

Erwachende Wissenschaft – Teil 20

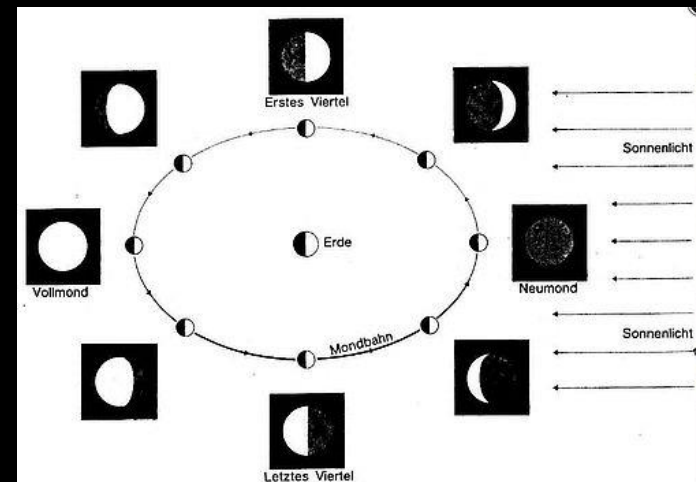
Von den Sumerern zu den Griechen



Claudius Ptolemäus

Das geozentrische Weltbild in Vollendung

Mondtheorie



Schon die babylonischen Astronomen erkannten, dass die Mondbewegung am Himmel zwar sehr kompliziert, aber dabei durchaus durch nachvollziehbare Zyklen geprägt ist.

Synodische Periode:

Wie lange dauert es, bis der Mond von der Erde aus gesehen wieder an der gleichen Position relativ zur Sonne steht (von *σύνοδος*, „Zusammentreffen“, Lunation)

Siderische Periode:

Wie lange dauert es, bis der Mond von der Erde aus gesehen wieder an der gleichen Position am Himmel (d. h. unter de Sternen) steht

Die babylonischen Astronomen erkannten sehr schnell, dass sich diese beiden Perioden im Mittel sehr genau bestimmen lassen. Die von ihnen ermittelten Perioden stimmen mit hoher Genauigkeit mit den modernen Werten überein, was Zeitreihen entsprechender Mondbeobachtungen von ein, zwei Hundert Jahren erfordert.

→ Man entdeckte sogar, dass sich die „Synodische Periode“ von Monat zu Monat um +/- 6.5 Stunden schwankt

Synodische Periode

29,5306 Tage

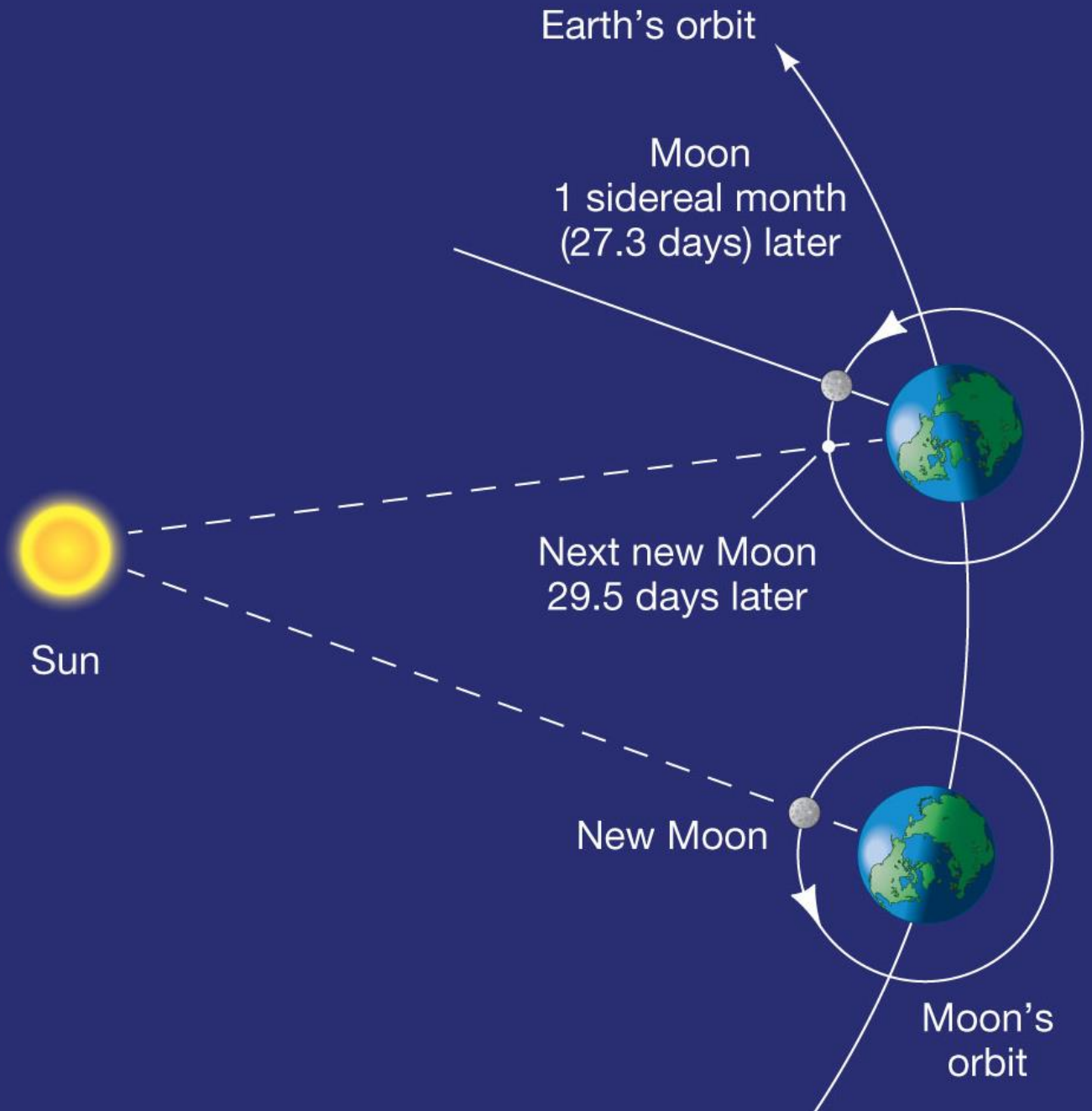
(380 v. Chr.)

