

Expertengruppenarbeit Sonnenentfernung

Das ist unsere Aufgabe:

Wir sollen erarbeiten, wie man mit Hilfe der Mondentfernung die Entfernung zur Sonne bestimmen kann.

Konkret ist Folgendes zu tun:

- Lesen Sie die Informationstexte und bearbeiten gemeinsam die Aufgaben. Diskutieren Sie (leise) in der Expertengruppe, wenn Sie etwas nicht verstanden haben.
- Zu jeder Aufgabe gibt es in dem Umschlag auf dem Lehrertisch eine Lösung. Sie können die Lösung benutzen, wenn Sie nicht weiter wissen oder prüfen wollen, ob Ihre Lösung richtig ist.
- Wenn Sie alle Aufgaben bearbeitet haben, sollen Sie gemeinsam in der Expertengruppe planen, wie Sie das Thema nachher Ihrer Unterrichtsgruppe erklären. Dazu gibt es weiter hinten noch Hilfen.
- Planen Sie etwa folgende Zeit ein:



30 Minuten Erarbeitung des Themas	15 Minuten Vorbereitung der Erklärung
--------------------------------------	--

Anmerkung: Es ist aufgrund der besseren Lesbarkeit der Texte auf die weibliche Form (z.B. die Expertin) verzichtet worden. Die Schülerinnen sollen sich daher auch bei der männlichen Form angesprochen fühlen.

Bestimmung der Entfernung zur Sonne

Schon in der Antike hat man sich die Frage gestellt, wie weit unser Planet von der Sonne entfernt ist. **Die Entfernung von der Erde zur Sonne wird heutzutage auch als Astronomische Einheit bezeichnet.** Diese Größe hat in der Astronomie eine große Bedeutung.

Eine Idee für das Vorgehen zur Ermittlung dieser Größe war bereits einige Zeit vor der tatsächlichen Berechnung bekannt. Es sei an dieser Stelle jedoch erwähnt, dass hierzu der entscheidende Startwert – der Erdradius - fehlte. Der Durchbruch in dieser Frage gelang daher im dritten Jahrhundert v. Chr., nachdem damals die Größe des Erdradius von Eratosthenes ermittelt worden war. Eratosthenes ermittelte einen Erdradius von etwa 6 300 km.



Die Idee, die der Ermittlung der Entfernung von der Erde zur Sonne zu Grunde liegt, stammt von Aristarch von Samos. Diese stützt sich darauf, dass die Himmelskörper Erde, Mond und Sonne zum Zeitpunkt des Halbmonds ein rechtwinkliges Dreieck bilden (siehe Abbildung 1).

Wenn wir nun die Entfernung von der Erde zum Mond kennen würden, so müssen wir auf der Erde lediglich den Winkel zwischen dem Mond und der Sonne messen und können dann die Entfernung von der Erde zur Sonne berechnen.

Das Ziel bestand daher zunächst darin, die Entfernung zum Mond zu bestimmen und anschließend mit dieser auf die Entfernung zur Sonne, also auf die Astronomische Einheit AE, zu schließen.

Hierzu verwendet man die Gleichung $\cos \beta = \frac{\overline{ME}}{\overline{SE}} = \frac{\overline{ME}}{\overline{AE}}$

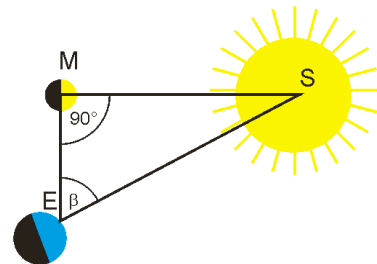


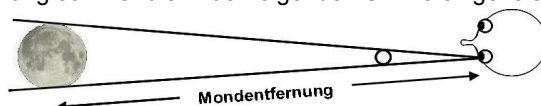
Abbildung 1: Konstellation der Himmelskörper Erde, Sonne und Mond zum Zeitpunkt des Halbmondes.

Wir wollen nun nachvollziehen, wie es den Griechen damals gelungen ist, die angesprochenen Entfernungen zu ermitteln.

Betrachten wir hierfür zunächst die Ermittlung der Mondentfernung¹.

Nehmen Sie an, dass der Monddurchmesser 3500 km beträgt. (Hinweis: Wie man den Monddurchmesser aus dem Erddurchmesser ermitteln kann, erfahren Sie in Aufgabe 7. Diese Aufgabe können Sie noch lösen, wenn Sie noch Zeit haben.) Wenn der Monddurchmesser bekannt ist, erhält man die Entfernung von der Erde zum Mond mit einer einfachen Betrachtung des Mondes bei Vollmond. Hierzu hält man bei ausgestrecktem Arm einen Gegenstand (z. B. einen Stab) vor den Mond, sodass dieser den Mond gerade bedeckt.

