen Formats

die im *Observatorium* auf Regulatorzeit (Ortszeit) eingestellt wurden und uns
als → Beobachtungsuhr oder auch als → Deck-Watches geläufig sind !!!

Die Entwicklung dieses Uhrentyps steht deshalb in engstem Zusammenhang
mit den eigentlichen See-Chronometern >> sie wurden auch von den gleichen

> Chronometermachern hergestellt (... anfangs mit Chronometerhemmung)

Ebenfalls verlangten die zahlreich stattfindenden >> Forschungs Expeditionen
nach genauehenden, tragbaren Uhren zur genauen geographischen Orts- und
Zeitbestimmung → A.v.Humboldt benutzte Taschenchronometer von Breguet !

Es war für die Kapitäne mühsam immer vor dem Auslaufen jemanden mit einer B-Uhr zur Sternwarte (Seewarte) zu schicken um >> die genaue Zeit zu holen !!!
Die Suche nach einer besseren Lösung führte dann zur Erfindung des Zeitballs:

> Erstmals Anno 1833 auf dem Turm des Observatoriums von Greenwich

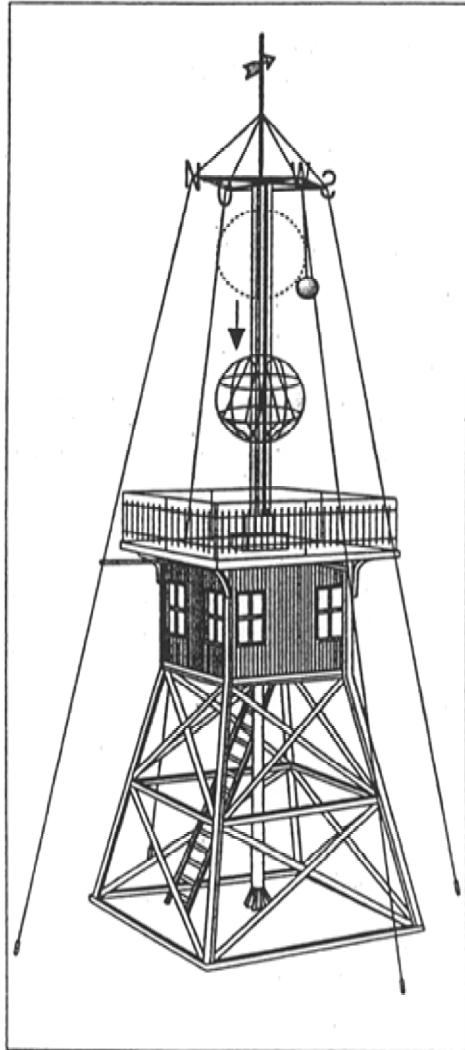
In Deutschland wurde der erste Zeitball 1875 (!) in Cuxhaven in Dienst gestellt - nach Eingabe bei *Reichskanzler Bismarck* dann das Zeitballnetz zügig erweitert

- > Im Laufe der Jahre 8 weitere → Bremerhaven, Danzig, Kiel, Hamburg
- > Und ein weiterer im vom Reich gepachteten chinesischen Tsingtau

Die meisten *kontinentaleuropäischen* Sternwarten waren zu der Zeit mit den von
> Friedr. Tiede gebauten PPU ausgestattet, die die Steuerung (Tasterauslösung)
>>> der Zeitbälle vorgaben

Der 1895 in Bremen installierte Zeitball wurde von der → Berliner Sternwarte aus über Telegraphenleitungen ferngesteuert (...dort war eine Strasser & Rohde PPU)

>>> Bis zum Ersten Weltkrieg waren die Zeitbälle voll im Einsatz <<<



- > Draht / Korbgeflecht - Durchmesser ca. 2m
- > Mastlänge (*Gleitlänge des Balls*) ca. 3 ... 5m
- > Gut sichtbar von Hafen und → → Reede (!)
- > Meistens wurden spezielle Türme errichtet
- > Täglich um 11:57 > Ball nach oben gezogen
- > Punkt 12:00 erfolgte dann > die Auslösung
- > Beginn des Herabgleitens > markierte Zeit
- > Genauigkeit > Standardzeitball → 0.3 Sek.
- > Genauigkeit > Bremer Zeitball → 0.1 Sek.!

