



Zeitgott Chronos auf der Weltkugel
(Umfeld Gian Lorenzo Bernini 1650/1660)
[Staatl. Kunstsammlungen Dresden]

Die Eigenart der Zeit

von

Dr. Jürgen Wirth

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. **Einführung**
2. **Eine kurze Geschichte der Zeit**
3. **Zeiteinheit und Zeitmaße**
4. **Moderne Zeitbestimmung**
5. **Zeit in der Physik**
6. **Zeit im Universum**
7. **Imaginäre Zeit**
8. **Erlebte Zeit und innere Uhr**
9. **Gibt es keine Zeit?**

Die Eigenart der Zeit

1. Einführung

- **Zeit ist ohne Körper.**
- **Zeit ist meßbar.**
- **Zeit ist für den Menschen spürbar und sichtbar.**
- **Zeit ist allem Anschein nach ewig.**
- **Zeit ist relativ.**
- **Zeit regelt das Leben aller Lebewesen.**

(aus Beitrag Sigl / 3Sat)

Die Eigenart der Zeit

1. Einführung



Salvador Dalí: „Profil der Zeit“ (1977) und „Die Beständigkeit der Erinnerung“ (1931)
[Ausstellung im Bahnhof Lüttich-Guillemins]

Die Eigenart der Zeit

1. Einführung

„Zeit ist das im menschlichen Bewußtsein verschieden erlebte Vergehen von Gegenwart, die als Vergangenheit erinnert, und von erwarteter Zukunft, die zur Gegenwart wird; insgesamt dann das Erleben eines Zeitraums, der aus der Vergangenheit zur Zukunft fließt und im jeweiligen Augenblick des Jetzt aktuell wird.“

(Lexikalische Definition)

Fließt aber nicht eigentlich der Zeitstrom von der Zukunft in die Vergangenheit? Zu erwartende Ereignisse kommen aus der Zukunft auf uns zu und verschwinden in der Vergangenheit. Es ist, als ob wir uns auf der Insel der Gegenwart im Zeitstrom befinden.

Und wir erwarten, dass der Zeitstrom eine verlässliche Kontinuität hat.

Die Eigenart der Zeit

1. Einführung

Es gibt zwei Arten des Zeitverständnisses:

- ein zyklisches:
Jahr, Jahreszeiten, Jahreslauf
Tageslauf
Lebenslauf, Werden und Vergehen
zyklische Weltmodelle



Schlange Ouroboros (1810)

[Schtschukin-Sammlung, Historisches Museum, Moskau]

Die Eigenart der Zeit

1. Einführung

Es gibt zwei Arten des Zeitverständnisses:

- ein zyklisches:
Jahr, Jahreszeiten, Jahreslauf
Tageslauf
Lebenslauf, Werden und Vergehen
zyklische Weltmodelle
- ein lineares:
Alterung
Evolution
evolutionäre Kosmologie

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

~30'000 v.u.Z.

~7'000 v.u.Z.

ab 3'000 v.u.Z.

2'781 v.u.Z.

3'100...1'600 v.u.Z.

Wolfsknochen mit 29 Ritzungen (Monat?)

Bauernkulturen im östlichen Mittelmeerraum

Entwicklung zu Stadtkulturen mit

Zeitbestimmung und Zeitmessung

Einführung eines Kalenders in Ägypten,

Einteilung Tag und Nacht in je 12 Stunden

Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen



Das prähistorische Sonnenobservatorium von Goseck bei Leipzig (~5000-4800 v.u.Z.)
[Ausgrabung 2002-2004]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen



Carnac / Kermario/Bretagne
[Foto des Autors]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen



Stonehenge /UK
[Foto des Autors]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen



Stonehenge /UK
[Foto des Autors]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen



Stonehenge /UK
[Foto des Autors]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen
1'600 v.u.Z. Himmelscheibe von Nebra



Zeigt die Plejaden (7 Sterne) mit Mondsichel und Scheibe (Konjunktion schmale Sichel mit Plejaden im Frühjahr, mit Vollmond im Herbst) sowie 25 weitere Sterne.

Zwei seitliche Horizontbögen – der linke ist abgegangen – markieren die Auf- und Untergangspunkte der Sonne im Verlauf eines Jahres und weisen gleichzeitig auf markante Punkte, die sich vom Fundort der Himmelscheibe aus anvisieren ließen.

Der untere Bogen stellt vermutlich eine Sonnenbarke dar. Hergestellt ab ~2100 v.u.Z., vergraben ~1600 v.u.Z.

[Landesmuseum für Vorgeschichte, Halle]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

3'100...1'600 v.u.Z. Megalithkulturen mit astronom. Kenntnissen
1'600 v.u.Z. Himmelscheibe von Nebra



Auslauf-Wasseruhr

(~1400 v.u.Z.)

[Museum für Astronomie und
Technikgeschichte, Kassel,
Original: Kairo
Foto des Autors]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Vor- und Frühzeit:

450 v.u.Z.

Babylonien: Lunisolarkalender:
12 x 12 + 7 x 13 Monate
(Metonischer Zyklus); Tageseinteilung
in 24 Stunden zu je 60 Minuten
mit je 60 Sekunden



Babylonische Venustafel
(~1'500 v.u.Z.)

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Antike:

550-480 v.u.Z.

Heraklit von Pontus:

„Alles fließt“, Urstoff ist Veränderung

515-445 v.u.Z.

Parmenides von Elea: das Dauerhafte,
Unveränderliche ist wirklich

~ 490-430 v.u.Z.

Zenon von Elea: Zenons Zeitpfeil-Paradoxon

427-347 v.u.Z.

Platon: Zeit wird durch Bewegung bestimmt

384-322 v.u.Z.

Aristoteles: Zeitkontinuum

„Die Zeit hängt im Jetzt zusammen.“

Zeit ist Bewegung, Zeit ist Entstehung
und Zerfall

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Mittelalter:

354-430

Augustinus: „Was ist Zeit? Wenn mich niemand danach fragt, weiß ich es. Will ich es einem Fragenden erklären, weiß ich es nicht mehr!“

525

Abt Dionysius Exiguus schlägt Zählung „n.Chr.Geburt“ vor

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Skaphe (Hohlfächersonnenuhr)

unbekannter Herkunft aus dem römischen Reich, ca. 1./2. Jh., für die Breite von Sizilien (18°), mit Stundenlinien und Kreisen für die Sonnwenden und die Äquinoktien, aus dem Besitz von Wilhelm IV., Landgraf von Hessen Nassau.

Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel



Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

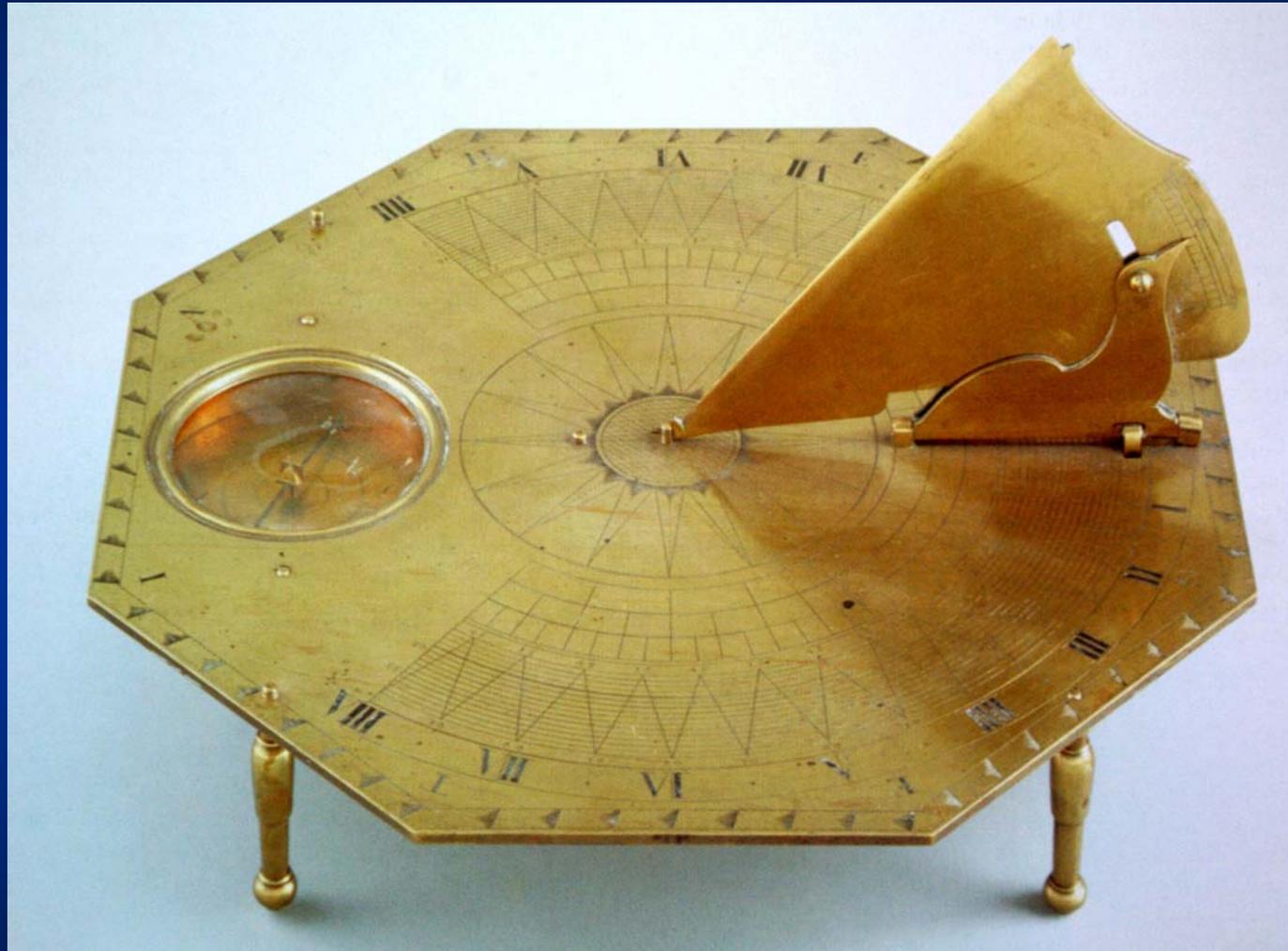


**Arabisches Astrolabium von Ibrahim al Sahli
(Valencia 1086)**

*[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel
Foto des Autors]*

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit



Horizontalsonnenuhr (1730) von Johann Adolf Herget aus Kassel
[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

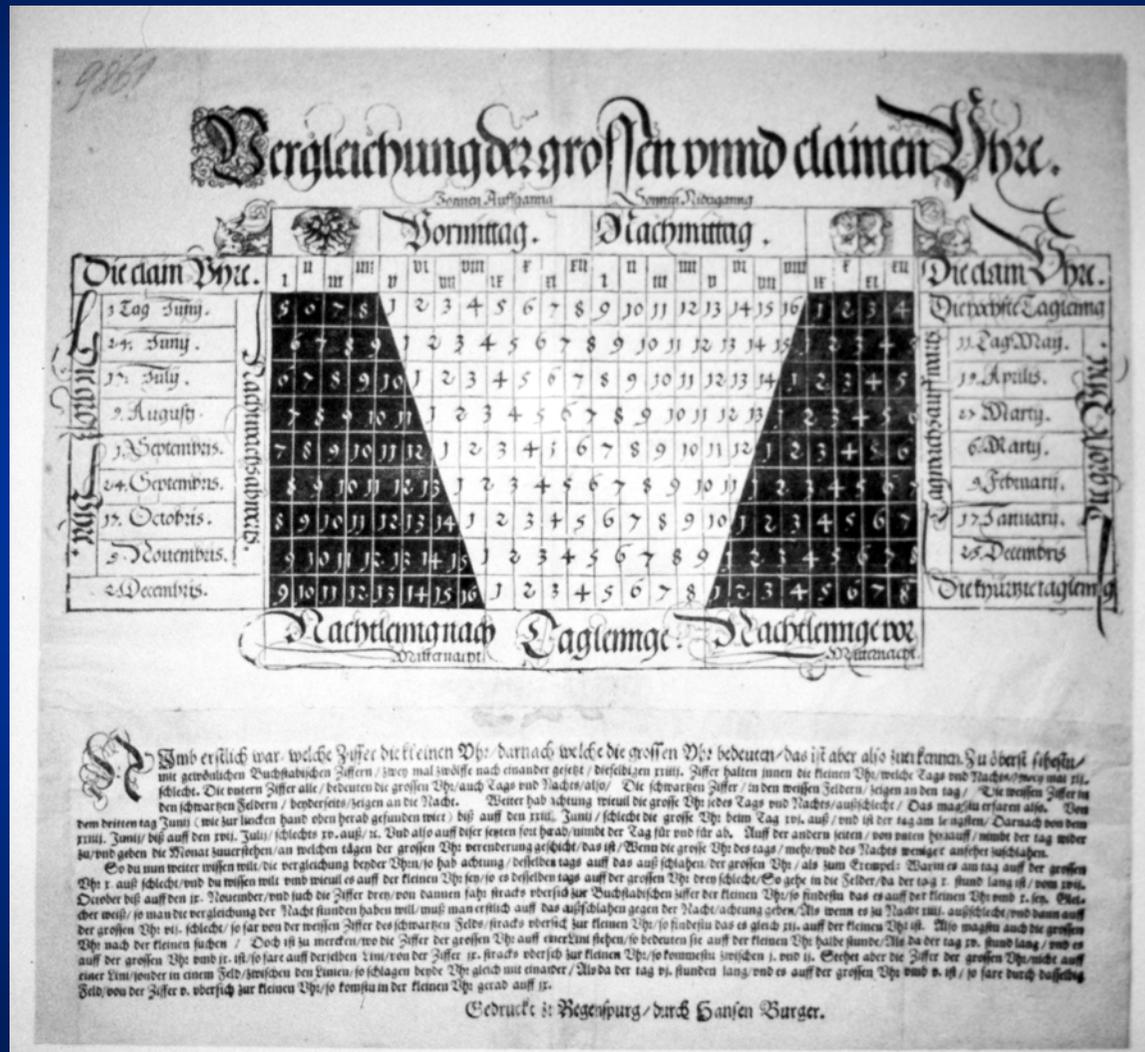
2. Eine kurze Geschichte der Zeit



Chinesische Feueruhr (Drachenuhr) (18./19. Jahrhundert)
[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit



Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Mittelalter:

- 354-430** **Augustinus:** „*Was ist Zeit? Wenn mich niemand danach fragt, weiß ich es. Will ich es einem Fragenden erklären, weiß ich es nicht mehr!*“
- 525** **Abt Dionysius Exiguus** schlägt Zählung „n.Chr.Geburt“ vor
- 1377** **Nikolaus Oresme:** **Universum als regelmäßiges Räderwerk** mathematische Darstellung als geometrische Strecke
- 15. Jh.** **Astronomen:** Sekunde als 60. Teil der Minute, 86'400. Teil des Tages
- 1582-10-04** → **15** **Gregorianische Kalenderreform**

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Astronomische Stutzuhr

Angefertigt 1591 im Auftrag von Wilhelm IV. von Hessen-Kassel.

Ausgestattet mit einem von einem Uhrwerk angetriebenen Astrolabium, einer Anzeige der wahren und mittleren Sonnenzeit sowie der Mondbewegung,-phase und eines Monatskalenders.

Repräsentiert noch vor Kepler und Galilei ein Bekenntnis zur copernikanischen Lehre.

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]



Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Große Planetenuhr „Wilhelmsuhr“

Nach Ideen von Landgraf Wilhelm IV. von Hessen-Kassel und seinem Astronomen Andreas Schöner, fertiggestellt 1561. Die Uhr hat Anzeigen für alle Planeten, Sonne und Mond, Tage, Monate und Kalender, Tag- und Nachtlänge.

