

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 **Astronomie in Mesopotamien**

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras

1.3 Das aristotelische Universum

1.4 Biographie Aristoteles

1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

1.8 Biographie: Kopernikus

Literaturempfehlungen zur Geschichte der Physik

1. Segrè, Emilio: Die großen Physiker und ihre Entdeckungen, Band 1: Von den fallenden Körpern bis zu den elektromagnetischen Wellen; Band 2: Von den Röntgenstrahlen bis zu den Quarks, Piper Verlag. Sehr zu empfehlen, da kompetent und lebendig geschrieben (gebraucht etwa 3 Euro pro Band).
2. Simonyi, Karoly: Kulturgeschichte der Physik -Von den Anfängen bis heute, Verlag Harri Deutsch. Sehr zu empfehlen, wenn man etwas nachsehen oder tiefer in die Geschichte der Physik einsteigen will (Z.Zt. nur antiquarisch und teuer).
3. Bürke, Thomas: Sternstunden der Astronomie – Von Kopernikus bis Oppenheimer; Sternstunden der Physik – Von Galilei bis Lise Meitner, Verlag C.H. Beck. Interessant geschriebene Biographien (jeweils etwa 10 Euro).



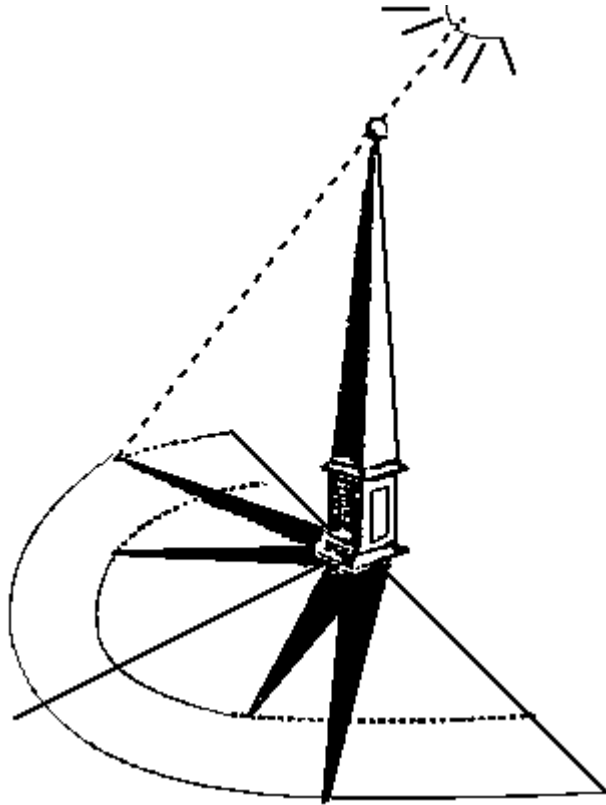
Babylonia
at the time of
Hammurabi



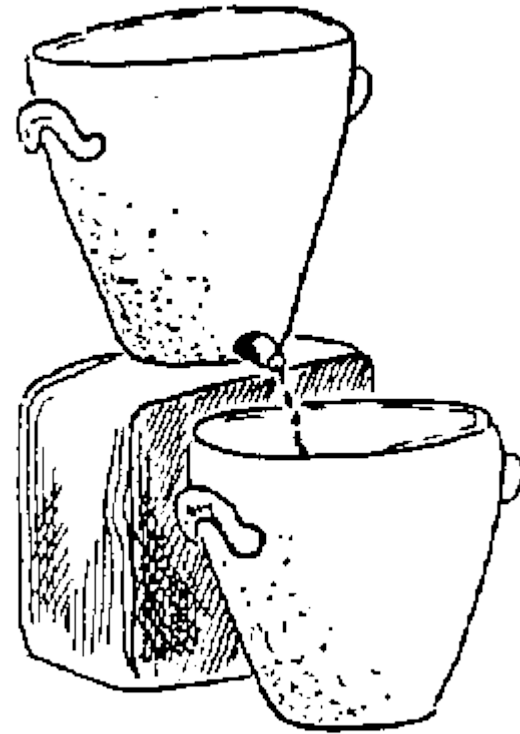
Ausschnitt aus der Inschrift des
Codex Hammurapi

Hammurapi 1792 – 1750 v.Chr.
Relief auf einer Stehle, auf deren Seiten
der berühmte Codex Hamurapi, eine
Gesetzessammlung, eingraviert ist. Solche
Stehlen wurden an verschiedenen Orten
des Reiches aufgestellt.

Antike Messinstrumente



Gnomon
zur Messung des Sonnen-
standes und der Tageszeit



Klepsydra oder Wasseruhr
zur Messung von Zeitdifferenzen

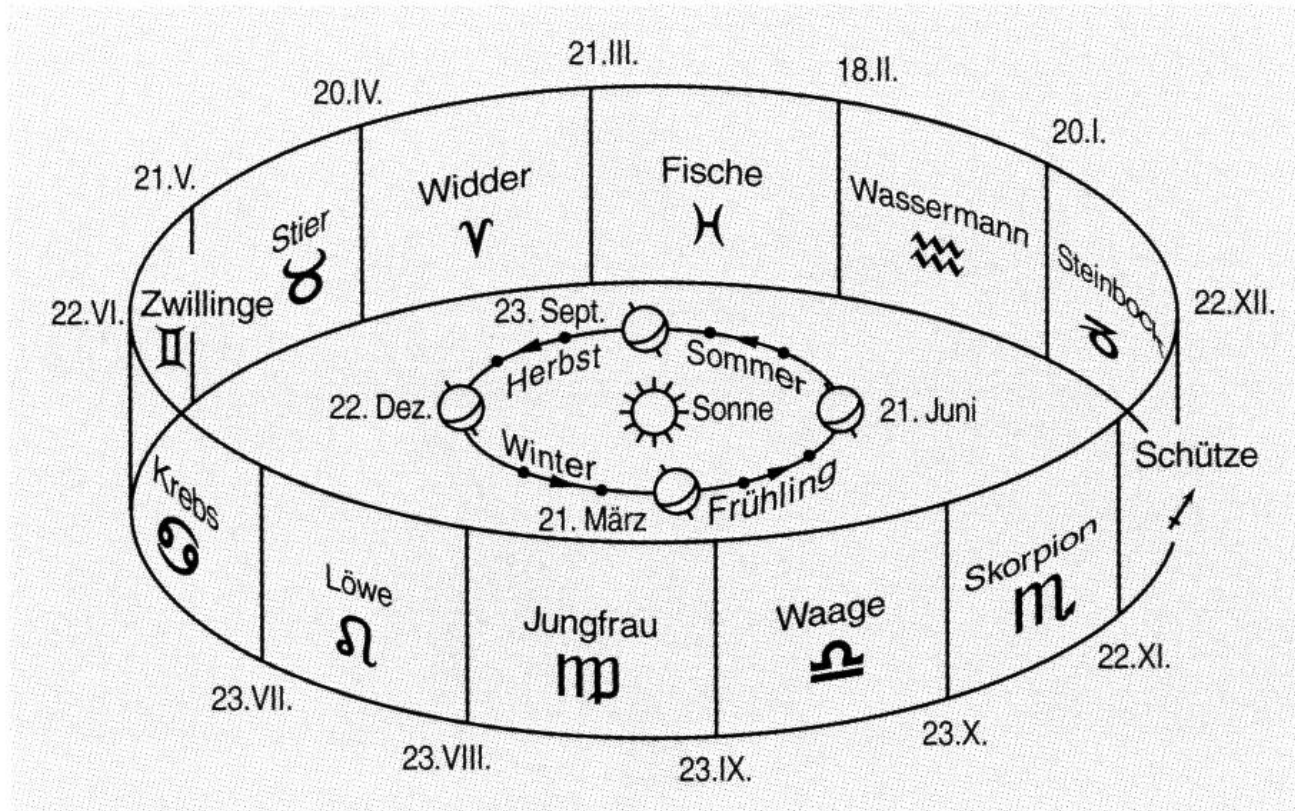


Abb. 2.5. Bahn der Erde um die Sonne. Jahreszeiten. Tierkreis (Zodiakus) und Tierkreiszeichen. Die Erde befindet sich im Perihel (Sonnennähe) am 2. Januar und in Aphel (Sonnenferne) am 2. Juli

