

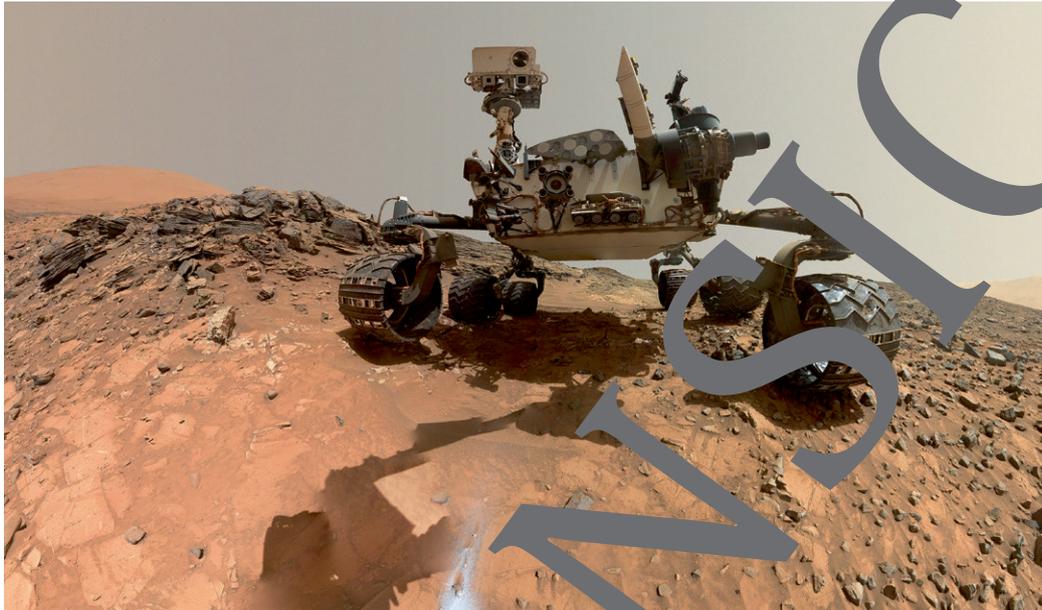
I.G.11

Astronomie

Eine Lerntheke zu Sternen und Planeten

Thomas Rosenthal, Esslingen

Illustrationen von Liliane Oser, Hamburg; Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing



© RAABE 2020

© NASA

Am 6. August 2012 setzte der Mars-Rover „Curiosity“ nach einer spektakulären Landung auf dem Mars auf. Seitdem liefert er unzählige Bilder und Daten über die Marsoberfläche, die nicht nur die Forscherwelt in ihren Bann ziehen: Anhand von Untersuchungen einer 5 m tiefen Mulde fand man heraus, dass es dort vor rund 3,5 Milliarden Jahren einen See gegeben haben muss. Bekommen wir über diese Mission weitere Informationen und Erkenntnisse über die Entstehung unseres Sonnensystems? Welche Objekte prägen dieses und welche Bewegungen und Gesetzmäßigkeiten gibt es? In diesem Lerntrag finden Ihre Schüler Antworten auf diese und weitere Fragen.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe/Lernjahr: 8 (G8)

Dauer: 10 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: 1. Die Objekte und Dimensionen unseres Sonnensystems kennenlernen; 2. Die Bewegungen in unserem Sonnensystem mit den Kepler'schen Gesetzen beschreiben; 3. Das Werden und Vergehen von Sternen und Sternsystemen verstehen

Thematische Bereiche: Sonnensystem, Planeten, Umlaufbahnen, Kepler'sche Gesetze

Medien: Texte, 1 Farbfolie, Material zur Nutzung am Computer

Zusatzmaterialien: kleine Filme (Mediathek)

Didaktisch-methodische Hinweise

Motivation

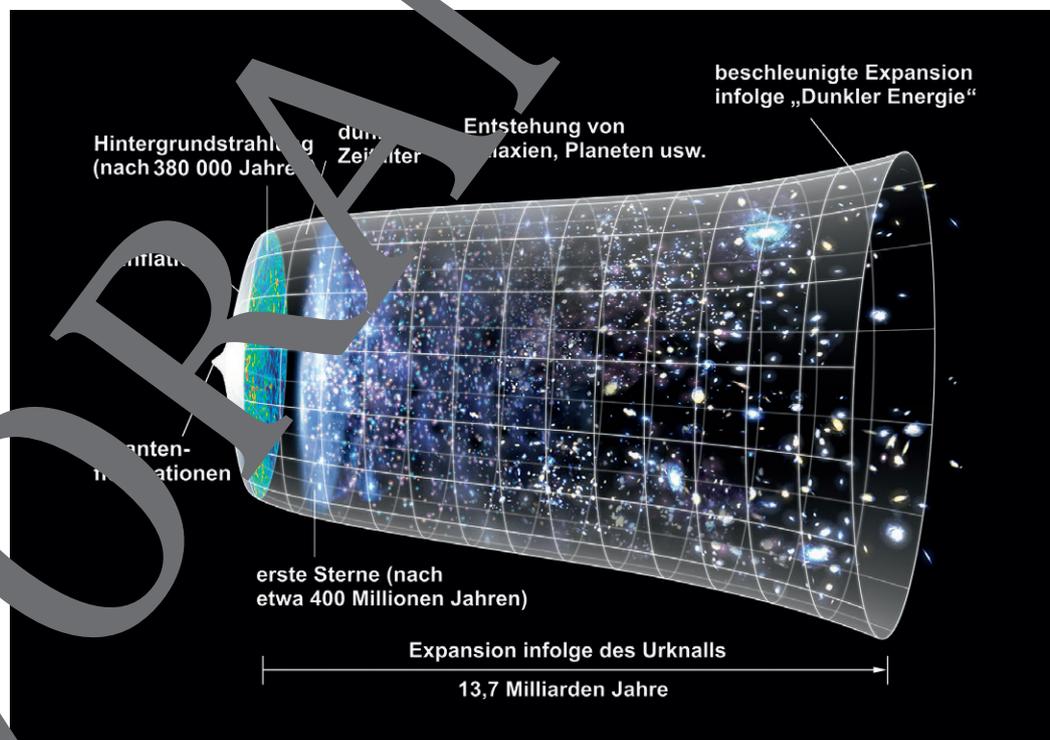
Zahllose Schlagzeilen aus Zeitungen oder Nachrichtenmagazinen führen uns beinahe täglich die Faszination der Astronomie vor Augen. Auch bei Schülern ist die Astronomie von großem Interesse, wie man im naturwissenschaftlichen Unterricht immer wieder feststellen kann. Fragender Fragen haben sie, die nicht einmal die aktuelle Forschung beantworten kann. Motivierend wird dafür die Jugendlichen sein, an verschiedenen Stationen Informationen über die Objekte in unserem Sonnensystem zu erhalten, ihre Bewegungen und gültigen Gesetzmäßigkeiten zu verstehen und das Werden und Vergehen von Sternen und Sternsystemen zu beschreiben.

