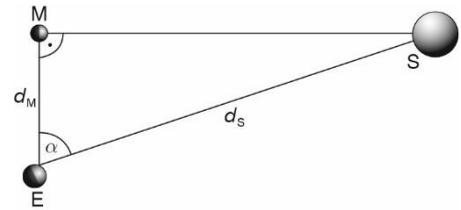


SONNENSYSTEM

Die Ideenvielfalt der antiken griechischen Denker

STATION 1: Bestimmung des Verhältnisses der Erdentfernungen von Sonne und Mond durch Aristarchos von Samos

Aristarchos überlegte sich, dass Sonne, Mond und Erde zum Zeitpunkt des Halbmondes am Ort des Mondes einen rechten Winkel bilden. Gelingt es nun, den Betrag des Winkels α zu messen, so kann das Verhältnis der Erdentfernungen von Sonne d_S und Mond d_M leicht trigonometrisch bestimmt werden (s. **Zeichnung**).



Nach: Heath, Th.: Aristarchus of Samos. The ancient Copernicus. Oxford: Clarendon Press, 1913, S. 330-332.

Arbeitsvorschläge

Aristarchos vermaß $|\alpha|$ zu 87° .

1. Bestimmen Sie daraus das Verhältnis der Erdentfernungen von Sonne d_S und Mond d_M .

Aristarchos beobachtete, dass der Mond die Sonne bei einer Sonnenfinsternis gerade eben bedecken kann.

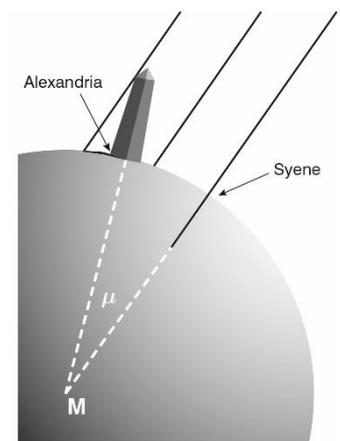
2. Begründen Sie, warum er aus dieser Beobachtungstatsache folgerte, dass das Verhältnis der Erdentfernungen von Sonne d_S und Mond d_M dem Verhältnis von deren Radien r_S/r_M entspricht.

Das wahre Verhältnis der Erdentfernungen von Sonne d_S und Mond d_M beträgt etwa 400:1.

3. Bestimmen Sie daraus den Winkel, den es zu messen gilt, und erläutern Sie, welche Schwierigkeiten bei dieser Messung auftreten können.**4. Erläutern Sie, warum Aristarchos aufgrund dieser Berechnungen auf ein heliozentrisches Planetensystem geschlossen hat.****STATION 2: Bestimmung des Erdumfangs durch Eratosthenes von Kyrene**

Eratosthenes bemerkte, dass sich die Sonne am Mittag der Sommersonnenwende (21.06.) an der Wasseroberfläche eines sehr tiefen Brunnens in Syene, dem heutigen Assuan, spiegelte, sie also senkrecht über diesem stehen musste. Zur selben Zeit warf in Alexandria aber ein Obelisk einen deutlichen Schatten (s. **Zeichnung**).

Aus dieser Beobachtung schloss er, dass die Oberfläche der Erde gekrümmt sein muss.

**Arbeitsvorschläge**

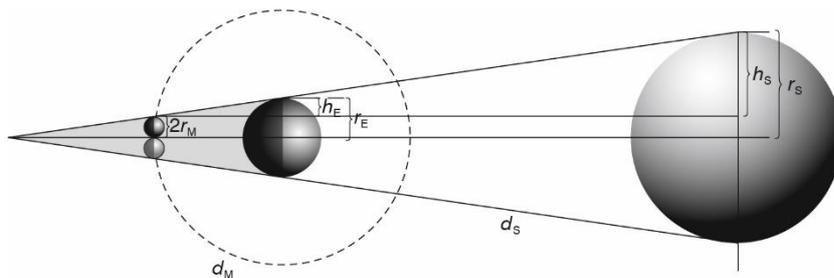
Eratosthenes bestimmte die Schattenlänge des 32 m hohen Obeliskens zu 4,04 m.

Außerdem wusste er, dass die Entfernung zwischen Alexandria und Syene 5000 Stadien (1 Stadie = 157,5 m) beträgt.

