

I. Überblick

II. Astronomische Grundlagen Himmelskörper-Bewegungen

III. Kalendarische Probleme Abgleiche

IV. Solarkalender ägypt., jul., greg.

V. Lun(isol)arkalender babyl., jüd., islam.

VI. Kalenderuhren Antikythera-Mechanismus

VII. Finsternisberechnung

Alfred Holl

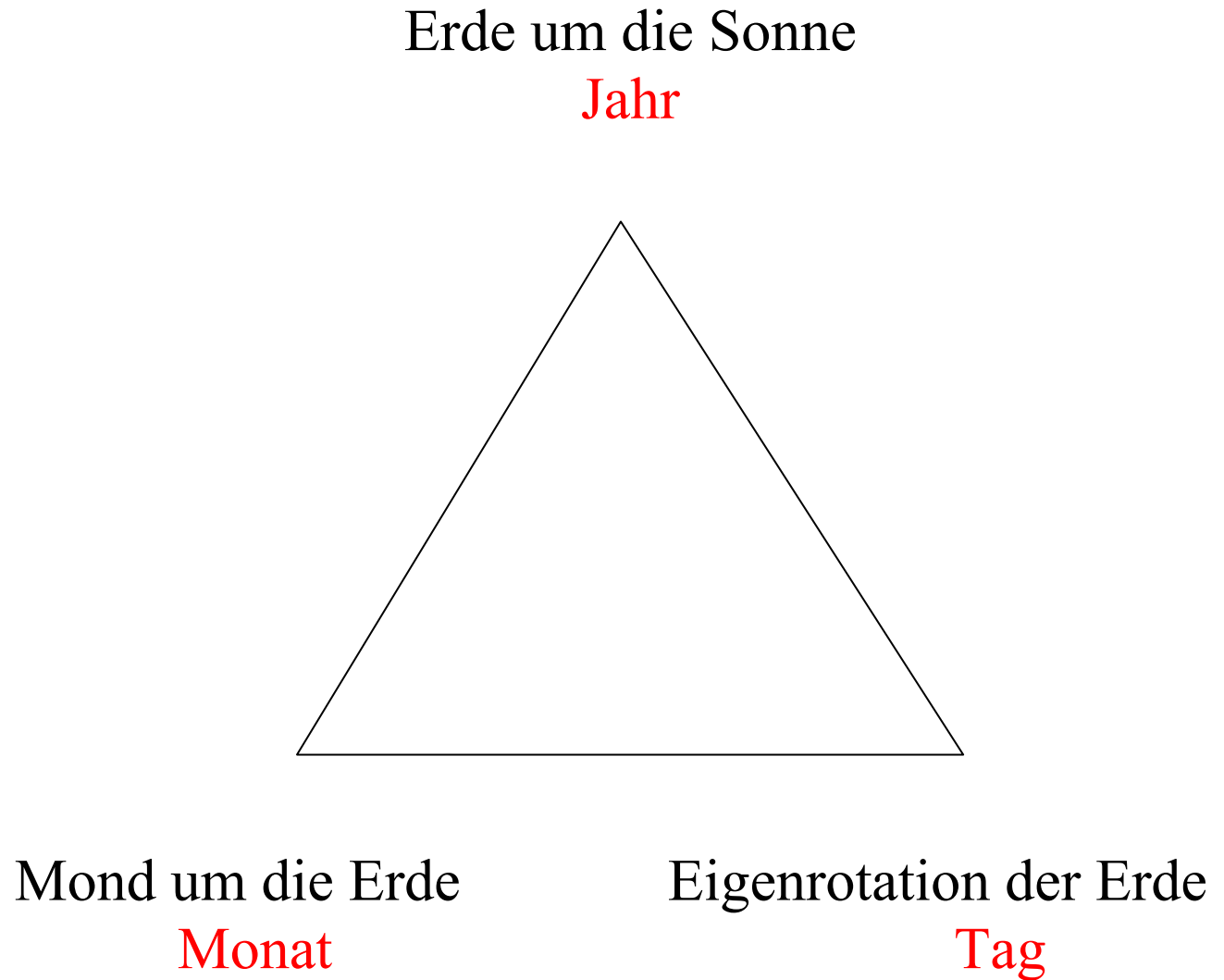
Das Quadrivium im Mittelalter

Teil 4: Kalenderrechnung, Computistik
Astronomische Grundlagen und Geschichte

(Die Regensburg-Prüfeninge Fassung
von al-Khwarizmis *Liber ysagogarum*)

I. und II. Überblick

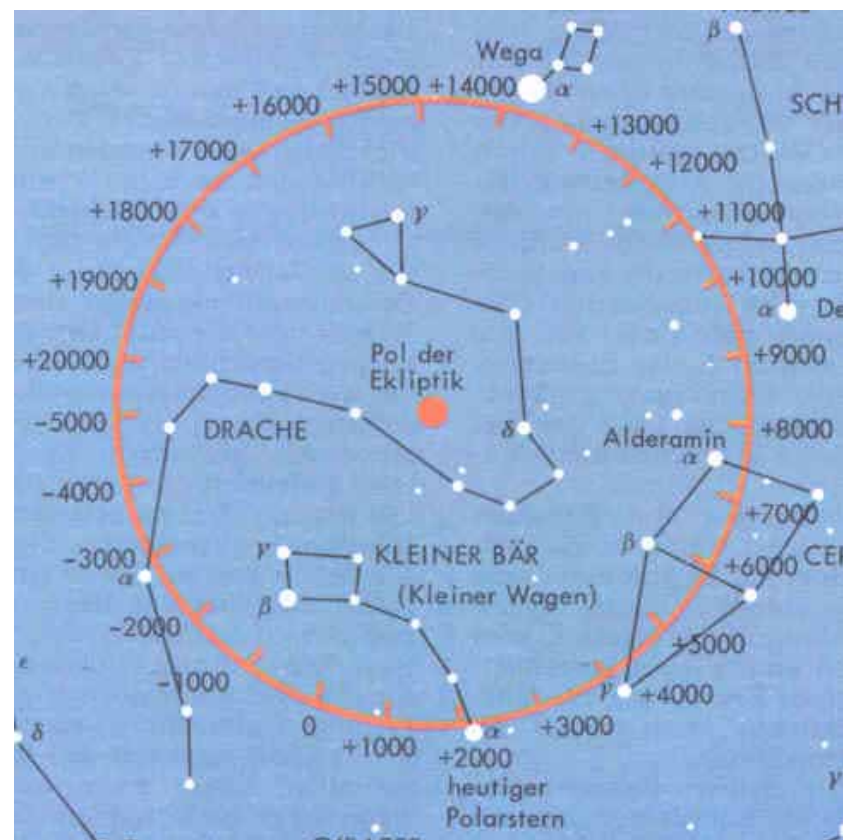
Drei
konkurrierende
inkompatible
ganzzahlig inkommensurable
Maße



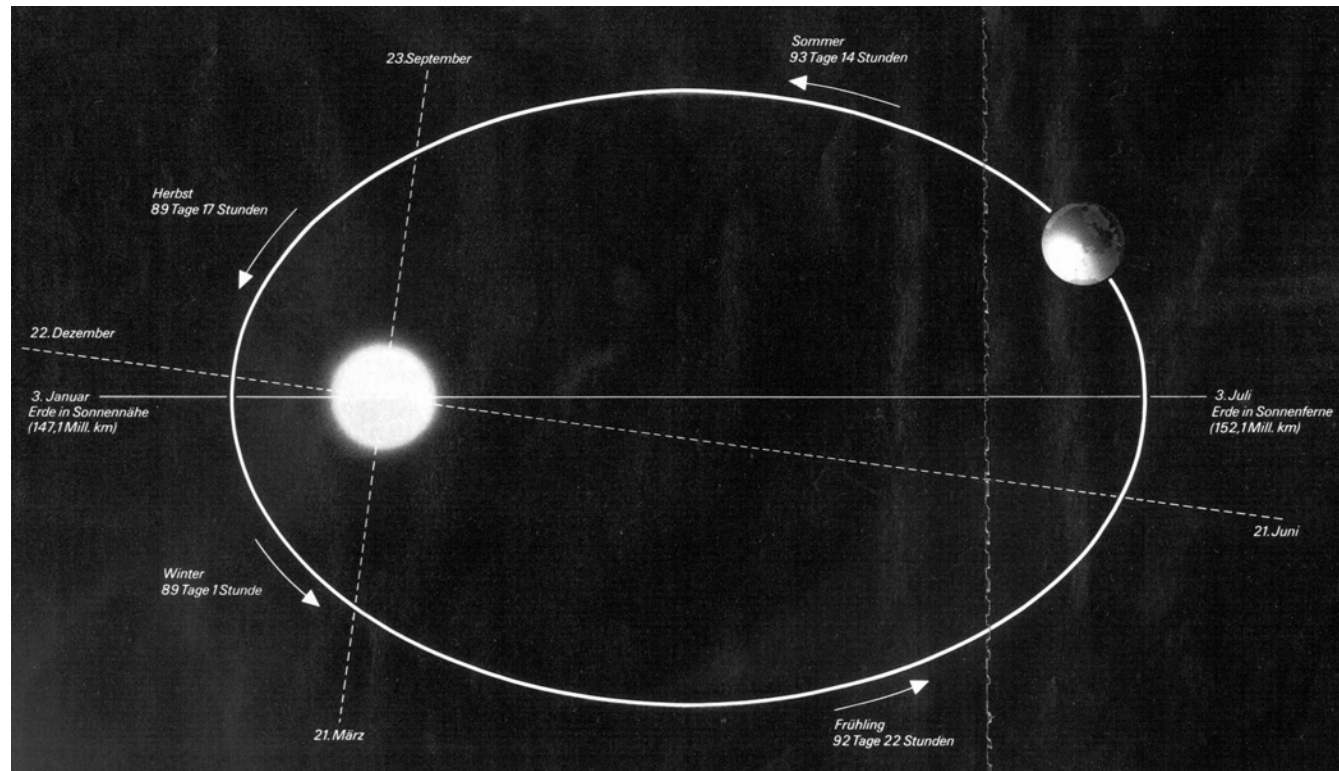
II.1 Erde um die Sonne: Jahr

Siderisches Jahr = 365,25636 d

Tropisches Jahr = 365,24220 d
= 31.556.926 s



(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 62)

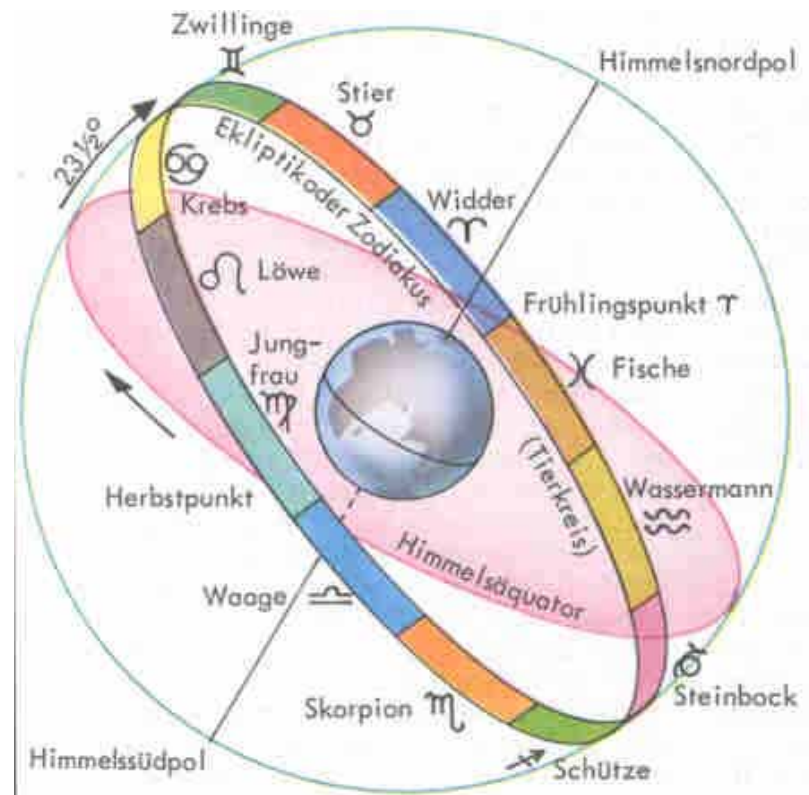


(BdW 1978, 1)

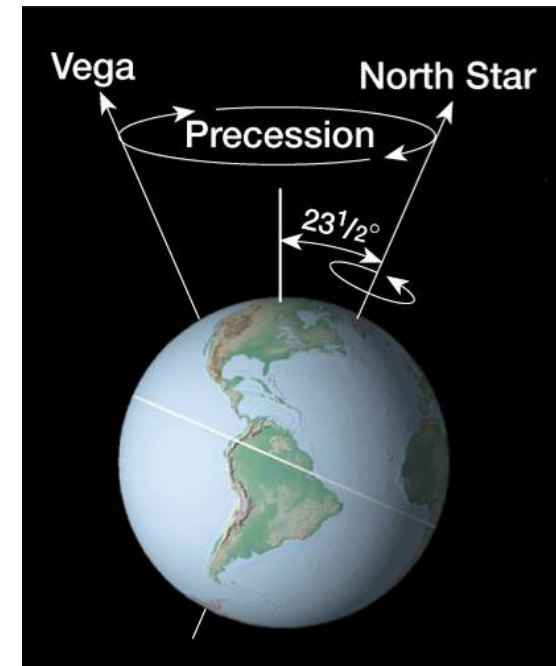
Frühlingspunkt (Frühlings-Äquinoktien)

Tropisches Koordinatensystem und **Präzession**
bewegen sich im Uhrzeigersinn (Blick von N)
entgegen Rotation und Umlaufrichtung

II.1 Jahr, Jahreszeiten, Tierkreis



(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 40)



Jahreszeiten bestimmt durch Neigung der Erdachse
(**Solstitialpunkte, Äquinoktialpunkte**)
nicht durch Sonnenabstand!

