

# Synodische und siderische Umlaufdauer

synodisch  
Sternenhimmel im Oktober

# Babylonische Astronomie

Bereits in der altbabylonischen Periode um 1850 v.Chr. haben die Babylonier die Bewegung der Venus auf Keilschrifttafeln festgehalten.



# Babylonische Astronomie

Insbesondere war den Babyloniern bewusst, dass die Venus (der Abend- bzw. Morgenstern) ein und derselbe Planet sind. Während der Neubabylonischen Periode zwischen 600 und 400 v. Chr. haben die Babylonier die Bewegung von Planeten auch quantitativ beschrieben.

# Griechische Astronomie

- ▶ 28. Mai 585 v.Chr.: Eine Schlacht zwischen Medern und Lydern wird nach einer Sonnenfinsternis abgesagt; die Armeen schließen Frieden. Thales soll die Sonnenfinsternis vorhergesagt haben.
- ▶ 450 v.Chr.: Anaxagoras erklärt die Mondphasen durch die Sonne.
- ▶ 270 v. Chr.: Aristarch bestimmt die Entfernung des Mondes zu etwa 20 Erdradien (richtig wären etwa 60 Erdradien).
- ▶ 240 v. Chr.: Eratosthenes bestimmt den Erdradius.
- ▶ Hipparch (128 v. Chr.) benutzt eine Sonnenfinsternis, um zu zeigen, dass der Mond ca. 90 Erdradien von uns entfernt ist.

# Kugelgestalt der Erde



Offshore Windpark

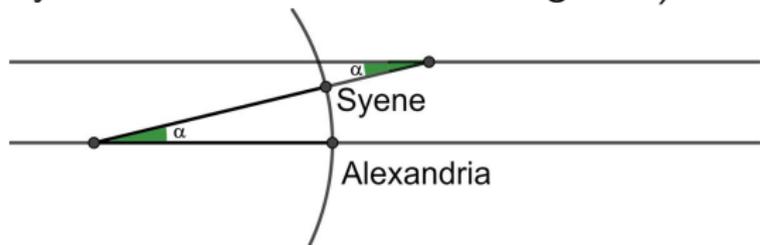
## Sonnenuntergang

Wie lange dauert ein Sonnenuntergang am 21. März am Äquator? Die Sonne hat (wie der Mond) einen Winkeldurchmesser von  $0,5^\circ$ . In 24 h dreht sie sich scheinbar um die Erde, hat also eine Winkelgeschwindigkeit von  $\frac{360^\circ}{24h} = 15^\circ/h$ . Wenn sie also im Westen senkrecht untergeht, braucht sie dafür  $\frac{0,5^\circ}{15^\circ/h} = \frac{1}{30}h$ , also etwa 2 Minuten.

Umgekehrt kann man aus der Dauer eines Sonnenuntergangs (und dem Winkel, unter dem sie am Horizont auftritt) den Winkeldurchmesser der Sonne messen.

# Eratosthenes

Eratosthenes hatte gehört, dass sich um den 21. Juni herum in Syene (Ägypten; heute heißt die Stadt Assuan) die Sonne in einem tiefen Brunnen spiegelte, also direkt im Zenit stand. In Alexandria, wo Eratosthenes der Bibliothekar der größten Bibliothek des Altertums war, konnte er dagegen einen Winkel messen, der etwa dem 50. Teil des Vollwinkels entspricht; das ergibt  $360^\circ/50 \approx 7,2^\circ$ . Der Abstand von Syene und Alexandria war etwa 5000 Stadien (vielleicht abgeschätzt mit Hilfe der Zeit, die eine Karawane von Syene nach Alexandria unterwegs war).



## Eratosthenes

Eratosthenes nahm an, dass die Sonne so weit von der Erde entfernt ist, dass die Sonnenstrahlen praktisch parallel waren. Die obige Skizze zeigt, dass der Winkel zwischen Alexandria und Syene, vom Erdmittelpunkt aus gesehen, gleich dem gemessenen 50. Teil des Vollwinkels ist („Wechselwinkel“!). Da die Entfernung zwischen Syene und Alexandria daher etwa dem 50. Teil des Erdumfangs entspricht, ergibt sich dieser zu etwa 252 000 Stadien. Nimmt man an, dass 1 Stadium etwa 164 m entspricht, kommt man auf einen Wert von 41 000 km für den Erdumfang und knapp 6 400 km für den Erdradius. Nimmt man ein Stadium als etwa 185 m an, so führt dies auf einen Erdumfang von 46 000 km. Ein ägyptisches Stadium entspricht dagegen etwa 157,5 m und liefert 39 700 km.

## Aristarch

Aristarch hat ein ganzes Buch über die Bestimmung der Entfernung von Erde und Mond geschrieben. Dort leitet er mit viel Geometrie aus Beobachtungen bei einer Mondfinsternis Abschätzungen für diese Entfernung her.

