

## Aufgaben Astronomie Klasse 10 für die 13. und 14. Schulwoche

### Thema 1: Lichtgeschwindigkeit und Längeneinheiten

Aus den vergangenen Astronomiestunden dürfte klar geworden sein, dass sich die Größe des Weltalls und die Entfernungen zwischen den einzelnen Himmelsobjekten kaum mit den auf der Erde gebräuchlichen Einheiten berechnen oder darstellen lassen. Daher nutzt die Astronomie andere Entfernungseinheiten, die auf der Lichtgeschwindigkeit ( $c'$ ) beruhen.

1. Finde mit Hilfe des Tafelwerkes Informationen zu folgenden Einheiten:
  - Lichtgeschwindigkeit,
  - Astronomische Einheit,
  - Lichtjahr!

Notiere dazu, wie diese Einheiten untereinander in Beziehung stehen!

2. Berechne, wie lange das reflektierte Licht (Lichtgeschwindigkeit beachten) vom Mond bis zu unserer Erde benötigt! Dabei legen wird die mittlere Entfernung zwischen Erde und Mond mit 384000 km fest.
3. Berechne, welche Strecke Licht im Weltraum in einer Minute (60 Sekunden) zurücklegt!

### Thema 2: Die keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz

1. Übernimm aus dem Tafelwerk die Tabelle zu den Keplerschen Gesetzen und dem Gravitationsgesetz! Nutze gegebenenfalls die beigelegten Lehrbuchseiten zur vertiefenden Recherche!

Heimarbeit: Löst die ausgegebenen Arbeitsblätter zu den Forschungsmethoden! Wir hatten bereits begonnen daran zu arbeiten. Die Kontrolle folgt!

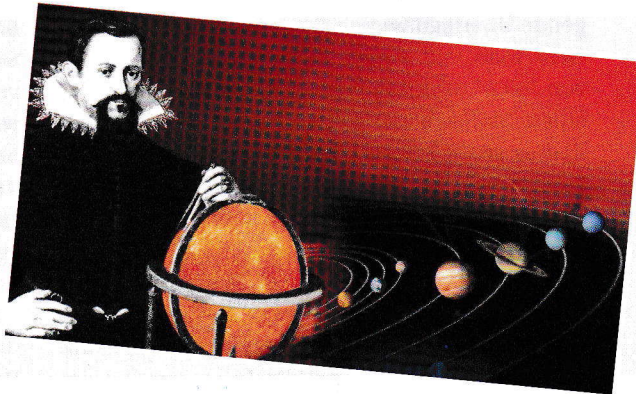


## 2.2 Gesetze der Planetenbewegung

### Die Bahnen der Planeten

Viele Jahrhunderte gingen die Menschen davon aus, dass sich die Planeten auf Kreisbahnen um die Erde (geozentrisches Weltbild) bzw. um die Sonne (heliocentrisches Weltbild) bewegen.

Auf was für Bahnen bewegen sich die Planeten tatsächlich?



### Die keplerschen Gesetze

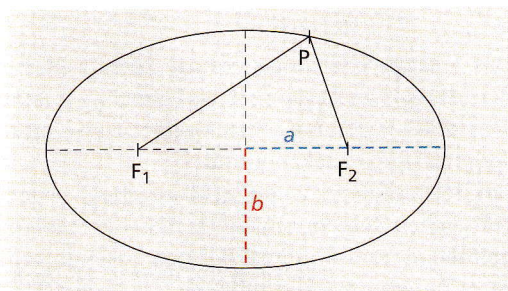
Durch sorgfältige Auswertung von Beobachtungen zu Planeten erkannte JOHANNES KEPLER (1571-1630), dass die Bahnen der Planeten nicht genau kreisförmig verlaufen, sondern lediglich kreisähnlich sind.

Diese kreisähnlichen Bahnen nennt man Ellipsen. Eine solche Ellipse ist in Abb. 1 dargestellt. Sie lässt sich so kennzeichnen:

- Eine Ellipse hat zwei Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$ .
- Für einen beliebigen Punkt P auf der Ellipse gilt:

$$\overline{PF_1} + \overline{PF_2} = \text{konstant} = 2a$$

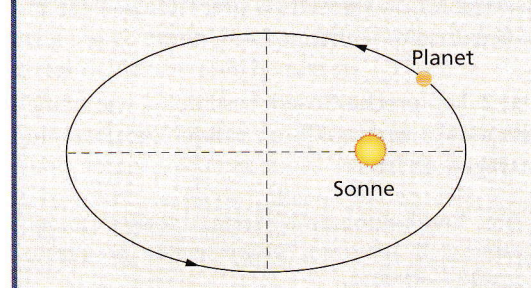
- Die beiden Achsen stehen senkrecht aufeinander. Die Halbachsen werden als große und kleine Halbachse bezeichnet.