Große Halbachse =
mittlere Entfernung: 149,6 Mio km (1 AE)
Entfernung im Perihel: 147,1 Mio km
Entfernung im Aphel: 152,1 Mio km
Bahnexzentrizität $1/a \cdot \sqrt{(a^2 - b^2)}$: 0,017

II.2 Mond um die Erde: Monat

Siderischer Monat

27d 7h 43m 11,5s

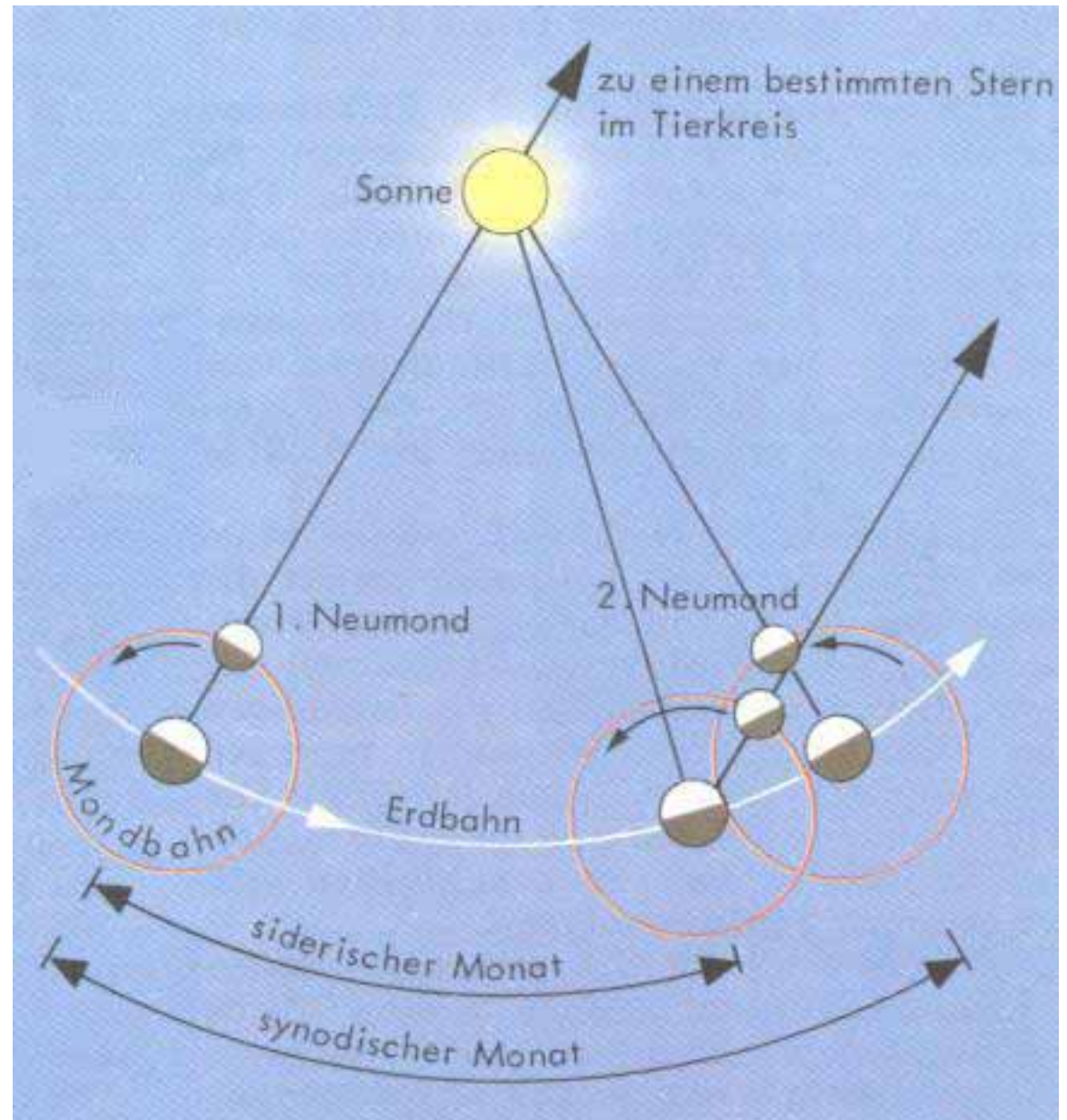
Synodischer Monat

29,53059 d =

29d 12h 44m 2,9s $\approx$

2.551.443 s

Mond entfernt sich von der Erde, wird langsamer (Kepler 3)
Siderischer Monat wird in 100 Jahren um 38 ms länger
Drehmomentverlust durch Gezeitenreibung
(SdW 2007, 10)



(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 40)

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Mittlerer Sonnentag

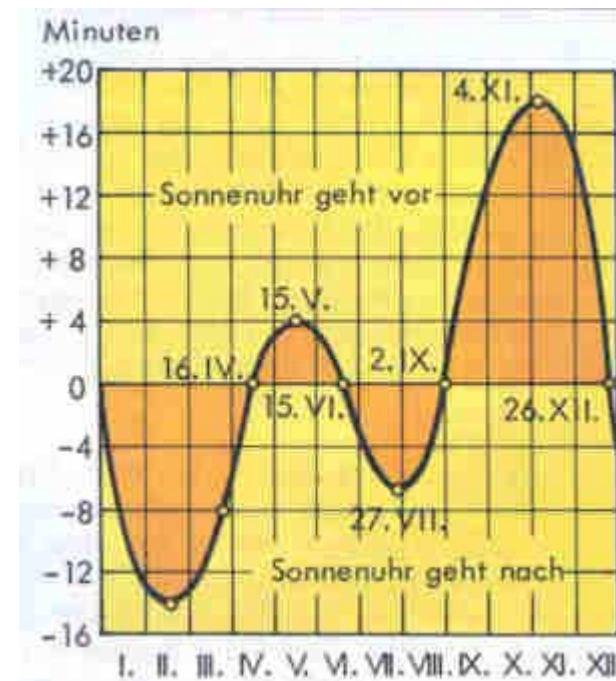
Idealtypisch
Gleichförmige (scheinbare)
Bewegung der Sonne
entlang des Himmelsäquators

Zeitgleichung

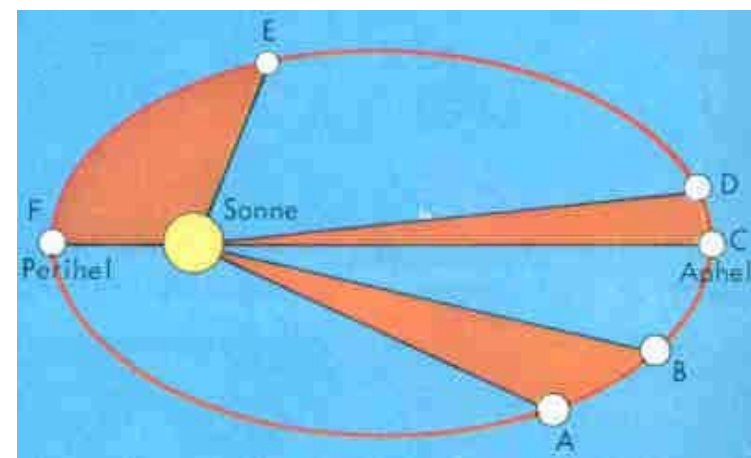
bestimmt durch:

1. Wechselnde Geschwindigkeit
auf Ellipsenbahn
2. Keplersches Gesetz
(Flächensatz)
2. Neigung der Erdachse

Sterntag: 360° -Drehung:
23h 56m 4,091s



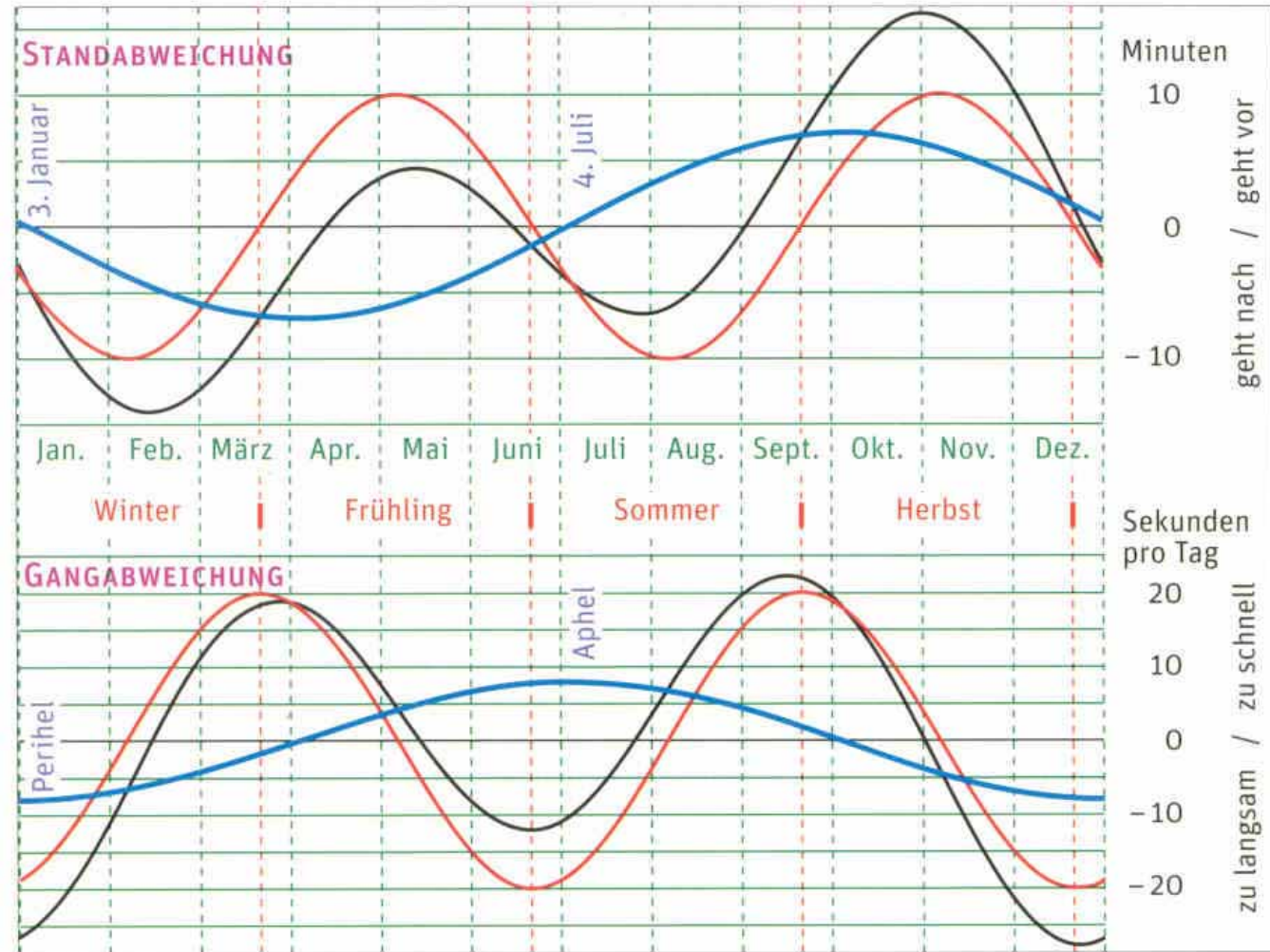
Zeitgleichung: wahre vs. mittlere Sonnenzeit (dtv-Atlas, 1987, 48)