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras

1.3 Das aristotelische Universum

1.4 Biographie Aristoteles

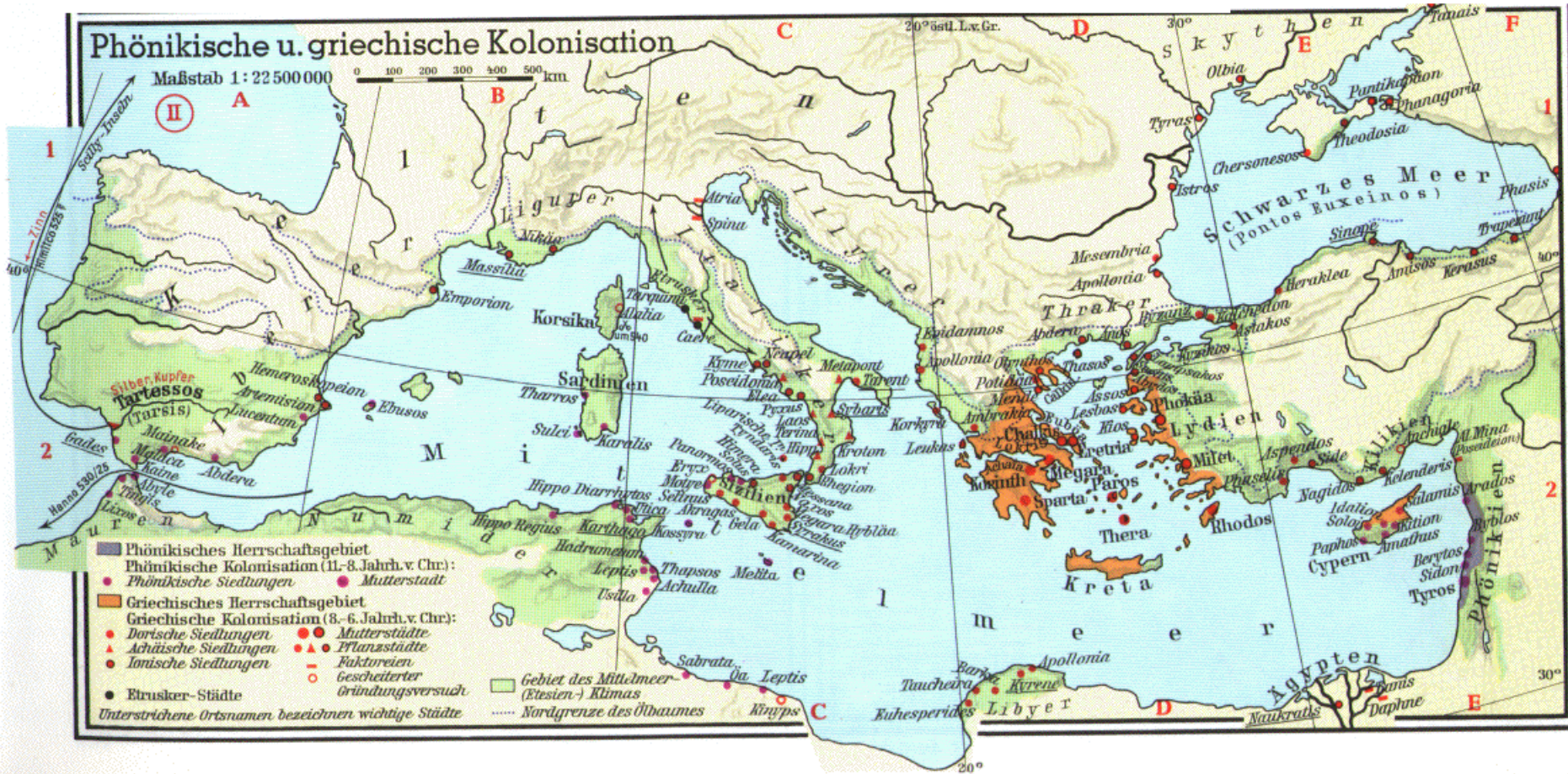
1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

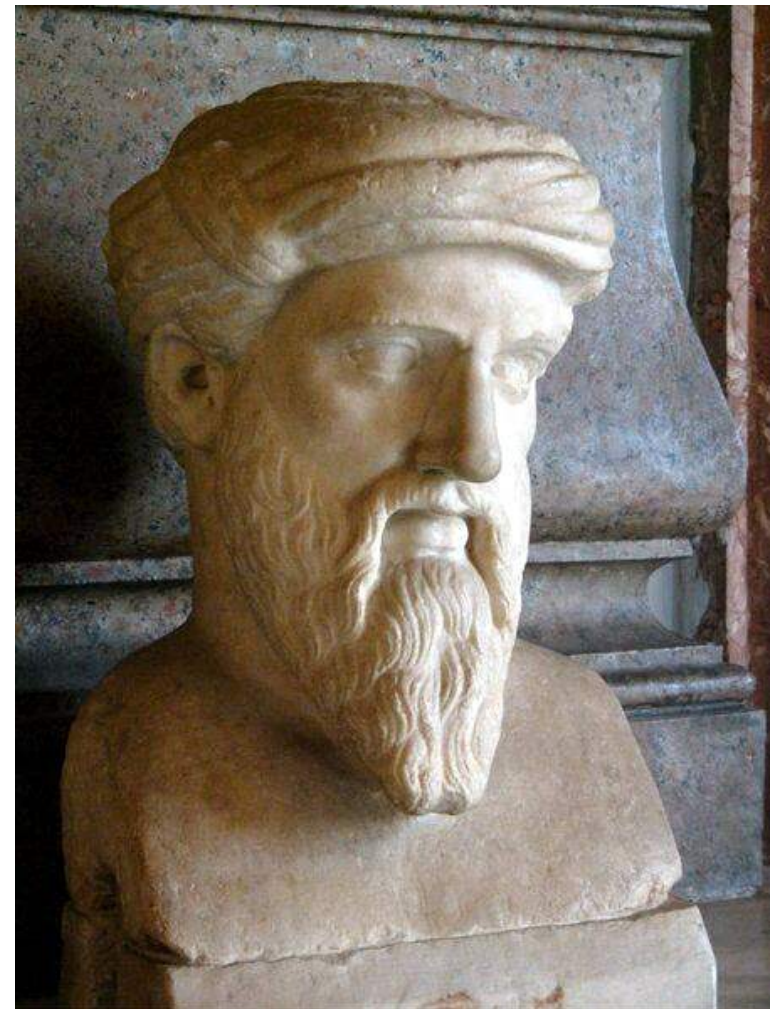
1.8 Biographie: Kopernikus

Griechische Kolonisation 8. bis 6. Jahrhundert v. Chr.



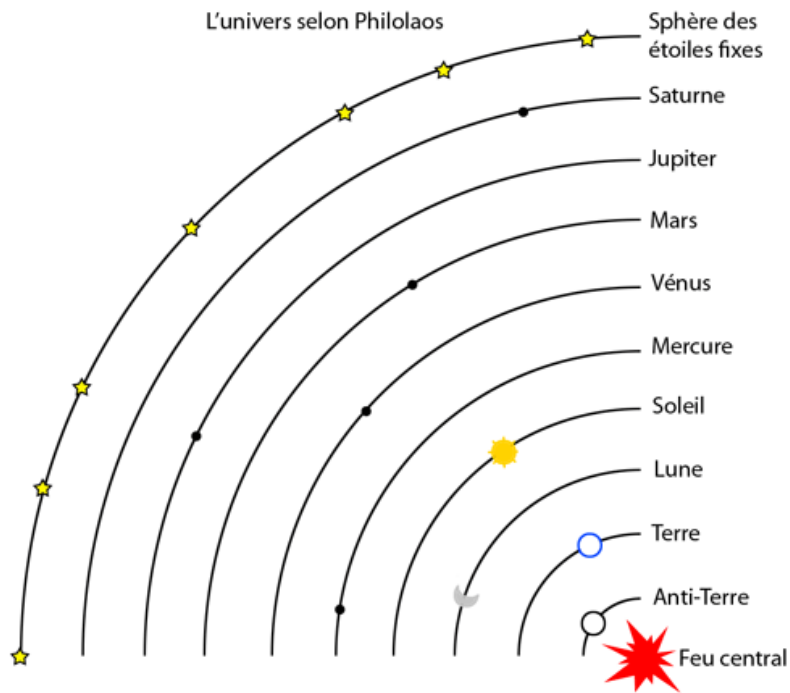


Thales von Milet
624 – 546 v. Chr.