¹ Als Mondentfernung soll hier die in der folgenden Skizze eingezeichnete Strecke gewählt werden.



1. An Ihrem Arbeitsplatz finden Sie drei Bilder und drei Zeichnungen. Ordnen Sie die Zeichnungen den Bildern passend zu. Überlegen Sie sich, welche der drei dargestellten Situationen sich am besten eignet, um die Mondentfernung bestimmen zu können.



Falls Sie bei einer Aufgabe nicht weiter wissen, finden in den grünen Umschlägen Hilfen

Arbeiten Sie mit der ausgewählten Zeichnung weiter.

2. Skizzieren Sie hier die ausgewählte Zeichnung.

3. Überlegen Sie sich, wie Sie mit Hilfe der Zeichnung und Ihnen bekannten Größen (Durchmesser des Stabes, Monddurchmesser, Entfernung von Ihrem Auge zum Stab) auf die Mondentfernung schließen können. Geben Sie eine Formel zur Berechnung der Mondentfernung an.

Wenden Sie sich nun dem Versuchsaufbau von der markierten Position aus zu. Die Mondabbildung hat die Größe, mit der Sie auch den Mond am Nachthimmel sehen würden. Würden Sie diese Messung nachts draußen und nicht wie jetzt am Tag durchführen, so könnten Sie den Versuch am echten Mond durchführen. Stellen Sie sich daher also vor, Sie blickten tatsächlich auf den Mond.

4. Führen Sie an dem dafür vorgesehen Versuchsaufbau eine Entfernungsmessung nach dem zuvor diskutierten Prinzip durch. Stellen Sie sich dafür auf die markierte Position und wählen Sie den Stab aus, der bei ausgestecktem Arm die Mondabbildung gerade bedeckt.

Durchmesser des ausgewählten Stabes: _____

5. Berechnen Sie aus Ihrer ermittelten Entfernung zur Mondabbildung nun die Mondentfernung. Verwenden Sie dafür den Monddurchmesser von 3500 km.

(Hinweis: Der Literaturwert der Entfernung zum Mond beträgt etwa 384 000 km.) Diskutieren Sie darüber, wie Ihre eventuellen Abweichungen zum Literaturwert zu Stande kommen.

Sie haben den entscheidenden Schritt zur Bestimmung der Entfernung von der Erde zur Sonne geschafft. Sie können daher nun dazu übergehen, die Entfernung von der Erde zur Sonne nach der Idee des Aristarch zu ermitteln.

Aristarch bestimmte den Winkel β zu 87° . Mit Hilfe der verbesserten Technik weiß man heutzutage, dass der Winkel β einen Wert von $89,85^\circ$ hat und dass die mittlere Mondentfernung 384 000 km beträgt.

6. Berechnen Sie mit diesen Angaben und unter Zuhilfenahme der Abbildung 1 die Entfernung zur Sonne, also die Astronomische Einheit. (Zur Kontrolle: Die Astronomische Einheit hat einen Wert von $1,49 \cdot 10^8$ km.)

Falls noch Zeit ist:

Im Folgenden erfahren Sie, wie man den Monddurchmesser ermitteln kann.

Man weiß, dass der Mond bei einer Mondfinsternis den Schatten der Erde durchläuft. Dies ist auf der Abbildung 2 gezeigt. Die Begrenzungen des Erdschattens sind jedoch nicht parallel. Sie laufen vielmehr aufeinander zu. Daher beträgt der Durchmesser des Kernschattens der Erde, den der Mond bei einer Mondfinsternis durchläuft nur etwa 74% des tatsächlichen Erddurchmessers.

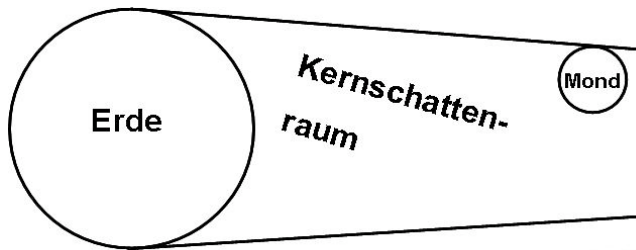


Abbildung 2: Schematische Zeichnung des Erdschattens bei einer Mondfinsternis

In Abbildung 3 sehen Sie eine Originalaufnahme des Mondes beim Durchlauf durch den Erdschatten im März 2007.