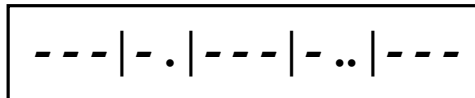
Allmählich wurden die Zeitbälle (Kanonen) durch Radio-Zeitsignale verdrängt

- > 1905 wurde in den USA die ersten Funk-Zeitzeichen gesendet
- > 1907 dann versuchsweise in Deutschland von Norddeich-Radio
- > 1911 von einem Funksender am Eiffelturm in Paris
- > 1912 Norddeich-Radio sendet jetzt regelmäßig Zeitzeichen

*Zeitzeichen sind punkt- und strichförmige akustische Signale zur Übermittlung
>>> von Zeitpunkten <<<*

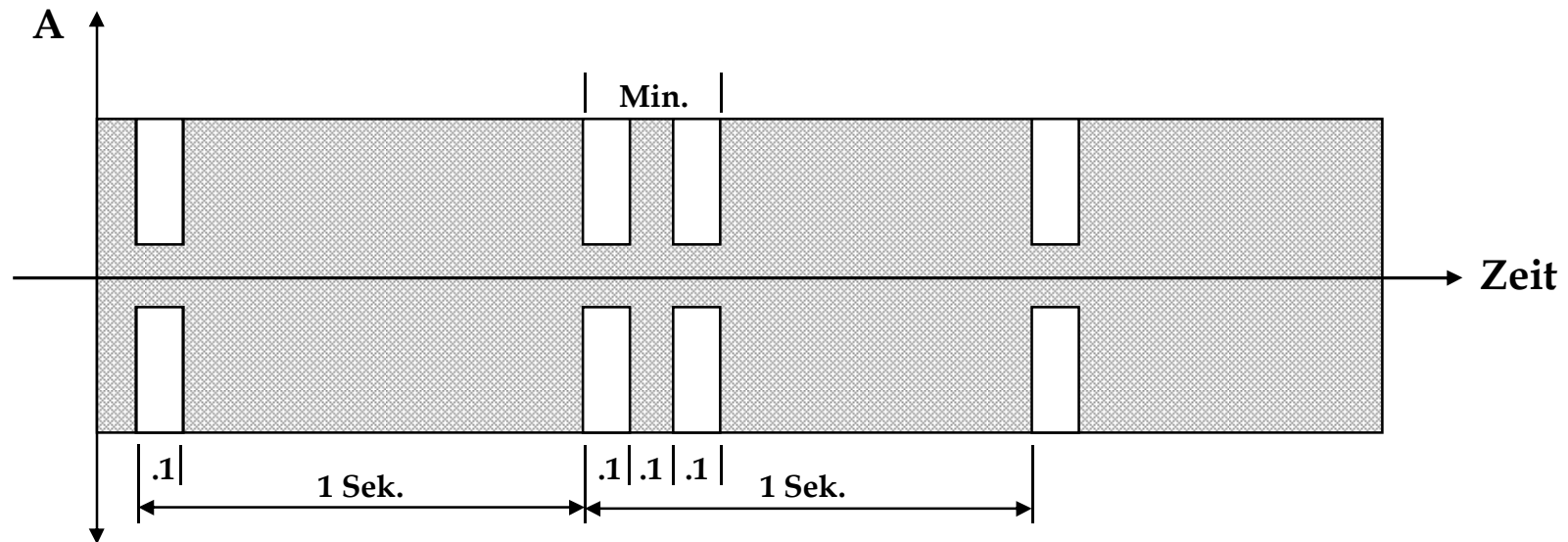
Im internationalen Funkverkehr gab es viele unterschiedliche Zeitzeichen u.a.

- > Koinzidenz-Zeitzeichen (→ zeitl. Übereinstimmung von Schlaggeräuschen)
Nonius-Prinzip: 1 Min. über 59 Töne verteilt >> Abhören der Koinzidenzen
- > ONOGO-Zeitzeichen geliefert von → Sternwarte Babelsberg und 1923 - 1945
im Rundfunk regelmäßig gesendet - Zeichen erstreckte sich > über 5 Min. !!