1 Ellipse mit den Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$ , der großen Halbachse  $a$  und der kleinen Halbachse  $b$

Das 1. keplersche Gesetz beschreibt die Bahnen, auf denen sich Planeten bewegen. Es lautet:

**Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen. In einem gemeinsamen Brennpunkt steht die Sonne.**



Aus dem 1. keplerschen Gesetz folgt, dass sich während der Bewegung eines Planeten um die Sonne der Abstand Planet-Sonne ständig ändert. Den sonnennächsten Punkt einer Planetenbahn bezeichnet man als **Perihel**, den sonnenfernsten Bahnpoint als **Aphel**.

Für die Erde beträgt die geringste Entfernung von der Sonne (Perihel) 147,1 Mio. Kilometer, die größte Entfernung (Aphel) 152,1 Mio. Kilometer. Als mittlere Entfernung wurde der Wert

$$149,6 \text{ Mio. km} = 1 \text{ AE festgelegt.}$$

Der Unterschied in den Abständen beträgt immerhin 5 Mio. km. Das ist eine riesige Differenz,



allerdings auch eine, die in astronomischen Dimensionen gering ist. Das verdeutlicht die folgende Überlegung:

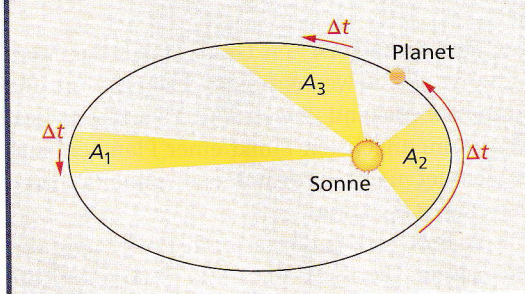
Geht man von einem mittleren Erdbahnradius von  $149,6 \cdot 10^6$  Kilometern aus, dann wäre das bei einem Maßstab von  $1 : 4 \cdot 10^{12}$  ein Kreis mit einem Radius von 3,740 cm. Zeichnet man eine Ellipse, dann würden im gleichen Maßstab die große Halbachse 3,740 cm und die kleine Halbachse 3,739 cm betragen.

Die Sonne wäre 0,6 mm vom Schnittpunkt der Halbachsen entfernt. Die Abweichung von einer Kreisbahn ist so klein, dass es zeichnerisch kaum darstellbar ist. Das ist bei der Interpretation der Skizzen auf den Seiten 37 bis 38 von Bedeutung: In den Skizzen sind nicht die tatsächlichen Entfernungsverhältnisse dargestellt.

Es ist also berechtigt, von kreisähnlichen Bahnen zu sprechen. Umso höher ist die wissenschaftliche Leistung von J. KEPLER zu bewerten, der diese geringen Abweichungen von Kreisbahnen herausfand und in seinen drei Gesetzen die genauen Zusammenhänge formulierte.

Das 2. keplersche Gesetz beschreibt, wie schnell sich die Planeten auf ihren Bahnen um die Sonne bewegen. Es lautet:

Die Verbindungslinie Sonne – Planet überstreicht in gleichen Zeitintervallen  $\Delta t$  gleich große Flächen A.



Aus dem 2. keplerschen Gesetz folgt, dass ein Planet entlang seiner Bahn die Bahngeschwindigkeit ändert. In Sonnennähe ist die Verbindungslinie Sonne-Planet kurz. Damit die pro Zeit überstrichene Fläche konstant bleibt, muss sich der

Planet in Sonnennähe schneller als in Sonnenferne bewegen.

So hat die Erde bei ihrer Bahn um die Sonne in Sonnenferne (Juni/Juli) eine Geschwindigkeit von  $29,3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ , in Sonnennähe (Dezember/Januar) von  $30,3 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ . Ihre mittlere Bahngeschwindigkeit beträgt  $29,8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

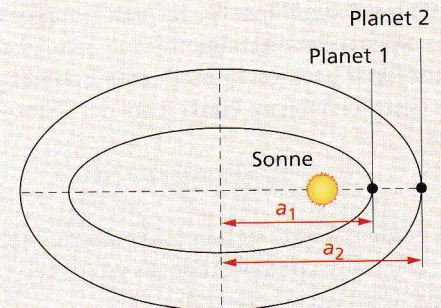
Vergleicht man die mittleren Bahngeschwindigkeiten verschiedener Planeten miteinander, dann zeigt sich: Mit wachsendem Abstand von der Sonne nimmt die mittlere Bahngeschwindigkeit eines Planeten ab.