2. Keplersches Gesetz (dtv-Atlas Astronomie, 1987, 56)

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Zeitgleichung



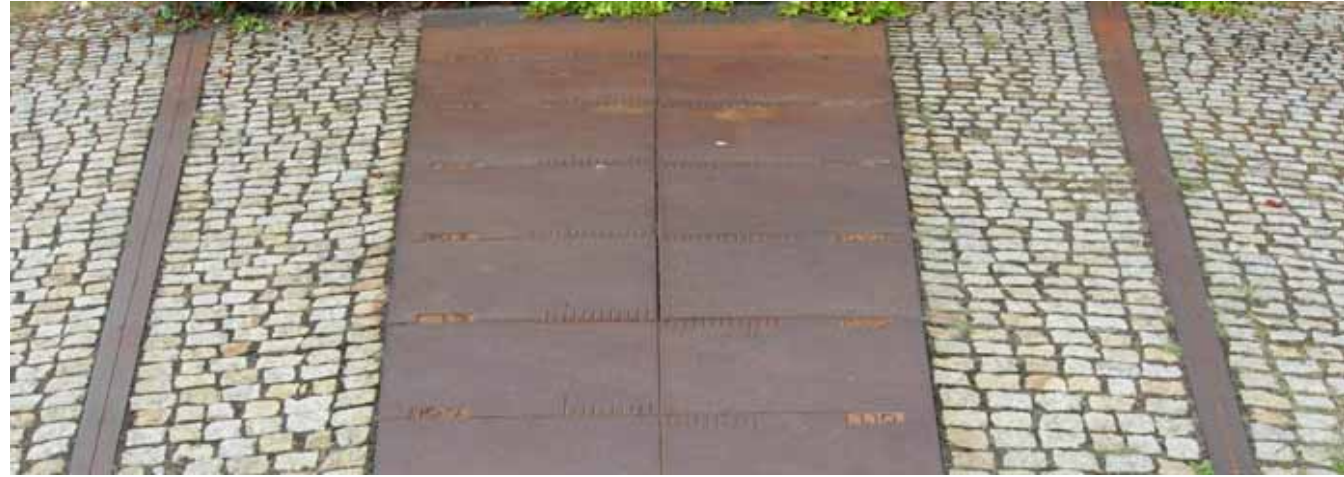
Schwankungen: blau Kepler 2, rot Neigung der Erdachse
(SdW 2009, 4)

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Zeitgleichung Analemma



Sonnenuhr in der Fundamentalstation
Wettzell



II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

DATA	CORR (MIN)	DATA	CORR (MIN)
GENNAIO	1 + 9 15 + 15	LUGLIO	1 + 9 15 + 12
FEBBRAIO	1 + 20 15 + 20	AGOSTO	1 + 12 15 + 11
MARZO	1 + 19 15 + 15	SETTEMBRE	1 + 6 15 + 12
APRILE	1 + 10 15 + 6	OTTOBRE	1 - 4 15 - 8
MAGGIO	1 + 3 15 + 2	NOVEMBRE	1 - 10 15 - 9
GIUGNO	1 + 4 15 + 6	DICEMBRE	1 - 5 15 + 1

Ätna-Meridian 15° öL
 Ancona 13,5° öL
 1,5° ≡ 6 min



„Ohne Sonne schweige ich“
 Tafel an der Universität Ancona

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Sonnensekunde:

1 / 86.400

des mittleren Sonnentags

Ephemeridensekunde (1960):

1 / 31.556.925,9747

des tropischen Jahres 1900

Atom- / SI-Sekunde (1967):

9.192.631.770 · Periodendauer der Emissionsstrahlung beim Übergang zwischen zwei Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustands ($n=1$) von Cs133 (Sekundenlänge orientiert sich an Werten des 19. Jh.)

Coordinated Universal Time UTC (1972)

Basis von Zonenzeiten

Kompromiss TAI-UT

Schaltsekunden (seit 1972 am 31.12.) für langsamere Erdrotation halten Differenz zu UT1 kleiner als 0,9s

UTC-TAI = -34s (2010)

Internationale Atomzeit TAI (1968)

zählt Atomsekunden

TAI-TDT=-32,184s def.

Universal Time

UT, UT1 (1928)

mittlere Ortszeit von Greenwich

Sekundenänderung für langsamere Erdrotation

UT1 bereinigt

um Einflüsse der Polschwankungen

Terrestr. Dynamic Time TDT (1984)

Nachfolger der

Ephemeridenzeit ET (1960) bereinigt um relativist. Effekte der Atomzeit-Messung

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Der Tag wird
pro Jh. um 1,7 ms länger,
pro Jahr um 17 μs ,
pro Tag um 46,6 ns.

durch Gezeitenreibung und
andere kleinere Effekte
(stärker in Warmzeiten:
höherer Meeresspiegel)
feststellbar über
historische Finsternisse
(1 Std. Abweichung =
15 Längengrade)

(SdW 1999, 8 und 2007, 10)

Vergleich derzeit $\Delta T = \text{TDT} - \text{UT}: > 65 \text{ sec}$

Gesamtabweichung ggü. Bezugsjahr 1900 =
Durchschnittliche Abweichung pro Tag
(arithm. Mittel) $\cdot$ Anzahl Tage =
 $\frac{1}{2} \cdot \text{maximale Abweichung pro Tag} \cdot \text{Anzahl Tage}$

10a:

$$\frac{1}{2} \cdot 10\text{a} \cdot 17 \mu\text{s/a} \cdot 10 \cdot 365 \approx 0,32 \text{ s}$$

100a:

$$\frac{1}{2} \cdot 100\text{a} \cdot 17 \mu\text{s/a} \cdot 100 \cdot 365 \approx 32 \text{ s}$$

1000a:

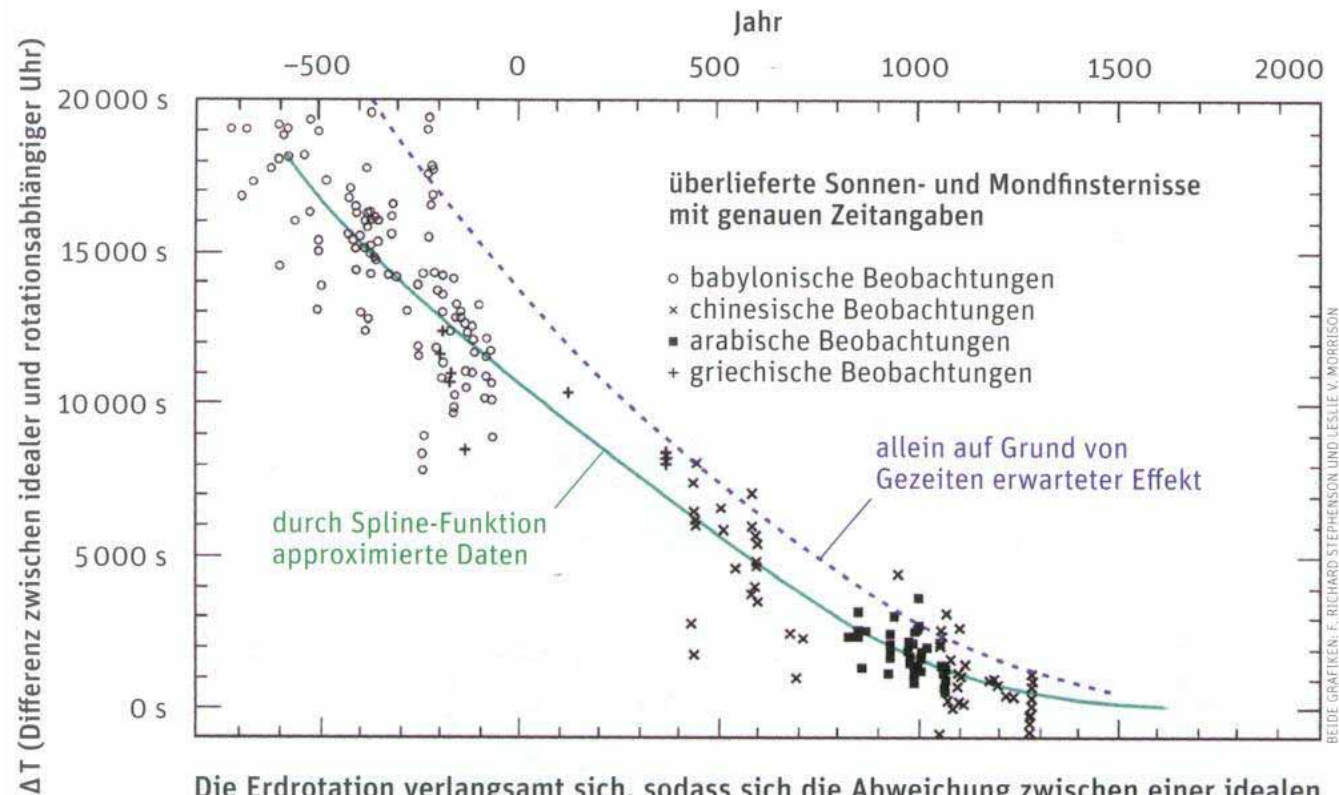
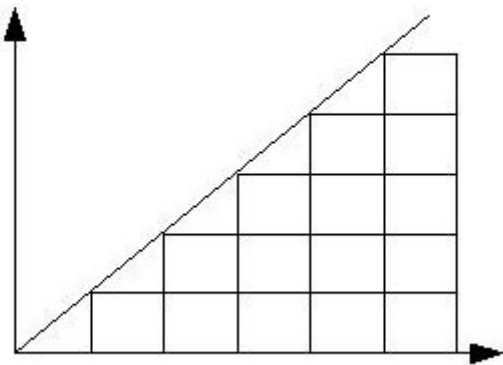
$$\frac{1}{2} \cdot 1000\text{a} \cdot 17 \mu\text{s/a} \cdot 1000 \cdot 365 \approx 3200 \text{ s} \approx 0,9 \text{ h}$$

3000a:

$$\frac{1}{2} \cdot 3000\text{a} \cdot 17 \mu\text{s/a} \cdot 3000 \cdot 365 \approx 28000 \text{ s} \approx 7,8 \text{ h}$$

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

Abweichung pflanzt sich fort,
also vom Quadrat der Zeit
abhängig (Integral)



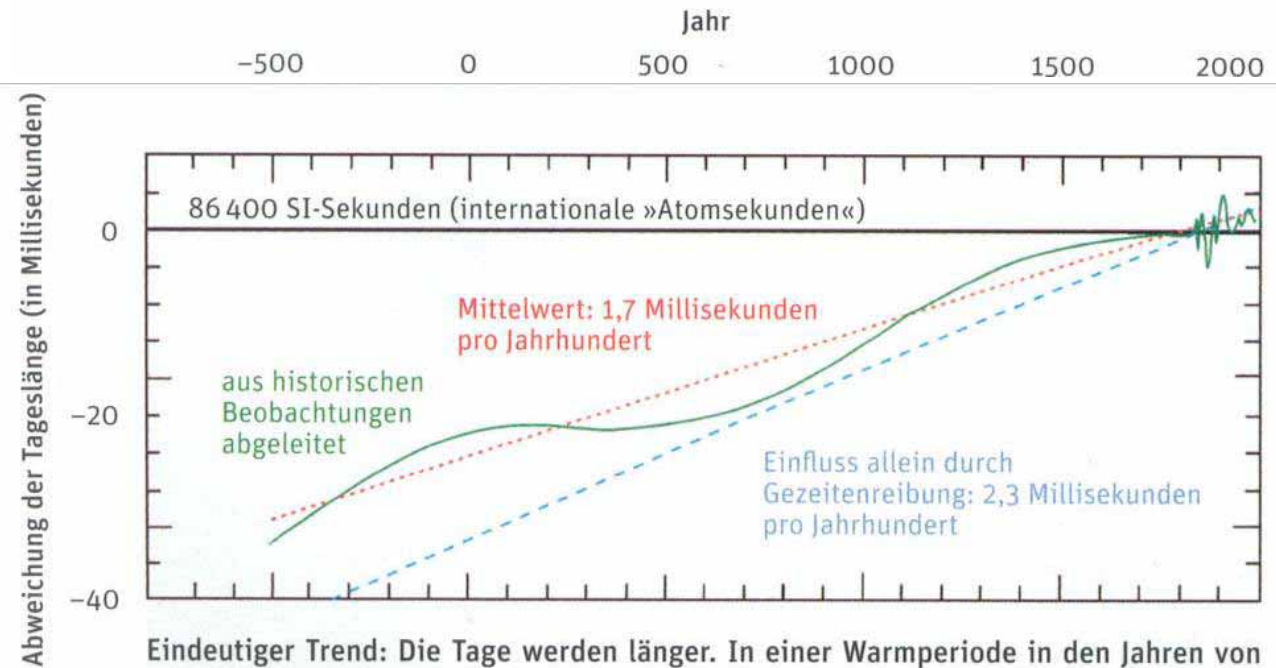
Die Erdrotation verlangsamt sich, sodass sich die Abweichung zwischen einer idealen und einer rotationsabhängigen Uhr verändert. Die grüne Kurve nähert die Daten an und berücksichtigt auch Informationen, die sich aus Finsternissen ohne genaue Zeitangaben ergeben. Die Bremswirkung allein durch die Gezeitenreibung (gestrichelte Kurve) wird durch gegenläufige Effekte offenbar abgemildert.