Sender im Kurz- oder Längstwellenbereich die → Sekundenimpulse abstrahlen

- > einfache Zeitzeichen werden im Sekundentakt ausgetastet (A1 - Betrieb)
- > Zeitzeichen mit voller Zeitinformation werden → kodiert ausgestrahlt



Sender/ Frequenzen: Nautischer Funkdienst Bd I - World Radio TV Handbook
 Neben dem Zeitzeichen werden auch > Normalfrequenzen ausgestrahlt, die als
 >>> Eichfrequenzen für zeitgebundene Vorgänge benutzt werden <<<



Russland

3071 B Moskau (Rufzeichen RWM)

Sekundensignal

Frequenz: 9.996 kHz A1A

Sendezeit: H24

Tastet Rufzeichen: h+09-10 und h+39-40

Sendung: h+10-20 und h+40-50 min

Zeitsignal: Die Sekunde mit 100 ms

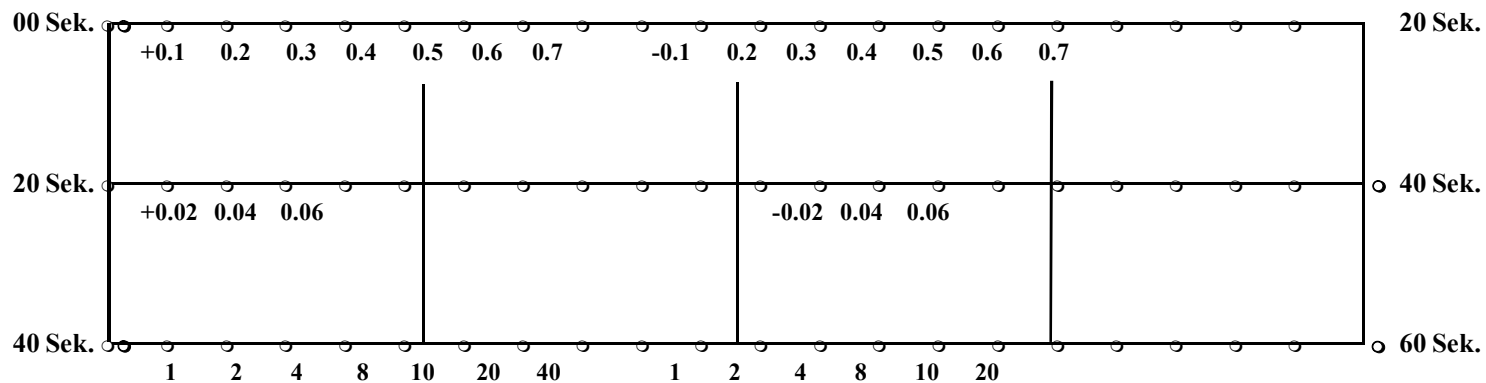
Zur vollen Minute Zeichen mit 500 ms Dauer

Durch die Kodierung → gezielte zusätzliche Kennzeichnung von Zeitsignalen

> Stand der Erddrehung (astronomische Zeit) → Sekunde 1 ... 15 / 21 ... 33

> Minute → Sekunde 41 ... 47 und Stunde → Sekunde 49 ... 54 → in UTC

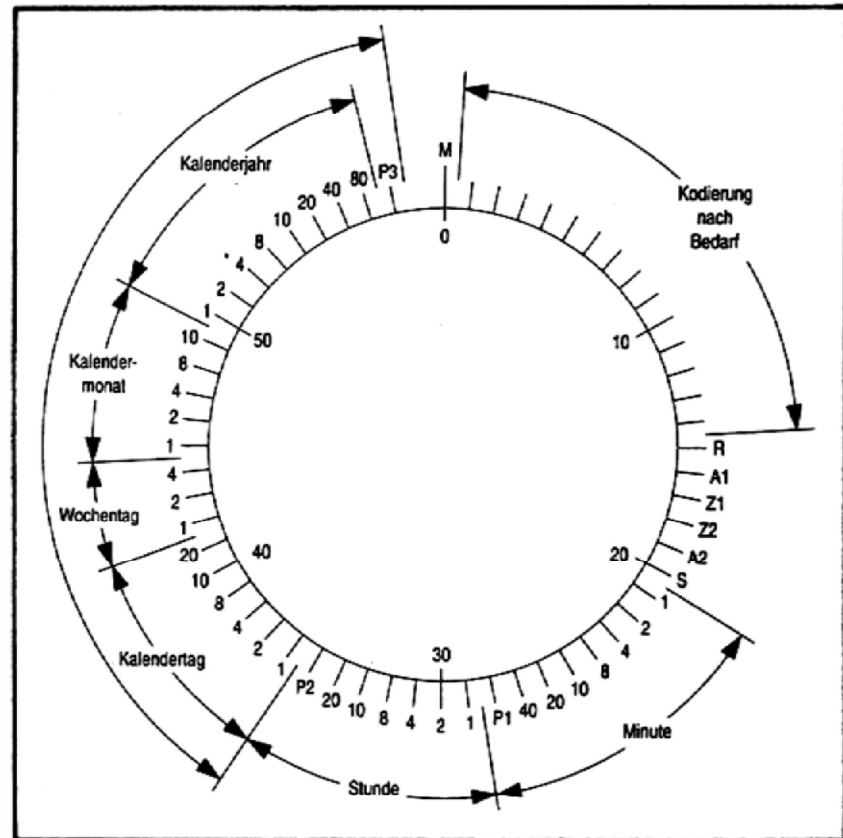
>>> Die Kodierung geschieht durch → Verdopplung der Sekundentöne <<<