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

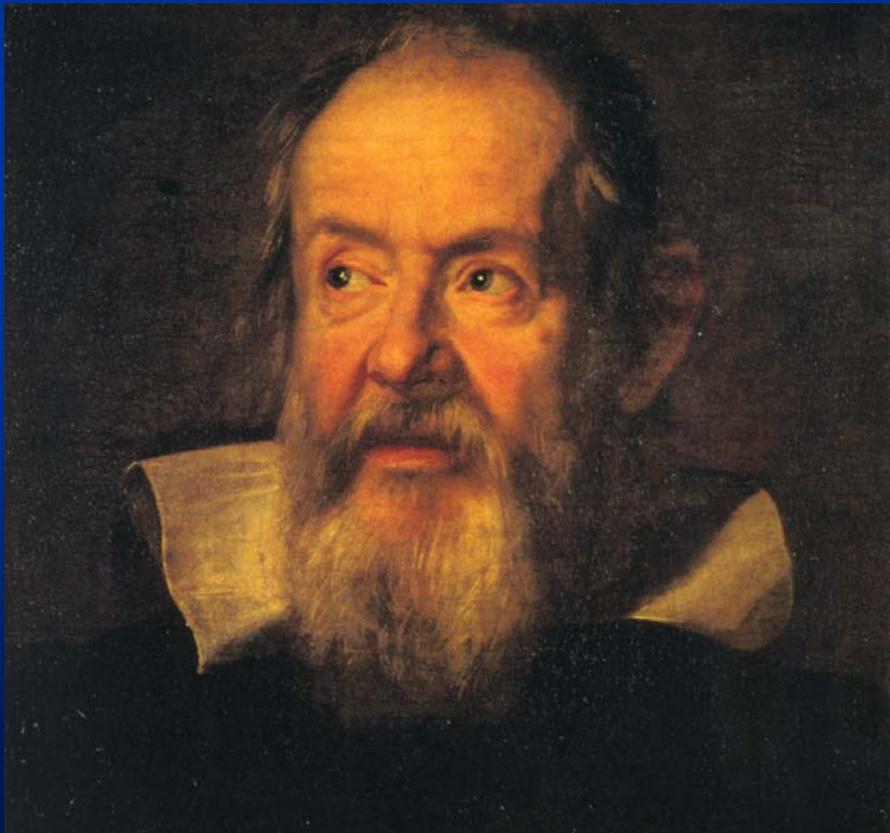


Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Klassische Physik:

- ~ 1600 Galilei: Schwingungsdauer des Pendels ist unabhängig von seinem Ausschlag
→ Entwicklung von Pendeluhren



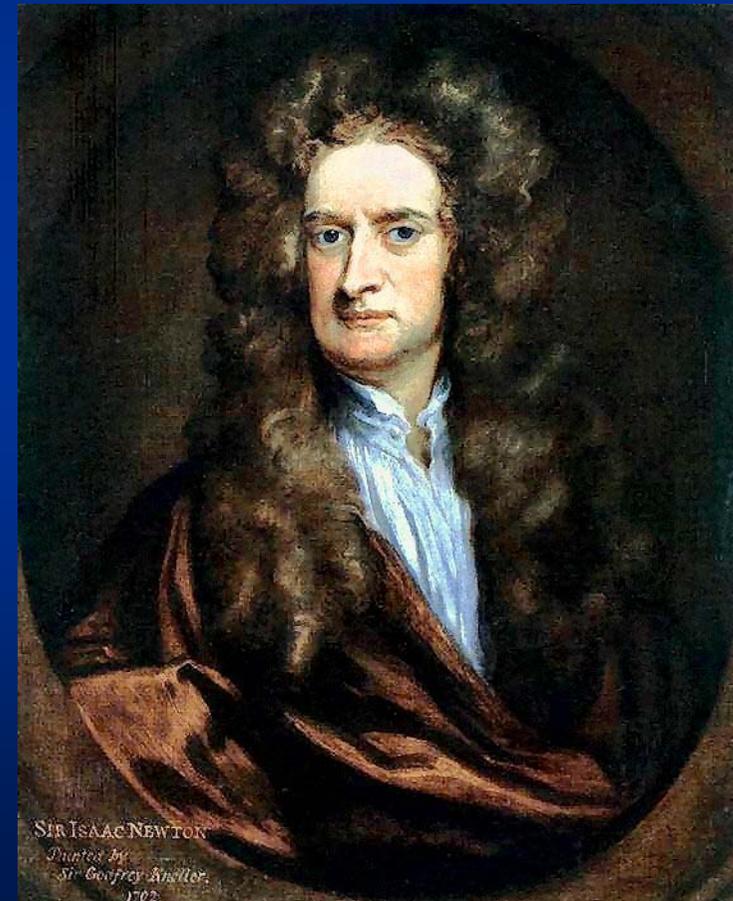
Galileo Galilei (1564-1642)

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Klassische Physik:

1643-1727 Isaac Newton: Zeit als universelle, absolute Grundgröße der Natur; Trennung von fiktiver absoluter und meßbarer relativer Zeit



Isaac Newton (1643-1727)

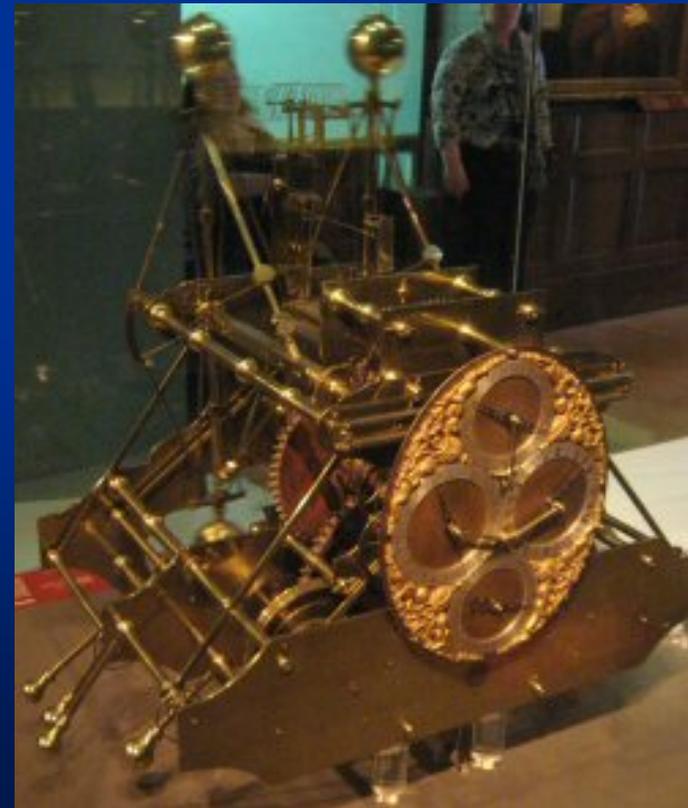
Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Klassische Physik:

- 1646-1716** **G. W. Leibniz: Raum und Zeit als Systeme von Relationen kinematisches Relativitätsprinzip**
- 1761** **John Harrison: Schiffschronometer mit Genauigkeit von $3.6 \cdot 10^{-7}$ (5 s in 161d)**

Genaue Zeit ist für Navigation und Positionsbestimmung eines Schiffs auf hoher See für die Bestimmung des Längengrades unerlässlich.



Die Eigenart der Zeit

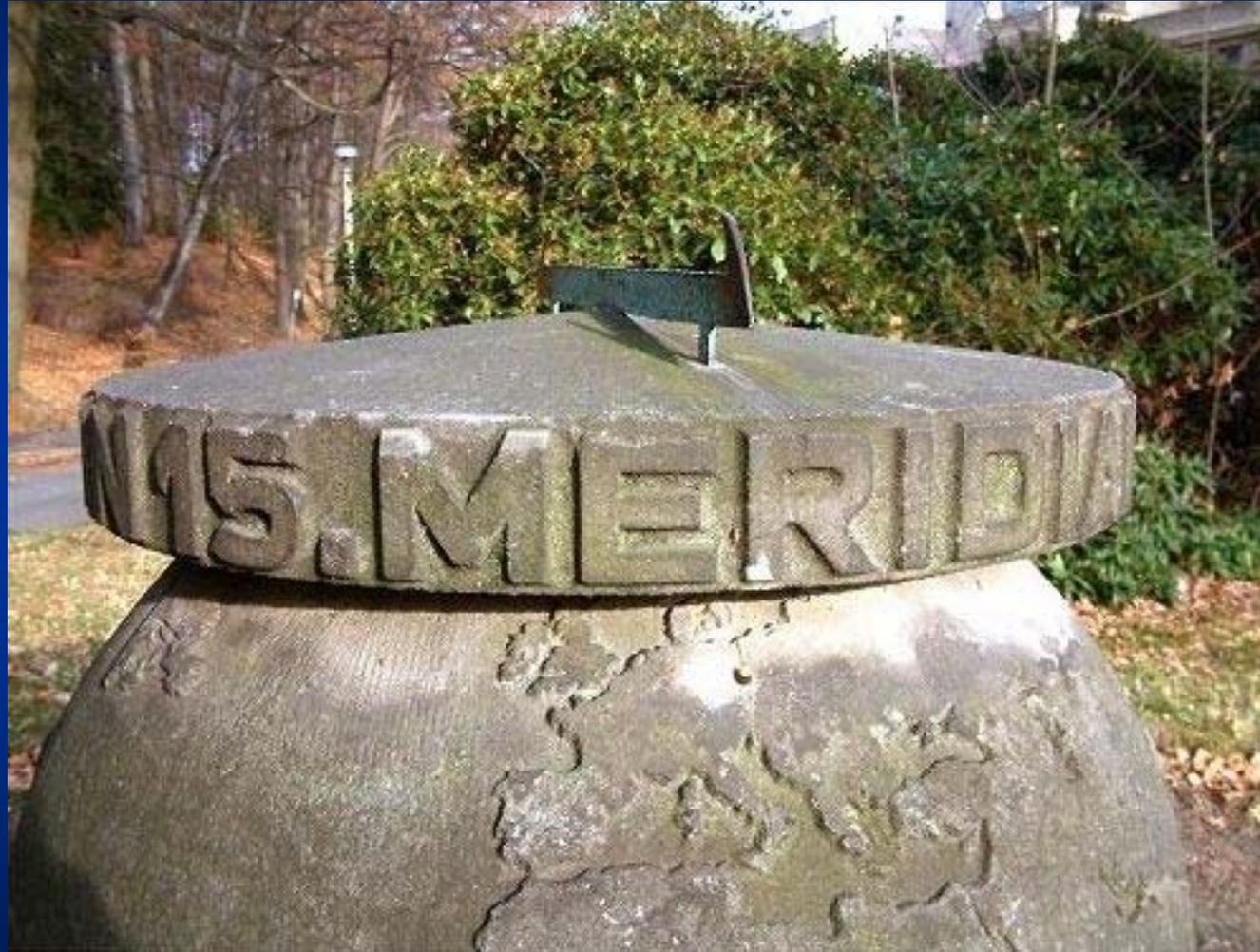
2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Klassische Physik:

- 1646-1716** G. W. Leibniz: Raum und Zeit als Systeme von Relationen kinematisches Relativitätsprinzip
- 1761** John Harrison: Schiffschronometer mit Genauigkeit von $3.6 \cdot 10^{-7}$ (5 s in 161d)
- 1885** Ludwig Lange: Einführung von Trägheits-/Inertialsystemen
- 1893-04-01** Abschaffung der Ortszeiten in Deutschland Einführung der Zonenzeit MEZ: GMT (Greenwich Meridian Time) + 1 Stunde – Mittellinie bei 15° Ost (Görlitz), initiiert durch die sich ausbreitenden Eisenbahnen

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

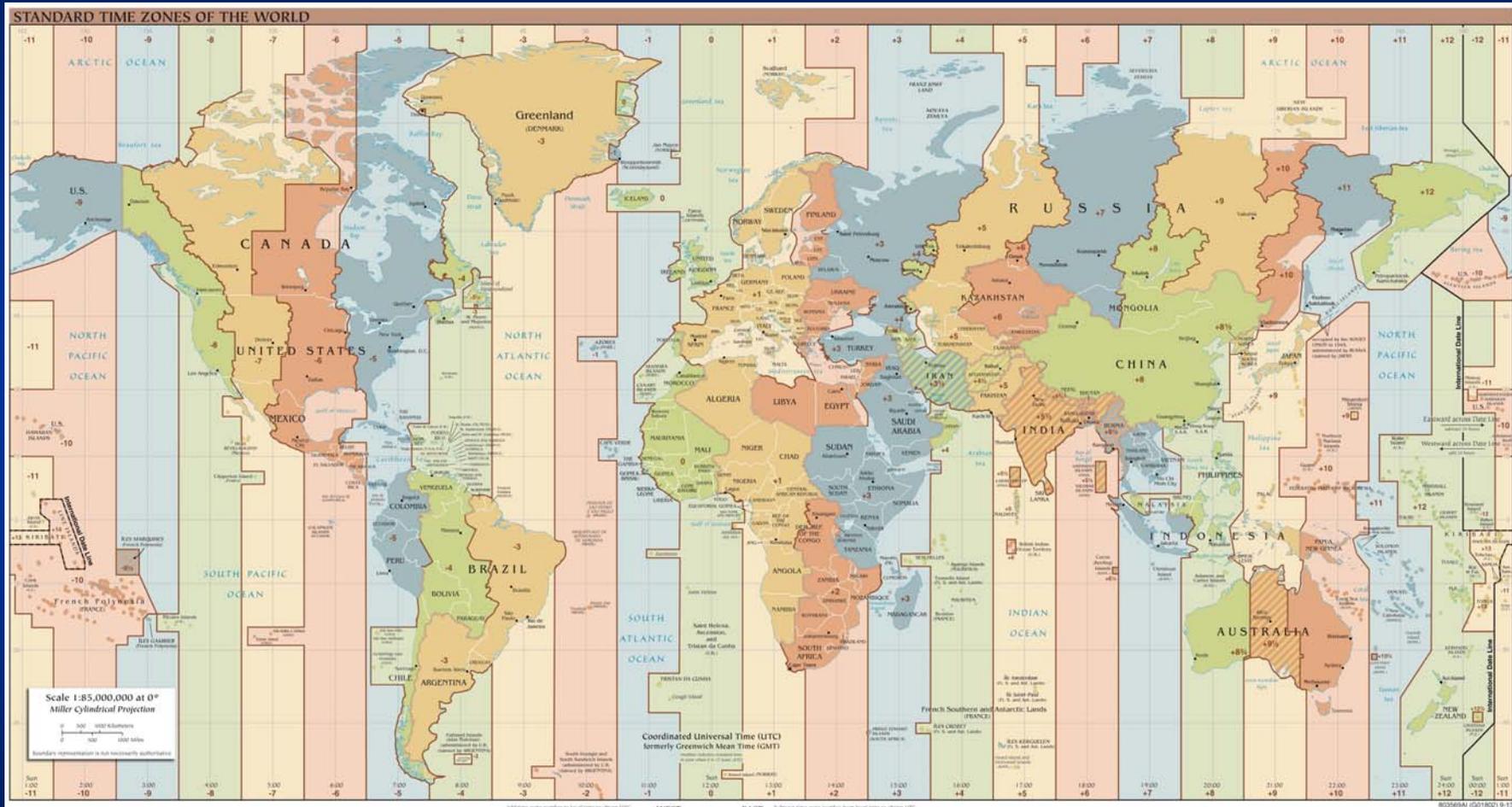


Der Meridianstein in Görlitz

[Quelle: Stadt-Wiki]

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit



Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Die Standard-Zeitzone der Welt
[Quelle: Wikipedia]

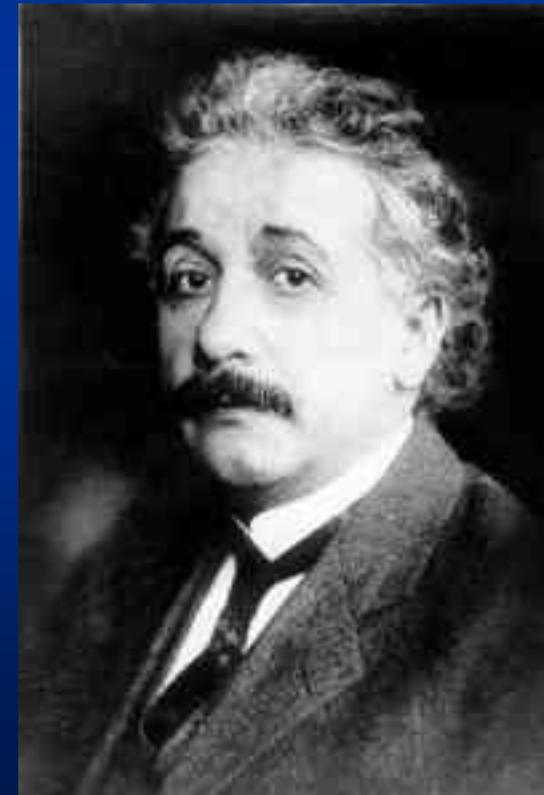
Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit

Relativistische Physik:

1905-06-30 **Albert Einstein: Spezielles Relativitätspostulat:**
- Zeit wird abhängig von der Bewegung
- Postulat der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

1916 **Albert Einstein: Allgemeine Relativitätstheorie**
- Zeit wird abhängig vom Gravitationspotential



Albert Einstein in den 1940er Jahren

Die Eigenart der Zeit

2. Eine kurze Geschichte der Zeit Relativistische Physik:

1983/1988 S. Hawking / J. B. Hartle: imaginäre Zeitachse $i \cdot t$ in einer Vereinigungstheorie von Quantenfeldtheorie und Relativitätstheorie



Stephen Hawking

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

1. Zeiteinheit läßt sich nicht speichern oder aufbewahren.
2. Zeit ist unsichtbar.
3. Zeit verrinnt unaufhörlich.

Mystische Zahl: 12

1. 12 Mondumläufe / Monate
2. 12 Tages-, 12 Nachtstunden schon im 4. Jh.v.u.Z. (Babylon)
3. 7er Teilung der Woche (7 Gottheiten / Planeten)

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Royal Greenwich Observatory
[Fotos des Autors]



Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Royal Greenwich Observatory
[Fotos des Autors]

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

Definition der Zeiteinheiten und Zeitmaße

15. Jh.

Astronomen: Sekunde als 60. Teil der Minute,
86'400. Teil des Tages

Aber: Tage sind unterschiedlich lang durch

- Elliptizität der Erdbahn: $\Delta = 16$ s (Sommer-Winter)
- Schiefe der Ekliptik: $\Delta = 20$ s (Solstitien-Äquinoktien)
- Zunahme der Tageslänge: $\Delta = +5 \cdot 10^{-8}$ s/d (1.6 ms/100 a)

$1 \text{ s} \equiv d_m / 86'400$ (mittlerer Sonnentag)

s: Sekunde - d_m : mittlerer Sonnentag

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

~ 1900

S. Newcomb:

$$\lambda_{\odot} = \lambda_0 + \lambda_1 \tau + \lambda_2 \tau^2 + \lambda_3$$

Ekliptikale Länge der Sonne

λ_1 : Wanderungsgeschwindigkeit der Sonne

$\tau = t / 32525$ d (Länge Julianisches Jahrh.)

$$\tan \alpha_{\odot} = \cos \varepsilon \tan \lambda_{\odot}$$

ε = Schiefe der Ekliptik

↪ $\alpha_{\odot} = \alpha_0 + \alpha_1 \tau + \alpha_2 \tau^2 + \alpha_3$

Äquatoriale Länge der Sonne

Für den Greenwich-Meridian:

↪ $T = T_0 + T_1 \tau + T_2 \tau^2 + T_3$

mit T_1 : Rotationsgeschwindigkeit der Erde

↪ $t_G = T_0 - \alpha_0 + (T_1 - \alpha_1) \tau$

Mittlere Greenwicher Sonnenzeit

Formelmäßige Ableitung der mittleren Greenwich Meridian Time t_G aus der tropischen Rotation der Erde (Rotation bezogen auf die Sonne / den Sonnentag) und der Länge des Julianischen Jahrhunderts

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

1956 $1 \text{ s} \equiv a_{\text{trop}} / 31'557'600$ durch Int. Komm. f. Maße u. Gewichte

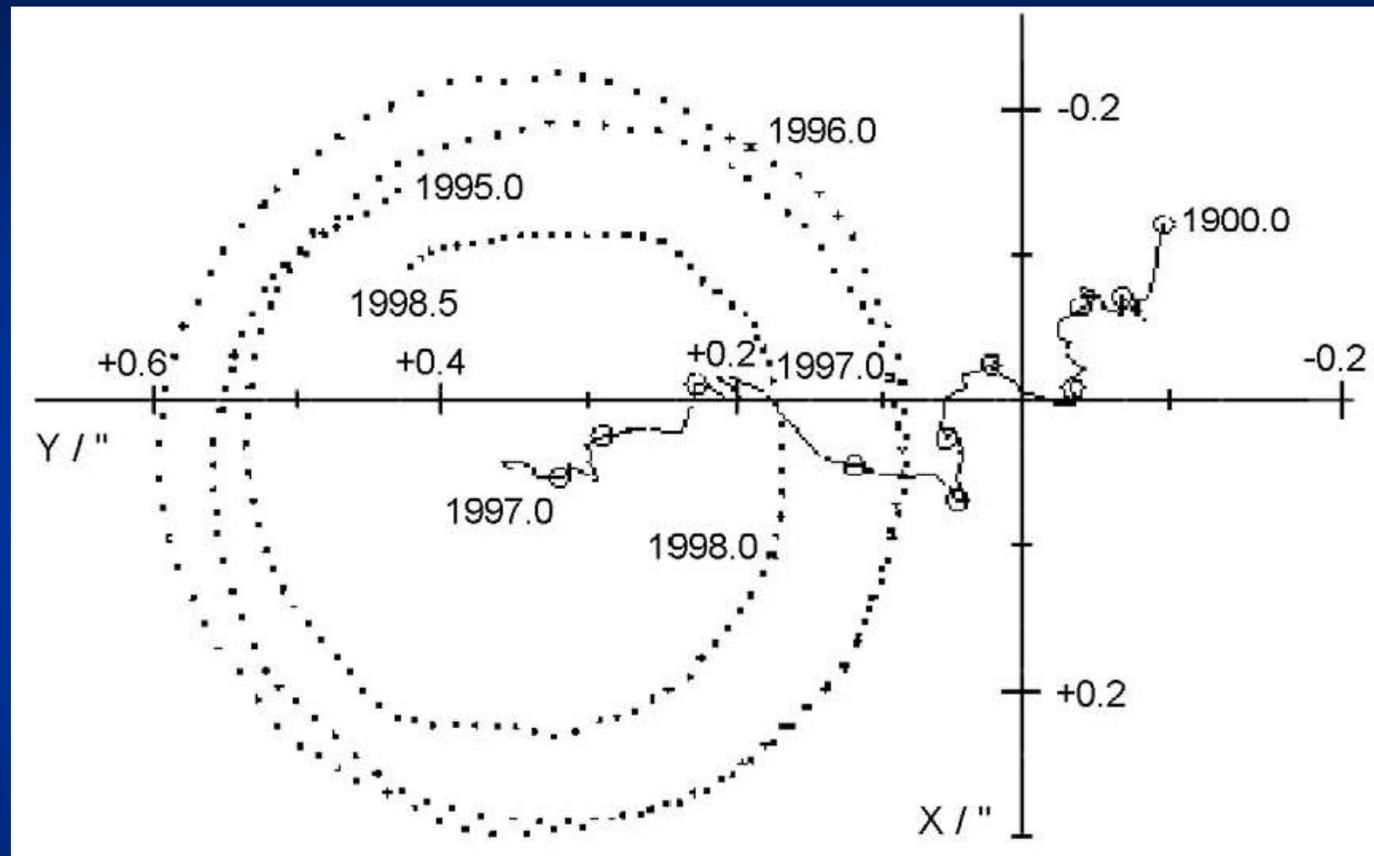
↳ $UT0 = t_G + 12^h$ Weltzeit mit Tagesbeginn um Mitternacht

UT1 = UT0 + k_1 mit Korrektur der Polschwankungen
($\sim 0.1'' \approx 3 \text{ m}$ am Pol)

$UT2 = UT1 + k_2$ mit Korrektur für saisonale Schwankungen
der Rotation ($< 0.1 \text{ s}$)

Die Eigenart der Zeit

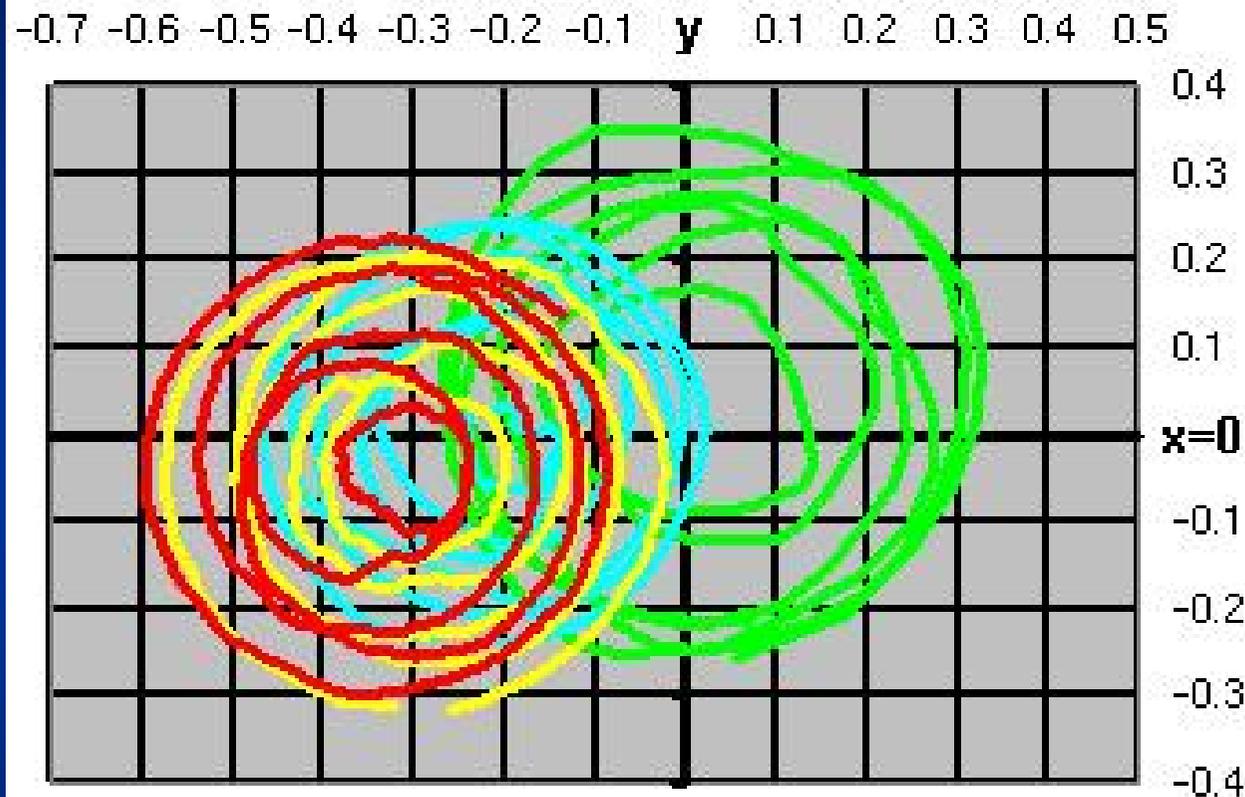
3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Periodische (Chandler-Periode: 430 Tage, überlagert von einer 365-Tage-Periode) und säkulare Wanderung der Mitte des Wanderungskreises des Rotationspols (Nutationskreises) von 1900 bis 1997 gegenüber dem geographischen Nordpol (physikalische Nutation). Die X-Achse entspricht dem Greenwich-Meridian. ($0.1'' \approx 3 \text{ m}$)

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



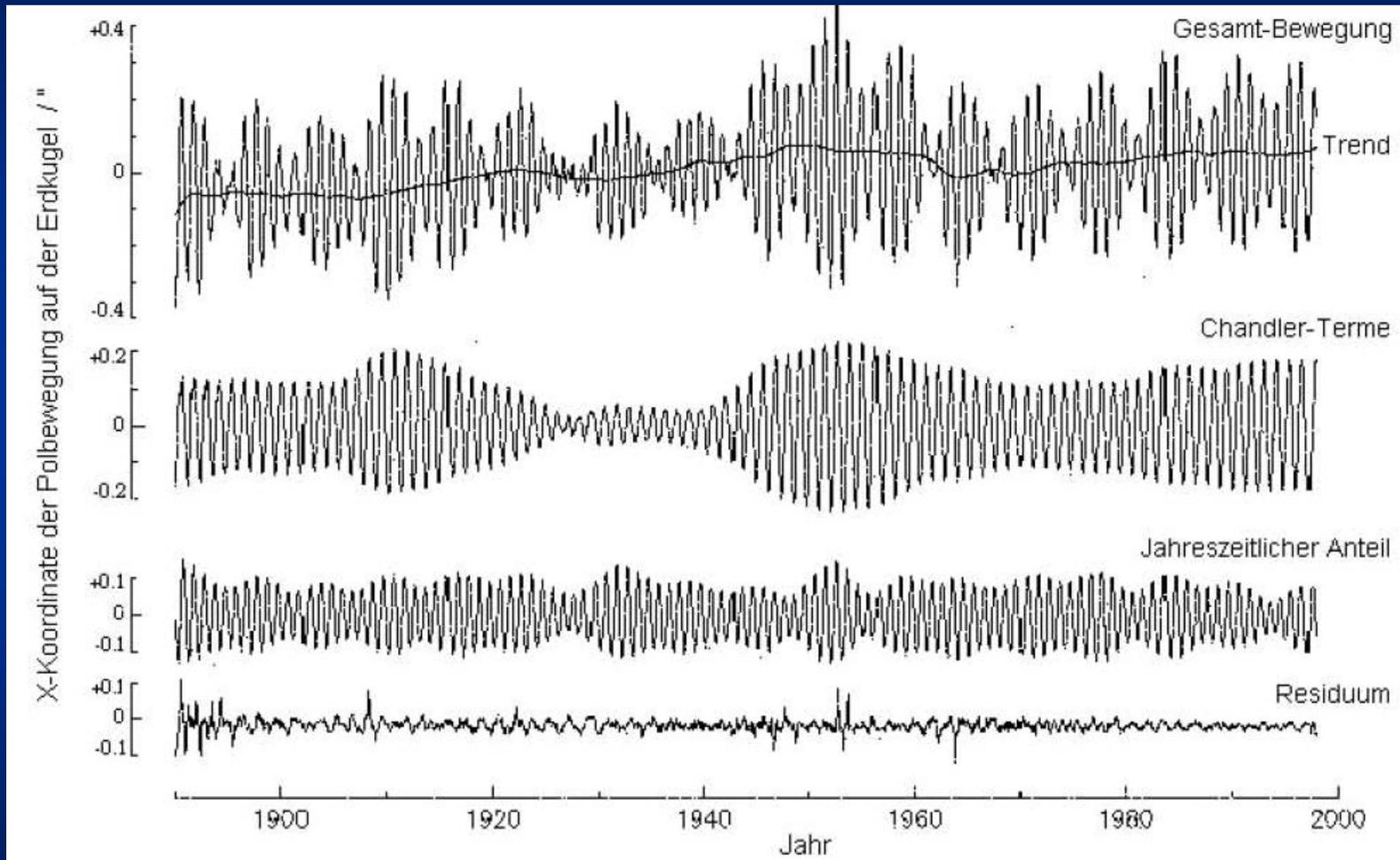
Polbewegung der Erde 1909-2001

Lage des Nordpols im CIO-System 1900-1905 (y-Achse nach Osten, Einheit $0.1'' = 3.09 \text{ m}$). Kartiert ist die Polbewegung von 1909-1916, 1964-71, 1983-90, 1996-2001

[Quelle: Wikipedia]

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Veränderung der X-Position des Rotationspols und die zugehörigen Anteile der Erdrotationsparameter (ERP)

