Einführung in die Astronomie I

Jörn Wilms

Wintersemester 2008/2009

Büro: Dr. Karl Remeis-Sternwarte, Bamberg
Email: joern.wilms@sternwarte.uni-erlangen.de
Tel.: (0951) 95222-13

http://pulsar.sternwarte.uni-erlangen.de/wilms/teach/intro

Friedrich–Alexander–Universität
Erlangen–Nürnberg

Introduction

Astronomie an der FAU

NF im Bachelor: Gebraucht werden:

- Scheine Astronomie I und II
- Astronomisches Praktikum (Schein)

Astronomie/Astrophysik im Hauptstudium Physik: hängt davon ab. . .

PWB: 10 SWS weiterführende Vorlesungen Astro-/Teilchenphysik, davon 2 SWS Theorie

nichtphysikalisches Wahlfach: wie NF im Hauptstudium, nur wenn Astronomie nicht im Vordiplom!

Nebenfächler (NF im Hauptstudium für Nichtphysiker):

- Astronomie I und II
- Eine weiterführende Vorlesung (2 SWS)
- Ein physikalischer Praktikumsschein (z.B. Astronomisches Praktikum)

Frühstudium, Seniorenstudium: freiwillig,

- möglich sind Scheine Astronomie I und II

Astronomie im BA/MA Physik, I

NF im Bachelor/Master: Zwei Module (Je 10 ECTS):

- NW-1 (Grundkenntnisse) kann gewählt werden im 1./2., 3./4. oder 5./6. Semester
- NW-2 (vertieft) kann u.a. gewählt werden im 4./5. Semester oder als NW im Masterstudium

PW im Bachelorstudium: Modul für PW-1, PW-2, oder PW-3

PW im Masterstudium: Modul für PWM-1 oder PWM-2

Modulbezeichnung XXX	**Einführung in die Astronomie (Introduction to Astronomy)**	**10 ECTS**
Lehrveranstaltungen XXX	WS 07/08 Einführung in die Astronomie I (2 SWS) SS 08 Einführung in die Astronomie II (2 SWS) Blockpraktikum Astronomie mit Tutorium (7+1SWS)	3 ECTS 3 ECTS 4 ECTS
Dozenten	Prof. Dr. Jörn Wilms Prof. Dr. Ulrich Heber Prof. Dr. Horst Drechsel Dr. Norbert Przybilla	
Modul-verantwortlicher	Prof. Dr. U. Heber, Prof. Dr. Jörn Wilms	
Inhalt	Das Modul gibt eine Beschreibung der wesentlichen Bestandteile des Universums und der naturwissenschaftlichen Methoden, die es uns erlauben, ihre Entfernungen, Größenskalen, Massen und physikalische Natur zu verstehen. Im Einzelnen werden behandelt: • *Geschichtlicher Hintergrund der Astronomie* • *Sonnensystem:* Planetenbewegung und Keplersche Gesetze, Eigenschaften der Planeten und der kleinen Objekte im Sonnensystem (Auswahl aus: innerer Aufbau der Planeten, planetare Oberflächen, Atmosphären, Ringe), extrasolare Planeten. • *Sterne:* Entfernungen, Temperaturen, Spektren, Massen, Hertzsprung-Russell-Diagramm, innerer Aufbau, Entstehung und Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Doppelsterne. • *Milchstraße und andere Galaxien:* Aufbau und Entwicklung, Klassifikation, kosmischer Materiekreislauf, Galaxienhaufen, ausgewählte Methoden der Entfernungsbestimmung. • *Das Universum:* Entstehung, Hubblesches Gesetz, 3K Hintergrundstrahlung, Entwicklung des Universums. • *Astronomische Meßmethoden:* Aufbau und Benutzung astronomischer Teleskope, Spektroskopie, Detektoren	
Lernziele und Kompetenzen	Die Studierenden • entwickeln ein physikalisches Verständnis der wichtigsten Bestandteile des Universums und ihrer Entwicklung. • lernen Methoden zur Messung der Entfernungen von Sternen und Galaxien kennen und können diese auf	