Die 40. Sekunde ist als Ankündigung für die Minuten stets doppelt gesendet

Der aktuelle deutsche Zeitsignal- und Normalfrequenzsender >>> DCF77 <<<

- > Sendefunkstelle Mainflingen
Lage: 50° 01' N, 09° 00' E
- > Vertikale 150m (200) hohe
Rundstrahlungsantenne
- > Trägerfrequenz → 77,5 kHz
- > Sendeleistung → 50kW
- > Reichweite → 2.000 km (+)
- > 24 Stunden Dauerbetrieb
- > Signale amplitudenmoduliert
Datum/ Zeit → BCD-kodiert



Kodierschema

Die Koordinaten der Gestirne hängen von der Zeit ab → ist die Zeit fehlerhaft:

> fehlerhafte Koordinaten → fehlerhafter astronomischer Ort !!!

Die Navigationsuhr wird deshalb in der nautischen Praxis >> einmal pro Tag kontrolliert → etabliert hat sich in der Seefahrt hierfür die → → Bezeichnung:

>>> Chronometerablesung (Chr) <<<

UTC aus Zeitsignal 10:00:00

Navigationsuhr zeigt (Chr) 10:00:03

Differenz → UTC - Chr - 00:03

Die Differenz (hier -3 Sek.) heißt >>> Chronometerstandberichtigung (Std) <<<

Zeit, die man (... vorzeichenrichtig) an die abgelesene Zeit der Navigationsuhr anbringen muß → um UTC zu erhalten !!!

>>> Chr = 21:23:50 Std = -00:03 → UTC = 21:23:47 <<<

Am 28.02.1999 hat unser Schiff (Beobachtung der Sonne) eine Koppellänge von

> 139°07'E und die Borduhr zeigt → BZ = 08:15 (Zonenzeit ZZ) und wir haben:

> Chonometerablesung → Chr = 11:15:10 > Standberichtigung → Std = +00:12

Der mittlere Meridian der aktuellen Zeitzone ist 135°E → demnach ist (135 : 15) es in Greenwich → 9 Stunden früher als an Bord (wir sind in einer Minuszone)

<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">BZ</td> <td style="padding: 5px;">08:15</td> <td style="padding: 5px;">(28. Februar)</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">ZU</td> <td style="padding: 5px;">-09:00</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="border-top: 1px dashed black; padding-top: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15</td> <td style="padding: 5px;">(27. Februar)</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	BZ	08:15	(28. Februar)	ZU	-09:00		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15</td> <td style="padding: 5px;">(27. Februar)</td> </tr> </table>			UTC	23:15	(27. Februar)	<p>→ → → →</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Chr</td> <td style="padding: 5px;">11:15:10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Std</td> <td style="padding: 5px;">+00:12</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="border-top: 1px dashed black; padding-top: 5px;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15:22</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	Chr	11:15:10	Std	+00:12	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15:22</td> </tr> </table>		UTC	23:15:22
BZ	08:15	(28. Februar)																				
ZU	-09:00																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15</td> <td style="padding: 5px;">(27. Februar)</td> </tr> </table>			UTC	23:15	(27. Februar)																	
UTC	23:15	(27. Februar)																				
Chr	11:15:10																					
Std	+00:12																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">UTC</td> <td style="padding: 5px;">23:15:22</td> </tr> </table>		UTC	23:15:22																			
UTC	23:15:22																					

Damit ist die zur Positionsbestimmung notwendige exakte Bezugszeit ermittelt

Trotz Auf / Ab - Anzeige ist uns die Navigationsuhr (... j.w.d.) stehengeblieben
Durch die Borduhr wissen wir jedoch ungefähr Greenwich Zeit: $UT = ZZ + ZU$
Benötigt wird aber der sekundengenaue Stand → → denn am Äquator bedeutet:

> 1 Minute Abweichung → 15 Seemeilen → fast 28 Kilometer !!!