Pythagoras von Samos
um 570 – um 510 v. Chr.
Büste römisch um 120 n.Chr.

Das Planetensystem nach Philolaos (ca. 470-400 v.Chr.) aus der Schule des Pythagoras



Anordnung der Planeten:
Radius wächst mit der
Umlaufzeit, jedenfalls für die
äußeren Planeten.

Man beachte: Nicht die Erde, sondern ein Zentralfeuer (das aber nicht die Sonne ist) steht im Mittelpunkt dieses Systems.

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras,

1.3 **Das aristotelische Universum**

1.4 Biographie Aristoteles

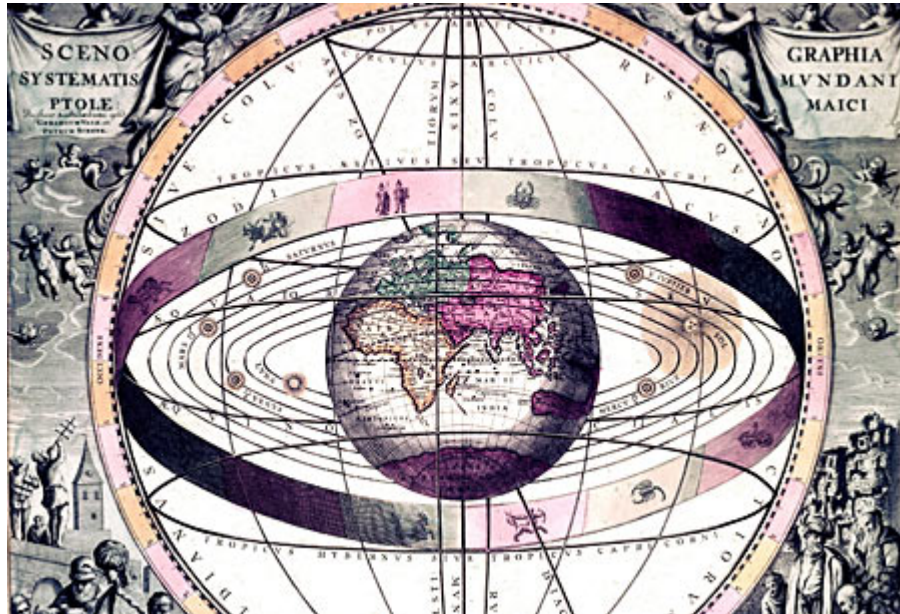
1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

1.8 Biographie: Kopernikus

„Zwei-Kugel Modell“ des Planetensystems



Die zwei Kugeln sind die Erdkugel und die Kugelschale, auf der die Fixsterne befestigt sind. Dazwischen bewegen sich die Planeten (einschließlich Sonne und Mond). Die irdische Physik spielt sich in der sublunaren Welt ab und ist von der himmlischen Physik verschieden.

Das Zwei-Kugel Modell war das Standard Modell während der zwei Jahrtausende von Aristoteles bis Kopernikus.

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras,

1.3 Das aristotelische Universum

1.4 **Biographie Aristoteles**

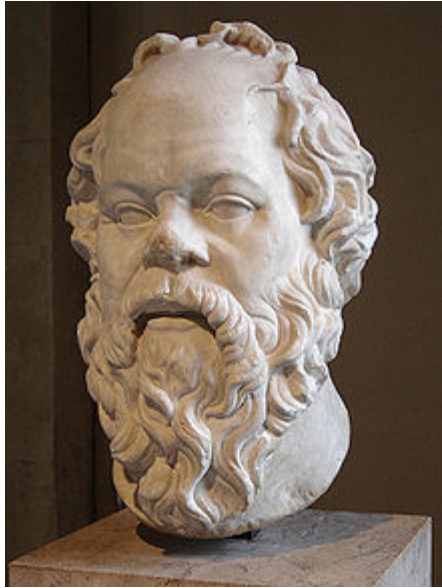
1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

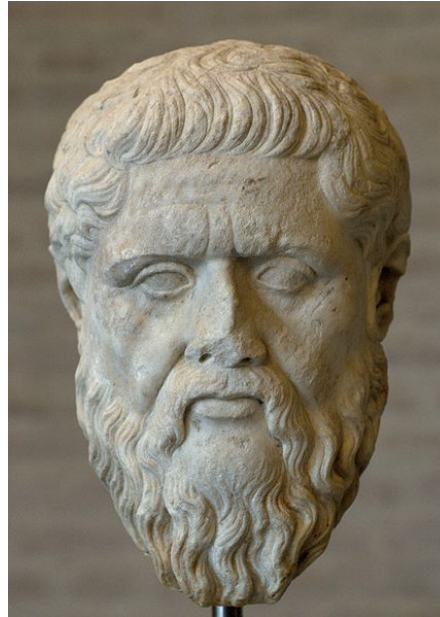
1.8 Biographie: Kopernikus

Die drei großen griechischen Philosophen



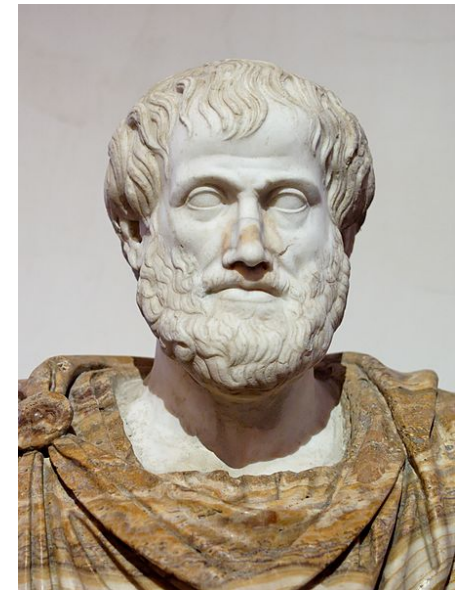
Sokrates
469 – 399 v. Chr.

Seine Philosophie hatte in erster Linie das sittliche Handeln zum Thema. Er entwickelte die Methode des strukturierten Dialogs.



Platon
428 – 348 v. Chr.

Versucht den Weg zur Erkenntnis des Guten und der Tugend auf-zuzeigen. Für ihn standen die nur durch Denken erfassbaren Ideen dem nur mit Sinnen Aufnehmba-ren gegenüber



Aristoteles
384 – 322 v. Chr.

Sein Ziel ist die Erkenntnis des Seienden überhaupt.

Platon (428 – 348 v. Chr.) und Aristoteles (384 – 322 v. Chr.)

