

A large, ornate sundial mounted on a wall. The sundial features a central gnomon and a circular face with a zodiac wheel. The zodiac wheel is divided into twelve segments, each containing a golden zodiac sign. The sundial is surrounded by a large circular frame with Roman numerals. The background is a dark, textured wall.

Koordinierte Weltzeit,
Zeitzone, Sommerzeit.
Wie spät ist es?

Tizian, Allegorie der Zeit

agiert die Gegenwart
mit Besonnenheit,

Aus den Erfahrungen
der Vergangenheit

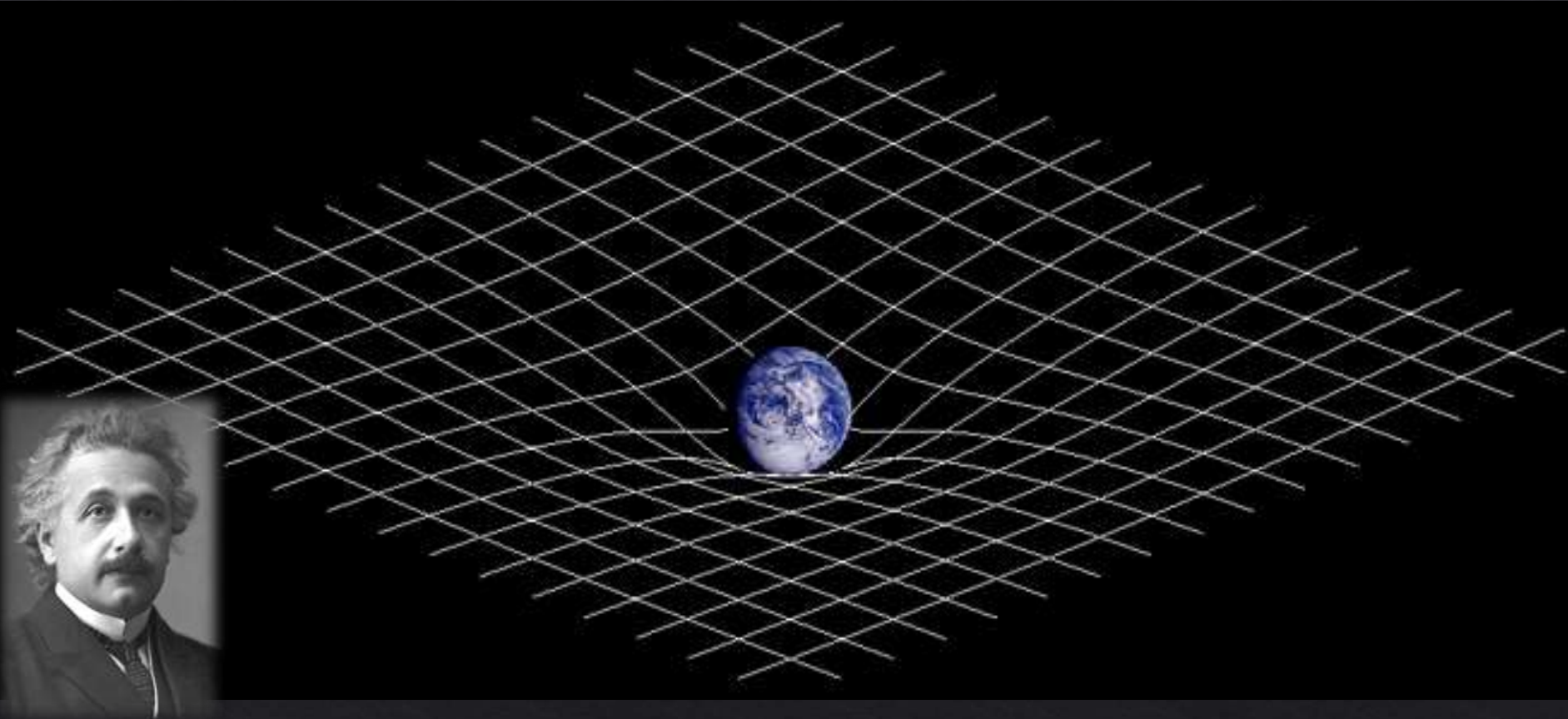
um die Zukunft nicht zu gefährden

Was also ist »Zeit«?

Wenn mich niemand danach fragt, weiß ich es; will ich es einem
Fragenden erklären, weiß ich es nicht.

Augustinus (354-430)

Die Zeit



Zeit ist das, was man an der Uhr abliest.

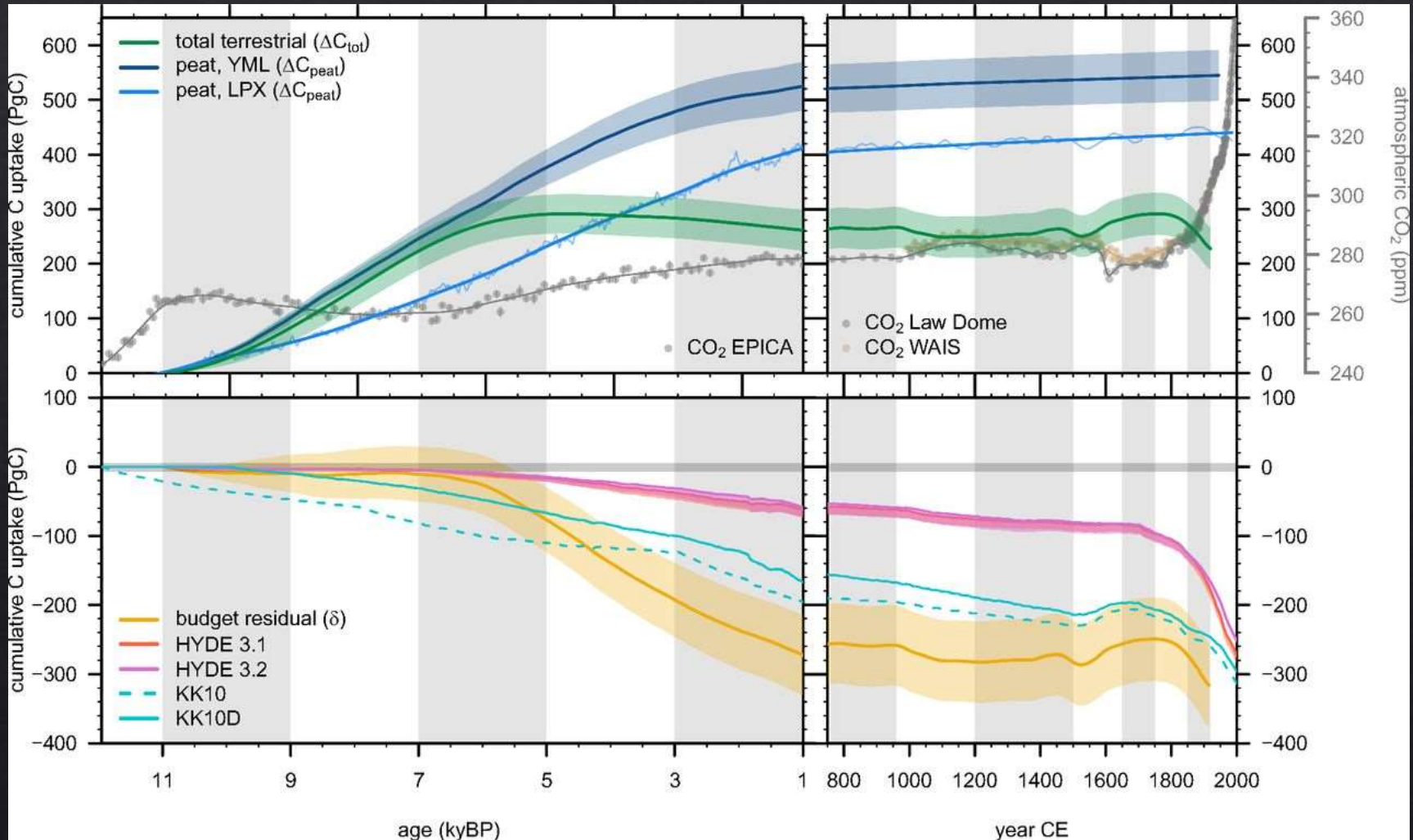
Albert Einstein



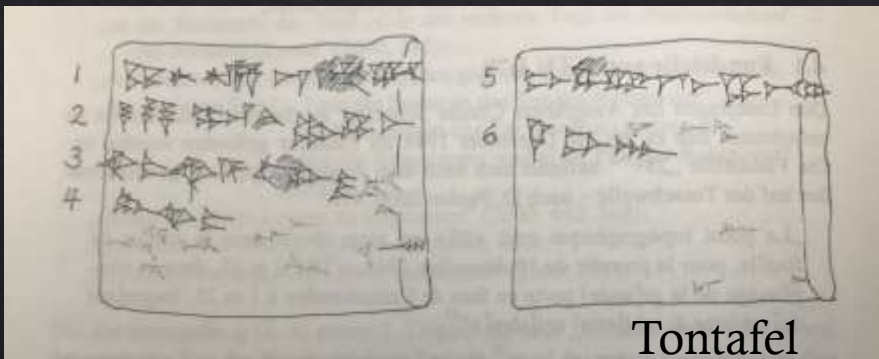
Zeitsynchronisierung



Klimatänderungen



Sonnenfinsternisse



Tontafel

(1) b 11 . ym . ḥdt	During the six days of the (rituals of) the new moon of
(2) ḥyr . rbt	(the month of) <i>Ḥiyāru</i> , the sun
(3) špš [.] ḡrh	set, her gatekeeper (being)
(4) ršp	<i>Rašap</i> .
Verso	
(5) [w ā] dm [.] tbqrn	The men (?) shall seek out
(6) škn	the prefect.

The day of the new Moon (*btt*) in the month of *Ḥiyar* was put to shame. The Sun went down (**rbt sps*) in the daytime with Mars (*ršp*) in attendance.