(Stephenson, R., SdW 2007, 10)

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag



Sonnenfinsternis 15.04.136 v.Chr.
(SdW 1999, 8)



Eindeutiger Trend: Die Tage werden länger. In einer Warmperiode in den Jahren von 900 bis 1300 geschah dies sogar besonders schnell. Die grüne Kurve ist aus historischen Daten abgeleitet, der Mittelwert (rote Linie) der Zunahme der Tageslänge liegt bei 1,7 Millisekunden pro Jahrhundert. Allein aus den Gezeitenwirkungen (blau) würden sich 2,3 Millisekunden pro Jahrhundert ergeben. Werte aus der Zeit nach 1600 verdanken wir hauptsächlich teleskopischen Beobachtungen von Sternbedeckungen durch den Mond. Die starken Schwankungen, die mit modernen Methoden in neuerer Zeit gemessen wurden, traten vermutlich auch früher auf, beweisen lässt sich dies allerdings nicht mehr.

(Stephenson, R., SdW 2007, 10)

II.3 Eigenrotation der Erde: Tag

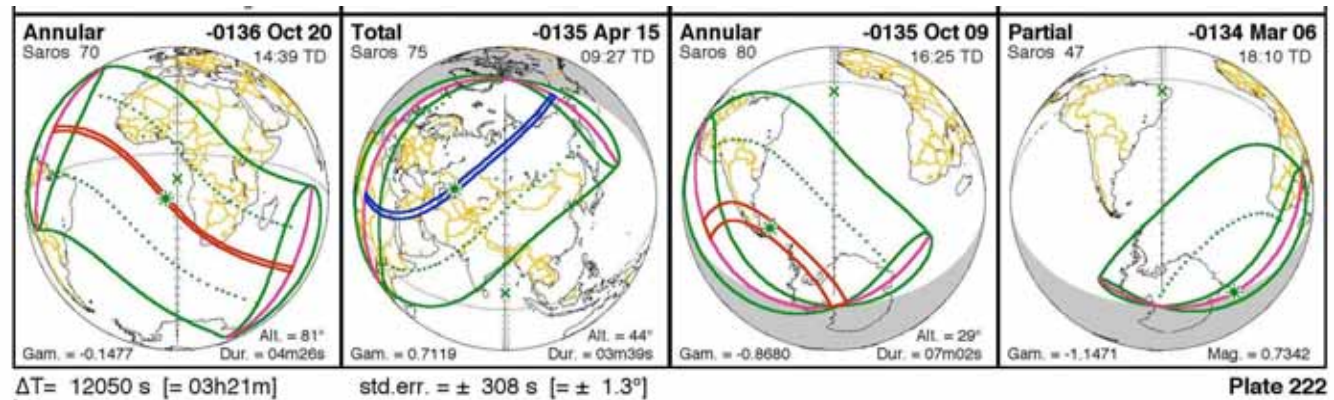


Plate 222

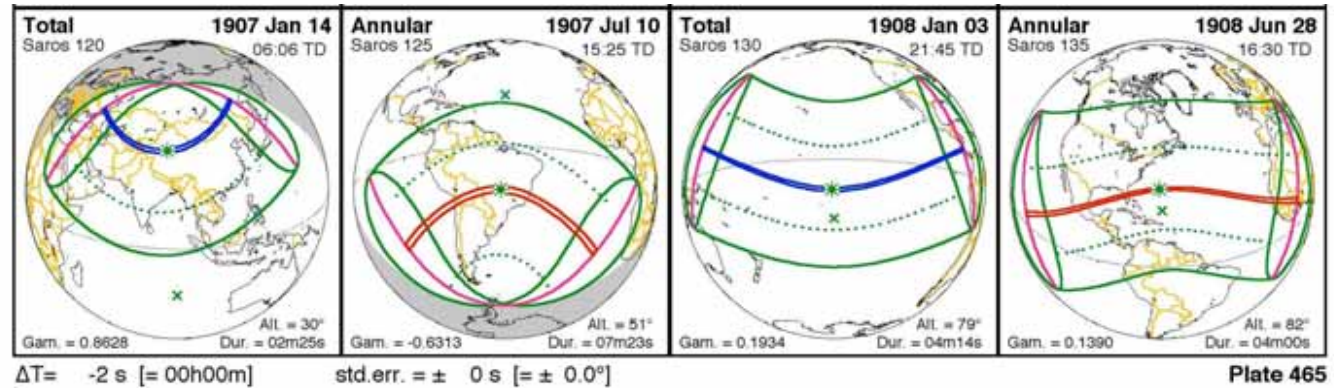


Plate 465

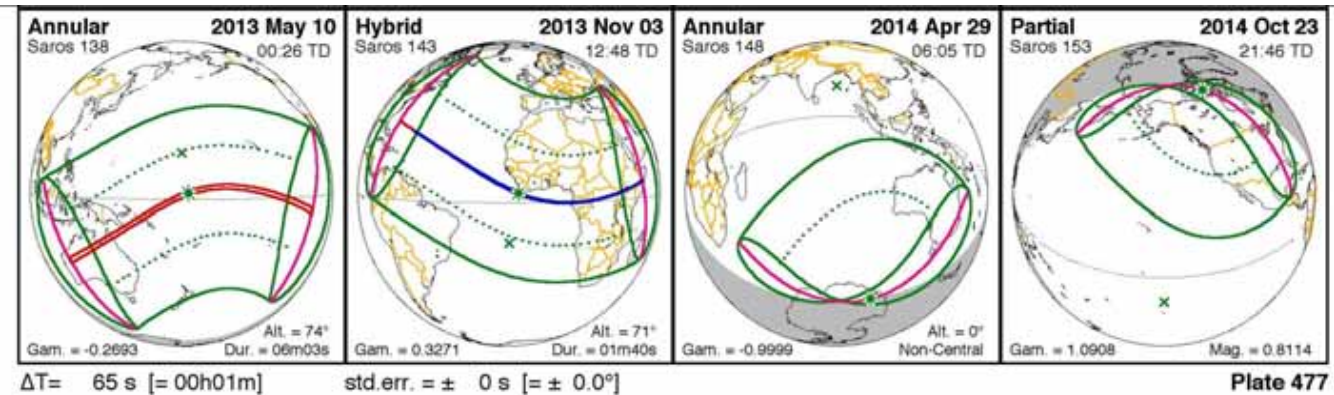


Plate 477

NASA,
Five millennium catalog of solar eclipses
(eclipse.gsfc.nasa.gov/SEpubs/5MCSE.html)

III.1 Abgleich Jahr – Monat

1 tropisches Jahr =
12,36827 synodische Monate

12 synodische Monate =
354,36708 d =
354d 8h 48m 35,7s

1. Nur Mondbewegung ohne Sonnenbewegung
Lunarkalender: Mondmonat $\approx$ Kalendermonat
(Mond-)Gemeinjahr: $(29+30) \cdot 6 = 354$ Tage
islamisch (11694 d $\approx$ 32 a)

2. Nur Sonnenbewegung ohne Mondbewegung
Solarkalender: Mondmonat $\neq$ Kalendermonat
(Sonnen-)Normaljahr: 365 Tage
Unterschiedliche, unabhängige Monate 28-31 d
Schaltjahre mit Schalttag
(ägyptisch,) julianisch, gregorianisch

3. Mondbewegung und Sonnenbewegung
Lunisolarkalender: Mondmonat $\approx$ Kalendermonat
Mond-Gemeinjahr; Schaltjahre mit Schaltmonat
babylonisch-frühgriechisch (2922 d $\approx$ 8 a),
Meton (6940 d $\approx$ 19 a), jüdisch (6940 d $\approx$ 19 a)

III.1 Abgleich Jahr – Monat

schon in babylon. Zeit bekannt

bis heute zur kirchlichen
Osterdatumsberechnung

1 tropisches Jahr = 365,24220 d

1 synodischer Monat =

29,53059 d

1 tropisches Jahr =

12,36827 synodische Monate

Zyklus von Meton (432 v.Chr.)

19-Jahres-System (*Enneakaidekaeteris*)

mit 6940 Tagen (= 19 Meton-Jahre):

12 Jahre à 12 Monate, 7 Jahre à 13 Monate

125 Monate à 30 Tage, 110 Monate à 29 Tage

Näherung: 19 tropische Jahre

≈ 235 synodische Monate

(Fehler ≈ 2,5 h)

≈ 254 siderische Monate

1 Meton-Jahr = $6940/19$ d =

$365 \frac{5}{19}$ d = 365,263 d

1 Meton-Monat = $6940/235$ d =

$29 \frac{125}{235}$ d = **29,532 d**

1 Meton-Jahr = $235/19 = 12 \frac{7}{19} =$

12,3684 Meton-Monate

III.2 Abgleich Jahr – Tag

1 (tropisches Sonnen-)Jahr =
365,24220 d

(Sonnen-)Normaljahr
365 Tage

12 synodische Monate =
354d 8h 48m 35,7s

(Mond-)Gemeinjahr
354 Tage

In beiden Fällen:
Schaltjahre mit Schalttagen

III.3 Abgleich Monat – Tag

1 synodischer Monat =
29,53059 d =
29d 12h 44m 2,9s

Schalttage

Frühgriech. Monate mit 29 / 30 Tagen im Wechsel
29 Tage: *koilos* (hohl); 30 Tage *plēres* (voll)

islamisch, jüdisch

III.4 Monatseinteilung

1 synodischer Monat =
29,53059 d =
29d 12h 44m 2,9s

Verschiedene Einteilungen eines Monats

2 Teile: zunehmend, abnehmend (frühgriech.)

3 Teile: Dekaden (frühgriech.)

4 Teile: ~ 4 Mondphasen / -viertel (babyl.)

→ Woche

altröm. Woche: *nundinum* mit 8 Tagen

Griechen übernahmen 7-Tage-Woche von den
Babyloniern

Wochentage gezählt, keine eigenen Namen

7-Tage-Woche auch ägyptisch und jüdisch

Samstag = Sabbat = 1. ägypt. Wochentag

III.4 Monatseinteilung: Woche

Planeten- / Götternamen

Regent des Tages (24 h) =
Regent der ersten Tagesstunde
Aus der ägyptischen Astrologie,
später röm. (spät. 3. Jh. n.Chr.)
Beginnt mit Saturn
am 1. ägypt. Wochentag

Mond

Merkur

Venus

Sonne

Mars

Jupiter

Saturn

Reihenfolge der scheinbaren
Geschwindigkeiten ???

28

Der Planetenstund.