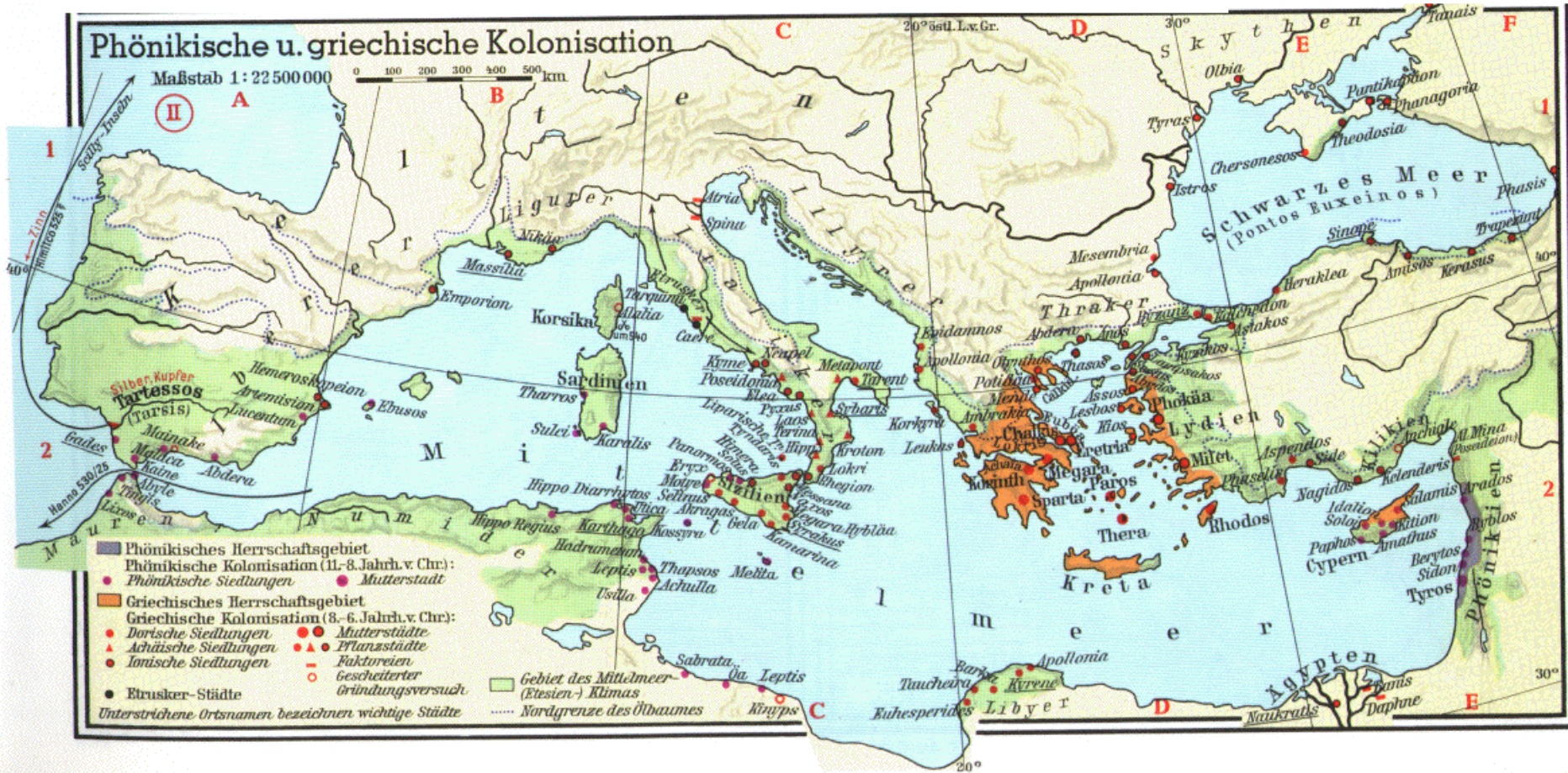


Auf diesem Ausschnitt aus Raffaels Fresko 'Die Schule von Athen' (entstanden 1508-1511) wird die unterschiedliche Auffassung der Philosophen Platon und Aristoteles deutlich: Platon weist auf »Höheres« während Aristoteles mit seiner Geste fordert, »mit beiden Beinen fest auf der Erde zu bleiben«.

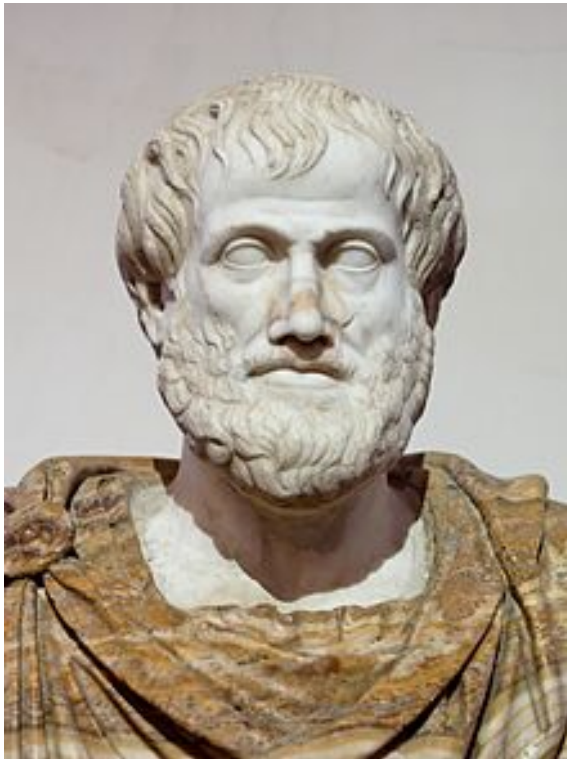
Raffael: Die Schule von Athen



Griechische Kolonisation 8. bis 6. Jahrhundert v. Chr.

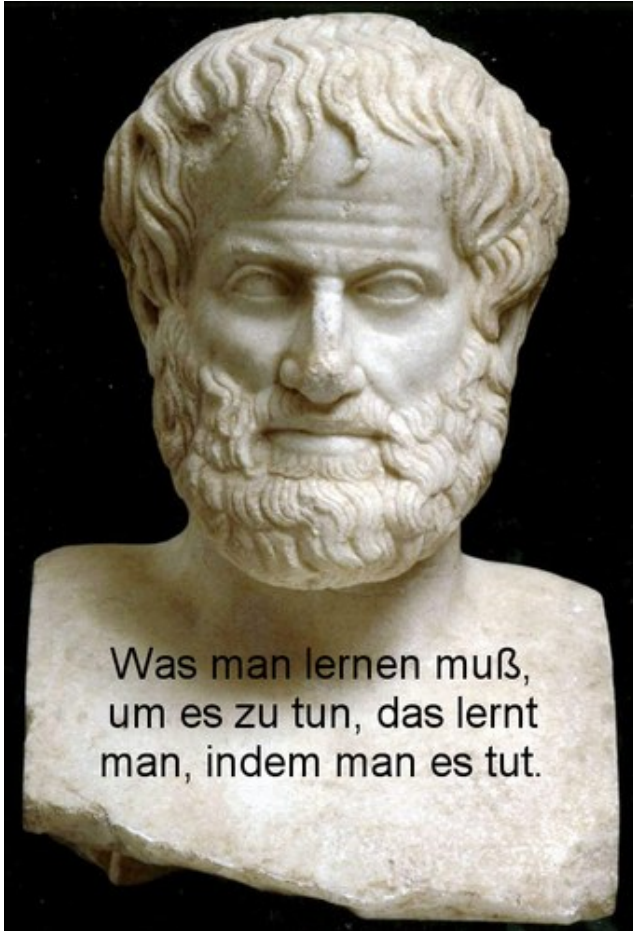


Aristoteles 384 – 322 v. Chr.



- 384 In Stagira (Chalkidike) geboren
- 367 Eintritt in die Akademie Platons in Athen, zunächst als Schüler, später als Lehrender
- 347 Nach Platons Tod verließ Aristoteles Athen und ging zunächst zu seinem Freund Hernias nach Attos (Kleinasien), später nach Lesbos und nach Stagira.
- 343 Auf Einladung des Königs Philipp II. an seinen Hof nach Mierza unterrichtet er dessen Sohn Alexander (später der Große)
- 334 Rückkehr nach Athen, Gründung einer eigenen Philosophenschule (Lykeion) mit einer großen Bibliothek
- 323 Nach dem Tod Alexanders Anfeindungen gegen Aristoteles, Anklage wegen Gotteslästerung; daher Flucht nach Chalkis auf Euböa, der Heimat seiner Mutter
- 322 Aristoteles stirbt dort an einem Magenleiden

Aristoteles 384 – 322 v. Chr.