Ugarit, 5 März 1223 v. Chr um

13:55 lokal Sonnenzeit

11:32 UT (oder GMT)

19:43 TT (oder UTC)

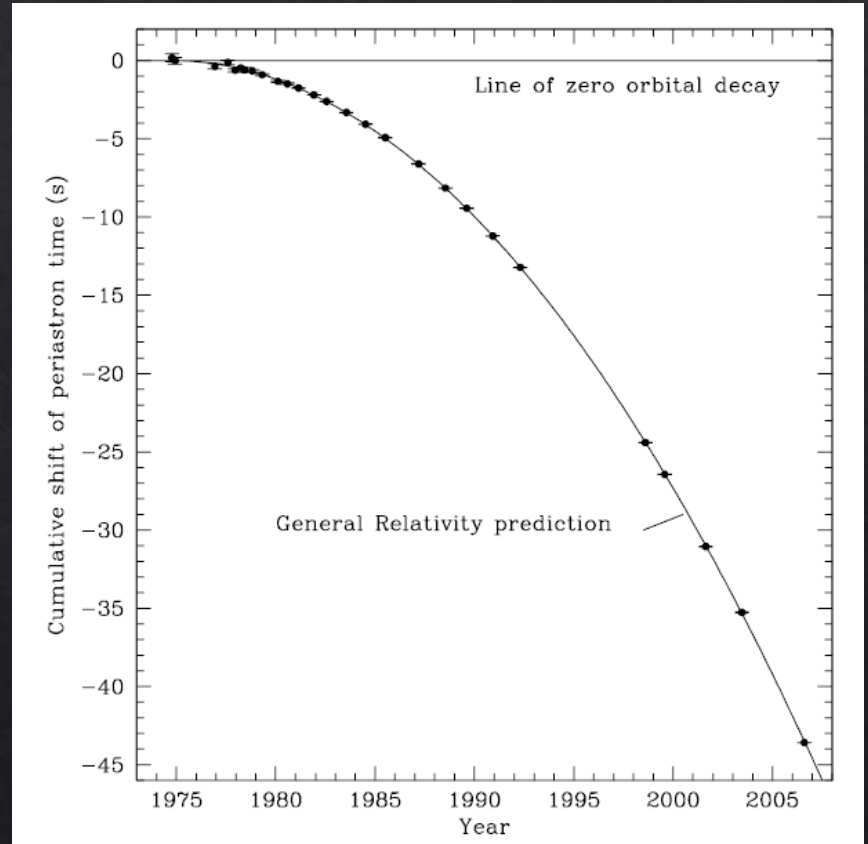
The earliest known solar eclipse record redated, T. de Jong & W. H. van Soldt, Nature, 338, 238–240 (1989)

Pulsare



Hulse–Taylor binary

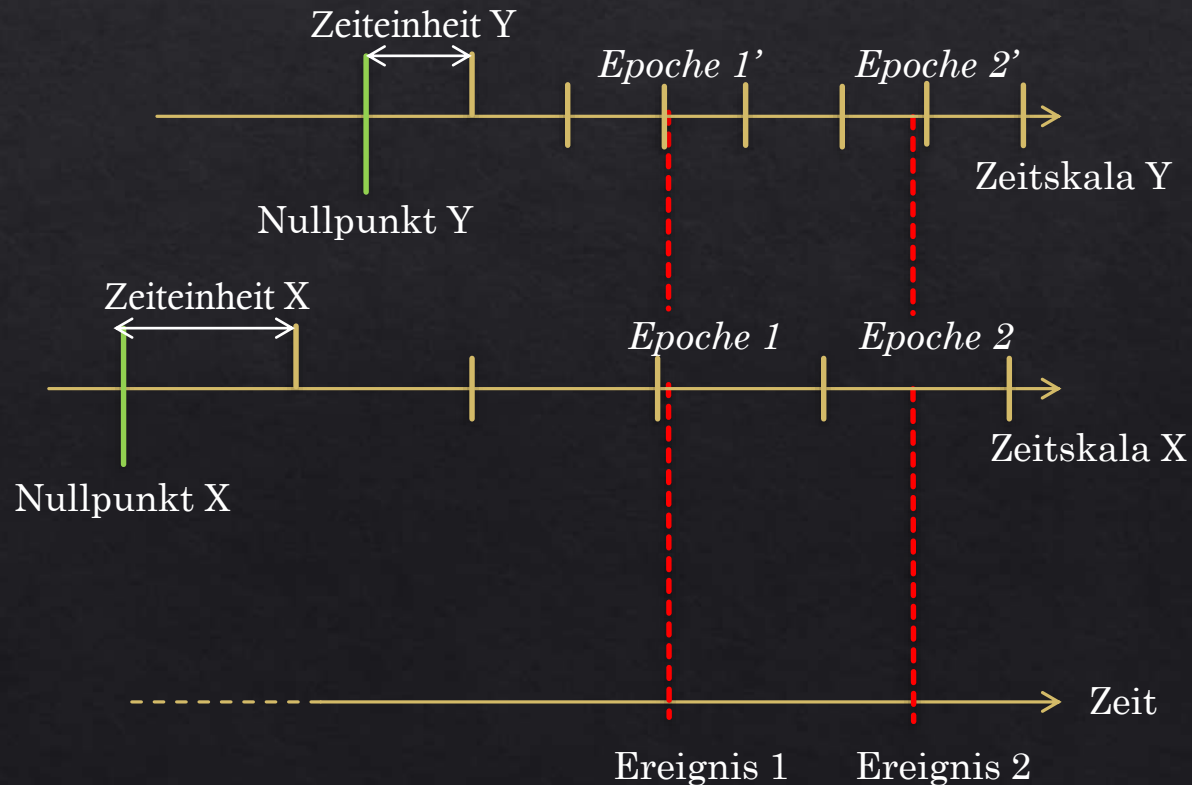
Periode: 59 ms



Zeitskala

Ereignisse Zeitpunkten zuordnen:

- Eine Zeiteinheit aus einem periodischen Vorgang
- Ein Zeitanfang (Nullpunkt)



Viele Zeitskalen

- Sonnenzeit (Wahren oder Mittlere)
- Universal Time (UT0, UT1, UT1R, UT2R)
- Ephemeridenzeit (ET, ET1, ET2)

Astronomische Zeitskalen

- Terrestrische Zeit (TT, TT[BIPMXX])
- Baryzentrische Dynamische Zeit, Baryzentrische Koordinatenzeit, Geozentrische Koordinatenzeit
- GPS Zeit, Galileo Zeit, GLONASS Zeit
- Temps Atomique International (TAI)
- Koordinierte Weltzeit (UTC)

Atomzeitskalen

- Zeitzone (UTC+X), Sommerzeit (UTC+X+1)

Politische Zeitskalen

Wie spät ist es?

941.20

Bundesgesetz über das Messwesen

-  **5. Abschnitt: Festlegung der Zeit**
-  **Art. 15**

¹ In der Schweiz gilt die mitteleuropäische Zeit. Die mitteleuropäische Zeit entspricht der koordinierten Weltzeit plus eine Stunde.

² Um Übereinstimmung mit den benachbarten Staaten zu erreichen, kann der Bundesrat die Sommerzeit vorschreiben. Die Sommerzeit entspricht der mitteleuropäischen Zeit plus eine Stunde.

Deutliches Resultat bei EU-Umfrage

Über 80 Prozent wollen

Zeitumstellung

ab

EU-Kommission: Zeitumstellung

könnte

2020

«Einfach Politik»

Kommt die

der

Som

Sollte d
SPIT

≡ M A

WIS

Nachricht

Absch
Wir

Am So
Wirtsc
sollte.

den

Abo

lagen

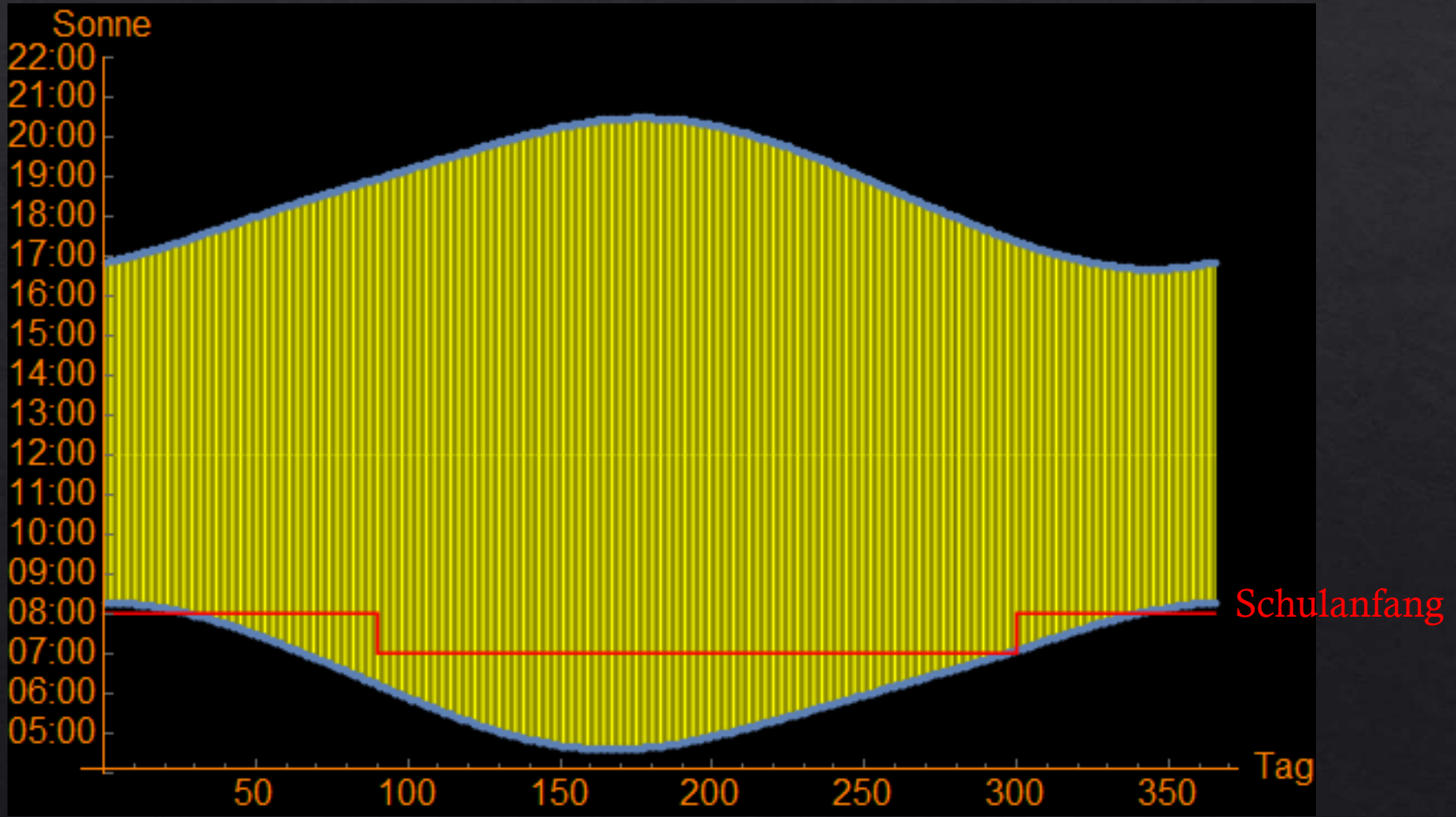
EU Minister: Ende der Zeitumstellung kommt frühestens im Jahr 2021

Zu... in der Sommerzeit
bzw... Neu im Raum steht auch die
Optic... zur neuen Standardzeit wird. Fakt ist: Mit
der S... wird das Sonnenlicht besser genutzt.