	Messungen anwenden. • können aus Messdaten Massen und Temperaturen astronomischer Objekte ableiten • können einfache astronomische Messungen selbst durchführen und auswerten. • erfahren ein Verständnis über die weite Anwendbarkeit naturwissenschaftlicher Methoden durch die in der Astronomie notwendige Extrapolation von Ergebnissen von Labormessungen auf astronomische Skalen. • entwickeln Fähigkeiten zur Lösung naturwissenschaftlicher Probleme, einschließlich der Fähigkeit zur Bedienung typischer astronomischer Instrumente.
Voraussetzungen für die Teilnahme	Allgemeine Hochschulreife, getrenntes Zulassungsverfahren für Frühstudierende.
Einpassung in Musterstudienplan	Ab Studiensemester 1, Frühstudium, Gasthörer
Verwendbarkeit des Moduls	– Studierende Physik: nichtphysikalisches Wahlfach – Lehramt Physik am Gymnasium (Wahlbereich) – Studierende anderer Fächer: Wahlfach
Studien- und Prüfungsleistungen	- Vorlesungen: Zwei 90-minütige Klausuren - Praktikum: Testate
Berechnung Modulnote	V I: 50% der Modulnote V II: 50% der Modulnote
Turnus des Angebots	Jährlich
Arbeitsaufwand	Präsenzzeit: 180 h Eigenstudium: 120 h
Dauer des Moduls	2 Semester
Unterrichtssprache	Deutsch und Englisch
Vorbereitende Literatur	– Lehrbuch: Fundamental Astronomy, Karttunen, Kroger, Oja, 2003, Heidelberg: Springer – Lehrbuch: Astronomy: A Physical Perspective, Kutner, 2003, Cambridge: Cambridge Univ. Press

Hinweis:

- Eine akademische Stunde (45 min.) wird bei der Workload-Berechnung mit einer Zeitstunde (60 min.) angesetzt.
- Für die Berechnung der Präsenzzeit wird die Vorlesungszeit mit 15 Wochen angesetzt. Demnach ergibt eine SWS 15 Stunden, sechs SWS ergeben 90 Stunden. Diese entsprechen 3 ECTS-Punkten.

Scheine?!?

Idee: Kumulative Abschlüsse in den Nebenfächern, keine modulübergreifende Prüfung.

$\Longrightarrow$ Impliziert Notengebung!

$\Longrightarrow$ KLAUSUR am 27. Januar 2009

Klausur wird zu einem *benoteten* Schein führen, auf Wunsch sind bei Bestehen der Klausur auch *unbenotete* Scheine möglich.

Übungen und Hausaufgaben

Um den Stoff zu vertiefen gibt es freiwillige Übungen.

Montags, 14:15–15:00
Hörsaal F
Betreuung: Anne Lohfink

Wir werden typischerweise alle zwei bis drei Wochen einen Übungszettel austeilen, der in den Übungen besprochen werden wird.

Ebenso sind Vorschläge und Fragen für die Übungen sehr erwünscht.

Praktikum

Praktikum wird an der Dr. Karl Remeis-Sternwarte, Bamberg, als Blockpraktikum durchgeführt werden.

Termine:

- 16.02.–27.02.2009
- 02.03.–13.03.2009
- 14.09.–25.09.2009
- 28.09.–09.10.2009

$\Longrightarrow$ 21 Plätze pro Termin

$\Longrightarrow$ Wir lassen 84 $+ x$ Personen zu ($x \geq 0$).

Eintragung heute, *vorläufige* Zulassung erfolgt im Laufe dieser Woche und wird nächste Woche mitgeteilt.

Zum Bestehen des Moduls sind für *alle* das Praktikum sowie die zwei Scheine Astronomie I und II erforderlich.