Was man lernen muß,
um es zu tun, das lernt
man, indem man es tut.

Weitere Zitate von Aristoteles zu den Themen Denken & Wissen

- « Staunen ist der erste Grund der Philosophie. »
- « Alle Menschen streben von Natur nach Wissen. »
- « Auch das Denken schadet bisweilen der Gesundheit. »
- « Es gibt kein großes Genie ohne einen Schuss Verrücktheit. »
- « Erfahrung ist der Anfang aller Kunst und jedes Wissens. »
- « Wer recht erkennen will, muss zuvor in richtiger Weise gezweifelt haben. »
- « Das Denken für sich allein bewegt nichts, sondern nur das auf einen Zweck gerichtete und praktische Denken. »

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras

1.3 Das aristotelische Universum

1.4 Biographie Aristoteles

1.5 **Astronomie im Hellenismus: Aristarch, [Eratosthenes], Hipparchos, Ptolemäus**

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

1.8 Biographie: Kopernikus

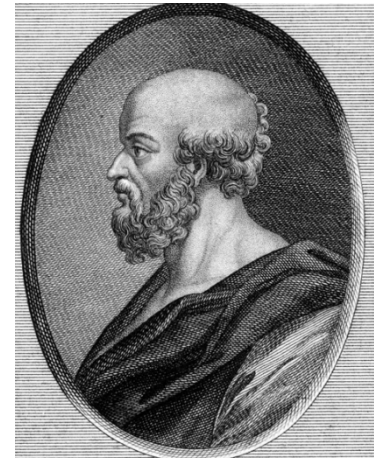
Aristarch - Eratosthenes
Hipparchos - Ptolemäus



und Euklid
360 – 280 v. Chr.



Aristarch von Samos
(310 – 230 v. Chr.)



Eratosthenes
(275 – 194 v. Chr.)

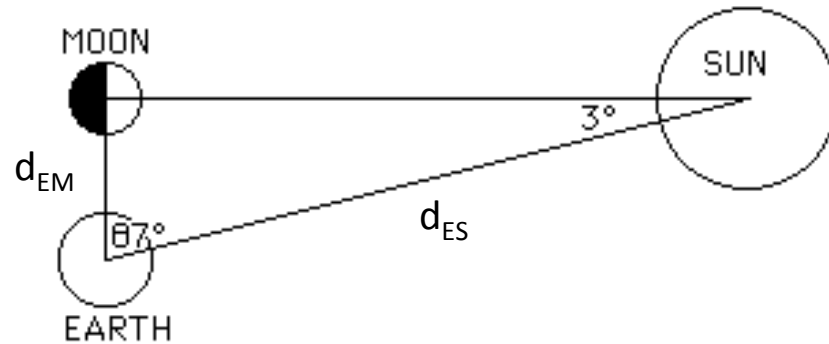


Hipparchos von Nicäa
(190 – 120 v. Chr.)



Ptolemäus
(100 – 180 n. Chr.)

Aristarch bestimmt die Größe und Entfernung von Mond und Sonne

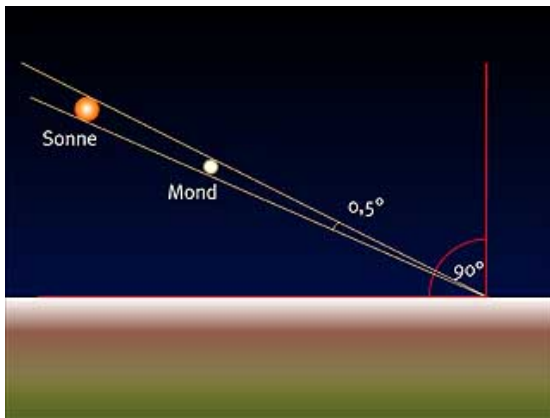


Aristarch gab den Winkel zwischen Sonne, Erde und Halbmond mit 3° an. Daraus folgen $d_{EM}/d_{ES} = \sin 3^\circ$ und

$$d_{ES}/d_{EM} = 19 \text{ (heutiger Wert: 400)}$$

Da Mond und Sonne gleich groß am Himmel erscheinen, schloss Aristarch, dass die Sonne mindestens 19 mal größer als der Mond ist.

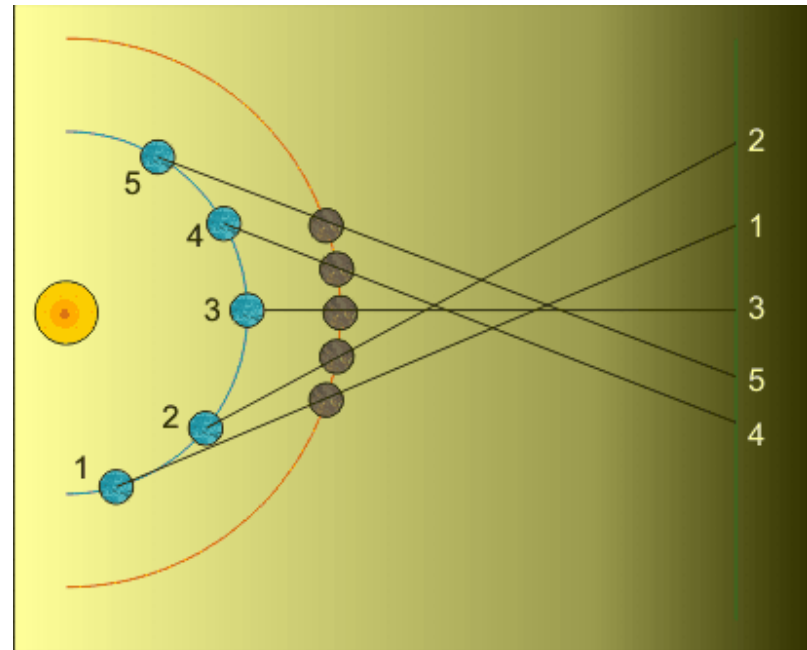
Ferner bestimmte Aristarch aus der zeitlichen Entwicklung einer Mondfinsternis den Abstand des Mondes von der Erde d_{EM} zu 80 Erdradien. (heutiger Wert: 60 Erdradien)



Erklärung der beobachteten Schleifenbewegung des Mars durch das heliozentrische Planetensystem des Aristarch (um 270 v.Chr.)

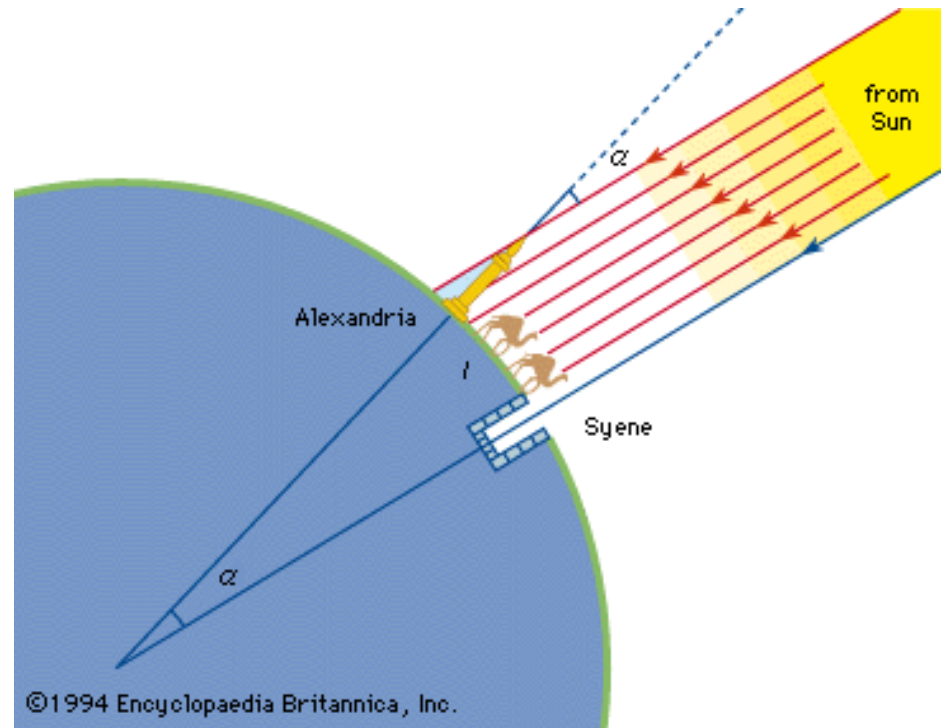
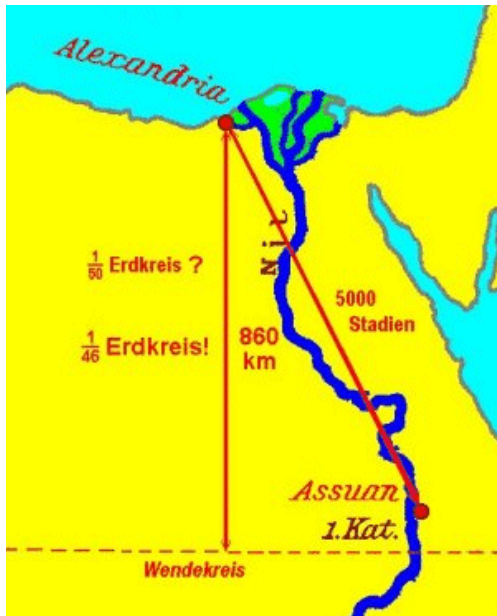