Fachlicher Hintergrund

Grundlagen unseres Sonnensystems

Nach aktuellen Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass unser **Universum** vor etwa 14 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion (**Urknall**) entstand ist. Seitdem hat es sich immer weiter aus. Die anfangs heißen Gase kühlten sich ab, sodass sich eine Milliarde Jahre nach dem Urknall die ersten **Galaxien** bildeten. Darunter versteht man durch Schwerkraft gebundene, große Ansammlungen von **Sternen, Planeten- bzw. Sonnensystemen**, Gasnebeln und sonstigen Objekten. Um unsere Sonne als Zentralstern kreisen auf elliptischen Bahnen acht Planeten: Merkur, Venus, Erde und Mars als die vier inneren Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun als unsere vier äußeren Planeten sowie tausende kleinere Himmelskörper, die zusammen unser Sonnensystem bilden.

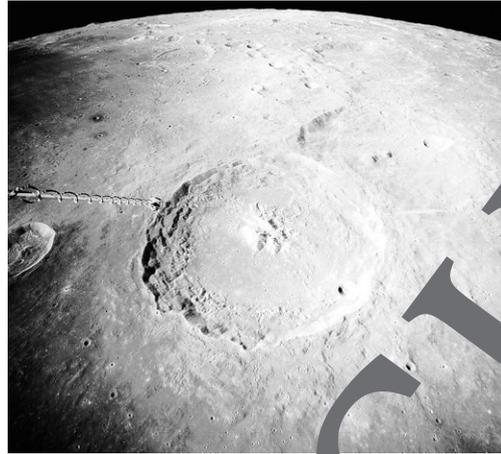
Aufgrund der Dimensionen im Sonnensystem werden Entfernungsangaben in Vielfachen der **astronomischen Einheit (1 AE)** angegeben, also des mittleren Abstands von Sonne und Erde: Dieser beträgt rund 149,6 Millionen km.



Die Entwicklung unseres Universums

© NASA

Ein Himmelskörper wird als **Mond** bezeichnet, wenn er sich um einen Planeten bewegt. Ein **Planetoid** dagegen ist ein Kleinplanet und weist eine unregelmäßige Formung auf. Der **Planetoiden-/Asteroidengürtel** (2,2–3,3 AE Abstand zur Sonne) zwischen den Planetenbahnen von Mars und Jupiter ist eine Ansammlung von mehr als 500 000 felsartigen Kleinkörpern. Aus ihnen heraus können sich immer wieder einzelne Gesteinsbrocken als **Meteoriden** in Richtung der Erde bewegen und gegebenenfalls als **Meteoriten** auf der Erde einschlagen.



Theophilus-Krater auf dem Mond
© NASA

Die **Sonne** als Zentralstern ist eine selbstleuchtende Gaskugel, deren Hauptbestandteile Wasserstoff und Helium sind. In Richtung Sonne nimmt Druck, Dichte und Temperatur zu. Im Zentrum der Sonne verschmelzen bei diesen hohen Werten von Dichte und Temperatur die Kerne von Wasserstoffatomen zu Heliumatomkernen. Bei diesem Prozess, der als **Kernfusion** bezeichnet wird, wird jede Sekunde eine Energiemenge von $3,85 \cdot 10^{26}$ J (Joule) frei. Auf der Oberfläche sind verschiedene Sonnenaktivitäten zu beobachten, die mit den gewaltigen Energiemengen zusammenhängen, die in der Innenschicht der Sonne transportiert, teilweise zwischengespeichert und dann schlagartig freigesetzt werden können: **Sonnenflecken**, **Protuberanzen**, **Sonneneruptionen** und **Sonnenwinde**.



Protuberanzen auf der Oberfläche der Sonne
© NASA

Lange galt das ptolemäische oder geozentrische Weltbild mit der Erde im Mittelpunkt als Grundlage der Astronomie, ehe Nikolaus Kopernikus vom heliozentrischen Weltbild mit der Sonne im Mittelpunkt sprach. Der dänische Astronom Tycho Brahe lieferte wichtige Erkenntnisse für eine genaue Beschreibung des Aufbaus unseres Sonnensystems, von denen der deutsche Astronom Johannes Kepler profitierte. Ausgehend von diesen formulierte er zu Beginn des 17. Jahrhunderts grundlegende Aussagen, die heute **Kepler'sche Gesetze der Planetenbewegung** genannt werden.

Die Kepler'schen Gesetze (vgl. M 6, Seite 16)

1. **Kepler'sches Gesetz:** Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen, in einem gemeinsamen Brennpunkt steht die Sonne.
2. **Kepler'sches Gesetz:** Die gedachte Verbindungslinie Planet-Sonne überstreicht in gleichen Zeitintervallen Δt gleich große Flächen.
3. **Kepler'sches Gesetz:** Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen ihrer Bahnen.