Textbooks

KARTUNNEN, KRÖGER & OJA, 2003, *Fundamental Astronomy*, Heidelberg: Springer, € 64 (softcover), 500 pp.

Good general overview of astronomy.
Recommended, especially for exam preparation.

KUTNER, 2003, *Astronomy: A Physical Perspective*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, € 55, 580 pp.

Modern physics based textbook, easy to read. Recommended.

UNSÖLD & BASCHEK, 2005, *Der neue Kosmos. Einführung in die Astronomie und Astrophysik*, Berlin: Springer, € 50, 577 pp.

Intermediate level: Good overview of stellar astronomy, weak on extragalactic astronomy.
Good secondary reading.

Textbooks

ZEILIK & GREGORY, 1998, *Introductory Astronomy & Astrophysics*, 4th ed., Thomson Learning, € 68, 600 pp.

Intermediate level, self contained, but sometimes chaotic order.

CARROLL & OSTLIE, 2007, *Modern Astrophysics*, Reading: Addison-Wesley, € 80 (softcover), 1400 pp.

Advanced level, expects good physics background.
Recommended if you want to specialize in astronomy.

DE PATER & LISSAUER, 2001, *Planetary Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, € 93, 544 pp.

Advanced: *The* textbook of planetary science.
Good secondary reading.

Contents

History of Astronomy

Disk of Nebra: 1600 BC

first reproduction of the night sky, constellation of Moon and Pleiades

measures solstices and equinoxes $\Longrightarrow$ calendar

Stonehenge: 2500 BC; solar observatory?

History

Together with theology, astronomy one of the oldest professions in the world.

History

Together with theology, astronomy one of the oldest professions in the world.

So what?

Early Cosmology

Composite of images of Mars spaced ∼ a week apart – from late July 2005 (bottom right) through February 2006 (top left).

Explain observations:

- daily motions of Sun, Moon, planets & stars from E to W
- much slower motion of Sun & Moon with respect to stars
- occasional retrograde motions of planets (E to W)
- solar and lunar eclipses

2–4

History

Together with theology, astronomy one of the oldest professions in the world.

So what?

Astronomical nomenclature is still strongly influenced by this tradition.

$\Longrightarrow$ appreciation of history of astronomy is required for understanding even of today's astronomy. Many terms used are based on this history, e.g. magnitudes by the greek astronomer Hipparcos (∼150 BC)

Babylon

Babylonian astronomy: Earliest astronomy (flourish ∼700 BC) with influence on us:

$\Longrightarrow$ sexagesimal system [360:60:60], 24 h day, 12 × 30 d year,. . .

$\Longrightarrow$ Observations of sun and moon

$\Longrightarrow$ stellar constellations, 12 signs of zodiac

$\Longrightarrow$ bookkeeping on solar and lunar eclipses, Saros cycle: 18 yr 11 d

$\Longrightarrow$ description of planet movement

$\Longrightarrow$ cataloging stellar positions

Image: Mul.Apin cuneiform tablet (British Museum, BM 86378, 8 cm high), describes rising and setting of constellations through the babylonian calendar. Summarizes astronomical knowledge as of before ∼690 BC.