Beobachtete Schleifenbewegung



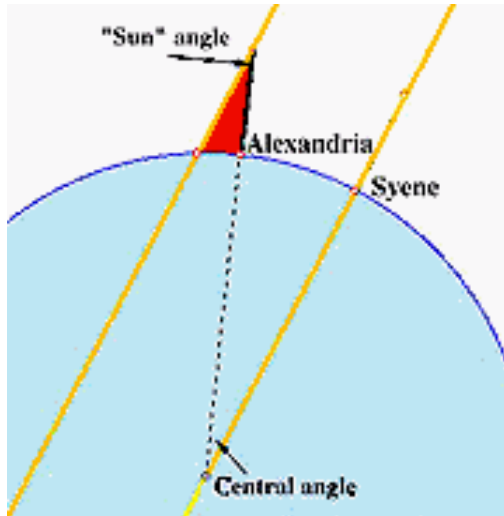
Erklärung: Die Erde läuft schneller und überholt den Mars

Eratosthenes misst den Erdumfang



Häufig verwendete Darstellung

Bestimmung des Erdumfangs durch Eratosthenes



Die parallelen Sonnenstrahlen werden von der Geraden durch den Erdmittelpunkt und Alexandria geschnitten. Die eingezeichneten Winkel sind als Gegenwinkel gleich groß.

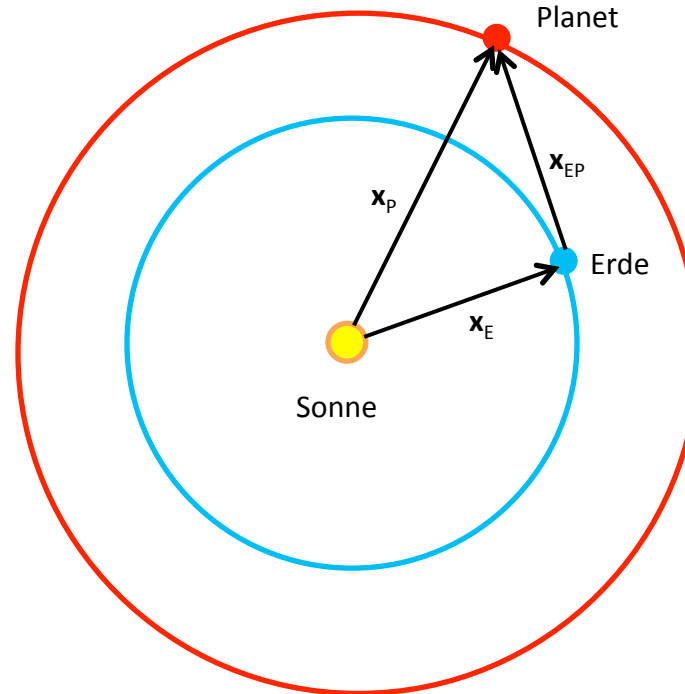


Es wurde kein Winkel gemessen, sondern die Länge des Schattenbogens als Bruchteil des Umfangs. Das benutzte Gerät wird als Skaphe bezeichnet.

Hipparchos von Nicäa (190 – 120 v. Chr.)

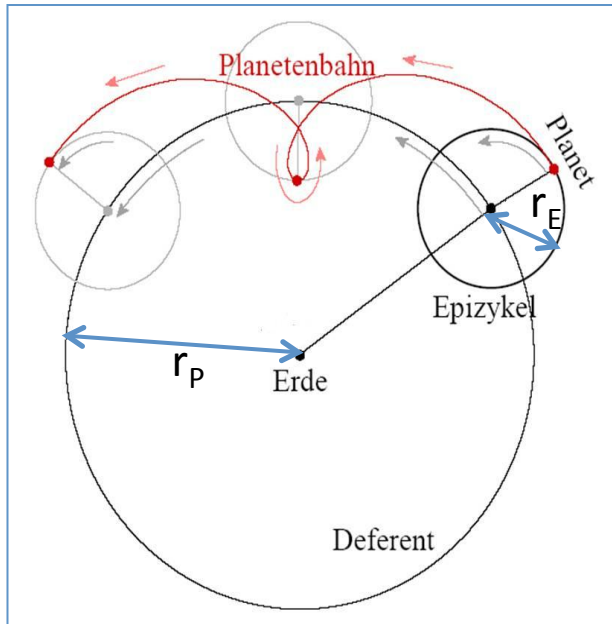


Zusammenhang zwischen heliozentrischem und geozentrischem Planetensystem



$$\mathbf{x}_{EP} = \mathbf{x}_p - \mathbf{x}_E$$

Die scheinbare Bewegung von Planeten auf Epizyklen



Erde bzgl. Sonne: $X_E(t) = r_E \cdot \exp(i \omega_E t)$

Planet bzgl. Sonne: $X_P(t) = r_P \cdot \exp(i (\omega_P t + \phi))$

Planet bzgl. Erde:

$$X_{EP}(t) = X_P(t) - X_E(t) \\ = r_P \cdot \exp(i (\omega_P t + \phi)) - r_E \cdot \exp(i \omega_E t)$$

Deferent

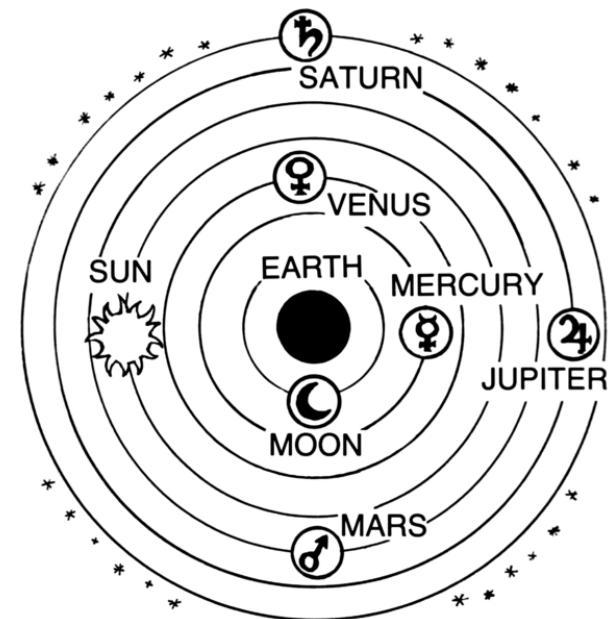
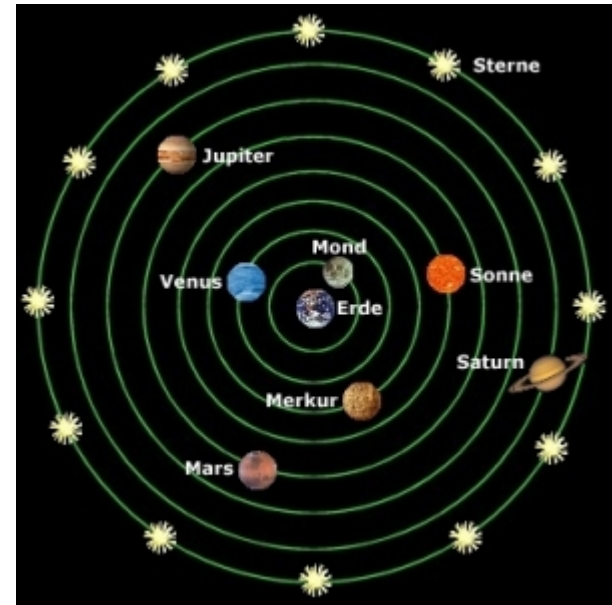
Epizykel

Claudius Ptolemäus (um 100 – um 180 n.Chr.)