Da mit Sextant, den Tabellen (... N.J.) und der genauen Zeit die → exakte Länge
ermittelt werden kann - so muß man umgekehrt mit der exakten Länge auch die

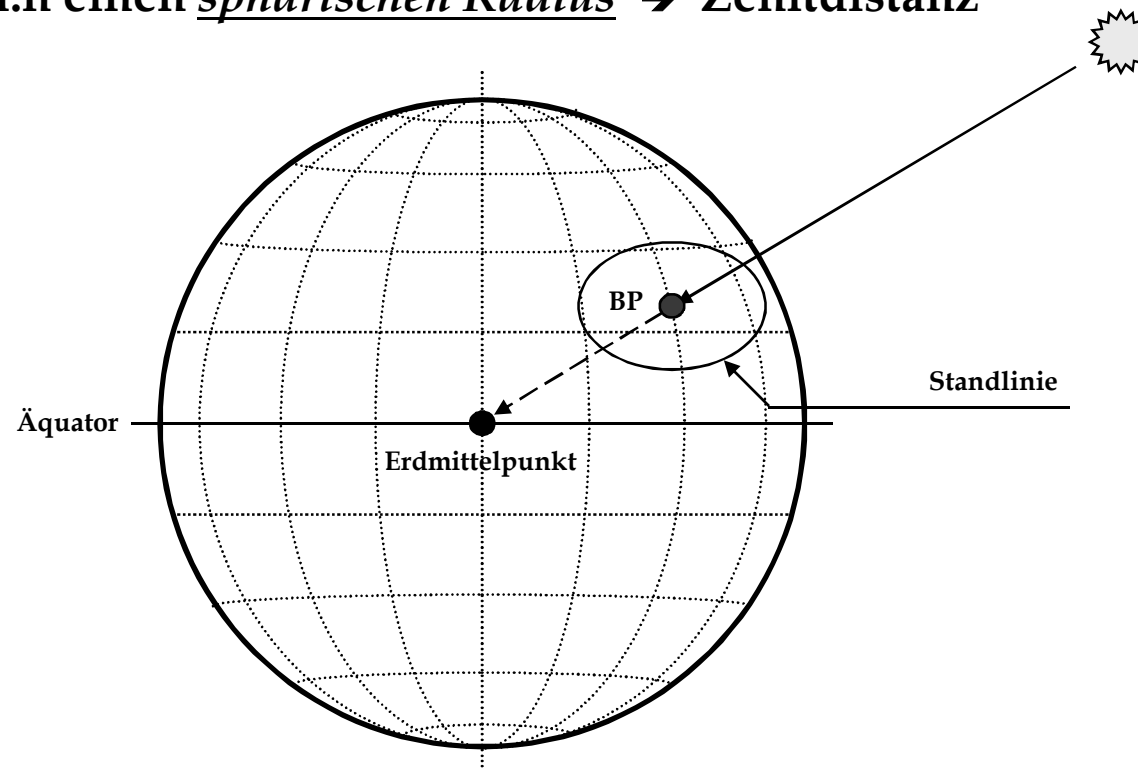
>>> die genaue Weltzeit finden <<<

Die exakte Länge läßt sich einfach durch den >>> Schiffsmittag bestimmen !!!
Älteste, einfachste und genaueste Methode zur Ermittlung → einer Standlinie

Einziger Sonderfall der astronomischen Navigation, bei dem die Kenntnis der
> genauen Zeit nicht notwendig ist → Stellung der Sonne = Zeitsignal

Wichtig ist jedoch den >>> Schiffsmittag absolut exakt <<< zu ermitteln !!!