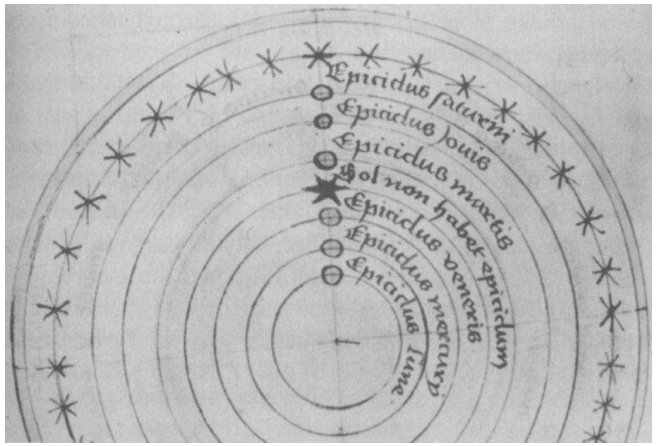
Greek, I

Atlas Farnese, 2c A.D., Museo Archeologico Nazionale, Napoli

Greek Astronomers: “Mathematicians”
development of the geocentric world model

- Thales (624–547 BC): Earth is flat, surrounded by water.
- Pythagoras (ca. 570–510 BC): “Everything is number” A harmonic universe (music) requires orbital motions in certain ratios of integer numbers
  (see Kepler: Harmonices mundi)
- Plato (427–347 BC): the circle is the perfect geometric form, uniform circular motion is eternal
  $\Longrightarrow$ “the hex of circles”
- Eudoxus (408–355 BC): Geocentric, planets affixed to concentric crystalline spheres. First real model for planetary motion!

Greek, II



Aristotle (384–322 BC, *de caelo*): Refinement of Eudoxus model: add spheres to ensure smooth motion
$\Longrightarrow$ Universe filled with crystalline spheres (*nature abhors vacuum*).

$\Longrightarrow$ Central philosophy until $\sim$1450AD!

Greek, III

Hipparchus (?? – $\sim$127 BC): First Greek observer:

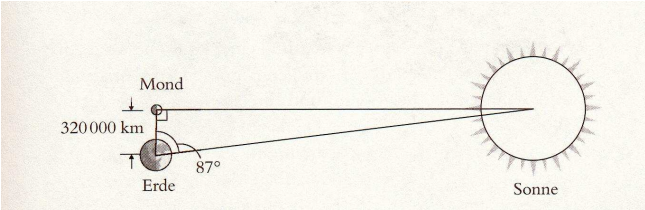
- Star catalog: 850 stars
- Magnitudes of stars: $0^{\mathrm{m}} \ldots 6^{\mathrm{m}}$
- Parallax of the moon
- Table of chords (early trigonometry)
- Discovery of precession (shift of the vernal equinox) by comparison with Babylonian star catalog
- Seasons have unequal length
- used geocentric world model of Aristotele to make predictions (Epicycle).

Greek, IV

(Aveni, 1993, p. 58)

Ptolemaeus ($\sim$140AD): *Syntaxis* (aka Almagest): Refinement of Aristotelian theory into model useable for computations
$\Longrightarrow$ Ptolemaic System.

Greek, V



Development of the heliocentric world model: Aristarchus (310–230 BC)
determination of the radius of the Sun

1st and last quarter of moon:

observed $\angle(\text{Moon}, \text{Sun}) = 1/4\,\text{circle} - 1/30 \times 1/4\,\text{circle} = 87°$

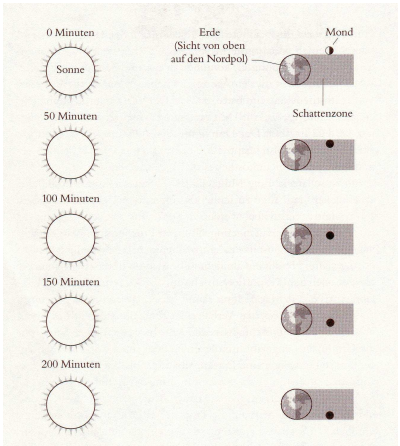
$\Longrightarrow$ distances: $D(\text{Sun} - \text{Earth}) = 19 \times D(\text{Moon} - \text{Earth})$

in reality: 400 times

Since angular diameters of sun and moon are almost equal:
$R(\text{Sun}) = 19 \times R(\text{Moon})$

Greek, VI

Development of the heliocentric world model:
Aristarchus (310–230 BC) radius of the sun



lunar eclipses:

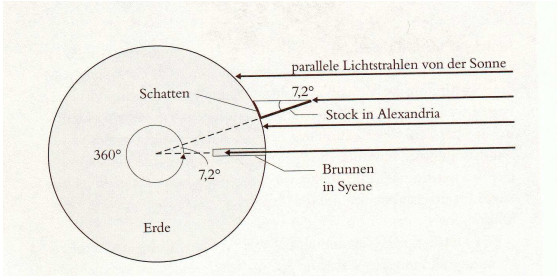
Moon fits into earth shadow twice
(in fact: 3.68 times)

$\Longrightarrow$ Radii: R(sun)=9.5×R(earth)

$\Longrightarrow$ common sense: smaller body moves around the larger one!