Sterne sind massereiche, selbstleuchtende Himmelskörper, die aus Gas und Plasma bestehen. Sie werden durch die eigene Schwerkraft zusammengehalten und kühlen an ihrer Oberfläche bis zu 45 000 K (Kelvin) heiß sein. Treten Sterne in einem Gebiet stark erhöhte Dichten auf, so spricht man von Sternhaufen. Eine Galaxie ist eine riesige Ansammlung von Sternen (bis zu tausend Milliarden). Kleinere Galaxien enthalten nur etwa eine Milliarde Sterne. Sterne existieren nicht ewig, sie entstehen und verschwinden oder, wie man sagt, werden und vergehen. Sie entstehen aus Gas- und Staubwolken und brennen¹ je nach Größe Millionen oder Milliarden Jahre. Anschließend erlöschen sie oder explodieren in einer Supernova. Der Kern des ehemaligen Sterns bleibt als Weißer Zwerg oder Neutronenstern erhalten. Materie und Staubwolke ins All geschleudert und steht als Material für neue Sterne zur Verfügung.



Sternhaufen Messier 68
© ESA/Hubble & NASA CC-BY 3.0

¹ Mit „brennen“ ist hier nicht die chemische Verbrennung, als Reaktion eines Stoffs mit Sauerstoff gemeint, sondern Kernfusionsprozesse, also das Verschmelzen leichterer Atomkerne zu schwereren.

Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

Voraussetzungen der Lerngruppe

Für die Arbeit mit dieser Reihe ist Interesse am Thema „Astronomie“ Voraussetzung. Nur einige wenige Vorkenntnisse sind dazu aus dem Physik- oder Chemieunterricht erforderlich.

Aufbau der Reihe

Der Einstieg in die Reihe erfolgt mit einem Überblick zum Begriff „Astronomie“ nach der **Mediationsmethode**, in der auch Interessen und Fragen der Schüler abgefragt werden können. In der anschließenden ersten Erarbeitungsphase können zur Ergänzung dieses Einstiegs und zur Vorbereitung der verschiedenen Stationen die DVDs „Das Sonnensystem“ und „Das Universum. Sterne und Sternsysteme“ (siehe **Mediathek**) gezeigt werden. Mit ihnen können zum einen Fragen beantwortet, zum anderen kann auf die nachfolgenden Themen aufmerksam gemacht werden.

Die folgende Erarbeitungsphase erfolgt als Lerntheke, wobei innerhalb der Klasse nach Niveau der Schüler differenziert gearbeitet werden sollte: Die **Materialien M 1** bis **M 9** können leistungsstärkere Schüler in beliebiger Reihenfolge bearbeiten. Die **Farbfolie M 4** dient als Unterstützung von Material **M 5**. Bei Leistungsschwächeren sollte die Bearbeitung der Stationen in der vorgegebenen Reihenfolge erfolgen. Zusätzlich zu je vier Taschenrechnern an den Stationen **M 1** und **M 6** werden an den Stationen **M 1**, **M 3**, **M 4**, **M 9** und **M 10** noch fünf internetfähige Notebooks, Computer oder Tablets für Internetrecherchen benötigt. Als Unterstützung der Schüler bei der Arbeit an der Lerntheke dienen die beiden **Lexika** (vgl. Die Fachbegriffe, S. 8 und Glossar - Personen und Organisationen, S. 26) zu Begriffen und bekannten Personen bzw. Organisationen.

Hinweise und Tipps zum fächerübergreifenden Unterricht

Das Thema könnte an Projekttagen oder auch fächerübergreifend durchgeführt werden. Die Einheit ließe sich um den **Bau einfacher astronomischer Geräte** erweitern. Informationen finden Sie unter <https://www.astroshop.de/bausaetze/astromedia-bausatz-der-sextant/p.1304>.

Auflockern lässt sich der Unterricht auch durch ergänzende **Modellexperimente**. Informationen zu einem ausleihbaren Astronomiekoffer finden Sie auf der Homepage des Hauses der Astronomie unter <https://www.haus-der-astronomie.de/>.

Tipps zur Differenzierung

Sollten einzelne Schüler die Stationenarbeit schneller abschließen, so können Sie ihnen einfache vorgefertigte Bausätze (z. B. Bau eines Pencilquadranten zur Bestimmung der Sonnenhöhe) geben. Informationen finden Sie unter <https://www.astroshop.de/bausaetze/astromedia-bausatz-der-sextant/p.1304>.

Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

Die Schüler

- nennen die Merkmale und Dimensionen unseres Sonnensystems.
- beschreiben den Aufbau der Sonne und die Kernfusion als besonderen Prozess.
- beschreiben Bewegungen in unserem Sonnensystem und erläutern die Kepler'schen Gesetze.
- beschreiben besondere Phänomene an der Sonnenoberfläche und das Werden und Vergehen von Sonnenflecken und Sternsystemen.
- erläutern die Rosetta-Mission in ihren Einzelheiten.



Auf einen Blick

🕒 V = Vorbereitungszeit

SV = Schülerversuch

Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

🕒 D = Durchführungszeit

Fo = Folie

LEK = Lernerfolgskontrolle

1./2. Stunde: Einstieg über Filme

Thema: Objekte und Dimensionen in unserem Sonnensystem

M 1 (Ab) **Die Grundlagen unseres Sonnensystems**

Benötigt:

4 Taschenrechner

Internetanschluss, Computer, Notebook, Tablet, Smartphone o. Ä.

3.–6. Stunde

Thema: Lerntheke: Weitere Grundlagen unseres Sonnensystems

M 2 (Ab) **Von Merkur bis Neptun – die Planeten**

M 3 (Ab) **Meteoriten – eine Gefahr aus dem Unendlichen**

Benötigt:

Internetanschluss, Computer, Notebook, Tablet, Smartphone o. Ä.

M 4 (Fo) **Vorgänge auf der Sonnenoberfläche**

M 5 (Ab) **Unsere Sonne – ein Stern**

Benötigt:

Internetanschluss, Computer, Notebook, Tablet, Smartphone o. Ä.