Siderische Periode

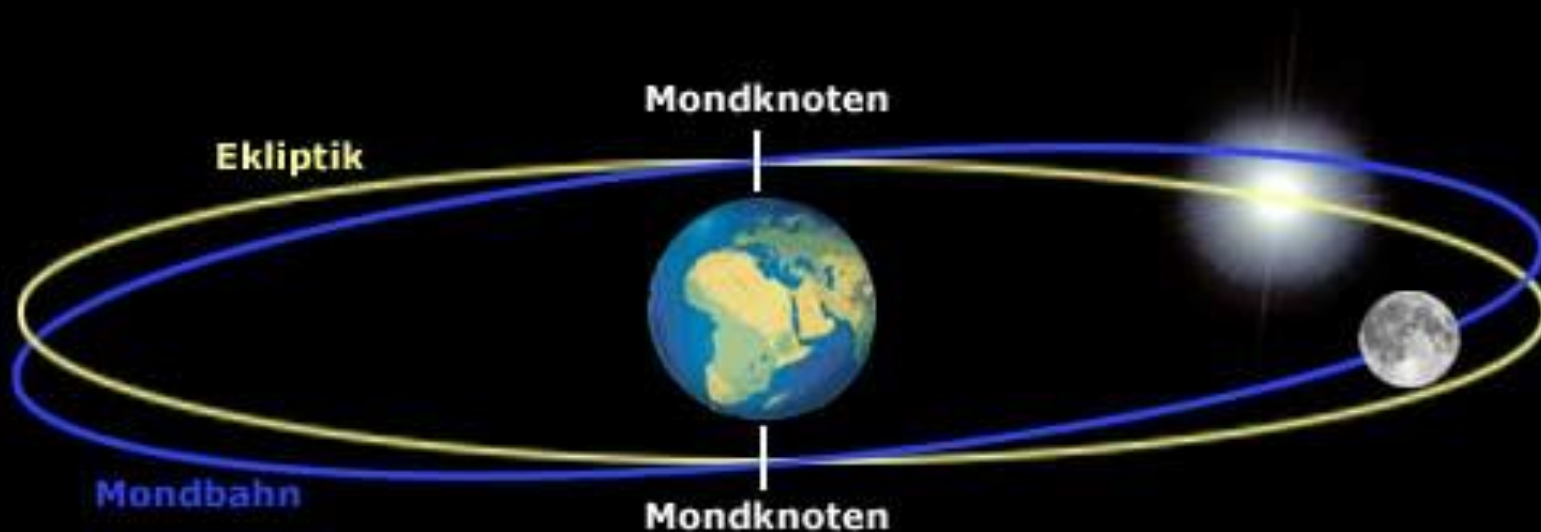
27,3320 Tage

(380 v. Chr.)