Fantasieporträt aus dem 16. Jahrhundert, in seiner rechten Hand hält er ein astronomisches Winkelmessgerät.

http://www.leifiphysik.de/web_ph10_g8/simulationen/01ptolemaeus/ptolemaeus.htm



1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras,

1.3 Das aristotelische Universum

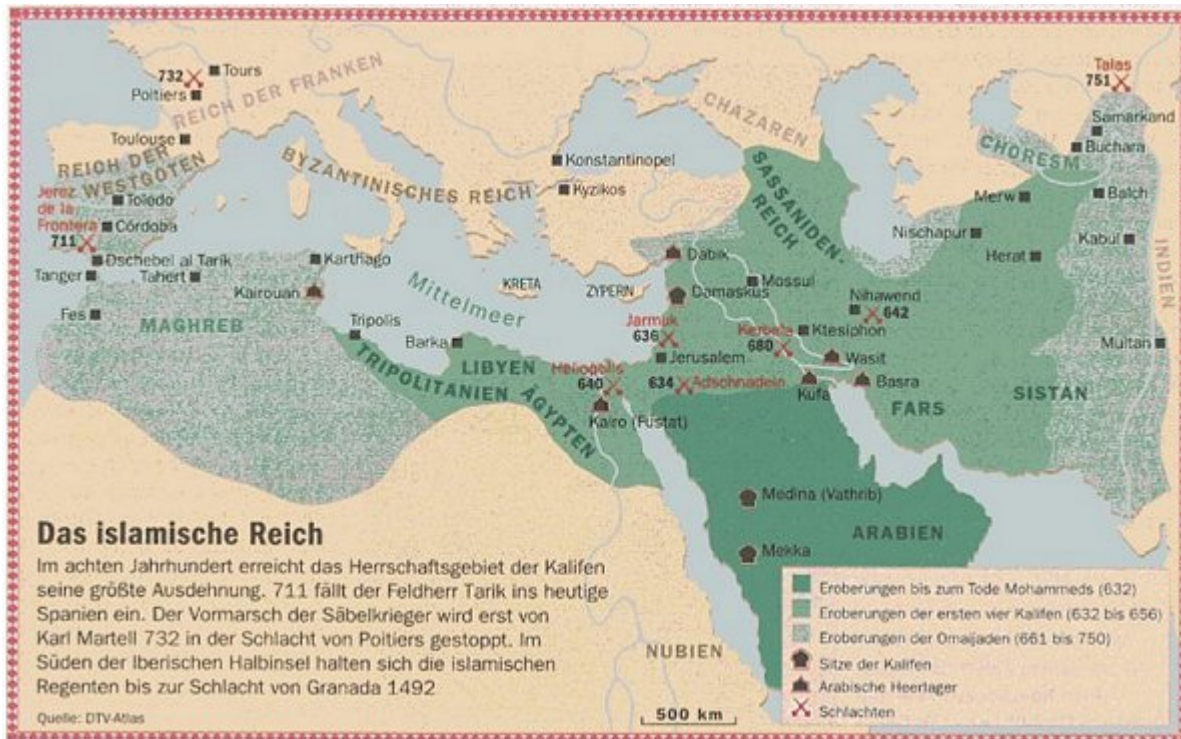
1.4 Biographie Aristoteles

1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

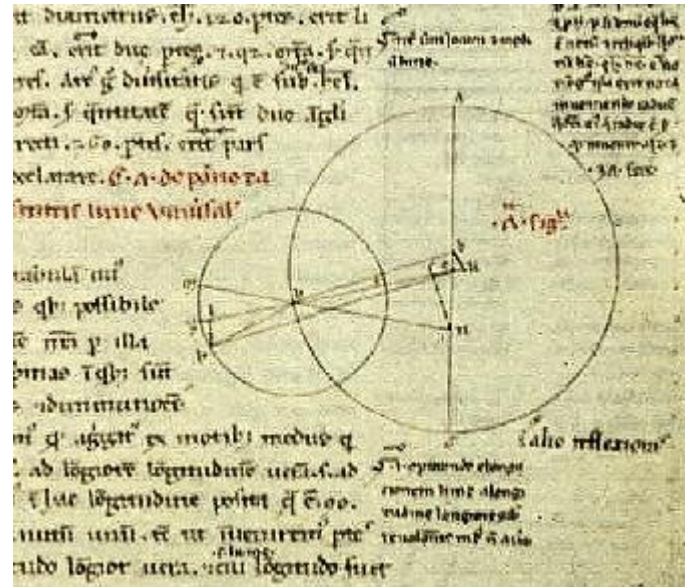
1.6 **Astronomie im Mittelalter**

1.7 Die kopernikanische Wende

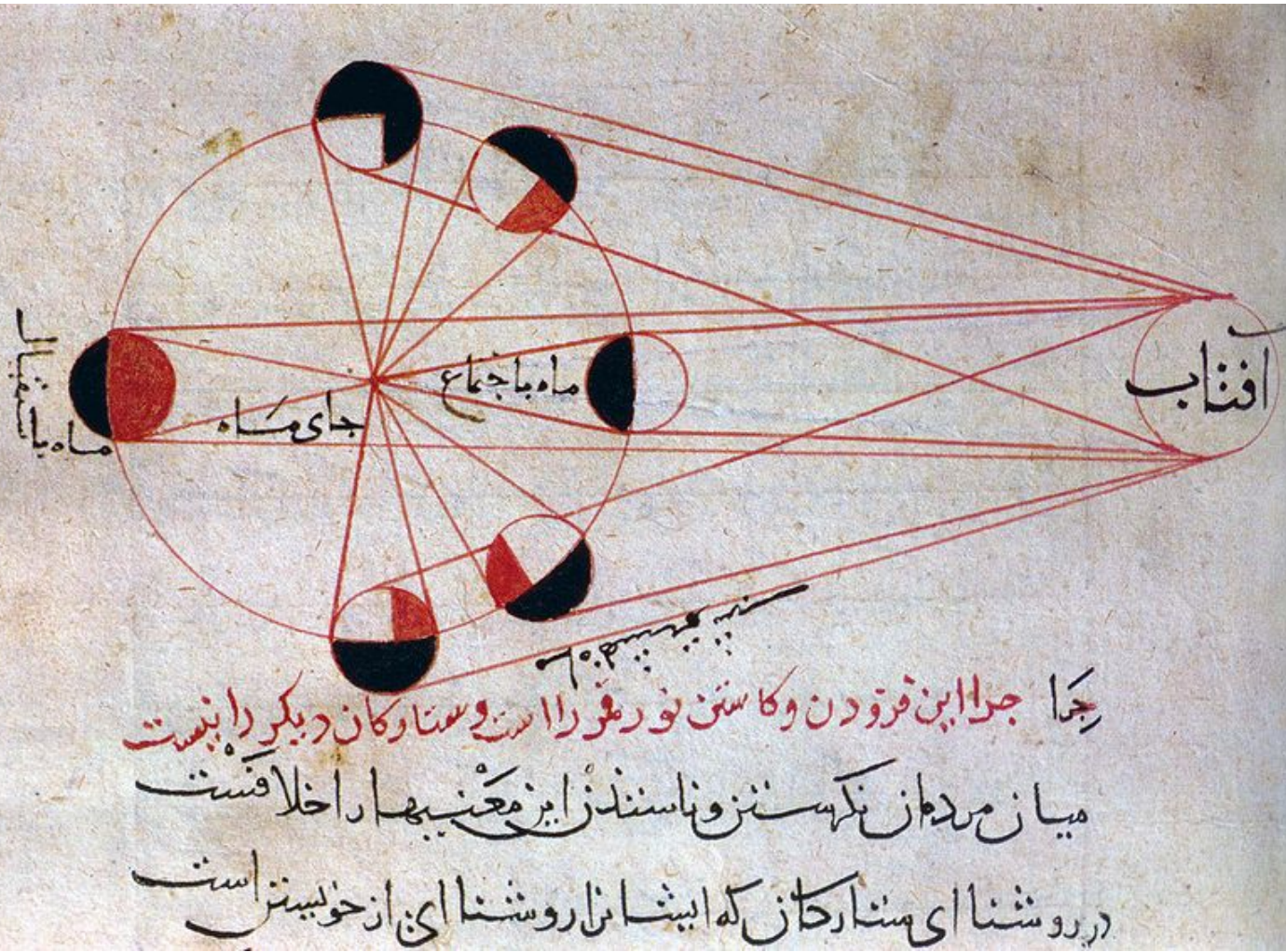
1.8 Biographie: Kopernikus



Ptolemaios: „Almagest“



Detail from Book X, Chapter 7, of a 13th century translation of the *Almagest* made from Arabic to Latin in Spain in 1175 by Gerard of Cremona. This image illustrates Ptolemy's kinematic model for the motion of the superior planets – Mars, Jupiter, and Saturn.



Mondphasen nach Biruni



Observatorium des Ulugh Beg (15. Jh.) in Samarkand. The so-called [Fakhri sextant](#) had a radius of about 36 meters (118 ft) and the [optical separability](#) of 180" (seconds of arc).

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras,

1.3 Das aristotelische Universum

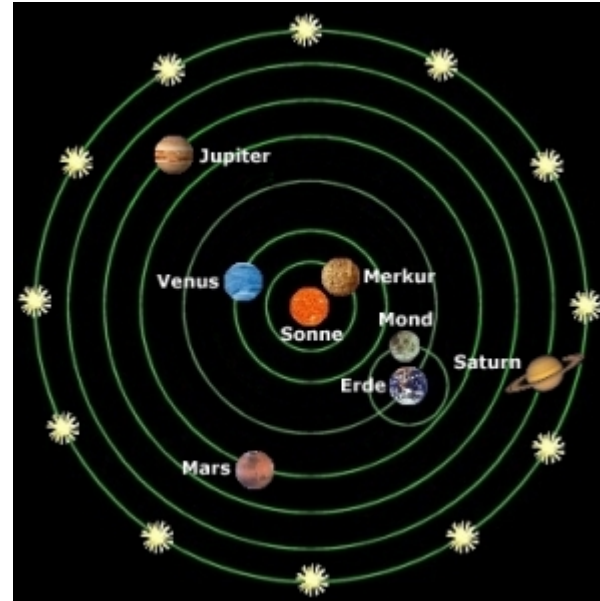
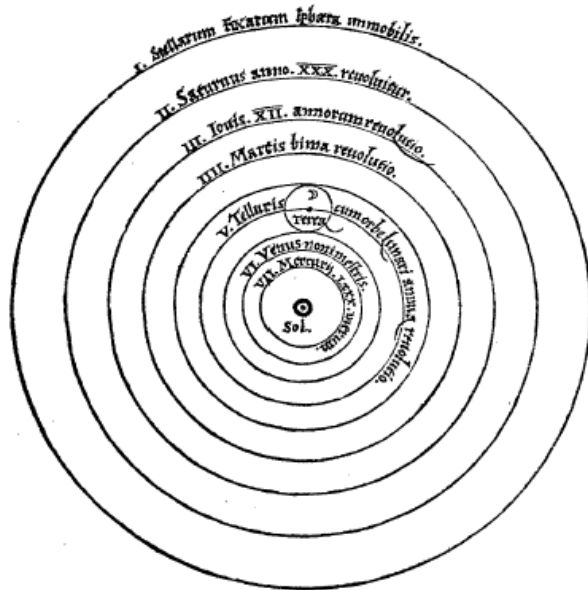
1.4 Biographie Aristoteles

1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

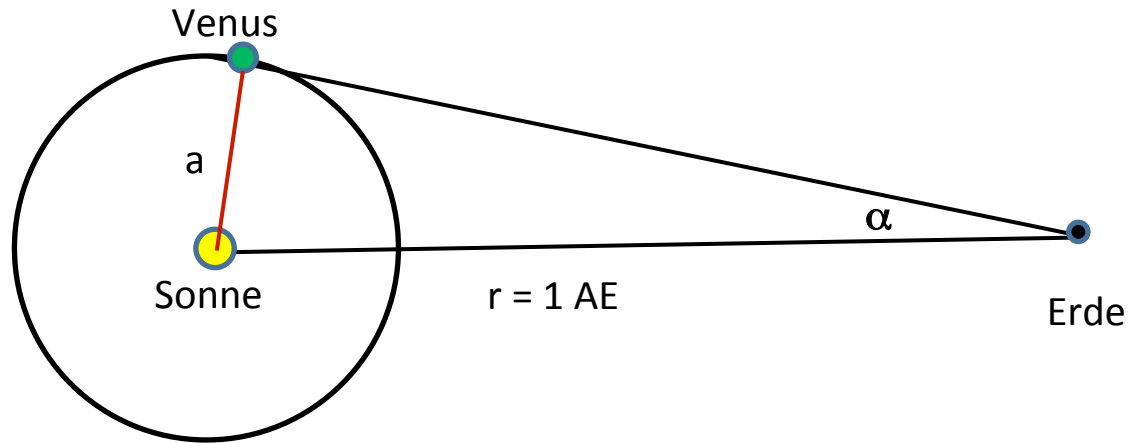