Der Kern der Idee ist folgender: Bei einer Mondfinsternis ist der Mittelpunkt des Mondes für etwa 3 h im Kernschatten. Der Kernschatten ist ein wenig kleiner als der Durchmesser der Erde. Der Mond braucht für eine Umrundung der Erde 27,3 d. Das Verhältnis von dem Umfang  $2\pi R$  des Orbits zum Durchmesser  $2R$  der Erde ist also in etwa dasselbe wie das zwischen einer Umlaufdauer des Mondes und der Dauer der Mondfinsternis:

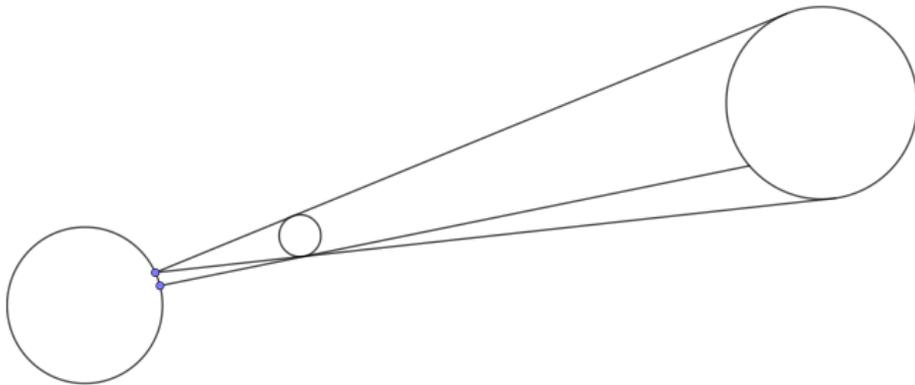
$$\frac{2\pi R}{2r} \approx \frac{27,3 \cdot 24}{3},$$

was auf  $R \approx 70r$  führt.

Video Gassner (30 min): [Aristarch](#)

# Hipparch

Hipparch wusste, dass während einer totalen Sonnenfinsternis am Hellespont (Nordtürkei) die Sonne in Alexandria nur zu 80 % bedeckt war.



# Hipparch

Weil die Sonne einen Winkeldurchmesser von  $0,5^\circ$  hat, ist der Winkel  $\alpha \approx 0,1^\circ$ . Für die Strecke  $\overline{AB}$  zwischen Hellespont (A) und Alexandria (B) gilt also einerseits  $\overline{AB} \approx 2\pi r \cdot \frac{9}{360}$  (die beiden Orte sind etwa 9 Breitengrade auseinander); andererseits ist  $\overline{AB} \approx 2\pi R \cdot \frac{0,1}{360}$ . Dies führt auf  $R \approx 90r$ .

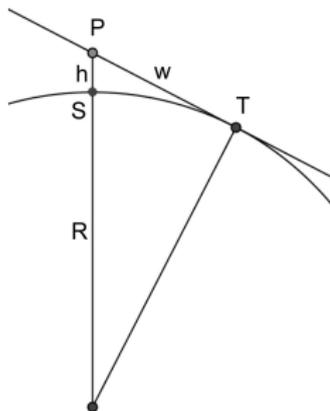
## al-Biruni

Für die Bestimmung des Erdradius nach Eratosthenes muss man die Entfernung zweier weit entfernter Punkte auf der Erdoberfläche messen. Für einen halbwegs genauen Wert sind dazu kostspielige Expeditionen notwendig.

Der arabische Gelehrte al-Biruni (973–1048) hat sich daher eine Methode einfallen lassen, die sich mit weit weniger Aufwand durchführen lässt, weil die zu vermessenden Entfernungen deutlich kleiner sind (naturgemäß erhöht sich dadurch der Einfluss von Messfehlern).

# al Biruni

Al-Biruni stellte sich auf einen Berg, der in einer flachen Ebene stand, und beobachtete, wie weit es bis zum Horizont ist (diese Strecke muss man dann messen).



## al Biruni

Setzt man den Erdradius mit  $R$  an und misst man die Weite als die Länge des Sehstrahls  $PT$  anstatt der Länge des Kreisbogens  $ST$  (der Unterschied ist winzig, wenn wir annehmen, dass die Höhe  $h$  des Turms klein gegenüber der Sichtweite  $w = \overline{PT}$  ist), dann besagt der Satz des Pythagoras, dass

$$(R + h)^2 = R^2 + w^2$$

ist; Ausmultiplizieren ergibt

$$h(2R + h) = w^2.$$

Ist die Höhe klein gegenüber  $R$ , so wird  $2R + h \approx 2R$  sein, folglich  $2Rh \approx w^2$  und damit  $R \approx \frac{w^2}{2h}$ .