7.–10. Stunde

Thema: Bewegungen in unserem Sonnensystem/Sterne und Sternsysteme

M 6 (Ab) **Umlaufbahnen der Planeten – die Kepler'schen Gesetze**

Benötigt:

4 Taschenrechner

M 7 (Ab) **Funzelnde Himmelskörper – Sterne und Sternsysteme**

M 8 (Ab) **Sternen werden und vergehen im All**

M 9 (Ab) **Rosinas Flug zum Kometen Churyumov-Gerasimenko**

Benötigt:

Internetanschluss, Computer, Notebook, Tablet, Smartphone o. Ä.

M 10 (Ab) **Philas Landung auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko**

Benötigt:

Internetanschluss, Computer, Notebook, Tablet, Smartphone o. Ä.

Mittelplan

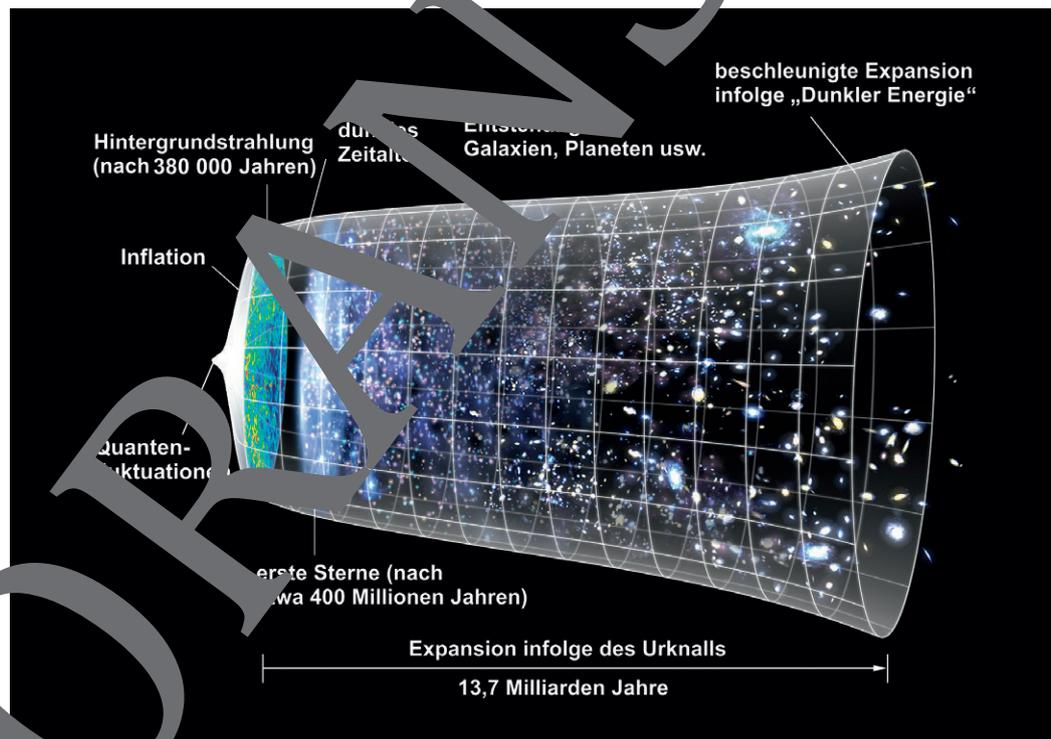
Steht Ihnen wenig Zeit zur Verfügung, können Sie sich auf Teil 1 oder Teil 2 der Lerntheke beschränken und auf die Filme zum Einstieg verzichten.

M 1

Die Grundlagen unseres Sonnensystems

Nach aktuellen Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass unser Universum vor etwa 14 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion (**Urknall**) entstanden ist. Seitdem dehnt es sich immer weiter aus. Die anfangs heißen Gase kühlten sich ab, sodass sich eine Milliarde Jahre nach dem Urknall die ersten **Galaxien** bildeten. Darunter versteht man durch Schwerkraft gebildene, große Ansammlungen von Sternen, Planeten- bzw. Sonnensystemen, Gasnebeln und sonstigen Objekten. Um unsere Sonne als Zentralstern kreisen auf elliptischen Bahnen acht Planeten und tausende kleinere Himmelskörper, die zusammen unser **Sonnensystem** bilden. Man schätzt sein Alter auf über viereinhalb Milliarden Jahre. Unvorstellbar ist seine Größe: Die beiden NASA-Raumsonden „Voyager 1“ und „Voyager 2“ sind seit 1977 unterwegs und haben im Jahr 2013 den Rand unseres Sonnensystems erreicht. Aus 20 Milliarden km Entfernung senden sie Signale aus dem interstellaren Raum, die inzwischen rund einen ganzen Tag benötigen, um auf der Erde anzukommen. Zum Vergleich folgendes Beispiel: Die durchschnittliche Entfernung von Erde und Sonne beträgt rund 149,6 Millionen km.

Aufgrund der großen Distanzen wurden verschiedene Größen definiert, um sie zu beschreiben: Eine **Astronomische Einheit (AE)** ist definiert als die durchschnittliche Entfernung zwischen unserer Sonne und der Erde. Das **Lichtjahr (Lj oder ly)** ist die Strecke, die das Licht in einem Jahr im Vakuum zurücklegt. Analog hierzu sind die Einheiten **Lichttag**, **Lichtstunde** und **Lichtminut** definiert.



Die Entwicklung unseres Universums
© NASA

M 2

Von Merkur bis Neptun – die Planeten

Am 24. August 2006 definierte die Internationale Astronomische Union (IAU) **Planeten** als Himmelskörper wie folgt:

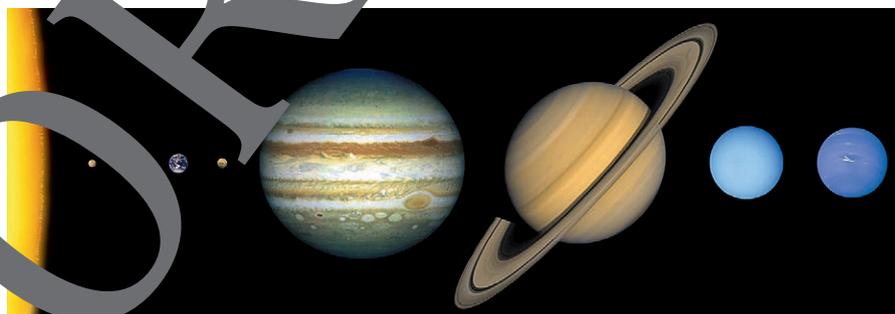
- Sie bewegen sich auf einer Bahn um die Sonne.
- Sie verfügen über eine ausreichende Masse, um durch ihre Eigengravitation eine annähernd runde Form zu bilden.
- Sie haben die Umgebung ihrer Bahn bereinigt und sind keine Monde.