Das 3. keplersche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen den Umlaufzeiten und den großen Bahnhalbachsen zweier Planeten, die um die Sonne kreisen.

Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnen.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

$T_1, T_2$  Umlaufzeiten  
 $a_1, a_2$  große Bahnhalbachsen



Das 3. keplersche Gesetz ermöglicht entweder die Berechnung des Abstands eines Planeten zur Sonne oder die Berechnung seiner Umlaufzeit, wenn die anderen Größen bekannt sind.

Ein Beispiel dafür ist auf S. 41 gegeben. Beachte bei solchen Berechnungen: Da man die Planetenbahnen als kreisähnliche Bahnen ansehen kann, ist es näherungsweise möglich, die große Bahnhalbachse  $a$  durch den mittleren Bahnradius  $r$  zu ersetzen.



## Das Gravitationsgesetz

Die keplerschen Gesetze beschreiben, wie sich Planeten um die Sonne bewegen. Sie sagen aber nichts darüber aus, welche Kraft die Planeten auf ihre Bahn zwingt. Mit dem Zusammenhang zwischen Kräften und Bewegungen beschäftigte sich erst der englische Naturforscher ISAAC NEWTON (1643–1727) ausführlich. Er formulierte Gesetze, die wir heute als die drei newtonschen Gesetze kennen.

NEWTON entdeckte auch, dass alle Körper aufgrund ihrer Masse eine anziehende Kraft aufeinander ausüben.

Diese Kraft wird **Gravitationskraft** genannt, abgeleitet von *gravis* (lat.) = schwer. Die Gravitationskraft ist z. B. die Ursache dafür, dass ein Gegenstand, den wir loslassen, nach unten fällt. Der Gegenstand wird von der Erde angezogen.

Die Gravitationskraft wirkt auch zwischen Himmelskörpern, z. B. zwischen Erde und Erdmond oder Erde und Sonne. Sie wirkt bei der Bewegung eines Himmelskörpers um einen anderen als **Radialkraft** (Abb. 1).

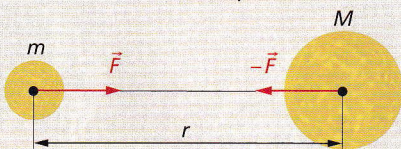
Untersucht man den Betrag der Gravitationskraft zwischen zwei Körpern mit den Massen  $m$  und  $M$ , dann zeigt sich: Die Gravitationskraft zwischen zwei Körpern ist umso größer,

- je größer ihre Massen sind und
- je kleiner ihr Abstand voneinander ist.

Diese Zusammenhänge lassen sich zum **Gravitationsgesetz** zusammenfassen.

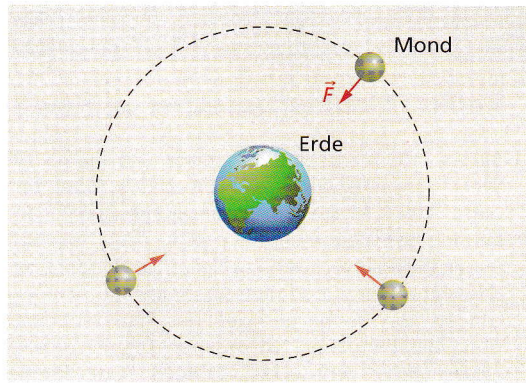
Das Gravitationsgesetz lautet:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$



$G$  ist die Gravitationskonstante.

$$\left( G = 6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \right)$$



1 Damit sich ein Körper auf einer kreisförmigen Bahn bewegt, muss eine zum Drehzentrum gerichtete Kraft auf ihn wirken.

## Kosmische Geschwindigkeiten

Mit dem Gravitationsgesetz und den Gesetzen für die Kreisbewegung lässt sich ermitteln, welche Geschwindigkeit z. B. ein Satellit haben muss, damit er sich gerade um die Erde bewegt. Diese Geschwindigkeit wird 1. kosmische Geschwindigkeit genannt. Für die Erde beträgt sie  $7,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

Soll eine Raumsonde den Bereich der Erdanziehung verlassen, dann muss sie mindestens die 2. kosmische Geschwindigkeit haben. Diese beträgt für die Erde  $11,2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

Die kosmischen Geschwindigkeiten sind von der Masse des jeweiligen Zentralkörpers abhängig und haben z. B. für den Mars oder den Mond andere Werte als für die Erde.

## Aufgaben

1. Nenne und erlautere die drei newtonschen Gesetze, insbesondere das newtonsche Grundgesetz.
2. Welcher Zusammenhang besteht für einen Körper auf der Erdoberfläche zwischen seiner Gewichtskraft und der Gravitationskraft zwischen ihm und der Erde?
3. Interpretiere das Gravitationsgesetz.