1.7 Die kopernikanische Wende

1.8 Biographie: Kopernikus



Das heliozentrische Planetensystem, links eine Originalzeichnung aus Kopernikus' Werk, rechts eine klarere Version

Bestimmung des Radius der Venusbahn durch Kopernikus



$$a = r \cdot \sin \alpha ; \quad a = 0.7 \text{ AE}$$

1. Die Erforschung des Planetensystems

Erster Tag: Die Entwicklung bis Kopernikus

1.1 Astronomie in Mesopotamien

1.2 Die Kosmologie der Vorsokratiker: Thales, Pythagoras,

1.3 Das aristotelische Universum

1.4 Biographie Aristoteles

1.5 Astronomie im Hellenismus: Aristarch, Hipparchos, Ptolemäus

1.6 Astronomie im Mittelalter

1.7 Die kopernikanische Wende

1.8 Biographie: Kopernikus

Nikolaus Kopernikus (1473 – 1543)



- 1473 Geboren in Thorn an der Weichsel
- 1491 - 1503 Studium der Astronomie, des Kirchenrechts und der Medizin in Krakau, Bologna, Padua und Ferrara
- 1510 Domherr in Frauenburg, nebenbei Beschäftigung mit der Astronomie
- um 1514 Vorstellung des heliozentrischen Systems im „Commentariolus“,
- 1529 – 1542 Arbeit an seinem Hauptwerk „De revolutionibus orbium coelestium“
- 1543 Kopernikus stirbt kurz nachdem er sein gedrucktes Werk in Händen gehalten hatte.

Weitere historische Daten:

- 1492 Columbus entdeckt Amerika
- 1517 Luther schlägt seine Thesen an die Kirchentür zu Wittenberg



Danzig

Frauenburg

Thorn

Warsaw

Cracow