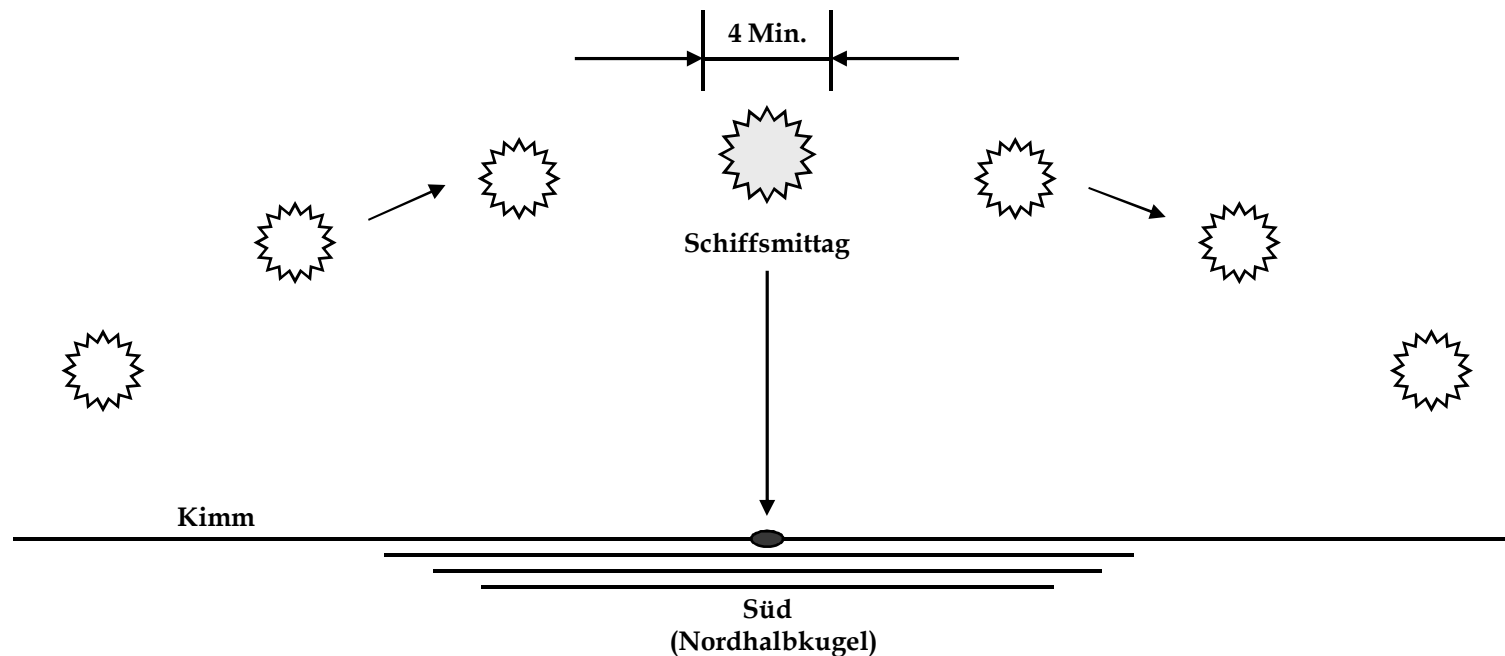
Die Standlinie = Kreis um den Bildpunkt (auch Höhengleiche genannt) ist für die Astronavigation von grundlegender Bedeutung → hat einen gekrümmten d.h einen sphärischen Radius → Zenitdistanz