Nach dieser Definition gibt es acht Planeten in unserem Sonnensystem: Merkur, Venus, Erde, Mars (innere Planeten), Jupiter, Saturn und Uranus und Neptun (äußere Planeten). Diese Reihenfolge kann man sich mit einem Merksatz einprägen: „**M**ein **V**ater **e**rklärt **m**ir **j**eden **S**onntag **u**nsere**n** **N**achthimmel.“

Die meisten Planeten besitzen **Monde**. Ein Himmelskörper wird als **Mond** bezeichnet, wenn er sich um einen Planeten bewegt. Ein **Planetoid** kreist zwar um die Sonne, aber hat die äußeren Planetenkriterien der IAU nicht erfüllt. Ist er zudem kugelförmig, so wird er als **Minorplanet** bezeichnet. Zwischen den Planetenbahnen von Mars und Jupiter in einem Abstand von 2,2 bis 3,3 AE zur Sonne befindet sich eine Ansammlung von etwa 650 000 felsartigen Kleinkörpern, der **Planetoiden-/Asteroidengürtel**. Die Ausdehnung der Objekte liegt zwischen einigen hundert Metern und einigen hundert Kilometern. Das größte Objekt ist die kugelförmige Ceres, die mit 950 km Durchmesser schon als **Zwergplanet** gilt. Der scheibenförmige **Kometen-Gürtel** beginnt jenseits der Neptunbahn. Er ist ein ähnliches Gebilde wie der Planetoidengürtel, nur 20- bis 200-mal so massig. Die etwa 70 000 Himmelskörper mit mehr als 100 km Durchmesser in diesem Gürtel bestehen aber nicht ausschließlich aus felsartigem Gestein, sondern setzen sich zu sehr großen Teilen aus gefrorenen Gasen zusammen. Die größten Objekte **Haumea** und **Makemake** sind Zwergplaneten Eris und Pluto. Der Pluto wird seit dem Jahr 2006 nicht mehr als Planet geführt.

Auch in anderen Sternensystemen und Galaxien gibt es Planeten, die sogenannten **Exoplaneten**, die aufgrund der großen Entfernung nicht so leicht zu entdecken sind. Seit dem Jahr 1988 konnten 3557 Exoplaneten in 2638 Systemen (Stand Januar 2017) bestätigt werden. Teilweise kreisen auch wie in unserem Sonnensystem mehrere Planeten um eine Sonne.

Das Interesse für Planeten ist begründet in der Tatsache, dass die Menschen Erkenntnisse über die Entstehung des Universums gewinnen und gegebenenfalls wirtschaftlich zu nutzende Bodenschätze finden möchten.



Die acht Planeten unseres Sonnensystems: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun
© NASA

Aufgaben

1. Unterscheide die Begriffe „Planet“, „Mond“, „Planetoid“ und „Exoplanet“.
2. Erläutere, worin das Interesse an der Erforschung der Planeten begründet ist.

Meteoriten – eine Gefahr aus dem Universum?

M 3

Am 15. Februar 2013 explodierte im russischen Tscheljabinsk ein 19 m großer und 12 000 t schwerer Meteorit. Bei seinem Eintritt in die Atmosphäre hatte er eine Geschwindigkeit von 19 km/s, bevor er in einer Höhe von 30 km zerbrach. Knallende Geräusche, Blitze und Rauch waren zu sehen. Die Druckwelle beschädigte rund 5000 Gebäude, und es gab 950 Verletzte. Gesteinsbrocken, die beim Eintritt in die Erdatmosphäre, z. B. aus dem Asteroidengürtel, verglühen und als Leuchterscheinung (Sternschnuppe) sichtbar sind, heißen Meteore. Überlebt nach dieser Erscheinung ein Teil des festen Körpers, so kann er als Meteorit auf der Erde einschlagen und einen bisweilen tiefen Krater hinterlassen. In Abhängigkeit von der Größe der Himmelskörper im Sonnensystem unterscheidet man kleinere Meteoriden, die häufig Splitter der größeren Asteroiden sind.



Rauchwolke des Tscheljabinsk-Meteorits
© Nikita Plekhanov CC BY-SA 3.0



Zwei Bruchstücke des Tscheljabinsk-Meteorits
© Didier Descouens CC BY-SA 4.0



Der Barringer-Meteoritenkrater in Arizona
© NASA

Meteoriten bestehen entweder aus **Silikatmineralen** oder einer **Eisen-Nickel-Legierung**. Beim Eintritt in die Erdatmosphäre werden die Meteoriten durch die Reibung stark abgebremst. Dabei erhitzen sie sich so stark, dass sie teilweise schmelzen bzw. verdampfen. An ihrer Oberfläche bildet sich eine charakteristisch schwarze Schmelzkruste. Schlägt der **Meteorit** auf, lässt sich anhand des radioaktiven Zerfalls verschiedener Bestandteile sein Alter bestimmen. Der sicherlich eindrucksvollste Krater ist in Arizona zu finden. Er entstand erst vor ca. 50 000 Jahren und misst 1186 m im Durchmesser.