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

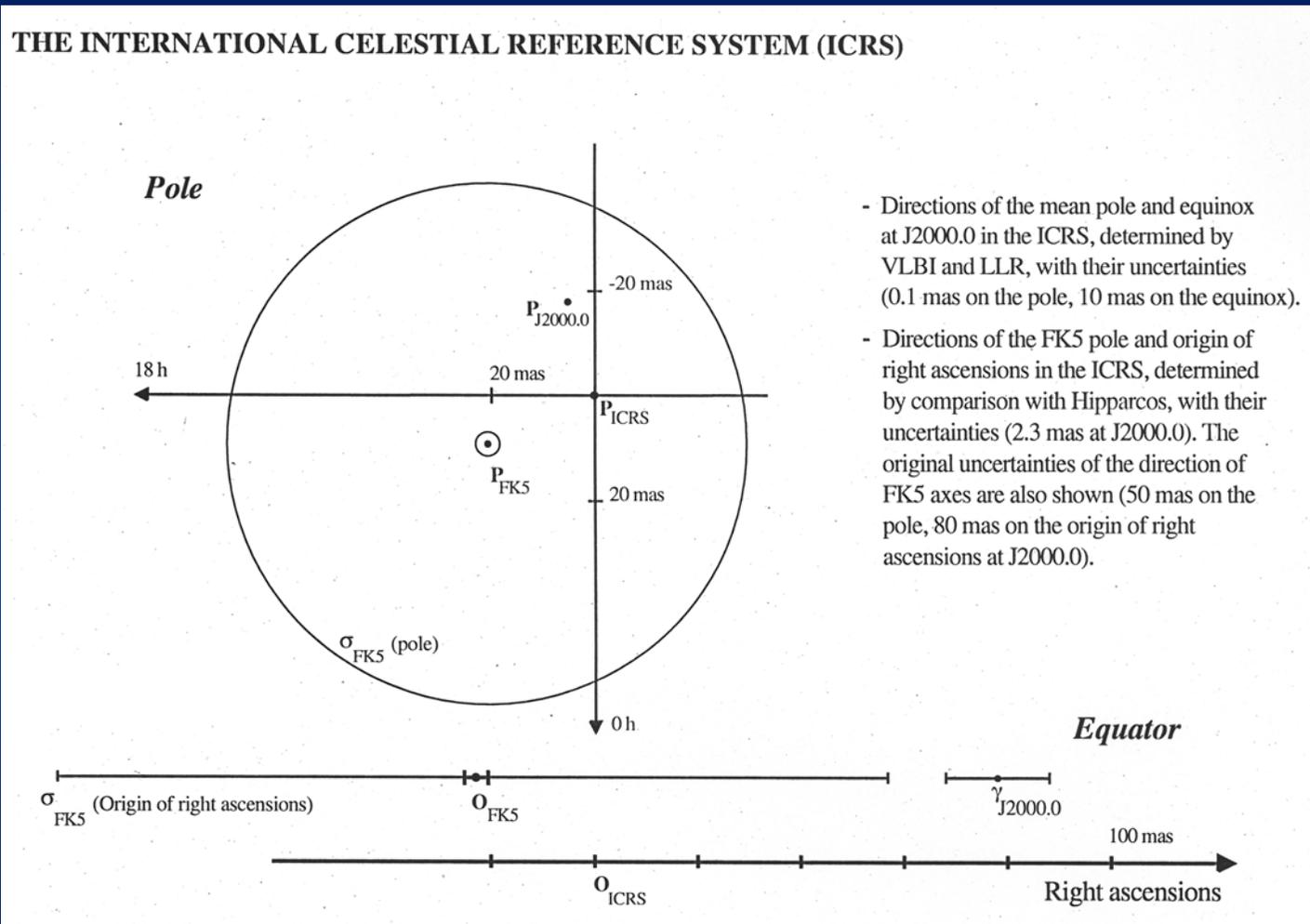
Die Polbewegung des Rotationspols hat die Ursache, dass die Erde

- kein starrer Körper ist, sondern in gewissem Maß elastisch
- nicht kugelförmig ist, sondern um 0.3% abgeplattet
- an ihrer Oberfläche kleine Deformationen aufgrund jahreszeitlicher Effekte auftreten
- langsame Massenverschiebungen im Erdinnern, hauptsächlich im Erdmantel stattfinden
- Erdzeiten, Luftdruckänderungen, Ozeanströmungen, Süßwasseränderungen, Änderung der Vereisung, postglaziale Landhebung sowie Erdbeben teils erhebliche Masseverlagerungen hervorrufen

Diese Prozesse verändern das Trägheitsmoment der Erde und führen zu dem wobbelförmigen Verhalten ihrer Rotationsachse.

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Definition des Himmels-Nordpols im ICRS und Bezug zu verschiedenen Sternkatalog-Epochen (J2000, FK5 {Fundamentalkatalog 5} und Hipparcos)

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

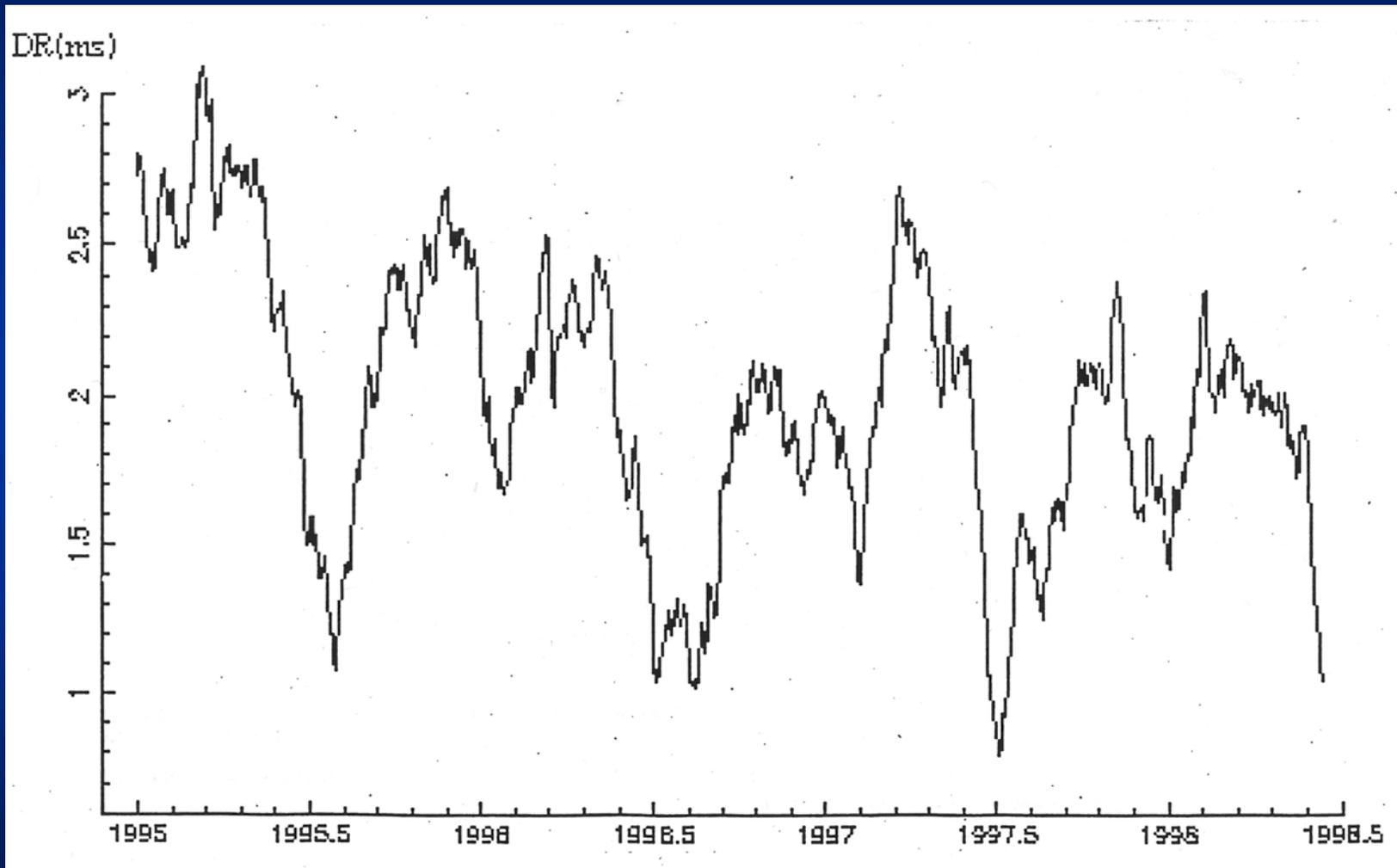
IERS (International Earth Rotation Service)

Der IERS mit Sitz in Frankfurt am Main, der aus dem 1899 in Berlin gegründeten Internationalen Breitendienst hervorging, gibt Empfehlungen zur Einfügung von Schaltsekunden, um die UTC an den tatsächlichen Rotationszustand der Erde anzupassen.

Außerdem stellt er regelmäßig aktuelle Informationen hierzu für die wissenschaftliche Anwendung, z.B. in der Astronomie, zur Verfügung, wobei diese wiederum teilweise z.B. auch auf radioastronomischen Messungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie mit Hilfe der VLBI (Very Long Baseline Interferometrie) an quasi punktförmigen Quasaren beruhen.

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Variation der Tageslänge

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

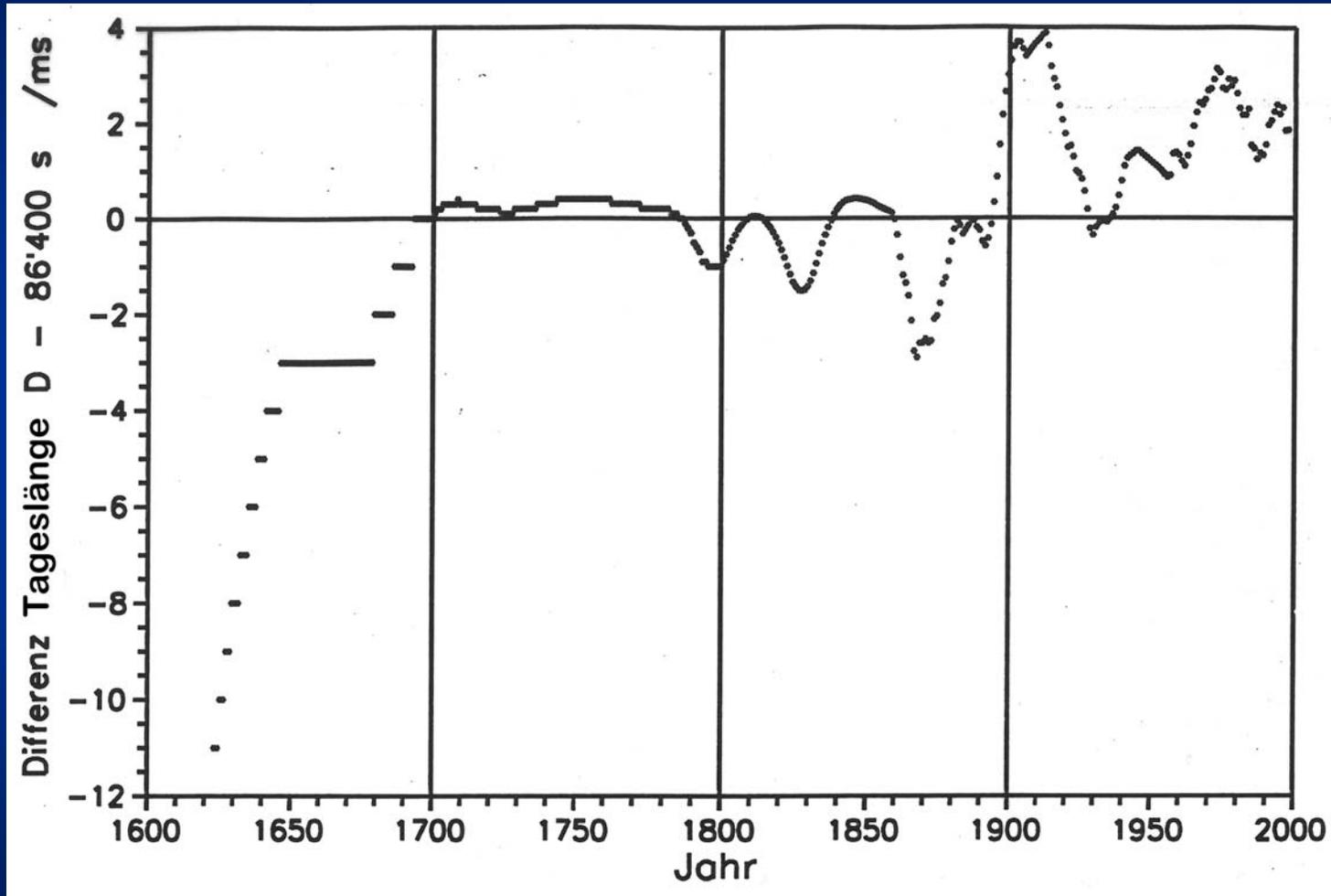
Variation der Tageslänge

Zwischen der festen Erde, der Atmosphäre, den Ozeanen sowie dem inneren Erdkern findet ständig ein Austausch von Drehimpuls statt.

Besonderen Einfluss haben starke zonale Winde, die Staudruck an Gebirgen sowie Oberflächenreibung erzeugen. Dies kann die Erdrotation abbremsen, aber auch beschleunigen und zu kurzfristigen (saisonalen) Schwankungen der Erdrotation führen.

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



**Zunahme der Tageslänge seit 1623
(zuletzt ~2 ms/100 a)**

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

$$ET = UT + \Delta T$$

Ephemeridenzeit (Inertialzeit)

$$\alpha_{\odot} = 279^{\circ}41'48.04'' + 129'602'768.13'' t_e/36'525 \text{ d} + 1.089'' t_e^2/(36'525 \text{ d})^2$$

$$t_e = 0 \text{ für: } 1900-01-00-12:00 \text{ ET} = 1899-12-31-12:00 \text{ ET}$$

$$\rightarrow 1 \text{ s} = D_0 / 31'556'925.9747 \quad \text{Ephemeridensekunde} \\ \text{(Epoche 1900-01-00-12:00 ET)}$$

$$D_0 = 129'600'' \cdot 3'155'760'000 \text{ s} / 12'960'276.813''$$

1960	Einführung des SI (Système International des Poids et Measures)
1964	Entwicklungsauftrag für Uhren mit Genauigkeit 10^{-8}
1967	Atomzeit TAI (Temps Atomique International)

Einführung der absolut gleichlaufenden, von Schwankungen freien Ephemeridenzeit ET

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

$$\text{ET} \equiv \text{TAI} + 32.184 \text{ s}$$

$$\text{UT1} \equiv \text{TAI} \quad \text{„Rotationszeit der Erde“ (für 1958-01-01)}$$

1972-01-01 Koordinierte Weltzeit UTC (verbreitet durch BIPM)

$$\text{UTC} \equiv \text{TAI} + 10 \text{ s} \quad (\text{für 1972-01-01})$$

1984-01-01 Dynamische Zeit TDT löst ET ab

$$\text{TDT} \equiv \text{TAI} + 32.184 \text{ s} \quad \text{Terrestrische Dynamische Zeit}$$