Felix Blumer
Samstag, 01.09.2018, 11:09 Uhr

Sonnenaufgang und -untergang

Sommerzeit
Winterzeit



Die Sommerzeit ist nichts anderes als eine allgemeine Zeitplanänderung

Wie spät ist es?

Von letzten Sonntag im Oktober bis letzten Sonntag im März

mitteleuropäische Zeit = Koordinierte Weltzeit+1

MEZ = UTC+1

Von letzten Sonntag im März bis letzten Sonntag im Oktober

MESZ = UTC+2



UTC ≠ GMT

Wer bestimmt UTC?

Funkuhr



$u = 1 \text{ s}$



$u_{RC} = 100 \text{ ms}$



DCF77, Mainflingen (DE)

$u_{DCF77} = 5 \mu\text{s}$

Bureau International des Poids et Mesures
 CIRCULAR T 371
 2018 DECEMBER 10, 15h UTC
 ISSN 1143-
 BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
 THE INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATION ESTABLISHED BY THE METRE CONVENTION
 PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 tai@bipm.org

The contents of the sections of BIPM Circular T are fully described in the document "Explanatory supplement to BIPM Circular T" available at [ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.1.pdf](http://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.1.pdf)

$u_{UTC(PTB)} = 4 \text{ ns}$

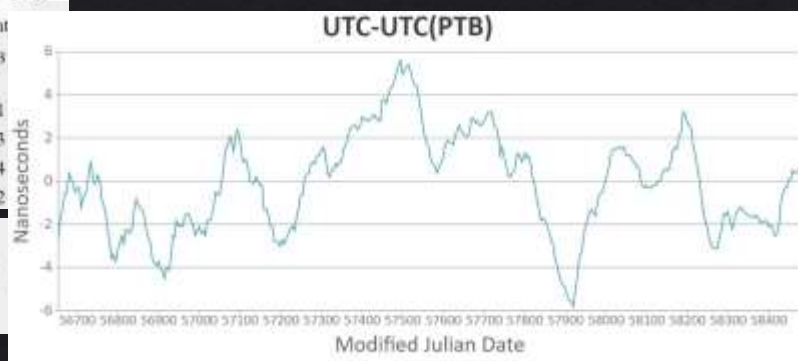


UTC(PTB)
Braunschweig (DE)

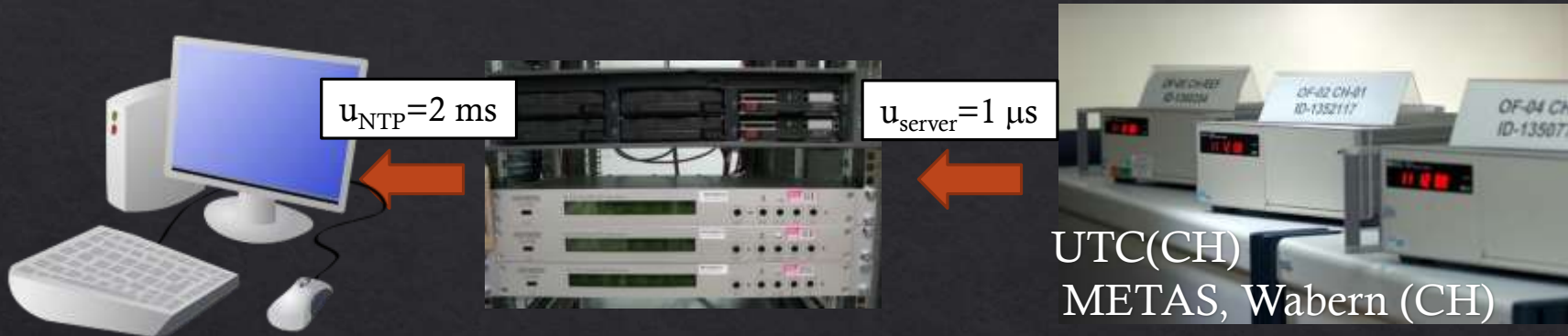
1 - Difference between UTC and its local realizations UTC(k) and corresponding uncertainties. From 2017 January 1, 0h UTC, $TAI-UTC = 37 \text{ s}$.

Date 2018 0h UTC

Laboratory &	MJD	[UTC-UTC(k)]/ns							Uncertainty	
		OCT 28	NOV 2	NOV 7	NOV 12	NOV 17	NOV 22	NOV 27	u_A	u_B
AOS (Borowiec)	123	-6.8	-4.9	-5.3	-5.5	-5.4	-5.9	-5.4	0.4	4.1
APL (Laurel)	123	0.9	1.5	1.2	2.3	2.5	2.5	3.6	0.4	11.3
AUS (Sydney)	123	-28.8	-25.1	-37.9	-44.8	-50.9	-62.7	-54.9	0.4	6.4
BEV (Wien)	123	18.0	9.3	5.2	4.4	5.0	2.4	1.5	0.4	3.2
PL (Warszawa)	123	14.3	17.2	21.0	25.5	30.4	29.9	24.8	0.4	3.1
PTB (Braunschweig)	123	-2.5	-2.0	-1.1	-0.6	-0.3	-0.3	0.1	0.2	1.2
ROA (San Fernando)	123	-5.9	-5.0	-3.5	-2.4	-1.4	-2.2	-2.4	0.4	1.9
SASO (Riyadh)	123	-1254.5	-1269.8	-1284.2	-1295.9	-1309.2	-1329.4	-1343.8	0.5	3.1



Internet (NTP)



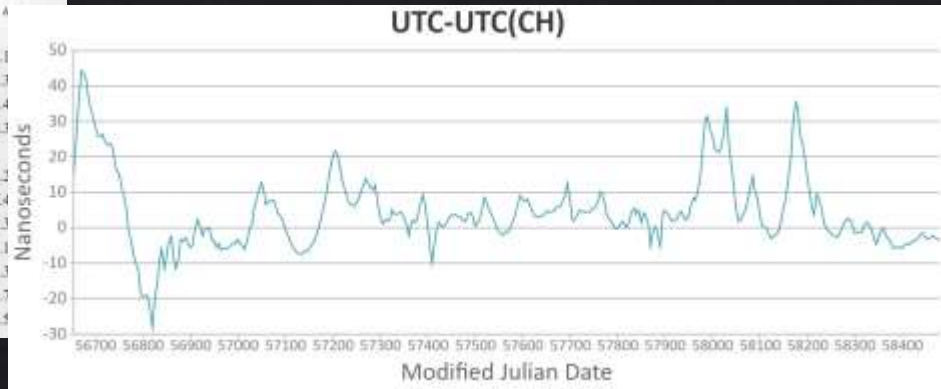
Bureau International des Poids et Mesures
CIRCULAR T 371
2018 DECEMBER 10, 15h UTC
ISSN 1143-1393

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
THE INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATION ESTABLISHED BY THE METRE CONVENTION
PAVILLON DE BRETEUIL F-92312 SEVRES CEDEX TEL. +33 1 45 07 70 70 tai@bipm.org

The contents of the sections of BIPM Circular T are fully described in the document "Explanatory supplement to BIPM Circular T" available at http://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/notes/explanatory_supplement_v0.1.pdf

1 - Difference between UTC and its local realizations UTC(k) and corresponding uncertainties. From 2017 January 1, 06h UTC, $TAI-UTC = 37 \text{ s}$.

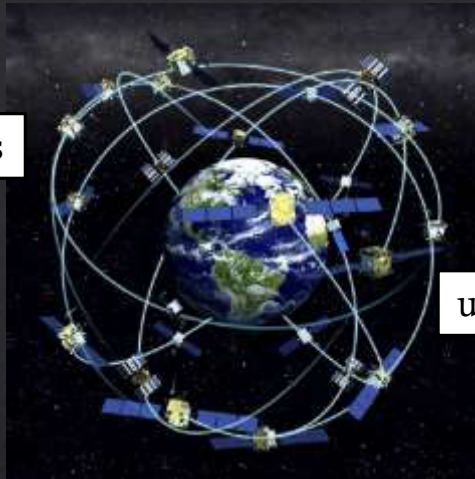
Date 2018 06h UTC	MID	OCT 28	NOV 2	NOV 7	NOV 12	NOV 17	NOV 22	NOV 27	Uncertainty/ns		Notes
		58419	58424	58429	58434	58439	58444	58449	μ_A	μ_B	
Laboratory k											
		[UTC-UTC(k)]ns									
AOS (Borowiec)	225	-6.8	-4.9	-5.3	-5.5	-5.4	-5.9	-5.4	0.4	4.1	4.1
APL (Linnell)	225	0.9	1.5	1.2	2.3	2.5	2.5	3.6	0.4	11.3	11.3
AUS (Sydney)	225	-28.8	-25.1	-37.9	-44.8	-50.9	-62.7	-54.9	0.4	6.4	6.4
BEV (Wien)	225	18.0	9.3	5.2	4.4	5.0	2.4	1.5	0.4	3.2	3.2
BIM (Sofiya)	228	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIRM (Beijing)	228	7.6	8.8	9.2	8.4	8.6	7.8	5.8	0.5	3.1	3.2
BOM (Skopje)	222	-977.1	-1014.4	-1030.5	-1060.3	-1089.6	-1120.6	-1150.4	1.5	8.3	8.4
BY (Minsk)	222	-1.1	-1.6	-1.7	-1.2	0.2	0.6	-0.1	1.5	12.2	12.3
CAO (Cagliari)	222	-7562.0	-7658.3	-7753.2	-7853.7	-7949.8	-8048.3	-8150.1	1.5	20.0	20.1
CH (Bern-Wabern)	225	-4.0	-3.5	-3.6	-2.6	-1.5	-1.5	-3.0	0.4	2.2	2.3
CNES (Toulouse)	225	13.4	14.2	16.2	17.5	18.2	16.8	15.1	0.4	4.7	4.7
CNM (Queretaro)	225	-0.2	-5.1	-0.6	-1.8	-4.5	-3.9	-0.5	2.5	11.2	11.3