Bekannte Meteoriteneinschläge in den letzten Jahrzehnten:

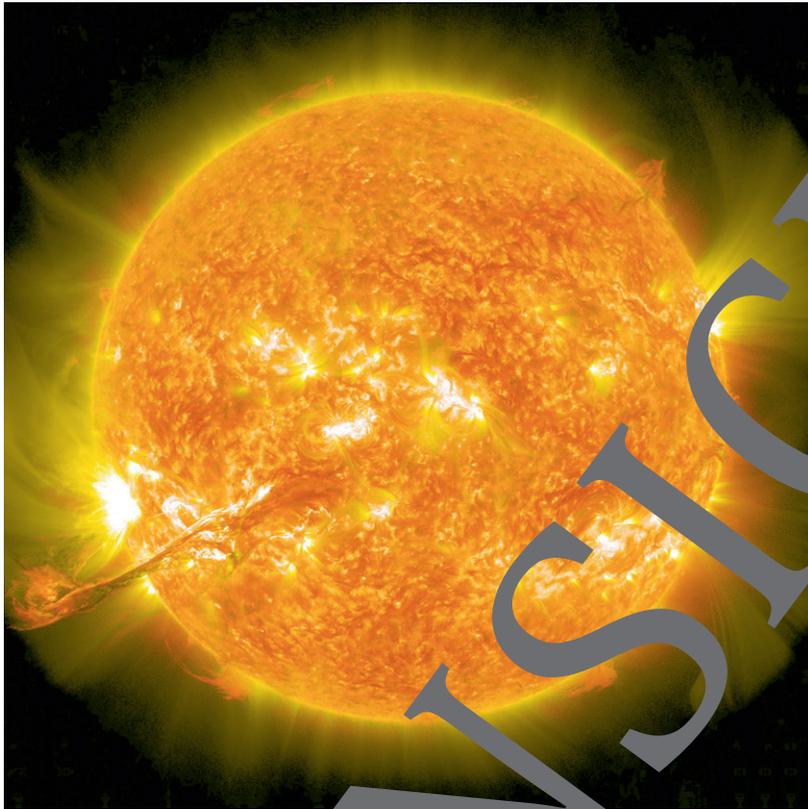
Name	Datum	Fundort	Masse in kg
Allende	8. Februar 1969	Mexiko	ca. 5000
Jilin	8. März 1976	China	ca. 1770
EEF 0001	1979	Antarktis	ca. 7,9
Itqiy	1970	Westsahara	ca. 4,72
Tscheljabinsk	15. Februar 2013	Russland	ca. 1000

Aufgaben

1. Beschreibe den Weg eines Asteroiden/Meteoriden unter der richtigen Namenszuordnung durch das Sonnensystem.
2. Informiere dich im Internet über Meteoriteneinschläge in Deutschland.

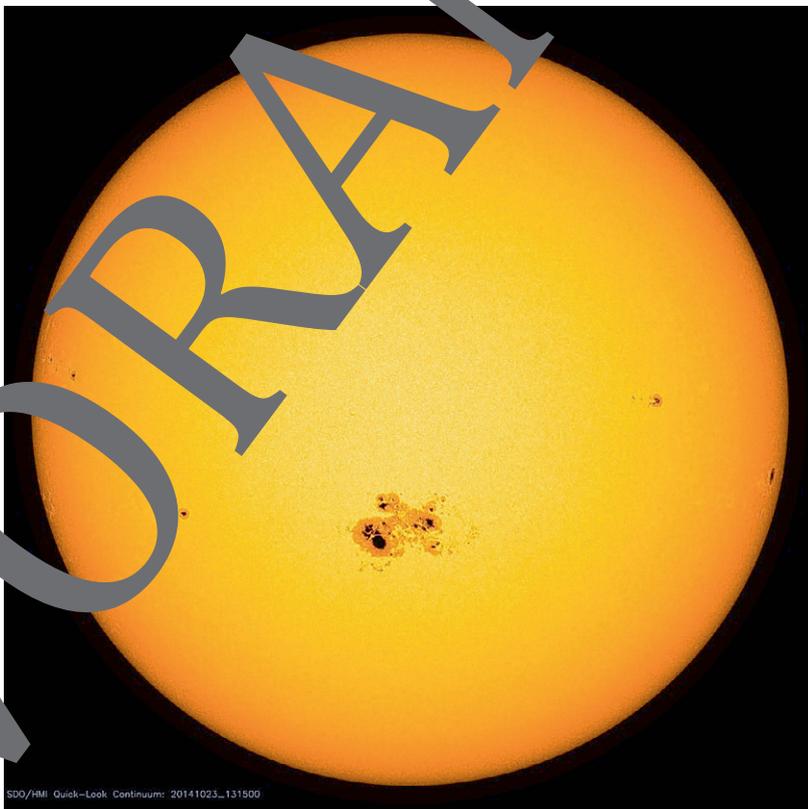
M 4

Vorgänge auf der Sonnenoberfläche



© NASA Goddard Space Flight Center CC BY 2.0

Unsere Sonne und eine auftretende eruptive Protuberanz



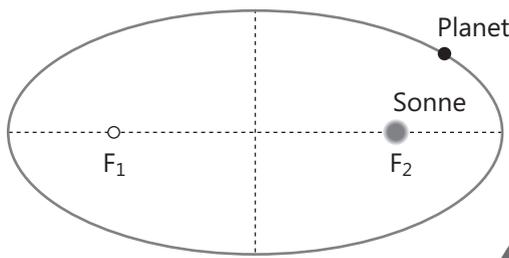
© NASA Goddard Space Flight Center CC BY 2.0

Sonnenflecken der Sonne – ihre Größe kann mehrere Erddurchmesser betragen

M 6 Umlaufbahnen der Planeten – die Kepler’schen Gesetze

Lange galt das ptolemäische oder geozentrische Weltbild mit der Erde im Mittelpunkt als Grundlage der Astronomie, ehe Nikolaus Kopernikus vom heliozentrischen Weltbild mit der Sonne im Mittelpunkt sprach. Der dänische Astronom Tycho Brahe lieferte wichtige Erkenntnisse für eine genaue Beschreibung des Aufbaus unseres Sonnensystems, von denen der deutsche Astronom Johannes Kepler profitierte. Ausgehend von diesen formulierte er zu Beginn des 17. Jahrhunderts grundlegende Aussagen, die heute die **Kepler’schen Gesetze der Planetenbewegung** genannt werden.