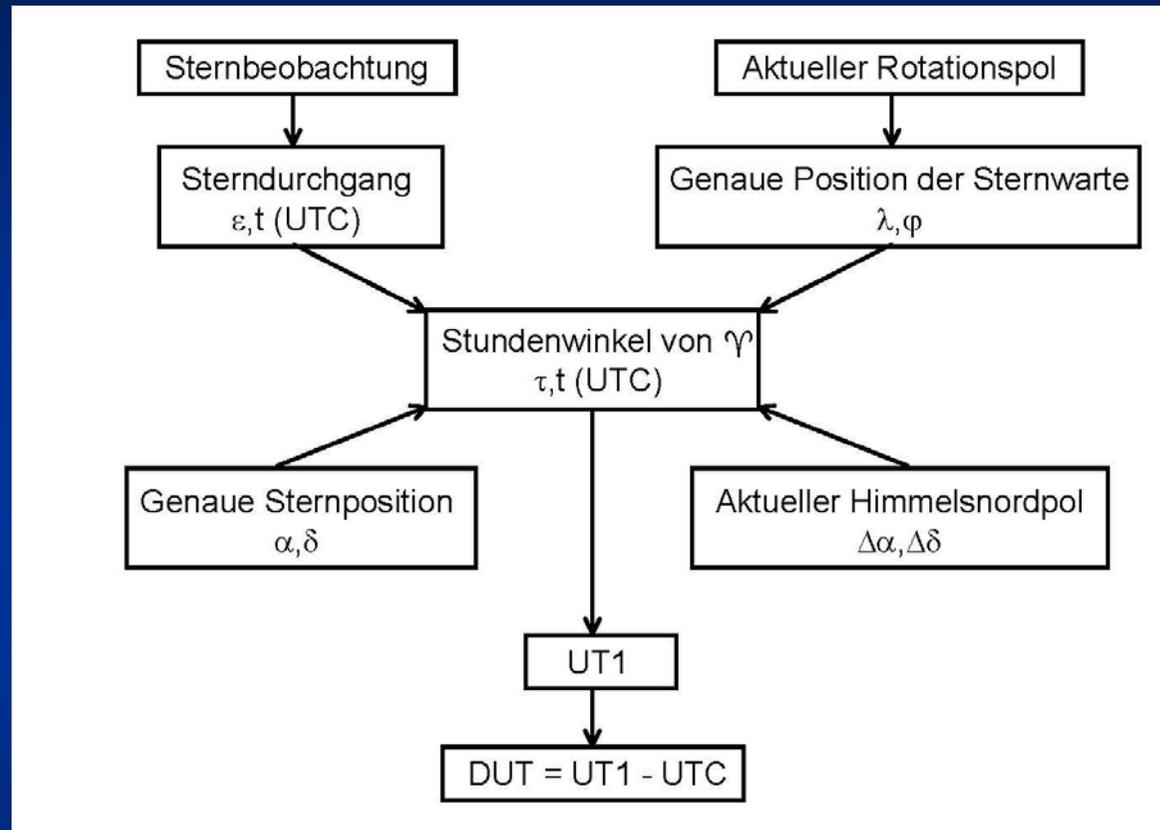
$$\text{TDB} - \text{TDT} = 0.0017 \text{ s} \quad \text{Baryzentrische Dynamische Zeit}$$

Einführung der unabhängigen Atomzeit TAI:

1 Sekunde hat nun die Dauer von 9'192'631'770 Schwingungen der Strahlung des ungestörten Hyperfeinstruktur-Übergangs $F=4/m_F=0 \rightarrow F=3/m_F=0$ des $^2S_{1/2}$ -Grundzustandes des Isotops ^{133}Cs

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Wenn $DUT > 0.7$ s wird, wird zum nächsten Termin, bevorzugt ein Jahreswechsel, eine Schaltsekunde eingeschoben, nächstes Mal am kommenden Jahreswechsel 2016/2017.

$$UTC (1972-01-01) \equiv TAI + 10 \text{ s}$$

$$UTC (\text{allgemein}) = TAI + n (\text{Sekunden})$$

$$n = (\text{Zahl der Schaltsekunden seit 1972}) - 10$$

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

Abweichung der historischen Dynamischen Zeit		
Jahr	$\Delta T = \text{TDT} - \text{UT} / \text{s}$	$\Delta\lambda$
-2000	54'181 = 15h 03m	225.7°
-1500	39'610 = 11h 00m	165.0°
-1000	27'364 = 07h 36m	114.0°
-500	17'444 = 04h 51m	72.7°
0	9'848 = 02h 44m	41.0°
500	4'577 = 01h 16m	19.1°
1000	1'625 = 00h 27m	6.8°
1500	275 = 00h 05m	1.1°

nach Stephenson und Houlden [1986]

$\Delta\lambda$ stellt die Abweichung des Drehzustandes der Erde dar und kann historisch z.B. durch Berichte überprüft werden, wo genau eine frühere Sonnenfinsternis beobachtet werden konnte.

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

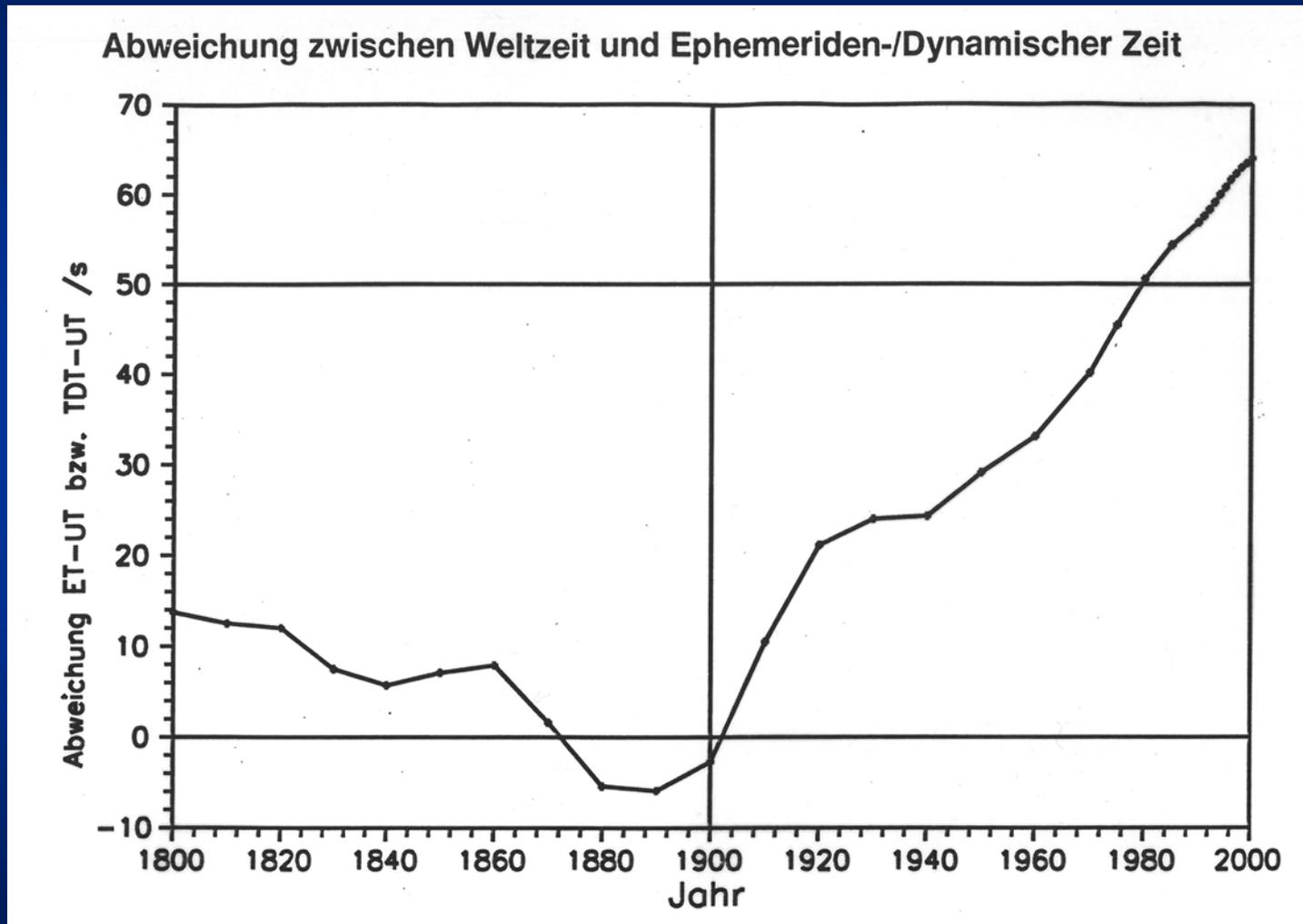
Abweichung der Ephemeridenzeit		Aktuelle Abweichung der Dynamischen Zeit	
Jahr	$\Delta T = ET - UT /s$	Jahr	$\Delta T = TDT - UT /s$
1800	13.7	1970.0	40.18
1810	12.5	1975.0	45.48
1820	12.0	1980.0	50.54
1830	7.5	1985.0	54.34
1840	5.7	1990.0	56.86
1850	7.1	1991.0	57.57
1860	7.9	1992.0	58.31
1870	1.6	1993.0	59.12
1880	-5.4	1994.0	59.99
1890	-5.9	1995.0	60.79
1900	-2.72	1996.0	61.63
1910	10.46	1997.0	62.30
1920	21.16	1998.0	62.97
1930	24.02	1999.0	63.46
1940	24.33	2000.0	64.83
1950	29.15	2007.0	65.15
1960	33.15	2016.75*	68.51

nach Ahnerts Kalender für Sternfreunde und Sonneberger Jahrbuch für Sternfreunde [1998]

nach Fred Espenak [2011], * USNO

Die Eigenart der Zeit

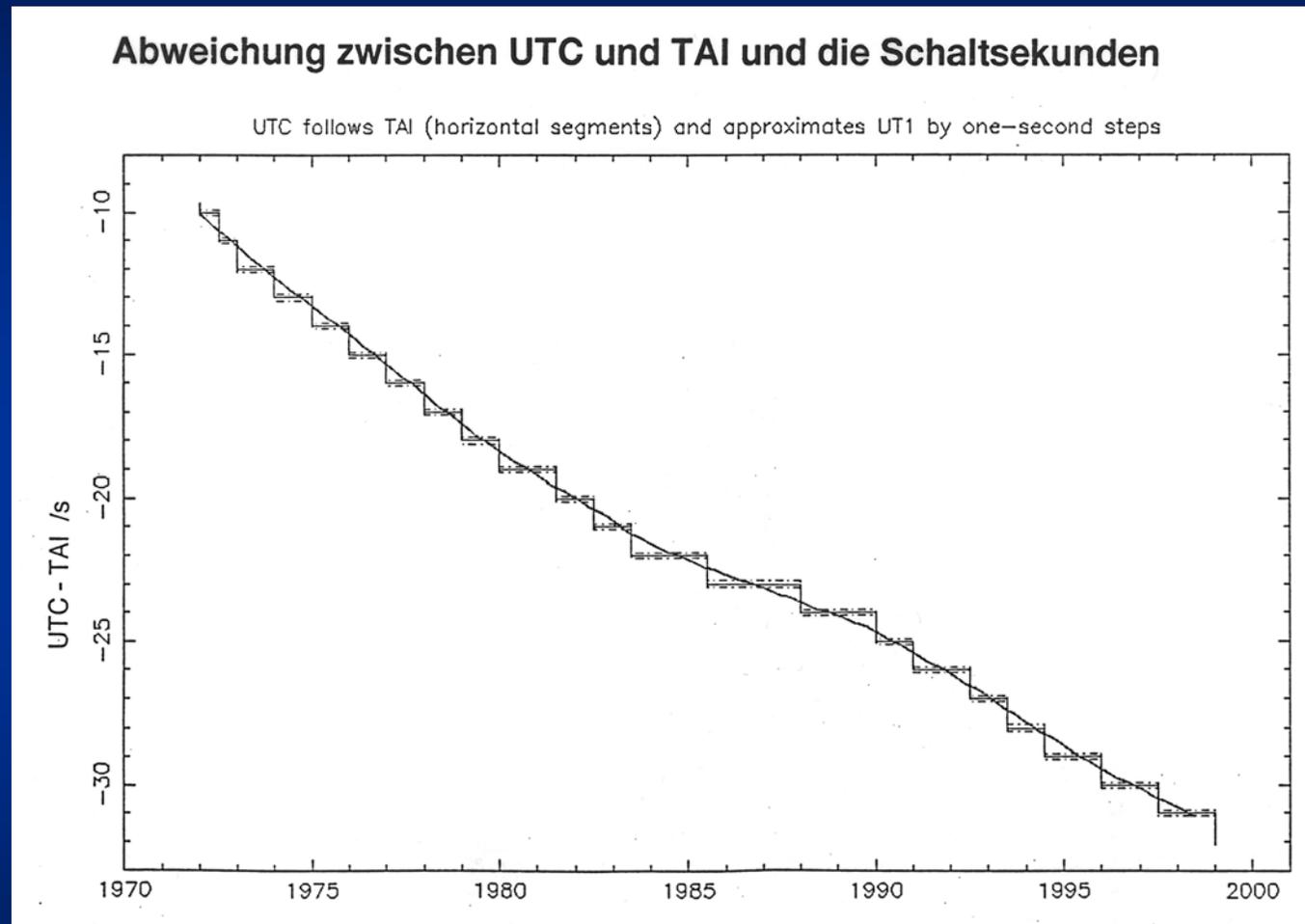
3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Aufsummierte Abweichung der Weltzeit (Erdrotation) von der gleichlaufenden Ephemeridenzeit

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße



Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Die Bestimmung der UTC und die Einfügung von Schaltsekunden werden vom Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) in Paris auf Vorschlag des IERS koordiniert.

Die Eigenart der Zeit

3. Zeiteinheit und Zeitmaße

local	2016-09-28 06:57:06	Wednesday	day 272	timezone UTC+2
UTC	2016-09-28 04:57:06	Wednesday	day 272	MJD 57659.20631
GPS	2016-09-28 04:57:23	week 1916	277043 s	cycle 1 week 0892 day 3
Loran	2016-09-28 04:57:32	GRI 9940	131 s until	next TOC 04:59:17 UTC
TAI	2016-09-28 04:57:42	Wednesday	day 272	36 leap seconds

Verschiedene Zeiten im Vergleich:

- local** Ortszeit (Zonenzeit: MESZ = UTC + 2 / Sommerzeit)
- UTC** koordinierte Weltzeit (MJD: Modified Julian Date)
- GPS** Atomzeit im GPS-System. War gleich UTC 1980-01-06. Es wurden jedoch keine Schaltsekunden (leap seconds) eingefügt.
- Loran-C** Atomzeit im Long Range Navigation System. War gleich UTC 1958-01-01. Es wurden jedoch keine Schaltsekunden eingefügt.
- TAI** Atomzeit (Temps Atomique International)

[Quelle: <http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>]

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. **Moderne Zeitbestimmung**
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

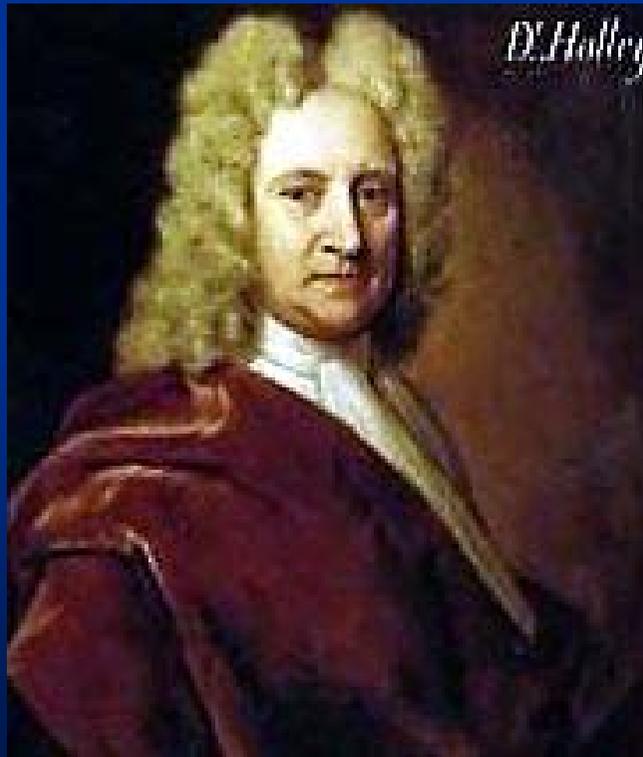
1888: Karl Friedrich Küstner, Bonner Astronom und Nachfolger von Friedrich Wilhelm Argelander, weist die Polhöenschwankung nach.



Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

Edmond Halley (1656-1742) entdeckte, daß die Sonnenfinsternis von 484-01-14 morgens in Spanien beobachtbar gewesen sein sollte, tatsächlich aber in Athen beobachtet wurde. (Längendifferenz $\Delta\lambda \approx 27.5^\circ$)



Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

Die Entwicklung der Uhrengenauigkeit: (abs.		s/Tag)
• 14. Jahrhundert:	10^{-1}	$>1'000$
• ca. 1700:	10^{-2}	$\approx 1'000$
• Pendeluhren:	10^{-4}	≈ 10
• 1761:	$3 \cdot 10^{-7}$	$3.1 \cdot 10^{-2}$
• Quarzuhren 1928:	10^{-9}	$8.5 \cdot 10^{-5}$
• Atomuhren 1949:	$2 \cdot 10^{-13}$	$1.7 \cdot 10^{-8}$

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung



Sanduhren (1700-1950)

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung



Büchersonnenuhr (1565)

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

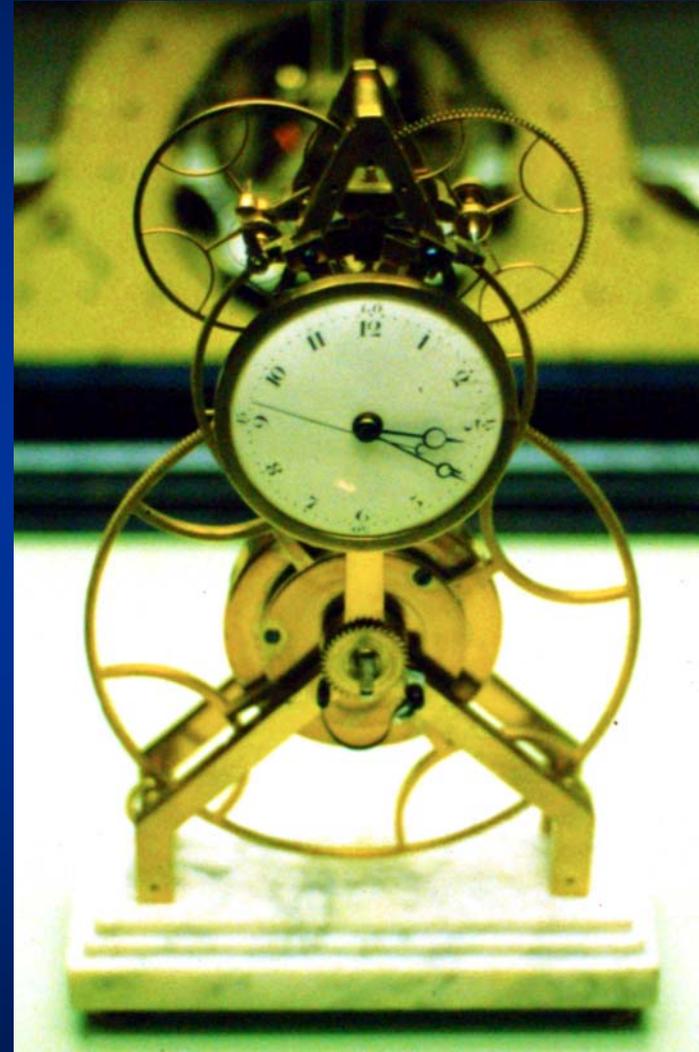
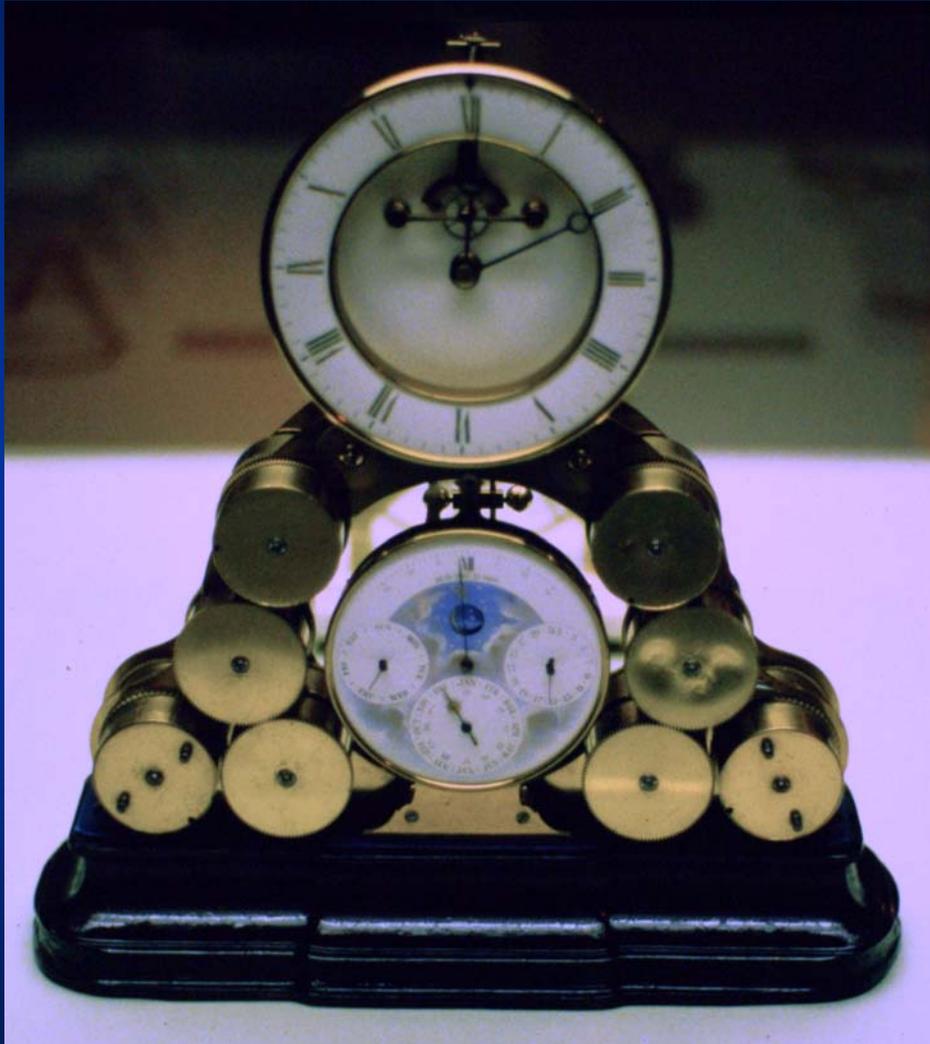


Pendeluhr mit Normal- und Dezimalzeit (1795) und Zylindersonnenuhr (1560)

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung



Äquationsuhr (~1800) und Tischuhr Directoire(1795)

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel]

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung



**ATMOS Atmosphärische Uhr(1932) und
Hochpräzisionsuhr (1765)**

[Museum für Astronomie und Technikgeschichte, Kassel und Harvard-Univ.]



Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

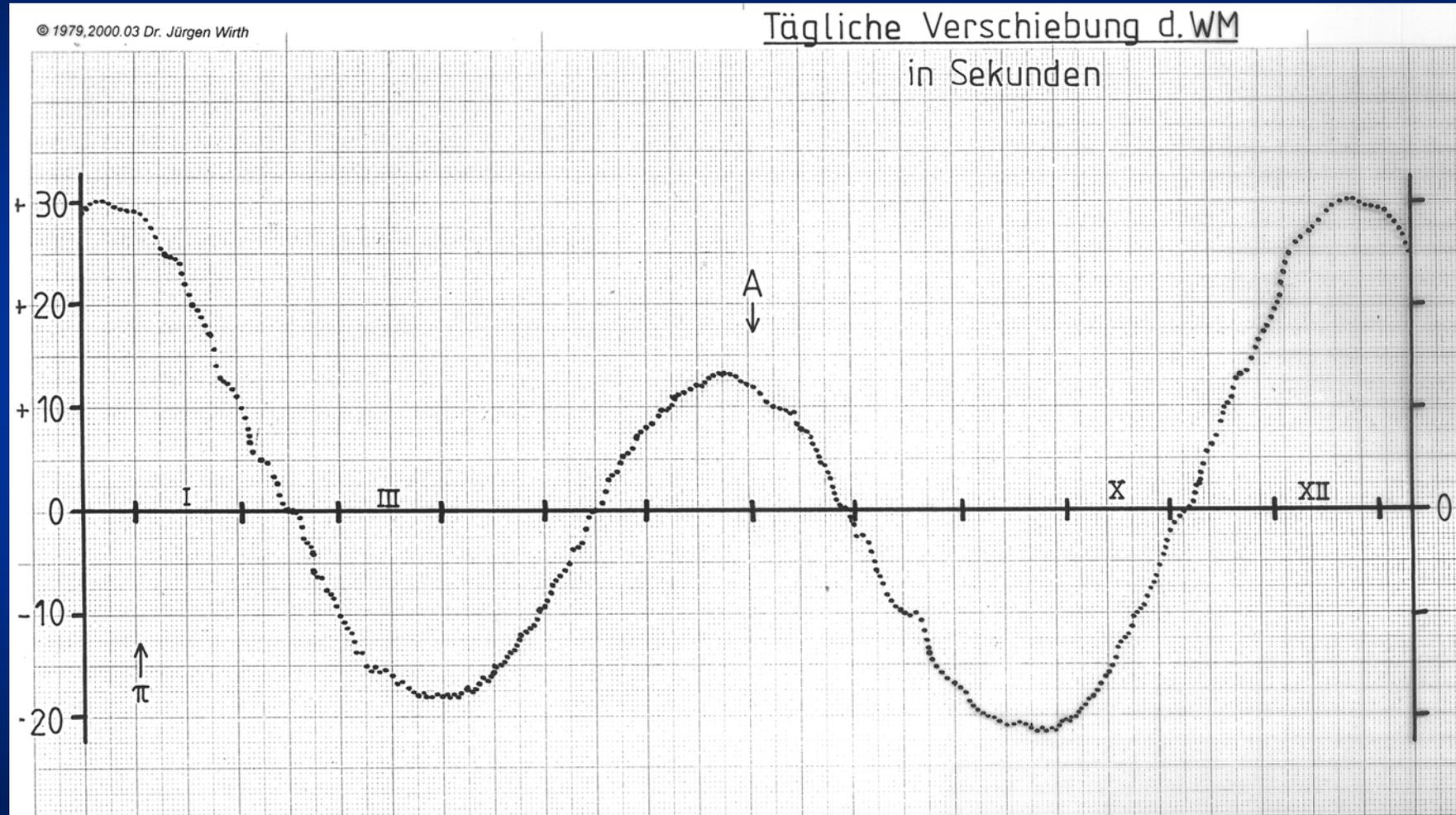
Aufgrund der Schiefe der Ekliptik (Sonnenbahn zwischen den Sternen) von $23^{\circ}26'19''$ wird die scheinbare Sonnenbewegung im Frühjahr und im Herbst verkürzt, da die Erdrotation und damit die Tageslänge (Abstand von Mittag bis Mittag) auf dem Himmelsäquator „abgelesen“ wird. Im Sommer und Winter verlaufen Ekliptik und Himmelsäquator parallel, die Bewegung überträgt sich dann 1:1.

Zudem ist die Erdbahn eine Ellipse mit dem Perihel nahe des Jahreswechsels, so dass im Winter die Sonne schneller vorrückt (Erde braucht für eine Rotation bis zum nächsten Mittag länger) und im Sommer langsamer.

Auf diese Weise verschiebt sich der Wahre Mittag (WM) von Tag zu Tag um einige Sekunden, ein Effekt, der sich über die Zeit aufsummiert.

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

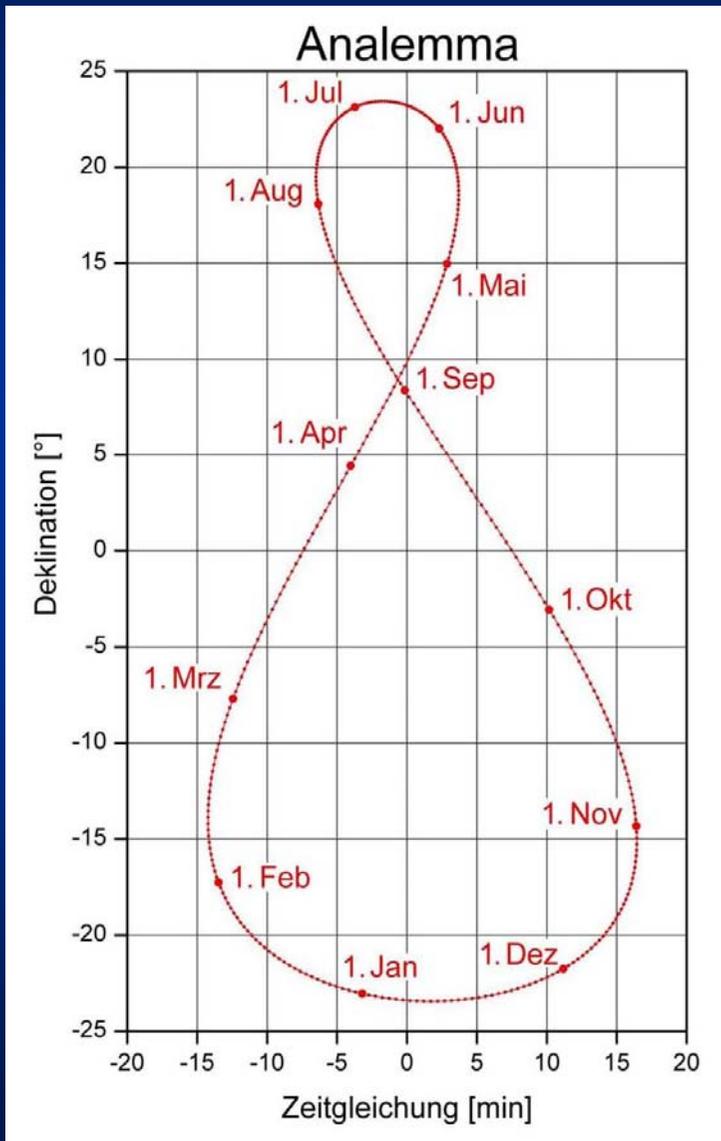


Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Horizontale Achse sind die Monate des Jahres. π ist der Zeitpunkt des Perihels (sonnennächster), A der des Aphels (sonnenfernster Bahnpunkt der Erdbahn)

Die Eigenart der Zeit

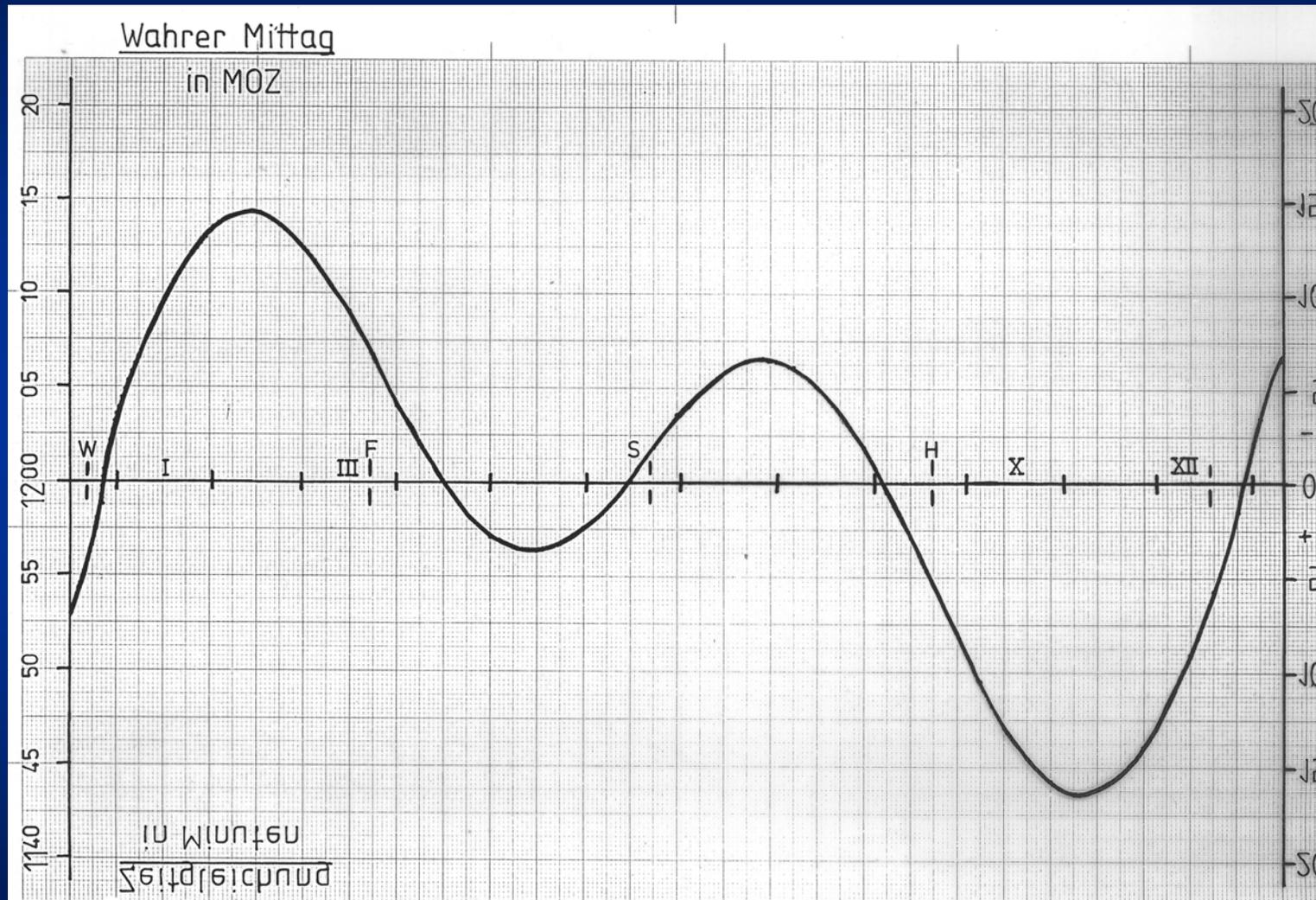
4. Moderne Zeitbestimmung



Das Analemma zeigt die Höchststände der Sonne im Jahresverlauf bezogen auf die Mittagslinie (Meridian, Süden, Zeitgleichung = 0 Min)
Deklination = 0° ist der Himmelsäquator.