GPS



$u_{GPS} = 1 \mu s$



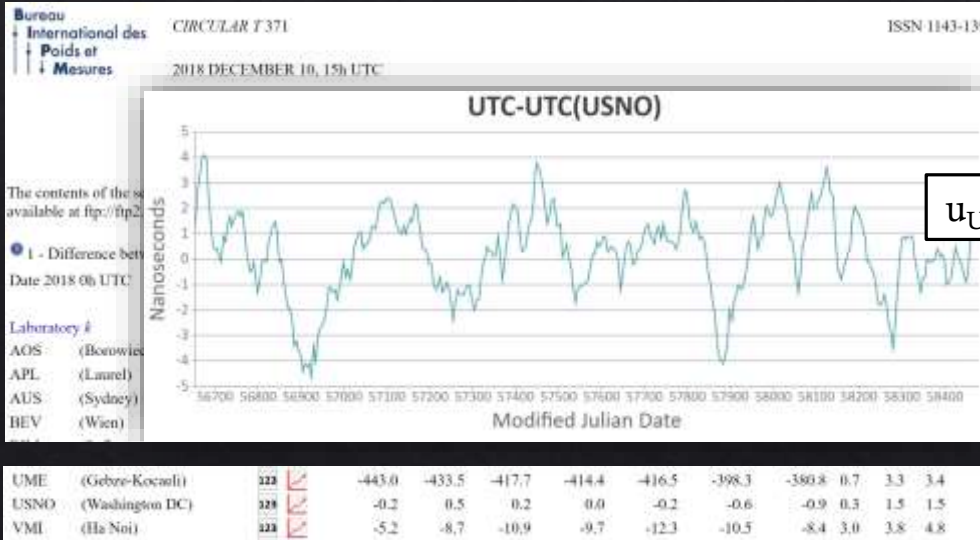
$u_{GPS} = 100 \text{ ns}$



Schriever Air Force Base, CO, USA

GPS Master Control Station

$u_{GPS, MCS} = 10 \text{ ns}$



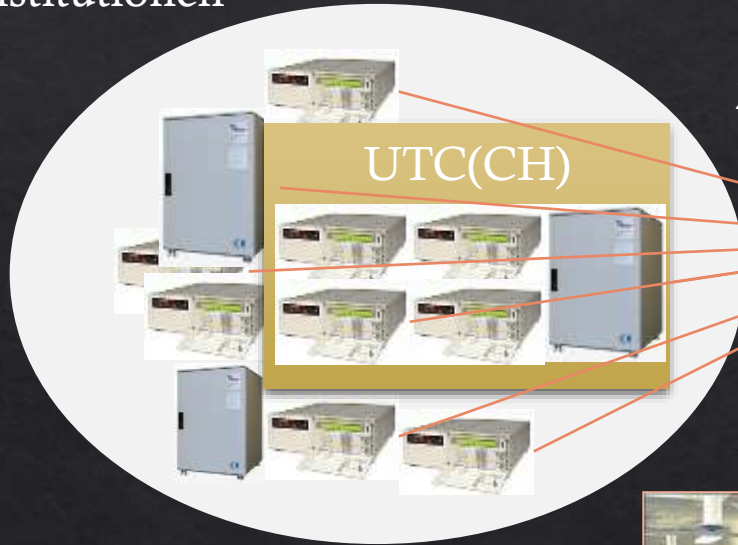
$u_{UTC(USNO)} = 2 \text{ ns}$



UTC(USNO)
 US National Observatory
 Washington, USA

UTC

650 Atomuhren um die Welt
80 Institutionen



Bureau International des Poids et Mesures (BIPM Paris)

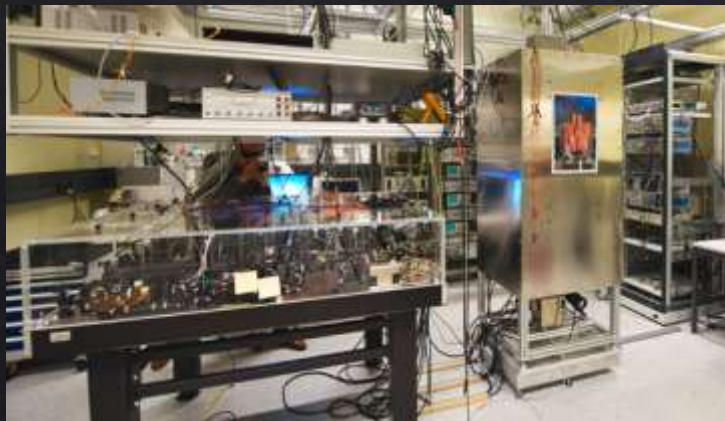
Monatliche Berechnung

EAL (Echelle Atomique Libre)
Mittelwert

TAI (Temps Atomique International)