Warum die siderische Periode deutlich kürzer ist als die synodische Periode, konnten die antiken Astronomen natürlich nicht beantworten.



Neben diesen beiden grundsätzlichen Perioden, die Grundlage für verschiedene Kalendersysteme wurden, entdeckten die antiken Astronomen noch weitere Auffälligkeiten in der Mondbahn am Himmel:



Während einer Lunation schneidet die scheinbare Mondbahn die „Sonnenbahn“ (Ekliptik) zweimal – einmal von „oben“ kommend und einmal von „unten“ kommend. Der Grund dafür ist, dass die Mondbahn um ca. 5° gegenüber der Ekliptik geneigt ist. Die Schnittpunkte werden als Mondbahnknoten (oder auch „Drachepunkte“) bezeichnet.

Diese Schnittpunkte wandern entgegengesetzt der Mondbewegung (d. h. von Ost nach West) im Jahr um ca. 19° . Das bedeutet, dass die 360° in genau 18,5997 Jahren umwandert werden, d. h. nach Ablauf dieser Zeit liegt der Mondbahnknoten wieder an der gleichen Position unter den Sternen.

Die Periode eines Knotendurchgangs nennt man „Drakonitischen Monat“. Er beträgt 27,212 Tage.

Phänomenologische Effekte:

Da die Ekliptik gegenüber dem Himmelsäquator geneigt ist (= „Schiefe der Ekliptik“ $\sim 23,4^\circ$), schwankt die Mondbahn relativ zur Äquatorialebene der Erde sehr stark. Eine Auswirkung davon ist, dass in manchen Jahren der Vollmond recht tief und in anderen Jahren recht hoch am Himmel steht.

Befindet sich der Mond bei Vollmond oder bei Neumond in Knotennähe, dann kommt es zur einer Mond- bzw. Sonnenfinsternis. Da sich eine derartige Position ungefähr alle 18 Jahre wiederholt, kann man diese Gesetzmäßigkeit zur Vorhersage von Verfinsterungen nutzen

→ **Saroszyklus** (älteste Überlieferung 748 v. Chr.)

Aber den alten Astronomen sind noch weitere Erscheinungen der Mondbewegung aufgefallen. Insbesondere bemerkte Hipparch, dass sich der Mond auf seiner Bahn unterschiedlich schnell bewegt. Das führt dazu, dass die Mondposition seiner mittleren Mondposition (bei gleichförmiger Bewegung) um bis zu 6° vorseilen oder hinterherlaufen kann

→ „**Große Ungleichheit**“ + „**Evektion**“ (beides von Hipparch entdeckt)

Die Bahnpunkte mit der maximalsten und der minimalsten Mondgeschwindigkeit am Himmel nennt man Apsiden. Der zeitliche Abstand zwischen zwei Apsidendurchgängen nennt man „**Anomalistischen Monat**“. Er ist 0,23 Tage länger als ein „Siderischer Monat“.

Das führt dazu, dass sich der Apsidenpunkt am Himmel mit jeder Lunation etwas verschiebt

→ „**Apsidendrehung**“

Mondtheorie im Almagest

Buch 4–5: Theorie des Mondes

Buch 6: Mond- und Sonnenfinsternisse

Die Theorie des Mondes war die erste „Planetentheorie“, bei der genau parametrisierte Epizykel zum Einsatz gelangten (Hipparch von Nicäa).