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung

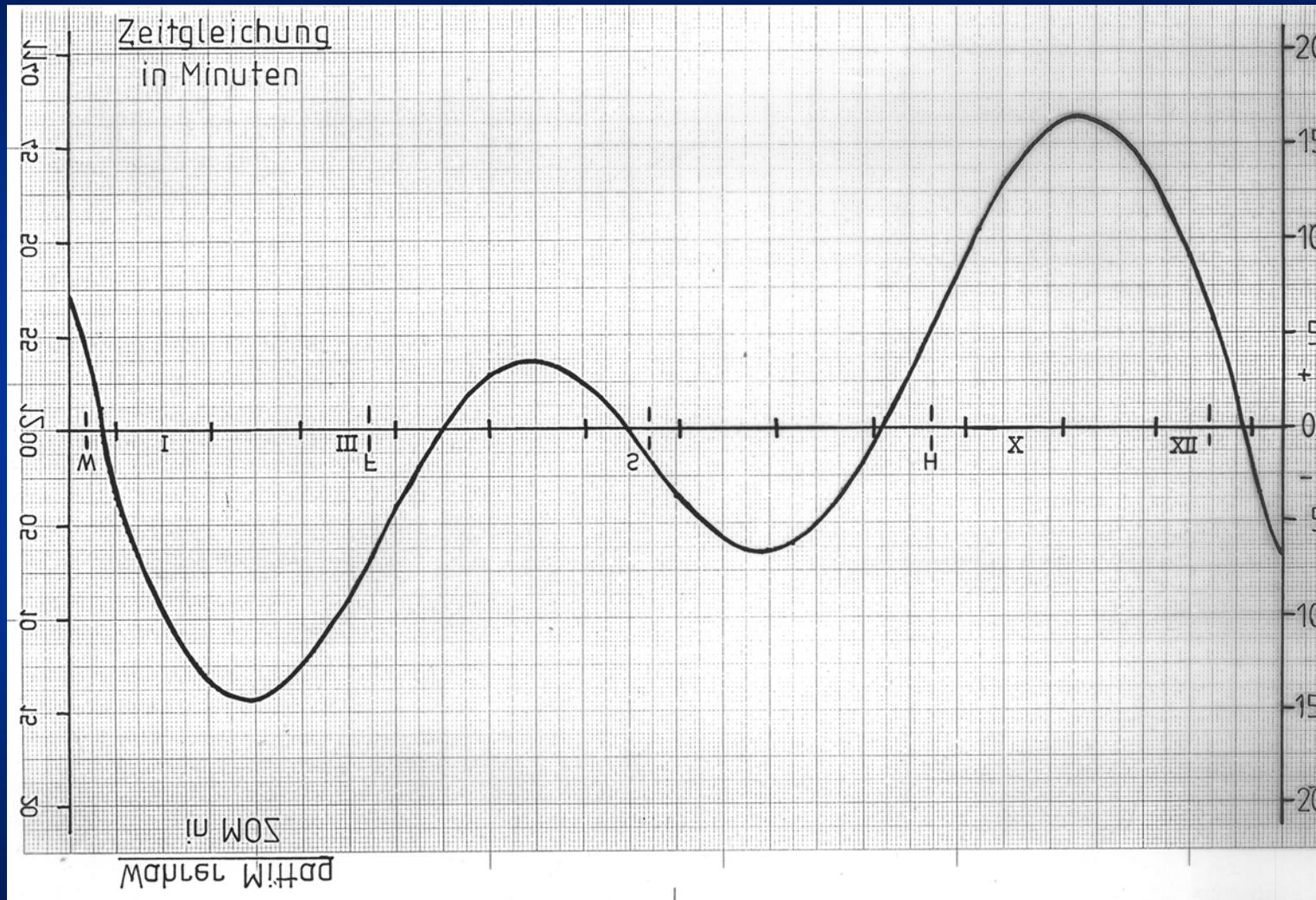


Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Verlauf des Wahren Mittags im Jahresverlauf (Summenkurve der Verschiebung) in Mittlerer Ortszeit (MOZ, linke Skala) mit den Jahreszeiten (W,F,S,H)

Die Eigenart der Zeit

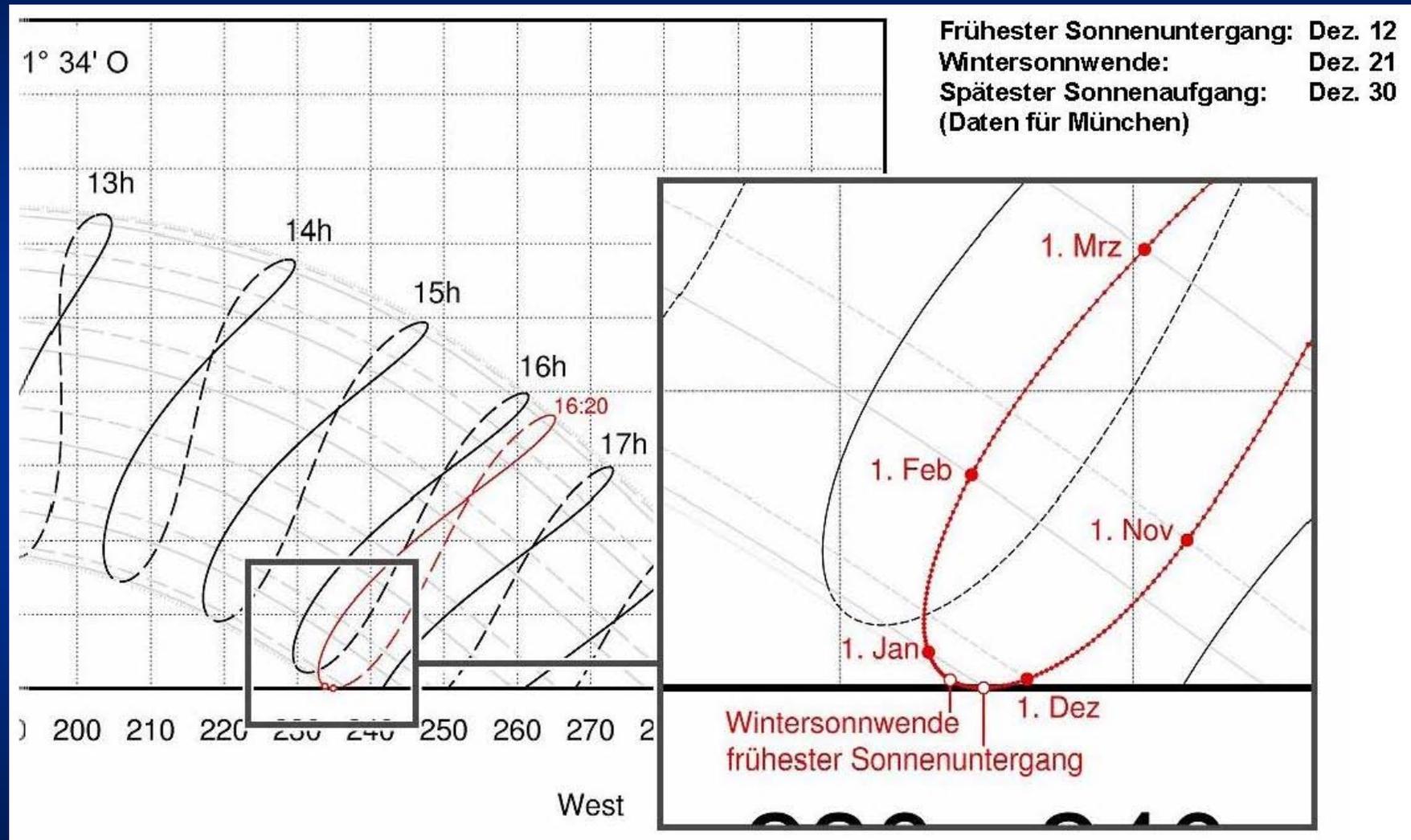
4. Moderne Zeitbestimmung



Verlauf der Zeitgleichung im Jahresverlauf (Abweichung des Wahren Mittags vom 12 Uhr = Mittlerer Mittag) in Minuten (rechte Skala)

Die Eigenart der Zeit

4. Moderne Zeitbestimmung



Vortrag von Dr. Jürgen Wirth – VSB, Bonn, 2016 September 26

Wegen der Form des Analemmas kommt es bei Sonnenauf- und -untergängen zu Besonderheiten [Quelle: Wikipedia]

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

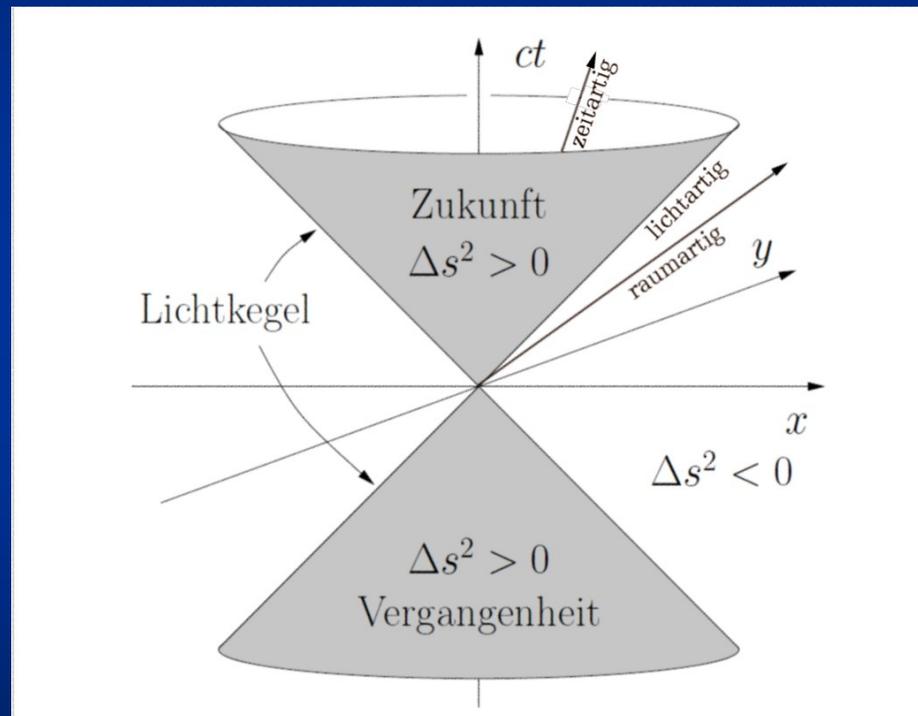
1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. **Zeit in der Physik**
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Das Problem der Gleichzeitigkeit

Minkowski-Diagramm

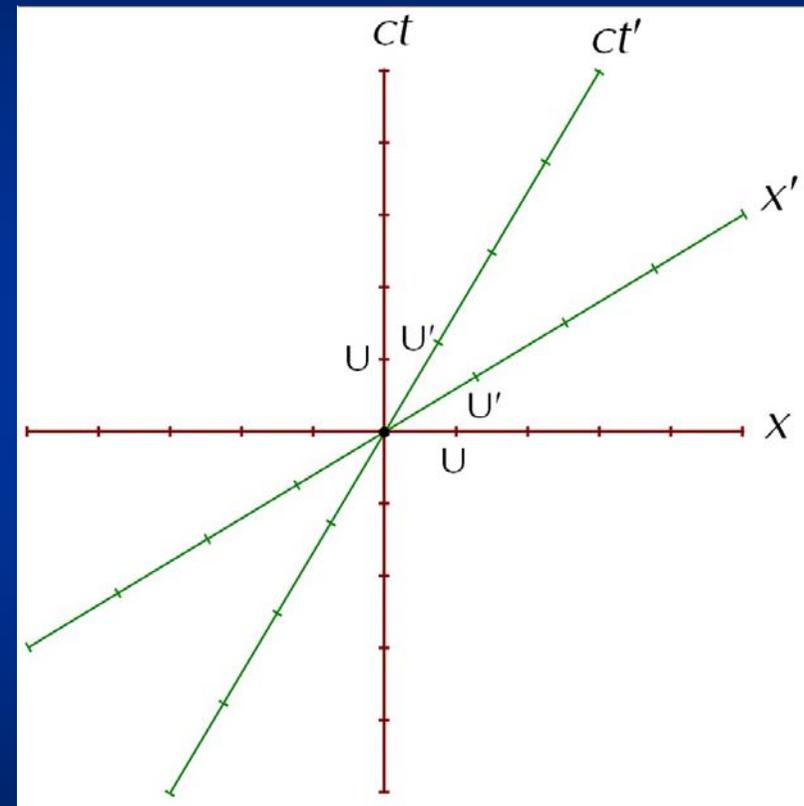
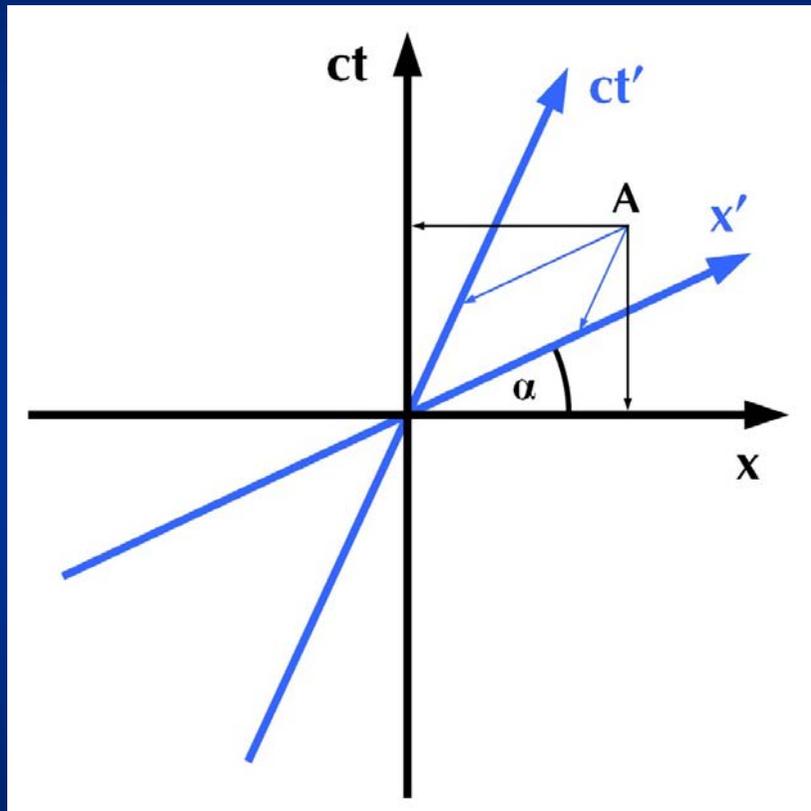


Der Beobachter bewegt sich mit der Zeit auf der zeitartigen Achse ct von der Vergangenheit in die Zukunft. Alle Ereignisse, die auf dem Lichtkegel liegen, erscheinen unabhängig von ihrer Entfernung auf der Raumachse x als in der Gegenwart gleichzeitig.