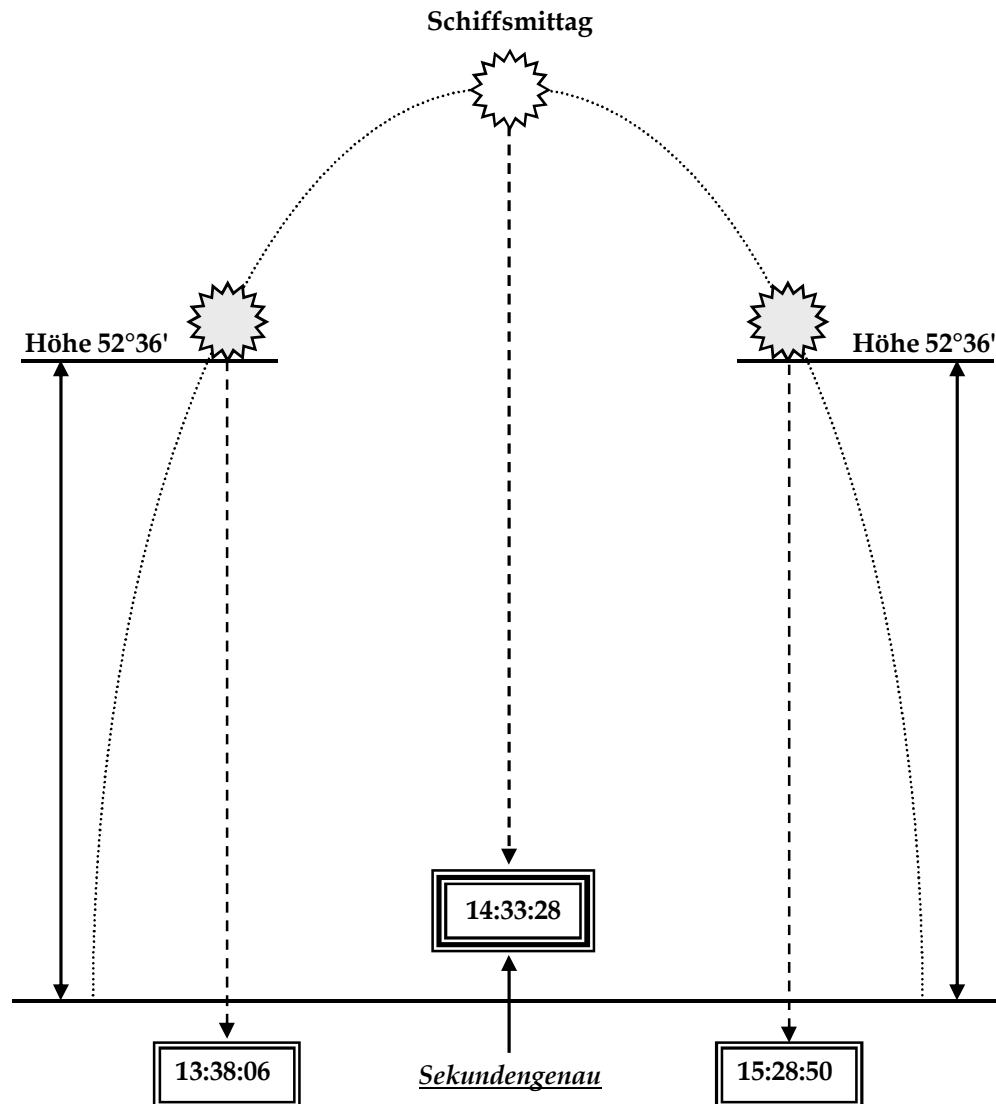
Die Verbindungslinie von einem Gestirn an der Himmelskugel → hin zum Erdmittelpunkt durchstößt die Erdoberfläche > Bildpunkt des Gestirns <

Schiffsmittag ist, wenn die Sonne ihren höchsten Punkt auf ihrer Laufbahn erreicht hat: >>> Sie steht dann genau im Süden <<<

Sonnenbildpunkt und Schiff befinden sich dann genau auf gleicher Länge !



Problem → Die Sonne behält praktisch 4 Minuten den größten Winkel !!!