Heliocentric world model

Greek, VII



Eratosthenes (276–195 BC): measurement of the earth's radius

Idea: measure culmination of the sun at two places of known distance (N to S) on the same day.

Syene: sun at zenith, Alexandria: 7.2° away from Zenith

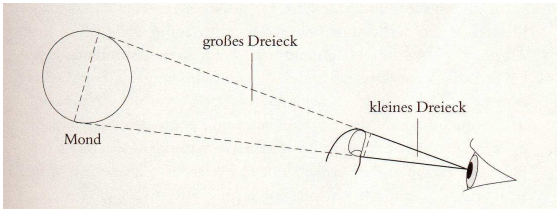
$\Longrightarrow$ Distance between Alexandria and Syene: $d/(2\pi R) = 7.2/360$

Measured: 5000 Stades

Some historians believe that this distance corresponds to ∼820 km, so if true then the radius of the Earth would have been determined to 6264 km

in fact: 6378km; repeated: 1671: Paris-Amiens (J. Picard)

Greek, VIII



The distance to the Moon and the Sun:
angular diameter of the moon equals width of finger as seen from 1 m away
$\Longrightarrow R_{\text{moon}}/d_{\text{moon}} = 1/200$

Lunar occultations: $R_{\text{moon}} = 1/2 R_{\text{earth}}$

$\Longrightarrow R_{\text{earth}}/d_{\text{moon}} = 1/100$

$$d_{\text{moon}} = 100 \times R_{\text{earth}} = 626400\,\text{km}$$

$\Longrightarrow$ distance to the sun:

$$d_{\text{sun}} = 19 \times R_{\text{moon}} = 11.9\,\text{Mio km}$$

Renaissance, I

Regiomontanus: Johannes Müller from Königsberg (Franconia) (1436–1476):

- Studies at Leipzig (1447) and Vienna (1450): Maths and Astronomy
- *Epytoma Joanis de monte regio in almagesti ptolemei* (1461–1463): translation to latin with much improved maths
- *De triangulis omnimodis* (1462–1464): foundation of modern trigonometry
- *Ephemerides astronomicae ab anno 1475–1506*: most accurate ephemerides
  $\Longrightarrow$ Navigation: Columbus & Vasco da Gama
- Founder of Nuremberg Observatory

Renaissance, II

Nicolaus Copernicus (1473–1543): Earth centred Ptolemaic system is too complicated, a Sun-centred system is more elegant.

Renaissance, III

(Gingerich, 1993, p. 165)

Nicolaus Copernicus (1473–1543): Earth centred Ptolemaic system is too complicated, a Sun-centred system is more elegant:

De revolutionibus orbium coelestium: “In no other way do we perceive the clear harmonious linkage between the motions of the planets and the sizes of their orbs.”

Renaissance, IV

(Gingerich, 1993, p. 165)

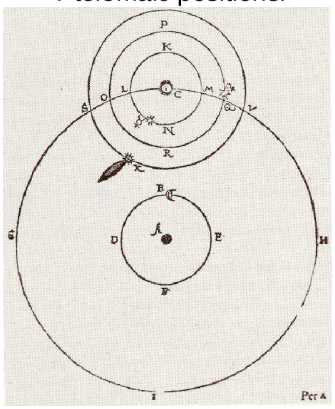
Nicolaus Copernicus (1473–1543): Earth centred Ptolemaic system is too complicated, a Sun-centred system is more elegant:

De revolutionibus orbium coelestium: “In no other way do we perceive the clear harmonious linkage between the motions of the planets and the sizes of their orbs.”