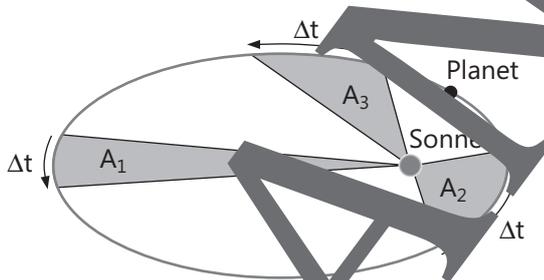
1. Kepler’sches Gesetz



Es besagt: Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen. In einem gemeinsamen Brennpunkt steht die Sonne.

Folge: Der Abstand Planet–Sonne ändert sich während des Planetenumlaufs ständig. Bei der Erde beträgt der größte Abstand von der Sonne 152,1 Millionen km und der geringste Abstand von der Sonne 147,1 Millionen km.

2. Kepler’sches Gesetz

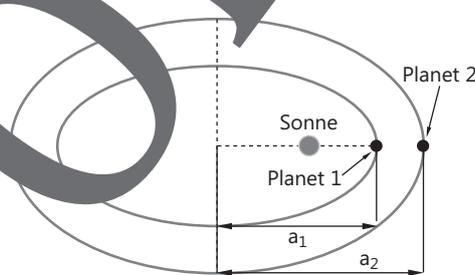


Es besagt: Die gedachte Verbindungslinie Planet–Sonne überstreicht in gleichen Zeiten Δt gleich große Flächen.

Folge: Ein Planet ändert ständig seine Bahngeschwindigkeit. In Sonnennähe bewegt er sich schneller als in Sonnenferne. So hat die Erde im Juni/Juli (Sonnenferne) eine Geschwindigkeit von 29,3 km/s und im Dezember/Januar (Sonnennähe) eine Geschwindigkeit von 30,3 km/s.

$$\frac{A_1}{\Delta t} = \frac{A_2}{\Delta t} = \frac{A_3}{\Delta t} = \text{konstant}$$

3. Kepler’sches Gesetz



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

Folge: Mithilfe dieses Gesetzes kann entweder die Berechnung des Abstandes eines Planeten zur Sonne oder die seiner Umlaufzeit erfolgen, wenn die anderen Größen bekannt sind.

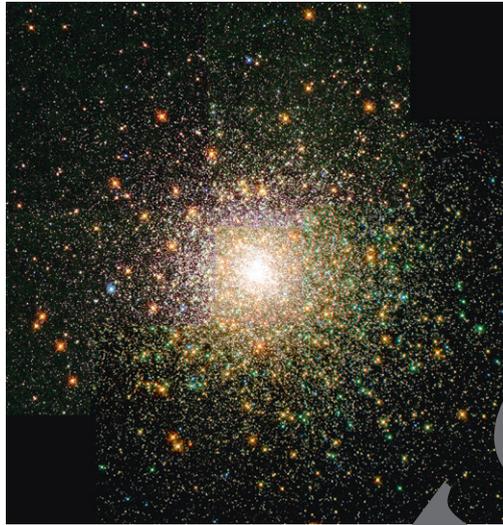
$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}; \quad T_1, T_2 \text{ Umlaufzeiten; } a_1, a_2 \text{ große Bahnhalbachsen}$$

Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

M 7

Funkelnde Himmelskörper – Sterne und Sternsysteme

Sterne sind massereiche, selbstleuchtende Himmelskörper, die aus Gas und Plasma bestehen. Sie werden durch die eigene Schwerkraft zusammengehalten und können an ihrer Oberfläche bis zu 45 000 K (Kelvin) heiß sein. Blickt man in den Nachthimmel, lässt sich schnell erkennen, dass die einzelnen Sterne unterschiedliche Helligkeit aufweisen. Gründe dafür sind zum einen die unterschiedlichen Entfernungen und zum anderen natürlich auch die unterschiedliche Leuchtkraft.



Kugelsternhaufen M 80
© NASA

Der Großteil der Sterne sind Teil eines **Doppeltsterns** oder **Mehrfachsternsystems** und haben teilweise ein eigenes Planetensystem. Treten sie in größerer Zahl auf, so bilden sie **Sternhaufen** und diese wiederum **Galaxien**. Treten Sterne in einem Gebiet stark erhöhter Sternendichte auf, so spricht man von **Sternhaufen**. Die Sterne eines Haufens gehören fast immer dort zusammen, dass sie gemeinsam entstanden sein müssen. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang **offene Sternhaufen** (relativ jung und eine geringe Sternendichte) und **Kugelsternhaufen** (ältere Sternengenerationen, die die Galaxie in einem Halo umgeben).

Eine **Galaxie** ist eine riesige Ansammlung von Sternen, von „nur“ einigen 100 000 Sternen bis zu 1000 Milliarden Sternen (10^{12}) ist alles möglich. Diese Sterne müssen auch untergebracht werden: die Ausdehnung einer Galaxie reicht von 1000 bis 100 000 Parsec. Man unterscheidet fünf verschiedene Arten von Galaxien: **Sphärische Galaxien**, **Balkenspiralgalaxien**, **elliptische Galaxien**, **linseförmige Galaxien** und **unregelmäßige Galaxien**. Unsere Galaxie, die Milchstraße, ist eine Balkenspiralgalaxie, die Andromedagalaxie gehört zur Gruppe der Spiralgalaxien.



M 31 oder NGC 224: die Andromedagalaxie
© NASA

Die Spiralgalaxien haben umkreisen Spiralarme ein wesentlich dichteres Zentrum, den Kern. Der Unterschied ist die Form des Kerns: Er kann rund sein, wie der der Andromedagalaxie, oder flach und länglich, wie der der Milchstraße. In den Spiralarmen entstehen neue Sterne, bevorzugt aus den Gas- und Staubwolken der galaktischen Scheibe. Die Milchstraße gehört zusammen mit der 2,5 Millionen Lichtjahre entfernten Andromedagalaxie und den Magellan'schen Wolken zu einem **Galaxienhaufen**, der sogenannten **Lokalen Gruppe**. Ihr Durchmesser beträgt 5–8 Millionen Lichtjahre. **Galaxienhaufen** bestehen aus etwa 100 bis zu mehreren 1000 Galaxien.