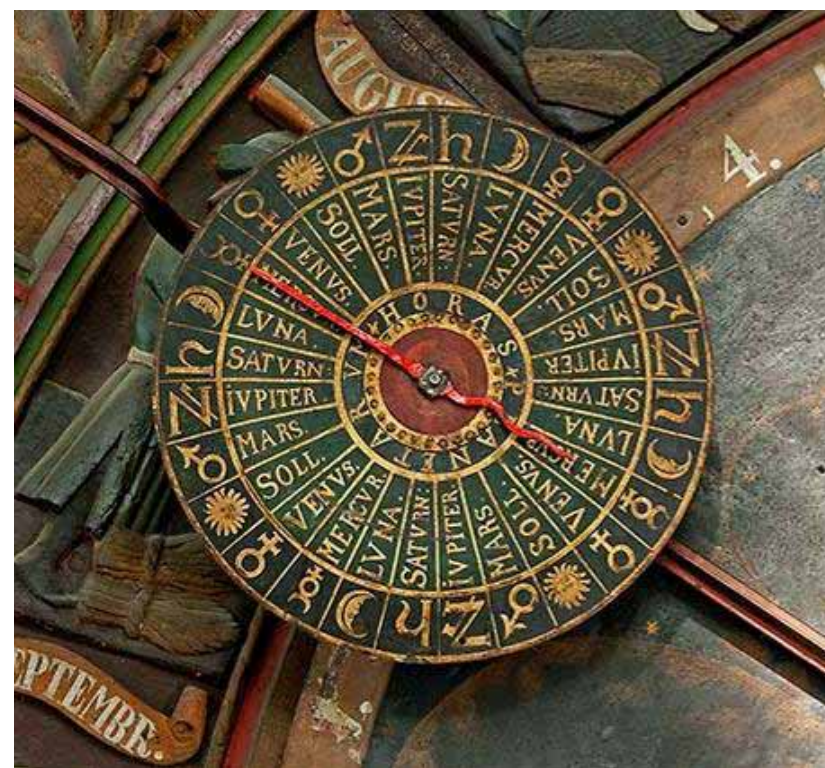
Cap. iij.

Stu	Sant.	Mont.	Dienst.	Mitwoch.	Donerst	Freit.	Sampst
1	Sonne	Mon	Mars	Mercurius	Jupiter	Venus	Saturn
2	Venus	Satur	Son	Mon	Mars.	Mer.	Jupiter
3	Merc.	Jupit.	Venus.	Saturnus	Sun	Mon	Mars.
4	Mon	Mars	Merc.	Jupiter	Venus	Satur.	Son.
5	Satur.	Son	Mon	Mars	Mercur.	Jupit.	Venus.
6	Jupit.	Venus	Satur.	Son	Mon	Mars	Mercu
7	Mars	Merc.	Jupit.	Venus	Saturn.	Sonn.	Mone.
8	Son.	Mon.	Mars	Mercurius.	Jupiter.	Venus.	Saturn
9	Venus.	Satur	Son.	Mon	Mars	Merc.	Jupiter
10	Mercu.	Jupit.	Venus	Saturnus	Son	Mon.	Mars
11	Mon	Mars	Merc.	Jupiter	Venus	Satur.	Son.
12	Satur.	Son	Mon	Mars	Mercur.	Jupit.	Venus
13	Jupit.	Venus	Satur.	Son.	Mon	mars	mercu
14	mars	mercu.	Jupiter	Venus	Satur.	Son	mon
15	son	mon	mars	mercurius	Jupiter.	Venus.	saturn
16	Venus	saturn.	son	mon	mars	mercur	Jupi
17	mercur.	Jupit	Venus.	saturnus	sonn	mon	mars.
18	mon	mars	mercur.	Jupiter	Venus	saturn.	son.
19	saturn.	son	mon	mars	mercur.	Jupit.	Venus
20	Jupiter	Venus	saturn.	son	mon	mars	mercuri
21	mars	mercu.	Jupiter	Venus	saturnus	son	mone.
22	son	mon	mars	mercurius	Jupiter	Venus.	saturnu
23	Venus	saturn.	son	mon	mars	mercu.	Jupite
24	mercu.	Jupit.	Venus.	saturnus.	son	mon	mars

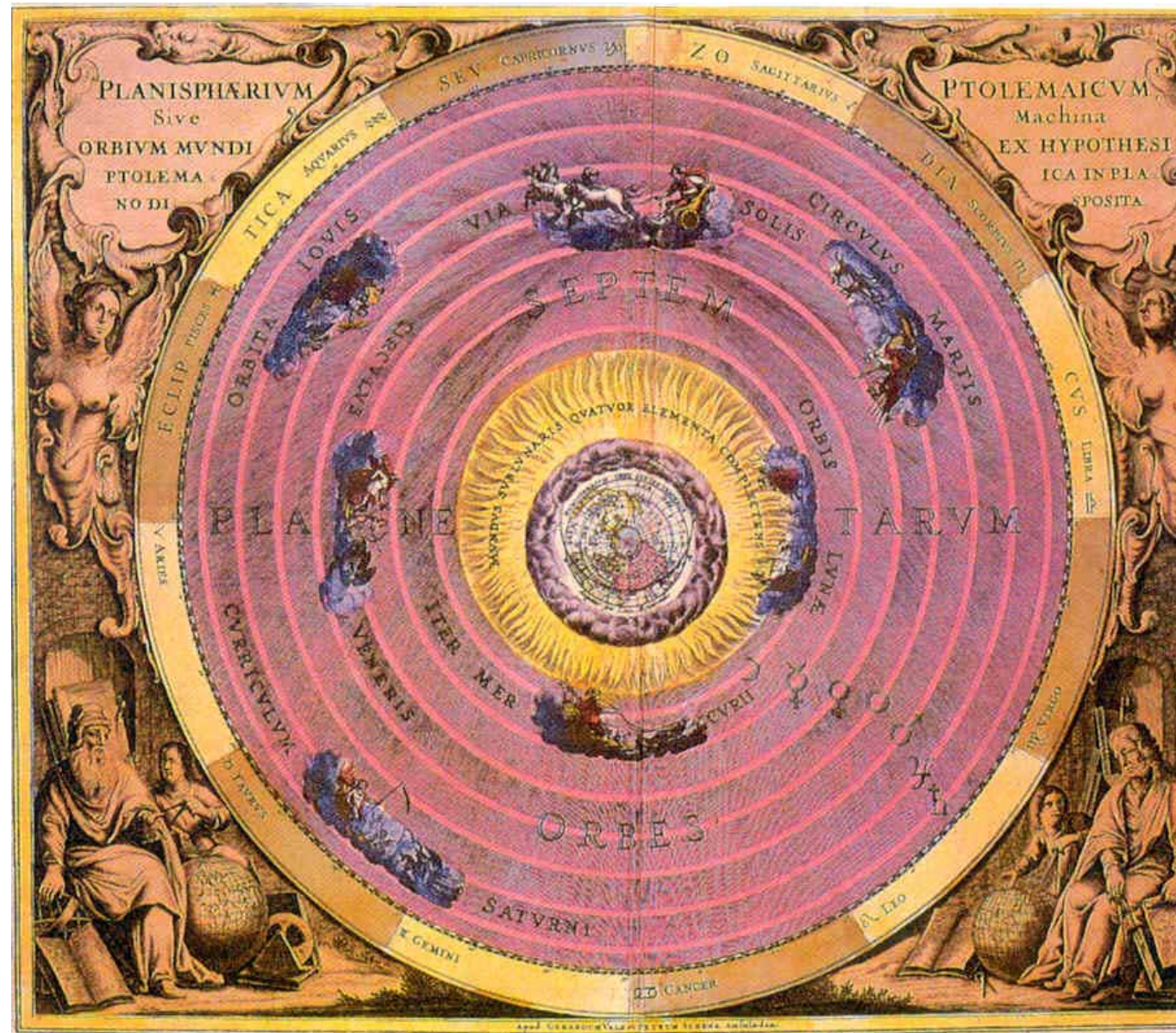
In dieser tafel findestu/was für ein Planet in jeder stund/tag oder nacht regiere. Den tag zurechnen von aufgang bis gen nidergang der Sonnen. Desgleichen mit der nacht/von nidergang bis auffgang der Sonnen/jegliche almal/es sei Winter oder Sommer/in zwölff stunden züteylen/onangesehen wie kurz oder lang die stunden werden. Also heben die Astronomi den tag an.

(Regiomontan, Kalender, Strassburg 1532)

III.4 Monatseinteilung: Woche



Stundenregenten, Astronomische Uhr,
Marienkirche Rostock, 1472

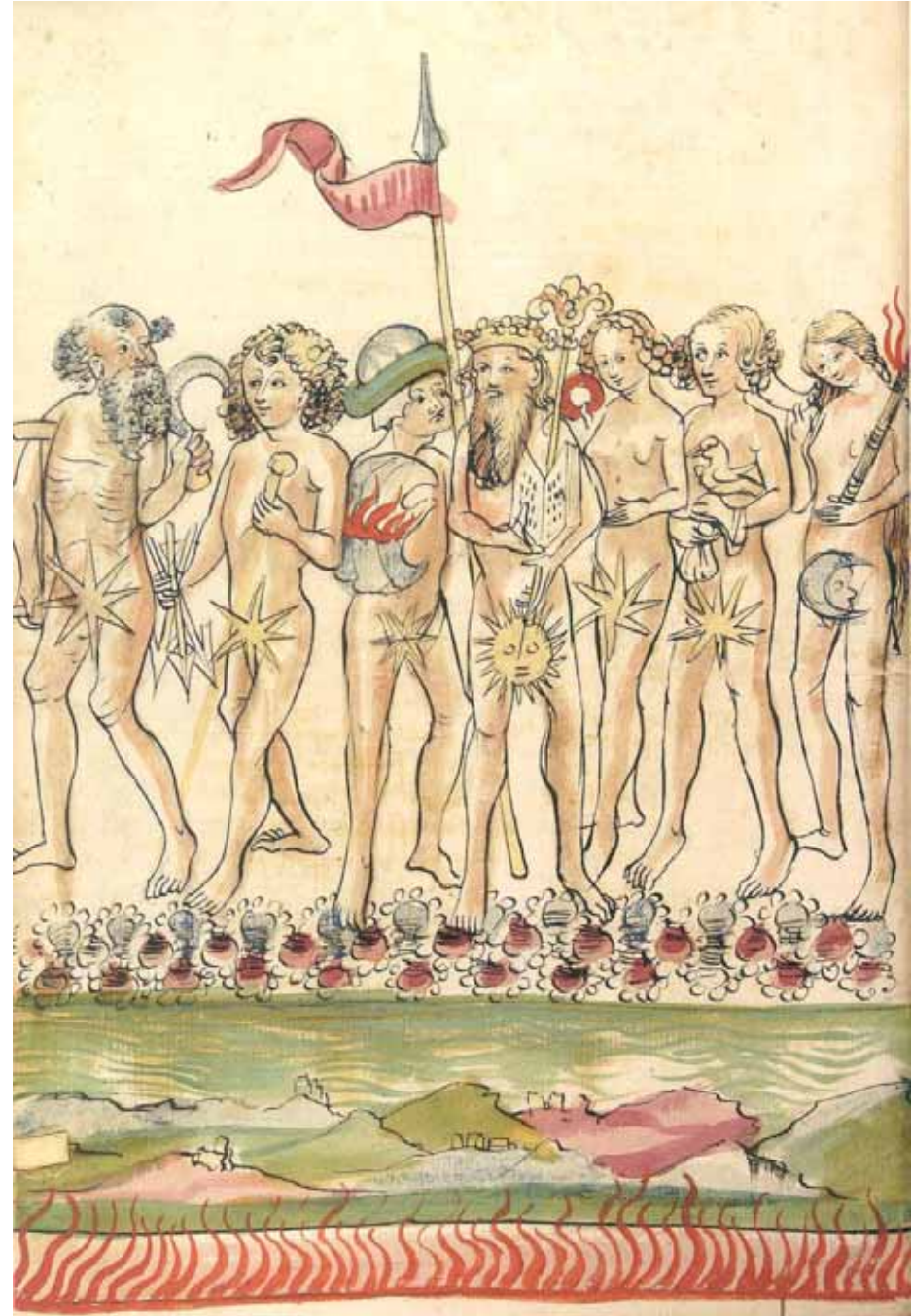


Andreas Cellarius 1708 (BPK Berlin)