1. Bestimmen Sie mithilfe dieser Kenntnisse den Erdumfang und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem heutigen Wert von 40 074 km.**2. Überprüfen Sie, wie genau die dieser Methode zugrunde liegende Voraussetzungen erfüllt sind, nämlich dass Alexandria und Syene auf demselben Längengrad liegen und Syene sich zudem auf dem nördlichen Wendekreis ($23,5^\circ$ N) befindet.**

STATION 3: Bestimmung des Verhältnisses von Erd- und Monddurchmesser durch Aristarchos von Samos

Aristarchos beobachtete während einer Mondfinsternis, dass der Mond am Ort seiner Umlaufbahn etwa zweimal in den Kernschatten der Erde hineinpasst (s. **Zeichnung**).



Arbeitsvorschläge

1. Begründen Sie im Rahmen der geometrischen Näherungen in der obigen Zeichnung die Gültigkeit folgender Gleichung: $d_s/d_M = r_s/r_M$.

Mit einer anderen Methode hatte Aristarchos das Verhältnis der Radien von Sonne und Mond r_s/r_M zu etwa 19 bestimmt (s. **Station 1**).

2. Bestimmen Sie mithilfe dieses Verhältnisses und der Formel aus Aufgabe 1 das Verhältnis der Radien von Erde und Mond.

→ Finden Sie in der obigen **Zeichnung** Beziehungen zwischen h_E und h_s und den Radien r_s , r_E und r_M und setzen Sie diese in die Gleichung aus Aufgabe 1 ein.

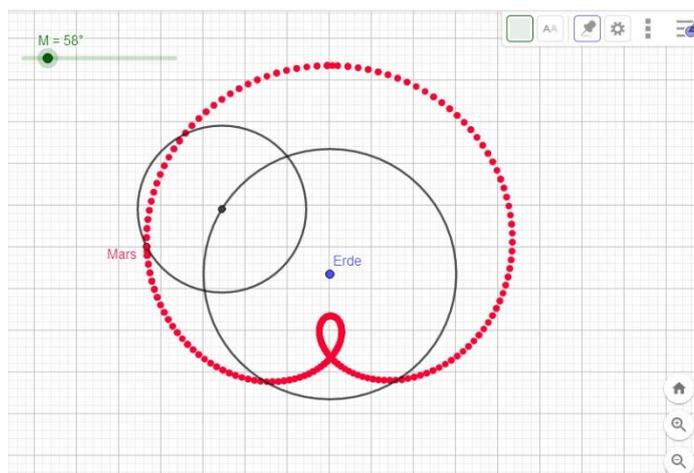
Mithilfe von Eratosthenes' Kenntnis des Erdumfanges (s. **Station 2**) konnte Aristarchos nun die Absolutwerte von r_s , r_E und r_M bestimmen.

3. Vollziehen Sie diese Berechnungen nach und erläutern Sie, welche Konsequenzen Aristarchos für seine Vorstellung vom Aufbau unseres Sonnensystems ziehen musste.

STATION 4: Das geozentrische Weltbild von Klaúdios Ptolemaíos

Vielen Gelehrten war bereits im antiken Griechenland klar, dass ein Weltbild, bei dem sich Sonne, Mond und Planeten auf Kreisbahnen um die Erde bewegen, die beobachteten Phänomene nicht annähernd erklären konnte: Wie konnten die Planeten ihre scheinbare Größe, also ihren Abstand von der Erde ändern? Wieso vollführten sie in regelmäßigen Abständen Schleifen am Himmel? Dies stellte für sie einen schweren Konflikt dar, weil sie die Welt jenseits des Mondes für vollkommen hielten und daher nur die ebenfalls vollkommenen Kreisbahnen als Bewegungskurven infrage kamen.

Abhilfe schien ein Trick zu leisten. Ptolemaios erweiterte sein geozentrisches Modell: Die Planeten vollzogen in diesem neuen Modell nun keine direkte Kreisbahn mehr um die Erde, sondern liefen auf kleineren Kreisen, deren Mittelpunkt sich auf einer größeren Kreisbahn um die Erde bewegte. Dieses sog. Epizykel-Modell kann zum Beispiel mithilfe einer dynamischen Geometriesoftware simuliert werden (s. **Bild**). Verfolgt man hierbei die Bewegung des Planeten mithilfe des Spurmodus, wird dessen Bahn sichtbar. Es zeigt sich, dass mit diesem erweiterten Modell sowohl die unterschiedlichen Erdentfernungen der Planeten auf deren Umlaufbahn, als auch die Schleifenbewegung grundsätzlich erklärt werden können.