Um 13:38:06 mit Sextant:
Winkel 52°36' gemessen

Um 15:28:50 wird wieder
Winkel 52°36' gemessen

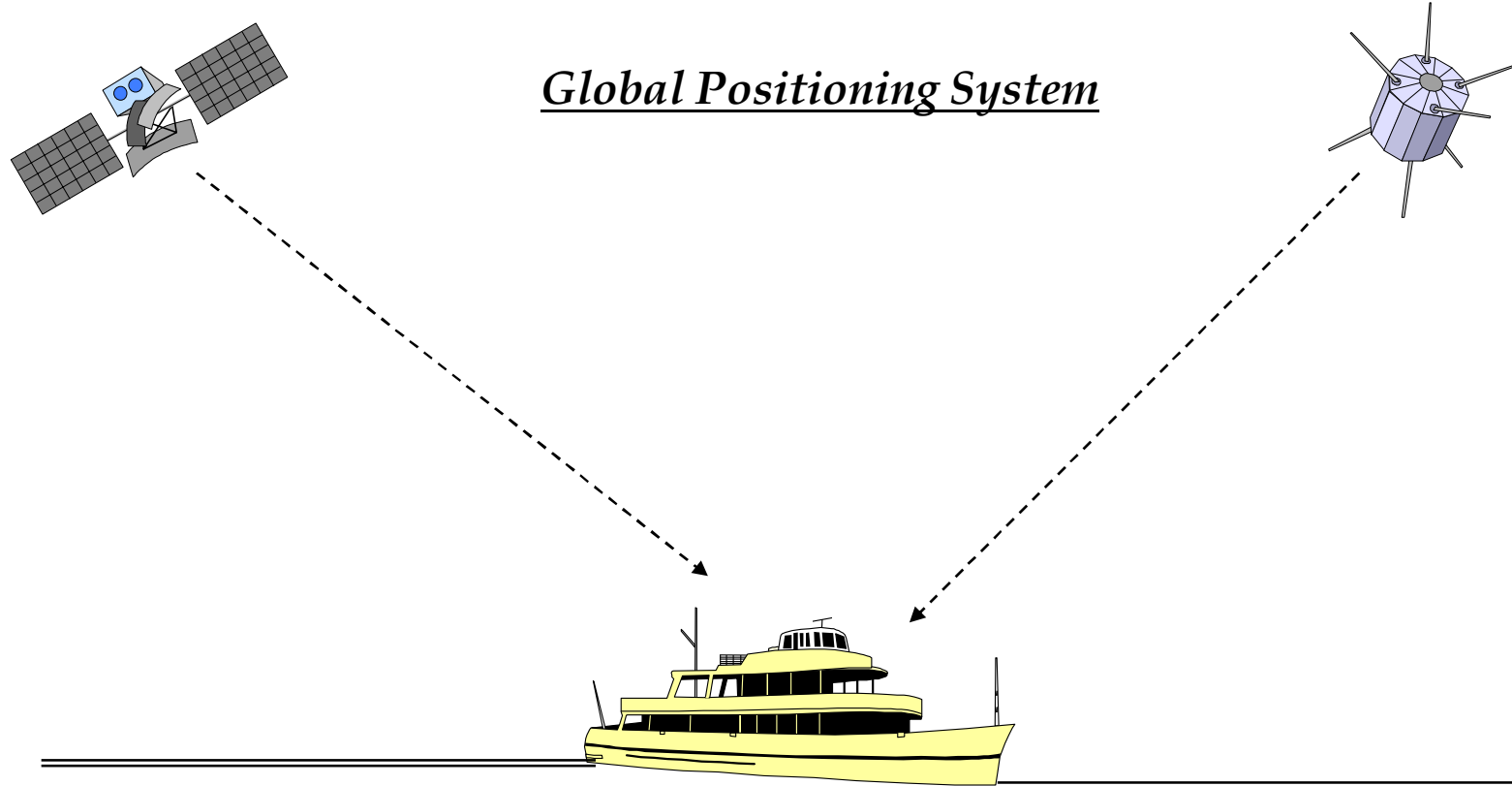
Beide Zeiten addiert und
durch 2 (zeitlich!) geteilt

Im Nautischen Jahrbuch
ergibt sich für UT1 von:

>>> 14:33:28 <<<

für diesen Tag genau die
(gerechnete) Länge von:

>>> 36°53,1' W <<<



Global Positioning System

Ende der astronomischen Navigation ... es lebe die Satelliten-Navigation

**Ein GPS-Empfänger kostet zur Zeit ca. DM 400,- !!!
Im Hintergrund lauert bereits GTS (Global Transmission Services) ...**

- 40 -

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 01 : Titel | 26 : Der Zeitball |
| 02 : Zur Erinnerung | 27 : Die Zeitballtechnik |
| 03 : Die Ortsbestimmung | 28 : Das Funk-Zeitzeichen |
| 04 : Das Längengradproblem | 29 : Die Zeitzeichensender |
| 05 : Der Längengradpreis | 30 : Nautischer Funkdienst |
| 06 : Der Null-Meridian | 31 : Kodierung von Zeitsignalen |
| 07 : Die Längengrad-Konferenz | 32 : Das kodierte Zeitzeichen |
| 08 : Die Entscheidung | 33 : DCF77 |
| 09 : Greenwich Mean Time | 34 : Zur Sache |
| 10 : Der Nabel der Welt | 35 : Der 28. Februar 1999 |
| 11 : Die Zonenzeit | 36 : Die verlorene Zeit |
| 12 : Mitteleuropäische Zeit | 37 : Bildpunkt und Standlinie |
| 13 : Reichs-Gesetzblatt Nr. 7 | 38 : Sonne und Schiffsmittag |
| 14 : Das Ende des Chaos | 39 : Die exakte Mittaglänge |
| 15 : Die Zeitzonen | 40 : GPS ... was kommt dann |
| 16 : Die Datumsgrenze | 41 : Inhaltsverzeichnis |
| 17 : Die Zeitsysteme der Sonne | 42 : |
| 18 : Die Sonnenbahn | 43 : |
| 19 : Die unausgewuchtete Erde | 44 : |
| 20 : Die Atomzeit | 45 : |
| 21 : Die PTB in Braunschweig | 46 : |
| 22 : Die wesentlichen Zeitskalen | 47 : |
| 23 : Aufgaben der Zeitdienste | 48 : |
| 24 : Uhren an Bord | 49 : |
| 25 : Die Beobachtungsuhr | 50 : |