III.4 Monatseinteilung: Woche

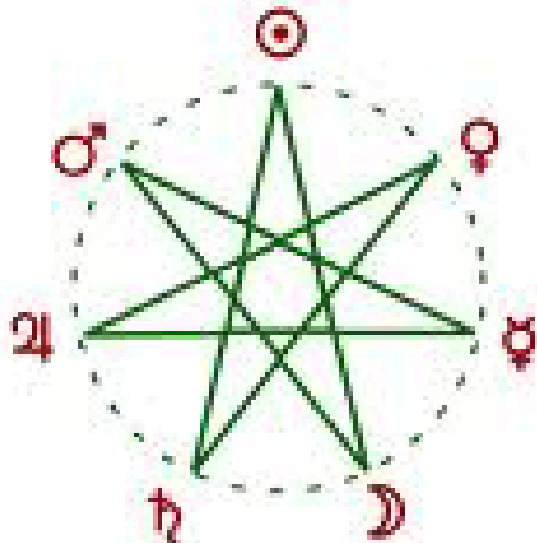
Saturn
Jupiter
Mars
Sonne
Venus
Merkur
Mond

Lauber, Diebold (vor 1427 – nach 1471),
Schreiberwerkstatt, Hagenau im Elsass,
Von den Himmeln, den sieben Planeten und
vier Elementen,
UB Heidelberg, Cod. Pal. Germ. 300, 36v

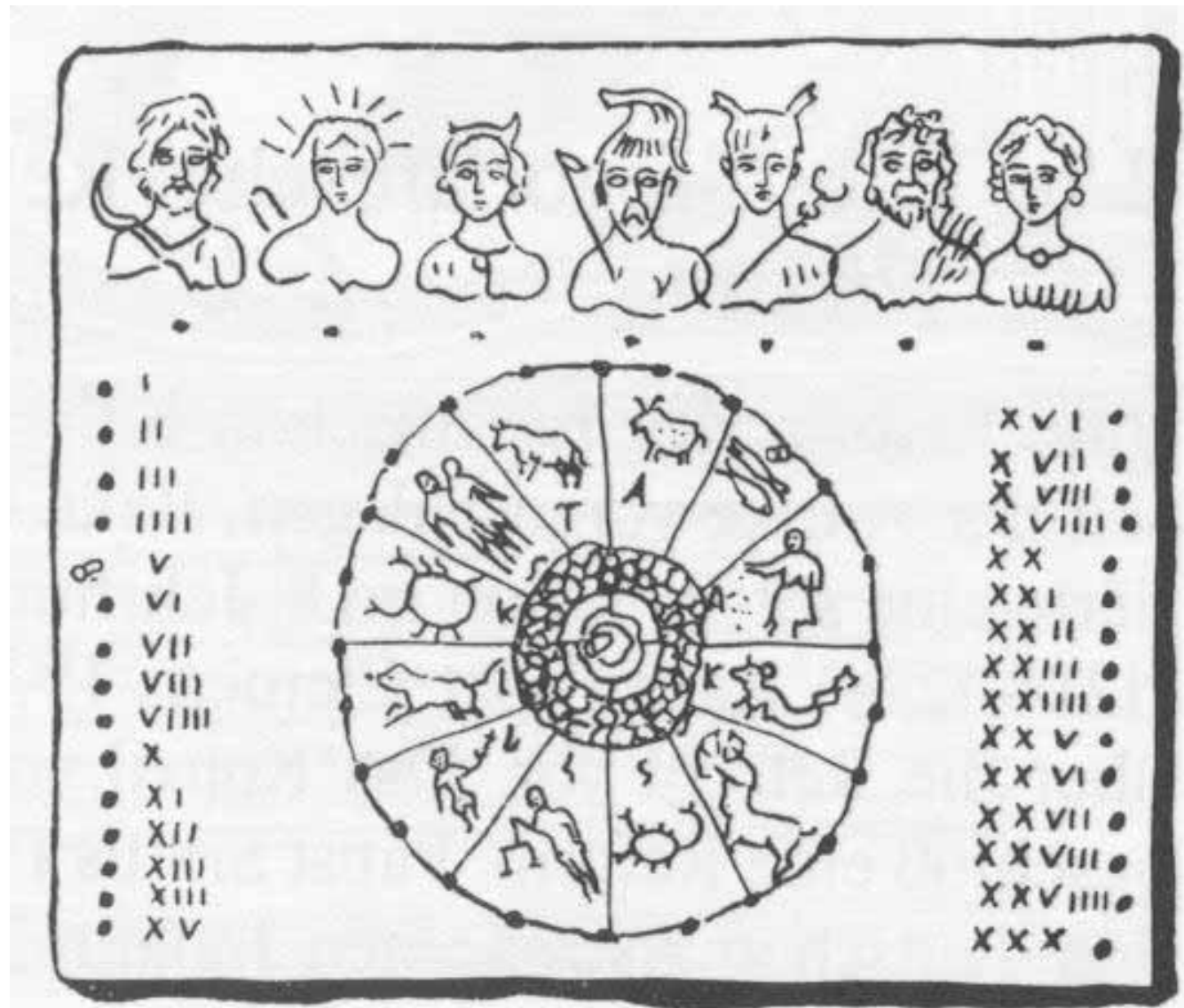


III.4 Monatseinteilung: Woche

Saturn
Sonne
Mond
Mars – Tyr / Ziu
Merkur – Odin / Wodan
Jupiter – Thor / Donar
Venus – Freyja / Frigg



Heptagramm



Römischer Sonnenkalender mit Tierkreis und Wochentagsgöttern beginnend mit Saturn (Zemanek, 1978, 33)

III.4 Woche	Mond	Mars	Merkur	Iupiter	Venus	Saturn	Sonne
D GB S	Montag Monday måndag	Dienstag Tuesday tisdag	Mittwoch Wednesd. onsdag	Donnerst. Thursday torsdag	Freitag Friday fredag	Samstag Saturday lördag	Sonntag Sunday söndag
F I E	lundi lunedì lunes	mardi martedì martes	mercredi mercoledì miercoles	jeudi giovedì jueves	vendredi venerdì viernes	samedi sabato sabado	dimanche domenica domingo
MN	даваа гариг	мягмар г.	лхагва г.	пүрэв г.	баасан г.	бямба г.	ням г.

III.5 Nullpunkte 1

Ära

Epoche: Anfangstag einer Ära

Noch keine Nullpunkte:

Ägypter: Pharaonen

Griechen: Archonten

Römer: Konsuln

im **Kanon des Ptolemaios**

aufgereiht

(gefunden im 17. Jh. in London)

beginnend mit den tgl.

astronom. Aufzeichnungen in

Babylon ab Nebukadnezar II.

Byzanz: 01.09.5509

Alexandria: 25.03.5492

julianisch: 01.01.4713, 12:00

Joseph Justus **Scaliger** (1540-1609)

De emendatione temporum 1583

Scaliger-Zyklus kgV (28; 19; 15) = 7980

1. Sothisperiode: 19.07.4241

Judentum: 07.10.3761, 18:00

Nebukadnezar II. 26.02.747

Seleukiden: 01.10.312 v.Chr.

Christentum: 01.01.01 n.Chr.

(Dionysius Exiguus 525, Ostertafel)

Diokletian: 01.01.284 n.Chr.

Islam: Fr 16.07.622 = 1. Muharrem 1

III.5 Nullpunkte 2

Jahresbeginn

1.1. julianisch; 1.3. altrömisch

Monatsbeginn

Osterfestberechnung, islamisch, jüdisch:
Monatsbeginn mit **Neulicht** (Abenddämmerung):
neomēnia (babyl., frühgriech.)

Tagesbeginn

0h, Sonnenaufgang, 12h (Astronomie),
Sonnenuntergang bzw. 18h (jüdisch, islamisch)

IV.1 Ägyptischer Kalender

Solarkalender

1 (tropisches) Jahr =
365,24220 d

Abweichung: $-0,24220$ d

In 4 Jahren ~ -1 d Abweichung

(SdW 2008, 12)

25jährigen **Mondzyklus**, wohl beginnend mit dem ersten Neu-Mond nach einem Sothis-Frühaufgang

ägyptisches Wandeljahr

365 Tage (zu kurz)

12 Monate zu 30 Tagen + 5 Tage

Sothis-Periode (Sirius)

$\approx 1460 \text{ a} = 365 \text{ d} \cdot (4 \text{ a}) / (1 \text{ d})$

ägyptisches Jahr einmal durch alle Jahreszeiten

Sothis-Frühaufgang

(erste Sichtbarkeit am Morgen vor Sonnenaufgang)

Anfang Juli kündigt Nilflut an.

Schalttag alle 4 Jahre schon 238 v.Chr. von Ptolemaios III. angeordnet, aber nicht befolgt.
Anfang 3. Jh. v. Chr. Uni Alexandria gegründet

IV.2 Altrömischer Kalender

Numa Pompilius

Solarkalender

Warum heißt der 12. Monat

Dezember (der zehnte)?

Jahresbeginn Anfang März

Frühlingsanfang: 24. März

Kalenden 1.

Nonen 5./7.

Iden 13./15.

Tageseinteilung:

12 je nach Tageslänge

unterschiedlich lange Stunden

und 4 *vigiliae*

Martius (Mars)	31
----------------	----

Aprilis (Apollo Aperta)	29
-------------------------	----

Maius (Iupiter Maius)	31
-----------------------	----

Iunius (Iuno)	29
---------------	----

Quintilis (später Iulius)	31
---------------------------	----

Sextilis (später Augustus)	29
----------------------------	----

Septembris	29
------------	----

Oktobris	31
----------	----

Novembris	29
-----------	----

Decembris	29
-----------	----

Ianuarius (Ianus)	29
-------------------	----

Februarius (Pluto oder Februus)	27
---------------------------------	----

Alle 2 Mondjahre Schaltmonat (<i>mensis</i>	354
---	-----

<i>intercalaris</i>) mit abwechselnd 22/23 d Februar endet mit dem 23. (Terminalien)	
---	--

Restl. Tage zum Schaltmonat gerechnet	
---------------------------------------	--

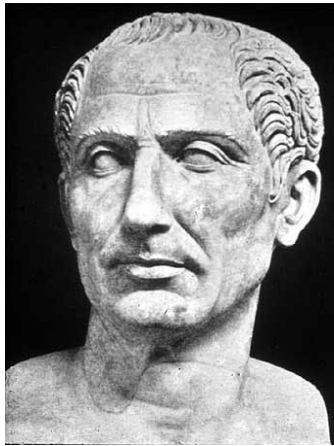
Jahr: $(354+354+22+354+354+23)/4$	365,25
-----------------------------------	--------

IV.3 Julianischer Kalender

Solarkalender

1 (tropisches) Jahr =
365,24220 d

Abweichung: +0,0078d = +674s



Konzil von Nicäa 325

Ordnung des christl. Kalenders

Frühlingsanfang: 21. März
 $(325+45) \cdot 0,0078 \text{ d} \approx 2,9 \text{ d}$

Julius Caesar und alexandrinische Gelehrte
seit 01.01.45 v. Chr.

julianisches Jahr
365,25 Tage (zu lang)

Normaljahr 365 Tage

Schaltjahre (jedes 4. Jahr) mit einem Schalttag
366 Tage

annus bissextilis

24. Februar: A D VI BIS KAL MART
(altröm. Schaltmonat an diesem Datum)

4-Jahres-Zyklus: 1461 d

Frühlingsanfang: 24. März

Jahresbeginn: 1.1. (Amtsantritt der Konsuln)

IV.4 Gregorianischer Kalender

Solarkalender

1 (tropisches) Jahr =
365,24220 d

Abweichung: +0,0003 d



zunächst in Rom, später in
anderen Ländern eingeführt

Papst Gregor XIII

1582: auf Do 05.10. folgt Fr 15.10. (10 Tage)

gregorianisches Jahr

365,2425 Tage (zu lang)

Normaljahr 365 Tage

Schaltjahre (jedes 4. Jahr) mit einem Schalttag

366 Tage

1700, 1800, 1900 keine Schaltjahre

2000 Schaltjahr (durch 400 teilbar)

400-Jahres-Zyklus: 146097 d

Frühlingsanfang: 11. März 1582

$(1582+46) \cdot 0,0078 \text{ d} \approx 12,7 \text{ d}$

Neuer Frühlingsanfang: 21.03. (wie Nicäa)