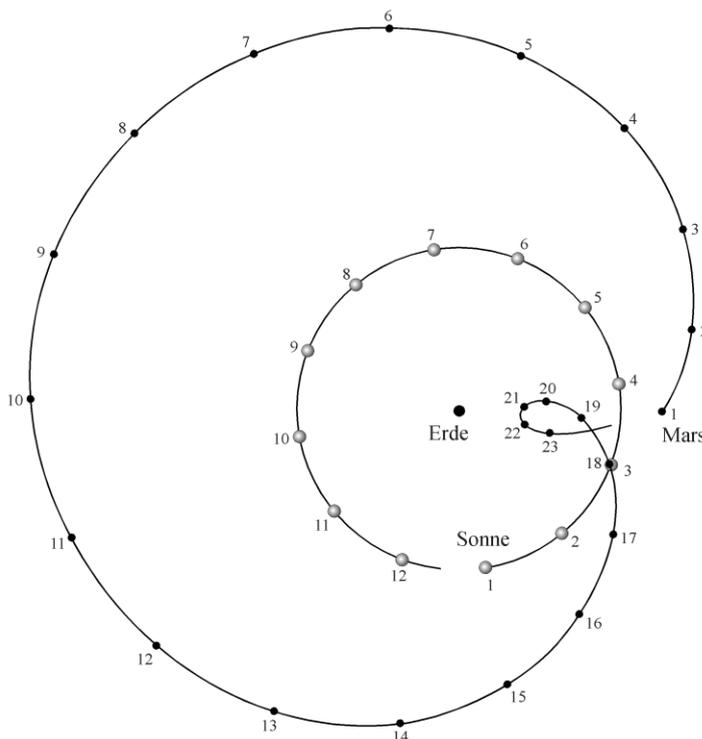


Arbeitsvorschläge

Das nebenstehende **Bild** zeigt die vereinfachte Darstellung unseres Sonnensystems. Gezeigt werden dabei nur die Himmelskörper Sonne, Erde und Mars.

- Vergleichen Sie die Darstellung mit dem Epizykel-Modell von Klaúdios Ptolemaíos (s.o.) und beurteilen Sie, inwiefern diese Darstellung Ihrer Meinung nach der Realität entspricht.**

Aufgrund der im Vergleich zu den Planeten sehr viel größeren Masse der Sonne sind wir heute ein heliozentrische Darstellung des Sonnensystems gewohnt. Im **Bild** rechts wurde dagegen die Erde als Bezugspunkt gewählt.



- Wechseln Sie den Bezugspunkt und übertragen Sie das Bild in eine sonnenzentrierte Darstellung.**

Gehen Sie dabei wie folgt vor:

- Zeichnen Sie die Sonne in die Mitte eines großen Blattes Papier.
- Messen Sie Richtung und Abstand von Sonnenposition 1 zu Marsposition 1 sowie Richtung und Abstand von Sonnenposition 1 zur Erdposition (bei der Erde sind alle Positionsnummern identisch).
- Übertragen Sie die im 2. Arbeitsschritt gemessenen Verbindungsstrecken von Sonne und Mars sowie Sonne und Erde auf Ihre (sonnenzentrierte) Darstellung aus Arbeitsschritt 1.
 - *Achten Sie dabei auf möglichst genaue Beibehaltung von Richtung und Länge der Strecken.*
- Fahren Sie auf die gleiche Weise mit den folgenden Positionen fort (Verbindungsstrecke „Sonnenposition 2 – Marsposition 2“ sowie „Sonnenposition 2 – Erdposition“ usw. – bei der Sonne entspricht Position 1 auch Position 13, Position 2 entspricht Position 14, ...).

- Beschreiben Sie das Ergebnis Ihres Bezugssystem-Wechsels.**

- Erläutern Sie den Unterschied zwischen der Verwendung eines geozentrisches Bezugs- bzw. Koordinatensystems und der naturphilosophischen Vorstellung vom geozentrischen Aufbau unseres Sonnensystems.**