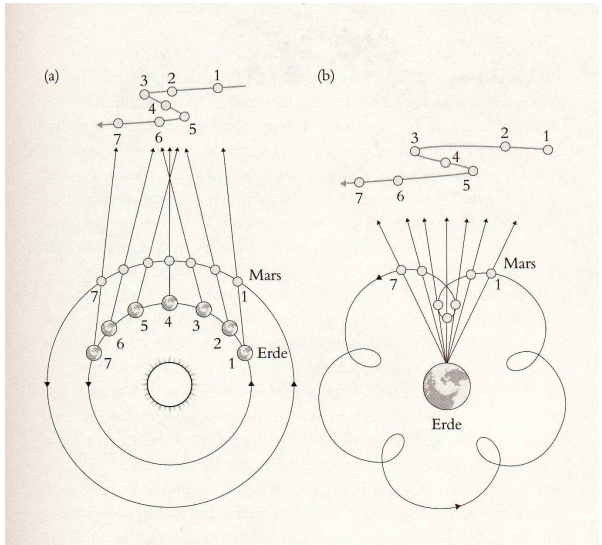
Copernican principle: The Earth is not at the center of the universe.

Renaissance, V

Tycho Brahe (1546–1601): Visual planetary positions of highest precision reveal flaws in Ptolemaic positions.



Renaissance, VI



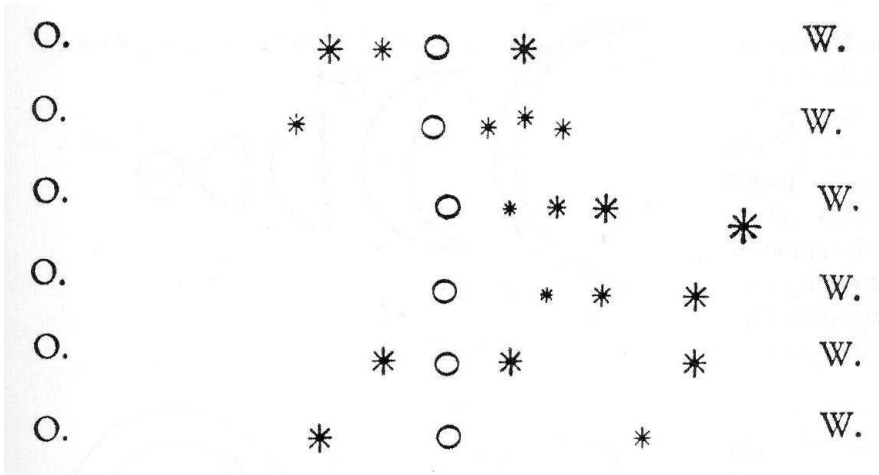
Retrograde motion: heliocentric vs geocentric model

Renaissance, VII

Johannes Kepler (1571–1630): Planets orbit on ellipses around Sun, not on circles, laws of motion.

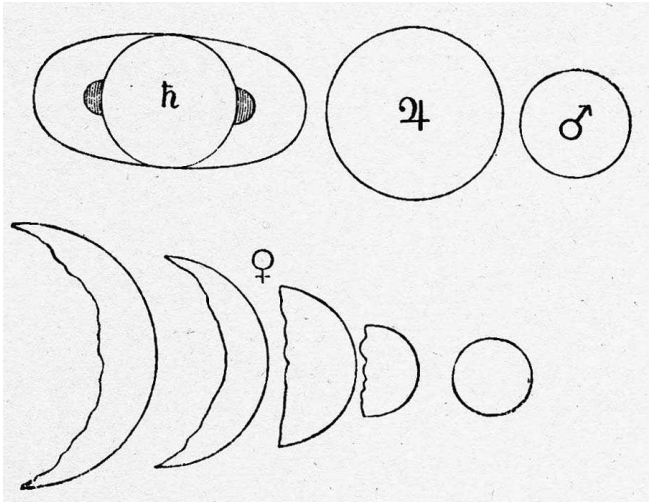
Galileo Galilei (1564–1642): Telescopic observations, discovery of four moons of Jupiter