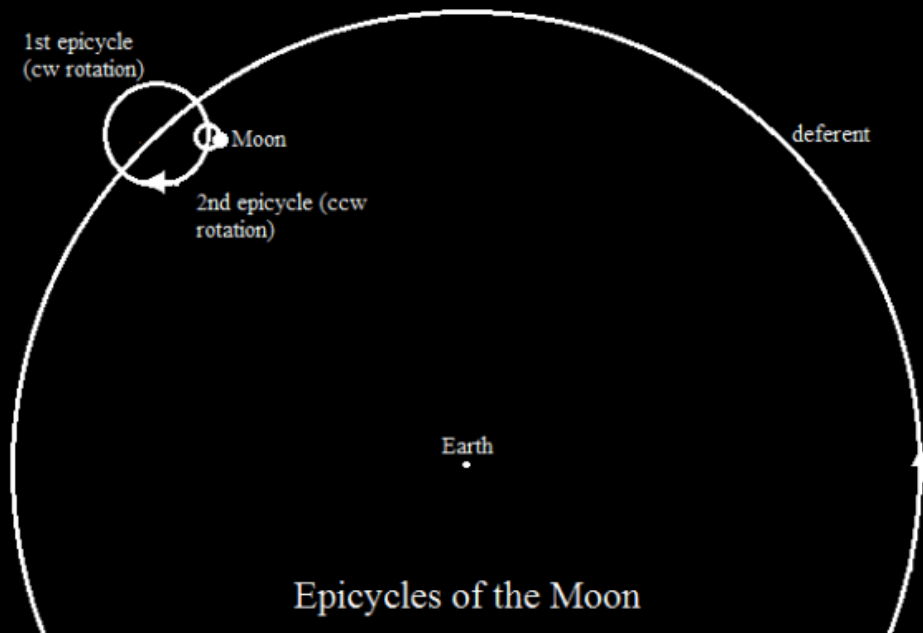
2 Epizykel: 1x „Große Ungleichheit“
1x „Evektion“

Der Mittelpunkt des 1. Epizykels wandert innerhalb eines drakonitischen Monats entlang des Deferenten

Der Mond auf den ersten Epizykel umwandert ihn innerhalb eines anomalistischen Monats

Der Deferent ist zum Erdäquator um 5° geneigt

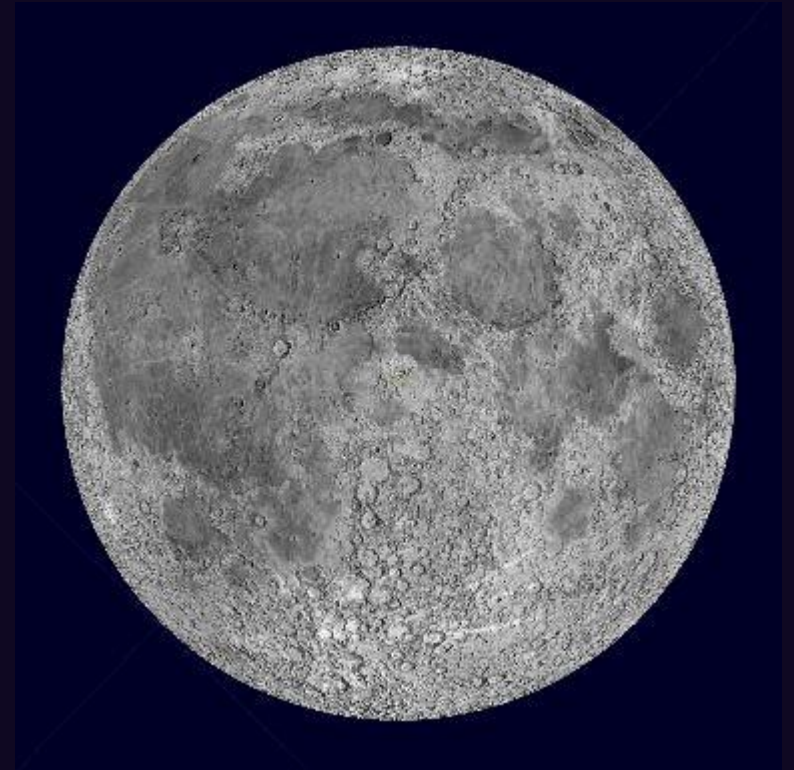
Die Knotenpunkte bewegen sich retrograd



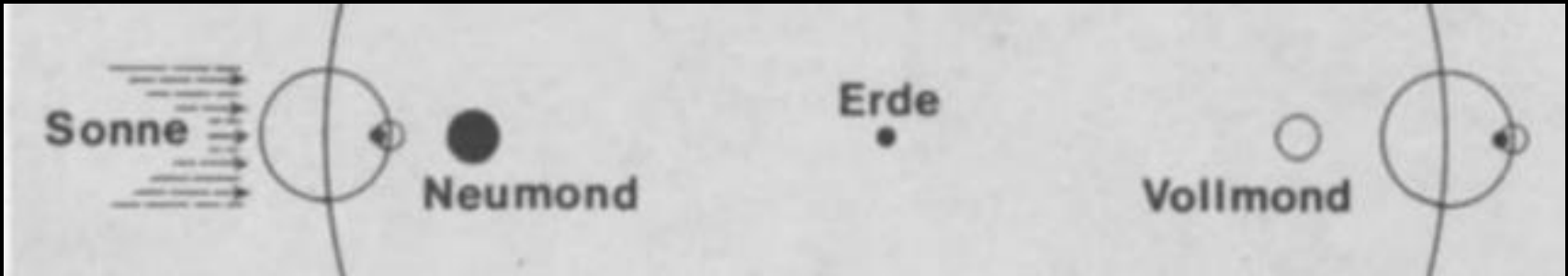
Ptolemäus konnte mit seiner Mondtheorie die Längen- und Breitenbewegungen recht gut reproduzieren. Die Vorhersage exakter Mondörter im Bereich der damaligen Messgenauigkeit gelang aber nur für die vier Hauptörter (Voll- und Neumond, Halbmond) zufriedenstellend. Erst durch die Entdeckung einer dritten Anomalie – der Variation – durch Brahe konnte zu Beginn des 17. Jahrhunderts die Mondtheorie weiter verbessert werden.