+N Schaltsekunde

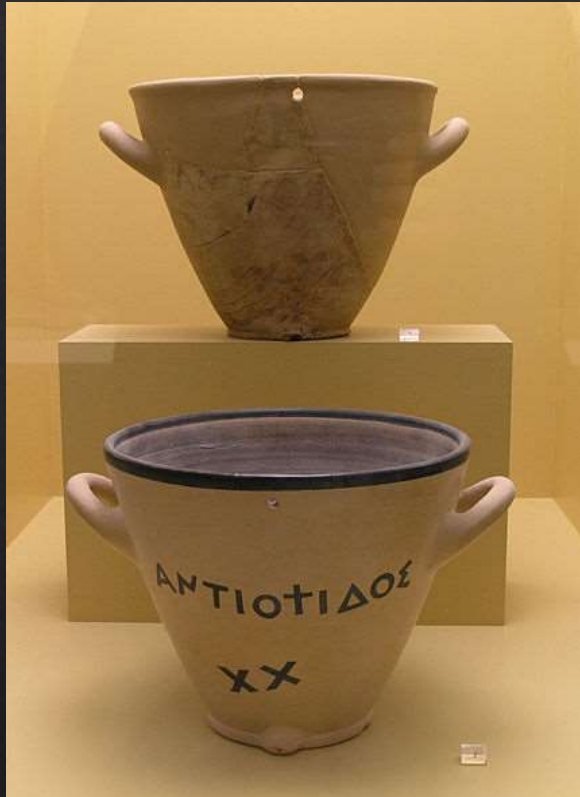
UTC



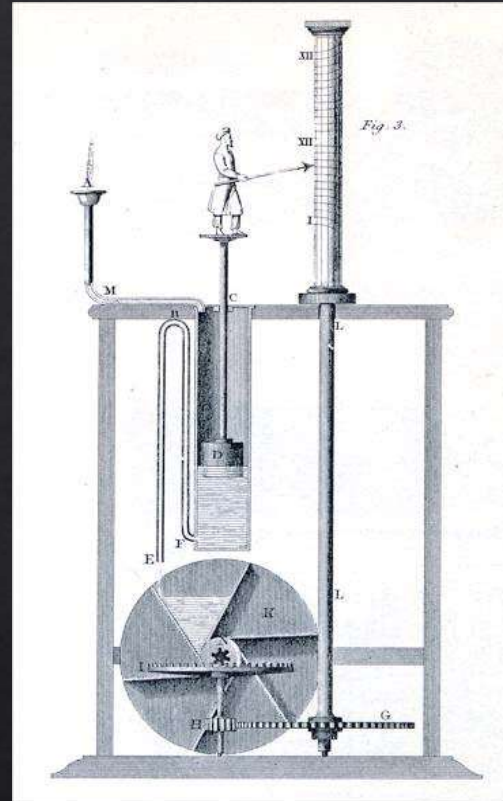
Primäre Frequenzstandards

Primitive Uhren

Wasseruhr



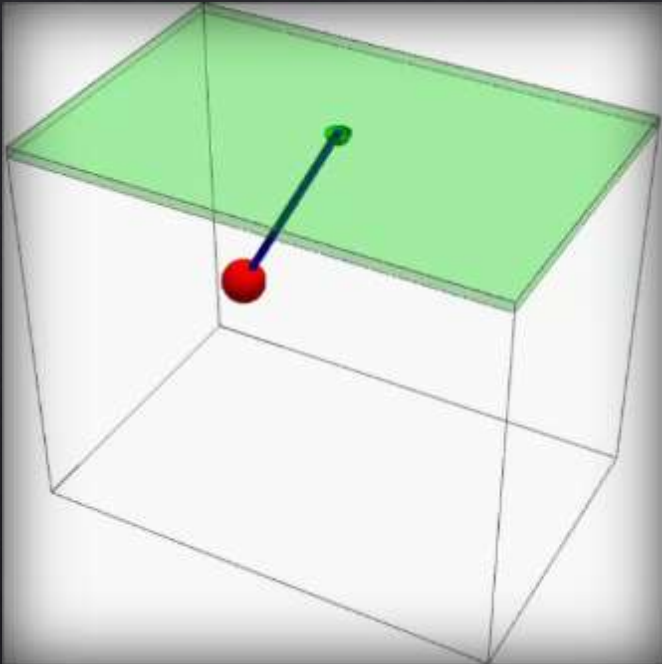
Kerze



messen nur Zeitintervalle

Die Zeit messen

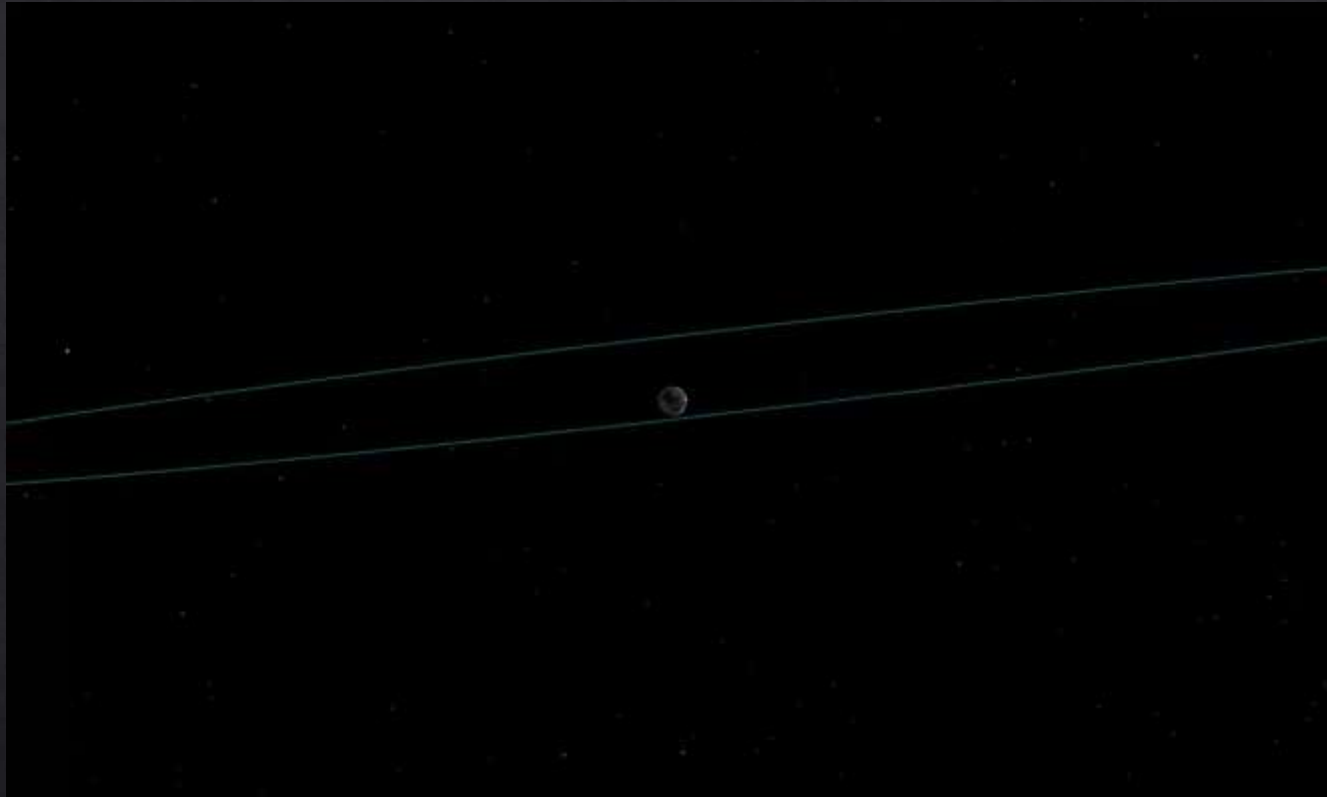
Periodische Ereignisse



Zähler oder Uhr



Astronomische Uhren

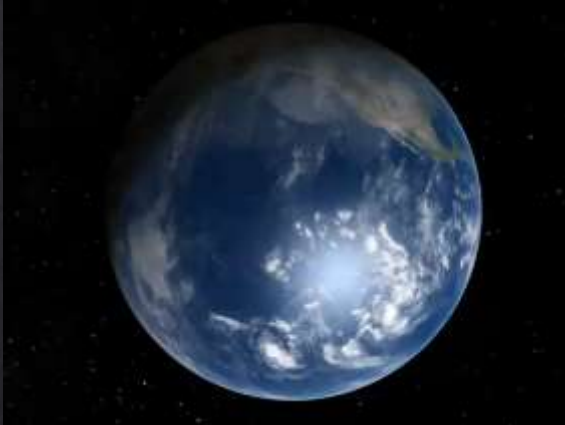


Erdrotation um die eigene Achse → 1 Tag

Mondrotation um die Erde → 1 Monat

Erdrevolution um die Sonne → 1 Jahr

Sonne als Uhr

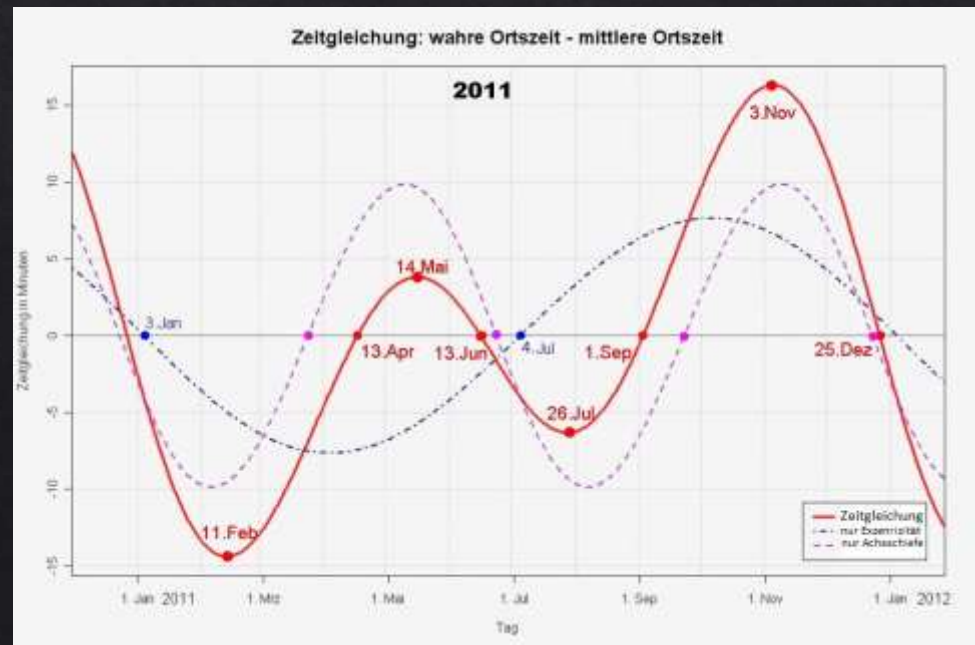


Wahre Sonnenzeit

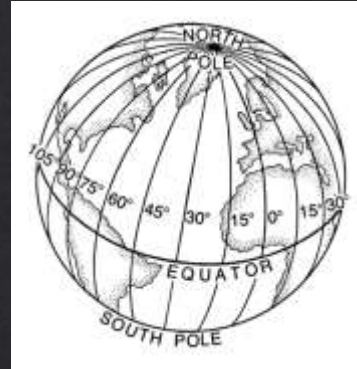


Mittlere Sonnenzeit

$86400 \text{ s} = 1 \text{ Mittlerer Tag}$



Geographische Länge



Bestimmung nur durch Relativbewegungen von Himmelskörper



Schwer auf einem Schiff in Bewegung....



W. Homer, Eight Bells

Die Lösung: die Zeit erhalten - «garde-temps»

Lokale Sonnenzeit mit der Zeit an einem Referenzlängengrad vergleichen



Längenuhr von John Harisson 1693-1776



Universalzeit UT (GMT)