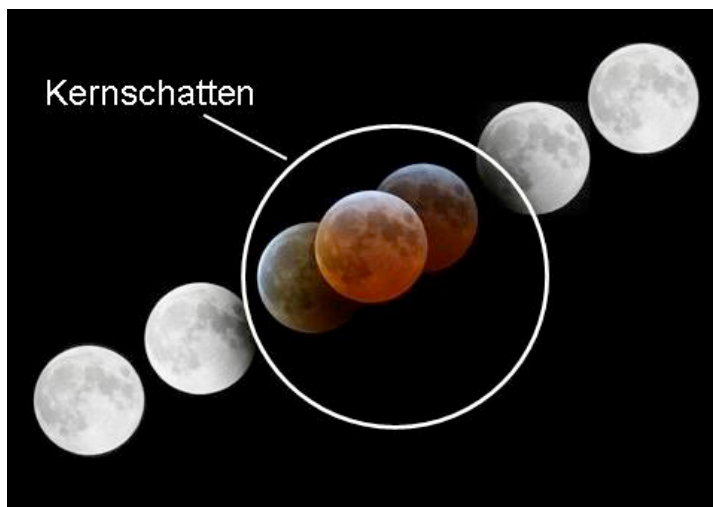


Abbildung 3: Originalaufnahme einer Mondfinsternis mit eingezeichnetem Kernschatten der Erde.

7. Ermitteln Sie anhand der Originalaufnahmen in Abbildung 3 den Monddurchmesser. Gehen sie hierbei davon aus, dass der Erddurchmesser 12 700 km beträgt.

Bestimmung der Astronomischen Einheit

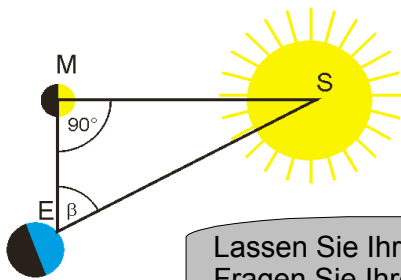
Aufgaben für die Stammgruppe

Die Mitglieder der Stammgruppe haben das folgende Arbeitsblatt. Die Aufgaben sollen gemeinsam in der Stammgruppe bearbeitet werden. Bereiten Sie in Ihrer Expertengruppe die Aufgaben vor. In den Sprechblasen finden Sie Anregungen und Hilfestellungen wie Sie die Aufgaben bearbeiten können.

1. Der Experte gibt Ihnen zunächst einen Überblick über das Lernziel, d.h. welche Entfernung bei dieser Station ermittelt wird.

Erwähnen Sie auch, dass man die Entfernung zur Sonne auch als Astronomische Einheit bezeichnet

2. Der Experte erläutert anhand der großen Skizze, wie man mit der bekannten Mondentfernung die Entfernung zur Sonne, auch als Astronomische Einheit bezeichnet, berechnen kann. Protokollieren Sie die wichtigen Schritte in Ihrer Zeichnung mit.

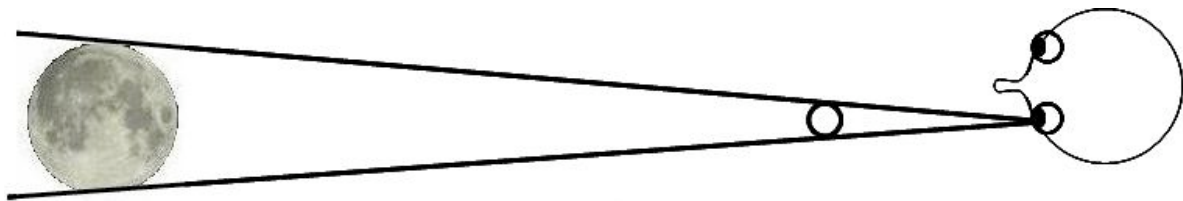


Gehen Sie hier auch auf die historische Situation ein. Berichten Sie also von Aristarch und seinem Vorgehen.

Lassen Sie Ihre Stammgruppe die Zeichnungen den Bildern zuordnen. Fragen Sie Ihre Stammgruppe zunächst nach einer Möglichkeit zur Berechnung der Mondentfernung. Vielleicht hat jemand eine Idee.

3. Betrachten Sie nun genauer die Bestimmung der Mondentfernung.

- Der Experte macht Ihnen die Berechnung der Mondentfernung anhand der großen Zeichnung plausibel. Protokollieren Sie die wichtigen Schritte in Ihrer Zeichnung mit.



Lassen Sie Ihre Stammgruppe die Mondabbildung mit einem passenden Stab anpeilen.

- Sie lernen am Versuch die konkrete Vorgehensweise zur Entfernungsbestimmung kennen.

Vergewissern Sie sich, ob Ihre Stammgruppenmitglieder die zuvor besprochenen Inhalte verstanden haben.

4. Klären Sie noch vorhandene Fragen in Ihrer Stammgruppe.