Bereits während der griechischen Antike konnte man den scheinbaren Monddurchmesser (in Winkelgrad) recht gut messen und dessen Änderung im Laufe eines anomalistischen Monats nachvollziehen. In die ptolemäische Mondtheorie ließ sich dieser Effekt jedoch nicht nachvollziehen, was später insbesondere auch von arabischen Astronomen kritisiert wurde.



Erst Copernicus hat die ptolemäische Mondtheorie dahingehend modifiziert, in dem er bessere Entfernungsabschätzungen einführte.



Ptolemäus

Copernicus

Moderne Mondtheorie



	Ptolemäus	Copernicus	modern
größter Abstand in Erdradien	~ 64	~ 68	~ 64
kleinster Abstand in Erdradien	~ 33,5	~ 52	~ 56
maximale lineare Größenschwankung	1 : 1,9	1 : 1,3	1 : 1,14

Was war in der Antike bereits über den Mond als Himmelskörper bekannt?

Thales von Milet (~600 v. Chr.) deutete die Mondphasen richtig als Folge der relativen Stellung von Mond und Sonne in Bezug zum irdischen Beobachter.

Er wies weiterhin darauf hin, dass der Mond eine Kugel sein muss, weil ansonsten der Phasenwechsel nicht zu erklären wäre.

Anaxogoras (~450 v. Chr.) lehrte, dass die Mondfinsternis durch Abschattung des Mondes durch die Erde verursacht wird.

Herakleides von Pontos (~340 v. Chr.) erklärte die tägliche Himmelsbewegung als Rotationsbewegung der (kugelförmigen) Erde. Diese These wurde später nicht in das Geozentrische Weltbild übernommen.

Plutarch (~100 n. Chr.) spekuliert darüber, dass der Mond ein ähnlicher Himmelskörper wie die Erde ist und das dort auch Menschen leben... Die dunklen Flecken bezeichnete er als „Meere“.

Die Größe und Entfernung des Mondes, ausgedrückt in der „Erdgröße“, war bereits den antiken Astronomen mit durchaus beeindruckender Genauigkeit bekannt.

Ausblick: Totale Mondfinsternis am Montag, 21. Januar 2019

Mondaufgang (50°N 10°E):	16.06 Uhr MEZ
Sonnenuntergang (50°N 10°E):	16.53 Uhr MEZ
Eintritt in Halbschatten (1. Kontakt):	03.36 Uhr MEZ
Sichtbarkeitsbeginn (SB):	~04.10 Uhr MEZ
Eintritt in Kernschatten (2. Kontakt):	04.34 Uhr MEZ
Beginn der totalen Phase (3. Kontakt):	05.41 Uhr MEZ
Maximale Verfinsterung:	06.12 Uhr MEZ
Beginn Astronomische Dämmerung (50°N 10°E):	06.13 Uhr MEZ
Ende der totalen Phase (4. Kontakt):	06.43 Uhr MEZ
Beginn Nautische Dämmerung (50°N 10°E):	06.52 Uhr MEZ
Beginn Bürgerliche Dämmerung (50°N 10°E):	07.31 Uhr MEZ
Austritt aus Kernschatten (5. Kontakt):	07.51 Uhr MEZ
Sonnenaufgang (50°N 10°E):	08.07 Uhr MEZ
Sichtbarkeitsende (SE):	~08.17 Uhr MEZ
Monduntergang (50°N 10°E):	08.19 Uhr MEZ
Austritt aus Halbschatten (6. Kontakt):	08.48 Uhr MEZ