Eine einzige Referenzuhr: die Sonne

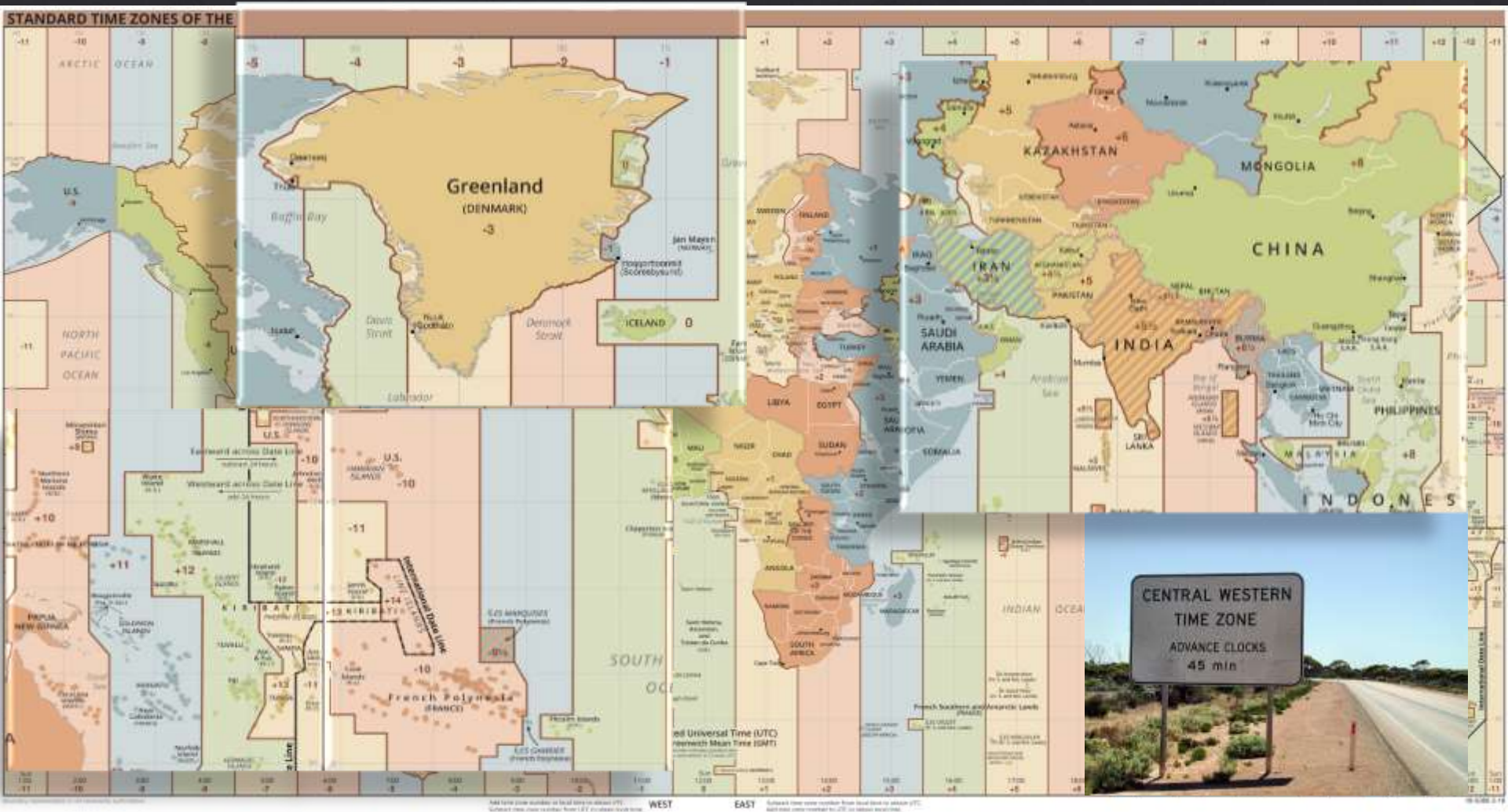
Unabhängig von geographischer Position

1884 Internationale Meridian-Konferenz

Greenwich-Meridian als Internationaler Nullmeridian



Zeitzone

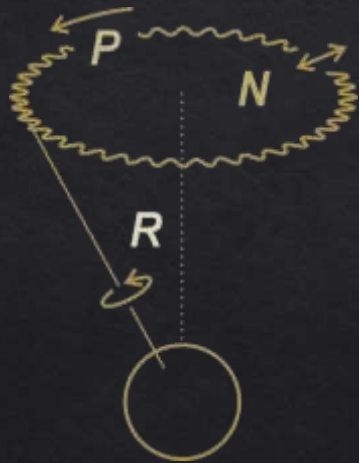


Wirtschaftliche und politische Gründe

Universalzeit UT1

Korrigiert für

- Zyklus der Präzession
- Nutation
- Polschwankungen

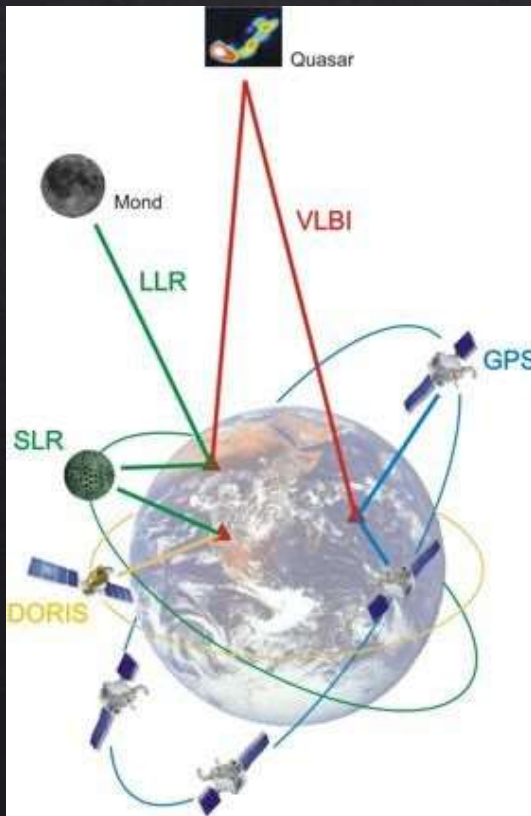


Bleibt nur die intrinsische Erdrotation

Universalzeit UT1

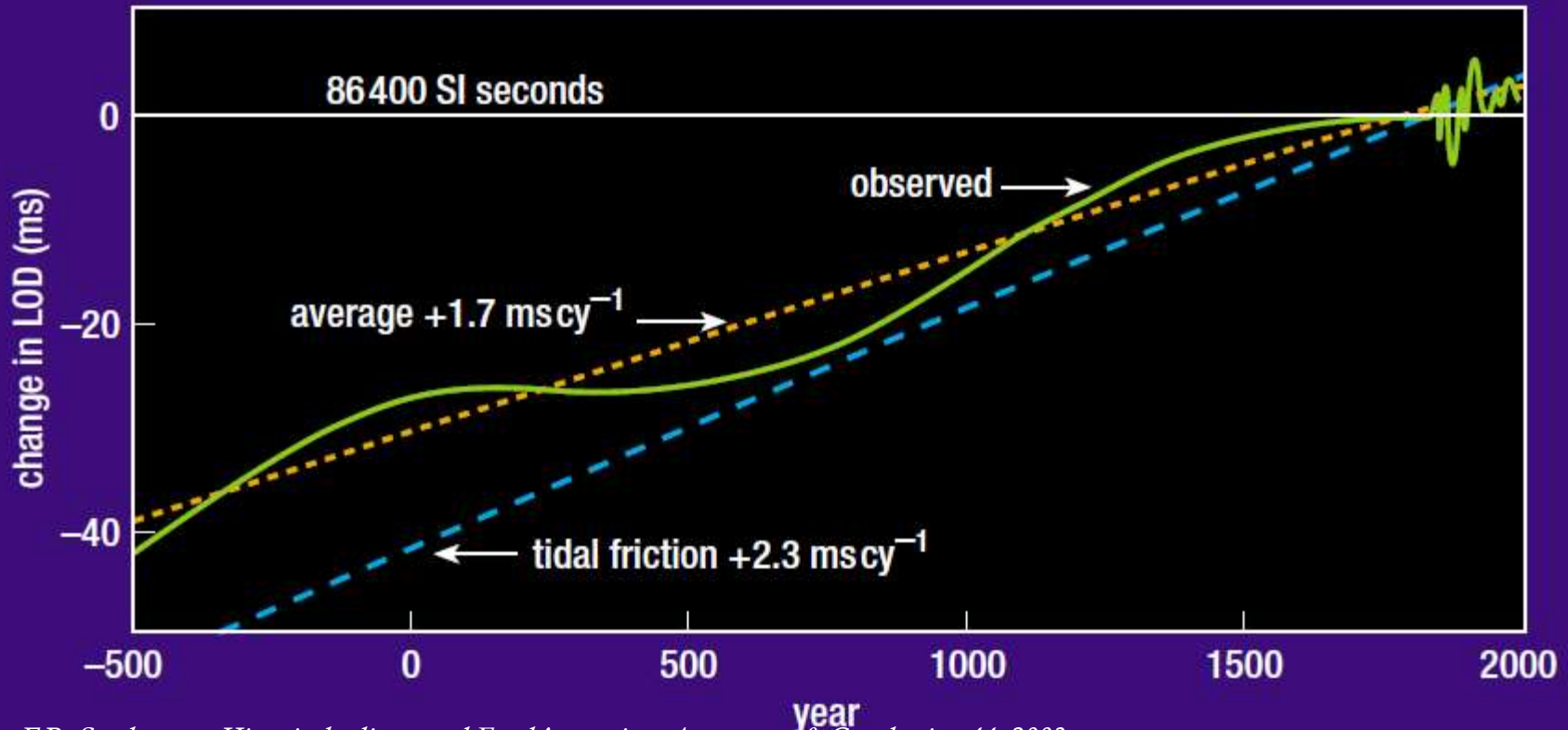


Internationale Dienst für Erdrotation und Referenzsystem



Laser ranging in Zimmerwald

Änderung der Erdrotation

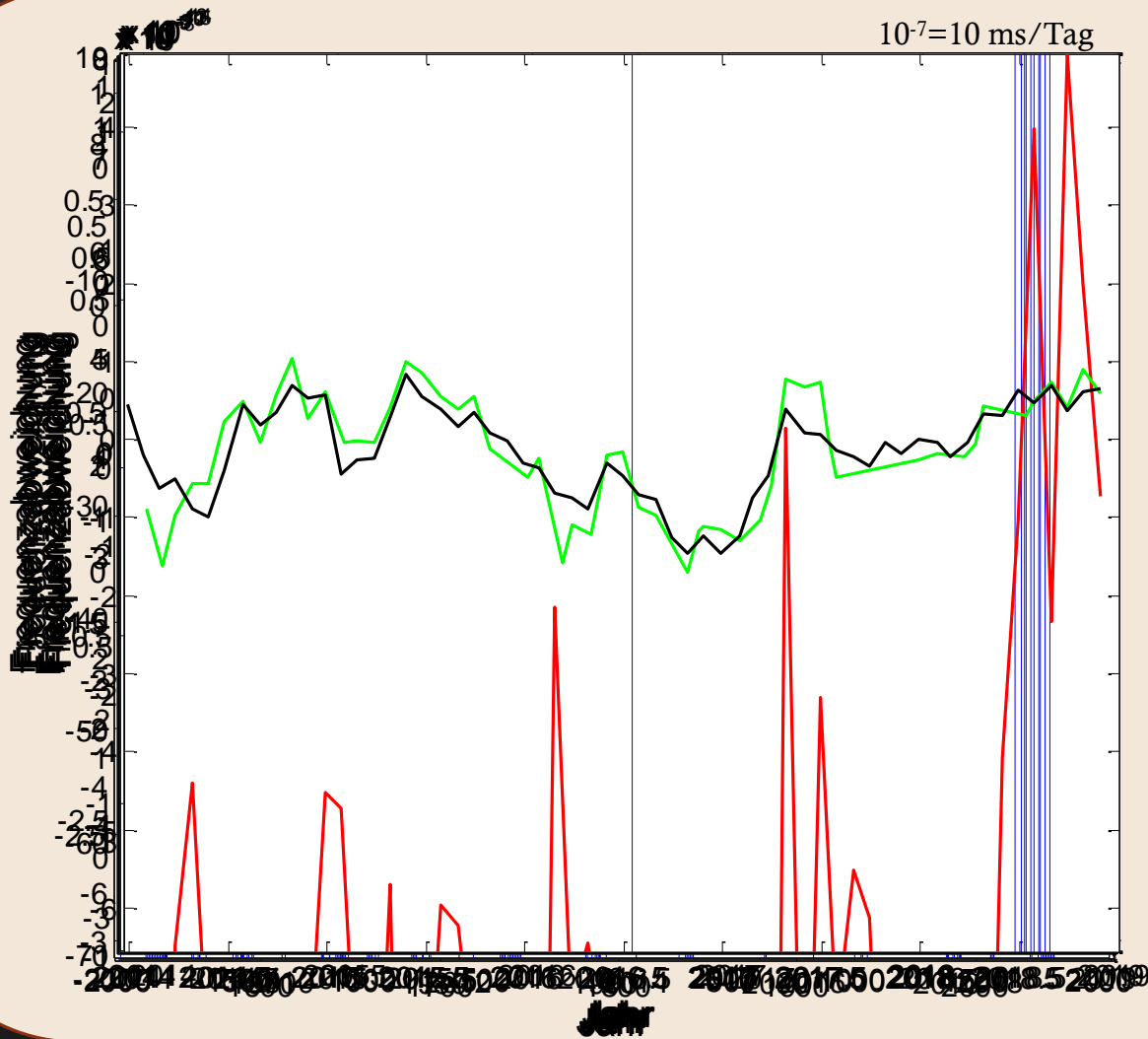


F.R. Stephenson, *Historical eclipses and Earth's rotation*, *Astronomy & Geophysics*, 44, 2003

Die Tage verlängern sich um 1.7ms jedes Jahrhundert

Vor 620 Mill. Jahre: 400 Tage/Jahr, 21.9 Stunden/Tag

Stabilität von UT1



1'000'000 Mal besser!