Renaissance, VIII



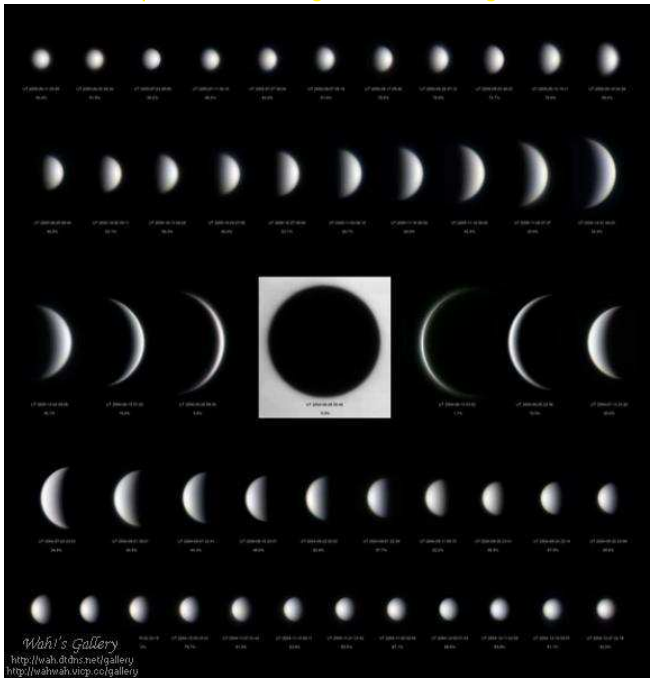
Moons move around Jupiter
($\Longrightarrow$ similar to heliocentric model!)...

Renaissance, IX

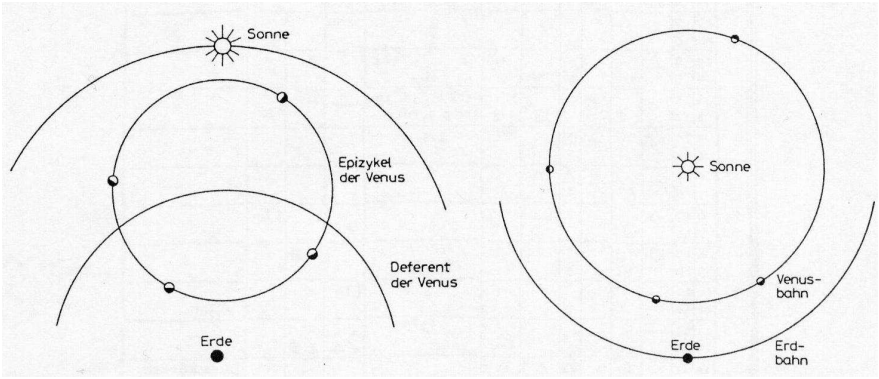


Discovery of phases of Venus (Il Saggiatore, 1623)

Observed phases and angular size changes of Venus



Renaissance, XI



The observed phase changes of Venus can be explained only by the heliocentric world model, not by the Ptolemaic geocentric system, nor by Tycho's!

Newton

(Newton, 1730)

Isaac Newton (1642–1727): Newton's laws, physical cause for shape of orbits is gravitation
(*De Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1687).

$\Longrightarrow$ Begin of modern physics based astronomy.

Aveni, A. F., 1993, Ancient Astronomers, (Washington, D.C.: Smithsonian Books)

Gingerich, O., 1993, The Eye of Heaven – Ptolemy, Copernicus, Kepler, (New York: American Institute of Physics)

Newton, I., 1730, Opticks, Vol. 4th, (London: William Innys), reprint: Dover Publications, 1952