IV.5 Sonntagsbuchstabe und ewiger Kalender

Verteilung der Wochentage
auf das Kalenderjahr hat
28jährigen Zyklus (julianisch)

Jahr beginnt einen Wochentag
später als das vorige:

$$365 = 52 \cdot 7 + 1$$

So-Buchstabe vermindert sich
von Jahr zu Jahr

Alle 4 Jahre (Schaltjahr) noch
einen Tag später:

Schaltjahre haben
zwei Sonntagsbuchstaben

$$\text{kgV}(4; 7) = 4 \cdot 7 = 28$$

01.01. A

02.01. B

03.01. C

04.01. D

05.01. E

06.01. F

07.01. G

**Sonntags-
Buchstabe**
Buchstabe
des ersten
Sonntags
im Jahr

				1700	1800	1900
00				C	E	G
01	29	57	85	B	D	F
02	30	58	86	A	C	E
03	31	59	87	G	B	D
04	32	60	88	FE	AG	CB
05	33	61	89	D	F	A
06	34	62	90	C	E	G
07	35	63	91	B	D	F
08	36	64	92	AG	CB	ED
09	37	65	93	F	A	C
10	38	66	94	E	G	B
11	39	67	95	D	F	A
12	40	68	96	CB	ED	GF
13	41	69	97	A	C	E
14	42	70	98	G	B	D
15	43	71	99	F	A	C
16	44	72	-	ED	GF	BA
17	45	73	-	C	E	G
18	46	74	-	B	D	F
19	47	75	-	A	C	E
20	48	76	-	GF	BA	DC
21	49	77	-	E	G	B
22	50	78	-	D	F	A
23	51	79	-	C	E	G
24	52	80	-	BA	DC	FE
25	53	81	-	G	B	D
26	54	82	-	F	A	C
27	55	83	-	E	G	B
28	56	84	-	DC	FE	AG

Gregorianische Sonntagsbuchstaben
(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 48)

IV.6 Jahreskennzahlen

Sonnenzirkel

28 julianische Jahre: 10227 d

4713 v.Chr.: Wert 1 (Scaliger)

3761 v.Chr.: Wert 1 (jüd. Ep.)

5492 v.Chr.: Wert 1 (alex. Ep.)

5508 v.Chr.: Wert 1 (byz. Ep.)

Mondzirkel – Goldene Zahl

19 jul. Jahre: 6939 bzw. 6940 d

4713 v.Chr.: Wert 1 (Scaliger)

5492 bzw. 3763 v.Chr.: Wert 1

5508 bzw. 3760 v.Chr.: Wert 1

Indiktion – Römerzinszahl

15 jul. Jahre: 5478 bzw. 5479 d

4713 v.Chr.: Wert 1 (Scaliger)

Sonnenzirkel 1 (z.B. 9 v. Chr.): So-Buchstaben GF

Sonnenzirkel 28: julianisch So-Buchstabe A

Rest $((\text{Jahreszahl} + 9) / 28)$ Standard (Scaliger)

Rest $((\text{Jahreszahl} + 4) / 28)$ Variante ???

Rest $((\text{Jahreszahl} + 20) / 28)$ russ.-orthodox

Meton-Zyklus: Nach 19 Jahren fallen Mondphasen wieder auf gleichen Tag des Jahres.

Rest $((\text{Jahreszahl} + 1) / 19)$ Standard (Scaliger)

Rest $((\text{Jahreszahl} + 17) / 19)$ russ.-orthodox

historisch bedingt; Steueransage des röm. Kaisers
z.B. 297-312, 313-327

Rest $((\text{Jahreszahl} + 3) / 15)$ Standard (Scaliger)

IV.6 Jahreskennzahlen Astronomische Uhren

Monat
Tag
Tagesbuchstabe
Tagesheilige
Sonnenaufgang
Mondzirkel, Goldene Zahl
Jahreszahl
Sonntagsbuchstaben
Sonnenzirkel
Römerzinszahl
Wochen und Tage zwischen
Weihnachten und Fastenzeit
Ostertermin

Astronomische Uhr,
Marienkirche Rostock, 1472





Alfred Holl, Kalenderrechnung

IV.7 Bewegl. christliche Feste

Kirchenrechnung – **Computus**

Berechnung

nicht exakt astronomisch,
sondern vereinfacht mit
Ostertafeln

Osterzyklus: $\text{kgV}(28; 19) = 532$

Grundlage der Ostertafeln

Gaußsche Osterformel 1800

Ostern

Sonntag nach dem ersten Vollmond im Frühjahr
auf dem Konzil von Nicäa festgelegt
frühestens 22.03, spätestens 25.04.

46 Tage vor Ostern: Aschermittwoch

7 Tage vor Ostern: Palmsonntag

2 Tage vor Ostern: Karfreitag

39 Tage nach Ostern: Christi Himmelfahrt

49 Tage nach Ostern: Pfingsten

60 Tage nach Ostern: Fronleichnam

IV.7 Osterfestberechnung

Epakte

z.B. $0 / 29 + (GZ-1) \cdot 11 \bmod 30$

Mondalter in Tagen

nach **Neu-Mond** (Sichel!)

am 01.01. (früher am 22.03.)

wächst um knapp 11 d/a

(Vollmond 13 Tage danach)

trop. Jahr – Mondjahr =

10,88292 d jul.

10,87542 d greg.

Tabelle:

greg. Epakte abhängig von GZ
nach dem Meton-Zyklus

1900: Goldene Zahl 1

	0
	10,875
$10,875 + 10,875 =$	21,750
$32,625 - 29,53 =$	3,095
	13,970
	24,845
$35,72 - 29,53 =$	6,190
	17,065
	27,940
$38,815 - 29,53 =$	9,285
	20,160
$31,035 - 29,53 =$	1,505
	12,380
	23,255
$34,13 - 29,53 =$	4,600
	15,475
	26,35
$37,225 - 29,53 =$	7,695
	18,570
$29,445 - 29,53 =$	-0,085

Goldene Zahl	Epakte 1700 – 1899	Epakte 1900 – 2199
1	0	29
2	11	10
3	22	21
4	3	2
5	14	13
6	25	24
7	6	5
8	17	16
9	28	27
10	9	8
11	20	19
12	1	0
13	12	11
14	23	22
15	4	3
16	15	14
17	26	25
18	7	6
19	18	17

Gregorianische Epakten
(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 48)

V.1 Babylonischer Kalender

Lunisolarcalendar

1 tropisches Jahr = 365,24220 d

1 synod. Monat = 29,53059 d

1 tropisches Jahr =
12,36827 synodische Monate

babyl.-frühgriech. 8-Jahres-Zyklus (*Oktaeteris*):

5 Gemeinjahre zu 12 Monaten (354 Tage)

3 Schaltjahre zu 13 Monaten (384 Tage)

insgesamt 99 Monate = 2922 Tage

1 Okt-Jahr = $2922 / 8 \text{ d} = 365,250 \text{ d}$

1 Okt-Monat = $2922 / 99 = 29,515 \text{ d}$

1 Okt-Jahr = 12,375 Okt-Monate

Tage in 360 Einheiten (à 4 Min.) unterteilt,
mit Wasseruhr gemessen

V.2 Jüdischer Kalender

Lunisolarcalendar

19jähriger Zyklus

Epoche 07.10.3761 v.Chr.

Jahre von 12 und 13 Monaten

Jahres-
länge

2: 354

3: 383

4: 355

5: 354

6: 384

7: 353

8: 385

9: 354

10: 355

11: 383

12: 354

13: 355

14: 383

15: 355

16: 354

17: 385

18: 353

19: 384

1: 355

2: 355

Jahr	Form	gregorianisches Datum des Jahresanfangs
5721	ordentliches Gemeinjahr	22. 9. 1960
5722	abgekürztes Schaltjahr	11. 9. 1961
5723	überzähliges Gemeinjahr	29. 9. 1962
5724	ordentliches Gemeinjahr	19. 9. 1963
5725	überzähliges Schaltjahr	7. 9. 1964
5726	abgekürztes Gemeinjahr	27. 9. 1965
5727	überzähliges Schaltjahr	15. 9. 1966
5728	ordentliches Gemeinjahr	5. 10. 1967
5729	überzähliges Gemeinjahr	23. 9. 1968
5730	abgekürztes Schaltjahr	13. 9. 1969
5731	ordentliches Gemeinjahr	1. 10. 1970
5732	überzähliges Gemeinjahr	20. 9. 1971
5733	abgekürztes Schaltjahr	9. 9. 1972
5734	überzähliges Gemeinjahr	27. 9. 1973
5735	ordentliches Gemeinjahr	17. 9. 1974
5736	überzähliges Gemeinjahr	6. 9. 1975
5737	abgekürztes Gemeinjahr	25. 9. 1976
5738	ordentliches Schaltjahr	13. 9. 1977
5739	überzähliges Gemeinjahr	2. 10. 1978
5740	überzähliges Gemeinjahr	22. 9. 1979

(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 48)

V.2 Jüdischer Kalender

Monate von 29 und 30 Tagen

Passah am 15. Nisan

163 Tage danach Neujahr
bei allen 6 Jahreslängen

5 Ausnahmeregeln für
Neujahrsmoled (Neu-Mond)

Namen der Monate	Gemeinjahre			Schaltjahre		
	a	b	c	a	b	c
Tischri	30	30	30	30	30	30
Marcheschwan	29	29	30	29	29	30
Kislev	29	30	30	29	30	30
Tebet	29	29	29	29	29	29
Schebat	30	30	30	30	30	30
Adar	29	29	29	30	30	30
Beadar	—	—	—	29	29	29
Nisan	30	30	30	30	30	30
Ijar	29	29	29	29	29	29
Sivan	30	30	30	30	30	30
Thamuz	29	29	29	29	29	29
Ab	30	30	30	30	30	30
Elul	29	29	29	29	29	29
Jahreslängen in Tagen	353	354	355	383	384	385

Jüdische Monate
(Wislicenus, 1905, 79)

V.3 Islamischer Kalender

Lunarkalender

Epoche 16.07.622

12 synodische Monate =
354,36708 d

1 synodischer Monat =
29,53059 d

1 tropisches Jahr =
12,36827 synodische Monate

Epoche: Fr 16.07.622 = 1. Muharrem 1

Monate von 29 und 30 Tagen im Wechsel
7-Tage-Woche

Zyklus von 30 Mondjahren:

- 19 Gemeinjahre zu 354 [= (29+30)·6] Tagen

- 11 Schaltjahre zu 355 Tagen

(Schalttag am Jahresende)

30 islam. Jahre = 360 Monate = **10631 Tage**

360 synod. Monate dauern nur 18m länger

islam. Monat = $10631/360$ d = **29,53055 d**

Faustregel: 32 Sonnenjahre $\approx$ 33 Mondjahre

$10631\text{d} + 1063\text{d} = \mathbf{11694\text{d}}$ | : 32 = 365,4375d

(Sonnenjahr $\approx 396/32 = 12,375$ islam. Monate)

Monatsbeginn mit **Neulicht** (Abenddämmerung):
neomēnia (babyl., frühgriech.)