Astronomen gegen Physiker



Erde

$10^{-9} \rightarrow 0.1 \text{ ms/Tag}$

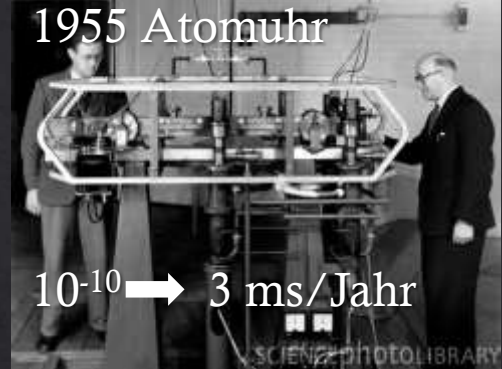
30 KHz-100MHz



1930 Quartzuhr

$10^{-7} \rightarrow 10 \text{ ms/Tag}$

1 Hz



1955 Atomuhr

9 GHz

$10^{-10} \rightarrow 3 \text{ ms/Jahr}$

1 Hz



1900

Riefler-Pendel

$3 \times 10^{-8} \rightarrow 3 \text{ ms/Tag}$
1 s/Jahr



1930

Shortt-Uhr

1967: Neue Definition durch die CGPM
Eine Sekunde ist das 9 192 631 770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstruktur-niveaus des Grundzustandes von Caesium-Atomen entsprechenden Strahlung.

5 Hz



1800

Längenuhr

$10^{-7} \rightarrow 10 \text{ ms/Tag}$

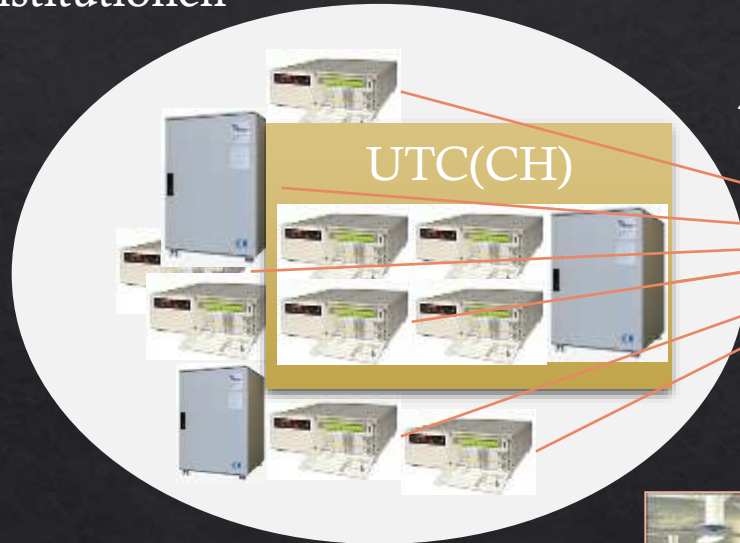
2018 FOCS-2



$2 \times 10^{-15} \rightarrow 60 \text{ ms/1 Million Jahre}$

UTC

650 Atomuhren um die Welt
80 Institutionen



Bureau International des Poids et Mesures (BIPM Paris)

Monatliche Berechnung

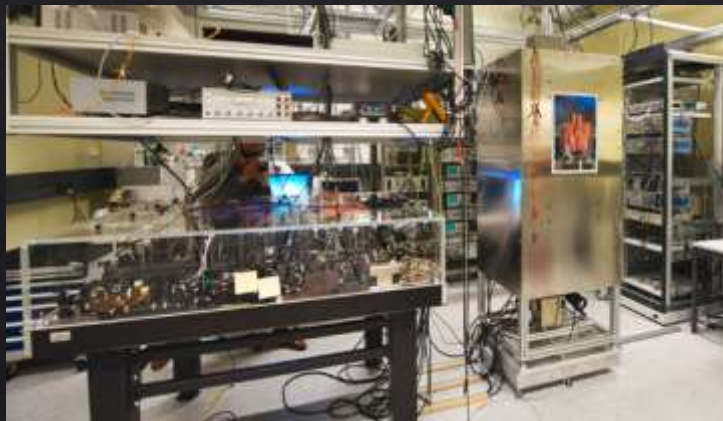
EAL (Echelle Atomique Libre)
Mittelwert



TAI (Temps Atomique International)

+37 Schaltsekunde

UTC



Primäre Frequenzstandards

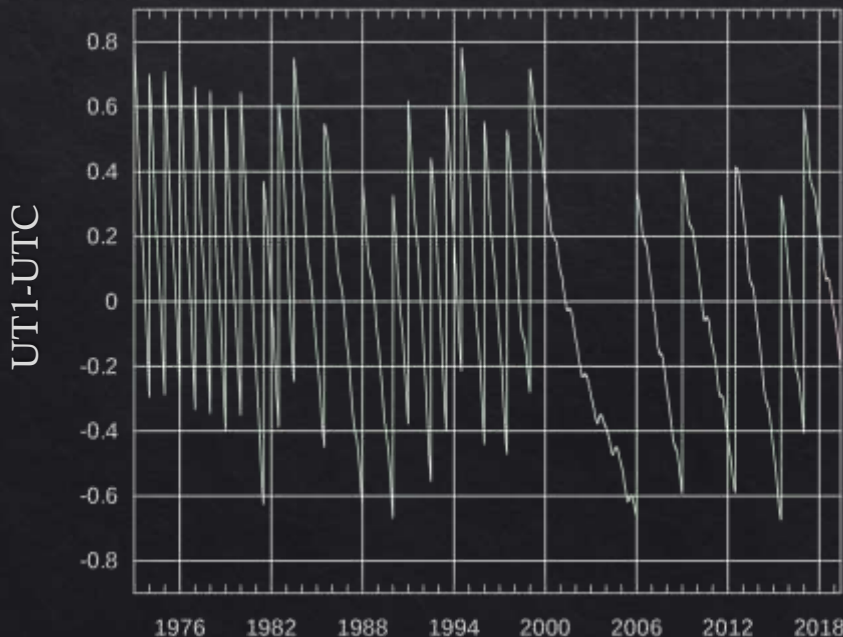
Koordinierte Weltzeit (UTC)

Die Frequenz von TAI ist fest, die von UT1 nicht

→ Eine Zeitdifferenz summiert sich.

UTC bringt TAI in Übereinstimmung mit UT1

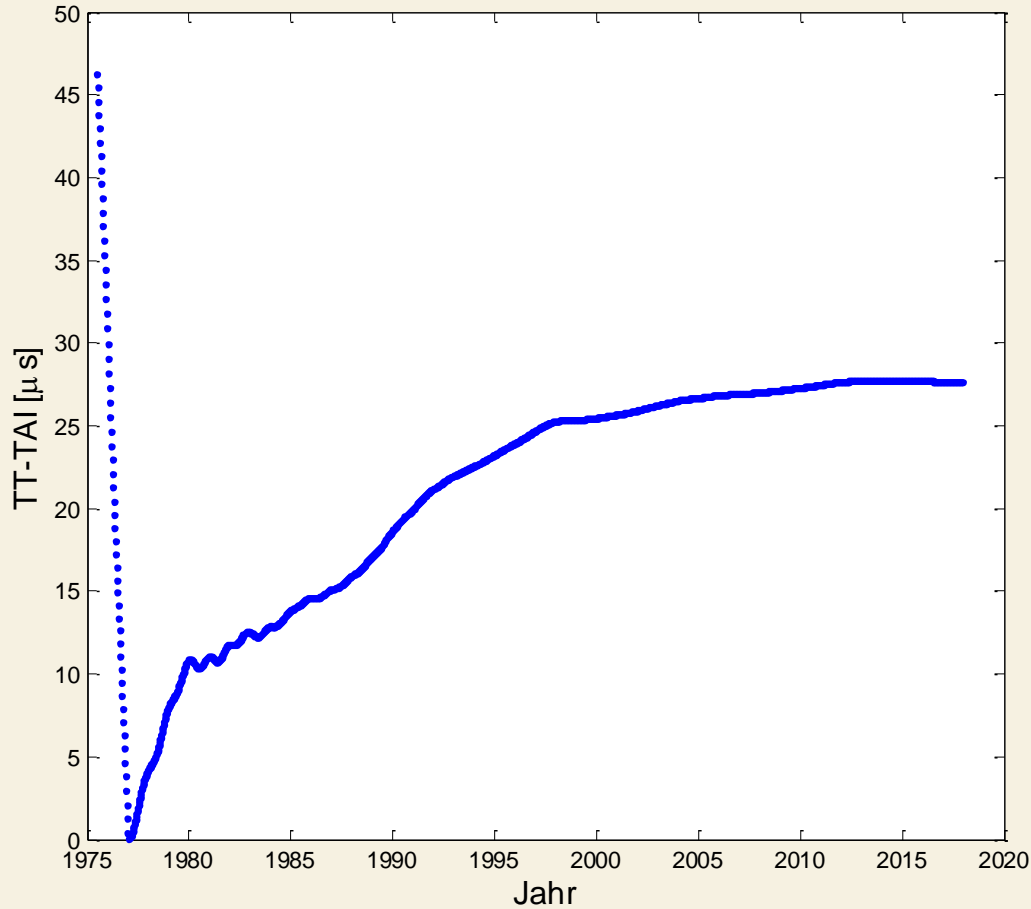
Regel: Eine Schaltsekunde ist eingeführt wenn $|UTC-UT1| > 0.9 \text{ s}$



From www.leapsecond.com

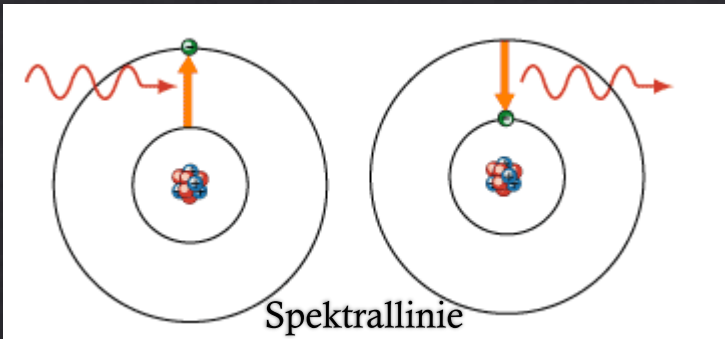


Wie gut ist UTC?