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Das Problem der Gleichzeitigkeit



Das Ereignis bei A wird in der Relativitätstheorie unterschiedlichen Zeitpunkten zugeordnet, da $ct_A > ct'_A$ und die Skalen verschieden sind, abhängig vom Bewegungszustand. Für einen Lichtstrahl fallen ct' und x' aufeinander.

[Quelle: Wikipedia]

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Die kleinste Zeiteinheit: die Planck-Zeit

Herleitung

1899 führt Max Planck das Plancksche Wirkungsquantum ein:

$$h = 6.626176(36) \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad ; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

1923 findet Arthur Compton den Compton-Effekt:

$$\Delta\lambda = \lambda_C (1 - \cos\vartheta)$$

$$\lambda_C = \frac{h}{m_e c} = 2.4263089(40) \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

mit dem Streuwinkel ϑ und der Compton-Wellenlänge λ_C
der Lichtgeschwindigkeit c und der Elektronenmasse m_e

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Die kleinste Zeiteinheit: die Planck-Zeit

Herleitung

Hieraus leitet sich die Compton-Länge ab:

$$s_C = \frac{\lambda_C}{2\pi} = \frac{\hbar}{m_e c}$$

Die Gleichsetzung der Compton-Länge mit dem

Schwarzschild-Radius:

$$r_S = \frac{G m}{c^2}$$

führt zu:

$$\frac{\hbar}{m c} = \frac{G m}{c^2}$$

und zur Planck-Masse:

$$m_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2.1767 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$$

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Die kleinste Zeiteinheit: die Planck-Zeit

Herleitung

Aus der Planck-Masse:

$$m_{Pl} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2.1767 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$$

wird die Planck-Länge als zur Planck-Masse gehöriger Schwarzschild-Radius abgeleitet:

$$s_{Pl} = \frac{G m_{Pl}}{c^2} = \sqrt{\frac{G \hbar}{c^3}} = 3.232 \cdot 10^{-35} \text{ m}$$

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Die kleinste Zeiteinheit: die Planck-Zeit

Herleitung

Aus der Planck-Länge:

$$s_{Pl} = \frac{G m_{Pl}}{c^2} = \sqrt{\frac{G \hbar}{c^3}} = 3.232 \cdot 10^{-35} \text{ m}$$

wird die Planck-Zeit als die Zeit abgeleitet, die ein Lichtstrahl zum Durchlaufen der Planck-Länge benötigt:

$$t_{Pl} = \frac{s_{Pl}}{c} = \sqrt{\frac{G \hbar}{c^5}} = 5.3906 \cdot 10^{-44} \text{ s}$$

Eine kürzere Zeit ist mit der heutigen Physik nicht vereinbar.

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Die kleinste Zeiteinheit: die Planck-Zeit

Herleitung

Alle Planck-Größen führen sich auf drei Naturkonstanten zurück und sind damit von allen anderen Größen unabhängig:

- Plancksches Wirkungsquantum:

$$h = 6.626176(36) \cdot 10^{-34} \text{ Js} \quad ; \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

- Lichtgeschwindigkeit:

$$c = 2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

- Universelle Gravitationskonstante:

$$G = 6.67320(46) \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$$

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Allgemeine Relativitätstheorie:

- Zeit in der gekrümmten Raumzeit:
Zeit wird abhängig vom Gravitationsfeld:

$$\Delta t = \gamma \cdot t \quad \text{mit} \quad \gamma = g H / c^2 \quad \text{und} \quad g = G m / r^2$$

wobei Δt den Zeitunterschied, H den Abstand zum Schweremittelpunkt und g die Schwerebeschleunigung darstellen.

Die Zeit läuft umso langsamer, je stärker das Gravitationsfeld ist, gegenüber einem Ballon in 1'500 m Höhe um 0.0014 μs pro Tag.

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Allgemeine Relativitätstheorie:

- **Zeit in der gekrümmten Raumzeit**
- **Zeit und Singularität:**
In der Anfangssingularität des Urknalls (Zeitpunkt: 0 vor der Planck-Zeit) sind Raum und Zeit nicht existent.

In der Krümmungssingularität eines Schwarzen Lochs ist die Materiedichte und damit die Gravitation theoretisch unendlich groß, dort bleibt die Zeit stehen.

Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

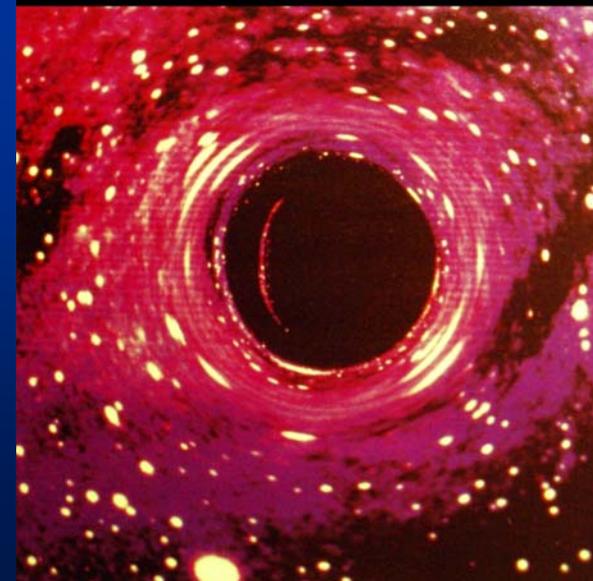
Allgemeine Relativitätstheorie:

- Zeit in der gekrümmten Raumzeit
- Zeit und Singularität

Links: Materie verschwindet auf einer spiralförmigen Bahn in einem Schwarzen Loch.

Rechts oben ein Sternfeld.

Rechts unten dieses Sternfeld, simuliert mit einem Schwarzen Loch in der Mitte.



Die Eigenart der Zeit

5. Zeit in der Physik

Allgemeine Relativitätstheorie:

- **Ungeklärte Fragen:**

Zeit ist nur gemeinsam mit Gravitation existent. Wie kann ein expandierender Urknall also vor der ersten Symmetriebrechung beschrieben werden, bei der Gravitation und Zeit überhaupt erst in der Welt erschienen sind?

Wie verlief sie im Anfangszustand des Urknalls mit höchster Materieverdichtung und Gravitation?

Was hat Zeit für eine Bedeutung im weitgehend materieverdünnten Endzustand des Universums ohne weitere messbare Phänomene?

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. **Zeit im Universum**
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

6. Zeit im Universum

Mittlere Gesamtdensität im Universum:

$$\rho_m = 2.56 \cdot 10^{-30} \text{ g cm}^{-3}$$

Dichte eines reichen Galaxienhaufens:

$$\rho_G = 3.2 \cdot 10^{-14} \text{ g cm}^{-3}$$

Blasenstruktur des Universums:

ca. 50 Mpc

**ein Lichtstrahl vom Horizont (12 Gpc) läuft somit
durch etwa 20 Blasen auf etwa 1/1000 des
Gesamtweges**

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. **Imaginäre Zeit**
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

7. Imaginäre Zeit

Jim Hartle und Stephen Hawking 1983:

- **Imaginäre Zeitrichtung verläuft senkrecht zur reellen Zeit.**
- **Imaginäre Zeit vermeidet Singularitäten.**
- **Im Kontext der Elementarteilchenphysik hilft die Ersetzung der reellen Zeit t durch die imaginäre Zeit $i \cdot t$ bei Berechnungen und führt zu korrekten Resultaten.**
- **Im Kontext der Quantengravitation gibt es viele offene Fragen. Es ist ungeklärt, ob Berechnungen mit Hilfe der imaginären Zeit zu richtigen Resultaten führen.**

Die Eigenart der Zeit

7. Imaginäre Zeit

Jim Hartle und Stephen Hawking 1983:

- **Imaginäre Zeitrichtung verläuft senkrecht zur reellen Zeit.**
- **Imaginäre Zeit vermeidet Singularitäten.**

„Eine physikalische Theorie stellt nur ein mathematisches Modell dar, und es ist nicht sinnvoll, zu fragen, ob dieses der Realität entspricht. Man kann nur fragen, ob seine Vorhersagen mit den Beobachtungen übereinstimmen.“

(S. Hawking)

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Das Zeitempfinden von Säugetieren, also auch des Menschen, wird vom suprachiasmatischen Nucleus gesteuert. Er sitzt im Kerngebiet des Gehirns im ventralen Hypothalamus und ist weniger als 1 mm groß. Da in direkter Nähe der Sehnerv mündet, gibt es eine enge Wechselwirkung mit dem Hell-Dunkel-Zyklus.

- Erste bewußte Zeiterfahrungen ab dem 4.-6. Lebensjahr
- Bewußtes Zeiterleben ab dem 6.-8. Lebensjahr, Zeit als Ordnungsfaktor

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Die innere Uhr ist abhängig von verschiedenen Rhythmen:

- Herzschlag
- Atmung
- Hormonzyklus
- Schlaf-Wach-Rhythmus

Sie ist u.a. abhängig vom Stoffwechsel und kann bei krankheitsbedingten Störungen „verstellt“ werden.

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Zeitbewußtsein ist das Ergebnis eines komplexen neuronalen Wechselwirkungsprozesses im Gehirn, das ca. 10-100 Mrd. Neuronen enthält.

Die Geschwindigkeit des erlebten Zeitablaufs schwankt erheblich, vermutlich in Abhängigkeit von

- Zahl der Veränderungen
- Alter (Beschleunigung im Alter)
- Müdigkeit, Schlaf, Rausch, Traum, Trance

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Zeitschwelle:

- **Kleinste physiologische (leere) Zeitstrecke:**
absolut: Hören - 2 ms, Sehen/Tasten - 5ms
(Intervall / Unterscheidbarkeit)
- **Ist die Zeitstrecke ausgefüllt (zeitliche Ausdehnung), ist die Zeitschwelle etwas größer.**
- **Relativer Vergleich von Zeitstrecken (Unterscheidbarkeit):**
von 1 bis 5 Sekunden etwa 5 %
bei 10 Minuten etwa 25 %
- **Die innere Uhr des Menschen ist ohne äußere Reize möglicherweise auf ~25 Stunden eingestellt (experimentell)**

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Gegenwart:

- **Die Gegenwart dauert ca. 3 Sekunden.**
(Augenbewegungen, Sprachrhythmus, Verse, Musikmotive)
- **Arbeitstakte im Gehirn: $1/30'000$ s (zeittote Zone) zur Definition elementarer Ereignisse und in denen Informationen zwischen den Neuronen ausgetauscht werden**
- **3 s Gegenwartsbewußtsein, Formung des Kurzzeitgedächtnisses (8-10 s)**
- **Phonologischer Speicher: 1.5 - 2 s**

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Das Unvermögen, die Zeit als etwas Fließendes wahrzunehmen, ist allerdings in Wirklichkeit ein genialer Datenverarbeitungstrick unseres Gehirn. Es kann damit Eindrücke, die mit zeitlicher Verschiebung eintreffen, zu einem einheitlichen Bild kombinieren. Unsere Nervenfasern brauchen Zeit, um die eingehenden Reize zu leiten und zu verarbeiten. Da aber in unsrem Gehirn neben Nervenreizen auch Hormone und andere Stoffe eine Rolle spielen, kommt noch eine weitere Komponente hinzu: das Gefühl. Zeit ist damit mehr als nur der meßbare Takt des Lebens: Zeit ist auch eine subjektive Empfindung.

(Ernst Pöppel, 3Sat)

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

Zeit wird zur Mangelware.

Die Zeit der Gegenwart ist für den Menschen nicht mehr selbstbestimmt.

Zeit ist nicht nur Kulturgut und sozialer Faktor, sondern auch Geld geworden. Damit wird Zeit zur Handelsware.

Der Mensch hat sein naturgegebenes Lebenstempo überschritten.

Während die anderen Organismen, die mit uns den Planeten teilen, unser Problem mit dem Mangel an Zeit nicht haben, werden wir wohl, um überleben zu können, uns unseren inneren Zeitgebern wieder mehr zuwenden müssen.

Die Eigenart der Zeit

8. Erlebte Zeit und innere Uhr

**Denn der Mensch ist trotz seiner Variabilität auf den Tag,
den Monat und das Jahr programmiert.**

Die Eigenart der Zeit

Gliederung

1. Einführung
2. Eine kurze Geschichte der Zeit
3. Zeiteinheit und Zeitmaße
4. Moderne Zeitbestimmung
5. Zeit in der Physik
6. Zeit im Universum
7. Imaginäre Zeit
8. Erlebte Zeit und innere Uhr
9. Gibt es keine Zeit?

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Zeit ist nicht absolut; hat sie als physikalische Größe absoluten Charakter?

Newton definiert Zeit über die Trägheit und betrachtet sie als absolute Größe.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Zeit ist nicht absolut; hat sie als physikalische Größe absoluten Charakter?

In Einsteins Relativitätstheorie hängt sie am Gravitationspotential.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Zeit ist nicht absolut; hat sie als physikalische Größe absoluten Charakter?

In der Quantenmechanik ist ihre Richtung umkehrbar.

Die Verbindung von Relativitäts- und Quantentheorie führt zur Zeitlosigkeit. Beobachtbare Bewegungsbahnen entstehen erst durch Dekohärenz quantenphysikalischer Systeme mit ihrer Umgebung.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Zeit ist nicht absolut; hat sie als physikalische Größe absoluten Charakter?

Zeit kann auch als Maß der Veränderung betrachtet werden, denn alles was sich verändert, hängt mit Umwandlungen von Energie zusammen. Die Entropie bestimmt die Irreversibilität und damit den Zeitpfeil.

„Eine leere Zeit, in der nichts passiert, ist nicht identifizierbar.“ (Eisenhardt)

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Paradoxien zur Zeit

Zeit ist ein Maß für den Ablauf der Veränderungen der physischen Welt unter dem Einfluß (un-) bekannter physikalischer Gesetze.

Es gibt keinen Anlaß, anzunehmen, daß dieser Ablauf gleichförmig und unabhängig von den Veränderungen selbst abläuft. Somit gibt es auch keinen Anlaß, anzunehmen, daß die Zeit als Maß gleichförmig und unabhängig abläuft.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Paradoxien zur Zeit

Es gibt kein „erstes“ Ereignis nach dem Urknall.

Da es immer einen Zeitpunkt gibt, der näher liegt als der eines „ersten“ Ereignisses, kann ein solches nicht definiert werden. Außerdem kann ein erstes Ereignis nicht näher als die Länge der Planck-Zeit am Urknall liegen.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Paradoxien zur Zeit

Würden wir es merken, wenn die Zeit plötzlich stehen bliebe?

Nein – es ließe sich nicht beweisen.

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

Paradoxien zur Zeit

Die Existenz einer Vergangenheit ist nicht beweisbar.

Für einen Beweis müßte die Vergangenheit experimentell wiederholbar sein.

Die Existenz einer Zukunft ist ebenfalls nicht beweisbar.

*Wer kann sicher beweisen,
daß eine Zukunft wirklich stattfinden wird?*

Die Existenz der Gegenwart ist auch nicht beweisbar.

Wie will man etwas experimentell beweisen, das bereits vorbei ist, wenn das Experiment startet?

Die Eigenart der Zeit

9. Gibt es keine Zeit?

„Um ehrlich zu sein, weder die Wissenschaftler noch die Philosophen wissen wirklich, was die Zeit ist oder warum es sie gibt.“ (Paul Davies)

Ich habe die Hoffnung, die letzten Stunden bleiben für Sie identifizierbar!