Aufgaben

1. „Je heller ein Stern ist, desto näher zur Erde befindet er sich!“ Stimmt diese Aussage?
2. Erläutere die Unterschiede zwischen Sternhaufen und Galaxien.

Philae's Landung auf Churyumov-Gerasimenko

M 10



Landung von Philae auf dem Kometen

© DLR (CC-BY 3.0)

Im Mai 2014 näherte sich Rosetta dem Kometen Churyumov-Gerasimenko auf 164 000 km an. Dann folgte ein über mehrere Wochen dauerndes Rendezvous-Manöver. Im August 2014 begann in 100 km Entfernung vom Kometen dessen globale Kartierung, um einen geeigneten Landeplatz für Philae zu bestimmen. Der tatsächliche Landeplatz wurde im November 2014 festgelegt: auf dem Kopf des Kometen.

Am 12. November 2014 trennte sich das Landegerät Philae vom Mutterschiff, um auf dem Kometen aufzusetzen. Geplant war, dass Philae sofort mit Harpunen im Eis verankern sollte. Tatsächlich war der Lander nach dem ersten Aufsetzen wieder abgeprallt und erst nach knapp zwei Stunden, um 18:25 Uhr, erneut aufgesetzt. Dann folgte ein weiteres achtminütiger Hüpfen, bis Philae um 18:32 Uhr stehen blieb. Der ursprünglich festgelegte Landeplatz war somit Vergangenheit. Fortlaufend führte Philae insgesamt über 56 Stunden wissenschaftliche Messungen auf der Kometenoberfläche durch und ging am 15. November 2014 um 1:36 Uhr in den Schlafmodus. Am 13. Juni 2015 um 22:28 Uhr meldete sich Philae aus seinem Winterschlaf zurück und schickte Daten zur Erde. Der Kontakt dauerte 85 Sekunden; in dieser Zeit übermittelte Philae über 300 Datenpakete. Danach konnte noch mehrmals Kontakt zum Lander hergestellt werden, der letzte erfolgte am 9. Juli 2015. Beide, der Lander und der Kometenorbitator Rosetta, begleiteten den Kometen auf dem Weg zu seinem nächsten Punkt, der am 13. August 2015 erreicht war. Die elf Instrumente an Bord des Rosetta-Orbiters und zehn an Bord des Philae-Landers sollten nun die Zusammensetzung des Kometenkerns sowie das Aktivwerden des Kometen untersuchen. Nach fast zwei Jahren wissenschaftlicher Datenerhebung auf dem Kometen wurde die Kommunikationseinheit des Orbiters mit dem Lander Philae am 27. Juli 2016 abgeschaltet. Am 30. September 2016 endete die gesamte Mission Rosetta mit der geplanten Kollision von Rosetta mit dem Kometen offiziell erfolgreich. Die Auswertung der Daten läuft seitdem auf Hochtouren.

Aufgabe

Nenne mithilfe der Rubrik „Mission – Wissenschaftliche Ziele“ von www.dlr.de/rosetta die wichtigsten Forschungsschwerpunkte.

Erläuterungen und Lösungen

M 1 Die Grundlagen unseres Sonnensystems

1. Unser Universum entstand vor etwa 14 Milliarden Jahren in einer gewaltigen Explosion (**Urknall**). Seitdem dehnt es sich immer weiter aus. Die anfangs heißen Gase kühlten sich ab, so dass sich eine Milliarde Jahre nach dem Urknall die ersten **Galaxien** bildeten. Um unsere Sonne als Zentralstern kreisen auf elliptischen Bahnen acht Planeten und tausende kleinere Himmelskörper, die zusammen unser **Sonnensystem** bilden.

2.

Entfernungseinheiten der Astronomie im Überblick			
Entfernung	Lichtjahr (Lj oder ly)	Astronomische Einheit (AE)	Kilometer (km)
Ø-Abstand Erde–Sonne	$\text{ca. } 1,5814 \cdot 10^{-5}$	1	$\text{ca. } 149,6 \cdot 10^6$
Lichtjahr	1	63.241	$9,46 \cdot 10^{12}$
Abstand Sonne–Neptun	$1/2000$	$\text{ca. } 30,08$	$4,5 \cdot 10^9$
Abstand Voyager–Erde 03/2017	$2,18 \cdot 10^{-3}$	$\text{ca. } 138$	$2,06 \cdot 10^{10}$
Durchmesser unserer Galaxie	$100.000 - 120.000$	$6,3 \cdot 10^9 - 7,6 \cdot 10^9$	$9,5 \cdot 10^{17} - 1,1 \cdot 10^{18}$
Parsec	$3,26$	206.265 AE	$3,08 \cdot 10^{13}$

3. individuelle Schülerlösung

M 2 Von Merkur bis Neptun – die Planeten

Aufgabe 1

Planeten sind Himmelskörper, die sich auf einer Bahn um die Sonne bewegen, über eine ausreichende Masse verfügen, um durch Eigengravitation eine annähernd runde Form zu bilden, die Umgebung ihrer Bahn bereinigt haben und keine Monde sind. Ein Himmelskörper wird als **Mond** bezeichnet, wenn er sich um einen Planeten bewegt. Ein **Planetoid** dagegen ist ein Kleinplanet und weist eine unregelmäßige Formung auf. Auch in anderen Sternsystemen und Galaxien gibt es Planeten, die sogenannten **Exoplaneten**, die aufgrund der großen Entfernung nicht so leicht zu entdecken sind.

Aufgabe 2

Das Interesse für Planeten ist begründet in der Tatsache, dass die Menschen Erkenntnisse über die Entstehung des Universums gewinnen und gegebenenfalls wirtschaftlich zu nutzende Bodenschätze finden möchten.

Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de