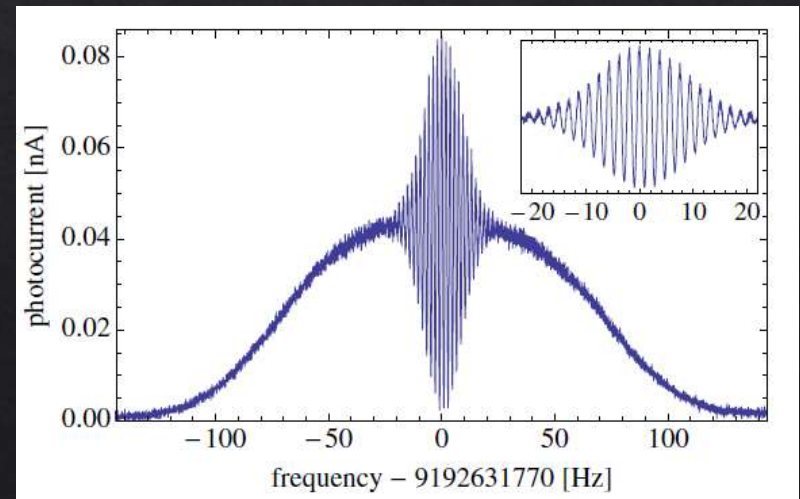
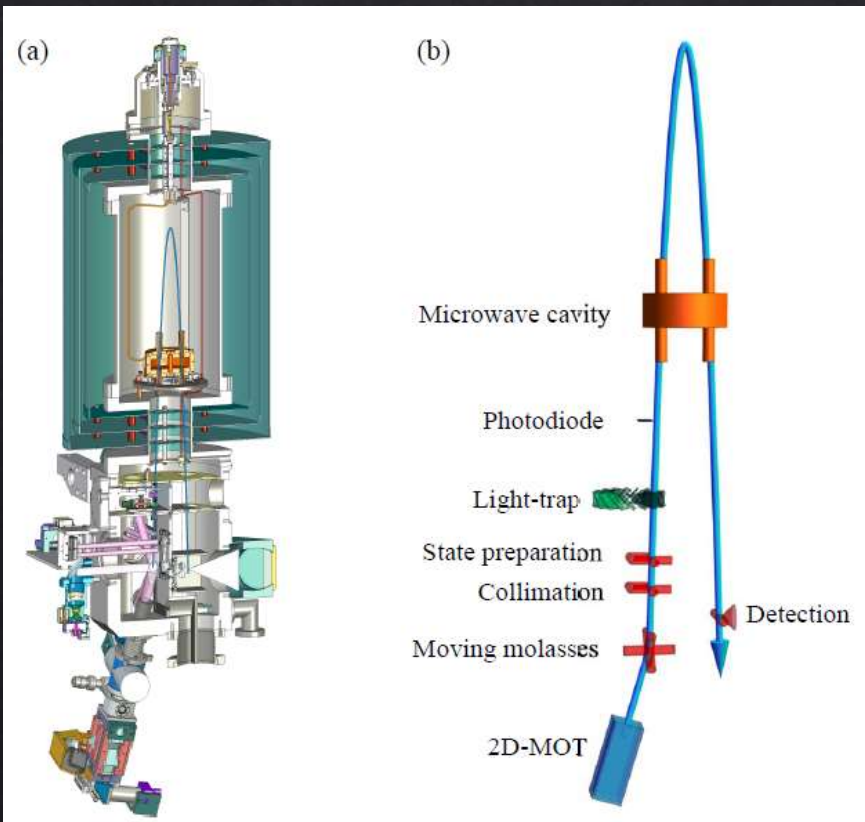


$1 \mu s / 20 \text{ Jahren } (10^{-15})$
ist gleich wie
 $1 \text{ min} / 1 \text{ Jahrmilliarde}$

Atomuhr

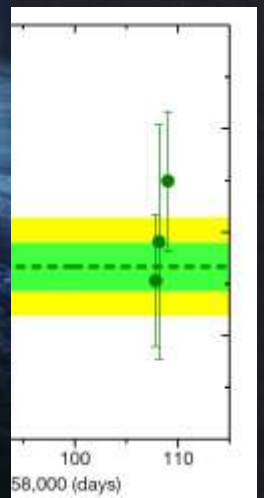
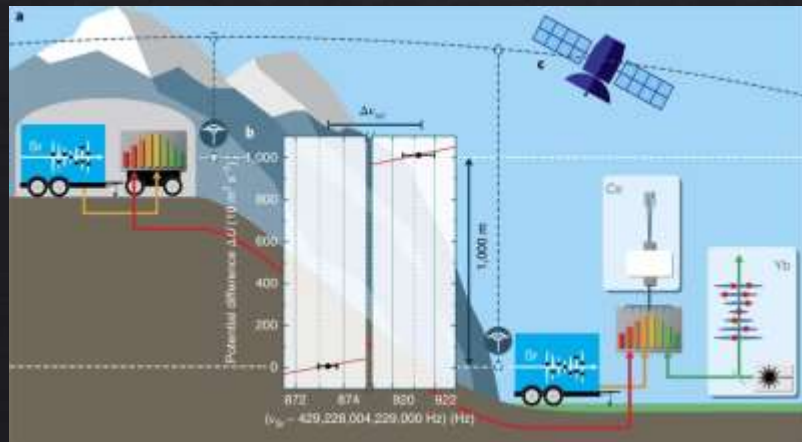
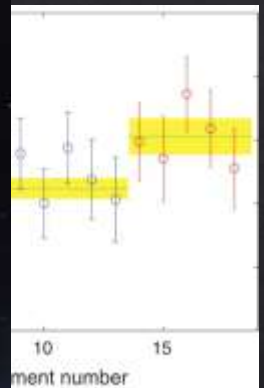
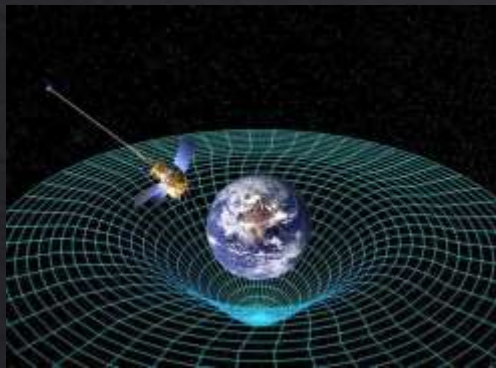


Eine Sekunde ist das 9 192 631 770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Caesium-Atomen entsprechenden Strahlung.



Noch genauer...

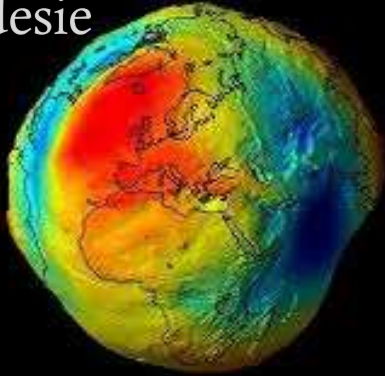
Gravitative Zeitdilatation $1 \text{ m} \rightarrow 10^{-16}$



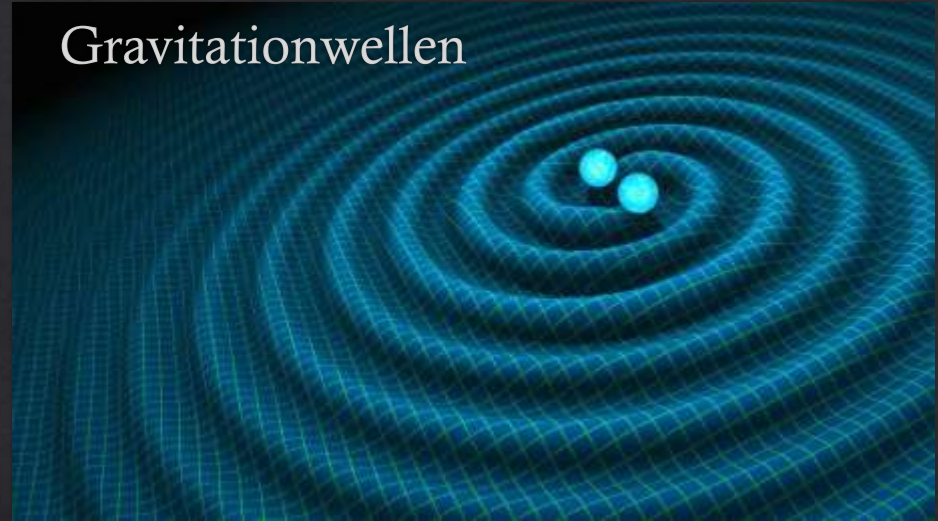
Grotti, et al., Nature Physics 2018

M. T. McCreary, et al., Nature 2018

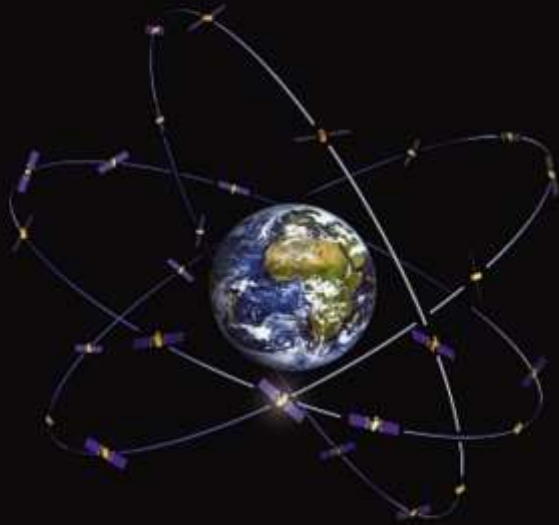
Geodesie



Gravitationwellen



Navigationssatellitensystem



1 ns → 30cm

0.01 ns → 3 mm



Wie spät ist es?