V.3 Islamischer Kalender

Mond-Hedschra-Kalender
hidschri qamari

gregorianisch
Jahr
Monat (Januar)
Tag
Wochentag (Sonntag)

Sonnen-Hedschra-Kalender
hidschri schamsi
ay Monat
gün Tag
hafta Woche
yıl Jahr
kalan übrig

26 MUHARREM 1432

2011

OCAK

1

CUMARTESİ

Hicrî Şemsî: 1389

1. ay, 31 gün, 52. hafta

Yılın 1. günü

Kalan gün: 364

Şehir	İmsak	Güneş	Öğle	İkindi	Akşam	Yatsı	Kible sa.
Mekke	5.26	6.53	12.33	15.38	17.57	19.13	-
Medine	5.31	7.00	12.34	15.34	17.51	19.10	12.12
İstanbul	5.33	7.22	12.19	14.39	16.54	18.31	10.12
Aachen	6.18	8.31	12.52	14.36	16.48	18.48	-
Augsburg	5.56	8.01	12.31	14.26	16.40	18.32	8.30
Berlin	5.50	8.10	12.23	14.00	16.11	18.16	8.57
Bielefeld	6.09	8.27	12.42	14.21	16.33	18.36	8.43
Bremen	6.09	8.31	12.42	14.16	16.26	18.34	8.48
Dortmund	6.13	8.29	12.47	14.28	16.40	18.41	8.37
Duisburg	6.16	8.31	12.49	14.31	16.43	18.44	8.35
Düsseldorf	6.15	8.30	12.49	14.32	16.44	18.44	8.34
Frankfurt	6.06	8.18	12.41	14.28	16.41	18.38	8.33
Giessen	6.07	8.20	12.41	14.27	16.39	18.38	8.36
Hamburg	6.05	8.29	12.37	14.09	16.19	18.28	8.53
Hanau	6.05	8.17	12.40	14.27	16.40	18.37	8.34
Hannover	6.05	8.24	12.38	14.15	16.26	18.31	8.47
Karlsruhe	6.06	8.14	12.42	14.34	16.47	18.41	8.26
Köln	6.14	8.28	12.48	14.32	16.44	18.44	8.33
Krefeld	6.16	8.32	12.50	14.32	16.44	18.45	8.34
Limburg	6.09	8.21	12.44	14.30	16.42	18.40	8.33
Mainz	6.08	8.19	12.43	14.31	16.43	18.40	8.32
Mannheim	6.07	8.16	12.42	14.32	16.45	18.40	8.29
München	5.53	7.58	12.29	14.24	16.38	18.29	8.31
Nürnberg	5.56	8.05	12.31	14.21	16.34	18.30	8.36
Rüsselsheim	6.07	8.18	12.42	14.30	16.43	18.40	8.32
Stuttgart	6.03	8.10	12.39	14.32	16.45	18.38	8.27
Ulm	5.59	8.05	12.35	14.30	16.43	18.35	8.28

Türkisches Kalenderblatt 01.01.2011 gregorianisch

V.3 Islamischer Kalender

Bewegliche islamische Feste
(in D schulisch relevant):

Fastenbrechen

türk. *Ramazan Bayramı*,
3 Tage ab dem 1. Şevvâl,
dem ersten Tag nach dem
Ramadan (9. Monat)

Opferfest

türk. *Kurban Bayramı*,
4 Tage ab dem 10. Zil-hicce
(Abraham-Isaak-Geschichte)

(Wislicenus, 1905, 91:
islam. Monatsnamen)

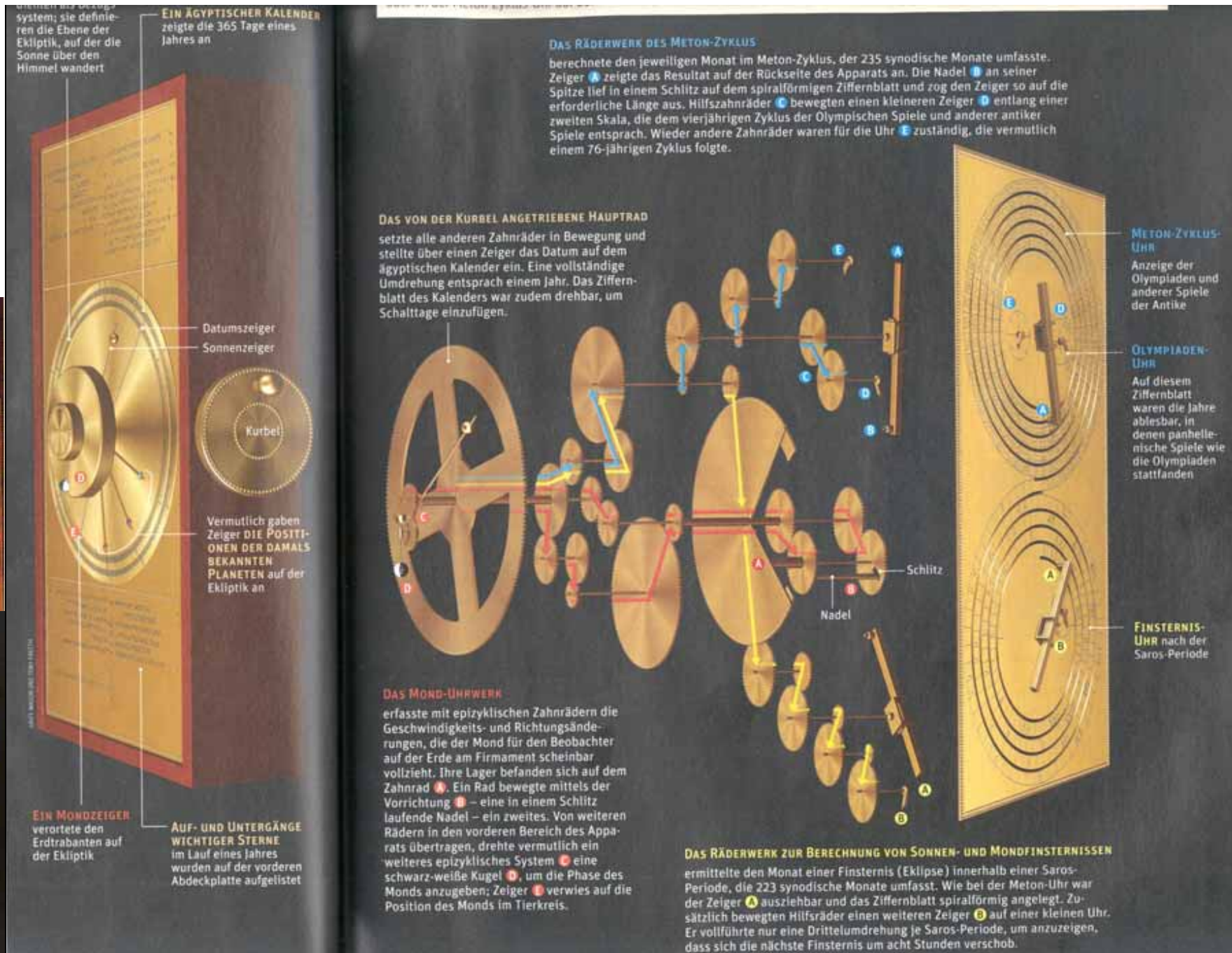
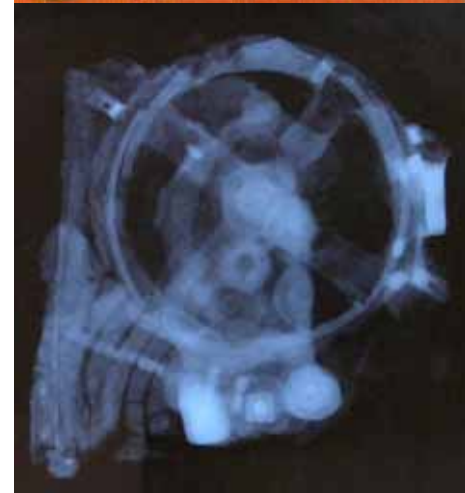
Jahr	Form	gregorianisches Datum des Jahresanfangs
1380	Gemeinjahr	26. 6. 1960
1381	Gemeinjahr	15. 6. 1961
1382	Schaltjahr	4. 6. 1962
1383	Gemeinjahr	25. 5. 1963
1384	Gemeinjahr	13. 5. 1964
1385	Schaltjahr	2. 5. 1965
1386	Gemeinjahr	22. 4. 1966
1387	Schaltjahr	11. 4. 1967
1388	Gemeinjahr	31. 3. 1968
1389	Gemeinjahr	20. 3. 1969
1390	Schaltjahr	9. 3. 1970
1391	Gemeinjahr	27. 2. 1971
1392	Gemeinjahr	16. 2. 1972
1393	Schaltjahr	4. 2. 1973
1394	Gemeinjahr	25. 1. 1974
1395	Gemeinjahr	14. 1. 1975
1396	Schaltjahr	3. 1. 1976
1397	Gemeinjahr	23. 12. 1976
1398	Schaltjahr	12. 12. 1977
1399	Gemeinjahr	2. 12. 1978

(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 48)

VI. Uhren

Räderwerk von Antikythera

(SdW 2010, 5)



VII. Finsternisberechnung

Saros-Zyklus

babyl. Maßeinheit

[Edmond Halley 1691]

Finsterniszyklus

242 drakonitische Monate

(= $18 \text{ a } 11 \text{ d} / 10,3592 \text{ d}$)

≈ 223 synodische Monate

(Fehler $\approx 0,0376 \text{ d}$)

Schnittpunkte

Mondbahn – Ekliptik:

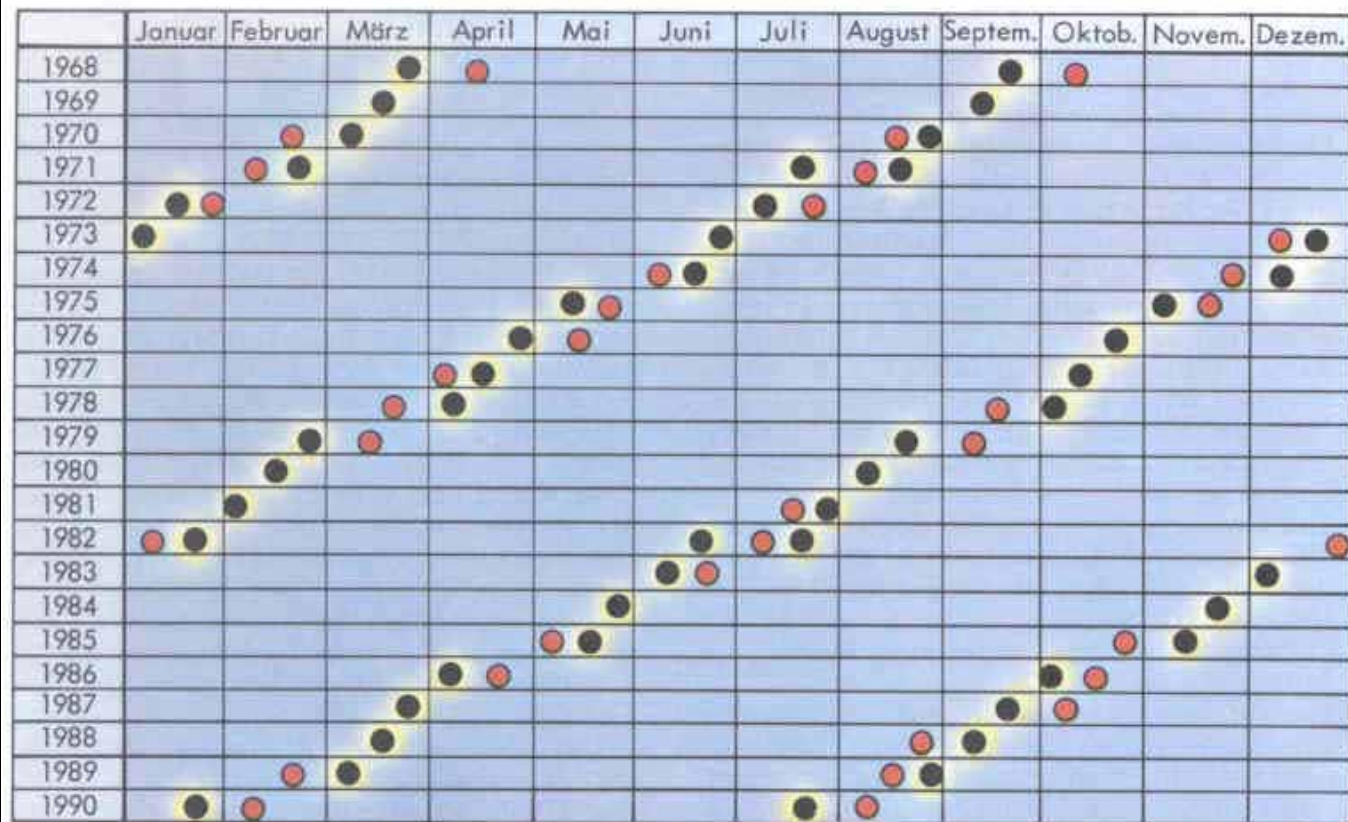
Mondknoten

caput draconis

‘aufsteigender Mondknoten’

cauda draconis

‘absteigender Mondknoten’



A Sonnenfinsternisse (schwarze Punkte) und Mondfinsternisse (rote Punkte) von 1968–1990

Mondbahnpräzession

Knotenlinie des Mondes bewegt sich entgegen der Umlaufrichtung des Mondes, pro Jahr etwa 20°

Gesamtumlauf 6798 d oder 18,61 Jahre

(dtv-Atlas Astronomie, 1987, 51-52)

